



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103808312 B

(45)授权公告日 2017. 07. 14

(21)申请号 201310537661.3

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2013.11.04

G01C 15/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 周峰

申请公布号 CN 103808312 A

(43)申请公布日 2014.05.21

(30)优先权数据

61/722,168 2012.11.03 US

13/791,907 2013.03.09 US

(73)专利权人 特林布尔公司

地址 瑞典丹德

(72)发明人 C·格雷塞尔 M·诺登菲尔特

R·米勒

(74)专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司

11285

代理人 郑建晖 杨勇

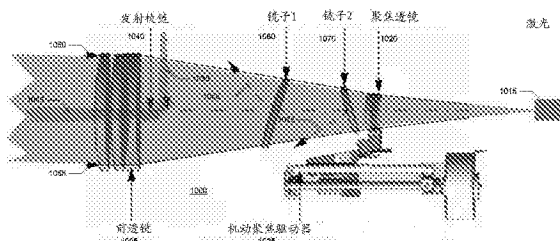
权利要求书2页 说明书16页 附图28页

(54)发明名称

机器人化激光指示器设备和方法

(57)摘要

一种机器人化激光指示设备,具有仪器中心、第一旋转轴、第二旋转轴和指示轴,其中所述第一旋转轴、所述第二旋转轴和所述指示轴与所述仪器中心有已知关系。激光源沿着所述指示轴提供指示激光束。指示驱动系统通过响应于指示方向控制绕所述仪器中心旋转所述指示轴来瞄准所述激光束。聚焦光学器件具有聚焦光学器件驱动器,用以响应于聚焦光学器件控制来将所述指示激光束聚焦。处理器响应于目标位置信息,产生所述指示方向控制和所述聚焦光学器件控制。一些实施方案包括具有测量光束的电子测距系统。一些实施方案提供对所述指示激光束和所述测量光束的瞄准误差的补偿。



1. 一种机器人化激光指示设备,包括:
 - a. 仪器中心;
 - b. 第一旋转轴、第二旋转轴和指示轴,与所述仪器中心有已知关系;
 - c. 激光源,沿着所述指示轴提供指示激光束;
 - d. 指示驱动系统,通过响应于指示方向控制绕所述仪器中心旋转所述指示轴来瞄准所述激光束;
 - e. 聚焦光学器件,具有聚焦光学器件驱动器,以响应于聚焦光学器件控制来将所述指示激光束聚焦;
 - f. 处理器,响应于目标位置信息,以产生所述指示方向控制和所述聚焦光学器件控制;
 - g. 电子测距系统,所述电子测距系统沿着测量光束路径发出测量光束,其中所述指示驱动系统运转以通过响应于所述指示方向控制绕所述仪器中心旋转所述测量光束路径来瞄准所述测量光束,并且其中所述处理器还运转以针对所述指示轴相对于所述测量光束路径的视差和发散中的至少之一对所述指示方向控制进行补偿。
2. 根据权利要求1所述的设备,其中所述第一旋转轴、所述第二旋转轴和所述指示轴中的至少两个在所述仪器中心相交。
3. 根据权利要求1-2中的任一项权利要求所述的设备,其中所述处理器还运转以针对下列中至少之一的相互正交的任何缺乏对所述指示方向控制进行补偿:(1) 所述第一旋转轴和所述第二旋转轴;以及,(2) 所述第二旋转轴和所述指示轴。
4. 根据权利要求1-2中的任一项权利要求所述的设备,其中所述电子测距系统包括测量光束源,并且其中所述激光源和所述测量光束源交替运转。
5. 根据权利要求1-2中的任一项权利要求所述的设备,其中所述处理器运转以通过当所述指示激光束正在被瞄准时对所述指示方向控制应用第一校正以及当所述测量光束正在被瞄准时对所述指示方向控制应用第二校正来校正所述指示轴与所述测量光束路径之间的不对准。
6. 根据权利要求1-2中的任一项权利要求所述的设备,还包括摄像机,所述摄像机运转以捕获目标区域的静止图像和活动视频图像中的至少之一。
7. 根据权利要求6所述的设备,还包括触屏显示器,所述触屏显示器运转以显示由所述摄像机捕获的目标区域的图像,并且其中所述处理器运转以响应于在所述触屏显示器上对应于目标位置的一点处的轻敲来产生所述指示方向控制,以使得所述指示驱动系统将所述指示轴瞄准所述目标位置。
8. 根据权利要求6所述的设备,其中所述摄像机包括自动曝光控制,所述自动曝光控制指明曝光水平,并且所述处理器运转以使用所指明的曝光水平来调节所述激光源的输出功率。
9. 根据权利要求1-2中的任一项权利要求所述的设备,还包括远程控制器以及使得能够实现所述远程控制器与所述处理器之间的通信的数据链路。
10. 根据权利要求1-2中的任一项权利要求所述的设备,其中所述处理器还运转以通过执行校准过程确定准直误差校正,或从一组所存储的校正数据中取得准直误差校正。
11. 根据权利要求1-2中的任一项权利要求所述的设备,其中所述目标位置信息是下列之一:(1) 所存储的目标位置的表示;(2) 根据与所述仪器中心有已知关系的所存储的模型

获得的;以及,(3)所存储的、与所述仪器中心有已知关系的被测点的表示。

12.根据权利要求1-2中的任一项权利要求所述的设备,还包括衍射元件,所述衍射元件被沿着所述指示轴放置,以衍射所述指示激光束,以使得聚焦在目标上的光斑具有交叉丝形状和暗化的中心区中的至少之一。

13.一种运转根据权利要求1-12中的任一项权利要求所述的设备的方法,包括:

- i.取得表示目标位置的数据;
- ii.计算从所述仪器中心到所述目标位置的距离和方向;
- iii.运转所述指示驱动系统,以将所述指示轴瞄准所述目标位置;
- iv.基于所述目标位置运转所述聚焦光学器件,以将所述指示激光束聚焦到目标距离;
- v.运转所述激光源,以提供被聚焦在所述目标距离的所述指示激光束。

14.一种运转根据权利要求1-12中的任一项权利要求所述的设备的方法,包括:

- i.运转所述指示驱动系统,以将所述指示激光束瞄准目标位置的总方向;
- ii.确定所述目标位置与所述仪器中心之间的限程;
- iii.运转所述聚焦光学器件,以将所述指示激光束聚焦为在所述限程具有预先确定的光斑尺寸;
- iv.运转所述指示驱动系统,以将所述测量光束瞄准所述目标位置;
- v.运转所述电子测距系统,以测量从所述仪器中心到所述目标位置的限程;
- vi.存储表示所述目标位置的测量结果的数据。

机器人化激光指示器设备和方法

[0001] 相关申请

[0002] 下列专利和公布文本与本文有关,且它们的内容通过引用纳入本文:2012年11月3日提交的美国临时专利申请No.61/722,168;2008年10月28日公告的美国专利No.7,441,340B2;2011年10月4日公告的美国专利No.8,031,332B2;以及2012年5月3日公布的美国专利申请公布文本No.2012/0105870A1。

技术领域

[0003] 本发明涉及激光指示领域,更具体地,涉及一种机器人化激光指示设备和运转该设备的方法。

背景技术

[0004] 在在建的新建筑物中或在经历翻新或增建的现有建筑物中布局机械、电气和管道(plumbing)系统是繁重、耗时和昂贵的。通常,如下这样做需要大量劳动力:在施工场地(construction site)在墙壁、天花板及其他表面上布局施工点(construction point),以使得可以钻孔和制作切口,从而允许管道、导管及类似物穿行,以及允许安装吊架、开关、配件及其他物件。这个布局过程要求工人团队测量和标记这些施工点的位置,其中许多工作是手动完成的。

[0005] 对所有这些变量进行手动测量和清算以在墙壁及其他垂直表面上定位施工点是困难和耗时的。这个过程受到测量误差和累积误差(它随着从一个中间点到下一个中间点进行相继测量而增加)的影响。此外,建筑物设计和要求变得更复杂,并且施工日程计划变得更紧张,从而增加了对促进和简化该布局过程的需要。

[0006] 机器人化全站仪(robotic total station)有时被用于这个目的。例如,美国专利No.8,031,332B2描述了一种迭代过程,其将施工数据与机器人化全站仪一起使用,以引导激光束和建立施工点。

[0007] 放置在已知位置的全站仪向目标(例如对象或对象点或施工点)引导激光束。通过测量该激光束的飞行时间,确定所述全站仪与所述目标之间的距离。通过还测量从所述全站仪到所述目标的所述激光束的方向(即,限定了从所述全站仪到所述目标的向量的高度和方位角),可以精确地确定所述目标的位置。

[0008] 机器人化全站仪或自动化全站仪能够在不被操作者照管的情况下定位对象点。这样的全站仪可以被控制以指向精确确定的方向。全站仪可以指向工作场地各处的表面,并且通过检测从那些表面反射的光,确定该工作场地各处的被照亮的点相对于所述全站仪的位置的三维坐标。如果所述全站仪的坐标和取向被知晓,则被照亮的点的坐标也被知晓。

[0009] 机器人化全站仪已知被用来进行距离和角度测量,计算该机器人化全站仪相对于参考点的位置,然后使用该机器人化全站仪的红色测距激光作为指示器(pointer)来布局施工点。Trimble Navigation Limited(天宝导航有限公司)在其现场软件产品“Trimble MEP”和“Trimble Field Link for MEP”中提供了这样的激光指示器布局功能,这些现场软

件产品随Trimble Navigation Limited的机器人化全站仪机型RTS555、RTS655、RTS633、RTS773及其他仪器一起提供。尽管这些产品相对于现有产品表现出显著的进步,但仍渴望进一步的改进。

[0010] 使用机器人化全站仪的红色测距激光作为指示器(例如用于施工布局)具有若干缺点。首先,红色激光的波长使得在日光条件下难以让人眼看到投射在目标上的光斑(spot)。图1示出了光的光度(人类色彩感知)与波长的关系。例如,650nm波长的典型红色激光的光度在日光下是约0.1,而在夜晚实际上是零。

[0011] 其次,电子测距(EDM)光学器件现在未很好地适于用作指示器。可见激光EDM光学器件具有用于所发射的光束的小孔,以将发射路径与接收路径分开并且避免耦合发射的光和接收的光。典型的全站仪的EDM具有同轴路径,用于所发射的光束以及捕获从目标表面反射的光。所发射的光束穿过一个小的中心孔,而从所述目标反射的光穿过一个大得多的孔返回,该大得多的孔的中心区被所发射的光束的路径的中心孔阻挡。

[0012] 图2以200示意性地例示了这样的全站仪的光学器件。第一光学路径(它允许用户观看目标)由目镜280(带有分划板210和棱镜215)、聚焦透镜220和前透镜(front lens)205限定。聚焦透镜220由机动聚焦驱动器225调节。EDM激光束235从侧面进入,并且被发射棱镜(transmitter prism)240偏转,以作为小直径光束沿着光学路径245穿过前透镜205出来。沿着光学路径245接收的光在前透镜205的全孔上进入,并且在中心被小直径发射棱镜240遮蔽。所接收的光被镜子260沿着路径265反射到EDM检测器(未示出)。镜子270将光沿着路径275反射到目标跟踪检测器。

[0013] 所发射的激光束以直方向行进,但具有发散:它的直径随着距离而增大。所述发散是所述激光束在聚焦或准直所述激光的透镜处的直径的函数。这个效应被称为衍射。衍射相关的发散角的基本公式是:

$$[0014] \quad \sin \alpha = \frac{1,22 \cdot \lambda}{D}$$

[0015] 其中 α 是该光束到其第一衍射最低值的半发散角, λ 是波长, D 是限制光学器件(limiting optics)的直径。从而,如果激光在该光学器件处使用的直径较小,则该激光的发散较大。典型的发散角 α 是0.1mrad到0.2mrad。这在50m的距离处造成10mm到20mm的光斑直径。

[0016] 如果指示光束(pointing beam)相对于墙壁或天花板成小角度(例如20deg),则在该情况下激光光斑宽度在一个方向上增大2倍。同时,可见性降低三分之二。从而,宽的激光光斑具有非常弱的可见性,这降低了布局任务的精度。许多操作者通过使用较短的距离和相对于墙壁/天花板较大的角度来进行补偿。将使用情况限制到较短的距离和大的角度需要在每个工作区域更多次地设置仪器。

[0017] 由小的中心孔以及所发射的EDM激光束的固定光学器件引起的发散角意味着,投射在表面上的光斑的直径随着与机器人化全站仪的距离而显著增大。

[0018] 图3以200示意性地例示了一个布局情形,其使用全站仪305来在天花板310上布局一个点,使用EDM激光束315来产生未聚焦的激光指示器光斑。天花板310与光束315之间的角 β 以325示出。宽度为 d_b (以320示出)的光束根据下列关系产生宽度为 d_w (以330示出)的光斑:

[0019] $d_w = d_b / \sin(\beta)$

[0020] 以使得对于 $\beta=20\text{deg}$,有 $d_w \approx 3d_b$,且对于 $\beta=9\text{deg}$,有 $d_w \approx 6d_b$ 。

[0021] 图5A示出了具有亮度水平1的尺寸为5的激光光斑的一个实例。图5B示出了具有亮度水平25的尺寸为1的激光光斑的一个实例。激光功率受激光类别的限制,例如,2类激光具有1mW的限度。10mm直径的激光光斑具有 100mm^2 的面积,而2mm直径的激光光斑具有 4mm^2 的面积。从而,相同的激光产生的2mm直径的光斑与其产生的10mm直径的光斑相比,具有25倍($100/4$)高的亮度,并且即使在更低的激光功率下也更可见。

[0022] 从而,用户过于劳累于识别所投射的红色激光光斑——它的颜色具有低光度且它的直径随着与全站仪的距离而极大地改变,继而用户过于劳累于可见地估计作为期望施工点的所投射的光斑的中心。

[0023] 所提出的一个用非机器人化经纬仪进行指示的解决方案是,移除经纬仪望远镜的目镜,并将目镜替换成指示激光器。所述指示激光器使用原本被设置供用户手动将所述望远镜瞄准目标的光学路径。一个实例是具有绿色指示激光的SwissTek Kern激光目镜,该绿色指示激光的点尺寸(dot size)可以被手动聚焦。用于工业全站仪的一个相似的目镜替换解决方案是具有红色激光的Leica DL2二极管激光指示器。这些手动聚焦的激光指示器的一个缺点是,给定焦点设置下的光斑尺寸随着与仪器的距离而改变,使得在布局工程中对于每个测量量程,调节光斑尺寸要求手动重新设置激光焦点。

[0024] Pentax R-300X系列仪器具有用户可选择的激光和无棱镜自动聚焦——它聚焦EDM激光,以在短量程得到信号返回。激光指示器功能持续打开激光束,使其成为用于视觉确认的瞄准点。所述激光束被设计为不能通过望远镜被观察到。用户被指导以将所述激光束视觉对准到目标,并且标记中心。用户被指导以当使用所述激光指示器功能执行精确工作(如立桩)时,在测量之前确认水平和竖直对准。PentaxR-300X系列仪器不是机器人化的,从而不适合自动化指示。从而,用户站在仪器后方。相对比,对于机器人化仪器,用户处于目标位置以标记施工点。

[0025] 另一个仪器,Leica Disto3D机器人化指示器,缺乏激光指示器的聚焦,从而具有上文讨论的光斑尺寸和亮度的问题。

[0026] 另一个仪器,Trimble GX扫描仪,使用可聚焦的绿色激光来对点进行高速扫描,但是该扫描仪是不同类的仪器,不适于施工布局应用。

发明内容

[0027] 根据本发明的一些实施方案提供了一种机器人化激光指示设备,所述设备具有仪器中心、第一旋转轴、第二旋转轴和指示轴,其中所述第一旋转轴、所述第二旋转轴和所述指示轴与所述仪器中心有已知关系。激光源沿着所述指示轴提供指示激光束。指示驱动系统(pointing drive system)通过响应于指示方向控制绕所述仪器中心旋转所述指示轴来瞄准所述激光束。聚焦光学器件具有聚焦光学器件驱动器,用来响应于聚焦光学器件控制来将所述指示激光束聚焦。处理器响应于目标位置信息,产生所述指示方向控制和所述聚焦光学器件控制。

[0028] 一些实施方案包括具有测量光束的电子测距系统。一些实施方案提供了对所述指示激光束和所述测量光束的瞄准误差的补偿。

[0029] 一些实施方案提供了摄像机和显示器。在一些实施方案中,所述显示器是使得能够进行轻敲-移动瞄准(tap-and-move aiming)的触屏。一些实施方案包括经由数据链路与所述处理器通信的远程控制器,用于远程控制所述设备。一些实施方案提供了与所述远程控制器通信的触屏显示器,以使得能够观看目标表面上的指示激光光斑,并且使得能够进行轻敲-移动瞄准。

[0030] 一些实施方案提供了运转用于布局施工点的设备的方法。一些实施方案提供了运转用于测量施工点的设备的方法。

附图说明

[0031] 要求保护的发明的一些实施方案的这些及其他特征在附图中例示,其中:

[0032] 图1示出了光的光度(人类色彩感知)与波长的关系;

[0033] 图2示意性地例示了一个典型的全站仪的光学器件;

[0034] 图3示意性地例示了现有技术的使用未聚焦的激光指示器的布局情形;

[0035] 图4示意性地例示了根据本发明的一些实施方案的使用聚焦的激光指示器的布局情形;

[0036] 图5A示出了一个大的激光束光斑;

[0037] 图5B示出了一个小的激光束光斑;

[0038] 图6示意性地例示了根据本发明的一些实施方案的机器人化指示设备的正视图;

[0039] 图7示意性地例示了图6的机器人化指示设备的侧视图;

[0040] 图8示出了根据本发明的一些实施方案的用于激光束的可控制聚焦光学器件;

[0041] 图9A和图9B示出了根据本发明的一些实施方案的用于激光束的可控制聚焦方案;

[0042] 图10示意性地例示了根据本发明的一些实施方案的具有可聚焦的激光指示器的机器人化全站仪的光学器件;

[0043] 图11示出了根据本发明的一些实施方案的焦点位置与到对象距离的关系的图;

[0044] 图12A示意性地例示了穿过一个孔的平面波;

[0045] 图12B例示了由穿过一个孔的平面波引起的水表面的衍射;

[0046] 图12C示出了平面波在穿过一个孔之后的强度分布的图;

[0047] 图12D以立体图示出了激光在穿过一个方孔之后的强度的模拟;

[0048] 图12E示出了根据本发明的一些实施方案的一个激光束在穿过一个方孔之后投射在一个表面上的一个聚焦光斑;

[0049] 图13A示意性地例示了根据本发明的一些实施方案的穿过在中心具有棱镜的透镜且被聚焦的一个激光束;

[0050] 图13B示出了根据本发明的一些实施方案的一个激光束在穿过在中心具有棱镜的透镜之后投射在一个表面上的一个聚焦光斑;

[0051] 图14A示意性地例示了根据本发明的一些实施方案的穿过在中心具有棱镜的透镜且被散焦的一个激光束;

[0052] 图14B示出了根据本发明的一些实施方案的一个激光束在穿过在中心具有棱镜的透镜之后投射在一个表面上的一个散焦光斑;

[0053] 图15是根据本发明的一些实施方案的设备的示意性框图;

- [0054] 图16A是根据本发明的一些实施方案的机器人化全站仪的立体后视图；
- [0055] 图16B是根据本发明的一些实施方案的机器人化全站仪的立体正视图；
- [0056] 图17例示了利用一个机器人化全站仪的电子测距；
- [0057] 图18例示了利用一个未聚焦的激光指示器的布局；
- [0058] 图19例示了根据本发明的一些实施方案的利用一个聚焦的激光指示器的布局；
- [0059] 图20例示了根据本发明的一些实施方案的利用一个聚焦的激光指示器的布局；
- [0060] 图21例示了根据本发明的一些实施方案的运转一个设备来布置一个点的方法；且
- [0061] 图22例示了根据本发明的一些实施方案的运转一个设备来测量一个点的方法。

具体实施方式

[0062] 图6以600示意性地例示了根据本发明的一些实施方案的机器人化指示设备605的正视图。具有光学器件615的指示装置610被安装在照准仪620上用于在机动驱动器630的控制下绕轴625旋转。照准仪620被安装在基座635上用于在机动驱动器645的控制下绕轴640旋转。基座部被支撑在三脚台650上。

[0063] 图7以700示意性地例示了图6的机器人化指示设备605的侧视图。指示装置610具有指示轴705。指示轴705、旋转轴625和旋转轴640每个都可以相互相交或不相交，且可以与仪器中心710相交或不相交。旋转轴625和旋转轴640可以相互正交或不正交。尽管使指示轴705、旋转轴625和旋转轴640在仪器中心710处相互相交是方便的，但在实践中这难以以高精度实现。相似地，尽管使旋转轴625和旋转轴640基本彼此正交是方便的，但这也难以以高精度实现。用于补偿这些因素的方案在本领域中是已知的。

[0064] 如图7所示，指示装置610具有激光源715，激光源715沿着指示轴705发出激光束。该激光束路径中的聚焦光学器件720由焦点控制器(focus controller)725调节，以使得激光光斑尺寸可以被控制为限程的函数。

[0065] 图8以800示出了根据本发明的一些实施方案的用于激光束的可控制聚焦光学器件。在这个实施例中，焦点控制器725包含机动驱动器725，用于在限程730内移动聚焦透镜720，以根据该激光光斑待投射到的目标的限程来调节激光光斑尺寸。

[0066] 图9A和图9B分别以900和950示出了根据本发明的一些实施方案的用于激光束的可控制聚焦方案。在这个实施例中，焦点控制器725包含机动驱动器905，机动驱动器905通过相对于透镜615移动激光源715来聚焦激光束。图9A示出了针对处于较长限程的目标聚焦的激光束，而图9B示出了针对处于较短限程的目标聚焦的激光束。

[0067] 图10以1000示意性地例示了根据本发明的一些实施方案的具有可聚焦的激光指示器的一个机器人化全站仪的光学器件。沿着光轴1045的激光指示器光学路径由指示激光源1015、聚焦透镜1020和前透镜1005限定。聚焦透镜1020由机动聚焦驱动器1025调节。来自测量激光源(未示出)的EDM激光束1035从侧面进入，并且被发射棱镜1040偏转，以作为小直径光束沿着光轴1045穿过前透镜1005出来。沿着光轴1045接收的光在前透镜1005的全孔(full aperture)(它的限度由光线路径1050和1055示出)上进入，只是在中心被小直径发射棱镜1040遮蔽。所接收的光被镜子1060沿着路径1065反射到EDM检测器(未示出)。可选的镜子1070将光沿着路径1075反射到可选的目标跟踪检测器(未示出)。图11以1100示出了根据本发明的一些实施方案的焦点位置与到对象距离的关系的图。对于每个到对象距离的焦

点位置以(例如机动聚焦驱动器1025的)若干步长(step)给出。在一些实施方案中,这些值被存储在查找表中,以使得当到目标的距离和在该目标上的期望的光斑尺寸被知晓时,对应的值被从该查找表中取得,并且被用来控制机动聚焦驱动器1025。

[0068] 替代地,当到目标的距离和在该目标上的期望的光斑尺寸被知晓时,根据需要焦点位置计算。作为距离的函数的焦点位置根据用于光学器件计算的公式得出。由于光学器件和机械器件的生产容差,焦点位置函数还具有至少一个校准常数。这个常数可以例如当指示激光光斑在制造中或由用户在一个已知距离处最小化时被得出。聚焦光学器件在已知距离的机械对准可以补偿所述容差。

[0069] 可见地识别目标上的激光指示器光斑的中心难以精确做到。据此,本发明的一些实施方案投射的激光指示器光斑具有帮助该光斑的中心的视觉识别的形状。在一些实施方案中,该光斑具有交叉线形状,强度变化。在一些实施方案中,该光斑具有绕中心区的亮度递减的同心环。在一些实施方案中,该光斑通过正孔或负孔(positive or negative aperture)的衍射而被更改以产生图案。

[0070] 由于光是波,因此我们应用波理论。图12A以1200示意性地例示了穿过孔1210沿着一个轴朝平面1220的平面波1205。

[0071] 为了示出衍射原理,图12B以1230例示了由穿过一个孔的平面波引起的水表面的衍射。

[0072] 图12C以1240示出了平面波在穿过一个孔之后的强度分布的图。中心区1245具有高强度,被较小的强度峰1250、1255等等围绕。

[0073] 图12D以1260以立体图示出了激光在穿过一个方孔之后的强度的模拟。高强度的中心区1265被较低峰(例如峰1270和1275)的两个相互正交线围绕。

[0074] 图12E以1280示出了根据本发明的一些实施方案的一个激光束在穿过一个方孔之后投射在一个表面上的一个聚焦激光光斑。较高亮度的中心区1285处于较低强度峰的两个交叉线的中心。这样的激光光斑有助于对施工点的中心的视觉识别。

[0075] 图13A以1300示意性地例示了从源1305发出的、穿过在中心具有方形棱镜1315(例如图10的发射棱镜1040)的透镜1310的一个激光束,棱镜1315在该激光束的中心造成影区(shadow zone)1320并且充当衍射图案生成器。当该激光光斑被聚焦在目标表面1330的限程处时,该棱镜的方形状使得衍射垂直于该棱镜的直边,如在图13B中。该衍射在竖直平面中和在水平平面中扩散该激光的一部分。该效应可以作为围绕该光斑的“交叉丝(crosshair)”被看到。

[0076] 图13B以1350示出了根据本发明的一些实施方案——例如同在图13A中一样——一个激光束在穿过在中心具有方形棱镜的透镜之后投射在一个表面上的聚焦光斑1355。刻度的单位是毫米。该光斑具有最高强度的中心区1360,中心区1360被不同强度的环围绕,这些环沿着相互正交的交叉线,具有较小的强度峰。在图13B的图像中,线1365和1370与线1375和1380相交,以提供对该光斑和该光斑中心的快速视觉识别。

[0077] 图14A以1400示意性地例示了从源1305发出的、穿过在中心具有方形棱镜1315(例如图10的发射棱镜1040)的透镜1310的一个激光束,棱镜1315在该激光束的中心造成影区1320并且充当衍射图案生成器。在这个实施例中,该激光束在目标表面1330的限程处被散焦,以在该目标上形成一个激光光斑,如在图14B中。

[0078] 图14B以1405示出了根据本发明的一些实施方案——例如同在图14A中一样——一个激光束在穿过在中心具有方形棱镜的透镜之后投射在一个表面上的一个散焦光斑1455。刻度的单位是毫米。该光斑具有最低强度的中心区1460,中心区1460被不同强度的环1465、1470等等围绕。在图14B的图像中,该激光光斑的靶眼状图案提供了对该光斑中心的快速视觉识别。从而,当该光斑被散焦时,它表现为出孔(exit aperture)的“影图像(shadow image)”,这意味着光的受阻挡部分作为在该光斑的中心的暗区是可见的。由于该暗部比该光斑自身小得多并且出现在该光斑的中心,它可以被用来比该光斑尺寸更精确地标记一个点。

[0079] 图15以1500示出了根据本发明的一些实施方案的设备的示意性框图。该设备具有仪器中心1505、第一旋转轴1510、第二旋转轴1515和指示轴1520。第一旋转轴1510、第二旋转轴1515和指示轴1520与仪器中心有已知关系。激光源1525沿着指示轴1520提供指示激光束1530。指示驱动系统1535通过响应于指示方向控制1540绕仪器中心1505旋转指示轴1520来瞄准所述激光束。聚焦光学器件1545具有聚焦光学器件驱动器1550,以通过响应于聚焦光学器件控制1555来聚焦指示激光束1520。处理器1560响应于目标位置信息1565,产生指示方向控制1540和聚焦光学器件控制1555。

[0080] 第一旋转轴1510、第二旋转轴1515和指示轴1520中的每个都可以与另一个或另两个相交或不相交。第一旋转轴1510、第二旋转轴1515和指示轴1520中的任何一个或全部都可以与仪器中心1505相交或不相交。在一些实施方案中,第一旋转轴1510、第二旋转轴1515和指示轴1520中的至少两个可以在仪器中心处相交。

[0081] 在一些实施方案中,目标位置信息1565表示相对于仪器中心的目标位置1570,且指示方向控制1540使得指示驱动系统1535将指示激光束1530瞄准目标位置1570。

[0082] 在一些实施方案中,聚焦光学器件控制1555使得聚焦光学器件1545将指示激光束1520以预先确定的光束直径聚焦在目标位置1570。

[0083] 在一些实施方案中,处理器1560运转以基于仪器中心1505与目标位置1570之间的距离来计算聚焦光学器件控制1555。

[0084] 在一些实施方案中,指示驱动系统1535包括:第一可控制驱动器1575,用于将指示轴1520绕第一旋转轴1510旋转到一个所选择的旋转角度;以及第二可控制驱动器1580,用于将指示轴1520绕第二旋转轴1515旋转到一个所选择的旋转角度。在一些实施方案中,指示方向控制1540包括表示这些所选择的旋转角度的信号。

[0085] 在一些实施方案中,该聚焦光学器件系统包括至少一个光学元件,且聚焦光学器件驱动器1550运转以通过更改聚焦光学器件1545的至少一个光学特性来聚焦指示激光束1530。如图9A和图9B中例示的,聚焦可以通过相对于透镜移动源而不改变光学元件(例如透镜)的光学特性来进行。替代移动源,或除了移动源以外,光学元件的光学特性被改变,例如透镜(液体透镜)的焦强和/或透镜与源之间的距离和/或两个光学元件之间的距离被改变。

[0086] 为了使指示激光束的发散最小化,该聚焦光学器件系统包括具有尽可能大的出孔的准直透镜(collimation lens)。在一些实施方案中,该出孔是至少5mm。在一些实施方案中,该出孔是至少10mm。在一些实施方案中,该出孔是至少20mm。在一些实施方案中,该出孔是至少30mm。

[0087] 在一些实施方案中,处理器1560还运转以针对第一旋转轴1510与第二旋转轴1515

的相互正交的任何缺乏对指示方向控制1540进行补偿。在一些实施方案中,处理器1560还运转以针对第二旋转轴1515与指示轴1520的相互正交的任何缺乏对指示方向控制1540进行补偿。

[0088] 根据本发明的一些实施方案还包含可选的电子测距系统1585,电子测距系统1585运转以例如当被处理器1560命令时,沿着测量光束路径1595发出测量光束1590。在一些实施方案中,测量光束路径1595可选地与仪器中心1505相交。

[0089] 在一些实施方案中,处理器1560可选地还运转以针对指示轴1520相对于测量光束路径1595的视差和发散中的至少一个对指示方向控制1535进行补偿。

[0090] 在一些实施方案中,电子测距系统1585包括测量光束源1552,并且指示激光源1525和测量光束源1552交替运转。

[0091] 在一些实施方案中,指示激光是绿色的,且测量光束是红色的。当该红色激光工作时,该仪器正在测量,且尚未准备好进行布局。当该绿色激光工作时,该仪器准备好进行布局。这为用户提供了一个简单范例:红色意味着“等待”且绿色意味着“运行”。

[0092] 在一些实施方案中,该处理器控制该指示驱动系统,以当在测量光束1590与激光指示器光束1530之间切换时校正它们之间的不对准。这是通过如下所述实现的:进行两组对准校正(准直误差),一组用于激光指示器,一组用于EDM;以及,当在激光指示器与EDM之间切换时在这两组对准校正之间切换。这使得该指示驱动系统重新瞄准,以使得测量光束1590和激光指示光束1530射中与切换前激光指示器光斑所在的相同目标位置,例如目标位置1570,并且反之亦然。

[0093] 在一些实施方案中,电子测距系统1585采用指示激光源1525来产生测量光束1590。

[0094] 在一些实施方案中,指示激光束1530是2类激光束。在一些实施方案中,指示激光束1530具有在人眼可见范围内的波长。在一些实施方案中,指示激光束1530具有在500nm与610nm之间的波长(白天光度>50%,绿色到橙色)。在一些实施方案中,指示激光束1530具有在450nm与550nm之间的波长(夜晚光度>50%,蓝色到绿色)。在一些实施方案中,指示激光束1530具有在520nm与590nm之间的波长(白天光度>80%,绿色到黄色)。

[0095] 在一些实施方案中,处理器1560运转以控制激光源1525从而在零水平与最大水平之间设置指示激光束1530的功率水平。

[0096] 根据本发明的一些实施方案还包含可选的摄像机1554,摄像机1554运转以捕获目标区域的静止图像和活动视频图像中的至少之一。在一些实施方案中,该摄像机具有视场1556,视场1556覆盖了针对所关注的量程的指示轴1520的一段。

[0097] 根据本发明的一些实施方案提供了可选的触屏显示器1558,触屏显示器1558运转以显示由可选的摄像机1554捕获的目标区域的图像。在一些实施方案中,用户可以在该触屏显示器上轻敲(tap),以指明所关注的目标位置,并且所述处理器运转以控制指示驱动系统1535来将指示轴1520瞄准所指明的目标位置。在一些实施方案中,该摄像机被校准,以使得针对1m与100m之间的不同距离来校准摄像机图像中的与激光指示器光斑对应的像素位置(以促进使用该摄像机图像的轻敲和移动导航)。

[0098] 在一些实施方案中,用户则可以观看显示器1558的摄像机图像,以帮助在目标位置1570找到激光指示器光斑。在施工环境中许多表面可能看上去相同,使得难以找到激光

指示器光斑,诸如60英尺的墙壁表面。通过观看摄像机图像,用户可以在摄像机图像中寻找如下特征:该特征将有助于找到激光指示器光斑,诸如为一垛干砌墙或用户自己。

[0099] 在一些实施方案中,摄像机1554具有指明曝光水平的自动曝光控制,且处理器1560运转以使用曝光水平指示来调节指示激光束源1525的功率。在一些实施方案中,对于更长的摄像机曝光时间,该功率减小。在一些实施方案中,对于更短的摄像机曝光时间,该功率增大。

[0100] 根据本发明的一些实施方案还包括在处理器1560与远离处理器1560的可选控制器1564之间的可选数据链路1562。在一些实施方案中,控制器1564运转以经由数据链路1562控制处理器1560。一些实施方案还包含与远程控制器1564通信的可选触屏显示器1568,且处理器1560运转以响应于在显示器1568上输入的命令(例如上文参照显示器1558描述的轻敲和移动导航)来控制该系统。在一些实施方案中,捕获如下摄像机图像,其中激光指示器光斑在该摄像机图像中可见,以用文件证明或显示目标位置被正确地识别。

[0101] 根据一些实施方案,处理器1560运转以确定指示轴1520与测量轴1595之间的准直误差校正。用于误差补偿的技术是已知的,例如,从美国专利No.7,441,340B2中已知。

[0102] 根据一些实施方案,目标位置信息1565被从物理存储介质中取得。在一些实施方案中,目标位置信息1565根据所存储的与仪器中心1505有已知关系的模型确定。在一些实施方案中,目标位置信息1565被预先使用EDM系统1585获得,EDM系统1585与仪器中心1505有已知关系。在一些实施方案中,目标位置信息1565被预先使用另一设备的EDM获得,该另一设备的测量中心与仪器中心1505有已知关系。

[0103] Trimble Navigation Limited计划引入包括本文描述的多个创新特征的新产品。这些新产品包括Trimble RTS873机器人化全站仪和Trimble Field Tablet——它们将通过一个版本的Trimble Field Link软件和Surface模块为MEP(机械、电气和管道)和结构承包商提供布局解决方案。通过纳入自动聚焦绿色激光,新的Trimble RTS873机器人化全站仪将允许建筑物施工承包商有能力使用机器人化交互更容易地采集和布局现场点。

[0104] 新的带有多触手势控制(multi-touch gesture control)的Trimble Field Tablet将为在Trimble Field Link软件内的3D模型和普通布局程序提供流畅的基于触摸的界面。

[0105] 通过直接与Trimble Field Tablet上的Trimble **VISION**®实况视频馈送交互,承包商将能够在Trimble Field Link软件内远程地观看和测量现场点。这将允许承包商离开全站仪,从而消除了对人工观察待测量点的需要。自动聚焦绿色激光指示器在使用Trimble Field Link的Visual Layout(视觉布局)用于MEP以布局头顶挂架时,或在明亮的日光条件下采集竣工位置时,提供增强的可见性和更精确的定位。

[0106] RTS873机器人化全站仪在限定的测量距离聚焦绿色激光的独特能力本质上消除了在现有技术全站仪设计中常见的“激光扩散”。

[0107] 对该新硬件的一个补充,运行在Trimble tablets上的Trimble Field Link软件将包含使承包商以3D(三维)观看其设计文件的能力。这允许承包商从3D视角建立、选择和布局点。该软件中的另一个新特征,Collect Floor Plan,提供了使用全站仪自动采集房间的实际覆盖区(virtual footprint)以测量墙壁或内部立面的能力。对于适应性再使用和翻新工程理想的是,所采集的地板平面数据可以被用在概念式设计应用(诸如SketchUp)

中,以容易地建立3D设计模型供建筑师、工程师和施工承包者使用。

[0108] 尽管Trimble Field Link软件的基础特征对于MEP、混凝土、钢行业和一般承包者是相同的,但Trimble已经开发了专门用于结构承包者的新模块。对于混凝土和一般承包者理想的是,新的Surface模块允许用户通过栅格间隔(grid spacing)或待采集点的总数来限定表面边界和点。该表面继而可以被通过棱镜手动采集,或使用直接反射测量自动采集。一旦被采集,Trimble Field Link软件就可以基于用户限定的参考标高(elevation)和容差生成一个报告,该报告将产生该表面的示出了所含高区和低区的以颜色编码的地形图。报告可以被生成为包含地形表示,连同所含高区和低区的面积和体积,以及被限定为高、低或处于容差内的表面的百分比。

[0109] 图16A是所提出的包括了本文描述的一些创新特征的RTS873机器人化全站仪的立体后视图1600,图16B是该RTS873机器人化全站仪的立体正视图1650。该RTS873包含可移除的把手1605、12V电力连接器1610、通信连接器1615、打开/关闭和触发键1620、底部仪器高度标记1625、用于移除把手1605的螺钉1655、用于角度和距离测量的同轴光学器件1660(跟踪器、红色激光指示器和绿色激光指示器)、摄像机光学器件1665、面2(face-2)显示器1670、面2键盘1675、内部电池舱1680以及天线1685。

[0110] 图17以1700例示了利用现有技术机器人化全站仪1705的电子测距。该EDM的测量光束1710具有固定的焦距1715,在该全站仪的功能性工作限程内提供良好的可见性。该EDM激光在透镜处具有小直径(例如5mm),随着距离稍微增大(例如在20m处为10mm)。这是正常的激光行为。

[0111] 图18以1800例示了利用现有技术全站仪1805的未聚焦的激光指示器1810的布局操作。目标处的光斑尺寸1815不是最优的,且不足以对人眼可见。

[0112] 图19以1900例示了根据本发明的一些实施方案的利用具有聚焦的激光指示器1910的机器人化全站仪1905的布局操作。激光指示器1910被聚焦在1915处,以在目标上产生具有最优尺寸的光斑1920。激光在透镜处具有大直径(例如40mm),且优选地具有具备高光度的波长(例如绿色)。自动聚焦允许在任何期望的限程将该激光聚焦,以使得它可以被聚焦为小的光斑尺寸,例如在20m处为2mm直径。实现了该光斑的最优光斑尺寸和良好的可见性。

[0113] 图20以2000例示了根据本发明的一些实施方案的利用具有聚焦的激光指示器2010的机器人化全站仪2005的布局操作。在这个实施例中,激光指示器2010被聚焦在2015处,以在目标上产生具有最优直径的光斑。激光在透镜处具有大直径(例如40mm),且优选地具有具备高光度的波长(例如绿色)。自动聚焦允许在任何期望的限程将该激光聚焦,以使得它可以被聚焦为小的光斑尺寸,例如在120m处为4mm直径。实现了该光斑的最优光斑尺寸和良好的可见性。

[0114] 图4以400示意性地例示了根据本发明的一些实施方案的使用具有聚焦的激光指示器415的全站仪405在天花板410上布局一个点的布局情形。天花板410与指示激光束415之间的角度 β 以425示出。宽度为以420示出的 d_b 的指示激光束根据下列关系产生了宽度为以430示出的 d_w 的光斑:

$$[0115] \quad d_w = d_b / \sin(\beta)$$

[0116] 以使得对于 $\beta=20\text{deg}$,有 $d_w \approx 3d_b$,且对于 $\beta=9\text{deg}$,有 $d_w \approx 6d_b$ 。

[0117] 该聚焦的指示激光束相比于使用未聚焦的EDM光束的现有技术方法的优点可以从图4与图3的现有技术情形的比较看出。

[0118] 图21以2100例示了根据本发明的一些实施方案的运转一个设备来布置一个点的方法。在2105,取得表示目标位置的数据。该数据可以来自模型,例如,来自这个设备的先前测量,或者来自一个不同设备的先前测量。在2110,计算从仪器中心到目标位置的限程(距离)和方向(标高和方位)。在2115,运转指示驱动系统(例如图15的1535)以将指示轴(例如图15的1520)瞄准目标位置(例如图15的1570)。在2120,运转聚焦光学器件驱动器(例如图15的1550)以将指示激光束(例如图15的1570)聚焦为在目标位置具有预先确定的光斑尺寸。在2125,启动指示激光源1525以产生指示激光束(例如图15的1530)。

[0119] 如果期望,图21的步骤可以按不同顺序。例如,步骤2125可以在其他步骤中的一个或多个之前被执行以产生激光束。例如,步骤2120可以在限程确定后立即被执行以设置激光光学器件。例如,步骤2115可以在目标位置的方向确定后立即被执行以瞄准指示轴。例如,步骤2110可以在目标位置数据可用后立即被执行以计算限程和方向。

[0120] 图22以2200例示了根据本发明的一些实施方案的运转一个设备来测量一个点的方法。

[0121] 在2205,运转指示驱动系统(例如图15的1535)以将指示激光束瞄准目标位置的总方向(general direction)。这可以例如通过将用户输入传送到处理器或通过显示在触屏显示器上的摄像机图像上轻敲以提供近似瞄准信息来进行。

[0122] 在2210,确定目标位置与仪器中心之间的近似限程(距离)。这可以根据所存储的模型或根据这个设备或另一设备的所存储的先前测量计算,或者可以通过使用这个设备的EDM(例如图15的1585)测量限程来获得。在2215处,运转聚焦光学器件(例如图15的1550)以将指示激光束(例如图15的1530)聚焦为在该近似限程处具有预先确定的光斑尺寸。在2220,运转指示驱动系统(例如图15的1535)以将测量光束瞄准目标位置。在2225,运转该EDM以测量从仪器中心到目标位置的精确限程,且从指示驱动系统确定标高和方位。在2230,存储表示目标位置的测量结果的数据。

[0123] 一些实施方案规定,仅当该设备在直接反射(DR)运转模式下运转时,指示激光束才是可用的。一些实施方案规定,当指示轴被移动时,EDM测量激光打开且指示激光关闭。一些实施方案规定,当EDM进行距离测量时,EDM测量激光打开且指示激光关闭。一些实施方案规定,当指示轴静止时EDM测量激光关闭且指示激光打开。一些实施方案规定,当EDM不能测量距离(例如指向天空)时,EDM测量激光打开且指示激光关闭。一些实施方案规定,EDM测量激光和指示激光决不同时打开。

[0124] 美国专利No.8,031,332描述了一种视觉布局过程,其可以用包括本发明的特征的设备来实施。一些实施方案规定,仅当该设备在直接反射(DR)运转模式下运转时,在视觉布局期间指示激光束才可用。一些实施方案规定,当在视觉布局期间指示轴被移动以朝目标位置瞄准时,EDM测量激光打开且指示激光关闭。一些实施方案规定,当视觉布局程序完成且指示轴静止并瞄准目标位置时,EDM测量激光关闭且指示激光打开。一些实施方案规定,在视觉布局期间EDM测量激光和指示激光决从不同时打开。

[0125] 美国专利No.7,441,340B2描述了用于勘测仪器的误差补偿方法。这样的方法可以被用于根据本发明的一些实施方案的设备,以校准和补偿指示激光的指示轴的准直误差。

[0126] 一些实施方案提供了三个瞄准方式：使用跟踪器、使用可聚焦的激光指示器（例如绿色）和使用EDM测量光束（例如红色）作为激光指示器。为了不论使用这些方式中的哪个方式进行瞄准都确保测量精确性，一些实施方案使用三组独立的准直误差校正，一组用于每一个瞄准装置，且在它们之间切换，以使得所应用的准直误差校正适于在用的瞄准装置。准直误差校正被用来调节指示方向控制（例如图15的1540），以使得不论使用跟踪器、激光点还是测量光束，仪器都瞄准同一目标位置，即使它们原本可能导致小差异。

[0127] 获得校准误差校正的一个常规方式是：

[0128] 1. 通过获得在第一方向的倾斜读数、将仪器转180度并获得在第二方向的倾斜读数以及计算在这两个方向的倾斜读数的平均值来校准误差补偿器。相对于零的任何偏差都被认为是误差，须被存储以用作零点校正。

[0129] 2. 对静态目标执行双面测量，并且根据面1与面2中的角度之差来计算准直误差。

[0130] 3. 对每个瞄准装置独立地重复步骤2。

[0131] 根据本发明的一些实施方案采用简化的工作流程来校准两个激光指示器（例如，用作指示器的固定焦点的红色EDM激光，以及可聚焦的绿色指示激光）的瞄准以及补偿器。这个简化的工作流程给出了稍微低一些的精确度，但缩短了所需的时间：

[0132] 1. 将红色激光指示器瞄准到给出面1的静态目标（墙壁上的标记等等），并且记录水平角度（HA）、竖直角（VA）、倾斜读数（TiltX, TiltY）。

[0133] 2. 切换到面2，将绿色激光指示器瞄准到同一目标，并且记录HA、VA、TiltX和TiltY。

[0134] 3. 切换回面1，将绿色激光指示器瞄准到该目标，并且记录HA和VA。

[0135] 4. 根据面1和面2中的倾斜读数的平均值来计算补偿器零点。

[0136] 5. 根据面1与面2中的角度读数之间的差来计算绿色激光指示器的准直误差。绿色激光指示器的竖直准直误差将受补偿器的校准的任何误差影响，并且用由第4点中的计算得到的补偿器零点进行校正。

[0137] 6. 计算红色激光指示器的准直误差为绿色激光指示器的准直误差加上红色与绿色激光指示器在面1中的角度差。

[0138] 绿色激光指示器的准直误差可以依赖于到目标的距离。这可以由生产容差以及光学器件的不对准或者聚焦透镜的非线性运动导致。在一些实施方案中，这些误差通过如下方式处理：对一组不同距离测量准直误差，并且将结果存储作为补偿表。每当仪器测量或以其他方式确定了到目标的距离时，查阅这个补偿表以获得适当的准直误差校正，并相应地调节指示方向控制。在一些实施方案中，同一类型的对依赖距离的准直误差的补偿被用于跟踪器。

[0139] 本领域普通技术人员将认识到，对本发明的实施方案的详细描述仅是示例性的，且不旨在以任何方式进行限制。

[0140] 为了清楚起见，并非所有本文描述的实现方式的常规特征都被示出和描述。应意识到，在任何这样的实际实现方式的开发中，必须做出多个实现方式特有的决定，以实现开发者的具体目的，诸如对与应用相关和与商务相关的约束的遵循，并且对于不同实现方式以及对于不同开发者，这些具体目的将不同。此外，应意识到，这样的开发努力可能是复杂和耗时的，但无论如何，对于受益于本公开内容的本领域普通技术人员来说都会是一个常

规的工程任务。

[0141] 根据本发明的实施方案,所述部件、过程步骤和/或数据结构可以使用多种类型的操作系统(OS)、计算机平台、固件、计算机程序、计算机语言和/或通用机器来实现。所述方法可以作为在处理电路上运行的程序化过程来实施。该处理电路可以采取处理器和操作系统的若干组合或者独立装置的形式。所述过程可以由上述硬件执行的指令的形式实现、仅由硬件实现或者由它们的组合实现。所述软件可以被存储在机器可读的程序存储装置上。计算单元可以使用面向对象的编程语言来实现,以使得每个所要求的单元都被根据需要实例化。

[0142] 本领域技术人员将认识到,也可以使用具有较不通用性质的器件诸如硬连线器件、现场可编程逻辑器件(FPLD)(包括现场可编程门阵列(FPGA)和复杂的可编程逻辑器件(CPLD))、专用集成电路(ASIC)等,而不偏离本文公开的创新思想的范围和精神。

[0143] 根据一些实施方案的方法可以在数据处理计算机上实现,所述数据处理计算机诸如是运行OS的个人计算机、工作站计算机、大型计算机或高性能服务器,所述OS诸如是从华盛顿州雷德蒙市的Microsoft Corporation(微软公司)可得的一个版本的**Mricrosoft®Windows®**,或者多种版本的Unix操作系统(诸如从若干卖主可得的Linux)。所述方法也可以在多处理器系统上实现,或者在包含多种外设的计算环境中实现,所述外设诸如是输入装置、输出装置、显示器、指示装置、存储器、存储装置、用于向处理器或从处理器传输数据的媒体接口等。这样的计算机系统或计算环境可以是局域网的,或者在互联网上。

[0144] 任何上述方法及其实施方案都可以借助计算机程序来实现。所述计算机程序可以被装载在具有处理器的设备(诸如机器人化全站仪)中。因此,本发明还涉及可以使得处理器能够执行任何一个所描述的方法及其实施方案的计算机程序。

[0145] 本发明还涉及包含上述计算机程序的计算机可读介质或计算机程序产品。所述计算机可读介质或计算机程序产品可以例如是磁带、光存储盘、磁盘、磁-光盘、CD ROM、DVD、CD、闪存单元或类似物,其中所述计算机程序被永久或暂时存储。本发明还涉及具有用于执行本发明的任何一个方法的计算机可执行指令的计算机可读介质(或计算机程序产品)。

[0146] 本发明还涉及适于被安装在已经处于现场的装置上的固件更新,即作为计算机程序产品被提供到现场的计算机程序。

[0147] 一个单元的组成部分可以被分配在不同软件或硬件部件或器件中,用于完成预期的功能。此外,多个单元可以被集中在一起,用于借助组合的单个单元来执行它们的功能。

[0148] 下面是本文描述的创新思想的部分概括:

[0149] 1. 一种机器人化激光指示设备,包括:

[0150] a. 仪器中心;

[0151] b. 第一旋转轴、第二旋转轴和指示轴,与仪器中心有已知关系;

[0152] c. 激光源,沿着所述指示轴提供指示激光束;

[0153] d. 指示驱动系统,通过响应于指示方向控制绕所述仪器中心旋转所述指示轴来瞄准所述激光束;

[0154] e. 聚焦光学器件,具有聚焦光学器件驱动器,以响应于聚焦光学器件控制来将所述指示激光束聚焦;

- [0155] f. 处理器, 响应于目标位置信息, 以产生所述指示方向控制和所述聚焦光学器件控制。
- [0156] 2. 根据1所述的设备, 其中所述第一旋转轴、所述第二旋转轴和所述指示轴中的至少两个在所述仪器中心相交。
- [0157] 3. 根据1或2所述的设备, 其中所述目标位置信息表示相对于所述仪器中心的目标位置, 并且所述指示方向控制使得所述指示驱动系统将所述指示激光束瞄准所述目标位置。
- [0158] 4. 根据3所述的设备, 其中所述聚焦光学器件控制使得所述聚焦光学器件将所述指示激光束以预先确定的光束直径聚焦在所述目标位置。
- [0159] 5. 根据4所述的设备, 其中所述处理器运转以基于所述仪器中心与所述目标位置之间的限程来计算所述聚焦光学器件控制。
- [0160] 6. 根据1-5之一所述的设备, 其中所述指示驱动系统包括: 第一可控制驱动器, 用于将所述指示轴绕所述第一旋转轴旋转到一个所选择的旋转角度; 以及第二可控制驱动器, 用于将所述指示轴绕所述第二旋转轴旋转到一个所选择的旋转角度, 并且其中所述指示方向控制包括表示这些所选择的旋转角度的信号。
- [0161] 7. 根据1-6之一所述的设备, 其中所述聚焦光学器件系统包括至少一个光学元件, 并且其中所述聚焦光学器件驱动器运转以通过更改所述聚焦光学器件的至少一个光学特性来聚焦所述指示激光束。
- [0162] 8. 根据1-7之一所述的设备, 其中所述聚焦光学器件系统包括具有至少5mm的出孔的准直透镜。
- [0163] 9. 根据1-7之一所述的设备, 其中所述聚焦光学器件系统包括具有至少10mm的出孔的准直透镜。
- [0164] 10. 根据1-7之一所述的设备, 其中所述聚焦光学器件系统包括具有至少20mm的出孔的准直透镜。
- [0165] 11. 根据1-7之一所述的设备, 其中所述聚焦光学器件系统包括具有至少30mm的出孔的准直透镜。
- [0166] 12. 根据1-11之一所述的设备, 其中所述处理器还运转以针对所述第一旋转轴与所述第二旋转轴的相互正交的任何缺乏对所述指示方向控制进行补偿。
- [0167] 13. 根据1-12之一所述的设备, 其中所述处理器还运转以针对所述第二旋转轴与所述指示轴的相互正交的任何缺乏对所述指示方向控制进行补偿。
- [0168] 14. 根据1-13之一所述的设备, 还包括电子测距系统, 所述电子测距系统沿着测量光束路径发出测量光束, 并且所述指示驱动系统运转以通过响应于所述指示方向控制绕所述仪器中心旋转所述测量光束路径来瞄准所述测量光束。
- [0169] 15. 根据14所述的设备, 其中所述测量光束路径与所述仪器中心相交。
- [0170] 16. 根据14-15之一所述的设备, 其中所述处理器还运转以针对所述指示轴相对于所述测量光束路径的视差和发散中的至少之一对所述指示方向控制进行补偿。
- [0171] 17. 根据14-16之一所述的设备, 其中所述电子测距系统包括测量光束源, 并且其中所述激光源和所述测量光束源交替运转。
- [0172] 18. 根据14-16之一所述的设备, 其中所述处理器运转以通过当所述指示激光束正

在被瞄准时对所述指示方向控制应用第一校正以及当所述测量光束正在被瞄准时对所述指示方向控制应用第二校正来校正所述指示轴与所述测量光束路径之间的不对准。

[0173] 19. 根据14-16之一所述的设备,其中所述电子测距系统采用所述激光源进行电子测距。

[0174] 20. 根据1-19之一所述的设备,其中所述指示激光束是2类激光束。

[0175] 21. 根据1-20之一所述的设备,其中所述指示激光束具有在人眼可见范围内的波长。

[0176] 22. 根据1-21之一所述的设备,其中所述指示激光束具有在500nm与610nm之间的波长。

[0177] 23. 根据1-21之一所述的设备,其中所述指示激光束具有在450nm与550nm之间的波长。

[0178] 24. 根据1-21之一所述的设备,其中所述指示激光束具有在520nm与590nm之间的波长。

[0179] 25. 根据1-24之一所述的设备,其中所述处理器运转以控制所述激光源以在零水平与最大水平之间设置所述指示激光束的功率水平。

[0180] 26. 根据1-25之一所述的设备,还包括摄像机,所述摄像机运转以捕获目标区域的静止图像和活动视频图像中的至少之一。

[0181] 27. 根据26所述的设备,其中所述摄像机具有视场,所述视场覆盖所述指示轴的一段。

[0182] 28. 根据26-27之一所述的设备,还包括触屏显示器,所述触屏显示器运转以显示由所述摄像机捕获的目标区域的图像,并且其中所述处理器运转以响应于在所述触屏显示器上对应于目标位置的一点处的轻敲来产生所述指示方向控制,以使得所述指示驱动系统将所述指示轴瞄准所述目标位置。

[0183] 29. 根据28所述的设备,其中所述摄像机被校准,以使得针对1m与100m之间的不同距离来校准所述触屏显示器上的摄像机图像中的与所述激光束的光斑对应的像素位置,以促进使用所述摄像机图像的轻敲和移动导航。

[0184] 30. 根据26-29之一所述的设备,其中所述摄像机包括自动曝光控制,所述自动曝光控制指明曝光水平,并且所述处理器运转以使用所指明的曝光水平来调节所述激光源的输出功率。

[0185] 31. 根据1-30之一所述的设备,还包括远程控制器以及使得能够在所述远程控制器与所述处理器之间进行通信的数据链路。

[0186] 32. 根据31所述的设备,其中所述远程控制器包括触屏显示器,并且所述处理器运转以响应于在所述触屏显示器上输入的命令来控制所述设备的运转。

[0187] 33. 根据32所述的设备,其中所述远程控制器运转以经由所述数据链路来控制所述激光源、所述指示驱动系统和所述聚焦光学器件。

[0188] 34. 根据32所述的设备,其中所述远程控制器运转以取得所述摄像机捕获的图像。

[0189] 35. 根据1-34之一所述的设备,其中所述处理器还运转以通过执行校准过程来确定准直误差校正。

[0190] 36. 根据1-35之一所述的设备,其中所述处理器还运转以从一组所存储的校正数

据取得准直误差校正。

[0191] 37. 根据1-36之一所述的设备,其中所述目标位置信息是所存储的目标位置的表示。

[0192] 38. 根据1-36之一所述的设备,其中所述目标位置信息是根据与所述仪器中心有已知关系的所存储的模型获得的。

[0193] 39. 根据1-36之一所述的设备,其中所述目标位置信息是所存储的、与所述仪器中心有已知关系的被测点的表示。

[0194] 40. 根据1-39之一所述的设备,还包括衍射元件,所述衍射元件被沿着所述指示轴放置,以衍射所述指示激光束,以使得聚焦在目标上的光斑具有交叉丝形状和暗化的中心区中的至少之一。

[0195] 41. 根据1-40之一所述的设备,还包括调平装置(leveling device),所述调平装置运转以使所述第一旋转轴平行于吊线(重力矢量)。

[0196] 42. 根据1-40之一所述的设备,还包括倾斜传感器,所述倾斜传感器运转以测量所述机器人的所述第一旋转轴相对于吊线的偏差,并且其中所述处理器运转以调节所述指示方向控制从而补偿所测得的偏差。

[0197] 43. 一种运转根据1-42之一所述的设备的方法,包括:

[0198] i. 取得表示目标位置的数据;

[0199] ii. 计算从所述仪器中心到所述目标位置的距离和方向;

[0200] iii. 运转所述指示驱动系统,以将所述指示轴瞄准所述目标位置;

[0201] iv. 运转所述聚焦光学器件,以基于所述目标位置将所述指示激光束聚焦到目标距离;

[0202] **【注意:所述“目标距离”可以不同于目标位置,因而光斑尺寸在所述目标位置被最优化】**

[0203] v. 运转所述激光源,以提供被聚焦在所述目标距离的所述指示激光束。

[0204] 44. 一种运转根据14-42之一所述的设备的方法,包括:

[0205] i. 运转所述指示驱动系统,以将所述指示激光束瞄准目标位置的总方向;

[0206] ii. 确定所述目标位置与所述仪器中心之间的量程;

[0207] iii. 运转所述聚焦光学器件,以将所述指示激光束聚焦为在所述量程具有预先确定的光斑尺寸;

[0208] iv. 运转所述指示驱动系统,以将所述测量光束瞄准所述目标位置;

[0209] v. 运转所述EDM,以测量从所述仪器中心到所述目标位置的量程;

[0210] vi. 存储表示所述目标位置的测量结果的数据。

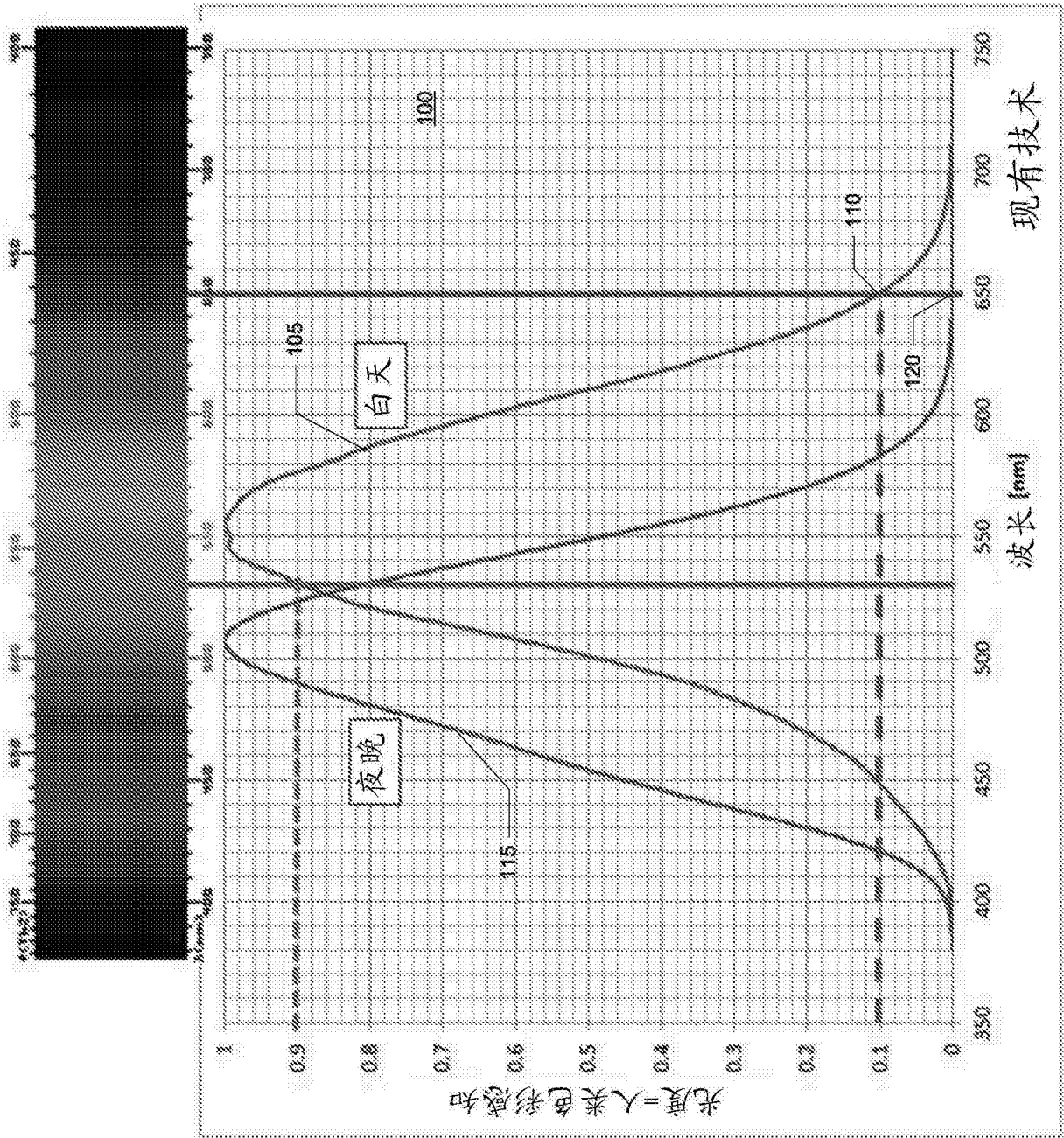


图1

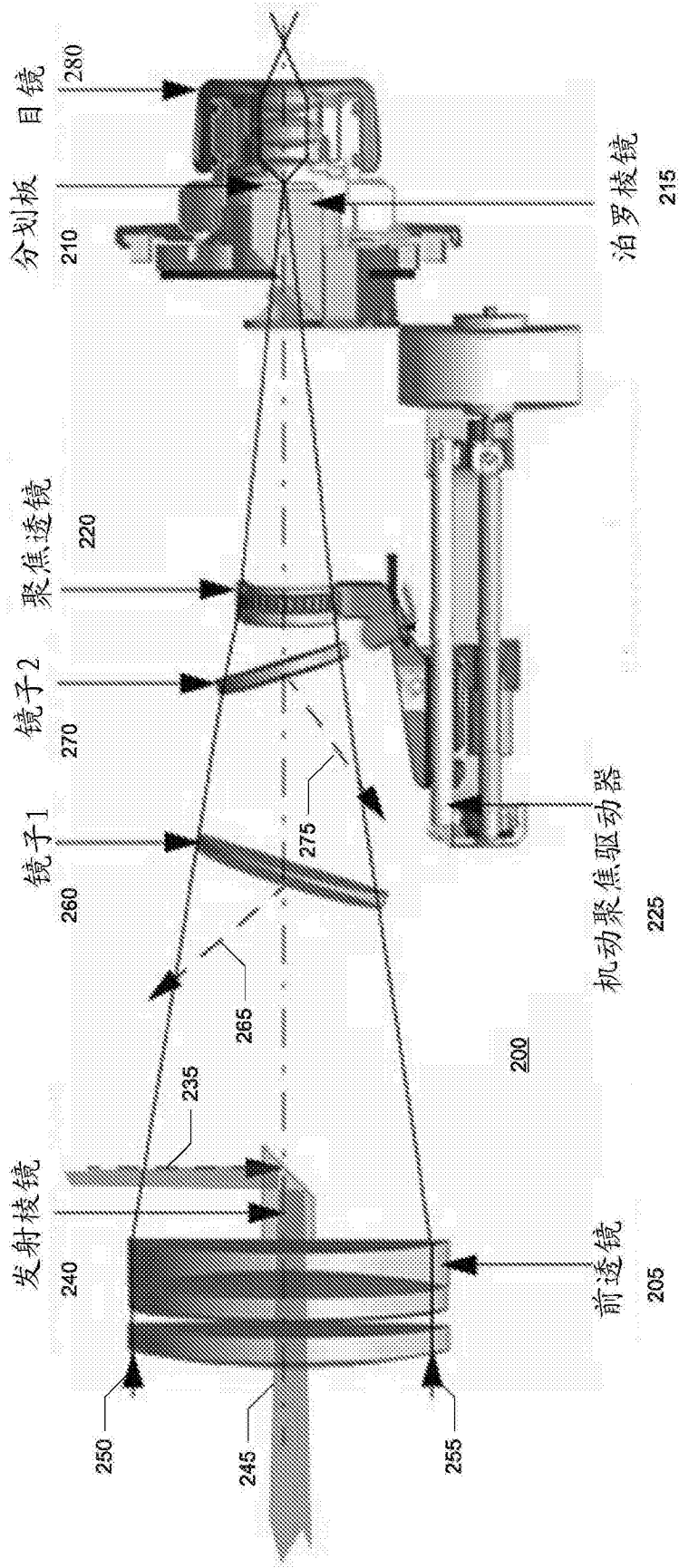


图2

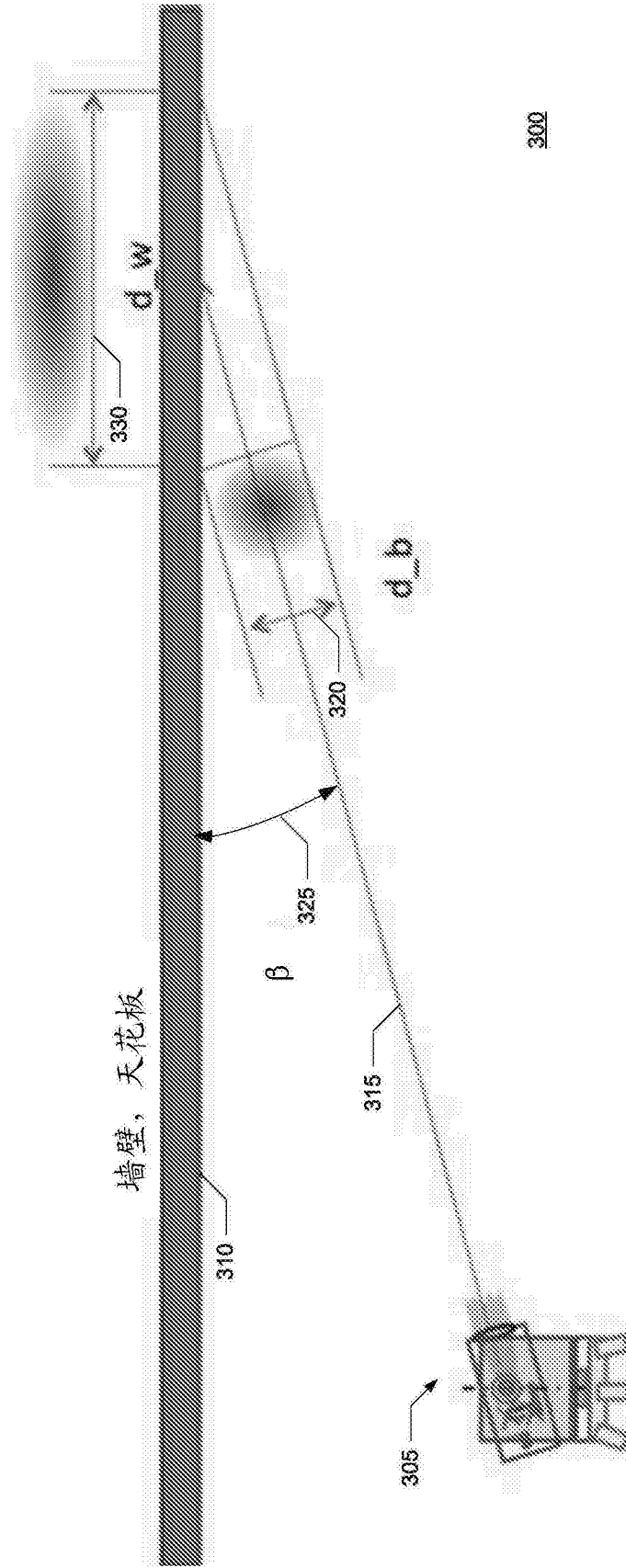


图3

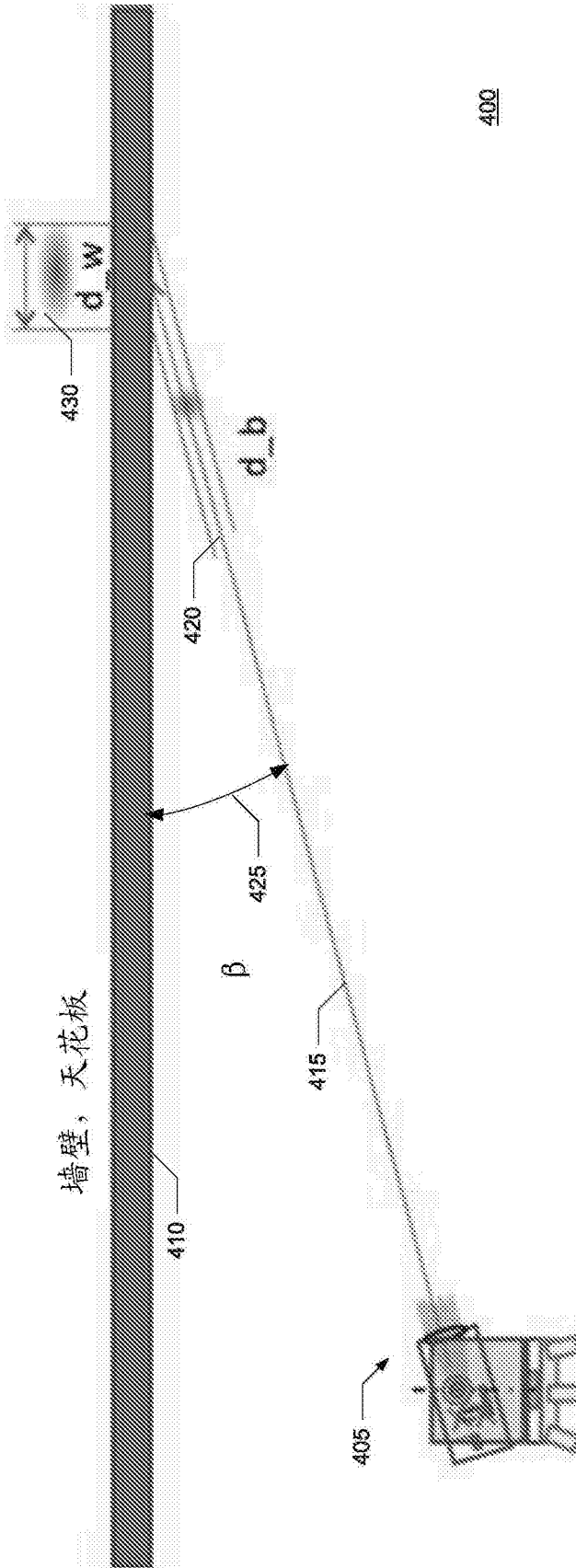


图4

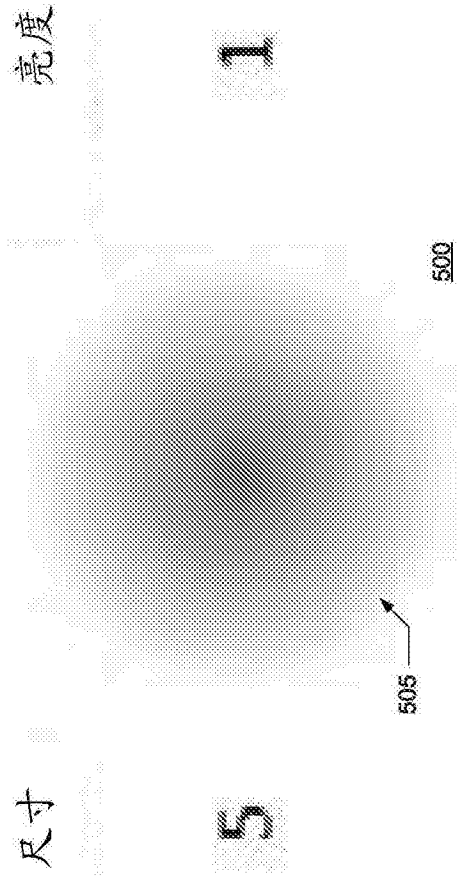


图5A

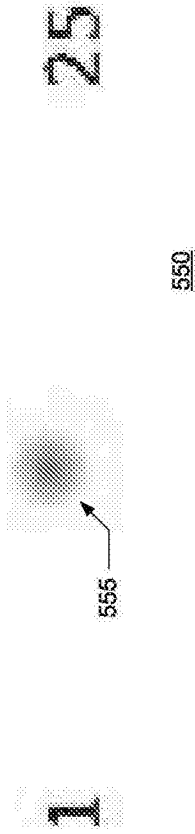


图5B

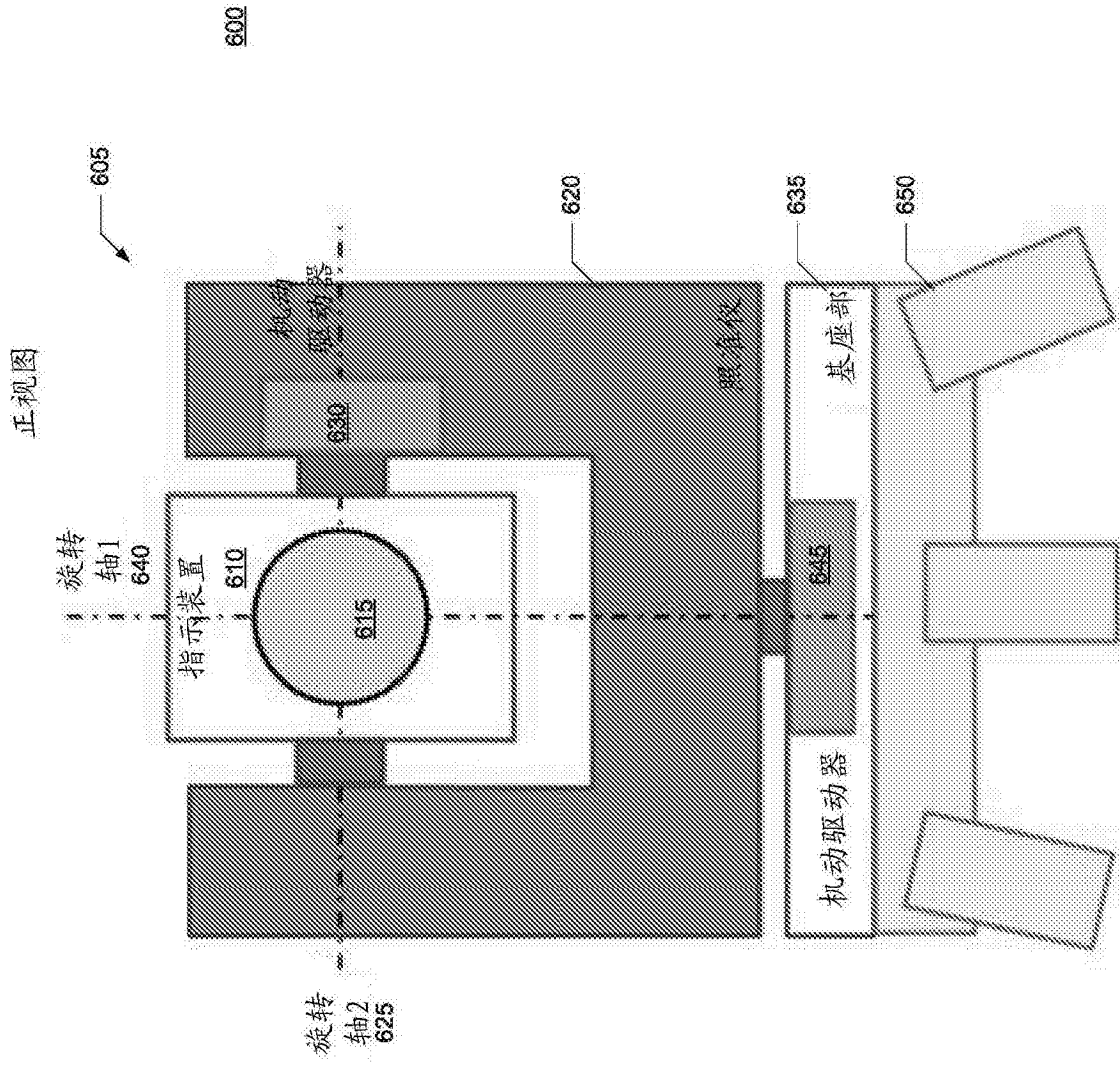


图6

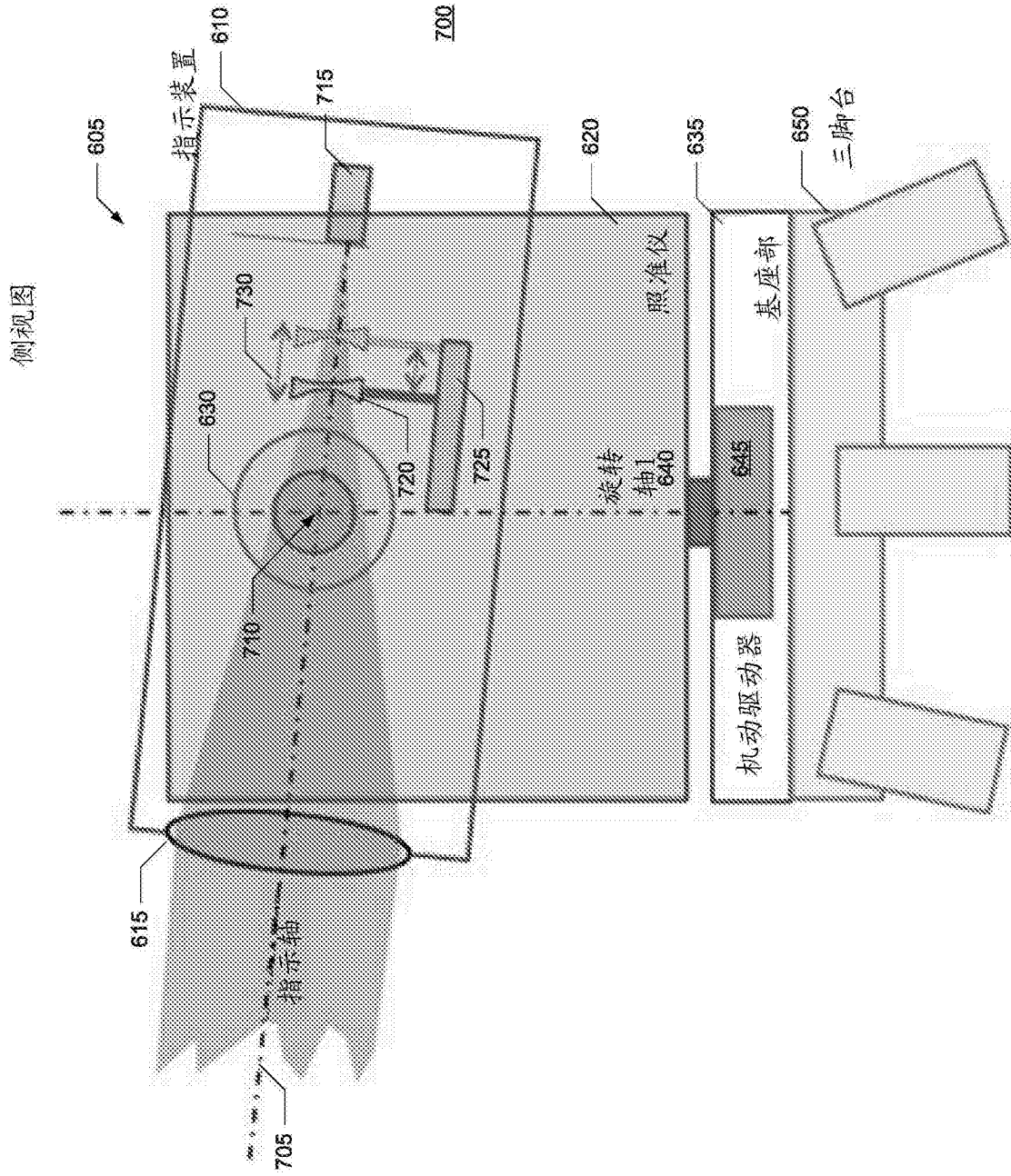


图7

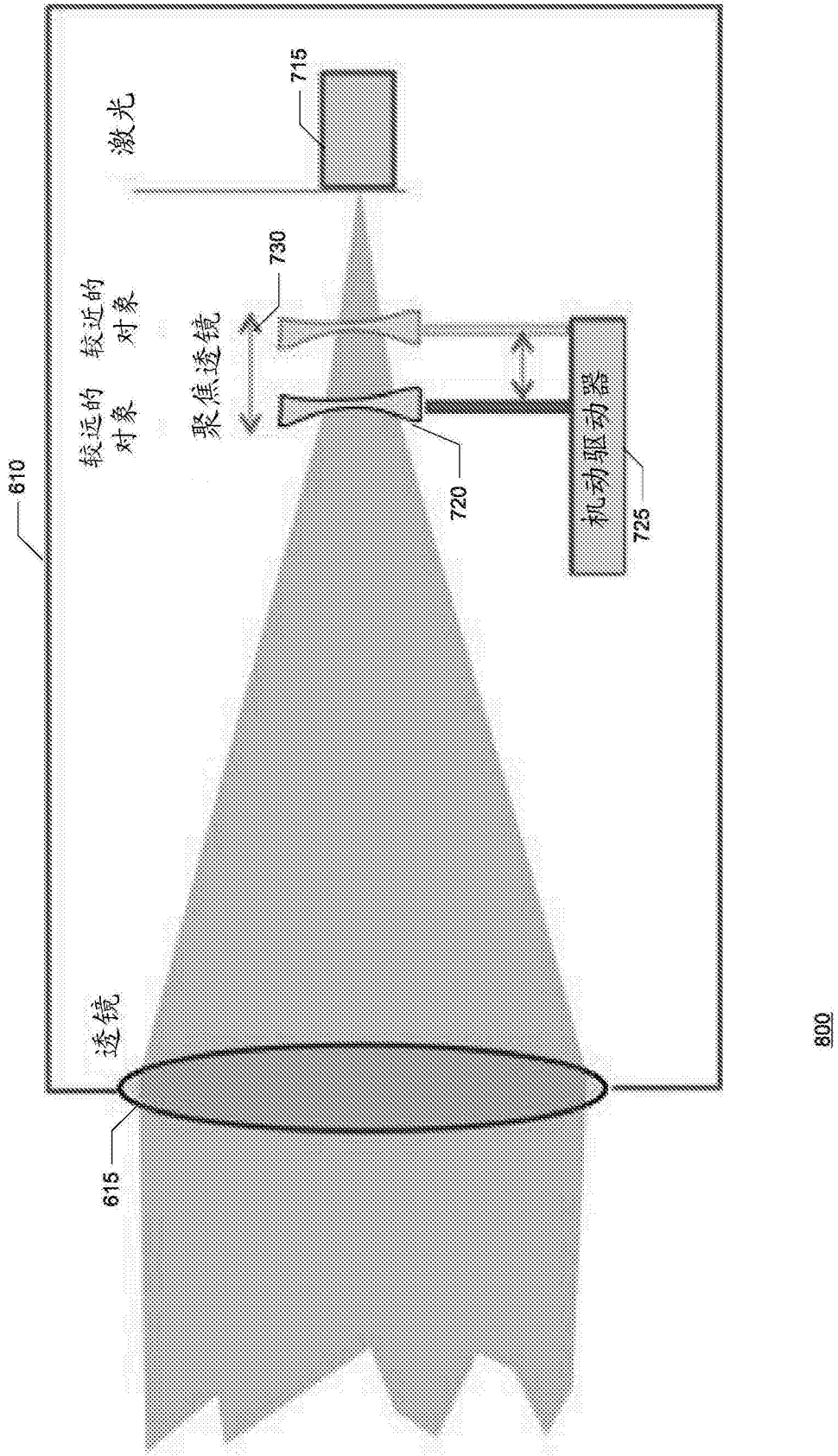


图8

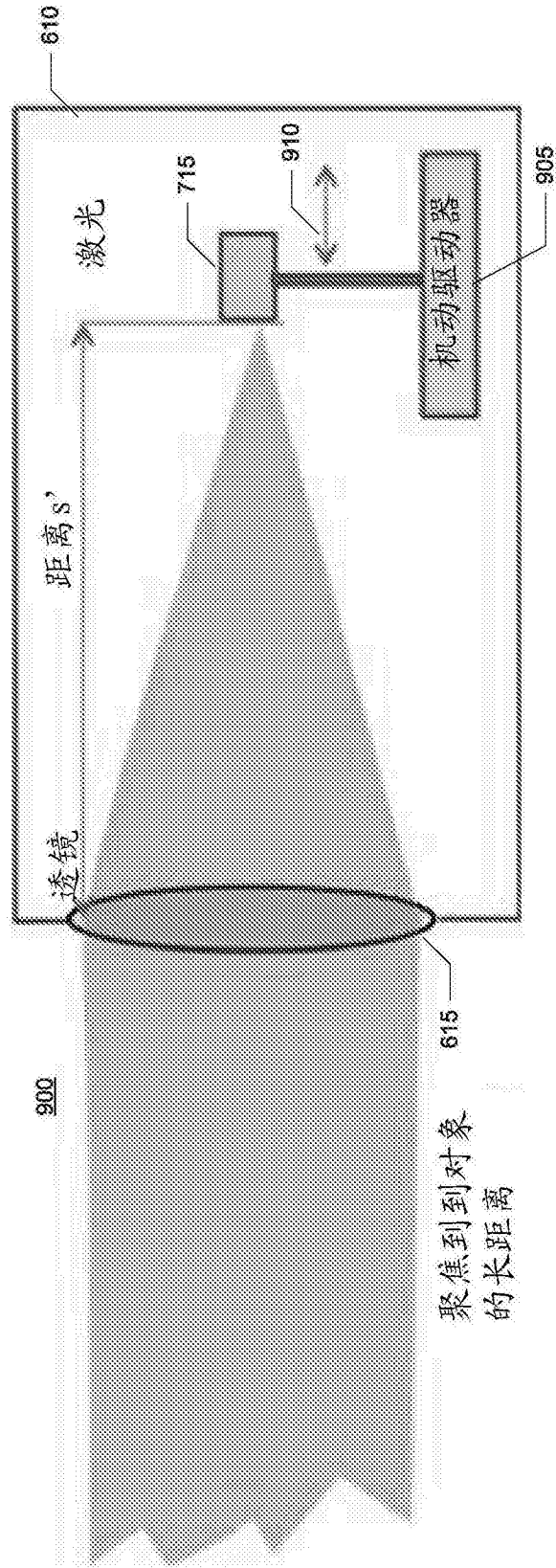


图9A

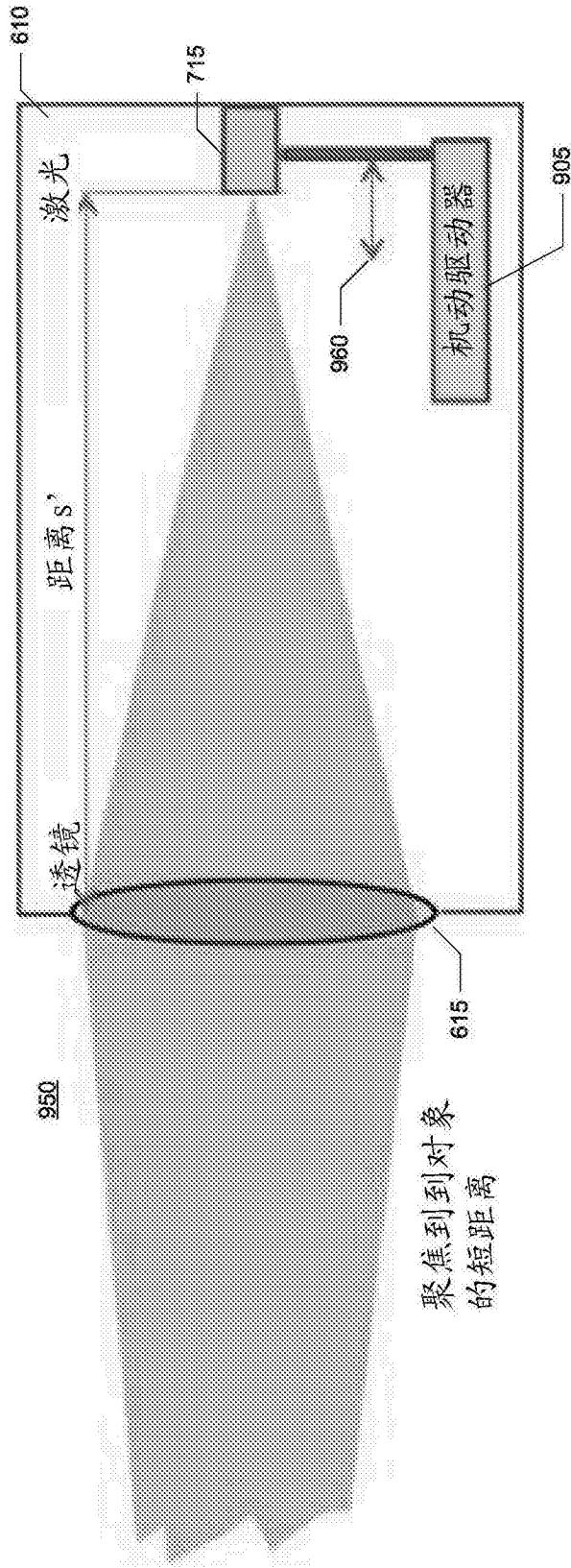


图9B

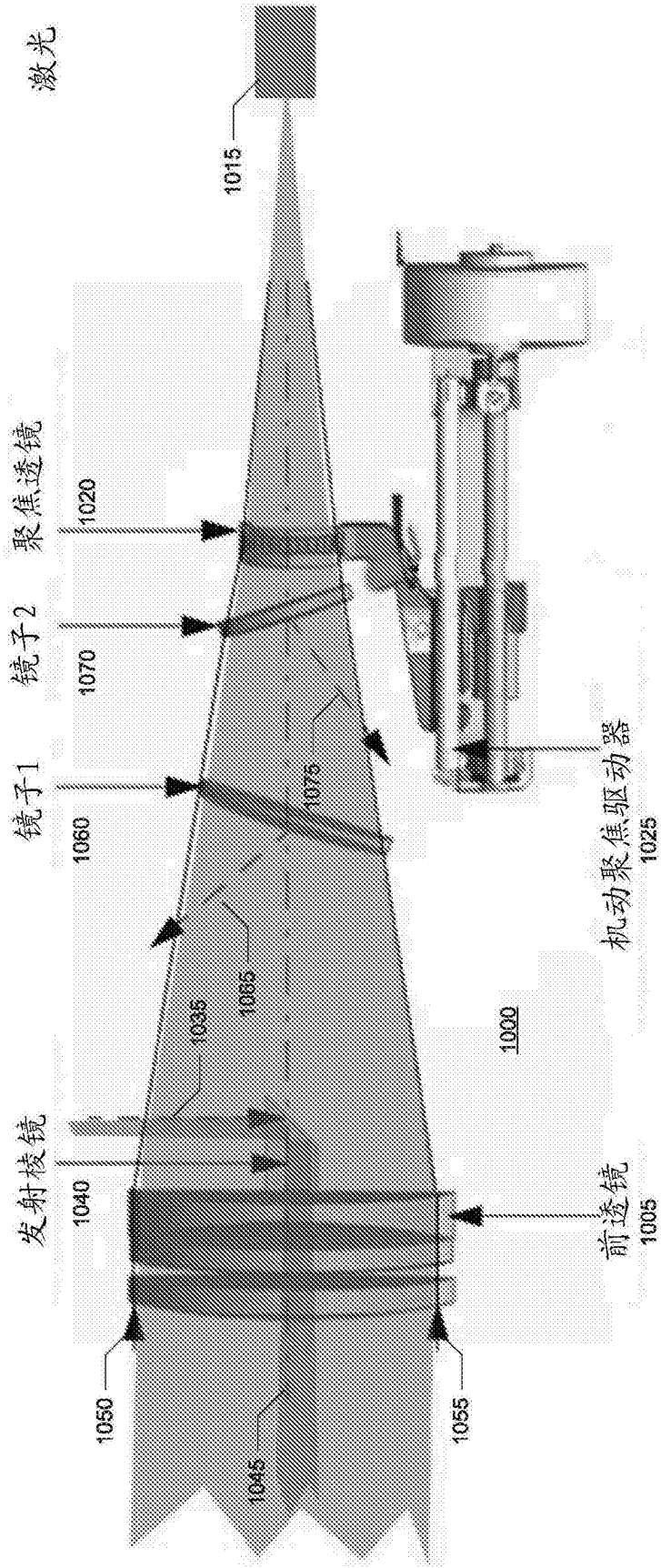


图10

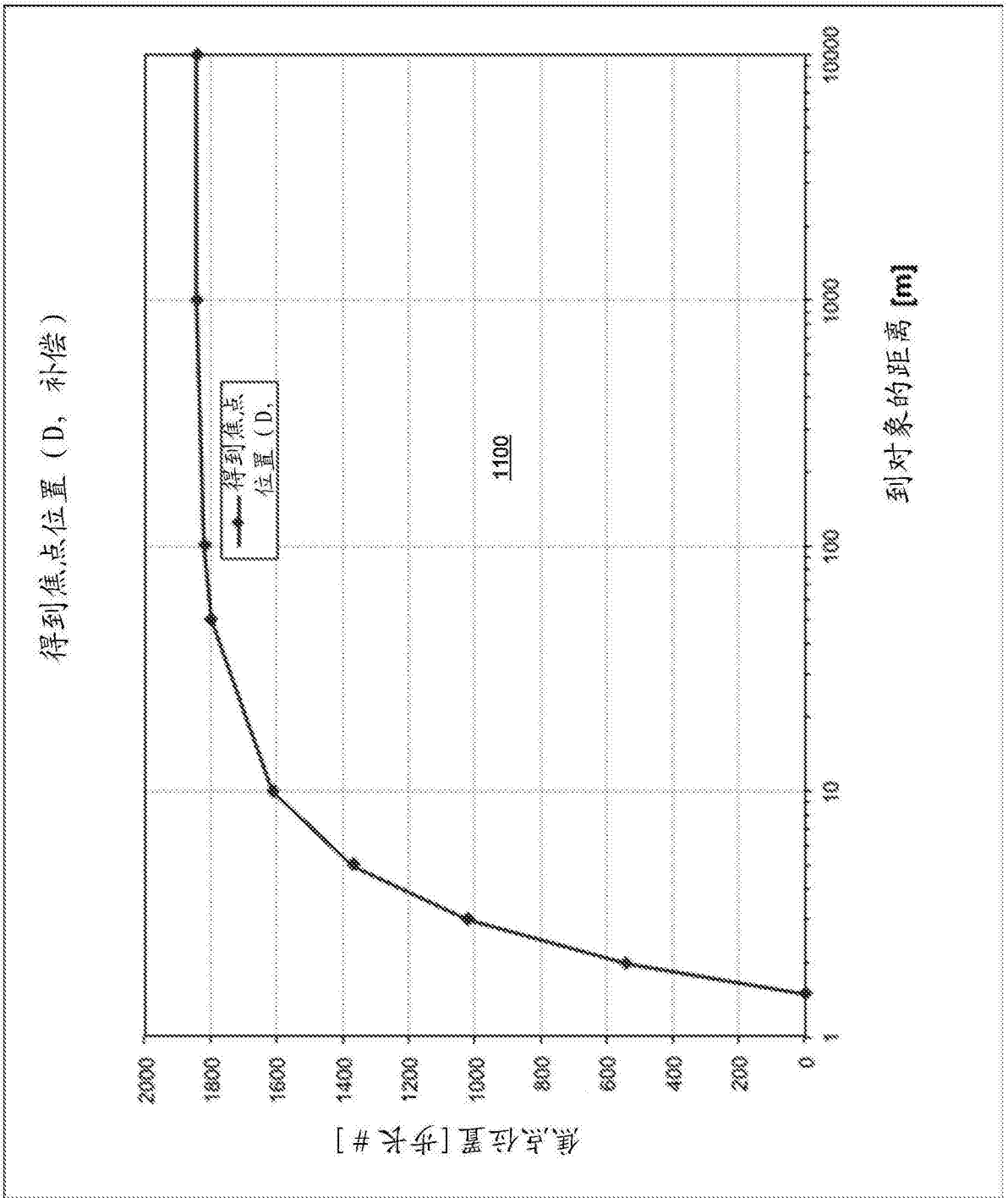


图11

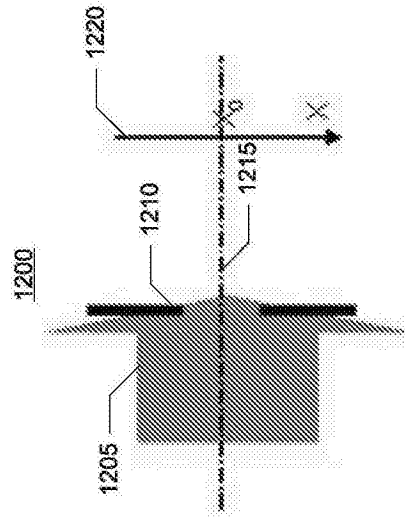


图12A

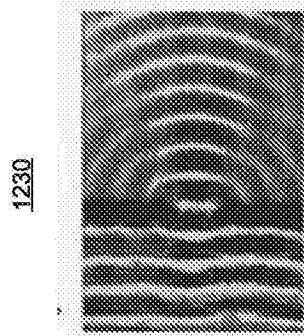


图12B

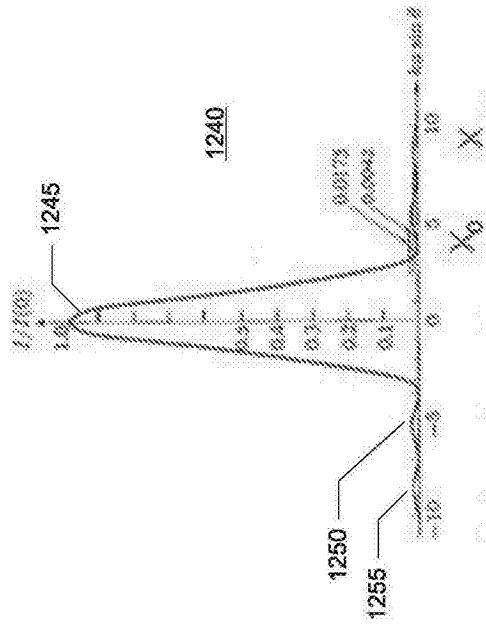


图12C

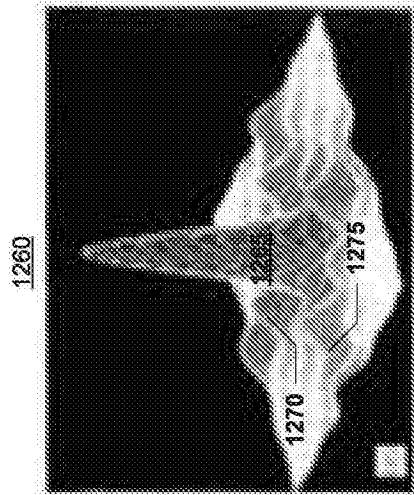


图12D

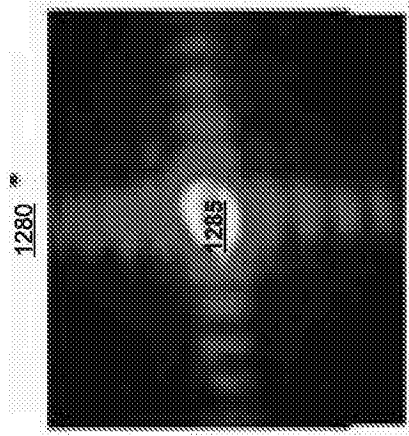


图12E

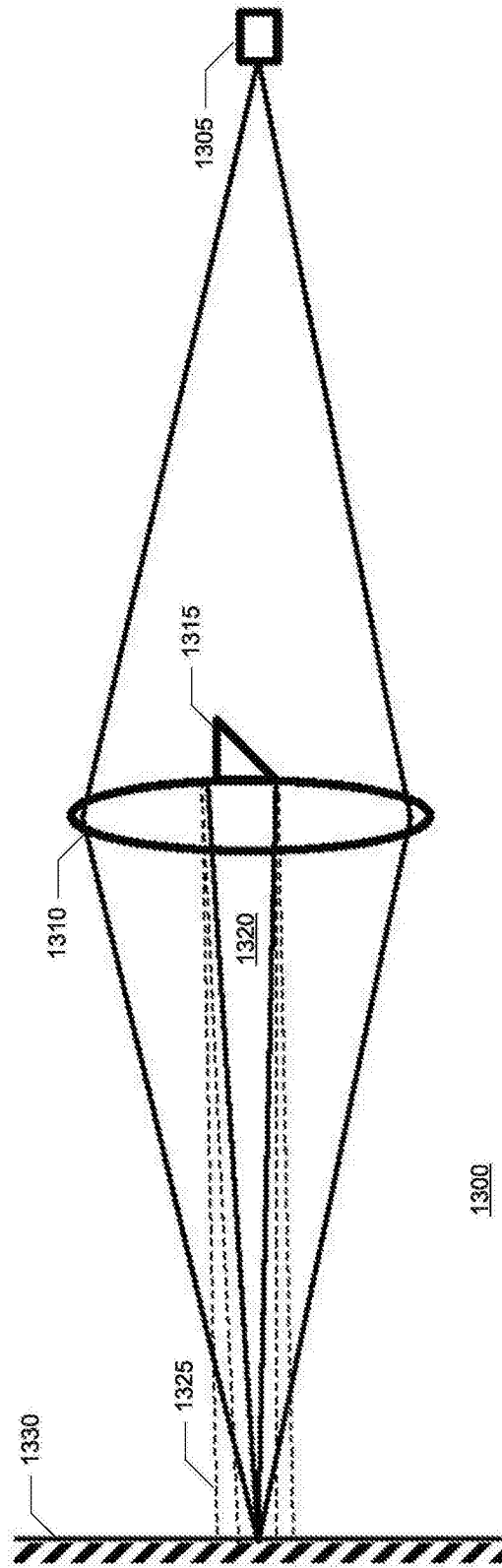


图13A

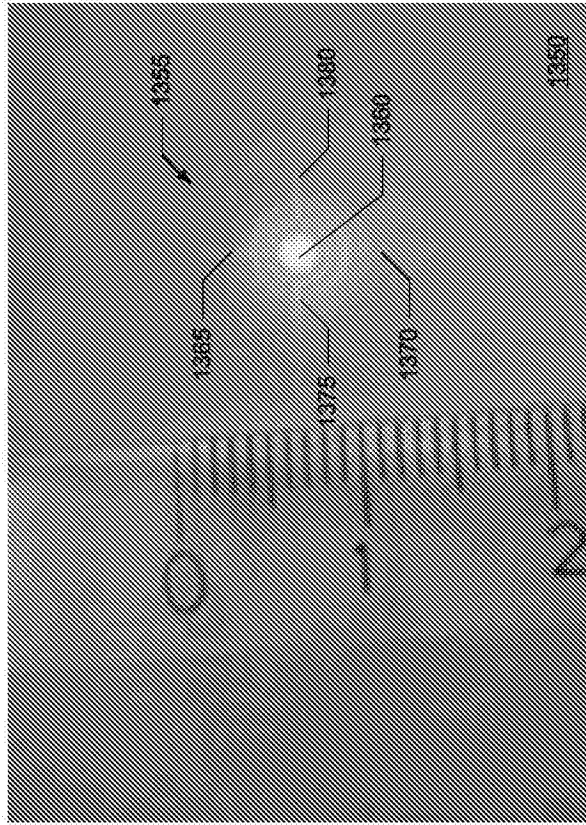


图13B

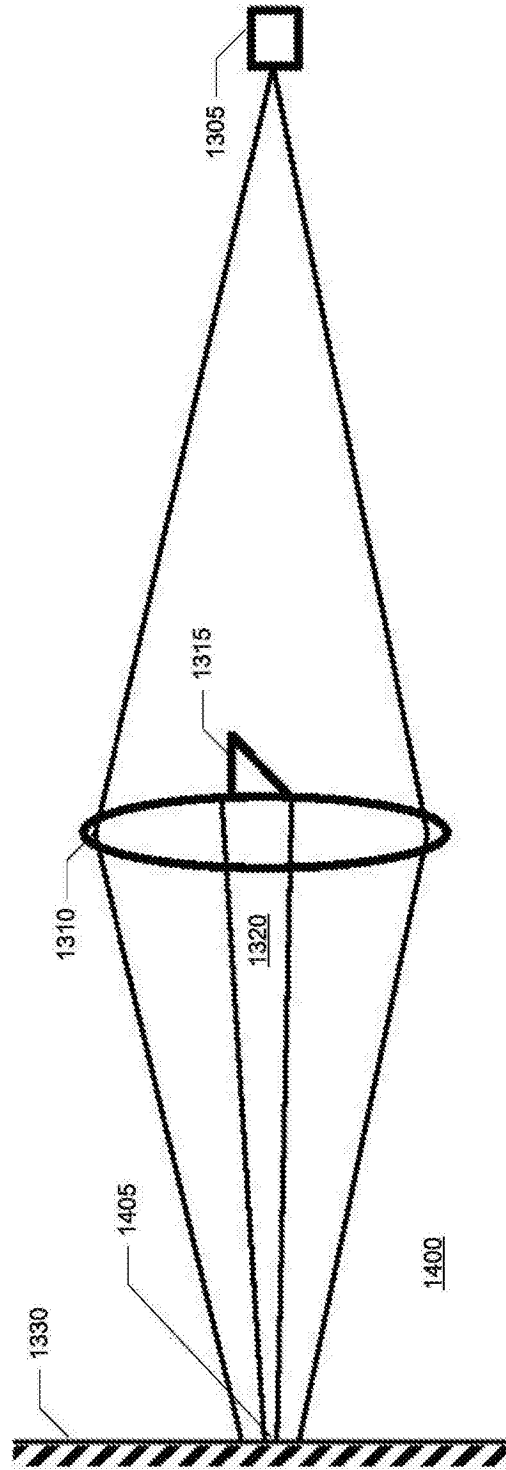


图14A

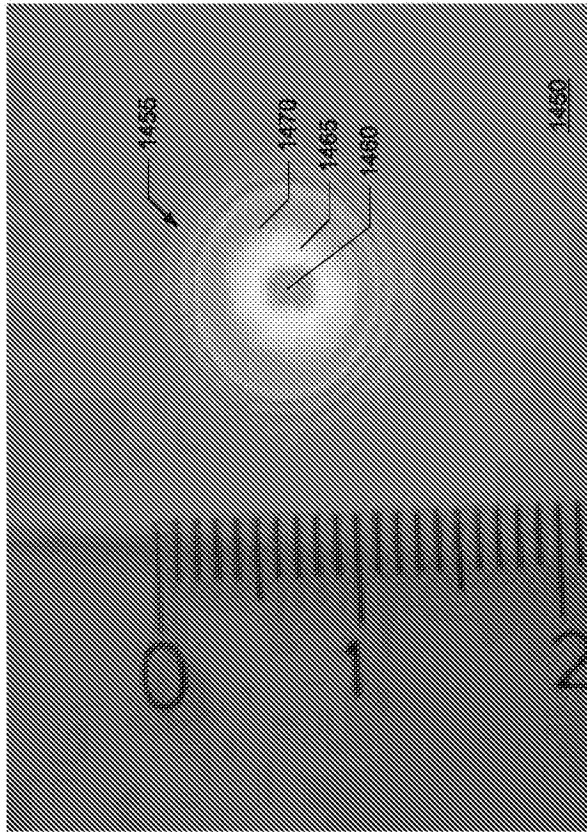


图14B

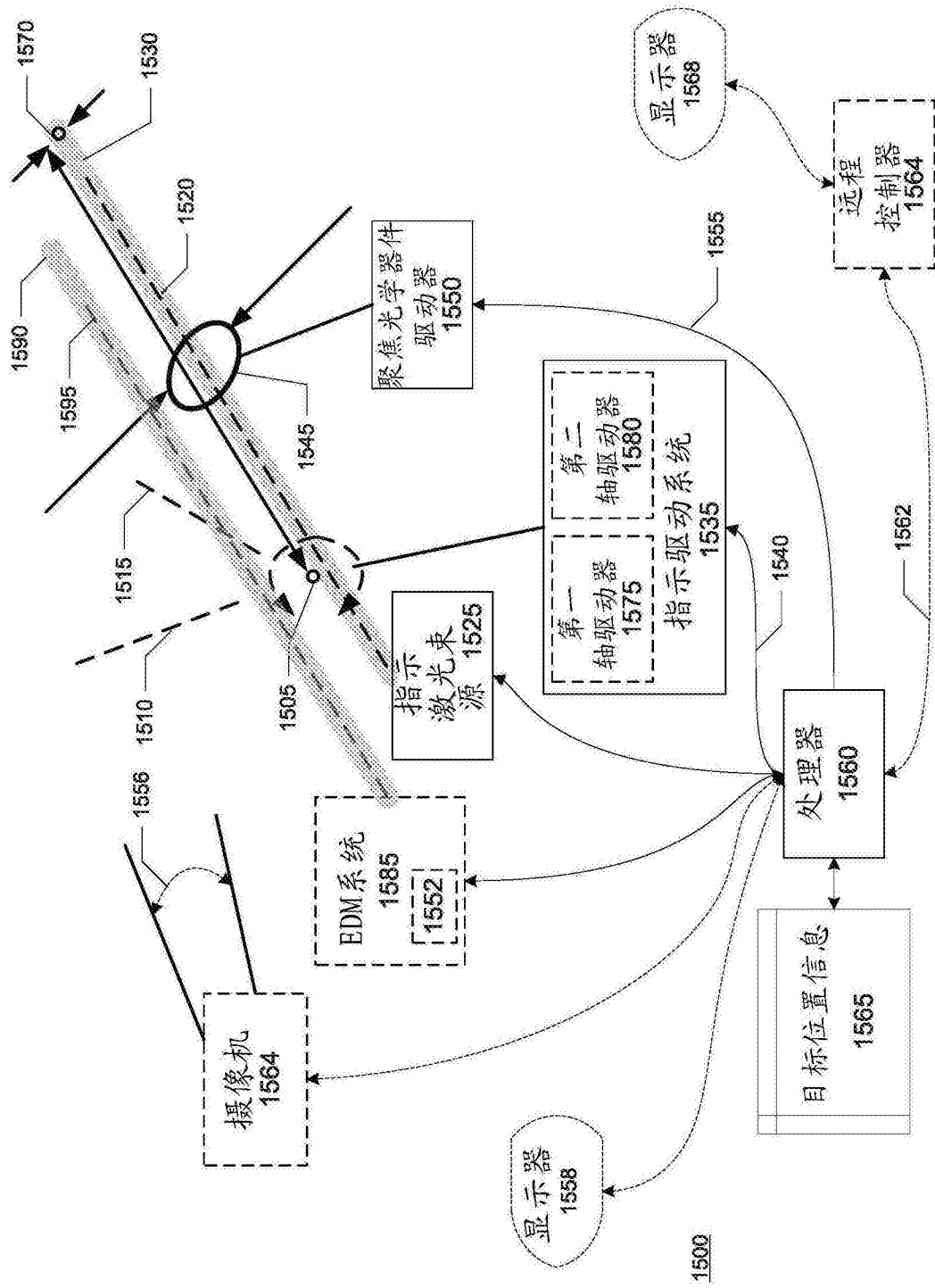
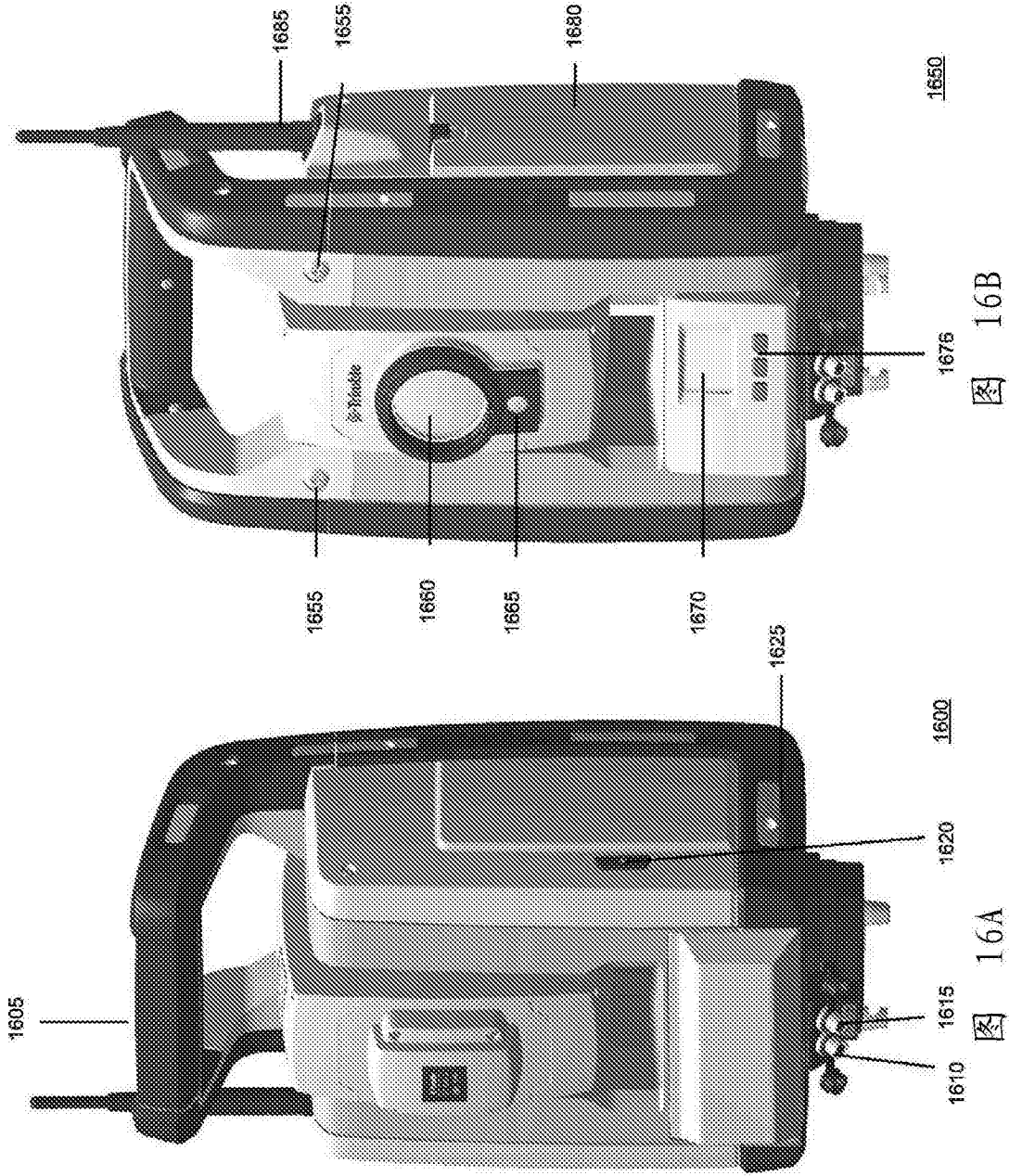


图15



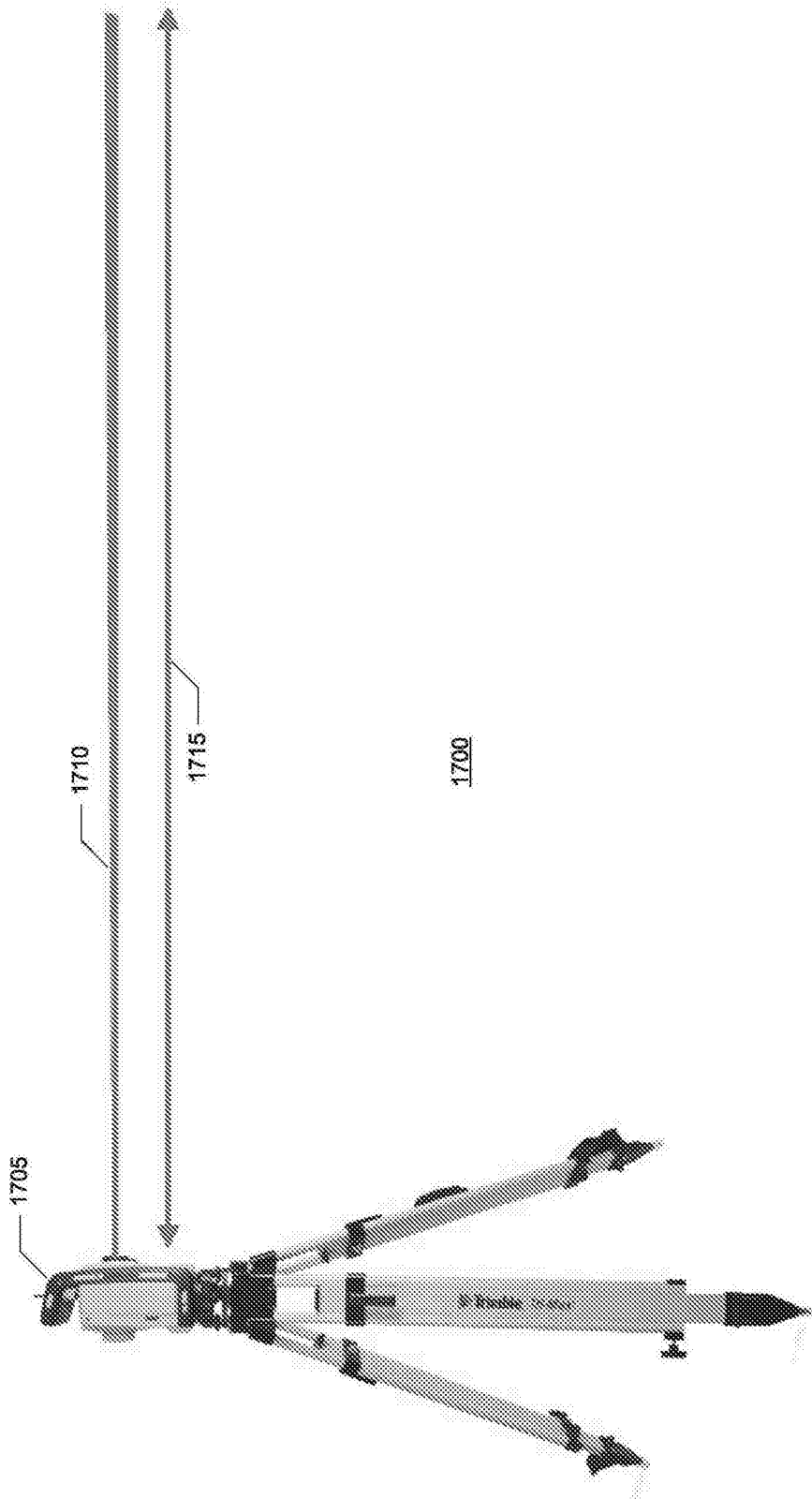


图17

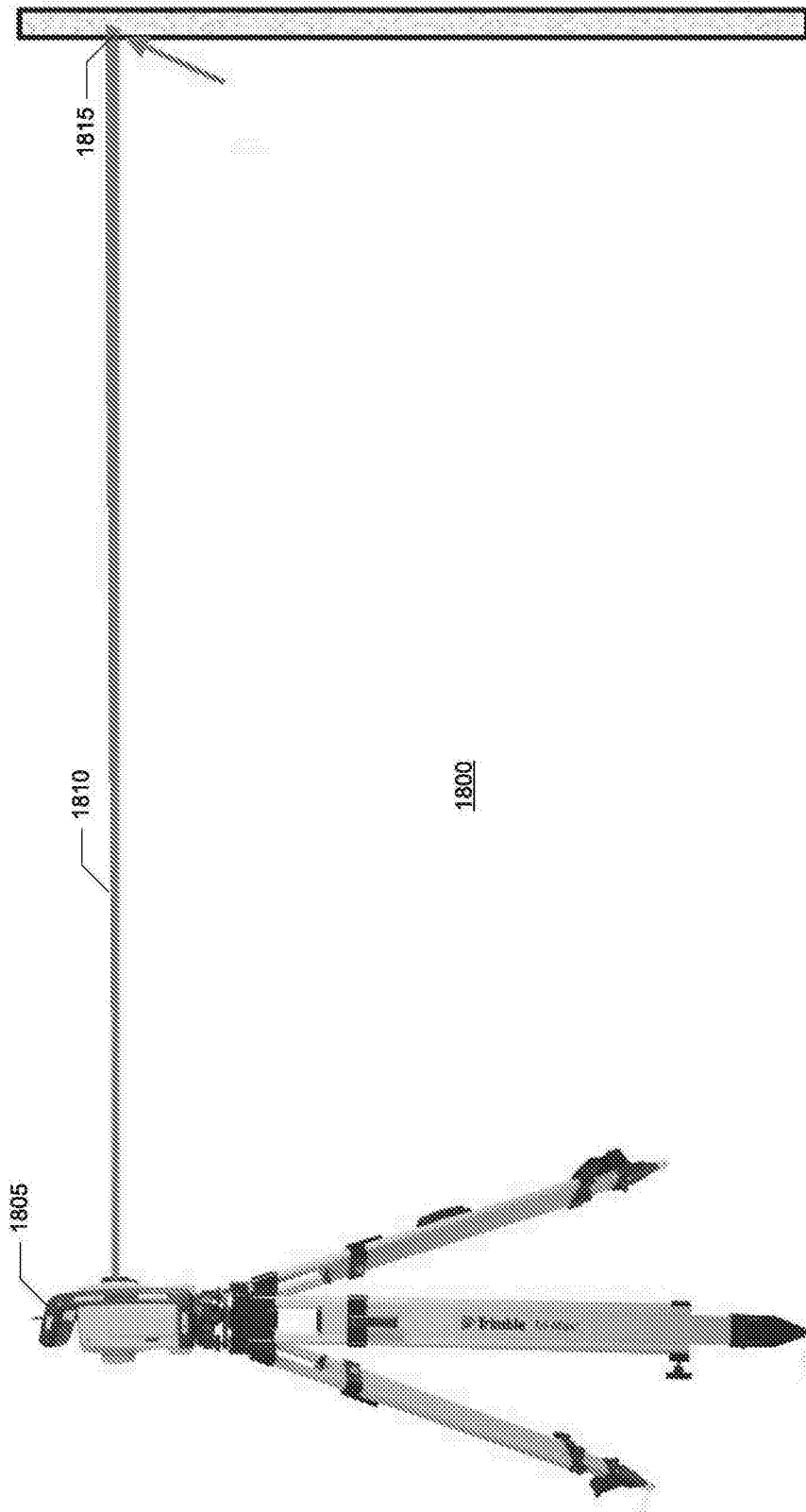


图18

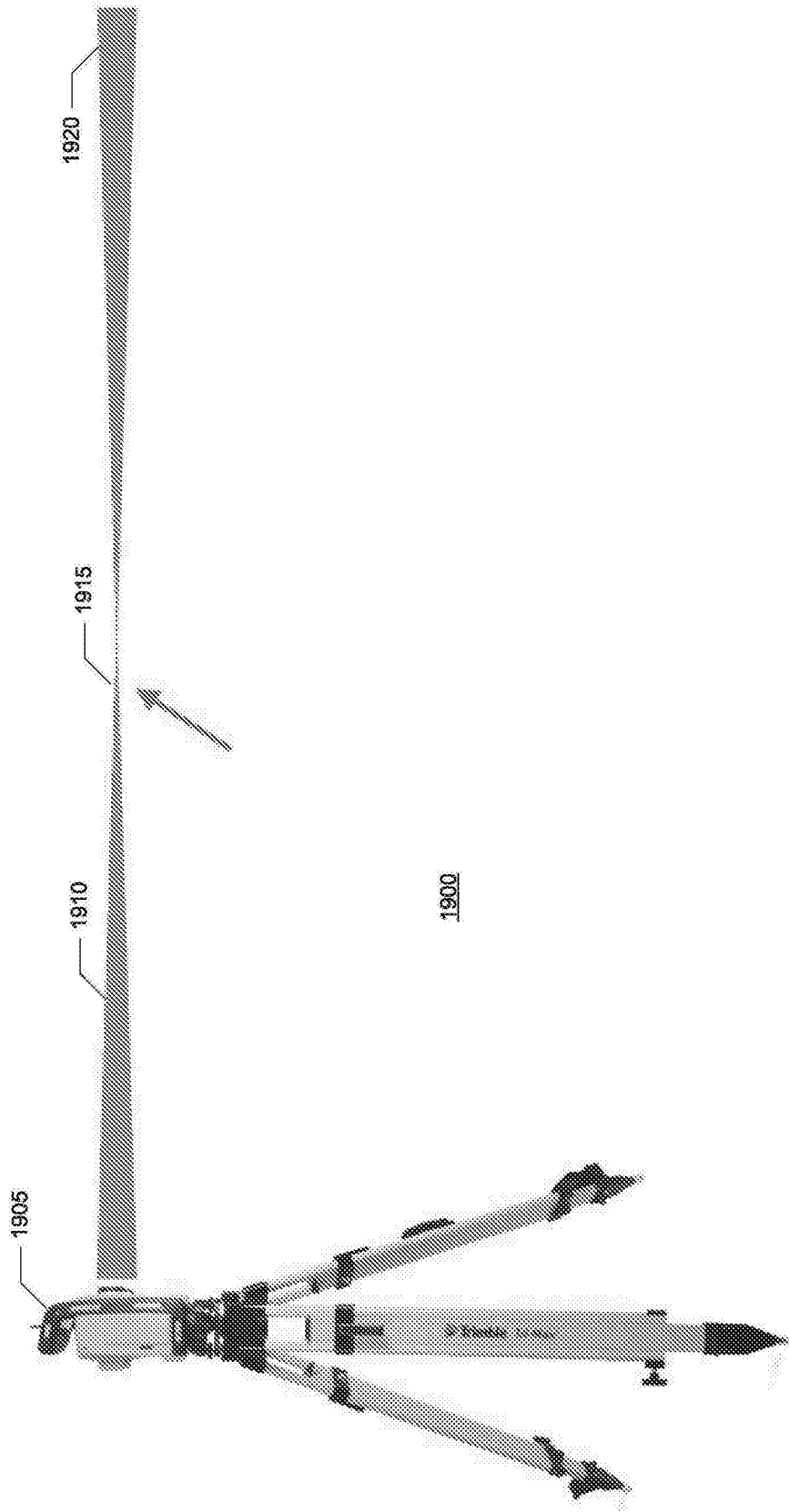


图19

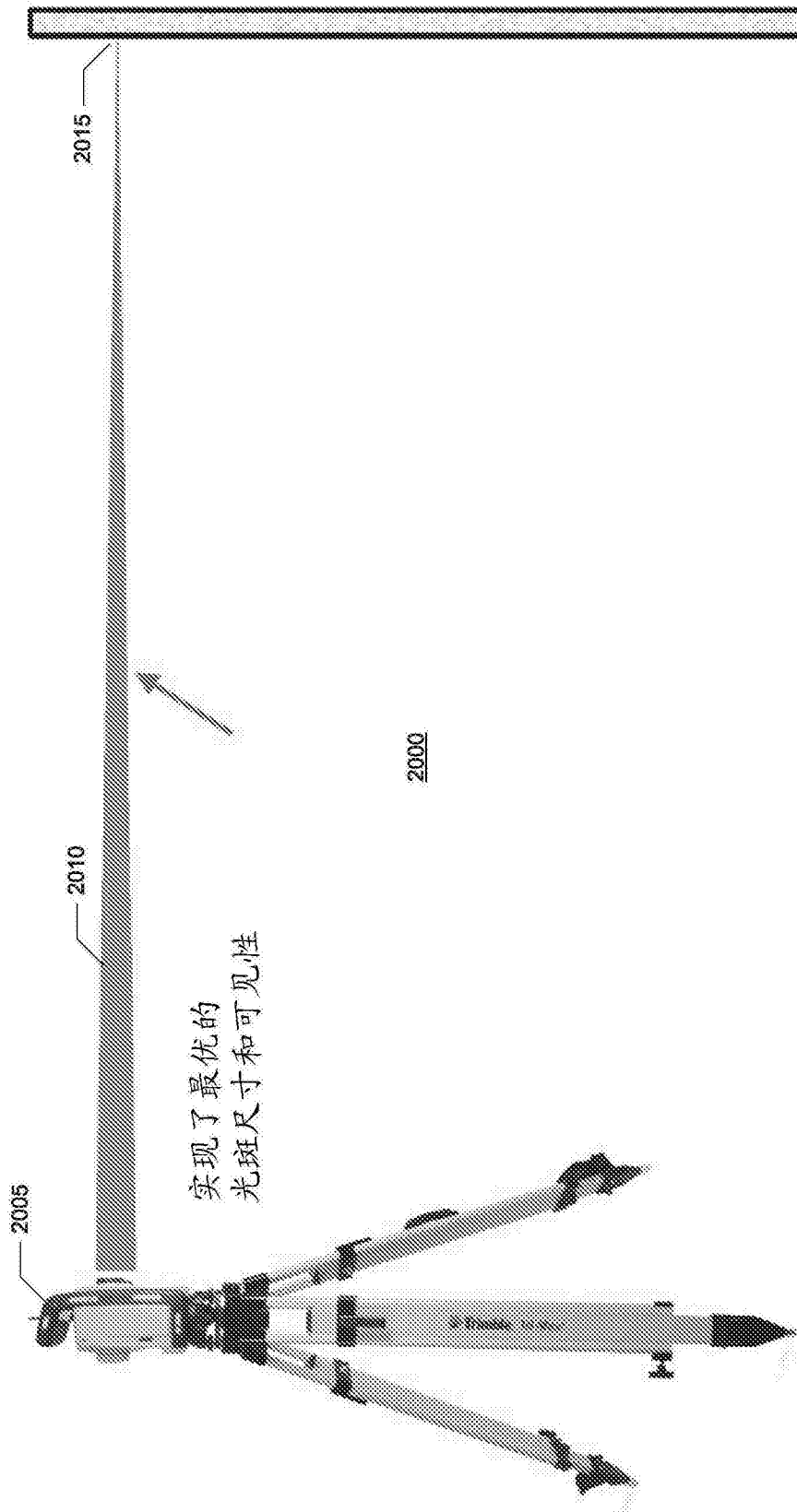


图20

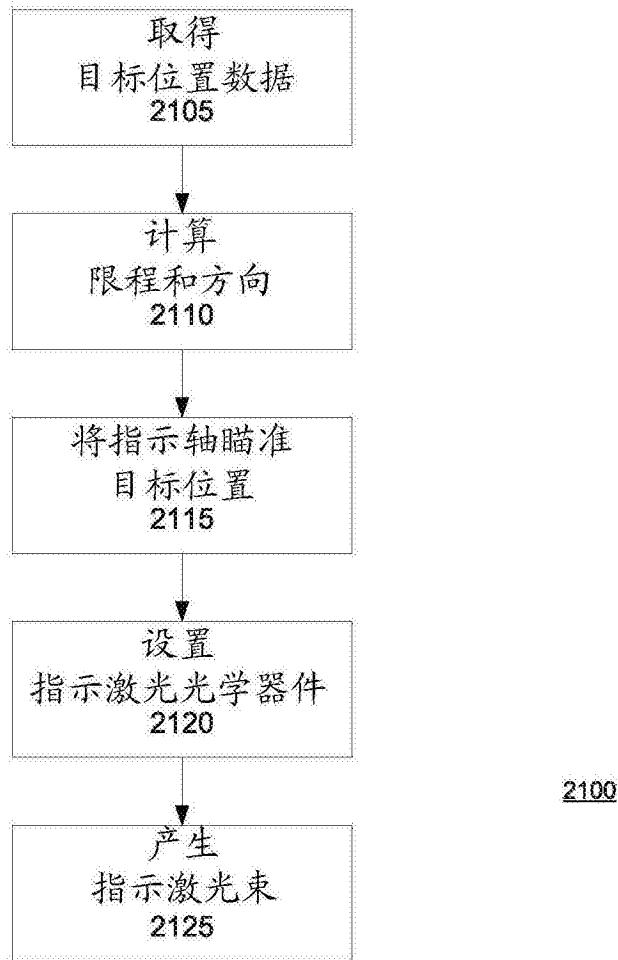


图21

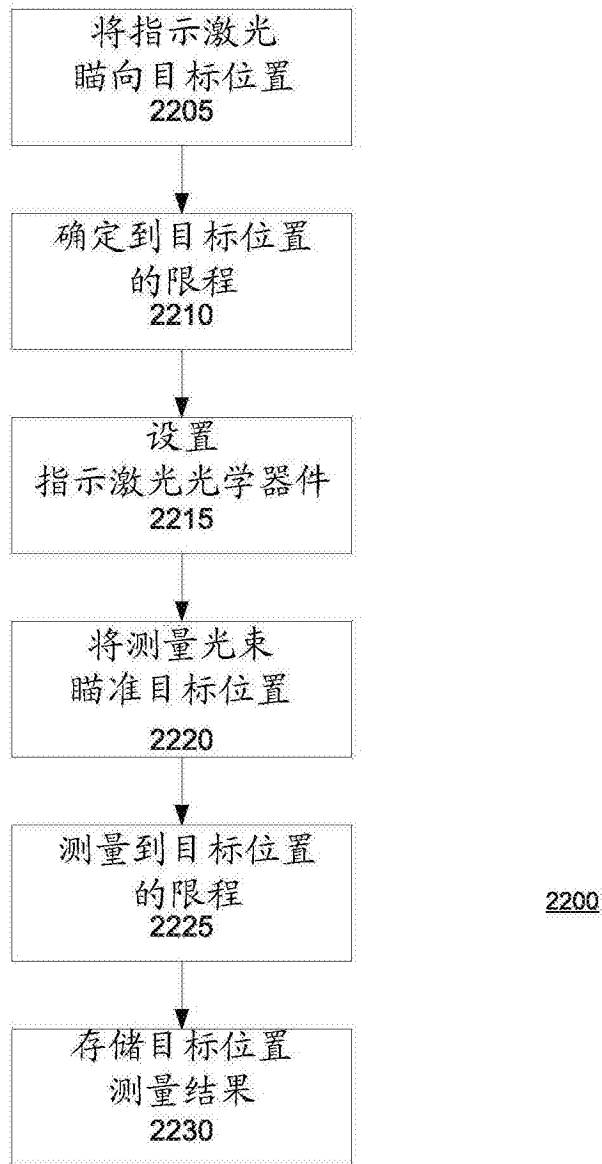


图22