(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 114128256 B
(45)授权公告日 2025.03.04

(21)申请号 202080050470.2
(22)申请日 2020.07.10
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114128256 A
(43)申请公布日 2022.03.01
(30)优先权数据
62/873,641 2019.07.12 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.01.11
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/041717 2020.07.10
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/011420 EN 2021.01.21

(73)专利权人 奇跃公司
地址 美国佛罗里达州
(72)发明人 贾志恒 J·T·戴克 T·埃利斯 X·李 J·A·格拉塔
(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所 11247
专利代理师 于静 牛南辉

(51)Int.Cl.
H04N 13/30(2018.01)
H04N 13/398(2018.01)
(56)对比文件
US 2017353714 A1,2017.12.07
US 2018196263 A1,2018.07.12
审查员 周立秋

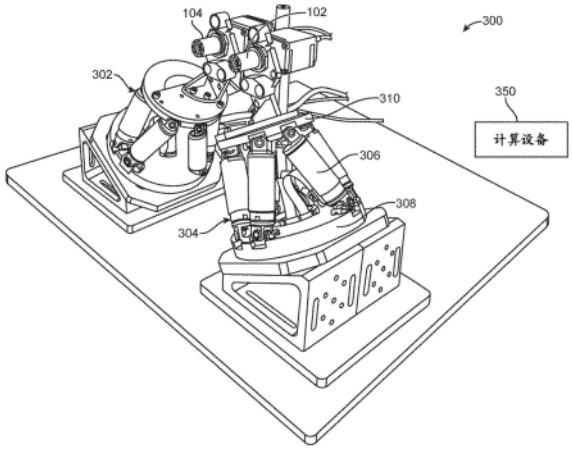
权利要求书4页 说明书11页 附图10页

(54)发明名称

眼球相机系统和用于显示系统校准的方法

(57)摘要

实施例提供在几何形状、光学性能和/或运动方面模仿人眼的相机设计(例如,眼球相机)。眼球相机采用与人眼相同的角膜和瞳孔几何形状,并且具有配置有多种纹理、颜色或直径选项的虹膜和瞳孔。眼球相机的分辨率被设计为匹配典型的20/20人类视觉的敏锐度,并且焦距从0到4屈光度调节。一对眼球相机独立地安装在两个六足架上,以模拟人眼的凝视和辐辏。使用眼球相机基于如瞳孔位置和凝视的眼睛条件对感知的虚拟和真实世界进行校准和评估。眼球相机充当桥梁,将来自空间计算的数据(如眼睛跟踪、数字世界的3D几何形状、显示颜色准确性/均匀性、和显示光学质量(清晰度、对比度等))结合。



CN 114128256 B

1.一种用于将校正应用于虚拟图像显示系统的系统,所述系统包括:

显示设备,其被配置为显示虚拟图像;

图像捕获设备,其被定位在所述显示设备的前面,其中,所述图像捕获设备具有类似人眼的一个或多个特性;以及

处理器,其被耦合到所述显示设备和所述图像捕获设备以从所述图像捕获设备接收图像数据,其中,所述处理器被编程为:

从真实世界图像捕获设备接收场景的第一图像;

确定与所述第一图像相关联的第一组视觉特性;

接收用所述图像捕获设备捕获的所述场景的第二图像;

确定与所述第二图像相关联的第二组视觉特性,其中,所述第一组视觉特性和所述第二组视觉特性包括以下中的至少一个:空间定位、颜色或几何属性;

识别所述第一图像的所述第一组视觉特性中的至少一个视觉特性与所述第二图像的所述第二组视觉特性中的与所述第一图像的所述第一组视觉特性中的所述至少一个视觉特性对应的至少一个视觉特性之间的差异;

使用所述图像捕获设备的所述一个或多个特性来确定要应用于所述虚拟图像显示系统的校正,以至少部分地校正所述差异,其中,所述校正将与所述第一图像相关联的所述空间定位、所述颜色或所述几何属性与与所述第二图像相关联的所述空间定位、所述颜色或所述几何属性相匹配;以及

基于所述图像捕获设备的所述一个或多个特性,将所述校正应用于所述虚拟图像显示系统。

2.根据权利要求1所述的系统,其中,所述图像捕获设备的所述一个或多个特性包括以下中的一个或多个:角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、或凝视定向。

3.根据权利要求1所述的系统,其中,所述图像捕获设备的所述一个或多个特性是可配置的。

4.根据权利要求1所述的系统,其中,所述显示设备包括与用户的第一眼睛相关联的第一显示器和与所述用户的第二眼睛相关联的第二显示器,以及其中,所述图像捕获设备包括定位在所述第一显示器的前面的第一图像捕获元件和定位在所述第二显示器的前面的第二图像捕获元件。

5.根据权利要求4所述的系统,其中,所述第一图像捕获元件和所述第二图像捕获元件被配置为彼此独立地移动。

6.根据权利要求4所述的系统,其中,所述第一图像捕获元件的一个或多个特性是独立于所述第二图像捕获元件的一个或多个特性而可配置的。

7.根据权利要求1所述的系统,还包括:

真实世界图像捕获设备,其被耦合到所述显示设备并被配置为捕获所述第一图像,其中,所述校正被应用于所述虚拟图像显示系统以校准所述真实世界图像捕获设备。

8.根据权利要求1所述的系统,其中,所述第一组视觉特性和所述第二组视觉特性包括所述空间定位,其中,所述处理器进一步被编程为:

确定所述第一图像中的点的空间定位;

识别所述第一图像中的所述点的空间定位与所述第二图像中的对应点的空间定位之间的差异;

确定要应用于所述虚拟图像显示系统的校正,以将所述第一图像中的所述点与所述第二图像中的所述对应点对齐;以及

将所述校正应用于所述虚拟图像显示系统。

9.根据权利要求1所述的系统,其中,所述第一组视觉特性和所述第二组视觉特性包括所述颜色,其中,所述处理器进一步被编程为:

确定所述第一图像中的区域的颜色;

识别所述第一图像中的所述区域的颜色与所述第二图像中的对应区域的颜色之间的差异;

确定要应用于所述虚拟图像显示系统的校正,以将所述第一图像中的所述区域的颜色与所述第二图像中的所述对应区域的颜色进行匹配;以及

将所述校正应用于所述虚拟图像显示系统。

10.根据权利要求9所述的系统,其中,所述校正包括以下中的一个或多个的校正:色调、饱和度、或对比度。

11.根据权利要求1所述的系统,其中,所述第一组视觉特性和所述第二组视觉特性包括所述几何属性,其中,所述处理器进一步被编程为:

确定所述第一图像中的对象的所述几何属性;

识别所述第一图像中的所述对象的所述几何属性与所述第二图像中的对应对象的几何属性之间的差异;

确定要应用于所述虚拟图像显示系统的校正,以将所述第一图像中的所述对象的所述几何属性与所述第二图像中的所述对应对象的所述几何属性进行匹配;以及

将所述校正应用于所述虚拟图像显示系统。

12.根据权利要求11所述的系统,其中,所述校正包括以下中的一个或多个的校正:所述第二图像中的所述对象的共线性、曲率、长度、宽度、广度、添加的标记、缺失标记、数量、形状、大小、空间分组、或空间定向。

13.一种用于将校正应用于虚拟图像显示系统的方法,所述方法包括:

由处理器从真实世界图像捕获设备接收场景的第一图像;

由所述处理器确定与所述第一图像相关联的第一组视觉特性;

由所述处理器从图像捕获设备接收用所述图像捕获设备捕获的所述场景的第二图像,所述图像捕获设备具有类似于人眼的一个或多个特性,其中,所述图像捕获设备被定位在显示设备的前面;

由所述处理器确定与所述第二图像相关联的第二组视觉特性,其中,所述第一组视觉特性和所述第二组视觉特性包括以下中的至少一个:空间定位、颜色或几何属性;

由所述处理器识别所述第一图像的所述第一组视觉特性中的至少一个视觉特性与所述第二图像的所述第二组视觉特性中的与所述第一图像的所述第一组视觉特性中的所述至少一个视觉特性对应的至少一个视觉特性之间的差异;

由所述处理器使用所述图像捕获设备的所述一个或多个特性来确定要应用于所述虚拟图像显示系统的校正,以至少部分地校正所述差异,其中,所述校正将与所述第一图像相

关联的所述空间定位、所述颜色或所述几何属性与与所述第二图像相关联的所述空间定位、所述颜色或所述几何属性相匹配;以及

由所述处理器基于所述图像捕获设备的所述一个或多个特性,将所述校正应用于所述虚拟图像显示系统。

14.根据权利要求13所述的方法,其中,所述图像捕获设备的所述一个或多个特性包括以下中的一个或多个:角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、或凝视定向。

15.根据权利要求13所述的方法,其中,所述图像捕获设备的所述一个或多个特性是可配置的。

16.根据权利要求13所述的方法,其中,所述显示设备包括与用户的第一眼睛相关联的第一显示器和与所述用户的第二眼睛相关联的第二显示器,以及其中,所述图像捕获设备包括定位在所述第一显示器的前面的第一图像捕获元件和定位在所述第二显示器的前面的第二图像捕获元件。

17.根据权利要求16所述的方法,其中,所述第一图像捕获元件和所述第二图像捕获元件被配置为彼此独立地移动。

18.根据权利要求16所述的方法,其中,所述第一图像捕获元件的一个或多个特性是独立于所述第二图像捕获元件的一个或多个特性而可配置的。

19.根据权利要求13所述的方法,其中,所述第一图像从被耦合到所述显示设备的真实世界图像捕获设备接收,其中,应用所述校正还包括:

校准所述真实世界图像捕获设备。

20.根据权利要求13所述的方法,其中,所述第一组视觉特性和所述第二组视觉特性包括所述空间定位,并且所述方法还包括:

由所述处理器确定所述第一图像中的点的空间定位;

由所述处理器识别所述第一图像中的所述点的所述空间定位与所述第二图像中的对应点的空间定位之间的差异;

由所述处理器确定要应用于所述虚拟图像显示系统的校正,以将所述第一图像中的所述点与所述第二图像中的所述对应点对齐;以及

由所述处理器将所述校正应用于所述虚拟图像显示系统。

21.根据权利要求13所述的方法,其中,所述第一组视觉特性和所述第二组视觉特性包括所述颜色,并且所述方法还包括:

由所述处理器确定所述第一图像中的区域的颜色;

由所述处理器识别所述第一图像中的所述区域的颜色与所述第二图像中的对应区域的颜色之间的差异;

由所述处理器确定要应用于所述虚拟图像显示系统的校正,以将所述第一图像中的所述区域的颜色与所述第二图像中的所述对应区域的颜色进行匹配;以及

由所述处理器将所述校正应用于所述虚拟图像显示系统。

22.根据权利要求21所述的方法,其中,所述校正包括以下中的一个或多个的校正:色调、饱和度、或对比度。

23.根据权利要求13所述的方法,其中,所述第一组视觉特性和所述第二组视觉特性包

括所述几何属性,并且所述方法还包括:

由所述处理器确定所述第一图像中的对象的所述几何属性;

由所述处理器识别所述第一图像中的所述对象的所述几何属性与所述第二图像中的对应对象的几何属性之间的差异;

由所述处理器确定要应用于所述虚拟图像显示系统的校正,以将所述第一图像中的所述对象的所述几何属性与所述第二图像中的所述对应对象的所述几何属性进行匹配;以及

由所述处理器将所述校正应用于所述虚拟图像显示系统。

24.根据权利要求23所述的方法,其中,所述校正包括以下中的一个或多个的校正:所述第二图像中的所述对象的共线性、曲率、长度、宽度、广度、添加的标记、缺失标记、数量、形状、大小、空间分组、或空间定向。

眼球相机系统和用于显示系统校准的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是2019年7月12日提交的题为“EYEBALL CAMERA SYSTEM AND METHODS FOR DISPLAY SYSTEM CALIBRATION”的美国专利申请第62/873,641号的非临时申请并要求其权益,出于所有目的将其全部内容通过引用并入本文。

背景技术

[0003] 现代计算和显示技术促进了用于所谓“虚拟现实”或“增强现实”体验的系统的开发,其中数字产生的图像或其部分在可穿戴设备中以似乎或可能被认为是真实的方式呈现给用户。虚拟现实或“VR”场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现,但对其它实际的真实世界的视觉输入不透明;增强现实或“AR”场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现,作为对用户周围实际世界的可视化的增强。

[0004] 可穿戴设备可以包括增强和/或虚拟现实眼镜。相机可以被耦合到眼镜。为了在增强和/或虚拟现实眼镜上查看真实世界对象的实际位置,需要校准相机。校准相机可以包括确定相机的内在和/或外在参数。内在参数表示从3D相机坐标到2D图像坐标的投影变换。内在参数可以包括焦距(f_x,f_y)、主点(principal point)和失真(distortion)系数。另一方面,外在参数表示从世界坐标系到相机的坐标系的变换。外在参数包括旋转矩阵和平移向量。外在参数可有助于确定相机中心的位置和相机在世界坐标中的航向(heading)。

[0005] 因此,相机校准可以估计相机的镜头(lens)和图像传感器的参数。所确定的参数可用于校正镜头失真,以世界单位测量对象的大小,或在3D场景重建中确定相机在场景中的位置。

[0006] 事实证明,人类视觉感知系统非常复杂,并且产生了VR、AR或MR技术,以促进虚拟图像元素在其它虚拟或真实世界图像中的舒适、自然感觉、丰富呈现具有挑战性。在此公开的系统和方法解决了与VR、AR和MR技术相关的各种挑战。

发明内容

[0007] 实施例总体上涉及用于显示系统校准的图像显示系统和方法。实施例提供在几何形状、光学性能和/或运动方面模仿人眼的相机设计(例如,眼球相机)。眼球相机采用与人眼相同的角膜和瞳孔几何形状,并且具有配置有多种纹理、颜色或直径选项的虹膜和瞳孔。眼球相机的分辨率被设计为与典型的20/20人类视觉的敏锐度相匹配,并且在一些实现方式中将焦点从0到4屈光度(diopter)进行调节。一对眼球相机可以独立安装在两个六足架上,以模拟人眼的凝视和辐辏。因此,可以使用眼球相机基于如瞳孔位置和凝视的眼睛条件对感知的虚拟和真实世界进行校准和评估。眼球相机充当桥梁,将来自空间计算的数据(如眼睛跟踪、数字世界的3D几何形状、显示颜色准确性/均匀性、和显示光学质量(清晰度、对比度等)结合。

[0008] 各种实施例提供了一种用于将校正应用于虚拟图像显示系统的系统。该系统包括:显示设备,其被配置为显示虚拟图像;图像捕获设备,其定位在显示设备的前面;以及处

理器,其耦合到显示设备和图像捕获设备,以从图像捕获设备接收图像数据。图像捕获设备具有类似于人眼的一个或多个特性。处理器被编程为(a)接收场景的第一图像;(b)确定与第一图像相关联的第一组视觉特性;(c)接收用图像捕获设备捕获的场景的第二图像;(d)确定与第二图像相关联的第二组视觉特性;(e)识别第一组视觉特性与第二组视觉特性之间的差异;(f)使用图像捕获设备的一个或多个特性确定要应用于虚拟图像显示系统的校正,以至少部分地校正差异;以及(g)基于图像捕获设备的一个或多个特性将校正应用于虚拟图像显示系统。

[0009] 各种实施例提供了一种将校正应用于虚拟图像显示系统的方法。该方法包括由处理器从真实世界图像捕获设备接收场景的第一图像。处理器确定与第一图像相关联的第一组视觉特性。该方法进一步包括由处理器从图像捕获设备接收用图像捕获设备捕获的场景的第二图像,该图像捕获设备具有类似于人眼的一个或多个特性。图像捕获设备定位在显示设备的前面。该方法还包括由处理器确定与第二图像相关联的第二组视觉特性;并且由处理器识别第一组视觉特性与第二组视觉特性之间的差异。处理器使用图像捕获设备的一个或多个特性确定要应用于虚拟图像显示系统的校正,以至少部分地校正差异;并且基于图像捕获设备的一个或多个特性将校正应用于虚拟图像显示系统。

[0010] 与传统技术相比,通过本公开实现了许多益处。例如,实施例提供了使用模拟人眼的一个或多个相机(例如,眼球相机)校准真实世界图像捕获设备和/或AR/VR显示系统的方法和系统。眼球相机的特性(诸如角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、或凝视定向中的一个或多个)是已知的并且可以被控制。因此,可以使用一组已知且可控的参数来执行校准。例如,可以将凝视固定在无穷远处并使用数据校准设备。因此,实施例提供对AR/VR显示系统的更准确校准,从而产生更准确和无缝的AR/VR体验。

[0011] 本说明书中描述的主题的一个或多个实现方式的细节在附图和以下描述中阐述。其它特征、方面和优点将从描述、附图和权利要求中变得明显。该概述和以下详细描述均不旨在定义或限制本发明主题的范围。

附图说明

[0012] 图1示出根据本公开的一些实施例的用于校准显示设备的示例性系统;

[0013] 图2A-2B示出根据本公开的一些实施例的示例性图像捕获元件;

[0014] 图3是示出根据本公开的一些实施例的相机装备的简化示意图;

[0015] 图4是示出根据本公开的一些实施例的用于校准虚拟图像显示系统的方法的示例性框图;

[0016] 图5是示出根据本公开的一些实施例的可以结合虚拟图像显示系统执行的各种校准的示例性框图;

[0017] 图6是示出根据本公开的一些实施例的结合虚拟图像显示系统执行的眼睛跟踪验证的示例性框图;

[0018] 图7是示出根据本公开的一些实施例的用于确定并应用校正到虚拟图像显示系统的方法的简化流程图;

[0019] 图8是示出根据本公开的一些实施例的用于确定并应用校正到虚拟图像显示系统以调节显示颜色的方法的简化流程图;

[0020] 图9是示出根据本公开的一些实施例的用于确定并应用校正到虚拟图像显示系统以调节几何属性的方法的简化流程图;以及

[0021] 图10是示出根据本公开的一些实施例的用于确定并应用校正到虚拟图像显示系统以调节空间定位的方法的简化流程图。

具体实施方式

[0022] 实施例涉及用于显示系统校准的图像显示系统和方法。空间计算通过结合数字光场、传感和计算,以空间交互的方式将数字世界内容叠加(overlay)在真实世界内容上。由空间计算技术呈现的数字内容优选与真实世界环境并且更重要的是与人眼-大脑系统协同工作,这是系统成功的最终判断标准。因此,要开发此类空间计算系统,必须要具有人眼-大脑系统的代理来校准和验证空间计算系统的性能。

[0023] 实施例提供了一种相机设计,其至少在以下一个或多个方面模仿人类生理机能(例如,人眼):几何形状、光学性能和/或运动。具体地,实施例提供了一种相机(例如,眼球相机),其不仅采用与人眼相同的角膜和瞳孔几何形状,而且具有可以配置有多种纹理、颜色或直径选项的虹膜和瞳孔。此外,眼球相机的分辨率设计为与典型的20/20人类视觉的敏锐度相匹配,并且焦距可以通过压电马达或其它合适的机械系统例如从0到4屈光度进行调节。

[0024] 根据各种实施例,一对眼球相机独立地安装在两个六足架上以模拟人眼凝视和辐辏。在眼球相机的帮助下,感知的虚拟和真实世界内容二者都可以在确定性和可量化的眼睛条件(例如,瞳孔位置和凝视)下进行校准和评估。根据各种实施例,眼球相机充当桥梁,将来自空间计算的数据(如眼睛跟踪、数字世界的3D几何形状、显示颜色准确性/均匀性、和显示光学质量(清晰度、对比度等)结合以用于整体视图,这有助于将虚拟世界和真实世界无缝地有效融合在一起。

[0025] 图1示出用于校准虚拟图像显示系统110的示例性系统100。系统100可以包括虚拟图像显示系统110、图像捕获设备120、和数据处理模块140。虚拟图像显示系统110可以包括:显示设备112,其被配置为显示虚拟图像;真实世界图像捕获设备150,其被配置为在显示设备112上捕获和显示图像;以及各种机械和电子模块及系统,其支持虚拟图像显示系统110的功能。显示设备112可以耦合到框架130,该框架130可由显示系统用户、佩戴者或观看者佩戴并且被配置为在使用期间将显示设备112定位在佩戴者的眼睛前面。显示设备112可以是光场显示器。在一些实施例中,扬声器可以耦合到框架130并且定位在用户的耳道附近(在一些实施例中,未示出的另一个扬声器定位在用户的另一个耳道附近以提供立体声/可塑形声音控制)。真实世界图像捕获设备150可以经由有线引线或无线连接耦合到显示设备112。在一些实施例中,真实世界图像捕获设备150可以设置在框架130上。在其它实施例中,真实世界图像捕获设备150可以与框架130分开设置,并且被配置为由虚拟图像显示系统110的用户佩戴(例如,作为头部相机戴在头上,作为腰带、腕带或手表戴在身体上)。

[0026] 根据各种实施例,图像捕获设备120可以定位在显示设备112的前面。系统还可以包括数据处理模块140,该数据处理模块140诸如通过有线引线或无线连接可操作地耦合到虚拟图像显示系统110和图像捕获设备120。数据处理模块140可以包括各种输入/输出设备并且可以从外部模块接收数据。

[0027] 数据处理模块140可以包括一个或多个处理器,该处理器被配置为分析和处理数据和/或图像信息,诸如由真实世界图像捕获设备150捕获的图像或视频信息。图像或视频数据可以本地存储在数据处理模块140中和/或远程存储在远程数据存储库中。在一些实施例中,远程数据存储库可以包括数字数据存储设施,该数字数据存储设施可以通过互联网或"云"资源配置中的其它网络配置获得。在一些实施例中,在数据处理模块140中存储所有数据并且执行所有计算,从而允许来自远程模块的完全自主使用,而在其它实施例中,数据存储和/或计算是分布式的。本领域的普通技术人员将认识到许多变化、修改和替代。

[0028] 显示设备112可以包括第一显示器106(例如,左显示元件)和第二显示器108(例如,右显示元件)。类似地,图像捕获设备120可以包括第一图像捕获元件102(例如,左图像捕获元件)和第二图像捕获元件104(例如,右图像捕获元件)。图像捕获设备120可以定位在显示设备112的前面,使得第一图像捕获元件102定位在第一显示器106的前面,并且第二图像捕获元件104定位在第二显示器108的前面。

[0029] 根据各种实施例,图像捕获设备120可以模拟人眼。也就是说,图像捕获设备120可以包括类似于人眼的特性。例如,第一图像捕获元件102和第二图像捕获元件104中的每一个可以包括角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、凝视定向、和虹膜颜色。对于第一图像捕获元件102和第二图像捕获元件104中的每一个,这些特性可以是彼此独立地可配置和控制。例如,第一图像捕获元件102和第二图像捕获元件104可以包括眼球相机。

[0030] 图2A和图2B示出根据本公开的一些实施例的第一图像捕获元件102。第二图像捕获元件104与第一图像捕获元件102相似(或相同),并且第一图像捕获元件102的描述适用于第二图像捕获元件104。第一图像捕获元件102和/或第二图像捕获元件104可以模拟人眼,并且包括安装在耦合到相机主体210的镜头支架206的端部处的人造角膜200、人造瞳孔202、以及人造虹膜204。人造角膜200、人造瞳孔202和人造虹膜204可以被称为人造眼球220。相机主体210可以包括容纳诸如相机快门和图像传感器的相机元件的防光(light proof)盒。

[0031] 人造角膜200、人造瞳孔202和人造虹膜204的各种特性可以根据各种实施例进行配置。例如,人造角膜200的位置和/或几何形状、人造瞳孔202的位置和大小、以及人造虹膜204的位置和/或颜色可以根据各种实施例配置、定制、或以其它方式调节。类似地,也可以配置人造眼球220在镜头支架206的端部处的位置。实施例允许确定和调节第一图像捕获元件102和/或第二图像捕获元件104的辐辏(包括眼睛朝向彼此会聚-旋转,在看更近的对象时发生,和眼睛远离彼此发散-旋转,当看远处的对象时发生)、凝视距离、和/或凝视定向。例如,实施例允许将凝视距离固定在无穷远以达到所需的(预定)的时间量。由于人眼不能在无限远处保持稳定凝视,因此第一图像捕获元件102和/或第二图像捕获元件104可以模仿并建立在人眼的能力上。因此,实施例允许更准确地校准虚拟图像显示系统110(即虚拟图像显示系统110的真实世界图像捕获设备150)。

[0032] 根据各种实施例,可以独立于第二图像捕获元件104配置和调节第一图像捕获元件102的特性。类似地,可以控制第一图像捕获元件102独立于第二图像捕获元件104移动。如图3中所示,这可以通过将第一图像捕获元件102和第二图像捕获元件104中的每一个放置在分开的、单独的六足架上来实现。

[0033] 图3是示出根据本公开的一些实施例的相机装备300的简化示意图。相机装备300可以包括第一可控支架302和第二可控支架304。可控支架302、304可以被控制为彼此独立地移动或彼此同时移动。可控支架302、304可以被控制以模仿人眼肌肉以及人头部。

[0034] 如图3中所示,第一图像捕获元件102可以安装在第一可控支架302上,并且第二图像捕获元件104可以安装在第二可控支架304上。相机装备300和图像捕获元件102、104可以一起工作模仿(例如,模拟)在眼窝中移动的一对人眼。

[0035] 根据各种实施例,可控支架302、304可以包括耦合到底部平台308和/或顶部平台310的一个或多个致动器306(例如,线性致动器、棱柱接头等)。在一些实施例中,可控支架302、304可以是包括六个线性致动器的并联操纵器的形式。

[0036] 可控支架302、304可以经由计算设备350来控制,该计算设备350被配置为经由有线或无线连接与可控支架302、304通信。在一些实施例中,计算设备350可以包括数据处理模块140,或者可以耦合到数据处理模块140以与数据处理模块140协同工作。根据各种实施例,计算设备350可以向可控支架302、304发送命令(例如,以信号的形式)并从可控支架302、304接收反馈(例如,以信号的形式)。

[0037] 根据各种实施例,可以在虚拟图像显示系统的生产期间使用相机装备300来微调虚拟图像显示系统的校准。然而在一些实施例中,相机装备300的大小和尺寸可以被设计成在零售地点提供,在该零售地点用户可以携带他们的虚拟图像显示系统110进行校准或根据用户的特定眼睛特性(例如,几何形状、颜色、视线)微调虚拟图像显示系统。

[0038] 实施例允许使用图像捕获设备(包括一个或多个图像捕获元件)校准虚拟图像显示系统(例如,AR/VR系统的真实世界图像捕获设备)。在一些实施例中,图像捕获设备可以被控制或配置为模仿人眼。

[0039] 图4示出说明根据本公开的一些实施例的用于校准虚拟图像显示系统的方法的示例性框图。真实世界400中的场景、环境或对象的图像450可以使用真实世界图像捕获设备(例如,世界相机)402来捕获。捕获的图像450可以被发送到渲染引擎410,然后该渲染引擎410处理接收的图像并将处理的图像发送到投影仪412,该投影仪412随后将显示在显示设备(例如,虚拟图像显示系统的目镜)414上。显示的图像可以对应于在显示设备414上照亮的一组像素416。然而,显示的图像可能与图像应该表示的真实世界400不完全匹配(例如,对齐)。例如,图像中对象的轮廓可能与真实世界中对象的轮廓不对齐。为了校正该不匹配,可能需要校准真实世界图像捕获设备402。

[0040] 例如,可以使用来自眼睛跟踪相机404和一个或多个眼睛跟踪光发射器(例如,发光二极管(LED))406的数据处理(例如细化)使用真实世界图像捕获设备402捕获的图像。来自眼睛跟踪相机404和一个或多个眼睛跟踪光发射器406的数据可以包括关于用户正观看何处以在特定深度或范围渲染图像的附加信息。例如,可以使用眼睛跟踪相机404和一个或多个眼睛跟踪光发射器406来确定眼睛的辐辏,并且可以使用辐辏/适应模型来确定虚拟图像显示系统的校准/调节。

[0041] 根据各种实施例,眼睛跟踪相机404检测用户的角膜位置并基于角膜位置确定眼睛孔径,并计算用户的凝视。也就是说,眼睛跟踪相机404估计用户的眼睛位置。因此,需要知道用户的眼睛几何形状、位置和凝视的细节,以更准确地校准虚拟图像显示系统。

[0042] 实施例可以使用模拟人眼(或一对人眼)的图像捕获设备408来校准虚拟图像显示

系统。图像捕获设备408可以与眼睛跟踪相机404结合使用。根据各种实施例,图像捕获设备408可以具有人眼的物理特性。例如,如结合图2A-2B所描述的,图像捕获设备408可以具有类似于人眼几何形状的几何形状,包括人造角膜、人造瞳孔和人造虹膜。因此,眼睛跟踪相机404和一个或多个眼睛跟踪光发射器406在与图像捕获设备408结合使用时,提供用于校准虚拟图像显示系统的更准确的数据。

[0043] 由于图像捕获设备408的特性是已知的,所以眼睛跟踪相机404和一个或多个眼睛跟踪光发射器406使用针对特性的数据(例如,角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、和凝视定向),而不是估计或确定这些特性。可以基于图像捕获设备408的这些特性中的一个或多个特性来确定对虚拟图像显示系统的校正,以便更准确地将从真实世界图像捕获设备402接收的图像450与使用图像捕获设备408捕获的真实世界400中相同场景、环境或对象的图像460对齐。

[0044] 渲染引擎410可以从图像捕获设备408接收图像460并且将图像460与从真实世界图像捕获设备402接收的图像450进行比较。如果图像460和图像450被确定为不重叠到预定程度或目标,渲染引擎410可以确定要应用于真实世界图像捕获设备402的一个或多个校正,以更准确地捕获真实世界400中的场景、环境或对象的图像。虚拟图像显示系统(以及更具体地,真实世界图像捕获设备402和/或显示设备414)可以被校准,直到由真实世界图像捕获设备402捕获的图像450与图像捕获设备408捕获的图像460在预定阈值内对齐。

[0045] 图5示出说明可结合虚拟图像显示系统执行的各种校准的示例性框图。如也结合图1所描述的,虚拟图像显示系统500可以具有感测组件502(例如,真实世界图像捕获设备150)和显示组件504(例如,显示设备112)。可以使用用于验证和改进眼睛跟踪514的眼睛跟踪相机校准506和眼睛跟踪LED校准508来校准感测组件502。可以使用用于验证和改进所显示的对象的几何形状516的几何形状校准510以及用于验证和改进所显示的对象的颜色518的颜色校准512,来校准显示组件504。总的来说,可以验证和改进虚拟图像显示系统的显示质量520。

[0046] 结合各种实施例描述的模拟人眼的图像捕获设备可用于组合并同时执行所有上述校准以改进虚拟图像显示系统的眼睛跟踪、几何形状、颜色和显示质量。

[0047] 图6示出说明眼睛跟踪验证的详细视图的示例性框图。眼睛跟踪相机604和眼睛跟踪LED 606可以估计图像捕获设备602的特性610,诸如角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、和凝视定向。估计的特性610可以与这些特性的实际值612一起提供给计算设备614(例如,数据处理模块140)。计算设备可以将估计的特性610与图像捕获设备602的这些特性的实际值612进行比较,并且基于凝视定向、深度窗格(pane)切换、渲染中心、会聚平面等确定虚拟图像显示系统的一个或多个校正620。

[0048] 图7是示出根据本公开的一些实施例的用于确定和应用校正到虚拟图像显示系统的方法的简化流程图700。虚拟图像显示系统可以至少包括显示设备和世界相机。根据各种实施例,模拟人眼(或一对人眼)的图像捕获元件可以耦合到虚拟图像显示系统。

[0049] 在框702处,包括处理器的计算设备从虚拟图像显示系统接收第一图像和第二图像。可以使用虚拟图像显示系统的世界相机来捕获第一图像并且可以使用图像捕获设备(例如眼球相机)来捕获第二图像。图像捕获设备具有类似于人眼的一个或多个特性,包括但不限于角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、和/或凝视定

向。图像捕获设备的这些特性可以具有预定值,并且可以是可配置的。

[0050] 在框704处,计算设备可以确定第一图像和第二图像的视觉特性。计算设备可以确定与第一图像相关联的第一组视觉特性和与第二图像相关联的第二组视觉特性。第一组视觉特性和第二组视觉特性可以包括对象的特殊定位(例如,图像中对象的位置、坐标,或者图像中两个对象或点之间的距离)、对象的颜色(例如,对象的色调、饱和度或对比度)、对象的几何属性(对象的元素的共线性、曲率、长度、宽度、广度、添加的标记、缺失标记、数量、形状、大小、空间分组、和空间定向)。

[0051] 在框706处,计算设备可以识别第一图像的第一组视觉特性与第二图像的第二组视觉特性之间的差异。

[0052] 在框708处,计算设备可以使用图像捕获设备的一个或多个已知特性确定要应用于虚拟图像显示系统的校正,以至少部分地校正差异。

[0053] 在框710处,计算设备可以基于图像捕获设备的一个或多个特性将校正应用于虚拟图像显示系统。校正可以校准虚拟图像显示系统的显示设备或世界相机。

[0054] 应当理解,图7中所示的具体步骤提供了根据本公开的一些实施例的用于确定并应用校正到虚拟图像显示系统的特定方法。根据替代实施例,也可以执行其它步骤序列。例如,替代实施例可以以不同的顺序执行图7中概述的步骤。此外,图7中所示的各个步骤可以包括多个子步骤,该子步骤可以以适合各个步骤的各种顺序执行。此外,可以取决于特定应用来添加或删除附加步骤。本领域的普通技术人员将认识到许多变化、修改和替代。

[0055] 图8是示出根据本公开的一些实施例的用于确定和应用校正到虚拟图像显示系统以调节显示颜色的方法的简化流程图800。虚拟图像显示系统可以至少包括显示设备和世界相机。根据各种实施例,模拟人眼(或一对人眼)的图像捕获元件可以耦合到虚拟图像显示系统。

[0056] 在框802处,包括处理器的计算设备从虚拟图像显示系统接收第一图像和第二图像。可以使用虚拟图像显示系统的世界相机来捕获第一图像,并且可以使用图像捕获设备(例如,眼球相机)来捕获第二图像。图像捕获设备具有类似于人眼的一个或多个特性,包括但不限于角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、和/或凝视定向。图像捕获设备的这些特性可以具有预定值,并且可以是可配置的。

[0057] 在框804处,计算设备可以确定第一图像和第二图像的视觉特性。计算设备可以确定第一图像中的点的空间定位,以及第二图像中的对应点的空间定位。

[0058] 在框806处,计算设备可以识别第一图像中的点的空间定位与第二图像中的对应点的空间定位之间的差异。

[0059] 在框808处,计算设备可以确定要应用于虚拟图像显示系统的校正,以将第一图像中的点与第二图像中的对应点对齐。

[0060] 在框810处,计算设备可以基于图像捕获设备的一个或多个特性将校正应用于虚拟图像显示系统。校正可以校准虚拟图像显示系统的显示设备或世界相机,并且导致第一图像的点与第二图像中的对应点更准确地对齐。

[0061] 应当理解,图8中所示的具体步骤提供了根据本公开的一些实施例的用于确定并应用校正到虚拟图像显示系统以调节显示颜色的特定方法。根据替代实施例也可以执行其它步骤序列。例如,替代实施例可以以不同的顺序执行图8中概述的步骤。此外,图8中所示

的各个步骤可以包括多个子步骤,该子步骤可以以适合于各个步骤的各种顺序执行。此外,可以取决于特定应用添加或删除附加步骤。本领域的普通技术人员将认识到许多变化、修改和替代。

[0062] 图9是示出根据本公开的一些实施例的用于确定和应用校正到虚拟图像显示系统以调节几何属性的方法的简化流程图900。虚拟图像显示系统可以至少包括显示设备和世界相机。根据各种实施例,模拟人眼(或一对人眼)的图像捕获元件可以耦合到虚拟图像显示系统。

[0063] 在框902处,包括处理器的计算设备从虚拟图像显示系统接收第一图像和第二图像。可以使用虚拟图像显示系统的世界相机来捕获第一图像,并且可以使用图像捕获设备(例如,眼球相机)来捕获第二图像。图像捕获设备具有类似于人眼的一个或多个特性,包括但不限于角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、和/或凝视定向。图像捕获设备的这些特性可以具有预定值,并且可以是可配置的。

[0064] 在框904处,计算设备可以确定第一图像和第二图像的视觉特性。计算设备可以确定第一图像中的区域(例如,点、对象或像素)的颜色(例如,色调、饱和度、或对比度),以及第二图像中的对应区域的颜色。

[0065] 在框906处,计算设备可以识别第一图像中的区域的颜色与第二图像中的对应区域的颜色之间的差异。

[0066] 在框908处,计算设备可以确定要应用于虚拟图像显示系统的校正,以将第一图像中的区域的颜色与第二图像中的对应区域的颜色相匹配。

[0067] 在框910处,计算设备可以基于图像捕获设备的一个或多个特性将校正应用于虚拟图像显示系统。校正可以校准虚拟图像显示系统的显示设备或世界相机,并且导致第一图像中的区域的颜色与第二图像中的对应区域的颜色更准确地匹配。校正可以调节显示设备上显示的图像的色调、饱和度和对比度中的一个或多个。

[0068] 应当理解,图9中所示的具体步骤提供了根据本公开的一些实施例的用于确定并应用校正到虚拟图像显示系统以调节几何属性的特定方法。根据替代实施例,也可以执行其它步骤序列。例如,替代实施例可以以不同的顺序执行图9中概述的步骤。此外,图9中所示的各个步骤可以包括多个子步骤,该子步骤可以以适合于各个步骤的各种顺序执行。此外,可以取决于特定应用添加或删除附加步骤。本领域的普通技术人员将认识到许多变化、修改和替代。

[0069] 图10是示出根据本公开的一些实施例的用于确定和应用校正到虚拟图像显示系统以调节空间定位的方法的简化流程图1000。虚拟图像显示系统可以至少包括显示设备和世界相机。根据各种实施例,模拟人眼(或一对人眼)的图像捕获元件可以耦合到虚拟图像显示系统。

[0070] 在框1002处,包括处理器的计算设备从虚拟图像显示系统接收第一图像和第二图像。可以使用虚拟图像显示系统的世界相机来捕获第一图像,并且可以使用图像捕获设备(例如,眼球相机)来捕获第二图像。图像捕获设备具有类似于人眼的一个或多个特性,包括但不限于角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、和/或凝视定向。图像捕获设备的这些特性可以具有预定值,并且可以是可配置的。

[0071] 在框1004处,计算设备可以确定第一图像和第二图像的视觉特性。计算设备可以

确定第一图像中的对象的几何属性(例如,形式、共线性、曲率、长度、宽度、广度、添加的标记、缺失标记、数量、形状、大小、空间分组、和/或空间定向),以及第二图像中的对应对象的几何属性。

[0072] 在框1006处,计算设备可以识别第一图像中的对象的几何属性与第二图像中的对应对象的几何属性之间的差异。

[0073] 在框1008处,计算设备可以确定要应用于虚拟图像显示系统的校正,以将第一图像中的对象的几何属性与第二图像中的对应对象的几何属性相匹配。

[0074] 在框1010处,计算设备可以基于图像捕获设备的一个或多个特性将校正应用于虚拟图像显示系统。校正可以对虚拟图像显示系统的显示设备或世界相机进行校准,并且导致第一图像中的对象的几何属性与第二图像中的对应区域的几何属性更准确地匹配。校正可以调节显示设备上显示的对象的共线性、曲率、长度、宽度、广度、添加的标记、缺失标记、数量、形状、大小、空间分组、和/或空间定向中的一项或多项。

[0075] 应当理解,图10中所示的具体步骤提供了根据本公开的一些实施例的用于确定并应用校正到虚拟图像显示系统以调节空间定位的特定方法。根据替代实施例,也可以执行其它步骤序列。例如,替代实施例可以以不同的顺序执行图10中概述的步骤。此外,图10中所示的各个步骤可以包括多个子步骤,该子步骤可以以适合于各个步骤的各种顺序执行。此外,可以取决于特定应用添加或删除附加步骤。本领域的普通技术人员将认识到许多变化、修改和替代。

[0076] 实施例提供了优于现有系统的许多优点。实施例允许使用模拟人眼的一个或多个相机(例如,眼球相机)来校准真实世界图像捕获设备和/或AR/VR显示系统。眼球相机的特性(诸如角膜位置、角膜几何形状、眼球位置、瞳孔大小、瞳孔位置、凝视距离、或凝视定向中的一个或多个)是已知的并且可以被控制。因此,可以使用一组已知且可控的参数来执行校准。例如,可以将凝视固定在无穷远处并使用数据校准设备。因此,实施例提供对AR/VR显示系统的更准确校准,因此产生更准确和无缝的AR/VR体验。

[0077] 在此描述和/或在附图中描绘的每个过程、方法和算法可以体现在由一个或多个物理计算系统、硬件计算机处理器、专用电路和/或被配置为执行特定和特别计算机指令的电子硬件的代码模块中并且可以完全或部分地由其自动化。例如,计算系统可包括用特定计算机指令编程的通用计算机(例如,服务器)或专用计算机、专用电路等。代码模块可被编译并链接到可执行程序中,安装在动态链接库中,或者可以用解释性编程语言编写。在一些实施方式中,特定的操作和方法可以由特定于给定功能的电路执行。

[0078] 此外,本公开的功能的某些实施方式在数学、计算或技术上都足够复杂,以至于可能需要专用硬件或一个或多个物理计算设备(利用适当的专用可执行指令)来执行功能,例如,由于所涉及计算的量或复杂性,或者要基本上实时地提供结果。例如,视频可以包括许多帧,每个帧具有数百万个像素,并且需要专门编程的计算机硬件来处理该视频数据,以在商业上合理的时间量内提供所需的图像处理任务或应用。

[0079] 代码模块或任何类型的数据可以存储在任何类型的非暂时性计算机可读介质上,例如包括硬盘驱动器、固态存储器、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、光盘的物理计算机存储设备,易失性或非易失性存储设备,它们的组合和/或类似物。方法和模块(或数据)还可以作为生成的数据信号(例如,作为载波或其他模拟或数字传播信号的一部分)在

各种计算机可读传输介质(包括基于无线的和基于有线的/电缆的介质)上发送,并且可以采用各种形式(例如,作为单个或复用模拟信号的一部分,或作为多个离散数字分组或帧)。所公开的过程或过程步骤的结果可以永久地或以其他方式存储在任何类型的非暂时性有形计算机存储设备中,或者可以经由计算机可读传输介质进行传递。

[0080] 在此描述的和/或在附图中描绘的流程图中的任何过程、块、状态、步骤或功能应被理解为潜在地表示包括一个或多个用于实现过程中的特定功能(例如逻辑或算术)或步骤的可执行指令的代码模块、代码段或代码部分。各种过程、块、状态、步骤或功能可以与本文提供的说明性示例相结合、重新布置、添加、删除、修改或以其他方式改变。在一些实施例中,附加的或不同的计算系统或代码模块可以执行本文描述的一些或全部功能。本文描述的方法和过程也不限于任何特定的顺序,并且与之相关的块、步骤或状态可以以适当的其他顺序来执行,例如串行、并行或以某些其他方式。可以将任务或事件添加到所公开的示例实施例中或从中删除。此外,本文描述的实施方式中的各种系统组件的分离是出于说明的目的,并且不应被理解为在所有实施方式中都需要这种分离。应当理解,所描述的程序组件、方法和系统通常可以被集成在一起在单个计算机产品中或包装到多个计算机产品中。许多实施方式的变型是可能的。

[0081] 可以在网络(或分布式)计算环境中实现过程、方法和系统。网络环境包括企业范围的计算机网络、企业内部网、局域网(LAN)、广域网(WAN)、个人区域网(PAN)、云计算网络、众包计算网络、互联网和万维网。该网络可以是有线或无线网络或任何其他类型的通信网络。

[0082] 本公开的系统和方法各自具有若干创新方面,其中没有一个对本文公开的期望属性负有单独责任或要求。以上描述的各种特征和过程可以彼此独立地使用,或者可以以各种方式组合。所有可能的组合和子组合旨在落入本公开的范围内。对本公开中描述的实施方式的各种修改对于本领域技术人员而言是显而易见的,并且在不脱离本公开的精神或范围的情况下,本文中定义的一般原理可以应用于其他实施方式。因此,权利要求书无意限于本文所示的实施方式,而是应被赋予与本文所揭示的本公开、原理及新颖特征一致的最广范围。

[0083] 在本说明书中在单独的实施方式的上下文中描述的某些特征也可以在单个实施方式中组合实现。相反,在单个实施方式的上下文中描述的各种特征也可以分别在多个实施方式中或以任何合适的子组合来实现。而且,尽管以上可以将特征描述为以某些组合起作用并且甚至最初如此声称,但是在某些情况下,可以从该组合中切除所要求保护的组合中的一个或多个特征,并且可以将所要求保护的组合用于子组合或子组合的变体。对于每个实施例,没有单个特征或一组特征是必要的或必不可少的。

[0084] 本文使用的条件语言,尤其例如“可以”、“可”、“可能”、“能”、“例如”等,除非另有明确说明,或者在上下文中另外理解,通常意在传达某些实施例包括而其他实施例不包括某些特征、元素和/或步骤。因此,这样的条件语言通常不旨在暗示特征、元素和/或步骤以任何方式对于一个或多个实施例是必需的,或者一个或多个实施例必然包括用于决定(无论是否有作者输入或提示)是否将在任何特定实施例中包括或执行这些特征、元素和/或步骤的逻辑。术语“包括”、“包含”、“具有”等是同义词,以开放式方式包含性地使用,并且不排除附加要素、特征、动作、操作等。同样,术语“或”以其包含的含义使用(而不是以其排他的

含义使用),使得例如在用于连接元素列表时,术语“或”表示列表中的一个、一些或全部元素。另外,在本申请和所附权利要求书中使用的“一”、“一个”和“该”应被解释为表示“一个或多个”或“至少一个”,除非另有说明。

[0085] 如本文所使用的,指代项目列表中的“至少一个”的短语是指那些项目的任何组合,包括单个成员。例如,“A、B或C中的至少一个”旨在涵盖:A、B、C、A和B、A和C、B和C、以及A、B和C。除非另外特别说明,否则诸如短语“X、Y和Z中的至少一个”之类的连词(conjunctive language)应与上下文一起理解,该上下文通常用于传达项目、术语等可以是X、Y或Z中的至少一个。因此,这种连词通常并非旨在暗示某些实施例要求存在X中的至少一个、Y中的至少一个和Z中的至少一个。

[0086] 类似地,尽管可以以特定顺序在附图中描绘操作,但是要认识到,不需要以示出的特定顺序或顺序执行这样的操作,或者不需要执行所有示出的操作来实现理想的结果。此外,附图可以以流程图的形式示意性地描绘一个或多个示例过程。然而,未示出的其他操作可以结合在示意性示出的示例方法和过程中。例如,可以在任何所示操作之前、之后、同时或之间执行一个或多个附加操作。另外,在其他实施方式中,可以重新布置或重新排序这些操作。在某些情况下,多任务和并行处理可能是有利的。此外,在上述实施方式中的各种系统组件的分离不应被理解为在所有实施方式中都需要这种分离,并且应当理解,所描述的程序组件和系统通常可以被集成在一起在单个软件产品中或打包到多个软件产品中。另外,其他实施方式在所附权利要求的范围内。在某些情况下,可以以不同的顺序执行权利要求中记载的动作,并且仍然实现期望的结果。

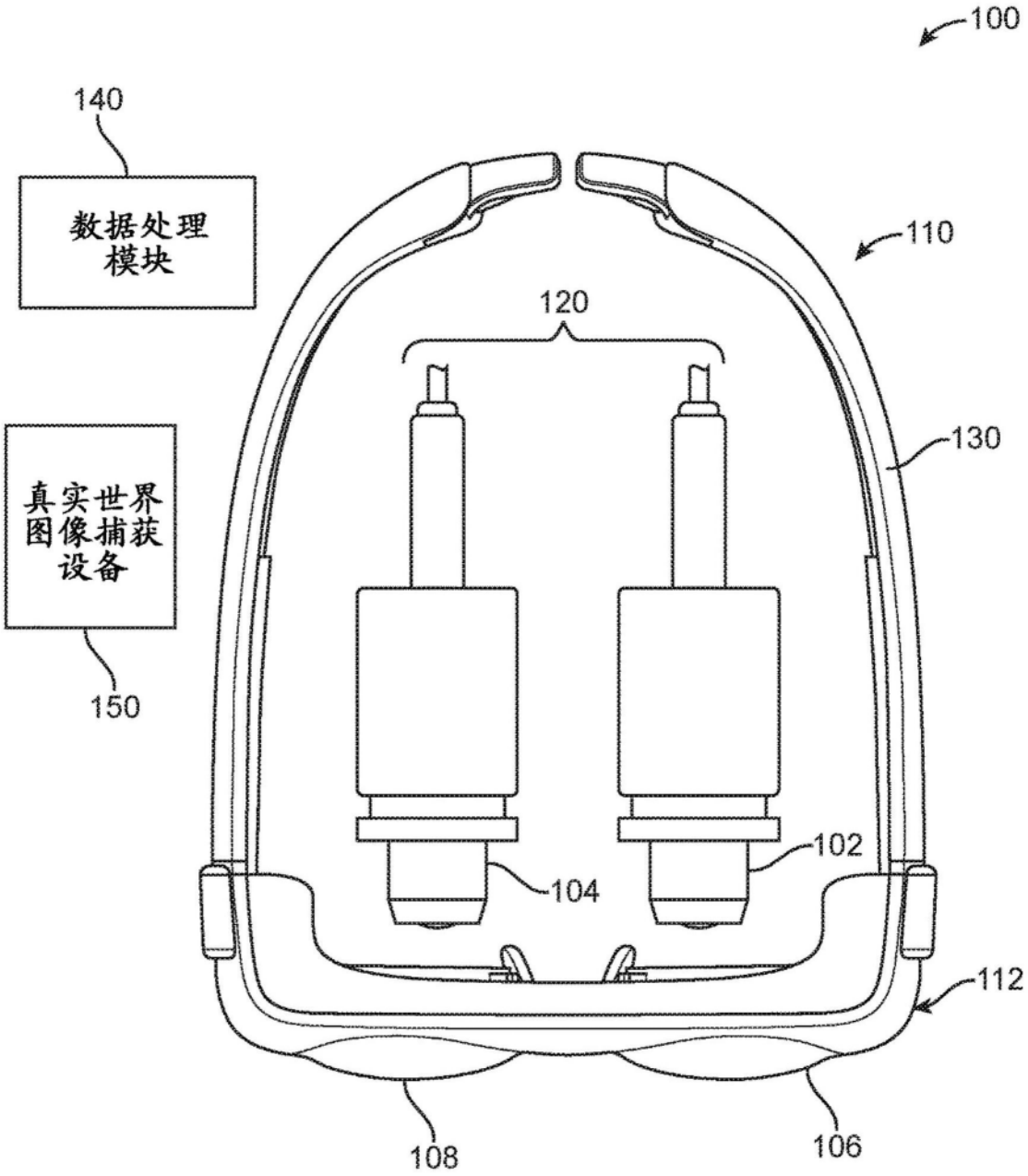


图1

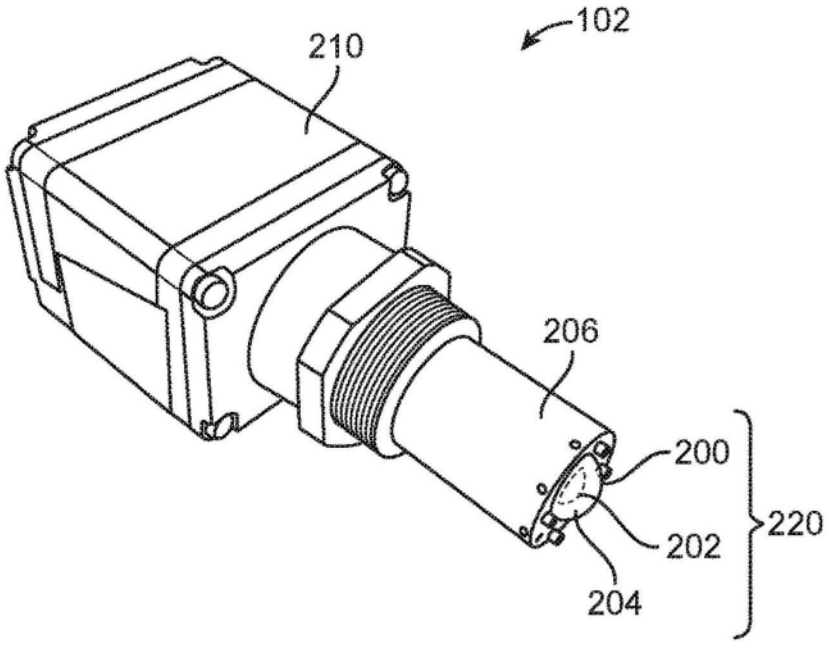


图2A

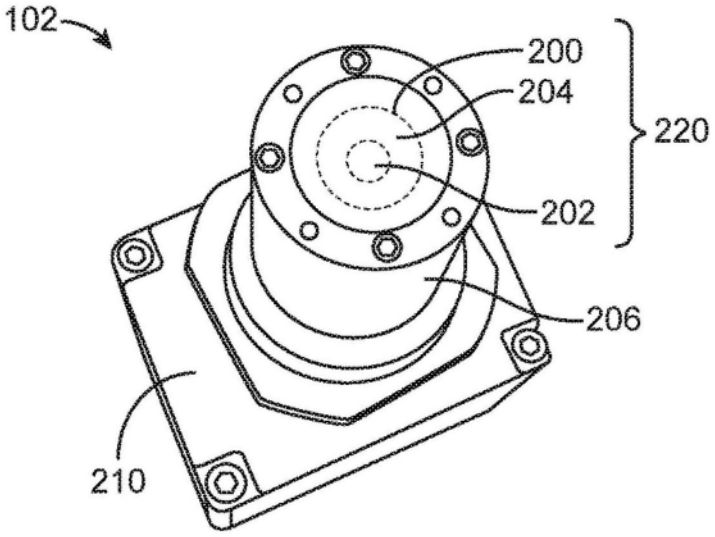


图2B

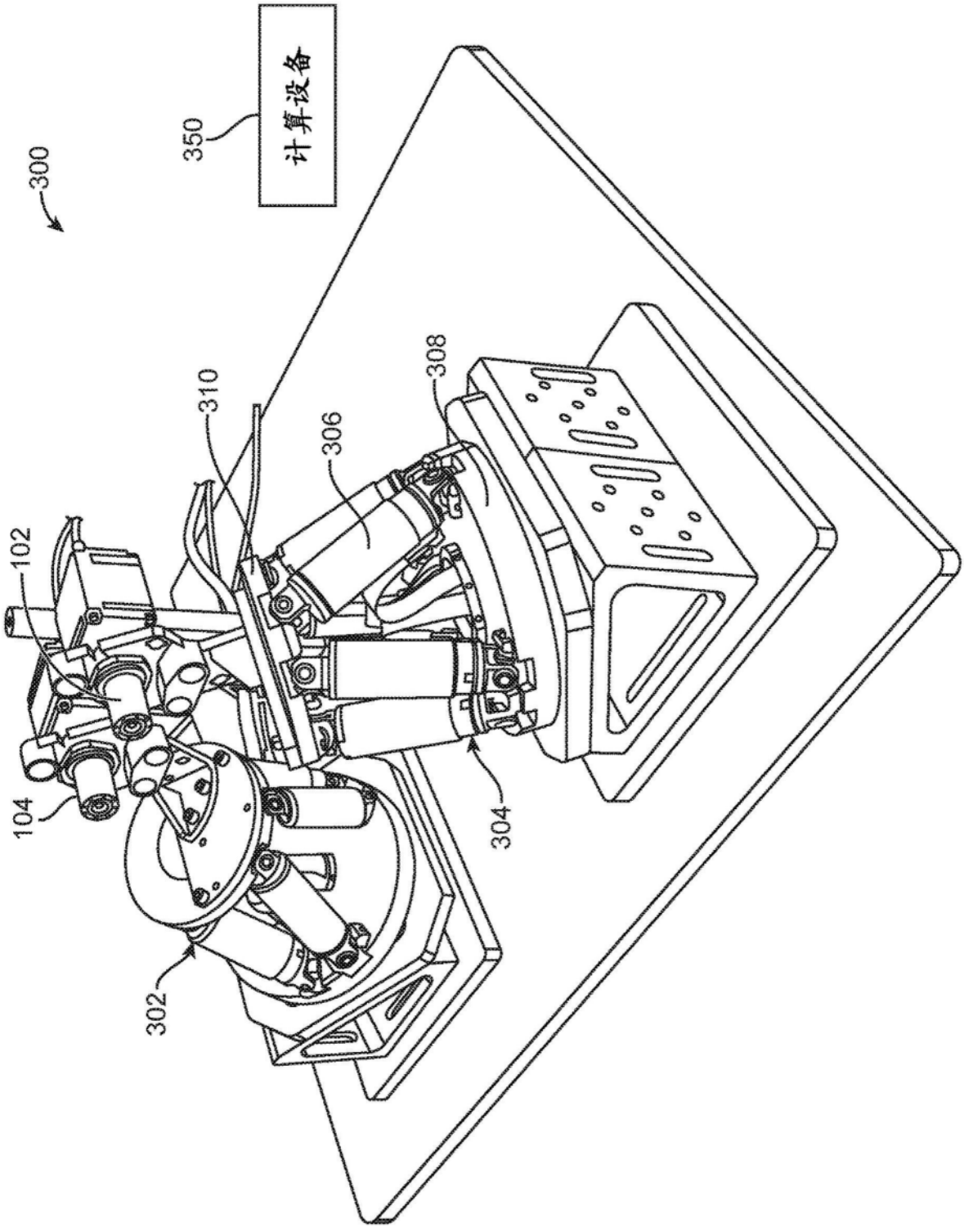


图3

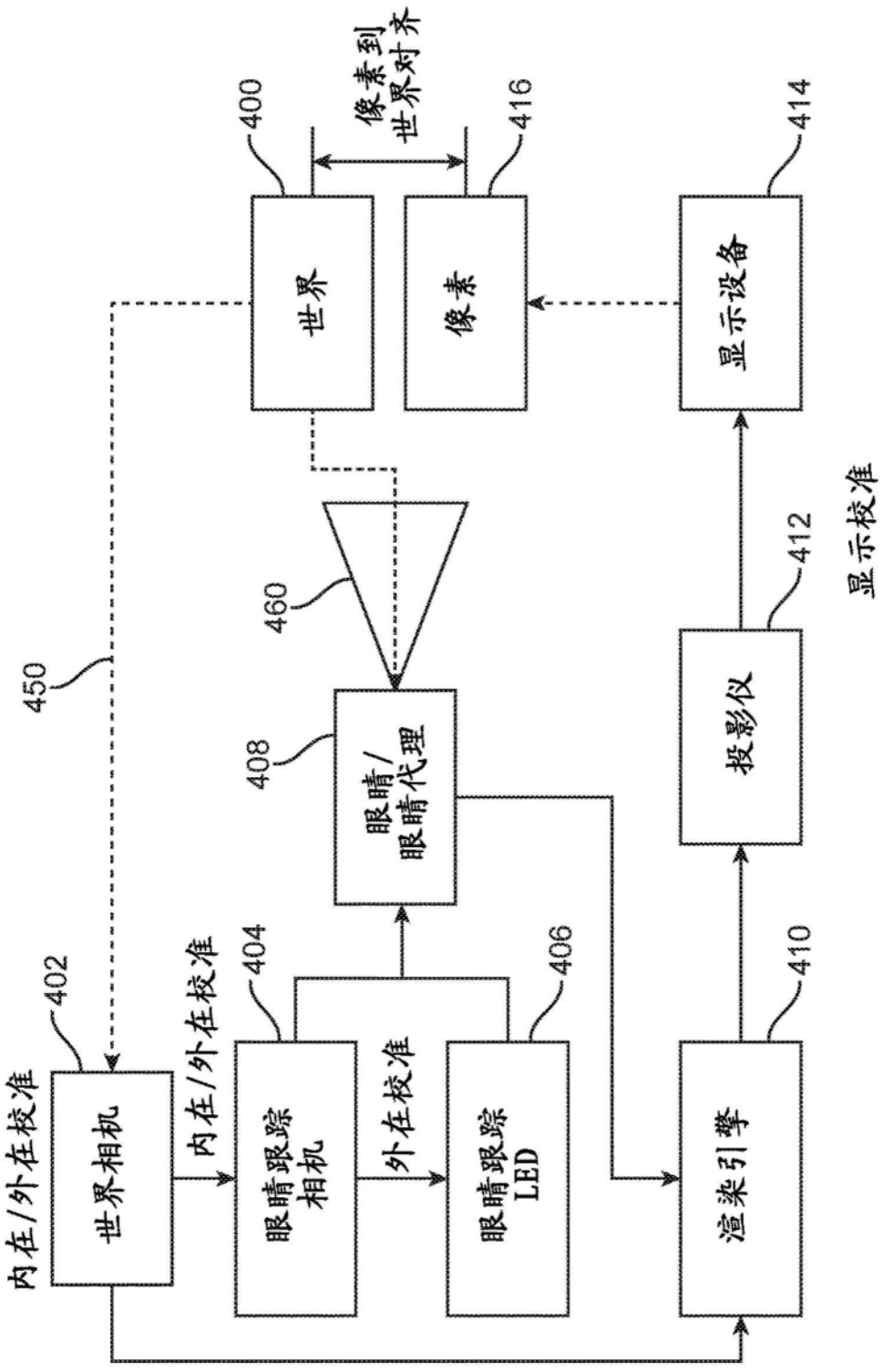

400
像素到世界对齐
416
414
世界
像素
显示设备
460
450
408
眼睛/眼睛代理
投影仪
412
显示校准
402
404
406
410
内在/外在校准
世界相机
内在/外在校准
眼睛跟踪相机
外在校准
眼睛跟踪LED
渲染引擎

图4

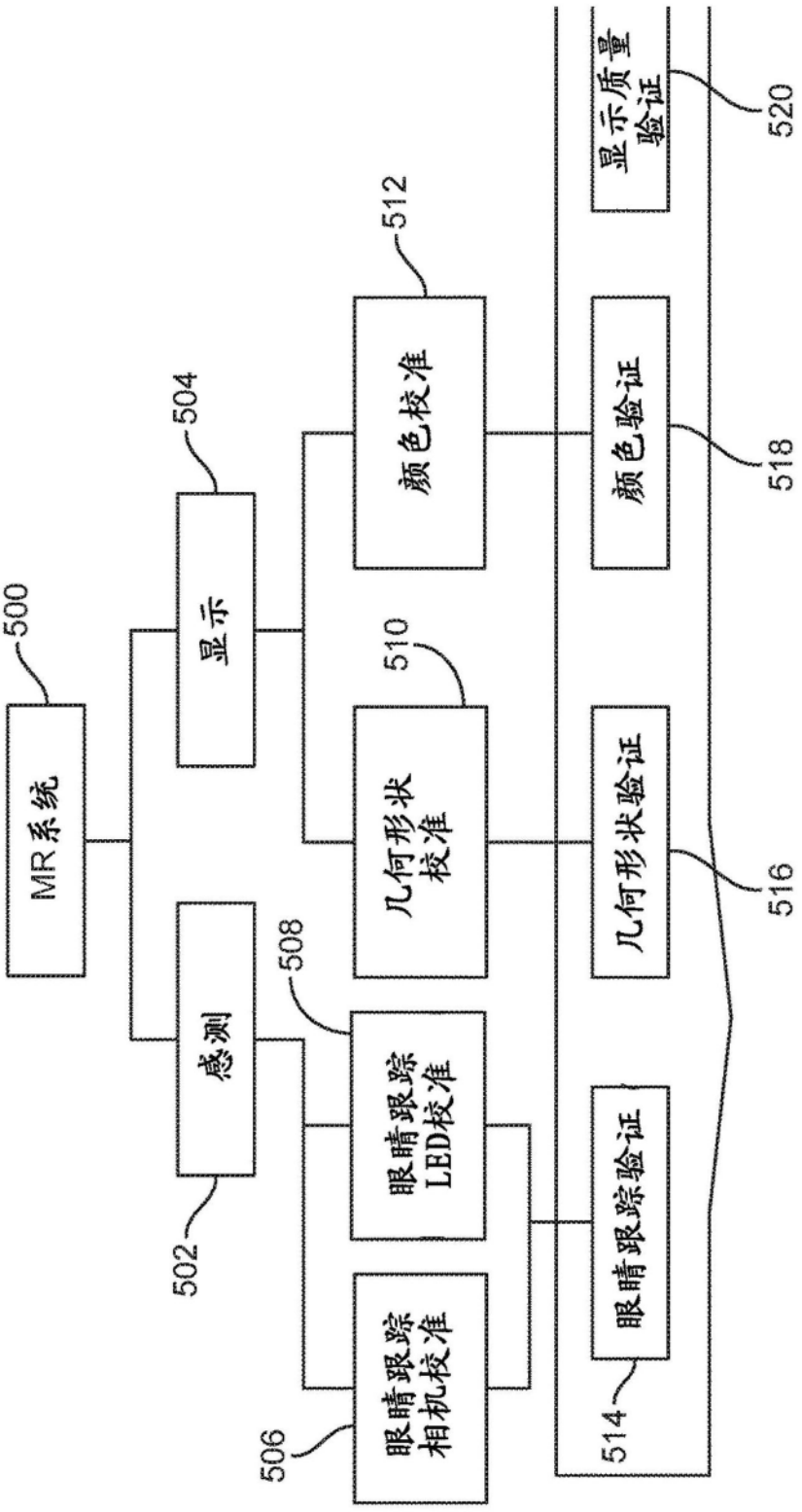

MR系统
500
显示
504
感测
502
颜色校准
512
几何形状
校准
510
眼睛跟踪
LED校准
508
眼睛跟踪
相机校准
506
显示质量
验证
520
颜色验证
518
几何形状验证
516
眼睛跟踪验证
514

图5

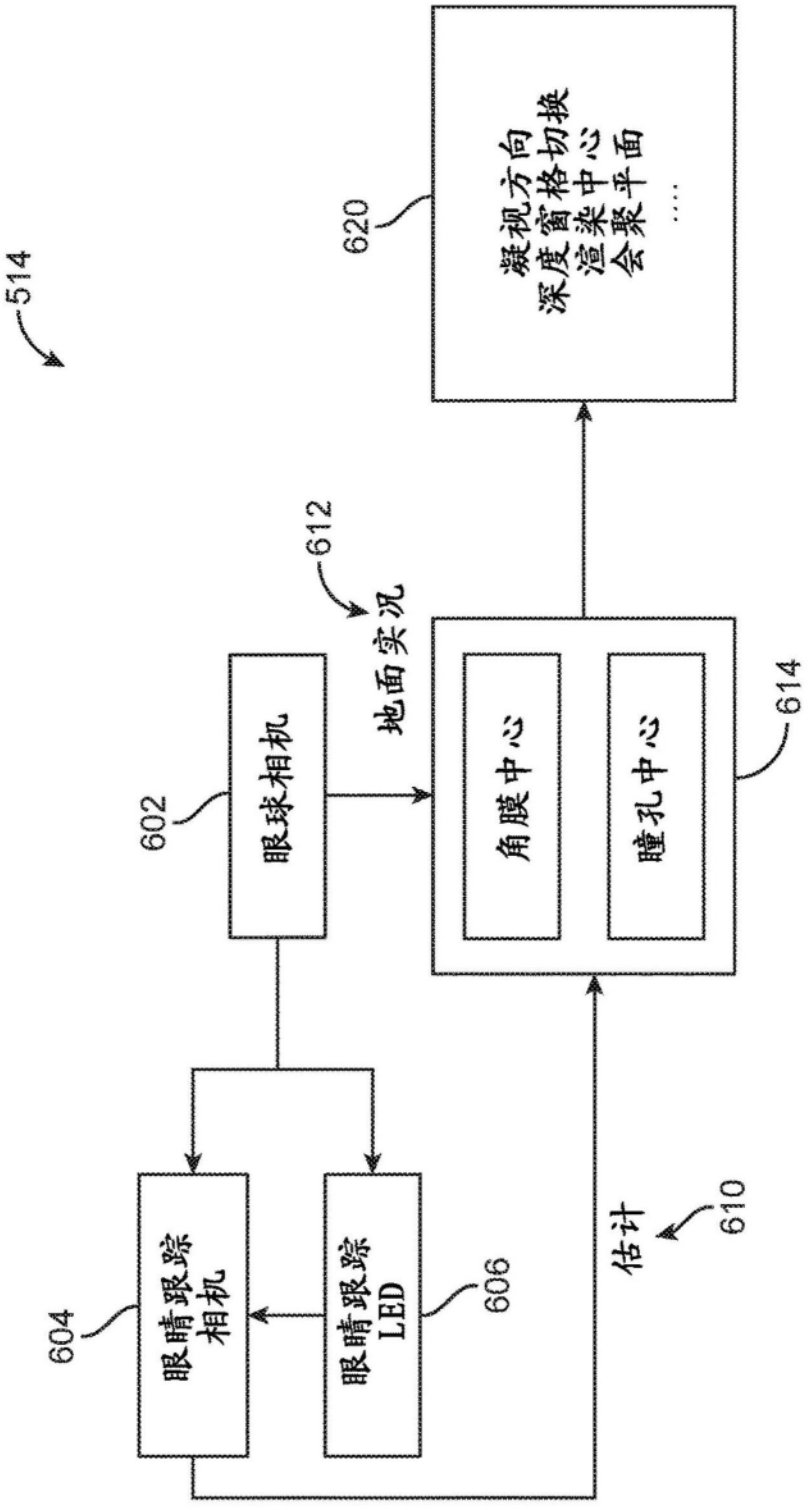

514
620
凝视方向
深度窗格切换
渲染中心
会聚平面
....
612
地面实况
602
眼球相机
角膜中心
瞳孔中心
614
604
眼睛跟踪
相机
眼睛跟踪
LED
606
估计
610

图6

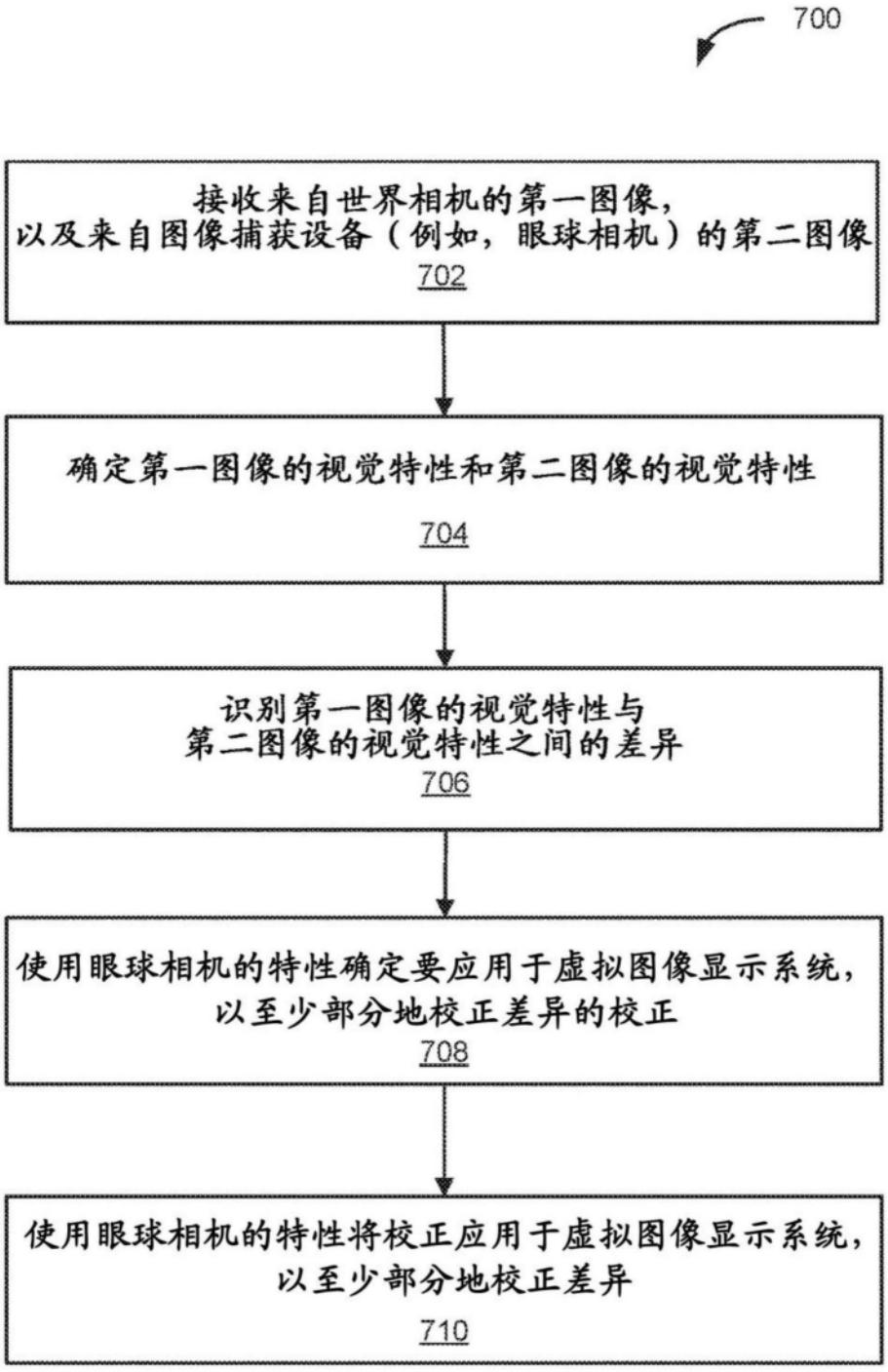

700
接收来自世界相机的第一图像，
以及来自图像捕获设备（例如，眼球相机）的第二图像
702
确定第一图像的视觉特性和第二图像的视觉特性
704
识别第一图像的视觉特性与
第二图像的视觉特性之间的差异
706
使用眼球相机的特性确定要应用于虚拟图像显示系统，
以至少部分地校正差异的校正
708
使用眼球相机的特性将校正应用于虚拟图像显示系统，
以至少部分地校正差异
710

图7

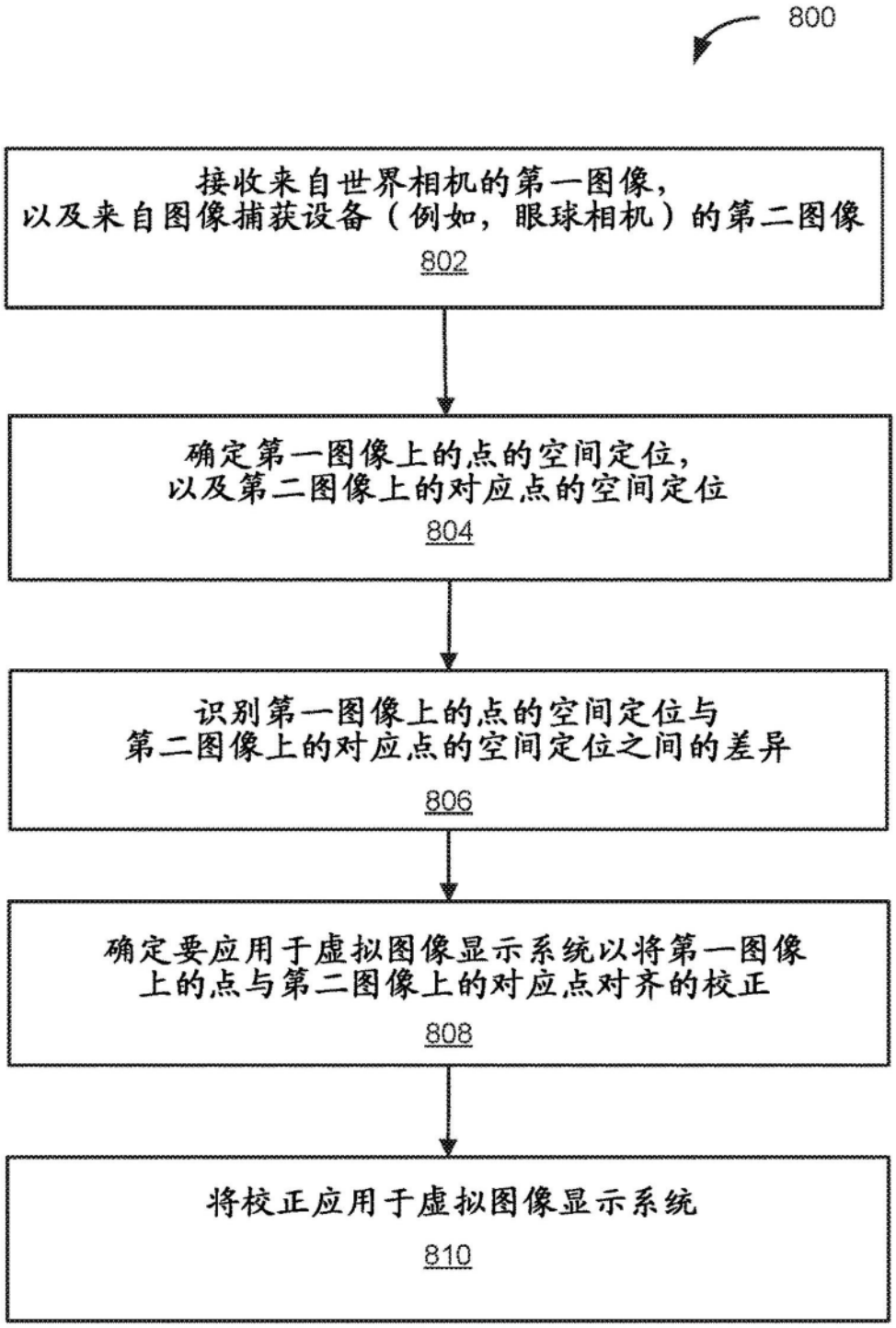

800
接收来自世界相机的第一图像，
以及来自图像捕获设备（例如，眼球相机）的第二图像
802
确定第一图像上的点的空间定位，
以及第二图像上的对应点的空间定位
804
识别第一图像上的点的空间定位与
第二图像上的对应点的空间定位之间的差异
806
确定要应用于虚拟图像显示系统以将第一图像
上的点与第二图像上的对应点对齐的校正
808
将校正应用于虚拟图像显示系统
810

图8

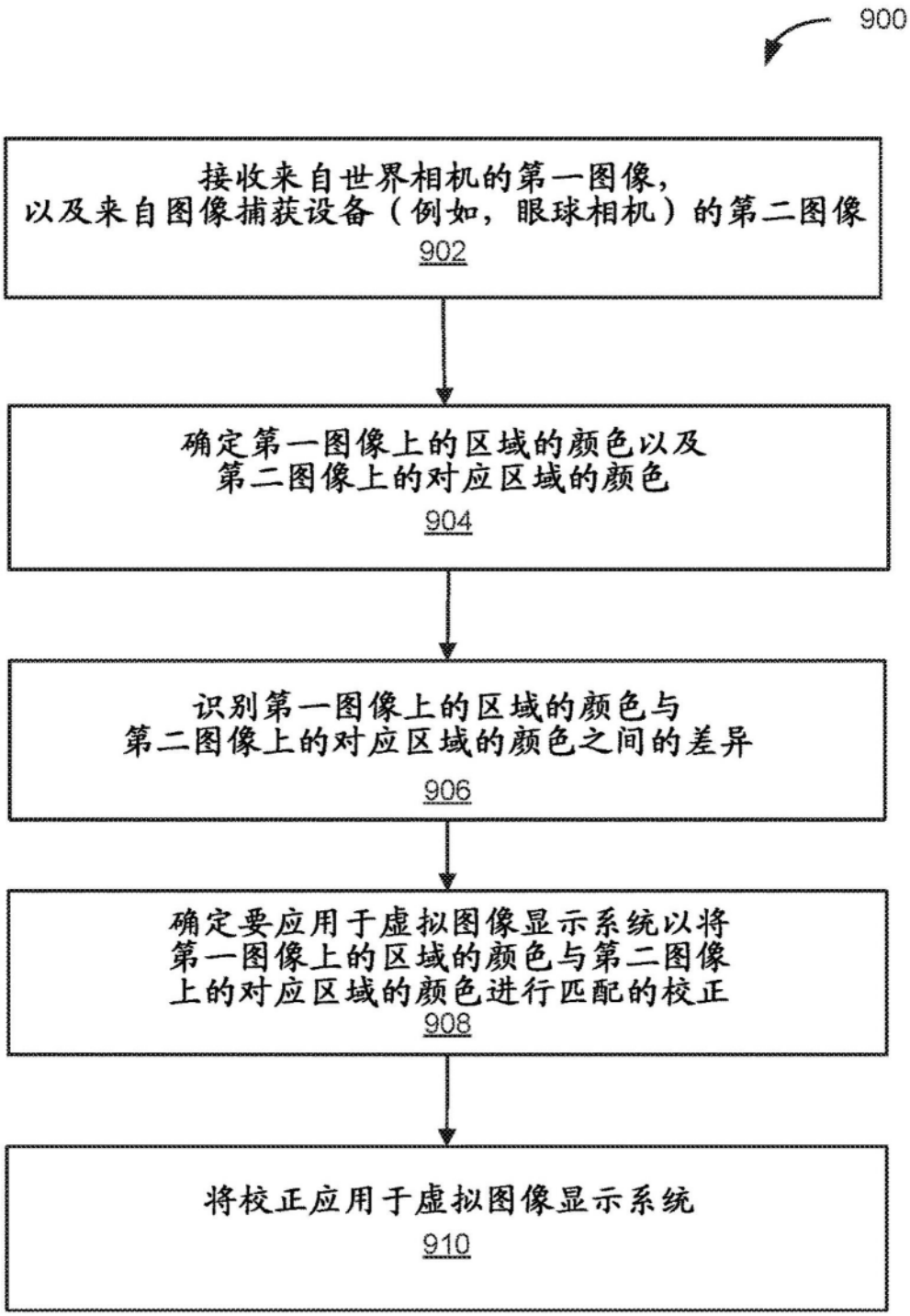

900
接收来自世界相机的第一图像，
以及来自图像捕获设备（例如，眼球相机）的第二图像
902
确定第一图像上的区域的颜色以及
第二图像上的对应区域的颜色
904
识别第一图像上的区域的颜色与
第二图像上的对应区域的颜色之间的差异
906
确定要应用于虚拟图像显示系统以将
第一图像上的区域的颜色与第二图像
上的对应区域的颜色进行匹配的校正
908
将校正应用于虚拟图像显示系统
910

图9

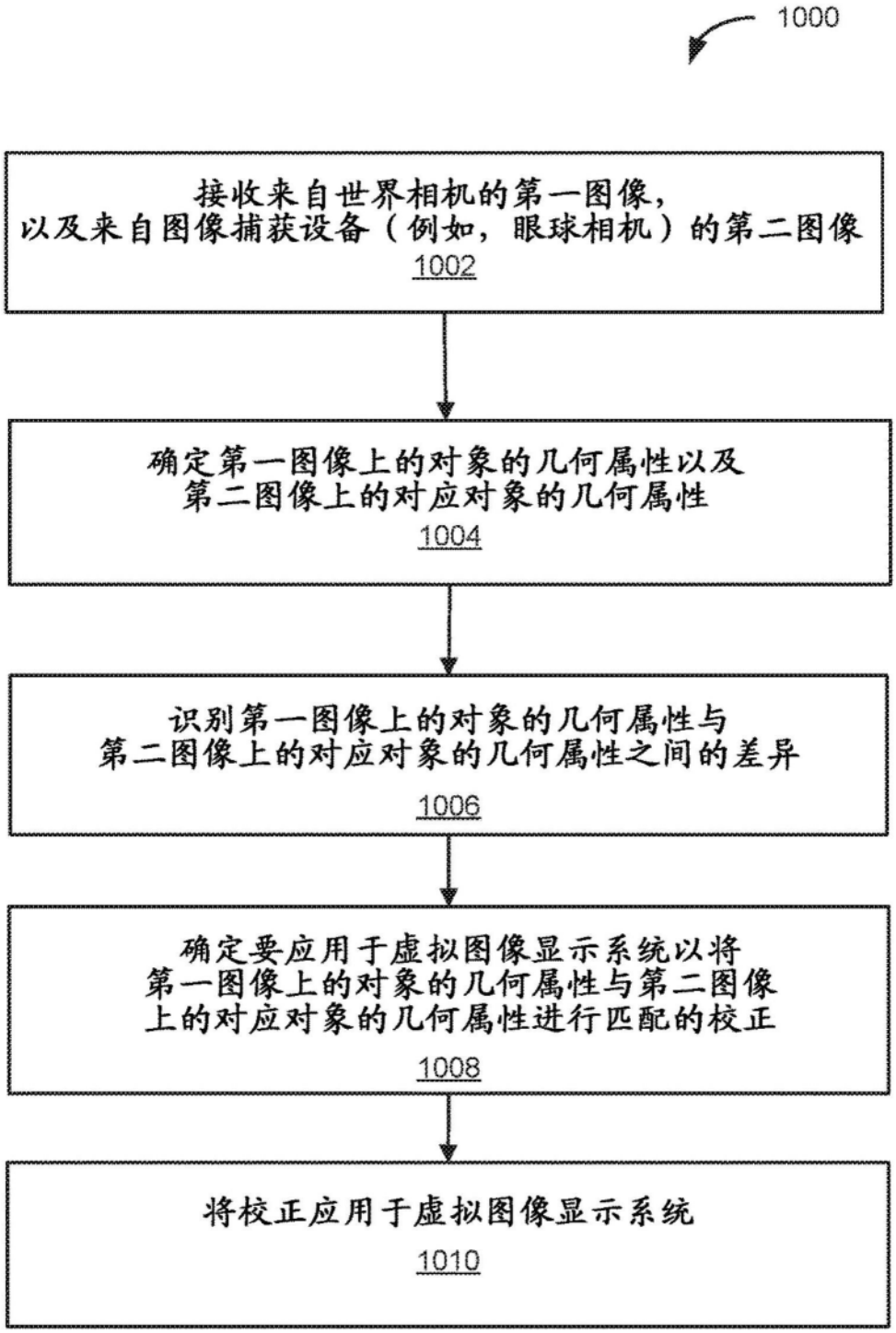

1000
接收来自世界相机的第一图像，
以及来自图像捕获设备（例如，眼球相机）的第二图像
1002
确定第一图像上的对象的几何属性以及
第二图像上的对应对象的几何属性
1004
识别第一图像上的对象的几何属性与
第二图像上的对应对象的几何属性之间的差异
1006
确定要应用于虚拟图像显示系统以将
第一图像上的对象的几何属性与第二图像
上的对应对象的几何属性进行匹配的校正
1008
将校正应用于虚拟图像显示系统
1010

图10