

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01B 21/04

G01B 5/004 G01B 7/004

G01B 11/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02822063.3

[43] 公开日 2005年2月16日

[11] 公开号 CN 1582384A

[22] 申请日 2002.11.1 [21] 申请号 02822063.3

[30] 优先权

[32] 2001.11.1 [33] GB [31] 0126232.8

[86] 国际申请 PCT/GB2002/004936 2002.11.1

[87] 国际公布 WO2003/038375 英 2003.5.8

[85] 进入国家阶段日期 2004.5.8

[71] 申请人 瑞尼斯豪公司

地址 英国格洛斯特郡

[72] 发明人 彼得·海杜凯维奇

若弗雷·麦克法兰

戴维·斯文·瓦利亚塞

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

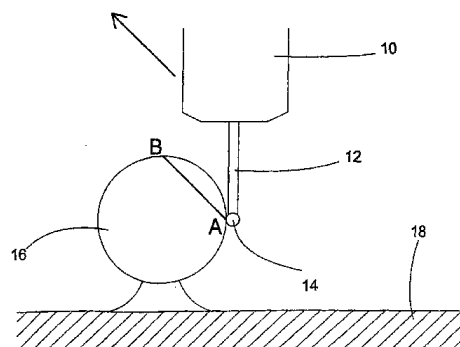
代理人 孙志湧 钟 强

权利要求书2页 说明书8页 附图6页

[54] 发明名称 探针的校准

[57] 摘要

一种校准模拟探针(10)或者非接触探针(26)的方法,模拟探针(10)具有尖端(12),带有工件接触末端(14)。校准人工产物诸如校准球体(16)安装在坐标测量机器CMM(18)上。探针(10,26)安装在CMM的臂(8)上,且探针沿着一路径移动,同时持续地扫描校准人工产物的表面,使得探针在其工作范围内训练。对于具有工件接触尖端(12)的模拟探针(10),该路径使得尖端的偏转沿着该路径变化。对于非接触探针(26),该路径使得在该路径和校准人工产物之间的径向距离存在变化。探针路径可包括与校准球体的弦平行的路径或者弯曲路径,例如正弦曲线路径。



ISSN 1008-4274

1. 一种校准探针的方法，包括如下步骤：

在坐标定位机器的第一部分上安装校准人工产物；

5 在坐标定位机器的第二部分上安装探针，所述第二部分相对于所述第一部分可移动；

围绕校准人工产物沿着一条或者多条扫描路径移动探针，同时持续地扫描校准人工产物的表面，使得探针在其工作范围内训练；以及

10 使用来自探针和坐标定位机器的测量数据，确定探针的校准系数。

2. 根据权利要求 1 的校准探针的方法，其中探针是具有尖端的模拟探针，尖端带有工件接触末端，并且其中探针的路径使得尖端的偏转量沿着该路径变化。

15

3. 根据权利要求 2 的校准探针的方法，其中在两个或者多个不同的尖端偏转，扫描至少一个扫描路径。

20 4. 根据权利要求 1 的校准探针的方法，其中探针包括非接触探针。

5. 根据权利要求 4 的校准探针的方法，其中对于扫描路径和校准人工产物之间的两个或者多个不同的径向距离，获得探针的测量数据。

25

6. 根据任一前面的权利要求所述的校准探针的方法，其中校准人工产物包括球体，并且探针路径的至少一部分平行于球体的弦。

30 7. 根据任一前面的权利要求所述的校准探针的方法，其中探针的路径包括与球体的弦平行的线段序列。

8. 根据权利要求 1 至 5 的任一个所述的校准探针的方法，其中探针的路径包括正弦曲线路径。

5 9. 根据任一前面的权利要求所述的校准探针的方法，其中将探针路径的方向反向。

10. 一种计算机程序，用于操作根据权利要求 1 至 9 的任一个的方法。

10

探针的校准

5 本发明涉及校准探针的方法。特别的，本发明涉及具有可偏转尖端的模拟探针和非接触探针的校准。

10 模拟探针是公知的，探针的一个例子在我们的英国专利 No.1,551,218 中描述。该专利描述了探针悬挂装置，其包括三对正交布置的平行弹簧，串联连接在探针外壳的固定点和可移动部件之间，其中工件接触尖端连接到可移动部件。尽管使用了术语“模拟探针”，探针的输出可以是模拟或者数字的。模拟探针可以安装在坐标定位机器上，例如坐标测量机器，机器工具，或者接合测量臂。

15 在使用这种探针的工件测量操作期间，探针安装在其上的机器朝向工件被驱动，使得尖端接触工件。当尖端的末端接触工件时，尖端随着机器持续移动将被偏转，且探针内的测量传感器产生输出，代表探针尖端沿着三个正交轴的偏转。这些轴称为探针的 a, b 和 c 轴。代表尖端偏转的 abc 输出与代表探针位置的机器输出 XYZ 结合，给出尖端末端位置的真实指示以及有关工件表面的信息。

20 理想地，当探针安装在机器上时，安排探针的 a, b 和 c 轴与机器的 X, Y 和 Z 坐标轴对准，从而探针尖端的测量偏转将沿着机器的 X, Y 和 Z 轴发生。然而，这种对准不总是有可能达到的。

25 另外，如果探针 a, b 和 c 轴之间存在不对准，使得它们不正交，则例如额定在 a 方向的尖端偏转能够也引起 b 和 c 方向的偏转。

30 进一步，三个探针轴的比例因子将通常偏离它们的额定值。另外，传感器将给出非线性输出。

因此，通常校准探针和机器系统，确定任何这种不对准和比例误差的效果，并然后纠正在工件上对于这些效果的任何测量。

5 非接触探针还可以用于扫描工件的表面。定位这些探针，接近工件的表面而不接触它。探针使用例如电容，电感或者光学手段来检测表面的邻近。非接触探针也需要校准。例如，存在从非接触探针获得的在距离表面不同距离的测量数据的变化，这需要被纠正。

10 执行校准的一个方法是在机器上安装校准人工产物（artefact），例如已知直径的参考球体。例如沿探针轴的一个方向朝向人工产物驱动探针，直到探针的测量设备的输出中超过预定阈值水平的增量指示已经与人工产物的表面接触。在尖端末端已经被确认后，取得一套机器坐标数据 XYZ 和探针坐标数据 abc。机器持续移动，直到机器已经
15 移动了超过确定接触点的选定距离，并且取得了另一套 XYZ 和 abc 坐标数据。探针的测量传感器的 abc 输出中在三个轴中的变化被记录，并且与机器的测量设备沿三个机器轴 XYZ 每一个的读数中的变化相关联。为两个其它正交方向重复该步骤，这两个其它正交方向可以是其它两个机器轴。可以从这些读数中建立探针转换矩阵，它将 a, b
20 和 c 轴的探针输出关联到机器的 X, Y 和 Z 坐标系统。

一旦建立了转换矩阵，可以通过将相关探针输出与相关矩阵项相乘，获得探针偏转的相关机器轴分量。

25 该方法的缺点在于：当探针在有限量的方向移动时，它产生了有限量的探针数据。

德国专利申请 19809589 公开了使用校准物体对电子控制的坐标测量设备的传感器进行校准的方法。校准物体的部分被传感器沿一条
30 线连续检测，该线不限于一个平面。传感器受到不同的应用压力，同

时取得沿该线的读数，确认应用压力在校准测试结果上的准确效果。
该方法适合于“主动探针”，其中电动机械装置用于调整尖端和待测量部件之间的接触力。然而，该方法不适合于“被动探针”，其中在测量部件的过程中，部件和尖端之间的接触力由机械弹簧产生，并且
5 该力与尖端偏转成比例。超过该尖端偏转范围的偏转传感器输出可具有比例误差，且是非线性的。类似的，上述方法不适于非接触探针使用。

本发明的第一方面提供了一种校准探针的方法，包括如下步骤：
10 在坐标定位机器的第一部分上安装校准人工产物；
在坐标定位机器的第二部分上安装探针，所述第二部分相对于所述第一部分可移动；
围绕校准人工产物沿着一条或者多条扫描路径移动探针，同时持续地扫描校准人工产物的表面，使得探针在其工作范围内训练；以及
15 使用来自探针和坐标定位机器的测量数据，确定探针的校准系数。

探针可包括具有尖端的模拟探针，尖端带有工件接触末端，并且其中探针的路径使得尖端的偏转量沿着该路径变化。

20 可选的，探针可包括非接触探针，其中探针的路径使得探针和校准人工产物之间的距离沿着所述路径变化。

校准人工产物可包括球体，并且探针路径的至少一部分平行于球体的弦。探针的路径可包括与球体的弦平行的线段序列。可选的，探针路径可包括弯曲的路径，诸如正弦曲线路径。

在两个或者多个不同的探针偏转、或者扫描路径和校准人工产物之间的两个或者多个不同径向距离，可以扫描探针的至少一个扫描路径。
30

本发明的第二部分提供了一种计算机程序，用于操作上述的方法。

5 将参考附图以举例的方式描述本发明的优选实施例，其中：

图 1 示出了模拟探针，其尖端接触校准球体；

图 2 示出了相对于校准球体的探针路径；

图 3 示出了尖端的工件接触末端在校准球体上的移动；

图 4 示出了围绕校准球体沿着正弦曲线路径的探针；

10 图 5 示出了围绕校准球体沿着锯齿路径的探针；

图 6 示出了围绕校准球体沿着已知路径的非接触探针；

图 7 示出了 CMM 的“X”输出和探针的“a”输出之间的关系；

图 8 示出了关于校准球体的探针扫描路径以及探针的相应径向读数；以及

15 图 9 示出了探针的径向输出和沿扫描路径行进的距离之间的关系。

图 1 示出了模拟探针 10，它安装在坐标测量机器（CMM）（未示出）的衬套（quill）8 上。模拟探针具有尖端 12，带有工件接触末端 20 1。工件接触末端可包括球形或者其它形状，诸如盘形。当尖端末端接触待测量表面时，它产生代表尖端偏转的信号 abc。当探针由坐标测量机器移动时，产生信号 XYZ，其表示探针的位置。尖端偏转信号 abc 和坐标测量机器读数 XYZ 结合，给出尖端末端位置的真实表示以及有关工件的信息。然而，必须首先校准探针，确保 abc 尖端位置信号 25 被缩放并与坐标测量机器 XYZ 位置信号对准。

图 7 示出了 CMM 的输出和探针的‘a’输出之间的关系。尽管在图 7 中示出该关系是线性关系，它也可以是非线性的，例如二次关系。探针用在探针输出 a 的极小值 P 和极大值 Q 之间的工作范围。因此，期望校准该工作范围内（即，图 7 的 P 和 Q 之间）的探针。为了清楚， 30

图 7 示出了一维的探针和 CMM，但可期望校准探针在工作范围中的所有三维。探针的结合的 a ， b 和 c 输出称为径向偏转。

5 校准球体 16 附着在机器台或者底座 18 上。校准球体具有已知半径 R 。首先必须找到校准球体的中心。这可以通过在接触触发模式中设置探针来做到，其中无论何时尖端偏转了，它都将信号发送到坐标测量机器。在该模式下，不需要任何本发明涉及的类型的校准。探针朝向球体移动，直到尖端末端接触球体，并且尖端偏转，导致接触触发事件。因此，能够确定校准球体的表面上的该点的大概位置。对再
10 三个点重复该步骤。有了校准球体的表面上的四个已知点、校准球体的已知半径 R 和已知的尖端末端半径 r ，将校准球体的中心计算到足够的接近，使得校准例程能运行。

15 探针返回到模拟模式，探针朝向校准球体移动，直到尖端末端接触校准球体且尖端偏转。如果已知尖端末端直径和校准球体直径，则可以估计尖端的偏转。相比于待校准的所需尖端偏转范围，尖端偏转被保持的很小。

20 现在，坐标测量机器沿一路径移动探针，使得尖端末端从与校准球体接触的第一点移动到与校准球体接触的第二点，同时保持持续的接触。探针线性地移动，如图 2 所示，沿着校准球体的第一点 A 和第二点 B 之间的弦。当探针在弦的方向上移动时，尖端终端和尖端围绕着校准球体的表面偏转。

25 图 8 示出了校准球体的一部分。线段 30 示出了与在点 A 和 B 之间延伸的校准球体的弦平行的探针路径。线段 32 示出了与探针在其路径 30 上的位置对应的探针的径向偏转。当探针沿着路径 30 移动时，探针的径向读数在 P 和 Q 之间变动，其中 P 和 Q 定义了探针的工作范围的极值。计算 A 和 B 之间的弦长度，从而探针在所需的校准范围
30 上偏转。

坐标测量机器驱动探针的方式为围绕校准球体并向下的弦移动，并且在这些移动中，尖端末端自由地围绕球体滑动。图 3 示出了围绕校准球体 16 的弦移动 20 的序列，形成了螺旋状路径。

5

CMM 以弦移动的序列移动探针，该弦移动包括一组环形环或者螺旋。在序列中将探针的方向反向具有附加的优势：当尖端末端围绕校准球体的表面滑动时，减少由于摩擦角变化引起的模糊数据的产生。该序列可包括例如 6 匝螺旋形，然后是反方向的类似螺旋形，即，类似于双螺旋。

10

坐标测量机器控制器在序列期间从探针和坐标测量机器收集数据（即，**abc** 信号和 **XYZ** 信号）。这样收集的未校准数据被用于使用已知的数学方法（例如最小二乘叠代）来计算必要的校准系数。

15

以围绕校准球体的弦移动来移动探针的方法使得探针尖端充分地训练，产生适合分布的和足够量的未校准 **abc** 数据。这种来自所有探针轴的探针输出数据分布使得可以很好地计算校准系数，导致了更好的系统准确性。

20

本发明不限于以围绕校准球体的弦移动来移动探针。探针可以沿着任何导致尖端偏转变化的路径围绕校准人工产物。例如，也可以驱动探针以弯曲的路径围绕校准球体，挑选弯曲路径的形状，使得能够收集大范围的尖端偏转和分布数据。然而，以直线，即弦，来驱动探针的优势在于缩短校准例程。

25

移动的弦序列很容易编程和设置。它使用通常可用的校准球体，因此不需要特别的装置。另外，该校准序列比其它已知数据收集方法快。

30

图 4 示出了围绕校准球体 16 以正弦曲线路径 22 驱动探针 10。正弦曲线探针路径 22 导致探针 10 和校准球体 16 的中心之间的距离发生变化，从而导致尖端偏转的变化。正弦曲线探针路径的优势在于：对于机器的衬套的移动来说，是平滑路径。

5

图 5 示出了围绕校准球体 16 以锯齿形路径 24 驱动探针 10。如前，该锯齿路径 24 导致探针 10 和校准球体 16 的中心之间的距离发生变化，从而导致尖端偏转的变化。

10 校准人工产物可包括校准球体或者任何其它形状。然而，在实践中，由于校准球体通常可用，因此很方便使用校准球体。

15 本发明还适用于非接触探针，诸如光探针、电感探针或者电容探针。如同接触探针，非接触探针用在其探针输出的极小值和极大值的工作范围内。探针输出代表探针距离一表面的距离，因此非接触探针用在距离该表面的距离范围内。在该范围内探针必须被校准。

20 如图 6 所示，非接触探针 26 沿着已知路径 28 围绕校准人工产物 16 移动，使得探针 26 和校准人工产物 16 之间的距离发生变化。该路径可包括例如线性移动的序列，沿着该序列，距离校准人工产物的距离变化。可选的，路径可以是弯曲路径，诸如上述的正弦曲线。

25 当非接触探针沿着该路径移动时，来自 CMM 的位置数据和来自非接触探针的测量数据结合在一起，确定校准的人工产物的测量尺寸。这些尺寸与人工产物的已知尺寸进行比较，并用于计算探针的校准系数。

30 在本发明的另一实施例中，在其工作范围内的探针的不同径向读数，校准人工产物的表面扫描路径被扫描两次或者多次。

30

例如，可以以接触探针扫描校准人工产物的表面路径，第一次在第一尖端偏转朝向探针的径向工作范围的上限，第二次在第二尖端偏转朝向探针的径向工作范围的下限。图 9 示出了探针的径向偏转和沿着扫描路径行进的距离之间的关系。工作范围位于线段 P 和 Q 之间。

5 第一尖端偏转的径向偏转在 34 示出，而第二尖端偏转的径向偏转在 36 示出。

校准人工产物的扫描路径可以被扫描多于两个不同的尖端偏转。例如，可以第三次以尖端偏转来扫描，使得径向偏转朝向工作范围的中间。

10

相同的方法适用于非接触探针。在这种情况下，在距离人工产物的不同径向距离，将校准人工产物的扫描路径扫描两次或者多次。

15 术语“工作范围”包括探针的最大可能工作范围和其内的子范围，子范围可用于任何特定的应用。

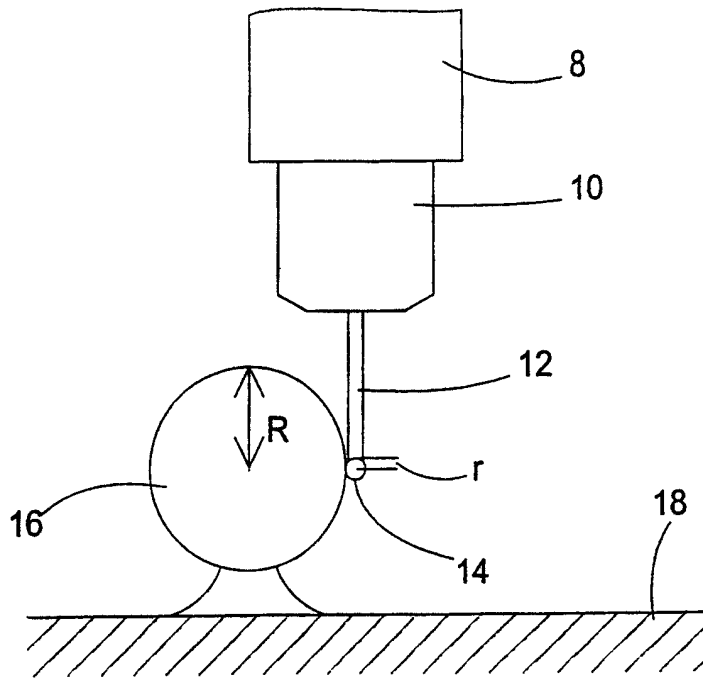


图1

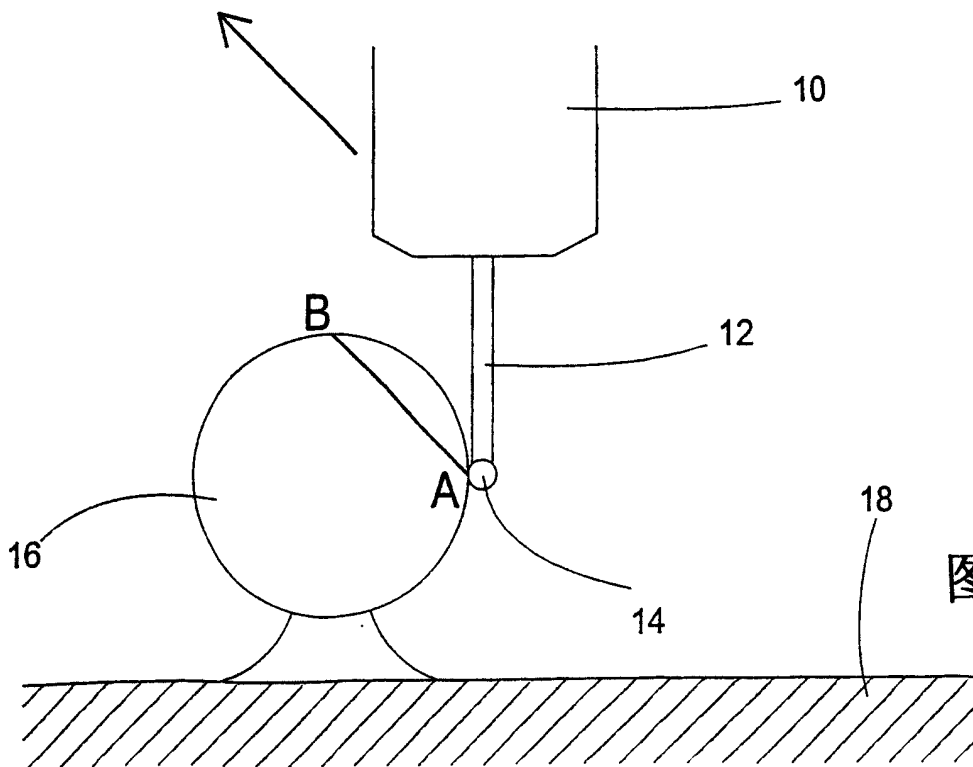


图2

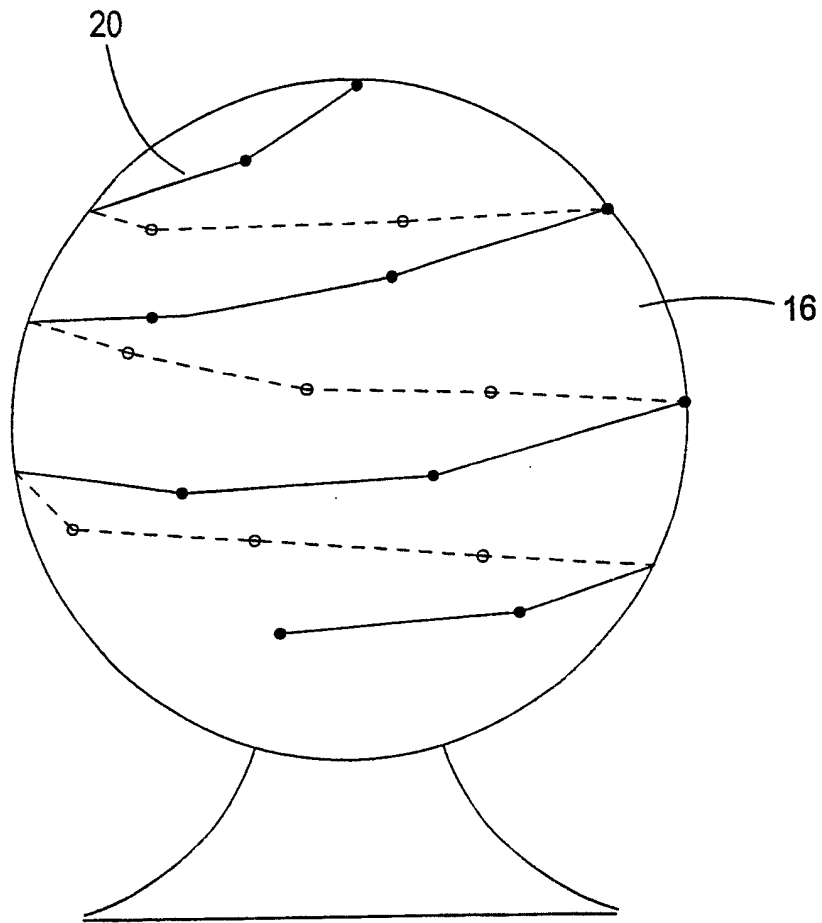


图3

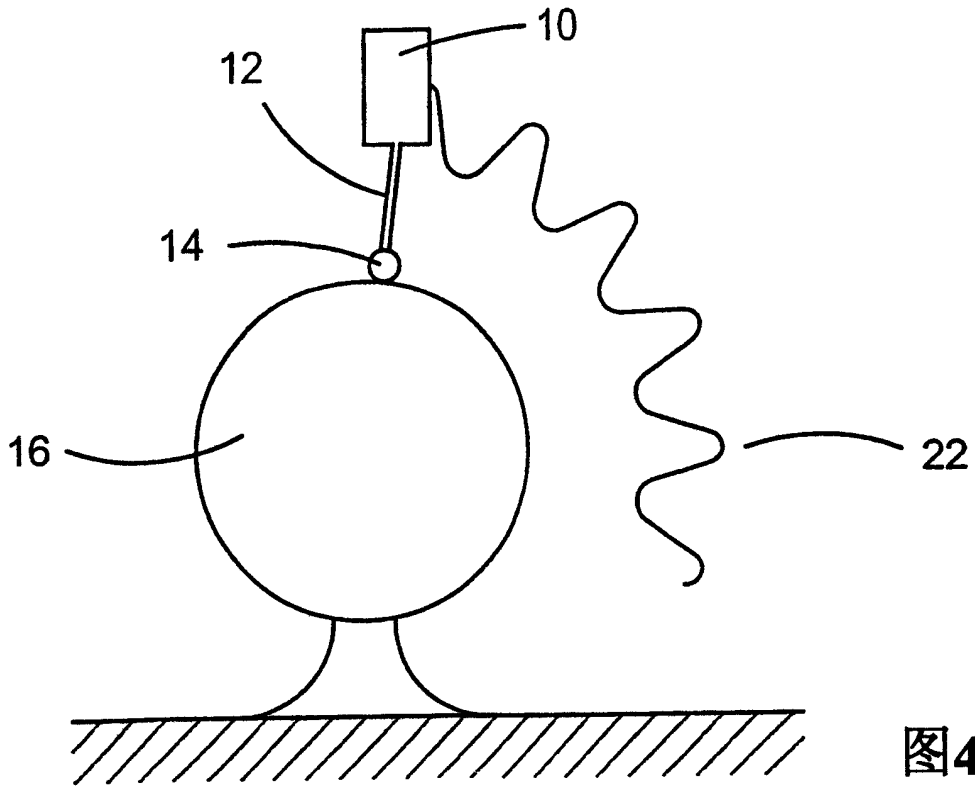


图4

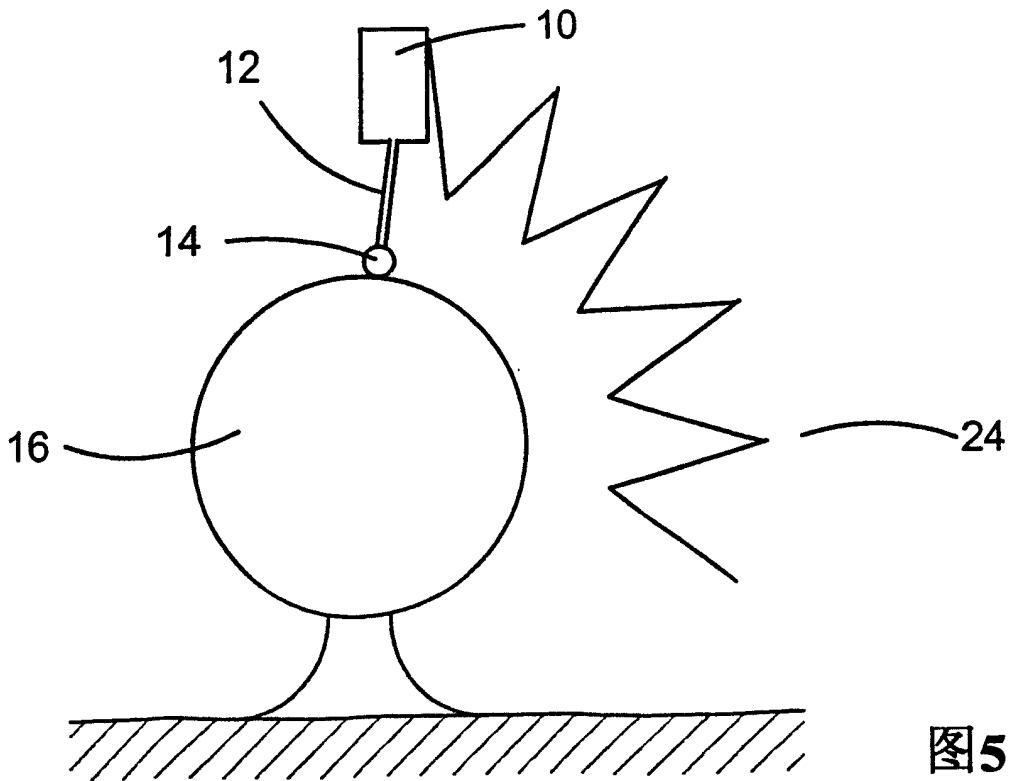


图5

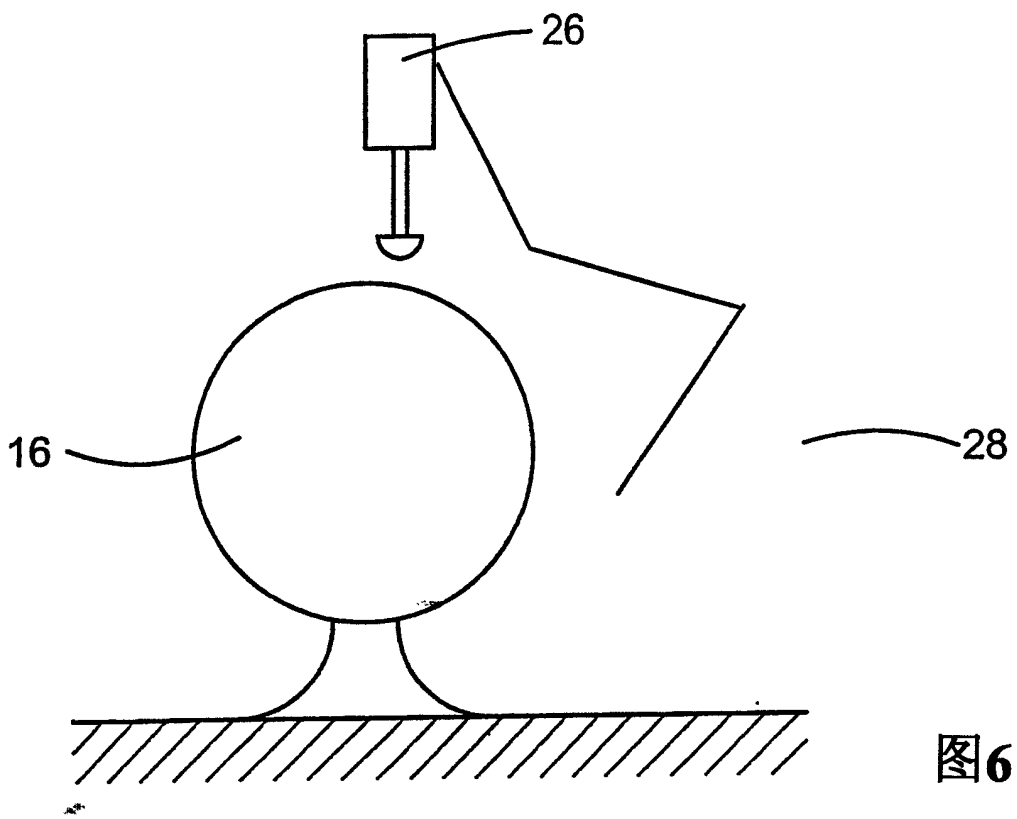


图6

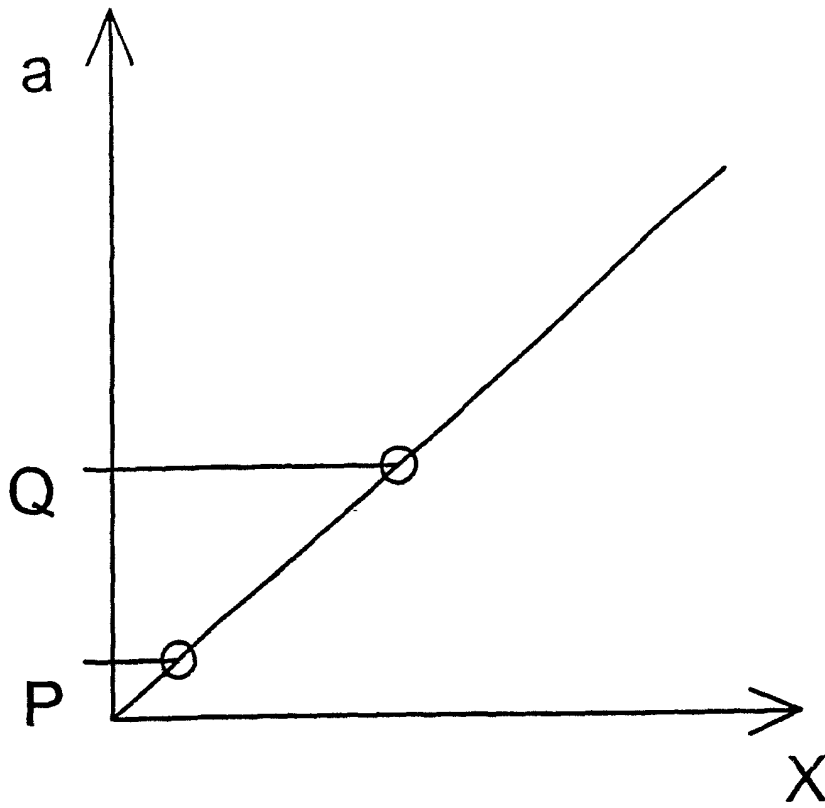


图7

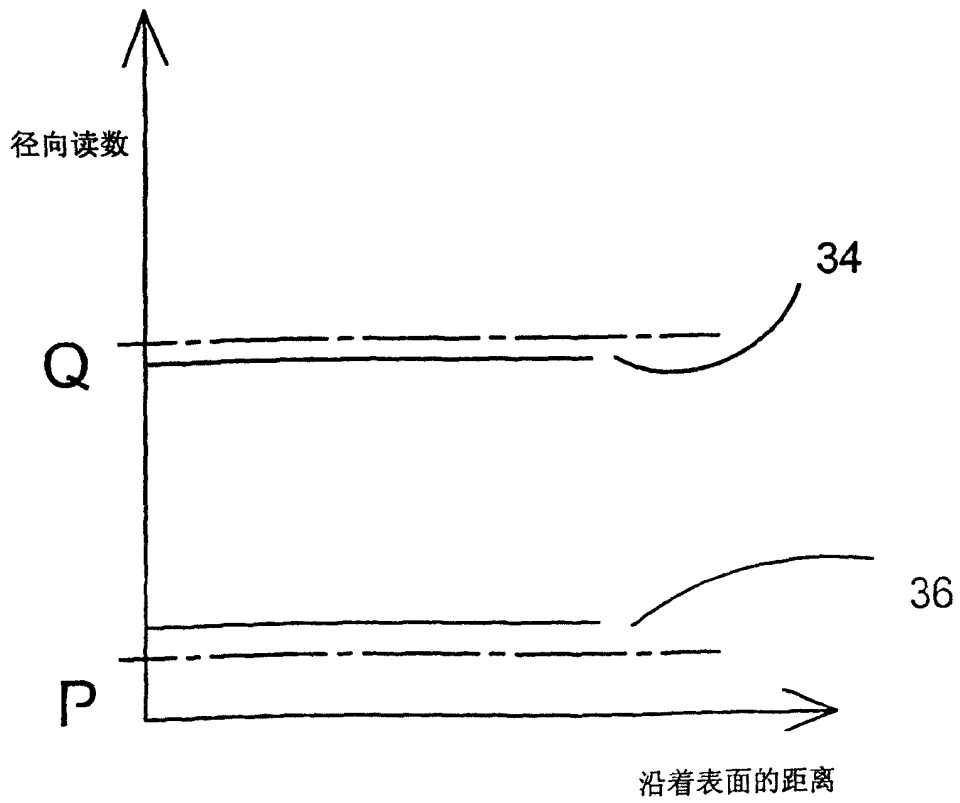


图9

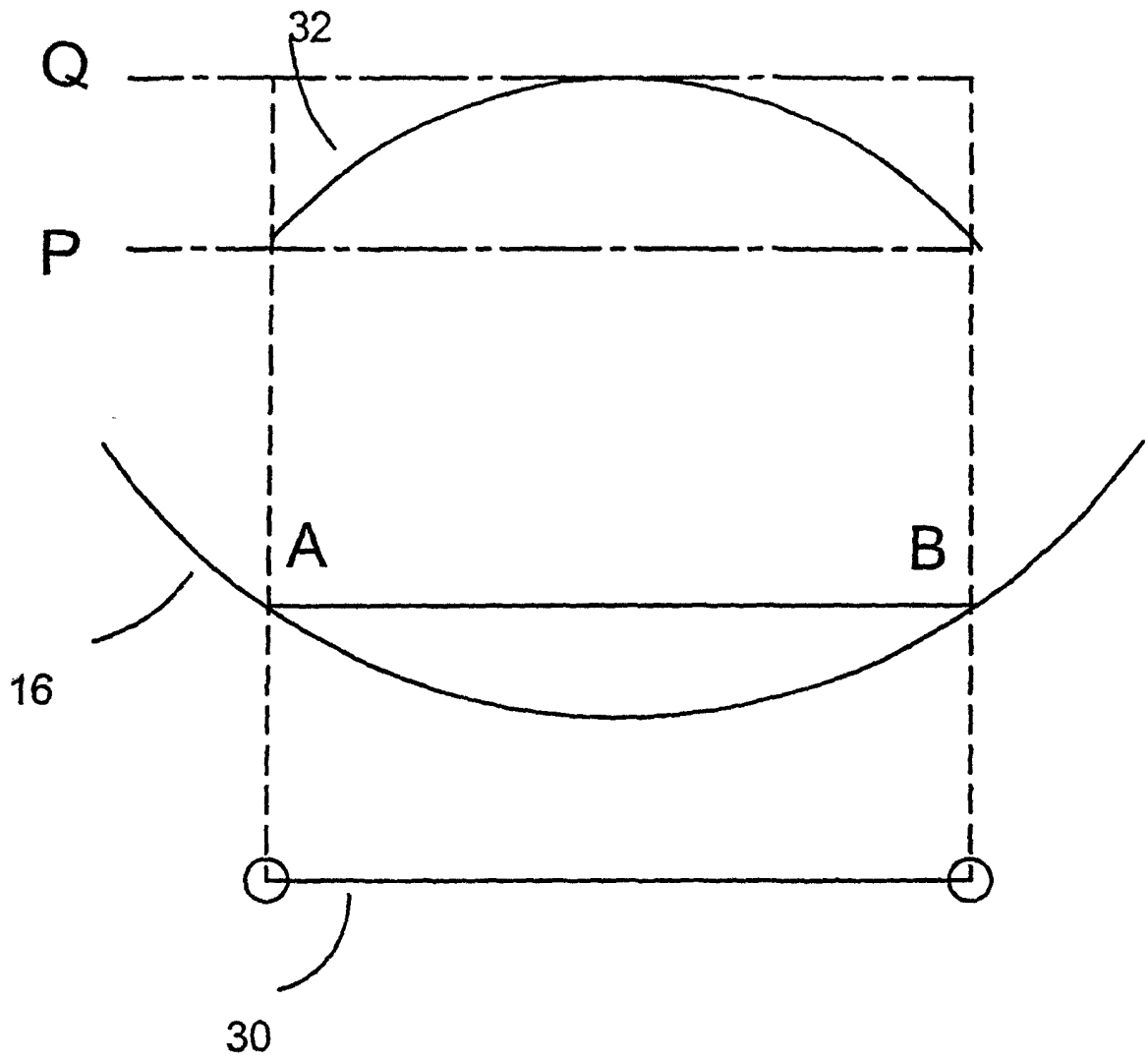


图8