



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102317737 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 05

(21) 申请号 201080007441. 4

代理人 党晓林 王小东

(22) 申请日 2010. 02. 11

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01B 21/04 (2006. 01)

09152501. 4 2009. 02. 11 EP

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

US 4587622 A, 1984. 05. 06, 说明书第 1 栏第 1-40 行, 第 3 栏第 1 行 - 第六栏第 59 行及图 1, 3-5, 7, 8.

2011. 08. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 86101800 A, 1986. 09. 17, 全文.

PCT/EP2010/051747 2010. 02. 11

DE 4421301 A1, 1995. 12. 21, 全文.

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2004/231177 A1, 2004. 11. 25, 全文.

W02010/092131 EN 2010. 08. 19

审查员 邢明浩

(73) 专利权人 莱卡地球系统公开股份有限公司

地址 瑞士海尔博瑞格

(72) 发明人 波·佩特尔松 克努特·西尔克斯

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

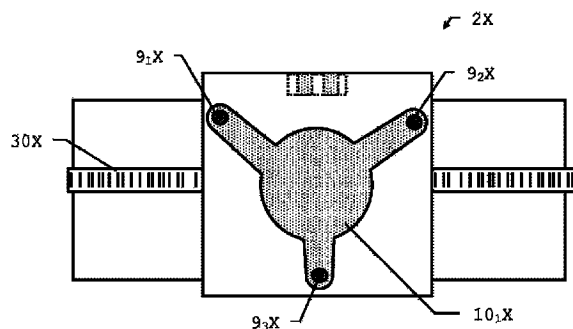
权利要求书4页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

坐标测量机(CMM)和补偿坐标测量机中的误差的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种坐标测量机(1),其包括静止的基座(3)、探头(6)和用于沿第一方向运动的至少一个线性驱动机构(2X, 2Y, 2Z),该线性驱动机构具有线性导向件(4X, 4Y)和可动部件(5X, 5Y),该可动部件由轴承(7<sub>1</sub>X, 7<sub>2</sub>X, 7<sub>3</sub>X, 7<sub>4</sub>X, 7<sub>1</sub>Y, 7<sub>2</sub>Y, 7<sub>3</sub>Y, 7<sub>4</sub>Y)支撑以沿着导向件运动。线性驱动机构(2X, 2Y, 2Z)至少还包括具有至少两个位移传感器(9<sub>1</sub>X, 9<sub>2</sub>X, 9<sub>3</sub>X, 9<sub>4</sub>X, 9<sub>5</sub>X, 9<sub>1</sub>Y, 9<sub>2</sub>Y, 9<sub>3</sub>Y, 9<sub>4</sub>Y, 9<sub>5</sub>Y)的预校准的第一集成式传感器组件(10<sub>1</sub>X, 10<sub>2</sub>X, 10<sub>1</sub>Y, 10<sub>2</sub>Y),每个位移传感器均用于测量沿与第一方向(X, Y, Z)不平行的方向从可动部件(5X, 5Y)到导向件(4X, 4Y)的距离,其中感测到的距离表示可动部件(5X, 5Y)沿垂直于第一方向(X, Y, Z)的方向从通常的支承位置移位的平移位移以及可动部件(5X, 5Y)的旋转位移。



1. 一种用于确定待测物体(12)上的测量点(13)的至少一个空间坐标的坐标测量机(1),所述坐标测量机包括:

静止的基座(3);

探头(6),所述探头能相对于所述基座(3)运动,

至少一个线性驱动机构(2X,2Y,2Z),所述至少一个线性驱动机构用于提供所述探头(6)沿第一方向(X,Y,Z)相对于所述基座(3)的可动性;

所述线性驱动机构(2X,2Y,2Z)具有:

沿所述第一方向(X,Y,Z)的线性导向件(4X,4Y);

可动部件(5X,5Y),所述可动部件由轴承(7<sub>1</sub>X,7<sub>2</sub>X,7<sub>3</sub>X,7<sub>4</sub>X,7<sub>1</sub>Y,7<sub>2</sub>Y,7<sub>3</sub>Y,7<sub>4</sub>Y)支撑以沿着所述导向件(4X,4Y)运动;以及

线性测量仪器(8X,8Y),所述线性测量仪器用于确定所述可动部件(5X,5Y)沿所述第一方向(X,Y,Z)的第一驱动位置;

以及

计算单元(11),所述计算单元用于至少根据所述第一驱动位置确定所述空间坐标;

其特征在于:

所述线性驱动机构(2X,2Y,2Z)还至少包括预校准的第一集成式传感器组件(10<sub>1</sub>X,10<sub>2</sub>X,10<sub>1</sub>Y,10<sub>2</sub>Y),所述第一集成式传感器组件具有至少两个位移传感器(9<sub>1</sub>X,9<sub>2</sub>X,9<sub>3</sub>X,9<sub>4</sub>X,9<sub>5</sub>X,9<sub>1</sub>Y,9<sub>2</sub>Y,9<sub>3</sub>Y,9<sub>4</sub>Y,9<sub>5</sub>Y),每个所述位移传感器均被构造成用于测量沿与所述第一方向(X,Y,Z)不平行的方向从所述可动部件(5X,5Y)到所述导向件(4X,4Y)的距离,具体的是所述可动部件(5X,5Y)和所述导向件(4X,4Y)的面对的表面(4S<sub>1</sub>X,4S<sub>2</sub>X,5S<sub>1</sub>X,5S<sub>2</sub>X)之间的支承距离,

其中,所述预校准的第一集成式传感器组件(10<sub>1</sub>X,10<sub>2</sub>X,10<sub>1</sub>Y,10<sub>2</sub>Y):

包括共用壳体,该壳体用于以所述位移传感器(9<sub>1</sub>X,9<sub>2</sub>X,9<sub>3</sub>X,9<sub>4</sub>X,9<sub>5</sub>X,9<sub>1</sub>Y,9<sub>2</sub>Y,9<sub>3</sub>Y,9<sub>4</sub>Y,9<sub>5</sub>Y)相对于彼此的精确已知的空间和几何关系使所述位移传感器(9<sub>1</sub>X,9<sub>2</sub>X,9<sub>3</sub>X,9<sub>4</sub>X,9<sub>5</sub>X,9<sub>1</sub>Y,9<sub>2</sub>Y,9<sub>3</sub>Y,9<sub>4</sub>Y,9<sub>5</sub>Y)刚性地连接在一起,并且

被构造成模块而形成一个结合的部件,使得所述传感器组件能够整体地安装于所述坐标测量机(1)并能够整体地从所述坐标测量机(1)移除,

并且其中,感测到的距离表示:

所述可动部件(5X,5Y)沿垂直于所述第一方向(X,Y,Z)的方向从通常的支承位置移位的平移位移;和

所述可动部件(5X,5Y)的旋转位移;

所述空间坐标由所述计算单元(11)进一步根据所表示的位移来确定。

2. 根据权利要求1所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

所述位移传感器(9<sub>1</sub>X,9<sub>2</sub>X,9<sub>3</sub>X,9<sub>4</sub>X,9<sub>5</sub>X,9<sub>1</sub>Y,9<sub>2</sub>Y,9<sub>3</sub>Y,9<sub>4</sub>Y,9<sub>5</sub>Y)被构造为光学距离传感器、电容距离传感器或电感距离传感器。

3. 根据权利要求1或2所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

所述轴承(7<sub>1</sub>X,7<sub>2</sub>X,7<sub>3</sub>X,7<sub>4</sub>X,7<sub>1</sub>Y,7<sub>2</sub>Y,7<sub>3</sub>Y,7<sub>4</sub>Y)被构造为空气轴承。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

所述线性导向件(4X,4Y)包括第一表面(4S<sub>1</sub>X)和第二表面(4S<sub>2</sub>X),所述第一表面和所述第二表面构成平行于所述第一方向(X,Y,Z)的边缘,

其中,所述可动部件(5X,5Y)具有与所述线性导向件(4X,4Y)的两个所述表面(4S<sub>1</sub>X,4S<sub>2</sub>X)相面对的第一表面(5S<sub>1</sub>X)和第二表面(5S<sub>2</sub>X),具体地,其中相面对的第一表面(4S<sub>1</sub>X,5S<sub>1</sub>X)之间和相面对的第二表面(4S<sub>2</sub>X,5S<sub>2</sub>X)之间具有气垫。

5. 根据权利要求 4 所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

所述第一集成式传感器组件(10<sub>1</sub>X,10<sub>2</sub>X)包括三个位移传感器(9<sub>1</sub>X,9<sub>2</sub>X,9<sub>3</sub>X,9<sub>1</sub>Y,9<sub>2</sub>Y,9<sub>3</sub>Y)并且被布置在所述可动部件(5X,5Y)的所述第一表面(5S<sub>1</sub>X)上,以测量从所述可动部件(5X,5Y)的所述第一表面(5S<sub>1</sub>X)到所述导向件(4X,4Y)的所述第一表面(4S<sub>1</sub>X)的三个距离。

6. 根据权利要求 5 所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

在所述可动部件(5X,5Y)的所述第二表面(5S<sub>2</sub>X)上布置包括至少两个位移传感器(9<sub>4</sub>X,9<sub>5</sub>X,9<sub>4</sub>Y,9<sub>5</sub>Y)的第二集成式传感器组件(10<sub>1</sub>Y,10<sub>2</sub>Y),以测量从所述可动部件(5X,5Y)的所述第二表面(5S<sub>2</sub>X)到所述导向件(4X,4Y)的所述第二表面(4S<sub>2</sub>X)的两个距离,

其中,由所述第一集成式传感器组件(10<sub>1</sub>X,10<sub>2</sub>X)和所述第二集成式传感器组件(10<sub>1</sub>Y,10<sub>2</sub>Y)的所述位移传感器感测到的距离表示:

所述可动部件(5X,5Y)沿两个方向从通常的支承位置移位的两个平移位移,这两个方向中的一个方向垂直于所述可动部件(5X,5Y)的所述第一表面,另一个方向垂直于所述可动部件(5X,5Y)的所述第二表面;和

所述可动部件(5X,5Y)绕三个轴的三个旋转位移,这三个轴中的一个轴平行于所述第一方向,一个轴垂直于所述可动部件(5X,5Y)的所述第一表面,一个轴垂直于所述可动部件(5X,5Y)的所述第二表面,

其中,所述空间坐标进一步根据所述两个平移位移和所述三个旋转位移来确定。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

所述传感器组件(10<sub>1</sub>X,10<sub>2</sub>X,10<sub>1</sub>Y,10<sub>2</sub>Y)的所述壳体包括由支柱构造成的框架结构,

具体地,其中所述壳体或所述框架结构可由殷钢或碳纤维材料构成或者包括殷钢或碳纤维材料,从而允许所述位移传感器相对于彼此具有高几何稳定性和不变的空间关系。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

所述坐标测量机(1)构造成用于确定所述测量点(13)的三个空间坐标并且包括:

三个线性驱动机构(2X,2Y,2Z),这三个线性驱动机构用于提供所述探头(6)沿所述第一方向(X)、第二方向(Y)以及第三方向(Z)相对于所述基座(3)的可动性,

每个线性驱动机构(2X,2Y,2Z)具有:

分别沿所述第一方向(X)、第二方向(Y)或第三方向(Z)的线性导向件(4X,4Y);

可动部件(5X,5Y),该可动部件(5X,5Y)由轴承支撑以沿着所述导向件(4X,4Y)运动;  
线性测量仪器(8X,8Y),该线性测量仪器用于确定所述可动部件(5X,5Y)分别沿所述第一方向(X)、第二方向(Y)或第三方向(Z)的相应的第一驱动位置、第二驱动位置或第三驱动位置;以及

至少一个预校准的集成式传感器组件(10<sub>1</sub>X,10<sub>2</sub>X,10<sub>1</sub>Y,10<sub>2</sub>Y),该至少一个预校准的集成式传感器组件包括至少两个位移传感器(9<sub>1</sub>X,9<sub>2</sub>X,9<sub>3</sub>X,9<sub>4</sub>X,9<sub>5</sub>X,9<sub>1</sub>Y,9<sub>2</sub>Y,9<sub>3</sub>Y,9<sub>4</sub>Y,9<sub>5</sub>Y),用于指示所述可动部件(5X,5Y)从通常的支承位置移位的至少一个平移位移和至少一个旋转位移,具体地是两个平移位移和三个旋转位移;

其中,所述计算单元被设计成用于根据每个所述可动部件(5X,5Y)的所述第一驱动位置、所述第二驱动位置以及所述第三驱动位置和所感测到的位移确定所述三个空间坐标。

9. 根据权利要求1或2所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

根据下列类型中的一个设计所述坐标测量机(1):

桥式,

L桥式,

水平臂式,

悬臂式,

龙门式。

10. 根据权利要求1或2所述的坐标测量机(1),

其特征在于:

在所述探头(6)上布置接触式探针或者非接触式探针,所述接触式探针具体的是扫描式探针或接触触发式探针,所述非接触式探针具体的是光学探针、电容探针或电感探针,和/或

所述基座(3)包括工作台,该工作台具有用于支承所述待测物体的花岗岩表面板。

11. 一种补偿根据权利要求1至10中的任一项所述的坐标测量机(1)中的误差的方法,所述坐标测量机确定待测物体(12)上的测量点(13)的至少一个空间坐标,

所述坐标测量机(1)具有:

至少一个线性驱动机构(2X,2Y,2Z),该至少一个线性驱动机构用于提供探头(6)沿第一方向(X,Y,Z)的可动性,该至少一个线性驱动机构具有:

沿所述第一方向(X,Y,Z)的线性导向件(4X,4Y);

可动部件(5X,5Y),该可动部件由轴承支撑以沿着所述导向件(4X,4Y)运动;以及

线性测量仪器(8X,8Y),该线性测量仪器用于确定所述可动部件沿所述第一方向(X,Y,Z)的第一驱动位置;

其特征在于:

通过至少利用具有至少两个位移传感器(9<sub>1</sub>X,9<sub>2</sub>X,9<sub>3</sub>X,9<sub>4</sub>X,9<sub>5</sub>X,9<sub>1</sub>Y,9<sub>2</sub>Y,9<sub>3</sub>Y,9<sub>4</sub>Y,9<sub>5</sub>Y)的预校准的第一集成式传感器组件(10<sub>1</sub>X,10<sub>2</sub>X,10<sub>1</sub>Y,10<sub>2</sub>Y),来测量沿与所述第一方向(X)不平行的方向从所述可动部件(5X,5Y)到所述导向件(4X,4Y)的至少两个距离,这两个距离具体的是所述可动部件(5X,5Y)和所述导向件(4X,4Y)的面对的表面之间的支承距离,其中,所感测到的距离至少表示所述可动部件(5X,5Y)沿垂直于所述第一方向(X,Y,Z)的方

向从通常的支承位置移位的实际的平移位移以及所述可动部件(5X,5Y)的旋转位移;并且通过至少利用所述可动部件(5X,5Y)的所确定的实际位移来补偿误差,具体的是所述轴承中的低强度。

12. 一种利用坐标测量机(1)确定待测物体(12)上的测量点(13)的至少一个空间坐标的方法,该坐标测量机(1)具有:

至少一个线性驱动机构(2X,2Y,2Z),该至少一个线性驱动机构用于提供探头(6)沿第一方向(X,Y,Z)的可动性,该至少一个线性驱动机构具有:

沿所述第一方向(X,Y,Z)的线性导向件(4X,4Y);

可动部件(5X,5Y),该可动部件由轴承支撑以沿着所述导向件(4X,4Y)运动;以及

线性测量仪器(8X,8Y),该线性测量仪器用于确定所述可动部件沿所述第一方向(X,Y,Z)的第一驱动位置;

其中,至少根据所述第一驱动位置来确定所述空间坐标,并且其中通过根据权利要求11所述的方法补偿误差。

## 坐标测量机(CMM)和补偿坐标测量机中的误差的方法

### 技术领域

[0001] 本发明大体涉及一种用于对测量点的至少一个空间坐标进行确定的坐标测量机(CMM),并且涉及一种补偿坐标测量机(CMM)中的误差的方法。

### 背景技术

[0002] 在已生产出工件之后,通常的做法是在诸如坐标测量机(CMM)之类的坐标定位装置上检查工件,其中该坐标测量机具有在其工作空间内的可动探头。

[0003] 在传统的三坐标测量机中,探头被支撑以沿着三个互相垂直的轴(沿X、Y以及Z方向)运动。

[0004] 在简单形式的机器中,平行于每个轴安装的适当的传感器能确定探头相对于机器的基座的位置,因此,能确定由探针接近的物体上的测量点的坐标。

[0005] 如果采用这种技术则存在若干个可能的误差源。缺乏运动中的直线度和轴的正交性是这种误差的一个主要原因。另一个误差原因是滑架绕垂直于它们的运动方向的轴进行角旋转。通常被称为阿贝误差的这种误差不但取决于旋转而且还取决于线性驱动机构中的横向偏移。

[0006] 具体地,可能出现下列误差因素:

- [0007] • 轴上的标尺误差,
- [0008] • 轴上的水平直线度误差,
- [0009] • 轴上的垂直直线度误差,
- [0010] • 轴上的俯仰误差(pitching errors),
- [0011] • 轴上的偏摆误差,
- [0012] • 轴上的滚转误差,以及
- [0013] • 轴之间的角度误差。

[0014] 已经做出许多尝试来为提到的各种误差原因提供校正。例如,已知通过各种方法将考虑到的和已知的误差引入传感器。然而,这种校正仅适用于测量空间中给定的位置。可替代的技术是对机器进行校准,测量在各点处存在的误差并且存储这些误差,使得当实际使用机器时可以应用这些误差。如可以想象的,这种校准过程是漫长的,尤其是对于大型机器。然而,在使用期间机器的任何“复原”都将使校准无效。关于校准方法的另一个缺点在于它们将仅关注完全可重复的误差。还需要在与机器的工作状态相同的条件下校准探针。这意味着如果机器以100毫米/秒运行,则校准过程也应该以该速度执行,并且如果由于一些原因需要改变运转速度,则需要以该新的速度重新校准机器。

[0015] 必须考虑的另一方面在于探针的加速度引起坐标测量机的动态变位,进而引起测量误差。可以通过以低加速度进行测量来减少这些测量误差。然而,生产力要求增大的生产量以及增大的检查速度。因此,探针在测量期间经历更高的加速度,导致系统产生更大的动态结构变位。这导致不准确地报告探针的X、Y、Z几何位置。

[0016] 具体地,一些坐标测量机在高速下表现出显著的驱动振动。导致振动的主要误差

原因是机器的机械驱动系统。因为振动在高速度下引起不可重复的行为,这导致测量误差,所以由这些振动(通常 5Hz 以上)引起的误差不适合于上述动态误差补偿计算方法。

[0017] 此外,在坐标测量机中采用多种探针以在标尺坐标系统内测量,该标尺坐标系统包括沿着构造三维测量空间的轴布置的参考标尺。为向坐标测量机提供改良的测量精度,要求其结构具有高静态刚度。另外,引入软件空间精度校正技术能尽可能低地减少几何误差以支持较高的精度。

[0018] 示例性地,EP1559990 公开了一种坐标测量系统和校正在坐标测量机中测量的坐标的方法。因此,当将具有各种重量的工件安装在坐标测量机上时,测量几何误差。从每一工件重量的测量结果取得补偿参数并存储。适当地读取与待测量的工件重量对应的补偿参数以校正所测到的待测量的工件的坐标。

[0019] 作为另一个实例,EP1687589 公开了在带有铰接探头的坐标测量机中的误差补偿方法,该铰接探头具有表面检测装置。在测量期间该表面检测装置绕铰接探头的至少一个轴旋转。该方法包括以下步骤:确定设备的整体或部分的刚度,确定在任何特定瞬间与由铰接的探头施加的负荷相关一个或多个因素,以及确定在表面感测装置处由负荷引起的测量误差。

[0020] 而且,GB2042719 公开了一种具有三个互相垂直轴的测量装置,其中由绕各个轴旋转引起的误差被校正。

[0021] GB2425840 公开了对通过坐标测量机(CMM)进行的工件测量进行误差校正的另一种方法。因此,通过工件感测探针进行位置测量,其中提供测量加速度的装置。为诸如由振动引起的那些误差之类的高频(不可重复的)误差和诸如探针上的离心力引起的那些误差之类的低频(可重复的)误差而进行校正测量。校正方法包括:测量工件;从预定的误差函数、误差映射或者误差查找表确定可重复的测量误差;测量加速度并计算不可重复的测量误差;使第一测量误差和第二测量误差结合以确定总误差;以及利用该总误差来校正工件测量。利用已知尺寸的人工制品计算预定的误差映射。

[0022] 还已知使用装配在机器的探针(或 Z 柱)中的加速计和基台中的加速计(用于微分测量)。通过二重积分测量探针位置的位移和误差,并且从该位移和误差将可以通过二重积分信号和标尺之间的差来调节读数。

[0023] 然而,当利用加速计时,当频率相对低时加速计通常将会产生噪声。这会使信噪比很差。此外,仅可以在加速期间测量差,这通常意味着可能必需从标尺位置计算加速度并且比较该加速度与测量到的加速度,并且对差值求二重积分。然而,这可能对精确计算探针的精确位置来说不是足够的信息。利用这种方法还不会允许测量静态变化(即将不考虑与动态变化相结合的摩擦)。

## 发明内容

[0024] 因此本发明的目的在于提供一种改良的坐标测量机 CMM 和坐标测量方法,其中能以改良的方式补偿由动态效应(即当运行高速扫描时)引起的误差以及由低强度结构或静态变化(例如由摩擦引起的变化)引起的误差。

[0025] 具体地,所述坐标测量机的每个线性驱动机构(沿 X、Y、Z 方向)中的位移误差都应当被精确地识别。

[0026] 本发明涉及一种用于确定待测物体上的测量点的至少一个空间坐标的坐标测量机(CMM)。该坐标测量机包括至少一个静止的基座(特别是用于支撑所述待测物体的测量工作台)、可相对于该基座运动的探头以及至少一个线性驱动机构,该线性驱动机构用于提供该探头相对于所述基座沿第一方向的可动性。

[0027] 因此,所述线性驱动机构具有沿所述第一方向的线性导向件、由轴承支撑以沿该导向件移动的可动部件,以及用于确定该可动部件沿所述第一方向的第一驱动位置的线性测量仪器。

[0028] 计算单元至少根据所述驱动机构的所述可动部件的所述第一驱动位置确定所述测量点的空间坐标。

[0029] 根据本发明,所述线性驱动机构还包括至少一个具有至少两个位移传感器的预校准的第一集成式传感器组件,每个位移传感器均构造成用于测量沿与所述第一方向不平行的方向从所述可动部件到所述导向件的距离。感测到的距离具体地可以是所述可动部件和所述导向件的面对的表面之间的支承距离。所述组件的所述位移传感器被设计并布置成使得,所述感测到的距离表示所述可动部件沿垂直于所述第一方向的方向从通常的支承位置移位的平移位移和所述可动部件的旋转位移。

[0030] 其中,还根据所表示的位移确定测量点的空间坐标。

[0031] 这意味着所述平移位移和所述旋转位移进一步由所述计算单元使用以确定所述测量点的空间坐标。具体地,根据所述至少一个驱动机构中的相应的所感测到的位移来校正空间坐标。

[0032] 根据坐标测量机的一般技术,优选地可能存在三个线性驱动机构以用于提供所述探头相对于所述基座沿三个互相垂直的方向即第一方向、第二方向以及第三方向(X、Y、Z)的可动性。

[0033] 这些线性驱动机构中的每一个均可以包括沿各自的方向(X、Y、Z)的线性导向件、由轴承支撑以沿着各自的所述导向件运动的可动部件以及线性测量仪器,该线性测量仪器用于确定该可动部件分别沿所述第一、第二以及第三方向(X、Y、Z)的第一、第二以及第三驱动位置。

[0034] 例如,坐标测量机具有基座,由轴承支撑的门被布置在该基座上,使得该门能沿纵向(Y方向)运动。所述门可以具有两个门腿/脚,该两个门腿/脚在它们的上端由桥部连接,该桥部形成X轴。能沿X方向沿着所述桥部被驱动的X滑架可以被布置在该桥部上。柱塞或Z柱能被沿第三空间方向(Z方向)移位。该Z柱可以由轴承支撑以沿该Z方向运动,该轴承可以与所述X滑架成一体。

[0035] 根据本发明,所述集成式传感器组件可以包括壳体,该壳体为特定的距离传感器所共用并且以相对于彼此精确已知的位置和空间关系将这些特定的位置传感器保持在一起。因此,每个所述特定的距离传感器可以被安装于或结合到所述共用壳体内,从而形成所述集成式传感器组件。

[0036] 特别地,所述传感器组件被构造成模块并且形成结合在一起的部件,使得它可整体地(这意味着总体上)安装于所述坐标测量机和从所述坐标测量机上移除。这允许模块化方法,该模块化方法意味着所述传感器组件可以被构造成使得它能被容易地安装于坐标测量机轴承并且从该坐标测量机轴承卸下。示例性地,所述坐标测量机轴承(例如其支承面



侧的滑架)可以包括特别形成以接纳所述传感器组件的容器/插槽。例如所述传感器组件和所述插槽可以被设计成可通过卡扣连接器连接。因此,也能被视为传感器模块的所述传感器组件通过按出(clicking out)已经没有用的未校准、损坏的或旧的传感器模块并且按入(clicking in)重新校准的、修好的或新的传感器模块而可以被容易地安装、更换以及维修。

[0037] 所述传感器组件的所述壳体可以由高度地抵抗由温度、压力、湿度、老化或类似因素导致的变形的材料设计而成,其中所述壳体以相对于彼此精确已知的位置关系将所述组件的所述传感器保持并刚性地接合在一起。其中,所述壳体可以包括由用于以高几何稳定性使特定的传感元件相互连接的支柱所构造成的框架结构。示例性地,所述传感器组件的整个所述壳体或所述框架结构可以由殷钢或碳纤维材料组成或包括殷钢或碳纤维材料。

[0038] 对于具有两个或三个所述位移传感元件的所述集成式传感器组件的优点在于,它们可能对所述滑架本身的低强度相当不敏感(即,几乎与所述滑架本身的低强度无关),并且与单独的位移传感器的组装相比,所述传感器组件的组装和校准会需要较少的工作。此外,甚至可以在将所述集成式传感器组件组装到坐标测量机之前执行单独的传感元件的校准(特别是关于相对于彼此的位置关系)。

[0039] 特别地,在分开布置若干个单独的距离传感器(不是相互连接的传感器组件)的情况下,其中每个单独的所述传感器均在不同的位置/地点被附接于所述滑架,不可能区分所述滑架结构中的变形(例如扭曲或弯曲)和整个所述滑架相对于所述导向件的位移(例如坐标测量机腿相对于坐标测量机工作台的平移位移,俯仰或滚转)。因此,可能是以下情况,即,所述滑架本身的变形(例如扭曲或弯曲)将被错误地解释(基于由安装的所述独立的传感器中的一个所感测到的距离变化)为所述滑架从通常的支承位置的位移,并且在探针尖端位置的确定中将发生错误的补偿。

[0040] 与其相反,本发明例如通过选择组件框架/壳体所用的刚性稳定和几何稳定材料,而允许所述传感器能由组件框架/壳体以高的位置稳定性和几何稳定性结合在一起,使得即使在所述滑架本身的结构发生变形的情况下,所述传感器也能相对于彼此具有精确已知的且稳定的位置关系。因此,所述距离传感器的输出的变化适当地表示了所述滑架从其通常的支承位置移位的位移,考虑该位移以确定所述探头的坐标;并且所述滑架本身的结构纯变形(至少达到特定程度),不会导致位移的错误解释,因为,尽管发生变形,所述距离传感器的相对读数不会变化。

[0041] 特别地,所述传感器组件有利地可以在对位移动作起作用的主要作用力的位置处被附接于所述可动部件(即滑架)。例如,对于X驱动滑架在所述坐标测量机腿的端部处作为所述坐标测量机脚的一部分(其相对于所述测量工作台是可动的),所述传感器组件可以在正好位于或接近位于所述坐标测量机腿的质心下方的位置处被组装于所述滑架的底侧。

[0042] 作为另一个优点,所述滑架的材料可以选择为不同于所述传感器组件壳体的材料。示例性地,该滑架结构的材料可以关于用于沿着所述导向件滑行/滑动的性能是最优的,而不是关于其几何稳定性是最优的。因此,可以仅为所述传感器组件的所述框架选择昂贵且高质量的材料(即对于刚度和几何稳定性来说),然而对于所述滑架结构本身,可以选择少量生产的且较便宜的材料(例如对于其滑行性能来说是最优的)。

[0043] 与若干个单独的所述距离传感器的分开布置相比,本发明的在一个组件内刚性地

互相连接的传感器具有若干技术效果和优点：

[0044] ·几乎与所述滑架结构本身的低强度无关；

[0045] ·所述传感器可以在所述传感器组件的卸下阶段被校准，例如，所述组件中的所述传感器能在组装至坐标测量机之前被预校准，以及通过移除所述组件、在所述卸下阶段校准所述传感器以及容易地再次将所述组件按回到所述容器内而用较少的工作被重新校准；

[0046] ·因为两个或三个所述传感器(为一个传感器模块的一部分)能在一个步骤内被共同安装，所以组装至所述坐标测量机需要容易且少的工作；

[0047] ·根据实际需要和目标成本的模块性和适应性，使得包括两个传感器的传感器组件能被容易地与包括例如三个传感元件的另一个传感器组件互换，或者，如另一个实施例，使得包括若干个光学传感器的传感器组件能被容易地用包括若干个电容传感器的传感器组件所替换；

[0048] ·所述滑架结构的材料可以关于其滑行 / 滑动性能(使得能够获得改进的沿着所述导向件的滑动)是最优的而不是关于其几何稳定性是最优的，这也可以允许少量(且较便宜)生产所述坐标测量机；

[0049] ·能使以下两个问题之间的折衷最优化，即，一个问题是，所述传感器应该被尽可能彼此远离地放置在所述滑架上以便增大感测所述滑架的位移的精确性，另一个问题是，所述传感器应该彼此接近地放置从而允许所述传感元件之间的最佳几何稳定性(即从而精确地识别到所述传感器相对于彼此的空间关系)。

[0050] 根据本发明的具体实施方式，所述坐标测量机的所有所述驱动机构都包括至少一个具有至少两个位移传感器的传感器组件，该至少两个位移传感器用于指示各自的所述驱动机构中的位移，即所述可动部件从通常的支承位置移位的位移。

[0051] 因此，在三个所述驱动机构的情况下，所述计算单元可以被设计成用于根据所述第一、第二以及第三驱动位置并且取决于每个所述可动部件的感测到的位移确定所述探头的三个空间坐标。所述感测到的位移被使用例如以便补偿由动态效应(即当运行高速扫描时)引起的误差以及由低强度结构或静态变化(例如由摩擦引入的变化)引起的误差。

[0052] 特别地，每个所述驱动机构的所述线性导向件可以包括第一表面和第二表面，该第一表面和第二表面构造出与导向方向平行的边缘。而且所述可动部件(即所述滑架)具有与所述线性导向件的两个表面相面对的第一表面和第二表面。所述可动部件可以由空气轴承支撑以沿着所述导向件运动，使得在互相面对的所述第一表面和互相面对的所述第二表面之间存在气垫。以上述方式，可以向所述可动部件提供线性导向的可动性。

[0053] 在本发明的具体实施方式中，被集成到一个或两个所述传感器组件内的两个、三个、四个或五个位移传感器可以被布置在每个驱动机构中并且被用于每个驱动机构。

[0054] 通过利用每个驱动机构中的两个位移传感器的输出，不仅横向位移(即支承距离)可以被检测，而且旋转位移(即滚转、俯仰或偏摆)或替代性的第二横向位移(取决于位置传感器的布置位置)也能被感测到并且当确定所述空间坐标时用于误差补偿。例如，两个所述位移传感器(作为一个所述传感器组件的一部分)可以相互间隔开地被放置在所述滑架的面向所述导向件的导向表面的第一表面上。在这种情况下，旋转位移可以通过评估由所述位移传感器测量的值之间的差来确定。可替代地，通过使布置在所述滑架的第一表面上的

一个所述位移传感器和布置在所述滑架的第二表面上的另一个所述位移传感器的输出相结合(其中这些表面面向所述导向件的两个所述导向表面),垂直于所述导向方向的所述滑架的水平直线度误差和垂直直线度误差(两个平移位移)能被确定。

[0055] 利用三个所述位移传感器的输出,一个平移位移和两个旋转位移或者一个旋转位移和两个平移位移(取决于所述位移传感器的布置位置)可以被感测到并且用于补偿由从所述滑架的通常的支承位置的各自的位移引起的误差。

[0056] 类似地,使用四个所述位移传感器的输出可以提供用于测量一个横向位移和所有三个旋转位移或者两个横向位移和两个旋转位移(取决于所述位移传感器的布置位置)。

[0057] 通过利用五个所述位移传感器的输出,在所述滑架的所述第一表面上布置的第一传感器组件中集成的其中三个所述位移传感器以及在所述滑架的所述第二表面上布置的第二传感器组件中集成的其中两个所述位移传感器,可以提供用于感测垂直于所述导向方向的所述滑架的水平直线度误差,垂直直线度误差、俯仰误差、偏摆误差以及滚转误差。因此,通过增加已经存在的用于感测所述滑架沿线性运动方向的驱动位置的线性测量仪器,可以确定具有六个自由度的所述滑架的空间位置和取向。所确定的所述滑架从所述通常的支承位置移位的位移可以用来直接校正所述线性测量仪器的驱动位置,和/或可以用来校正接近的测量点的空间坐标。

[0058] 因此,根据本发明,所述导向件、所述滑架和/或接头的低刚度可以通过附加的位移测量来补偿,因此将不会影响精确性并且将始终可以通过利用来自所述位移传感器的六自由度信息来计算“真实的位置”。

[0059] 除所述接头中的低强度、动态挠度或运动中直线度的缺乏之外,所述滑架的移位的另一个示例性原因可能是当被用来沿所述导向件驱动所述滑架时线性驱动电动机的磁力变化。

[0060] 总之,通过根据本发明思想测量所述滑架和所述导向件之间的距离,行进构件(滑架)的位移(即平移和旋转)能被容易地感测和确定。相对于现有技术其优点在于,该方法可以用于补偿静态变化(由摩擦等引入的变化)以及动态效应。

[0061] 此外,与所述行进构件的支承位置有关的误差可以被非常精确地感测到并且在没有复杂的评估和计算过程的情况下可以被用于进行补偿。

[0062] 因为非接触式传感器不会破坏所述导向表面,所以所述位移传感器特别地可以被设计为非接触式传感器(例如光学式的、电容式的或电感式的)。

#### 附图说明

[0063] 下面将参照附图中示意性地示出的可行实施方式的实施例更加详细地说明本发明,其中:

[0064] 图 1 示出了根据本发明的示例性的桥式坐标测量机;

[0065] 图 2 示意性地示出了一个线性驱动机构(X 驱动),该线性驱动机构根据本发明包括具有两个位移传感器的传感器组件,其中该组件布置在相对于用作导向件的桥部可线性运动的 X 滑架上;

[0066] 图 3 示意性地示出了另一个线性驱动机构(Y 驱动),该另一个线性驱动机构根据本发明包括具有三个位移传感器的传感器组件,其中,该组件被布置在桥部的脚部的 Y 滑

架上,该 Y 滑架被支承以相对于用作导向件的测量工作台线性地运动;

[0067] 图 4 示出了具有用作导向件的桥部的矩形梁结构的线性 X 驱动机构的侧视图,其中作为两个传感器组件的一部分的位移传感器布置在可相对于桥部线性地运动的 X 滑架上;

[0068] 图 5 示出了图 4 的线性 X 驱动机构的正视图;

[0069] 图 6 示出了类似于图 5 的、具有传感器组件的替代性实施方式的线性 X 驱动机构的另一正视图;

[0070] 图 7 示出了类似于图 5 的、具有传感器组件的替代性实施方式的线性 X 驱动机构的另一正视图;

[0071] 图 8 示出了类似于图 5 的、具有传感器组件的替代性实施方式的线性 X 驱动机构的另一正视图;

[0072] 图 9 示出了根据本发明的桥式坐标测量机的侧视图,该坐标测量机具有安装在线性驱动机构中的若干个传感器组件;

[0073] 图 10 示出了根据本发明的龙门式坐标测量机的侧视图,在线性驱动机构中具有传感器组件;以及

[0074] 图 11 示出了图 10 的龙门式坐标测量机的正视图。

### 具体实施方式

[0075] 在图 1 中,示出了根据本发明的坐标测量机 1 的示例性实施方式。

[0076] 坐标测量机 1 具有基座 3,在该基座 3 上布置由轴承支撑的门 14,使得该门能沿纵向(Y 方向)运动。门 14 具有两个门腿 16、18,这两个门腿 16、18 在它们的上端由桥部 20 连接。

[0077] X 滑架 22 被放置在桥部 20 上,该 X 滑架 22 可以沿着桥部被驱动,即沿连接两个门腿 16、18 的空间方向(X 方向)被驱动。柱塞或 Z 柱 24 可以沿第三空间方向(Z 方向)被移动。因此,Z 柱 24 由与 X 滑架 22 成一体的轴承(例如空气轴承)支撑以沿 Z 方向运动。这三个空间方向 X、Y 和 Z 优选地相互正交,尽管这对本发明来说不是必需的。

[0078] 总之,坐标测量机 1 被构造成用于确定待测物体 12 上的测量点 13 的三个空间坐标,因此坐标测量机 1 包括三个线性驱动机构,以提供探头 6 相对于基座 3 沿第一方向(X 方向)、第二方向(Y 方向)和第三方向(Z 方向)的可动性。

[0079] 每个线性驱动机构均具有线性导向件,分别地,一个线性导向件沿第一方向(X 方向),一个线性导向件沿第二方向(Y 方向),一个线性导向件沿第三方向(Z 方向)。具体地,Y 方向驱动机构的线性导向件由基座 3 的两个边缘构造表面形成,X 方向驱动机构的线性导向件由桥部 20 的两个或三个表面形成,并且 Z 方向驱动机构的线性导向件由 X 滑架构件中的立方孔形成。

[0080] 此外,每个线性驱动机构均包括可动部件,该可动部件被轴承支撑以沿着导向件运动。具体地,Y 方向驱动机构的可动部件被实施为 Y 滑架 28,该 Y 滑架 28 具有与上面提到的基座 3 的两个导向表面相相对的表面。X 方向驱动机构的可动部件被实施为 X 滑架 22,该 X 滑架 22 具有与上面提到的桥部 20 的两个或三个导向表面相相对的表面。并且,Z 方向驱动机构的可动部件由 Z 柱 24 形成,该 Z 柱具有与 X 滑架 22 中的立方孔的内表面相面

对的表面。

[0081] 而且,每个线性驱动机构均包括线性测量仪器,该线性测量仪器用于确定每个可动部件分别沿第一方向(X方向)、第二方向(Y方向)或第三方向(Z方向)的各自的第一驱动位置、第二驱动位置或第三驱动位置。

[0082] Z柱24的下自由端紧固有探头6,探头6上示例性布置有触针。以本身公知的方式使用触针以接触待测物体12。然而,本发明并不限于接触式坐标测量机,也可以使用以非接触方式接近测量点的坐标测量机,即,例如具有光学扫描头的坐标测量机。更普遍地,探头6可以被设计成布置有接触式探针,例如扫描式或接触触发式探针,或者布置非接触式探针,特别是光学探针、电容探针或电感探针。

[0083] 此外,本发明不限于如这里所示的门桥式设计的坐标测量机。本发明同样地可以用于如图8和图9所示的龙门式设计的坐标测量机,其中仅桥部20可以沿着放置得高的固定轨道行进,该桥部20具有两个支撑件,这两个支撑件用作非常短脚。而且,本发明通常可以用于所有的坐标测量机,例如桥式、L桥式、水平臂式、悬臂式、龙门式等。

[0084] 在图1的该示例性实施方式中,每个门腿16、18均具有可动的Y滑架28,该Y滑架28允许包括桥部20的门14沿Y方向运动。

[0085] 在基座3的长边示意性示出了作为Y测量仪器的一部分的测量标尺30Y,其中标尺30Y平行于Y方向延伸。该标尺可以是玻璃测量标尺,例如具有增量编码或绝对编码,通过该玻璃测量标尺能确定Y滑架28在Y方向的驱动位置。应当理解,测量仪器还可以包括用于对测量标尺30Y进行读取的适当的传感器,不过为了简化而未在这里示出这些传感器。然而,应当指出,本发明不限于使用玻璃测量标尺,因此也可以其它测量仪器使用以记录驱动机构的可动部件的驱动/行进位置。

[0086] 另一个测量标尺30X平行于X方向被布置在桥部20上。最后,另一个测量标尺30Z平行于Z方向还被布置在Z柱24上。借助于作为线性测量仪器的一部分的测量标尺30X、30Z,可以以本身公知的方式以计量学方式记录X滑架22沿X方向的当前驱动位置和Z柱24沿Z方向的当前驱动位置。

[0087] 在所示的实施方式中,基座3包括工作台,该工作台具有用于支撑待测物体12的花岗岩表面板,在该花岗岩表面板上旨在确定测量点13的空间坐标。

[0088] 还示出了控制和计算单元11,该控制和计算单元11被设计成致动坐标测量机1的驱动器,使得探头6行进到测量点13。对于手动操作,控制单元11可以被连接至用户控制台32。对于控制单元11来说,也可以完全自动地接近并测量待测物体12的测量点13。

[0089] 控制和计算单元11包括处理器34和多个存储器36、38。具体地,控制和计算单元11被设计成用于至少根据第一驱动位置、第二驱动位置和第三驱动位置确定物体12上的测量点13的三个空间坐标。

[0090] 根据本发明,如以下附图中更详细地示出,至少一个线性驱动机构还包括至少第一传感器组件,该第一传感器组件具有至少两个位移传感器,这两个位移传感器用于测量沿与驱动方向不平行的方向从可动部件到导向件的距离,具体地说是可动部件和导向件的面对的表面之间的支承距离。因此,感测到的距离表示可动部件的从通常的支承位置移位的平移位移和/或旋转位移。该位移可以就是轴上的水平直线度误差(即沿与滑架的行进方向相垂直的方向的位移),轴上的垂直直线度误差、轴上的俯仰误差、轴上的偏摆误差和/

或轴上的滚转误差。

[0091] 从而,感测到的一个位移或多个位移因此可以被进一步使用,例如,以便:

[0092] • 直接补偿与通过线性测量仪器确定的行进位置有关的标尺误差;和/或

[0093] • 补偿与通过控制和计算单元 11 的探头位置计算有关的(即当从待测物体上的测量点的空间坐标得出时)移动构件的感测到的水平直线度误差、垂直直线度误差、俯仰误差、偏摆误差和/或滚转误差。

[0094] 因为一般种类的坐标测量机的设计以及不同的线性导向件和不同的线性测量仪器的设计为本领域技术人员所公知,所以应该理解到可以进行不同特征的多种变更和组合。所有这些变更都落在本发明的范围内。

[0095] 图 2 示出了根据本发明的沿 X 方向的线性驱动机构 2X,其中包括位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$  的传感器组件 10X 被布置在 X 滑架上(如 X 驱动机构 2X 的可动部件 5X)。X 滑架被轴承支撑以相对于用作线性导向件 4X 的桥部线性地运动。

[0096] 在所示的线性 X 驱动机构 2X 中,具有位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$  的传感器组件 10X 被形成并且布置成使得 X 滑架和桥部(形成 X 梁或 X 柱)之间的支承距离能被感测到。通过考虑由两个位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$  感测到的 X 滑架和桥部的导向表面  $4S_1X$  之间的距离,可以测量沿 Z 方向的误差平移(即平移位移),但是也可以通过采用两个传感器输出之间的差来测量 X 滑架和 X 梁之间的角度变化(即旋转位移,其可能是俯仰误差)。如果还考虑第三传感器  $9_3X$  的输出,则可以测量平移位移和两个角度(例如俯仰误差和偏摆误差)。如果除三个上述传感器之外增加沿 Y 方向感测的两个以上的位移传感器,则可以测量 X 滑架朝向 X 梁的完全六自由度(6-DOF)运动。

[0097] X 驱动机构中的位移传感器的上述布置可替代地或另外也可以应用于坐标测量机的其它驱动机构,即, Y 驱动机构(如图 3 示例性所示)和/或 Z 驱动机构。

[0098] 具体地参考 Z 驱动机构,位移传感器优选地可以被装配至 Z 驱动机构的导向件,其中 Z 导向件可以由 X 滑架构件中的立方孔形成,通过该立方孔 Z 柱能沿 Z 轴运动。更具体地,位移传感器可以被装配至立方孔的导向内表面,使得能感测到分别距 Z 柱(作为可动部件)的相互面对的表面的距离(即支承距离)。

[0099] 图 3 示出了根据本发明的沿 Y 方向的另一个线性驱动机构 2Y,该线性驱动机构 2Y 具有传感器组件 10Y 和布置在作为驱动机构 2Y 的可动部件 5Y 的 Y 滑架上的集成的位移传感器  $9_1Y$ 、 $9_2Y$ ,其中 Y 滑架通常是一个门脚的一部分。Y 滑架由空气轴承支撑以相对于测量工作台线性移动,其中所述测量工作台(即工作台的两个表面)作为用于 Y 滑架的导向件 4Y。空气轴承可以以本身公知的方式制成,即,使得在工作台和滑架的相互面对的表面之间产生气垫,其中该气垫对滑架进行支撑以便于可动性。

[0100] 根据本发明,类似于如结合图 2 在上面说明的 X 驱动机构的位移传感器在 X 滑架上的布置,可以将位移传感器  $9_1Y$ 、 $9_2Y$  装配至 Y 滑架。

[0101] 在所示的例子中,位移传感器  $9_1Y$ 、 $9_2Y$  被设计成用于测量 Y 滑架(例如门脚)和由测量工作台的一部分(包括工作台边缘)形成的 Y 轴导向件之间的距离。

[0102] 通过与结合图 2 说明的相同的方式装配五个传感器(例如被集成到两个传感器组件中),将可以测量 Y 滑架和 Y 轴之间的六自由度运动。

[0103] 图 4 示出了具有用作导向件 4X 的桥部的矩形梁结构(或 X 梁)的线性 X 驱动机构

2X 的侧视图,其中包括位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$ 、 $9_4X$  的第一传感器组件  $10_1X$  (其中由于透视而未示出  $9_3X$ 、 $9_4X$ ) 和包括位移传感器  $9_5X$ 、 $9_6X$  的第二传感器组件  $10_2X$  被布置在 X 滑架(作为可动部件 5X)上,该 X 滑架由空气轴承  $7_1X$ 、 $7_2X$ 、 $7_3X$ 、 $7_4X$  支撑以可相对于桥部线性地运动。

[0104] 还示意性地示出的是用于确定 X 滑架沿 X 方向的驱动 / 行进位置的线性测量仪器 8X。因此,作为线性测量仪器 8X 的一部分的编码的且可读的标尺沿着桥部平行于 X 方向延伸。

[0105] 根据本发明,第一传感器组件  $10_1X$  被安装于 X 滑架的第一内表面  $5S_1X$ ,并且第二传感器组件  $10_2X$  被装配于 X 滑架的第二内表面  $5S_2X$ 。X 滑架的第一表面  $5S_1X$  和第二表面  $5S_2X$  面向桥部的矩形梁结构的外表面  $4S_1X$ 、 $4S_2X$ 。因此,X 梁的外表面  $4S_1X$ 、 $4S_2X$  用作用于 X 滑架的导向件 4X,其中,空气轴承  $7_1X$ 、 $7_2X$ 、 $7_3X$ 、 $7_4X$  在各自互相面对的表面  $4S_1X$ 、 $4S_2X$ 、 $5S_1X$ 、 $5S_2X$  之间产生气垫,以便提供 X 滑架的线性导向的可动性。

[0106] 每个位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$ 、 $9_4X$ 、 $9_5X$ 、 $9_6X$  均被构造成用于测量沿垂直于行进方向(X 方向)的方向从 X 滑架到 X 梁的相应表面的距离。

[0107] 感测到的距离表示滑架从其通常的支承位置的位移。详细地,结合测量点的空间坐标的计算,能表示、确定并补偿沿 Y 方向和 Z 方向的平移位移(即,接头中的水平直线度误差和垂直直线度误差)和旋转位移(即俯仰误差、偏摆误差以及滚转误差)。

[0108] 虽然图 4 示例性地示出了具有桥部的矩形梁结构的线性驱动机构,但是可替代地可以应用其它类型的梁结构。例如,如本领域技术人员所公知的,驱动机构的轴 / 梁可替代地可以是三角形、圆柱形或者允许线性导向的可动性的任何其它形状。

[0109] 在图 5 中,示出了图 4 的线性 X 驱动机构 2X 的正视图。

[0110] 四个成圆形示出的位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$ 、 $9_4X$  是第一传感器组件  $10_1X$  的一部分并且被附接于 X 滑架以便测量 X 滑架和矩形梁结构的位于 XZ 平面中的表面之间的沿 Y 方向的距离。该距离表示滑架沿 Y 方向的位移(水平直线度误差)以及 X 滑架和 XZ 平面之间的位移角度。

[0111] 两个位移传感器  $9_5X$ 、 $9_6X$  (其中仅一个传感器  $9_5X$  在图 5 中可见)是第二传感器组件  $10_2X$  的一部分并且被放置在 X 滑架的顶部(用虚线示出)以便测量 X 滑架和矩形梁结构的位于 XY 平面中的顶面之间的距离。该距离被沿 Z 方向测量并且表示滑架沿 Z 方向的位移(垂直直线度误差)以及 X 滑架和 XY 平面之间的位移角度。

[0112] 通常,X 滑架可以由铝或钢 / 铁制成并且具有适于负载的壁厚和刚度。X 梁(桥部)的常用材料可以是铝、花岗岩、陶瓷或钢 / 铁。

[0113] 可动部件和导向件之间的两个最普通类型的轴承是空气轴承或机械轴承(例如线性循环附加轨道)。空气轴承的优点在于,运动中不存在摩擦(摩擦会引入不同类型的误差,像角度误差或滞后)。空气轴承的缺点在于刚度通常低于机械轴承,使得会出现特别是动态误差。在机械类型中,轴承系统中的刚度通常较高,但是存在摩擦并且摩擦力会引起误差。然而,本发明可以应用这两种类型的轴承。

[0114] 如果系统装配有空气轴承,则轴承可以特别地被大致地放置在位移传感器在图 5 中所在的位置处。实际上,这意味着轴承应该被尽可能地分散开,使得轴承之间的基线尽可能地长。轴承和位移传感器的这种布置可以使给定覆盖区(foot-print)的刚度达到最大值。

[0115] 因此,布置传感器组件的一个容易的方法可以是在空气轴承附近(或者在机械轴承的情况下,在循环滚珠附近)将它们装配在滑架上。

[0116] 当 X 滑架沿着 X 梁移动时, X 滑架的全部六自由度运动因而可以被测量到。具体地说:

[0117] • 线性测量仪器 2X 的标尺 30X 被用来测量沿 X 方向的行进位置;

[0118] • 位于 X 滑架顶部上的两个位移传感器  $9_5X$ 、 $9_6X$  表示竖直直线度(沿 Z 方向的位移)和 X 俯仰角(X 滑架和 XY 平面之间的角度);

[0119] • 四个成圆形地示出的位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$ 、 $9_4X$  表示水平直线度(沿 Y 方向的位移)和 X 偏摆角(滑架和 XZ 平面之间的角度);以及

[0120] • 五个位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$ 、 $9_4X$ 、 $9_5X$  的结合表示 X 滚转(围绕 X 轴旋转)。

[0121] 参照坐标测量机的 X 驱动机构示例性地示出了位移传感器的上述布置。然而,该布置也可以或者可替代地应用于其它驱动机构,即 Y 驱动机构和 / 或 Z 驱动机构。

[0122] 根据本发明,应用这种设置允许改进坐标测量机的轴承 / 接头中的低强度补偿。

[0123] 图 6 和图 7 示出了类似于图 5 的、具有传感器组件的替代性实施方式和设计的线性 X 驱动机构 2X 的另外的正视图。

[0124] 图 6 中,传感器组件  $10_1X$  的壳体通过由三个轮辐状会聚的支柱构成的框架结构使三个位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$  刚性地互相连接。支柱可以由殷钢或碳纤维材料组成或者包括殷钢或碳纤维材料,从而允许位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$  相对于彼此具有高几何稳定性和不变的空间关系。

[0125] 图 7 所示的传感器组件  $10_1X$  的实施方式非常类似于图 6 的实施方式,只是壳体被设计得略微不同。图 6 和图 7 所示的实施方式能够使以下两个问题之间的折衷最优化,其中一个问题是,传感器应该被尽可能远离彼此地放置在滑架上以便增加感测滑架的位移的精确性,另一个问题是,传感器应该被接近于彼此放置从而允许传感元件之间的最佳几何稳定性(即从而精确地识别出传感器相对于彼此的空间关系)。

[0126] 图 8 示出了类似于图 5 的、具有位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$  的替代性实施方式和布置方式的线性 X 驱动机构 2X 的另一正视图。在所示的情况下,成圆形地示出的位移传感器  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$  再次被集成地构造为具有三个传感元件  $9_1X$ 、 $9_2X$ 、 $9_3X$  的一个预校准的传感器组件 / 部件  $10X$ 。类似地,位于 X 滑架的顶部上的位移传感器也被集成地设计为一个具有两个传感器元件的组件。传感器元件被示例性地设计为电容传感器元件或光学传感器元件。这种传感元件可以允许容易地实现高灵敏性和精确性。

[0127] 如在上面更详细地说明的,具有两个或三个位移传感器的预校准的集成式传感器组件 10 的优点尤其在于,它们可能对滑架本身的低强度不敏感,并且与单独的位移传感器的组装相比,传感器组件的组装和校准会需要较少的工作。

[0128] 下面描述实现改良的动态性能的一个可行方案。

[0129] 为执行误差映射(即关于几何误差进行校准),如现有技术中已知的,可将专用的校准测量设备装配在机器上以便测量六自由度运动。然后机器运行以测量沿着每个轴的多个位置,其中对于每个测量点,将执行线性直线度(沿朝向移动方向正交的两个方向)、俯仰角、偏摆角以及滚转角的检测。对于每个轴均进行该程序,并且还测量轴之间的正交性。

[0130] 另外,根据本发明,对于每个校准位置,将位移传感器的测量值加入到校准表。



[0131] 因此,在坐标测量机的随后使用中,采用通过观察所校准的位移传感器值和实际的位移传感器值之间的差获得的误差分量,以便补偿实际的几何误差(该几何误差可能即是不可重复的误差)。

[0132] 图 9 示出了根据本发明的桥式坐标测量机 1 的侧视图。

[0133] 如在上面更详细地说明的, X 驱动机构 2X 和 Y 驱动机构 2Y 均包括具有若干个位移传感器的两个传感器组件  $10_1X$ 、 $10_2X$ 、 $10_1Y$ 、 $10_2Y$ , 其中 X 驱动传感器组件  $10_1X$ 、 $10_2X$  被放置在空气轴承  $7_1Y$ 、 $7_2Y$ 、 $7_3Y$ 、 $7_4Y$  附近。

[0134] Y 驱动机构 2Y 中的位移传感器的输出被用于表示和确定围绕 Y 轴的平移位移和旋转位移。在所示的实施例中,存在三个位移传感器,这三个位移传感器测量门脚和测量工作台的 XY 平面之间的距离。此外,存在测量脚和测量工作台的 YZ 平面之间的距离的两个位移传感器。然而,对于图 9 所示的传感器组件的设计和布置,可替代地, Y 驱动机构 2Y 的传感器组件也可以类似于图 5 至图 8 中所示和所说明的设计中的一个而进行设计。

[0135] 图 10 和图 11 分别示出了根据本发明的龙门式坐标测量机 1 的侧视图和正视图,其中位移传感器被示例性地至少布置在线性 X 驱动机构中。

[0136] 如图所示,龙门式坐标测量机不具有 Y/W 轴和 X 轴之间的可动腿/脚(或者至少它们非常短)。X 梁 60 由轴承  $7_1Y$ 、 $7_2Y$  直接(即不具有脚或仅具有非常短脚)支撑以沿着 Y 梁 50 和 W 梁 52 沿 Y 方向移动,该 Y 梁 50 和 W 梁 52 由四个柱子 54、56、58 支承。如对于本领域技术人员来说本身公知的,柱子被刚性安装在测量工作台 62 上。此外,在 X 驱动机构、Y/W 驱动机构以及 Z 驱动机构中存在线性测量仪器 8X、8Y (为了简化仅示出在 X 驱动机构和 Y/W 驱动机构中的线性测量仪器)。

[0137] 根据本发明思想,因此可以利用如结合桥式坐标测量机在上面描述的位移传感器来执行 X 驱动、Y/W 驱动以及 Z 驱动的可动部件和导向件之间的动态运动/几何误差的测量和补偿。

[0138] 尽管部分地参照一些优选实施方式在上面说明了本发明,但是必须理解,可以对实施方式的不同特征进行多种变更和结合。所有这些变更都落在所附的权利要求的范围内。

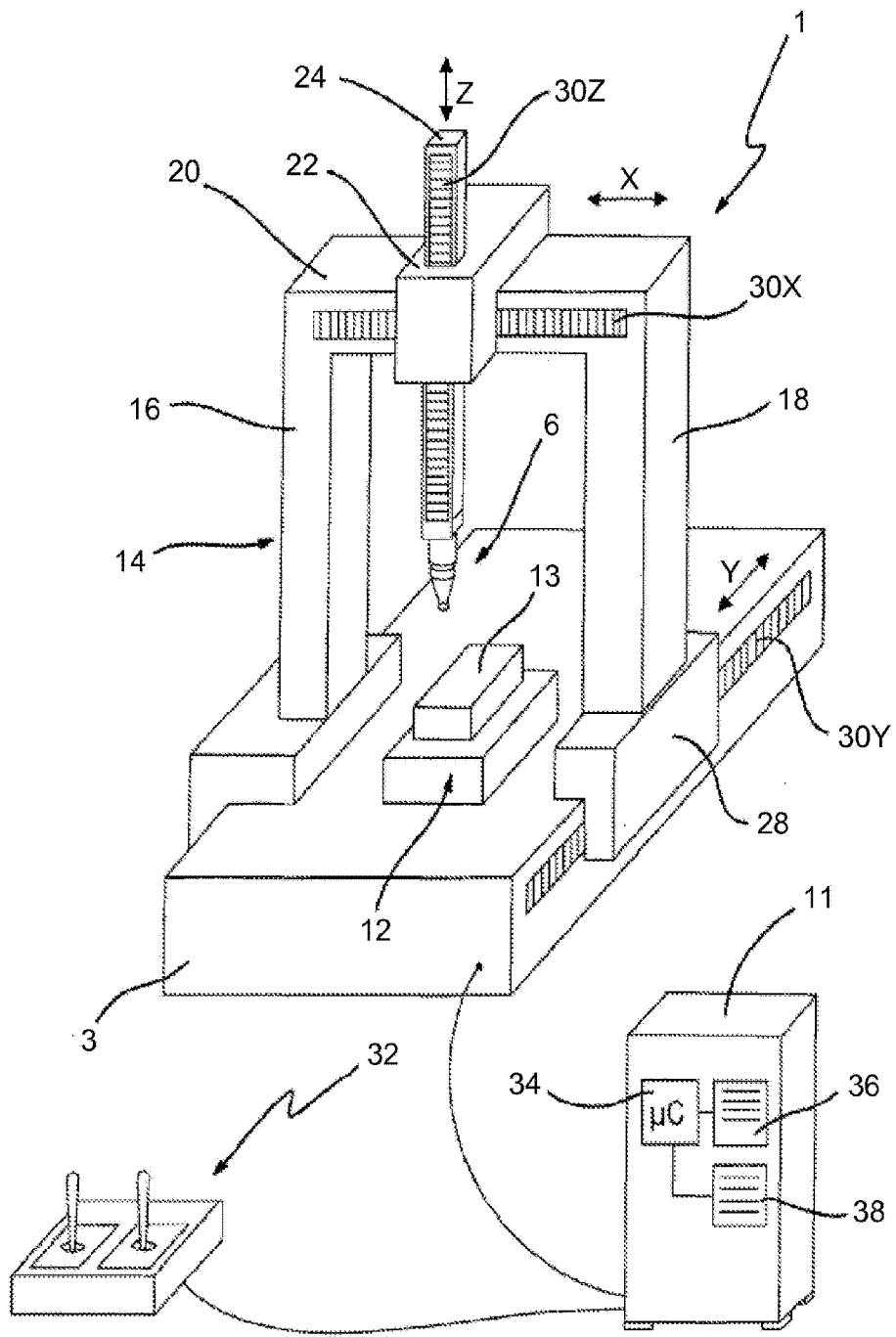


图 1

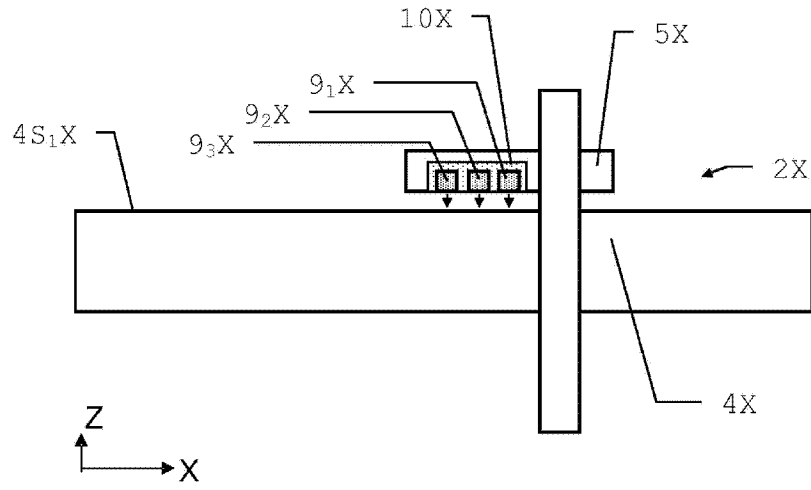


图 2

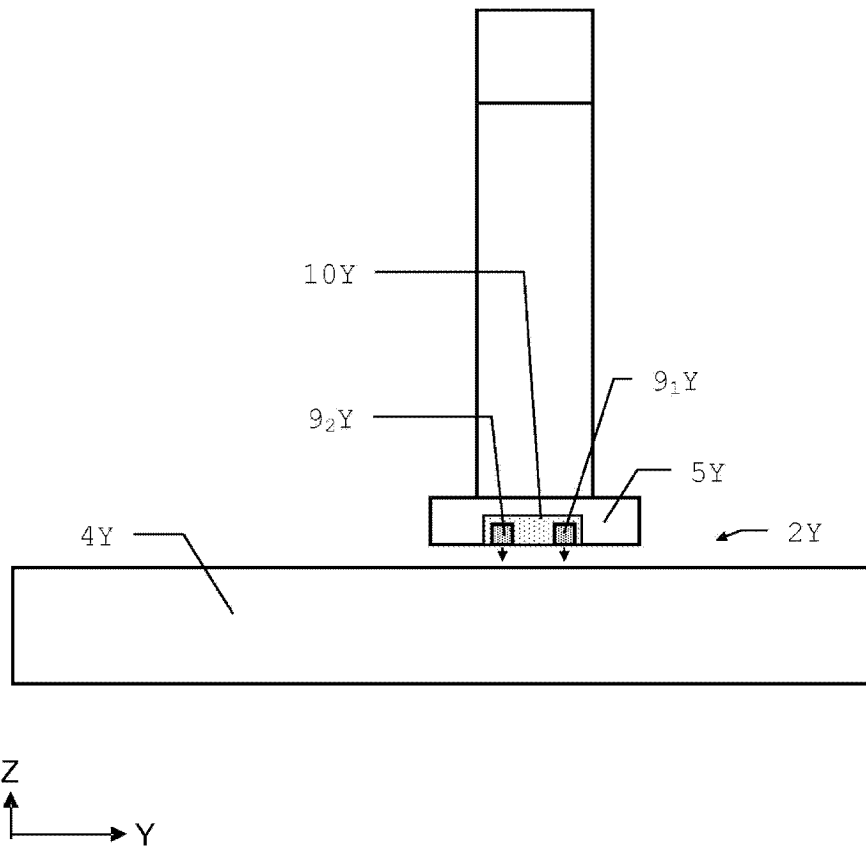


图 3

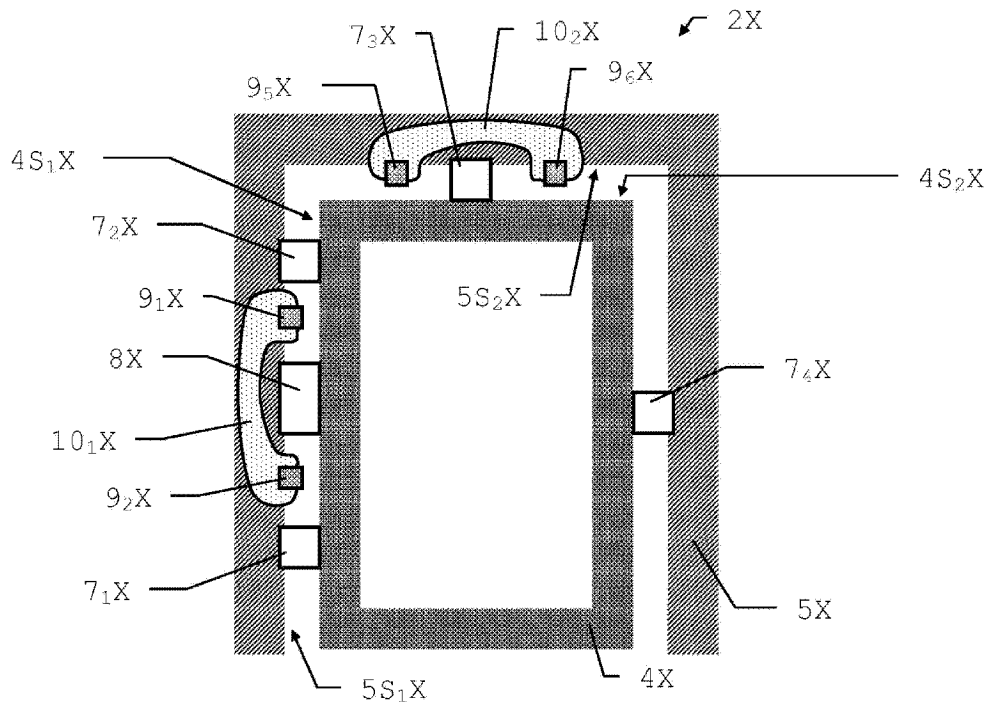


图 4

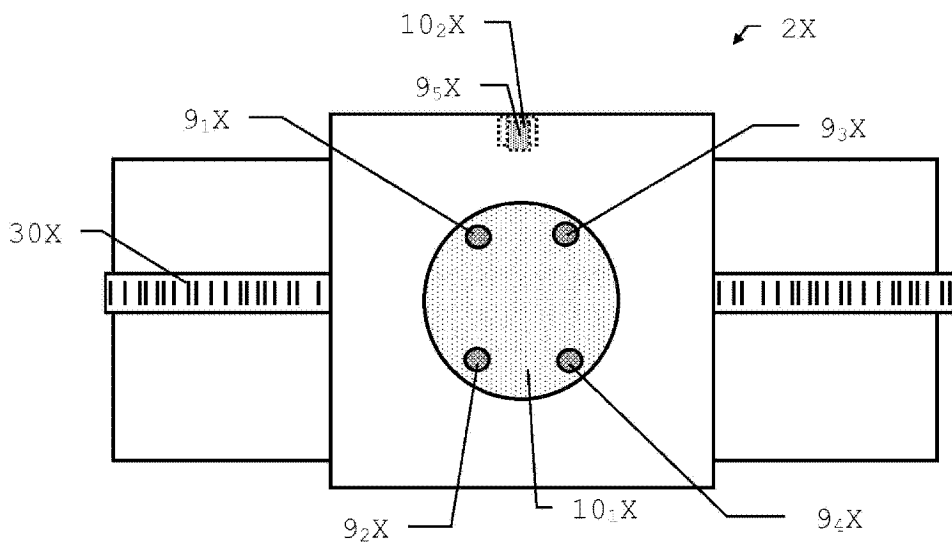


图 5

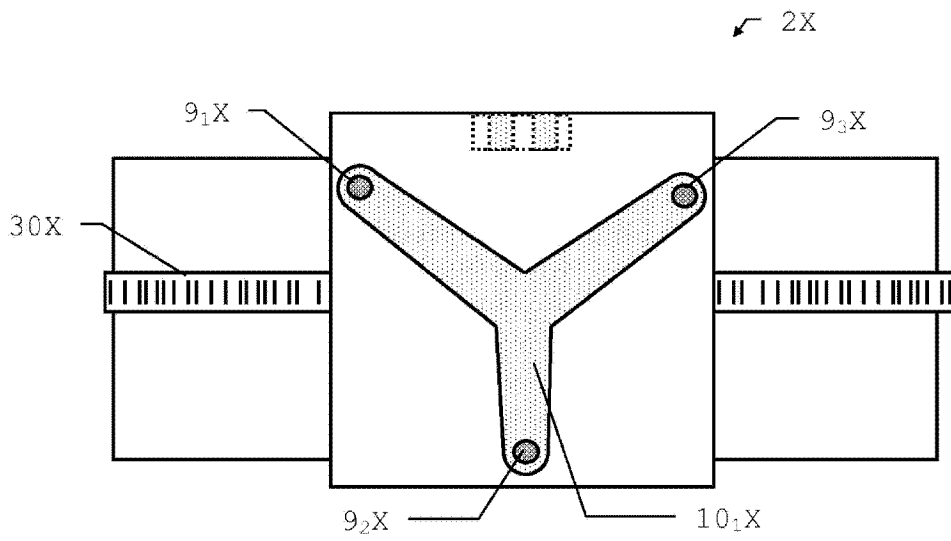


图 6

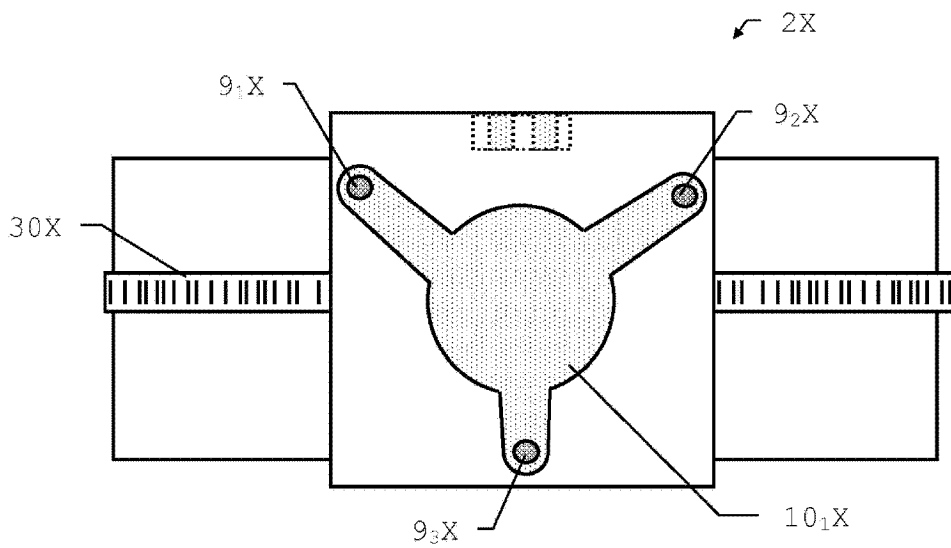


图 7

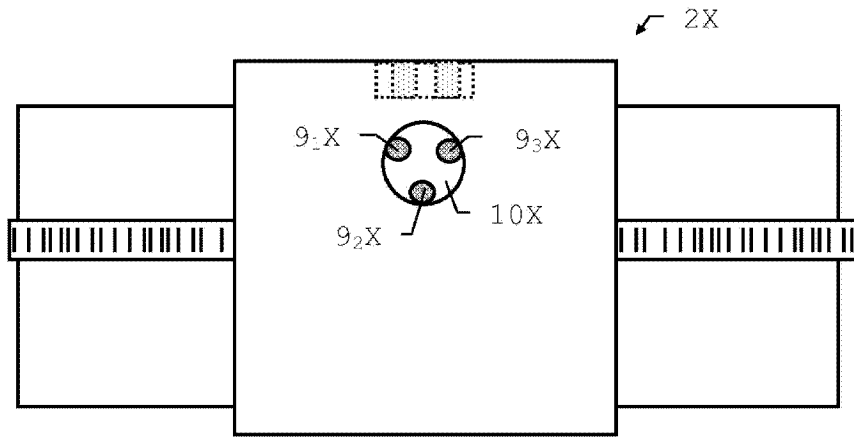


图 8

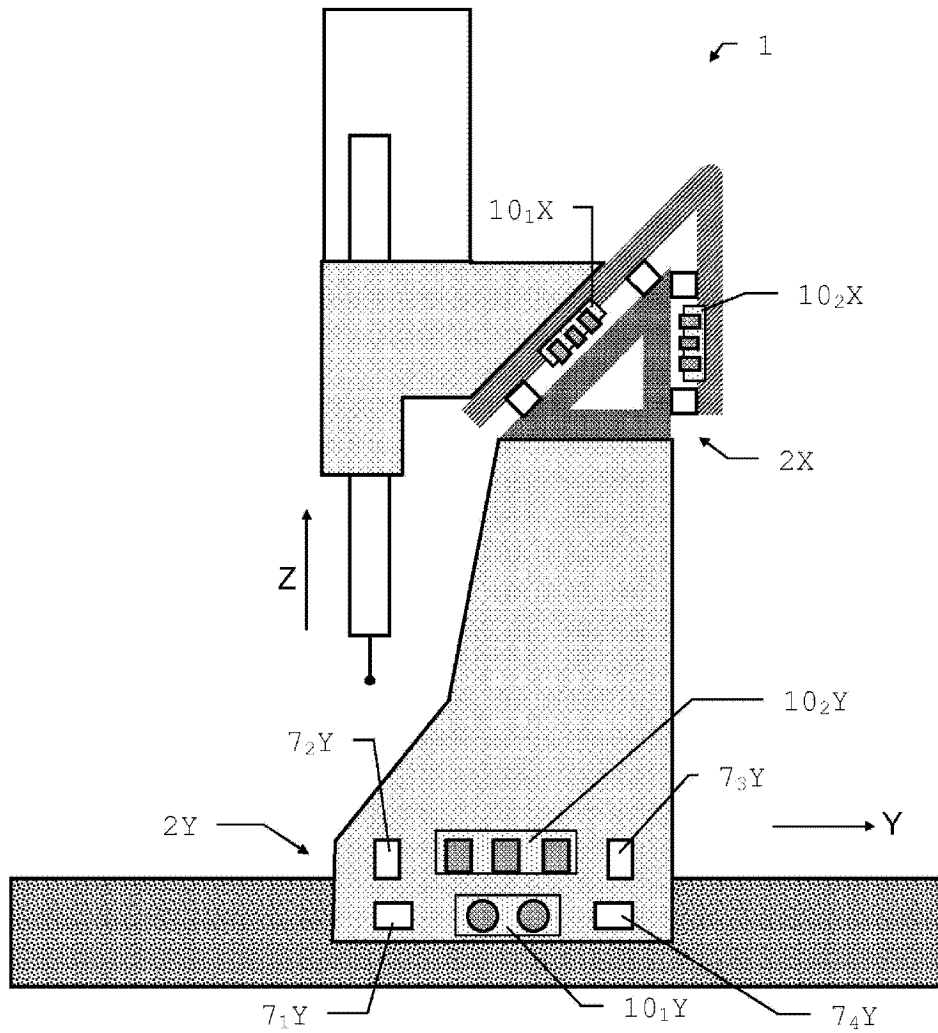


图 9

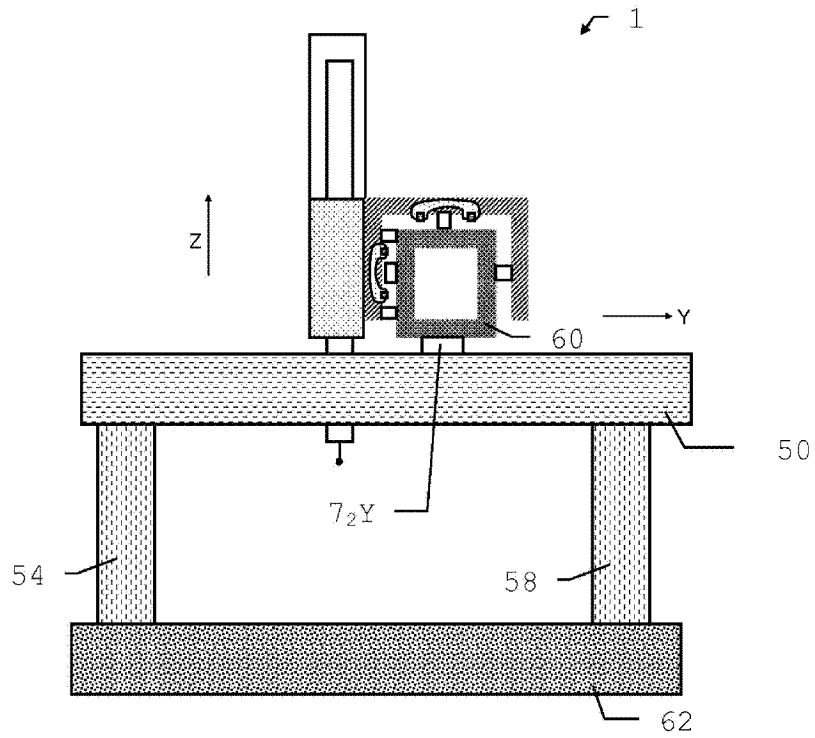


图 10

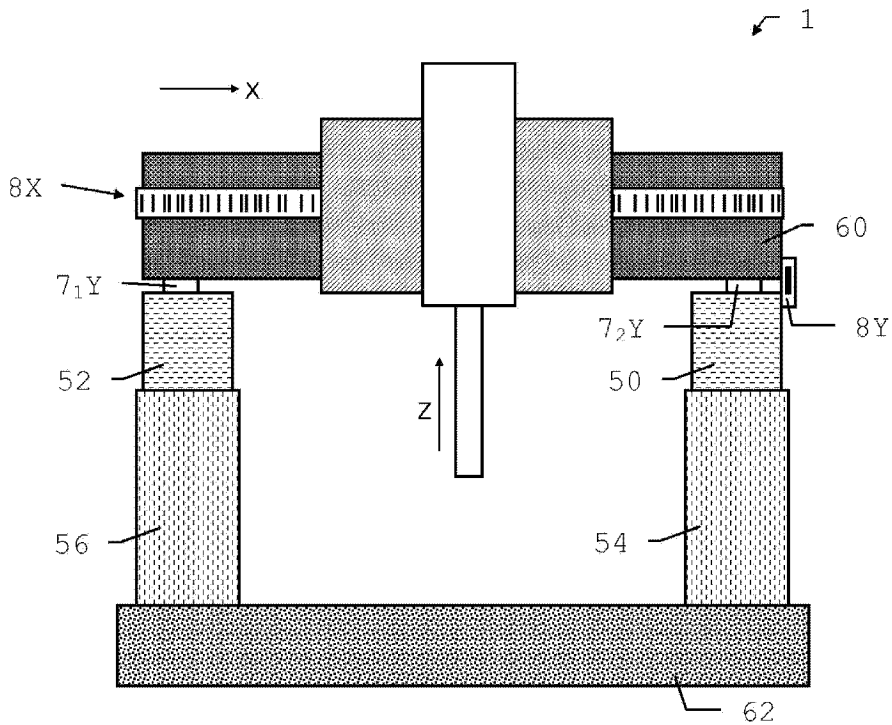


图 11