(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116249918 A
(43)申请公布日 2023.06.09

(21)申请号 202080038534.7
(22)申请日 2020.05.22
(30)优先权数据
62/852,915 2019.05.24 US
62/852,940 2019.05.24 US
62/864,229 2019.06.20 US
62/864,253 2019.06.20 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.11.24
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/034406 2020.05.22
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/243014 EN 2020.12.03
(71)申请人 奇跃公司
地址 美国佛罗里达州
(72)发明人 蒂莫西·马克·达尔林普勒
大卫·廷恰
迈克尔·安东尼·克鲁格
克林顿·卡尔里斯勒
詹森·唐纳德·马雷诺
阿尔诺·利昂·科宁斯
克里斯多夫·彼得·库斯特
查尔斯·罗伯特·沙巴克
巴赫·阮
克里斯多夫·约翰·拉宁
罗曼·帕特斯切德尔
(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所 11247
专利代理师 姜利芳 于静
(51)Int.Cl.
*G02B 3/14*(2006.01)

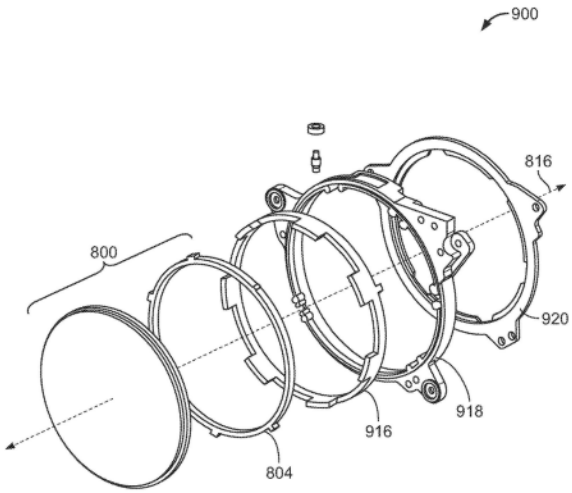
权利要求书5页 说明书18页 附图25页

(54)发明名称

可变焦组件

(57)摘要

一种示例头戴式显示设备包括:光投射器;光学组件,其被布置为将来自光投射器的光引导到用户;以及致动器模块。光学组件包括:可变焦透镜组件,其包括刚性折射部件;限定孔的成形环;以及在成形环与刚性折射部件之间并且覆盖孔的柔性透镜膜。折射部件、成形环和透镜膜沿着轴布置。折射部件和透镜膜限定包含一定体积流体的腔室。致动器模块被配置为通过沿着轴相对于折射部件移动成形环来调整可变焦透镜的屈光力,使得孔中的透镜膜的曲率被修改。




CN 116249918 A

1.一种头戴式显示设备,包括:

光投射器;

光学组件,其被布置为在所述头戴式显示设备的使用期间接收来自所述光投射器的光并且将所述光引导到用户,其中,所述光学组件包括可变焦透镜组件,所述可变焦透镜组件包括:

刚性折射部件,

限定孔的成形环,以及

在所述成形环与所述刚性折射部件之间的柔性透镜膜,所述柔性透镜膜覆盖所述孔,

其中,所述刚性折射部件、所述成形环和所述柔性透镜膜沿着轴布置,

其中,所述刚性折射部件和所述柔性透镜膜限定在所述柔性透镜膜和所述折射部件之间的腔室,以及

其中,一定体积的流体设置在所述腔室内;以及

致动器模块,其耦接到所述可变焦透镜组件,其中,所述致动器模块被配置为通过沿着所述轴相对于所述刚性折射部件移动所述成形环来调整所述可变焦透镜的屈光力,使得所述孔中的所述柔性透镜膜的曲率被修改。

2.根据权利要求1所述的头戴式显示设备,其中,所述致动器模块被配置为使所述成形环相对于所述刚性折射部件移动通过运动范围,以及

其中,所述可变焦透镜组件被配置为使得当所述成形环相对于所述刚性折射部件移动通过所述运动范围时所述腔室具有恒定体积。

3.根据权利要求1所述的头戴式显示设备,其中,所述致动器模块被配置为通过沿着所述轴朝向所述刚性折射部件移动所述成形环来增加所述柔性透镜膜的曲率。

4.根据权利要求1所述的头戴式显示设备,其中,所述致动器模块被配置为通过沿着所述轴远离所述刚性折射部件移动所述成形环来减小所述柔性透镜膜的曲率。

5.根据权利要求1所述的头戴式显示设备,其中,所述可变焦透镜组件还包括设置在所述孔内的环形膜,以及

其中,所述流体体积由所述刚性折射部件、所述柔性透镜和环形膜封装。

6.根据权利要求1所述的头戴式显示设备,其中,所述成形环是刚性的。

7.根据权利要求1所述的头戴式显示设备,其中,所述可变焦透镜组件还包括:

承载框架,以及

凸轮环,其嵌套在所述承载框架内,

其中,所述成形环嵌套在所述凸轮环内,以及

其中,所述凸轮环被配置为使得所述凸轮环相对于所述承载框架关于所述轴的旋转引起所述成形环沿着所述轴相对于所述刚性折射部件移动。

8.根据权利要求7所述的头戴式显示设备,其中,所述致动器模块被配置为关于所述轴旋转所述凸轮环。

9.根据权利要求8所述的头戴式显示设备,其中,所述致动器模块包括选自包括以下各项的组的耦接到所述凸轮环的一个或多个致动器部件:旋转电机、步进电机、伺服电机、超声波电机、压电致动器和机电致动器。

10.根据权利要求8所述的头戴式显示设备,其中,所述致动器模块包括:

形状记忆合金线，其耦接到所述凸轮环，以及

热源，其被配置为向所述形状记忆合金线施加热量，

其中，所述致动器模块被配置为使得对所述形状记忆合金线的热量的施加引起所述形状记忆合金线的长度变化和所述凸轮环相对于所述承载框架关于所述轴的旋转。

11.根据权利要求8所述的头戴式显示设备，其中，所述致动器模块包括：

形状记忆合金弹簧，

偏置弹簧，其与所述形状记忆合金弹簧相对，

连杆线，其耦接到(i)所述形状记忆合金弹簧或所述偏置弹簧中的一者，和(ii)所述凸轮环，以及

热源，其被配置为向所述形状记忆合金线施加热量，

其中，所述致动器模块被配置为使得对所述形状记忆合金线的热量的施加引起所述形状记忆合金弹簧的长度变化和所述凸轮环相对于所述承载框架关于所述轴的旋转。

12.根据权利要求8所述的头戴式显示设备，其中，所述致动器模块包括：

一个或多个永磁体，其沿着所述承载框架或所述凸轮环中的一者的周边设置，以及

电绕组，其沿着所述承载框架或所述凸轮环中的另一个的周边设置并与所述一个或多个永磁体相对。

13.根据权利要求8所述的头戴式显示设备，其中，所述致动器模块包括：

板，其包括压电材料，

一个或多个臂，其从所述板延伸并且耦接到机械接地，以及

一个或多个安装结构，其设置在所述板上，其中，每个安装结构被安装到所述光学组件的相应部分。

14.根据权利要求13所述的头戴式显示设备，其中，所述致动器模块被配置为根据至少两种振动模式来振动所述板。

15.根据权利要求14所述的头戴式显示设备，其中，所述板包括沿着第一方向延伸的一对相对的第一边缘，以及沿着正交于所述第一方向的第二方向延伸的一对相对的第二边缘，其中，所述第一边缘长于所述第二边缘，以及

其中，根据第一振动模式，所述第一边缘相对于所述板的中心在正交于所述第一方向和所述第二方向的第三方向上移位。

16.根据权利要求15所述的头戴式显示设备，其中，根据第二振动模式，所述第二边缘在所述第二方向上相对于彼此移位。

17.根据权利要求1所述的头戴式显示设备，其中，所述光学组件包括与所述可变焦透镜组件同心的第二可变焦透镜组件，以及

其中，所述致动器模块被配置为：在所述头戴式显示设备的使用期间，调整所述可变焦透镜组件的屈光力和所述第二可变焦透镜组件的屈光力，使得所述可变焦透镜组件的屈光力是所述第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

18.根据权利要求17所述的头戴式显示设备，其中，所述光学组件还包括设置在所述可变焦透镜组件与所述第二可变焦透镜组件之间的目镜，

其中，所述目镜被配置为在所述头戴式显示设备的使用期间接收来自所述光投射器的光并且将所述光通过所述可变焦透镜组件或所述第二可变焦透镜组件中的一者引导到所

述用户。

19.根据权利要求17所述的头戴式显示设备，还包括：控制模块，其被配置为在所述头戴式显示设备的使用期间控制所述致动器模块，使得所述可变焦透镜组件的屈光力是所述第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

20.根据权利要求1所述的头戴式显示器，还包括：

框架，其附接到所述光投射器、所述光学组件和所述致动器模块，其中，所述框架被配置为当由所述用户穿戴时对所述光学组件进行取向，使得所述光轴朝向所述用户的眼睛延伸。

21.根据权利要求1所述的头戴式显示器，

其中，所述光学组件包括第二可变焦透镜组件，所述第二可变焦透镜组件包括：

第二刚性折射部件；

限定第二孔的第二成形环；以及

在所述第二成形环与所述第二刚性折射部件之间的第二柔性透镜膜，所述第二柔性透镜膜可以覆盖所述第二孔，

其中，所述第二刚性折射部件、所述第二成形环和所述第二柔性透镜膜沿着所述轴布置，

其中，所述第二刚性折射部件和所述第二柔性透镜膜限定在所述第二柔性透镜膜和所述第二刚性折射部件之间的第二腔室，

其中，第二体积的流体设置在所述第二腔室内，

其中，所述致动器模块被配置为通过沿着所述轴相对于所述第二刚性折射部件移动所述第二成形环来调整所述第二可变焦透镜的屈光力，使得所述孔中的所述第二柔性透镜膜的曲率被修改，以及

其中，所述光学组件还包括将所述可变焦透镜组件固定到所述第二可变透镜组件的支撑结构，

其中，所述支撑结构包括具有热膨胀特性的材料，使得在所述光学组件的温度范围内：

由温度变化导致的所述刚性折射部件与所述成形环之间的距离变化小于阈值，并且

由所述温度变化导致的所述第二刚性折射部件与所述第二成形环之间的距离变化小于阈值。

22.根据权利要求21所述的头戴式显示器，其中，所述支撑结构包括：

安装到所述成形环的第一臂；

安装到所述第二刚性折射部件的第二臂，和

从所述第一臂延伸到所述第二臂的杆。

23.根据权利要求21所述的头戴式显示器，其中，所述致动器模块被配置为：在所述头戴式显示设备的使用期间，调整所述可变焦透镜组件的屈光力和所述第二可变焦透镜组件的屈光力，使得所述可变焦透镜组件的屈光力是所述第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

24.根据权利要求23所述的头戴式显示器，其中，所述光学组件还包括设置在所述可变焦透镜组件与所述第二可变焦透镜组件之间的目镜，

其中，所述目镜被配置为：在所述头戴式显示设备的使用期间，接收来自所述光投射器

的光并且将所述光通过所述可变焦透镜组件或所述第二可变焦透镜组件中的一者引导到所述用户。

25.根据权利要求23所述的头戴式显示器，还包括控制模块，所述控制模块被配置为：在所述头戴式显示设备的使用期间，控制致动器模块，使得所述可变焦透镜组件的屈光力是所述第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

26.一种使用头戴式显示设备向用户呈现图像内容的方法，所述方法包括：

使用头戴式显示设备的光投射器产生光；

使用所述头戴式显示设备的光学组件将所述光引导到用户的眼睛，其中，所述光学组件包括可变焦透镜组件，所述可变焦透镜组件包括：

刚性折射部件，

限定孔的成形环，以及

在所述成形环与所述刚性折射部件之间的柔性透镜膜，所述柔性透镜膜覆盖孔，

其中，所述刚性折射部件、所述成形环和所述柔性透镜膜沿着轴布置，

其中，所述刚性折射部件和所述柔性透镜膜限定在所述柔性透镜膜和所述折射部件之间的腔室，

其中，一定体积的流体设置在所述腔室内，以及

其中，所述头戴式显示设备包括耦接到所述可变焦透镜组件的致动器模块；以及

调整所述光学组件的屈光力，其中，调整所述光学组件的屈光力包括使用所述致动器模块沿着所述轴相对于所述刚性折射部件移动所述成形环，使得所述孔中的所述柔性透镜膜的曲率被修改。

27.根据权利要求26所述的方法，其中，调整所述光学组件的屈光力包括通过沿着所述轴朝向所述刚性折射部件移动所述成形环来增加所述柔性透镜膜的曲率。

28.根据权利要求26所述的方法，其中，调整所述光学组件的屈光力包括通过沿着所述轴远离所述刚性折射部件移动所述成形环来减小所述柔性透镜膜的曲率。

29.根据权利要求26所述的方法，

其中，所述可变焦透镜组件还包括：

承载框架，以及

凸轮环，其嵌套在所述承载框架内，

其中，所述成形环嵌套在所述凸轮环内，以及

其中，调整所述光学组件的屈光力包括使用所述致动器模块使所述凸轮环相对于所述承载框架关于所述轴旋转，以引起所述成形环沿着所述轴相对于所述刚性折射部件移动。

30.根据权利要求26所述的方法，

其中，所述致动器模块包括：

形状记忆合金线，其耦接到所述凸轮环，以及

热源，其被配置为向所述形状记忆合金线施加热量，以及

其中，调整所述光学组件的屈光力包括向所述形状记忆合金线施加热量以改变所述形状记忆合金线的长度并且使所述凸轮环相对于所述承载框架关于所述轴旋转。

31.根据权利要求26所述的方法，

其中，所述致动器模块包括：

形状记忆合金弹簧，

偏置弹簧，其与所述形状记忆合金弹簧相对，

连杆线，其耦接到(i)所述形状记忆合金弹簧或所述偏置弹簧中的一者，和(ii)所述凸轮环，

热源，其被配置为向所述形状记忆合金线施加热量，以及

其中，调整所述光学组件的屈光力包括

向所述形状记忆合金线施加热量以改变所述形状记忆合金弹簧的长度并且使所述凸轮环相对于所述承载框架关于所述轴旋转。

32.根据权利要求26所述的方法，

其中，所述致动器模块包括：

一个或多个永磁体，其沿着所述框架或所述凸轮环中的一者的周边设置，以及

电绕组，其沿着所述承载框架或所述凸轮环中的另一个的周边设置并与所述一个或多个永磁体相对，以及

其中，调整所述光学组件的屈光力包括向所述电绕组施加电流以使所述凸轮环相对于所述承载框架关于所述轴旋转。

33.根据权利要求26所述的方法，

其中，所述致动器模块包括：

板，其包括压电材料，

一个或多个臂，其从所述板延伸并且耦接到机械接地，以及

一个或多个安装结构，其设置在所述板上，其中，每个安装结构被安装到所述光学组件的相应部分，以及

其中，调整所述光学组件的屈光力包括根据至少两种振动模式振动所述板。

34.根据权利要求33所述的方法，

其中，所述板包括沿着第一方向延伸的一对相对的第一边缘，以及沿着正交于所述第一方向的第二方向延伸的一对相对的第二边缘，其中，所述第一边缘长于所述第二边缘，以及

其中，根据所述至少两种振动模式中的第一振动模式振动所述板包括使所述第一边缘在正交于所述第一方向和所述第二方向的第三方向上相对于所述板的中心移位。

35.根据权利要求34所述的方法，其中，根据所述至少两种振动模式中的第二振动模式振动所述板包括使所述第二边缘在所述第二方向上相对于彼此移位。

36.根据权利要求26所述的方法，

其中，所述光学组件包括与所述可变焦透镜组件同心的第二可变焦透镜组件，以及

其中，所述方法包括：

与调整所述可变焦透镜组件的屈光力同时调整所述第二可变焦透镜组件的屈光力，使得所述可变焦透镜组件的屈光力是所述第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

37.根据权利要求36所述的方法，其中，将所述光引导到所述用户的眼睛包括将所述光通过所述可变焦透镜组件或所述第二可变焦透镜组件中的一者引导到所述用户的眼睛。

# 可变焦组件

[0001] 优先权要求

[0002] 本申请在35U.S.C.§119(e)下要求于2019年5月24日提交的美国专利申请序列号62/852,940、于2019年6月20日提交的美国专利申请序列号62/864,229、于2019年5月24日提交的美国专利申请序列号62/852,915、以及于2019年6月20日提交的美国专利申请序列号62/864,253的优先权,其整体内容通过引用并入本文。

## 技术领域

[0003] 本公开涉及光学组件,并且更特别地涉及紧凑的可变焦配置。

## 背景技术

[0004] 混合现实或增强现实显示设备可用于结合来自物理世界的图像来呈现虚拟图像信息。在一些实施方式中,这样的显示设备可以包括一个或多个光学元件(例如,透镜)以利于在多个焦平面中的虚拟图像信息的呈现。

## 发明内容

[0005] 在一方面中,头戴式显示设备包括:光投射器;光学组件,其被布置为在头戴式显示设备的使用期间接收来自光投射器的光并且将光引导到用户;以及致动器模块,其耦接到可变焦透镜组件。光学组件包括:可变焦透镜组件,其包括刚性折射部件;限定孔的成形环;以及在成形环与刚性折射部件之间的柔性透镜膜。柔性透镜膜覆盖孔。刚性折射部件、成形环和柔性透镜膜沿着轴布置。刚性折射部件和柔性透镜膜限定在柔性透镜膜和折射部件之间的腔室。一定体积的流体设置在腔室内。致动器模块被配置为通过沿着轴相对于刚性折射部件移动成形环来调节可变焦透镜的屈光力,使得孔中的柔性透镜膜的曲率被修改。

[0006] 该方面的实施方式可以包括以下特征中的一个或多个。

[0007] 在一些实施方式中,致动器模块可以被配置为使成形环相对于刚性折射部件移动通过运动范围。可变焦透镜组件可以被配置为使得当成形环相对于刚性折射部件移动通过运动范围时腔室具有恒定体积。

[0008] 在一些实施方式中,致动器模块可以被配置为通过沿着轴朝向刚性折射部件移动成形环来增加柔性透镜膜的曲率。

[0009] 在一些实施方式中,致动器模块可以被配置为通过沿着轴远离刚性折射部件移动成形环来减小柔性透镜膜的曲率。

[0010] 在一些实施方式中,可变焦透镜组件还可以包括设置在孔内的环形膜。流体体积可以由刚性折射部件、柔性透镜和环形膜封装。

[0011] 在一些实施方式中,成形环可以是刚性的。

[0012] 在一些实施方式中,可变焦透镜组件还可以包括承载框架和嵌套在承载框架内的凸轮环。成形环可以嵌套在凸轮环内。凸轮环可被配置为使得凸轮环相对于承载框架关于

轴的旋转引起成形环沿着轴相对于刚性折射部件移动。

[0013] 在一些实施方式中，致动器模块可以被配置为关于轴旋转凸轮环。

[0014] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括从以下组选择的耦接到凸轮环的一个或多个致动器部件：旋转电机、步进电机、伺服电机、超声波电机、压电致动器和机电致动器。

[0015] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括耦接到凸轮环的形状记忆合金线，以及配置为向形状记忆合金线施加热量的热源。致动器模块可以被配置为使得对形状记忆合金线的热量的施加引起形状记忆合金线的长度变化和凸轮环相对于承载框架关于轴的旋转。

[0016] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括形状记忆合金弹簧、与形状记忆合金弹簧相对的偏置弹簧、耦接到(i)形状记忆合金弹簧或偏置弹簧中的一者和(ii)凸轮环的连杆线，以及配置为向形状记忆合金线施加热量的热源。致动器模块可以被配置为使得对形状记忆合金线的热量的施加引起形状记忆合金弹簧的长度变化和凸轮环相对于承载框架关于轴的旋转。

[0017] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括沿着承载框架或凸轮环中的一者的周边设置的一个或多个永磁体，以及沿着承载框架或凸轮环中的另一个的周边设置并与一个或多个永磁体相对的电绕组。

[0018] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括沿着承载框架或凸轮环中的一者的周边设置的一个或多个永磁体，以及沿着承载框架或凸轮环中的另一个的周边设置并与一个或多个永磁体相对的电绕组。

[0019] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括沿着承载框架或凸轮环中的一者的周边设置的一个或多个永磁体，以及沿着承载框架或凸轮环中的另一个的周边设置并与一个或多个永磁体相对的电绕组。

[0020] 在一些实施方式中，致动器模块可包括：包括压电材料的板、从板延伸并耦接到机械接地的一个或多个臂、以及设置在板上的一个或多个安装结构。每个安装结构可以安装到光学组件的相应部分。

[0021] 在一些实施方式中，致动器模块可以被配置为根据至少两种振动模式来振动板。

[0022] 在一些实施方式中，板可以包括沿着第一方向延伸的一对相对的第一边缘，以及沿着正交于第一方向的第二方向延伸的一对相对的第二边缘，其中，第一边缘长于第二边缘。根据第一振动模式，第一边缘可以相对于板的中心在正交于第一方向和第二方向的第三方向上移位。根据第二振动模式，第二边缘可以在第二方向上相对于彼此移位。

[0023] 在一些实施方式中，光学组件可以包括与可变焦透镜组件同心的第二可变焦透镜组件。致动器模块可以被配置为：在头戴式显示设备的使用期间，调整可变焦透镜组件的屈光力和第二可变焦透镜组件的屈光力，使得可变焦透镜组件的屈光力是第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

[0024] 在一些实施方式中，光学组件还可以包括设置在可变焦透镜组件与第二可变焦透镜组件之间的目镜。目镜可以被配置为在头戴式显示设备的使用期间接收来自光投射器的光并且将光通过可变焦透镜组件或第二可变焦透镜组件中的一者引导到用户。

[0025] 在一些实施方式中，头戴式显示设备还可以包括控制模块，该控制模块被配置为在头戴式显示设备的使用期间控制致动器模块，使得可变焦透镜组件的屈光力是第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

[0026] 在一些实施方式中，根据权利要求1所述的头戴式显示器还可以包括附接到光投射器、光学组件和致动器模块的框架。框架可以被配置为当由用户穿戴时对光学组件进行取向，使得光轴朝向用户的眼睛延伸。

[0027] 在一些实施方式中，光学组件可以包括：第二可变焦透镜组件，其包括第二刚性折射部件；第二成形环，其限定第二孔；以及在第二成形环与第二刚性折射部件之间的第二柔性透镜膜。第二柔性透镜膜可以覆盖第二孔。第二刚性折射部件、第二成形环和第二柔性透镜膜可以沿着轴布置。第二刚性折射部件和第二柔性透镜膜可以限定在第二柔性透镜膜和第二刚性折射部件之间的第二腔室。第二体积的流体可以设置在第二腔室内。致动器模块可以被配置为通过沿着轴相对于第二刚性折射部件移动第二成形环来调整第二可变焦透镜的屈光力，使得孔中的第二柔性透镜膜的曲率被修改。光学组件还可以包括将可变焦透镜组件固定到第二可变透镜组件的支撑结构。支撑结构可以包括具有热膨胀特性的材料，使得在光学组件的温度范围内：由温度变化导致的刚性折射部件与成形环之间的距离变化小于阈值，并且由温度变化导致的第二刚性折射部件与第二成形环之间的距离变化小于阈值。

[0028] 在一些实施方式中，支撑结构可以包括安装到成形环的第一臂、安装到第二刚性折射部件的第二臂和从第一臂延伸到第二臂的杆。

[0029] 在一些实施方式中，致动器模块可以被配置为在头戴式显示设备的使用期间调整可变焦透镜组件的屈光力和第二可变焦透镜组件的屈光力，使得可变焦透镜组件的屈光力是第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

[0030] 在一些实施方式中，光学组件还可以包括设置在可变焦透镜组件与第二可变焦透镜组件之间的目镜。目镜可以被配置为在头戴式显示设备的使用期间接收来自光投射器的光并且将光通过可变焦透镜组件或第二可变焦透镜组件中的一者引导到用户。

[0031] 在一些实施方式中，头戴式显示设备还可以包括控制模块，该控制模块被配置为在头戴式显示设备的使用期间控制致动器模块，使得可变焦透镜组件的屈光力是第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

[0032] 在另一方面中，一种使用头戴式显示设备向用户呈现图像内容的方法包括：使用头戴式显示设备的光投射器产生光，以及使用头戴式显示设备的光学组件将光引导到用户的眼睛。光学组件包括：可变焦透镜组件，其包括刚性折射部件；成形环，其限定孔；以及柔性透镜膜，其在成形环与刚性折射部件之间，柔性透镜膜覆盖孔。刚性折射部件、成形环和柔性透镜膜沿着轴布置。刚性折射部件和柔性透镜膜限定在柔性透镜膜和折射部件之间的腔室。一定体积的流体设置在腔室内。头戴式显示设备还包括耦接到可变焦透镜组件的致动器模块。方法还包括调整光学组件的屈光力。调整光学组件的屈光力包括使用致动器模块沿着轴相对于刚性折射部件移动成形环，使得孔中的柔性透镜膜的曲率被修改。

[0033] 该方面的实施方式可以包括以下特征中的一个或多个。

[0034] 在一些实施方式中，调整光学组件的屈光力可以包括通过沿着轴朝向刚性折射部件移动成形环来增加柔性透镜膜的曲率。

[0035] 在一些实施方式中，调整光学组件的屈光力可以包括通过沿着轴远离刚性折射部件移动成形环来减小柔性透镜膜的曲率。

[0036] 在一些实施方式中，可变焦透镜组件还可以包括承载框架和嵌套在承载框架内的

凸轮环，其中，成形环嵌套在凸轮环内。调整光学组件的屈光力可包括使用致动器模块使凸轮环相对于承载框架关于轴旋转，以引起成形环沿着轴相对于刚性折射部件移动。

[0037] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括耦接到凸轮环的形状记忆合金线，以及被配置为向形状记忆合金线施加热量的热源。调整光学组件的屈光力可以包括向形状记忆合金线施加热量以改变形状记忆合金线的长度并且使凸轮环相对于承载框架关于轴旋转。

[0038] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括形状记忆合金弹簧、与形状记忆合金弹簧相对的偏置弹簧、耦接到(i)形状记忆合金弹簧或偏置弹簧中的一者和(ii)凸轮环的连杆线，以及被配置为向形状记忆合金线施加热量的热源。调整光学组件的屈光力可以包括向形状记忆合金线施加热量以改变形状记忆合金弹簧的长度并且使凸轮环相对于承载框架关于轴旋转。

[0039] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括沿着承载框架或凸轮环中的一者的周边设置的一个或多个永磁体，以及沿着承载框架或凸轮环中的另一个的周边设置并与一个或多个永磁体相对的电绕组。调整光学组件的屈光力可以包括向电绕组施加电流以使凸轮环相对于承载框架关于轴旋转。

[0040] 在一些实施方式中，致动器模块可包括包括压电材料的板、从板延伸并耦接到机械接地的个或多个臂、以及设置在板上的一个或多个安装结构。每个安装结构可以安装到光学组件的相应部分。调整光学组件的屈光力可以包括根据至少两种振动模式振动板。

[0041] 在一些实施方式中，板可以包括沿着第一方向延伸的一对相对的第一边缘，以及沿着正交于第一方向的第二方向延伸的一对相对的第二边缘，其中，第一边缘长于第二边缘。根据至少两种振动模式中的第一振动模式振动板可以包括使第一边缘在正交于第一方向和第二方向的第三方向上相对于板的中心移位。

[0042] 在一些实施方式中，根据至少两种振动模式中的第二振动模式振动板可以包括使第二边缘在第二方向上相对于彼此移位。

[0043] 在一些实施方式中，光学组件可以包括与可变焦透镜组件同心的第二可变焦透镜组件。该方法可以包括与调整可变焦透镜组件的屈光力同时调整第二可变焦透镜组件的屈光力，使得可变焦透镜组件的屈光力是第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数。

[0044] 在一些实施方式中，将光引导到用户的眼睛可以包括将光通过可变焦透镜组件或第二可变焦透镜组件中的一者引导到用户的眼睛。

[0045] 在附图和以下描述中阐述一个或多个实施例的细节。其它特征和优点将从描述和附图以及从权利要求而显而易见。

## 附图说明

[0046] 图1是示例增强现实系统的图。

[0047] 图2A至图2C和图3是示例可变焦组件的图。

[0048] 图4A和图4B是另一示例可变焦组件的图。

[0049] 图5、6、7A和7B是附加的示例可变焦组件的图。

[0050] 图8A和图8B是示例液体透镜组件的图。

[0051] 图9是可变焦组件的分解视图的图。

[0052] 图10A和图10B是示出成形环与凸轮环之间的界面处的示例表面几何形状的图。

[0053] 图11是另一示例可变焦组件的图。

[0054] 图12A和图12B是示例致动器的图。

[0055] 图13A至图13C是示例耦接组件的图。

[0056] 图14是另一可变焦组件的图。

[0057] 图15A和图15B是示例形状记忆合金致动器的图。

[0058] 图16A至图16C是示例无芯环形磁通永磁轴向电机的图。

[0059] 图17和图18是无芯环形磁通永磁轴向电机的示例印刷绕组的图。

[0060] 图19是另一示例可变焦组件的图。

[0061] 图20A是示例环形挠性环的图。

[0062] 图20B是包括环形挠性环的示例可变焦组件的图。

[0063] 图21是示出在显示系统中使用的一对可变焦组件的部分剖视图的图。

[0064] 图22、23、24A和24B是具有多个振动模式的致动器的示例有源元件的图。

[0065] 图25是示出在显示系统中使用的一对可变焦组件的部分剖视图的图。

[0066] 图26是使用头戴式显示设备向用户呈现图像内容的示例过程的流程图。

## 具体实施方式

[0067] 图1示出了示例增强现实系统100,其包括头戴式观看部件2、手持式控制器部件4和可选的互连辅助计算或控制器部件6,该可选的互连辅助计算或控制器部件6可以被配置为作为腰带包等穿戴在用户上。这些部件中的每一个可以彼此通信连接(例如,经由连接10、12、14、16、17和18)以彼此通信并且与其他连接的资源8(例如,云计算或云存储资源)通信。在一些实施方式中,连接10、12、14、16、17和18中的一个或多个可以是有线耦接或无线连接,诸如由电气和电子工程师协会(IEEE)802.11指定的无线连接、蓝牙(RTM),以及其他连接标准和配置。进一步地,观看部件2包括一个或多个光学元件20,其使得穿戴观看部件2的用户能够结合由系统100产生和呈现的虚拟图像信息看到他周围的世界(例如,以利于“增强现实”体验)。这样的系统和体验在美国专利申请序列号14/555,585、14/690,401、14/331,218、15/481,255和62/518,539中进一步描述,其中的每一个以其整体内容通过引用并入本文。

[0068] 光学元件20可以包括一个或多个可变焦组件以根据任何适合数量的焦平面呈现图像信息。在一些实施方式中,光学元件20被配置为根据可由集成控制系统(例如,包括在辅助计算或控制器部件6中、或包括在观看部件2中的控制系统)选择或调谐的焦平面的光谱呈现图像信息。

[0069] 示例可变焦组件22在图2A至图2C和图3中示出。光学元件22包括具有一定体积的流体的透镜36,该流体至少部分地由膜包围。进一步地,可变焦组件22被配置为使得在电机24旋转时,相关联的机械驱动组件26抵着操纵杆组件30旋转地驱动凸轮构件28,这使得两个相对的周边板38和40相对于主壳体组件41旋转(例如,在方向48和46上),并且关于相关联的旋转销接头32和34旋转。这使得透镜36被挤压(例如,在方向44和42上)或释放(例如,分别在相反的方向44和42上),这取决于电机24和凸轮28的位置。相对的周边板38和40相对于彼此的该挤压、释放和重新取向改变了透镜36的焦点,因此提供了一种机电可调的可变焦组件。

[0070] 在一些实施方式中，可变焦组件22可能相对庞大，并且因此可能不太适合使用在头戴式显示设备(例如，观看部件2)中。进一步地，在可变焦组件22的操作期间，相对的周边板38和40相对于彼此重新取向(例如，当它们中的每一个在底部相对于耦接组件的框架枢转时)。因此，随着焦点变化，可能存在图像位置的伴随变化。这在呈现图像信息时引入了复杂的变量，这可能使校准和/或配置头戴式显示设备更加复杂或资源密集。然而，在一些实施方式中，可变焦组件22可用于头戴式显示设备中以根据多个焦平面向用户呈现图像信息。

[0071] 下面描述了可变焦组件的附加示例。在一些实施方式中，头戴式显示设备可包括这些可变焦组件中的一个或多个，结合或取代上文所描述的可变焦组件22。

[0072] 旋转凸轮环配置

[0073] 图8A和8B以剖面示出具有旋转凸轮环配置的示例液体透镜组件800。液体透镜组件800可以用作例如头戴式显示设备中的可变焦组件。

[0074] 液体透镜组件800可操作以调整包围液体透镜组件800内的流体体积的膜的曲率，从而改变液体透镜组件800的屈光力。例如，行进通过流体体积的光具有波前，当光遇到包围流体体积的膜的弯曲表面时，该波前可以改变。光波前的变化对应于光焦点的变化。

[0075] 在一些实施方式中，液体透镜组件800包括刚性折射部件802和刚性成形环804。折射部件至少部分地由固体、光学透明材料(例如，塑料或玻璃)组成，并且可以具有平坦表面、弯曲表面或一个平坦和一个弯曲表面(例如，分别为表面806和808)。成形环至少部分地包括刚性材料，诸如金属(例如铝、钢或钛)、塑料或其他适合的轻质和刚性材料。

[0076] 进一步地，液体透镜组件800包括环形膜814和柔性透镜膜810。柔性透镜膜810横跨成形环804，使得柔性透镜膜810沿着成形环804的整个圆周附接到成形环804(例如，直接固定到成形环804上)以产生密封。恒定体积的基本上不可压缩的流体812被封装在柔性透镜膜810、成形环804、折射部件802和环形膜814之间。环形膜814是柔性的以允许成形环804相对于折射部件802轴向运动，同时保持流体812密封在液体透镜组件800内。

[0077] 作为示例，成形环804可以沿着液体透镜组件800的光轴816(例如，从图8A中所示的配置到图8B中所示的配置)朝向折射部件802移动。这使得柔性透镜膜810靠向流体812挤压，从而增加柔性透镜膜810和流体812的曲率。相应地，液体透镜组件800的屈光力增加。

[0078] 作为另一示例，成形环804可以沿着光轴816(例如，从图8B中所示的配置到图8A中所示的配置)远离折射部件802移动。这使得柔性透镜膜810移动远离流体812，从而减小柔性透镜膜810和流体812的曲率。相应地，液体透镜组件800的屈光力减小。

[0079] 图9示出了包括液体透镜组件800、凸轮环916、承载框架918和帽920的可变焦组件900的分解图。为了便于说明，在液体透镜组件800的部件中，仅单独示出成形环804。

[0080] 如图9所示，包括成形环804的液体透镜组件800嵌套在凸轮环916内。成形环804和凸轮环916各自包括彼此啮合的机械特征(例如，螺纹、凹槽、凸耳、花键、斜面、销、齿、突起或其他结构)，使得凸轮环916的旋转运动导致成形环804沿着光轴816的轴向运动。成形环804的轴向运动将液体透镜组件800的柔性透镜膜810靠向流体912挤压或使柔性透镜膜810远离流体812移动，从而使得流体912和柔性膜810改变形状(例如，增加或减小它们的曲率，如上文所描述的)。

[0081] 在一些实施方式中，凸轮环916和液体透镜组件800可以嵌套在承载框架918内。凸

轮环916可以相对于承载框架918和成形环804旋转。成形环804可被限制相对于承载环918旋转(例如,通过一个或多个齿、突起或其他结构)。然而,成形环804可相对于凸轮环916和承载框架918沿着光轴922轴向移动。进一步地,帽920可以固定到承载框架918以固定安置在承载框架内或安装到承载框架的部件(例如,凸轮环918)的位置。

[0082] 在一些实施方式中,一个或多个致动器模块可用于调整液体透镜组件800的屈光力。例如,一个或多个致动器模块可用于赋予凸轮环916与承载框架918和成形环804两者之间的相对旋转运动,从而使得成形环804相对于折射部件802沿着光轴816轴向移动。

[0083] 图10A和10B示出了成形环804与凸轮环916之间的界面1022处的示例表面几何形状。成形环804包括在轴向方向上延伸并啮合凸轮环916上的螺旋花键1026的多个凸耳1024,使得当凸轮环916旋转时在成形环804上赋予轴向运动。

[0084] 在一些实施方式中,其他几何形状,诸如斜面、台阶、导销和其他机械特征,可用于引导成形环804相对于凸轮环916的轴向运动。特别地,适合的几何形状可用于将凸轮环916相对于成形环804的相对旋转转换为成形环804相对于凸轮环916的轴向运动。

[0085] 致动

[0086] 图11示出了示例可变焦组件1100的透视图。可变焦组件1100包括类似于图8、9、10A和10B所描述的对应部件的承载框架1118、凸轮环1116和液体透镜组件1102。

[0087] 进一步地,可变焦组件1100包括固定到承载框架1118的致动器1126。致动器1126可操作以通过耦接组件1128将基本上切向的力传送到凸轮环1116。例如,致动器1126可以包括固定到承载框架1118并且可操作地耦接到凸轮环1116上的径向突出特征1142的单个旋转电机。特征1142可以固定到凸轮环1116或与凸轮环1116集成。旋转电机的致动使得耦接组件1128在基本上与凸轮环1116相切的方向上延伸或缩回。耦接组件的一部分啮合特征1142并且使得凸轮环相对于承载框架的旋转。在该配置中,承载框架1118还包括挡块1144以限制耦接组件1128和凸轮环1116的运动。挡块1144可用于防止液体透镜组件1102的柔性透镜膜元件上的过度应变。

[0088] 虽然示出了旋转电机和螺杆式连杆,但是其他配置也是可能的。例如,适合的致动器可包括步进电机、伺服电机、超声波电机、旋转直流电机、压电致动器、形状记忆合金致动器、无芯环形磁通轴向电机、线性超声波电机、旋转超声波电机、其他机电致动器或其组合。下面更详细地讨论不同致动机构的具体示例。进一步地,附录A中提供了示例电机。

[0089] 在图11所示的示例配置中,致动器1126附接到承载框架1118的外圆周。然而,在各种实施方式中可以采用其他适合的配置。作为示例,图12A和12B示出了致动器1226嵌入在承载框架1218的径向延伸部分内的配置。在图12A和图12B所示的示例中,致动器1226是驻波致动器。致动器1226在承载框架1218的凹陷部分1230内的位置可调节以用于校准。例如,一个或多个固定螺钉、间隔物或垫片可用于在至少一个方向上进行调整。致动器1226基本上包含在凹陷部分1230内的配置可以提供使致动器1226与承载框架1218之间的运动最小化的优点,使得由致动器产生的基本上所有运动传送到从动元件。在一些实施方式中,这样的配置可以改进可变焦组件调整的效率和准确度,同时有助于将可变焦组件与增强现实(AR)、虚拟现实(VR)、混合现实(MR)和/或可以安装这样的可变焦组件的显示系统类型隔离。此外,可以提供围绕致动器1226的壳体以防止来自致动器的灰尘或碎屑进入敏感的机械和光学部件。壳体(未示出)可由利于致动器在可变焦组件内以优选的自然频率操作的材

料制成。在一些实施方式中，壳体的优选自然频率可以比致动器1226的操作频率小至少一个数量级。例如，如果电机的操作频率是约90KHz，则壳体的优选自然频率可以是9KHz或更低。

[0090] 当为可变焦组件选择致动器时，也可以考虑致动器的声音输出。在一些实施方式中，对于致动器可能有利的是，以低噪声输出操作，使得当组装在增强现实(AR)系统、虚拟现实(VR)系统、混合现实(MR)系统或其他显示系统中时，噪声不会打扰用户体验。作为说明性示例，致动器的可接受的声音输出可以小于35dBA，例如在约25dBA到约32dBA之间。此外，在一些实施方式中，由致动器产生的任何声音处于声音不能由人类和/或可用于AR系统、VR系统、MR系统或其他显示系统的传感器设备(例如，麦克风)检测到的这样的频率是有益的。在一些实施方式中，由致动器产生的声音可以处于约30kHz以上的频率。

[0091] 在一些实施方式中，致动器可以包括锁定机构，使得组件在致动器不接收电力时保持其位置。作为示例，这样的锁定机构可以通过致动器内的部件之间足够高的摩擦力以防止运动发生来实现，即使在致动器上存在来自液体透镜组件的反力。作为另一示例，可以包括致动器内的部件的机械挡块、棘轮、螺旋钻或其他机械特征以提供致动器的锁定功能。在一些实施方式中，除了致动器单元中的锁定特征之外或者取代致动器单元中的锁定特征，可以实现单独的锁；然而，这样的锁定元件可能增加可变焦组件的移动部件内的摩擦。磨损缓解技术，诸如用聚四氟乙烯(PFTE)润滑移动部件、精细加工或抛光界面表面，或用诸如类金刚石碳(DLC)涂层的材料涂覆界面表面，可以改进移动部件之间存在摩擦的系统的磨损特性。

[0092] 虽然上文讨论了每个可变焦组件使用一个致动器，但是每个可变焦组件也可以使用多个致动器，如下文更详细讨论的。

[0093] 耦接

[0094] 耦接组件配置的几种变型可用于将致动器运动传送到凸轮环。图13A至图13C示出了多个示例耦接组件。

[0095] 在图13A中，耦接组件包括多个齿轮1332和齿轮驱动1334。齿轮1332可以通过固定到凸轮环1316的齿条1336将运动从致动器(未示出)传送到凸轮环1316。凸轮环1316可以类似于上文所描述的凸轮环。

[0096] 在图13B中，耦接组件包括蜗杆驱动1338，其通过齿条1336将运动传送到凸轮环1316。

[0097] 在图13C中，耦接组件包括通过齿条1336将运动传送到凸轮环1316的导螺杆和螺母组件1340。

[0098] 每个耦接组件可以具有内部限制和外部限制，使得凸轮环1316的旋转被限制在特定范围内。类似地，可以在系统中包括挡块(未示出)以防止凸轮环1316的过度运动。

[0099] 在一些实施方式中，耦接组件还可以包括减少致动器的不规则或离轴运动并且防止这样的运动传送到从动元件(例如，凸轮环)的元件或特征。在一些实施方式中，摆动耦合或传动牙嵌(drive dog)可用于将摆动运动、寄生运动、偏航力矩、侧倾力矩和/或俯仰力矩与从动元件解耦。在一些实施方式中，减少从动元件处的这些力矩和运动可以改进凸轮环和成形环相对于承载框架的对准。进一步地，精确对准可以改进可变焦组件的准确度并且减少系统的移动部件上的磨损。

[0100] 位置反馈

[0101] 在一些实施方式中，可通过精确控制柔性透镜膜的曲率来调整可变焦组件的焦点(例如，使得实现特定焦点或屈光力)。在一些实施方式中，闭环反馈系统可用于调整可变焦组件的一个或多个部件相对于另一个部件的位置(例如，通过基于一个或多个位置测量结果控制一个或多个致动器的操作)。

[0102] 在一些实施方式中，位置传感器(例如，霍尔传感器)可用于准确地检测可变焦组件中的一个或多个移动部件的实际位置。除了位置传感器之外或者取代位置传感器，光学编码器可用于检测可变焦组件内的一个或多个移动部件的实际位置。来自一个或多个传感器的实际位置信息可以发送到控制回路，其中，处理器(例如，微处理器)将实际位置数据与移动部件的预期位置进行比较。如果实际位置与预期位置之间的差异高于期望阈值，则处理器可以调整向致动器的输入，直到实际位置在预期位置的阈值容差内。

[0103] 可替代的致动器

[0104] 图14示出了另一示例可变焦组件1400。可变焦组件1400包括类似于图8、9、10A和10B所描述的对应部件的承载框架1418、凸轮环1416和液体透镜组件1402。

[0105] 在图14所示的配置中，可变焦组件1400包括用于使凸轮环1416相对于承载框架1418和液体透镜组件1402旋转的形状记忆合金(SMA)材料致动器1428。致动器1428包括SMA线1430、回位弹簧1432和热耦接到SMA线1430的热源1434。

[0106] SMA线1430在承载框架1418上的凹陷通道内周向延伸。SMA线1430的一端固定到承载框架1418，并且另一端直接或间接耦接到凸轮环1416。当SMA线1430被加热(例如，使用热源1434)时，SMA线1430的长度减小，使得连接到凸轮环1416的端部向连接到承载框架1418的端部移动。由于SMA线1430的移动由凹陷通道限制，因此SMA线1430的长度变化导致连接到凸轮环1416的端部向连接到承载框架1418的端部移动，从而使凸轮环1416相对于承载框架1418旋转。当SMA线1430冷却时，它膨胀到其原始长度并且使得凸轮环1416旋转回到其原始位置。通过控制SMA线1430的温度，可以控制凸轮环1416和承载框架1418之间的移动量以精细地调节液体透镜组件1402的柔性膜和流体腔室的曲率。在一些实施方式中，回位弹簧1432可以偏置凸轮环1416，使得当SMA线1430被加长时(例如，当SMA线冷却时)它返回到其相对于承载框架1418的原始位置。

[0107] 在一些实施方式中，SMA线1430可以至少部分地包括铜-铝-镍和/或镍-钛(NiTi)。在一些实施方式中，SMA线1430可以包括锌、铜、金和铁的合金。

[0108] 图15A和图15B示出了另一示例SMA致动器1500。在该示例中，致动器1500包括由偏置弹簧1562相对的SMA弹簧1560。SMA弹簧1560和偏置弹簧1562安置在限制SMA弹簧和偏置弹簧组件的总长度的框架1564内。框架1564包括用于连杆线1566进入框架1564并且连接到SMA弹簧1560和偏置弹簧1562中的至少一个的通孔。SMA弹簧1560的激活状态可以通过向SMA弹簧1560施加热量(例如，通过热耦接到SMA弹簧1560的热源1568)或冷却SMA弹簧1560来控制。SMA弹簧1560的致动引起SMA弹簧1560的伸长和偏置弹簧1562的收缩。连杆线1556随着SMA弹簧1560致动而偏移并且可操作以将力传送到从动部件(例如，凸轮环或耦接到连杆线1566的其他驱动部件)。

[0109] 图16A和16B示出了被配置为调整可变焦组件(例如，本文所描述的可变焦组件中的一个或多个)的另一示例致动器1600a。图16A示出了根据侧(轴向)视图的致动器1600a，

并且图16B示出了根据侧(轴向)视图的致动器1600a,其中出于说明性目的,致动器1600a的部件已经“展开”成线性配置。

[0110] 致动器1600a是无芯环形磁通永磁轴向电机,其包括以特定布置在可变焦组件的凸轮环1616或承载框架(在图16A和16B中未示出)的环形开口的至少一部分周围放置的永磁体1666。电机还包括围绕承载框架或凸轮环1616的环形开口的至少一部分放置的电绕组1668,使得永磁体1666和电绕组1668安装到分离的部件。

[0111] 电绕组1668可以使用印刷在印刷电路板(PCB)上的导电材料制成。然后可以将PCB切割成一定尺寸并且安装到承载框架或凸轮环1616。在一些实施方式中,PCB的多层可以堆叠在彼此的顶部,每层具有印刷绕组,使得绕组的密度增加。更高密度的绕组可以提供更高的扭矩输出。

[0112] 当电流通过PCB绕组时,产生磁场,该磁场与永磁体阵列相互作用以引起凸轮环与承载框架之间的相对旋转。

[0113] 图16B示出了图16A的无芯环形磁通永磁轴向电机的变型。图16B所示的电机1600b包括第二组永磁体1666b,使得PCB绕组1668在第一组永磁体1666a与第二组永磁体1666b之间。通过将PCB绕组1668夹在两组永磁体之间,实现了更强和更均匀的磁通密度。在一些实施方式中,永磁体1666a和1666b可以以Halbach阵列布置。

[0114] 图17和图18示出了印刷绕组1668的示例图案。

[0115] 周边框架配置

[0116] 图4A和4B示出了具有周边框架配置的示例可变焦组件50。可变焦组件50包括流体/膜透镜36,其插入在两个刚性周边框架构件70和72之间。进一步地,可旋转调整周边构件52和54设置在流体/膜透镜36与刚性周边框架构件70和72中的每一个之间。

[0117] 致动电机64调整周边构件52和54可以使用紧凑致动电机64(例如,步进电机、伺服电机、超声波电机或其他机电致动器)相对于刚性周边框架构件70和72可旋转地调整。如图4B所示,致动电机64可以使用耦接组件耦接到刚性周边框架构件56和58以及可旋转调整周边构件52和54,该耦接组件具有耦接到筒形构件60的轴62,该筒形构件60耦接到销61,该销61与可旋转调整周边构件52和54接合。

[0118] 可旋转调整周边构件52和54与刚性周边框架构件70和72之间的机械接口可以包括一个或多个位于周边的特征(例如,诸如,斜坡、隆起或台阶),其使得相互耦接的流体/膜透镜36以基本上均匀的周边负载被挤压或松开,诸如通过三个或更多个界面特征组(例如,围绕可旋转调整周边构件52和54与刚性周边框架构件70和72之间的360度周边界面每120度一个)。换句话说,流体/膜透镜36可以相对均匀地松弛或收紧,优选地,图像位置相对于透镜的平面基本上没有移动或重新取向。

[0119] 轴向驱动配置

[0120] 图5、6、7A和7B示出了用于为具有相互耦接的流体/膜透镜36的紧凑可变焦组件提供基本上均匀的周边负载(并且因此在没有大量移动或重新取向图像位置的情况下进行聚焦调整)的其他示例配置。

[0121] 如图5所示,示例的紧凑可变焦组件68包括两个刚性周边框架构件70和72以及相互耦接的流体/膜透镜36。流体/膜透镜36的基本上均匀的周边负载由数个电磁致动器76、77和78提供,这些电磁致动器被配置为可控地相对于彼此推动或排斥两个刚性周边框架构

件70和72以提供可控的焦点调整。在一些实施方式中，电磁致动器76、77和78可以在圆周上彼此等距放置(例如，彼此相距约120度)以提供具有3致动器配置的均匀负载。其他实施方式可以包括更多的致动器，诸如相隔90度的四个致动器等。

[0122] 如图6所示，另一示例的紧凑可变焦组件74包括两个刚性周边框架构件70和72以及相互耦接的流体/膜透镜36。流体/膜透镜36的基本上均匀的周边负载由数个形状记忆金属合金致动器80、82和84提供，这些形状记忆金属合金致动器被配置为可控地相对于彼此推动或排斥两个刚性周边框架构件70和72以提供可控的焦点调整。在一些实施方式中，形状记忆金属合金致动器80、82和84可以在圆周上彼此等距放置(例如，彼此相距约120度)以提供具有3致动器配置的均匀负载。其他实施方式可以包括更多的致动器，诸如相隔90度的四个致动器等。

[0123] 如图7A和图7B所示，另一示例的紧凑可变焦组件76包括两个刚性周边框架构件70和72以及相互耦接的流体/膜透镜36。流体/膜透镜36的基本上均匀的周边负载由数个压电致动器86、88和90提供，这些压电致动器被配置为可控地相对于彼此推动或排斥两个刚性周边框架构件70和72以提供可控的焦点调整。在一些实施方式中，压电致动器80、82和84可以在圆周上彼此等距放置(例如，彼此相距约120度)以提供具有3致动器配置的均匀负载。其他实施方式可以包括更多的致动器，诸如相隔90度的四个致动器等。参考图7B，取决于对于给定的可变焦透镜配置在每个压电致动器中需要多少机械推动(throw)，每个压电致动器可以包括一系列单独的压电器件(例如，92、94等)的组件，它们相互耦接，使得每个的激活提供给定的机械推动，该机械推动添加到组件中的其他组件以产生适合于应用的总体组件推动。

[0124] 单致动器轴向驱动配置

[0125] 图5至图7所示的可变焦组件可以包括围绕组件的圆周的数个致动器。在一些实施方式中，减少所使用的致动器的数量可能是有利的(例如，为了减少可变焦组件的尺寸、重量和功率要求)。

[0126] 图19示出了具有单个致动器1926的另一示例的可变焦组件1900。在一些实施方式中，致动器1926可以是通过连杆1928连接到成形环1904的线性超声电机。致动器1926使得连杆1928和成形环1904朝向和远离固定折射部件1902轴向移动，这引起柔性透镜膜1910的曲率和流体隔室1912的形状的变化。在替代配置中，折射部件可以朝向和远离固定成形环移动。

[0127] 在一些实施方式中，可变焦组件1900可以包括环形膜1914，其是柔性的以允许折射部件1902与成形环1904之间的轴向运动。然而，如图19所示，当连杆1928在z方向上移动时，该柔性还可以在成形环1904上引起力矩M。力矩M可以引起成形环1904和附接到成形环的柔性透镜膜1910倾斜，使得柔性透镜膜1910的曲率不再关于中心轴C对称。因此，通过非对称曲率的光可能变得失真。

[0128] 使用环形挠性环可以消除或以其他方式减少该失真。例如，图20A示出了示例环形挠性环2000的俯视图。环形挠性环2000可以包括在可变焦组件中以支撑和加强环形膜1914，如图20B的组件剖视图所示。环形挠性环2000的外部可以固定到成形环1904，而环形挠性环2000的内部可以固定到折射部件1902。环形挠性环2000可由刚性材料(诸如金属(铝、钢或钛))、塑料或其他适合的材料制成。进一步地，环形挠性环2000可以包括狭槽，当

连杆1928移动成形环1904时，该狭槽允许环形挠性环2000响应于施加到其上的轴向负载而在径向方向上改变形状。环形挠性环2000的刚度降低了力矩M，使得单个致动器配置可以在一系列位置上保持柔性透镜膜1910的对称曲率。

[0129] 在显示系统中使用

[0130] 成对的可变焦组件，诸如内部透镜组件(ILA)和外部透镜组件(OLA)可以用于显示系统(例如，AR系统、MR系统等)中，以使用ILA将一系列焦点深度中的一个赋予虚拟内容，同时使用OLA校正或补偿失真的环境光。图21示出了之间具有增强现实目镜2150的一对可变焦组件2146和2148的部分剖视图。ILA 2146和OLA 2148设置在目镜2150的任一侧。来自目镜1250的虚拟图像朝向ILA 2146投射，并且在朝向用户发射之前由ILA 2146成形。来自周围环境的光第一次由OLA 2148成形并且第二次由ILA 2146成形，使得在两次成形事件之后环境光的聚焦净变化是零(例如，OLA 2148的屈光力是ILA 2146的屈光力的倒数)。

[0131] 在一些实施方式中，OLA 2148和ILA 2146的屈光力可以在显示系统的操作期间由控制模块(例如，具有一个或多个计算机处理器的计算系统)调整。例如，控制模块可以控制显示系统的致动器模块中的一个或多个以选择性地调整ILA 2146的屈光力(例如，使得来自目镜1250的虚拟图像根据一个或多个选择的焦平面来呈现给用户)。进一步地，控制模块可以同时控制致动器模块以调整OLA 2148的屈光力，使得OLA 2148的屈光力是ILA 2146的屈光力的倒数(例如，以通过ILA 2146校正或补偿失真的环境光)。在一些实施方式中，控制模块可以包括在显示系统中的一个或多个中(例如，头戴式观看部件2、手持式控制器部件4和/或互连的辅助计算或控制器部件6)。

[0132] 在一些实施方式中，OLA 2148的直径可以大于ILA 2146的直径。附录B和附录C中分别提供了ILA 2146和OLA 2148的示例规格。

[0133] ILA 2146和OLA 2148中的每一个可以被实现为本文所描述的可变焦组件中的任一个。进一步地，ILA 2146和OLA 2148中的每一个可以使用本文所描述的任何致动配置来致动。

[0134] 耦接的可变焦透镜组件

[0135] 如上文所讨论的，在一些实施方式中，减少可变焦组件中的致动器的数量可能是有利的。对于具有超过一个可变焦组件的系统，这也可适用。图25是具有类似于图21所示的配置的一对可变焦组件的示例系统2500的剖视图。系统2500将ILA 2546的移动部件耦接到OLA 2548的移动部件，使得两个移动部件可以由一个或多个公共致动器2526和公共连杆2528驱动。在一些实施方式中，公共致动器2526可以是线性超声波电机。

[0136] 在所示的示例中，ILA 2246的移动部件是ILA折射部件2502并且OLA 2248的移动部件是OLA成形环2504。然而，耦接和移动OLA折射和ILA成形器也是可能的。虽然类似于图20A所示的挠性环的挠性环未示出在ILA 2246或OLA 2248中，但是这样的挠性环可用于减少ILA和OLA移动部件上的力矩。

[0137] 增益补偿

[0138] 在OLA直径大于ILA直径的实施方式中，OLA组件行进与ILA组件不同的轴向距离，以使行进穿过OLA和ILA组件的环境光的净屈光度变化等于零。可以将各种弹簧力添加到系统中(例如，通过ILA和OLA中的一个或多个的柔性透镜膜)以便以不同的速率驱动两个移动部件。具体地，可以向需要较少行程的透镜的驱动连杆添加弹簧力。

[0139] 无热化

[0140] 针对耦接系统2500的附加校准考虑是对由热漂移引起的光学变化的补偿。热漂移的一个组分是液体透镜组件内的光学流体在暴露于热量时膨胀。流体的膨胀增加柔性透镜膜的曲率并且增加由流体透镜赋予的屈光力。光学系统2500中的热漂移的另一组分是支撑元件(诸如连杆2552和接地元件2554)的膨胀。例如,当接地元件2254膨胀时,它向OLA成形环压缩OLA折射部件并且向ILA折射部件压缩ILA成形环。因此,接地元件2254的膨胀也增加OLA和ILA的屈光力。在一些实施方式中,ILA处的屈光力变化可能引起虚拟图像出现在与预期不同的焦深处。进一步地,OLA处的屈光力变化通常并不精确对应于ILA处的屈光力变化。因此,穿过OLA和ILA的环境光可能出现散焦。

[0141] 为了补偿由热漂移引起的OLA和ILA处的额外屈光力,可以选择连杆2252的材料以具有特定的热膨胀系数(CTE)以平衡系统。具体地,可以选择连杆2252的CTE以使得它允许足够程度的材料膨胀来维持ILA和OLA两者的成形器和折射部件之间的预测相对位置(例如,使得ILA的刚性折射部件和OLA的成形环由于温度变化而小于特定温度范围内的阈值)。例如,连杆2252可以由具有相对高热膨胀系数的聚合物形成。当连杆2252暴露于与光学流体和接地元件2254相同的热条件时,连杆2252膨胀以减少OLA折射对于OLA成形器的压缩并且减少ILA折射相对于ILA成形器的压缩。

[0142] 在一些实施方式中,阈值可以是0.01mm或更小、0.1mm或更小、1mm或更小、或一些其他阈值。在一些实施方式中,温度范围可以是设备的预期操作温度范围。例如,温度范围的下限可以是-20℃、-10℃、0℃、10℃、20℃、30℃、40℃、50℃或一些其他温度。作为另一示例,温度范围的上限可以是20℃、30℃、40℃、50℃、60℃、70℃、80℃、90℃、100℃、110℃、120℃、130℃、或一些其他温度。

[0143] 具有多种振动模式的线性超声波致动器

[0144] 在一些实施方式中,可变焦组件中采用的(一个或多个)致动器可以包括每个致动器具有多种振动模式的一个或多个致动器。致动器的多种振动模式的同时激发可导致致动器的复合振动以使能控制可变焦组件的部件。

[0145] 图22示出了一些实施例中的可以用于可变焦组件中的具有多种振动模式的致动器的有源元件的示例示意图。致动器也可以描述为具有多种模式的行波超声波电机。致动器可以是线性驱动型的致动器,并且可以被称为线性致动器或线性电机。有源元件2200可以包括由至少一部分压电材料(例如,陶瓷)组成的板2202。耦接部件2204可以使用附接臂2206附接到板2202(例如,直接固定到板2202上)。耦接部件2204可附接到可变焦组件中的固定点(例如机械接地)(例如成形环、凸轮环、承载框架等上的一个或多个点)。附接臂2206可以铰接成多个段,如在所示的示例中,以至少部分地减少致动器的长度。部件2208可以耦接到可变焦组件的部件,诸如透镜表面。在致动器的操作期间部件2208相对于彼此的总体线性运动可能引起附接的可变焦组件部件的相对运动。图22示出了有源元件2200的部件的示例尺寸(以mm为单位)。一些实施方式针对所示尺寸采用不同的适合值。

[0146] 图23示出了致动器的有源元件2200的俯视图的示例示意图2300。图24A和24B示出了有源元件2200的相应示例示意图2400和2402。图24A示出了第一振动模式(例如,“圆柱”或“管”模式),其中有源元件的长边相对于部件2208在z方向上上下移位。图24B示出了第二振动模式(例如,“正弦”模式),其中有源元件的短边沿着y方向在彼此相反的方向上移位。

[0147] 在一些实施方式中，有源元件可以被配置为使得其总长度(例如，在图22中所示的示例中为11.63mm)足够短以使得能够在可变焦组件中使用致动器，该可变焦组件当在诸如VR系统、AR系统、MR系统或其他类型的系统的显示系统的头戴式观看部件中使用时在其可用的最大深度或间隙方面可能受到限制。有源元件2200可以被配置为使得有源元件2200的多个(例如，两个)基本振动模式的自然频率相同或彼此足够接近。该考虑提供了致动器的有效操作，因为随着频率之间的差异增加，效率可能下降。例如，有源元件可以被配置为使得频率在彼此的1.5％内。在一些实施方式中，频率可以是约90kHz，和/或在从88kHz到94kHz的范围内。在特定示例中，第一模式的频率可以是88.9kHz并且第二模式的频率可以是93.8kHz。

[0148] 而且，为了有源元件的有效操作，有源元件可以被配置为使得不存在要激发的模式(圆柱和正弦模式)的操作频率的约5％内的有源元件的其他自然频率。例如，最接近这些模式的自然频率可以与激发频率相距至少5kHz，使得不希望的振动模式不被驱动频率激发。确保其他不希望的模式不被激发可以提供致动器的有效操作。

[0149] 在一些实施方式中，基于液体透镜对的深度平面的切换可能需要使用与AR、VR或MR眼镜或头戴式耳机的形状因子和/或工业设计一致的致动器。有源元件轮廓示出在图22的示例中。如本示例中所示，边界条件(例如，最大长度)沿着零件的长轴延伸。在确定有源元件的自然频率时，边界条件可能是重要的考虑因素。在一些实施方式中，两种振动模式的自然频率可以彼此匹配或足够接近(例如，±5％、±10％或±15)。在一些实施方式中，可以修改配置以改变振动频率，使得它们彼此匹配或彼此足够接近。在一些植入中，致动器可以被配置为最小化有源元件的长度，同时保持约90kHz的匹配的自然频率。

[0150] 图26是使用头戴式显示设备向用户呈现图像内容的示例过程2600的流程图。在一些实施方式中，可以至少部分地使用本文所描述的系统或装置中的一个或多个来执行过程2600。

[0151] 根据过程2600，使用头戴式显示设备的光投射器产生光(步骤2602)。例如，关于图1描述了示例头戴式显示设备。

[0152] 使用头戴式显示设备的光学组件将光引导到用户的眼睛(步骤2604)。光学组件包括：包括刚性折射部件的可变焦透镜组件；限定孔的成形环；在成形环与刚性折射部件之间的柔性透镜膜；以及耦接到可变焦透镜组件的致动器模块。柔性透镜膜覆盖孔。刚性折射部件、成形环和柔性透镜膜沿着轴布置。刚性折射部件和柔性透镜膜限定在柔性透镜膜和折射部件之间的腔室。一定体积的流体设置在腔室内。例如，关于图2至图25描述了示例可变焦透镜组件和它们相应的部件。进一步地，头戴式显示设备包括耦接到可变焦透镜组件的致动器模块。

[0153] 调整光学组件的屈光力(步骤2606)。调整光学组件的屈光力包括使用致动器模块沿着轴相对于刚性折射部件移动成形环，使得孔中的柔性透镜膜的曲率被修改。例如，关于图8A和图8B描述了该调整技术的示例。

[0154] 在一些实施方式中，调整光学组件的屈光力可以包括通过使成形环沿着轴朝向刚性折射部件移动来增加柔性透镜膜的曲率。在一些实施方式中，调整光学组件的屈光力可以包括通过使成形环沿着轴远离刚性折射部件移动来减小柔性透镜膜的曲率。

[0155] 在一些实施方式中，可变焦透镜组件还可以包括承载框架和嵌套在承载框架内的

凸轮环，其中，成形环嵌套在凸轮环内。调整光学组件的屈光力可包括使用致动器模块使凸轮环相对于承载框架关于轴旋转，以引起成形环沿着轴相对于刚性折射部件移动。例如，关于图9、图10A、图10B、图11、图12A、图12B和图13A至13C描述了该调整技术的示例。

[0156] 在一些实施方式中，其中，致动器模块可以包括耦接到凸轮环的形状记忆合金线，以及被配置为向形状记忆合金线施加热量的热源。调整光学组件的屈光力可以包括向形状记忆合金线施加热量以改变形状记忆合金线的长度并且使凸轮环相对于承载框架关于轴旋转。例如，关于图14描述了该调整技术的示例。

[0157] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括形状记忆合金弹簧、与形状记忆合金弹簧相对的偏置弹簧、耦接到(i)形状记忆合金弹簧或偏置弹簧中的一者和(ii)凸轮环的连杆线，以及被配置为向形状记忆合金线施加热量的热源。调整光学组件的屈光力可以包括向形状记忆合金线施加热量以改变形状记忆合金弹簧的长度并且使凸轮环相对于承载框架关于轴旋转。例如，关于图15A和图15B描述了该调整技术的示例。

[0158] 在一些实施方式中，致动器模块可以包括沿着承载框架或凸轮环中的一者的周边设置的一个或多个永磁体，以及沿着承载框架或凸轮环中的另一个的周边设置并与一个或多个永磁体相对的电绕组。调整光学组件的屈光力可包括向电绕组施加电流以使凸轮环相对于承载框架关于轴旋转。例如，关于图16A至图16C、图17和图18描述了该调整技术的示例。

[0159] 在一些实施方式中，致动器模块可包括具有压电材料的板，以及从板延伸并耦接到机械接地的一个或多个臂、设置在板上的一个或多个安装结构。每个安装结构可以安装到光学组件的相应部分。调整光学组件的屈光力可包括根据至少两种振动模式振动板。例如，关于图22、图23、图24A和图24B描述了该调整技术的示例。

[0160] 在一些实施方式中，板可以包括沿着第一方向延伸的一对相对的第一边缘，以及沿着正交于第一方向的第二方向延伸的一对相对的第二边缘，其中，第一边缘长于第二边缘。根据至少两种振动模式中的第一振动模式振动板可以包括使第一边缘在正交于第一方向和第二方向的第三方向上相对于板的中心移位(例如，如图24A所示)。根据至少两种振动模式中的第二振动模式振动板可以包括使第二边缘在第二方向上相对于彼此移位(例如，如图24B所示)。

[0161] 在一些实施方式中，其中，光学组件可以包括与可变焦透镜组件同心的第二可变焦透镜组件。过程2600可以包括与调整可变焦透镜组件的屈光力同时调整第二可变焦透镜组件的屈光力，使得可变焦透镜组件的屈光力是第二可变焦透镜组件的屈光力的倒数(例如，如关于图25所描述的)。

[0162] 在一些实施方式中，将光引导到用户的眼睛可以包括将光通过可变焦透镜组件或第二可变焦透镜组件中的一者引导到用户的眼睛。

[0163] 附录A列出了可以在一些实施例中采用的(一个或多个)致动器的示例规格。附录B列出了可以在一些实施例中采用的内部透镜组件的示例规格。附录C列出了可以在一些实施例中采用的外部透镜组件的示例规格。实施例不限于这些示例，并且可以采用其他适合值。

[0164] 在本文中描述了本发明的各种示例实施例。以非限制性的意义对这些示例进行参考。它们被提供以示出本发明的更宽的适用方面。可以对所描述的本发明做出各种改变并

且可以代替等效物而不脱离本发明的真实精神和范围。另外，可以做出许多修改以将特定情况、材料、物质的组成、过程、(一个或多个)过程动作或(一个或多个)步骤适于本发明的(一个或多个)目的、精神或范围。而且，如由本领域的技术人员将理解到的，本文中所描述和所示出的每个单独变型具有可以容易地与其他数个实施例中的任一个的特征分离或者组合的分立部件和特征，而不脱离本公开的范围或精神。所有这样的修改旨在在与本公开相关联的权利要求的范围内。

[0165] 本发明包括可以使用主题设备执行的方法。方法可以包括提供这样的适合的设备的动作。这样的提供可以由终端用户执行。换句话说，“提供”动作可以包括终端用户可以获得、访问、接近、定位、设定、激活、加电或其他动作来提供本方法中的必要设备的一个或多个步骤。本文中记载的方法可以以记载事件的逻辑上可能的任何次序以及以事件的记载次序执行。

[0166] 上文已经阐述了本发明的示例方面连同关于材料选择和制造的细节。至于本发明的其他细节，这些可以结合上文提到的专利和公开以及通常由本领域的技术人员已知或者理解的来理解。就如通常或者逻辑上使用的附加动作而言，相对于本发明的基于方法的方面可以同样适用。

[0167] 另外，虽然已经参考可选地包含各种特征的数个示例描述了本发明，但是本发明将不限于如相对于本发明的每个变型预期的描述或指示的发明。可以对所描述的本发明做出各种改变并且可以代替等效物(无论是记载在本文中还是出于某种简洁的缘故未包括)，而不脱离本发明的真实精神和范围。另外，在提供值的范围的情况下，应当理解，该范围的上限与下限之间的每个中间值和该声称的范围中的任何其他声称的值或中间值涵盖在本发明中。

[0168] 而且，应预期到，可以独立地或者与本文所描述的特征中的任何一个或多个组合来阐述并且要求保护所描述的本发明变型的任何可选特征。对于单数项的引用包括存在多个相同项的可能性。更具体地，如在本文和与其相关联的权利要求中所使用的，除非具体另外说明，否则单数形式“一”、“一个”、“所述”和“该”包括复数指示物。换句话说，冠词的使用允许以上描述以及与本公开相关联的权利要求中的主题项中的“至少一个”。还应注意到，这样的权利要求可以被撰写为排除任何可选元素。如此，该陈述旨在用作用于结合权利要求元素的记载来使用如“仅仅”、“仅”等这样的专用术语或者使用“否定“限制的先行基础。

[0169] 在不使用这样的专用术语的情况下，与本公开相关联的权利要求中的术语“包括”应当允许包括任何附加元素—而不管给定数目的元素是否被列举在这样的权利要求中，或者特征的添加可以被认为是转换这样的权利要求中阐述的元素的性质。除了如本文特别定义之外，本文中使用的所有技术和科学术语将被给定为尽可能宽的通常理解的意义，同时维持权利要求有效性。

[0170] 本公开的宽度将不限于所提供的示例和/或本说明书，而是相反仅通过与本公开相关联的权利要求语言的范围来限定。

[0171] 附录A-示例致动器规格

[0172] 质量：<7.9克

[0173] 推力和启动推力：±1N至±4N

[0174] 速度：50mm/sec

[0175] 行程:0.8-3.5mm

[0176] 运动系统动力学(传递函数:刚度(k)、质量阻尼(m)、自然频率($f_n$)和阻尼比(ζ))。:meff<5克,k>2.0N/mm-4N/mm或4.0N/mm-8N/mm,$f_n$在30-200赫兹之间,ζ在0.5-3.0之间。

[0177] 定位精度(针对六自由度可允许的电机误差运动):±0.2mm

[0178] 最小可能运动步长:<1μm

[0179] 取向(倾侧/倾斜)不确定性:<120弧分

[0180] 分布负载特性:Φ40mm

[0181] 占空比:0.3*Hz的频率下1200万个开关,

[0182] 电机形状因子:尺寸<33x 16x 9.2mm

[0183] 致动元件的形状因子:Φ40mm,带分布负载

[0184] 机械部件和安装位置的可允许变形:<0.020-0.300mm

[0185] 自锁保持力:>1.2x致动力

[0186] 功耗:平均<0.5瓦,最大<1.0瓦

[0187] 驱动声音(可允许噪音):<25-32dbA at 25mm

[0188] 热值:<1瓦

[0189] 驱动期间温度:<60C

[0190] 寿命:10,000小时

[0191] 使用环境(使用温度、使用湿度):环境温度范围-10℃至+55℃,非冷凝湿度5-95%

[0192] 抗震性:可承受3个取向1m的跌落而无损坏

[0193] 附录B-示例内部透镜组件("ILA")规格

[0194] 行程范围:721μm。在一些示例中,行程范围是对准偏移和系统的实际运动要求的组合

[0195] 最大负载弹簧力:2.24±0.3N

[0196] 最小负载弹簧力:0.70±0.3N

[0197] 移动成型环质量:0.62克

[0198] 负载刚度:$k_{m_ILA}$=2.75N/mm

[0199] 透镜阻尼:ζ~1.0

[0200] 系统自然频率:~100Hz

[0201] 成形元件的折射偏心(基准):±0.05mm

[0202] 焦度误差(组合ILA和OLA):<0.1屈光度

[0203] 焦度误差(系统'I'-虚拟):<0.1屈光度

[0204] 附接到膜的驱动环平面度:<10μm

[0205] 附接到膜的驱动环倾斜/倾侧:<3弧分

[0206] 附录C-示例外部透镜组件("OLA")规格

[0207] 行程范围:760μm。在一些示例中,行程范围是对准偏移和系统的实际运动要求的组合

[0208] 最大负载弹簧力:3.21±0.3N

[0209] 最小负载弹簧力:1.35±0.3N

[0210] 移动成型环质量:0.72克

[0211] 负载刚度:$k_{m_OLA}$=3.31N/mm

[0212] 透镜阻尼:ζ～1.0

[0213] 系统自然频率:～100Hz

[0214] 成形元件的折射偏心(基准):±0.05mm

[0215] 焦度误差(组合ILA和OLA):<0.1屈光度

[0216] 焦度误差(系统'I'-虚拟):<0.1屈光度

[0217] 附接到膜的驱动环平面度:<10μm

[0218] 附接到膜的驱动环倾斜/倾侧:<3弧分。

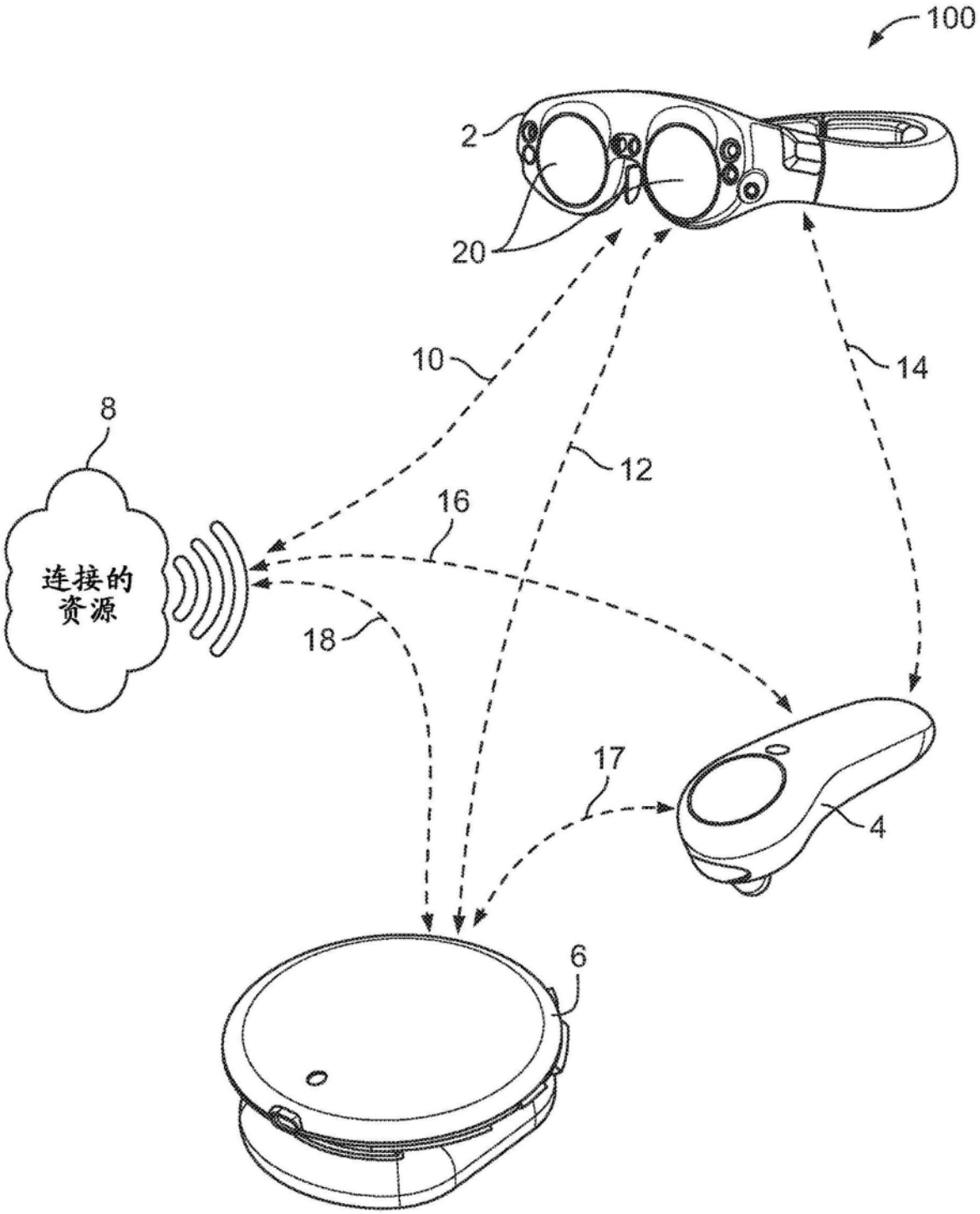



图1

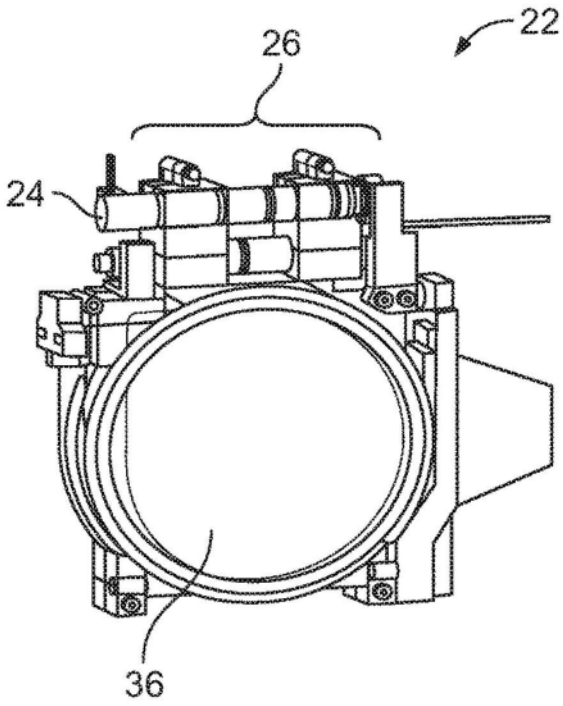



图2A

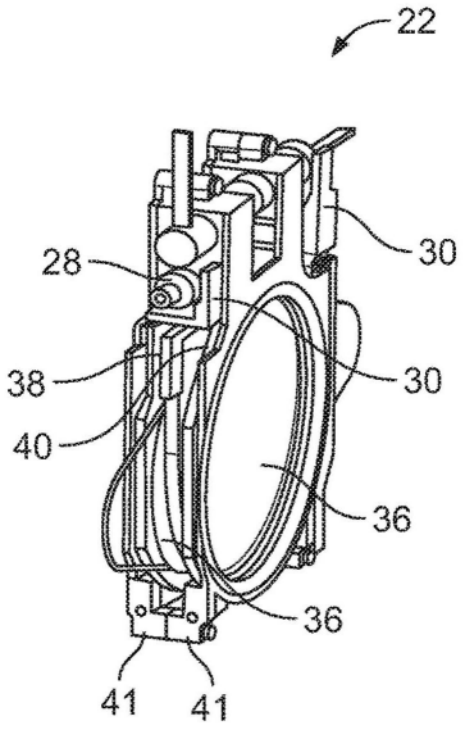



图2B

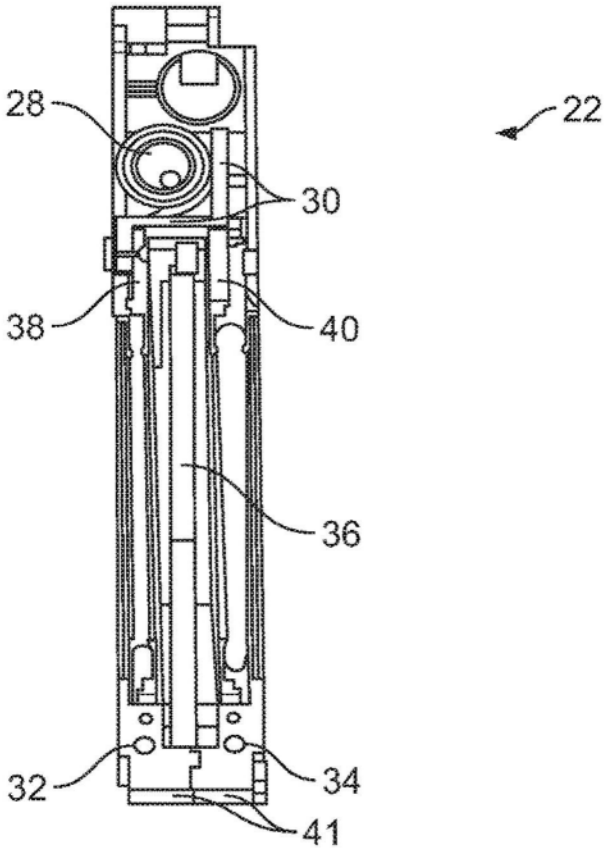



图2C

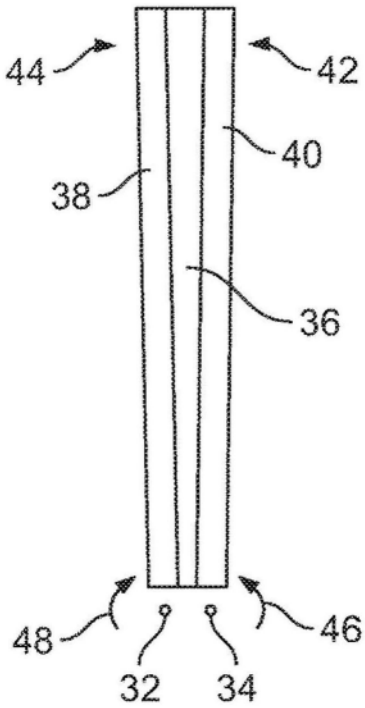



图3

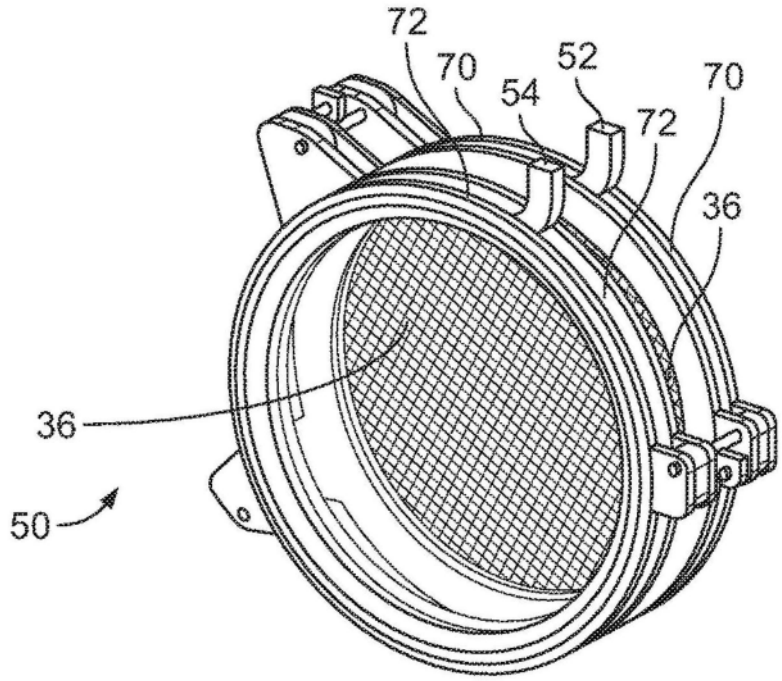



图4A

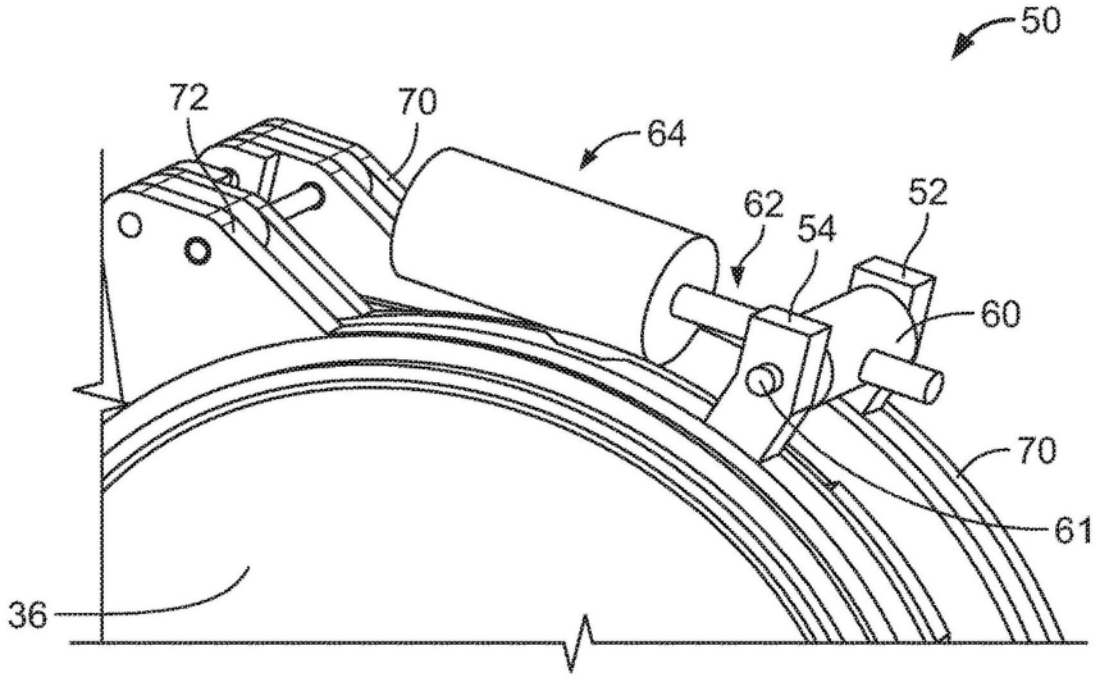



图4B

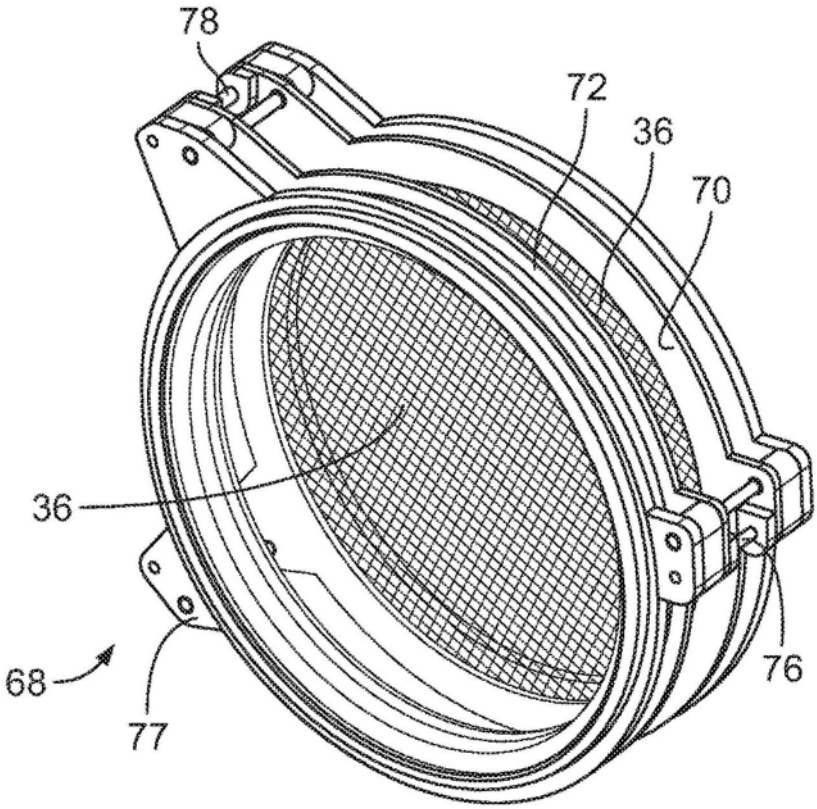



图5

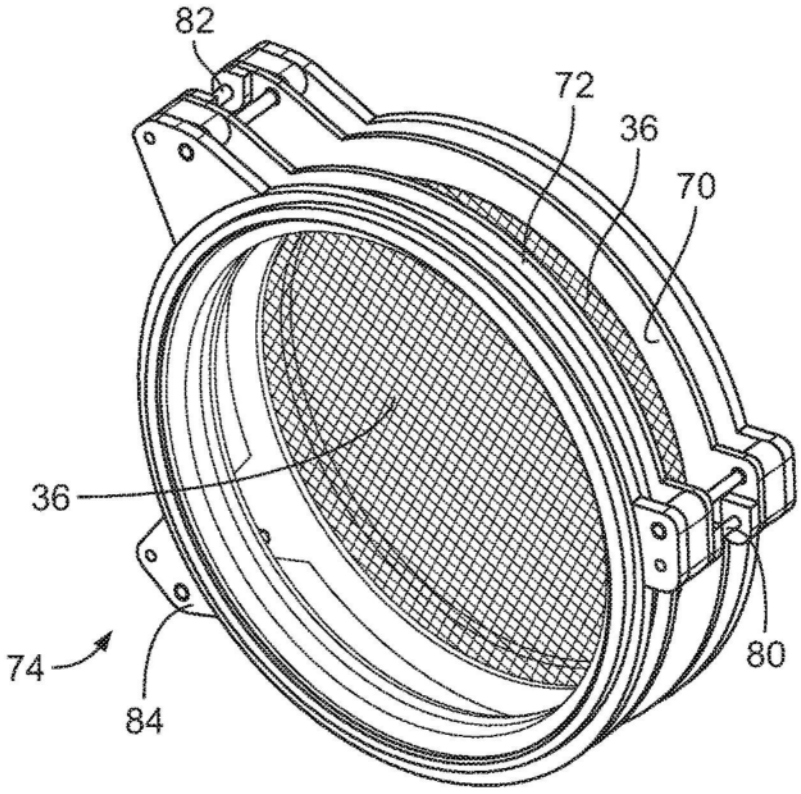



图6

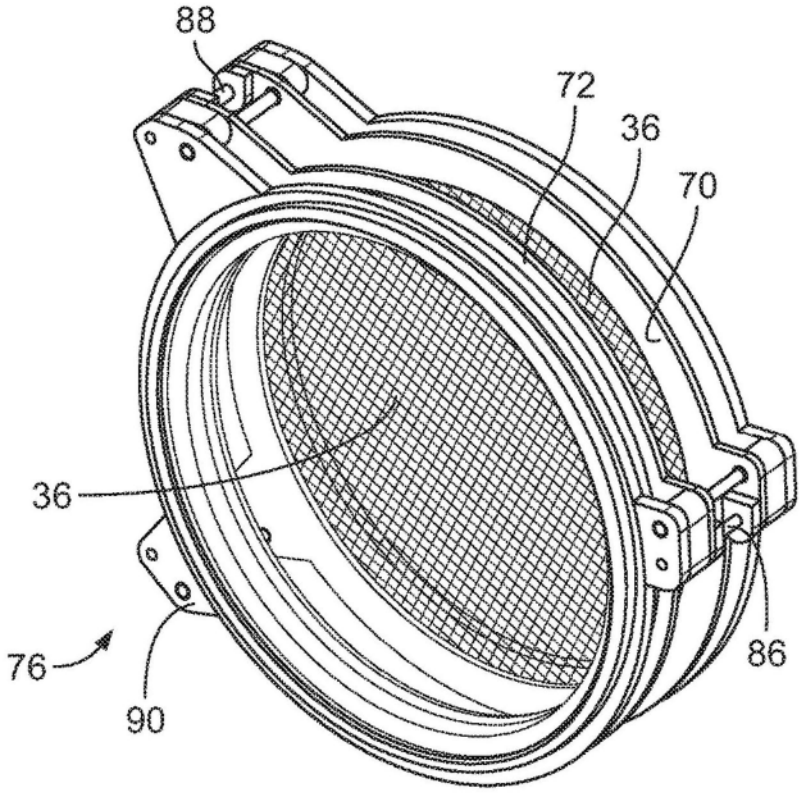



图7A

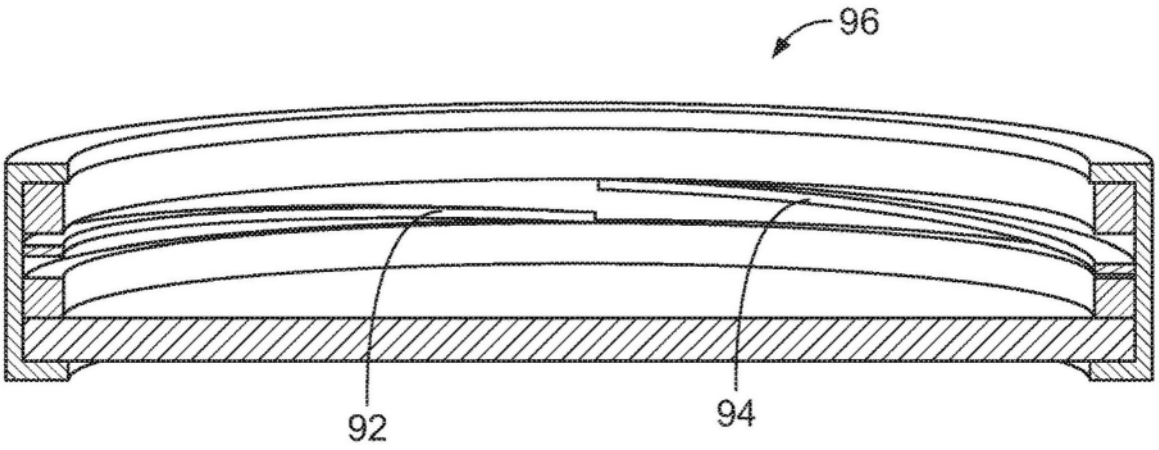



图7B

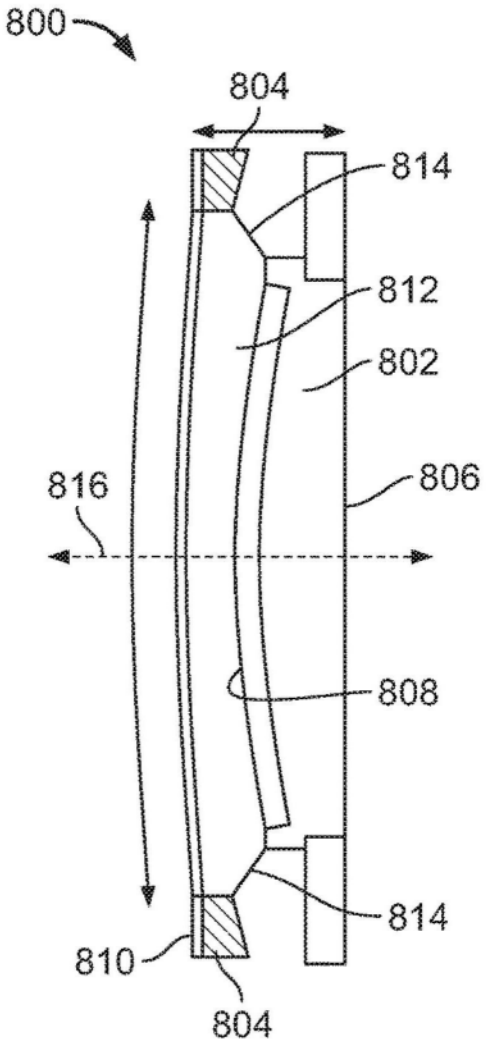



图8A

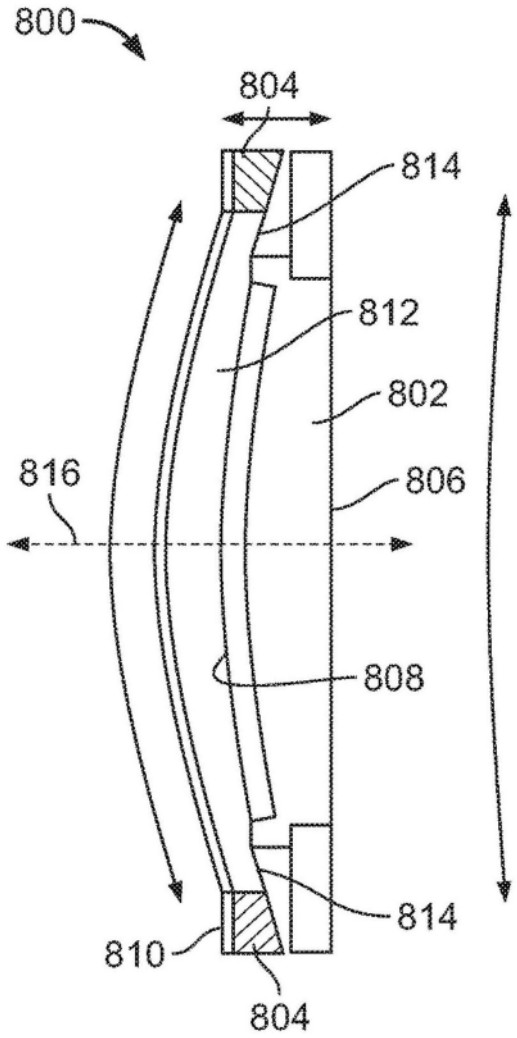



图8B

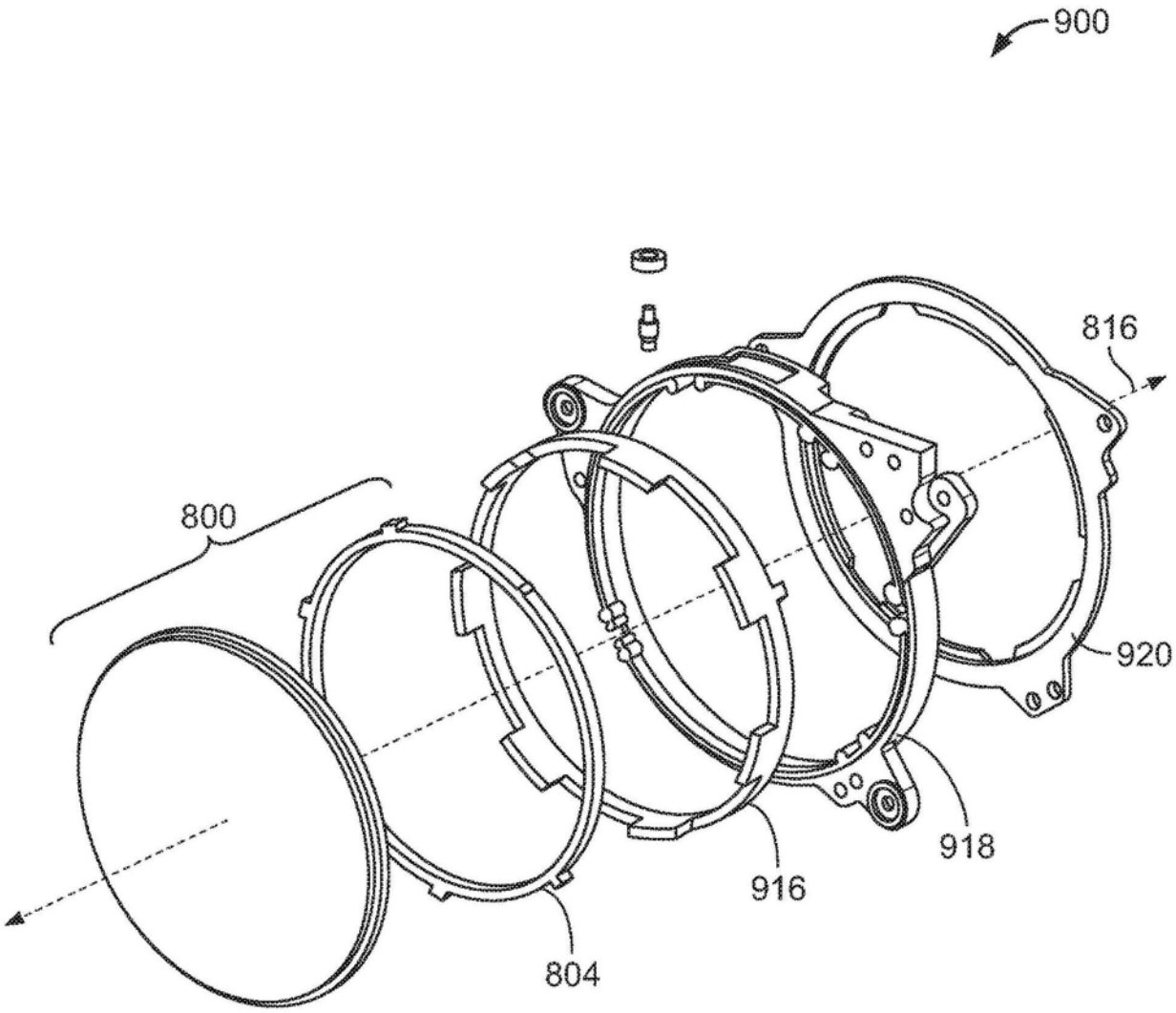



图9

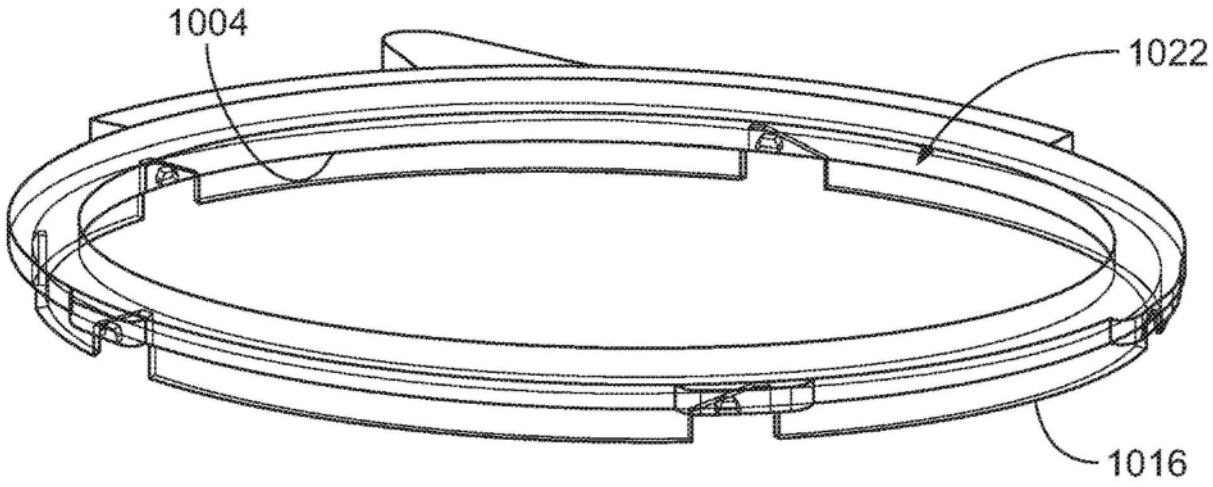



图10A

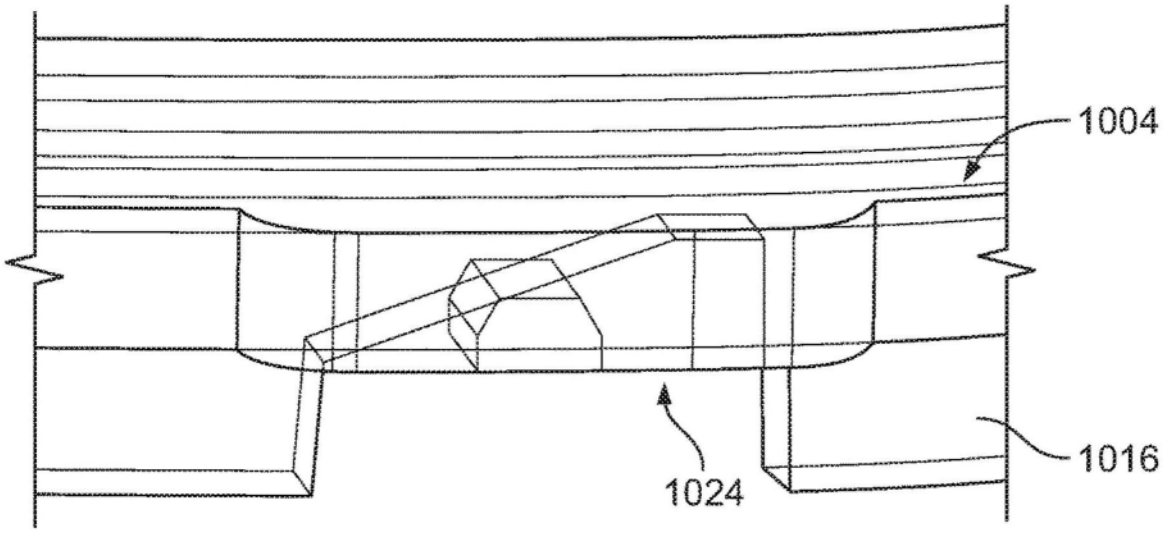



图10B

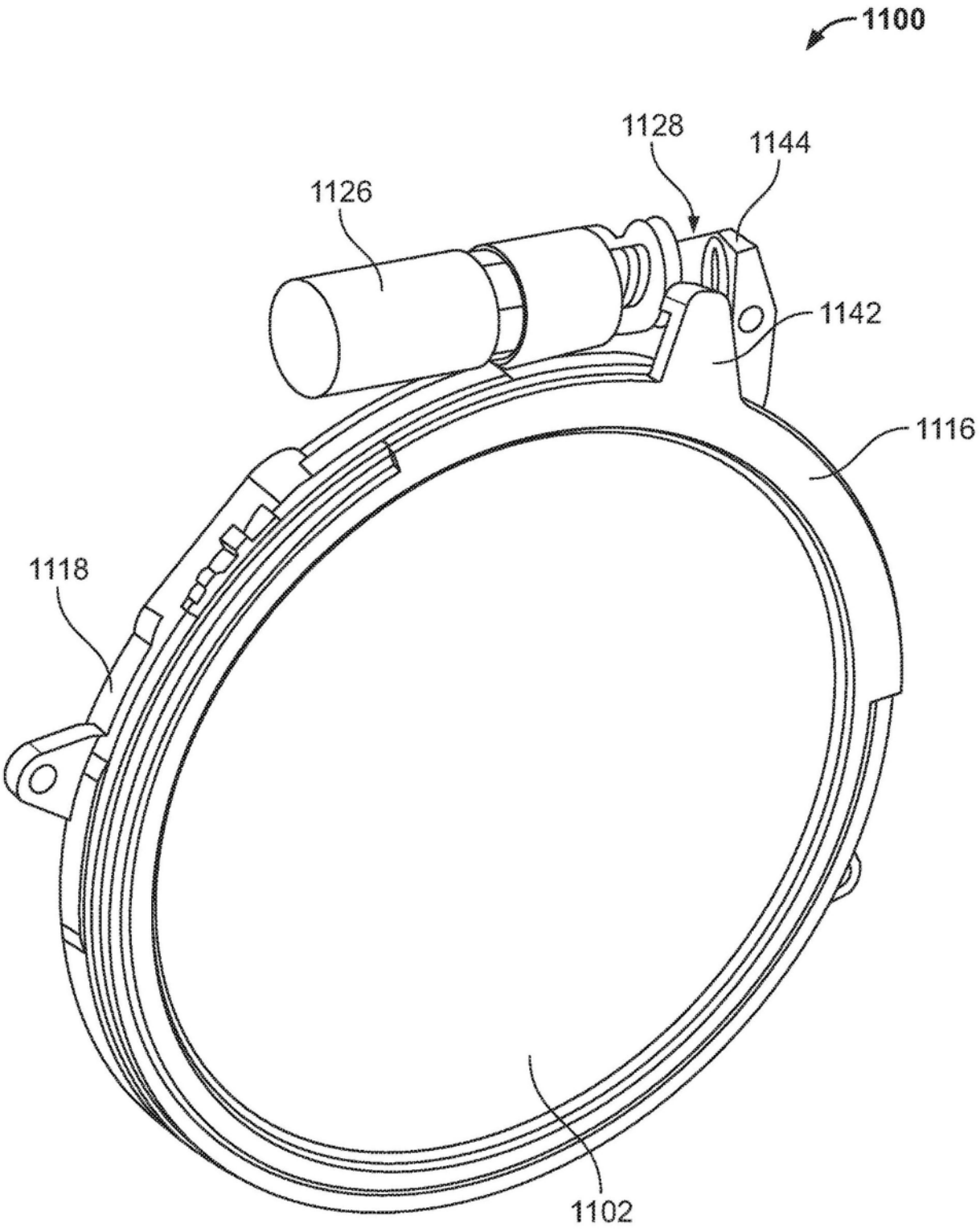



图11

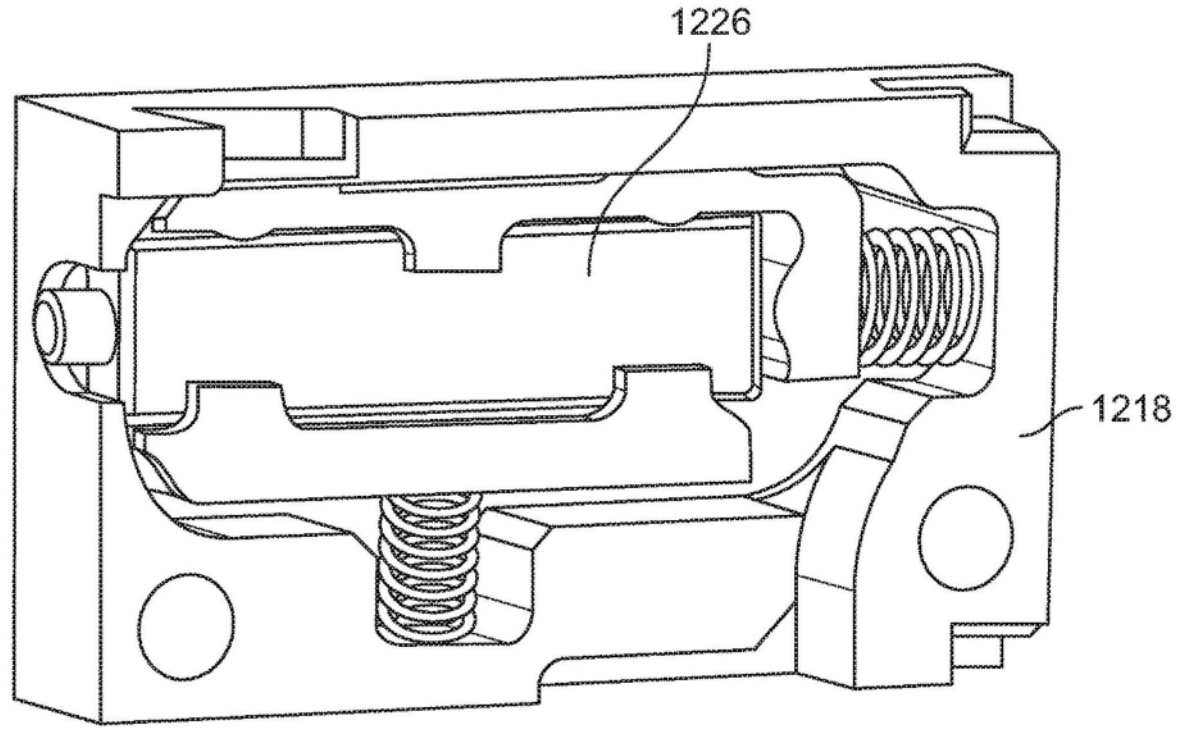



图12A

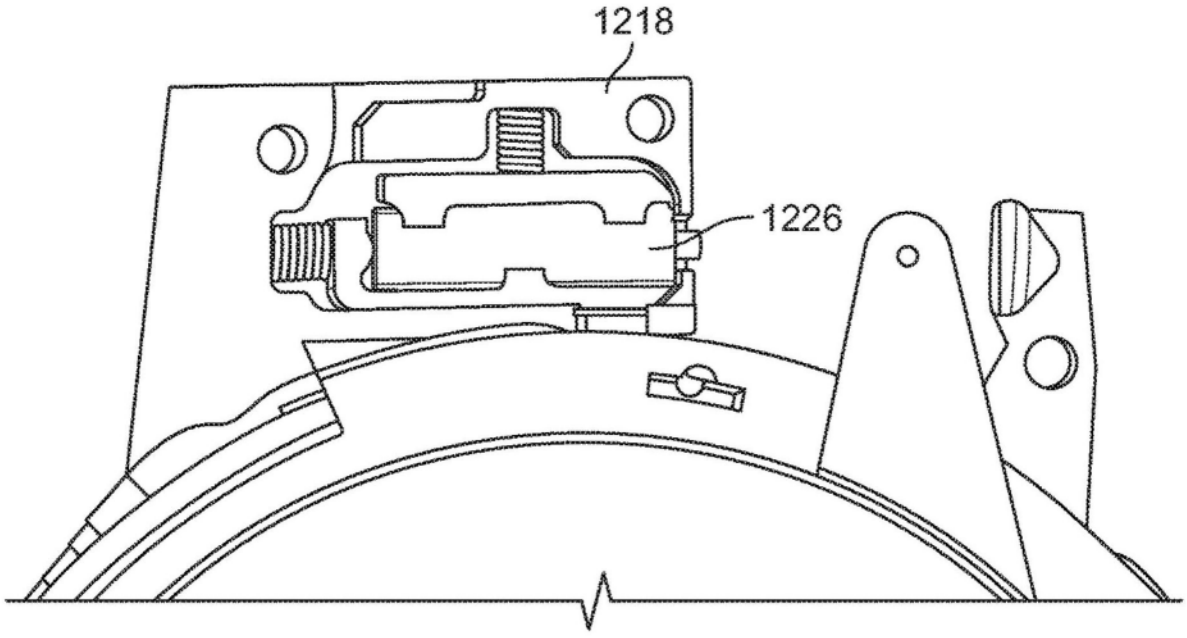



图12B

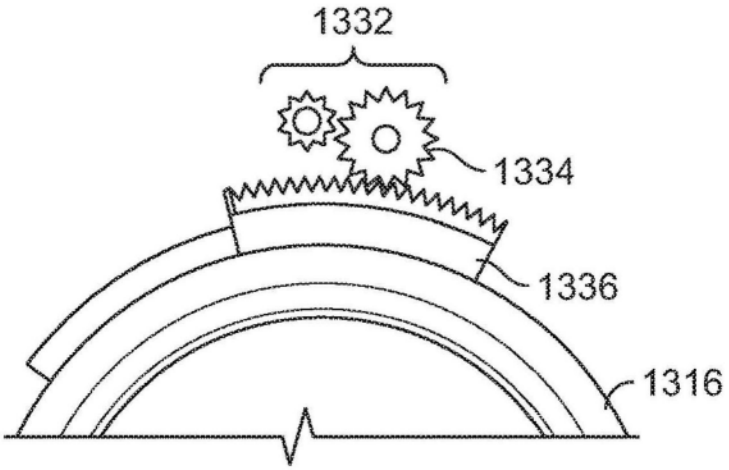



图13A

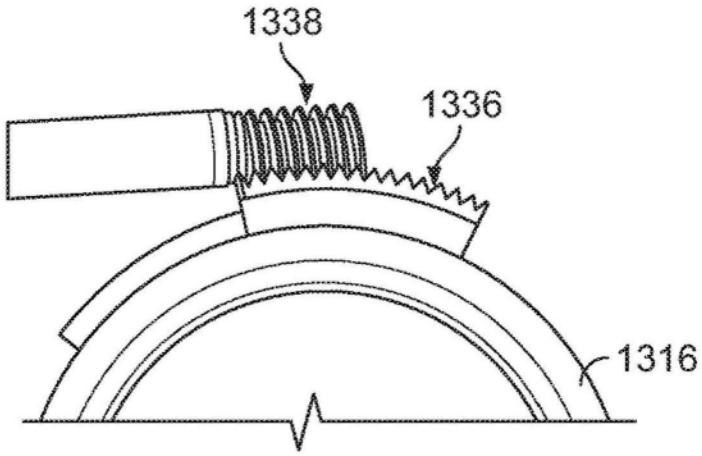



图13B

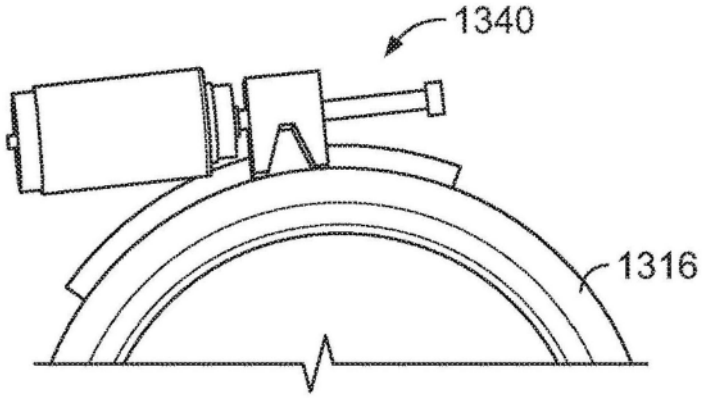



图13C

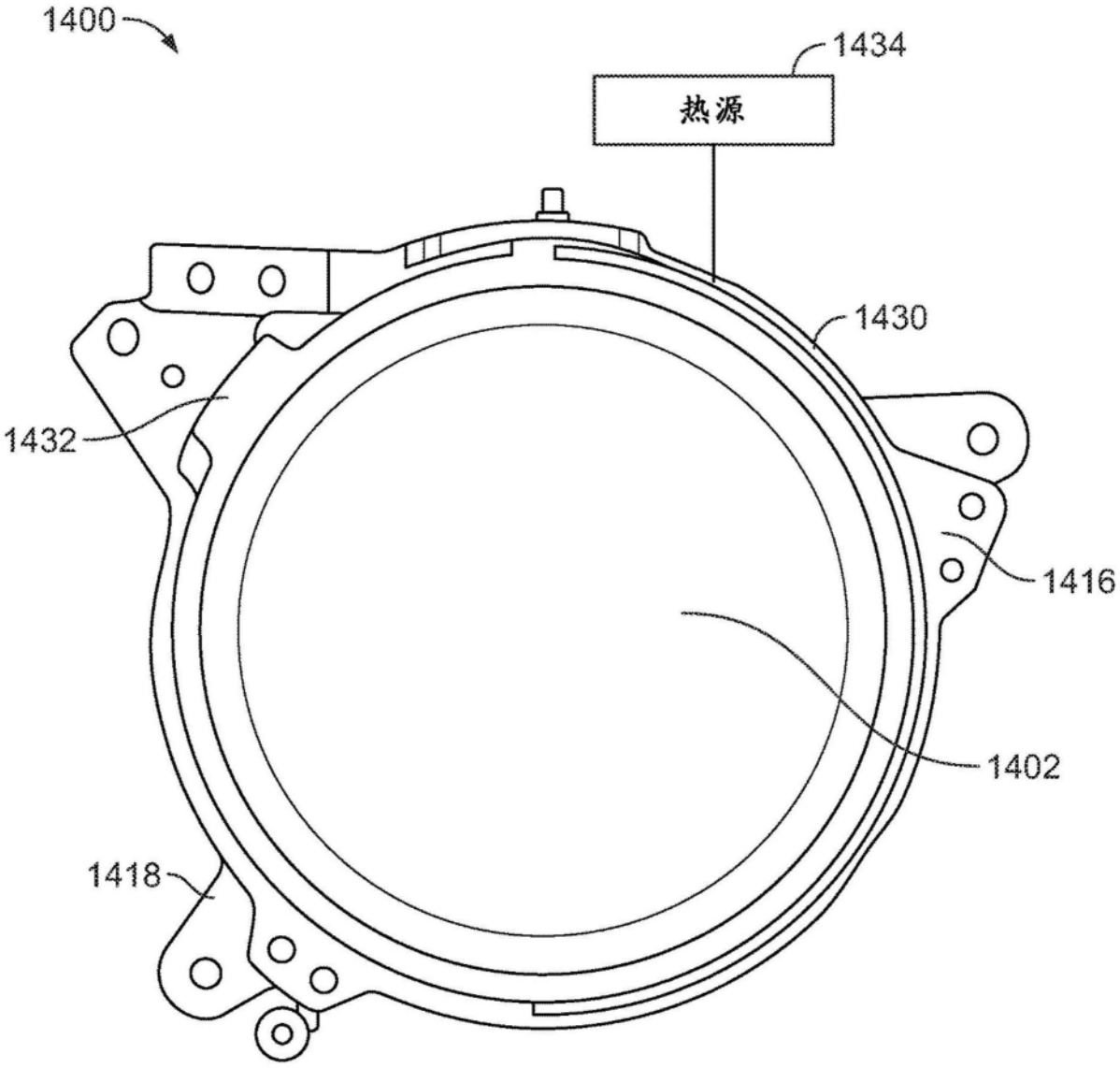



图14

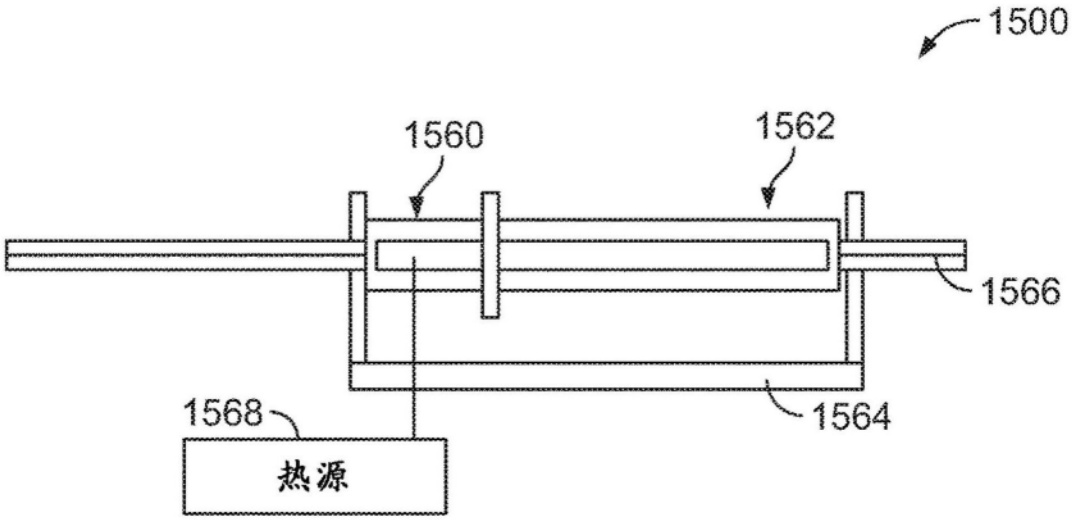

1500
1560
1562
1566
1564
1568
热源

图15A

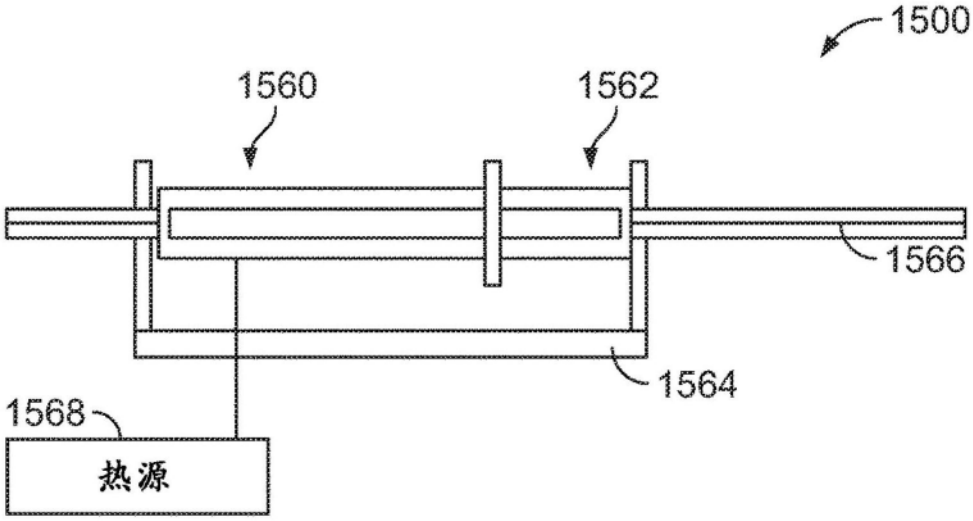

1500
1560
1562
1566
1564
1568
热源

图15B

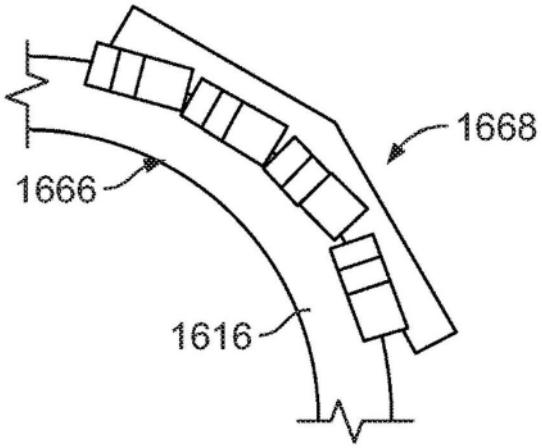



图16A

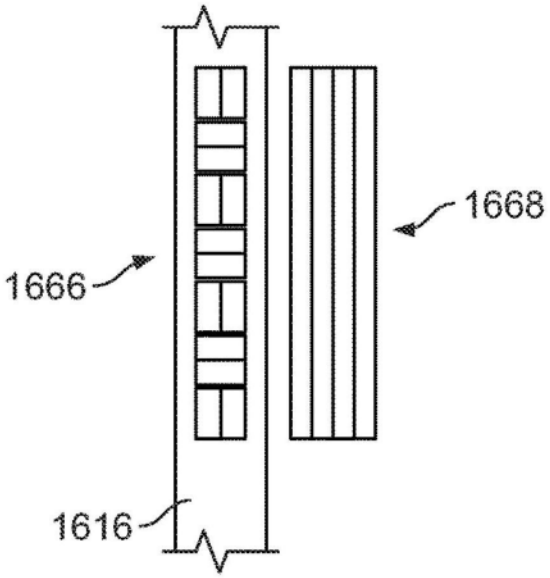



图16B

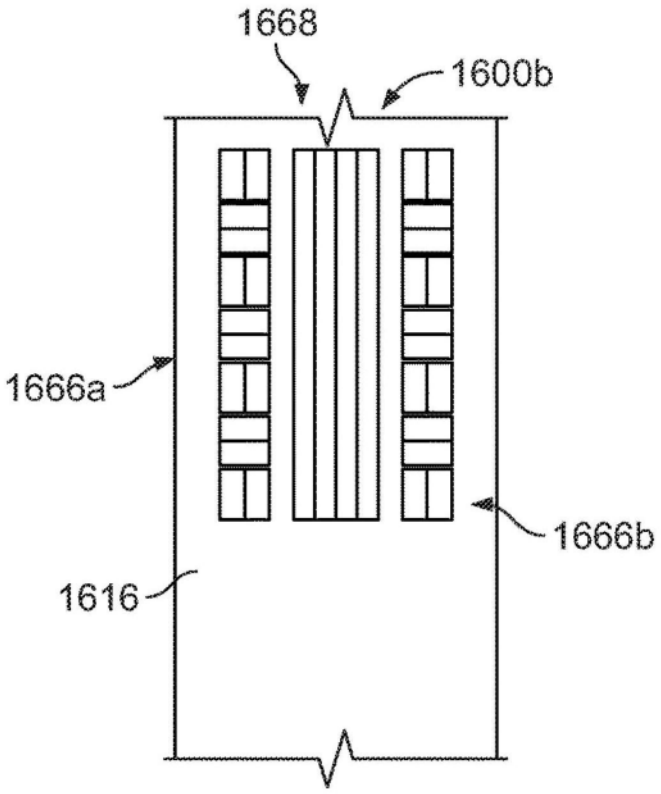



图16C

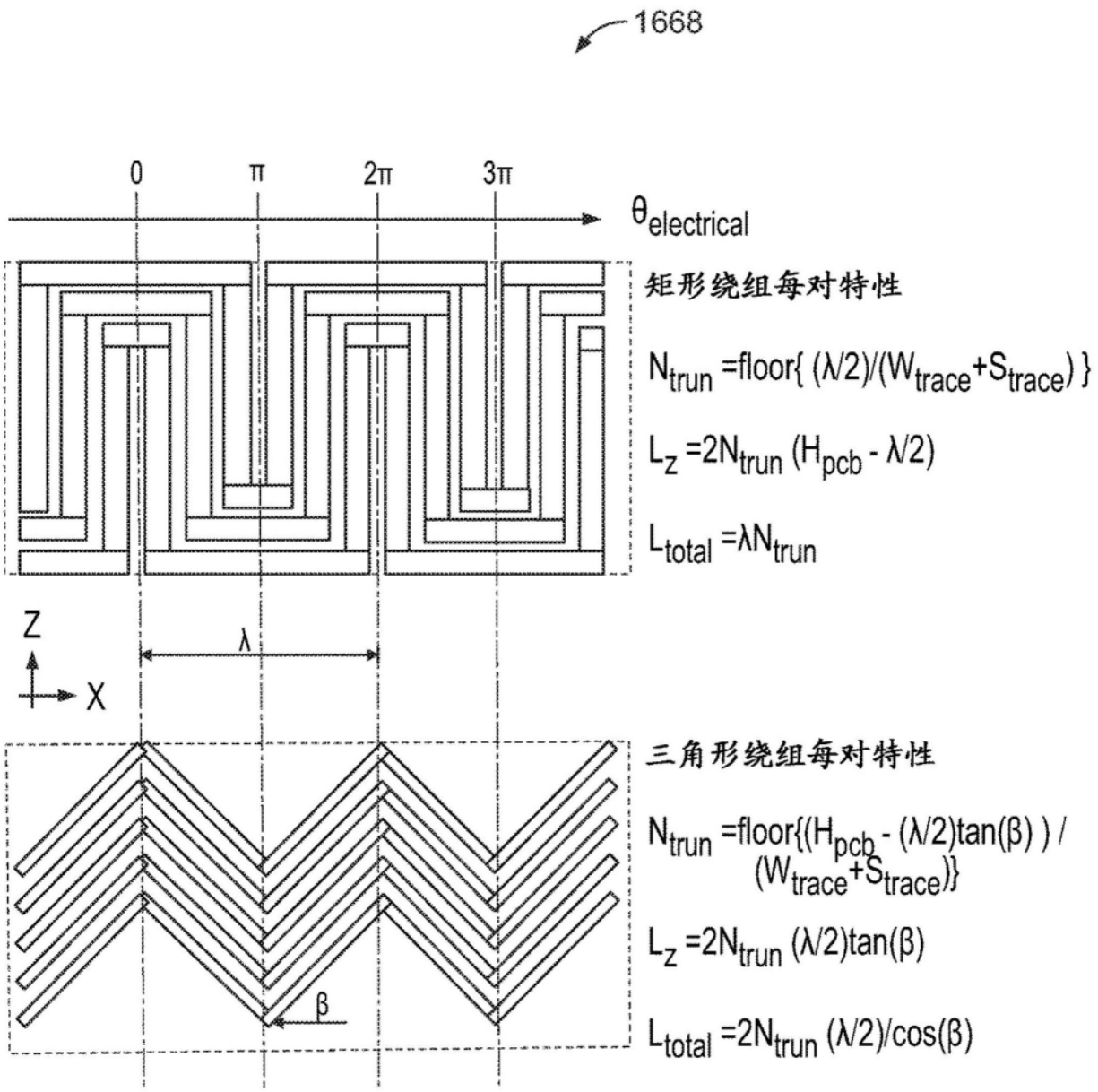

1668
0
π
2π
3π
θelectrical
矩形绕组每对特性
Ntrun =floor{ (λ/2)/(Wtrace+Strace) }
Lz =2Ntrun (Hpcb - λ/2)
Ltotal =λNtrun
Z
X
λ
三角形绕组每对特性
Ntrun =floor{(Hpcb - (λ/2)tan(β) ) / (Wtrace+Strace)}
Lz =2Ntrun (λ/2)tan(β)
Ltotal =2Ntrun (λ/2)/cos(β)
β

图17

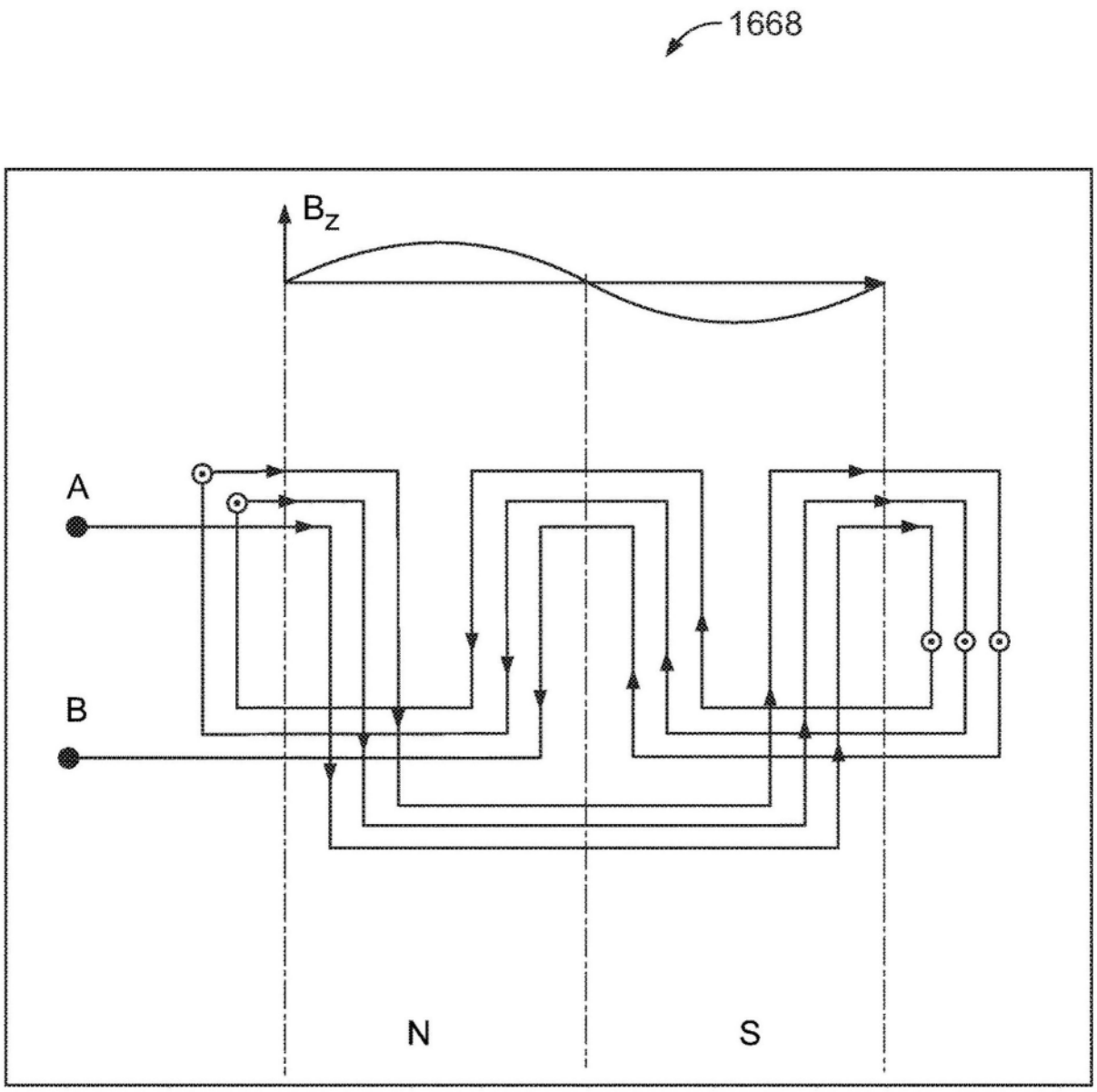



图18

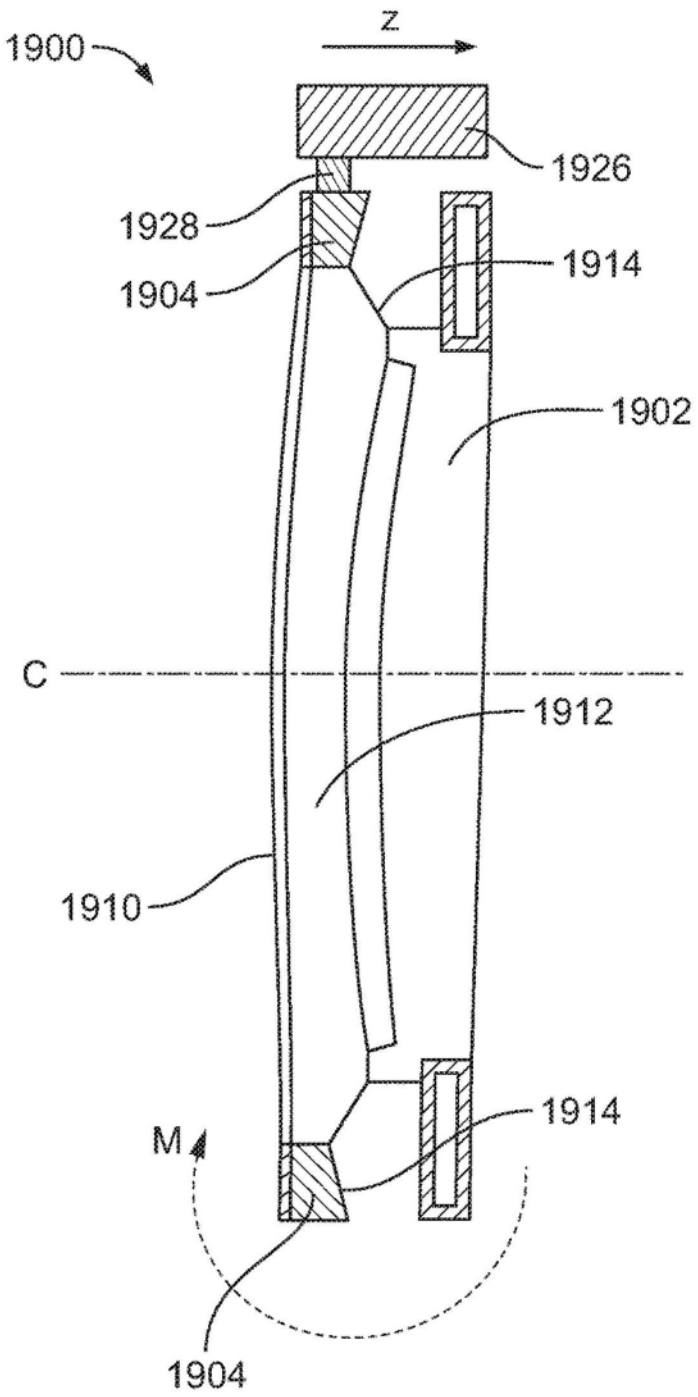



图19

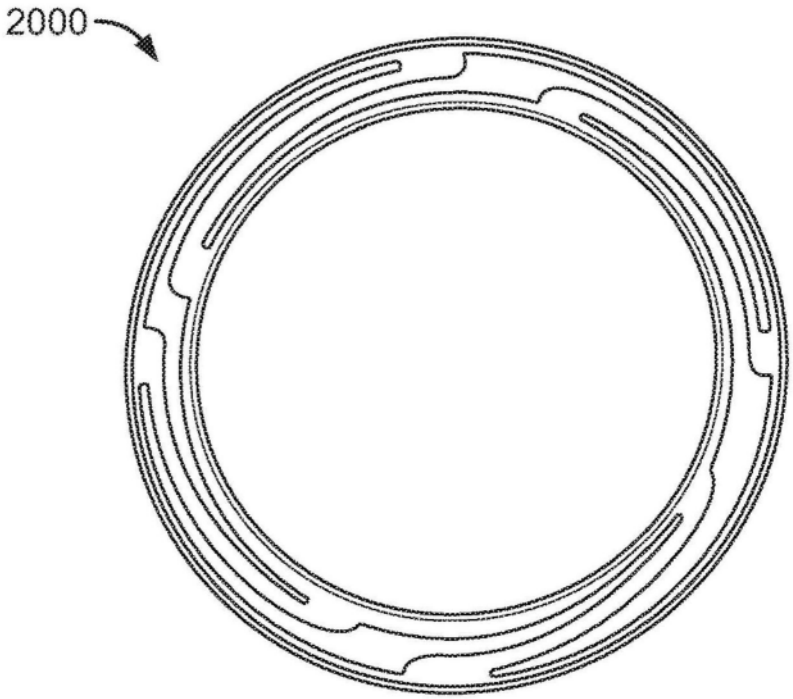



图20A

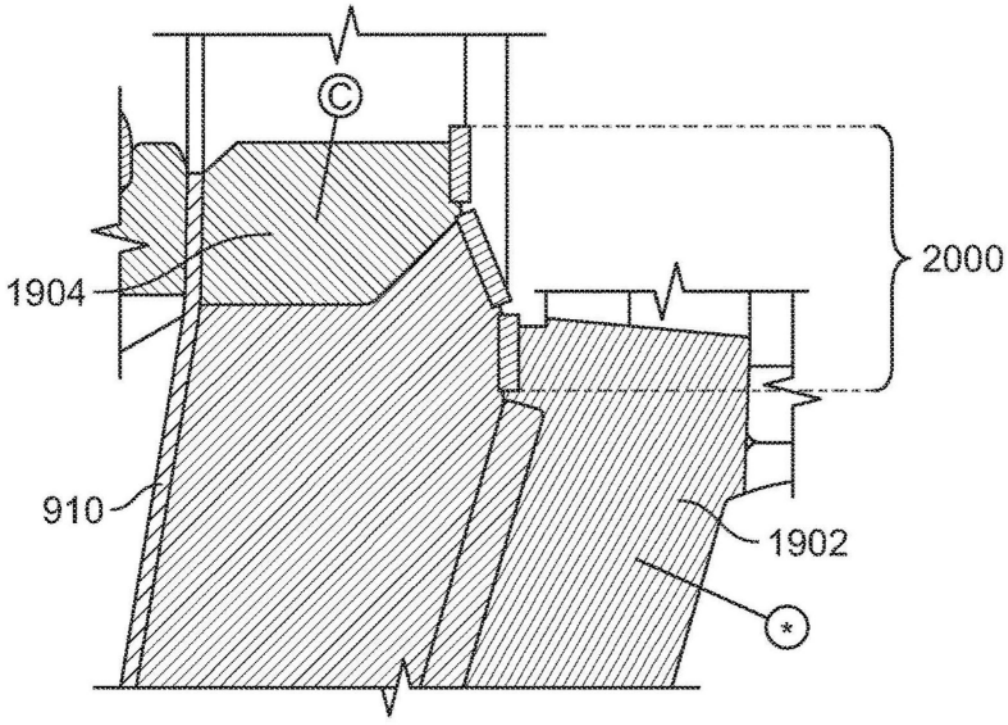



图20B

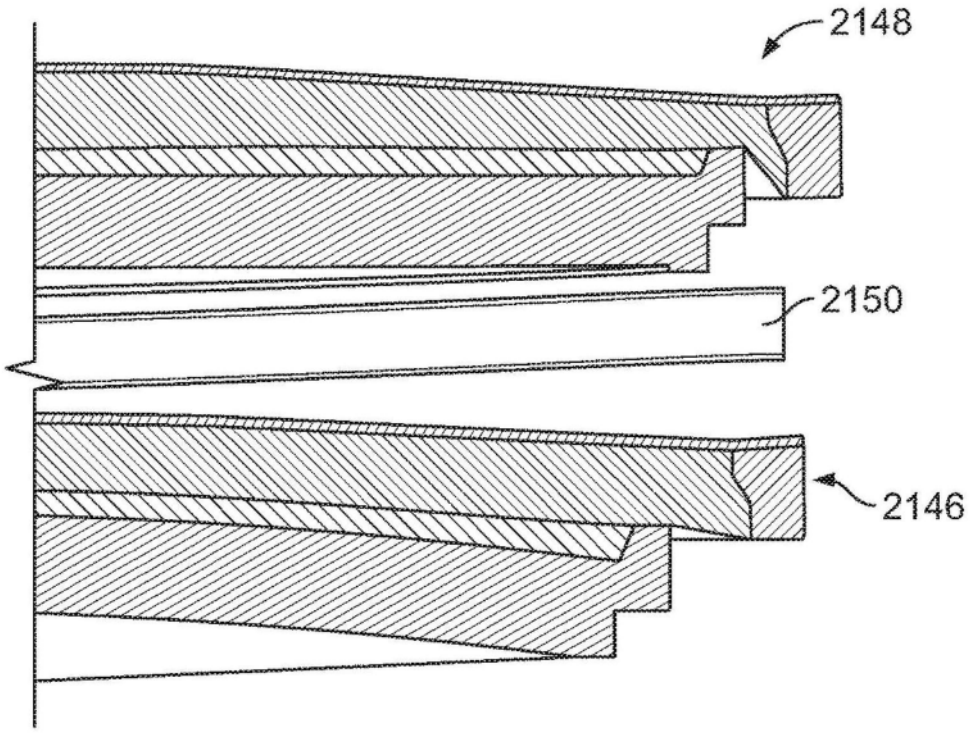

2148
2150
2146

图21

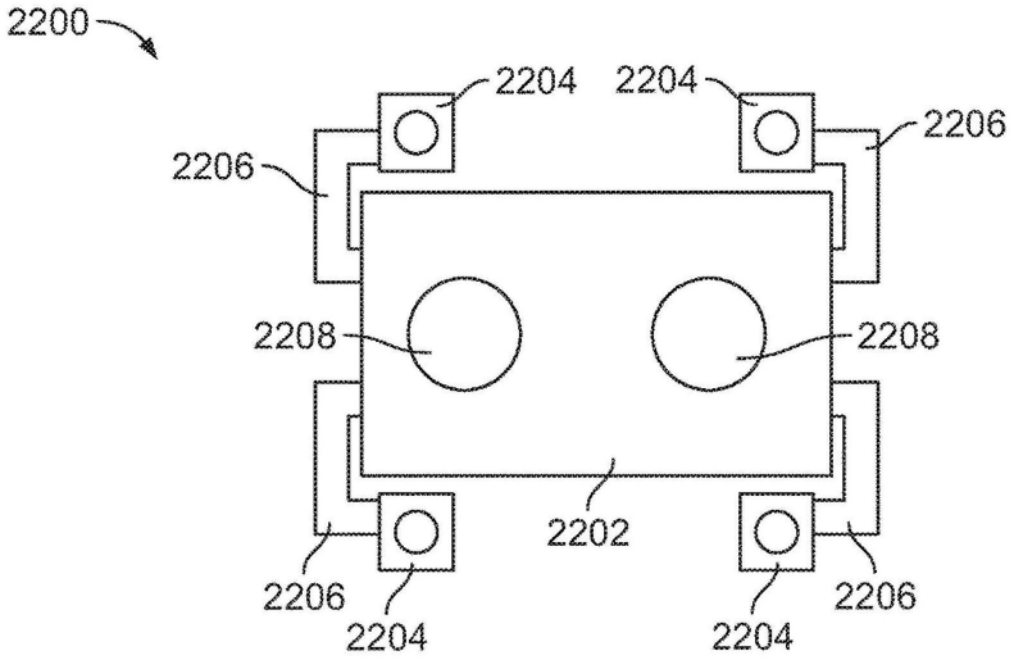

2200
2204
2204
2206
2206
2208
2208
2202
2206
2204
2204
2206

图22

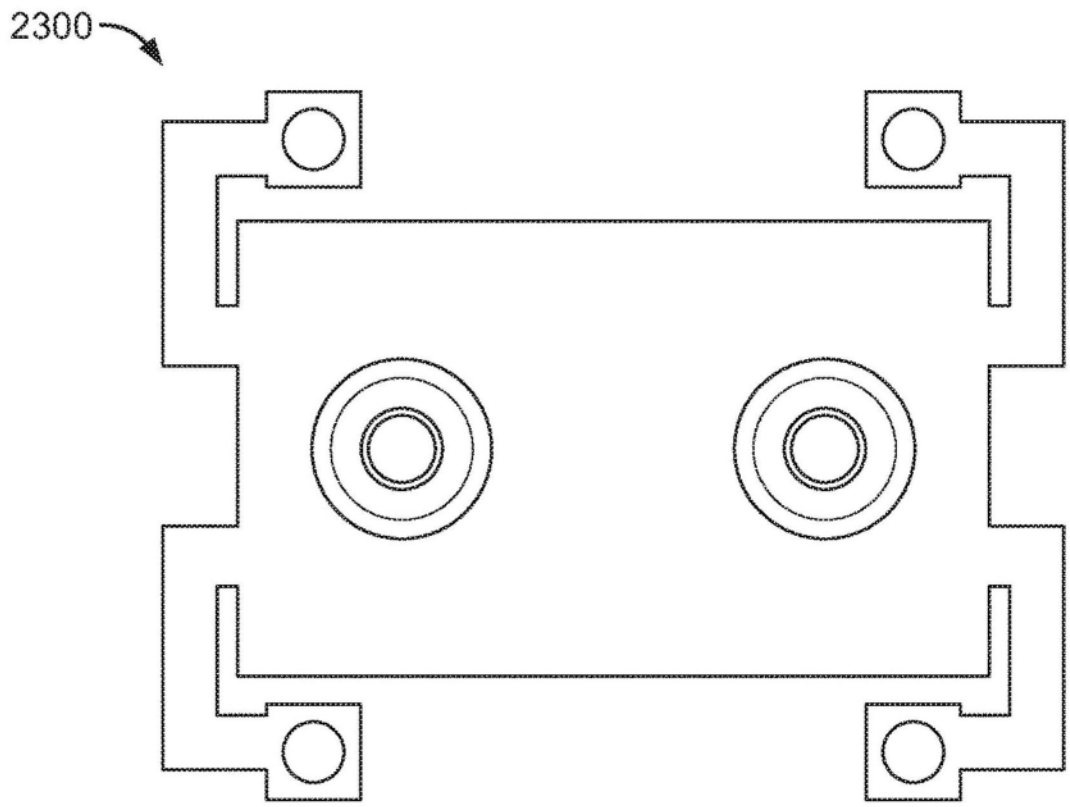



图23

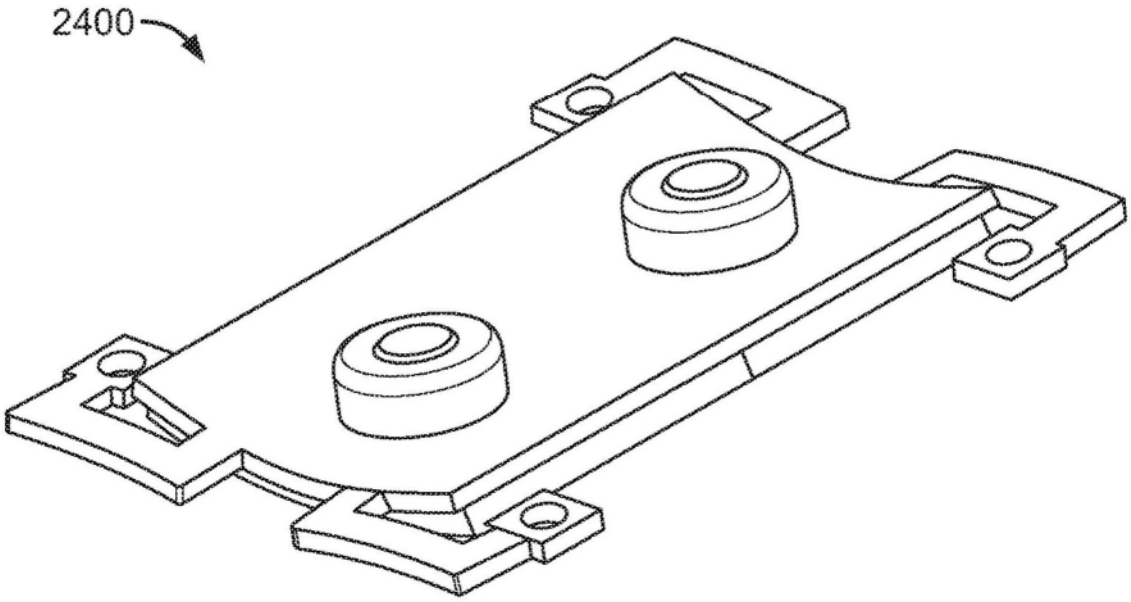



图24A

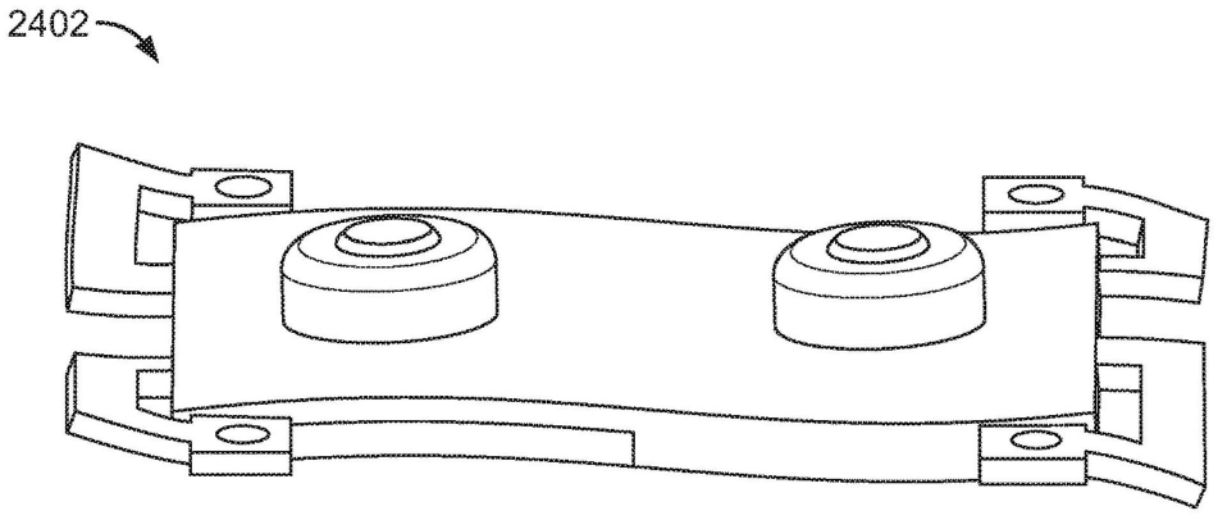



图24B

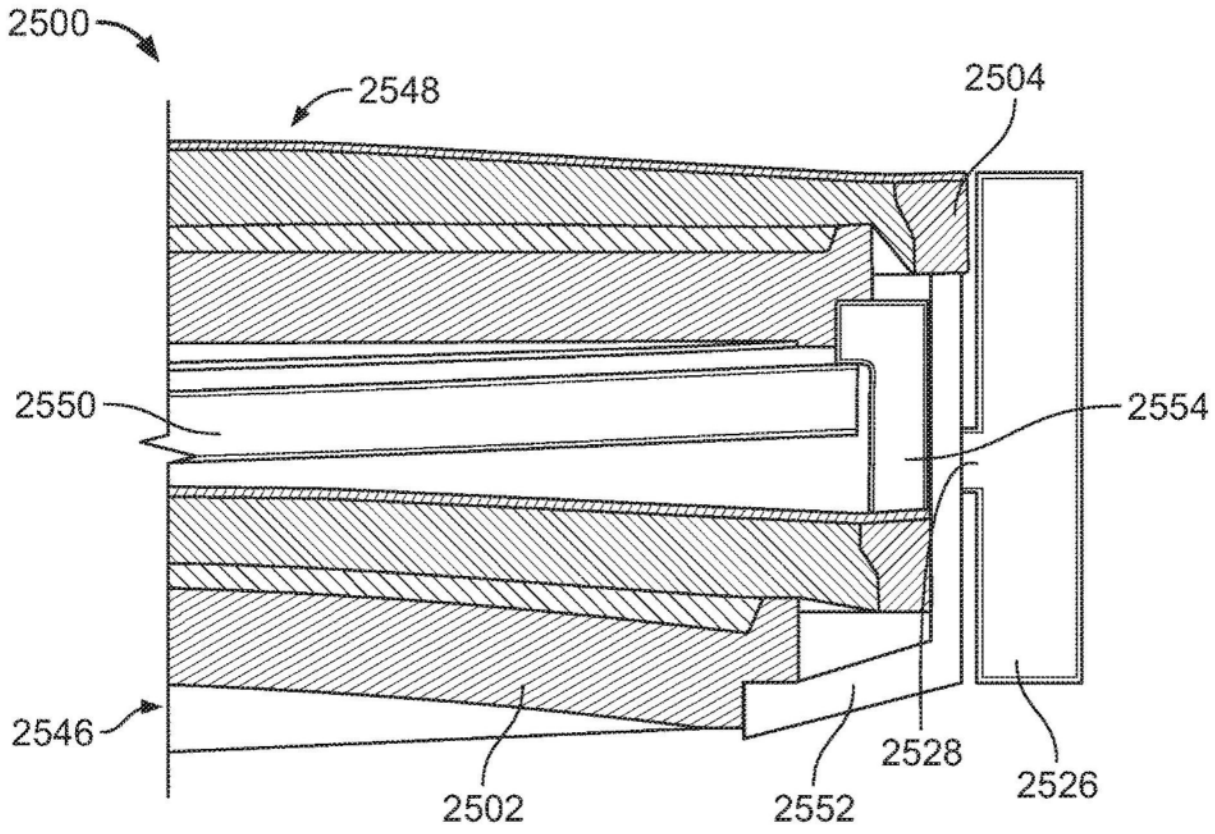



图25

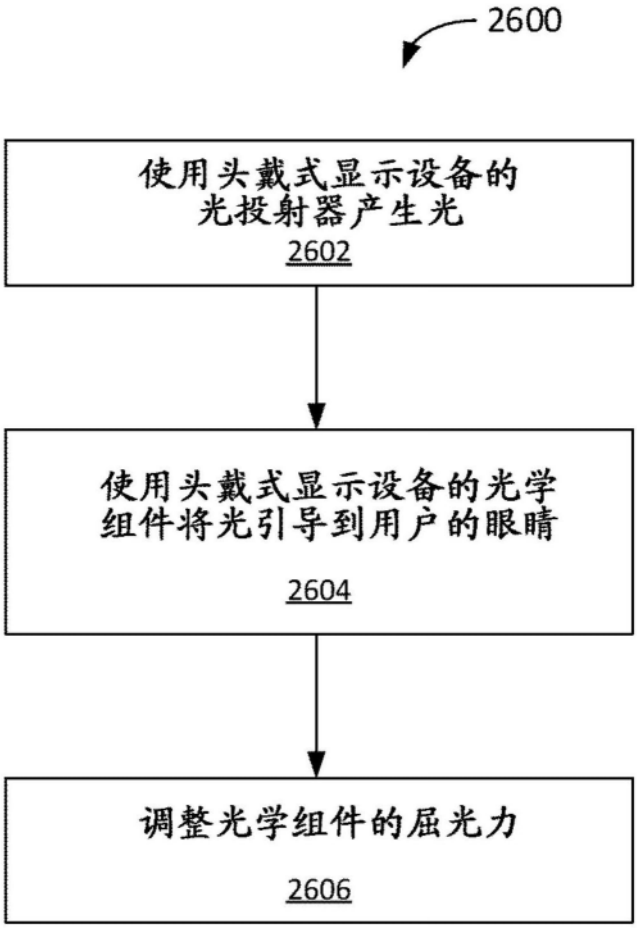

2600
使用头戴式显示设备的光投射器产生光
2602
使用头戴式显示设备的光学组件将光引导到用户的眼睛
2604
调整光学组件的屈光力
2606

图26