



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102906594 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 08

(21) 申请号 201180025727. X

罗伯特·E·布里奇斯

(22) 申请日 2011. 04. 21

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(30) 优先权数据

代理人 朱胜 陈炜

61/326, 294 2010. 04. 21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2012. 11. 23

G01S 17/66(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

G06F 3/01(2006. 01)

PCT/US2011/033360 2011. 04. 21

G01C 15/00(2006. 01)

(87) PCT国际申请的公布数据

(56) 对比文件

W02011/133731 EN 2011. 10. 27

WO 95/34849 A1, 1995. 12. 21, 全文.

EP 0919831 A2, 1999. 06. 02, 全文.

(73) 专利权人 法罗技术股份有限公司

US 6171018 B1, 2001. 01. 09, 全文.

地址 美国佛罗里达州

WO 03/073121 A1, 2003. 09. 04, 全文.

(72) 发明人 尼尔斯·P·斯特芬森

审查员 杨世兴

托德·P·威尔逊 肯尼斯·斯特菲

小约翰·M·霍费尔

权利要求书6页 说明书19页 附图22页

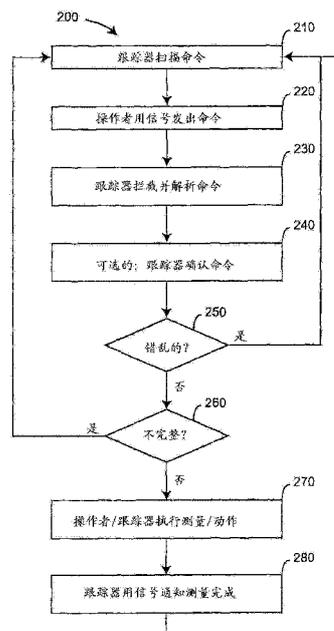
(54) 发明名称

一命令。

用于使用手势来控制激光跟踪器的方法和设备

(57) 摘要

一种用于将用于控制激光跟踪器的操作的命令从用户光学传送到激光跟踪器的方法,包括以下步骤:提供多个命令中的每个命令与多个空间模式中的每个空间模式之间的对应关系规则;以及由用户从多个命令当中选择第一命令。该方法还包括以下步骤:在第一时间与第二时间之间,由用户在第一时间与第二时间之间以来自多个空间模式中的第一空间模式移动回射器,其中,由用户执行空间模式并且第一空间模式对应于第一命令;以及将来自激光跟踪器的第一光投射到回射器。该方法还包括以下步骤:反射来自回射器的第二光,第二光是第一光的一部分;以及通过在第一时间与第二时间之间利用激光跟踪器感测第三光来获得第一感测数据,第三光是回射器反射的光的第二光部分的一部分,其中,第一感测数据是激光跟踪器在第一时间与第二时间之间获得的。该方法还包括以下步骤:根据对应关系规则、至少部分基于对第一感测数据的处理来确定第一命令,以确定命令;以及利用激光跟踪器执行第



1. 一种用于利用以下步骤将用于控制激光跟踪器 (10) 的操作的命令从用户光学传送到所述激光跟踪器 (10) 的方法,所述步骤包括:

提供多个命令中的每个命令与多个空间模式中的每个空间模式之间的对应关系规则;

由所述用户从所述多个命令当中选择第一命令;

由所述用户在第一时间与第二时间之间以来自所述多个空间模式中的第一空间模式移动回射器 (26),其中,所述第一空间模式对应于所述第一命令;

将来自所述激光跟踪器 (10) 的第一光 (46) 投射到所述回射器 (26);

反射来自所述回射器 (26) 的第二光,所述第二光是所述第一光 (46) 的一部分;

通过感测第三光来获得第一感测数据,所述第三光是所述第二光的一部分,其中,所述第一感测数据是由所述激光跟踪器 (10) 在所述第一时间与所述第二时间之间获得的;

根据所述对应关系规则、至少部分基于对所述第一感测数据的处理来确定所述第一命令;以及

利用所述激光跟踪器 (10) 执行所述第一命令。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,获得所述第一感测数据的步骤进一步包括以下步骤:

将所述第三光成像到布置在所述激光跟踪器 (10) 上的感光阵列上;以及

通过将所述感光阵列上的所述第三光转换成数字形式来获得所述第一感测数据。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,获得所述第一感测数据的步骤进一步包括以下步骤:

利用布置在所述激光跟踪器 (10) 上的位置检测器来拦截所述第三光以产生至少一个信号;以及

将所述至少一个信号转换成数字形式以获得所述第一感测数据。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,获得所述第一感测数据的步骤进一步包括以下步骤:利用布置在所述激光跟踪器 (10) 上的距离计来测量所述第三光以确定从所述激光跟踪器 (10) 到所述回射器 (26) 的距离,所述第一感测数据为所测量的距离。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,利用距离计测量所述第三光的步骤进一步包括以下步骤:利用绝对距离计来测量从所述激光跟踪器 (10) 到所述回射器 (26) 的绝对距离。

6. 根据权利要求 2 所述的方法,其中,将来自所述激光跟踪器 (10) 的第一光 (46) 投射到所述回射器 (26) 的步骤进一步包括以下步骤:点亮布置在所述激光跟踪器 (10) 上的 LED (54) 以投射所述第一光 (46)。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,将来自所述激光跟踪器 (10) 的第一光投射到所述回射器 (26) 的步骤进一步包括以下步骤:

为所述激光跟踪器 (10) 设置具有能够围绕第一轴 (20) 和第二轴 (18) 旋转的结构 (15)、距离计、测量围绕所述第一轴 (20) 的第一旋转角的第一角编码器、测量围绕所述第二轴 (18) 的第二旋转角的第二角编码器以及位置检测器;以及

沿着垂直于所述第二轴 (18) 的线发射所述第一光 (46),其中,所述第一光 (46) 沿着大致穿过所述第一轴 (20) 和所述第二轴 (18) 的交点 (22) 的线行进。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中,将来自所述激光跟踪器 (10) 的第一光 (46) 投射

到所述回射器 (26) 的步骤进一步包括以下步骤:响应于所述位置检测器上的所述第三光的位置来使得所述第一光 (46) 的方向转向。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,其中,获得所述第一感测数据的步骤进一步包括以下步骤:测量所述第一旋转角或所述第二旋转角以获得所述第一感测数据。

10. 根据权利要求 8 所述的方法,其中,获得所述第一感测数据的步骤进一步包括以下步骤:利用所述距离计测量从所述激光跟踪器 (10) 到所述回射器 (26) 的距离以获得所述第一感测数据。

11. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,确定所述第一命令的步骤进一步包括以下步骤:

设置目标 (120),所述目标 (120) 包括所述回射器 (26,126)、投射第四光的目标光源 (122) 以及控制所述第四光的发射的用户控制装置 (124);

激活所述用户控制装置 (124);

响应于所述用户控制装置 (124) 的激活,通过感测所述第四光的一部分来获得第二感测数据;以及

至少部分基于所述第二感测数据来确定所述第一命令。

12. 一种用于利用以下步骤将用于控制激光跟踪器 (10) 的操作的命令从用户光学传送到所述激光跟踪器 (10) 的方法,所述步骤包括:

提供多个命令中的每个命令与多个位置中的每个位置之间的对应关系规则,每个位置为三维坐标;

由所述用户从所述多个命令当中选择第一命令;

由所述用户将回射器 (26) 移动到来自所述多个位置当中的第一位置,其中,所述第一位置对应于所述第一命令;

将来自所述激光跟踪器 (10) 的第一光 (46) 投射到所述回射器 (26);

反射来自所述回射器 (26) 的第二光,所述第二光是所述第一光 (46) 的一部分;

通过感测第三光获得第一感测数据,所述第三光是所述第二光的一部分;

根据所述对应关系规则、至少部分基于对所述第一感测数据的处理来确定所述第一命令;以及

利用所述激光跟踪器 (10) 执行所述第一命令。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其中,由所述用户将回射器 (26) 移动到第一位置的步骤进一步包括由所述用户将所述回射器 (26) 移动到其上具有多个标记区域的命令输入板 (300) 的步骤,所述多个标记区域中的每一个标记区域对应于与所述多个命令之一的一部分或全部相关联的多个位置之一。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中,确定所述第一命令的步骤进一步包括使包含所述回射器 (26) 的目标在三个基准点 (312,314,316) 处接触所述命令输入板 (300) 的步骤。

15. 根据权利要求 12 所述的方法,其中,确定所述第一命令的步骤进一步包括以下步骤:

设置能够围绕第一轴 (20) 和第二轴 (18) 旋转的结构 (15)、测量围绕所述第一轴 (20) 的第一旋转角的第一角编码器、测量围绕所述第二轴 (18) 的第二旋转角的第二角编码器;

利用所述第一角编码器测量围绕所述第一轴 (20) 的所述第一旋转角；
利用所述第二角编码器测量围绕所述第二轴 (18) 的所述第二旋转角；以及
至少部分基于围绕所述第一轴 (20) 的所述第一旋转角和围绕所述第二轴 (18) 的所述第二旋转角来确定所述第一命令。

16. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 获得所述第一感测数据的步骤进一步包括以下步骤:

将所述第三光成像到布置在所述激光跟踪器 (10) 上的第一感光阵列上; 以及
通过将所述第一感光阵列上的所述第三光转换成第一数字信息来获得所述第一感测数据, 其中, 所述第一感测数据至少部分基于所述第一数字信息。

17. 根据权利要求 16 所述的方法, 其中, 将来自所述激光跟踪器 (10) 的第一光 (46) 投射到所述回射器 (26) 的步骤进一步包括点亮布置在所述激光跟踪器 (10) 上的 LED (54) 以投射所述第一光 (46) 的步骤。

18. 根据权利要求 16 所述的方法, 其中, 确定所述第一命令的步骤进一步包括以下步骤:

感测第四光, 所述第四光是所述第二光的一部分;
将所述第四光成像到布置在所述激光跟踪器 (10) 上的第二感光阵列上;
通过将所述第四光转换成第二数字信息来获得第二感测数据, 其中, 所述第二感测数据至少部分基于所述第二数字信息; 以及
至少部分基于围绕所述第一轴 (20) 的所述第一旋转角、围绕所述第二轴 (18) 的所述第二旋转角、所述第一感测数据以及所述第二感测数据来确定所述第一命令。

19. 根据权利要求 16 所述的方法, 其中, 确定所述第一命令的步骤进一步包括以下步骤:

将所述激光跟踪器 (10) 的所述第一轴旋转至围绕所述第一轴 (20) 的第三旋转角;
利用所述第一角编码器测量围绕所述第一轴 (20) 的所述第三旋转角;
将来自所述激光跟踪器 (10) 的第五光投射到所述回射器 (26);
反射来自所述回射器 (26) 的第六光, 所述第六光是所述第五光的一部分;
将第七光成像到所述第一感光阵列上, 所述第七光是所述第六光的一部分;
通过将所述第一感光阵列上的所述第七光转换成第三数字信息来获得第三感测数据, 其中, 所述第三感测数据至少部分基于所述第三数字信息; 以及
至少部分基于围绕所述第一轴 (20) 的第一旋转角、围绕所述第一轴 (20) 的所述第三旋转角、所述第一感测数据以及所述第三感测数据来确定所述第一命令。

20. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 确定所述第一命令的步骤进一步包括以下步骤:

为所述激光跟踪器 (10) 设置距离计和位置检测器;
利用所述位置检测器拦截所述第三光以产生至少一个信号;
通过将所述至少一个信号转换成第四数字信息来获得所述第一感测数据, 其中, 所述第一感测数据至少部分基于所述第四数字信息;
响应于所述第一感测数据使所述第一光 (46) 的方向转向;
通过利用距离计测量第四光来获得第四感测数据, 所述第四光是所述第二光的一部

分 ; 以及

至少部分基于围绕所述第一轴 (20) 的所述第一旋转角、围绕所述第二轴 (18) 的所述第二旋转角、所述第一感测数据以及所述第四感测数据来确定所述第一命令。

21. 根据权利要求 12 所述的方法, 其中, 确定所述第一命令的步骤进一步包括以下步骤:

设置目标 (120), 所述目标 (120) 包括所述回射器 (26, 126)、投射第八光的目标光源 (122) 以及控制所述第八光的发射的用户控制装置 (124);

激活所述用户控制装置 (124);

响应于所述用户控制装置 (124) 的激活, 通过感测所述第八光的一部分来获得第五感测数据 ; 以及

至少部分基于所述第五感测数据来确定所述第一命令。

22. 一种用于利用以下步骤将用于控制六个自由度的激光跟踪器 (10) 的操作的命令从用户光学传送到所述六个自由度的激光跟踪器 (10) 的方法, 所述步骤包括:

提供多个命令与多个姿势模式之间的对应关系规则, 其中, 每个姿势模式包括从初始姿势到最终姿势的至少一个坐标的改变, 每个姿势具有六个坐标, 即三个平移坐标和三个定向坐标;

由所述用户从所述多个命令当中选择第一命令;

利用所述六个自由度的激光跟踪器 (10) 测量六个自由度的目标 (130) 的第一姿势的所述至少一个坐标;

由所述用户在第一时间与第二时间之间改变所述六个自由度的目标 (130) 的姿势的所述至少一个坐标;

利用所述六个自由度的激光跟踪器 (10) 来测量所述目标 (130) 的第二姿势的所述至少一个坐标;

根据所述对应关系规则、至少部分基于所测量的所述第一姿势的至少一个坐标与所测量的所述第二姿势的至少一个坐标之间的差来确定所述第一命令 ; 以及

由所述六个自由度的激光跟踪器 (10) 执行所述第一命令。

23. 根据权利要求 22 所述的方法, 其中, 确定所述第一命令的步骤进一步包括以下步骤:

在所述六个自由度的目标 (130) 上设置投射第四光的目标光源 (132) 和控制所述第四光的发射的用户控制装置 (134);

激活所述用户控制装置 (134);

响应于所述用户控制装置 (134) 的激活, 通过感测所述第四光的一部分来获得感测数据 ; 以及

至少部分基于所述感测数据来确定所述第一命令。

24. 一种用于利用以下步骤将命令从用户光学传送到激光跟踪器 (10) 的方法, 所述命令用于将来自所述激光跟踪器 (10) 的光束 (46) 引导到回射器 (26) 并且锁定于所述回射器 (26), 所述步骤包括:

将来自布置在所述激光跟踪器 (10) 上的光源的第一光 (46) 投射到所述回射器 (26);

由所述用户在第一时间与第二时间之间以预定空间模式移动所述回射器 (26), 其中,

所述预定空间模式对应于所述命令,所述命令用于将来自所述激光跟踪器(10)的光束(46)引导到所述回射器(26)并且锁定于所述回射器(26);

反射来自所述回射器(26)的第二光,所述第二光是所述第一光(46)的一部分;

通过感测第三光获得第一感测数据,所述第三光是所述第二光的一部分,其中,通过将所述第三光成像到布置在所述激光跟踪器(10)上的感光阵列上并且将所述感光阵列上的所述第三光转换成数字形式来获得所述第一感测数据;

由所述激光跟踪器(10)确定所述第一感测数据对应于所述预定空间模式;以及

响应于所确定的预定空间模式,所述方法还包括以下步骤:将来自所述激光跟踪器(10)的所述光束(46)指向所述回射器(26);以及将来自所述激光跟踪器(10)的所述光束(46)锁定于所述回射器(26)。

25. 一种用于利用以下步骤将命令从用户光学传送到激光跟踪器(10)的方法,所述命令用于将来自所述激光跟踪器(10)的光束(46)引导到回射器(26)并且锁定于所述回射器(26),所述步骤包括:

将来自布置在所述激光跟踪器(10)上的光源的第一光(46)投射到所述回射器(26);

反射来自所述回射器(26)的第二光,所述第二光是所述第一光(46)的一部分;

通过感测第三光来获得第一感测数据,所述第三光是所述第二光的一部分,所述第三光具有第三光学功率,其中,通过将所述第三光成像到布置在所述激光跟踪器(10)上的感光阵列上并且将所述感光阵列上的所述第三光转换成数字形式来获得所述第一感测数据;

由所述用户在第一时间与第二时间之间生成预定时间模式,所述预定时间模式至少包括所述第三光学功率的减少随后是所述第三光学功率的增加,所述预定时间模式对应于所述命令,所述命令用于将来自所述激光跟踪器(10)的所述光束(46)引导到所述回射器(26)并且锁定于所述回射器(26);

由所述激光跟踪器(10)确定所述第一感测数据对应于所述预定时间模式;

响应于所确定的预定时间模式,所述方法还包括以下步骤:将来自所述激光跟踪器(10)的所述光束(46)指向所述回射器(26);以及将来自所述激光跟踪器(10)的所述光束(46)锁定于所述回射器(26)。

26. 一种用于利用以下步骤将命令从用户光学传送到六个自由度的激光跟踪器(10)的方法,所述命令用于将来自所述六个自由度的激光跟踪器(10)的光束(46)引导到回射器(26)并且锁定于所述回射器(26),所述回射器(26)附于六个自由度的目标(130),所述步骤包括:

提供所述命令与所述六个自由度的目标(130)的预定姿势模式之间的对应关系规则,所述命令指导所述六个自由度的激光跟踪器(10)将来自所述六个自由度的激光跟踪器(10)的光束(46)指向所述回射器(26)并且锁定于所述回射器(26),所述预定姿势模式包括从初始姿势到最终姿势的至少一个坐标的改变,每个姿势具有六个坐标,即三个平移坐标和三个定向坐标;

利用所述六个自由度的激光跟踪器(10)测量所述六个自由度的目标(130)的第一姿势的所述至少一个坐标;

由所述用户在第一时间与第二时间之间改变所述六个自由度的目标(130)的姿势的

所述至少一个坐标；

利用所述六个自由度的激光跟踪器 (10) 测量所述六个自由度的目标 (130) 的第二姿势的所述至少一个坐标；

由所述六个自由度的激光跟踪器 (10) 确定满足所述对应关系规则,所述对应关系规则是所述命令之间的,所述命令用于将来自所述六个自由度的激光跟踪器 (10) 的所述光束 (46) 引导到所述回射器 (26) 并且锁定于所述回射器 (26)；

响应于所确定的所述对应关系规则的满足,所述方法还包括以下步骤:将来自所述激光跟踪器 (10) 的所述光束指向所述回射器 (26);以及将来自所述六个自由度的激光跟踪器 (10) 的所述光束锁定于所述回射器 (26)。

27. 一种激光测量系统,包括:

激光跟踪器 (10),具有能够围绕第一轴 (20) 和第二轴 (18) 旋转的结构 (15)、从所述结构 (15) 发出第一光束 (46) 的第一光源、距离计、测量围绕所述第一轴 (20) 的第一旋转角的第一角编码器、测量围绕所述第二轴 (18) 的第二旋转角的第二角编码器、处理器 (80) 以及摄像装置系统 (52);

通信装置 (140),包括第二光源 (142) 和操作人员控制装置 (144),所述操作人员控制装置 (144) 控制来自所述第二光源 (142) 的第二光的发射;

回射器 (26) 目标,没有设置在所述通信装置 (140) 上;

其中,所述摄像装置系统 (52) 能够操作用于接收所述第二光并且将所述第二光转换成数字图像,以及

其中,所述处理器 (80) 能够操作用于至少部分基于在第一时间与第二时间之间所述第二光源的移动模式和所述数字图像,确定用于控制所述激光跟踪器 (10) 的操作的命令。

28. 一种激光测量系统,包括:

激光跟踪器 (10),具有能够围绕第一轴 (20) 和第二轴 (18) 旋转的结构 (15)、从所述结构 (15) 发出第一光束 (46) 的第一光源、距离计、测量围绕所述第一轴的第一旋转角的第一角编码器、测量围绕所述第二轴的第二旋转角的第二角编码器、处理器 (80) 以及摄像装置系统 (52);

通信装置 (140),包括第二光源 (142) 和操作人员控制装置 (144),所述操作人员控制装置 (144) 控制来自所述第二光源 (142) 的光的发射;

回射器 (26) 目标,与所述通信装置 (140) 分开;

其中,所述摄像装置系统 (52) 能够操作用于接收从所述第二光源 (142) 发射的光并且将所述光转换成数字图像,以及

其中,所述处理器 (80) 能够操作用于至少部分基于在第一时间与第二时间之间所述第二光源 (142) 的光学功率的改变,确定用于控制所述激光跟踪器 (10) 的操作的命令。

用于使用手势来控制激光跟踪器的方法和设备

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2010 年 4 月 21 日提交的美国临时申请第 61/326, 294 号的优先权, 其全部内容在此通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本公开内容涉及一种坐标测量装置。坐标测量装置的一个集合属于通过向点发送激光束来测量该点的三维(3D)坐标的仪器类别, 在该点处激光束被回射器目标所拦截。该仪器通过测量距目标的距离和关于目标的两个角度来得到该点的坐标。距离利用诸如绝对距离计(ADM)或干涉仪的距离测量装置来测量。角度利用诸如角编码器的角度测量装置来测量。仪器内的万向束转向机构将激光束引导到感兴趣的点。这样的装置的示例是激光跟踪器。通过引用合并于此的、授予 Brown 等人的美国专利第 4, 790, 651 号和授予 Lau 等人的美国专利第 4, 714, 339 号中描述了示例性激光跟踪器系统。

背景技术

[0004] 与激光跟踪器紧密相关的坐标测量装置是全站仪(total station)。在勘测应用中最常使用的全站仪可用于测量漫散射或回射目标的坐标。在下文中, 术语“激光跟踪器”以广义来使用以包括全站仪。

[0005] 通常, 激光跟踪器向回射器目标发送激光束。常见类型的回射器目标是球形安装回射器(SMR), 其包括嵌入在金属球体内的立体角回射器。立体角回射器包括三面相互垂直的镜子。作为三面镜子的公共交点的立体角的顶点位于球体的中心。通常的实践是与测试中的对象相接触地来放置 SMR 的球形表面并且然后在正测量的表面上移动 SMR。由于将该立体角放置在球体内, 因此从立体角的顶点到测试中的对象的表面的垂直距离保持恒定而与 SMR 的旋转无关。因此, 表面的 3D 坐标可以通过使得跟踪器跟随在表面上移动的 SMR 的 3D 坐标来得到。可以将玻璃窗放置在 SMR 的顶部上以防止灰尘或污垢污染玻璃表面。在通过引用合并于此的、授予 Raab 等人的美国专利第 7, 388, 654 号中示出了这样的玻璃表面的示例。

[0006] 激光跟踪器内的万向机构可用于将来自跟踪器的激光束引导到 SMR。由 SMR 回射的光的一部分进入激光跟踪器并且传递到位置检测器上。跟踪器控制系统使用光撞击位置检测器的位置来调整激光跟踪器的机械方位轴和天顶轴(zenith axis)的旋转角度, 以保持激光束集中在 SMR 上。以此方式, 跟踪器能够跟随(跟踪) SMR。

[0007] 附接到跟踪器的机械方位轴和天顶轴的角编码器可测量激光束的方位角和天顶角(相对于跟踪器参考系)。激光跟踪器执行的一个距离测量和两个角度测量足以完整地指定 SMR 的三维位置。

[0008] 如之前所述, 在激光跟踪器中可找到两种类型的距离计: 干涉仪和绝对距离计(ADM)。在激光跟踪器中, 干涉仪(如果存在)可通过对在回射器目标在两个点之间移动时所通过的已知长度(通常为激光的一半波长)的增量的数量进行计数来确定从起点到终点的

距离。如果光束在测量期间断裂,则无法准确地知道计数值,从而使得距离信息丢失。通过比较,激光跟踪器中的 ADM 确定距回射器目标的绝对距离而不考虑光束断裂,这还允许在目标之间切换。由于此,ADM 被认为是能够实现“多点自动(point-and-shoot)”测量。初始时,绝对距离计仅能够测量静止目标并且为此总是与干涉仪一起使用。然而,一些现代的绝对距离计可以进行快速测量,从而消除了对干涉仪的需要。在通过引用合并于此的、授予 Bridges 等人的美国专利第 7,352,446 号中描述了这样的 ADM。

[0009] 在其跟踪模式中,当 SMR 在跟踪器的捕获范围中时,激光跟踪器将自动地跟随 SMR 的移动。如果激光束断裂,则跟踪将停止。光束可能由于多种手段中的任意手段而断裂:(1)仪器与 SMR 之间的障碍;(2)SMR 的迅速移动,该移动对于仪器来说过快而无法跟随;或者(3)SMR 的方向被转向超过 SMR 的受光角。默认地,在光束断裂之后,光束保持固定在光束断裂的点处或者在最后的命令位置处。操作者可能需要视觉上搜索跟踪光束并且将 SMR 放置在光束中以将仪器锁定到 SMR 上并且继续跟踪。

[0010] 一些激光跟踪器包括一个或多个摄像装置。摄像装置轴可与测量光束同轴或者偏离测量光束固定距离或角度。摄像装置可用于提供宽视野以定位回射器。靠近摄像装置光学轴放置的调制光源可照射回射器,从而使得回射器更容易识别。在该情况下,回射器与照明同相地闪烁,而背景对象不与照明同相地闪烁。这样的摄像装置的一个应用是检测视野中的多个回射器并且以自动化序列测量每个回射器。在授予 Pettersen 等人的美国专利第 6,166,809 号和授予 Bridges 等人的美国专利第 7,800,758 号中描述了示例性系统,这两个专利通过引用合并于此。

[0011] 一些激光跟踪器具有以六个自由度(DOF)进行测量的能力,这六个自由度可包括诸如 x、y 和 z 的三个坐标以及诸如俯仰(pitch)、横滚(roll)和偏航(yaw)的三个旋转。基于激光跟踪器的多种系统可用于或者已被提出用于测量六个自由度。在通过引用合并于此的授予 Bridges 的美国公布专利申请第 2010/0128259 号、授予 Bridges 等人的美国专利第 7,800,758 号、授予 Pettersen 等人的美国专利第 5,973,788 号和授予 Lau 的美国专利第 7,230,689 号中描述了示例性系统。

[0012] 激光跟踪器功能的用户控制

[0013] 激光跟踪器的两种常见操作模式是跟踪模式和仿形模式(profiling mode)。在跟踪模式中,在操作者来回移动回射器时,来自跟踪器的激光束跟随回射器。在仿形模式中,来自跟踪器的激光束在操作者通过计算机命令或手动动作给出的方向上行进。

[0014] 除了控制跟踪器的基本跟踪和指向行为的这些操作模式之外,还存在使得跟踪器能够以操作者预先选择的方式进行响应的特定可选模式。期望的可选模式通常在控制激光跟踪器的软件中来选择。这样的软件可驻留在附接到跟踪器(可能通过网络线缆)的外部计算机中或者在跟踪器本身内。在后一种情况下,软件可通过内置于跟踪器中的控制台功能来访问。

[0015] 可选模式的示例是自动重置模式,在该模式中,无论何时激光束断裂,都将激光束驱动到预设的参考点。对于自动重置可选模式的一个常用参考点是跟踪器原位(Home Position),该位置是安装在跟踪器体上的磁巢(magnetic nest)的位置。自动重置的替选是不重置可选模式。在该情况下,无论何时激光束断裂,激光束都继续指向原始方向。在通过引用合并于此的授予 Cramer 等人的美国专利第 7,327,446 号中给出了跟踪器原位的描

述。

[0016] 特定可选模式的另一示例是电源锁定(PowerLock),其是由其莱卡绝对跟踪器(Leica Absolute Tracker™)上的莱卡地理系统(LeicaGeosystems)提供的特征。在电源锁定可选模式中,无论何时跟踪器激光束断裂,都由跟踪器摄像装置得到回射器的位置。摄像装置立即将回射器的角坐标发送到跟踪器控制系统,从而使得跟踪器指向在回射器处返回的激光束。在授予 Dold 等人的国际申请 W02007/079601 和授予 Kaneko 的美国专利第 7,055,253 号中给出了包括回射器的自动获取的方法。

[0017] 一些可选模式在其操作中稍微较复杂。示例是稳定性标准(StabilityCriterion)模式,该模式可在 SMR 在给定时段内静止时被调用。操作者可跟踪 SMR 到磁巢并且记下。如果稳定性标准是有效的,则软件将开始查看跟踪器的三维坐标读数的稳定性。例如,如果在一秒间隔中 SMR 的距离读数的峰峰偏差小于两微米,则用户可决定将 SMR 判断为稳定的。在满足稳定性标准之后,跟踪器测量 3D 坐标并且软件记录数据。

[0018] 通过计算机程序,更复杂的操作模式是可能的,例如,软件可用于测量零件表面并且使这些零件表面适合于几何形状。软件将指示操作者在表面上移动 SMR,并且然后,当完成收集数据点时,升高 SMR 脱离对象的表面以结束测量。移动 SMR 脱离表面不仅指示测量完成,还指示 SMR 相对于对象表面的位置。应用软件需要该位置信息来适当地解决由 SMR 半径引起的偏移。

[0019] 复杂计算机控制的第二示例是跟踪器勘测。在勘测中,根据预先安排的进程,将跟踪器顺序地驱动至多个目标位置中的每个目标位置。操作者可通过将 SMR 携带到每个期望位置来在勘测之前教导这些位置。

[0020] 复杂软件控制的第三示例是跟踪器指导的测量。该软件指导操作者将 SMR 移动到期望的位置。其使用图形显示来这么做,以示出距期望位置的方向和距离。当操作者在期望位置时,计算机监视器上的颜色可能例如从红色变为绿色。

[0021] 上述所有跟踪器动作共同的要素是操作者在其控制跟踪器的行为的能力方面是受限的。另一方面,在软件中选择的可选模式可使得操作者能够预设跟踪器的某些行为。然而,一旦用户选择了可选模式,跟踪器的行为就被建立并且无法改变,除非操作者返回到计算机控制台。另一方面,计算机程序可指导操作者执行软件以复杂的方式进行分析的复杂操作。在任一情况下,操作者在其控制跟踪器和跟踪器收集的数据的能力方面是受限的。对于远程跟踪器命令的需要

[0022] 激光跟踪器操作者执行两个基本功能。他在测量期间放置 SMR,并且他通过控制计算机将命令发送到跟踪器。然而,一个操作者执行这些测量功能中的两个是不容易的,这是由于计算机通常远离测量位置。已尝试了各种方法来回避该限制,但是没有完全满意的。

[0023] 有时使用的一种方法是对于单个操作者,将回射器设置在适当位置并且走回到仪器控制键盘来执行测量指令。然而,这对操作者和仪器时间来来说是低效的使用。在操作者必须保持回射器以进行测量的情况下,仅在操作者非常靠近键盘时单个操作者控制才是可能的。

[0024] 第二种方法是添加第二操作者。一个操作者在计算机旁待命,并且第二操作者移动 SMR。这显然是昂贵的方法,并且在长距离内的语音通信会成为问题。

[0025] 第三种方法是为激光跟踪器配备远程控制。然而,远程控制具有多种限制。出于

安全或保密性原因,许多工厂不允许使用远程控制。即使允许远程控制,无线信道之间的干扰也会是问题。一些远程控制信号无法到达激光跟踪器的全范围。在一些情形下,诸如从梯子上工作,第二只手无法空闲出来以操作远程控制。在可以使用远程控制之前,通常需要将计算机和远程控制设置成一起工作,并且然后通常在任何给定时间仅可以访问跟踪器命令的小子集。在授予 Smith 等人的美国专利第 7,233,316 号中给出了基于该构思的系统的示例。

[0026] 第四种方法是将蜂窝电话与激光跟踪器接口。通过从蜂窝电话呼叫仪器并且从蜂窝电话小键盘或借助于语音识别输入数字来远程地输入命令。该方法还具有许多缺点。一些工厂不允许使用蜂窝电话,并且蜂窝电话在郊区可能不可用。服务要求每月的服务提供者费用。蜂窝电话接口要求与计算机或激光跟踪器额外硬件接口。蜂窝电话技术改变快速并且可能需要升级。如在远程控制的情况下一样,计算机和远程控制必须被设置成一起工作,并且通常在给定时间仅可以访问跟踪器命令的小子集。

[0027] 第五种方法是为激光跟踪器配备因特网或无线网络能力并且使用无线便携式计算机或个人数字助理(PDA)来将命令传送到激光跟踪器。然而,该方法具有与蜂窝电话类似的限制。该方法通常用于全站仪。使用该方法的系统的示例包括授予 Kumagai 等人的美国公布专利申请第 2009/017618 号、授予 Viney 等人的美国专利第 6,034,722 号、授予 Gatsios 等人的美国专利第 7,423,742 号、授予 Gatsios 等人的美国专利第 7,307,710 号、授予 Piekutowski 的美国专利第 7,552,539 号以及授予 Monz 等人的美国专利第 6,133,998 号。该方法还已被用于通过授予 Ouchi 等人的美国专利第 7,541,965 号中描述的方法来控制设施。

[0028] 第六种方法是使用指示器来指示要进行测量的特定位置。在授予 Ura 等人的美国专利第 7,022,971 号中给出了该方法的示例。可能可以将该方法适用于对激光跟踪器给出命令,但是通常不是非常容易找到要投射指示器光束模式的适当表面。

[0029] 第七种方法是设计至少包含回射器、发送器和接收器的复杂目标结构。这样的系统可用于全站仪以将精确的目标信息传送到操作者并且还将全球定位系统(GPS)信息传送到全站仪。在授予 Hinderling 等人的美国公布专利申请第 2008/0229592 号中给出了这样的系统的示例。在该情况下,没有提供使得操作者能够将命令发送到测量装置(全站仪)的方法。

[0030] 第八种方法是设计包含至少回射器、发送器和接收器的复杂目标结构,其中,发送器具有将调制光信号发送到全站仪的能力。小键盘可以用于借助于调制光将命令发送到全站仪。这些命令由全站仪来解码。在授予 Katayama 等人的美国专利第 6,023,326 号、授予 Muraoka 等人的美国专利第 6,462,810 号、授予 Ishinabe 等人的美国专利第 6,295,174 号以及授予 Ishinabe 等人的美国专利第 6,587,244 号中给出了这样的系统的示例。该方法特别适合于复杂目标和小键盘安装在大型杆上的勘测应用。这样的方法不适合与激光跟踪器一起使用,其中,有利的是使用没有系于大型控制板的小目标。另外,期望甚至在跟踪器没有锁定到回射器目标时也具有发送命令的能力。

[0031] 第九种方法是在目标上包括无线发送器和调制光源以将信息发送到全站仪。无线发送器主要发送关于目标的角度姿势的信息,以使得全站仪可以以适当的方向转向以将其激光束发送到目标回射器。调制光源放置在回射器附近,以使得全站仪中的检测器将获得

该调制光源。以此方式,可以保证操作者使得全站仪指向正确方向,从而避免不是来自目标回射器的错误反射。在授予 Wiklund 等人的美国专利第 5,313,409 号中给出了基于该方法的示例性系统。该方法没有提供将通用命令发送到激光跟踪器的能力。

[0032] 第十种方法是包括无线发送器、目标和全站仪中的罗盘组件以及引导光发送器的组合。目标和全站仪中的罗盘组件用于实现全站相对于目标的方位角的对准。引导光发送器是目标可以在垂直方向上移动(pan)直到在全站仪内的检测器上接收到信号的水平光扇。一旦引导光已被集中到检测器上,则全站仪略微地调整其定向以最大化回射的光。无线发送器传送操作者在位于目标处的小键盘上输入的信息。在授予 Wasutomi 等人的美国专利第 7,304,729 号中给出了基于该方法的示例性系统。该方法没有提供将通用命令发送到激光跟踪器的能力。

[0033] 第十一种方法是修改回射器以使得时间调制能够施加在回射光上,从而传送数据。本发明的回射器包括具有被截顶点的立体角、附于立体角的正面的光学开关以及传送或接收数据的电子装置。在授予 Kennedy 的美国专利第 5,121,242 号中给出了该类型的示例性系统。该类型的回射器复杂并且昂贵。由于开关(其可以是铁电光晶体材料)并且由于被截顶点,这降低了回射光的质量。另外,返回到激光跟踪器的光已被调制用于测量 ADM 光束,并且不仅对于 ADM 而且对于跟踪器干涉仪和位置检测器,接通和切断光都将是问题。

[0034] 第十二种方法是使用包含用于与目标通信的双向发送器和用于辅助识别回射器的有源回射器的测量装置。双向发送器可以是无线的或光学的并且是包括回射器、发送器和控制单元的复杂目标杆的一部分。在授予 Hertzman 等人的美国专利第 5,827,057 号中描述了该类型的示例性系统。这样的方法不适合与激光跟踪器一起使用,其中有利的是使用没有系于大型控制板的小目标。另外,识别感兴趣的回射器目标的方法是复杂的并且昂贵。

[0035] 需要用于操作者将命令传送到相距一定距离的激光跟踪器的简单方法。期望该方法是:(1)可在没有第二操作者的情况下使用;(2)可在激光跟踪器的完整范围内使用;(3)可在没有额外硬件接口的情况下使用;(4)在所有位置中起作用;(5)没有服务提供者费用;(6)没有保密性限制;(7)易于在没有额外设置或编程的情况下使用;(8)能够发起广泛范围的简单和复杂的跟踪器命令;(9)可用于将跟踪器呼叫到多个目标当中的特定目标;以及(10)可与操作者携带的最小额外装备一起使用。

发明内容

[0036] 一种用于将用于控制激光跟踪器的操作的命令从用户光学传送到激光跟踪器的方法,包括以下步骤:提供多个命令中的每个命令与多个空间模式中的每个空间模式之间的对应关系规则;以及由用户从多个命令当中选择第一命令。该方法还包括以下步骤:由用户在第一时间与第二时间之间以来自多个空间模式中的第一空间模式移动回射器,其中,第一空间模式对应于第一命令;以及将来自激光跟踪器的第一光投射到回射器。该方法还包括以下步骤:反射来自回射器的第二光,第二光是第一光的一部分;以及通过感测第三光来获得第一感测数据,第三光是第二光的一部分,其中第一感测数据是激光跟踪器在第一时间与第二时间之间获得的。该方法还包括以下步骤:根据对应关系规则、至少部分基于对第一感测数据的处理来确定第一命令;以及利用激光跟踪器执行第一命令。

附图说明

[0037] 现在参照附图,其中在图中,相同的元件以相同的数字来标记;

[0038] 图 1 示出了示例性激光跟踪器的透视图;

[0039] 图 2 示出了附于示例性激光跟踪器的计算和供电元件;

[0040] 图 3A 至 3E 示出了无源目标可以用于通过激光跟踪器的跟踪和测量系统来传递手势信息的方式;

[0041] 图 4A 至 4C 示出了无源目标可以用于通过激光跟踪器的摄像装置系统来传递手势信息的方式;

[0042] 图 5A 至 5D 示出了有源目标可以用于通过激光跟踪器的摄像装置系统来传递手势信息的方式;

[0043] 图 6 是示出操作者和激光跟踪器在发出和执行手势命令时执行的步骤的流程图;

[0044] 图 7 是示出手势命令的可选和必需部分的流程图;

[0045] 图 8 至 10 示出了操作者可用于将这些命令传递到激光跟踪器的激光跟踪器命令和相应手势的选集;

[0046] 图 11A 至 11F 示出了可使用的手势的替选类型;

[0047] 图 12 示出了用于借助于手势将命令传送到激光跟踪器的示例性命令输入板;

[0048] 图 13 示出了用于使用手势来设置跟踪器参考点的示例性方法;

[0049] 图 14 示出了用于使用手势来初始化示例性命令输入板的示例性方法;以及

[0050] 图 15 示出了用于使用手势来测量圆圈的示例性方法;

[0051] 图 16 示出了用于使用手势来利用来自激光跟踪器的激光束获取回射器的示例性方法;

[0052] 图 17 示出了与激光跟踪器相关联的示例性电子和处理系统;

[0053] 图 18 示出了使得能够使用位于偏离激光跟踪器的光轴的摄像装置来得到目标的三维坐标的示例性几何;

[0054] 图 19 示出了用于通过利用回射器以空间模式打手势来将命令传递到激光跟踪器的示例性方法;

[0055] 图 20 示出了用于通过利用回射器指示位置来将命令传送到激光跟踪器的示例性方法;

[0056] 图 21 示出了用于通过利用回射器以时间模式打手势来将命令传送到激光跟踪器的示例性方法;

[0057] 图 22 示出了用于通过利用六个 DOF 的激光跟踪器测量六个 DOF 的目标的姿势的改变来将命令传送到激光跟踪器的示例性方法;

[0058] 图 23 示出了用于传送用以将来自激光跟踪器的激光束指向回射器并且锁定于回射器的命令的示例性方法,传送基于包括利用回射器创建的空间模式的手势;

[0059] 图 24 示出了用于传送用以将来自激光跟踪器的激光束指向回射器并且锁定于回射器的命令的示例性方法,传送基于包括激光跟踪器接收的光学功率中的时间模式的手势;以及

[0060] 图 25 示出了用于传送用以将来自激光跟踪器的激光束指向回射器并且锁定于回

射器的命令的示例性方法, 传送基于包括六个 DOF 的探针的姿势改变的手势。

具体实施方式

[0061] 在图 1 中示出了示例性激光跟踪器 10。激光跟踪器 10 的示例性万向束转向机构 12 包括安装在方位基座 16 上并且围绕方位轴 20 旋转的天顶支架(carriage)14。载荷 15 安装在天顶支架 14 上并且围绕天顶轴 18 旋转。天顶机械旋转轴 18 和方位机械旋转轴 20 在跟踪器 10 内部在万向接头点 22 处正交相交, 万向接头点 22 通常是用于距离测量的原点。激光束 46 虚拟地穿过万向接头点 22 并且指向与天顶轴 18 正交。换言之, 激光束 46 在垂直于天顶轴 18 的平面内。激光束 46 通过跟踪器内围绕天顶轴 18 和方位轴 20 旋转载荷 15 的电动机(未示出)而被指向期望的方向。跟踪器内部的天顶角编码器和方位角编码器(未示出)附接到天顶机械轴 18 和方位机械轴 20, 并且以高精度指示旋转角。激光束 46 行进到外部回射器 26, 诸如上述球形安装回射器(SMR)。通过测量万向接头点 22 与回射器 26 之间的径向距离以及关于天顶轴和方位轴 18、20 的旋转角, 得到回射器 26 在跟踪器的球面坐标系内的位置。

[0062] 激光束 46 可包括一个或多个激光波长。为了清楚和简明的目的, 在以下讨论中假设图 1 所示种类的转向机构。然而, 其它类型的转向机构是可能的。例如, 可以将激光束反射远离围绕方位轴和天顶轴旋转的镜子。在授予 Lau 等人的美国专利第 4, 714, 339 号中给出了以此方式使用镜子的示例。这里所述的技术是适用的, 而与转向机构的类型无关。

[0063] 在示例性激光跟踪器 10 中, 摄像装置 52 和光源 54 位于载荷 15 上。光源 54 照射一个或多个回射器目标 26。光源 54 可以是被电驱动以重复发射脉冲光的 LED。每个摄像装置 52 包括感光阵列和处于感光阵列前方的透镜。感光阵列可以是 CMOS 或 CCD 阵列。透镜可具有相对宽的视野, 比如三十度或四十度。透镜的目的是在感光阵列上形成透镜的视野内的对象的图像。每个光源 54 处于摄像装置 52 附近以使得来自光源 54 的光被反射远离每个回射器目标 26 而到达摄像装置 52 上。以此方式, 回射器图像易于与感光阵列上的背景区分开, 这是由于其图像光斑比背景对象亮并且是脉冲式的。可围绕激光束 46 的线放置两个光源 54 和两个摄像装置 52。通过以此方式使用两个摄像装置, 三角测量原理可以用于得到任意 SMR 在摄像装置的视野内的三维坐标。另外, 可以监视当 SMR 在点与点之间移动时 SMR 的三维坐标。在授予 Bridges 的美国公布专利申请第 2010/0128259 号中描述了用于该目的的两个摄像装置的使用。

[0064] 一个或多个摄像装置和光源的其它布置是可能的。例如, 光源和摄像装置可以与跟踪器发出的激光束同轴或者大致同轴。在该情况下, 可能需要使用光学滤波或类似方法以避免来自跟踪器的激光束使得摄像装置的感光阵列饱和。

[0065] 另一可能布置是使用位于跟踪器的基座或载荷上的单个摄像装置。单个摄像装置如果位于偏离激光跟踪器的光轴, 则提供了关于定义相对于回射器的方向的两个角但是没有距回射器的距离的信息。在多数情况下, 该信息可能是足够的。如果当使用单个摄像装置时需要回射器的 3D 坐标, 则一种可能性是在方位方向上将跟踪器旋转 180 度并且然后翻转天顶轴以在回射器处往回指。以此方式, 可以从两个方向查看目标并且可以使用三角测量得到回射器的 3D 位置。

[0066] 利用单个摄像装置得到距回射器的距离的更一般方法是: 围绕方位轴或天顶轴旋

转激光跟踪器,并且针对两个旋转角中的每个利用位于跟踪器上的摄像装置观测回射器。回射器可由例如位于靠近摄像装置的 LED 来照射。图 18 示出了该过程可以如何用于得到距回射器的距离。测试设置 900 包括激光跟踪器 910、第一位置的摄像装置 920、第二位置的摄像装置 930 以及第一位置的回射器 940 和第二位置的回射器 950。通过围绕方位轴、天顶轴或者方位轴和天顶轴两者关于跟踪器万向接头点 912 旋转激光跟踪器 910 来将摄像装置从第一位置移动到第二位置。摄像装置 920 包括透镜系统 922 和感光阵列 924。透镜系统 922 具有来自回射器 940、950 的光线穿过的透视中心 926。摄像装置 930 与摄像装置 920 相同,除了被旋转到不同的位置之外。从激光跟踪器 910 的表面到回射器 940 的距离是 L_1 并且从激光跟踪器的表面到回射器 950 的距离是 L_2 。从万向接头点 912 到透镜 922 的透视中心 926 的路径沿着线 914 绘制。从万向接头点 916 到透镜 932 的透视中心 936 的路径沿着线 916 绘制。对应于线 914 和 916 的距离具有相同的数值。如从图 18 可以看出,与对应于在距离激光跟踪器较远的距离处的感光阵列 950 的图像光斑 942 相比,回射器 940 的较近位置使得图像光斑 952 距感光阵列的中心较远。该模式对于在旋转之后设置的摄像装置 930 同样成立。结果,在旋转之前和旋转之后的附近回射器 940 的图像点之间的距离大于在旋转之前和旋转之后的远处回射器 950 的图像点之间的距离。通过旋转激光跟踪器并且记录所引起的感光阵列上的图像光斑的位置改变,可以得到距回射器的距离。如对本领域普通技术人员来说明显的是,可以使用三角学容易地找到得到该距离的方法。

[0067] 另一可能性是在目标的测量与成像之间切换。在授予 Bridges 等人的美国专利第 7,800,758 号中描述了这样的方法的示例。其它摄像装置布置是可能的并且可以与这里所述的方法一起使用。

[0068] 如图 2 所示,辅助单元 70 通常是激光跟踪器 10 的一部分。辅助单元 70 的目的是将电力提供到激光跟踪器主体并且在一些情况下还为系统提供计算和时钟能力。可以通过将辅助单元 70 的功能移动到跟踪器主体中来全部去除辅助单元 70。在大部分情况下,辅助单元 70 附接到通用计算机 80。加载到通用计算机 80 的应用软件可提供诸如逆向工程的应用能力。还可以通过将其计算能力直接置于激光跟踪器 10 中来去除通用计算机 80。在该情况下,可能提供键盘和鼠标功能的用户接口被置于激光跟踪器 10 中。辅助单元 70 与计算机 80 之间的连接可以是无线的或者可通过电线的线缆。计算机 80 可连接到网络,并且辅助单元 70 也可连接到网络。多个仪器(例如,多个测量仪器或致动器)可通过计算机 80 或辅助单元 70 连接在一起。

[0069] 激光跟踪器 10 可关于其侧面旋转、上下旋转或者处于任意定向。在这些情形下,术语“方位轴”和“天顶轴”相对于激光跟踪器具有与图 1 所示的方向相同的方向,而与激光跟踪器 10 的定向无关。

[0070] 在另一实施例中,载荷 15 由围绕方位轴 20 和天顶轴 18 旋转的镜子替代。激光束指向向上并且碰撞镜子,该激光束从镜子向回射器 26 发射。

[0071] 向相距一定距离的激光跟踪器发送命令

[0072] 图 3A 至 3E、4A 至 4C 以及 5A 至 5D 表示如下感测装置:操作者可利用该感测装置传送被示例性激光跟踪器 10 解释和执行作为命令的手势模式。图 3A 至 3E 表示如下感测装置:操作者利用该感测装置传送示例性激光跟踪器 10 使用其跟踪和测量系统而解释的手势模式。图 3A 示出了发出被回射器目标 26 拦截的激光束 46 的激光跟踪器 10。当目标

26 左右移动时,来自跟踪器的激光束跟随该移动。同时,跟踪器 10 中的角编码器测量目标在左右方向和上下方向上的角位置。角编码器读数构成二维角度图,该二维角度图可以由跟踪器记录作为时间的函数并且被分析以得到移动模式。

[0073] 图 3B 示出了跟踪回射器目标 26 的激光束 46。在该情况下,测量从跟踪器 10 到目标 26 的距离。ADM 或干涉仪读数构成一维距离图,该一维距离图可以由跟踪器 10 记录作为时间的函数并且被分析以得到移动模式。图 3A 和 3B 的组合移动也可以由激光跟踪器 10 来评估以得到三维空间中的模式。

[0074] 角度、距离或三维空间的变化都可被认为是空间模式的示例。在常规激光跟踪器测量期间连续观测空间模式。在所观测的模式的可能范围内,一些模式可具有相关联的激光跟踪器命令。今天使用中存在一种类型的可被认为是命令的空间模式。该模式是在测量之后移动远离对象的表面。例如,如果操作者利用 SMR 测量对象上的多个点以获得对象的外径并且然后将 SMR 移动远离对象的表面,则清楚的是正测量外径。如果操作者在测量内径之后将 SMR 移动远离表面,则清楚的是正测量内径。类似地,如果操作者在测量板之后向上移动 SMR,应理解正测量板的上表面。重要的是知道测量对象的哪侧,这是由于需要移除 SMR 的偏移,该偏移是从 SMR 的中心到外表面的距离。如果由与激光跟踪器测量相关联的软件自动地解释将 SMR 移动远离对象的这种动作,则 SMR 的移动可被认为是指示“从移动方向扣除 SMR 偏移”的命令。因此,在除了基于空间模式的其它命令之外还包括该第一命令之后,如这里所述,存在多个命令。换言之,在多个跟踪器命令与多个空间模式之间存在对应关系。

[0075] 根据本申请中的所有讨论,应理解,激光跟踪器的命令的概念要在特定测量的上下文内来理解。例如,在回射器的移动被认为是指示回射器目标正测量内径还是外径的以上情形中,该阐述将仅在测量具有圆形轮廓的对象的跟踪器的上下文中是准确的。

[0076] 图 3C 示出了跟踪回射器目标 26 的激光束 46。在该情况下,回射器目标 26 保持固定,并且跟踪器 10 测量三维坐标。例如当稍后描述的命令输入板位于特定三维位置时,测量体积内的某些位置可被分配特定含义。

[0077] 图 3D 示出了被阻挡到达回射器目标 26 的激光束 46。通过交替地阻挡以及解除阻挡激光束 46,包括位置检测器和距离计的跟踪器测量系统看到返回到跟踪器 10 的光学功率的模式。该返回的模式的变化形成作为时间的函数的模式,该模式可以由跟踪器记录并且被分析以得到模式。

[0078] 通常在常规测量期间看到返回到激光跟踪器的光学功率的模式。例如,通常阻挡激光束到达回射器并且然后在稍后的时间(可能在将回射器移动到距跟踪器的新距离之后)利用回射器重新捕获激光束。使激光束断裂并且然后重新捕获激光束的这种动作可被认为是指示要在回射器移动到新的位置之后重新捕获该回射器的简单类型的用户命令。因此,在除了基于光学功率的时间变化的其它命令之外还包括该第一简单命令之后,如这里所述的,存在多个命令。换言之,在多个跟踪器命令与基于布置在激光跟踪器上的传感器接收的光学功率的变化的多个模式之间存在对应关系。

[0079] 当阻挡激光束返回到激光跟踪器时,通常在常规测量期间看到光学功率的改变。这样的动作可被解释为指示“停止跟踪”或“停止测量”的命令。类似地,回射器可被移动以拦截激光束。这样的简单动作可被解释为指示“开始跟踪”的命令。在本专利申请中不

关注这些简单的命令。为此,这里所讨论的命令包括光学功率的改变,该改变至少包括光学功率的减小以及随后的光学功率的增加。

[0080] 图 3E 示出了跟踪具有六个自由度(DOF)的探针 110 的回射器 26 的激光束 46。多种类型的六个 DOF 的探针是可能的,并且图 3E 所示的六个 DOF 的探针 110 仅是代表性的,并且不限制其设计。跟踪器 10 能够得到探针的角倾斜的角度。例如,跟踪器可得到并记录作为时间的函数的、探针 110 的横滚角、俯仰角以及偏航角。可以分析角度的集合以得到模式。

[0081] 图 4A 至 4C 表示感测装置,操作者可利用该感测装置传送示例性激光跟踪器 10 使用其摄像装置系统解释的手势模式。图 4A 示出了观测回射器目标 26 的移动的摄像装置 52。摄像装置 52 记录作为时间的函数的、目标 26 的角位置。分析这些角度以得到模式。仅需要使得一个摄像装置跟随回射器目标 26 的角移动,而第二摄像装置实现计算距目标的距离。可选光源 54 照射目标 26,从而使得更容易地在背景图像的中间进行识别。另外,光源 54 可被脉冲化以进一步简化目标识别。

[0082] 图 4B 示出了观测回射器目标 26 的移动的摄像装置 52。摄像装置 52 记录目标 26 的角位置,并且使用三角测量来计算作为时间的函数的、距目标 26 的距离。稍后分析这些距离以得到模式。可选光源 54 照射目标 26。

[0083] 图 4C 示出了观测保持固定的回射器目标 26 的位置的摄像装置 52。跟踪器 10 测量目标 26 的三维坐标。例如,当稍后所述的命令输入板位于特定三维位置时,测量体积内的某些位置可被分配特定含义。

[0084] 图 5A 至 5D 表示感测装置,操作者可利用该感测装置传送示例性激光跟踪器 10 通过使用其摄像装置系统结合有源光源而解释的手势模式。图 5A 示出了观测有源回射器目标 120 的摄像装置 52。有源回射器目标包括其上安装有光源 122 以及接通和关断光源 122 的控制按钮 124 的回射器目标 126。操作者以预定模式按压控制按钮 124 开通和关断,以便以摄像装置 52 看到的并且由跟踪器 10 分析的模式来点亮光源 122。

[0085] 图 5A 的操作的替选模式是对于操作者仅在以手势发出命令时(其可例如使用左右和上下移动来给出)压下控制按钮 124。通过仅在该时间期间压下控制按钮 124,对于跟踪器 10 简化了解析和分析。存在跟踪器可以获得移动模式的多种方式,而不论是否压下控制按钮 124:(1)摄像装置 52 可以跟随光源 122 的移动;(2)摄像装置 52 可以跟随回射器 126 的移动,回射器 126 可选地由光源 54 照射;或者(3)激光跟踪器 10 的跟踪和测量系统可以跟随回射器 126 的移动。另外,跟踪器可以跟随回射器 126 以便在操作者同时上下按压控制按钮 124 以在发射的 LED 光中产生时间模式从而向跟踪器发出命令时的收集测量数据。

[0086] 图 5B 示出了观测六个 DOF 的探针 130 上的光源 132 的摄像装置 52。六个 DOF 的探针 130 包括回射器 136、光源 132 和控制按钮 134。操作者以规定方式按压控制按钮 134 接通和关断,以便以摄像装置 54 看到的并且由跟踪器 10 分析的模式来点亮光源 132。

[0087] 图 5B 的操作的替选模式是对于操作者仅在以手势发出命令(其可例如使用左右和上下移动或旋转来给出)时压下控制按钮 134。通过仅在该时间期间压下控制按钮 134,对于跟踪器 10 简化了解析和分析。在该情况下,存在多种跟踪器可以获得移动模式的方式:(1)摄像装置 52 可以跟随光源 132 的移动;(2)摄像装置 52 可以跟随回射器 136 的移

动,回射器 136 可选地由光源 54 照射;或者(3)激光跟踪器 10 的跟踪和测量系统可以跟随六个 DOF 的目标 130 的移动或旋转。

[0088] 图 5A、5B 还可以用于指示特定位置。例如,可以相对于对象保持有源回射器目标 120 的球形表面上的点或六个 DOF 的探针 130 的球形表面上的点,以提供可以由摄像装置 52 确定的位置。例如,当参照图 12 描述的命令输入板位于特定三维位置时,测量体积内的某些位置可被分配特定含义。

[0089] 图 5C 示出了观测棍(wand)140 上的光源 142 的摄像装置 52。棍 140 包括光源 142 和控制按钮 144。操作者以规定方式按压控制按钮 144 接通和关断,以便以摄像装置 54 看到的并且由跟踪器 10 分析的时间模式来点亮光源 142。

[0090] 图 5D 示出了观测棍 140 上的光源 142 的摄像装置 52。操作者按压棍 140 上的控制按钮 144 以连续点亮光源 142。在操作者在任意方向上移动棍 140 时,摄像装置 52 记录棍 140 的运动,其模式由跟踪器 10 来分析。如果仅横向(左右、上下)移动的模式重要而径向移动的模式不重要,则可以使用单个摄像装置 52。

[0091] 如上所述,跟踪器 10 具有检测操作者通过使用回射器目标 26、六个 DOF 的目标 110 或 130、有源回射器目标 120 或棍 140 创建的空间位置、空间模式以及时间模式的能力。这些空间或时间模式被共同称为手势。图 3A 至 3E、4A 至 4C、5A 至 5D 中绘出的特定装置和感测模式是具体示例而不应被理解为限制本发明的范围。

[0092] 图 6 示出了流程图 200,该流程图 200 列出了操作者和激光跟踪器 10 在发出和执行手势命令时执行的步骤。在步骤 210 中,激光跟踪器 10 连续地扫描命令。换言之,跟踪器使用图 3A 至 3E、4A 至 4C、5A 至 5D 所示的感测模式中的一种或多种来记录位置、空间模式和时间模式。在步骤 220 中,操作者用信号发出命令。这意味着操作者通过对诸如回射器目标 26、六个 DOF 的目标 110 或 130、有源回射器目标 120 或者棍 140 的对象采取适当动作来创建手势。适当动作可包括移动到特定绝对坐标或移动以创建特定空间或时间模式。

[0093] 在步骤 S230 中,跟踪器 10 拦截并且解析操作者刚才用信号发出的命令。跟踪器 10 通过感测并记录来自移动对象的空间和时间信息来拦截命令。跟踪器 10 通过使用可能在跟踪器内的计算能力来解析命令,以将数据流分成适当的子单元并且根据算法来识别子单元形成的模式。在下文中讨论可使用的算法的类型。

[0094] 在步骤 240 中,跟踪器确认已接收到命令。确认可为例如位于跟踪器上的闪光信号的形式。确认可取决于命令是否被清楚地接收到、错乱或者不完整或者出于某种原因不能执行而采取多种形式。可以以多种不同的方式给出这些不同的条件中的每个条件的信号。例如,不同颜色的光、或者闪烁的不同模式或持续时间是可能的。可听音也可以用作反馈。

[0095] 在步骤 250 中,跟踪器 10 检查命令是否是错乱的。换言之,所接收的命令的含义是否不清楚?如果命令是错乱的,流程返回到步骤 210,其中,跟踪器 10 继续扫描命令。否则,流程继续到步骤 260,其中,跟踪器 10 检查命令是否不完整。换言之,是否需要更多的信息来完整地定义命令?如果命令不完整,则流程返回到步骤 210,其中,跟踪器 10 继续扫描命令。否则,流程继续到步骤 270。

[0096] 在步骤 270 中,跟踪器 10 执行命令所需的任何动作。在一些情况下,动作在跟踪器和操作者的部分均需要多个步骤。以下讨论这样的情况示例。在步骤 280 中,跟踪器

10 用信号通知测量是完整的。然后,流程返回到步骤 210,其中,跟踪器继续扫描命令。

[0097] 图 7 示出了操作者用信号发出命令的步骤 220 包括三个步骤:步骤 222 (前序(prologue))、步骤 224 (指示(directive))和步骤 226 (结尾(epilogue))。前序和结尾步骤是可选的。命令的指示部分是命令的传达要遵守的指令的部分。命令的前序部分向跟踪器指示命令开始并且不久将给出指示。命令的结尾部分向跟踪器指示命令结束。

[0098] 图 8 至 10 示出了与示例性命令集合对应的两个示例性手势集合(“示例 1 手势”和“示例 2”手势)。图 8 至 10 的最左侧的列示出了示例性命令集合。这些命令的部分取自 FARO CAM2 软件。其它命令取自诸如 SMXInsight 软件或配备有 FARO 激光跟踪器的 Utilities 软件的其它软件。除了这些示例之外,命令可取自其它软件或者仅针对特定需要来创建。在图 8 至 10 中的每幅图中,在可用的情况下,第二列示出了 CAM2 软件中的软件快捷键。操作者可按压键盘上的该软件快捷键以执行相应的命令。图 8 至 10 的第三和第四列示出了可用于表示特定命令的一些空间模式。例如,可使用图 3A、4A 或 5D 所示的方法来感测二维空间模式。

[0099] 对于图 8 至 10 中的第三和第四列中的每个手势,起始位置以小圆圈指示,并且结束位置以箭头指示。图 8 至 10 的第三列中的手势为简单图形,即圆形、三角形或方形。该列中示出的 28 个形状通过其定向和起始位置而彼此区分开。相比之下,图 8 至 10 的第四列中的形状表示要执行的命令。第三列中的形状的主要优点是计算机较容易将这些形状识别和解释为命令。第四列中的形状的主要优点是操作者较容易记住这些形状。

[0100] 图 11A 至 11F 示出了可以以手势使用的一些替选空间模式。图 11A 示出了单笔画,图 11B 示出了字母数字字符,图 11C 示出了简单形状,图 11D 示出了路径折回或者重复一次的简单路径,图 11E 示出了由两个或更多个较简单的模式构成的复合路径,以及图 11F 示出了由两个或更多个字母构成的模式。

[0101] 图 12 示出了示例性命令输入板 300。操作者将命令输入板 300 携带到正进行测量的位置附近的便利位置。命令输入板 300 可由具有一页笔记本纸大小或更大的尺寸的硬材料制成。操作者将命令输入板 300 放在适当的表面上,并且可使用多种装置来将目标保持在适当位置。这样的装置可包括带子、磁体、热粘结剂、大头钉或维可牢尼龙搭扣。操作者通过使回射器 26 接触基准位置 310、312 和 314,以激光跟踪器 10 的参考系来建立命令输入板 300 的位置。可以在给定环境中使用多个命令输入板。以下讨论用于得到命令输入板位置的示例性过程。

[0102] 命令输入板 300 可被划分成多个方形。除了用于基准位置 310、312 和 314 的方形之外,存在用于图 8 至 10 中的命令的方形以及与目标类型、巢类型、方向和数量对应的其它方形。示例性命令输入板 300 的布局和内容仅是建议性的,并且可以以广泛种类的方式来高效地设计命令输入板。也可针对特定作业设计定制命令输入板。

[0103] 为了以手势向激光跟踪器 10 发出命令,操作者使回射器接触命令输入板 300 上的期望方形。操作者的该动作对应于图 200 中的步骤 220。动作的感测可例如由图 3C 或 4C 所示的方法来执行。如果要输入包括多个数字的序列(例如,数字 3.5),则将按顺序地接触方形 3、点、5 和 0。如以下所讨论的,存在向跟踪器指示要读取方形的多种方式。一种可能性是等待预设时间,假定至少两秒。跟踪器然后将给出信号,该信号可以是例如指示其已读取了方形的内容的闪光信号。当输入了数字的完整序列时,操作者可以以预定方式终止序

列。例如,约定的终止符可以是接触基准点之一。

[0104] 取代激光跟踪器,命令输入板 300 可与关节臂(articulated arm)CMM 一起使用。关节臂 CMM 包括附接到一端的静止基座和另一端的探针、扫描仪或传感器的多个接合段。在通过引用合并于此的授予 Raab 等人的美国专利第 6,935,036 号和通过引用合并于此的授予 Raab 等人的美国专利第 6,965,843 号中描述了示例性关节臂 CMM。以与使用激光跟踪器时使得回射器目标与命令输入板 300 的方形接触的方式相同的方式使得探针尖端与命令输入板 300 的方形接触。与激光跟踪器相比,关节臂 CMM 通常在小得多的测量体积内进行测量。为此,当使用关节臂 CMM 时,通常容易找到便利的位置来安装命令输入板 300。包括在命令输入板 300 中的特定命令将被适用于适于关节臂 CMM 的命令,该命令与用于激光跟踪器的命令不同。利用关节臂 CMM 使用命令输入板的优点在于节省了操作者设置探针、移动到计算机以及在返回到关节臂 CMM 之前输入命令的不便和损失时间。

[0105] 现在给出图 13 至 16 中的可如何使用手势的四个示例。图 13 示出了用于为示例性激光跟踪器 10 设置参考点的手势。根据较早讨论的回忆,Auto Reset (自动重置)是激光跟踪器的可能选项模式。如果激光跟踪器被设置为自动重置选项,则无论何时光束路径断裂,激光束都将被引导到参考位置。常用的参考位置是跟踪器的原位,这对应于永久地安装在激光跟踪器的主体上的磁巢的位置。替选地,可选择靠近工作体积的参考点以消除在光束断裂时操作者走回到跟踪器的需要。(通常,当跟踪器使用干涉仪替代 ADM 来进行测量时,该能力是最重要的。)

[0106] 在图 13 中,执行流程图 400 所示的动作以通过使用手势来设置参考点。在步骤 420 中,操作者以针对图 10 中的“设置参考点”的模式来移动目标。该情况下的目标可以是例如如图 3A 所示的回射器 26。在步骤 430 中,激光跟踪器 10 拦截和解析命令,并且确认已接收到命令。在该情况下,确认的形式是跟踪器前面板上的红灯的两次闪烁。然而,可使用诸如不同颜色或模式的其它反馈或者可听音。在步骤 440 中,操作者将 SMR26 放置在定义参考位置的磁巢中。激光跟踪器 10 连续地监视 SMR26 的位置数据并且当 SMR26 静止时进行记录。如果 SMR 静止五秒,则跟踪器 10 识别操作者已故意将 SMR 放置在巢中,并且跟踪器开始测量。跟踪器面板上的红灯例如可在进行测量的同时被点亮。当测量完成时红灯熄灭。

[0107] 在图 14 中,执行流程图 500 所示的动作以在三维空间中建立示例性命令输入板 300 的位置。根据先前的讨论的回忆,命令输入板 300 具有三个基准位置 310、312 和 314。通过使回射器目标接触这三个位置,可以得到命令输入板 300 在三维空间中的位置。在步骤 510 中,操作者以针对图 9 中的“初始化命令输入板”所示的模式来移动目标。该情况下的目标可以是例如如图 3A 所示的回射器 26。在步骤 520 中,激光跟踪器 10 拦截和解析命令,并且通过闪烁红灯两次来确认已接收到命令。在步骤 530 中,操作者相对于三个基准点之一来保持 SMR26。激光跟踪器 10 连续地监视 SMR26 的位置数据并且在 SMR 静止时进行记录。在步骤 540 中,如果 SMR26 静止五秒,则跟踪器 10 测量 SMR26 的位置。在步骤 550 中,操作者相对于三个基准点中的第二点来保持 SMR26。在步骤 560 中,如果 SMR26 静止五秒,则跟踪器 10 测量 SMR26 的位置。在步骤 570 中,操作者相对于三个基准点中的第三点保持 SMR26。在步骤 580 中,如果 SMR26 静止五秒,则跟踪器测量 SMR26 的位置。现在跟踪器 10 知道三个基准点中的每个的三维位置,并且其可以根据这三个点计算这三对点之间的距

离。在步骤 590 中,跟踪器 10 通过比较已知的点之间的距离与算出的点之间的距离来搜索错误。如果差别过大,则在步骤 590 中以适当指示来指示信号错误,该适当指示可以是红灯闪烁五秒。

[0108] 在图 15 中,执行流程图 600 所示的动作以通过使用手势来测量圆圈。在步骤 610 中,操作者以针对图 8 中的“测量圆圈”所示的模式来移动目标。该情况下的目标可以是例如如图 3A 所示的回射器 26。在步骤 620 中,激光跟踪器 10 拦截和解析命令,并且通过闪烁红灯两次来确认已接收到命令。在步骤 630 中,操作者相对于工件来保持回射器 26。例如,如果操作者正测量圆洞的内部,则其将相对于洞的内部的部分而放置 SMR。激光跟踪器 10 连续地监视回射器 26 的位置数据并且在 SMR 静止时进行记录。在步骤 640 中,在回射器 26 静止五秒之后,红灯点亮并且跟踪器 10 开始回射器 26 的位置的连续测量。在步骤 650 中,操作者沿着关注的圆圈移动回射器 10。在步骤 660 中,当收集到足够的点时,操作者将回射器 26 移动远离正测量的对象的表面。回射器 26 的移动指示测量完成。其还指示回射器目标 26 正测量内径还是外径,并且使得应用软件能够去除偏移距离以解决回射器 26 的半径。在步骤 670 中,跟踪器 10 使红灯闪烁两次,以指示已收集到所需的测量数据。

[0109] 在图 16 中,执行流程图 700 所示的动作以在来自激光跟踪器 10 的激光束断裂之后获取回射器。在步骤 710 中,操作者以针对图 10 中的“获取 SMR”所示的模式来移动回射器。该情况下的目标可以是例如如图 4A 所示的回射器 26。在该过程开始时,SMR 尚未获取 SMR 并且因此无法使用图 3A 至 3E 所示的模式。替代地,摄像装置 52 和光源 54 用于定位回射器 26。在步骤 720 中,激光跟踪器 10 拦截和解析命令,并且通过使红灯闪烁两次来确认已接收到命令。同时,其朝向回射器 26 的中心驱动激光束 46。在步骤 730 中,跟踪器 10 检查回射器 26 是否捕获到激光束。在大部分情况下,驱动激光束足够靠近回射器 26 的中心,使得激光束到达跟踪器内的位置检测器的有效区域内。在该情况下,跟踪器伺服系统在朝向位置检测器的中心移动激光束的方向上驱动激光束,这还使得激光束移动到回射器 26 的中心。此后进行正常的跟踪。如果激光束没有被驱动为足够靠近回射器 26 的中心以到达跟踪器内的位置检测器,则一种可能性是执行螺旋搜索,如步骤 740 所示。激光跟踪器 10 通过在起始方向上瞄准激光束并且然后以不断加宽的螺旋引导光束来执行螺旋搜索。是否执行螺旋搜索可以被设置为具有激光跟踪器或与激光跟踪器一起使用的应用软件的选项。可能适合于迅速移动目标的另一选项是重复地重复步骤 720,直到回射器捕获到激光束为止或者直到超时为止。

[0110] 如之前参照图 7 讨论的,操作者通过使用三个步骤来用信号发出命令:可选前序、指示和可选结尾。如果跟踪器 10 不断地解析数据并且可以在产生期望模式时迅速地响应,则可以仅使用指示而不使用前序或结尾。类似地,如果操作者触摸命令输入板 300 上的位置,则命令应该对于跟踪器是清楚的而不需要前序或结尾。另一方面,如果跟踪器无法足够快速地解析以立即响应于操作者创建的模式,或者如果存在操作者可能无意地创建命令模式的机会,则可能需要使用前序、结尾或者两者。

[0111] 简单的前序或结尾的示例仅是目标的移动中的暂停,目标可以是图 3A 至 3E、4A 至 4C 和 5A 至 5D 中示出的目标中的任意目标。例如,操作者可在模式开始之前暂停一秒或两秒并且在模式结束时暂停一秒或两秒。通过以此方式暂停,跟踪器或计算机内的解析软件将更容易理解在图 8 至 10 中分别以圆圈和箭头指示的并且在图 11 中分别以圆圈和方形指

示的每个手势的起始和结束位置。

[0112] 简单前序或结尾的另一示例是来自跟踪器的激光束的迅速阻挡和解除阻挡。例如,操作者可张开其手指以使得在四个手指的每个之间存在空间。然后,通过跨越激光束迅速地移动其手指,光束将迅速连续地断裂和延续四次。可称为“四指礼(four finger salute)”的这种时间模式容易由激光跟踪器识别。图 3D 中以无源目标示出了基于返回的激光功率的时间变化的感测模式,并且在图 5A 至 5C 中以有源目标示出了该感测模式。

[0113] 除了在手势命令中使用前序或结尾之外,在激光跟踪器开始动作时有时还需要前序的类型。例如,在图 13 至 15 的示例中,在进行跟踪器测量之前,在给出命令之后存在五秒的等待。该等待的目的是在开始测量之前给予操作者使回射器目标进入适当位置的时间。当然,五秒的时间是任意的并且可以被设置为任意期望值。另外,可以使用应该开始测量的其它指示。例如,可以使用四指礼而不是时间延迟来指示准备好进行测量。

[0114] 诸如图 5A 至 5D 所示的有源目标用于诸如工具构建和装置装配的应用中。工具是制成用于辅助其它装置的制造的设备类型。在诸如汽车和航天制造的领域中,根据严格的规范来构造工具。激光跟踪器帮助装配和检查这样的工具。在多种情况下,需要将工具的组成元件彼此对准。诸如回射器 26 的单个回射器目标可以用于建立工具中的每个元件可以适当地与其对准的坐标系。然而,在复杂的工具中,这可以包括多次迭代测量。替选是在加工元件上安装多个回射器目标并且然后迅速连续地测量所有这些回射器目标。这样的迅速测量在今天通过现代跟踪器技术(诸如绝对距离计和摄像装置系统(诸如部件 42、44))而成为可能。如果多个回射器直接安装在加工工具上,则操作者可能难以或者无效率地使用这些回射器之一来创建手势命令。使用图 5C 或 5D 所示的诸如 140 的棍可能更方便。操作者可以使用棍快速地给出命令而无需干扰安装在加工工具上的回射器。这样的棍可安装在锤子或类似装置的端部以使得操作者的手可以空出用于执行装配和调整。在一些情况下,在工具构建期间可能需要如分别在图 5A 和 5B 中示出的分开的回射器或六个 DOF 的探针。通过将光源和控制按钮添加到基本的 SMR 或六个 DOF 的探针,操作者可以以非常灵活的方式发出命令。

[0115] 诸如图 5A 至 5D 示出的有源目标还用于装置装配。现代的趋势是使用激光跟踪器的灵活装配而不是自动化的加工装配。跟踪器方法的重要优点在于需要较少的提前准备。使得这样的装配在今天较实际的一件事情是使得 CAD 软件绘图与激光跟踪器进行的测量匹配的软件的可用性。通过将回射器放置在要装配的零件上并且然后利用激光跟踪器顺序地测量回射器,可以使用颜色在计算机显示器上示出的装配的紧密度,诸如,红色指示“远离”,黄色指示“较近”,并且绿色指示“足够近”。使用有源目标,操作者可以给出以优化装配处理的方式来测量所选择的目标或目标组的命令。

[0116] 多个回射器通常位于单个测量体积中。以上描述了用于利用多个回射器进行工具构建和装置装配的示例。这些示例示出了有源目标可能是特别有用的。在其它情况下,激光跟踪器识别多个无源回射器的移动的能力可能是有用的。例如,假设多个回射器已放置在诸如金属片冲压机(sheetmetal stamping press)的加工固定件上并且操作者想在固定件的每次操作之后执行目标勘测。勘测将顺序地测量每个目标的坐标以检查加工固定件的重复性。操作者设置初始勘测坐标的容易方式是顺序地将每个回射器从其巢中提起并且根据规定手势模式来回移动该回射器。当跟踪器识别该模式时,其测量回射器在其巢中的坐

标。跟踪器摄像装置的能力是识别在使得操作者能够方便地在回射器之间切换的宽视野中的手势模式。

[0117] 如之前所述,存在可以用于识别手势模式并将这些手势模式解释为命令的多种不同类型的方法或算法。这里,我们建议了一些方法,但是应认识到,可以使用广泛种类的方法或算法并且广泛种类的方法或算法将同等良好地起作用。如之前所说明的,存在三种主要类型的感兴趣模式:(1)单点绝对位置;(2)时间模式;以及(3)移动模式。识别单点绝对位置是这三种类别中的可论证地最容易的。在该情况下,跟踪器仅需要比较所测量的坐标以了解这些坐标是否在指定的容差内与命令输入板 300 的表面上的坐标一致。

[0118] 时间模式也是相对容易识别的。特定模式可包括例如特定数量的开-关重复,并且可对可允许的开关次数施加附加限制。在该情况下,跟踪器 10 仅需要记录开关次数并且定期地检查是否与预先建立的模式匹配。与完全熄灭灯以向跟踪器发送信号相比,当然可以减小功率水平。可以通过多种手段(诸如使用中密度滤波器、偏振器或光圈)来获得回射的激光功率的水平减小。

[0119] 可以以一维、二维或三维来解析移动模式。径向距离的改变是一维移动的示例。横向(上下、左右)移动的改变是二维测量的示例。径向和横向维度的改变是三维测量的示例。当然,感兴趣的维度是激光跟踪器系统当前监视的那些维度。帮助简化解析和识别任务的一种方式要求其出现在时间和空间的特定界限内。例如,可要求模式在范围上在 200mm 与 800mm (8 英寸与 32 英寸)之间并且要在一秒与三秒之间完成。在横向移动的情况下,跟踪器将在角度改变时记录移动,并且这些弧度角必须与距目标的距离相乘以得到模式的大小。通过将可允许的模式限制于时间和空间的特定界限,可以排除将多种移动进一步考虑作为手势命令。剩余的移动可以以多种不同的方式来评估。例如,数据可暂时存储在缓冲器中,该缓冲器定期地被评估以了解是否存在与任意所识别的手势模式的潜在匹配。特别容易识别的手势移动模式的特殊情况是当图 5A 中的命令按钮 124 被按压以点亮灯 122 从而指示正做出手势时。计算机然后仅需要记录在灯 122 被点亮时发生的模式并且然后评估该模式以了解是否产生了有效手势。当操作者在图 5B 中按压命令按钮 134 以点亮灯 132 或者在图 5D 中按压命令按钮 144 以点亮灯 142 时,可以采取类似的方法。

[0120] 除了这三种主要模式之外,还可以创建使用无源对象或无源对象结合回射器得到的模式。例如,跟踪器上的摄像装置可识别无论何时使得特定大小的无源红色方形在 SMR 的一英寸内都给出特定命令。

[0121] 还可能的是组合三种主要模式中的两种。例如,可以将移动速度与特定空间模式组合,从而组合模式类型二和三。作为另一示例,操作者可利用锯齿模式用信号发出特定命令,该锯齿模式包括迅速上移随后是缓慢返回。类似地,可使用加速度。例如,轻拂(flick)运动可用于在围绕对象的特定方向上将激光束“抛(toss)”出。

[0122] 在模式的类型内变型也是可能的。例如,在空间模式的类别内,可以区分小方形(假定边为三英寸)和大方形(假定边为 24 英寸)。

[0123] 以上讨论的算法的方法借助于图 17 所示的处理系统 800 来实现。处理系统 800 包括跟踪器处理单元 810 和可选的计算机 80。处理单元 810 包括至少一个处理器,其可以是微处理器、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)或类似装置。提供处理能力以处理信息并向内部跟踪器处理器发出命令。这样的处理器可包括位置检测器处理器 812、

方位编码器处理器 814、天顶编码器处理器 816、指示灯处理器 818、ADM 处理器 820、干涉仪 (IFM) 处理器 822 以及摄像装置处理器 824。其可包括手势预处理器 826 以辅助手势模式的评估或解析。辅助单元处理器 870 可选地提供对跟踪器处理单元 810 内的其它处理器的定时和微处理器支持。辅助单元处理器 870 可借助于装置总线 830 与其它处理器通信,如本领域公知的,装置总线 830 可借助于数据分组来在跟踪器各处传输信息。计算能力可分布于跟踪器处理单元 810 各处,其中 DSP 和 FPGA 对跟踪器传感器收集的数据执行中间计算。这些中间计算的结果返回到辅助单元处理器 870。如之前所说明的,辅助单元 70 可通过长线缆附接到激光跟踪器 10 的主体,或者其可在激光跟踪器的主体内被拉动以使得跟踪器直接(以及可选地)附接到计算机 80。辅助单元 870 可通过连接 840 连接到计算机 80,连接 840 可以是例如以太网线缆或无线连接。辅助单元 870 和计算机 80 可通过连接 842、844 连接到网络,连接 842、844 可以是例如以太网线缆或无线连接。

[0124] 传感器数据的预处理可由处理器 812 至 824 中的任意处理器评估用于手势内容,但是还可存在专门指定用于执行手势预处理的处理器 826。手势预处理器 826 可以是微处理器、DSP、FPGA 或类似装置。其可包括存储要评估用于手势内容的数据的缓冲器。预处理后的数据可被发送到辅助单元以进行最终评估,或者手势内容的最终评估可由手势预处理器 826 来执行。替选地,原始或预处理后的数据可被发送到计算机 80 以进行分析。

[0125] 尽管上述手势的使用大部分集中于其与单个激光跟踪器在一起的使用,但是利用激光跟踪器的集合或与其它仪器组合的激光跟踪器来使用手势也是有益的。一种可能性是将一个激光跟踪器指定作为随后向其它仪器发送命令的主设备。例如,四个激光跟踪器的集合可用于多边测量,其中仅使用每个跟踪器测量的距离来计算三维坐标。可以将命令给予单个跟踪器,该单个跟踪器将命令转发到其它跟踪器。另一可能性是允许多个仪器对手势进行响应。例如,假设激光跟踪器用于重定位关节臂 CMM。在通过引用合并于此的、授予 Raab 的美国专利第 7,804,602 号中给出了这样的系统的示例。在该情况下,激光跟踪器可被指定作为重定位过程中的主设备。操作者将向跟踪器给出手势命令,跟踪器进而将适当的命令发送到关节臂 CMM。在重定位过程完成之后,操作者可以使用命令输入板来向关节臂 CMM 给出手势命令,如上所述的那样。

[0126] 图 19 示出了在根据参照图 3A 至 3B、4A 至 4B 和 5A 的讨论而给出将命令传送到激光跟踪器的手势时执行的步骤 1900。步骤 1910 用于提供命令与空间模式之间的对应关系规则。步骤 1920 用于用户从可能的命令当中选择命令。步骤 1930 用于用户以与期望的命令对应的空间模式移动回射器。空间模式可在横向或径向方向上。步骤 1940 用于将来自激光跟踪器的光投射到回射器。该光可以是沿着激光跟踪器的光轴发出的光束,或者可以是布置在激光跟踪器上的摄像装置附近的 LED 发出的光。步骤 1950 用于将来自回射器的光反射回到激光跟踪器。步骤 1960 用于感测所反射的光。感测可由布置在跟踪器上的摄像装置内的感光阵列、由跟踪器中的位置检测器或者由跟踪器内的距离计来实现。步骤 1970 用于基于对应关系规则确定命令。步骤 1980 用于执行命令。

[0127] 图 20 示出了在根据参照图 3C、4C 和 5A 的讨论给出将命令传送到激光跟踪器的手势时执行的步骤 2000。步骤 2010 用于提供命令与三维位置之间的对应关系规则。步骤 2020 用于用户从可能的命令当中选择命令。步骤 2030 用于用户可能通过使得回射器目标与命令输入板相接触来将回射器移动到与期望命令对应的位置。步骤 2040 用于将来自激

光跟踪器的光投射到回射器。该光可以是沿着激光跟踪器的光轴发出的光束或者可以是由布置在激光跟踪器上的摄像装置附近的 LED 发出的光。步骤 2050 用于将来自回射器的光反射回到激光跟踪器。步骤 2060 用于感测所反射的光。感测可由布置在跟踪器上的摄像装置内的感光阵列、由跟踪器中的位置检测器或者由跟踪器内的距离计来实现。步骤 2070 用于基于对应关系规则确定命令。步骤 2080 用于执行命令。

[0128] 图 21 示出了在根据参照图 3D 和 5A 的讨论给出将命令传送到激光跟踪器的手势时执行的步骤 2100。步骤 2110 用于提供命令与时间模式之间的对应关系规则。步骤 2120 用于用户从可能的命令当中选择命令。步骤 2130 用于将来自激光跟踪器的光投射到回射器。该光可以是沿着激光跟踪器的光轴发出的光束或者可以是由布置在激光跟踪器上的摄像装置附近的 LED 发出的光。步骤 2140 用于将来自回射器的光反射回到激光跟踪器。步骤 2150 用于感测所反射的光。该感测可由布置在跟踪器上的摄像装置内的感光阵列、由跟踪器中的位置检测器或者由跟踪器内的距离计来实现。步骤 2160 用于用户创建在激光跟踪器上的传感器接收的光功率中的时间模式。这样的时间模式容易通过如以下讨论的阻挡以及解除阻挡光束来实现。步骤 2170 用于基于对应关系规则确定命令。步骤 2180 用于执行命令。

[0129] 图 22 示出了在根据参照图 3E 和 5B 的讨论给出用于将命令传送到六个 DOF 的激光跟踪器的手势时执行的步骤 2200。步骤 2210 用于提供命令与六个 DOF 的目标的姿势之间的对应关系规则。步骤 2220 用于用户从可能的命令当中选择命令。步骤 2230 用于使用六个 DOF 的激光跟踪器来测量第一姿势的六个 DOF 的目标的至少一个坐标。姿势包括三个平移坐标(例如, x 、 y 、 z)和三个定向坐标(例如, 横滚、俯仰和偏航)。步骤 2240 用于用户改变六个 DOF 的目标的姿势的六个维度中的至少一个。步骤 2250 用于测量第二姿势的至少一个坐标, 第二姿势是在用户完成步骤 2240 之后得到的姿势。步骤 2260 用于基于对应关系规则确定命令。步骤 2270 用于执行命令。

[0130] 图 23 示出了在给出将命令传送到激光跟踪器以将来自激光跟踪器的激光束指向目标并且锁定于目标的手势时执行的步骤 2300。步骤 2310 用于将光投射到回射器。该光可以是由布置在激光跟踪器上的摄像装置附近的 LED 发出的光。步骤 2320 用于用户以预定空间模式移动回射器。步骤 2330 用于将来自回射器的光反射到激光跟踪器。步骤 2340 用于感测所反射的光。感测可由例如布置在跟踪器上的摄像装置内的感光阵列来实现。步骤 2350 用于基于对应关系规则来确定命令。步骤 2360 用于将来自跟踪器的光束指向回射器。步骤 2370 用于将来自跟踪器的激光束锁定于回射器。

[0131] 图 24 示出了在给出将命令传送到激光跟踪器以将来自激光跟踪器的激光束指向目标并且锁定于目标的手势时执行的步骤 2400。步骤 2410 用于将光投射到回射器。该光可以是由布置在激光跟踪器上的摄像装置附近的 LED 发出的光。步骤 2420 用于将来自回射器的光反射到激光跟踪器。步骤 2430 用于感测所反射的光。感测可由例如布置在跟踪器上的摄像装置内的感光阵列来实现。步骤 2440 用于生成如以上所述的预定时间模式。步骤 2450 用于基于对应关系规则确定命令。步骤 2460 用于将来自跟踪器的光束指向回射器。步骤 2470 用于将来自跟踪器的激光束锁定于回射器。

[0132] 图 25 示出了在给出将命令传送到激光跟踪器以将来自激光跟踪器的激光束指向目标并且锁定于目标上的手势时执行的步骤 2500。步骤 2510 用于将光投射到回射器。该

光可以是由布置在激光跟踪器上的摄像装置附近的 LED 发出的光。步骤 2520 用于测量六个 DOF 的目标的第一姿势的至少一个坐标。如以上所讨论的,姿势包括三个平移自由度和三个定向自由度。步骤 2530 用于改变第一姿势的至少一个坐标。步骤 2540 用于测量第二姿势的至少一个坐标,第二姿势是在改变了六个 DOF 的探针的至少一个坐标之后得到的姿势。步骤 2550 用于确定满足对应关系规则。步骤 2560 用于将来自跟踪器的光束指向回射器。步骤 2570 用于将来自跟踪器的激光束锁定于回射器。

[0133] 尽管已示出和描述了优选实施例,但是在不背离本发明的精神和范围的情况下可对其进行各种修改和替换。因此,应理解,本发明是作为说明而非限制来描述的。

[0134] 当前公开的实施例因此被认为在所有方面都为说明性的而非限制性的,本发明的范围由所附权利要求来指示而非先前描述来指示,并且在权利要求的等同物的含义和范围内的所有改变因此旨在包括在其中。

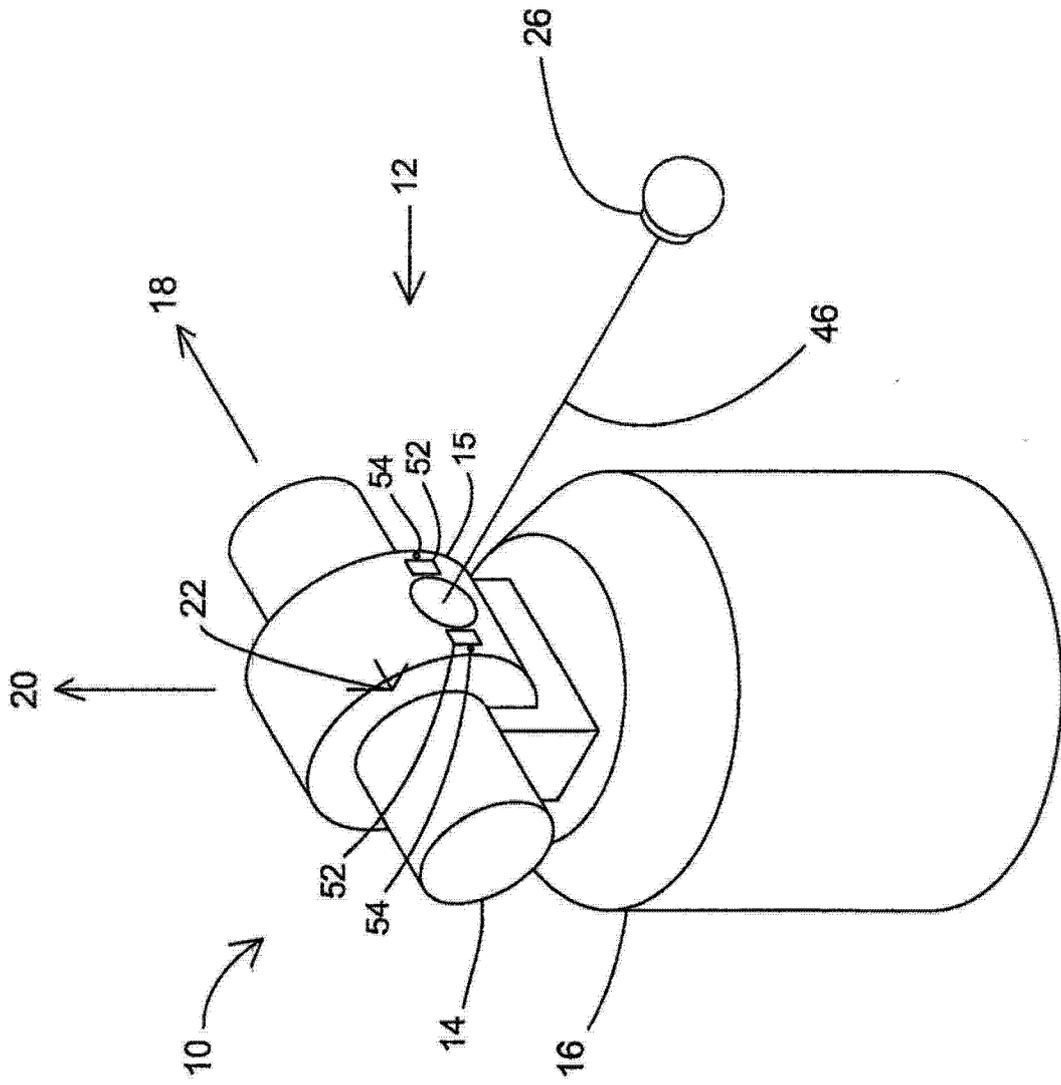


图 1

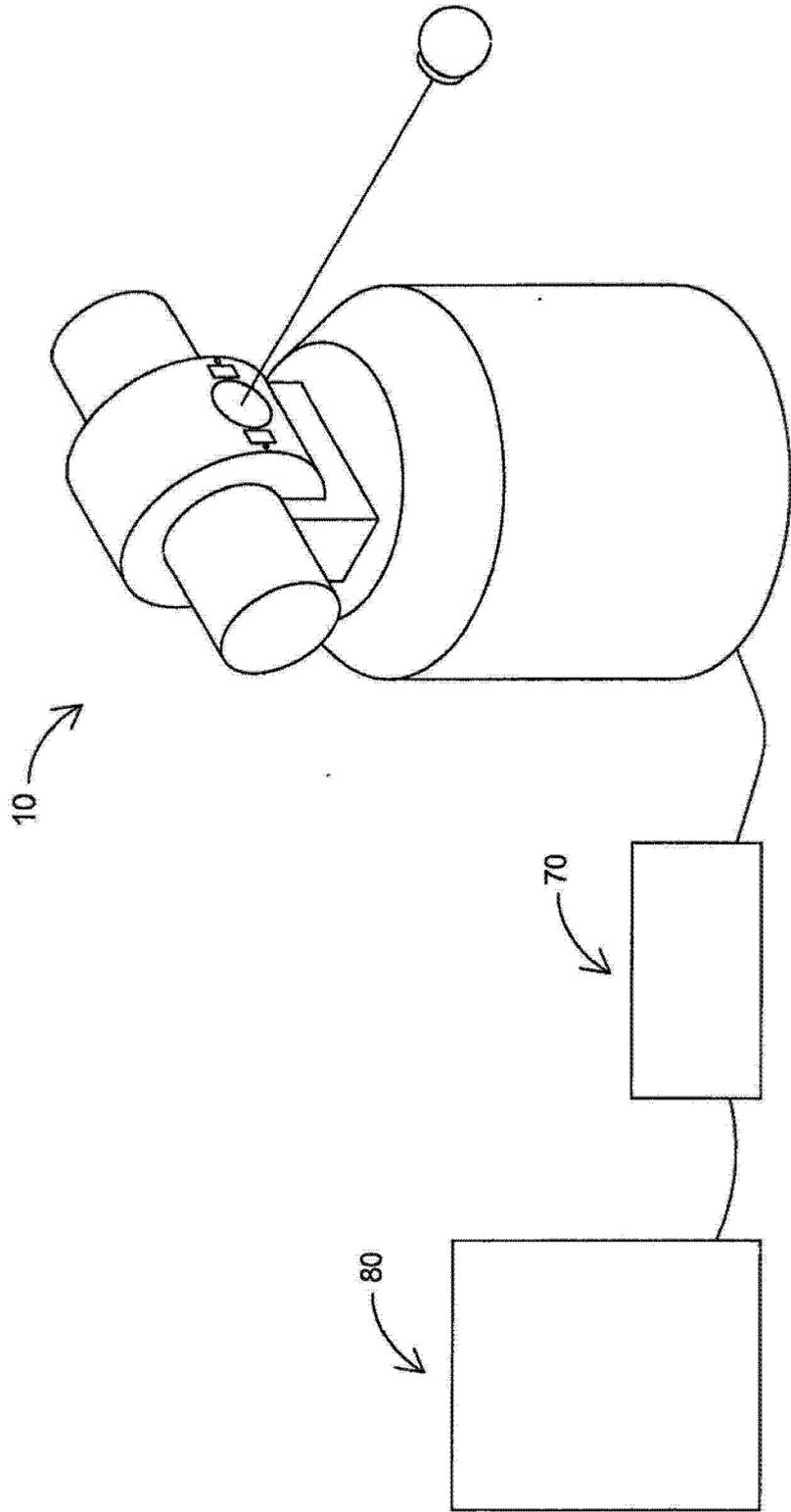


图 2

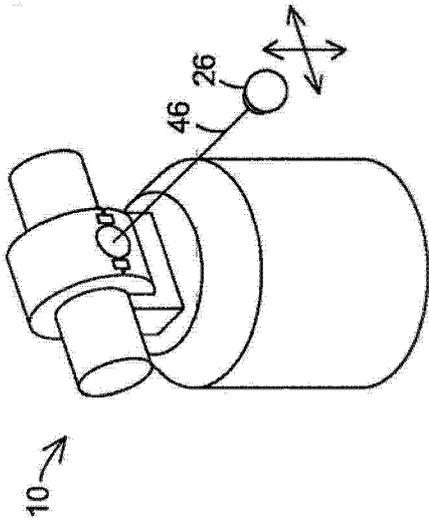


图 3A

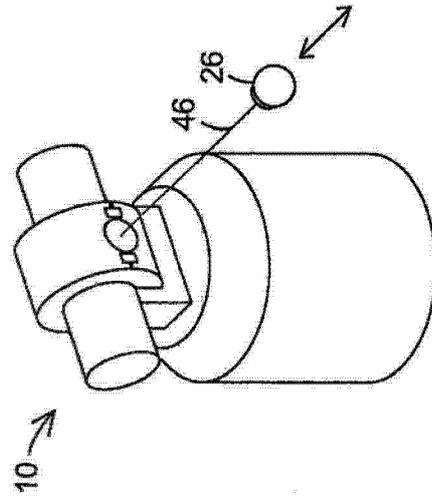


图 3B

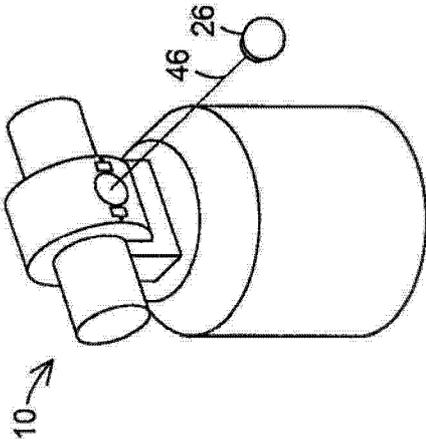


图 3C

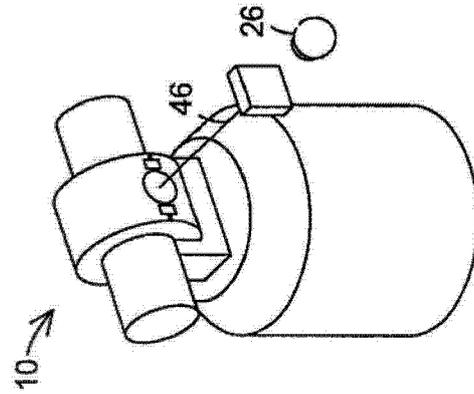


图 3D

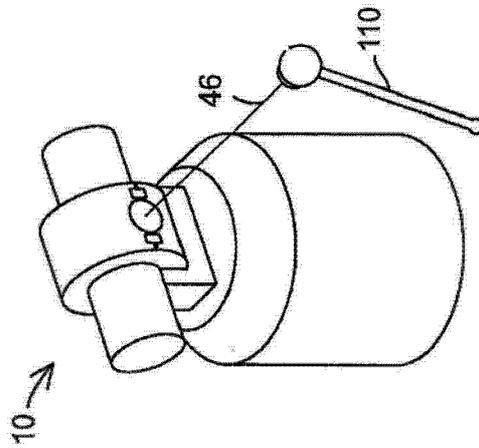


图 3E

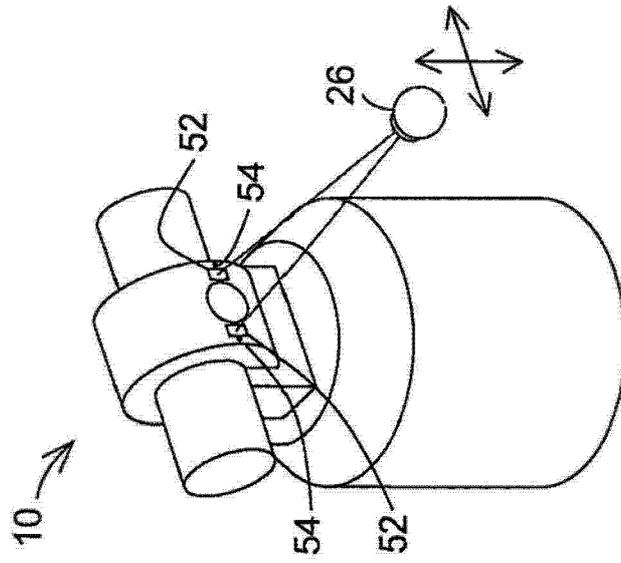


图 4A

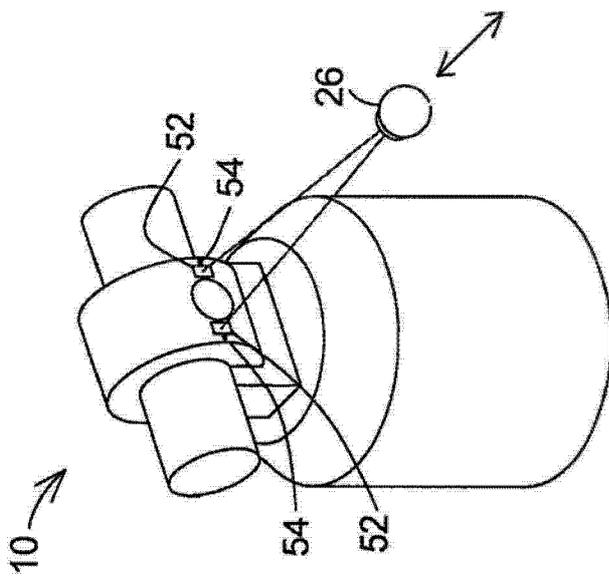


图 4B

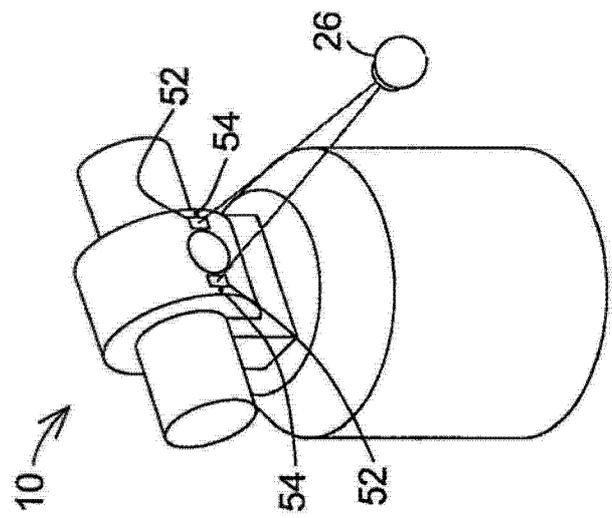


图 4C

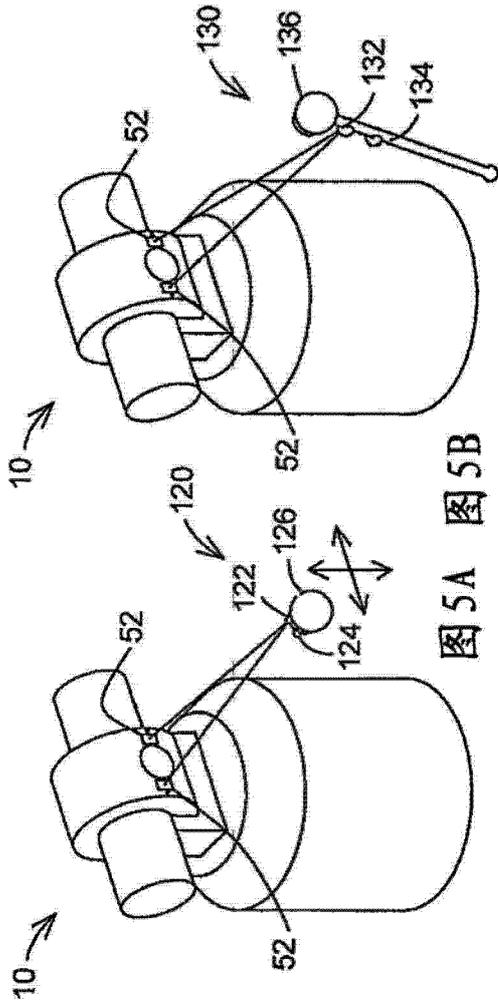


图 5A 图 5B

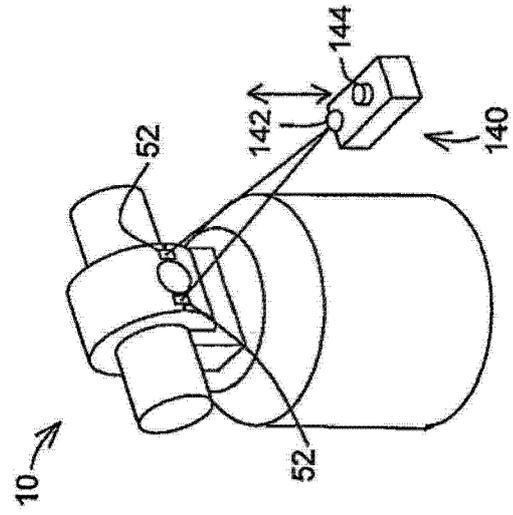


图 5C

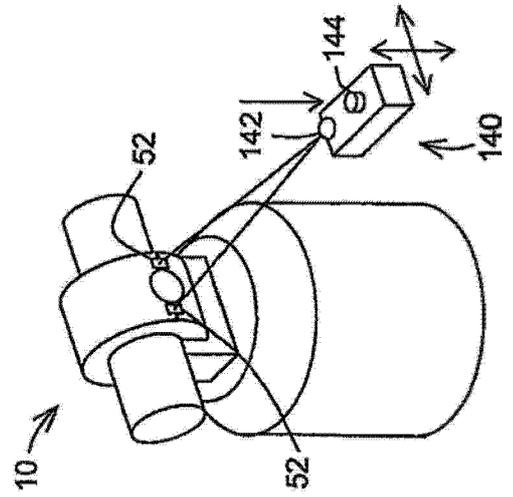


图 5D

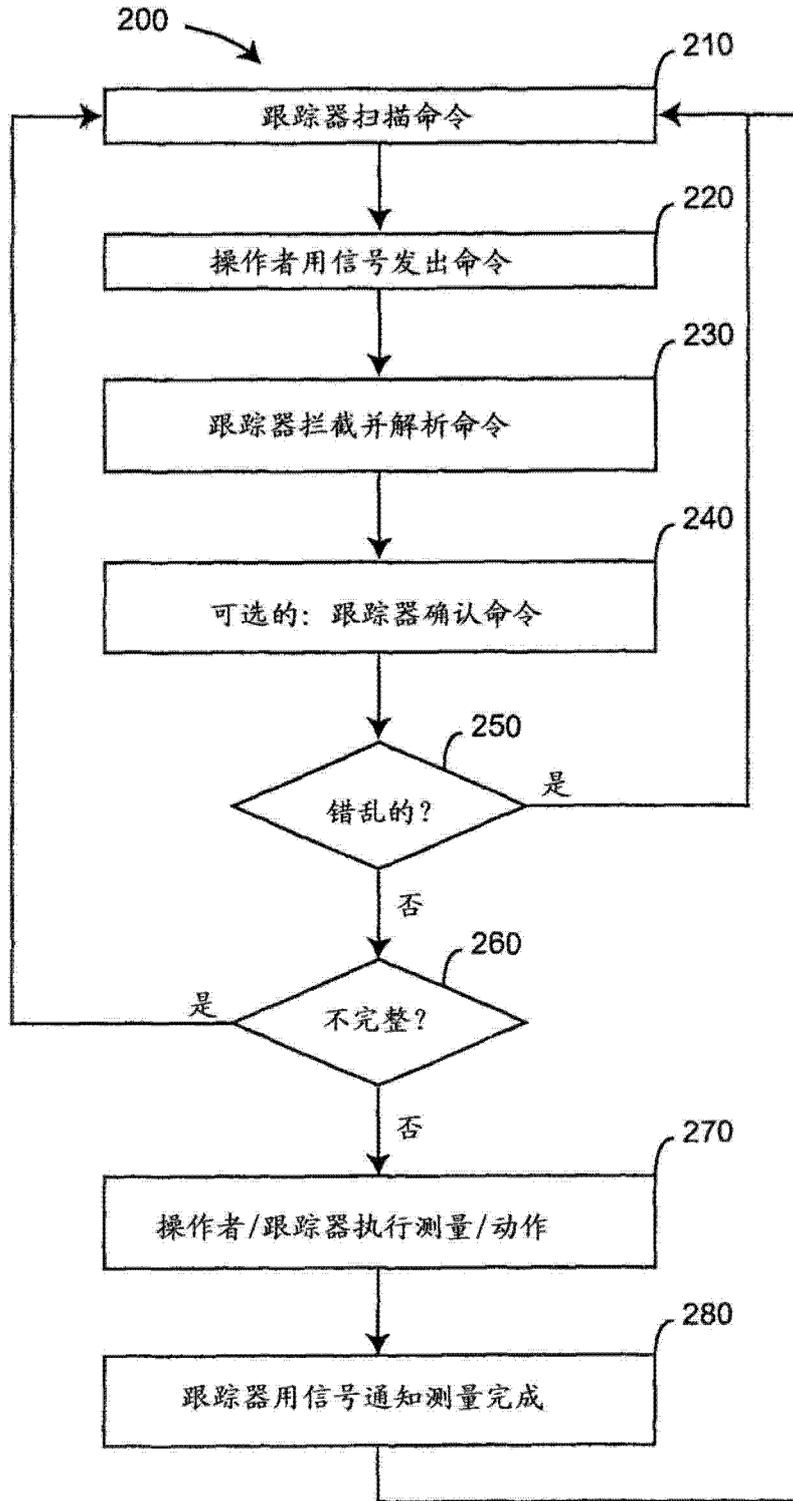


图 6

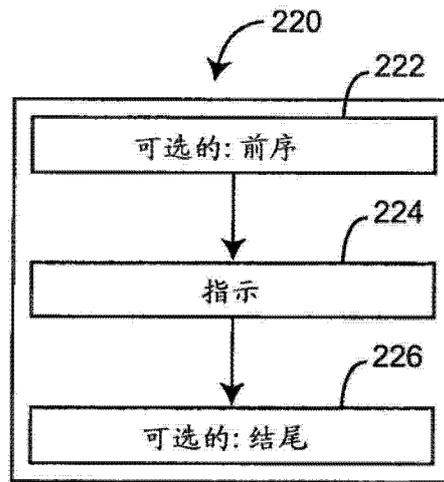


图 7

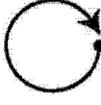
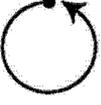
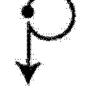
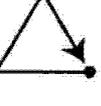
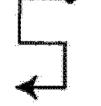
命令	软件快捷键	示例1手势	示例2手势
取消	Esc		
测量补偿关闭点	F2		
测量补偿轴点	!		
测量平面	F3		
测量2D线	F4		
测量圆圈	F10		
测量圆柱	F8		
测量球体	F12		
改变SMR	P		
重置干涉仪	T		

图 8

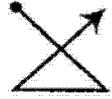
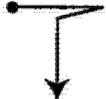
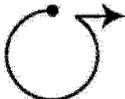
命令	软件快捷键	示例1手势	示例2手势
设置距离模式	N		
搜索	S		
切换单点/扫描模式	X		
材料厚度	M		
收集读数	插入		
补偿点	主		
移除读数	←		
使用SMR自动调整	N/A		
使用内部回射器自动调整	N/A		
初始化命令输入板	N/A		

图 9

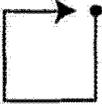
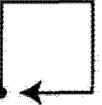
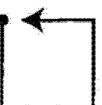
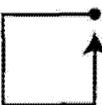
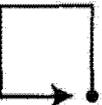
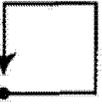
命令	软件快捷键	示例1手势	示例2手势
设置参考点	N/A		
用户定义 1	N/A		
用户定义 2	N/A		
用户定义 3	N/A		
用户定义 4	N/A		
用户定义 5	N/A		
用户定义 6	N/A		
获取SMR	N/A		

图 10

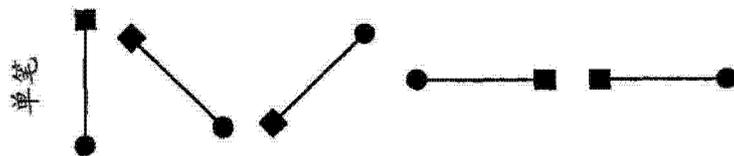


图 11A

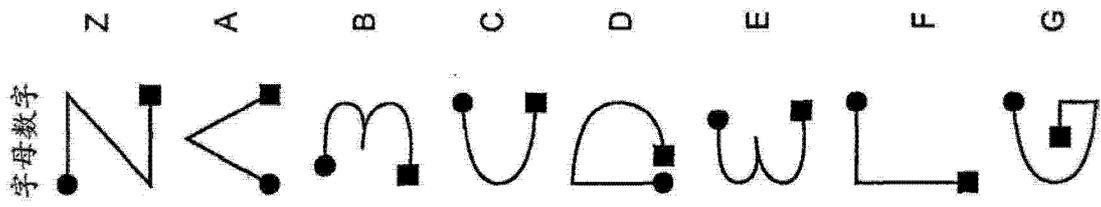


图 11B

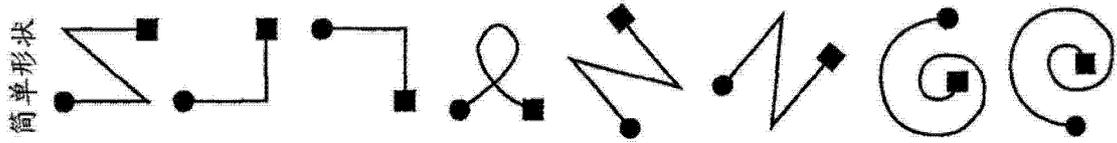


图 11C

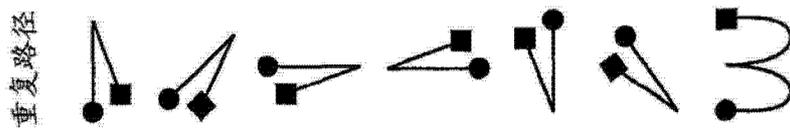


图 11D

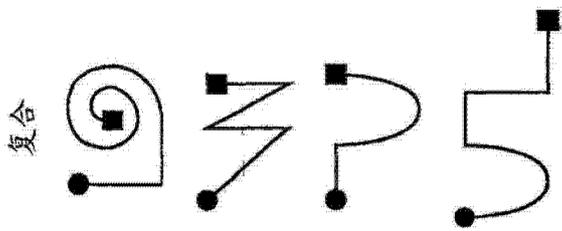


图 11E

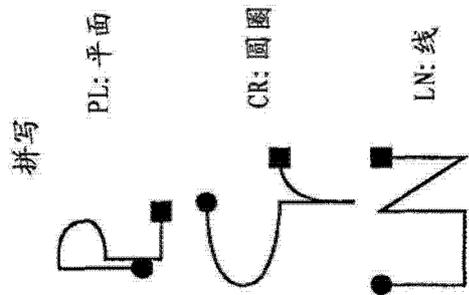


图 11F

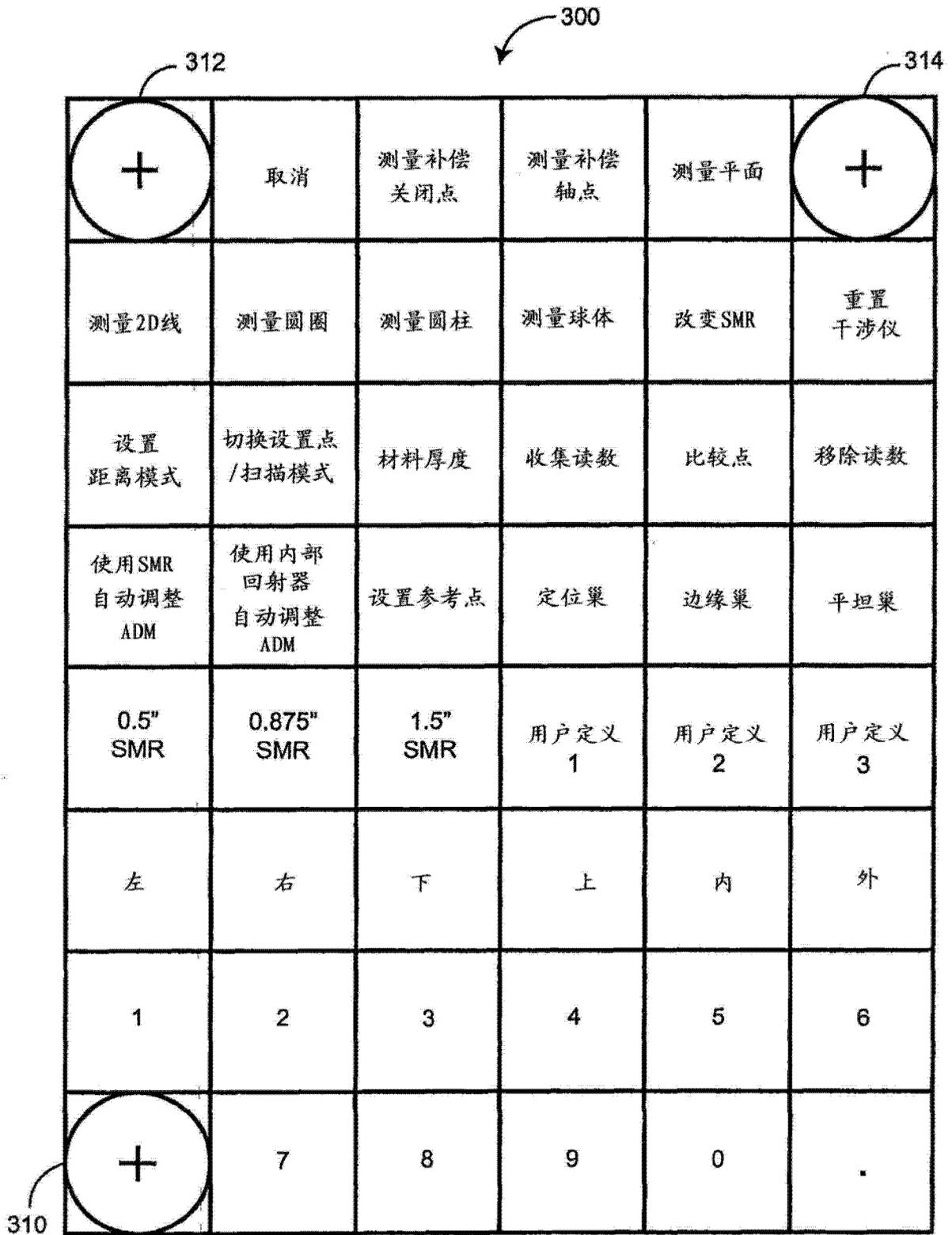


图 12

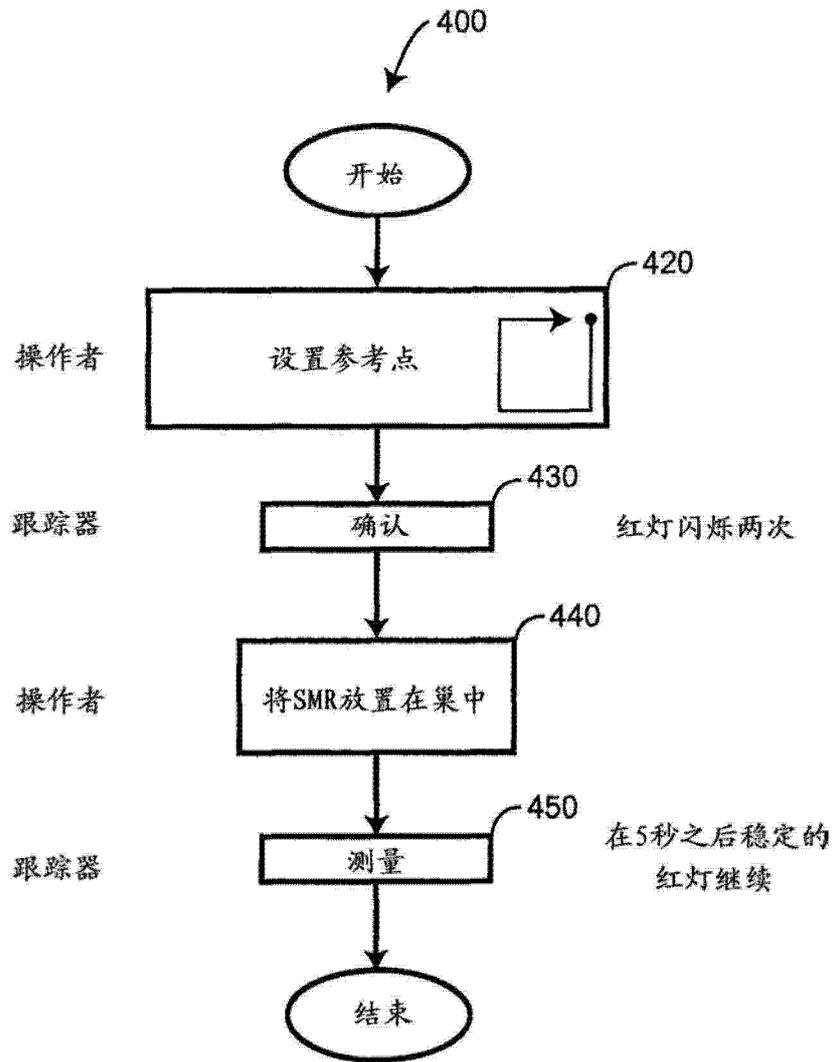


图 13

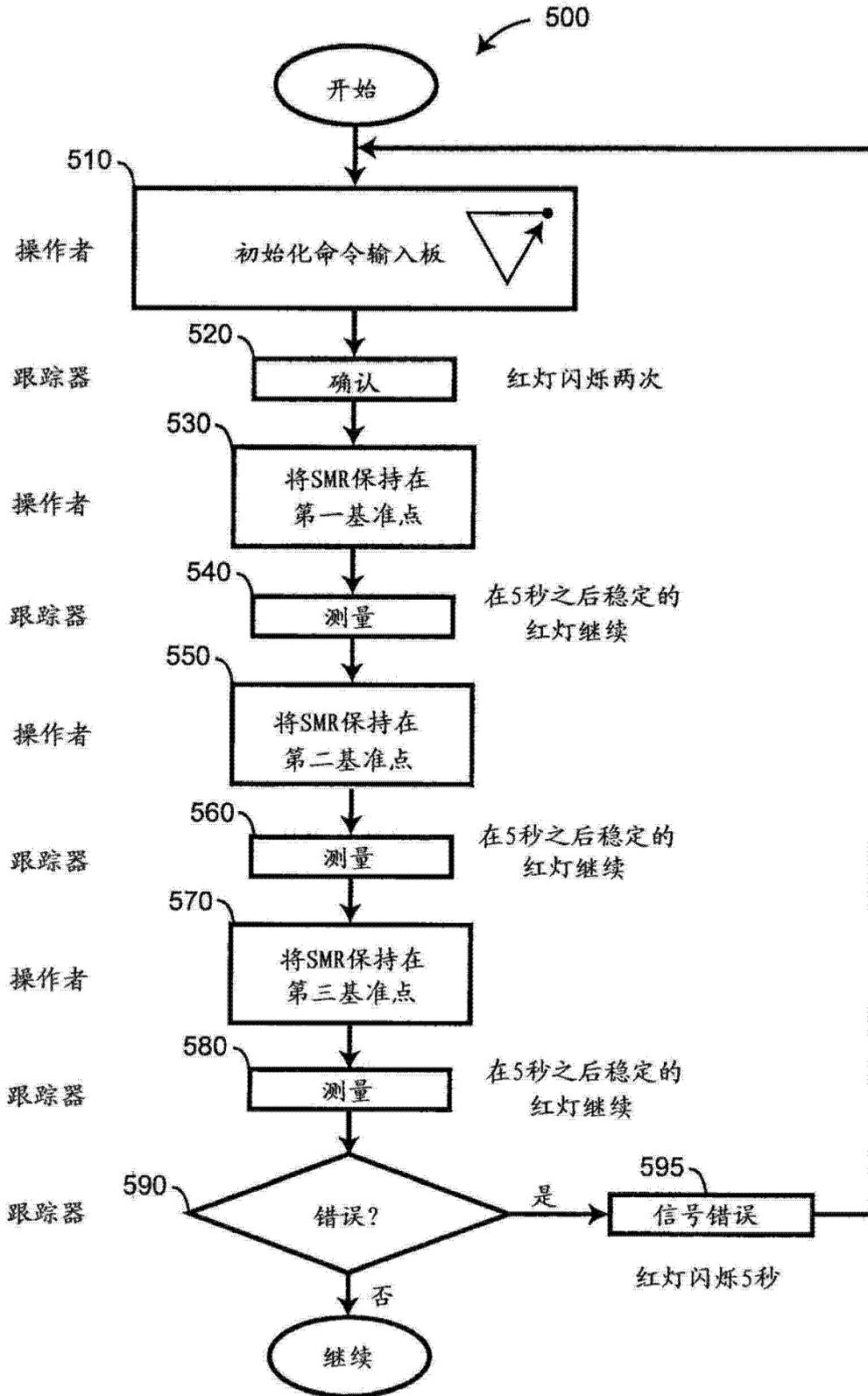


图 14

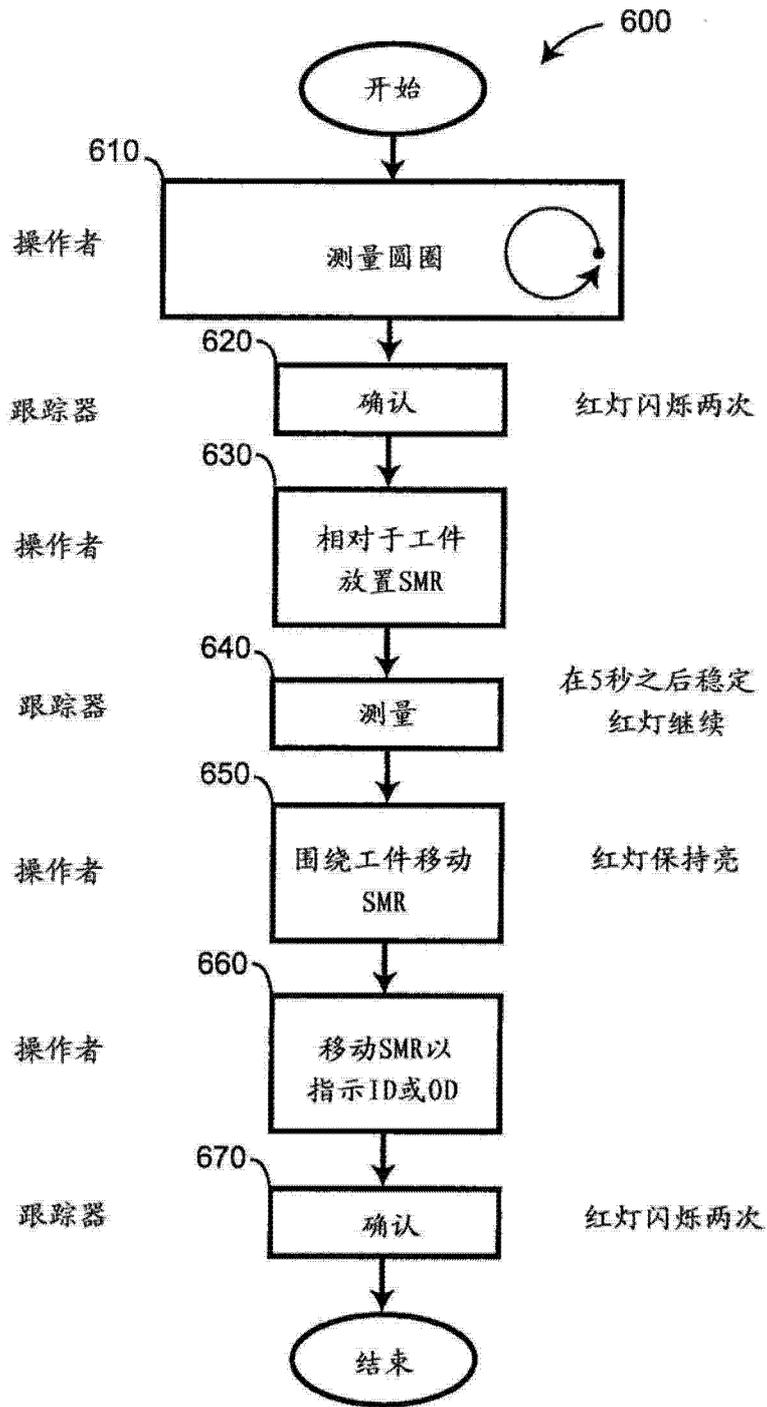


图 15

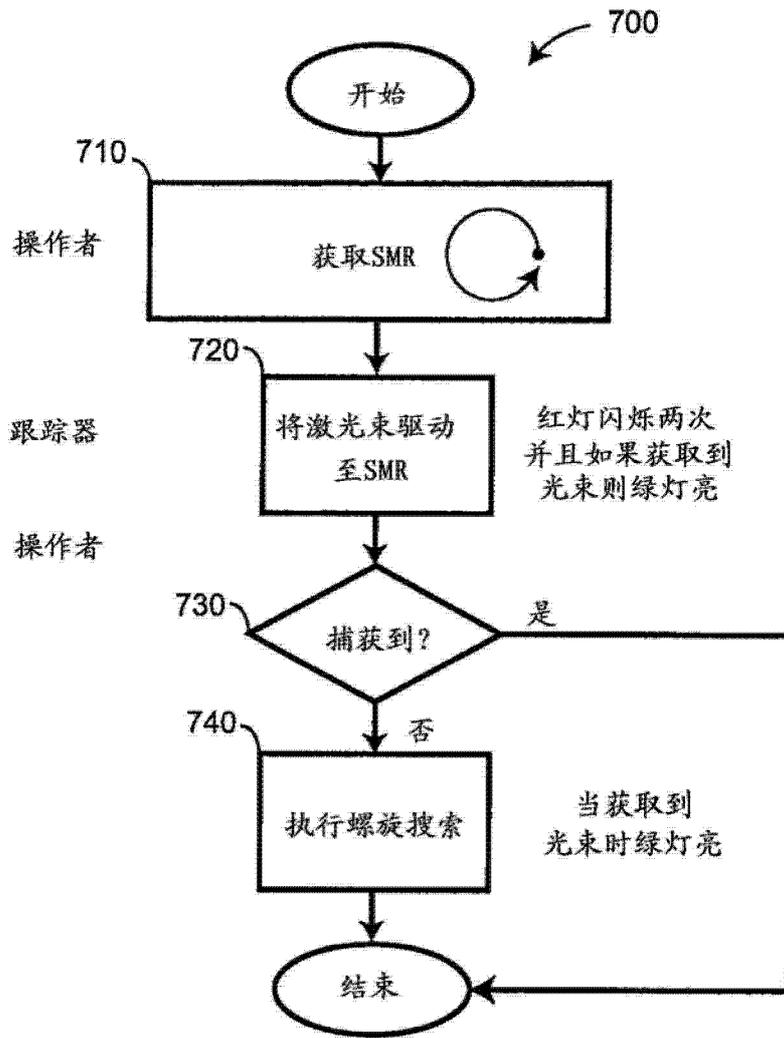


图 16

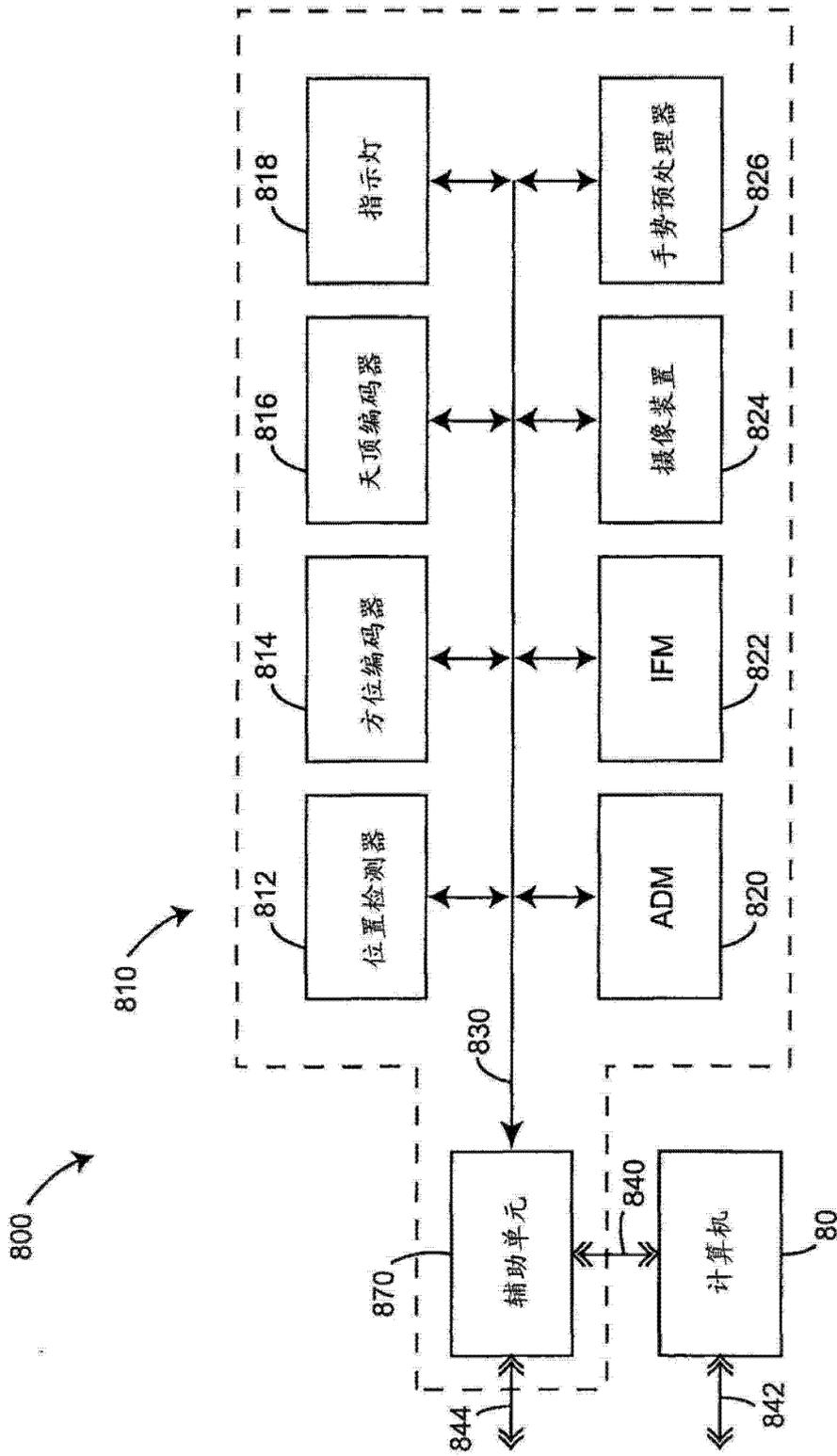


图 17

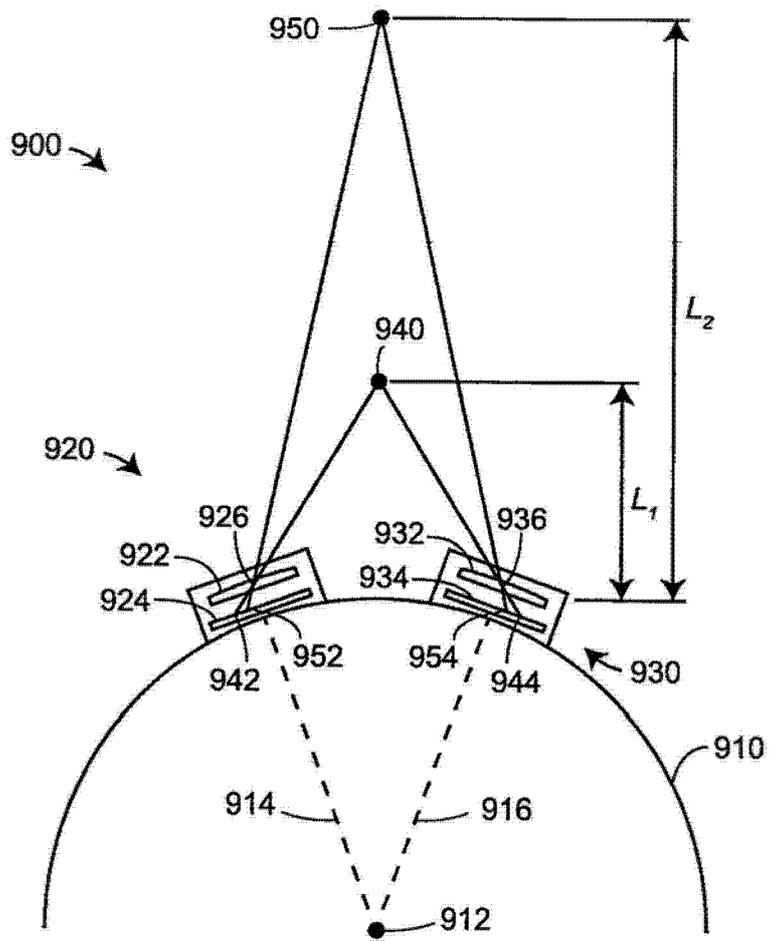


图 18

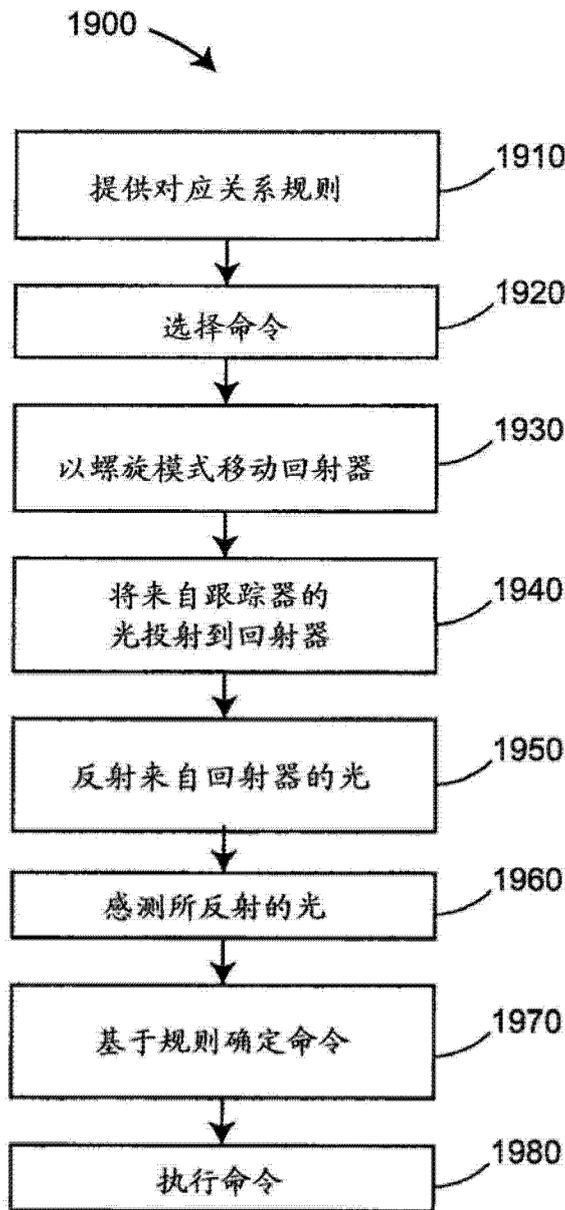


图 19

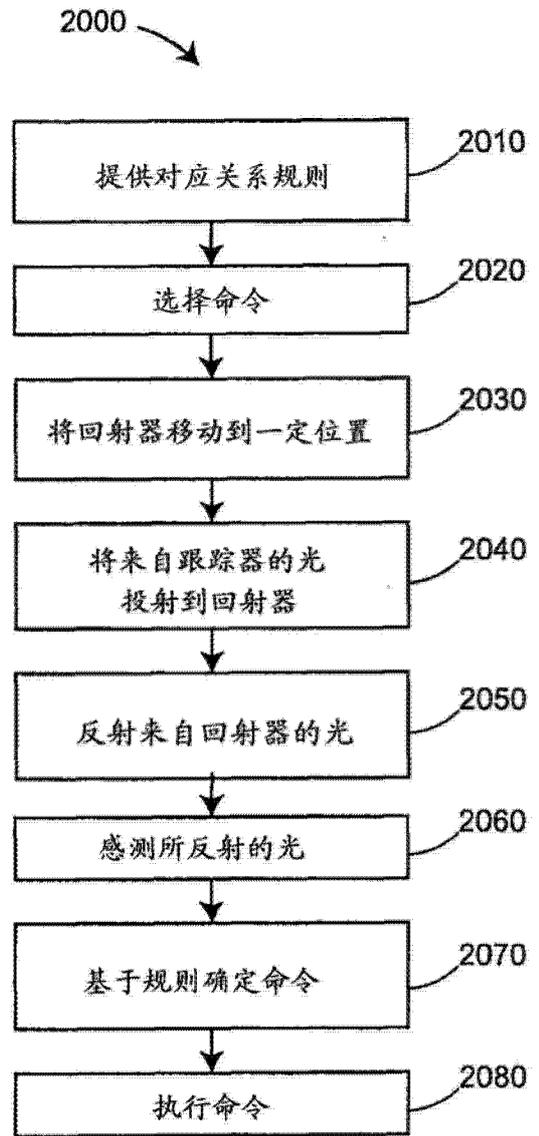


图 20

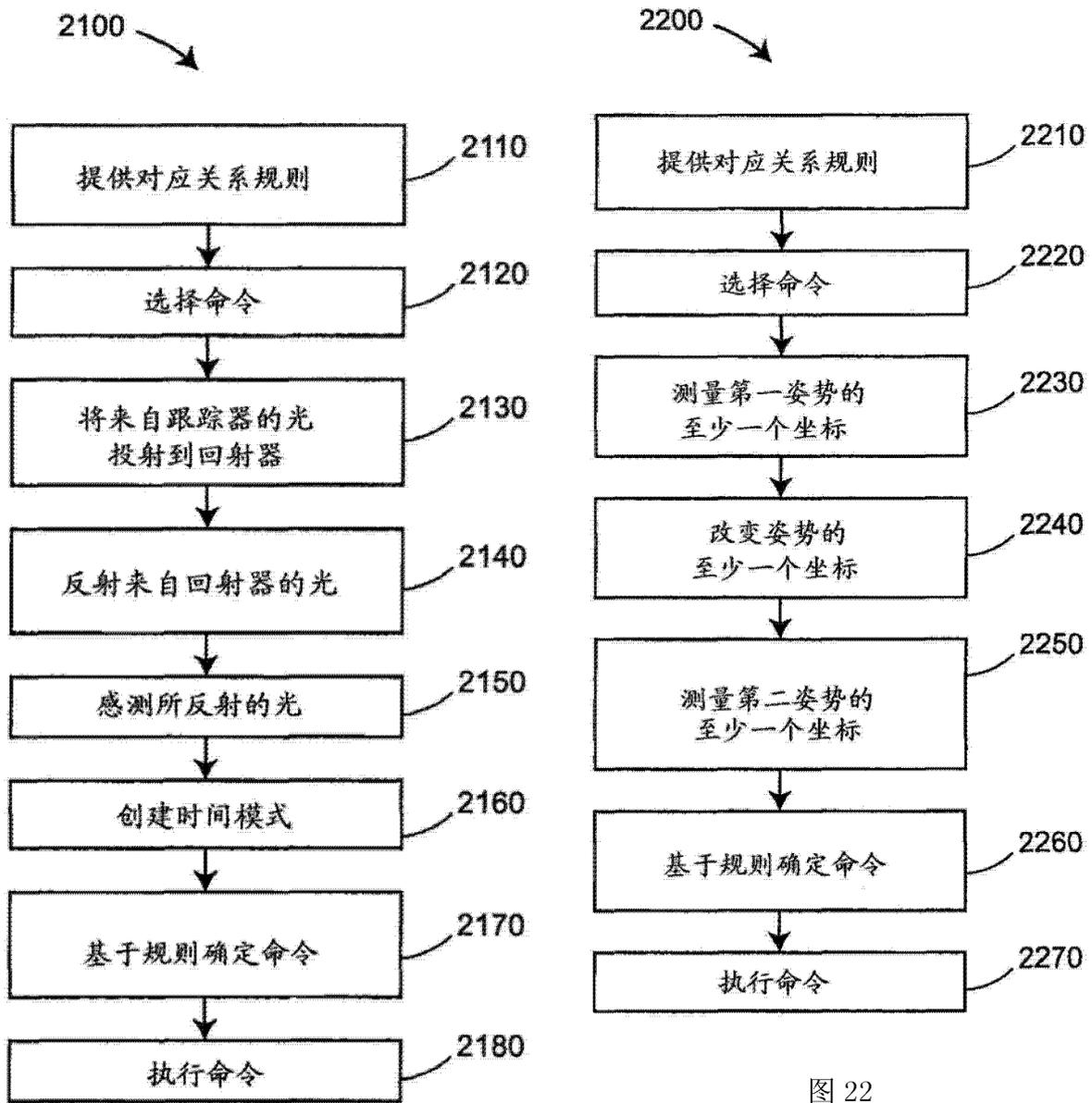


图 21

图 22

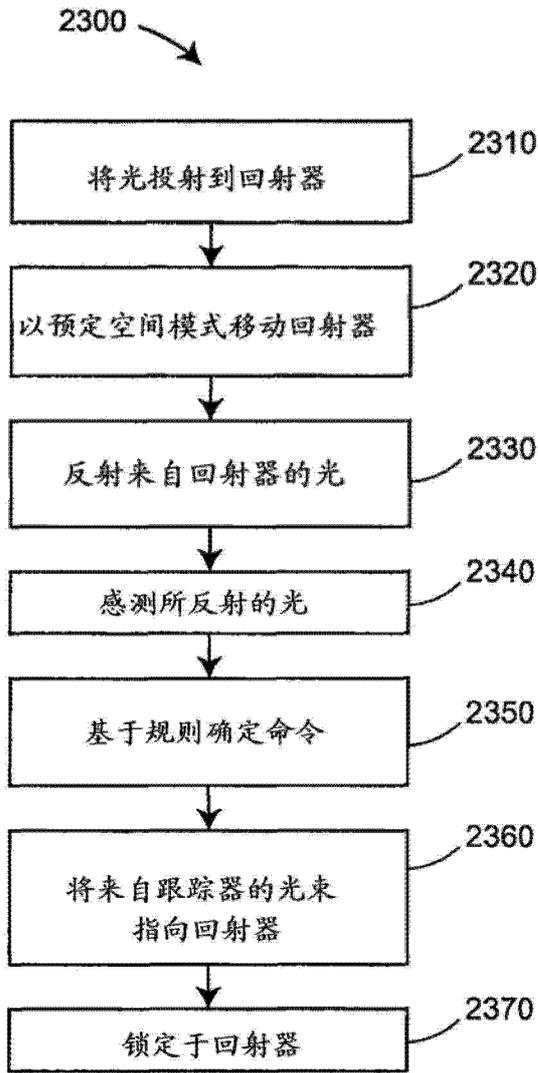


图 23

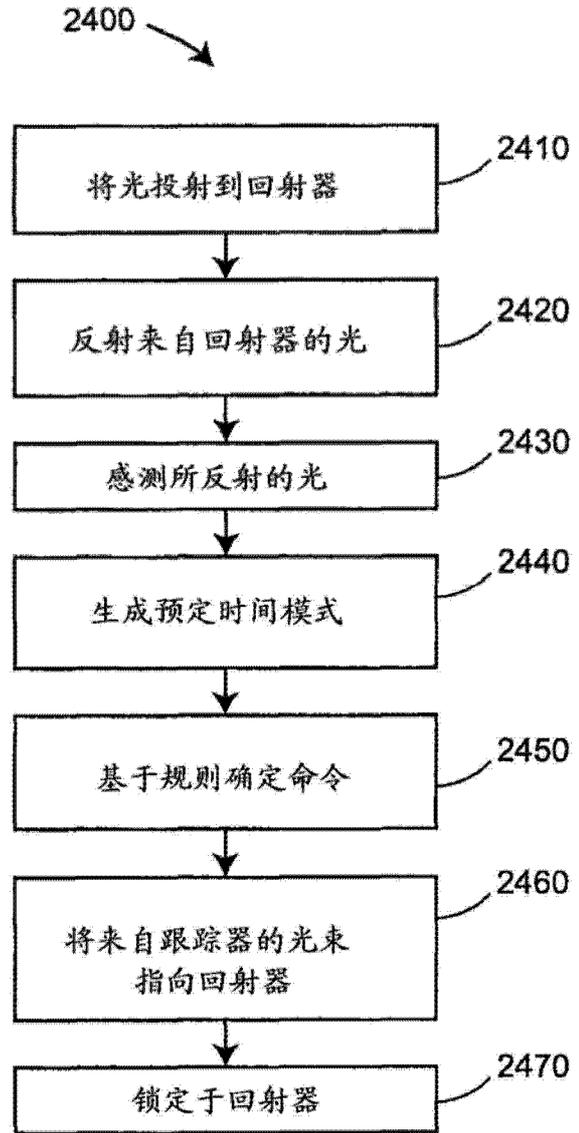


图 24

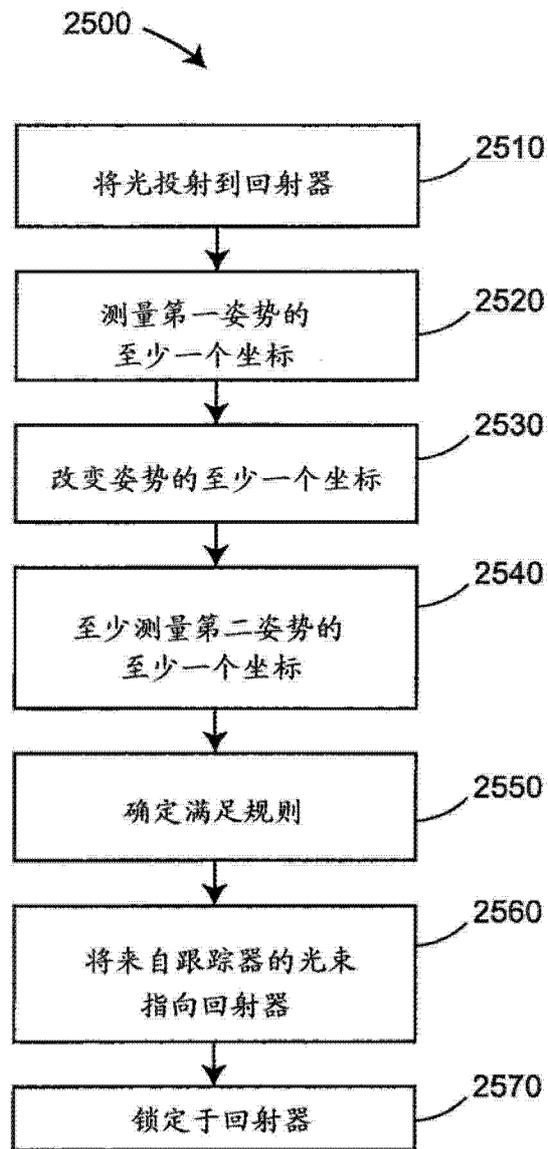


图 25