



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103003713 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 01

(21) 申请号 201180035061. 6

(22) 申请日 2011. 09. 08

(30) 优先权数据

61/380, 869 2010. 09. 08 US

13/006, 524 2011. 01. 14 US

13/006, 468 2011. 01. 14 US

13/006, 507 2011. 01. 14 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 01. 16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/050787 2011. 09. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/033892 EN 2012. 03. 15

(73) 专利权人 法罗技术股份有限公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 克拉克·H·布里格斯

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 郎晓虹 李春晖

(51) Int. Cl.

G01S 7/51(2006. 01)

G01S 17/89(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4714339 A, 1987. 12. 22,

DE 102008039838 A1, 2010. 03. 04,

DE 10026357 A1, 2002. 01. 31,

US 2004/0022416 A1, 2004. 02. 05,

DE 102006035292 A1, 2008. 01. 31,

审查员 陈树

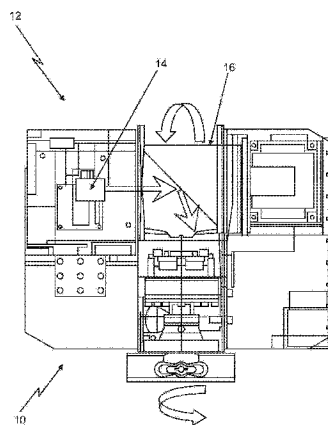
权利要求书2页 说明书10页 附图11页

(54) 发明名称

具有投影器的激光扫描器或激光跟踪器

(57) 摘要

一种激光扫描器包括在环境内发射光束的光源和捕捉从环境反射回该激光扫描器的光束的数据捕捉元件。该激光扫描器还包括集成在激光扫描器的主体内或在预定位置安装到激光扫描器的主体的投影器,该投影器可被操作来将可见信息投射到位于环境内的物体上,所投射的可见信息是图像、数据或信息的表示,所投射的可见信息是设计意图信息、激光扫描器所获取的信息或给操作者的指导中的至少一种。替代地,激光跟踪器包括向位于环境内的目标发射光束的光源和捕捉从位于环境内的目标反射回激光扫描器的光束的数据捕捉元件。激光跟踪器还包括集成在激光跟踪器主体内部或在预定位置安装到激光跟踪器主体的投影器,该投影器可被操作来将可见信息投射到位于环境内的物体上,所投射的可见信息是图像、数据或信息的表示,所投射的可见信息是设计意图信息、激光跟踪器所获取的信息或给操作者的指导中的至少一种。



1. 一种坐标测量设备 (12, 30), 所述坐标测量设备具有三维坐标系统, 包括:
光源 (18), 所述光源 (18) 被配置成将光束 (46) 发送到第一点;
光学检测器, 所述光学检测器被配置成将从所述第一点反射回的部分光束 (46) 转换成第一电信号;
第一处理器, 所述第一处理器被配置成计算从所述坐标测量设备 (12, 30) 到所述第一点的第一距离, 所述计算至少部分基于所述第一电信号和光在空气中的速度;
投影器, 所述投影器集成在所述坐标测量设备 (12, 30) 的主体内或在预定位置安装到所述坐标测量设备 (12, 30) 的主体, 所述投影器 (14, 94) 被配置成将可见光的二维图案 (70) 投射到物体 (74) 上, 所投射的可见光是图像 (410)、数据或信息的表示, 所述投影器 (14, 94) 包括可编程像素阵列, 所述可编程像素阵列被配置成响应于从第二处理器接收的指令来产生所述二维图案 (70);
束调向机构 (32), 所述束调向机构 (32) 被配置成以第一角度绕第一轴 (38) 旋转所述光束 (46) 和所述光的二维图案 (70), 所述束调向机构 (32) 还被配置成以第二角度绕第二轴 (42) 旋转所述光束 (46);
第一角度传感器, 所述第一角度传感器被配置成测量所述第一角度; 以及
第二角度传感器, 所述第二角度传感器被配置成测量所述第二角度。
2. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述第一点在目标 (48) 上, 所述目标 (48) 的一部分与所述物体相接触。
3. 如权利要求 2 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述目标包括回射器 (48)。
4. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述第一点在所述物体上。
5. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30) 还包括:
第一光学系统, 所述第一光学系统被配置成投射所述光束 (46), 所述第一光学系统具有第一光轴; 以及
第二光学系统, 所述第二光学系统被配置成投射所述光的二维图案 (70), 所述第二光学系统具有第二光轴。
6. 如权利要求 5 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述第一光轴和第二光轴是不同的。
7. 如权利要求 5 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述第一光学系统和第二光学系统共享共同的光学组件。
8. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述束调向机构 (32) 被配置成使所述第一角度和所述第二角度中的至少一个旋转 180 度或更大。
9. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 来自所述第二处理器的指令至少部分基于所述第一距离。
10. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 来自所述第二处理器的指令至少部分基于物体关于所述坐标测量设备 (12, 30) 的方位。
11. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 还包括分束器, 其中, 所述光束和所述光的二维图案中的一个被反射离开所述分束器, 并且所述光束和所述光的二维图案中的另外一个传输经过所述分束器。
12. 如权利要求 11 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述分束器是二向色分束器。

13. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述点的三维坐标被获取, 所述三维坐标至少部分基于所述第一距离、所述第一角度和所述第二角度。

14. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述第二处理器还被配置成将隐藏特征 (24) 投射到所述物体的表面 (26), 所述隐藏特征 (24) 代表在所述物体的表面 (26) 后面的元件。

15. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述第二处理器还被配置成投射图案, 以便在加工所述物体或将元件连接到所述物体时进行指导。

16. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述投影器 (14, 94) 被配置成投射彩色的光。

17. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述第二处理器还被配置成投射轮廓图, 所述轮廓图表示相对偏离模型的区域。

18. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述坐标测量设备是激光跟踪器 (30)、激光扫描器 (12) 和全站仪中的一个。

19. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述投影器 (14) 的所有像素同步发射光。

20. 如权利要求 1 所述的坐标测量设备 (12, 30), 其中, 所述投影器 (14, 94) 是微机电系统、液晶显示器和硅上液晶设备中的一个。

具有投影器的激光扫描器或激光跟踪器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求在 2010 年 9 月 8 日提交的美国临时申请 No. 61/380,869 的优先权、在 2011 年 1 月 14 日提交的美国非临时申请 No. 13/006,507 的优先权、在 2011 年 1 月 14 日提交的美国非临时申请 No. 13/006,468 的优先权和在 2011 年 1 月 14 日提交的美国非临时申请 No. 13/006,524 的优先权,各个申请的全部内容以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及坐标测量设备,例如,激光扫描器、激光跟踪器和全站仪,并且更具体地涉及具有将图像和 / 或数据形式的视觉信息(例如,CAD 数据或扫描的点云数据)投射到各种表面上的一个或更多个相对小的投影器的激光扫描器和激光跟踪器。所述投影器通过例如安装在激光扫描器和激光跟踪器上来集成到或增加至激光扫描器和激光跟踪器。所投射的视觉信息可以例如是诸如为操作者提供指导等类型的信息,诸如,书面指示、将被测量的突出显示的点、将要获取数据的指示区域以及数据质量的实时反馈等。

背景技术

[0004] 激光扫描器是通常用于许多不同类型的相对大的封闭或开放的空间或物体(例如,建筑物、工业装置和隧道的内部空间,或飞机、汽车或船的外部形状)的非接触式光学扫描的一种坐标测量设备。激光扫描器可被用于许多不同的目的,包括工业应用和事故再现。激光扫描器通常通过发射旋转的激光光束并且当该激光光束沿其路径从各种不同的物体反射回来时检测该激光光束,来光学地扫描和测量在激光扫描器周围的环境。激光扫描器通常收集关于该环境的各种数据点,包括每一物体在其周围的环境中的距离信息,每一距离测量值的灰度等级值(即,光强度的度量)和每一距离测量值的坐标(例如,x、y 和 z)。所述扫描数据被收集,存储和发送到通常远离激光扫描器的处理器,在该处理器中,处理该数据以使用测量结果生成被扫描的环境的三维(3D)扫描图像。为了生成 3D 扫描的图像,为每一扫描的数据点至少收集四个值(x, y, z 坐标和灰度等级值)。

[0005] 许多当前的激光扫描器还包括安装在激光扫描器上的用于收集环境的数字图像和将该数字图像呈现给激光扫描器的操作者的摄像机。图像可与被扫描的数据一起被定向,以提供正被扫描的物体的更逼真的图像。通过观察图像,扫描器的操作者可以确定被扫描数据的视场,并且在视场需要调整的情形下可调整在激光扫描器上的设置。此外,可将数字图像传送到处理器,以为 3D 扫描的图像增加色彩。为了生成 3D 彩色扫描图像,为每一数据点收集至少六个值(x, y, z 坐标和红色值、绿色值、蓝色值或“RGB”)。在 Ossig 等人的美国专利 No. 7,193,690、Becker 等人的美国专利 No. 7,430,068 以及 Becker 的已公开美国专利申请 No. US2010/0134596 中公开了激光扫描器的实例。各个文献通过引用的方式被并入本文中。

[0006] 另一种类型的坐标测量设备是激光跟踪器,激光跟踪器通过发送激光束到某个点(在该点,反射器目标通常截获该激光束)来测量该点的 3D 坐标。激光跟踪器通过测量到目

标的距离和两个角度来找出点的坐标。使用诸如绝对测距计 (absolute distance meter, ADM) 或干涉计等距离测量设备来测量距离。使用诸如角度编码器等角度测量设备来测量角度。在仪器内的万向束调向机构将激光束引导到感兴趣的点。可在物体的表面上自动地移动或用手手动地移动回射器。激光跟踪器跟随回射器的运动,以测量该物体的坐标。在通过引用并入本文的 Brown 等人的美国专利 No. 4, 790, 651 以及 Lau 等人的美国专利 No. 4, 714, 339 中公开了示例性的激光跟踪器。在勘测应用中通常使用的全站仪可被用于测量漫散射或回射的目标的坐标。全站仪与激光跟踪器和激光扫描器两者密切相关。

[0007] 一种普通类型的回射器目标是球安装的回射器(spherically mounted retroreflector, SMR), SMR 包括嵌入金属球内的立体角回射器。立体角回射器包括三个相互垂直的反射镜。立方体角的顶点(其是这三个反射镜的公共交点)位于该球的中心。通常,将 SMR 的球表面放置成与被测试的物体相接触,并且然后在正被测量的物体的表面上移动 SMR。由于在球内的立方体角的放置,尽管 SMR 旋转,但从立方体角的顶点到所测试物体的表面的垂直距离保持不变。因此,可以通过使跟踪器跟随在表面上移动的 SMR 的 3D 坐标,来找出物体表面的 3D 坐标。可在 SMR 的顶部放置玻璃窗,以阻止灰尘或污垢污染玻璃表面。在通过引用并入本文的 Raab 等人的美国专利 No. 7, 388, 654 中示出了所述玻璃表面的实例。

[0008] 在激光跟踪器内的万向机构可被用于将激光束从该跟踪器引导到 SMR。被 SMR 回射的部分光进入激光跟踪器,并且传给位置检测器。跟踪器控制系统使用打向该位置检测器的光的位置来调整激光跟踪器的机械方位轴和天顶轴的旋转角以保持该激光束在 SMR 的中心。以所述方式,当 SMR 移动时,该跟踪器能够跟随(追踪) SMR。

[0009] 连接到跟踪器的机械方位轴和天顶轴的角度编码器可测量激光束的方位角和天顶角(关于跟踪器参考系)。通过激光跟踪器执行的一次距离测量和两次角度测量就足够完全指定 SMR 的三维位置。

[0010] 如上述,在激光跟踪器中可以找到两种类型的测距计:干涉仪和绝对测距计(absolute distance meter ADM)。在激光跟踪器中,当回射器目标在两点之间移动时,干涉仪(如果存在)可通过计数已知长度(通常是该激光的半波长)的增量的数目来确定从开始点到结束点的距离。如果在测量期间光束被阻断,则不可能准确地知道计数的数目,导致丢失距离信息。相比之下,在激光跟踪器中的 ADM 确定到回射器目标的绝对距离,而不考虑光束的阻断,其还允许在目标之间切换。鉴于此,ADM 被认为能够进行“对准即拍(point-and-shoot)”测量。最初,绝对测距计只能够测量静止的目标,并且由于所述原因,绝对测距计总是与干涉仪一起使用。然而,一些现代的绝对测距计可作出快速的测量,因而消除了对干涉仪的需要。通过引用并入本文的 Bridges 等人的美国专利 No. 7, 352, 446 中阐述了这样的 ADM。干涉仪和绝对测距计测量的距离取决于光通过空气的速度。由于光的速度随着空气的温度、气压和空气湿度而变化,使用传感器测量这些参量以及校正光在空气中的速度以获取更准确的距离读数是常用的做法。全站仪和扫描器所测量的距离也取决于光在空气中的速度。

[0011] 在其跟踪模式中,当 SMR 在跟踪器的捕捉范围中时,激光跟踪器自动地跟随 SMR 的运动。如果激光束被阻断,则追踪将停止。光束可能被以下若干因素中的任一种所阻断:(1) 在仪器和 SMR 之间的障碍物;(2) SMR 运动过快,以致仪器追踪不上;或(3) SMR 的方向

旋转超出了 SMR 的允许角。默认情况下,在光束被阻断之后,光束可保持固定于光束阻断点,处于上一次控制位置,或可到达参考(原始)位置。操作者有必要在视觉上搜索跟踪的光束,并且在该光束中放置 SMR,以将仪器锁定到 SMR 上并且继续追踪。

[0012] 一些激光跟踪器包括一个或更多个摄像机。摄像机光轴可以与测量光束同轴或偏离测量光束固定的距离或角度。摄像机可被用于提供宽视场以定位回射器。放置在摄像机光轴附近的调制光源可照亮回射器,因而可以更容易地识别回射器。在所述情形中,回射器与照明协调地闪烁。然而,背景物体不会与照明协调地闪烁。所述摄像机的一种应用是检测视场中的多个回射器,并且以自动生成的顺序测量每一回射器。通过引用并入本文的 Pettersen 等人的美国专利 No. 6, 166, 809 和 Bridges 等人的美国专利 No. 7, 800, 758 中阐述了示例性的系统。

[0013] 一些激光跟踪器具有以六个自由度(DOF)进行测量的能力,六个自由度可包括三个坐标,诸如 x, y, 和 z 等,以及三个转动,诸如俯仰(pitch),滚转(roll),和侧转(yaw)等。可获得或已经提出了用于测量六个自由度的一些基于激光跟踪器的系统。在 Bridges 等人的美国专利 No. 7, 800, 758 和 Petterson 等人的美国专利 No. 5, 973, 788 中和 Lau 等人的美国专利 No. 7, 230, 689 中阐述了示例性的系统。

[0014] 希望提供具有一个或多个投影器的激光扫描器或激光跟踪器,其中,每一投影器将图像和 / 或数据(例如, CAD 数据或扫描的点云数据)形式的视觉信息投射到各种表面上。所投射的视觉信息可以例如是诸如为操作者提供指导等类型的信息,诸如书面指示、突出显示的待被测量的点、将要获取数据的指示区域,以及数据质量的实时反馈等。

发明内容

[0015] 根据本发明的一方面,激光扫描器包括在环境内发射光束的光源以及捕捉从环境反射回激光扫描器的光束的数据捕捉元件。激光扫描器还包括在激光器的主体内集成的或在预定位置安装到激光扫描器主体的投影器,可操作该投影器以将可见信息投射到位于环境内的物体上,所投射的可见信息是图像、数据或信息的表示,所投射的可见信息是设计意图信息、激光扫描器所获取的信息或给操作者的指导中的至少一个。

[0016] 根据本发明的另一方面,激光跟踪器包括向位于环境内的目标发射光束的光源以及捕捉从位于环境内的目标反射回激光扫描器的光束的数据捕捉元件。激光跟踪器还包括在激光跟踪器主体内集成的或在预定位置安装到激光跟踪器主体的投影器,可操作该投影器以将可见信息投射到位于该环境内的物体上,所投射的可见信息是图像、数据或信息的表示,所投射的可见信息是设计意图信息,激光跟踪器所获取的信息或给操作者的指导中的至少一个。

附图说明

[0017] 现在参考附图,其示出了示例性实施例,示例性实施例不应该被解释为限制本公开的全部范围,并且其中,在这些附图中以同样的方式对元件进行编号,在附图中:

[0018] 图 1 示出了根据本发明实施例的集成有投影器的激光扫描器的头部的正面剖视图;

[0019] 图 2 示出了根据本发明实施例的图 1 的集成有投影器的激光扫描器的头部的光学

示意图；

[0020] 图 3 示出了根据本发明实施例的具有从外部安装到头部的投影器的激光扫描器的头部的正面剖视图；

[0021] 图 4 是示出利用根据图 1-3 的实施例的具有投影器的激光扫描器、使用早期的比萨塔的投射图像来使比萨塔随时间的移动可视化的两个视图；

[0022] 图 5 示出了根据本发明实施例的具有投影器的激光扫描器，其中所述投影器将“隐藏特征”投射到诸如墙等表面上；

[0023] 图 6 示出了根据本发明实施例的集成有投影器的激光跟踪器的透视图；

[0024] 图 7 示出了具有附接有计算元件和电力供应元件的图 6 的激光跟踪器的透视图；

[0025] 图 8 示出了根据本发明实施例的将图案投射到物体或工件的表面上的图 6 的激光跟踪器的透视图；

[0026] 图 9 示出了根据本发明实施例的在图 6 的激光跟踪器的局部内的各种元件(包括投影器)的框图；

[0027] 图 10 示出了根据本发明的其他实施例的在图 6 的激光跟踪器的局部内的各种元件(包括投影器)的框图；以及

[0028] 图 11 示出了图 6 的激光跟踪器的替代性实施例的透视图，其中外置投影器将图案投射到物体或工件的表面上。

具体实施方式

[0029] 参考图 1，其示出了根据本发明实施例，具有直接集成在位于扫描头 10 内的光学元件内的、商用的、相对小的或“微型的”、“超小型的”或“超微型”的投影器 14 的激光扫描器 12 的旋转扫描头部 10。如已知的，投影器 14 可包含一定的处理能力。投影器 14 可与激光扫描器 12 的计算机或处理器相连或通信，其中，计算机或处理器可与扫描器 12 集成在一起(例如，位于扫描头 10 内)或可与扫描器 12 分离(例如，膝上型计算机)。扫描头 10 通常安装到支撑三脚架(未示出)，在激光扫描器使用期间，该支撑三脚架位于地面上或其他表面上。如关于图 2 的更详细的说明，投影器 14 通过在扫描头 10 内的光学组件将各种图像、数据或其他信息发送到旋转扫描反射镜 16 上，该旋转扫描反射镜 16 通常绕通过头 10 的水平轴相对快地旋转 360 度，其中，反射镜 16 朝向用于观看的表面(未示出)投射图像、数据或其他信息。扫描头 10 本身可绕通过头 10 的垂直轴相对更慢地旋转 360 度。

[0030] 本发明的各个实施例包括将所述相对小的图像或数据投影器集成或增加到通常用于 3D 测量或度量的设备(包括但不限于，激光扫描器、激光跟踪器、白光扫描器或类似类型的技术设备或仪器)内。在本发明的实施例中，投影器可被集成在激光扫描器 12 或激光跟踪器内，并且可以使用来自测量设备 12 本身的数据或信息、由测量设备 12 先前捕捉的数据或信息或来自一些其他来源的数据或信息，控制所投射的图像、数据或其他信息。如其后详细阐述的，所投射的图像或数据使在测量时段内有用的各种类型的信息可视化，或所投射的图像或数据可协助使设备 12 先前所获得的数据可视化。所投射的视觉信息可以例如是诸如为操作者提供指导等类型的信息，诸如书面指示，突出显示的待被测量的点，将要获取数据的指定区域以及数据质量的实时反馈等。提供给操作者的所述视觉信息可以例如具有视觉线索、文本的形式或一些其他的信息视觉形式。

[0031] 此外,投影器可包括一个或更多个市售的检流计或多边形扫描器,而非在本文中上面提到的投影器类型中的一种,例如,可基于例如微机电系统(microelectromechanical systems, MEMS)技术、液晶显示(liquid crystal display, LCD)或硅基液晶(LCOS)技术的微型、超小型或超微型的投影器。例如,典型地,将两个检流计或两个多边形扫描器与相关的反射镜一起使用,以便以期望的二维图案将期望的图像、数据或信息投射到感兴趣的表面上。在激光扫描器 12 的情形下,检流计反射镜投射图像或其他信息到旋转反射镜上,在该旋转反射镜上,图像或其他信息朝向感兴趣的物体的方向而反射离开。在产生图像或其他投射的信息时,在激光扫描器 12 中的主反射镜的旋转和同样在激光扫描器 12 中的检流计的旋转将被同步化。因此,激光扫描器以与激光显示时生成图像的方式相同的方式来产生图像。在激光跟踪器(后文将更详细地讨论)的情形下,检流计反射镜将图像或其他信息直接投射到感兴趣的目标上。放置在跟踪器上的投影器所投射的图案的大小可通过移动跟踪器头以覆盖相对大的区域并同时动态地改变来自投影器的图案来扩大,以在相对大的空间区域上产生期望的图像。以所述方式,激光跟踪器的头部起到类似于检流计反射镜的作用。与来自超微型投影器的光相比较,使用检流计或多边形扫描器时可提供相对更有力的,更明亮的和更有效率的激光束以投射图像或数据。

[0032] 在许多情形下,提供聚焦机构以使得在投射二维图案的物体表面上所投射的图像尽可能地清晰。聚焦机构通常包括移动一个或更多个透镜的机械致动器。

[0033] 现在通常利用 MEMS、LCD、LCOS 以及其他类型的超微型投影器来提供彩色投射图案。可有利地使用颜色来提供关于物体的信息。

[0034] 激光扫描器和激光跟踪器经常使用安装到电动机和 / 或万向支架上的光学组件、传感器、反射镜和 / 或激光源,这样扫描或跟踪仪器或设备 12 可以自动地扫描大区域或物体,或者跟踪设备 12 的工作范围内的移动目标(例如,回射器),而不需要手动地瞄准或移动设备 12 的传感器模块。

[0035] 参考图 2,在激光扫描器 10 的一些实施例中,可以通过使用反射镜 20 来定向从激光源发射的激光。现有技术允许反射镜 20 的反射表面以反射激光源 18 的波长处的光并且透射其他波长的光的方式进行涂覆(例如,二向色涂层)。所述实施例允许在成角度的反射镜 20 后面安装微型投影器 14,成角度的反射镜 20 将从激光源 18 发射的激光束反射到旋转扫描反射镜 16 (图 1)。在图 2 中示出的实施例中,用于瞄准激光束的电动机、编码器和驱动电路也同时将投影器 14 的光束引导经过扫描反射镜 16 (图 1)。

[0036] 因而,在一些实施例中,可能需要与激光扫描器 12 相关联的计算机或处理器来执行一些数学计算,以使来自投影器 14 的图像或数据准确地定位在旋转扫描反射镜 16 上。所述计算对于本领域中的普通技术人员而言应该是明显的。换句话说,出于反射镜 16 旋转的原因,对所投射的图像或数据进行补偿,使得该图像或数据不失真或模糊。例如,投影器 14 投射到反射镜 16 上的图像可被动态地改变,以提供在投射表面(例如,墙)上静止的图像。部分地出于激光器安全性的原因,通常使反射镜 16 旋转。在替代性的实施例中,为了度量而将激光束提供给旋转扫描反射镜 16 的激光器可以被关闭,反射镜 16 可以保持在静止位置,则投影器 14 可向反射镜 16 提供相对更弱的包含图像或数据的光。在所述实施例中,对于当前静止的反射镜 16 通常不需要数学校正。在一些情形下,根据从扫描器到投射表面的距离,来调整投射到反射镜 16 的反射表面上的图像的大小。例如以下情形,投影器发出发

散模式的光以及希望在投射表面上的图像具有固定大小。在所述情形下,扫描器的距离测量能力可提供使得投影机 14 能够正确地裁剪投射图像所必需的信息。

[0037] 可以对从投影机 14 投射到感兴趣的表面上的图像、数据或其他信息进行时间控制,这样,图像、数据或其他信息可被机械地或电子地选通(strobe)以符合旋转扫描反射镜 16 的某个角度。另外,扫描器 12 出于度量目的所使用的激光束,可以关于由投影机 14 提供的图像、数据或其他信息相互排斥的方式(例如,多路复用)来提供。即,激光束和所投射的光图案或数据可以不是同时“开启”(即,被投射的),因该同时开启状态可能毫无必要。替代地,激光束和所投射的光图案可以同时开启。根据本发明的实施例,激光扫描器 12 的投射模式通常不依赖于或不取决于扫描器 12 的扫描模式。

[0038] 参考图 3,在本发明的其他实施例中,投影机 14 可以例如在激光扫描器头 10 的顶部安装到多轴、电动化万向支架 22,作为如图 1 和 2 的实施例所示的与激光扫描器 12 的测量光学组件并排安装的替代。这允许将投射系统 14 增加到已经存在的可能不支持图 1 和图 2 的实施例的完全整合的激光扫描设备 12。在一些情形下,图 3 的实施例可更简单地和更廉价地实施。在所述实施例中,安装有投影机 14 的万向支架 22 可被驱动,并且与 3D 测量设备 12 同步地进行瞄准,因而保证投射图像指向与激光扫描器 12 进行测量时的感兴趣区域相同的区域。这在将投影机 12 用于指导呈现或数据呈现时是有利的。替代地,可控制独立安装的投影机 14 以在与主要的设备光学组件不同的区域中投射图像。

[0039] 可使用已知的技术,通过参考点、部件特征或物体特征的标识来建立 3D 度量设备(诸如 3D 激光扫描器 12 或激光跟踪器等)相对于待被测量物体、部件或结构的位置和方位。一旦建立了坐标系,3D 度量设备(例如,激光扫描器)12 和投影机 14 可通过作为设备 12 的部件而连接到设备 12 的外部计算机或作为设备 12 的部件的机载计算机,以相对高的精度来同步地进行控制,所述计算机可处理设备位置和设备光学组件的方位。这允许形成、缩放和控制投射图像,以匹配其投射到的表面,并且其允许该图像随着投影机 14 的方向的改变而更新,因此其总是同步地锁定至环境。

[0040] 根据本发明的实施例,集成或安装在计算机控制下的 3D 测量设备(诸如激光扫描器 12 等)中的投影机 14 的各种实现或使用包括,但不限于将数据、文本、指令、图像或例如具有视觉线索或文本形式或其他信息形式的指导投射到待被测量的部件的表面上。其还可包括提供先前扫描/测量的数据或显示设计意图的 CAD 数据的投射覆盖,以使部件或参数的改变可视化。对于 3D 扫描数据,这可包括:(1)对事故前和后或在修理前和后的车主体进行比较;(2)对计划设备安装的 CAD 设计与实际完成的安装进行比较;(3)使部件、设备设置、装配线、墙或建筑物的建议更改可视化;(4)作为检查方法,使制图与部件设计的对比可视化;(5)通过将在建筑期间所获得的扫描或设计的 CAD 数据投射到可见的表面上来使隐藏特征(诸如在墙壁,天花板或地板后面的立筋、管道、电气线路和管道工程等)可视化(图 5);(6)通过将 3D CAT 扫描、3D X-ray 或其他 3D 诊断数据投射到身体上来使在人体或动物体的皮肤下的元素可视化,这可作为外科手术程序的一部分来在器官、肿瘤、血管、骨头或其他生理特征定位中提供视觉协助;(7)使犯罪之前或之后的场景可视化;(8)将轮廓图投射到部件,从而指示部件中需要例如通过锉磨、磨砂、研磨或例如使用环氧填充物填充来移除的区域;(9)投射指示以下区域的标记:在该区域中使用例如螺栓、螺钉或粘合剂将子部件连接到物体;(10)投射用于帮助组件对准的线、曲线、标记或基准特征;以及(11)

例如图 4 所示,使随时间磨损、下陷、分解、风化或整体劣化的考古遗址、历史建筑、桥梁、铁路、公路和其他设施随时间的劣化或移动可视化(经由连续扫描),这可扩展到对大型交通工具(如船舶、飞机、航天器(例如,航天飞机碎片)等)的磨损和损坏的检查 and 可视化。具体地,根据本发明的各种实施例,在图 4A 中的唯一视图 400 和在图 4 中的右边倾斜视图 400 示出了如在图 4A 和 4B 中观察到的向右侧倾斜的比萨塔,并且具有投影器 14 的激光扫描器 12 将该塔的竖直图像 410 (图 4B 中以虚线所示)投射(部分地)到在图 4B 中的斜塔视图 400 上。这示出了比萨塔随时间的向右侧的移动或“倾斜”量。注意,在通常情况下看不到该塔的竖直图像 410 的左边(虚线)部分,因为其没有被投射到倾斜的塔上或也没有被投射到任何其他表面上。即,该塔的竖直图像 410 的虚线左边部分将被投射到空白空间中。替代地,通常只看到投射到塔 400 上的竖直图像 410 的右边阴影或填充部分。在图 4B 中,该塔是整个竖直图像 410 只为示例性目的而示出。

[0041] 为了进一步扩展被控制的投射图像的可用性,多个投影器 14 可被集成在单个的设备(诸如激光扫描器 12 等)内。这允许图像覆盖范围可最终增长到扫描设备的 360 度范围,其中激光扫描器本身所阻挡的相对小的区域(例如,在扫描器头 10 连接到三脚架的位置处)排除在外。

[0042] 在本发明的其他实施例中,独立于激光扫描器 12 或激光跟踪器而安装在例如激光扫描器 12 或跟踪器的测量和已知的固定位置处或计算机控制的万向座上的多个投影器 14 可产生同步的图像。在所述实施例中,激光扫描器 12 或跟踪器或连接到激光扫描器 12 或跟踪器的计算机可控制每一投影器 14,并且每一投影器 14 可用来建立该区域的坐标系。所述实施例可通过提供投射图像并且同时支持在可能被设备或特征(包括激光扫描器 12 本身)所阻挡的区域中的图像投射来提供相对更宽的同时覆盖范围。然后,中央计算机或激光扫描器 12 或其他度量设备可管理和控制该投影器 14 阵列所投射的图像,以使所投射的图像、数据或其他信息可被缩放、裁剪和与该环境中的物体适当地对准。例如,投影器 14 投射与激光扫描器 14 当前指向的方向和 / 或方位有关的图像、数据或其他的信息。例如,激光扫描器 12 可跟踪人或其他物体的运动,并且然后,具有投影器 14 的激光扫描器 12 可根据该人或物体的位置和 / 或方位来投射图像或数据。

[0043] 本发明的实施例可被应用到任何计算机控制的瞄准系统,该计算机控制的瞄准系统可在部件上或在环境中建立基准坐标系,以便所投射的图像可以与其被投射到的表面对准。本发明的其他实施例可应用于娱乐目的,并且可包括例如在房间的围墙上投射电影。例如,如果可在平稳环境内跟踪移动的物体(例如,人),则在该环境内的投射图像可根据例如人的动作、行为或头部定位的变化来自动地调整。这涉及控制台游戏和虚拟现实技术。然而,3D 空间重建不同于 2D 游戏技术。例如,系统可使激光扫描器或跟踪器检测和跟随绕建筑物行走的人,以便始终向人观看的墙上投射信息。投影器不能覆盖 360 度的空间,但是其可选择地投射到人所看到的地方,从而能够在 3D 空间上感知投射。

[0044] 参考图 5,示出了根据本发明的实施例的具有投影器 14 的激光扫描器 12,其中,投影器 14 向诸如墙 26 等表面上投射“隐藏特征”24。该隐藏特征可包括物体,诸如位于墙 26、天花板、地板或其他可见表面的后面的立筋、配管、电气布线和管道工程等。工人可能不了解位于墙表面 26 后面的确切事物和 / 或了解在墙表面 26 后面的这些物品的位置。为工人提供在墙表面 22 的后面的物品的图像和这些物品的位置是有利的。通常来说,

该关于隐藏特征的信息可作为例如 CAD 设计数据来获得。

[0045] 根据本发明的实施例的隐藏特征的投射可以例如通过在各种建筑阶段(例如,构筑、布线、装管、采暖通风与空调等)使用激光扫描器 12 首先扫描建筑物(诸如家等)以获取该建筑物的各种结构细节的扫描点云数据来进行。在完成收集图像和数据的某些扫描阶段后,接着具有投影器 14 的激光扫描器 12 可被用于将扫描过程中所获取的各种“真实的”图像和 / 或数据投影到墙、天花板、地板等上。替代地,建筑物的各种表面的 CAD 设计“意图”数据可被投射到所述表面上。不管真实或期望的图像和 / 数据是否被投射,在所述表面上投射隐藏特征可帮助执行任务,诸如,在墙后的立筋的确切位置中钻孔等。本发明的所述实施例允许具有投影器 14 的激光扫描器 12 的用户识别所述物体或特征的确切位置,从而不会对其他物体造成危害,或浪费试图定位这些隐藏物体或特征的时间。

[0046] 类似于在图 5 中示出的实施例,该隐藏特征可包括在人体内被皮肤覆盖的那些特征。例如,投影器 14 可将数据投射到病人的皮肤上,以帮助医生或外科医生精确定位待被进行访问和 / 或进行手术操作的人体内部部位。在操作间,例如,医生可使用具有投影器 14 的激光扫描器 12 来确定进行切割或发现肿瘤的确切位置,从而将该位置与 3D 计算机轴向断层分析(Computer Axial Tomography CAT)数据相关联。在所述情形下,投影器 14 可在病人上投射图像,从而提供 CAT 扫描图像的标记或实际复制,以指导该外科医生。人工操作机器人而远程执行的手术可以上述说明的相同方式来使用所述投射系统 14。

[0047] 除了例如在施工区域或在工程设备中显示隐藏元件以外,投影器可将区域显示为它们连接之后的样子。例如,在墙表面 26 处于图 5 中的适当位置之前,以及在管道和其他建筑元件被安装到墙表面 26 的后面之前,扫描器可显示该区域的期望外观,因而为建造者提供指导。

[0048] 现在参考图 6-11,示出了根据本发明的另一方面集成有或安装有投影器的激光跟踪器的实施例。在图 6 中,激光跟踪器 30 包括万向束调向机构 32,该万向束调向机构 32 包括安装在方位底座 36 上并且绕方位轴 38 旋转的天顶托架 34。负载 40 被安装在天顶托架 34 上,并且绕天顶轴 42 旋转。天顶机械旋转轴 42 和方位机械旋转轴 38 在跟踪器 30 内部,垂直相交于万向节点 44,万向节点 44 通常是距离测量的原点。激光束 46 几乎传输经过万向节点 44 并且其指向正交于天顶轴 42。换句话说,激光束 46 在垂直于天顶轴 42 的平面中。激光束 46 通过位于跟踪器 30 内的电动机(未示出)指向期望的方向,所述电动机绕天顶轴 42 和方位轴 38 旋转负载 40。位于跟踪器 30 内部的天顶角编码器和方位角编码器(未示出)被连接到天顶机械轴 42 和方位机械轴 38,并且以相对高的精确度来指示旋转角度。激光束 46 行进到外部回射器 48(诸如,球安装的回射器 SMR 等)。通过测量在万向节点 44 和回射器 48 之间的径向距离和绕天顶轴和方位轴 42, 38 的旋转角度,在跟踪器 30 的球坐标系统内来找出回射器 48 的位置。

[0049] 激光束 46 可包括一个或更多个激光波长。为了简单和清楚,在以下的讨论中假定调向机构为图 6 中示出的类型。然而,其他类型的调向机构是可能的。例如,激光束可从绕方位轴和天顶轴 38, 42 旋转的反射镜中反射出去。在 Lau 等人的美国专利 No. 4, 714, 339 中公开了以所述方式使用反射镜的实例。不管利用何种调向机构类型,在本文中阐述的技术是可应用的。

[0050] 在激光跟踪器 30 中,一个或更多个摄像机 50 和光源 52 位于负载 40 上。光源 52

照亮一个或更多个回射器目标 48。光源 52 可以是在电驱动下重复地发射脉冲光的 LED。每一摄像机 50 可包括感光阵列和位于感光阵列前面的透镜。感光阵列可以是 CMOS 或 CCD 阵列。透镜可以具有相对宽的视场,例如,三十度或四十度。透镜的目的是,在透镜视场内的感光物体阵列上形成图像。每一光源 52 放置在摄像机 50 附近,使得来自光源 52 的光离开每一回射器目标 48 而反射到摄像机 50 上。以所述方式,将回射器图像与感光阵列上的背景容易地区分开,因为其像点比背景物体更明亮,并且是脉动的。在实施例中,关于激光束 46 的光线对称地放置两个摄像机 50 和两个光源 52。通过以所述方式使用两个摄像机 50,可以使用三角测量原理来找到在摄像机 50 的视场内的任何 SMR48 的三维坐标。此外,当 SMR48 从一个点移动到另一个到点时,可监测 SMR48 的三维坐标。在 Bridges 的已公开美国专利申请 No. US20100128259 中阐述了为了所述目的的两个摄像机的使用。

[0051] 一个或更多个摄像机 50 和光源 52 可以有其他布置。例如,光源 52 和摄像机 50 可以与从跟踪器 30 中发射的激光束 46 同轴或近似同轴。在所述情形下,可能有必要使用光学过滤或类似的方法来避免来自跟踪器 30 的光束 46 使摄像机 50 的感光阵列饱和。

[0052] 另一可能的布置是使用位于跟踪器 30 的负载或底座 40 上的单个摄像机 50。单个摄像机 50 在位于激光跟踪器 30 的光轴旁边的情形下提供与定义到回射器 48 的方向的两个角度(而非到回射器 48 的距离)有关的信息。在许多情形下,该信息是充分的。当使用单个的摄像机 50 时,如果需要回射器 48 的 3D 坐标,则一种可能是将跟踪器 30 沿方位方向旋转 180 度,并且然后翻转天顶轴 42 以指向回射器 48。以所述方式,可从两个不同的方向观察目标 48,并且可以使用三角测量,找出回射器 48 的 3D 位置。

[0053] 另一种可能是在目标 48 的测量和成像之间切换。在 Bridges 等人的国际申请 W003/062744 中阐述了所述方法的实例。可采取其他的摄像机布置,并且所述其他的摄像机布置可与本文阐述的方法一起使用。

[0054] 如图 7 所示,辅助单元 60 通常是激光跟踪器 30 的一部分。辅助单元 60 的目的是为激光跟踪器主体供应电力,并且在一些情形下,还为系统提供计算和计时能力。可通过将辅助单元 60 的功能移动到跟踪器主体内,来完全消除辅助单元 60。在大多数的情形下,辅助单元 60 连接到通用计算机 62。装载到通用计算机 62 上的应用软件可提供应用能力(诸如反向工程等)。还可通过在激光跟踪器 30 内直接建立计算能力来消除通用计算机 62。在所述情形下,在激光跟踪器 30 内建立用户接口(优选地提供键盘和鼠标功能)。在辅助单元 60 和计算机 62 之间可以是无线连接或通过电线电缆连接。计算机 62 可以连接到网络,并且辅助单元 60 也可连接到网络。多个仪器,例如,多个测量仪器或致动器可以通过计算机 62 或辅助单元 60 连接在一起。

[0055] 参考图 8,示出了具有集成在跟踪器 30 内部的投影器 94(未示出)(图 9-10)并且将图案 70 投射到物体 74(诸如工件等)的表面 72 上的激光跟踪器 30。例如,可使用所述图案 70 来突出显示了由跟踪器 30 通过使用圆 78 所进行测量的特征 76,同时图案 70 还覆盖了测量设备 30 将获取测量点的指示符 80。

[0056] 参考图 9,示出了在图 6 的激光跟踪器 30 内的各种内部组件。所述组件包括一个或更多个测距计 80,测距计 80 可包括干涉计(IFM)、绝对测距计(ADM)、或两者都包含。从测距计 80 发射的是一个或更多个激光束 82,激光束 82 可以是可见光、红外光的或其两者。输出激光束 82 传输经过第一分束器 84。如果输出激光束 82 指向回射器 48(图 6),则在返

回路径上,该回射的激光束 86 反射离开所述第一分束器 84,并且行进到位置检测器 88。激光跟踪器 30 的控制系统使用在位置检测器 88 上的光的位置来使输出激光束 82 保持在回射器 48 的中心,从而实现跟踪功能。如果输出激光束 82 指向工件 74 (图 8)而不是指向回射器 48,则返回的激光束 86 在位置检测器 88 上的位置是不重要的。在传输经过第一分束器 84 之后,输出激光束 82 传输经过扩束器 90,该扩束器 90 在光束沿向前的方向行进(朝向回射器 48 向外行进)时,使得输出激光束 82 的直径增加。然后,输出激光束 82 传输经过第二分束器 92。来自投影器 94 (类似于图 1-5 的实施例中的投影器 14)的光将激光 96 的图案发送到第二分束器 92。离开第二分束器 92 而反射的光 96 与来自测距计 80 的输出激光束 82 合并,并且合并的光 98 行进到回射器 48 或工件 74。在激光束 98 指向工件 74 的情形下,可转变在光束 82 内所包含的任何可见光的方向。这可允许更清楚地观看投射的光束 98。

[0057] 参考图 10,示出了激光跟踪器 30 的各种部件的实施例,其类似于图 9,只是第二分束器 92 和投影器 94 放置在扩束器 90 前面。该方法的优点是可制作比图 9 的实施例中的分束器更小的第二分束器 92。缺点是难于使投影器 94 适当地对准。

[0058] 在图 6-10 中示出的和本文阐述的实施例中,激光跟踪器 30 具有集成在激光跟踪器 30 的内部组件内的投影器 94。然而,在其他实施例中,投影器 94 可被安装在或连接到激光跟踪器 30。例如,图 11 示出了激光跟踪器 30 具有安装在跟踪器主体顶部的投影器 14 的实施例。投影器 14 可被刚性安装到跟踪器主体,或可使用万向机构 22 来安装投影器 14 (类似于在图 3 中示出的激光扫描器 12 的实施例)。

[0059] 在另一实施例中,投影器偏离传送光束 82 和 86 的光轴。通过将投影器移离光轴,传送光束 82 的光学系统可被制作得更紧凑,并且可使从投影器到跟踪器的外部的区域的距离更小,从而能够产生具有更大的发散角的二维图案。在所述实施例中,为天顶(水平轴)旋转提供单独的轴不是必要的。

[0060] 在上文阐述的关于图 6-11 的激光跟踪器 30 的本发明的各种实施例中,投影器 94 可以与上面阐述的关于图 1-5 的本发明的激光扫描器实施例的投影器 14 的相似的方式来投射图像、数据或其他信息。所述投射信息向用户提供在使用激光跟踪器 30 进行测量时有用的各种类型的信息的可视化,或所投射的图像或数据可协助由设备 12 先前所获取的数据的可视化。所投射的视觉信息可以例如是诸如为操作者提供指导等类型的信息,诸如,书面指示,突出显示的待被测量的点,将要获取数据的指示区域,以及数据的质量的实时反馈等。提供给操作者的所述视觉信息可以例如具有视觉线索、文本的形式或一些其他的信息视觉形式。投射图像的用途通常与激光扫描器相同。对于激光跟踪器而言尤其重要的是(1)指示材料被移除或增加到结构上的位置的标记的投射,以及(2)指示组件将被增加到结构上的位置的标记的投射。

[0061] 虽然已经示出和阐述了优选的实施例,在不偏离本发明的精神和范围条件下,可作出各种修改和替代。因此,可以理解以说明的方式而不是以限制的方式阐述了本发明。

[0062] 因此,目前所公开的实施例在所有方面被认为是说明性的,而不是限制性的,本发明的范围由所附的权利要求书,而不是前面的说明书所表示,并且因此,旨在涵盖权利要求书的等同的范围和意义内的所有改变。

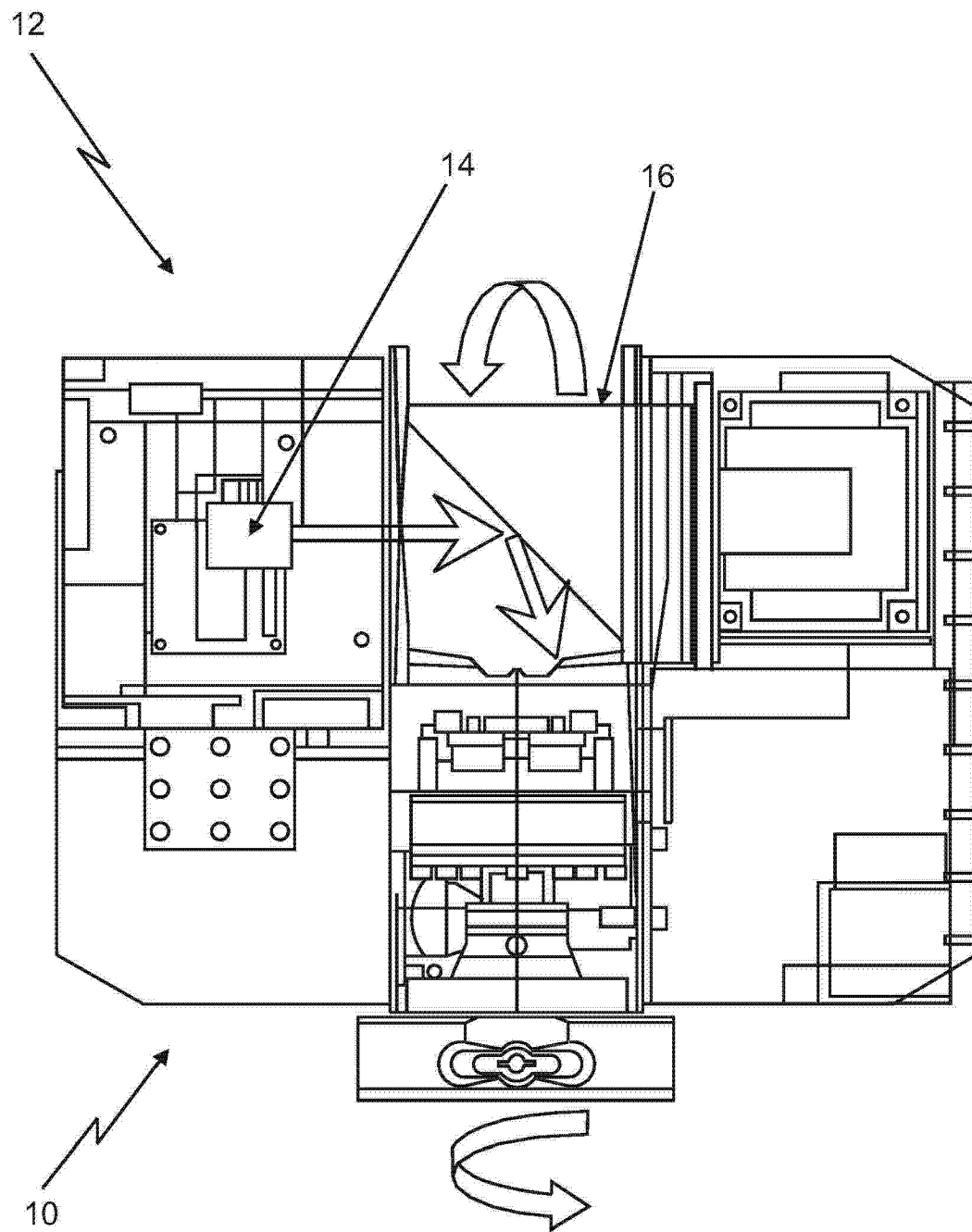


图 1

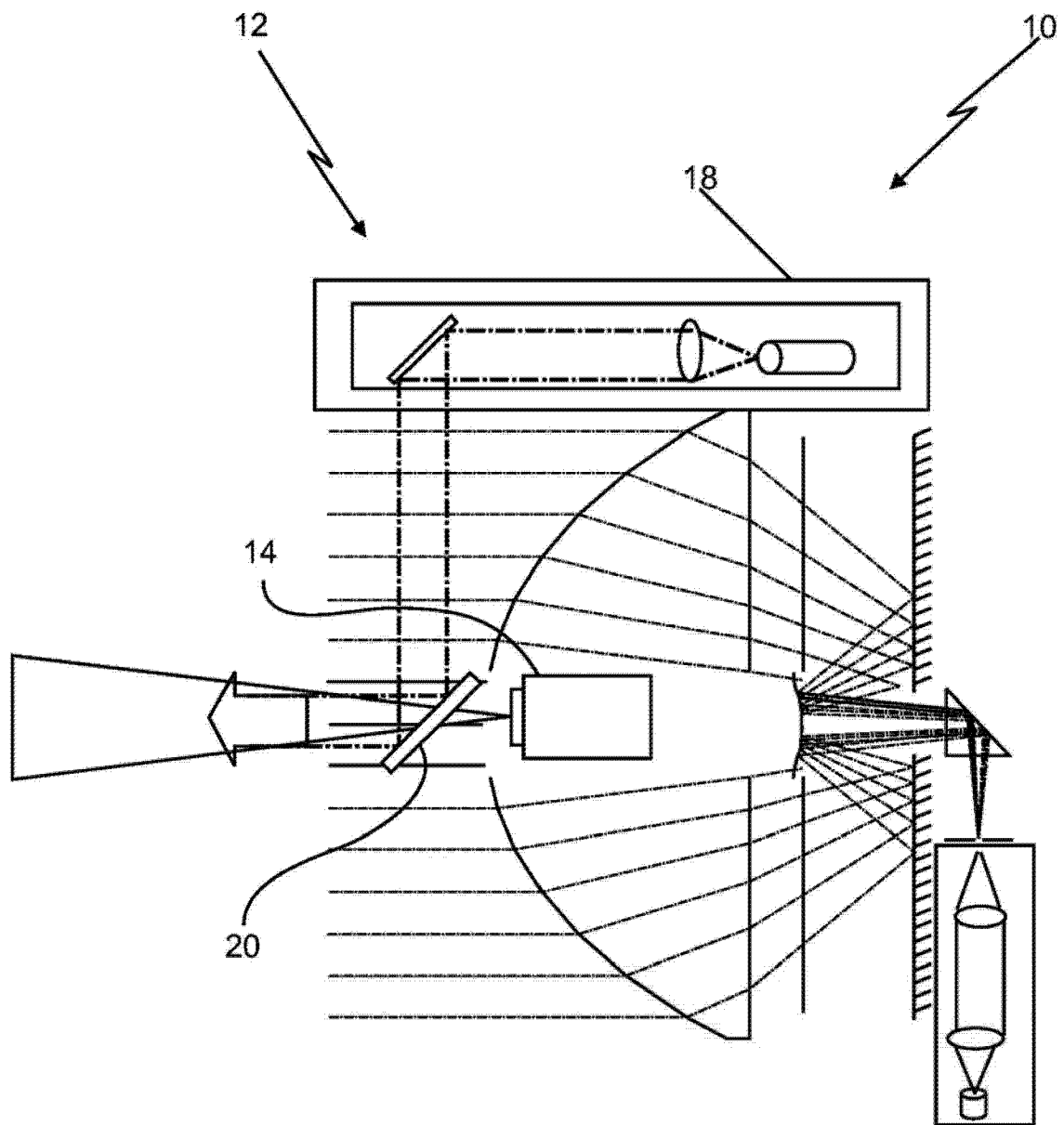


图 2

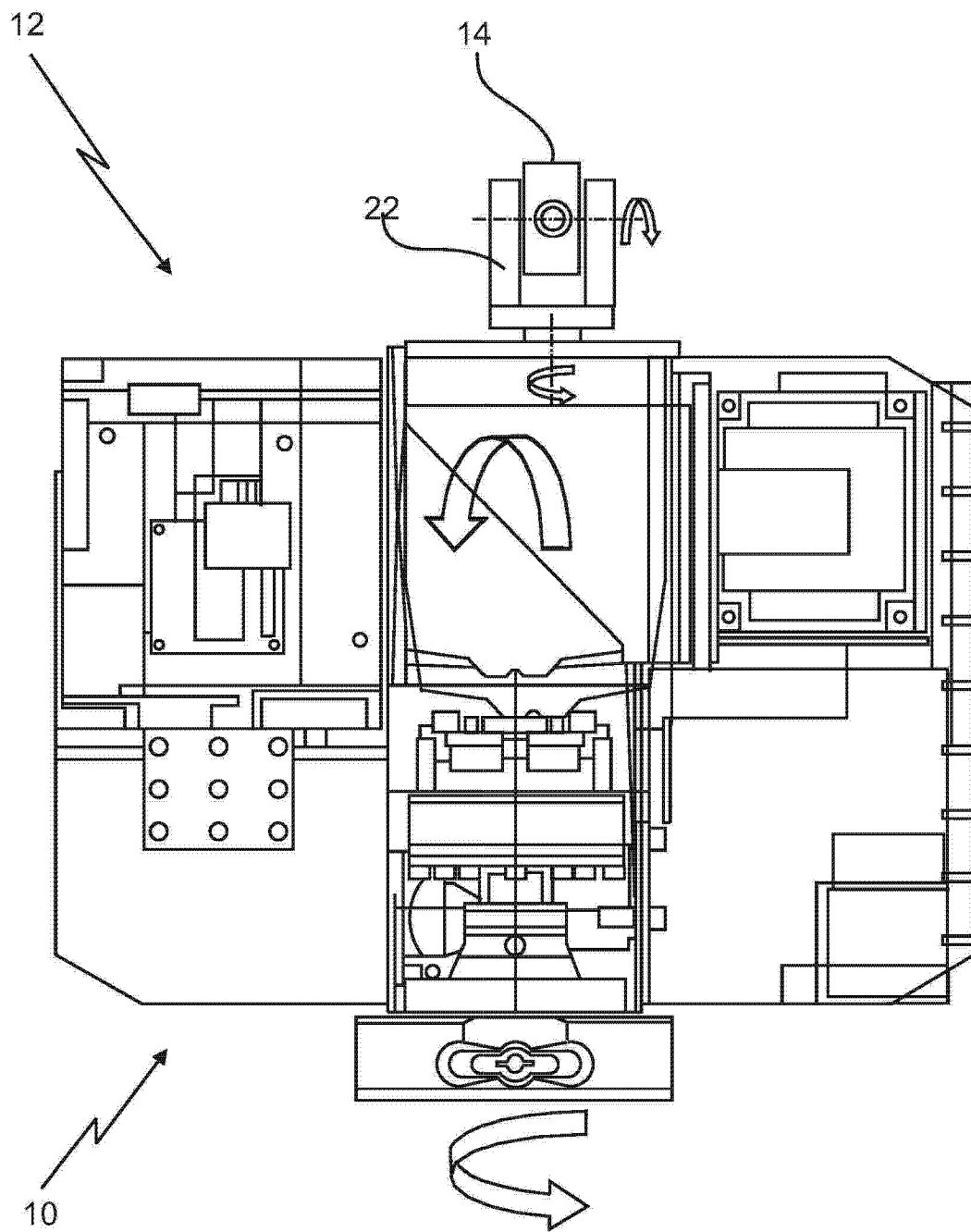


图 3

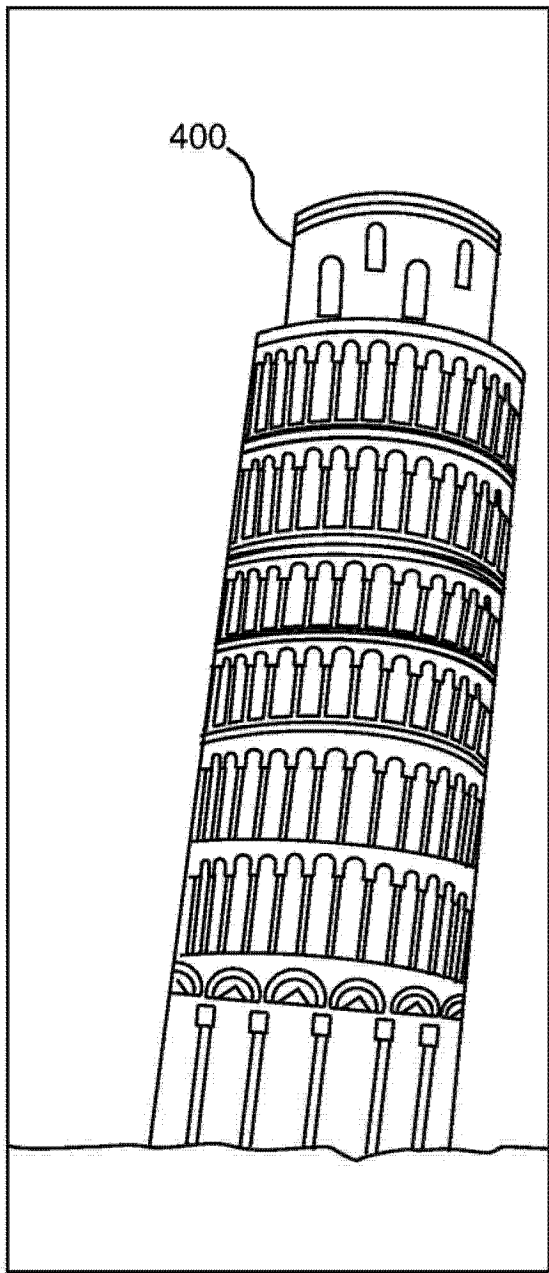


图 4A

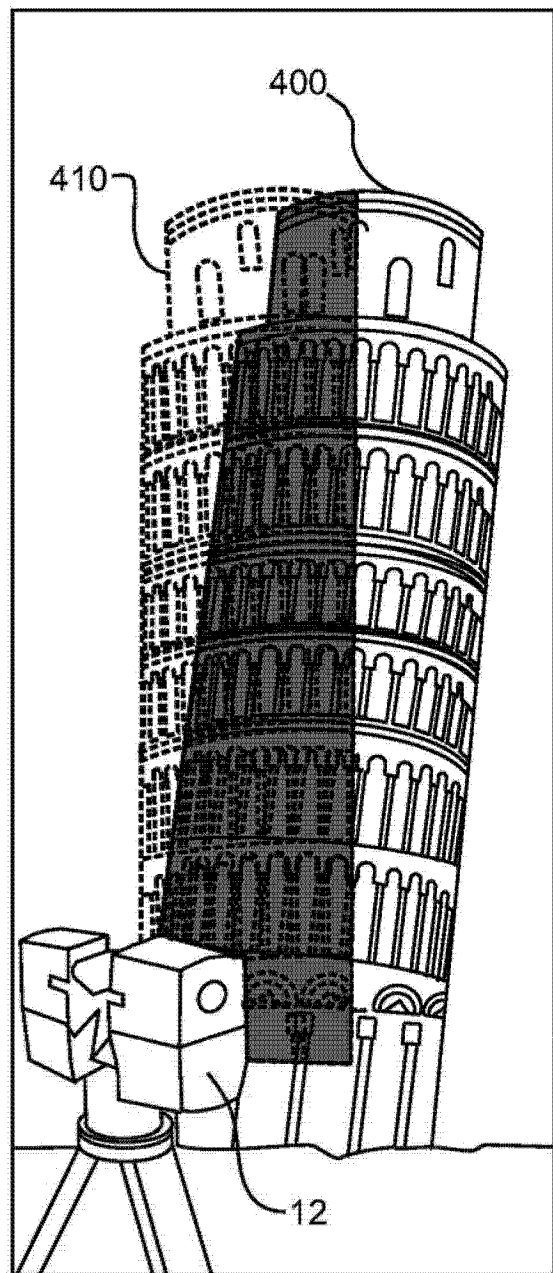


图 4B

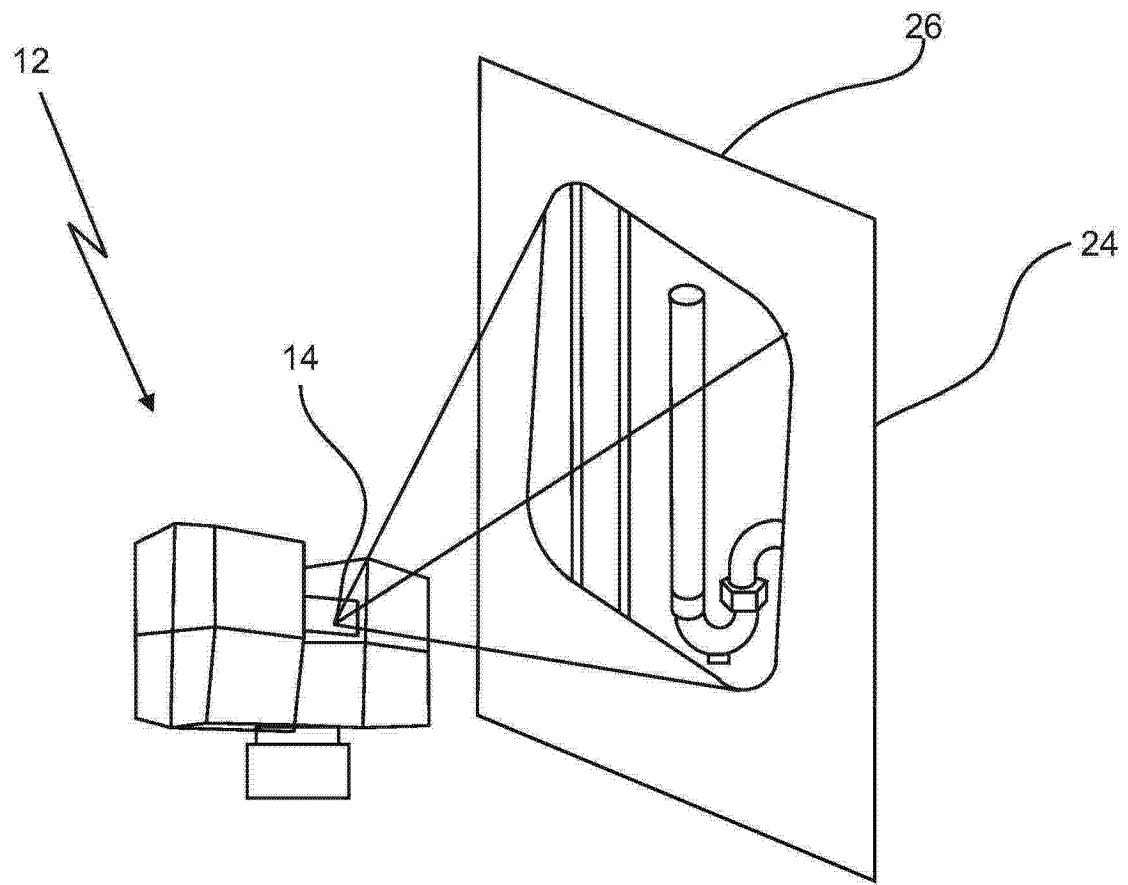


图 5

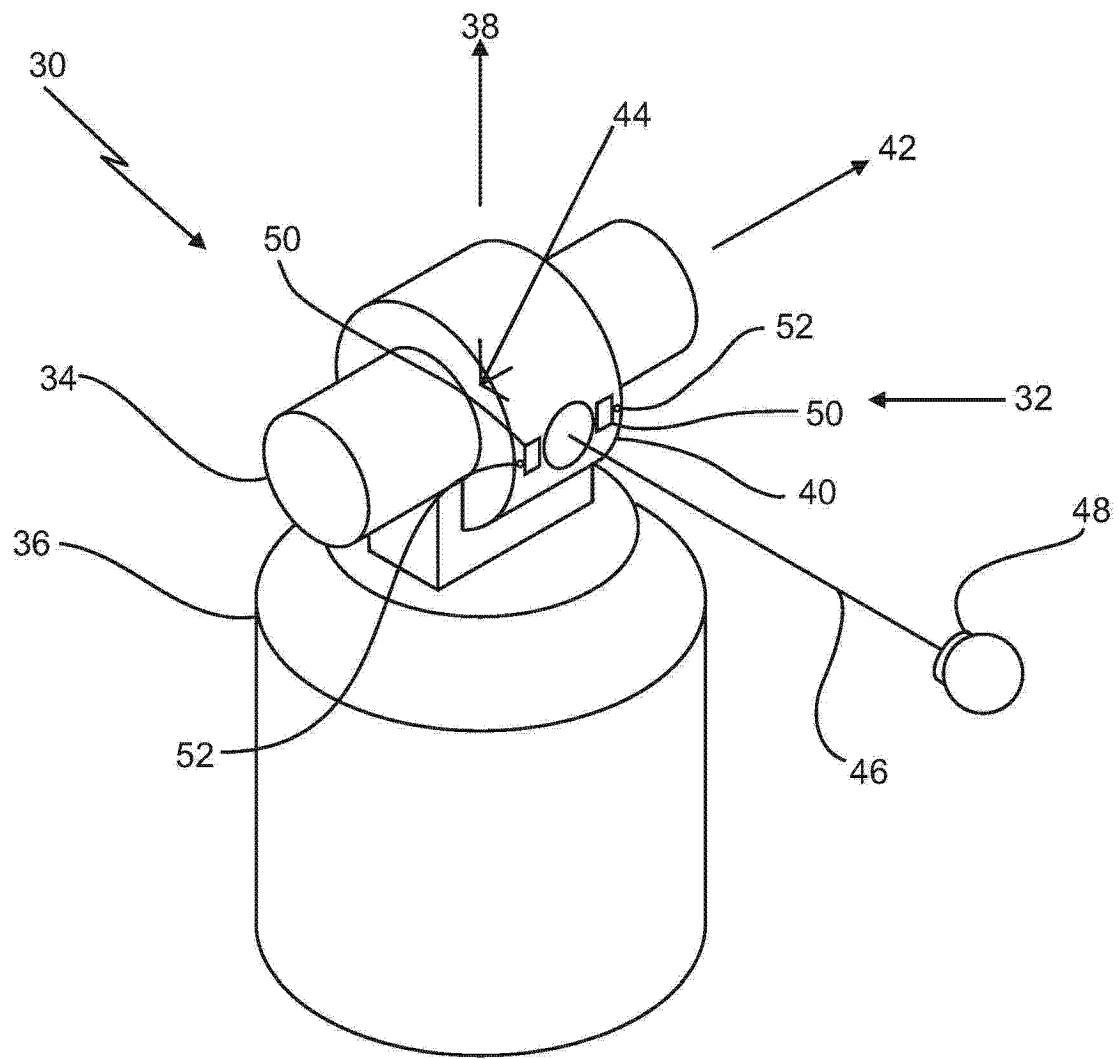


图 6

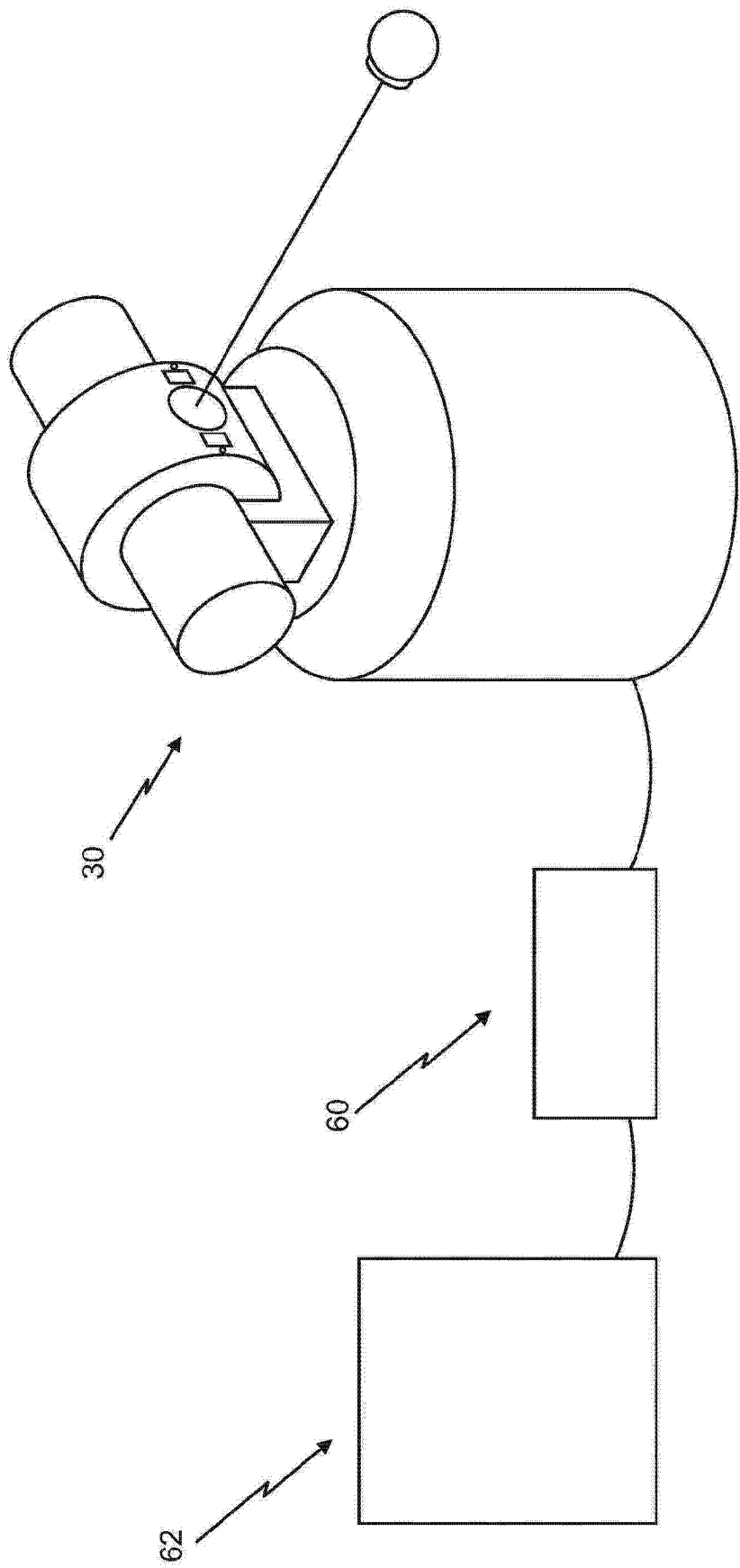


图 7

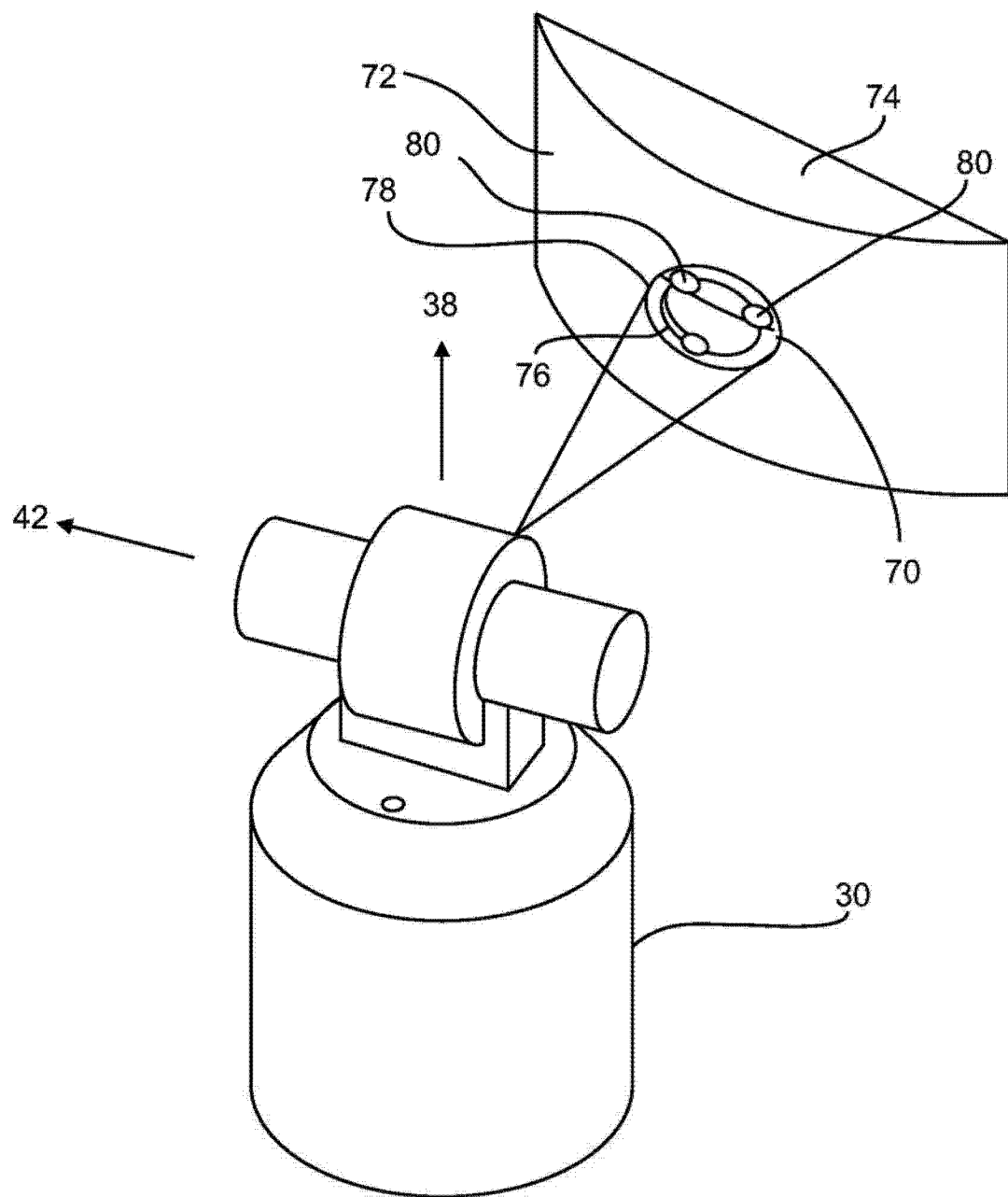


图 8

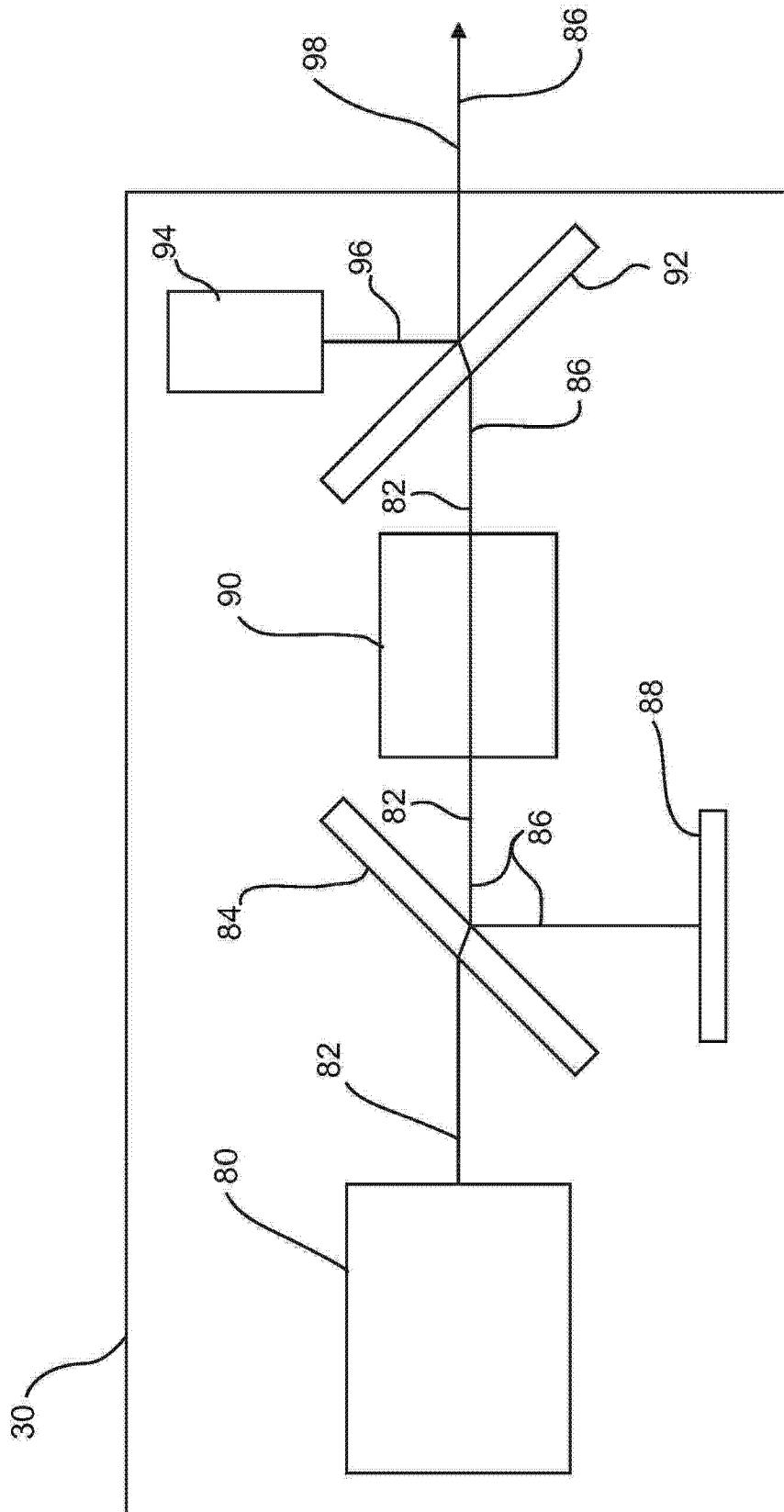


图 9

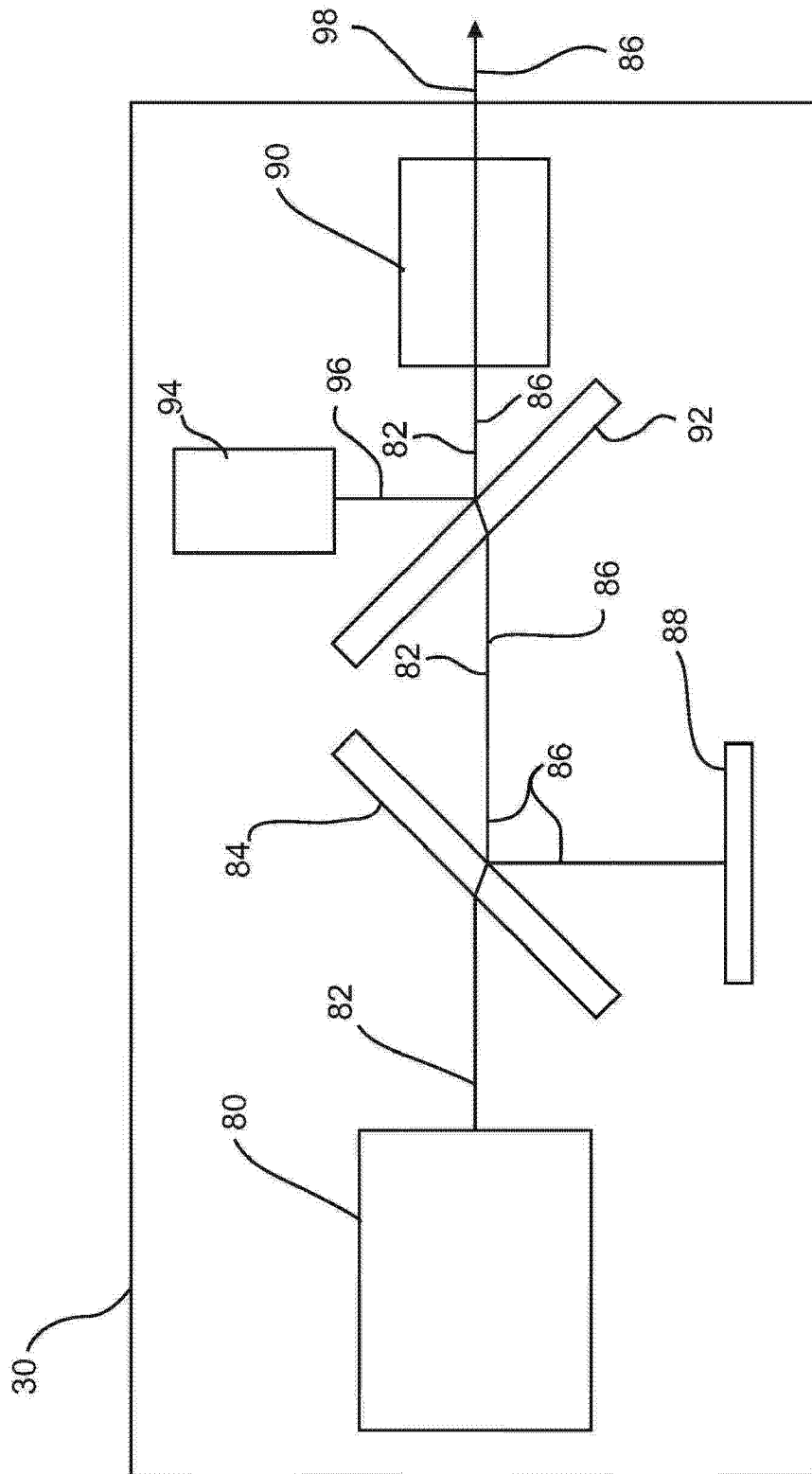


图 10

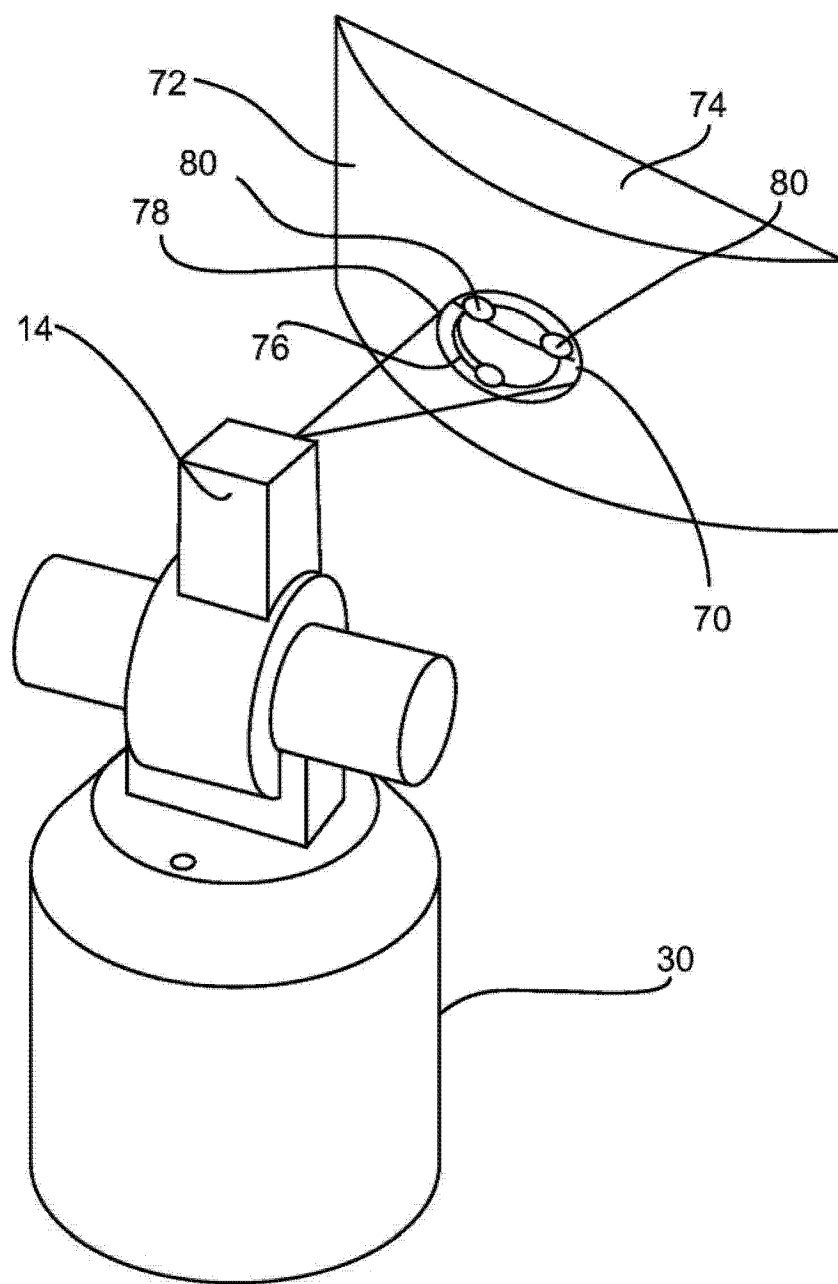


图 11