



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117739807 A

(43) 申请公布日 2024. 03. 22

(21) 申请号 202311208961.7

(22) 申请日 2023.09.18

(30) 优先权数据

22196474.5 2022.09.20 EP

(71) 申请人 赫克斯冈技术中心

地址 瑞士赫尔布鲁格

(72) 发明人 T·延森 杨征 J·斯蒂格瓦尔

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 刘杨 赵鹏

(51) Int. Cl.

G01B 11/00 (2006.01)

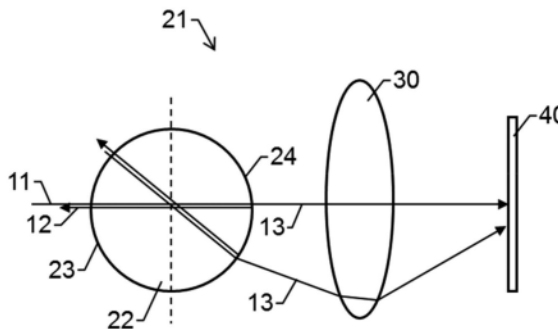
权利要求书3页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

具有弯曲反射器的传感器

(57) 摘要

本发明涉及具有弯曲反射器的传感器。一种传感器装置,其包括:回射元件,其具有前边界表面和后边界表面,前边界表面被配置为使测量光进入回射元件,并且后边界表面被配置为将测量光的第一部分反射为反射测量光并且将测量光的第二部分透射为透射测量光,其中,前边界表面和后边界表面是布置在回射元件的相反侧的;以及传感器单元,其按照使得透射测量光能够由传感器单元检测到的方式配置和布置。前边界表面和后边界表面具有弯曲形状,回射元件是按照使得在前边界表面进入回射元件的测量光被聚焦在后边界表面的方式配置的,并且测量光相对于传感器装置的入射角等于反射测量光相对于传感器装置的出射角。



1. 一种传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 所述传感器装置包括:

回射元件 (22、22a-22d), 所述回射元件具有前边界表面 (23) 和后边界表面 (24), 所述前边界表面被配置为使测量光 (11) 进入所述回射元件 (22、22a-22d), 并且所述后边界表面被配置为将所述测量光的第一部分反射为反射测量光 (12) 并且将所述测量光的第二部分透射为透射测量光 (13), 其中, 所述前边界表面 (23) 和所述后边界表面 (24) 是布置在所述回射元件 (22、22a-22d) 的相反侧的, 以及

传感器单元 (40), 所述传感器单元按照使得所述透射测量光 (13) 能够由所述传感器单元 (40) 检测到的方式配置和布置,

其特征在于,

所述前边界表面 (23) 和所述后边界表面 (24) 具有弯曲形状,

所述回射元件 (22、22a-22d) 是按照使得在所述前边界表面 (23) 进入所述回射元件的所述测量光 (11) 被聚焦在所述后边界表面 (24) 的方式配置的, 并且

所述测量光 (11) 相对于所述传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d) 的入射角等于所述反射测量光 (12) 相对于所述传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d) 的出射角。

2. 根据权利要求1所述的传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 其特征在于, 所述前边界表面 (23) 和所述后边界表面 (24) 具有球形形状。

3. 根据权利要求1或2所述的传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 其特征在于, 所述回射元件 (22、22a-22d) 包括折射率 n 为 $1.9 < n < 2.1$ 的球体, 特别是其中, $n=2$ 。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 其特征在于,

所述回射元件 (22、22a-22d) 是由玻璃制成的, 和/或

所述回射元件 (22、22a-22d) 包括将所述测量光 (11) 分离成所述反射测量光 (12) 和所述透射测量光 (13) 的涂层, 特别是部分反射涂层。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 其特征在于, 所述回射元件 (22、22a-22d) 包括至少两个光学元件, 其中, 所述前边界表面是由所述至少两个光学元件中的第一光学元件提供的, 并且所述后边界表面是由所述至少两个光学元件中的第二光学元件提供的, 特别是其中, 所述至少两个光学元件中的每个光学元件的折射率 n 为 $n < 2.1$ 。

6. 根据权利要求5所述的传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 其特征在于, 所述至少两个光学元件中的每个光学元件具有中心点, 并且所述至少两个光学元件是按照使得所述至少两个光学元件的中心点重合的方式布置的。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 其特征在于, 所述传感器单元 (40) 包括弯曲状检测元件 (40a), 特别是其中, 所述弯曲状检测元件 (40a) 是安装在所述后边界表面 (24) 上的。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 其特征在于, 所述传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d) 包括成像元件 (30、30a), 所述成像元件 (30、30a) 是布置在所述回射元件 (22、22a-22d) 与所述传感器单元 (40) 之间的并且朝向所述传感器单元 (40) 引导所述透射测量光 (13)。

9. 根据前述权利要求1至7中任一项所述的传感器装置 (21、21a-21d、25a-25d), 其特征

在于,

所述传感器单元包括多个传感器元件(40b、40c),其中,每个传感器元件包括检测元件(42)和被指派给该检测元件(42)的成像光学器件(41),其中,

所述传感器元件(40b、40c)是相对于所述后边界表面布置的,以使得相应传感器元件(40b、40c)被指派给所述后边界表面的相应区域,并且

相应传感器元件(40b、40c)将该相应传感器元件的在所述后边界表面的被指派区域处透射的测量光成像到该相应传感器元件的检测元件(42)上,

特别是其中,所述成像光学器件中的至少一个成像光学器件包括成像光纤锥体,并且所指派的检测元件(40c)是直接安装在所述成像光纤锥体上的。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的传感器装置(21、21a-21d、25a-25d),其特征在于,所述传感器装置(21、21a-21d、25a-25d)包括具有标记(26)和照明单元的至少一个参考组件,其中,所述标记(26)是固定地连接至所述回射元件(22、22a-22d)的,并且特别是直接安装到所述回射元件上的,并且所述照明单元包括光源(27a、27c、27d、29)并且被配置为照亮所述标记(26)。

11. 根据权利要求10所述的传感器装置(21、21a-21d、25a-25d),其特征在于,所述标记(26)是布置在所述后边界表面(24)处的。

12. 根据权利要求10或11所述的传感器装置(21、21a-21d、25a-25d),其特征在于,

所述照明单元包括被指派给所述光源(27a)的光学元件(28a),并且所述照明单元是布置在所述前边界表面(23)处的以照亮所述标记,所述标记是所述照明单元通过所述回射元件(22、22a-22d)照亮的,和/或

所述照明单元包括耦合光学器件(29),其中,所述耦合光学器件(29)是连接至所述回射元件(22、22a-22d)的并且将照明光耦合到所述回射元件(22、22a-22d)中,特别是其中,所述耦合光学器件被实施为波导并且通过回音壁耦合的原理提供所述照明光的耦合。

13. 根据权利要求10至12中任一项所述的传感器装置(21、21a-21d、25a-25d),其特征在于,所述至少一个参考组件是按照使得所述标记(26)能够借助于所述标记(26)的照亮而成像到所述传感器单元(40)上并且所述标记的图像能够由所述传感器单元(40)检测的方式布置和配置的。

14. 一种传感器校准系统,所述传感器校准系统包括:

根据权利要求10至13中任一项所述的传感器装置(21、21a-21d、25a-25d),以及
控制和处理单元,

其特征在于,

所述控制和处理单元包括校准功能,所述校准功能被配置为:

借助于所述照明单元来照亮所述标记(26),

借助于所述传感器单元(40)来拍摄所述标记的图像,

获得成像到所述传感器单元上的所述标记的图像位置,

将所述图像位置与所述标记的参考图像位置进行比较,并且确定所述标记的所述图像位置与所述参考图像位置之间的偏差,以及

基于所确定的偏差,获得用于所述传感器装置(21、21a-21d、25a-25d)的校准数据,所述校准数据提供关于所述回射元件的状态的信息。

15. 一种测量装置(20),所述测量装置包括:
根据权利要求1至14中任一项所述的传感器装置(21、21a-21d、25a-25d),以及
控制和处理单元,
其特征在于,
所述控制和处理单元包括取向测量功能,所述取向测量功能被配置为:
借助于所述传感器单元来拍摄图像,
处理所述图像,
获得成像到所述传感器单元上的所述透射测量光(13)的图像位置,
基于所获得的图像位置,计算所述测量光在所述前边界表面处的所述入射角,所述入
射角取决于所述测量装置(20)相对于所述测量光(11)的传播方向的取向。

具有弯曲反射器的传感器

技术领域

[0001] 本发明通常涉及一种计量系统和计量仪器,以提供对目标对象的取向的准确确定。

背景技术

[0002] 在计量学中,一般目的是确定几何特性,诸如一个或多个目标对象相对于计量学装置的坐标、距离和取向,其中,在大多数情况下,必须关于已知的参考系统(例如,由一个或多个已知的参考点定义)来确定这些特性。

[0003] 用于测量目标坐标的方法和系统用于许多应用中(例如,测地应用中的非常精确的测量、建筑安装领域中的测量问题)或用于控制工业过程。

[0004] 被设计用于连续地跟踪目标点并协调地确定该点的位置的计量仪器通常可以在术语跟踪器或激光跟踪器的情况下被结合,特别是与工业计量结合。在这种情况下,目标点可以由使用来自测量仪器的光学测量射束并且特别是激光射束瞄准的回射单元(例如,角隅棱镜)来表示。激光射束以平行的方式反射回测量设备,反射射束使用设备的感测单元来感测。在这种情况下,例如,借助于与系统的偏转反射镜或瞄准单元相关联的用于角度测量的传感器来确定射束的发射方向和接收方向。另外,利用射束的感测,例如,借助于传播时间测量或相位差测量来确定从测量设备到目标点的距离。

[0005] 另外,根据现有技术的激光跟踪器可以实现为具有包括二维光敏阵列的光学图像拍摄单元(例如,CCD摄像头或基于CMOS阵列的摄像头),或者实现为具有像素阵列传感器并且具有图像处理单元。在这种情况下,激光跟踪器和摄像头可以特别地按照使得它们相对于彼此的位置不能改变的方式安装在彼此之上。另选地,摄像头被布置成能够与激光射束一起旋转。摄像头可以以集成设计与激光光学系统一起安装在公共外壳中。

[0006] 利用借助于已知是具有标记的辅助测量仪器(探测部)的装置的图像拍摄和图像处理单元的图像拍摄和评估,可以推断探测部相对于跟踪单元的取向,其中所述标记相对于彼此的相对位置是已知的。与目标点的所确定的空间位置一起,可以因此精确地确定具有六个自由度(6DoF)的物体的位置和取向。

[0007] 探测部可以通过已知是接触感测工具或触觉探测部的装置来实现,该接触感测工具或触觉探测部利用其接触点定位在待测量对象的一点上。接触感测工具具有标记(例如,光点)以及反射器,该反射器表示接触感测工具上的目标点并且可以使用来自跟踪器的激光射束来瞄准,标记和反射器相对于接触感测工具的接触点的位置是精确已知的。以本领域技术人员已知的方式,探测部还可以是扫描仪(例如,手持式扫描仪),其配备用于非接触式表面勘测操作的距离测量。用于距离测量的扫描仪测量射束相对于布置在扫描仪上的光点和反射器的方向和位置是精确已知的。例如,在EP 0553266中描述了这种扫描仪。

[0008] 针对距离测量,现有技术中的激光跟踪器具有至少一个距离测量装置,所述距离测量装置通常例如为激光干涉仪的形式。由于相对长的相干长度和由此允许的测量范围,所以用于距离测量的干涉仪主要包括氦氖气体激光器(HeNe激光器)作为光源。这例如从WO

2007/079600A1或从WO 2010/148525A1已知。

[0009] 为了反射激光跟踪器的测量光束,本领域已知的回射器通常设置为实心玻璃回射器棱镜或中空角隅棱镜回射器。

[0010] 针对固体玻璃棱镜,测量固体玻璃棱镜的三重点的3D位置取决于由于玻璃中的折射引起的测量角度。因此,使用固体玻璃棱镜难以实现工业测量任务的绝对位置的高精度测量。因此,固体玻璃棱镜通常仅用于足以进行相对位置变化测量的监测应用。

[0011] 用作回射器的中空棱镜通常包括三个反射表面,其中,传入光沿着关于传入方向的相反方向反射回去。通常通过中空棱镜的三个反射表面处的直接反射来提供反射。中空棱镜回射器优于实心玻璃棱镜回射器的优点在于,针对中空棱镜回射器,传入光的反向反射不受折射的影响。另一方面,与玻璃棱镜相比,这也限制了中空棱镜的可用角度范围(视场,FOV)。然而,三个反射表面需要关于彼此精确地取向,以避免二面角误差。此外,重要的是,三个反射表面具有高度的平面性。中空回射器也称为角隅回射器。

[0012] 上述的典型反射器必须提供其部件的高度精确的布置,以提供精确的回射特性。因此,这种反射器的制造需要相当大的努力。此外,由于它们的设计,所以这种反射器包括比较复杂的结构。此外,这种反射器的准确度取决于(外部)热条件,因为反射器的光学特性随温度变化。

发明内容

[0013] 因此,本发明的目的是提供一种传感器装置,其提供精确的回射特性,同时还提供改进的结构设置,例如,复杂度较低。

[0014] 本发明的另外的目的是提供一种计量系统,其特别是独立于热冲击提供更可靠的测量特性。

[0015] 这些目的通过实现本发明的至少部分特征来实现。可以以另选或有利方式进一步开发本发明的特征。

[0016] 本发明的思想是同轴地组合具有弯曲形状或球形形状的进入表面和离开表面的回射元件和传感器单元,特别是还有中继光学器件,以同时提供距离测量和取向测量。两个部件在单个光学组件中的紧凑集成为例如必须被跟踪的触觉探测部或光学探测部提供了改进的集成解决方案。这种取向传感器在探测部侧的定位使得角度测量更能抵抗空气湍流,并且测量不确定性变得与距离无关。热补偿可以通过用内置参考组件监测光学部件的潜在状态变化(例如,漂移)来解决。

[0017] 本发明涉及一种传感器装置,其包括具有前边界表面和后边界表面的回射元件,前边界表面被设置为使测量光进入回射元件,后边界表面被配置为将测量光的第一部分反射为反射测量光并且将测量光的第二部分透射为透射测量光。前边界表面和后边界表面是布置在回射元件的相反侧的。回射元件可以包括一个或更多个光学元件,以操纵测量光在边界表面中和/或边界表面处的传播。回射元件(也是回射器)提供一部分传入光在平行于撞击方向的方向上的反射,并且提供另一部分光透射穿过回射器。透射的部分可以用于另外的测量,例如,通过检测或确定光的入射方向或角度。

[0018] 测量光优选地被提供为准直激光,特别是由如勘测装置的测量装置(例如,全站仪或激光扫描仪)或计量装置(例如,激光跟踪器)发射的准直激光。激光可以具有一个特定波

长,例如,具有可见光谱VIS(例如,633nm)或红外光谱IR的波长。

[0019] 传感器装置还包括传感器单元,该传感器单元按照使得透射测量光能够由传感器单元检测到的方式配置和布置。传感器单元可以包括相应检测元件或传感器。传感器单元可以包括特别是由CCD或CMOS图像传感器或PSD位置传感器提供的检测像素的阵列。传感器单元可以优选地实施为提供图像检测(图像拍摄)以及提供可以被处理的相应图像数据,例如以获得图像中或传感器上的透射光撞击的特定位置。

[0020] 根据本发明,前边界表面和后边界表面具有弯曲形状,并且回射元件是按照使得在前边界表面进入回射元件的测量光被聚焦在后边界表面处(上)的方式配置的。换言之,前边界表面和后边界表面是弯曲的。测量光相对于传感器装置的入射角等于反射测量光相对于传感器装置的出射角。这意味着传入光的一部分被(平行地)回射。

[0021] 由于在传入测量光与反射测量光之间可能存在偏移,因此弯曲的前边界表面处的相应入射角和出射角可能不同。然而,关于传感器装置的入射角和出射角相等。换言之,测量光和反射光的方向是直径方向。

[0022] 在一个实施方式中,前边界表面和后边界表面具有球形形状。根据一些实施方式,边界表面中的至少一者(前边界表面和/或后边界表面)可以以球形方式、椭圆形方式、抛物面方式或双曲面方式形成。

[0023] 根据实施方式,回射元件可以包括折射率为 n 的球体,其中, $1.9 < n < 2.1$,特别是其中, $n = 2$ 或 $n \sim 2$ (n 约为2; n 是 λ 的函数)。具体地,球体提供前边界表面和后边界表面。球体由光学材料制成,该光学材料允许以如下方式操纵测量光的传播:使得测量光通过进入并穿过该球体(例如,通过折射)而聚焦到(内)后边界表面上。

[0024] 具体地,回射元件可以由玻璃制成。

[0025] 在一个实施方式中,回射元件可以包括将测量光分离成反射测量光和透射测量光的涂层,特别是部分反射涂层。涂层可以是电介质或金属涂层。涂层可以设置在回射元件的后边界表面上。涂层可以被设计成允许预定百分比的测量光通过后边界表面并反射另一百分比的测量光。涂层可以提供特定电介质反射镜。

[0026] 借助于这种涂层,可以限定和预先确定到达传感器单元的透射测量光的量。

[0027] 在一些实施方式中,回射元件可以包括至少两个光学元件,其中,前边界表面是由至少两个光学元件中的第一光学元件提供的,并且后边界表面是由至少两个光学元件中的第二光学元件提供的。

[0028] 具体地,至少两个光学元件中的每个光学元件的折射率(n)可以是 $n < 2.1$ (n 是 d 线 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 处的折射率)。通常,本发明上下文中提及的折射率 n 的值优选理解为在参考 d 线 $\lambda = 587.6\text{nm}$ 的情况下是有效的。

[0029] 具体地,至少两个光学元件中的每个光学元件包括中心点(具体地,光学中心或几何中心),并且至少两个光学元件是按照使得至少两个光学元件的中心点重合的方式布置的。具体地,满足单中心特性,这意味着光学元件的球形表面的中心点重合。

[0030] 因此,回射元件的多个光学元件可以被构建和组合以提供特定的聚焦特性,以在后边界表面处提供测量光的聚焦。可以根据例如测量光的特定波长和/或可用空间来调整元件的特定形状、材料和组合。

[0031] 在一个实施方式中,传感器单元可以包括弯曲状检测元件,特别是其中,弯曲状检

测元件(直接地或以限定的间隙)安装在后边界表面处。弯曲状检测元件可以优选地包括与后边界表面的曲率半径相对应的曲率半径,或者该曲率半径稍大以提供最佳的配合。通过将弯曲状检测元件安装在后边界表面上,可以避免附加的成像光学器件。

[0032] 在一个实施方式中,传感器装置可以包括成像元件,该成像元件是布置在回射元件与传感器单元之间的并且朝向传感器单元引导透射测量光。在一个实施方式中,可以优选地布置这种成像元件,其中,传感器单元包括一个平面形状的单传感器芯片(检测元件),并且透射测量光必须以适当的方式引导到传感器,以提供对后边界表面的感兴趣区域的成像。

[0033] 后边界表面的感兴趣区域可以分别由关于传感器单元或回射元件的视场限定。这种视场内的指向回射元件的测量光被指向后边界表面,并且其一部分被透射以由传感器单元检测。

[0034] 在一些实施方式中,传感器单元包括多个传感器元件,其中,每个传感器元件包括检测元件和被指派给该检测元件的成像光学器件。传感器元件是相对于后边界表面布置的,以使得相应传感器元件被指派给后边界表面的相应区域,并且相应传感器元件将该相应传感器元件的在后边界表面的被指派区域处透射的测量光成像到该相应传感器元件的检测元件。这里,可以布置这种传感器元件的阵列,以提供对后边界表面的感兴趣区域的完全成像。传感器元件可以被布置成使得成像后边界表面不存在间隙。

[0035] 只要入射角在视场的孔径角内,就将特定入射角的测量光投射到多个传感器元件中的一个传感器元件上。

[0036] 具体地,传感器元件的成像光学器件中的至少一个成像光学器件可以包括成像光纤锥体,并且所指派的检测元件是直接安装在成像光纤锥体上的。成像光纤锥体提供透射光在相应检测元件上的特定成像。

[0037] 在一些实施方式中,传感器装置可以包括具有标记和照明单元的至少一个参考组件,其中,标记是固定地连接至回射元件的,并且特别是直接安装到回射元件上的,并且照明单元包括光源并且被配置为照亮标记。这种布置例如在会导致光学元件的结构变化(例如,伸长)的热冲击的情况下提供传感器装置的校准。下面更详细地描述这种补偿。

[0038] 标记可以优选地布置在回射器的后边界表面处。

[0039] 根据一个实施方式,照明单元可以包括光学元件,特别是准直器,其被指派给光源,并且照明单元被布置在前边界表面处,以通过穿过回射元件照亮标记来对标记进行照亮,即,照明光穿过回射元件。

[0040] 在一个实施方式中,照明单元包括耦合光学器件,其中,耦合光学器件是连接至回射元件的并且将照明光耦合到回射元件中,特别是其中,耦合光学器件被实施为波导并且通过回音壁耦合的原理提供照明光的耦合。

[0041] 在一个实施方式中,至少一个参考组件是按照使得标记能够借助于标记的照亮而成像到传感器单元上并且标记的图像能够由传感器单元检测的方式布置和配置的。

[0042] 可以通过印刷、蚀刻、刮擦、胶合或其它适当的技术在回射器处提供标记。

[0043] 在一些实施方式中,为了校准传感器装置,可以借助于照明单元来照亮标记,并且将标记的图像投影到传感器单元。标记的图像由传感器单元拍摄。基于所述图像,获得标记在图像中的图像位置。可以将图像位置与标记的(预定)参考图像位置进行比较。基于此,可

以确定标记的图像位置与参考图像位置之间的偏差。所述偏差提供关于传感器装置的光学系统中的任何变化的信息。具体地,标记图像的尺度或大小给出关于热膨胀的信息。因此,基于所确定的偏差,可以获得传感器装置的校准数据。校准数据提供关于至少回射元件的状态的信息。

[0044] 本发明还涉及相应传感器校准系统。这种传感器校准系统可以由测量装置或系统提供,例如,勘测或计量系统,其包括上述传感器装置。传感器校准系统包括控制和处理单元,该控制和处理单元包括校准功能,该校准功能被配置为:

- [0045] • 借助于照明单元来照亮标记,
- [0046] • 借助于传感器单元来拍摄标记的图像,
- [0047] • 获得成像到传感器单元上的标记的图像位置,
- [0048] • 将图像位置与标记的参考图像位置进行比较,并且确定标记的图像位置与参考图像位置之间的偏差,以及
- [0049] • 基于所确定的偏差,获得用于传感器装置的校准数据,该校准数据提供关于回射元件的状态的信息。

[0050] 本发明还涉及一种用于发射测量光并确定目标的位置和取向的测量装置,特别是包括全站仪、激光跟踪器或激光扫描仪,其中,该系统还特别包括目标,例如,回射器或包括这种回射器的如探测部的附件装置。测量装置包括根据上文的传感器装置以及控制和处理单元。

[0051] 这里,控制和处理单元包括取向测量功能,该取向测量功能被配置为:

- [0052] • 借助于传感器单元来拍摄图像,优选地在测量光撞击该传感器装置时拍摄该图像,
- [0053] • 处理图像,
- [0054] • 获得成像到传感器单元上的透射测量光的图像位置,
- [0055] • 基于所获得的图像位置,计算测量光在前边界表面处的入射角,入射角取决于测量装置相对于测量光的传播方向的取向。

[0056] 由于透射测量光被引导到的传感器单元上的位置取决于测量光的入射角,因此可以通过关于透射光的撞击位置的相应位置确定来确定传感器装置相对于测量光的传播轴线(方向)的取向。可以在(传感器装置的)至少一个并且优选为两个旋转自由度上确定取向。换言之,测量光的入射角可以作为传感器单元上的相对图像位置的函数来确定(计算),该相对图像位置对应于透射测量光投射到其上的位置。可以相对于传感器装置的俯仰轴线和/或相对于偏航轴线(即,垂直于传感器装置的光轴的两个轴线)来确定入射角。

[0057] 关于第三旋转自由度(滚动角)的传感器装置的取向可以通过利用偏振敏感图像传感器的偏振分析来确定。在这种情况下,参考EP 3627101B1的相应公开内容。

[0058] 由于全站仪或激光跟踪器包括用于确定测量光的传播方向(轴线)的装置,因此可以分别相对于全站仪或激光跟踪器确定传感器装置的取向。

附图说明

[0059] 下面参照附图中示意性示出的工作示例,仅通过示例的方式更详细地描述或解释本发明的各方面。在附图中,相同的元件用相同的附图标记来标记。所描述的实施方式通常

未真实地按比例示出,并且它们也不应被解释为限制本发明。具体地,

- [0060] 图1例示了根据本发明的计量系统;
- [0061] 图2示出了根据本发明的传感器装置的示例性实施方式;
- [0062] 图3示出了根据本发明的回射元件中的光传播和反射;
- [0063] 图4示出了根据本发明的传感器装置的实施方式;
- [0064] 图5a至图5d示出了根据本发明的传感器装置的回射元件的另选实施方式;
- [0065] 图6a至图6c示出了根据本发明的传感器装置的另选实施方式;以及
- [0066] 图7a至图7d示出了根据本发明的传感器装置的另外的实施方式。

具体实施方式

[0067] 图1示例性地例示了根据本发明的计量系统1。该图示出了示例性使用情况,例如,在工业汽车或飞机生产中对工件50的测量和质量控制。

[0068] 用于确定对象50的3D坐标的典型计量测量系统包括具有跟踪功能的坐标测量装置10,在下文中也称为激光跟踪器,其被配置为自动跟踪可移动附件装置20并生成标示可移动附件装置的位置以及通常还有取向的坐标测量数据。例如,跟踪器的跟踪能力可以由视频跟踪单元、射频跟踪单元和基于朝向协作目标发射跟踪射束的光学跟踪中的至少一者提供。

[0069] 可移动附件装置20被配置为例如借助于触觉扫描和/或基于激光的扫描和/或基于摄像头的扫描来扫描对象50,和/或可移动附件装置被配置为对对象50执行干预,例如,制造和/或标记对象50。例如,可移动附件装置20可以被实现为扫描装置,该扫描装置被配置为接近对象并执行坐标测量本身,例如,其中,可移动附件装置是手持式扫描仪20。另选地,该装置可以是触觉探测或扫描装置、关节臂机器人,x射线检查装置或立体成像装置。移动附件装置还可以是用于标记对象的标记装置或工具和/或制造仪器。此外,附件装置还可以是另外的激光跟踪器,例如,被配置为具有扫描功能的激光跟踪器。

[0070] 计量系统通常被配置为使得附件装置的坐标测量数据通常可参考坐标测量装置之一(例如,固定激光跟踪器之一)的坐标系,或者参考一组坐标测量装置的外部坐标系。

[0071] 通过示例的方式,可移动附件装置20被实现为手持式扫描仪,其被配置为发射局部扫描射束以按照局部坐标系扫描对象表面,其中,手持式扫描仪20的位置由激光跟踪器10跟踪和测量,并且手持式扫描仪20的测量点(通常是局部坐标系中的坐标测量数据)可以参考激光跟踪器10的坐标系。

[0072] 可移动附件装置20和跟踪器10也可以安装到机器人上,例如,承载跟踪器10的UGV 6(“无人地面车辆”)或承载传感器装置22并提供可移动附件装置20的UAV(“无人机”)。

[0073] 通过示例的方式,跟踪器被实现为工业激光跟踪器10,其提供探测部20处的协作目标(例如,具有限定的反射特性的无源反射单元,诸如具有已知尺寸的钢球,或诸如角隅棱镜的回射单元)的高精度坐标测量和跟踪,其中,由激光跟踪器10发射的激光射束的至少部分例如平行地反射回激光跟踪器。另选地,协作目标可以是发射辐射的有源单元,该辐射具有预定发射特性和/或根据预定辐射模式,例如,由一个或多个激光二极管或LED提供,其由坐标测量装置的跟踪单元识别。换言之:在本申请的上下文中,术语“协作目标”涉及被特别预见与跟踪单元结合使用以能够生成跟踪信号的目标。因此,协作目标与跟踪单元“协

作”，因为它具有不同反射特性、不同发射特性、已知形状和已知尺寸中的至少一者。

[0074] 典型的激光跟踪器10的基本结构包括光电距离测量仪，以基于激光测量射束11（测量光）确定距对象的距离，其中，激光测量射束11的瞄准方向可以例如关于一个或更多个独立的空间方向以机动化运动变化。

[0075] 光电激光距离测量仪现在已经成为许多领域中的标准解决方案，其中，各种原理和方法在电子或电光距离测量领域中是已知的。一种方法是使用干涉距离测量原理，特别是绝对（即，频率扫描）干涉测量方法、频率调制连续波方法（FMCW，特别是C-FMCW）、Fizeau原理和/或频率梳原理。

[0076] 此外，激光跟踪器10包括跟踪单元，该跟踪单元用于提供激光测量射束11的瞄准方向的自动调节，使得测量射束11连续跟踪目标点，其中，激光测量射束11的发射方向是借助于用于角度测量的传感器（例如，角度编码器）确定的。针对跟踪传感器，可以使用位置敏感检测器（PSD），例如，关于位置以模拟方式工作的区域传感器，借助于该区域传感器可以确定传感器表面上的光分布的质心。

[0077] 可移动附件装置20包括实现为根据本发明的传感器装置的协作目标。

[0078] 图2示出了根据本发明的传感器装置21的示例性实施方式。传感器装置21包括具有弯曲形状的前边界表面23和后边界表面24的回射元件22。在所示实施方式中，回射元件22是折射率 n 为2（ $n \sim 2$ ）的由玻璃制成的球体，其也称为N2球体。这里，传感器装置21还包括被实施为透镜的成像元件30和传感器单元40（例如，成像传感器（CMOS或CCD）或PSD）。

[0079] N2球体22可以在球体背侧24（后边界表面）提供同心图像传入（准直）测量光11（这也在图3中示出），并且产生猫眼反射作为回射。N2球体22可以被设置为聚焦测量光。换言之，回射元件22被配置为使得在前边界表面进入回射元件的测量光11被聚焦在后边界表面24上/处。测量光11在传感器装置21处的入射角等于借助于回射元件22反射的反射测量光12的出射角。反射测量光12可以用于确定传感器装置21（或附件装置20）与勘测仪器（例如，激光跟踪器10）之间的距离。

[0080] 回射N2球体22至少在后边界表面24上包括电介质或金属涂层，以提供一部分反射测量光11和一部分透射测量光13，该透射测量光13穿过球体的背侧（例如，1%透射）。透射光可以用于角度测量，特别是用于确定入射角。成像元件可以提供具有广角超中心镜头物镜的中继光学器件，该广角超中心镜头物镜同轴地位于N2球体22后面。这种镜头物镜30可以被配置为将透射测量光13聚焦在传感器单元40的摄像头芯片上。N2球体的弯曲后表面（在左侧具有曲率中心）被成像到（传感器单元40的）平面图像平面上。这对于光学设计是一个大的挑战，因为与平面到平面成像相比，必须校正明显更大的场曲率。图4示出了相应成像元件30a的设计。

[0081] 由此，透射测量光13被引导到传感器单元40并照射到其检测表面上。可以获得撞击（透射）测量光的传感器坐标，例如，像素坐标或图像位置。传感器装置21（特别是借助于相应处理单元）可以被配置为例如使用固有摄像头模型从焦点的像素坐标反向计算传入测量光11的方向矢量。

[0082] 由此，可以针对传感器装置21计算相对于测量光的传播方向的偏航角和俯仰角。可以参考测量装置（例如，激光跟踪器）的坐标系并且特别是参考测量光的方向矢量来提供这种计算。具体地，相应俯仰轴线和相应偏航轴线被定向为垂直于传感器装置21的光轴并

且彼此垂直。传感器装置21的光轴可以优选地由回射元件22、镜头物镜30和传感器单元40的布置来限定。

[0083] 图3示例性地示出了根据本发明的回射元件22中的光传播和反射。传入测量光在前边界表面23处被折射并径传播通过主体,使得测量光聚焦在回射元件22的后边界表面24上。通过使例如由玻璃构成的回射元件22的材料的折射率为2来提供这种聚焦。例如,测量光的波长为633nm。通过这种组合,可以优化所示的聚焦。

[0084] 在另外的实施方式(未示出)中,回射元件22可以实施为渐变折射率球体(龙伯透镜)。典型的龙伯透镜的折射率 n 从球体的中心到外表面径向减小。折射率通常在透镜外产生两个共轭焦点。因此,一个焦点位于无穷远处,而另一焦点位于透镜的相反表面上。通过对其表面的部分进行金属化,龙伯透镜也可以提供回射特性。图4示出了根据本发明的传感器装置21a的实施方式,其具有包括多个光学元件以提供测量光在传感器单元40上的适当成像的成像元件30a。光学系统30a提供N2球体22的背侧24处的强烈弯曲聚焦平面在传感器单元40的摄像头芯片上的补偿。球形对象平面被成像到平坦图像平面(在传感器处)。光学系统30a在对象侧是超中心的,即,主射线发散地通过透镜的第一表面。

[0085] 成像元件30a包括八个球面透镜和一个非球面透镜。光瞳像差被最小化,从而可以使用传统的针孔模型来校准摄像头。根据所示示例,在F5.6,斑点大小被最小化到 $\text{rms} < 16\mu\text{m}$,同时实现失真 $< 6\%$ 。N2球体22的场曲率也被校正。为了实现更精确的测量,可以在孔径平面中添加衍射光学元件以生成多点图案,其允许进行平均以减少噪声。

[0086] 图5a至图5d示出了根据本发明的传感器装置的回射元件的另选实施方式。与图1至图4的回射元件相反,这里所示的回射元件22a-22d包括至少两个光学元件。所述光学元件中的每个光学元件提供小于2的折射率,即, $n < 2$ 。

[0087] 回射元件22a-22d的共同之处在于,进入反射器的测量光被聚焦在背侧(后边界表面)上,并且边界表面是弯曲的。特定设计为特定应用提供适当的光引导。例如,当使用特定波长的测量光时,可以选择特定反射器设计,以提供光的最佳聚焦,并由此提供光的精确回射。

[0088] 另外,可以在特定光学元件之间提供中间层,以进一步改善测量光的成像和/或聚焦。

[0089] 在一些实施方式中,两个光学元件可以被布置为使得所述两个光学元件的中心点重合。具体地,中心点可以是光学元件的光学中心或几何中心。

[0090] 图5a示出了具有两个半球体的组合的回射元件22a。所述球体可以是粘结的或黏合的。

[0091] 图5b示出了回射元件22b,其包括中心球形主体和具有半球形状并安装(粘结或胶合)在中心球形主体上的另外的光学元件。

[0092] 图5c示出了回射元件22c,其包括三个光学元件,其中一个光学元件居中布置,而另两个元件具有半球形状并在相反的两侧安装(粘结或胶合)在中心主体上。另外的光学元件中的一个光学元件与另一光学元件相比包括更小的厚度。

[0093] 图5d示出了回射元件22d,其包括四个光学元件,其中一个光学元件是球形的且居中布置,而另三个元件具有半球形状。半球中的两个半球在相反的两侧安装(粘结或胶合)在中心球形主体上。第三半球安装在半球中的另一半壳上,优选地安装在胶合到居中布置

的球体的后边界表面的一个半壳上。半壳的厚度可以不同。此外,玻璃材料的折射率和色散系数可以不同。

[0094] 图6a至图6c示出了根据本发明的传感器装置21b-21d的另选实施方式。例如,回射元件22包括一个折射率为2的球形主体。然而,应当理解,可以另选地布置根据图5a至图5d中的任一者的根据22a-22d的回射元件。

[0095] 图6a示出了包括回射元件22和传感器单元的传感器装置21d。传感器单元包括布置在传感器装置21d的后边界表面处的单个弯曲状传感器元件40a。传感器元件40a优选地直接安装在传感器装置21d的后边界表面上,但可以另选地非接触地布置。这种设计的优点在于,可以避免用于将透射测量光成像到传感器上的附加成像光学器件,并且可以由弯曲状传感器直接检测透射测量光。换言之,可以基于光照射到传感器上的相应传感器位置来直接确定传感器装置21d的后边界表面的聚焦了测量光的位置。

[0096] 图6b示出了传感器装置21b,其包括回射元件22和具有多个传感器元件40b的传感器单元,其中,每个传感器元件40b包括检测元件42和被指派给该检测元件42的成像光学器件41。传感器元件40b相对于回射元件22在其后边界表面之后周向布置。传感器元件40b被布置成使得元件40b中的每个元件提供在后边界表面的特定区域处透射的测量光的成像和检测。传感器元件40b优选地被布置成使得待成像到检测元件42上的特定区域之间没有任何间隙。

[0097] 换言之,传感器单元包括单个中继光学器件41和平面摄像头芯片42的阵列,单个中继光学器件41和平面摄像头芯片42一起提供透射通过后边界表面的测量光的引导和检测。

[0098] 图6c示出了传感器装置21c,其包括回射元件22和具有多个传感器元件40c的传感器单元,其中,每个传感器元件40c包括检测元件和用于将透射测量光引导到检测元件的光纤。优选地,检测元件直接安装在指派的光纤上。光纤可以实现为成像光纤锥体。

[0099] 换言之,传感器单元可以包括成像光纤锥体和平面摄像头芯片(平坦检测元件)的阵列,成像光纤锥体和平面摄像头芯片一起提供透射通过后边界表面的测量光的引导和检测,而没有任何间隙。具体地,每个传感器元件40c的前表面具有曲率半径与回射元件22的后表面的曲率半径相同的弯曲表面,而每个传感器元件40c的后表面是平坦的。

[0100] 图7a至图7d示出了根据本发明的传感器装置25a-25d的另选实施方式。传感器装置25a-25d包括回射元件22、成像元件30和传感器单元40。例如,回射元件22包括一个折射率为2的球形主体。然而,应当理解,可以另选地布置根据图5a至图5d中的任一者的根据22a-22d的回射元件。例如,成像元件30被示为包括一个单个超中心镜头系统(例如参见图2)。然而,应当理解,成像元件30可以另外地和/或另选地包括额外的光学元件,所述额外的光学元件朝向传感器单元40引导透射测量光(例如参见图4)。例如,传感器单元30被设置为一个单个平面传感器元件。然而,应当理解,可以根据图6a至图6c的实施方式中的任一者实施传感器单元30和/或传感器装置。

[0101] 图7a示出了传感器装置25a,该传感器装置另外地包括标记26和照明单元,该照明单元具有光源27a(特别是LED)和光学元件28a(这里是准直器或聚焦透镜)。照明单元被配置为照亮标记26。标记26和照明单元提供参考组件。如该图所示,传感器装置25a包括多个参考组件。为了更好地概述,主要针对参考组件之一提供描述和附图标记,但这些描述和附

图标记也适用于所示的其它组件。

[0102] 可以借助于从LED 27a发射照明光并准直或聚焦所述光以使得朝向标记引导准直光或聚焦光来照亮标记26。由此,标记的图像可以由传感器单元40检测。成像元件30提供被照亮的标记在传感器单元40上的相应成像。

[0103] 换言之,LED 27a是准直的并穿过反射器22的中心来照亮标记。可以以使得照射角大于反射器22后面的中继光学器件(成像元件30)的成像角的方式选择LED大小和准直器的焦距。

[0104] 传感器单元40上的检测或成像位置可以基于通过照亮标记而照亮的像素来获得。换言之,传感器单元40可以提供对图像的拍摄,并且所拍摄的图像中的成像标记的位置和/或大小可以通过传感器数据的(图像)处理来确定。传感器单元40上的成像标记的位置和/或大小可以与该特定标记的预定参考位置或大小进行比较。基于这种比较,可以获得传感器装置的状态。这种状态可以提供关于相对于例如回射元件22的标称条件的位置或空间偏差的信息。所述偏差可能由系统的热(温度)变化或其它外部冲击(如撞击)引起。

[0105] 通过将当前标记位置(其可以基于标记的图像获得)与其参考位置进行比较的方法提供的信息可以用于传感器装置的连续校准,以提供传感器装置的光学系统的精确无漂移模型(也称为摄像头模型)。

[0106] 利用坐标测量装置10(参见图1)对附件装置20进行准确取向测量需要所布置的传感器装置的准确校准模型。如上所述,可以通过确定撞击测量光的入射角来提供取向测量。这可以通过检测透射测量光在传感器上的撞击位置来提供。越精确地计算、描述或建模通过传感器装置的光传播,相关测量就越准确。

[0107] 例如,玻璃的变形和由热变化引起的折射率变化将引起模型中的参数变化,其随后将需要重新校准。为了避免这种重新校准,通过如上所述使用标记(例如,将标记放置在N2球体的背侧并用例如LED环均匀地照亮该标记)来考虑用于热补偿的自参考方法。可以在取向测量的同时监测标记的缩放变化,并且标记的缩放变化可以用作热补偿的参考。

[0108] 如上所述,取向(角度)测量依赖于基于模型的计算。摄像头模型的准确度显著地影响取向(角度)测量的精度。如果环境或传感器温度改变,则例如焦距将改变并且可能导致角度测量的缩放误差。也可能存在其它高阶误差。为了(优选地在测量期间实时地)补偿这种温度相关效应而不重新校准传感器,可以引入参考标记,例如,将其布置在感兴趣的测量区域(例如,视场)的边界处。可以监测该标记的缩放和可能的失真,并将其用于实时补偿。通过这个概念,关于热补偿,可以(自)参考传感器装置,从而减少对例如多温度工厂校准的需要。

[0109] 图7b示出了具有用于上述校准目的参考组件的传感器装置25b的另选实施方式。传感器装置25b的参考组件包括标记26和波导29。波导29包括或耦合到光源。波导29连接至回射元件22,使得该波导通过回音壁耦合原理将照明光耦合到回射元件中。由此,标记26被照亮,并且标记的图像可以由传感器单元40拍摄。

[0110] 如果光源应远离回射元件22放置例如以避免部件的热耦合并由此避免对反射元件22的热影响,则这种设计是有利的。

[0111] 为了将例如LED放置得更远离传入测量光路,可以将LED和耦合光学器件(如波导或光纤)放置在反射器22的一侧。LED和例如波导29可以用于将光从该侧耦合到反射器22

中。

[0112] 照明光可以在反射器22内被完全反射,特别是当反射器22被实施为N2球体时。通过调整例如耦合区域和LED大小,可以在球体内部提供均匀的强度分布。然后,被俘获的光将被标记26散射并成像到图像传感器40。

[0113] 标记照明光的波长可以不同于测量光的(干涉仪)波长。由此,可以实现带通涂层以防止测量信号与标记照明之间的串扰。当然,不同波长的使用也可以通过本文描述的标记检测的其它方法来应用。

[0114] 图7c示出了具有用于上述校准目的的参考组件的传感器装置25c的另选实施方式。传感器装置25b的参考组件包括标记26和具有LED 27c的照明单元。LED附接在反射器22的背侧。标记26在此可以由附接至LED的物理元件提供,该标记的图像可以被投影在传感器单元40上或者可以通过特定光学特性提供,所述特定光学特性允许朝向传感器单元40明确地发射照明光并且允许借助于处理由传感器单元40拍摄的图像来确定反射器处的发射位置。

[0115] 例如,多个微型LED可以直接附接在N2球体22的背侧边缘以形成有源标记。这种方法可以降低集成复杂度。

[0116] 图7d示出了具有用于上述校准目的的参考组件的传感器装置25d的另选实施方式。传感器装置25b的参考组件包括标记26和例如包括LED的照明单元27d。标记26附接到反射器22的背侧。照明单元27d被布置成照亮标记26,以提供传播到传感器单元40的标记散射光。

[0117] 在标记26的位置处,回射元件22的表面可以被粗糙化以提供照明光的漫反射。照明单元27d可以位于一侧以生成间接标记照明。

[0118] 虽然上面部分地参考一些优选实施方式例示了本发明,但是必须理解,可以对实施方式的不同特征进行许多修改和组合。所有这些修改都在所附权利要求的范围内。

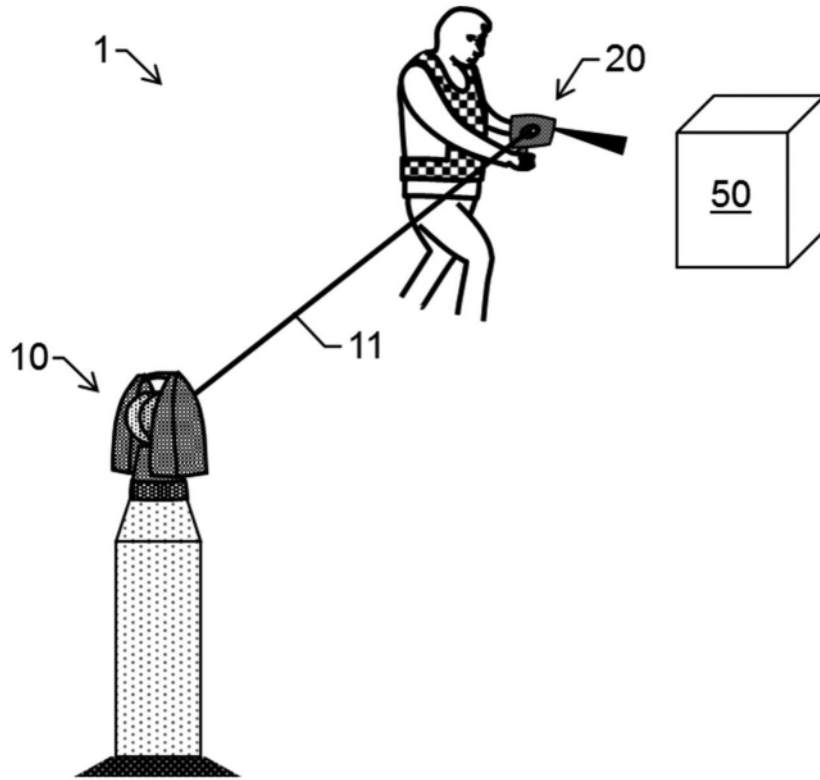


图1

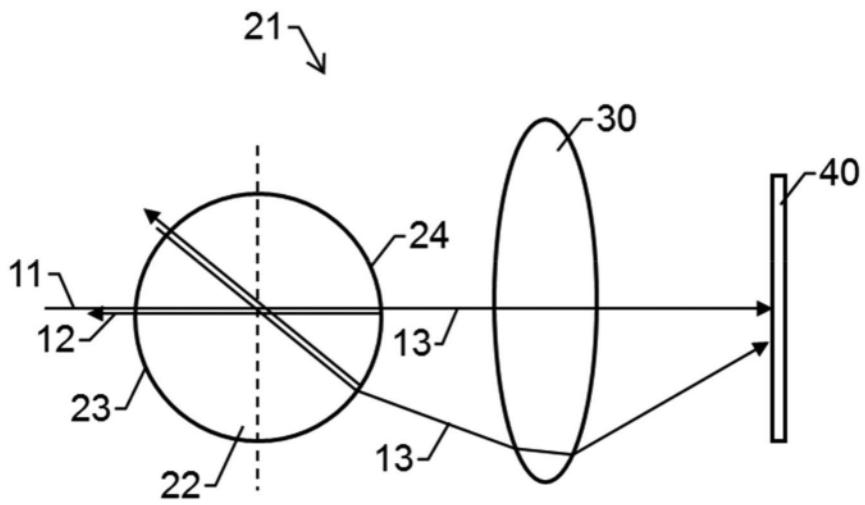


图2

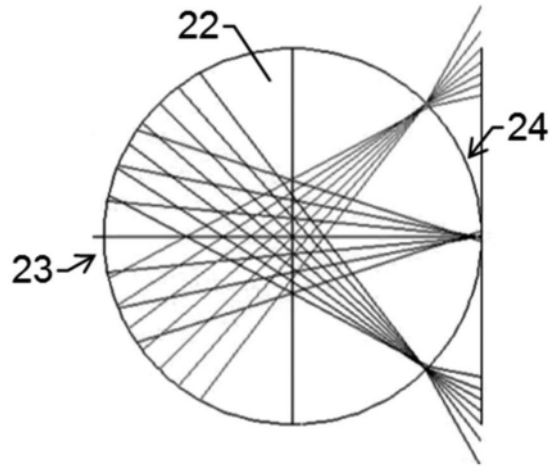


图3

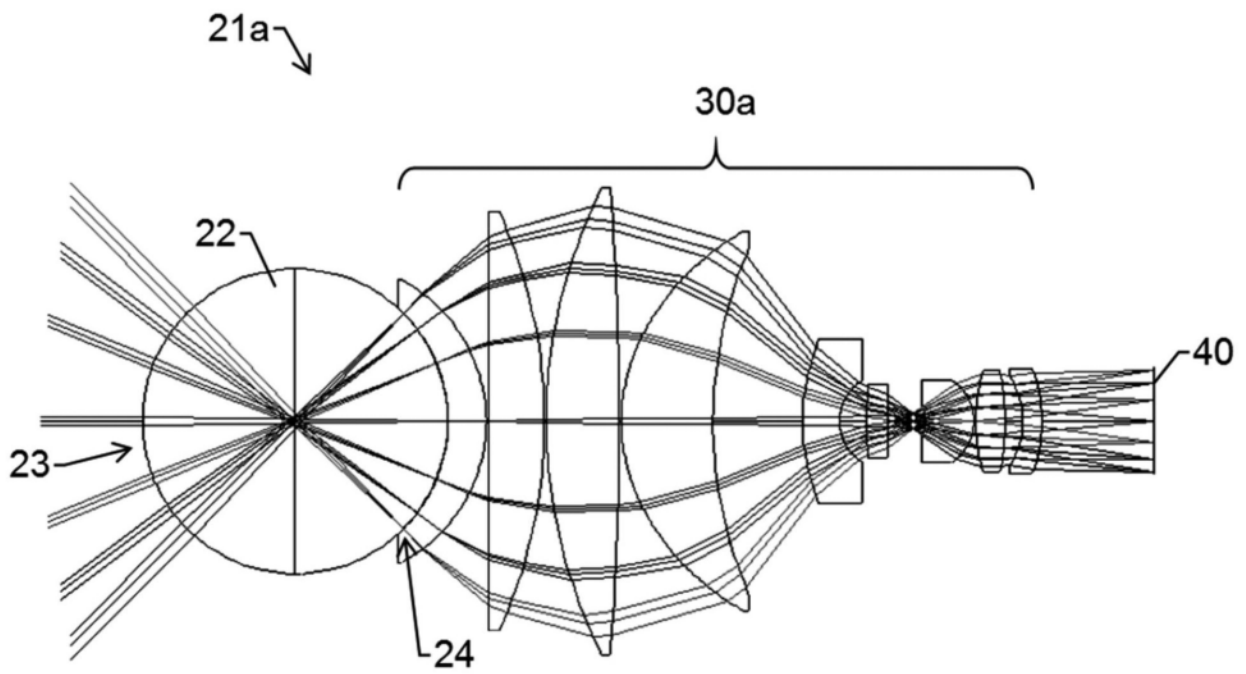


图4

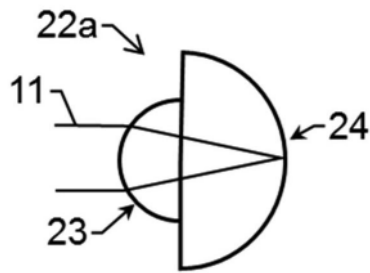


图5a

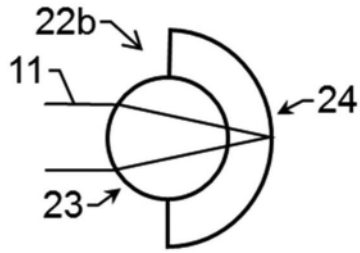


图5b

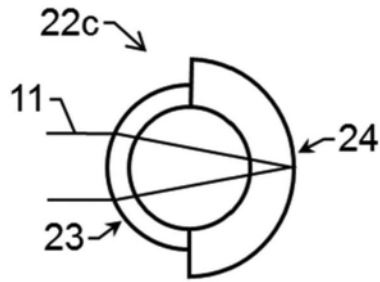


图5c

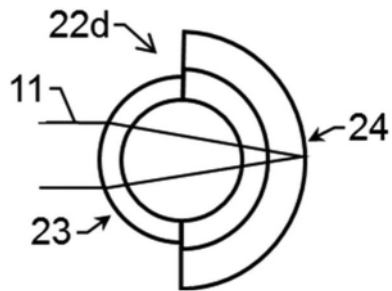


图5d

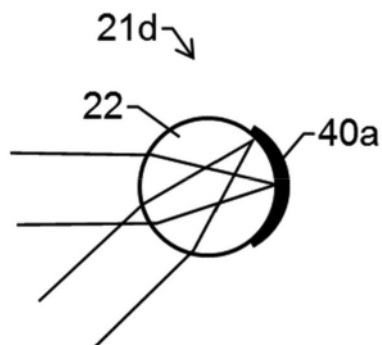


图6a

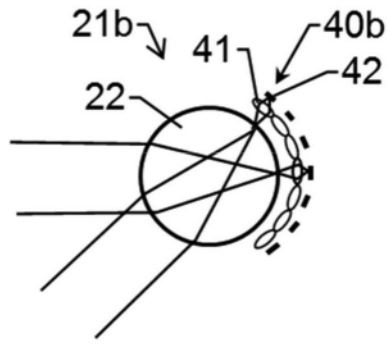


图6b

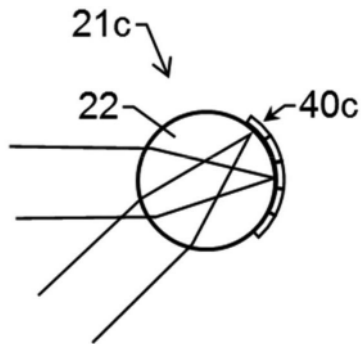


图6c

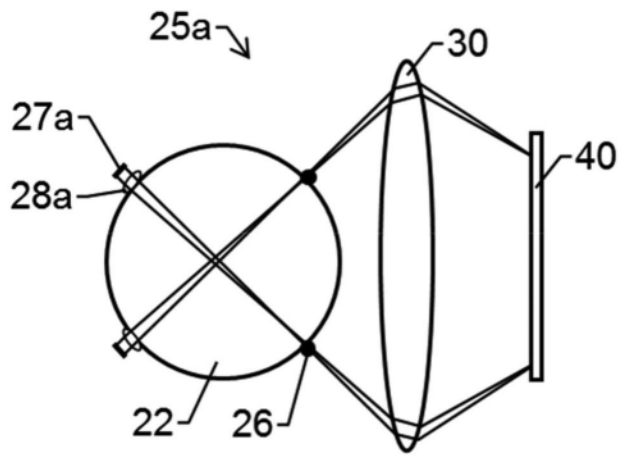


图7a

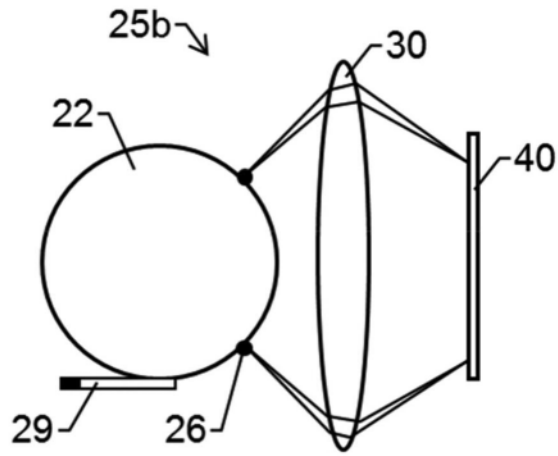


图7b

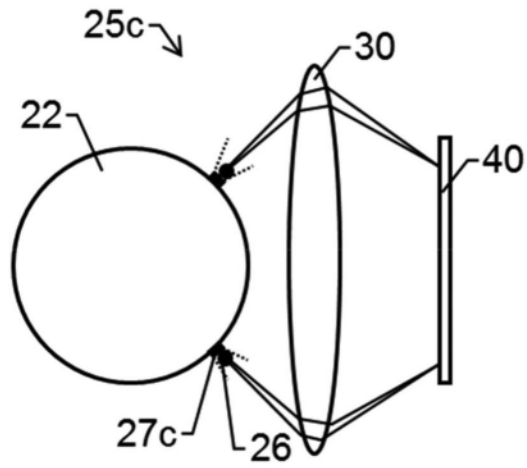


图7c

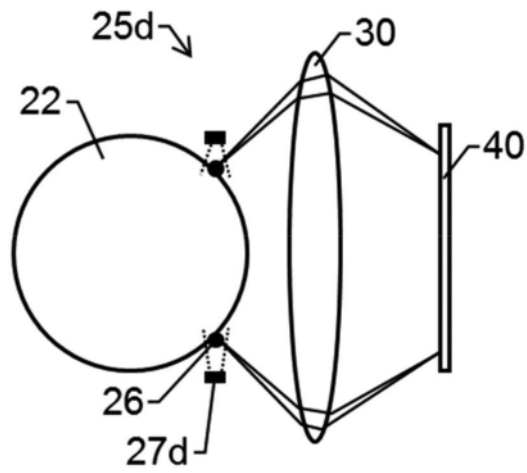


图7d