



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103512493 B

(45)授权公告日 2017.07.04

(21)申请号 201310240064.4

(22)申请日 2013.06.17

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103512493 A

(43)申请公布日 2014.01.15

(30)优先权数据

102012210309.0 2012.06.19 DE

(73)专利权人 约翰内斯·海德汉博士有限公司

地址 德国特劳恩罗伊特

(72)发明人 拉尔夫·比尔 约尔格·德雷谢尔

沃尔夫冈·霍尔扎普费尔

马库斯·迈斯纳 伯恩哈德·默施

伯恩哈德·普勒查彻

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 余刚 李慧

(51)Int.Cl.

G01B 11/00(2006.01)

G01D 5/347(2006.01)

G01D 5/34(2006.01)

(56)对比文件

CN 1892173 A, 2007.01.10,

CN 101566800 A, 2009.10.28,

US 2011286004 A1, 2011.11.24,

US 2007058173 A1, 2007.03.15,

US 2010141966 A1, 2010.06.10,

US 2006227309 A1, 2006.10.12,

US 6392224 B1, 2002.05.21,

审查员 熊洁

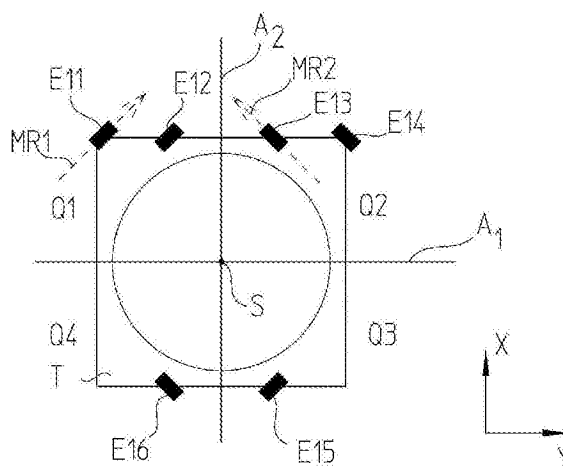
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

位置测量装置

(57)摘要

本发明涉及一种位置测量装置,其用于检测两个机器组件的相对位置,机器组件至少沿第一和第二主运动方向在移动平面中相对彼此可运动地布置。位置测量装置包括至少一个量具,该量具布置在第一机器组件上。在第二机器组件上布置有至少六个扫描单元,该扫描单元用于在移动平面中在至少两个测量方向上光学扫描量具。在此,每个测量方向对应于至少两个扫描单元。在移动平面中的分别一个测量方向的扫描单元非点对称式地相对于第二机器组件的中心布置。



1. 一种用于检测两个机器组件的相对位置的位置测量装置,所述机器组件至少沿第一主运动方向(Y)和第二主运动方向(X)在移动平面中相对彼此可运动地布置,所述位置测量装置具有:

- 至少一个量具,所述量具布置在第一机器组件上,和
- 至少六个第一扫描单元,所述第一扫描单元布置在第二机器组件上并且用于在所述移动平面中在至少两个测量方向(MR1,MR2)上光学扫描所述量具,其中
- 每个所述测量方向(MR1,MR2)对应于至少两个所述第一扫描单元,和
- 在所述移动平面中的分别一个所述测量方向(MR1,MR2)的所述第一扫描单元非点对称式地相对于所述第二机器组件的中心(S)布置。

2. 根据权利要求1所述的位置测量装置,具有至少三个第二扫描单元,所述第二扫描单元设计用于检测两个所述机器组件沿另一个方向(Z)的相对位置,其中,所述方向垂直于所述移动平面指向。

3. 根据权利要求1所述的位置测量装置,其中,所述第一扫描单元以共同的测量方向(MR1,MR2)在所述移动平面中未布置在共同的连接直线上。

4. 根据权利要求1所述的位置测量装置,其中,
- 通过在所述移动平面中的、在所述第二机器组件的所述中心(S)处交叉的两个彼此垂直竖立的轴(A₁,A₂),形成具有四个象限的笛卡尔坐标系,和
 - 在至少两个所述象限中,每至少两个所述第一扫描单元以分别相同的所述测量方向(MR1,MR2)布置。

5. 根据权利要求1所述的位置测量装置,其中,
- 通过在所述移动平面中的、在所述第二机器组件的所述中心(S)处交叉的两个彼此垂直竖立的轴(A₁,A₂),形成具有四个象限的笛卡尔坐标系,和
 - 在至少三个所述象限中,每至少两个所述第一扫描单元以分别相同的所述测量方向(MR1,MR2)布置。

6. 根据权利要求1所述的位置测量装置,其中,
- 通过在所述移动平面中的、在所述第二机器组件的所述中心(S)处交叉的两个彼此垂直竖立的轴(A₁,A₂),形成具有四个象限的笛卡尔坐标系,和
 - 在所有四个所述象限中,每至少两个所述第一扫描单元以分别相同的所述测量方向(MR1,MR2)布置。

7. 根据权利要求4、5或6中任一项所述的位置测量装置,其中,布置在对角相对布置的所述象限中的所述第一扫描单元都分别具有相同的所述测量方向(MR1,MR2)。

8. 根据权利要求4、5或6中任一项所述的位置测量装置,其中,在至少三个所述象限中布置有第二扫描单元,所述第二扫描单元设计用于检测两个所述机器组件沿另一个方向的相对位置,其中,所述方向垂直于所述移动平面指向。

9. 根据权利要求1至6中任一项所述的位置测量装置,其中,用于所述移动平面中的测量方向的至少一个第一扫描单元与用于垂直于所述移动平面的测量方向的第二扫描单元共同集成在组合的扫描单元中。

10. 根据权利要求7所述的位置测量装置,其中,用于所述移动平面中的测量方向的至少一个第一扫描单元与用于垂直于所述移动平面的测量方向的第二扫描单元共同集成在

组合的扫描单元中。

11. 根据权利要求8所述的位置测量装置, 其中, 用于所述移动平面中的测量方向的至少一个第一扫描单元与用于垂直于所述移动平面的测量方向的第二扫描单元共同集成在组合的扫描单元中。

12. 一种对根据权利要求1至11中任一项所述的位置测量装置的应用, -用于检测可运动地布置的机器组件的多个自由度, 和

-用于检测所述机器组件的振动。

13. 根据权利要求12所述的对位置测量装置的应用, 其中实施所述对位置测量装置的应用以用于检测所使用的量具的误差。

位置测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种位置测量装置。

背景技术

[0002] 为了高精度地测量相对彼此可运动的机器组件的位置,优选地应用了光学位置测量装置。该光学位置测量装置包括:一个或多个光学扫描单元,这些扫描单元与第一机器组件相连接;以及一个或多个量具,这些量具与第二机器组件相连接,其中第二机器组件相对于第一机器组件是可运动的。通过借助于扫描单元光学扫描(多个)量具,可以确定和移动有关的位置信号和进而确定机器组件的相对位置。量具在此可以设计为一维的刻度尺或者也可设计为二维的刻度片。在一个可能的应用中,位置测量装置的扫描单元安装在可运动的机器组件、例如工作台上,其必须定位在加工工具下方,其中,在工作台上布置有待加工的工件。该工件应该通过工作台在移动平面(XY-平面)中沿两个主运动轴X,Y是可移动的,而另外的自由度(沿Z轴移动,其垂直于XY-平面;围绕X-,Y-和Z-轴的旋转)被固定或仅应轻微地调整。在平行于移动平面的平面中,位置测量装置的一个或多个二维的刻度片布置在机器上,扫描单元必须能够测量到它们。刻度片在此位置固定地围绕各个加工工具放置。

[0003] 这种位置测量装置的主要任务在于,至少在沿主运动轴X,Y的移动自由度 x,y 方面以及在围绕Z-轴的旋转自由度 R_z 方面确定机器组件的位置和情况。下面在此是涉及所谓的3-DOF-测量(DOF=自由度)。此外对于高精度的应用而言可能需要的是,检测各个机器组件的所有六个自由度。这附加地还可能是沿Z-轴的移动自由度 z 以及围绕Y-或X-轴的旋转自由度 R_y,R_x 。在这种情况下是指所谓的6-DOF-测量。

[0004] 这种在半导体工业中被用于在照明-或检查单元(加工工具)下方定位晶片(工件)的系统例如由US 2007/0195296 A1已知。处于这种机器中的工作台T在此配有位置测量装置,该位置测量装置具有根据US 7,573,581 B2的四个组合的扫描单元E1-E4,如这在本申请的图1中示意性地示出地那样。通过每个扫描单元E1-E4产生了扫描信号或者说位置测量值,其包含相对于被扫描的刻度片的、扫描单元位置的两个方向分量:

[0005] -沿在刻度片的平面中的预定的方向;在该方向上的位置测量值在下面被标记为 $Y^{(enc)}$ 。

[0006] -沿垂直于刻度片的距离;该位置测量值在下面被标记为 Z ,相应的距离测量作为 Z -测量。

[0007] 根据US 7,573,581 B2的扫描单元因此可以被视为具有在移动平面XY中的测量方向的扫描单元和具有垂直于移动平面XY的测量方向Z的扫描单元的组合。

[0008] 扫描单元E1-E4被安装在工作台T的四个角上并且如可由图1中看到地倾斜于两个主运动轴X,Y对齐。因此,扫描单元根据对齐方向算出位置测量值 $Y^{(enc)} = (X + Y)/\sqrt{2}$ 或者位置测量值 $Y^{(enc)} = (X - Y)/\sqrt{2}$ 。此外,每个扫描单元E1-E4提供了关于其沿相对于刻度片的Z-轴的距离的信息或者说位置测量值。

[0009] 扫描单元E1-E4在已知的装置中相对于四个彼此相邻的、在菱形中放置的刻度片

M1-M4进行测量,如这在图2中所示。此外,在图1和2中的轴描述的一致性被任意地选择。在刻度片装置的中央开槽形成了较大的区域B。加工工具、例如照明-或检查单元位于这里。在机器运行时,四个扫描单元E1-E4之一可以暂时位于开槽形成的区域B的下方并且同时不提供测量值。尽管如此,机器位置也可以在这种情况下被准确地确定,因为三个与刻度片M1-M4啮合的扫描单元已经足够用于确定工作台T的六个自由度。

[0010] 相应的机器的精度还通过下面的干扰因素而决定性地受到影响:

[0011] -刻度片M1-M4变形(在机器运行时静止或缓慢改变,所谓的“Drift(逐渐变化)”,通常由温度波动引起)

[0012] -在其上放置有工件的工作台T或机器组件的固有振动和颤动。

[0013] 工件越大,则所述的干扰因素就越重要,因为对于较大的机器组件和刻度片而言,更困难的是通过加强的同一个设计方案来抑制振动和变形。然而如果提供了关于刻度变形和机器组件颤动的当前激励状态的测量数据,则可以采取合适的措施来补偿或减振。

[0014] 机器组件的这种颤动表现为机器组件的、例如工作台的振荡的变形。其导致在(假定的)刚性的机器组件中相对于其假设的位置的布置在其上的扫描单元E1-E4的偏转。因此,机器组件的、在没有颤动时考虑直接从扫描单元E1-E4的测量值中获取的位置和机器组件的实际的位置不一致。此外,由机器组件-位置计算出的加工工具位置、即例如照明-或检查单元的位置相对于工件、即晶片不能精确确定,因为工件与机器组件共同颤动并且相应地弯曲。

[0015] 要探测机器组件的颤动的已知的可能性基于在频率范围和施加到机器组件上的力中的扫描单元值或相应的分析的时间历史的分析。为此例如参考US 2011/0317142 A1。这样获得的、关于由颤动模式引起的机器组件弯曲的信息可以在执行器的调节中这样被省去,即由颤动引起的、加工工具的位置的误差相对于工件大大减小。

[0016] 仅仅基于扫描单元-测量值的时间分析的这种颤动检测和补偿然而具有一系列缺点。

[0017] 机器组件的颤动在机器运行中不通过测量系统探测,而是通过动态的物理模型预测,该模型描述了外力对于机器组件的影响。物理模型可以由理论计算或机械测量确定。该模型与实际的机械性能的小偏差以及未测得的对于机器组件的力作用因此直接导致了加工工具相对于工件的位置误差。模型的预测相对于实际的性能的偏差在机器运行时不能被探测到。

[0018] 此外,在所述的US 2011/0317142 A1中提出的、将测量值(和力)分析为位置信号和颤动-信号是基于处理这种参数的时间过程的滤波器的。该滤波器例如设置在频率空间中,作为带通滤波器或陷波滤波器。为了实施这种频率过滤,时间信号曲线必须在一个时间间隔中由颤动振荡的周期的数量级是已知的。因此这种信号处理强制性地导致了某种惯量或至少在对应于颤动的频率带之内的调节系统的等待时间。恰好在快速的加速过程中或在主动抑制短时间内的振荡的尝试中,因此可以预料到的是,反应慢的调节系统是不利的。

发明内容

[0019] 本发明的目的在于,实现一种位置测量装置,通过该位置测量装置,除了机器组件的姿态的3-DOF-确定之外,还能实现机器组件的、由颤动引起的弯曲的尽可能瞬间的确定。

[0020] 该目的通过一种根据本发明的位置测量装置来实现。

[0021] 根据本发明的位置测量装置的有利的实施变体由本发明的优选实施方式实现。根据本发明的位置测量装置用于检测两个机器组件的相对位置,其至少沿第一主运动方向和第二主运动方向,在移动平面中彼此可运动地布置。其包括:至少一个量具,该量具布置在第一机器组件上;和至少六个扫描单元,扫描单元布置在第二机器组件上并且用于在移动平面中在至少两个测量方向上光学扫描该量具。在此,每个测量方向对应于至少两个扫描单元;此外,在移动平面中的分别一个测量方向的扫描单元非点对称式地相对于第二机器组件的中心布置。

[0022] 还可能的是,设有至少三个其它的扫描单元,该扫描单元设计用于检测两个机器组件沿另一个方向的相对位置,其中,该方向垂直于移动平面指向。

[0023] 有利的是,扫描单元以共同的测量方向在移动平面中未布置在共同的连接直线上。

[0024] 可以提出,即:

[0025] -通过在移动平面中的、在两个机器组件的中心处交叉的两个彼此垂直竖立的轴,形成具有四个象限的笛卡尔坐标系,和

[0026] -在至少两个象限中,每至少两个扫描单元以分别相同的测量方向布置。

[0027] 可替换地也可以提出,即:

[0028] -通过在移动平面中的、在两个机器组件的中心处交叉的两个彼此垂直竖立的轴,形成具有四个象限的笛卡尔坐标系,和

[0029] -在至少三个象限中,每至少两个扫描单元以分别相同的测量方向布置。

[0030] 最后也可以提出,即:

[0031] -通过在移动平面中的、在两个机器组件的中心处交叉的两个彼此垂直竖立的轴,形成具有四个象限的笛卡尔坐标系,和

[0032] -在所有四个象限中,每至少两个扫描单元以分别相同的测量方向布置。

[0033] 此外在此可能的是,布置在对角相对布置的象限中的扫描单元都分别具有相同的测量方向。

[0034] 此外可以提出,在至少三个象限中布置有另一个扫描单元,其用于检测两个机器组件沿另一个方向的相对位置,其中,该方向垂直于移动平面指向。

[0035] 最后可能的是,用于移动平面中的测量方向的至少一个扫描单元与用于垂直于移动平面的测量方向的扫描单元共同集成在组合的扫描单元中。

[0036] 根据本发明的位置测量装置因此可以:

[0037] -用于检测可运动地布置的机器组件的多个自由度,和

[0038] -用于检测机器组件的振动。

[0039] 此外,根据本发明的位置测量装置可以用于,检测所使用的量具的误差。

[0040] 根据本发明的位置测量装置因此能实现瞬间共同检测机器组件的颤动。在此,与现有技术不同的特别是,不需要在较长的时间段中的测量值-分析。在机器调节系统中的不需要的等待时间或反应慢的反应可以得到避免,因为无延迟地提供了关于机器组件的受颤动限制的偏差的信息。

[0041] 另外的优点在于,机器组件的受颤动限制的弯曲的测量现在直接在根据本发明的

位置测量装置的扫描单元的测量点上进行。在确定当前的弯曲时,因此不必再强制性地追溯来自于机器组件的投入高的和可能是不充分的动态模型的预测。

[0042] 最后,通过根据本发明的措施还得出了一种可能性,即扩展了总系统的最大的移动区域,而不需要为此增大所应用的量具。因此扩展了机器组件可以在其中移动和定位的那个区域。

[0043] 额外获得的测量值还可以用于校准系统,即例如用于探测刻度片的可能的变形或误差。

附图说明

[0044] 本发明的其它优点和细节从实施例的说明中根据附图得出。

[0045] 图中示出:

[0046] 图1示出现有技术的第一示意图;

[0047] 图2示出现有技术的第二示意图;

[0048] 图3示出关于颤动对于位置测量装置的测量值的影响的示意图;

[0049] 图4a-4e示出关于方形的工作台的重要的振动模式的各一个示意图;

[0050] 图5示出位置测量装置中的扫描单元的一个可能的布置;

[0051] 图6示出根据本发明的位置测量装置的第一个实施方式中的扫描单元的布置;

[0052] 图7示出根据本发明的位置测量装置的第二个实施方式中的扫描单元的布置;

[0053] 图8示出根据本发明的位置测量装置的第三个实施方式中的扫描单元的布置。

具体实施方式

[0054] 在对根据图6-8的根据本发明的三个位置测量装置的三个具体的实施例进行说明之前,首先结合本发明分析不同的理论方面的考虑。

[0055] 因此每种变化模式引起了表征该模式的形式相应的机器组件的颤动变形。在图4a-4e中示范性地示出同类的设计为方形的机器组件的最低频率的变化模式,其中,设有平坦的工作台作为机器组件,在其上放置了工件。图4a-4e在此分别示出机器组件的高度轮廓,即它的Z形偏转。除了高度线之外,在这些附图中还示出了箭头,该箭头指向各个梯度的方向。单独的、在机器组件的不同的点上安装的、位置测量装置的扫描单元通过颤动的变形偏转。如果机器组件的模式是已知的,则位置测量值因此通过机器组件的弯曲,以已知的、取决于扫描单元的位置的方式受到影响。

[0056] 在图3中示出了在主要顺序中机器组件或工作台的小的变形的机构。利用参考标号M在此在图中表示量具; C_0 表示处于静止位置中的工作台表面,其和量具M隔开了距离 d_{MC} 。在这个平面中,在点 P_0 处设有以虚线示出的扫描单元A。扫描单元A在此不必强制性地布置在工作台表面 C_0 上方,更确切地说,其也可能相关于工作台表面 C_0 向下下沉地布置。扫描单元A相对于量具M进行测量,如这在图中通过垂直延伸的点划线所示出地那样。

[0057] 在机器运行中,变化现在促成了工作台平面或者说工作台表面的颤动的弯曲。在图3中例如示出了弯曲的工作台表面,其在那里以 C_{vib} 表示。通过出现的振动,也使得扫描单元A移动和倾斜。被移动的扫描单元A在图中以实线示出。对于平坦的机器组件而言,振动模式可以在主要顺序中被理解为机器组件表面的高度轮廓的颤动的变化。扫描单元A通过颤

动沿Z-轴以值 δZ 抬起或下降;此外导致扫描单元A以一个角度围绕X-轴倾斜,其在图3中以 R_x 表示。根据测量方向和扫描单元A的设计,偏差 δZ 和 R_x 相对于静止位置作用于扫描单元A的所产生的位置测量值。如果扫描单元A的特性在产生的倾斜和移动的情况下是已知的,则由振动模式引起的对位置测量值的贡献可以从机器组件的瞬时的偏转中计算出。如果在图3中示出的扫描单元A例如是具有沿Y-轴的测量方向的扫描单元,并且扫描单元A的中间的旋转点位于量具M上,则所检测的位置测量值沿测量方向Y基于机器组件以值 $\delta Z \approx d_{MC} \cdot R_x$ 的弯曲而发生变化。中间的旋转点在此理解为那个扫描单元A围绕其发生的可能的倾斜不会导致所产生的位置测量值的变化点。在此也可以放弃以主要顺序接近。在机器组件的偏转和位置测量值之间的关系随后虽然是更复杂的,但是还可以在几何模型的范畴中被计算出来。

[0058] 如果仅仅在移动平面中设置具有测量方向的扫描单元,则因此不能测量到机器组件围绕X-或Y-轴的倾斜以及机器组件的Z-位置或不能在线性的顺序中与移动平面中的移动自由度 x, y 相区分。对于机器组件的位置和定位的3-DOF-确定而言,也就必须提供至少三个合适的扫描单元位置测量值,使得由此可以确定坐标 X, Y 以及机器组件的旋转角度 R_z ;所有其它提供的位置测量值可以已经用于探测颤动。利用包括具有 X, Y 平面中的测量方向的 $3+N$ 个扫描单元,随后可以检测最大3个自由度 x, y, R_z 以及 N 个颤动模式。

[0059] 如果也还提供了至少三个具有测量方向Z的扫描单元,则可以进行机器组件的6-DOF-确定。在这种情况下也就需要至少6个合适的位置测量值,以便从中确定坐标 X, Y, Z 以及机器组件的旋转 R_x, R_y 和 R_z ;所有另外提供的位置测量值可以用于探测颤动。利用用于具有总共 $6+N$ 个扫描单元的6-DOF-确定的布置,可以除了(刚性的)机器组件的6个自由度之外还检测最大 N 个颤动模式。

[0060] 对于分析所产生的位置测量值而言,机器组件的最重要的振动模式必须从情态分析中例如借助计算机模拟或一种合适的测量预先确定。为了分析,例如提出了方程系统,该系统描述了机器组件上的扫描单元的合适的布置的期待的位置测量值。每个方程取决于现在的颤动偏转和现在的机器组件位置反映了一个位置测量值。

[0061] 每个利用情态分析查明的颤动模式表示一种附加的自由度。形式上因此也就利用根据本发明的位置测量装置以多个扫描单元对至少一个 $3+N$ 个DOF-测量(在限制为具有仅在XY-移动平面中的测量方向的扫描单元)或 $6+N$ 个DOF-测量进行执行,其中,除了刚性的本体的六个自由度之外,还测量了 N 个附加的振动自由度。因此可以实际上检测机器组件的当前的弯曲,如果其由检测的颤动模式组成并可以忽略其它的-通常更高的-模式。

[0062] 所描述的分析方法可以备选地和对位置测量值的时间曲线的分析以及作用到机器组件上的力相结合,例如也在应用如从开头所述的US 2011/0317142 A1中所已知的方法的情况下那样。

[0063] 因此根据本发明公开了以下额外的特征:

[0064] -如果需要,可以比扫描单元的位置测量值的提供区分更多的自由度,例如通过分为不同的固有频率的方式,

[0065] -可以引入来自于前述的测量的信息,用于减少结果中的快速的波动(例如噪声)。

[0066] -可能的是,确定每个检测的模式的当前的振幅和相位。为此可以应用偏转的时间导数。在这种情况下归入了至少一组较早的测量时间点的位置测量值。

[0067] 借助振幅信息和相位信息,可以适宜地对机器组件的加速和/或合适的执行器的控制进行调制,使得机器组件的颤动被主动地抑制。根据不同机器也可能的是,通过机器组件位置或工具位置的补偿的跟踪减少振动对在加工过程期间对于工件的影响。

[0068] 如果未出现机器组件的明显的颤动,则仅有六个位置测量值被需要用于确定六个刚性体-自由度。此外所提供的(“冗余的”)位置测量值可以例如在这种情况下被应用,以便对机器进行校准。此外,例如可以检测设计为刻度片的量具的变形。这种校准可以通过合适地选择扫描值独立于已知的振动模式进行,例如通过相对于已知的振动频率的相位固定的扫描或者通过至少一个振动周期的平均。

[0069] 概括地说因此提出,借助于根据本发明的位置测量装置尽可能迅速地确定或补偿了机器组件的通过颤动引起的弯曲。

[0070] 在机器的设计阶段中,例如通过有限元模拟或用于查明N个最重要的颤动模式的合适的测量来进行相关的机器组件的模式分析。

[0071] 在机器的自身的运行中,机器组件位置和机器组件颤动的分析以检测 $3+N$ 或 $6+N$ 自由度的方式利用根据本发明的位置测量装置来进行。

[0072] 因此例如可能的是,借助于输入耦合到发动机控制中的机器组件加速度或者借助于对于机器组件的合适的执行器的控制施加振动抑制的力。

[0073] 此外可能的是,为了补偿剩余的颤动而跟踪机器组件或加工工具。

[0074] 扫描单元在根据本发明的位置测量装置中的布置在此应该有利地选择,以便尽可能选择性地相关于待检测的模式,并且确保大的移动范围。为了使得投入和成本保持较小,应该在根据本发明的位置测量装置中应用尽可能少的扫描单元。原则上然而应该能通过根据本发明的位置测量装置的选择的设计方案检测至少三个重要的颤动模式。

[0075] 下面根据图6-8描述根据本发明的位置测量装置的具体的实施例。为了更佳地理解根据本发明的方案,预先根据图5说明了在一个位置测量装置中的八个扫描单元E1-E8的布置,它们相对于现有技术显示为改进,然而对于所追求的、对机器组件-颤动的检测而言还不是最合适的。

[0076] 如开头说明地,相应的位置测量装置可以应用在用于制造半导体的机器中;其在此用于检测两个对象或者说机器组件的相对位置,它们沿第一和第二主运动轴Y,X彼此可运动地布置。相应的机器组件例如可以是第一位置固定的机器组件和可相对运动的机器组件、例如工作台T。工作台T可沿彼此正交指向的第一和第二主运动轴Y,X定位。在工作台T上可以布置工件、例如晶片,其相对于位置固定的加工工具定位。

[0077] 在实施例中位置固定的机器组件处设有一个或多个二维的、具有布置在其上的交叉格栅的刻度片形式的量具,如它例如已经在图2中示出地那样。在可运动的机器组件或者说在工作台T上设有多个用于光学扫描(多个)量具的扫描头E1-E8。相关于可能的光学扫描和扫描原则的具体的设计方案的细节,例如可参考已经描述过的、申请人的US 5,573,581 B2。

[0078] 工作台T布置在移动平面中,该平面在下面也称为XY平面。不仅在图5中而且也在下面的附图中都简化地以矩形示出工作台T:圆形的工件可以分别布置在工作台T的中心S处。当然,工作台T也可以具有可替换的几何形状。

[0079] 在图5的实施例中,所示出的位置测量装置包括总共八个布置在工作台T上的扫描

单元E1-E8。在此,四个扫描单元E1,E3,E5和E7布置在矩形的角中。四个扫描单元E1,E3,E5,E7的布置相对于布置平面中的工作台T的中心S点对称地进行;所有四个扫描单元E1,E3,E5和E7具有相对于中心S的相同的第一间距 d_1 。

[0080] 在矩形示出的工作台T的分别相对设置的角上的扫描单元E1和E5或者说E3和E7平行对齐。这意味着,设置在其中的、用于光学扫描的格栅彼此平行指向,使得其各自的测量方向相同。在两个相对设置的角中因此测量了位置测量值 $Y^{(enc)} = (X + Y)/\sqrt{2}$ 和在两个其它相对设置的角中测量了位置测量值 $Y^{(enc)} = (X - Y)/\sqrt{2}$ 。

[0081] 对于四个扫描单元E1,E3,E5和E7中的每个扫描单元而言,在图5的实施例中现在设有另外的扫描单元E2,E4,E6和E8,其具有在前四个扫描单元E1,E3,E5和E7的布置平面中的工作台T上的平行指向的测量方向。这四个另外的扫描单元E2,E4,E6和E8的Y-坐标如根据图5可见地相对于扫描单元E1,E3,E5和E7在角中分别朝向于工作台T的中心S移动。四个另外的扫描单元E2,E4,E6和E8因此具有相对于中心S的第二间距 d_2 ,其小于布置在角中的扫描单元E1,E3,E5和E7的第一间距 d_1 。

[0082] 机器组件或者说工作台T的对称特性以固有振动的形式传输。如根据图4a-4e可看出地,相关于工作台重心或者说中心S的点对称呈现出特别重要的对称。如果工作台的机械构造(近似地)实现了点对称,则在点反射下的固有模式也(近似地)是直线的(即不改变的),或是非直线的(即除了符号之外都是相同的)。

[0083] 如果现在扫描单元的组彼此之间对称地以所述的工作台对称的方式布置,则其上产生的位置测量值相关于在对称变形下是直线的(或非直线的)振动模式是冗余的,因为由该振动引起的、彼此对称的扫描单元组的信号是相同的(或者说除了符号之外都是相同的)。该冗余是不被期望的,因为它减少了关于工作台的现在的激励状态的独立信息的数量,其可利用设置的扫描单元查明。

[0084] 特别需要注意的是,在此有三个、在图4a-4c中示出的振动模式。可以看出,这三个振动模式在点对称的情况下是直线的。因此在根据本发明的位置测量装置中应这样布置扫描单元,即避免了所需要的扫描单元的点对称的布置,以便相关于每个该前三个振动模式是灵敏的。

[0085] 根据来自图5的实施例的扫描单元布置是高度对称的。现在要注意的典型情况是,两个连续设置的扫描单元E1-E8并不处于多个量具之一的下方,而是例如在具有加工工具的自由的中心的区域中。在此它例如可以是根据图5中示出的扫描单元布置中的扫描单元E7和E8。剩余的、激活的扫描单元E1-E6随后提供了下面的信息:

[0086] 通过在角中的三个扫描单元E1,E3和E5,已经提供了足够的信息,以便查明工作台T的6个刚形体-自由度。剩余的三个扫描单元E2,E4,E6提供了用于振动探测的附加信息。但是,扫描单元E1,E2以及E5,E6彼此点对称地布置,也就是说由该扫描单元E1,E2以及E5,E6提供的信息是至少部分冗余的。因此,图5中示出的八个扫描单元E1-E8的布置还是理想的,以便获取关于可能现存的振动的最大可能的信息。

[0087] 相对于图5优化的扫描单元布置和因此根据本发明的位置测量装置的第一个实施例在下面根据图6进行说明。

[0088] 在图6中示出了根据本发明的位置测量装置的第一个实施例,即设计为可运动的

工作台T的机器组件,在其上以定义的方式和方法布置有六个扫描单元E11-E16。在图6中未示出相应的固定的机器组件,在其上布置有至少一个量具。工作台T在移动平面中沿两个主运动方向Y,X可移动地布置。作为量具,在此可以如已经在图2中示出地设置多个刻度片M1-M4,它们分别包括二维的交叉格栅,其可借助于扫描单元E11-E16扫描。通过扫描单元E11-E16,在此分别进行沿定义的测量方向MR1,MR2的量具的光学扫描。每个扫描单元E11-E16因此分配有确定的测量方向MR1,MR2。在此将三维空间中的定义的方向理解为测量方向MR1,MR2。在测量的时间点,扫描单元E11-E16提供了数字值、所谓的位置值。位置值相应于扫描单元E11-E16相关于笛卡尔坐标轴的坐标,其在空间中的指向通过测量方向MR1,MR2给定。笛卡尔坐标轴在此不必与上述的主运动方向Y,X叠合。

[0089] 在本实施例中,扫描单元E11-E16的测量方向MR1,MR2分别具体地沿其纵轴延伸;然而它原则上不强制性地在本发明的范畴中,而是取决于各个光学的扫描原理。在扫描单元的设计方案方面例如可参考上面已经描述过的、申请人的US 7,573,581 B2。

[0090] 在根据本发明的位置测量装置的第一个实施例中,设置的扫描单元E11-E16用于在两个测量方向MR1,MR2上光学扫描至少一个量具。因此如根据图6所示为三个扫描单元E11,E12,E15分配有第一测量方向MR1,其相对于第一主运动方向Y翻转+45°;为三个扫描单元E13,E14和E16分配有第二测量方向MR2,其相对于第一主运动方向Y翻转-45°。在本实施例中,为每个测量方向MR1,MR2分别分配有三个扫描单元E11,E12,E15或E13,E14,E16,原则上至少必需的是,在根据本发明的位置测量装置中为每个测量方向分配有至少两个扫描单元。

[0091] 为了在检测前三个振动模式时避免上面探讨的冗余,现在根据本发明设计为,扫描单元E11,E12,E15或E13,E14,E16分别对于一个测量方向MR1或MR2在移动平面中非点对称地相对于工作台T的或相应的机器组件的中心S布置。因此例如在示出的第一个实施例中没有在扫描单元E11,E12,E15的布置方面(第一测量方向MR1)相对于中心S的点对称。扫描单元E12和E15具有相对于中心S的不同的间距;在扫描单元E11和E15之间的连接直线不经过中心S延伸。类似地为第二测量方向MR2布置另外的扫描单元E13,E14,E16。

[0092] 如果根据本发明的位置测量装置应用在用于制造半导体的机器中,并且具有扫描单元的机器组件因此是具有工件的工作台,则扫描单元通常可以仅布置在工作台边缘的附近;在工作台的中心通常放置了工件。对于振动探测而言,这种布置是优选的,其中,共同的测量方向的扫描单元不全部处于工作台的边棱上。在此例如考虑图4a中示出的振动模式。如果将具有相同的测量方向的扫描单元规定用于工作台的直线的边棱,则扫描单元的所有位置测量值改变了例如相同的值。该变化因此不能区别于工作台的位置变化(或其围绕移动平面中的轴的翻转)。因此可以在根据本发明的位置测量装置中可能有利的是,即测量方向的扫描单元不全部位于共同的直线上。

[0093] 在所示出的第一个实施例中,对于每个测量方向MR1,MR2分别设有三个扫描单元E11,E12,E15或E13,E14,E16。为每个测量方向MR1,MR2设置的扫描单元E11,E12,E15或E13,E14,E16在此这样布置,即扫描单元E11-E16以相同的测量方向MR1,MR2在移动平面中不布置在共同的连接直线上。

[0094] 在图6中还描绘了移动平面中的两个彼此垂直的轴A₁,A₂,它们在工作台T的中心S处交叉。通过该轴A₁,A₂因此设计有笛卡尔坐标系,其具有中心S中的原点和四个象限Q1-Q4。

在根据本发明的位置测量装置的示出的第一个实施例中,在两个象限Q1,Q2中布置有各两个扫描单元E11,E12或E13,E14;其在布置在象限Q1或Q2中的扫描单元E11,E12或E13,E14中分别具有相同的测量方向MR1,MR2。如果在对角线布置的象限Q1,Q3或Q2,Q4中布置了扫描单元E11-E16,则还可以有利的是,它们分别具有相同的测量方向MR1,MR2。这意味着,例如扫描单元E11,E12和E15在对角线布置的Q1,Q3中具有相同的测量方向MR1;类似地,扫描单元E13,E14和E16在相应的象限Q2,Q4中具有相同的测量方向MR2。

[0095] 这种布置由下面的考虑中证明为是有利的:

[0096] 为了能尽可能良好地检测工作台T的旋转,必须在扫描单元E11-E16之间提供足够大的间距。因此有利的是,不是所有的扫描单元E11-E16位于通过轴A₁,A₂撑开的坐标系的一个和同一个象限Q1-Q4中。同时,尽管在刻度片大小受限的情况下仍然应该能实现尽可能大的移动范围,其中可能的是工作台T的位置测量。这两个要求可以满足,为此,如上面描述地,在所述的坐标系的两个不同的象限Q1-Q4中需要相同的测量方向MR1,MR2的分别至少两个扫描单元E11-E16。相同的测量方向MR1,MR2的两个扫描单元E11,E12或E13,E14即使当两个扫描单元不处于一个刻度片下方时也确保了位置确定。

[0097] 除了设置的、具有在工作台T的移动平面中的测量方向MR1,MR2的扫描单元E11-E16之外,还可以设置在根据本发明的位置测量装置中,即至少三个其它的-未示出的-扫描单元布置在工作台T上,通过它能实现沿另一个轴的工作台T的相对位置的检测;通常它在此是Z轴,该轴垂直于移动平面指向并且沿该轴在机器运行中同样可以导致工作台运动。以这种方式和方法,随后可以检测工作台的所有6个平移-和旋转自由度。优选地,这种附加的扫描单元的布置因此这样进行,即在至少三个图6中示出的象限Q1-Q4中放置这种扫描单元。

[0098] 特别有利的还在于,即,具有移动平面中的测量方向MR1,MR2的扫描单元E11-E16与用于垂直于移动平面的测量方向的附加的扫描单元共同集成在组合的扫描单元中。

[0099] 根据本发明的位置测量装置的第二个实施例类似于图6的显示在图7中示出。下面基本上仅说明了对于第一个实施例的比例上的区别。

[0100] 再次设有六个扫描单元E21-E26,它们以定义的方式和方法布置在工作台T上或相应的机器组件上。

[0101] 如根据附图可看出地,在所述的坐标系的至少三个象限Q1-Q3中布置有相同的测量方向MR1,MR2的分别两个扫描单元E21/E22,E23/E24和E25/E26。该布置的优点在于,所有的扫描单元E21-E26可以相对于工作台的中心S较远地布置。由此能实现特别良好的振动检测,同时确保保留了工作台T的较大的移动路径。

[0102] 优选地,在对角线布置的象限Q1,Q3或Q2,Q4中布置了扫描单元E21-E26,其具有相同的测量方向MR1,MR2;其当前在象限Q1,Q3和扫描单元E21,E21,E25和E26中得到确保。在这种情况下,在相对设置的象限Q1,Q3或Q2,Q4中特别要注意的是,在相对于中心S的扫描单元的布置中没有实现点对称。在示出的实施例中,这种需求例如被满足,其中,扫描单元E21布置得比扫描单元E25更接近于工作台T的中心S。

[0103] 这种实施例也可以如上述地补充有附加的扫描单元,其用于检测沿Z轴的工作台运动。

[0104] 随后根据图8说明根据本发明的位置测量装置的第三个实施例,其中在下面再次

仅探讨相对于前两个变体的比例上的区别。

[0105] 因此,经过伸展的加工工具可以在相应的机器中造成以下的需要,即,留出刻度片的中心处的大的区域。位于加工工具下方的扫描单元则未提供位置值。

[0106] 由于按照根据本发明的位置测量装置的第三个实施例,在上述的坐标系的所有四个象限Q1-Q4中分别布置有至少两个扫描单元E31/E32,E33/E34,E35/E36,E37/E38,然而仍然可以保持期望的位置-和振动检测。如果加工工具例如位于四个象限Q1-Q4之一上,则可以始终还根据前两个实施例测量其它三个象限Q1-Q4的扫描单元的位置测量值。

[0107] 也相关于该实施例有效的是上述的几何方面的考虑;同样也可以在此实现具有附加的扫描单元的经过探讨的扩展。

[0108] 除了所说明的变体之外,在本发明的范畴中当然还存在多个其它的实施可能性。

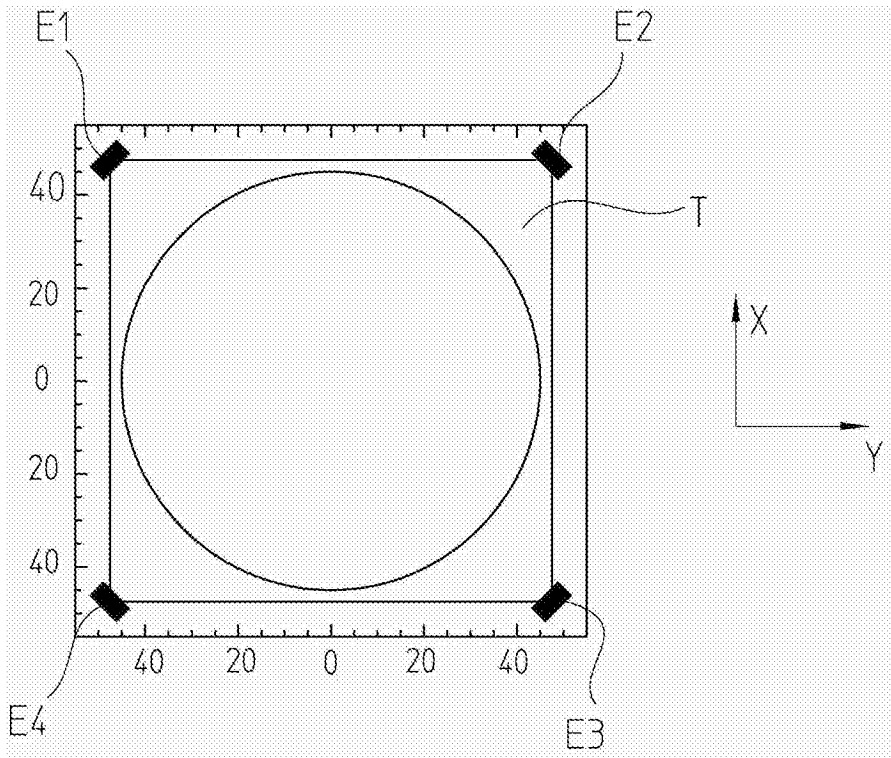


图1 (现有技术)

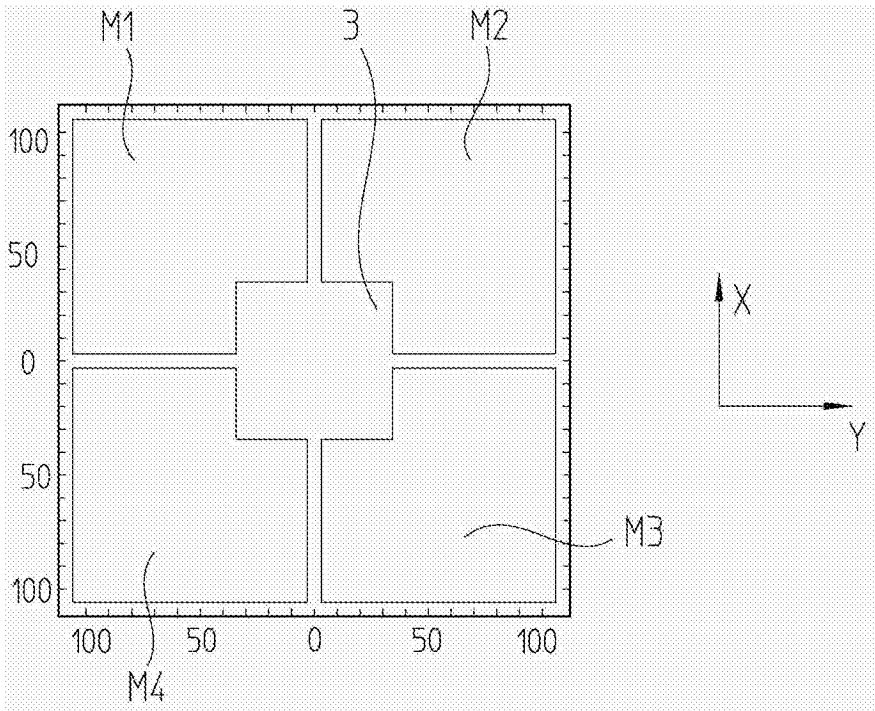


图2 (现有技术)

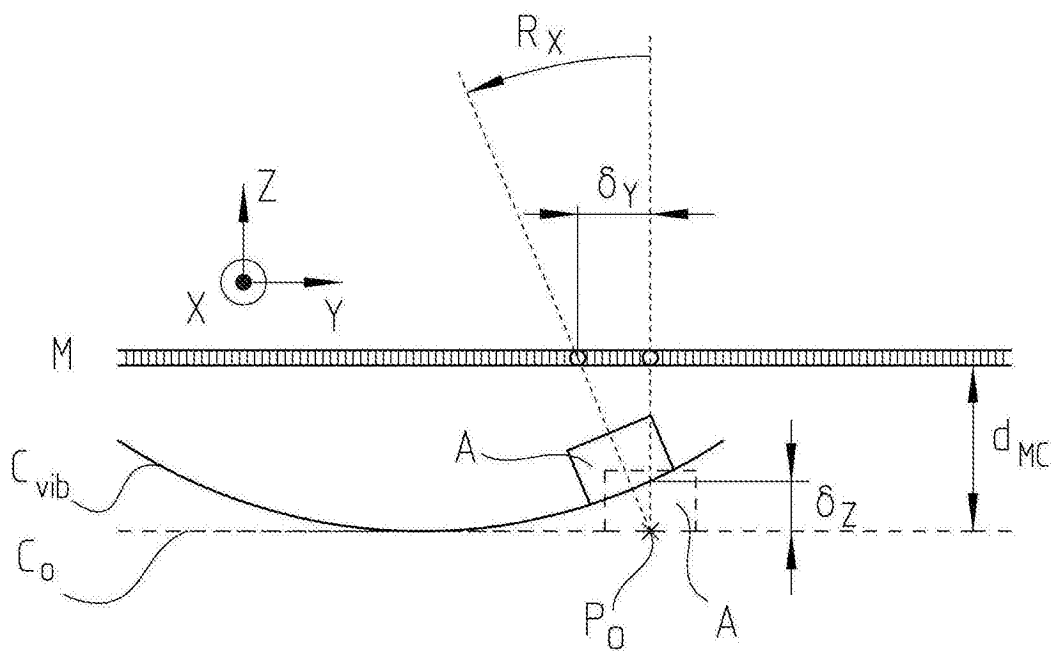


图3

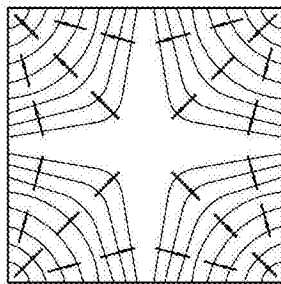


图4a

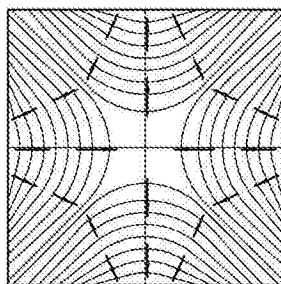


图4b

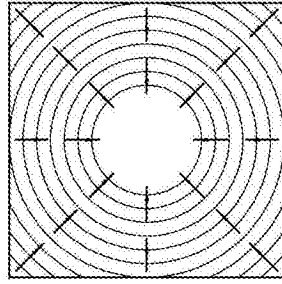


图4c

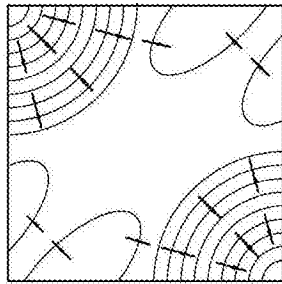


图4d

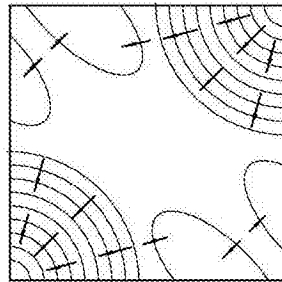


图4e

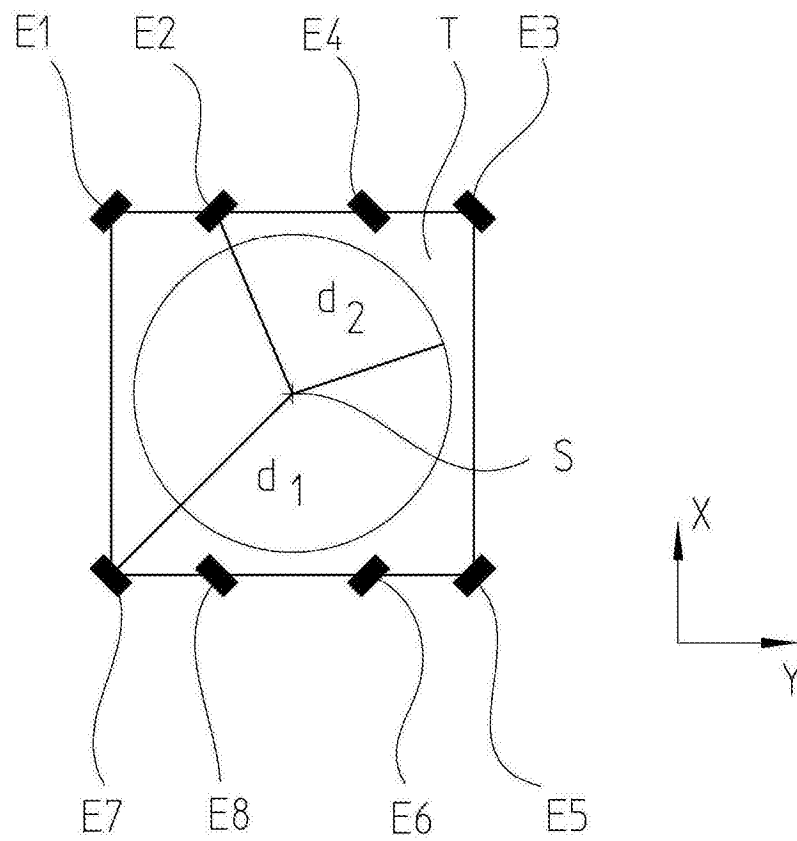


图5

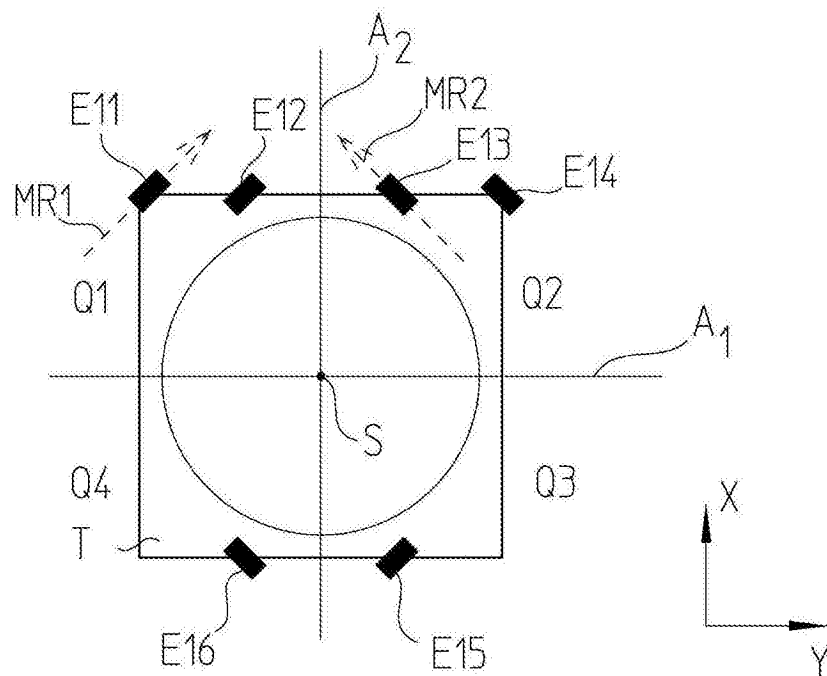


图6

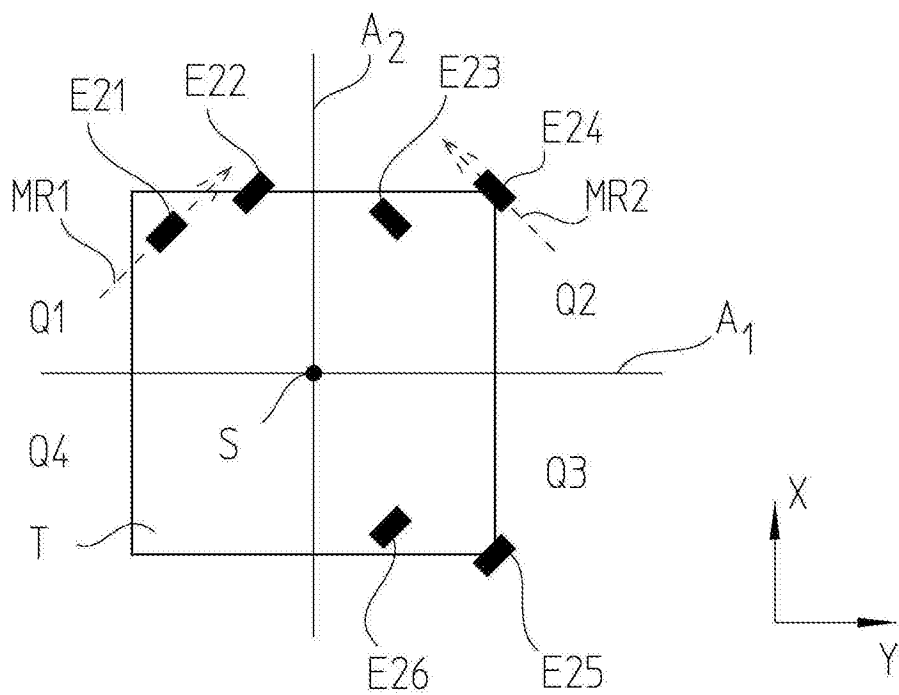


图7

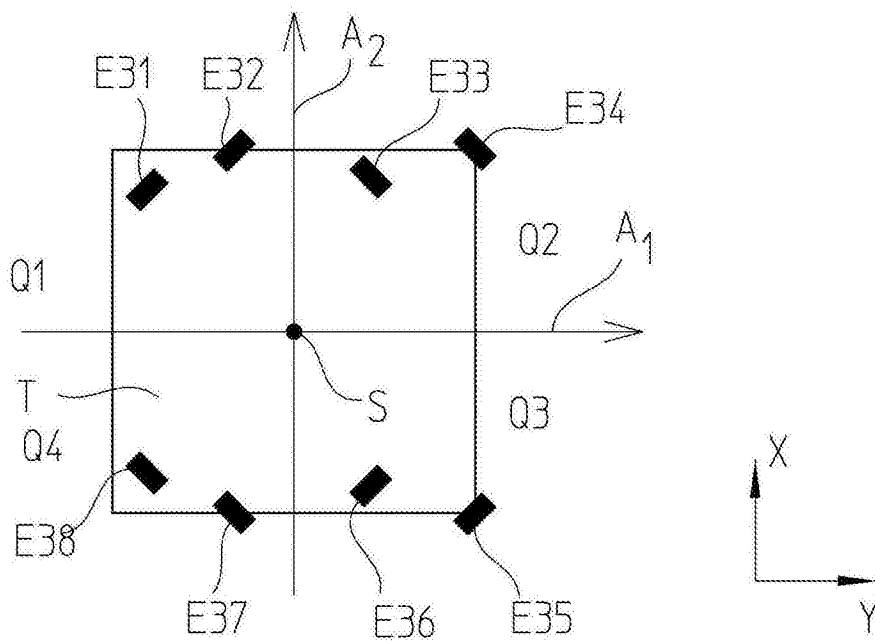


图8