



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111226090 B

(45) 授权公告日 2023.05.23

(21) 申请号 201880067520.0

(22) 申请日 2018.08.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111226090 A

(43) 申请公布日 2020.06.02

(30) 优先权数据
2017903310 2017.08.17 AU

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.04.16

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/AU2018/050873 2018.08.16

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/033170 EN 2019.02.21

(73) 专利权人 快砖知识产权私人有限公司
地址 澳大利亚西澳大利亚州

(72) 发明人 马克·约瑟夫·皮瓦茨

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
专利代理师 王娟 杨明钊

(51) Int.Cl.
G01B 11/26 (2006.01)
B25J 13/08 (2006.01)
G01B 9/02015 (2022.01)
G01S 17/06 (2006.01)
G01S 17/42 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 103698769 A, 2014.04.02
CN 103698769 A, 2014.04.02
CN 101476883 A, 2009.07.08
CN 103363902 A, 2013.10.23
CN 105758370 A, 2016.07.13
CN 103959090 A, 2014.07.30
US 2014373369 A1, 2014.12.25

审查员 潘景良

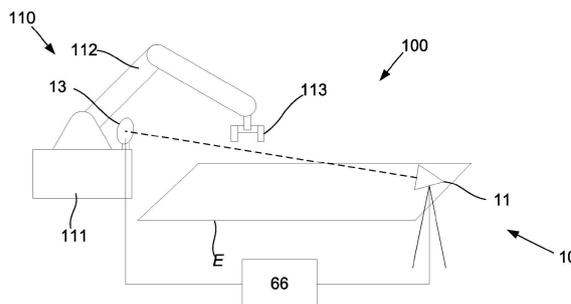
权利要求书4页 说明书15页 附图8页

(54) 发明名称

具有改进的横滚角测量的激光跟踪器

(57) 摘要

本公开涉及一种用于跟踪物体在环境中的定位和定向的跟踪系统,该跟踪系统包括:(a)定位于环境中的跟踪底座;(b)能够安装到物体的跟踪目标,其中在使用中,跟踪底座通过以下方式链接到跟踪目标:(i)在跟踪底座和跟踪目标之间传输的双向光束;以及(ii)在跟踪底座和跟踪目标之间传输的单向光束,所述单向光束平行于双向光束;以及(c)至少一个控制器,其被配置为确定跟踪目标相对于跟踪底座的横滚角,该横滚角至少部分地由从传感器接收的信号确定,该传感器容纳在跟踪底座和跟踪目标中的至少一者中用于检测单向光束。



1. 一种用于跟踪物体在环境中的定位和定向的跟踪系统,所述跟踪系统包括:
 - a) 跟踪底座,所述跟踪底座被定位于所述环境中;
 - b) 跟踪目标,所述跟踪目标能够安装到所述物体,其中,在使用中,所述跟踪底座通过以下方式链接到所述跟踪目标:
 - i) 在所述跟踪底座和所述跟踪目标之间传输的双向光束;以及,
 - ii) 在所述跟踪底座和所述跟踪目标之间传输的单向光束,所述单向光束平行于所述双向光束;以及,
 - c) 至少一个控制器,所述至少一个控制器被配置为确定所述跟踪目标相对于所述跟踪底座的横滚角,所述横滚角至少部分地是通过从传感器接收的信号来确定的,所述传感器被容纳在所述跟踪底座和所述跟踪目标中的至少一者中,所述传感器检测所述单向光束;其中,所述单向光束由光学安装件接收,所述光学安装件被安装在所述跟踪底座和所述跟踪目标中的至少一者上用于围绕与所述双向光束同轴的旋转轴进行受控旋转,并且其中,所述至少一个控制器被配置为控制所述光学安装件围绕与所述双向光束同轴的所述旋转轴的旋转,以便保持在所述跟踪底座和所述跟踪目标之间传输的所述单向光束的链接,并且其中,所述受控旋转的角度是通过所述至少一个控制器确定的并且从所述受控旋转的角度导出横滚角数据。
2. 根据权利要求1所述的跟踪系统,其中,所述传感器测量所述单向光束相对于所述传感器的表面上的基准定位的位移。
3. 根据权利要求2所述的跟踪系统,其中,所述横滚角是从所测量的位移确定的。
4. 根据权利要求1所述的跟踪系统,其中,所述传感器容纳在所述光学安装件中,并且其中,所述传感器提供与所述单向光束入射在所述传感器的表面上的位置成比例的信号。
5. 根据权利要求4所述的跟踪系统,其中,所述至少一个控制器:
 - a) 接收来自所述传感器的信号;
 - b) 处理所述信号以确定所述单向光束在所述传感器的所述表面上的位置;以及,
 - c) 使所述光学安装件根据经处理的信号围绕所述旋转轴旋转,以便将所述单向光束定位在所述传感器的所述表面的中心,并保持在所述跟踪底座和所述跟踪目标之间传输的所述单向光束的链接。
6. 根据权利要求5所述的跟踪系统,其中,马达耦合到所述光学安装件,并且其中,所述至少一个控制器被配置成控制所述马达以旋转所述光学安装件并将所述光学安装件与所述单向光束对准。
7. 根据权利要求4-6中的任一项所述的跟踪系统,其中,所述受控旋转的角度是通过所述至少一个控制器从角度编码器中确定的,并且从所述受控旋转的角度导出横滚角数据。
8. 根据权利要求7所述的跟踪系统,其中,所述受控旋转的角度包括通过来自所述传感器的测量信号确定的跟随误差校正。
9. 根据权利要求6所述的跟踪系统,其中,所述受控旋转的角度是从马达控制数据确定的。
10. 根据权利要求4-6和8-9中的任一项所述的跟踪系统,其中,所述光学安装件位于环形构件上,所述环形构件被布置成围绕所述旋转轴进行受控旋转。
11. 根据权利要求7所述的跟踪系统,其中,所述光学安装件位于环形构件上,所述环形

构件被布置成围绕所述旋转轴进行受控旋转。

12. 根据权利要求4-6、8-9和11中的任一项所述的跟踪系统,其中,单向光束源位于所述跟踪底座中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述跟踪目标上,所述光学安装件还包括所述传感器以检测所述单向光束。

13. 根据权利要求7所述的跟踪系统,其中,单向光束源位于所述跟踪底座中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述跟踪目标上,所述光学安装件还包括所述传感器以检测所述单向光束。

14. 根据权利要求10所述的跟踪系统,其中,单向光束源位于所述跟踪底座中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述跟踪目标上,所述光学安装件还包括所述传感器以检测所述单向光束。

15. 根据权利要求4-6、8-9和11中的任一项所述的跟踪系统,其中,单向光束源位于所述跟踪目标中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述跟踪底座上,所述光学安装件还包括所述传感器以检测所述单向光束。

16. 根据权利要求7所述的跟踪系统,其中,单向光束源位于所述跟踪目标中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述跟踪底座上,所述光学安装件还包括所述传感器以检测所述单向光束。

17. 根据权利要求10所述的跟踪系统,其中,单向光束源位于所述跟踪目标中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述跟踪底座上,所述光学安装件还包括所述传感器以检测所述单向光束。

18. 根据权利要求1所述的跟踪系统,其中,单向光束源位于所述光学安装件中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述跟踪目标上,并且所述跟踪底座包括所述传感器以检测所述单向光束。

19. 根据权利要求1所述的跟踪系统,其中,单向光束源位于所述光学安装件中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述跟踪底座上,并且所述跟踪目标包括所述传感器以检测所述单向光束。

20. 根据权利要求1-6、8-9、11、13-14和16-19中的任一项所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座是激光跟踪器,并且所述跟踪目标是主动目标,所述主动目标被配置为跟踪所述跟踪底座以便保持在所述激光跟踪器和主动目标之间传输的所述双向光束的连接。

21. 根据权利要求7所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座是激光跟踪器,并且所述跟踪目标是主动目标,所述主动目标被配置为跟踪所述跟踪底座以便保持在所述激光跟踪器和主动目标之间传输的所述双向光束的连接。

22. 根据权利要求10所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座是激光跟踪器,并且所述跟踪目标是主动目标,所述主动目标被配置为跟踪所述跟踪底座以便保持在所述激光跟踪器和主动目标之间传输的所述双向光束的连接。

23. 根据权利要求12所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座是激光跟踪器,并且所述跟踪目标是主动目标,所述主动目标被配置为跟踪所述跟踪底座以便保持在所述激光跟踪器和主动目标之间传输的所述双向光束的连接。

24. 根据权利要求15所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座是激光跟踪器,并且所述跟踪目标是主动目标,所述主动目标被配置为跟踪所述跟踪底座以便保持在所述激光跟踪器

和主动目标之间传输的所述双向光束的链接。

25. 根据权利要求1-6、8-9、11、13-14、16-19和21-24中的任一项所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座的第一头部单元,并且其中,所述跟踪目标包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座的第二头部单元,并且其中,两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕所述两个头部单元的相应的所述两个轴旋转以保持所述双向光束的链接。

26. 根据权利要求7所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座的第一头部单元,并且其中,所述跟踪目标包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座的第二头部单元,并且其中,两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕所述两个头部单元的相应的所述两个轴旋转以保持所述双向光束的链接。

27. 根据权利要求10所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座的第一头部单元,并且其中,所述跟踪目标包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座的第二头部单元,并且其中,两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕所述两个头部单元的相应的所述两个轴旋转以保持所述双向光束的链接。

28. 根据权利要求12所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座的第一头部单元,并且其中,所述跟踪目标包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座的第二头部单元,并且其中,两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕所述两个头部单元的相应的所述两个轴旋转以保持所述双向光束的链接。

29. 根据权利要求15所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座的第一头部单元,并且其中,所述跟踪目标包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座的第二头部单元,并且其中,两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕所述两个头部单元的相应的所述两个轴旋转以保持所述双向光束的链接。

30. 根据权利要求20所述的跟踪系统,其中,所述跟踪底座包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座的第一头部单元,并且其中,所述跟踪目标包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座的第二头部单元,并且其中,两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕所述两个头部单元的相应的所述两个轴旋转以保持所述双向光束的链接。

31. 根据权利要求25所述的跟踪系统,其中,所述第一头部单元围绕垂直于所述双向光束的方向延伸的第一万向节轴安装到第一万向节,所述第一万向节围绕垂直于所述第一万向节轴延伸的第一底座轴安装到所述第一底座,并且所述第二头部单元围绕垂直于所述双向光束的方向延伸的第二万向节轴安装到第二万向节,所述第二万向节围绕垂直于所述第二万向节轴延伸的第二底座轴安装到所述第二底座。

32. 根据权利要求26-30中任一项所述的跟踪系统,其中,所述第一头部单元围绕垂直于所述双向光束的方向延伸的第一万向节轴安装到第一万向节,所述第一万向节围绕垂直于所述第一万向节轴延伸的第一底座轴安装到所述第一底座,并且所述第二头部单元围绕

垂直于所述双向光束的方向延伸的第二万向节轴安装到第二万向节,所述第二万向节围绕垂直于所述第二万向节轴延伸的第二底座轴安装到所述第二底座。

33. 根据权利要求1-6、8-9、11、13-14、16-19、21-24和26-31中的任一项所述的跟踪系统,其中,所述传感器是定位位移传感器。

34. 根据权利要求7所述的跟踪系统,其中,所述传感器是定位位移传感器。

35. 根据权利要求10所述的跟踪系统,其中,所述传感器是定位位移传感器。

36. 根据权利要求12所述的跟踪系统,其中,所述传感器是定位位移传感器。

37. 根据权利要求15所述的跟踪系统,其中,所述传感器是定位位移传感器。

38. 根据权利要求20所述的跟踪系统,其中,所述传感器是定位位移传感器。

39. 根据权利要求25所述的跟踪系统,其中,所述传感器是定位位移传感器。

40. 根据权利要求32所述的跟踪系统,其中,所述传感器是定位位移传感器。

41. 一种使用跟踪系统跟踪物体在环境中的定位和定向的方法,所述跟踪系统包括:

a) 跟踪底座,所述跟踪底座被定位于所述环境中;

b) 跟踪目标,所述跟踪目标能够安装到所述物体,其中,在使用中,所述跟踪底座通过以下方式链接到所述跟踪目标:

i) 在所述跟踪底座和所述跟踪目标之间传输的双向光束;以及,

ii) 在所述跟踪底座和所述跟踪目标之间传输的单向光束,所述单向光束平行于所述双向光束;以及,其中,所述方法包括在至少一个控制器中:

(1) 从容纳在所述跟踪底座和所述跟踪目标中的至少一者中的检测所述单向光束的传感器接收信号;以及,

(2) 至少部分地使用所接收的信号来确定所述跟踪目标相对于所述跟踪底座的横滚角

其中,所述跟踪系统还包括光学安装件,所述单向光束由所述光学安装件接收,所述光学安装件安装在所述跟踪底座和跟踪目标中的至少一者上,所述光学安装件容纳所述传感器并且被配置成围绕与所述双向光束同轴的旋转轴进行受控旋转,并且其中,所述方法还包括在所述至少一个控制器中:

a) 处理从所述传感器接收的信号,以确定所述单向光束入射在所述传感器的表面上的位置;以及,

b) 使所述光学安装件根据经处理的信号围绕与所述双向光束同轴的所述旋转轴旋转,以便将所述单向光束定位在所述传感器的所述表面的中心并保持所述跟踪底座和所述跟踪目标之间传输的所述单向光束的链接。

42. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述方法包括在所述至少一个控制器中:

a) 使用所接收的信号来确定所述单向光束相对于所述传感器的表面上的基准定位的位移;以及,

b) 使用所确定的位移来确定所述横滚角。

具有改进的横滚角测量的激光跟踪器

[0001] 优先权文件

[0002] 本申请要求于2017年8月17日提交的标题为“LASER TRACKER WITH IMPROVED ROLL ANGLE MEASUREMENT”的澳大利亚临时申请第2017903310号的优先权,该临时申请的内容在此以其整体通过引用被并入。

[0003] 发明背景

[0004] 本发明涉及一种用于测量物体在环境中的定位和定向的跟踪系统,并且在一个示例中,涉及一种包括激光跟踪器和安装到物体上的主动目标的跟踪系统,该跟踪系统结合了改进的横滚(roll)角测量。

[0005] 现有技术的描述

[0006] 在本说明书中对任何现有的公开物(或来源于其的信息)或对已知的任何事物的提及不被视为并且不应被视为对现有的公开物(或来源于其的信息)或已知的事物形成本说明书所涉及的奋斗领域中的公知常识的一部分的承认或认可或任何形式的暗示。

[0007] 在本说明书中,目标在空间中的定位和定向被描述为沿着三个轴x、y和z的笛卡尔坐标,以及另外的俯仰、偏航和横滚的角度属性。

[0008] 为了精确控制工业机器人或大型建筑机器人的末端执行器定位,必须测量末端执行器或机器人靠近末端执行器的部分的定位和定向。为了实现机器人移动期间的动态稳定性和精确控制,必须以高数据速率且实时地测量定位和定向。控制系统的反馈回路中的延迟会导致跟随误差以及带宽和相位裕量的减小,所有这些都是不希望有的。延迟还会在伺服控制系统中引入自激或共振。

[0009] 在室外操作的大型建筑机器人由于载荷、加速度和外部环境因素(例如风和温度,这些因素导致不希望的振动和振荡)而受到动态运动的影响。为了精确控制被定位在例如长吊臂(boom)结构的末端处的末端执行器,必须实时补偿这种动态运动,以便在环境中执行交互。需要实时动态运动补偿和稳定的大型建筑机器人的一个示例是申请人的例如在PCT/AU2007/000001和PCT/AU2017/050731中描述的自动砌砖机。

[0010] 激光跟踪器(例如(Lau等人的)US4714339和(Brown等人的)US4790651中描述的激光跟踪器)被用来测量安装到物体上的目标的定位和定向。Lau等人教导了,在以沿三个轴x、y和z的笛卡尔坐标、以及优选地另外以俯仰和横滚的角度属性来描述定位的三个自由度以及优选地五个自由度的情况下,测量物体在空间中的定位和定向。在2008年7月21-25日的CMSC:Charlotte-Concord中,Kyle描述了一种用于以六个自由度测量目标的定位和定向的激光跟踪器极坐标测量系统。Kyle讨论了精确的横滚角感测的重要性。虽然Kyle讨论了实现横滚角测量的各种方式,但是用Kyle提出的方式实现精确的横滚角测量存在实际困难。

[0011] 制造商API(Radian和OT2与STS(智能跟踪传感器))、Leica(AT960和Tmac)和Faro提供了激光跟踪系统,其中一些可以测量目标的定位和定向的激光跟踪系统。这些系统以300Hz或1kHz或2kHz(取决于装备)测量定位。(关于STS和Tmac的)定向测量依赖于使用以当前最大的100Hz进行测量的2D相机的相应的视觉系统。加速度计数据,例如来自倾斜传感器

或INS (惯性导航系统) 的加速度计数据,可用于以高达1000Hz确定或预测或内插定向测量结果,但对于已知系统,定向精度可能被降低至0.01度(且甚至这种精度水平通常只能在100Hz时达到)。

[0012] Leica Tmac使用的框架均具有大约90度的视场。如果需要更大的视场,则必须使用多个Tmac框架,且激光跟踪器必须将其锁定从一个框架转移到另一个框架,这会导致转移期间的数据丢失。数据丢失的问题在于,在此期间,要么需要一个替代数据源(例如INS测量值),必须使用航位推算(dead reckoning),要么需要将转移控制为在不需要动态运动补偿时(例如,如果机器停止,或者在需要补偿的任务之间移动)进行转移。

[0013] 过去曾在US6049377中描述过API并制造了一种利用使用偏振光的横滚角传感器的STS。该传感器系统可以以300Hz提供数据,但横滚角精度仅为0.1度左右。STS的优点是具有360度的航向视场以及正负45度的高度视场。

[0014] 一些跟踪系统使用CCD或CMOS传感器来成像横滚角目标,但是这些传感器引入了延迟和延时,因为来自像素阵列的2D传感器数据必须逐个像素地被传输到微处理器,然后微处理器必须使用复杂的视觉算法来确定目标位置,且从而确定横滚角。所使用的视觉算法通常花费一些时间,通常超过10ms或甚至100ms。

[0015] 迄今为止描述的所有激光跟踪器在测量横滚角时都存在数据速率和/或延时差和/或精度低的问题。因此,希望提供一种具有改进的横滚角测量的跟踪系统,以允许在六个自由度(6DOF)下快速确定跟踪目标相对于跟踪底座的定位和定向。

[0016] 正是在这种背景以及与之相关的问题和困难下,开发了本发明。

[0017] 发明概述

[0018] 在一种广泛的形式中,本发明寻求提供一种用于跟踪物体在环境中的定位和定向的跟踪系统,跟踪系统包括:

[0019] a) 跟踪底座,跟踪底座被定位于环境中;

[0020] b) 跟踪目标,跟踪目标能够安装到物体,其中在使用中,跟踪底座通过以下方式链接到跟踪目标:

[0021] i) 在跟踪底座和跟踪目标之间传输的双向光束;以及,

[0022] ii) 在跟踪底座和跟踪目标之间传输的单向光束,所述单向光束平行于双向光束;以及,

[0023] c) 至少一个控制器,该至少一个控制器被配置为确定跟踪目标相对于跟踪底座的横滚角,横滚角至少部分地是通过从传感器接收的信号来确定的,传感器被容纳在跟踪底座和跟踪目标中的至少一者中,传感器检测单向光束。

[0024] 在一个实施例中,传感器测量单向光束相对于传感器的表面上的基准定位的位移。

[0025] 在一个实施例中,横滚角是从所测量的位移确定的。

[0026] 在一个实施例中,单向光束穿过光学安装件,光学安装件被安装在跟踪底座和跟踪目标中的至少一者上用于围绕与双向光束同轴的旋转轴进行受控旋转,并且其中,控制器被配置为控制光学安装件的旋转,以便保持在跟踪底座和跟踪目标之间传输的单向光束的链接,并且其中,受控旋转的角度是通过控制器来确定的并且从受控旋转的角度导出横滚角数据。

[0027] 在一个实施例中,传感器容纳在光学安装件中,并且其中,传感器提供与单向光束入射在传感器的表面上的位置成比例的信号。

[0028] 在一个实施例中,控制器:

[0029] a) 接收来自传感器的信号;

[0030] b) 处理该信号以确定单向光束在传感器表面上的位置;以及,

[0031] c) 使光学安装件根据经处理的信号围绕旋转轴旋转,以便将单向光束定位在传感器表面的中心,并保持跟踪底座和跟踪目标之间传输的单向光束的连接。

[0032] 在一个实施例中,马达耦合到光学安装件,并且其中,控制器被配置成控制马达以旋转光学安装件并将光学安装件与单向光束对准。

[0033] 在一个实施例中,所述受控旋转的角度是通过所述控制器从角度编码器中确定的,并且从所述受控旋转的角度导出横滚角数据。

[0034] 在一个实施例中,所述受控旋转的角度包括通过来自传感器的测量信号确定的跟随误差校正。

[0035] 在一个实施例中,所述受控旋转的角度是从马达控制数据确定的。

[0036] 在一个实施例中,跟踪底座是激光跟踪器,并且跟踪目标是主动目标,主动目标被配置为跟踪跟踪底座以便保持在激光跟踪器和主动目标之间传输的双向光束的连接。

[0037] 在一个实施例中,跟踪底座包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座的第一头部单元,并且其中,跟踪目标包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座的第二头部单元,并且其中,两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕这两个头部单元的相应的所述两个轴旋转,以保持所述双向光束的连接。

[0038] 在一个实施例中,第一头部单元围绕垂直于双向光束的方向延伸的第一万向节(gimbal)轴安装到第一万向节,第一万向节围绕垂直于第一万向节轴延伸的第一底座轴安装到第一底座,并且第二头部单元围绕垂直于双向光束的方向延伸的第二万向节轴安装到第二万向节,第二万向节围绕垂直于所述第二万向节轴延伸的第二底座轴安装到第二底座。

[0039] 在一个实施例中,单向光束源位于跟踪底座中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于跟踪目标上,光学安装件还包括所述传感器以检测单向光束。

[0040] 在一个实施例中,单向光束源位于跟踪目标中以产生单向光束,并且所述光学安装件位于跟踪底座上,光学安装件还包括所述传感器以检测单向光束。

[0041] 在一个实施例中,单向光束源位于光学安装件中以产生单向光束,并且光学安装件位于跟踪目标上,并且跟踪底座包括所述传感器以检测单向光束。

[0042] 在一个实施例中,单向光束源位于光学安装件中以产生单向光束,并且光学安装件位于跟踪底座上,并且跟踪目标包括所述传感器以检测单向光束。

[0043] 在一个实施例中,光学安装件位于环形构件上,该环形构件被布置成围绕旋转轴(即,双向光束的传输轴线)进行受控旋转。

[0044] 在一个实施例中,传感器是定位位移传感器(PDS)。

[0045] 在另一种广泛的形式中,本发明寻求提供一种使用跟踪系统跟踪物体在环境中的定位和定向的方法,该跟踪系统包括:

[0046] a) 跟踪底座,跟踪底座被定位于环境中;

[0047] b) 跟踪目标,跟踪目标能够安装到物体,其中,在使用中,跟踪底座通过以下方式链接到跟踪目标:

[0048] i) 在跟踪底座和跟踪目标之间传输的双向光束;以及,

[0049] ii) 在跟踪底座和跟踪目标之间传输的单向光束,所述单向光束平行于双向光束;以及,其中,该方法包括在至少一个控制器中:

[0050] (1) 从容纳在跟踪底座和跟踪目标中的至少一者中的检测单向光束的传感器接收信号;以及,

[0051] (2) 至少部分地使用所接收的信号来确定跟踪目标相对于跟踪底座的横滚角。

[0052] 在一个实施例中,该方法包括在该至少一个控制器中:

[0053] a) 使用所接收的信号来确定单向光束相对于传感器的表面上的基准定位的位移;以及,

[0054] b) 使用所确定的位移来确定横滚角。

[0055] 在一个实施例中,跟踪系统包括光学安装件,单向光束穿过光学安装件,光学安装件安装在跟踪底座和跟踪目标中的至少一者上,光学安装件容纳传感器并且被配置成围绕与双向光束同轴的旋转轴进行受控旋转,并且其中,该方法还包括在该至少一个控制器中:

[0056] a) 处理从传感器接收的信号,以确定单向光束入射在传感器表面上的位置;以及,

[0057] b) 使光学安装件根据经处理的信号围绕旋转轴旋转,以便将单向光束定位在传感器表面的中心并保持在跟踪底座和跟踪目标之间传输的单向光束的链接。

[0058] 本发明为工业和建筑机器人的动态测量和控制(特别是那些具有主动或动态运动补偿和稳定的动态测量和控制)提供了优势。本发明还提供了主动目标传感器的精确实时横滚角测量,克服了上述背景技术中的不足。

[0059] 因此,在一个方面,本发明单独提供了一种具有主动目标的改进的激光跟踪器。该激光跟踪器具有已知的初级激光束跟踪装置以及航向角和高度角测量装置,并且另外设置有第二激光束以提供横滚角参考。主动目标使用已知手段来跟踪初级激光束和测量航向角和高度角。在一个优选实施例中,主动目标还设置有激光定位位移传感器(PDS),该激光定位位移传感器(PDS)被安装成围绕与初级激光跟踪器光束重合的受控横滚轴旋转,使得横滚轴旋转以使PDS归零,从而提供横滚角。

[0060] 在替代实施例中,主动目标还设置有激光定位位移传感器(PDS),该PDS测量横滚光束相对于基准定位的位移,从而提供横滚角。这种布置的优点是不需要主动横滚轴,但需要更大的PDS,并且如果PDS不延伸通过360度,则会限制可测量到的横滚角。如果使用大的PDS,则会降低横滚角精度。对于小横滚角,可以使用更小且更精确的PDS。

[0061] PDS(定位位移传感器)是一种模拟设备,其提供与入射激光束的中心的位置成比例的实时信号。商业上可获得的PDS具有良好的重复性和模拟分辨率,且具有低噪声和优于传感器尺寸的0.1%的精度。通过使用小传感器,定位精度高。在优选实施例中,PDS信号被用作反馈以控制横滚轴,以保持横滚激光束在PDS上居中。PDS测量结果可由控制系统通过ADC(模数转换器)读取,ADC可在控制器的循环控制速率下操作,从而有效地消除延时。

[0062] 激光跟踪器连接到网络(例如,现场总线网络,诸如Ethercat)并与之通信,且主动目标连接到相同网络并与之通信。优选地,用于移动轴的伺服驱动器直接连接到网络,并由该网络控制,并在该网络上直接传送编码器测量结果。优选地,所有传感器都直接在网络上

进行通信。优选地,控制算法被实现为由联网的主PLC执行的库代码。通过这种方式,激光跟踪器和主动目标被紧密地集成,使得测量和基于这些测量进行的机器轴补偿控制之间的延时最小。

[0063] 为了控制在吊臂的末端上的机器人末端执行器定位和定向的主动动态补偿,需要具有低的或优选无延时(延迟)的快速数据。优选地,可以在40m半径的整个工作包络内,以1kHz、以0.001度的定向精度、且以大约0.2mm的绝对定位精度来提供测量结果。优选地,定向传感器连续工作。优选地,该系统提供具有低噪声的测量数据,使得运动补偿系统不会受到振动噪声的影响。优选地,测量具有低的延时,使得运动补偿没有太大的滞后,并提供及时的定位校正。

[0064] 根据本发明的一个方面,提供了一种定位和定向测量装置,其具有第一头部单元和第二头部单元,所述第一头部单元和所述第二头部单元在使用中通过在第一头部单元和第二头部单元之间传输的双向光束链接;其中,所述第一头部单元和所述第二头部单元在使用中通过在第一头部单元和第二头部单元之间传输的与所述双向光束平行对准的单向光束链接,其中,所述单向光束穿过光学安装件,该光学安装件被安装在所述第一头部单元和所述第二头部单元中的至少一者上用于围绕与所述双向光束同轴的轴进行受控旋转,其中,控制器保持所述受控旋转,以便保持在所述第一头部单元和所述第二头部单元之间传输的所述单向光束的链接,并且所述受控旋转的角度通过所述控制器来确定,并且从所述受控旋转的角度导出横滚角数据。以这种方式,如果所述第一头部单元和所述第二头部单元中的一个围绕所述双向光束的名义轴(notional axis)旋转,则控制器旋转光学安装件以保持单向光束的连接,并且可以以非常小的延时来确定横滚角。

[0065] 在一个实施例中,控制器优选地通过控制直接驱动无刷AC伺服马达来旋转和精确对准光学安装件、并且使用传感器(优选定位位移传感器)来精确地定位单向光束的中心,而保持所述受控旋转,以便保持在所述第一头部单元和所述第二头部单元之间传输的所述单向光束的链接,。

[0066] 在一个实施例中,所述受控旋转的角度是由所述控制器从角度编码器中确定的,并且从所述受控旋转的角度导出横滚角数据。

[0067] 在一个实施例中,所述受控旋转的角度包括由来自传感器的测量信号确定的跟随误差校正。

[0068] 在一个实施例中,优选地,所述受控旋转的角度是从步进马达控制数据确定的。

[0069] 在一个实施例中,双向光束是优选地从所述第一头部单元传输并被所述第二头部单元反射回来的后向反射布置。为了最大的精度,双向光束和单向光束应该是非发散的,例如来自相干源或激光元件(例如激光发射二极管)的光束。

[0070] 在一个实施例中,双向光束通常在激光跟踪器发送器/接收器单元和激光跟踪器中使用的主动目标之间传输。第一头部单元可以包含激光跟踪器发送器/接收器单元,第二头部单元可以包含主动目标。定位和定向数据以已知方式从激光跟踪器获得,并由控制器确定的横滚角数据补充。

[0071] 在一个实施例中,所述第一头部单元围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座,所述第二头部单元围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座。两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕这两个头部单元的相应的所述两个轴旋转,以保持所述第

一双向光束的链接。在每个头部单元中可以存在单个头部单元控制器或单独的头部单元控制器。为了保持单向光束的链接,控制器保持受控旋转的功能可以被结合到一个或两个头部单元控制器中。

[0072] 在一个实施例中,每个头部单元典型地(尽管不是必须的——任何枢转安装件都可以工作)围绕万向节轴安装到万向节,允许形成双向光束的透射光束或反射光束的姿态或高度由所述控制器调整。万向节通常围绕垂直于其底座的平面延伸的底座轴安装到其底座(第一底座或第二底座,视情况而定),但是这是一个相对的概念。

[0073] 在一个实施例中,所述第一底座安装成其底座轴竖直延伸,并且第一头部单元围绕水平轴安装到其万向节。控制器可以控制万向节绕底座轴的旋转,并控制第一头部单元围绕其水平轴的旋转,以便瞄准从第一头部单元发出的光束,从而找到第二头部单元中的反射器。

[0074] 在一个实施例中,所述第二底座安装成其底座轴名义上竖直延伸,但是由于第二底座所安装到的机器人臂的操作,该轴可能偏离竖直方向。第二头部单元围绕垂直于第二底座轴的万向节轴安装到其万向节。控制器控制万向节围绕第二底座轴的旋转,并控制第二头部单元围绕其万向节轴的旋转,以便接收从第一头部单元发出的光束,并通过控制围绕底座轴和万向节轴的所有旋转,将光束反射回第一头部单元并建立双向光束。

[0075] 在一个实施例中,所述第一头部单元围绕垂直于所述双向光束的方向延伸的第一万向节轴安装到第一万向节,所述第一万向节围绕垂直于所述第一万向节轴延伸的第一底座轴安装到所述第一底座;并且所述第二头部单元围绕垂直于所述双向光束的方向延伸的第二万向节轴安装到第二万向节,所述第二万向节围绕垂直于所述第一万向节轴延伸的第一底座轴安装到第二底座。

[0076] 在一个实施例中,另一个单向光束优选地从第一头部单元中或第一头部单元上的固定定位传输,与双向光束平行传输。该单向光束被位于光学安装件中的检测器接收。在一个实施例中,如果第二底座轴偏离竖直方向,则光学安装件可以由控制器可控地旋转,使得检测器找到该单向光束(因为该单向光束平行于双向光束行进),并且控制器可以通过测量光学安装件的旋转来导出第二头部单元的横滚数据以及它所附接到的部件(例如,机器人臂、末端执行器的基部或者实际上末端执行器的一部分)。在实践中,一旦双向光束被建立,并且单向光束被检测到,控制器就可以将光学安装件致动为随着机器人臂的移动而连续地跟随单向光束,并且提供连续的横滚数据。

[0077] 上面段落中的布置可以变化,其中该另一个单向光束可以优选地从第二头部单元中或第二头部单元上的固定定位传输,并且光学安装件可以安装成在第一头部单元上进行受控旋转。

[0078] 通过将用于单向光束的检测器安装在固定定位中,可以改变任一布置,并且单向光束可以安装在光学安装件内。

[0079] 在非典型应用中,第一底座可以安装在机器人臂上,并且第一底座轴可以不必竖直设置,但是第一万向节轴将总是垂直于第一底座轴设置。第二头部单元可以随其第二底座一起安装在地面上,且其第二底座轴竖直设置。

[0080] 在所有情况下,用于建立双向光束和单向光束的光束都垂直于安装它们的头部单元的万向节轴传输。

[0081] 所有的角度测量可以由角度编码器进行,该角度编码器或者与被控制以保持所述第一头部单元和所述第二头部单元之间的光束链接的驱动马达相关联,或者与旋转部件围绕连接的轴相关联。

[0082] 在一个实施例中,单向光束源位于所述第一头部单元中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述第二头部单元上并包括检测器以检测所述单向光束。

[0083] 在一个实施例中,单向光束源位于所述第二头部单元中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于所述第一头部单元上,并且包括检测器以检测所述单向光束。

[0084] 在一个实施例中,产生所述单向光束的单向光束源位于所述光学安装件中,并且所述光学安装件位于所述第二头部单元上,并且所述第一头部单元包括检测器以检测所述单向光束。

[0085] 在一个实施例中,产生所述单向光束的单向光束源位于所述光学安装件中,并且所述光学安装件位于所述第一头部单元上,并且所述第二头部单元包括检测器以检测所述单向光束。

[0086] 在一个实施例中,所述光学安装件位于环形构件上,该环形构件被布置成与所述双向光束的行进范围同轴地受控旋转。

[0087] 在一个实施例中,所述双向光束沿着所述轴传输。

[0088] 应当理解,本发明的宽泛形式及其相应的特征可以结合使用、可交替地使用和/或独立使用,并且对单独的宽泛形式的提及并不旨在进行限制。

[0089] 附图简述

[0090] 现在将参照附图来描述本发明的示例,在附图中:-

[0091] 图1A是用于在环境中执行交互的具有机器人组件以及定位和定向跟踪系统的系统的示意图;

[0092] 图1B是具有跟踪底座和跟踪目标的定位和定向跟踪系统的第一示例的示意性透视图;

[0093] 图1C至图1D是来自图1B的定位和定向跟踪系统的跟踪目标的示意性前视图,其分别示出了具有零度和 α 度横滚角的目标;

[0094] 图2是用于在定位和定向跟踪系统的第二示例中使用的跟踪底座的示例的示意性透视图;

[0095] 图3是图2的跟踪底座的内部组成部分的示意图;

[0096] 图4是用于在定位和定向跟踪系统的第二示例中使用的跟踪目标的示例的示意性透视图;

[0097] 图5是示出图4的跟踪目标的内部组成部分的示意性横截面视图;

[0098] 图6是定位和定向跟踪系统的第三示例的示意性透视图;

[0099] 图7是示出图6的跟踪目标的内部组成部分的示意图;以及,

[0100] 图8是用于跟踪物体在环境中的定位和定向的示例过程的流程图。

[0101] 优选的实施例的详细描述

[0102] 现在将参照图1A至图1D描述用于跟踪物体在环境中的定位和定向的跟踪系统10的示例。

[0103] 在该示例中,应当理解,跟踪系统10通常形成用于在环境中执行交互的系统100的

一部分。系统100可以包括例如机器人组件110,机器人组件110具有机器人底座111,机器人底座111支撑机器人臂112和被编程为在环境E内执行交互的末端执行器113。机器人组件110相对于环境E定位,在该示例中,环境E被示为2D平面,但是在实践中可以是任何配置的3D体积。在使用中,末端执行器113用于在环境E内执行交互,例如执行砌砖、物体操纵等。机器人底座111通常是可移动的机器人底座,其可以例如安装到可以在3-30m之间延伸的吊臂结构等,从而使得末端执行器113能够在大的工作体积内工作。被跟踪的物体可以是机器人组件110的任何部件,包括例如机器人底座111、机器人臂112和末端执行器113。

[0104] 为了清楚起见,应当理解,跟踪系统10通常能够跟踪机器人组件的移动,并且在一个特定示例中,能够跟踪机器人底座相对于环境的移动。在一个示例中,跟踪系统包括通常相对于环境E静态定位的跟踪底座11和安装在机器人底座111上的跟踪目标13,允许机器人底座111相对于环境E的定位和定向被确定。在其他示例中,跟踪器目标13可以定位在机器人组件110的另一部分上,包括例如在机器人部件(例如机器人臂112或末端执行器113)上,使得机器人的至少一部分的定位和定向被测量。

[0105] 术语“交互”旨在指在环境内发生的任何物理交互,并且包括与环境发生的物理交互或在环境上发生的物理交互。示例交互可以包括将材料或物体放置在环境内、从环境中移除材料或物体、移动环境内的材料或物体、修改、操纵或以其他方式与环境内的材料或物体接合、修改、操纵或以其他方式与环境接合等。

[0106] 术语“环境”是用来指在其内或其上执行交互的任何位置、区块、区域或体积。环境的类型和性质将根据优选的实现方式而变化,并且环境可以是离散的物理环境,和/或可以是逻辑物理环境,仅仅因为其是发生交互所在的体积而从周围环境中描绘出来。环境的非限制性示例包括建筑物或施工现场、交通工具的部件,例如轮船甲板或卡车的装载托盘、工厂、装载现场、地面工作区域等。

[0107] 机器人臂是可编程机械操纵器。在本说明书中,机器人臂包括多轴关节臂、并联运动学机器人(例如Stewart平台、Delta机器人)、球形几何机器人、笛卡尔机器人(具有直线运动的正交轴机器人)等。

[0108] 吊臂是细长支撑结构,例如具有或不具有杆或铲斗、具有或不具有伸缩元件的回转吊臂、伸缩吊臂、伸缩铰接式吊臂。示例包括起重机吊臂、推土机吊臂、卡车起重机吊臂,其都具有或不具有线缆支撑的或线缆加固的元件。吊臂还可以包括高架门架(overhead gantry)结构或悬臂门架(cantilevered gantry)或受控拉伸桁架(吊臂可以不是吊臂,而是多线缆支撑的并联运动学起重机(见PAR系统,拉伸桁架-Chernobyl起重机))或可在空间中平移定位的其他可移动臂。

[0109] 末端执行器是被设计成与环境交互的在机器人臂的末端处的设备。末端执行器可以包括夹持器、喷嘴、喷砂器、喷枪、扳手、磁铁、焊炬、割炬、锯、铣刀、镗铣刀(router cutter)、液压剪机、激光器、铆接工具等等,并且对这些示例的提及并非旨在进行限制。

[0110] 应当理解,为了控制机器人组件110将末端执行器113精确地定位在期望的位置处以便在环境内执行交互,必须能够精确地确定机器人组件上参考点的定位和定向。

[0111] 在该示例中,跟踪系统10包括被定位于环境中的跟踪底座11和能够安装到物体的跟踪目标13。在使用中,跟踪底座11通过在跟踪底座11和跟踪目标13之间传输的双向光束17以及在跟踪底座11和跟踪目标13之间传输的单向光束31链接到跟踪目标13,所述单向光

束31平行于双向光束17。双向光束17(例如激光束)通常从跟踪底座11传输到跟踪目标13。跟踪目标13被配置成将光束反射回跟踪底座11。这使得能够确定跟踪底座11和跟踪目标13之间的距离,并且随着跟踪底座11的摇动(pan)和倾斜,可以确定跟踪目标13的位置。跟踪目标13通常包括用于俯仰和偏航的致动器,以便相互地跟踪跟踪底座11并保持锁定在双向光束17上。

[0112] 单向光束31(或横滚光束)提供横滚角参考。在这点上,跟踪系统10还包括至少一个控制器66,其被配置为确定跟踪目标13相对于跟踪底座11的横滚角,该横滚角至少部分地由从传感器接收的信号来确定,该传感器容纳在跟踪底座11和跟踪目标13中的至少一者中,检测单向光束31。该至少一个控制器66可以是专用的跟踪系统控制器,或者替代地,控制器66可以是机器控制器,其也控制目标所安装到的机器人等的移动。

[0113] 该至少一个控制器66通常包括电子处理设备,该电子处理设备结合存储的指令来操作,并且该电子处理设备操作以从跟踪底座和跟踪目标接收信号,处理信号以确定定位和定向数据,并且为诸如马达等的致动器生成控制信号以执行光束操纵(steering)并且保持底座和目标之间的相应光束的链接。电子处理设备可以包括任何电子处理设备,例如微处理器、微芯片处理器、逻辑门配置、可选地与实现逻辑(例如FPGA(现场可编程门阵列))相关联的固件、或者任何其他电子设备、系统或布置。

[0114] 典型地,传感器是定位位移传感器(PDS),它是一种模拟设备,提供与入射激光束的中心在其表面上的位置成比例的实时信号。商业上可获得的PDS具有良好的重复性和模拟分辨率,具有低噪声且优于传感器尺寸的0.1%的精度。通过使用小传感器,定位精度高。PDS测量结果可由控制系统通过ADC(模数转换器)读取,ADC可在控制器的循环控制速率下操作,从而有效地消除延时。

[0115] 上述跟踪系统10提供了改进的横滚角测量,该改进的横滚角测量提供了许多优点。首先,增加了横滚的定向测量精度,使得能够根据传感器尺寸实现大约0.001度或更优的精度。这又可以在40m半径的整个工作包络内实现大约0.2mm的绝对定位精度。这显著优于当前可获得的激光跟踪系统能够达到的0.1或0.01度。这一点很重要,因为末端执行器离跟踪目标的安装定位越远,由于定向测量误差导致的末端执行器定位误差就越大。

[0116] 此外,可以以至少1kHz提供这种精确程度的测量,因为横滚测量结果可以以控制器的循环速率读取,控制器的循环速率例如可以具有1ms的时钟周期。因此,可以实现具有最小延时的非常精确和连续的横滚测量,这使得能够实现实时动态运动补偿。为了控制在可移动吊臂的末端上的机器人末端执行器定位和定向的动态运动补偿,需要具有低延时(或延迟)或优选无延时(或延迟)的快速数据。通过减小延时,运动补偿没有太大的滞后,并提供及时的定位和定向校正。最后,跟踪系统还能够提供低噪声的测量数据,使得运动补偿系统不会受到振动噪声的影响。

[0117] 现在将描述另外的许多特征。

[0118] 在一个示例中,传感器测量单向光束相对于传感器的表面上的基准定位的位移。然后,从所测量的位移确定横滚角。如果只需要测量小的横滚角(例如几度),那么可以使用足够小的传感器(例如PDS)来提供大约0.001度或更优的高精度测量。然而,在目标可能经历大量横滚的系统中,将需要更大的PDS,并且如果PDS不延伸通过360度,则会限制可以测量到的横滚角。如果使用大的PDS,也会降低横滚角精度。然而,对于横滚为最小的系统,这

种实现方式是简单直接的,因为它需要其他布置需要的任何移动部件,这将在下面描述。

[0119] 在图1B至图1D所示的示例中,单向光束31穿过光学安装件37,该光学安装件37安装在跟踪底座11和跟踪目标13中的至少一者(在该实例中是跟踪目标13)上,用于围绕与双向光束17同轴的旋转轴进行受控旋转,并且其中,控制器被配置成控制光学安装件37的旋转,以便保持在跟踪底座11和跟踪目标13之间传输的单向光束31的连接,并且其中,受控旋转的角度由控制器确定,并且从受控旋转的角度导出横滚角数据。

[0120] 典型地,传感器容纳在光学安装件中,并且其中,传感器提供与单向光束入射在传感器的表面上的位置成比例的信号。在图1C中,跟踪目标13被示为处于名义上的直立定位,其中光学安装件37相对于跟踪头单元57的曲面39居中设置,光学安装件37围绕该曲面39旋转。该定位指示零横滚角。在图1D中,跟踪目标13被示为具有横滚角 α 。可以看出,当跟踪目标13横滚时(例如,由于其所安装到的物体经历横滚),光学安装件37围绕与双向光束17重合的横滚轴沿相反方向旋转。光学安装件37旋转以确保单向光束37始终保持在传感器的中心,这使PDS归零。

[0121] 典型地,控制器从传感器接收信号,处理信号以确定单向光束入射在传感器表面上的位置;并且,使光学安装件根据经处理的信号围绕旋转轴旋转,以便将单向光束定位在传感器表面的中心,并保持在跟踪底座和跟踪目标之间传输的单向光束的连接。

[0122] 在这点上,马达可以耦合到光学安装件,并且其中,控制器被配置成控制马达以旋转光学安装件并且将光学安装件与单向光束对准。

[0123] 指示横滚角的受控旋转的角度可以以至少两种方式来确定。在一个示例中,所述受控旋转的角度由所述控制器从角度编码器中确定,并且横滚角数据从所述受控旋转的角度导出。替代地,所述受控旋转的角度从马达控制数据来确定。此外,所述受控旋转的角度可以包括由来自传感器的测量信号确定的跟随误差校正。

[0124] 应当理解,优选地,跟踪底座是激光跟踪器,并且跟踪目标是主动目标,该主动目标被配置成跟踪跟踪底座以便保持在激光跟踪器和主动目标之间传输的双向光束的连接。

[0125] 典型地,跟踪底座包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第一底座的第一头部单元,并且其中,跟踪目标包括围绕彼此垂直的两个轴安装到第二底座的第二头部单元,其中,两个头部单元中围绕两个轴的旋转由头部单元控制器控制成围绕它们相应的所述两个轴旋转,以保持所述双向光束的连接。第二头部单元围绕其轴旋转以跟随第一头部单元的能力使得例如主动目标能够确定其自身的偏航和俯仰。

[0126] 在一个示例中,第一头部单元围绕垂直于双向光束的方向延伸的第一万向节轴安装到第一万向节,第一万向节围绕垂直于第一万向节轴延伸的第一底座轴安装到第一底座;并且第二头部单元围绕垂直于双向光束的方向延伸的第二万向节轴安装到第二万向节,第二万向节围绕垂直于所述第二万向节轴延伸的第二底座轴安装到第二底座。虽然可以使用万向节系统(gimbal system),但在实践中任何合适的枢转安装件都可以用来安装跟踪底座和跟踪目标的相应头部单元。

[0127] 设想了跟踪系统的许多不同排列。

[0128] 在一种布置中,单向光束源位于跟踪底座中以产生所述单向光束,并且所述光学安装件位于跟踪目标上,该光学安装件还包括所述传感器以检测单向光束。

[0129] 在另一种布置中,单向光束源位于跟踪目标中以产生单向光束,并且所述光学安

装件位于跟踪底座上,该光学安装件还包括所述传感器以检测单向光束。

[0130] 在另一种布置中,单向光束源位于光学安装件中以产生单向光束,并且光学安装件位于跟踪目标上,并且跟踪底座包括所述传感器以检测单向光束。

[0131] 在又一种布置中,单向光束源位于光学安装件中以产生单向光束,并且光学安装件位于跟踪底座上,并且跟踪目标包括所述传感器以检测单向光束。因此,从上面将会理解,单向光束源(即横滚光束激光器)可以位于跟踪底座或跟踪目标中,并且光学安装件和传感器同样如此。

[0132] 光学安装件也可以以多种方式布置。它可以是被配置成围绕一个头部单元的曲面旋转的壳体,或者替代地,光学安装件可以位于环形构件上,该环形构件被布置成围绕双向光束的传输轴线进行受控旋转。

[0133] 在另一种广泛的形式中,本发明提供了一种使用跟踪系统来跟踪物体在环境中的定位和定向的方法,该跟踪系统包括:被定位于环境中的跟踪底座;能够安装到物体的跟踪目标,其中在使用中,跟踪底座通过以下方式链接到跟踪目标:在其间传输的双向光束;以及在其间传输的单向光束,所述单向光束平行于双向光束;并且其中,该方法包括在至少一个控制器中:接收来自传感器的信号,该传感器容纳在跟踪底座和跟踪目标中的至少一者中,该传感器检测单向光束;以及至少部分地使用所接收的信号来确定跟踪目标相对于跟踪底座的横滚角。

[0134] 在一个示例中,该方法还包括在该至少一个控制器中:使用所接收的信号来确定单向光束相对于传感器的表面上的基准定位的位移;以及,使用所确定的位移来确定横滚角。

[0135] 在另一个示例中,跟踪系统包括光学安装件,单向光束穿过该光学安装件,该光学安装件安装在跟踪底座和跟踪目标中的至少一者上,该光学安装件容纳传感器并被配置用于围绕与双向光束同轴的旋转轴进行受控旋转,并且其中,该方法还包括在该至少一个控制器中:处理从传感器接收的信号以确定单向光束入射在传感器表面上的位置;以及,使光学安装件根据经处理的信号围绕旋转轴旋转,以便将单向光束定位在传感器表面的中心,并保持在跟踪底座和跟踪目标之间传输的单向光束的链接。

[0136] 现在将进一步详细地描述本发明的优选实施例。所有实施例都是改进的定位和定向测量装置,其具有激光跟踪器11形式的第一头部单元和主动目标传感器13形式的第二头部单元,结合了改进的横滚角测量。激光跟踪器11具有初级激光器15,初级激光器15生成初级激光束17,初级激光束17被主动目标传感器13反射回来,形成双向激光束。参考图3,激光跟踪器11包括单光束干涉仪19和反射镜21,其将初级激光束17的一部分反射到条纹计数器23,从条纹计数器23获取距离数据。50%分束器25将初级激光束17的一部分发送到双轴横向效应光电二极管或双轴定位位移传感器27,以导出用于“操纵”激光跟踪器初级激光束17的数据,以便精确地瞄准主动目标传感器13。

[0137] 激光跟踪器11还具有第二激光器29,第二激光器29被布置成将与初级激光束17平行的单向第二激光束31发送到位于主动目标传感器13上的横滚定位位移传感器33。在第一实施例中,横滚定位位移传感器33包括位于壳体37内的定位位移传感器35,壳体37被安装在用于旋转的曲面39上,使得定位位移传感器35随着初级激光束17旋转。安装在曲面39上的壳体37围绕与初级激光束17在被正确对准以由主动目标传感器13反射回来时的行进线

相同的轴线(即,传输轴线或横滚轴)旋转。曲面表示壳体37围绕其、围绕传输轴线进行120度旋转的表面,这使得该实施例适用于在横滚感测被限制为与壳体37的中心定位成正60度或负60度的应用中使用。角度编码器产生信号以指示壳体37被设置的角度,从而提供主动目标传感器13的横滚角测量结果。

[0138] 激光跟踪器11被支撑在轭41上,轭41在支撑件43上绕基本上竖直的航向轴线45旋转。轭41可旋转地支撑绕水平高度轴线49旋转的头部47。头部47包含初级激光器15、单光束干涉仪19和反射镜21、条纹计数器23、50%分束器25和传感器27,并支撑第二激光器29。

[0139] 激光跟踪器初级光束光学器件包括初级激光器15以及单光束干涉仪19和条纹计数器23,但是作为单光束干涉仪19和条纹计数器23的替代方案,可以包括飞行时间ADM(自动测距仪),或者两者的组合。激光跟踪器初级光束光学器件还包括50%分束器25和传感器27,如上面所讨论的,它们可以从双轴PDS(定位位移传感器)或双轴横向效应光电二极管管中选择,但是作为另一种替代方案,可以利用具有相关联的电路的CCD或CMOS传感器阵列。从传感器导出的数据被处理并被用于控制无刷AC伺服马达50,以相对于支撑件43移动轭41,并相对于轭41移动头部47。与伺服马达50相关联的角度编码器测量旋转的角度,并且除了从条纹计数器23数据的分析中确定的随后能够确定目标的定位的距离数据之外,该数据还用于提供姿态和航向数据。尽管无刷AC伺服马达50是最优选的,但是替代实施例可以利用DC伺服马达或步进马达或其他合适的驱动马达。

[0140] 图2中示出了激光跟踪器11的替代实施例。这与图1B所示的激光跟踪器的不同之处仅在于轭41和头部47的更紧凑的形状和配置。

[0141] 在激光跟踪器11的两种布置中,横滚激光器(roll laser)29设置有校准装置,以使其光束31平行于初级激光束17,这将在制造期间进行调整的设置,而不期望在现场进行调整。

[0142] 往回参考图1B,主动目标传感器13具有安装到要被跟踪的目标对象的底座51(例如如图1A中所示的机器人底座111)。底座51可旋转地支撑绕第一轴线55旋转的轭53。轭53具有U形夹(clevis),其支撑头部57用于绕垂直于第一轴线55的第二轴线59旋转。头部57具有位于其顶部的曲面39。

[0143] 头部57支撑内部装备以感测初级激光束17。在图5和图7中示出了这两个不同实施例的细节。参考图5,在一种布置中,典型地,这可以包括具有针孔63的反射镜61,位于反射镜61后面的是双轴定位位移传感器65。反射镜61可以将初级激光束17的大部分反射回激光跟踪器11,同时初级激光束17的一些穿过针孔63到达双轴定位位移传感器65。来自定位位移传感器65的信号被馈送到控制器66,控制器66控制无刷AC伺服马达来控制轭53的定位和头部57的定位,使得反射镜61被对准以将初级激光束17反射回激光跟踪器11。

[0144] 在图4和图5中示出了主动目标传感器13的实施例。主动目标传感器13具有底座51,底座51安装到要被跟踪的目标对象(未示出)。底座51可旋转地支撑围绕第一轴线55旋转的轭53。轭53具有U形夹,其支撑头部57用于围绕垂直于第一轴线55的第二轴线59旋转。初级激光束17穿过窗口71到达用于感测和反射它的内部装备,该内部装备包括具有针孔63的反射镜61,位于该反射镜61后面的是双轴定位位移传感器65,如图5所示。窗口71安装在圆柱形外壳73的暴露端,环形外壳75被安装成围绕该圆柱形外壳73进行受控旋转,该环形外壳75具有供单向第二激光束31穿过以到达定位位移传感器35的窗口77。环形伺服马达79

在精确定位单向第二激光束31的定位位移传感器35的反馈控制下使环形外壳75围绕圆柱形外壳73横滚。环形伺服马达具有无刷外转式配置 (brushless outrunner configuration) (在CD驱动马达中的以及在模型汽车和模型飞行器等应用中使用的无刷电动机中的一种众所周知的配置), 并且包括偶数个永磁体81和多个 (三的倍数个) 电磁线圈83, 这些永磁体81附接到环形外壳75的内部并围绕该内部延伸 (环形外壳75优选是铁磁性的并且由钢构成), 以交替磁极方式布置 (即从布置成N极在内侧、S极在外侧的磁体开始, 然后相邻的磁体布置成S在内侧、N在外侧, 以此类推), 电磁线圈83被示意性地示出为缠绕在软铁或硅钢叠片87上的线圈85。在该应用中, 典型的环形伺服马达可以具有18个永磁体和9个电磁线圈, 这些电磁线圈被布置成三组, 每组三个线圈。角度编码器89包括安装在环形外壳75的背面上的编码器环91和安装在支撑件95上的编码器读取头93, 角度编码器89向控制器66提供精确的横滚角数据。

[0145] 控制器66使用来自定位位移传感器35的信号作为反馈信号来控制伺服马达79的运动, 以使环形外壳75绕其横滚轴横滚, 从而使来自定位位移传感器35的信号归零。与环形外壳75相关联的角度编码器89向控制器66提供横滚角测量值。在其最简单的形式中, 横滚轴的速度与定位位移传感器35信号成比例, 使得当来自定位位移传感器35的值增加时, 横滚轴的速度与应用于反馈的比例增益成比例地增加, 从而将横滚轴和定位位移传感器35移向其零位置。在反馈控制的更复杂形式中, 可以在控制回路中应用差分增益和积分增益, 以使跟随误差最小化。

[0146] 基于来自定位位移传感器35的测量, 通过在角度编码器角度上加上跟随误差校正, 可以使横滚角测量更精确。定位位移传感器35可以通过围绕横滚轴旋转定位位移传感器35并将定位位移传感器35信号与编码器角度相关联来进行校准。校准通常是在制造期间或在实验室中进行的, 而不是在现场条件下进行的。

[0147] 图1A-1D、图4和图5中所示的主动目标传感器13的布置在实践中可能难以实现, 因为必须同时对准激光跟踪器11和主动目标传感器13。激光跟踪器11必须将双向光束17指向反射镜61, 反射镜61必须被对准以将双向光束17反射回激光跟踪器11。这使得设置变得困难。可选的摄像机 (未示出) 可以装配到激光跟踪器11或主动目标传感器13, 以帮助设置对准。这些摄像机可以连接到计算机视觉处理器, 以进行自动识别并将激光跟踪器17与主动目标传感器13对准, 反之亦然。一种更容易设置的替代方案需要用如图6和图7中所示的实施例中示出的后向反射器来替换反射镜61。

[0148] 参考图6, 示出了定位和定向跟踪系统的另一个实施例。定位和定向跟踪系统具有激光跟踪器11形式的第一头部单元和主动目标传感器13形式的第二头部单元。该实施例与前述实施例的不同之处在于, 横滚角测量被结合在激光跟踪器11中。

[0149] 激光跟踪器11具有初级激光器15, 初级激光器15生成初级激光束17, 初级激光束17被主动目标传感器13反射回来, 形成双向激光束。如图3所示, 用于初级激光束17的内部布置与第一实施例和第二实施例中的相同。然而, 第二激光器29被布置成发送与初级激光束17平行的单向第二激光束31, 第二激光器29被安装在环形外壳97中, 环形外壳97被安装成通过无刷AC伺服马达进行旋转。环形外壳97具有相关联的用于向控制器66发送横滚角数据的角度编码器89。第二激光束31被传输到位于主动目标传感器13中的横滚定位位移传感器33。一旦初级激光束17被激光跟踪器11和主动目标传感器13锁定, 环形外壳97就必须旋

转到正确的角度,以便横滚定位位移传感器33检测第二激光束31。

[0150] 与环形外壳97相关联的角度编码器89产生信号以指示环形外壳81设置的角度,从而提供对主动目标传感器13的横滚角测量。

[0151] 激光跟踪器11被支撑在轭41上,轭41在支撑件43上围绕基本上竖直的航向轴45旋转。轭41可旋转地支撑围绕水平高度轴49旋转的头部47。头部47包含初级激光器15、单光束干涉仪19和反射镜21、条纹计数器23、50%分束器25和传感器27,并将第二激光器29支撑在环形外壳97中。

[0152] 主动目标传感器13具有用于感测初级激光束17的替代布置,该替代布置包括针孔后向反射器99,双轴定位位移传感器92位于针孔后向反射器99之后。在替代实施例中,针孔后向反射器99可以用五棱镜代替。

[0153] 来自定位位移传感器92的信号被馈送到控制器66,控制器66控制步进马达来控制轭53的定位和头部57的定位,使得后向反射器99被对准以将初级激光束17反射回激光跟踪器11。从传感器27导出的数据由控制器66处理,并被用于控制无刷AC伺服马达50或DC伺服马达或步进马达或其他合适的驱动马达,以相对于支撑件43移动轭41,并相对于轭41移动头部47。与伺服马达50相关联的角度编码器测量旋转的角度,并且除了从条纹计数器23数据的分析中确定的距离数据之外,该数据还用于提供姿态和航向数据。轭53的定位和头部57的定位被定向成通过将在定位位移传感器92上的光束17调零而指向激光跟踪器11,并且来自角度编码器的数据将头部57的俯仰和偏航数据提供回控制器66。与定位位移传感器92和后向反射器87中的针孔的对准相关的指向方向的对准是在制造期间被校准的,并且通常不进行现场调整。双向激光束17被后向反射器99反射回激光跟踪器11。图7中所示的这种替代布置的优点在于,在头部57被定向成精确地往回指向激光跟踪器11之前,激光跟踪器11可以容易地对准以跟踪后向反射器99。一旦初级激光束17找到定位位移传感器92,并且在通过控制轭53的定位和头部57的定位的步进马达来对准头部57之前,使得后向反射器99被精确地对准以将初级激光束17反射回激光跟踪器11,初级激光束17以准确的直角入射到定位位移传感器89上并入射在其准确的中心位置处,头部57相对于图7所示的光束17和31的角度被显示在适当的位置。

[0154] 可选的摄像机(未示出)可以装配到激光跟踪器11或主动目标传感器13,以帮助初始设置对准。这些摄像机可以连接到计算机视觉处理器,以进行自动识别并将激光跟踪器17与主动目标传感器13对准,反之亦然。

[0155] 激光定位位移传感器可以在市场上购买到(例如从Hamar购买),或者作为分立的光学部件和硅芯片(例如来自On-Trak Photonics的)。定位位移传感器33、35设置有调整它们距初级光束轴的检测半径的装置,以精确地匹配横滚轴激光器距初级光束激光器的距离(或半径) R 。

[0156] 现在参考图8,现在将描述一种跟踪物体在环境中的定位和定向的方法。

[0157] 在该示例中,在步骤200,该方法包括在跟踪底座和跟踪目标之间传输双向光束。典型地,跟踪底座包括双向光束源,其朝向目标发射光束,目标将光束反射回跟踪底座。跟踪底座和跟踪目标都包括操控光束的致动器和通常位于目标中的反射镜,以保持在底座和目标之间的双向光束链接。

[0158] 在步骤210,该方法包括在跟踪底座和目标之间传输单向光束。典型地,跟踪底座

包括单向光束源,其朝向目标发射单向光束,确保单向光束平行于双向光束。单向光束入射到被容纳在目标(或底座,如果单向光束源位于目标中)中的传感器(例如,定位位移传感器)上。

[0159] 在步骤220,至少一个控制器从检测单向光束的传感器接收信号。传感器提供与单向光束入射到传感器的表面上的位置成比例的信号。当光束入射到传感器的中心时,PDS将归零。

[0160] 最后,在步骤230,该至少一个控制器至少部分地使用所接收的信号来确定横滚角。在这点上,信号可以直接指示横滚角,例如当传感器测量单向光束相对于其表面上的基准定位的位移并且从测量到的位移来确定横滚角的情况。在另一个示例中,信号被用作反馈,以可控地旋转光学外壳,传感器设置在该光学外壳中,该光学外壳旋转以便在目标横滚时使PDS归零。然后,从光学安装件的受控旋转量来确定横滚角。

[0161] 因此,在至少一个上述示例中,提供了一种跟踪系统,该跟踪系统为工业和建筑机器人的动态测量和控制(特别是那些具有主动或动态运动补偿和稳定的动态测量和控制)提供了优点。该跟踪系统提供了主动目标传感器的精确实时横滚角测量,克服了现有技术的不足,并且使得能够以至少0.001度的精度以1kHz来测量横滚角,这有助于在40m半径的整个工作包络内实现至少0.2mm的机器人末端执行器的绝对定位精度。横滚角测量可以连续进行,并且具有最小的延时,因此使得跟踪系统适用于需要动态运动补偿的机器人系统。

[0162] 在以下专利出版物和共同待审申请中描述了申请人技术的进一步细节:US8166727、PCT/AU2008/001274、PCT/AU2008/001275、PCT/AU2017/050731、PCT/AU2017/050730、PCT/AU2017/050728、PCT/AU2017/050739、PCT/AU2017/050738、PCT/AU2018/050698、AU2017902625、AU2017903310、AU2017903312、AU2017904002、AU2017904110、PCT/AU2018/050698、AU2018902566、AU2018902557、PCT/AU2018/050733、PCT/AU2018/050734、PCT/AU2018/050740、PCT/AU2018/050737和PCT/AU2018/050739,这些文件的内容通过交叉引用被并入本文。

[0163] 在整个本说明书和随附的权利要求中,除非上下文另有要求,否则措辞“包括(comprise)”以及变型例如“包括(comprises)”或“包括(comprising)”,将被理解为暗示包括陈述的整体或整体的组或步骤但不排除任何其他整体或整体的组。

[0164] 本领域的技术人员将认识到,多种变型和修改将变得明显。对本领域的技术人员变得明显的所有的这样的变型和修改应当被认为落在本发明在描述之前宽泛地表现的精神和范围内。

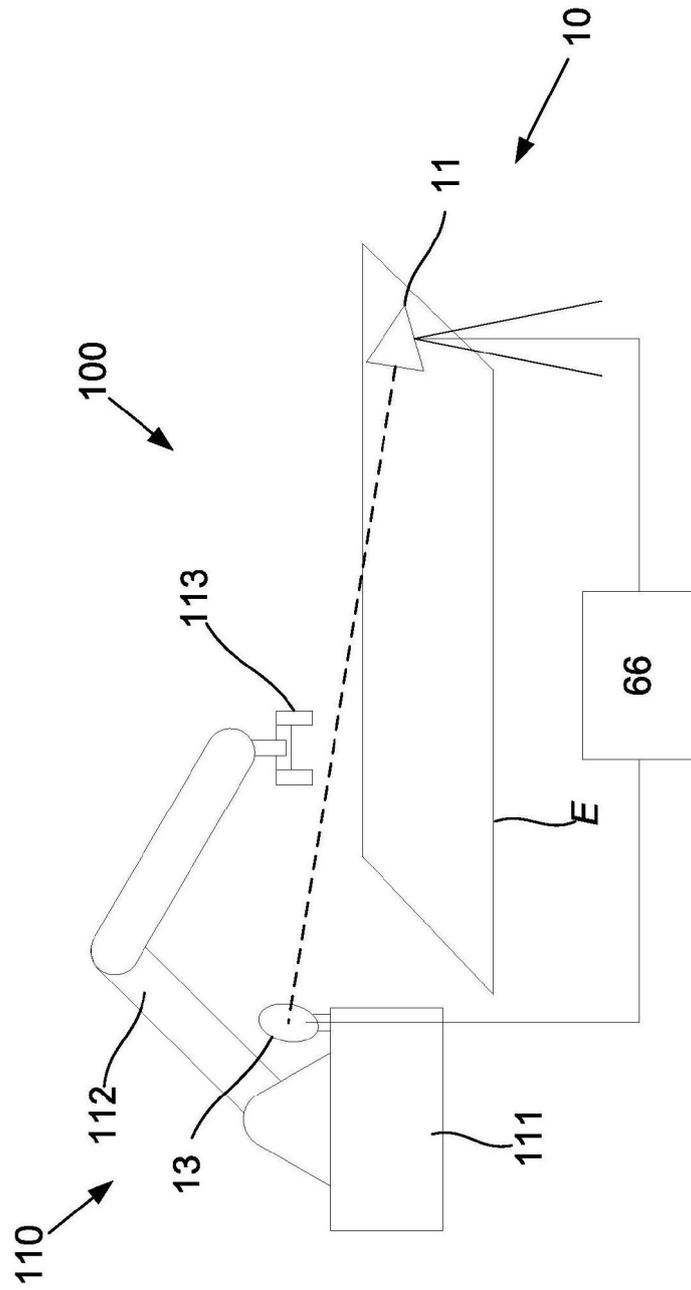


图1A

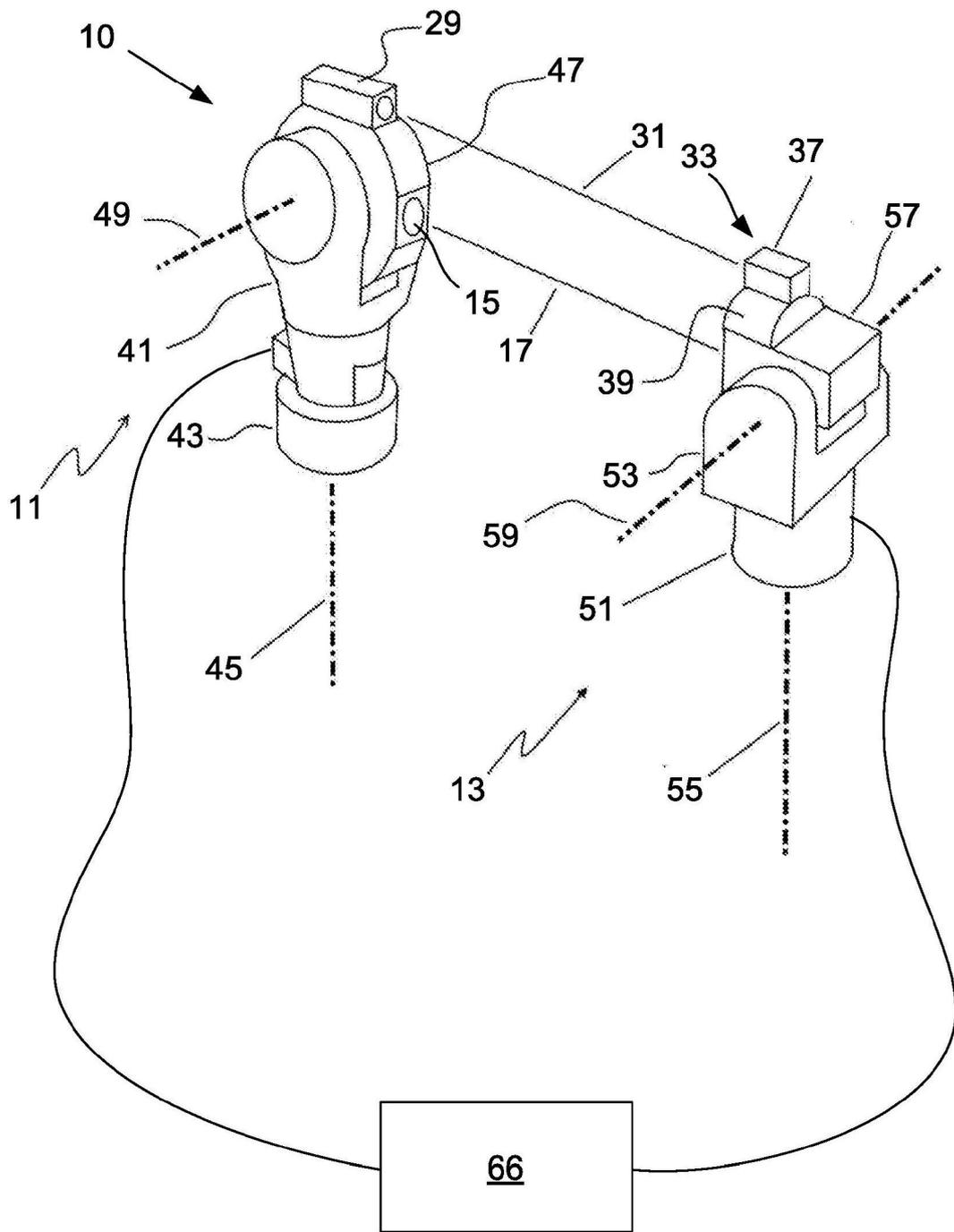


图1B

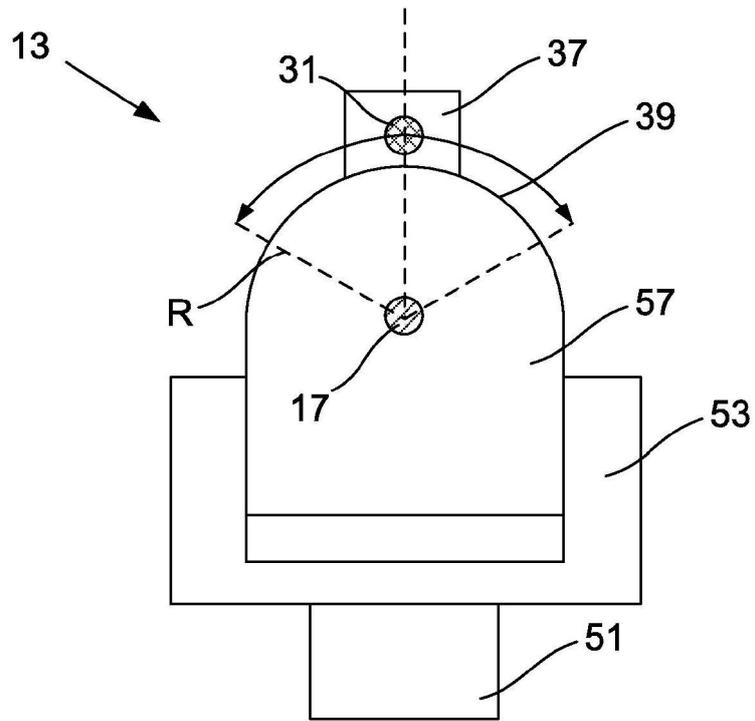


图1C

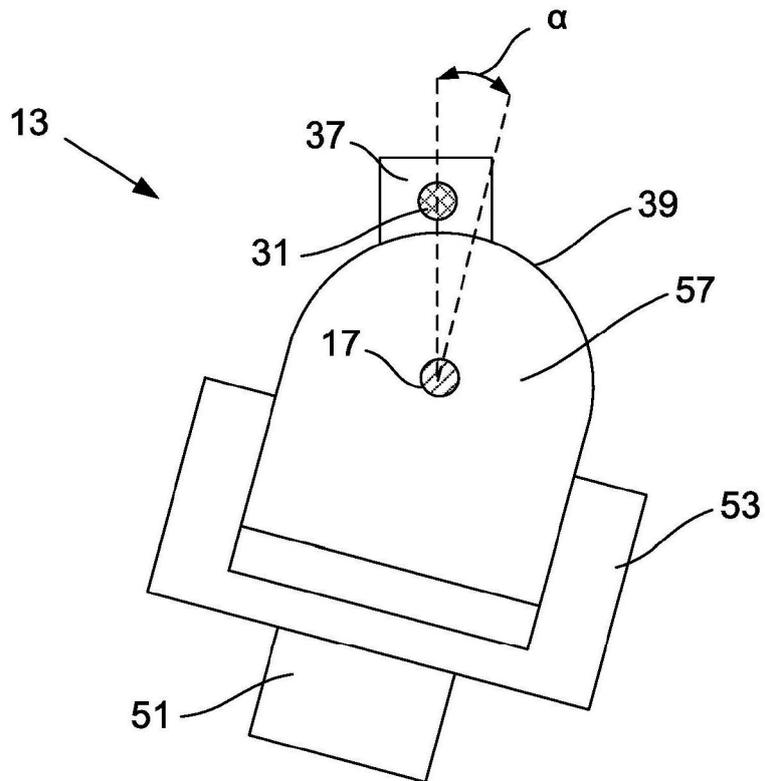


图1D

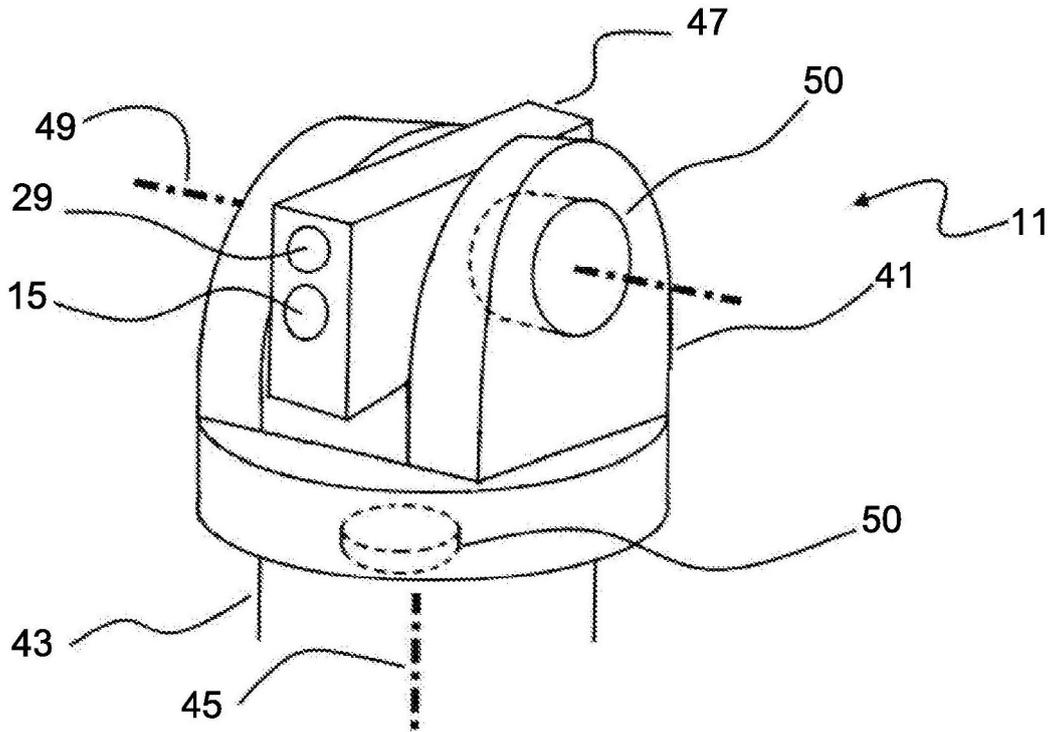


图2

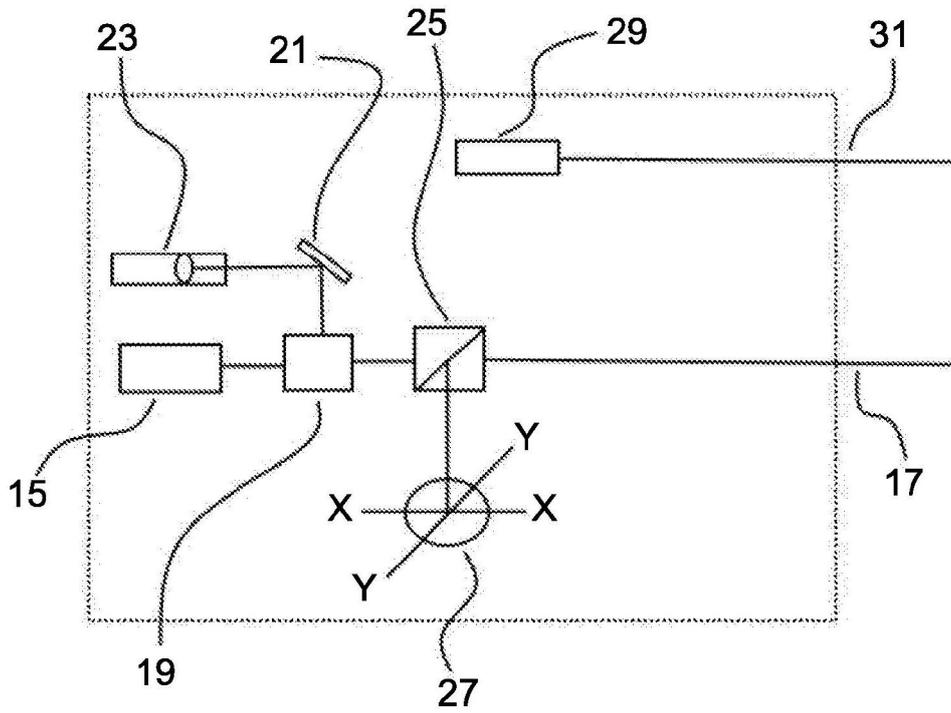


图3

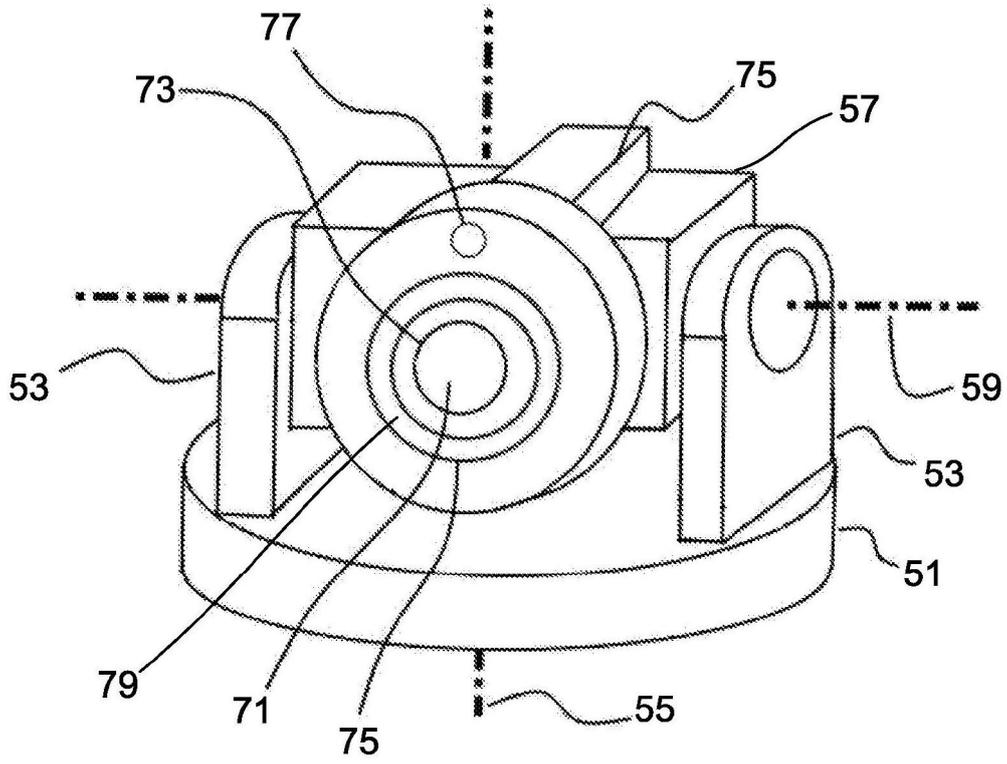


图4

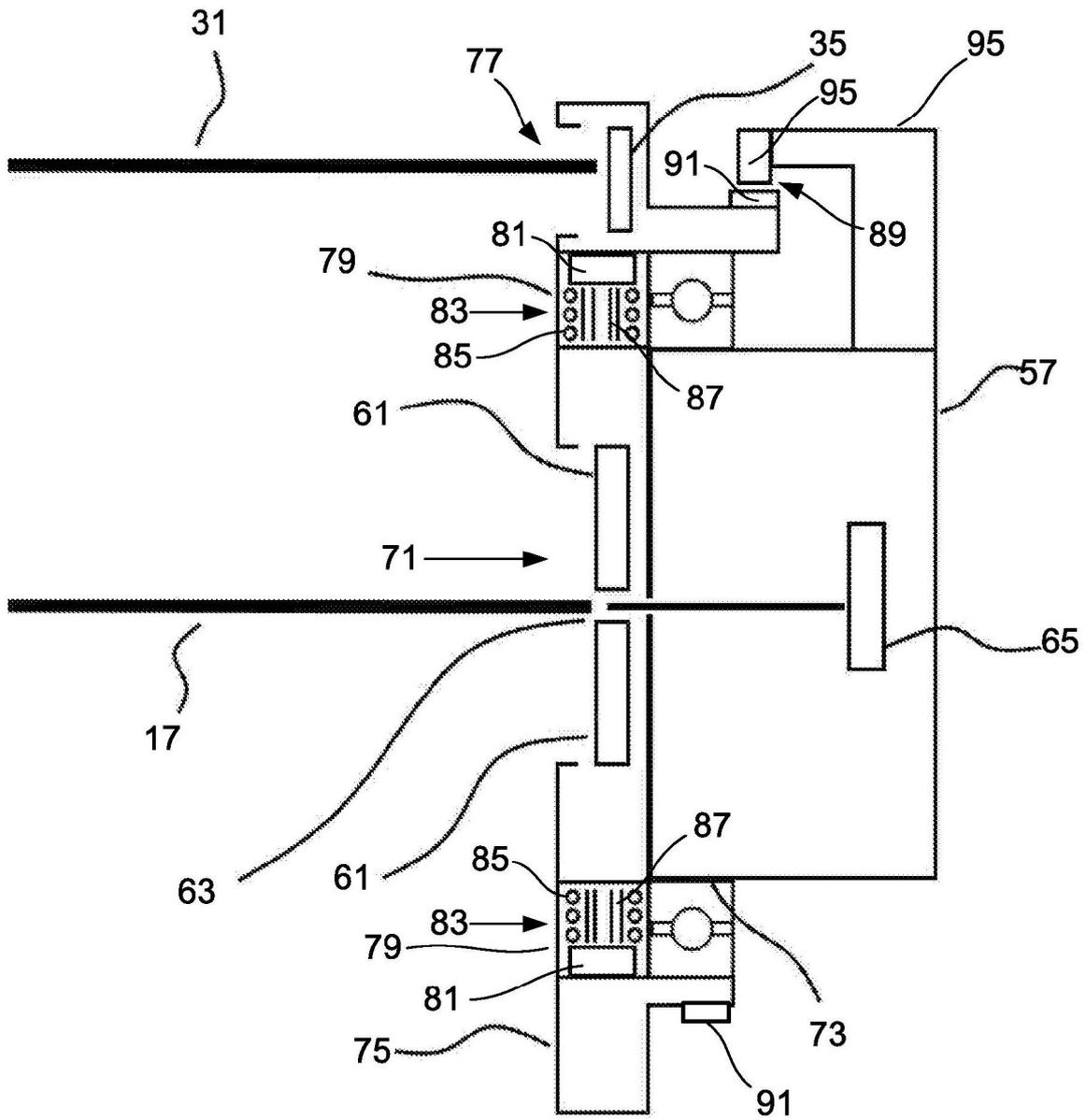


图5

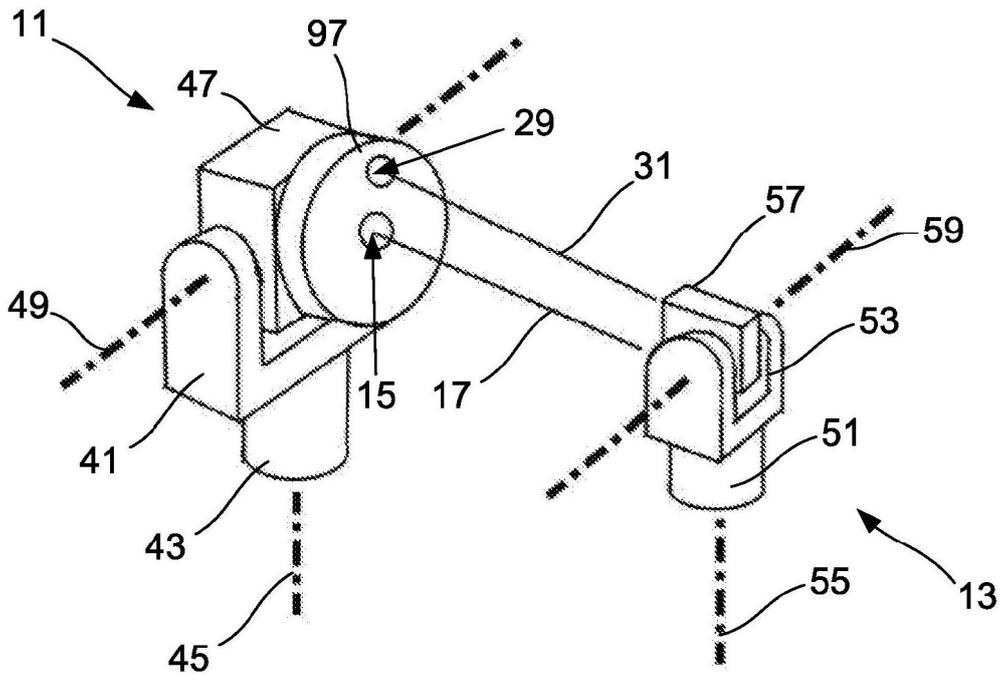


图6

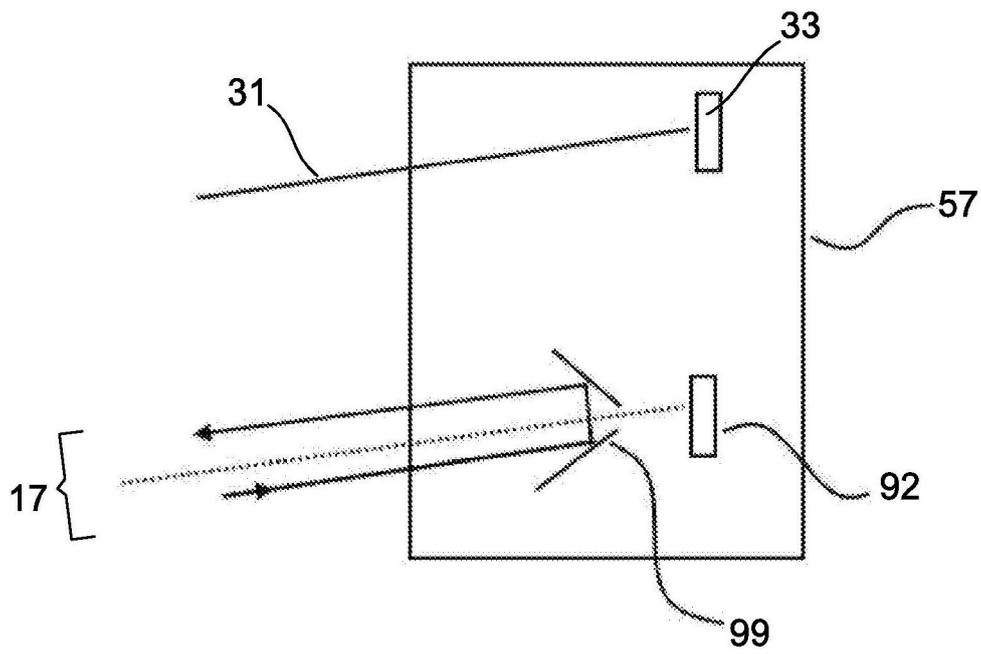


图7

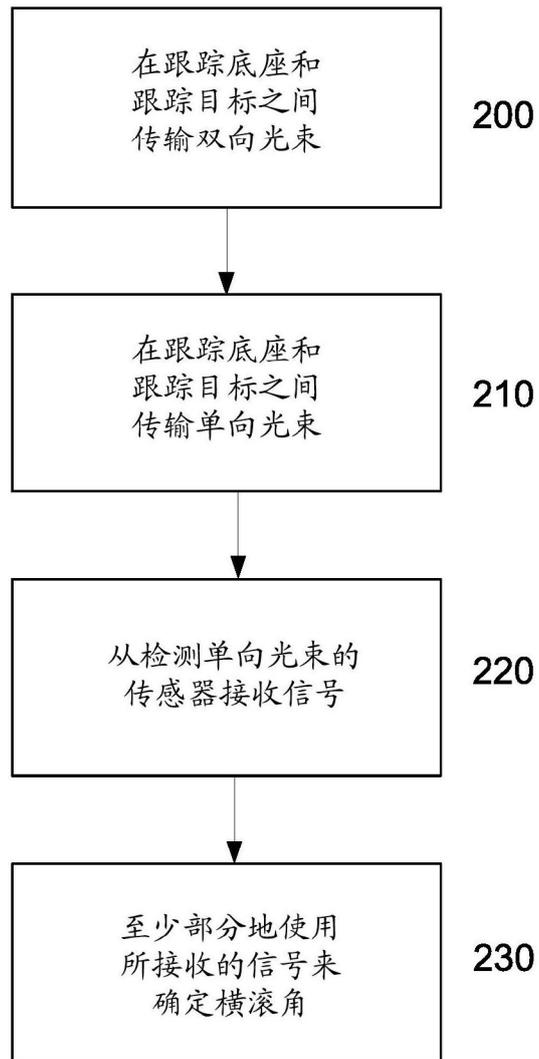


图8