



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104583709 B

(45)授权公告日 2018.05.18

(21)申请号 201380043952.5

(22)申请日 2013.08.13

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104583709 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(30)优先权数据  
12180720.0 2012.08.16 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.02.16

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2013/066912 2013.08.13

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/026989 EN 2014.02.20

(73)专利权人 赫克斯冈技术中心  
地址 瑞士赫尔布鲁格

(72)发明人 波·佩特尔松 帕斯卡尔·乔迪尔

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 吕俊刚 刘久亮

(51)Int.Cl.  
G01B 11/00(2006.01)  
G01B 21/04(2006.01)

(56)对比文件  
GB 2452033 A,2009.02.25,  
GB 2452033 A,2009.02.25,  
US 2008/0084558 A1,2008.04.10,  
EP 0491369 A2,1992.06.24,  
DE 10247920 A1,2004.04.22,  
EP 2244052 A1,2010.10.27,  
US 2007/0153296 A1,2007.07.05,  
US 6289600 B1,2001.09.18,  
CN 1971214 A,2007.05.30,  
CN 102472615 A,2012.05.23,  
CN 101918792 A,2010.12.15,

审查员 梁兵

权利要求书6页 说明书9页 附图14页

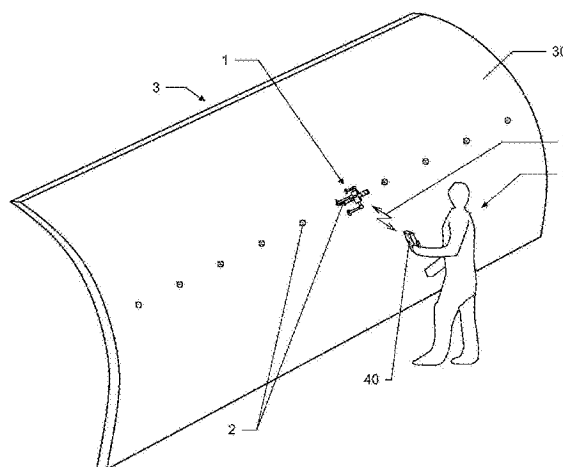
(54)发明名称

利用移动坐标测量机来确定空间坐标的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种用于利用移动坐标测量机(1)来确定对象(3)的局部结构(2,2')的测量点的至少一个空间坐标的方法,所述方法至少包括:将所述移动坐标测量机(1)放置在要测量的所述对象(3)的表面(30)上;利用感测头(21,26)接近所述测量点;以及确定所述至少一个测量点的至少一个空间坐标,特征是建立所述坐标测量机(1)与所述局部结构(2,2')之间的限定空间关系,其中,借助于所述坐标测量机(1)到所述对象(3)的机械固定和/或所述坐标测量机(1)相对于所述对象(3)的位置和取向的连续确定建立了所述限定空间关系。本发明此外涉及一种移动坐标测量机(1)和一种用于执行所述方法的计算机程

序产品。



1. 一种用于利用移动坐标测量机(1)来确定对象(3)的局部结构(2,2')的测量点的至少一个空间坐标的方法,所述方法至少包括以下步骤:

• 将所述移动坐标测量机(1)放置在要测量的所述对象(3)的表面(30)上,以使得所述移动坐标测量机(1)自主地直立在所述表面(30)上,

- 利用感测头接近所述测量点,以及
- 确定至少一个测量点的至少一个空间坐标,

其特征在于,

建立所述移动坐标测量机(1)与所述局部结构(2,2')之间的限定空间关系,其中,借助于以下各项建立所述限定空间关系:

- 所述移动坐标测量机(1)到所述对象(3)的机械固定,和/或
- 所述移动坐标测量机(1)相对于所述对象(3)的位置和取向的连续确定。

2. 根据权利要求1所述的方法,

其特征在于,

相对于所述局部结构(2,2')来定位所述移动坐标测量机(1)并且维持所述位置。

3. 根据权利要求2所述的方法,

其特征在于,

所述相对于所述局部结构(2,2')来定位所述移动坐标测量机(1)并且维持所述位置,是

• 完全自主地通过所述移动坐标测量机(1)的定位装置(15,16,17,25)和/或  
• 以相对于所述局部结构(2,2')和/或相对于外部勘测仪器(5,6)连续地确定所述移动坐标测量机(1)的基座(10)和/或所述移动坐标测量机(1)的传感器装置的位置和取向的这样一种方式。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,

其特征在于,

所述局部结构是孔(2),并且接近所述测量点包括将所述移动坐标测量机(1)的触针(21)引入到所述孔(2)中。

5. 根据权利要求4所述的方法,

其特征在于,

沿着所述孔(2)的中心轴(8)将所述移动坐标测量机(1)的触针(21)引入到所述孔(2)中。

6. 根据权利要求4所述的方法,

其特征在于,

所述孔(2)是钻孔。

7. 根据权利要求4所述的方法,

其特征在于,

所述至少一个测量点的至少一个空间坐标的所述确定包括

- 使所述触针(21)绕旋转轴(7)旋转,
- 向所述孔(2)的壁上的多个测量点发射第一测量光束(83),
- 接收所述第一测量光束(83)从所述多个测量点的反射,以及

- 基于所述反射来确定所述多个测量点的空间坐标。

8. 根据权利要求1-3中的任何一项所述的方法，  
其特征在于，

所述限定空间关系具有比用于确定所述至少一个测量点的所述至少一个空间坐标的所应用的方法的特性分辨率小的容差。

9. 根据权利要求8所述的方法，  
其特征在于，

所述限定空间关系具有比用于确定所述至少一个测量点的所述至少一个空间坐标的所应用的方法的特性分辨率小至少两个数量级的容差。

10. 根据权利要求1-3中的任何一项所述的方法，  
其特征在于，

通过至少一个外部勘测仪器(5,6,6')和/或相对于基准坐标系统确定所述移动坐标测量机(1)和所述对象(3)的位置和取向。

11. 一种用于确定对象(3)的局部结构(2,2')的测量点的至少一个空间坐标的坐标测量系统,所述坐标测量系统包括移动坐标测量机(1),所述移动坐标测量机(1)被设计用于放置在所述对象(3)的表面(30)上并且包括:

- 基座(10),

• 直立装置(18),所述直立装置(18)用于使得所述移动坐标测量机(1)自主地直立在所述表面(30)上,

• 传感器装置,所述传感器装置用于测量所述测量点并且用于生成测量数据,包括感测头,以及

• 驱动机构(12),所述驱动机构被适配为相对于所述基座(10)驱动所述感测头以便接近所述测量点,

其特征在于,

用于建立所述移动坐标测量机(1)与所述局部结构(2,2')之间的限定空间关系的装置,其中,借助于以下各项建立了所述限定空间关系:

- 所述移动坐标测量机(1)到所述对象(3)的机械固定,和/或
- 所述移动坐标测量机(1)相对于所述对象(3)的位置和取向的连续确定。

12. 根据权利要求11所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

用于建立所述限定空间关系的所述装置具有比所述传感器装置的测量的容差小的容差。

13. 根据权利要求12所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

用于建立所述限定空间关系的所述装置具有比所述传感器装置的测量的容差小至少两个数量级的容差。

14. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

- 所述移动坐标测量机(1)包括:

- 对准确定装置,所述对准确定装置用于主动地确定所述基座(10)和/或所述传感器装置相对于所述局部结构(2,2')和/或外部勘测仪器(5,6)的位置和取向,

- 扫描器装置,所述扫描器装置用于扫描所述对象(3)的所述表面(30)或所述局部结构(2,2'),

- 所述传感器装置包括触觉感测头(26),所述触觉感测头(26)能够借助于铰链(27)朝向测量点倾斜,和/或

- 所述传感器装置包括:

- 发射器装置(23),所述发射器装置(23)用于发射光学测量光束,

- 接收器装置(24),所述接收器装置(24)用于接收所述测量光束的反射,以及

- 分析装置,所述分析装置用于基于所述反射来生成所述测量数据,其中,测量点的空间坐标能够从所述测量数据导出。

15. 根据权利要求14所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述对准确定装置是立体相机系统。

16. 根据权利要求14所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述扫描器装置是线激光器。

17. 根据权利要求14所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述触觉感测头(26)是红宝石球。

18. 根据权利要求14所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述发射器装置(23)是LED或激光二极管。

19. 根据权利要求14所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述接收器装置(24)包括干涉仪。

20. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述移动坐标测量机(1)包括用于振动的吸收或补偿的阻尼装置。

21. 根据权利要求20所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述阻尼装置包括压电致动器。

22. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述移动坐标测量机(1)包括用于所述基座(10)相对于所述局部结构(2,2')的自主定位的定位装置(15,16,17,25)。

23. 根据权利要求22所述的坐标测量系统,

其特征在于,

所述定位装置(15,16,17,25)被设计为根据所述测量数据相对于所述局部结构(2,2')

来定位所述基座(10)。

24. 根据权利要求23所述的坐标测量系统，  
其特征在于，

所述定位装置(15,16,17,25)将所述基座定中心在所述局部结构(2,2')的中心点上方。

25. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统，  
其特征在于，

所述直立装置(18)

• 包括连接装置(19)，所述连接装置(19)用于将所述直立装置(18)固定地连接至所述表面(30)，和/或

• 通过至少三条腿连接至所述基座(10)，其中，各条腿包括作为定位装置的一组腿构件(15,16,17)，其中，所述腿构件(15,16,17)能够以所述基座(10)能相对于所述局部结构(2,2')定位的这样一种方式相对于彼此移动，和/或

• 包括轮和/或辊。

26. 根据权利要求25所述的坐标测量系统，

其特征在于，

所述连接装置(19)包括至少电磁体、永久磁体、吸垫或具有真空泵的真空杯。

27. 根据权利要求25所述的坐标测量系统，

其特征在于，

所述轮和/或辊能够由电机装置缩进和/或驱动。

28. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统，

其特征在于，

• 所述坐标测量系统被设计用于确定对象(3)的孔(2)的测量点的至少一个空间坐标，

• 所述感测头是用于接近所述测量点的触针(21)，并且

• 所述驱动机构(12)被适配为使所述触针(21)绕旋转轴(7)旋转，并且适配为以所述触针(21)能够沿着所述旋转轴(7)相对于所述基座(10)移动的这样一种方式驱动所述触针(21)，

其中，所述触针(21)能够以所述孔(2)的测量点的至少一个空间坐标是可确定的这样一种方式引入到所述孔(2)中。

29. 根据权利要求28所述的坐标测量系统，

其特征在于，

所述孔(2)是钻孔。

30. 根据权利要求28所述的坐标测量系统，

其特征在于，

第一测量光束(83)能够与所述旋转轴(7)正交地从所述触针(21)发射。

31. 根据权利要求30所述的坐标测量系统，

其特征在于，

• 第二测量光束(85)是可发射的，其中，所述第一测量光束(83)和所述第二测量光束(85)发射到相反方向中，

- 平行测量光束 (84) 能够与所述第一测量光束 (83) 平行地发射,和/或
- 垂直测量光束 (82) 能够与所述第一测量光束 (83) 正交地发射。

32. 根据权利要求31所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

所述第一测量光束 (83) 和所述第二测量光束 (85) 以 $180^\circ$ 的角度发射。

33. 根据权利要求31所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

垂直测量光束 (82) 能够沿着所述旋转轴 (7) 发射。

34. 根据权利要求28所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

所述移动坐标测量机 (1) 包括孔定中心装置 (25),所述孔定中心装置包括被设计用于进入所述孔 (2) 并且朝向所述孔 (2) 的外壁 (28) 扩展以便在中心将所述基座 (10) 定位在所述孔 (2) 上方的至少三个定中心构件。

35. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

所述移动坐标测量机 (1) 包括可见特征 (50,60),所述可见特征 (50,60) 能够由外部勘测装置 (5,6) 识别,使得所述移动坐标测量机 (1) 相对于所述勘测装置 (5,6) 的位置和取向能够确定。

36. 根据权利要求35所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

所述移动坐标测量机 (1) 相对于所述勘测装置 (5,6) 的位置和取向在六个自由度上能够确定。

37. 根据权利要求35所述的坐标测量系统,  
其特征在于,  
其中

- 所述可见特征 (50,60) 是形状和/或颜色限定明确的一组几何对象 (50),并且所述勘测装置是相机系统,或

- 所述可见特征 (50,60) 是具有回复反射器和主动或被动照明装置的回复反射器系统 (60),并且所述勘测装置是具有相机装置的激光跟踪器 (6)。

38. 根据权利要求35所述的坐标测量系统,  
其特征在于,  
其中

- 所述可见特征 (50,60) 是形状和/或颜色限定明确的一组几何对象 (50),并且所述勘测装置是立体相机系统,或

- 所述可见特征 (50,60) 是具有回复反射器和主动或被动照明装置的回复反射器系统 (60),并且所述勘测装置是具有相机装置的激光跟踪器 (6)。

39. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统,  
其特征在于,

数据传送装置,所述数据传送装置用于无线地向外部设备发送数据和/或无线地从所

述外部设备接收数据。

40. 根据权利要求39所述的坐标测量系统，  
其特征在于，

所述外部设备是显示和控制设备(40)、计算机(45)或勘测装置(5,6)。

41. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统，  
其特征在于，

自主检测单元，所述自主检测单元用于在所述对象(3)的所述表面(30)上要测量的局部结构(2,2')的自主检测。

42. 根据权利要求41所述的坐标测量系统，  
其特征在于，

所述自主检测单元包括至少一个检测相机。

43. 根据权利要求11至13中的任何一项所述的坐标测量系统，  
其特征在于，

所述移动坐标测量机(1)包括自主移动单元，所述自主移动单元用于在所述表面(30)上自主移动。

44. 根据权利要求43所述的坐标测量系统，  
其特征在于，

所述自主移动单元用于将所述移动坐标测量机(1)移动至被检测局部结构(2,2')。

45. 一种根据权利要求11至44中的任何一项所述的坐标测量系统中的移动坐标测量机(1)，所述移动坐标测量机(1)适配用于在根据权利要求1至10中的任何一项所述的方法中使用，所述移动坐标测量机(1)包括：

- 基座(10)，

- 传感器装置，所述传感器装置用于测量所述测量点并且用于生成测量数据，包括感测头，以及

- 驱动机构(12)，所述驱动机构被适配为相对于所述基座(10)驱动所述感测头以便接近所述测量点，

其特征在于，

用于相对于所述局部结构(2,2')建立限定空间关系的装置。

## 利用移动坐标测量机来确定空间坐标的方法和系统

[0001] 本发明涉及用于利用移动便携式坐标测量机 (CMM) 来测量局部结构 (诸如对象的腔的内壁) 具体地用于测量工件的圆柱形钻孔的方法和系统。

[0002] 通常做法是继生产之后在坐标定位装置 (诸如在机器的工作体积内具有可移动探头的坐标测量机) 上检查工作。

[0003] 在常规3-D测量机中, 探头被支承以便沿着三个相互垂直轴 (在方向X、方向Y和方向Z上) 移动。因此, 能够将探头引导到测量设备的工作体积内的任何任意点。

[0004] 用于测量诸如圆柱形腔的局部结构的固定测量设备是从现有技术获知的。这些机器允许对象的局部结构的准确测量。然而, 这种类型的测量机的测量速率照惯例非常慢。另外, 通常能够仅固定地使用这种坐标测量机-必须将要测量的相应对象带到测量机。因此, 这些机器不能够用于测量特别大对象的结构, 例如飞机组装件 (诸如机身或机翼) 中的钻孔。

[0005] 例如, 在EP 1 797 813中公开了一种用于测量腔的手持坐标测量设备。该文献描述了一种用于根据共焦成像原理来测量形成在对象中的腔的内壁的光学测量设备。所描述的解决方案的弱点是手持设备在测量期间的很不精确的定位和取向。虽然公开了具有用于设备在测量期间的限定定位的机械耦接元件的自适应装置, 但是这些不能够消除由不与对象的表面或不平状表面正交的孔所导致的测量误差。

[0006] 因此本发明的目的是提供用于以更高准确度确定大工件的局部结构的测量点的空间坐标的改进的移动坐标测量机以及改进的方法和系统。

[0007] 本发明的特定目的是提高这样的一种用于确定腔 (诸如钻孔) 的测量点的空间坐标的移动坐标测量机和方法。

[0008] 根据本发明, 一种用于确定要测量的对象的局部结构的测量点的至少一个空间坐标的方法包括以下步骤:

[0009] • 将移动坐标测量机设置或放置在要测量的对象的表面上,

[0010] • 建立坐标测量机与局部结构的限定空间关系,

[0011] • 利用移动坐标测量机的感测头接近测量点, 以及

[0012] • 确定至少一个测量点的至少一个空间坐标。

[0013] 根据本发明的限定空间关系借助于坐标测量机到对象的机械固定或坐标测量机相对于对象的位置和取向或以及对象相对于公共基准坐标系统的位置和取向的连续确定来建立。

[0014] 因此, 具有被设计用于确定对象的局部结构的测量点的至少一个空间坐标的移动便携式坐标测量机 (CMM) 的系统包括用于将CMM固定到对象的表面的装置和/或用于CMM相对于对象或基准坐标系统的位置和取向的动态确定的装置。

[0015] 根据本发明移动CMM包括: 基座; 传感器装置, 所述传感器装置用于测量测量点并且生成测量数据; 以及驱动机构, 被适配为相对于基座驱动传感器装置或其部分 (具体地感测头) 以便接近测量点。根据本发明, 在测量期间基座或传感器装置的位置和取向相对于局部结构或相对于基准坐标系统被限定, 后者具体地借助于外部勘测仪器。传感器装置例如



可以是触觉传感器装置或优选光学传感器装置。

[0016] 优选地,移动CMM包括放置装置,其允许具体地以直立或悬浮方式、以CMM自主地保持在这个位置中的这样一种方式将移动CMM放置或设置在对象的表面上。在优选实施方式中,放置装置被构建为使得(在重力的影响下)移动CMM能够自主地直立在表面上,例如在具体地具有非滑动构造的至少三个架台(或底座)上。在另一优选实施方式中,放置装置被构建为使得移动CMM能够悬浮在表面下方的悬浮装置。

[0017] 有利地,直立装置或悬浮装置具有用于将直立装置或悬浮装置固定地连接至对象的表面的连接装置,以便使得移动CMM能够直立在垂直地取向的表面上或甚至头向前地悬在表面下方。具体地,固定连接借助于磁体或真空例如利用电磁体或永久磁体、吸垫或真空泵来实现。并且用于将直立装置或悬浮装置固定地连接至对象的其它装置是可能的:例如,能够通过粘合剂结合(诸如水泥、胶水、一或两组分粘合剂或持久高黏度粘合剂)建立固定连接,或者-如果CMM被构建得非常轻-通过与壁虎脚的连接装置相似的连接装置经由范德瓦尔斯力建立固定连接。连接装置还能够被设计以得到与对象的特定特征的限定机械连接。这些特征例如可以是螺纹、插销或轨道,使得能够借助于螺钉或轨道结合实现机械连接。并且,当测量对象的局部结构时,连接装置甚至能够使用这个结构,例如钻孔,以用于建立到对象的固定连接或限定连接。

[0018] 此外,有利地,连接装置被设计为在CMM与局部结构之间提供限定空间关系。具体地空间关系的准确度至少和传感器装置的测量的准确度一样高,即限定空间关系的容差比至少一个测量点的至少一个空间坐标的确定的容差小,具体地小至少两个数量级。

[0019] 优选地,CMM包括用于例如由于感测头的移动而在对象中或在CMM中发生的振动的主动补偿或吸收的阻尼装置。例如能够包括压电致动器的所述阻尼装置同样地是从现有技术获知的。

[0020] 对于优选实施方式,局部结构是对象的腔,特别是钻孔,并且移动坐标测量机被设计用于确定腔内部的测量点的至少一个空间坐标。

[0021] 在另一优选实施方式中,移动CMM包括具有用于接近测量点的触针的光学传感器装置,传感器装置具有用于确定测量点的空间坐标的发射器装置和接收器装置。优选地,基座包括驱动机构,所述驱动机构被适配为以能够相对于基座移动并且能够被引入到对象的孔中的这样一种方式使触针旋转并且驱动触针。优选地,第一测量光束与旋转轴垂直地发射以便测量到孔的外壁的距离。

[0022] 为了测量孔的直径,移动坐标测量机的触针有利地必须沿着孔的中心轴引入到孔中,使得测量光束在与中心轴正交的平面中测量。否则,圆形孔的被测部分的直径将被感知为椭圆。并且,触针必须定位于孔中或至少靠近孔的中间。

[0023] 因此,移动CMM在有利的实施方式中包括用于基座相对于局部结构的动态自主定位的定位装置。当移动坐标测量机被放置在对象在局部结构(诸如孔)之上的表面上时,准确定位对于准确测量数据的提供和再计算努力的减少是关键。如果对象的表面不是绝对平的-例如是弯曲的或不规则的-则设备的垂直轴将不与孔的中心轴平行。

[0024] 机械定位将从不是绝对完美的,使得在优选实施方式中提供了附加的软件补偿,其例如能够将椭圆测量转换成圆形测量。为了使再计算努力最小化,探头一方面需要与中心轴基本上平行地驱动并且另一方面到中心轴具有最小距离。

[0025] 因此,有利地,提供了具有定位功能性的定位装置,其被以能够将基座在中心定位在孔上方使得设备的中心轴至少近似地变得与孔的中心轴共轴并且能够沿着中心轴将触针引入到孔中的这样一种方式设计。具体地,定位装置被设计用于使移动CMM的基座倾斜并且沿着方向X和方向Y移动它。

[0026] 在优选实施方式中,定位装置被设计为铰接腿,这些腿将基座连接至架台并且各自包括可相对于彼此、相对于基座和/或相对于架台移动的至少两个构件。可移动构件具有编码器装置以检测单个构件相对于彼此、相对于基座和/或相对于架台的位置和/或取向。铰接腿同样地是从现有技术获知的,并且例如在EP 2 016 473中公开。

[0027] 在另一优选实施方式中,基座包括用于将基座定中心在孔上方的孔定中心装置。孔定中心装置包括至少三个定中心构件,所述三个定中心构件附接至基座并且设计用于进入孔以及然后均匀地向外扩展以便对孔的外壁施加压力以便在孔中间在中心位置中移动基座使得能够沿着孔的中心轴引入触针。

[0028] 优选地,移动CMM利用调频的即可调谐的激光源并且利用干涉测量原理来使用激光测量光束。例如,在文献EP 2 185 890中公开了这样的测量原理。然后在频率级上实现了测量。在作为测量传感器的光学探头的探测期间在算法上或在控制下考虑了距离测量中的与激光束在表面上的垂直入射的偏差。对于光学系统在利用使用在红宝石球的区域中具有直径的紧凑探头的几个厘米的无光束测量的坐标测量装置中的使用的预定范围,上述干涉测量方法是优选的。在这个调频干涉测量法中,使用了应该在短时间内许可宽带调谐的源。而且,具有几个厘米的相干长度的窄带特性是需要的。源的调谐经由校准干涉仪(interferometer)参照,其长度被非常精确地获知。为了消除或减少环境影响,诸如例如源自测量机的温度改变或振动,在测量干涉仪中,基准表面在光学探头内被尽可能远地放置在表面上,或这样的表面被用作基准表面使得实现了公共路径干涉仪。如果从这个表面回到单模光纤输入足够量的光,则这是有利的,然而尽可能远的其它光学转变不应该将信号反馈到这个光纤中。激光源优选地形式为具有光学半导体放大器作为放大介质和可调谐滤光器元件的光纤环激光器。可调谐元件可以形成为法布里-珀罗滤光器(Fabry-Perot filter)或形成为声可调谐光纤布拉格光栅(Bragg grating)。另外的元件是光学耦合器或绝缘体,其在这样的系统中的使用和集成为本领域技术人员所知。如果在测量中期望较高的重复率,则光纤环激光器能够延长数千米的光学长度,重复率对应于光在光纤环中的传输时间的倒数。

[0029] 和从现有技术获知的坐标测量机一样,对于根据本发明的移动坐标测量机的校准,能够使用标准化的校准对象。如果本发明的CMM适于测量钻孔,则能够使用形成为中空圆柱体的校准对象。至少一个但优选地多个不同的校准对象(即不同直径的中空圆柱体)应该被用于校准。利用这个校准过程,能够补偿可复现的测量误差,诸如测量线性、光束取向或摆动的误差。

[0030] 在优选实施方式中,传感器装置被设计用于同时发射超过一个的测量光束。例如,在孔内部测量的情况下,由触针在相反方向(具有180°的角度)上发射的两个测量光束能够用来解决摆动问题。利用彼此平行地发射的两个测量光束,能够检测触针的旋转轴是否与孔的中心轴平行。附加的垂直测量光束能够检测到孔的底部的距离进而检测孔的深度。利用在同一水平面在不同的方向上发射的多个测量光束,即六个或更多个测量光束,触针的

完整旋转不是必需的,而是仅 $360^\circ$ 除以测量光束的数量的旋转。利用足够大数量的测量光束,触针的旋转将是完全不必要的。

[0031] 在优选实施方式中,触针或整个传感器装置单元是可更换的。因此,利用相同的CMM,能够例如通过光学装置以及通过触觉装置来执行不同的测量任务。另选地,触针能够被构建为可适应的。例如,利用可适应的触针,用户能够选择第二测量光束的方向是否应该与第一测量光束平行或正交的。

[0032] 优选地,基座能够包括用于扫描要测量的对象或特征的表面的扫描器装置。扫描器装置具体地包括可绕与触针相同的旋转轴旋转的线激光器。扫描器装置能够用于测量不能够由触针测量的特定表面特征。这样能够检测到表面及其特征的生产误差和损坏。例如,能够利用对角地对准的激光光束来测量埋头螺栓的头部及其与对象的表面的对准。然后能够检测到螺栓头部与埋头螺孔的表面之间的间隙-作为不好地插入的螺栓的指示器。并且,扫描器装置能够用来测量CMM相对于表面或特征的对准。

[0033] 在优选实施方式中,移动坐标测量机包括存储和计算装置,具体地用于存储所测量到的数据和/或测量程序并且用于计算针对已知可复现误差的补偿。

[0034] 优选地,移动坐标测量机包括用于与外部设备交换数据的无线通信装置,所述外部设备诸如手持显示和控制设备、本地或远程计算机或外围勘测设备。无线通信装置例如能够基于蓝牙或无线局域网连接。

[0035] 在优选实施方式中,移动坐标测量机包括使得能够实现它相对于对象或相对于基准坐标系统的位置和取向的准确确定的主动装置和/或被动装置。

[0036] 主动装置可以是内部勘测装置,允许主动地确定CMM相对于对象例如相对于要测量的局部结构或相对于对象上的可见特征的位置和取向。并且,内部勘测装置能够确定CMM相对于外部勘测装置的位置和取向,所述外部勘测装置确定对象的相对位置和取向。

[0037] 另外或另选地,同样能够提供被动装置。例如,被动装置可以是可由外部勘测设备(诸如立体相机系统或激光跟踪器)检测的可见特征。可见特征的检测使得能够优选地在六个自由度(6-DoF)上检测移动坐标测量机相对于勘测设备的位置和取向。例如,这能够利用一个相机或多个相机(即立体相机系统)或具有附加相机的激光跟踪器来实现。例如在具有提交编号11192216.7的欧洲专利申请中公开了这种类型的激光跟踪器系统。外部勘测设备还能够被设计为确定对象进而局部结构的位置和取向。出于这个目的,还能够将可检测的可见特征固定地放置在对象的表面上。

[0038] 在另一个优选实施方式中,移动坐标测量机能够例如借助于相机来自自主地检测对象的表面上的局部结构,诸如孔。另选地或另外,能够通过预先存储的CAD数据或通过外部相机系统来提供局部结构的位置。移动坐标测量机优选地还包括自主移动单元以在表面上方自主地移动到被检测局部结构,以尤其在已相对于结构-例如在中心在孔上方-定位了它本身之后自主地测量局部结构,并且然后以自主地移动到下一个局部结构。直立装置能够包括可以可由电机装置驱动以在表面上移动移动CMM的轮和/或辊。这些轮和/或辊还可以是能缩进的,以便确保可靠且限定的直立。另选地,自主移动单元包括行走功能性,在所述行走功能性中,能够以能够通过表面上“行走”到遥远位置(具体地,被检测局部结构)来再定位移动坐标测量机的这样一种方式来移动移动CMM的腿。并且,能够提供用于沿着轨道驱动CMM的装置,轨道暂时或永久地是对象的一部分,或暂时附接至对象并且连接要测量的

局部结构的结构的一部分。

[0039] 优选地,移动坐标测量机包括对准确定装置,特别是立体相机系统,用于主动地确定所述基座和/或所述传感器装置相对于所述局部结构和/或外部勘测仪器的位置和取向。

[0040] 优选地,传感器装置包括发射器装置,特别是LED或激光二极管,用于发射光学测量光束;接收器装置,特别是包括干涉仪,用于接收所述测量光束的反射;以及分析装置,所述分析装置用于基于所述反射来生成所述测量数据,其中,测量点的空间坐标可从所述测量数据导出。

[0041] 在下文中,将通过参照附图的示例性实施方式详细地描述本发明,其中:

[0042] 图1a和图1b示出了放置在大对象上的根据本发明的移动CMM;

[0043] 图2a至图2c用截面图示出了根据本发明的移动CMM的示例性实施方式;

[0044] 图3a至图3c示出了根据本发明的移动CMM的定位装置的两个优选实施方式;

[0045] 图4a和图4b示出了具有光学传感器装置的根据本发明的移动CMM的触针的第一实施方式;

[0046] 图5a至图5c示出了具有光学传感器装置的根据本发明的移动CMM的触针的另外的实施方式;

[0047] 图6a和图6b示出了具有触觉传感器装置的根据本发明的移动CMM的触针的实施方式;

[0048] 图7a和图7b示出了根据本发明的系统的两个优选实施方式,CMM具有用于确定它的位置和取向的视觉特征;以及

[0049] 图8a和图8b示出了根据本发明的系统的两个以上的实施方式,CMM和对象具有用于确定CMM相对于表面的位置和取向的视觉特征。

[0050] 在图1a中描绘了已由用户4放置在大对象3(这里为机身的一部分)的表面30上的移动CMM 1,对象3具有多个钻孔2。移动CMM 1的中心在钻孔2中的一个钻孔的上方,自主地测量钻孔2的内表面。

[0051] 测量结果借助于无线连接9发送到外部显示和控制设备40并且显示给用户4。因为移动CMM 1本身直立在表面30上,所以用户4在测量过程期间使他的手自由。用户4还能够借助于无线连接9利用外部显示和控制设备40来控制移动CMM 1的功能。

[0052] 在图1b中,另外,提供了勘测仪器以用于检测大对象3的结构、确定对象3的孔2的位置和/或确定移动CMM 1相对于最近孔2或相对于基准坐标系统的实际位置和取向。在该示例中,勘测仪器和激光跟踪器设备6一样。为了评估,移动CMM 1和激光跟踪器设备6的测量结果借助于无线连接9、9'发送到外部计算机45。显然,无线连接9、9'还能够用基于有线的连接代替。

[0053] 在图2a至图2c中用示意截面图描绘了根据本发明的移动CMM 1的第一实施方式。

[0054] 图2a示出了放置在工件的表面30上并且定位在要测量的钻孔2上方的移动CMM 1。在孔2周围的表面30是平的并且孔2的中心轴8与表面30正交。移动CMM 1包括基座10和可借助于驱动机构12沿着旋转轴7移向基座10的主要垂直构件20。触针21附接至又附接至主要垂直构件20的辅助垂直构件22-辅助垂直构件22是可选的,触针21还能够直接附接至垂直构件20。触针21和垂直构件20、22可沿着旋转轴7相对于彼此以伸缩或可延伸的方式移动,使得能够将触针21深深地引入到孔2中。借助于驱动机构12,垂直构件20以及触针21能够绕

旋转轴7旋转。

[0055] 提供了发射器装置23和接收器装置24以用于通过触针21将两个测量光束特别是激光束发射到孔2中并且接收反射光以用于测量点坐标数据的推演。触针被适配用于借助于光学元件(诸如反射镜)和/或借助于光纤(未示出)将所发射的测量光束82、83引导到孔2中。第一测量光束83对着孔2的壁28与旋转轴7正交地发射。垂直测量光束82朝向孔2的底部发射。光束的反射然后通过触针21引导到接收器装置24以用于距离值的评估和推演。评估例如可以基于干涉测量方法。

[0056] CMM 1通过直立装置18搁在表面30上。在该实施方式中,直立装置18被构建为借助于腿连接至基座10的多个(至少三个)架台。腿包括可相对于彼此、基座10和/或架台18移动的腿构件15、17。架台18包括连接装置19,例如磁体或吸罩,以用于架台18与表面30的安全连接。在该图中,在孔2周围的表面30是平的,使得旋转轴7等于孔2的中心轴8。

[0057] 基座10包括作为其它部件的电能源的可充电电池装置11。

[0058] 在图2b和图2c中示出了图2a的同一CMM 1,上面放置有CMM 1的表面30现在是不平且不规则的,因为它不完全与孔2的中心轴8正交。

[0059] 图2b所示的CMM 1由于表面30的这个不规则性而未被正确地定位。因此,CMM 1的旋转轴7与孔2的中心轴8不同。基于通过利用测量光束82、83的测量接收到的与孔2相距的距离值,CMM 1的计算装置能够计算旋转轴7与中心轴8之间的角度错位和位置错位,并且通过将定位命令给予CMM 1的定位装置来启动定位过程。并且,基座10上的附加感知装置(未示出)(诸如指向孔2的相机)能够提供用于计算CMM 1的错位的数据-甚至在触针21被引入到孔2中之前。

[0060] 在图2c中示出了在已被正确地定位在孔2上方之后的CMM 1。已相对于图2b所描绘的情形重新布置了移动CMM 1的这些腿中的一个的定位装置15'、17'以便定位CMM 1,使得触针21的旋转轴7现在与孔的中心轴8重合。

[0061] 在图3a至图3c中描绘了根据本发明的移动CMM 1的两个另外的示例性实施方式。

[0062] 图3a示出了根据本发明的移动CMM 1的第二实施方式。它被放置在要测量的对象的表面30上。CMM 1包括定中心在孔2的上方的基座10。垂直构件20设置在基座10处可相对于基座10沿着旋转轴移动。辅助垂直构件22设置在垂直构件20上并且引入到孔2中。触针(未示出)设置在辅助垂直构件22上并且可绕旋转轴旋转。CMM 1借助于通过三条腿连接至基座的三个架台18而自主地直立在表面30上,所述三条腿各自具有可相对于彼此移动的三个腿构件15、16、17并且具有编码器装置(未示出)以用于检测单个构件15、16、17相对于彼此、相对于基座10和/或相对于架台18的位置和/或取向。在该实施方式中,三条腿中的每一个的三个腿构件15、16、17被设计为CMM 1的定位装置。

[0063] 图3b和图3c示出了根据本发明的移动CMM 1的第三实施方式。作为图3a的第二实施方式的差异,该实施方式包括用于CMM 1的定位的孔定中心装置25。除了腿构件15、腿构件16、腿构件17之外,这些也能够另选地或另外地作为定位装置被提供。孔定中心构件25包括附接至基座10并且设计用于进入孔2以及然后均匀地向外扩展以便对孔2的外壁施加压力以便在孔2中间在中心位置上移动基座10的至少三个定中心构件(由于立体图仅两个是可见的)。

[0064] 在图3b中孔定中心装置25被示出为处于它们的初始位置,部分地缩进到基座10

中。因为移动CMM 1未在中心定位在孔2上方,所以CMM 1的旋转轴与孔2的中心轴不同。基于根据在孔2内部的测量的距离值,CMM 1的计算装置能够计算旋转轴与中心轴之间的角度错位和位置错位,并且通过将定位命令给予CMM 1的定位装置来启动定位过程。并且,基座10上的附加感知装置(未示出)(诸如指向孔2的相机)能够提供用于计算CMM 1的错位的数据-甚至在触针被引入到孔2中之前。

[0065] 在图3c中使用孔定中心装置25的CMM 1的定位过程由指示移动方向的箭头指示。首先,孔定中心装置25从基座10朝向表面30缩进,进而部分地进入孔2(垂直箭头)。然后孔定中心装置25的构件朝向孔2的外壁移动(对角箭头)。因为CMM 1不在中心,所以构件不同时到达壁。首先到达壁的构件对孔2的外壁施加压力,从而将CMM 1推进相反方向(水平箭头)。用于在表面30上更容易移动的架台18能够包括在架台18中还能缩进的轮或辊。孔定中心装置25的构件均匀地移动,使得最后基座10在中心定位在孔2上方,使得能够沿着孔2的中心轴将触针引入到孔2中。

[0066] 在图4a和图4b中,根据本发明的触针的示例性实施方式被描绘为被引入到工件的孔2中。触针21被适配为将两个测量光束82、83发射到孔2中并且绕旋转轴7旋转。触针21附接至又附接至主要垂直构件20的辅助垂直构件22,其中的全部可沿着旋转轴7相对于彼此并且相对于CMM的基座(未示出)以伸缩或可延伸的方式移动。触针被引入到具有外壁28和底部29的孔2中。

[0067] 在图4a中,旋转轴7等于孔2的中心轴8。这是用于孔2的测量的两个轴7、8的理想布置,因为不必执行测量数据的再计算。触针21的发射段在中心定位于孔2中,并且第一测量光束83以与孔的中心轴8成 $90^\circ$ 的角度发射。在连续地或重复地发射第一测量光束83的同时,触针21绕中心轴7旋转,从而将第一测量光束83发射到孔2的壁上的多个测量点。

[0068] 在图4b中,旋转轴7与孔2的中心轴8不同。利用使第一测量光束83旋转而测量到的距离因此将导致椭圆孔的假象。基于在孔2的不同深度下的测量,CMM的计算装置(未示出)能够计算旋转轴7与孔的中心轴8的偏差并且使CMM的定位装置(未示出)再定位CMM。

[0069] 在图5a至图5c中,描绘了根据本发明的移动CMM 1的触针的三个另外的示例性实施方式。各个触针21附接至又附接至主要垂直构件20的辅助垂直构件22,至少部分地被引入到孔2中。孔2具有外壁28和底部29。

[0070] 在图5a中,触针21被适配为发射三个测量光束82、83、84并且绕旋转轴7旋转。作为图4a所描绘的实施方式的差异,附加的测量光束84与第一测量光束83平行地发射。这个平行测量光束84在孔2的不同深度下但是平行并且在与第一测量光束83相同的方向上发射。利用彼此平行地发射的这两个测量光束83、84,能够检测旋转轴7是否与孔的中心轴8平行。

[0071] 在图5b中,触针21被适配为在相反方向(具有 $180^\circ$ 的角度)上发射两个测量光束83、85并且绕旋转轴7旋转。利用在相反方向上发射的两个测量光束83、85,能够容易地检测到触针21的摆动(摇动、震颤、振动等)。

[0072] 在图5c中,触针21被适配为发射多个测量光束83、85、85a-85e。代替如图5b所示的两个测量光束,多个测量光束83、85、85a-85e在触针21的同一水平面发射到不同的方向中。这里,示出了六个测量光束,但是当然甚至更多的是可能的。利用在同一水平面在各种不同的方向上发射的多个测量光束83、85、85a-85e,触针21的完整旋转对于孔的外壁28的完整测量来说不是必需的而是仅 $360^\circ$ 除以测量光束的数量的旋转。这里利用六个光束,来回 $60^\circ$

的触针21的回转将是足够的。利用足够大数量的测量光束,触针21的旋转还可能是完全不必要的。

[0073] 自然地,所描绘的示例性实施方式的不同测量光束82-85、85a-85e能够彼此组合。优选地,触针21和/或辅助垂直构件22可以是可更换的,使得能够在同一CMM 1上使用测量光束82-85、85a-85e的不同布置。另选地,触针21可以是可适应的,使得能够根据所需测量在不同的方向上从同一触针21发射测量光束82-85。

[0074] 图6a和图6b示出了装配有触觉感测头26(即红宝石球)的触针21的另一实施方式。主要垂直构件20可绕旋转轴7旋转并且通过铰链27与辅助垂直构件22连接,使得具有触觉感测头26的触针21可朝向测量点倾斜。铰链27可手动地或优选地由致动器装置调整。能够借助于集成校准系统(特别包括相机或触觉系统)自动地校准铰链27的位置。

[0075] 在图6a中,触针21被描绘为测量孔2的外壁28上的测量点,旋转轴7等于孔2的中心轴8。在图6b中,触针21被描绘为测量位于对象的表面30上的升高局部结构2'上的测量点。

[0076] 在图7a和图7b中,描绘了用于确定对象的局部结构的测量点的空间坐标的系统的两个优选实施方式,其中,移动CMM 1包括以这样一种方式构建的可见特征50、60,即它们可由外围勘测装置5、6识别使得移动CMM 1相对于勘测装置5、6的位置和取向是可得到的。

[0077] 在图7a中,勘测装置是具有多个相机的立体相机系统5(或另选地单个相机),并且可见特征在立体相机系统5的图像中可识别。可见特征是诸如形状和/或颜色限定明确的一个或更多个几何对象50的被动可见特征的布置。它们还能够包括荧光或回复反射表面。例如,它们能够提供用于使它们在立体相机系统5的这些相机的图像中可识别的对比面和/或已知形状或几何构型。可见特征可以是在图像中可见且可识别的自然发生的特征,例如纹理、边缘、不同地着色的截面等。它们还能够由诸如借助于粘附作用、磁体、粘合剂、吸杯、胶水、螺钉、螺栓、夹具等附接的标记物之类的人工地施加的可见特征来体现。

[0078] 可见特征还可以是发射连续光或脉冲光的例如形式为诸如灯泡、LED、激光器、荧光材料等的光学发射器的主动光点。因为具体地未知形状和尺寸的单个可见特征一般而言不足以在五个或六个自由度上确定空间基准,所以一组多个可见特征用于由相机参照。移动CMM 1例如能够装配有作为主动可见特征的多个LED的布置,其中,以它的位置和取向能够被唯一地确定(例如由闪烁码、不同颜色等帮助)的这样一种方式构建了所述布置。

[0079] 在图7b中,勘测装置是具有激光跟踪器和相机的激光跟踪器系统6。可见特征被构建为包括可由用于测量移动CMM 1的位置的激光跟踪器跟踪的回复反射器的测量设备60和其它特征,具体地在相机的图像中可识别以用于得到移动CMM 1的取向的主动光点。

[0080] 所描绘的激光跟踪器6借助于激光束来测量到测量设备60的回复反射器的距离。所描绘的测量设备60此外包括例如作为相对于CMM 1的基座10按照已知构造所布置的反射或主动光点构建的多个目标标记物。激光跟踪器6包括具体地作为具有可变缩放的可聚焦相机系统构建的测量相机,以用于检测测量设备60的目标标记物。基于所检测到的目标标记物的位置,测量设备60进而CMM 1的取向是可得到的。

[0081] 图8a和8b描绘了图7a和图7b的系统的两个另外的示例性实施方式。这些例示了移动CMM 1与局部结构2之间的限定空间关系如何能够通过CMM 1和对象3相对于公共坐标系统的位置和取向的动态确定来建立。勘测装置5、6、6'被设置来检测CMM 1上的可见特征50、60以及对象3上的可见特征53、63。

[0082] 在图8a中,勘测装置是立体相机系统5并且可见特征被构建为诸如形状和/或颜色限定明确的一个或更多个几何对象的被动可见特征的布置50、53(如图7a所描述的)。几何对象50的第一布置被放置在CMM 1上,而几何对象53的第二布置被放置在对象3的表面30上。立体相机系统5被设计用于动态地检测CMM 1以及对象3的位置和取向。因此,CMM 1与对象3的局部结构2之间的空间关系可高精确地确定。

[0083] 在图8b中,勘测装置包括两个激光跟踪器系统6、6'并且可见特征被构建为包括可由用于分别测量移动CMM 1和对象3的位置的激光跟踪器跟踪的回复反射器的测量设备60、63(如图7b所描述的)以及其它特征,特别是主动光点,其在相机的图像中可识别以用于分别得到移动CMM 1的取向和对象3的取向。第一激光跟踪器系统6被设计用于动态地检测CMM 1的位置和取向,而第二激光跟踪器系统6'被设计用于动态地检测对象3的位置和取向。在公共坐标系统中,参照了两个激光跟踪器系统6、6',使得CMM 1与对象3的局部结构2之间的空间关系可高精确地确定。

[0084] 图7a和图7b以及图8a和图8b所示的所有可见特征50、53、60、63能够借助于粘附作用、磁体、粘合剂、吸杯、胶水、螺钉、螺栓、夹具等分别附接至CMM 1或表面30。优选地,可见特征50、53、60、63与CMM 1或表面30之间的空间关系的准确度分别至少和传感器装置的测量的准确度一样高。

[0085] 尤其,CMM 1与要测量的局部结构2之间的限定空间关系的容差比用于确定局部结构2的测量点的空间坐标的所应用的方法的特性分辨率小,具体地小至少二个小数位的数量级。结果,在建立空间关系时可能的不精确当与CMM 1的典型测量误差相比时不成比例。如果限定空间关系的容差小至少两个数量级,则发生的误差如此小以致它们通常在CMM 1的测量不准确度的“随机噪声”中不可辨识。例如,如果CMM 1的测量准确到毫米,则空间关系的准确度容差将必须小于那个,例如一毫米的十分之一(小一个数量级)或一毫米的百分之一(小两个数量级)。

[0086] 尽管以上部分地参照一些优选实施方式例示了本发明,但是必须理解,能够做出这些实施方式的不同特征的许多修改和组合。这些修改中的全部位于随附权利要求的范围内。



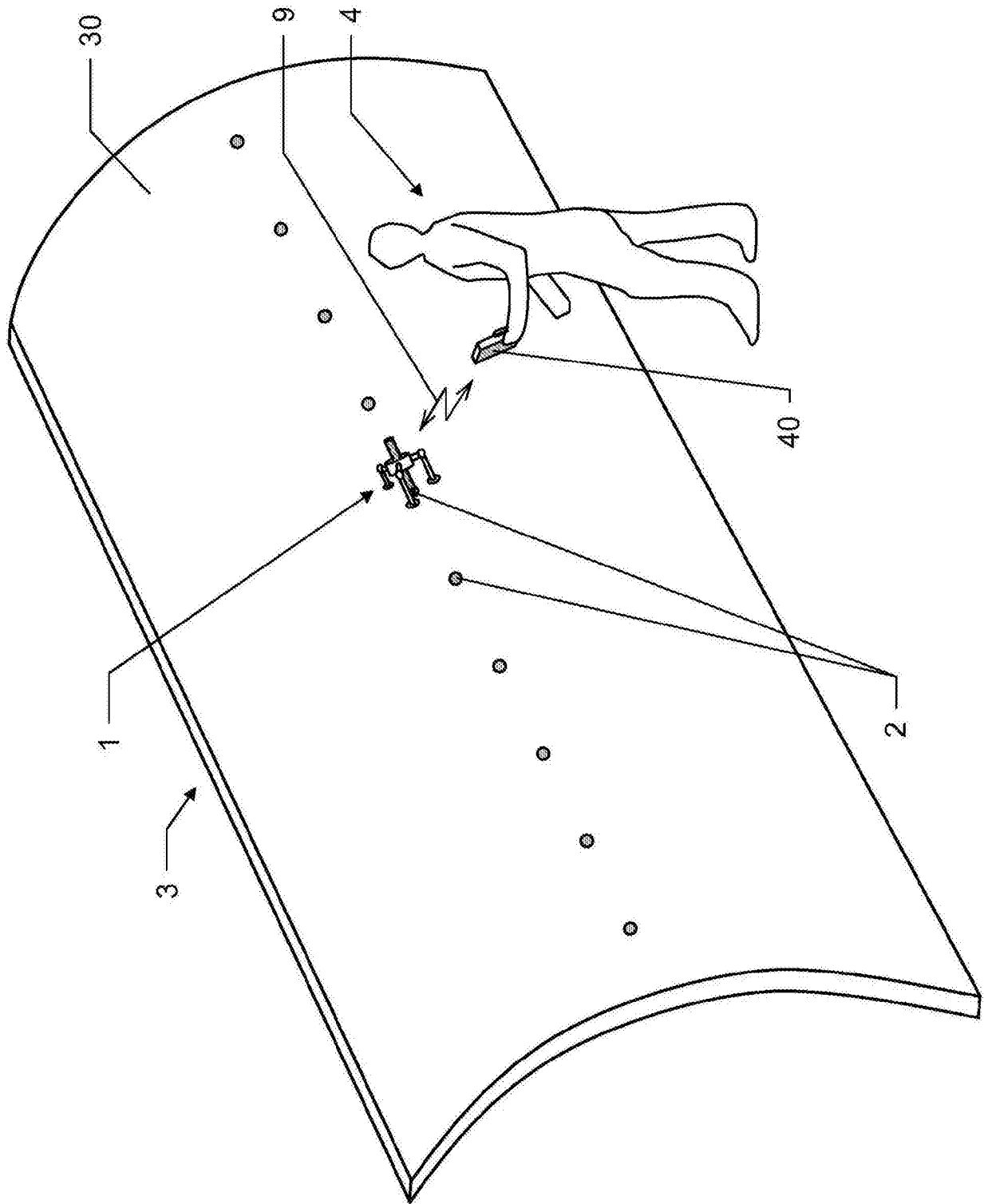


图1a

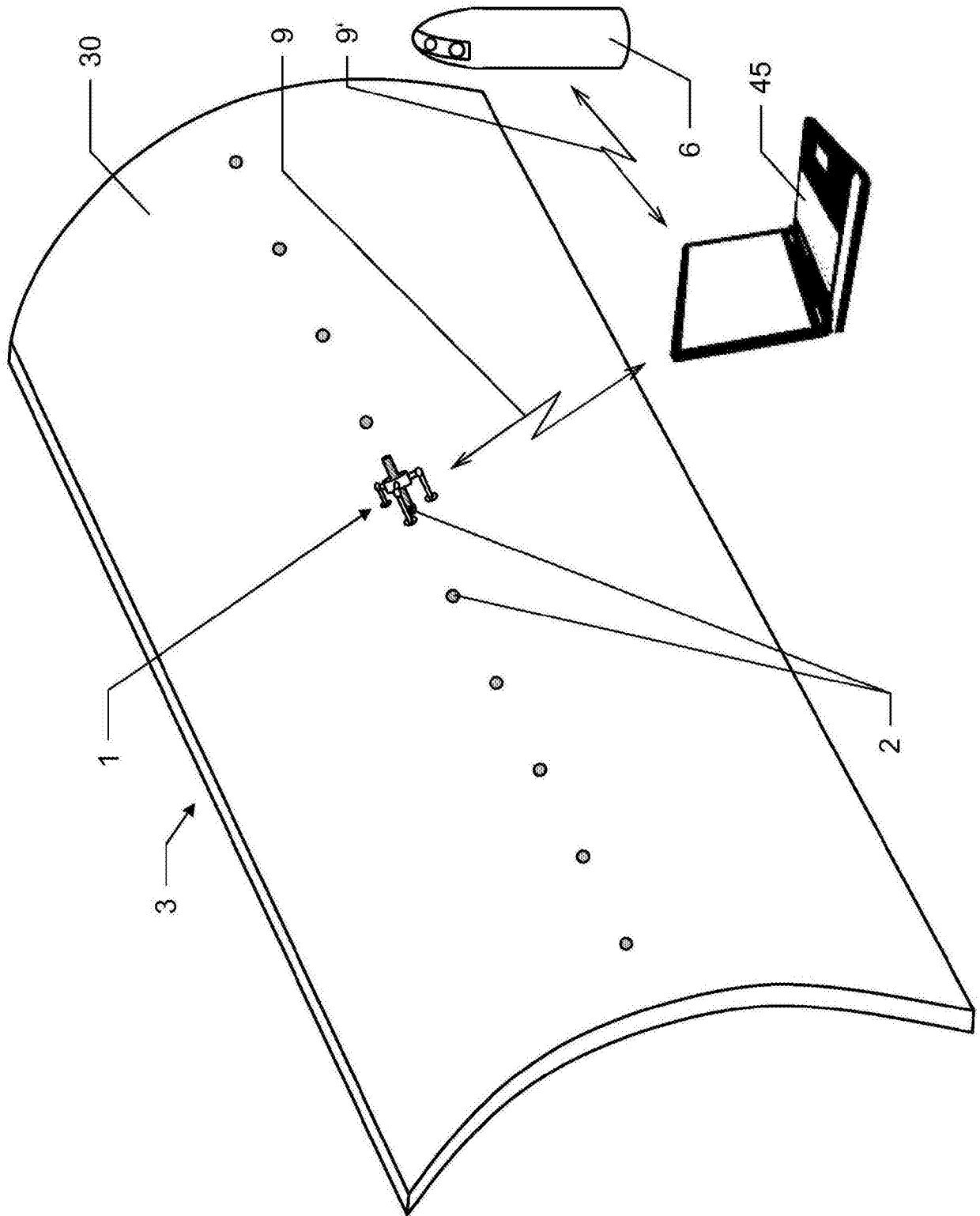


图1b

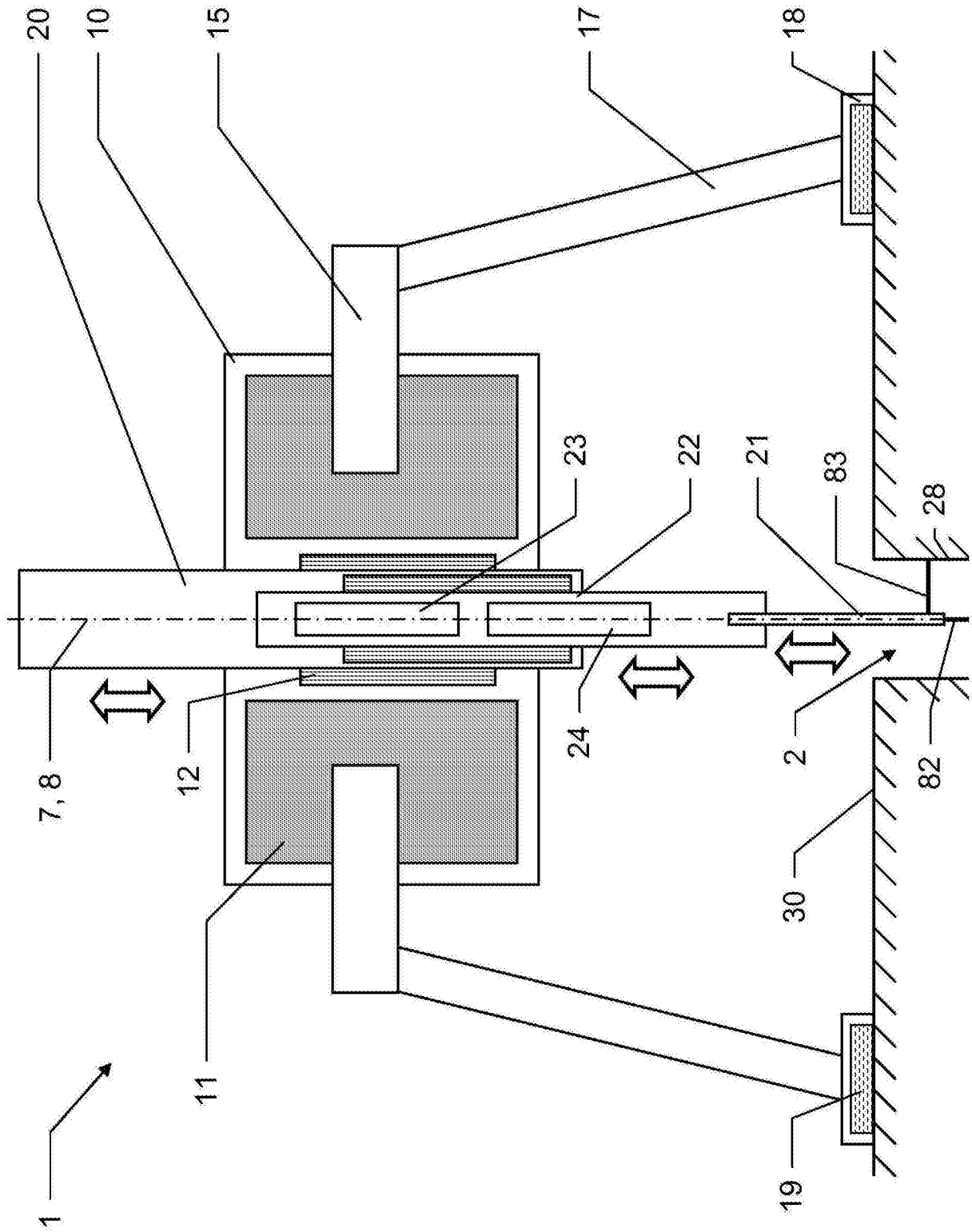


图2a

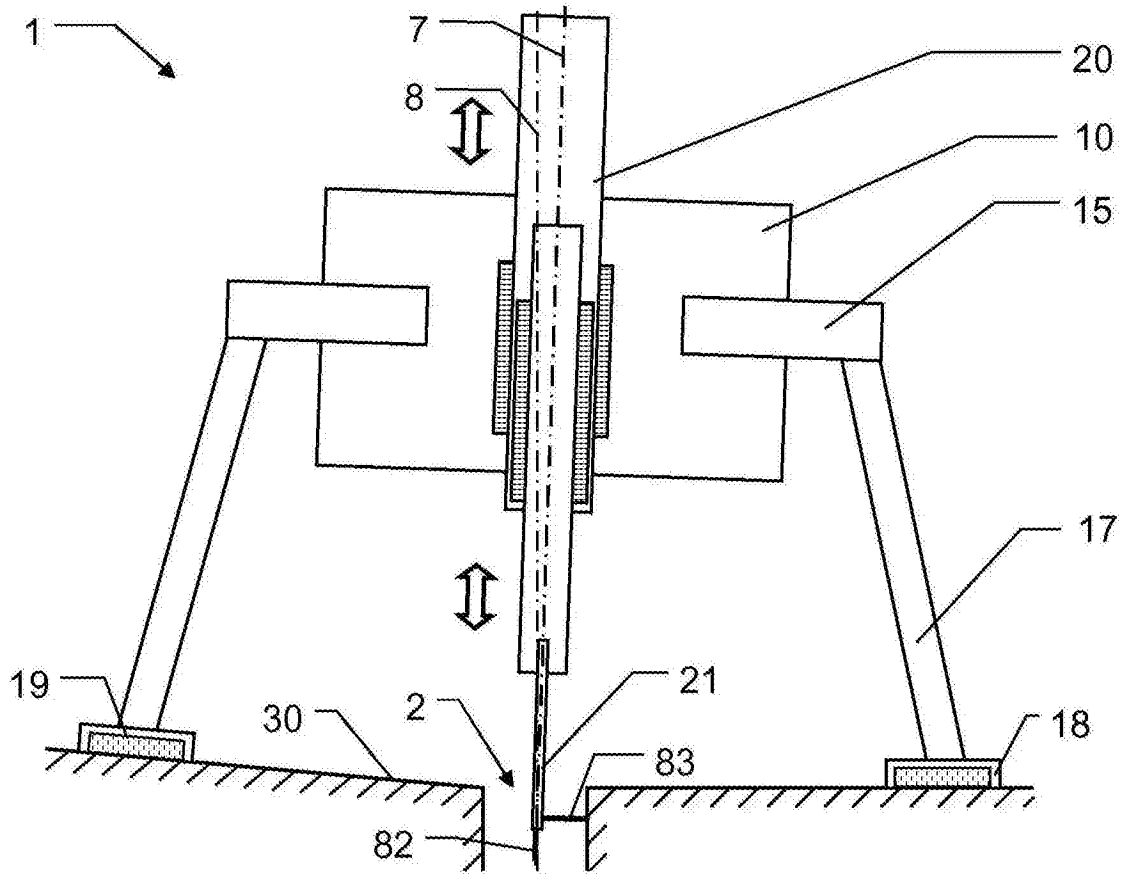


图2b

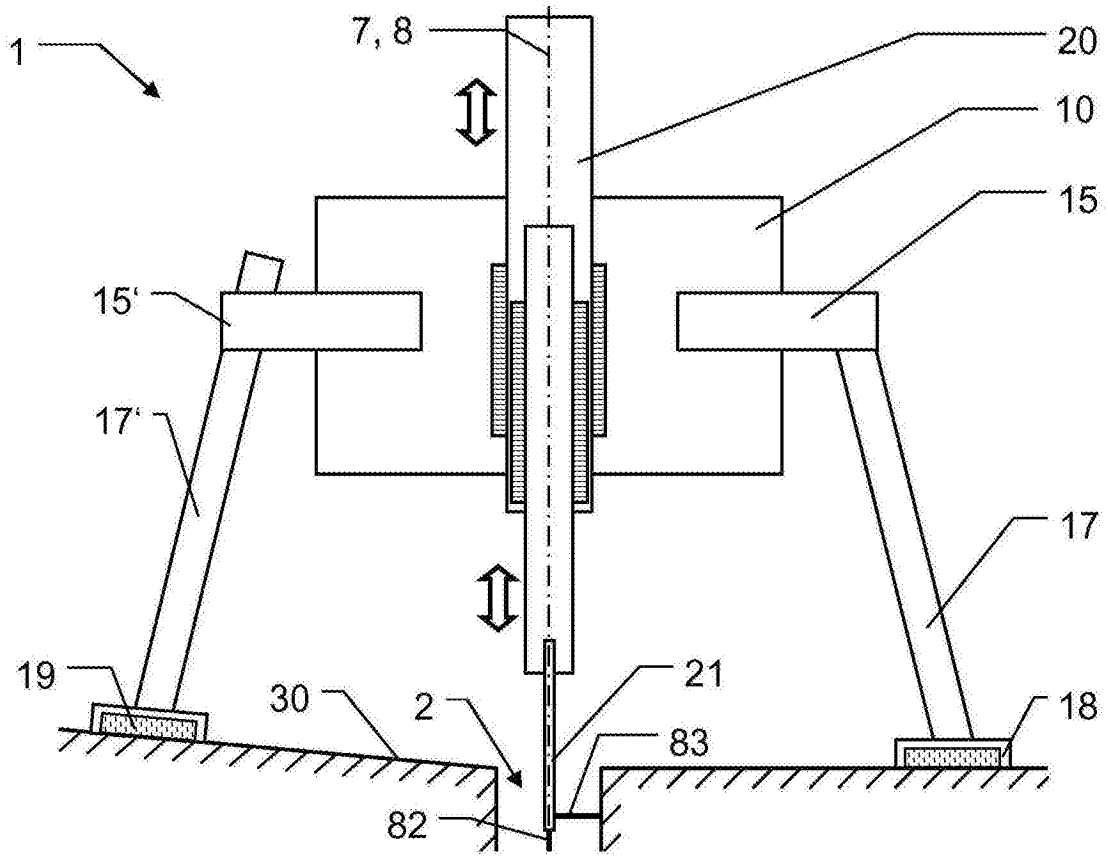


图2c

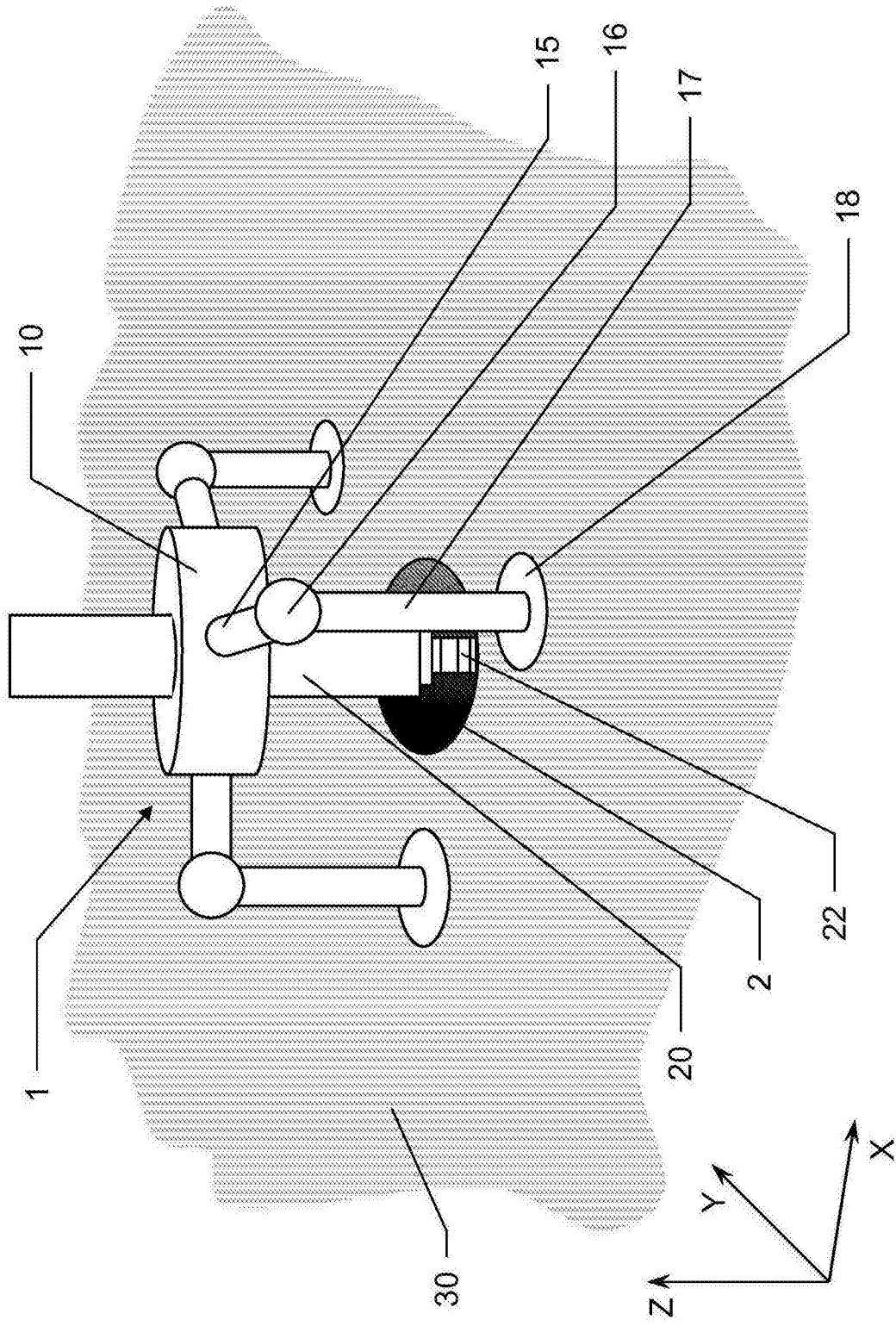


图3a

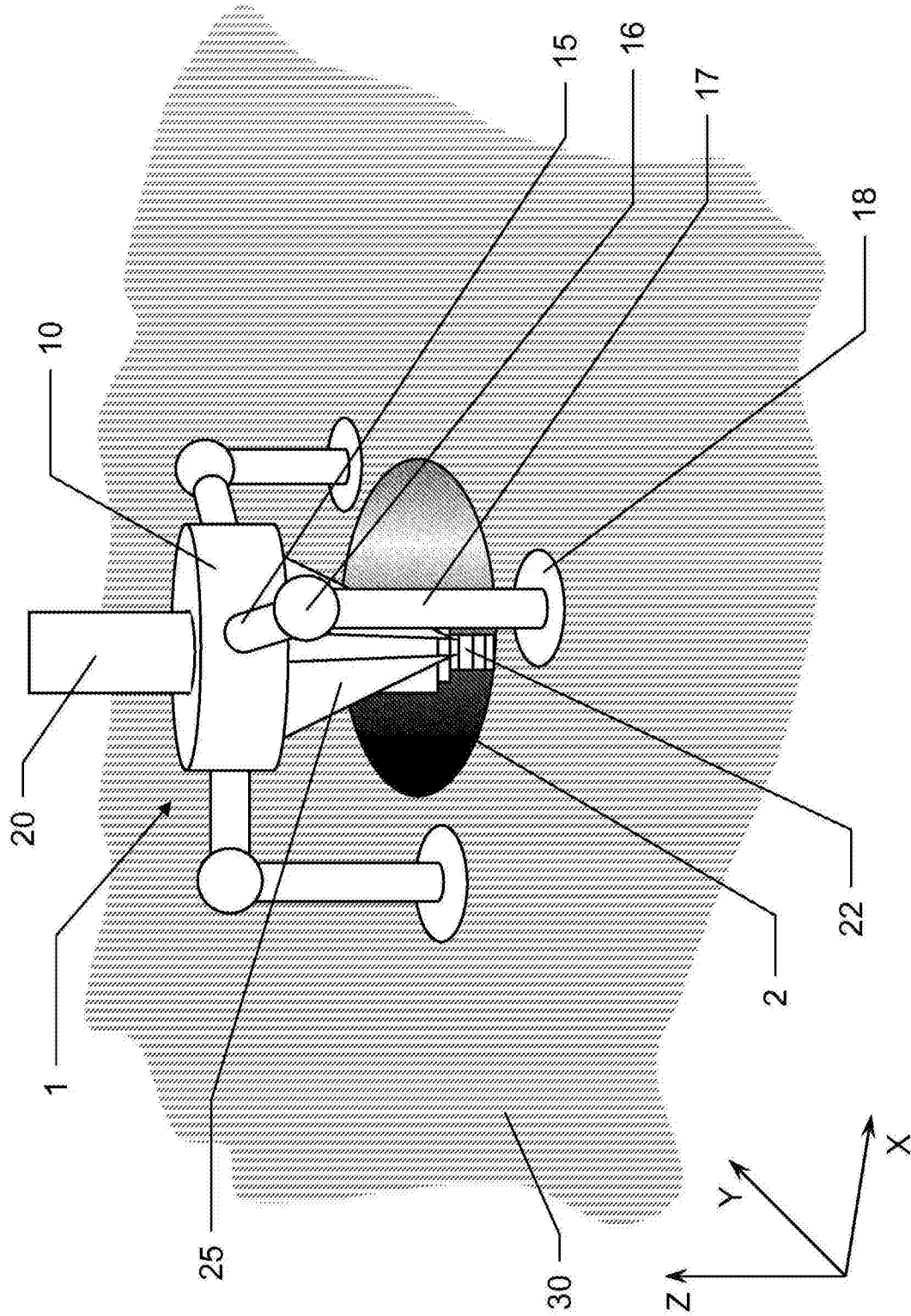


图3b

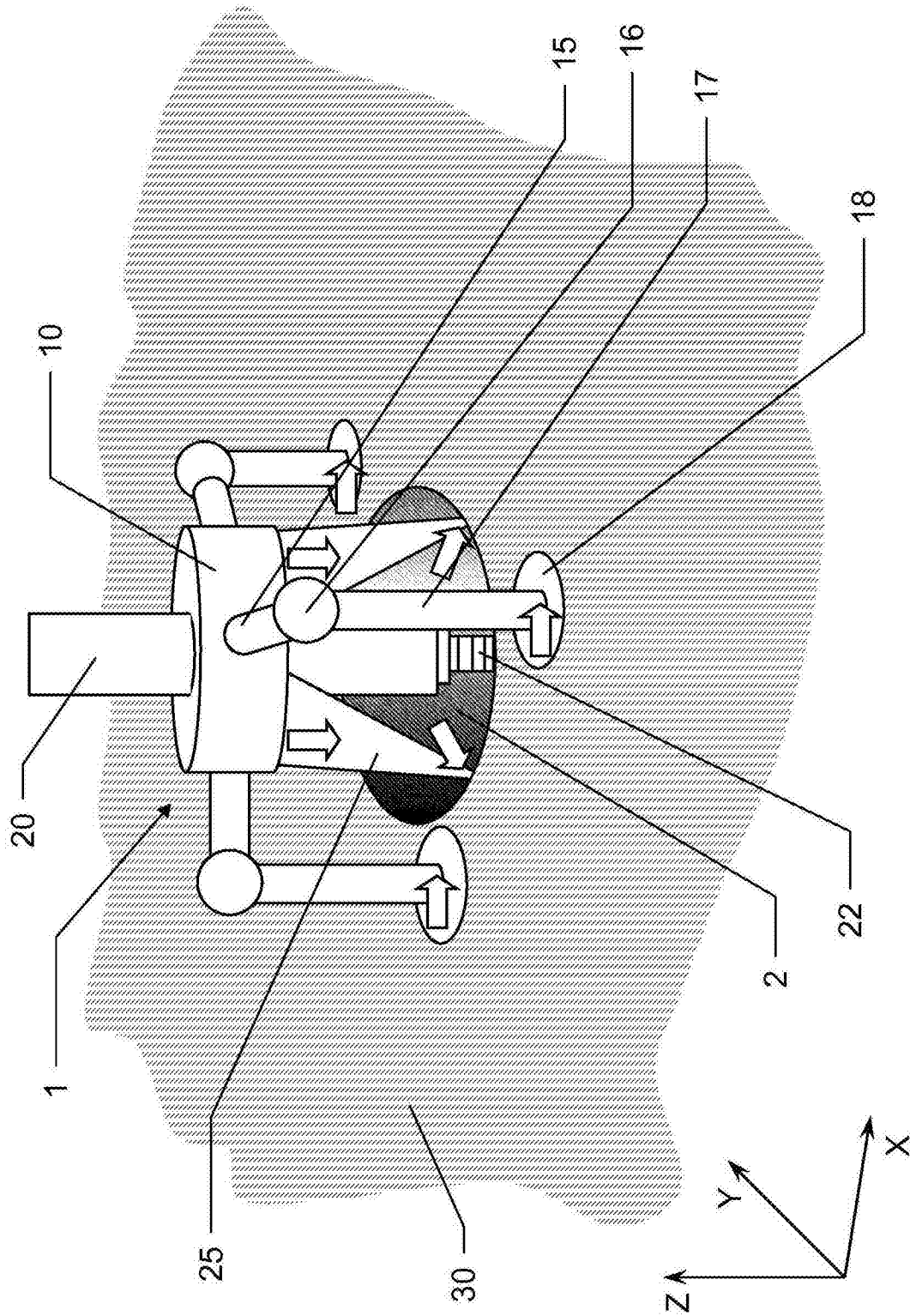


图3c



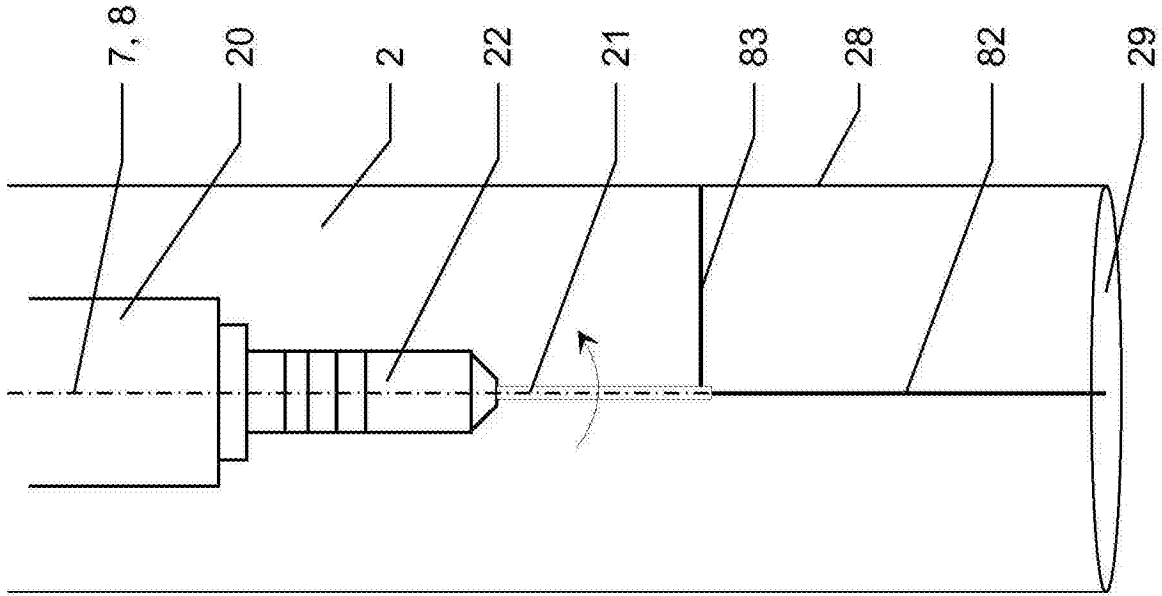


图4a

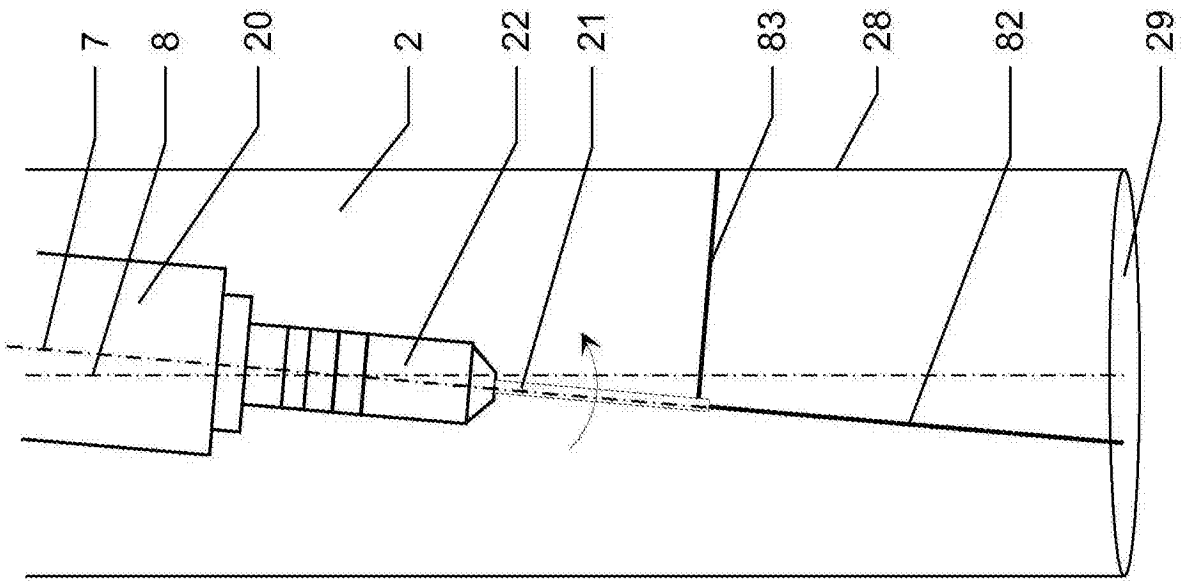


图4b

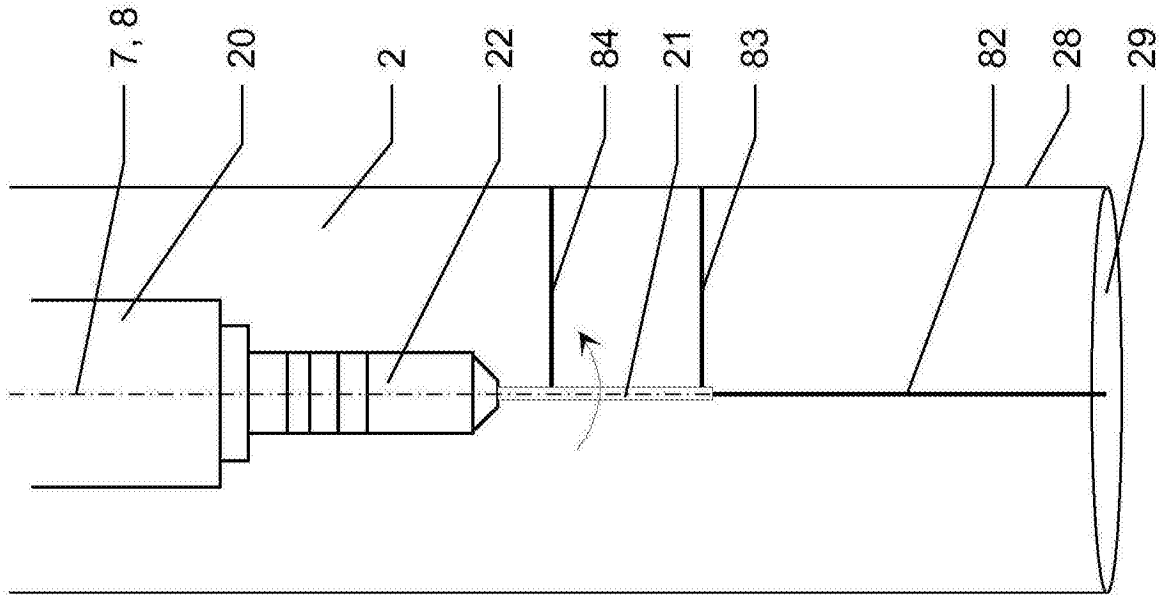


图5a

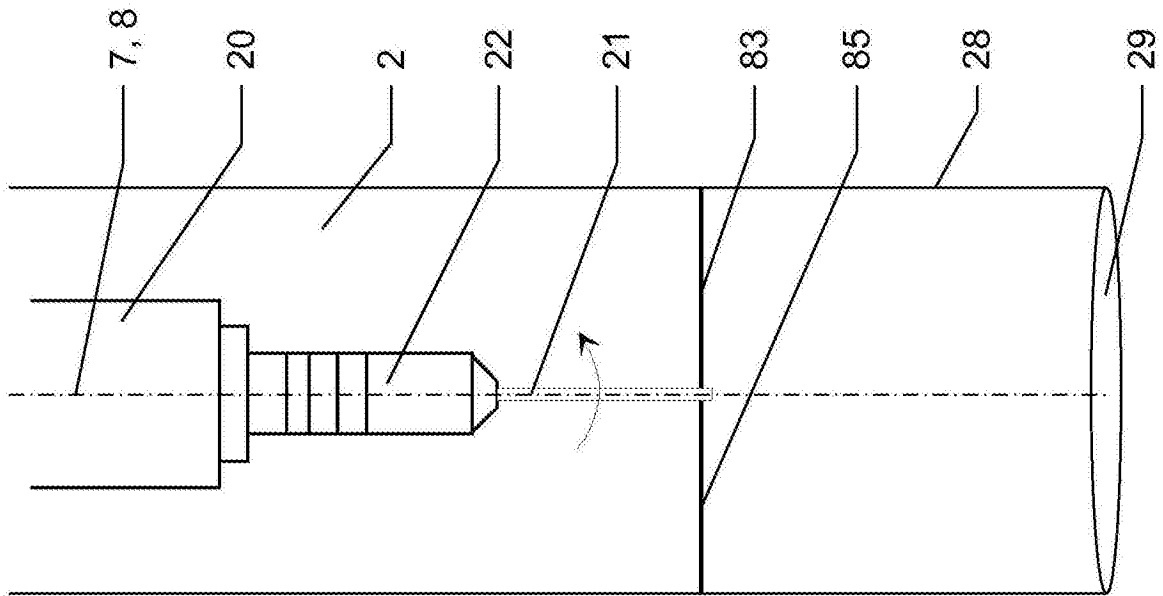


图5b

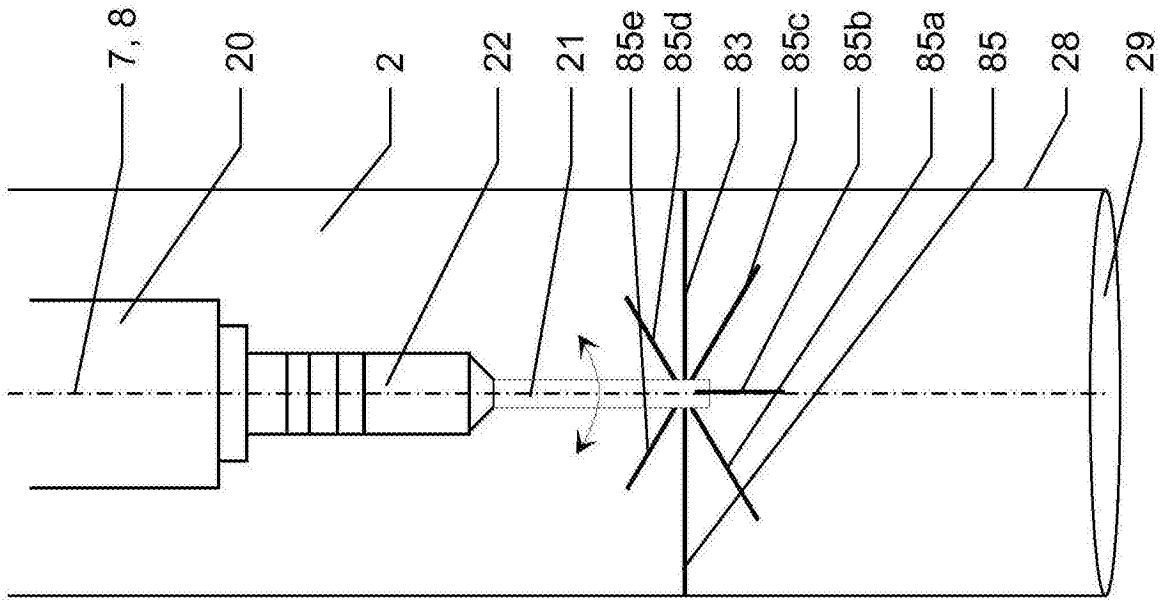


图5c

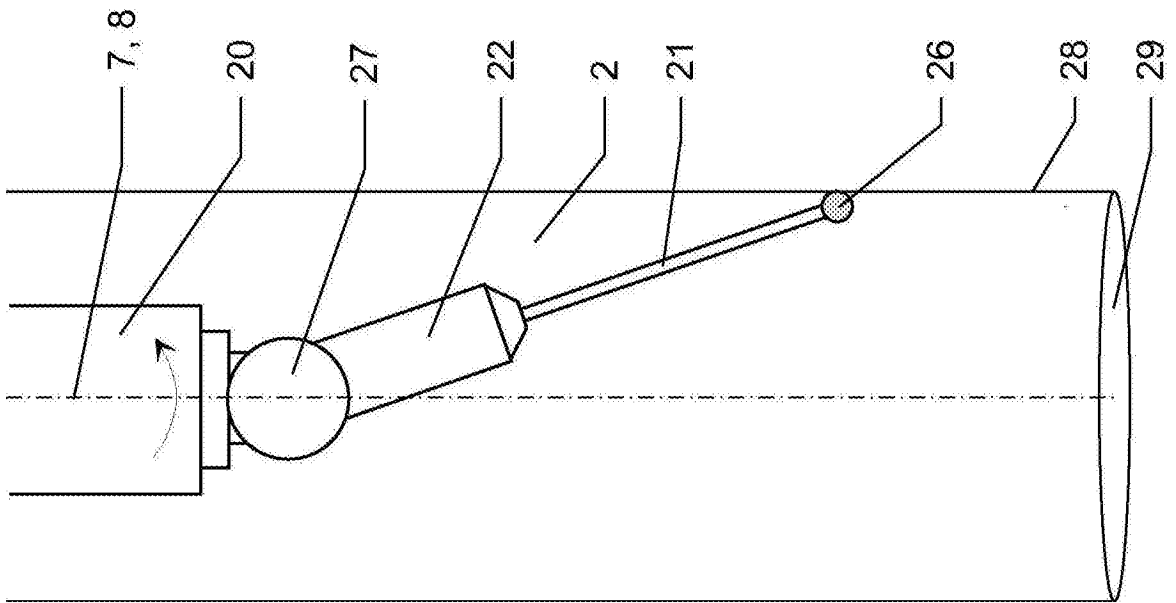


图6a

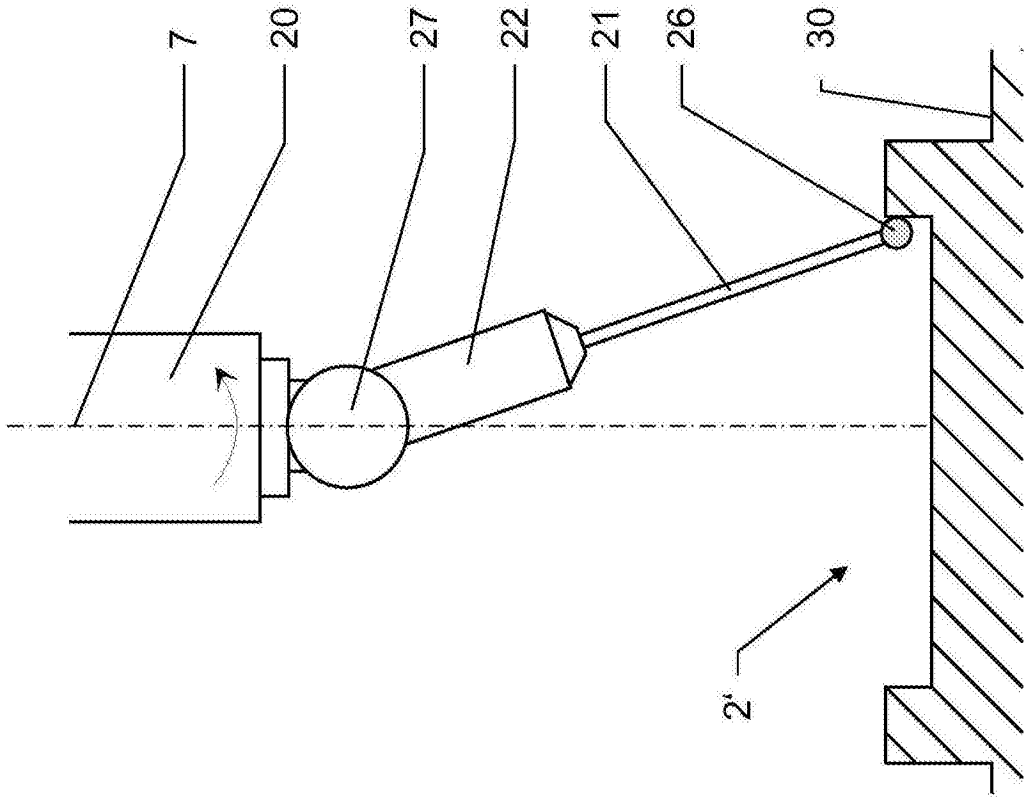


图6b

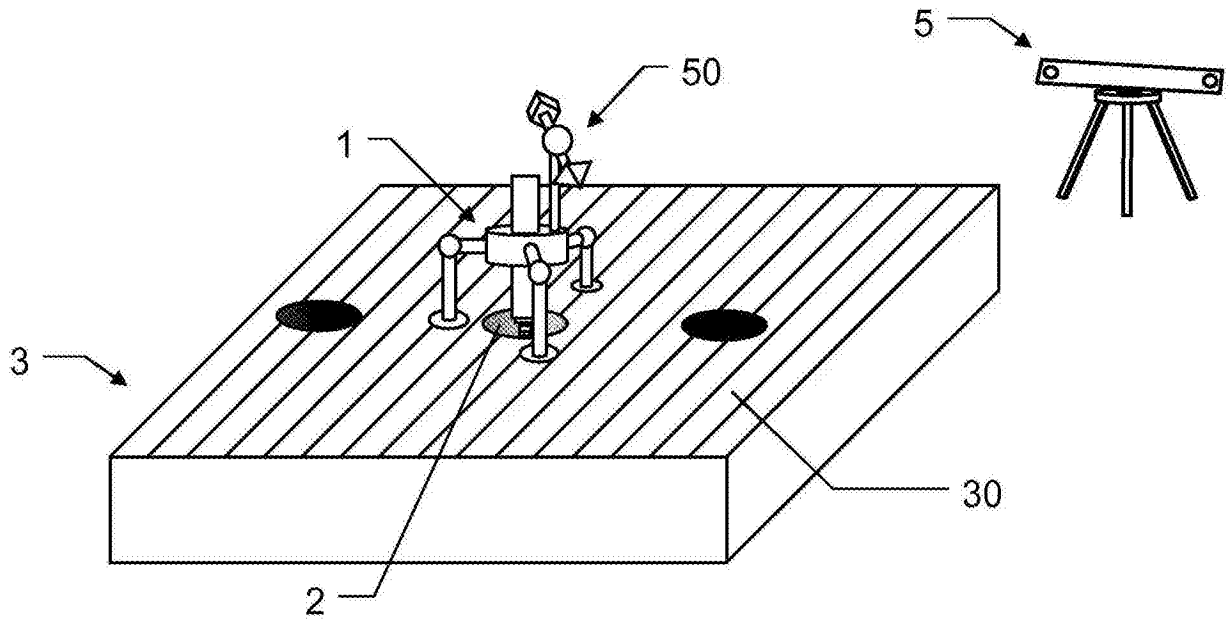


图7a

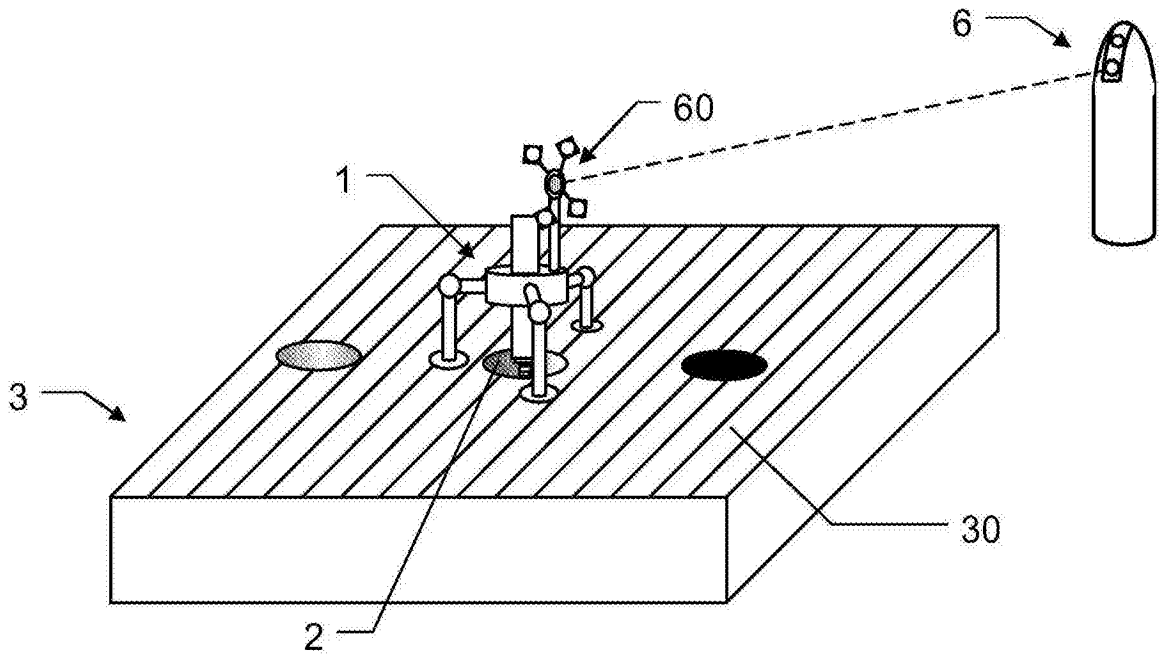


图7b

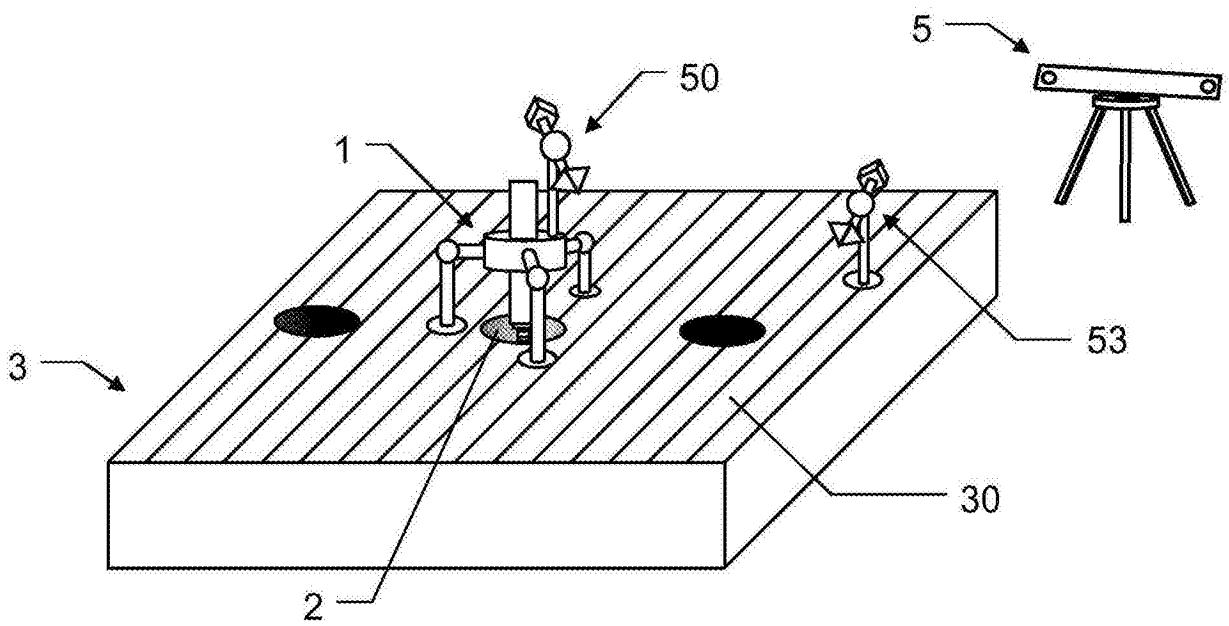


图8a

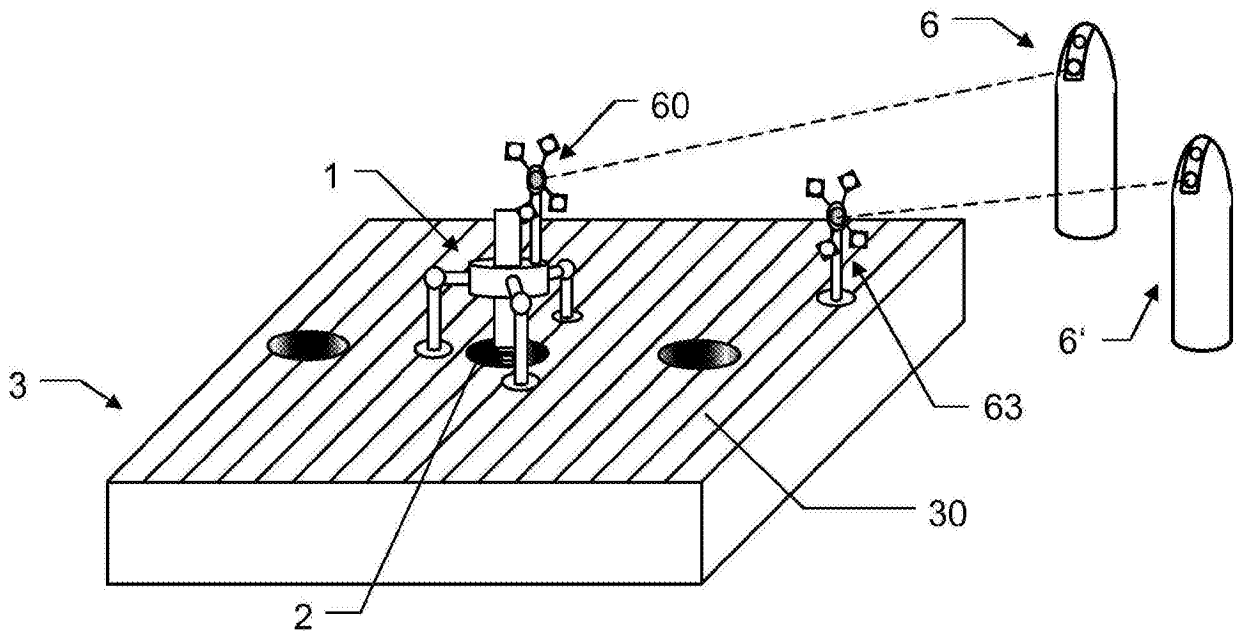


图8b