



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102395898 A

(43) 申请公布日 2012. 03. 28

(21) 申请号 201080017286. 4

(22) 申请日 2010. 02. 16

(30) 优先权数据

0902625. 3 2009. 02. 17 GB

0918245. 2 2009. 10. 19 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 10. 14

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2010/050249 2010. 02. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02010/094949 EN 2010. 08. 26

(71) 申请人 绝对机器人技术有限公司

地址 英国贝德福德郡

(72) 发明人 A·H·德莫普洛斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 方世栋 王忠忠

(51) Int. Cl.

G01S 5/16(2006. 01)

B25J 19/02(2006. 01)

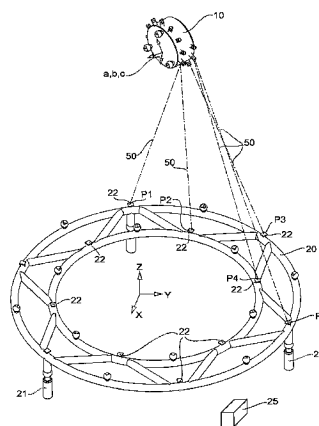
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 9 页

## (54) 发明名称

对机器人臂的位置信息的测量

## (57) 摘要

使用光线发射器 (10) 和可移除的支撑架 (20) 进行针对机器人臂的位置测量, 所述光线发射器 (10) 被安装在所述机器人臂上并被设置为沿相对于所述发射器 (10) 是固定的多个不同的路径发射光线 (50), 所述可移除的支撑架 (20) 在相对于所述支撑架 (20) 固定的位置处携带多个图像传感器 (22), 所述支撑架围绕所述机器人臂的基座。被连接到所述光传感器 (22) 的信号处理器 (25) 确定在其处光线 (50) 入射在所述图像传感器 (22) 上的位置, 并因此确定与所述发射器 (10) 相关联的坐标系相对于所述支架 (20) 的位置信息。这使得能够实质上实时地并以精确的和节省成本的方式进行相对位置测量。



1. 一种用于进行机器人臂的位置测量的装置,所述装置包括:  
光线发射器,所述光线发射器被设置为沿相对于所述发射器是已知的多个不同的路径发射光线,所述发射器被安装在所述机器人臂上;  
支撑架,所述支撑架在相对于所述支撑架固定的位置处携带多个图像传感器;以及  
被连接到所述图像传感器的装置,以确定,相对于所述支撑架,在其处光线入射在所述图像传感器上的位置,并且因此以确定与所述发射器相关联的坐标系相对于所述支撑架的位置信息。
2. 如权利要求 1 中所要求权利的装置,其中所述光线发射器包括多个光源。
3. 如权利要求 1 或 2 中要求权利的装置,其中所述光线发射器发射多于 10 条的光线。
4. 如权利要求 1 中要求权利的装置,其中所述光线发射器发射单个光线,并且被安装在扫描机构上以便沿所述不同的路径的所述光线被连续地产生。
5. 如前述权利要求中任何一个权利要求中要求权利的装置,其中所述图像传感器包括像素化的传感器,所述像素化的传感器包括 CCD 或 CMOS 有源像素传感芯片。
6. 如权利要求 5 中要求权利的装置,其中每个图像传感器包括多个相邻的成像芯片。
7. 如前述权利要求中任何一个权利要求中要求权利的装置,其中所述光线发射器和所述支撑架两者均携带光学基准元件,或附接光学基准元件的装置。
8. 如权利要求 7 中要求权利的装置,其中所述光学基准元件是被球形地安装的回射器。
9. 如前述权利要求中任何一个权利要求中要求权利的装置,还包括次级支撑架,所述次级支撑架在相对于所述次级支撑架固定的位置处携带多个光传感器。
10. 一种用于进行实质上如以上参考附图中的图 1 至 6 以及如在附图中的图 1 至 6 中所示而描述、或如在附图中的图 7 或图 8 中所示而修改的位置测量的装置。
11. 一种用于进行位置测量的方法,使用光线发射器和支撑架,所述光线发射器被设置为沿相对于所述发射器是已知的多个不同的路径发射光线,所述支撑架携带多个图像传感器。
12. 如权利要求 11 中要求权利的方法,其中所述位置测量是针对所述光线发射器相对于与所述支撑架相关联的坐标系的位置的。

## 对机器人臂的位置信息的测量

### 技术领域

[0001] 本发明涉及确定机器人臂的位置和方位的方法,或者更一般的涉及确定两个或更多坐标系 (systems of axes) 相对于彼此的位置和方位的方法,以及涉及用于确立两个或更多对象相对于彼此的位置和方位的方法,假如所述对象和所述两个坐标系之间的关系是已知的;本发明也涉及用于执行这样的测量的装置。

### 背景技术

[0002] 当前,存在两种广泛使用的用于非接触测量的方法:使用激光跟踪器,以及摄影测量术 (photogrammetry)。前者通过测量光源和被放置在要被测量的对象上的回射器 (retroreflector) 之间的反射的光束的两个角度和距离而在球面坐标系 (spherical coordinate system) 上工作。摄影测量术利用摄像机 (cameras) (可选地具有固定的或扫描光束) 以基于沿用已久的立体和激光三角测量 (triangulation) 原理测量对象的位置。

[0003] 在许多应用中,我们对测量归因于振动、热膨胀、由施加的负载引起的静态或动态挠曲 (deflection)、或实际上归因于任何其他原因的对象的位置和方位的细微改变感兴趣。激光跟踪器是精密的仪器,但是可能太昂贵并且太敏感。这些属性阻碍了激光跟踪器在许多工业应用中的使用。基于摄影测量术的系统也遭受多种限制 (limitations),因为尽管测量结果可以实时地被获得,但它们的精确度可能不是足够的,特别是如果在大距离上将测量到小的位置改变,此外,多个测量会产生链式错误,其显著地降低最终测量的精确度。应考虑的是:基于摄影测量术的系统可能是太昂贵的,阻碍了它们在许多在其中要求大距离上的最高精确度的应用中的使用。

### 发明内容

[0004] 根据本发明,提供了用于进行机器人臂的位置测量的装置,所述装置包括光线发射器 (light ray projector),所述光线发射器被设置为沿着相对于所述发射器是已知的多个不同的路径发射光线,所述发射器被安装在所述机器人臂上;支承架,所述支承架在相对于所述支承架的固定位置携带多个图像传感器;以及连接到所述光传感器的装置,以确定相对于支承架的位置,光线在所述位置入射在所述图像传感器上,并因此以确定与所述发射器相关联的坐标系相对于所述支承架的位置信息。

[0005] 本发明也提供了用于使用这样的光线发射器和这样的携带图像传感器的支架进行位置测量的方法。所述术语“光线”意思是窄的辐射束,优选地为可见光(尽管使用合适的传感器,紫外线或红外线辐射可能也是合适的),像来自激光器的可见光;并且优选地,在与所述发射器相距 1m 处的光线的宽度至多 (no more than) 15mm,更优选地,至多 10mm,以及更优选地至多 3mm;所述光线的宽度应该优选地小于所述图像传感器的宽度。

[0006] 相对于坐标系可以容易地测量光线在其处入射在所述图像传感器上的位置,所述坐标系相对于所述支架是固定的,而所述光线的路径处于相对于坐标系已知的位置中,所述坐标系相对于所述光线发射器是固定的。本发明允许所述两个坐标系的位置和方位相对

于彼此而被测量。通常,两个坐标系可以是移动的,或者一个是固定的且另一个是移动的。通过扩展,假如所述对象和所述两个坐标系之间的关系是已知的,该原理 (concept) 可以被用于确立两个或更多对象相对于彼此的位置和方位。此外,所述原理可以被延伸以确立多个轴系 (sets of axes) 和与那些轴相关的多个对象之间的位置关系。

[0007] 所述光线可以由多个光源产生,或者可替代地由单个光源产生,所述单个光源的光被分裂或被导向以沿所述多个光线路径而行。例如,每个光线可以由激光二极管发射的光束。必须存在至少三条光线沿其行进的不同的路径,但是可以存在至少十条光线路径,例如所述光线发射器可以发射 (transmit) 至少二十条。实际上可以存在多于一百条这样的光线。所有所述光线可以被同时地发射。可替代地,沿着不同路径的所述光线可以被顺序地产生。因此,作为替代方案,单个光源可以沿着处于已知的相对位置中的不同的路径而被顺序地导向。例如,单个光源被允许其环绕两个不同的轴枢转 (pivot) 经过已知的角度的装置支撑。这样的单个光源实质上可能类似于激光跟踪器,但是没有用于距离测量的设备 (facility for distance measurement)。

[0008] 所述成像传感器是像素化的成像传感器,类似于数字摄像机中所使用的那些像素化的成像传感器,但是没有相关联的透镜,因而它们例如可以是电荷耦合器件 (CCD) 或互补金属氧化物半导体 (CMOS) 有源像素传感器件;并且这样的器件可以被称为成像芯片。尽管它们被称为成像传感器,但它们不被用于获取图像,而是仅被用于确定位置。

[0009] 当光线入射在图像传感器上时,其产生可以覆盖若干像素的照明点 (spot),取决于所述光线的宽度。可以使用常规的图像处理技术 (例如基于阈值之上的不同像素处的强度的加权平均值) 找到所述光点的中心。在一些情况下,所述图像传感器中的至少一些可以包括多个这样的被彼此邻接 (next to each other) 放置的成像芯片,以致于在所述光点没有离开所述图像传感器的表面的情况下,一个对象相对另一个的较大的位移可以被监视。实际上,即使所述表面是弯曲的,所述支架的所述表面的相当大的部分 (substantial proportion) 可以被完全地覆盖在这样的成像芯片中,以致于所述光点的大的移动可以被监视。

[0010] 为了校准的目的,所述光线发射器和所述支承架两者优选地包括有光学基准元件,或支持光学基准元件的装置 (means),其在所述装置 (apparatus) 的校准期间被使用。这些光学基准元件可以包括球形地安装的回射器,适用于 (suitable for use with) 激光扫描器,这样的回射器由精密制造的球体构成,所述球体具有由在所述球体的中心处精确相交的三个相互垂直的表面所确定的凹部。这样的回射器可以被安装到圆锥形的支持器 (holder) 中,所述支持器可以是磁性的,然后所述球体可以被旋转以拾取 (pick up) 入射光束,而所述球体的中心保持在相同的位置。

[0011] 本发明因此允许相对的、6 自由度测量被进行,所述测量是高度精确的,然而所述方法使用非接触测量,并且在一些情况中,可以实时地获得测量结果。所述装置可以是鲁棒的 (robust),并且可能是相对便宜的,因为所有的所述组件均是容易获得的。

#### 附图说明

[0012] 现在将仅以实例的方式并根据附图而进一步和更详细地描述本发明,其中:

[0013] 图 1 显示了数学原理图,所述装置的操作是基于所述数学原理的;

- [0014] 图 2 显示了用于在本发明中使用的光线发射器的立体图；
- [0015] 图 3 显示了用于在本发明中使用的支撑环的立体图；
- [0016] 图 4 显示了用于在校准图 2 的所述发射器中使用的校准环的立体图；
- [0017] 图 5a 和 5b 显示了图 4 的所述校准环的使用的立体图；
- [0018] 图 6 显示了在所述装置的使用期间，图 2 的所述光线发射器和图 3 的所述支撑环的立体图；
- [0019] 图 7 显示了在所述装置的替代使用 (alternative use) 期间类似于图 6 的立体图；以及
- [0020] 图 8 显示了对在图 6 中示出的所述装置的修改。

### 具体实施方式

[0021] 参考图 1, 本发明涉及在其中存在两个坐标系的情境 (context)。在该例子中, 所述坐标系中的每个, XYZ 和 abc, 均由正交轴组成, 尽管正交轴对本发明不是必需的。存在三条非共线的线 k、l 和 m, 它们的方程式相对于所述 abc 坐标系是已知的。这些线因此相对于彼此并相对于所述 abc 坐标系是固定的。存在三个点 P1、P2 和 P3, 它们的位置矢量相对于所述 XYZ 坐标系是已知的。在这些情况下, 如果所述点 P1、P2 和 P3 位于所述线 k、l 和 m 上的任何地方, 则所述两个坐标系 XYZ 和 abc 的位置和方位可以相对于彼此而被确定。

#### [0022] 1. 所述装置

[0023] 在本发明中, 所述线 k、l 和 m 被由光线发射器所产生的光线 (optical rays) 代替。一个这样的光线发射器 10 在图 2 中被示出, 现在进行对其的参考。在该例子中, 所述光线发射器 10 包括通常为圆柱形状的外壳 11, 其中若干激光二极管 12 围绕它的圆柱形表面而被安装以便在若干不同的固定辐射方向 (十三个方向被示出) 上发射光线。三个磁性的锥形接收器 14 被安装在所述外壳 11 的端面上, 所述接收器设置有 (locate) 三个被球形地安装的回射器 (SMRs) 15。这些回射器允许使用激光跟踪器以高的精确度确定所述发射器 10 在空间中的位置。而不是使用若干分开的光源 (所述激光二极管 12), 作为替代可能存在较少的光源, 或仅仅一个光源, 它的光被分裂以形成在不同的固定方向上的多个光束。

[0024] 在一些情况中, 能够简单地和自动地在由所述不同的激光二极管 12 所发射的光线之间区分是期望的, 并且这可以例如通过用不同编码脉冲调制 (pulsing) 每个光线而被实现。在其他情况中, 在所述光线发射器 10 的位置至少大约是已经知道的之处, 根据 (by virtue of) 它们的传播方向, 所述光线可以是可辨别的。

[0025] 本发明也需要支架。合适的支架在图 3 中被示出, 现在进行对其的参考, 在该例子中, 其是以热和机械稳定的支撑环 20 的形式, 所述支撑环 20 由低膨胀材料 (诸如 INVAR™ 或 NULO 36™) 制成, 并且在其原始位置 (home position), 所述支撑环 20 依靠固定的腿 21 (当在该位置时, 其可以被称为基环 (base ring))。为了量测机器人臂 (未示出), 所述环 20 将围绕所述机器人臂的基座 (base)。若干 SMRs 15 位于被附接到所述支撑环 20 的接收器 14 (如在图 2 中所示的) 中。这些回射器具有在所述球体的中心处精确相交的三个相互垂直的表面。撞击这些表面中的任何表面的光线均沿着其入射方向而被反射回来。每个 SMR 15 的所述球形表面均被安装到锥形接收器 14 中, 因而每个 SMR 15 能够在不同的方向上被旋转以拾取入射光线, 而所述球形的中心保持在相同的位置。除所述 SMR 15 之外, 若干成

像传感器 22 (CCDs、CMOS 或其他类型) 也被安装在所述支撑环 20 上, 连同获得那些传感器 22 上的图像所需的相关的硬件和软件, 例如以被连接到所有所述传感器 22 的信号处理单元 25 的形式。(每个这样的传感器 22 可以被理解为普通的数字摄像机, 但没有任何透镜系统。)

## [0026] 2. 设置所述装置

[0027] 在可以使用本发明的所述装置进行测量之前, 必须首先校准所述光线发射器 10 和所述支撑环 20 两者。

### [0028] 2.1 建立基准坐标系 XYZ 并校准所述成像传感器 22

[0029] 制造之后, 所述环 20 被置于坐标测量机 (CMM) 上并且通过每个 SMR 15 上的所述三个相互垂直的平面确定所述 SMRs 15 的中心。通过常规的装置可以从所述支撑环 20 上的所有 SMRs 15 的所述已知的中心建立 XYZ 坐标系。尽管这可以使用接触探测器 (probe) 而被执行, 但非接触光学扫描器 (其将点激光束与摄像机系统相结合) 是优选的, 因为这对所述传感器 22 的校准是需要的。这样的扫描器形成常规的 CMM 的一部分。所述 SMRs 15 的所述三个垂直的平面被首先扫描以确立所述环 20 上的所述 SMRs 15 的中心, 并因而以将所述光学扫描器的测量关联 (relate) 到 XYZ 坐标系。

[0030] 所述光学扫描器的所述点激光束然后被用于依次扫描所有所述成像传感器 22。在每种情况下, 来自所述光学扫描器的光束形成所述成像传感器 22 的上表面处的光点。使用常规的成像处理技术 (例如基于给定的阈值上的像素强度的加权平均值), 该点的中心 (与所述成像传感器 22 的像素相关) 被定位到子像素精确度。以这种方式, 每个传感器 22 的像素坐标系中的所述照明点的中心与如由所述光学扫描器所测量的它们在所述 XYZ 基准坐标系中对应的坐标之间的关系被建立。通过在所述校准的位置之间内插 (interpolating), 我们可以对所述成像传感器 22 上的所有点建立关系。

### [0031] 2.2 校准所述光线发射器 10

[0032] 所述光线的方程式必须相对于合适的坐标系而被建立, 以便校准所述光线发射器 10。这可以使用如图 4 中所示出的校准环 30 而被实现, 现在对其进行参考。该校准环 30 类似于支撑环 20 但显著地更小; 在该情况中, 其仅携带三个 SMRs 15 和一个成像传感器 22。如果需要使其更通用 (versatile), 更多的 SMRs 15 和成像传感器 22 可以被附接到所述校准环 30。

[0033] 首先相对于 (against) 坐标系 stv 校准所述校准环 30 上的所述成像传感器 22, 所述坐标系 stv 相对于所述校准环 30 上的所述 SMRs 15 的中心而被定义。这等同于 2.1 部分中所描述的对所述支撑环 20 的所述处理。

[0034] 所述光线发射器 10 随后被设置在固定的位置中, 因而其是静止的。如图 5a 中所显示的, 固定的激光跟踪器 40 随后可以被用于在所述静止的光线发射器 10 上定位所述 SMRs 15。所述 abc 坐标系可以相对于这些 SMRs 15 而被定义, 并因而处于相对于所述光线发射器 10 的已知的关系中。

[0035] 对于所选择的光线, 所述校准环 30 被连续地放置在沿着所述光线的若干不同的位置处, 确保在每种情况下所述光线均撞击 (hit) 所述校准环 30 上的所述成像传感器 22, 并形成光点。通过常规的成像处理技术 (诸如在给定的阈值之上的像素强度分布的加权平均值), 该光点 (spot) 的中心被确定到子像素精确度。由于所述成像传感器 22 被校准, 故

该光点的中心相对于所述校准环 30 的所述 stv 坐标系是已知的。如在图 5b 中所示出的, 对所述校准环 30 沿所述光线的每个连续的位置, 所述激光跟踪器 40 被用于定位所述校准环 30 上的所述 SMRs 15 的中心。该处理使得所述 stv 坐标系, 并因此使得所述光点的中心与所述 abc 坐标系相关, 所述 abc 坐标系与所述光线发射器 10 相关联。以这种方式, 我们获得了沿所述选择的光线的若干点的坐标, 并因此获得了所述光线相对于所述 abc 坐标系的方程式。对所述光线发生器的所有光线重复上面的处理, 因而所有光线相对于相同的 abc 坐标系的方程式被获得。

[0036] 2. 2. 1 对所述光线发射器 10 的所述校准的修改

[0037] 在第一替代方案中, 图 3 的所述支撑环 20 可以被使用, 而不是 2. 2 部分中所描述的所述校准过程中的所述校准环 30。将所述支撑环 20 沿每条光线连续地移动到若干不同的位置, 并且确保在每种情况下所述光线撞击所述支撑环 20 上的成像传感器 22 并形成光点。这具有避免了需要制作单独的校准环 30 的益处, 尽管在该例子中, 所述支撑环 20 比所述校准环 30 显著地更大并更笨重。因为所述支撑环 20 携带若干成像传感器 22, 故使用其同时校准多于一条的光线可能是可能的。

[0038] 在第二替代方案中, 所述固定的激光跟踪器 40 不被用于定位所述静止的光线发射器 10 上的所述 SMRs 15。在这种情况下, 由所述光线沿行的所述路径的方程式相对于坐标系 abc 而被确定, 其在所述校准步骤期间处于相对于所述激光跟踪器 40 的固定的位置中; 在随后的使用期间, 由所述光线沿行的所述路径的方程式相对于坐标系 abc 是已知的, 所述坐标系 abc 的原点处于相对于所述光线发射器 10 是固定的但未知的位置中。(这可以在随后被称为虚拟坐标系。)

[0039] 3. 所述装置的操作

[0040] 现在参考图 6, 由所述光线发射器 10 和所述环 20 组成的所述装置随后可以被用于监视对象 (例如机器人臂或升降设备 (crane)) 的位置。所述支撑环 20 (其是可移除的) 可以被安装在依靠所述腿 21 的其原始位置, 以便所述 XYZ 坐标系相对于所述工作空间是固定的; 其因此可以被称为基环。所述支撑环 20 是足够大的, 以围绕所述机器人臂 (未示出) 的所述基座, 例如是内径大于 1m 的。

[0041] 所述光线发射器 10 被安装在其位置要被监视的对象上, 在该例子中所述对象是机器人臂。对于所述光线发射器 10 的给定的位置 (以及所述机器人臂的给定的位置), 所述基环 20 上的一些成像传感器 22 将被一些光线 50 撞击 (图解性地示出)。需要最少三条光线 50。附加的相交光线 50 提供了冗余的测量, 所述冗余的测量提高了所述装置的总的测量精确度。使用与所述光线方程式过程期间所采用的像素强度分布的加权平均值相同的像素强度分布的加权平均值确定所述成像传感器 22 上的所述光点的中心的坐标。相对于所述基环 20 上的所述被建立的 XYZ 坐标系, 这些中心点的所述坐标等同于诸如图 1 中的 P1、P2 和 P3 的位置矢量, 并被标记为图 6 中的 P1-P5。

[0042] 因为由这些光线 50 沿行的所述线的方程式是已知的, 相对于所述坐标系 abc, 如在上面部分 2. 2 下所推导的, 所述坐标系 abc 和 XYZ 之间的关系可以被计算, 因此所述光线发射器 10 的位置因而可以相对于所述 XYZ 坐标系而被精确地测量。因此, 所述信号处理单元 25 可以使用常规的数学转换而计算所述光线发射器 10 的位置, 以及所述光线发射器 10 被安装到其上的机器人臂的位置。

[0043] 将理解的是：不存在对所述支撑环 20 要处于固定的位置中的需求。在一些情况中，所述支撑环 20 和所述光线发射器 10 两者可以是可移动的，以及事实依然是这样的：所述光线发射器 10 的位置可以相对于所述 XYZ 坐标系（所述 XYZ 坐标系相对于所述支撑环 20 是固定的）而被测量，但是所述 XYZ 坐标系不需要相对于所述工作空间是固定的。还将理解的是：作为替代方案，所述支撑环 20 可以被附接到所述对象，并且所述光线发射器 10 被安装在固定的位置中。所述过程实质上是一致的，除了在该情况中，相对于所述 abc 坐标系，所述环 20 的位置以及因此所述对象的位置被精确地测量。

[0044] 在两种情况中的任一情况下，将理解的是：所述光线发射器 10 或所述支撑环 20 到所述对象上的所述附接应该是无应力的 (stress free)，并且必须不允许相对的移动 (and must allow no relative movement)。现有的磁耦合的类型很适合该目的。

[0045] 如果要被测量的所述对象具有一些重要性 (interest) 的特征，则必须预先相对于所述 abc 或所述 XYZ 坐标系建立这些特征的位置，取决于哪个部分被附接到所述要被测量的对象上。当那些坐标系的原点与被附接到安装在所述对象上的部件的 SMRs 15 的中心有关时，建立该关系是相当地容易的，因为所述 SMRs 是可以被触摸 / 光学探测器或激光跟踪器扫描或定位的物理对象。

[0046] 将理解的是：尽管在所述装置的校准期间使用所述激光扫描器 40，但在随后的使用期间其是不需要的，所以本发明提供了显著地更便宜的测量技术，其可以显著地更快速地进行测量，但具有相似的精确度。因此，本发明使用相对于图 1 所描述的原理。其方程式相对于坐标系 abc 是已知的所述光线 50 对应于所述直线  $k$ 、 $l$  和  $m$ ，而相对于所述坐标系 XYZ 是已知的所述光点（在其处所述光线 50 撞击所述支撑环 20 上的所述成像传感器 22）的位置对应于位置 P1、P2 和 P3。因此，所述坐标系 abc 的位置和方位可以与所述坐标系 XYZ 相关。并且如果所述坐标系 abc 的原点的位置相对于所述光线发射器 10 是已知的，则所述光线发射器 10 的位置也可以相对于所述坐标系 XYZ 而被确定。

#### [0047] 4. 替代方案和修改

[0048] 将理解的是：上面所描述的测量过程仅通过例子的方式而被给出，并且所述装置和过程可以以各种方式被修改，而保持在本发明的范围内。例如：

[0049] a) 所述光线发射器的功能可以与所述支撑环的功能相集成。例如，除所述光线辐射体 (emitter) 之外，所述光线发射器 10 可以被配备有成像传感器 22（如同被配备到所述支撑环 20 上的那些）；以及同样地，除所述成像传感器 22 之外，所述支撑环 20 可以被配备有光线辐射体。

[0050] b) 如上所述，如果所述固定的激光跟踪器 40 不被用于在所述校准步骤期间定位所述静止的光线发射器 10 上的所述 SMRs 15 以建立由所述光线沿行的所述路径的方程式，则所述坐标系 abc 的原点处于相对于所述光线发射器 10 是固定的但未知的位置处。用这样的“虚拟”坐标系 abc，推导所述光线发射器 10 的位置是不可能的，也不能推导所述光线发射器 10 附接到其上的所述机器人臂的位置。然而，所述机器人臂和所述光线发射器 10 的位置或方位的任何改变可以容易地被测量，因为它们对应于所述虚拟坐标系 abc 的位置或方位的改变。

[0051] c) 图 7 显示了在其中机器人臂的位置和方位作为两步处理而被间接地测量的应用。在该情况下，6-D 测量装置由三个部件组成：被安装在围绕所述机器人臂的所述基座的



静止位置中的所述支撑环 20 ;所述光线发射器 10 ;以及次级 (secondary) 环 60。所述发射器 10 和次级环 60 将沿所述机器人臂而被附接在不同的位置。尽管在该例子中其是更小直径的,所述次级环 60 实质上等同于所述支撑环 20,由携带成像传感器 22 和 SMRs 15 两者的热和机械稳定的环构成。在该例子中,所述支撑环 20 充当基环,处于固定的位置,而所述光线发射器 10 和所述次级环 60 可以相对于彼此并相对于所述基环 20 移动。

[0052] 所述次级环 60 定义了其自身的坐标系 pqr,从被附接到其上的所述 SMRs 15 的中心建立所述坐标系 pqr。与在 2.1 部分中所描述的方法相同的方法被使用,并且以与在 2.1 部分中所描述的方式相同的方式相对于所述 pqr 基准坐标系校准所述次级环 60 上的所述成像传感器 22。

[0053] 相对于与所述基环 20 相关联的所述坐标系 XYZ,我们现在能够 (in a position to) 确定所述次级环 60 以及所述次级环 60 被附接在其上的所述机器人臂的那个部分的位置和方位,作为两步处理。在第一步骤中,相对于所述 abc 坐标系建立所述坐标系 pqr 的位置和方位,在所述 abc 坐标系中所述光线 50 的方程式是已知的。在第二步骤中,基于所述基环 20,相对于所述固定的坐标系 XYZ 而确定所述 abc 坐标系的位置和方位。因为所有涉及的测量是光学测量并且它们可以同时地被获得,由此可见:所述次级环 60 以及所述次级环 60 被附接到其上的任何对象的位置和方位可以相对于所述 XYZ 坐标系而被具有高精度地以及实时地确定。也将理解的是:在该间接测量系统中,所述光线发射器 10 相对于所述坐标系 abc 的实际位置是不相关的 (irrelevant),所以所述 abc 坐标系可以是如上面所论述的“虚拟”坐标系。

[0054] 举例来说,该两步处理可以被应用于测量机器人臂的第四轴 (the 4th axis) 的位置和方位。在该情况下,所述可移动的基环 20 将围绕所述机器人臂的所述基座而被放置,所述光线发射器 10 被附接在沿所述机器人臂的中间 (intermediate) 位置,并且所述次级环 60 被附接到所述机器人的第四轴,优选地是与其同轴。所述次级环 60 的位置以及因此所述机器人的第四轴的位置可以以这种方式相对于所述静止的基环 20 而被测量,所述静止的基环 20 定义了基准 XYZ 的绝对框架 (absolute frame)。对在其处来自所述发射器 10 的光线 50 入射在至少三个所述次级环 60 和基环 20 的每个上的成像传感器 22 上的所述机器人的任何离散配置,该测量是可能的。将被理解的是:所述次级环 60 可以被附接到所述机器人的任何部分,不仅仅是所述第四轴,而不改变所述测量的原理。

[0055] 作为另一例子,通过在底盘上安装所述支撑环 20 并且在相关的部件上安装所述次级环 60,以及在从其处所述支撑环 20 和所述次级环 60 两者是可见的车辆上的位置处安装所述光线发射器 10,该两步处理可以被应用于测量所述车辆的所述部件相对于所述车辆底盘的任何移动。在该情况中,通过上面所描述的所述两步处理,所述次级环 60 相对于所述支撑环 20 的移动可以被监视,即使两者中的任一部件相对于外部的绝对基准框架均不是固定的。

[0056] 上面所描述的过程使用光线发射器 10,所述光线发射器 10 可以同时地沿若干不同的路径 50 产生光线。作为替代方案,所述光线可以作为替代由单个光源连续地产生,所述单个光源以受控的方式被引导 (steer) 到不同的但是已知的方位中;在后面的部分中这被更详细地描述。

[0057] 5. 可引导的光线发射器的描述

[0058] 现在参考图 8, 替代系统被显示, 在其中使用具有单个光源 (诸如激光) 的扫描器 80 产生沿不同的路径的光线 50, 所述单个光源被支撑以致于其可以围绕两个轴而被旋转。这些轴优选地是互相垂直的; 通常, 它们可以是斜交的 (skew) 和非共面的。两个轴被机动化 (motorised), 并具有关联的高精确度角编码器, 以提供位置信息。来自所述扫描器 80 的所述光线 50 的路径可以因此被所述扫描器 80 连接到其上的信号处理单元 25 控制。

[0059] 所述扫描器 80 类似于先前提及的所述激光跟踪器 40, 但没有用于距离测量的设备 (facility for distance measurement)。也就是说所述扫描器 80 可以连续地产生沿多个不同的路径 50 的光线, 并且这些路径 50 相对于坐标系 abc 的局部设置 (local set) 是已知的, 所述坐标系 abc 相对于所述扫描器 80 的基座 81 是固定的。也就是说, 根据从所述角编码器所读取的 (readings), 每个路径 50 的方程式相对于所述局部 (local) 坐标系 abc 是已知的。

[0060] 在该情况中, 所述扫描器 80 可以被引导, 以便将光线 50 连续地传送到多个所述成像传感器 22 上。因此, 如上面所描述的, 在其处所述光线 50 与所述成像传感器 22 相交的确切位置 P1、P2 等相对于所述坐标系 XYZ 是已知的, 由此可见: 所述坐标系 abc 和 XYZ 之间的关系可以被推导出, 以致所述扫描器 80 的所述基座 81 相对于所述坐标系 XYZ 的位置, 或者所述扫描器 80 被附接到其上的对象的位置可以被推导出。

[0061] 在机器人臂的情境中, 将理解的是: 所述扫描器 80 可以被安装在所述机器人臂上, 并且被用于确定相对于所述扫描器 80 被附接到其上的所述机器人臂的所述部分的所述 XYZ 坐标系的位置。

[0062] 5.1 所述可引导的光线发射器的校准

[0063] 上面简要描述的方法需要所述扫描器 80 被校准。

[0064] 通过将锥形接收器 14 (在图 8 中未示出) 安装到所述基座 81 上, 以与为图 2 的所述光线发生器 10 定义 abc 坐标系的方法相类似的方式定义所述 abc 坐标系。被放置到所述接收器 14 中的可移动的回射器 (SMRs) 15 的中心定义了与所述扫描器 80 相关联的所述 abc 坐标系。

[0065] 由 SMRs 定义的该坐标系 abc 在与所述扫描器 80 的所述基座 81 是物理相关的意义上是真实的, 并且其可以通过诸如激光跟踪器的常规装置而与其他对象或坐标系相关。所述 abc 坐标系在其位置相对于所述扫描器 80 是未知的并取决于如在下面所论述的所述可引导的激光束的校准处理的意义上也可以是虚拟的。不管所述 abc 坐标系是否是真实的或虚拟的, 其与所述扫描器 80 的所述基座 81 的关系是固定的。

[0066] 所述校准处理类似于先前所描述的用于所述光线发射器 10 以及在图 5a 和 5b 中所示的校准处理, 因此对这些图的参考被进行, 记住的是: 所述光线发射器 10 被所述扫描器 80 替代。所述校准步骤如下:

[0067] a) 所述激光扫描器 40 以与图 5a 中所示的用于所述光线发射器 10 的方式相类似的方式在所述扫描器 80 上定位所述 SMRs, 并因此识别在该情况下与所述扫描器 80 相关联的所述 abc 坐标系。

[0068] b) 来自所述扫描器 80 的所述光线 50 被打开 (switched on)。其中一个旋转轴是固定的, 比方说在零位置, 另一个轴被逐步的旋转, 比方说每 10 度。在每个位置, 其中所述光线 50 保持固定, 图 5b 中的所述校准环 30 以点对点的方式并以所述激光束与所述校准环

30 上的所述成像传感器 22 相交的方式沿所述激光束的路径而被移动。

[0069] c) 在所述校准环 30 的每个连续的位置处,其位置由所述激光跟踪器 40 测量并与所述扫描器 80 的所述 abc 坐标系相关。所述旋转轴随后被转到另一角度位置并且该处理被再次 (all over again) 重复。

[0070] d) 一旦对一个旋转轴完成整个处理,该轴被固定,并且对另一个旋转轴重复所述整个处理。以该方式,所述可引导的光线 50 相对于与所述扫描器 80 相关联的所述 abc 坐标系以及在每个旋转轴的离散角位置处的所述矢量方程式被获得。对于所述光线 50 的一般位置,由所述光线 50 沿行的所述路径的方程式通过邻近的被校准的位置和每个轴的编码器位置之间的内插而被获得。

[0071] 5.2 所述可引导的光线发射器的操作

[0072] 再次参考图 8,根据 CAD 或其他数据,所述扫描器 80 可以被手动地或自动地引导,以便将光线 50 连续地传送到所述基环 20 上的多个所述成像传感器 22 上。根据上面所描述的校准,所述光线 50 的所述路径相对于所述 abc 坐标系是已知的,而交叉点 P1-P5 的位置相对于所述 XYZ 坐标系是已知的。因此,所述 abc 坐标系的位置,以及因此所述 abc 坐标系被刚性地附接到其上的任何对象的位置可以相对于所述 XYZ 坐标系而被精确地确定。这假设在其开始将所述光线连续地引导到所述若干成像传感器 22 上期间,所述扫描器 80 或所述扫描器 80 被附接到其上的对象没有移动。需要最少三个交叉点。任何更多的交叉点提供冗余信息,因而提高了测量精确度。

[0073] 上面所描述的处理是直接位置测量处理,在其中所述 abc 坐标系相对于所述 XYZ 坐标系而被直接地定位。该处理的延伸是在图 7 中针对所述光线发生器 10 而示出的间接测量处理。在该情况下,所述光线发生器 10 被所述可引导的单个光线扫描器 80 替代。

[0074] 在第一步骤中,所述扫描器 80 引导所述光线 50 以顺序地与所述支撑架 20 上的若干可见的成像传感器 22 相交。如先前所描述的,该处理相对于 XYZ 坐标系定位所述 abc 坐标系。在第二步骤中,所述扫描器 80 引导所述光线 50 以顺序地与所述次级环 60 上的若干可见的成像传感器 22 相交。该处理相对于所述扫描器 80 定位所述 pqr 坐标系,并因而相对于所述 XYZ 坐标系定位所述 pqr 坐标系 (and so the pqr system of axes to the XYZ system of axes)。

[0075] 典型地,机器人臂包括含有两个不同的旋转轴的腕机构,其次是工具可以被附接到其上的凸缘 (flange)。因此,相对于所述扫描器 80 而描述的所述方法可以作为替代通过简单地将激光器安装到机器人的这样的凸缘而被实现。可替代地,激光器可以被安装在所述工具上的位置上或由所述凸缘支撑的对象上。随后,相对于 abc 坐标系,类似的校准将是需要的,所述 abc 坐标系相对于所述腕机构的基座是固定的。所述常规的腕机构随后可以被用于将所述激光束连续地引导到所述基环 20 上的三个或更多成像传感器 22 上。与所述腕马达相关联的编码器能够使所述光线的路径相对于所述腕机构的基座而被确定,并因而该过程能够使所述腕机构的基座的位置相对于所述 XYZ 坐标系而被监视。

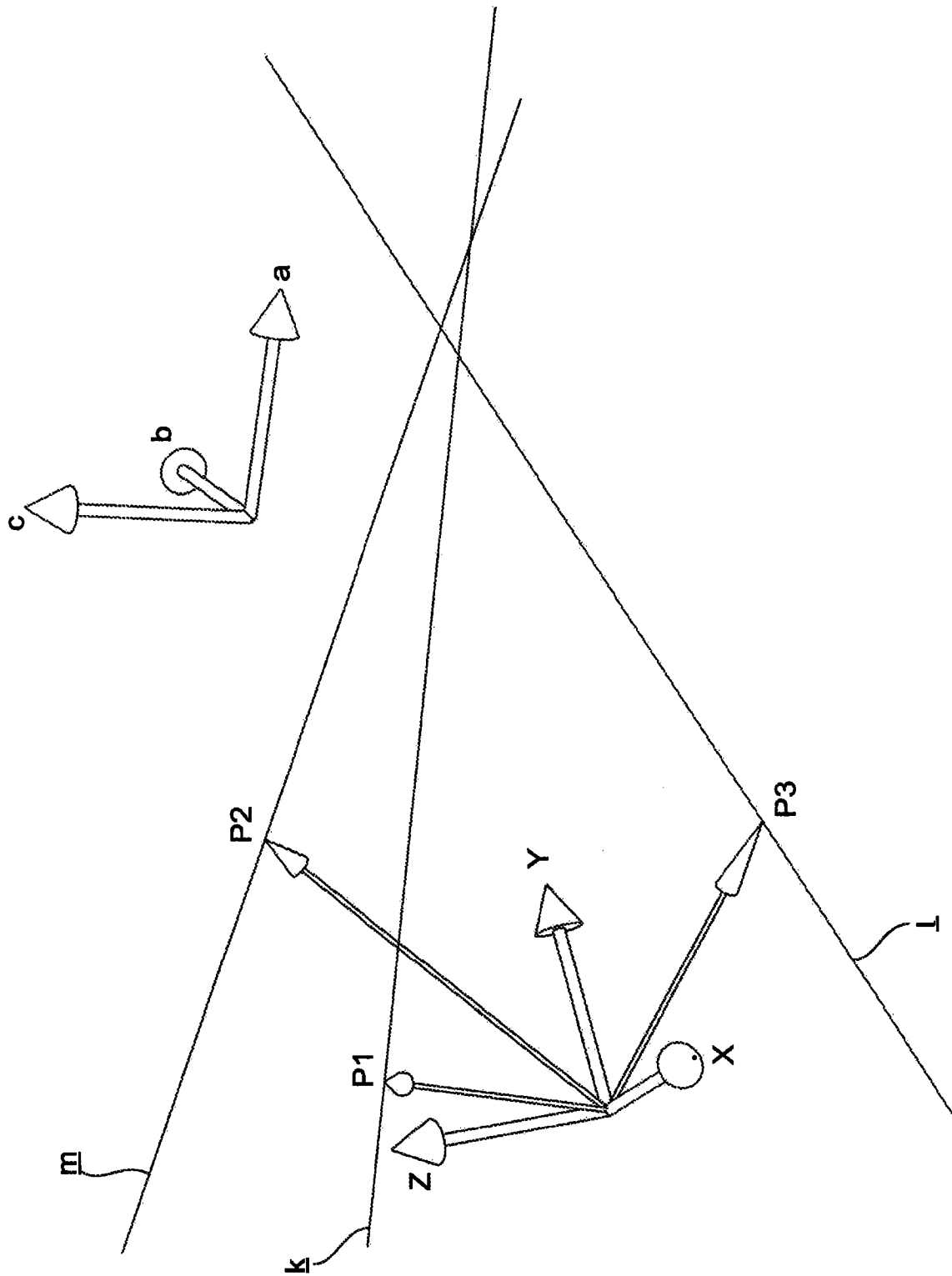


图 1

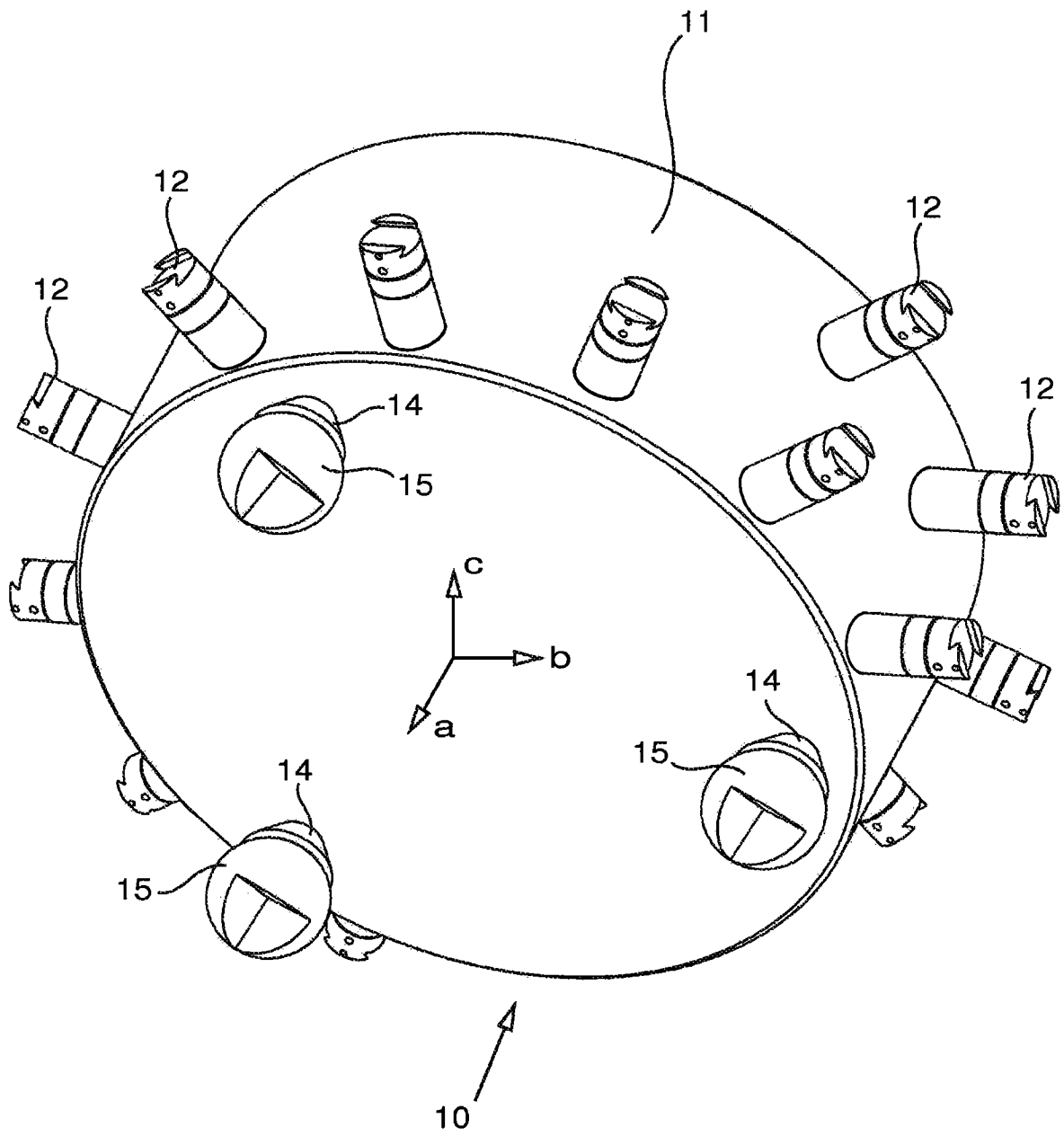


图 2

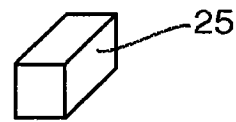
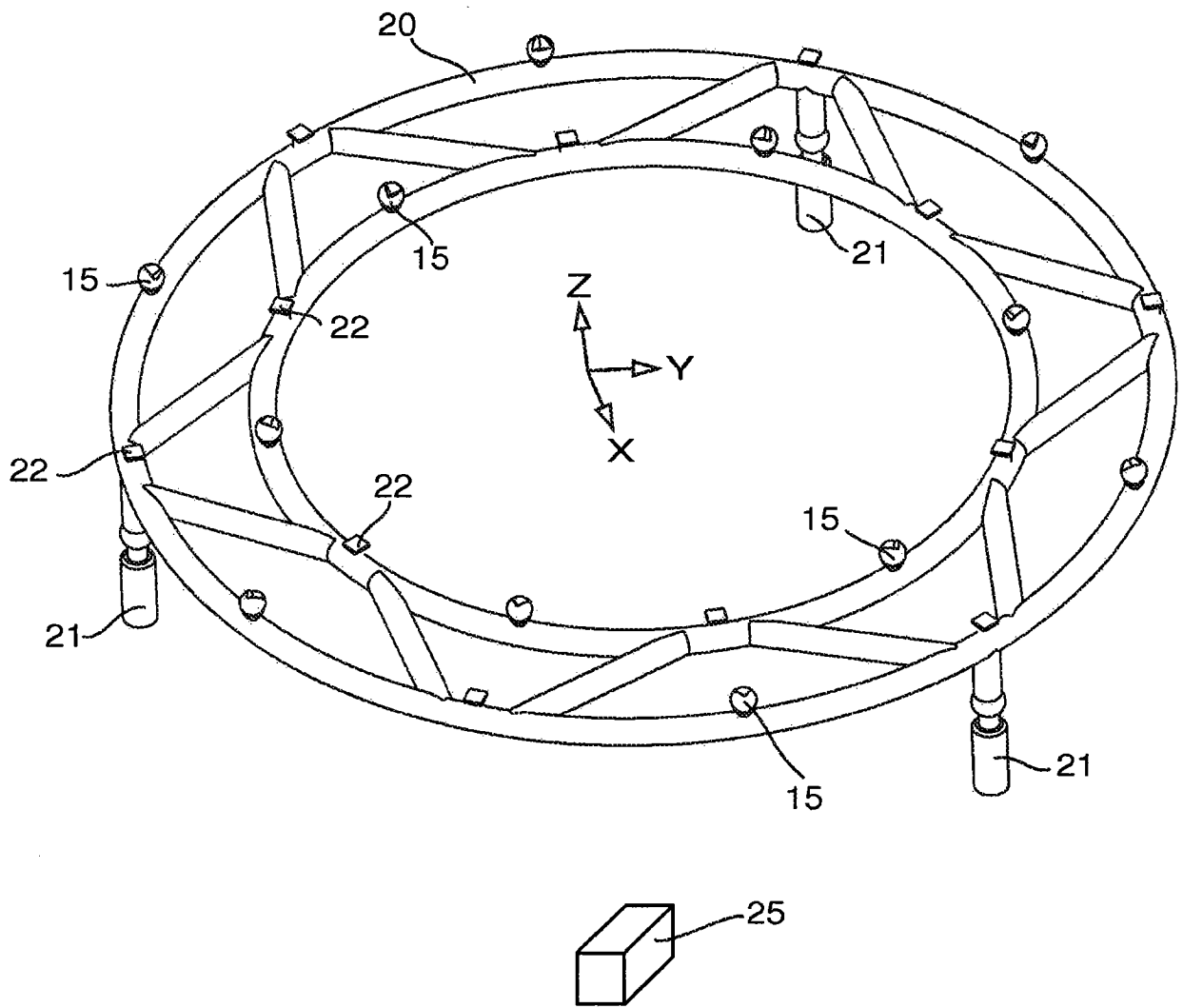


图 3

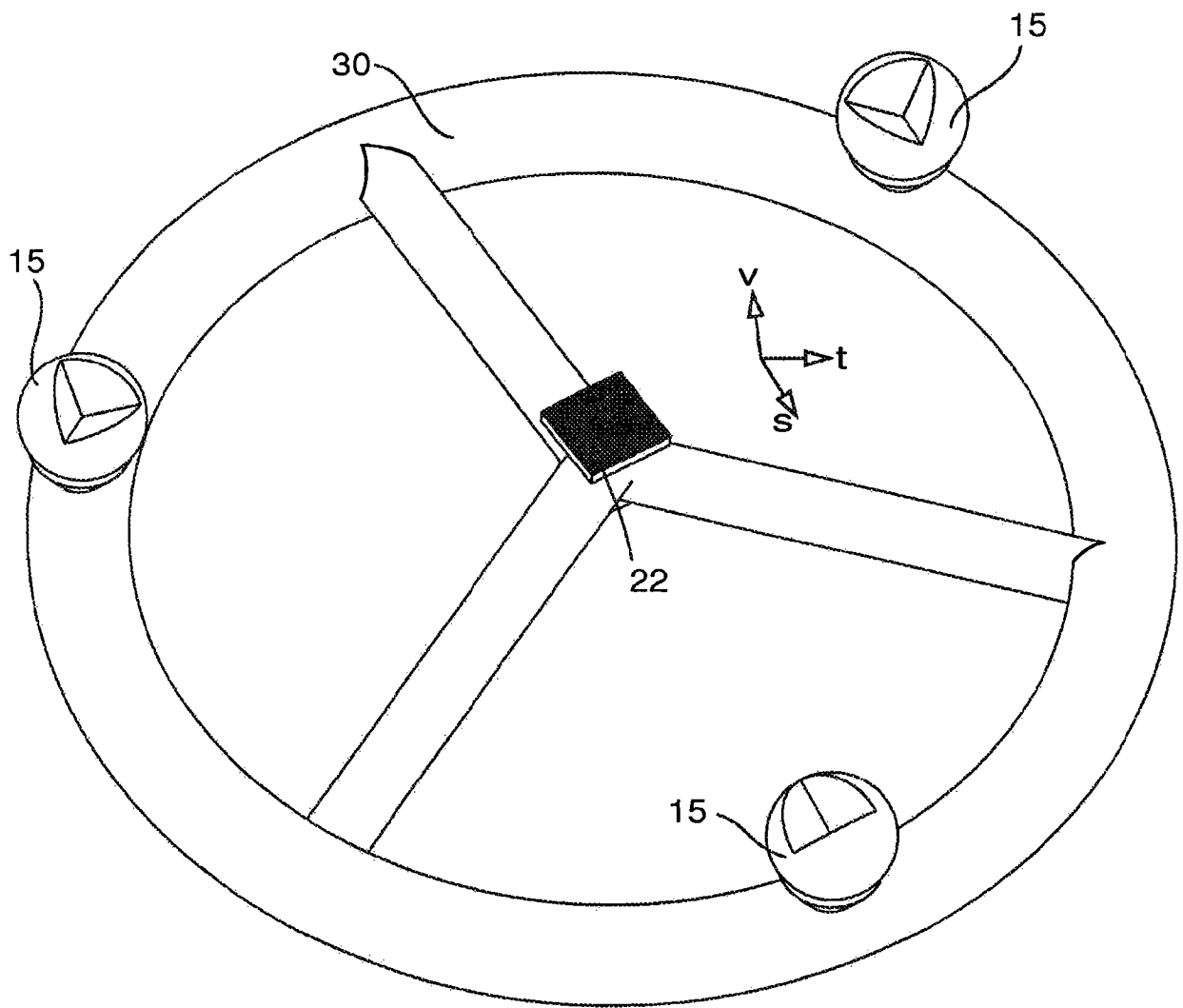


图 4

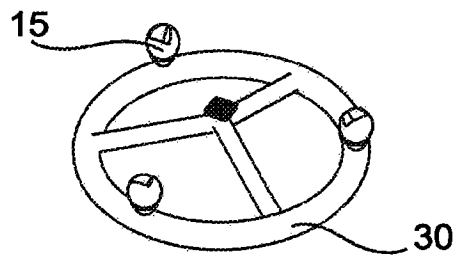
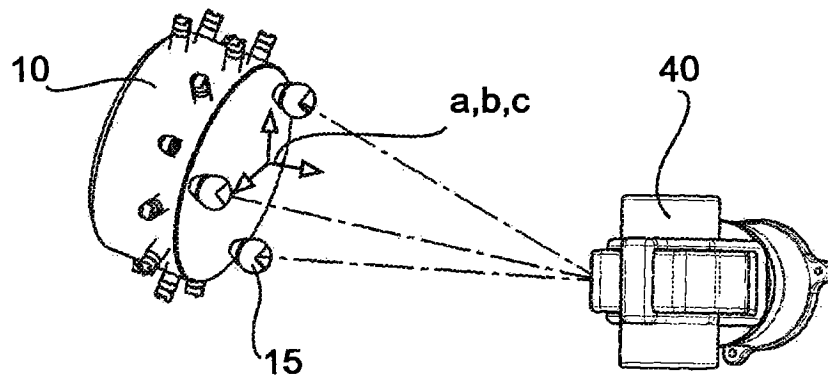


图 5a



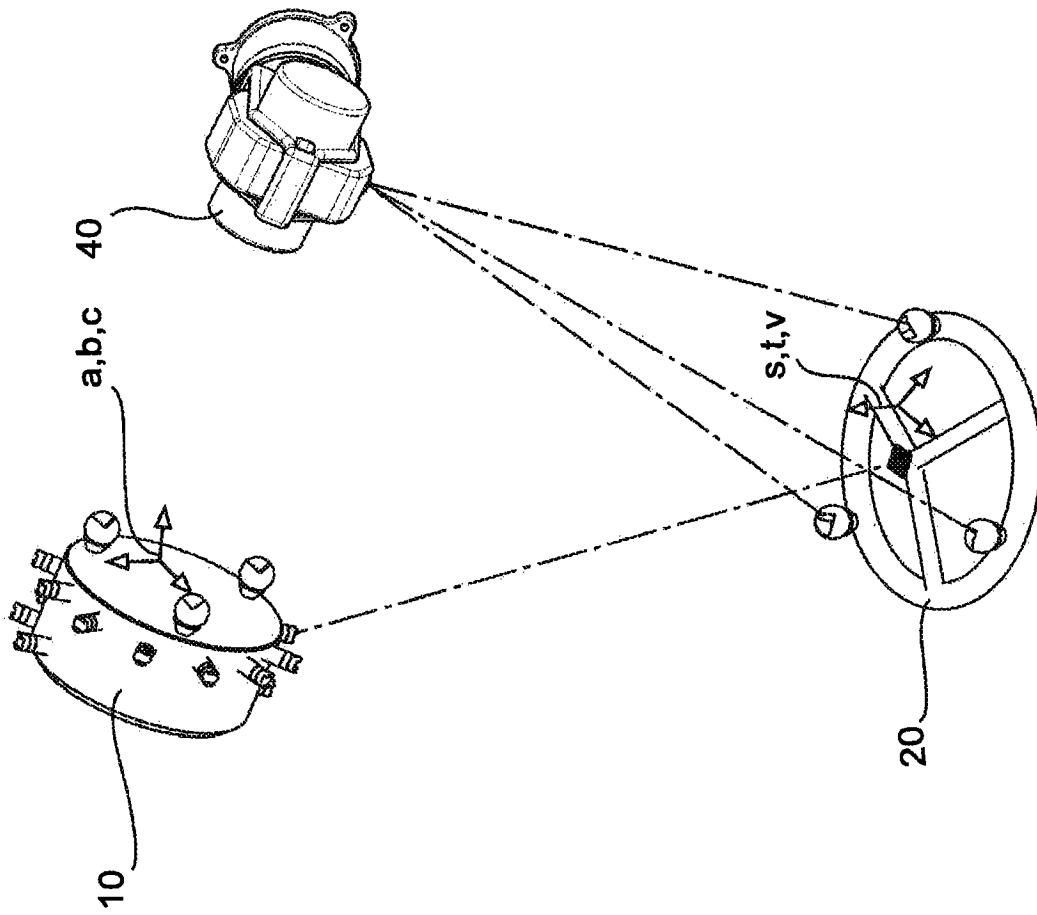


图 5b

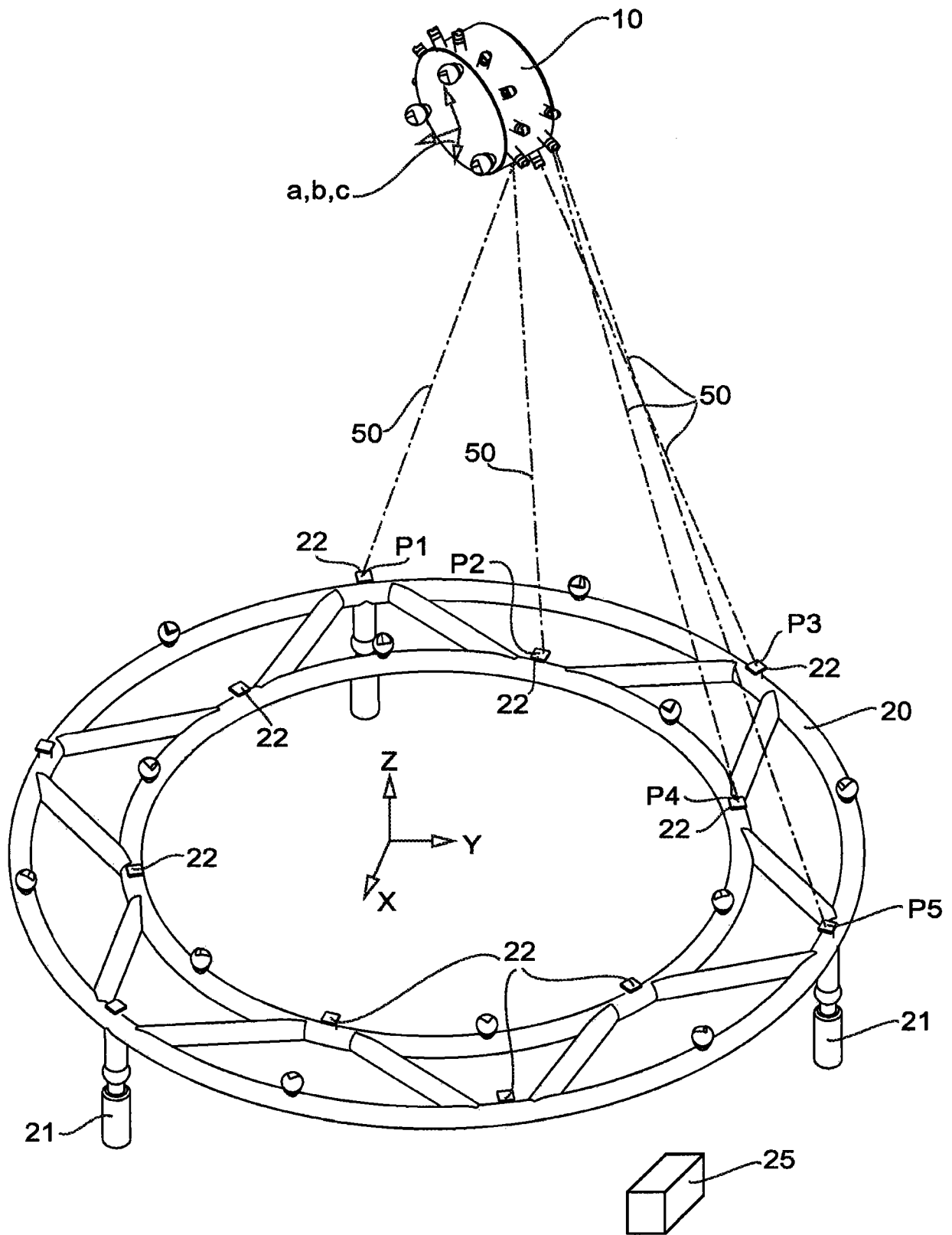


图6

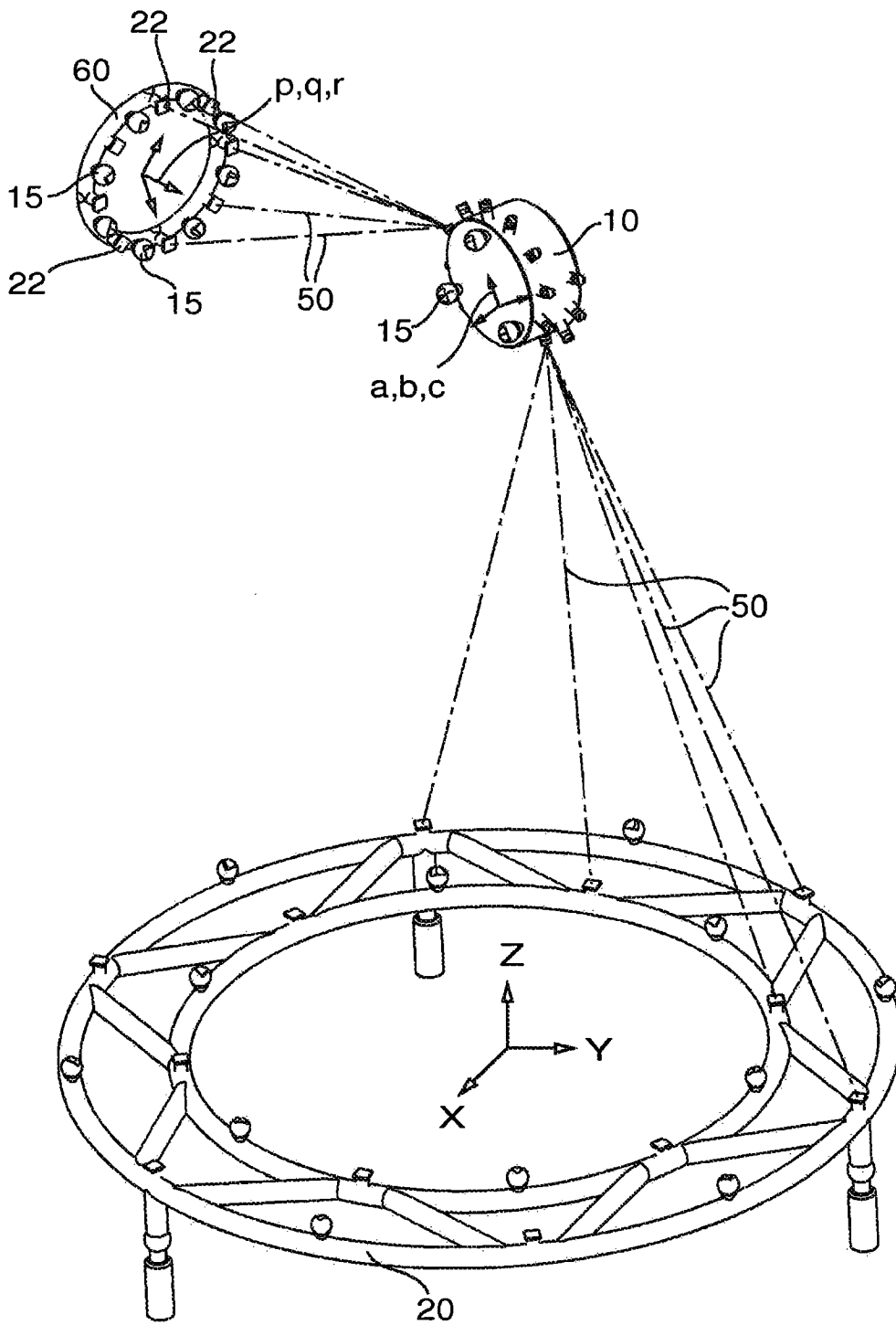


图 7

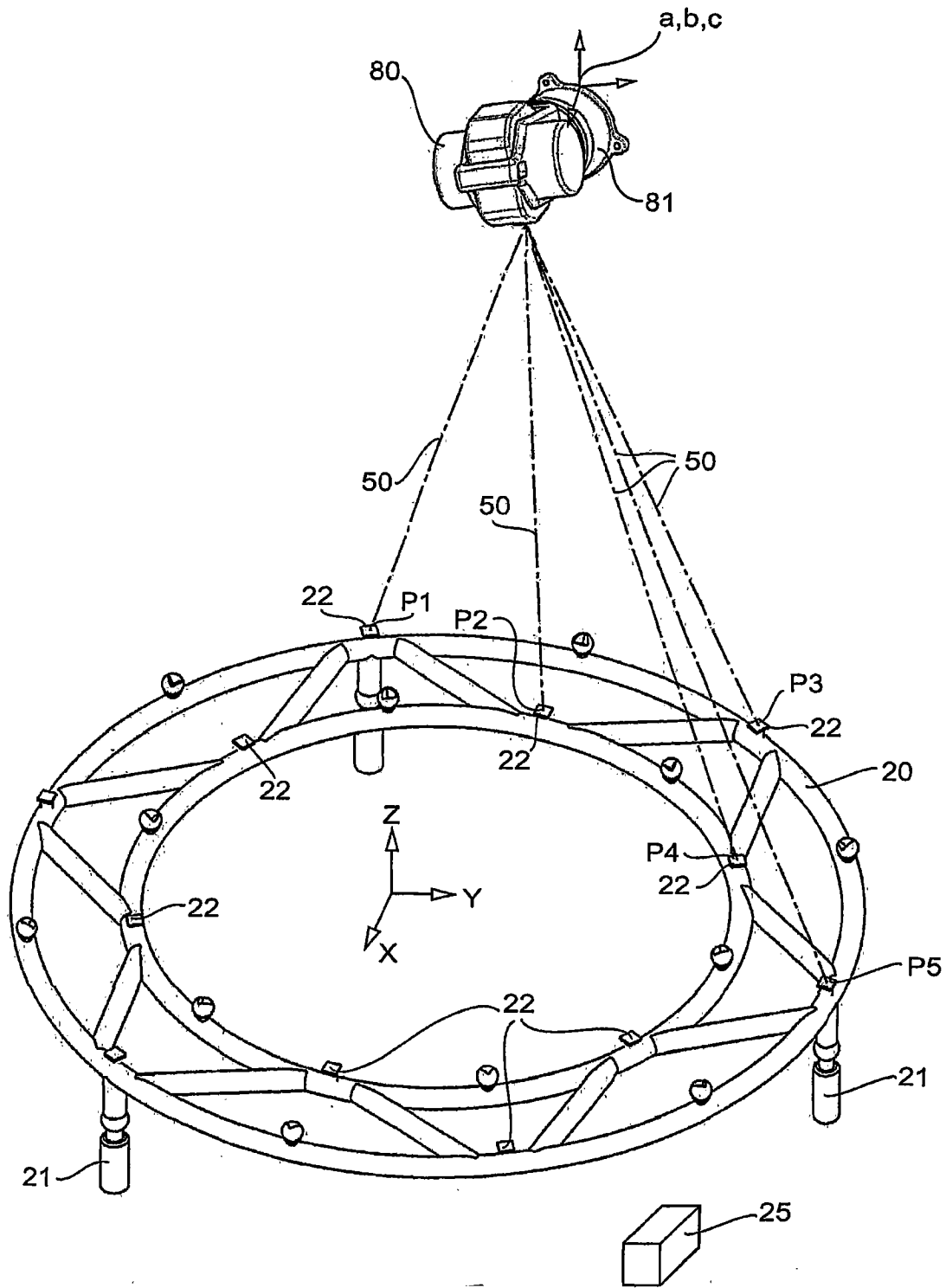


图 8