

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01D 11/00 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810168658.8

[43] 公开日 2009年8月19日

[11] 公开号 CN 101509792A

[22] 申请日 2008.8.20

[21] 申请号 200810168658.8

[30] 优先权

[32] 2007.8.20 [33] KR [31] 10-2007-0083496

[32] 2008.1.17 [33] KR [31] 10-2008-0005417

[71] 申请人 循环工程株式会社

地址 韩国京畿道

共同申请人 韩国科学技术研究院

[72] 发明人 郑勳泽 权大甲 金正才 崔荣满
安多训

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 温大鹏

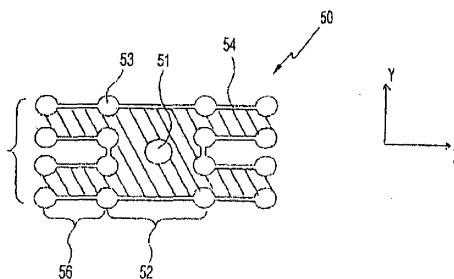
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 14 页

[54] 发明名称

用于吸收滑轨变形的具有柔性机构模块的样品运送平台

[57] 摘要

本发明涉及用于吸收滑轨变形的具有柔性机构模块的样品运送平台，包括安装成相互交叉方向的移动部件，由此安装在底座上并沿第一导块移动的第一滑轨，以及安装在第一滑轨上并沿第二导块移动的第二滑轨；经由样品台运送样品的运送部件，通过柔性机构模块安装形成在第二滑轨上，并且通过在相互垂直方向上安装在样品台上的 X、Y 条镜测量位移；测量部件，通过激光头、光束分配器以及安装在移动部件的操作路径上的干扰计扩散，并且通过从接收器接收由 X、Y 条镜反射的输入束干涉信号形成输出位移信号；由于滑轨产生的变形不被传送至样品台，镜子和样品的变形偏差减少，由于镜子和样品的相对距离固定，测量准确性提高。



1. 一种用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台以及它的三个部件；被安装成相互交叉方向的移动部件，安装在底座(10)上并沿第一导块(21)移动的第一滑轨(20)，以及安装在所述第一滑轨(20)上并沿第二导块(32)移动的第二滑轨(30)；

运送部件，其通过与柔性机构模块(50)一起安装形成在所述第二滑轨(30)上的样品台(40)运送样品(41)，并且通过在相互垂直方向上安装在所述样品台(40)上的X、Y条镜(42、43)测量位移；以及

测量部件，通过激光头(61)、束分配器(62)、以及安装在所述移动部件的操作路径上的干涉计(63)进行扩散，以及通过从接收器(62)接收由所述X、Y条镜(42、43)反射的输入光束干涉信号把输出转变成位移信号。

2. 如权利要求1所述的柔性机构模块(50)，其特征在于，所述的柔性机构模块(50)具有沿上和下方向上以确定间隔均匀穿透所述第二滑轨(30)上面的多个减震孔(53)；以及多个被切割成在所述减震孔(53)中心处相遇的变形线(54)，并且提供桥部件和其上安装所述样品台(40)的安装部件的变形空间；

并且是样品运送平台，具有按照先前描述的形式特性，以致为了滑轨变形吸收的目的使用柔性机构模块。

3. 如权利要求1或2所述的柔性机构模块(50)，其特征在于，所述的柔性机构模块(50)是用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台，具有形成在所述第二滑轨(30)的四角上的特征。

4. 如权利要求1或2所述的柔性机构模块(50)，其特征在于，所述的柔性机构模块(50)是用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台，具有形成在所述第二滑轨(30)的一侧的角以及另一侧的中心的特征。

5. 如权利要求1或2所述的柔性机构模块(50)，其特征在于，所述的柔性机构模块(50)是用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台，具有五个或更多个对衬或非对称地被放置在所述第二滑轨(30)上的特征。

6. 如权利要求2所述的安装部件(52)，其特征在于，所述的安装部件(52)是用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台，具有与所述样品台(40)接

触的减震材料(55)被固定在上侧的特征。

7. 如权利要求2所述的柔性机构模块(50), 其特征在于, 用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台, 具有所述安装部件(52)以及桥部件(56)的接触区形成线性形状、半圆形状、或椭圆形状、或任何它们的结合形状的特征。

8. 如权利要求1或2所述的柔性机构模块(50), 其特征在于, 所述的柔性机构模块(50)是用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台, 具有被加工到所述第二滑轨(30)或被连接至所述第二滑轨(30)的特征。

9. 如权利要求1或2所述的柔性机构模块(50), 其特征在于, 所述的柔性机构模块(50)是用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台, 具有按照下述公式(1)或(3)通过调整所述减震孔(53)和所述变形线(54)来确定所述安装部件(52)和桥部件(56)的特征:

[公式1]

$$-\Delta X \geq \Delta L$$

其中 Δx 是柔性机构部件的变形度; ΔL 是滑轨部件的热变形度;

[公式2]

$$-Fl/4 \leq M_{\max}$$

其中 $Fl/4$ 是力矩的大小; M_{\max} 是安装部件的质量总和, 包括样品台和样品; F 是热膨胀力; L 是连接件的长度;

[公式3]

$$\sigma = \delta_{\text{limit}}$$

其中 σ 是柔性机构部件的下沉度; δ_{limit} 是柔性机构部件的下沉度限值。

用于吸收滑轨变形的具有柔性机构模块的样品运送平台

技术领域

本发明是关于用于半导体或FPD（平板显示器）的检查仪器或精密加工设备的样品运送平台，尤其是关于，具有柔性机构以吸收滑轨（slide）变形的样品运送平台，目点在于通过防止样品运送平台的滑轨发生的变形，提高测量精确度。

背景技术

通常，样品运送平台是用于半导体或FPD（平板显示器）的检查仪器或精密加工设备，用于加载以及运送测量/处理物体（以下被称为‘平台’）至所想要位置的设备；以及用于激光位移测量系统，以分析位移信号，该信号通过入射至镜子的激光束以及镜子反射的激光束间的干涉测量。

例如，按照图 1，样品运送平台（100）由一主体部分组成，该主体部分包括在相互交叉方向上的由X、Y导轨（111、112）导向的X、Y滑轨（113、114），样品台（116）安装在上述Y滑轨（114）上并移动样品（115），X、Y条镜（bar mirror）在相互垂直的方向上附着在上述样品台（116）上；

以及一测量部分，包括干扰计（133）以扩散X、Y光束，该光束由安装在上述主体部分的操作路径上的激光头（131）产生并由光束分配器（132）分配，通过上述X、Y条镜（117、118），以及X、Y接收器（134），以将由上述X、Y条镜（117、118）反射的干涉信号转换成位移信号。

因此，由于通过样品运送平台（100）的样品位置的测量具有通过固定在上述样品台（116）上的X、Y条镜（117、118）和由所述X、Y条镜（117、118）反射的激光束之间的干涉测量的结构，上述X、Y条镜（117、118）和上述样品（115）之间的相对位移必须规则地维持，该问题必须提前解决，以测量上述样品（115）的正确位置。

然而，由于以下原因，样品运送平台（100）的样品台（116）会发生变形。第一，由于导向部分（111、112）的处理误差或者在线性以及平坦度方面的误差，滑轨（113、114）被过度地连接。第二，在周围环境温度变化的情况下，

由于滑轨（113、114）和样品台（116）之间热膨胀系数的不同，变形程度不同，以及，特别地，在滑轨（113、114）以及样品台（116）通过例如螺钉的连接工具的过度连接的情况下，当滑轨（113、114）的变形被传送至样品台（116）时，就产生了与滑轨（113、114）变形相关的问题。

当样品运送平台（100）按照图2所示的使用过程时，这些情形导致镜子（117）以及样品（115）的变形，并改变两者之间的相对距离，其中样品台（116）由于上述原因产生变形。这些直接导致测量误差以及很难获得样品的正确位置。

此外，当从样品运送平台（100）的测量部分产生的激光束（135）进入镜子时，如果由于样品台（116）的变形导致镜子（117）的倾斜误差而使激光束的对准扭曲，入射光束和反射光束之间的干涉便不会发生，并且位移的测量信号也会丢失。在使用激光束（135）的位移测量系统中丢失测量信号是严重的问题，其会减少控制安全，因此，必须防止这种情况发生。

作为应对，按照图3，根据美国专利（2003/00202251A1），其中暗示了这样的配置，其中通过在滑轨（114）和样品台（116）之间的空间内安装在X、Y方向上自由角度运动的三个变形防止装置（150）而使滑轨（114）的变形不被传送至样品台（116）。

并且，所述美国专利还配置了柔性机构（160）以限制X、Y方向上的运动，从而防止变形防止机构（150）在配置样品运送平台（100）的过程中在X、Y方向上的低强度。

然而，尽管所述美国专利使用柔性机构（160）作为变形防止机构增强工具（150），很难补偿X、Y方向上减小的强度；其中，同样，由于不对衬结构，当周围温度变化时，会产生不对衬特性。

另外，由于变形防止机构（150，160）的高度，会产生样品（115）和滑轨（114）之间的高度差。这在减小的稳定性方面产生问题，因为它在驱动单元中形成一称量中心，并且在驱动单元操作点和实际称量中心之间形成一偏移量。

此外，按照图4，通过和样品台（116）一起安装在滑轨（114）的上面配置三个缓冲机构（170），以及通过允许沿着半径方向的唯一的自由角远离上述缓冲机构（170）限制的六个自由角的热膨胀方向的中心，由此，滑轨（114）的变形将不会被传送至样品台（116）。

然而，上述的配置是有问题的，由此，按照图4的样品运送平台（100）在

处理和装配缓冲机构（170）时是困难的，以及由于缓冲机构（170）的高度会产生样品台（116）和滑轨（114）之间的高度差。这不仅会使样品运送平台的驱动单元的称重中心高，而且由于这会产生驱动力操作点和实际称重中心之间的偏差，将会降低控制稳定性。

由于精密设备需要适合样品运送平台（100）的超精度，用于上述滑轨（113、114）以及样品台（116）的材料，例如殷钢或Zeroder，被作为一体使用，以解决上述问题；然而，这一使用也有问题，其中殷钢或Zeroder的成本是铝的至少十倍，以及操作成本由于差的可使用性水平而增加。

发明内容

要解决的问题

本发明是为了解决上述问题，以及为了提供一使用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台，以至于通过用防止上述结构减少的结构变形的传递的柔性机构模块的配置，防止滑轨的变形被传送至样品台，将其在样品滑动平台的滑轨上形成一体，或者在滑轨区域通过螺栓连接进行接合。

解决问题所使用的手段

用来实现上述目的的本发明由一被安装成相互交叉方向的移动部件，由此安装在底座上并沿第一导块移动的第一滑轨，以及安装在上述第一滑轨上并沿第二导块移动的第二滑轨；一经由样品台运送样品的运送部件，通过柔性机构安装形成在上述第二滑轨上，并且通过在相互垂直方向上安装在上述样品台上的X、Y条镜测量位移；以及通过激光头，光束分配器，以及安装在上述移动部件的操作路径上的干扰计扩散，并且通过从接收器接收由上述X、Y条镜反射的输入束干涉信号将输出转变成位移信号的测量部件组成。

有益效果

用将柔性机构一体配置至配置在样品运送平台上的第二滑轨的方法，或者通过将人造的柔性机构模块结合至滑轨区域，本发明的使用柔性机构模块吸收滑轨变形的样品运送平台具有以下效果。

首先，由于变形不通过滑轨被传送至样品台导致的镜子和样品，包括样品台的变形误差的减少，测量准确性提高；以及由于样品制造准确性的提高导致误差率的减少，生产率也得到提高。

其次，由于在样品运送平台的制造过程中，一体化形成滑轨和柔性机构成

为可能，零件的生产成本得到降低；以及由于重心比较低导致可以获得高速运动和高控制稳定性，可以实现高的生产率水平。

第三，由于在样品运送平台的制造过程中，普通铝或铝合金可以代替贵重的材料，例如殷钢或Zeroder，从而可以降低包括用于滑轨的材料成本；以及由于零件稳定性的提高，也可以节约生产成本。

附图说明

- 图1是根据常规技术的样品运送平台的示意图；
图2是根据常规技术配置的样品滑动平台的滑轨变形状态的示意图；
图3是根据常规技术的滑轨的变形防止机构的示例；
图4是根据常规技术的滑轨的减震机构的示例；
图5是根据常规技术的样品运送平台的连接状态的示意图；
图6是根据常规技术的样品运送平台的分解状态的示意图；
图7是根据常规技术的样品运送平台的柔性机构模块的示意图；
图8(a)和(b)是根据本发明的柔性机构模块的安装状态和变形状态的示例；
图9(a)和(b)是根据本发明的柔性机构模块的安装状态和变形状态的示例；
图10是根据本发明的柔性机构模块的一个示例的扩展示意图；
图11是配置在柔性机构模块上的柔性机构，在短轴方向上发生变形；
图12(a)-(d)是柔性机构的不同配置；
图13(a)和(b)示出使用直圆铰链柔性机构的形状的示例；
图14(a)和(b)是六个、八个柔性机构可以被设置成柔性机构模块；
图15示出了滑轨部分的外观；
图16表示在温度变化的情况下，滑轨发生变形；
图17表示单一柔性机构的外观；
图18表示单一柔性机构的外观；
图19表示单一柔性机构的变形现象；
图20表示单一铰链的外形；
图21表示力沿重力方向作用在单一柔性机构的固定件上；
图22表示柔性机构的下沉度。

具体实施方式

以下解释本发明的实例。

图5和图6示出样品运送平台的装配和拆卸情况；图7示出了用于根据本发明的样品运送平台的柔性机构模块；图8和图9是实例1和实例2，示出了柔性机构的安装情形和变形情形；以及图10是一分解图，示出了根据本发明的柔性机构模块的示例。

按照图5和图10，它由一被安装成相互交叉方向的移动部件，由此安装在底座（10）上并沿第一导块（21）移动的第一滑轨（20），以及安装在上述第一滑轨（20）上并沿第二导块（32）移动的第二滑轨（30）；通过样品台（40）运送样品（41）的运送部件，通过柔性机构模块（50）这一介质安装一起形成在上述第二滑轨（30）上，并且通过在相互垂直方向上安装在上述样品台（40）上的X、Y条镜（42、43）测量位移；以及一通过激光头（61），束分配器（62），以及安装在上述滑动部件的操作路径上的干扰计（63）扩散，并且通过从接收器（64）接收由上述X、Y条镜（42、43）反射的输入束干扰信号将产生转变成位移信号的测量部件组成。

首先，这些实例中的样品运送平台（1）由一在安装位置的X轴和Y轴方向上执行往复运动的移动部件，一安装在上述移动部件上以传送测量/处理物体（41，以下被称为‘样品’）的运送部件，以及一用激光束测量由上述移动部件传送的样品（41）的位置的测量部件组成。

移动部件安装在底座（10）上并根据外部信号在X和Y轴方向上执行往复运动；并且附着在相互交叉安装在底座（10）上的第一滑轨（20）和第二滑轨（30）的方位。

同样，第一滑轨（20）安装在底座（10）上，更适宜安装在底座上层中心的平行并且有规则间隔的一对导轨（11）上，并且在图上的X轴方向上执行往复运动，以调整与导轨（31）连接的第二导块（32）。

并且，第二滑轨（30）安装在底座（10）上，优选安装在平行且有规则间隔的第一滑轨（20）的上部两边一对导轨（31）上，并且在图上的Y轴方向上执行往复运动，以调整与导轨（31）连接的第二导块（32）。

并且，运送部件是安装在第二滑轨（30）上传送样品（41）的物体，由安装在第二滑轨（30）上样品被放置在上方的样品台（40），以及插入在上述样

品台（40）和第二滑轨（30）之间并吸收上述第二滑轨（30）变形的柔性机构模块（50）组成。

样品台（40）是沿第一滑轨（30）和第二滑轨（30）执行往复运动的物体；X条镜（42）以及Y条镜（43）在相互垂直的方向上附着于样品台的上面测量激光束的位移。

在第二滑轨（30）和样品台（40）上构造连接孔，在样品台（40）的连接过程中被使用。

柔性机构模块（50）是配置在第二滑轨（30）上并防止第二滑轨（30）的变形传送至样品台（40）的物体；以及配置在柔性机构模块上的柔性机构，按照图 11 所示的短轴方向上发生变形，当所述滑轨变形时，在滑轨变形之前保持样品台的形状。

因此，形成每一柔性机构模块（50）的柔性机构区域，以致可以在短轴方向上发生小范围的变形，以及，特别地，考虑到实用性特性以及柔性机构的变形形状，被制造成具有不同种类和形状。

柔性机构模块（50）包括依照上部和下部方向有规则间隔的多个均匀穿透上述第二滑轨（30）上面的减震孔（53），多个被切割成适合上述减震孔（53）中心的变形线（54），并且提供桥部件（56）和其上安装上述样品台（40）的安装部件（52）的变形空间。

在柔性机构模块（50）的配置过程中，更好的是在安装部件（52）的两侧，一个或多个桥部件（56）形成一体。

这时，通过使用连接工具提供形成在安装部件（52）上的连接孔（51），例如上述样品台（40）和螺钉。

在柔性机构模块（50）的配置过程中，更好的是减震孔被处理以处在精确位置上和具有精确尺寸，并且为了适合上述减震孔（53）的位置，上述变形线（54）将通过点火花线切割（Wire-EDM）处理。

柔性机构可以根据不同种类，例如形成安装部件（52）和桥部件（56）接触表面的板簧类柔性机构，被配置成如[附图 12]（a）的线性形状，形成安装部件（52）和桥部件（56）接触表面的直圆铰链柔性机构，被配置成如（b）的半圆形状，形成安装部件（52）和桥部件（56）接触表面的倒角铰链柔性机构，被配置成如（c）的形状，形成安装部件（52）和桥部件（56）接触表面的椭圆

铰链柔性机构，被配置成按照(d)的椭圆形状。

板簧类柔性机构可以产生大的位移水平，但是具有轴旁边方向上允许变形的强度相对较弱的缺点；相反，直圆铰链柔性机构具有优良轴强度特性的优势，尽管变形水平相对较小。

此外，还有椭圆铰链柔性机构或倒角铰链柔性机构补偿这两种柔性机构的优势和缺点。利用这，按照图12所示的柔性机构的不同配置是可能的。

图13示出使用直圆铰链柔性机构的形状的示例；它可以通过4连杆机构变成短轴方向。除上述示例之外，将执行更复杂机构，但看来4连杆机构的处理是最容易的。

为了防止滑轨变形被传送至样品台，柔性机构模块(50)可以设置在柔性机构模块上。基本上，短轴方向上的柔性机构的变形是允许的，以致可以限制平面上的三个自由角，柔性机构从至少三个单元是可用的；以及，可以设置更多单元。

因此，三个柔性机构按照图9(a)和(b)被设置在第二滑轨(30)一边的两个角以及另一边的中心，四个柔性机构按照图8(b)被设置在第二滑轨(30)的四个角。

另外，六个，八个，或更多柔性机构可以被设置成按照图14的柔性机构模块。柔性机构的设置不需要对称；并且尽管五个或七个单元被不对称地设置，可以防止热变形传送至样品台。

柔性机构模块(50)可以在上述第二滑轨(30)上一体形成，但是也可以通过额外的部分形成和连接。

测量部件(60)通过激光束测量安装在样品台(41)上并运送的样品(41)的位置，包括附着于第一和第二滑轨(20, 30)的移动路径上并且释放激光束的激光头(61)，分配上述激光头(61)释放的激光束成X束和Y束的光束分配器(62)，将被上述光束分配器(62)分配成两部分的向外光束射向X条镜(42)和Y条镜(43)的干涉计(63)以及通过接收上述X、Y条镜(42、43)反射的干涉信号将光束转换成位移信号的X、Y接收器(64)。

以下，按照如下解释本发明的过程。

首先，由于样品台(40)的X方向位移通过X条镜(42)测量，以及Y方向位移通过Y条镜(43)测量，所以在样品滑动平台(1)的操作过程中，样品位

置(41)通过测量部件被测量。

由激光头(61)产生的光束在穿过光束分配器(62)后被分成两定向光束(X、Y)，穿过干涉计(63)，被X、Y条镜(42、43)反射，并且通过干涉计(63)提高干涉。

然后，干涉计(63)的干涉信号通过测量部件的接收器(64)被测量，以及在信号处理过程之后被转化成位移信号。

如果第一和第二滑轨(20, 30)由过度连接或热膨胀而变形，第二滑轨(30)的变形在被柔性机构模块(50)吸收的状态下被传送至样品台(40)。

换句话说，尽管第二滑轨(30)发生变形，按照图8b和图9b，柔性机构模块(50)的减震孔(53)或变形线(54)发生变形至与第二滑轨(30)变形水平相对应的程度并且吸收所述滑轨(30)的变形。

由此，由于第二滑轨(30)的变形不直接被传送至样品台(40)或X、Y条镜(42、43)，安装在样品台(40)上的样品(41)和镜(42、43)的相对距离被正确测量。

本发明柔性机构的设计方法按照如下进行解释。

首先，为了防止温度变化时滑轨部分的热膨胀，推荐柔性机构铰链部件设计方法的指导方针。

按照图15，示出了滑轨部分的外观，其通常通过螺栓连接固定样品台。按照图16，在温度变化的情况下，滑轨发生变形。实线部分表示变形前的滑轨外观，虚线部分表示热膨胀后的滑轨外观。

从滑轨的中心，滑轨将会在半径方向上膨胀。假设滑轨在四个点上通过螺栓连接在样品台上，由于热膨胀的发生，施加至每一连接部件的力F(以下被称为‘热膨胀力’)将产生作用。此时，热膨胀力按照如下计算：

[公式1]

$$F = \sigma A = E \delta A = E \frac{\Delta L}{L} A = E \frac{\alpha L \Delta T}{L} A = E \frac{\alpha L \Delta T d b}{L} = E \alpha \Delta T d b$$

其中 $A = db$ ， $\Delta L = \alpha L \Delta T$

这里，‘ α ’是材料的热膨胀系数，‘E’是材料的弹性比率，‘A’是连接部件的横截面，‘d’是连接螺栓的直径，‘b’是滑动部件的厚度，‘L’是从滑轨中心到连接部件的距离，‘ ΔL ’是热变形产生的连接部件膨胀的变形度。

因此，为了确保滑轨的热膨胀度不会通过柔性机构底座被传送至样品台，

热膨胀力产生的柔性机构变形的公差应超过‘ ΔL ’。

其次，尽管可容忍的柔性机构的变形度变成‘ ΔL ’，由于不应发生屈服现象，加载在柔性机构的铰链上的最大压力应小于屈服强度。

再次，尽管上述两个条件已经满足，由于样品台、样品、以及固定在柔性机构底座上面的镜子的总重量，会出现沿重力方向的下沉现象；然而，数值应低于适当水平。

因此，可以认为满足上述三个条件的柔性机构结构是理想的。

现在本发明确定应首先满足的条件。应计算单一柔性机构的强度以估计热膨胀力F产生的柔性机构的变形度。

为了便于理解，单一柔性机构的外观按照图 18 表示。尽管图 17 和图 18 的装置部件的外观彼此不同，但是结构和机构是相同的。

单一柔性仪器部件由按照如下组成。60 代表固定至滑轨部件或滑轨的固定部件，62 表示用于样品台的固定件，61 指连接滑轨部件和固定件的连接件部件，64-70 表示具有旋转自由角的六个铰链。在有热膨胀力F的情况下，单一柔性机构的变形现象如图 19 表示。

这里，由于八铰链的旋转，固定部件的位置改变‘ Δx ’。这时，为了达到变形度‘ Δx ’，通过所有铰链的变形而储藏的势能将会被计算。单一铰链的外形在图 20 中表示。

通过单一铰链的变形而储藏的势能按照公式 (1) 表达。

[公式 2]

这里，‘ k_θ ’表示铰链部件的旋转强度，按照公式 (2) 计算。

$$V = \frac{1}{2} k_\theta \left(\frac{\Delta x}{l} \right)^2$$

[公式 3]

$$k_\theta = \frac{2Ebt^{5/2}}{9\pi R^{1/2}}$$

以及， $\Delta x/l$ 表示铰链的旋转角度。如果铰链的变形度很小，旋转角度可以被估计为 $\Delta x/l$ 。由于使用八个铰链，储藏在所有铰链中的势能按照公式 (4) 进行计算。

[公式 4]

$$V = 8 \times \frac{1}{2} \times k_\theta \left(\frac{\Delta x}{l} \right)^2$$

如果势能“V”通过“x”微分求解以计算单一柔性机构的强度K，回收功率F可以按照公式（5）所表达的进行计算。

[公式 5]

$$F = \frac{\partial V}{\partial x} = \left(\frac{\Delta x}{l^2} \right) = \frac{16\Delta x E b t^{5/2}}{9\pi R^{1/2} l^2}$$

用x对回复力F求微分，单一柔性机构的强度可以按照公式（6）所表达的进行计算。

[公式 6]

$$K = \frac{F}{\Delta x} = \frac{16 E b t^{5/2}}{9\pi R^{1/2} l^2}$$

从公式（2）-（6）计算出的单一柔性机构的变形度 Δx 可以按照公式（7）所表达的进行计算。

[公式 7]

$$\Delta x = \frac{F}{K} = \frac{9\pi R^{1/2} l^2}{16 E b t^{5/2}} \times E \alpha \Delta T d b$$

单一柔性机构的变形度（ Δx ）将会超过 ΔL （ $\Delta x > \Delta L$ ），所以滑轨部件的热变形度（ ΔL ）不被传送至样品台。因此，公式（8）的条件应该满足。

[公式 8]

$$\frac{9\pi R^{1/2} l^2}{16 E b t^{5/2}} \times E \alpha \Delta T d b \geq \alpha L \Delta T$$

$$\frac{9\pi R^{1/2} l^2 E d b}{16 E b t^{5/2} L} \geq 1$$

其次，由于铰链上的压力应小于屈服强度，该条件需要被考虑。考虑到安全系数，设定为‘ $\sigma_{\max} = (0.1 \sim 0.3) \sigma_y$ ’，假如加在铰链上的最大压力的大小为 σ_{\max} 。将 σ_{\max} 加到铰链上，力矩的大小（ M_{\max} ）按照公式（9）进行计算。

[公式 9]

$$M_{\max} = \frac{b t^2}{6 K_t} \sigma_{\max} : \sigma_{\max} = (0.1 \sim 0.3) \sigma_y$$

这里， K_t ，作为应力集中因数，按照公式（10）表示。

[公式 10]

$$K_t = \frac{2.7t + 5.4R}{8R + t} + 0.325$$

当热膨胀力F施加至单一柔性机构时，因为被平等地分散在4个连接件中，

加到一个连接件上的力的大小为 $F/4$ 。由于连接件的长度为 l ，加到由连接件组成的两个铰链上的力矩的大小为 $Fl/4$ 。因此，由于热膨胀力，施加到所有铰链上的力矩的大小（= $Fl/4$ ）应小于 M_{\max} 的大小，以防止铰链的屈服现象，可以按照公式（11）表示。

$$\frac{Fl}{4} \leq \frac{bt^2}{6K_l} \sigma_{\max}$$

$$\frac{8xEt^{1/2}K_l}{3\pi R^{1/2}l} \leq \sigma_{\max}$$

当样品台固定在上部的柔性机构底座时，由于额外的重力，固定部件和连接件在重力方向上下沉。

第三个条件是保持该值低于合适的值。需要计算固定部件的下沉度。

在束具有规则截面时，用下沉公式计算下沉度是容易的，然而，由于所给出的结构特性导致截面不规则，给出本发明的柔性机构并不容易。

因此，当计算下沉度时必须考虑到最坏情况。这里所指的本示例的最坏情况是指柔性机构的束是由与图7所示的铰链和凹面相同的截面组成。

假设柔性机构底座的固定件的质量总和是要被固定在上面的样品测试的质量以及镜和样品的质量。如果平等分散在4个柔性机构上的重力发生作用，可以认为等于 $Mg/4$ 的力沿重力方向作用在单一柔性机构的固定件上。这时，柔性机构的下沉现象与图8所示的相同。

这时，柔性机构的下沉度‘ δ ’用从束下沉公式得出的公式（12）表示。

[公式12]

$$\delta = \frac{1}{12EI} Fl^2 = \frac{1}{12EI} \left(\frac{Mg}{4} \right) l^3$$

观察束的截面形状，（参照图7和8），是具有‘ t ’宽度和‘ b ’高度的矩形形状；因此，惯性的面积矩与公式（13）相同。

[公式13]

$$I = \frac{1}{12} tb^3$$

因此，下沉度‘ δ ’按照公式（14）来计算。

[公式14]

$$\delta = \frac{Mgl^3}{4Etb^3}$$

在本设计中，这个值低于适当的下沉限值（ δ 限制）是满足需要的。

因此，为了设计令人满意的柔性机构，以上提到的三个条件都应该满足；以及这些条件用公式（8）、（11）以及（14）表示。

图中主要部件的代码

1: 样品运送平台

10: 底座

11、31: 导轨

20: 第一滑轨

30: 第二滑轨

40: 样品台

41: 样品

42、43: X、Y条镜

50: 柔性机构

52: 安装部件

53: 减震孔

54: 变形线

63: 干涉计

64: 接收器

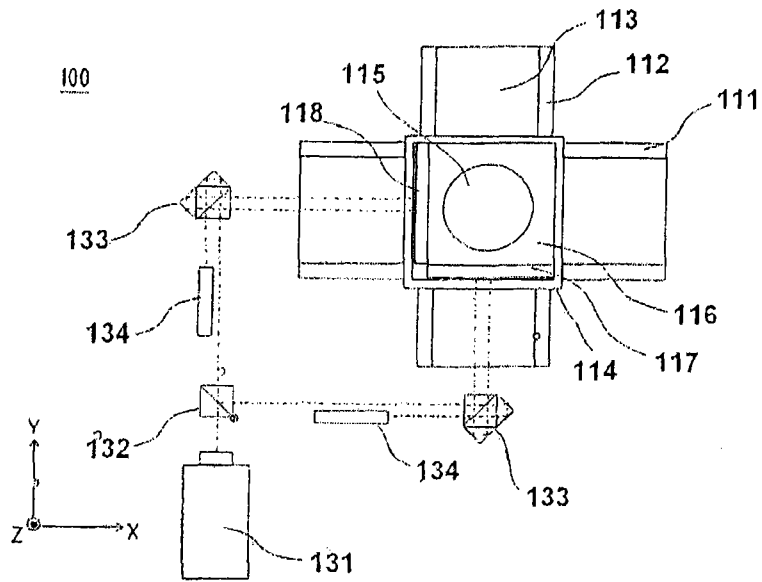


图 1

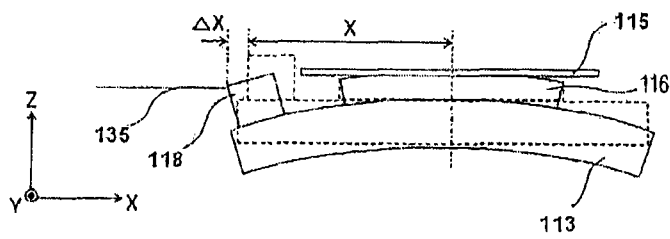


图 2

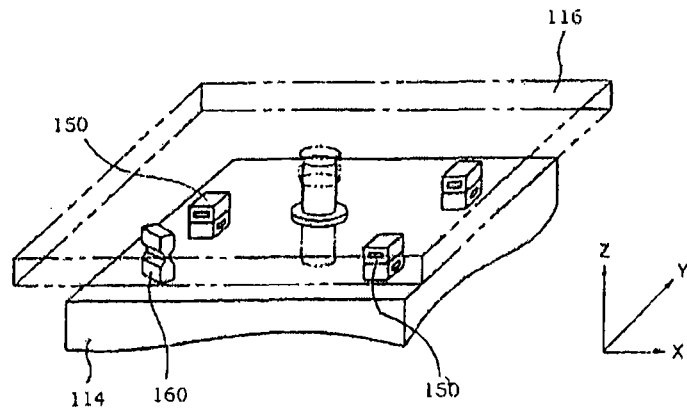


图 3

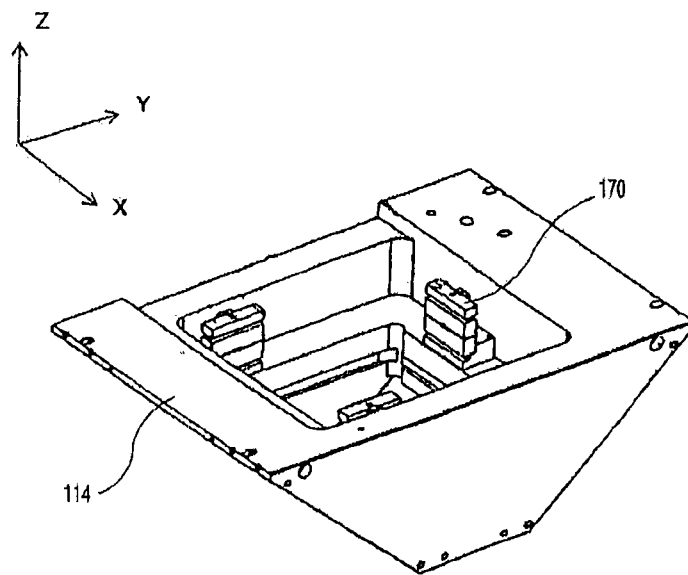


图 4

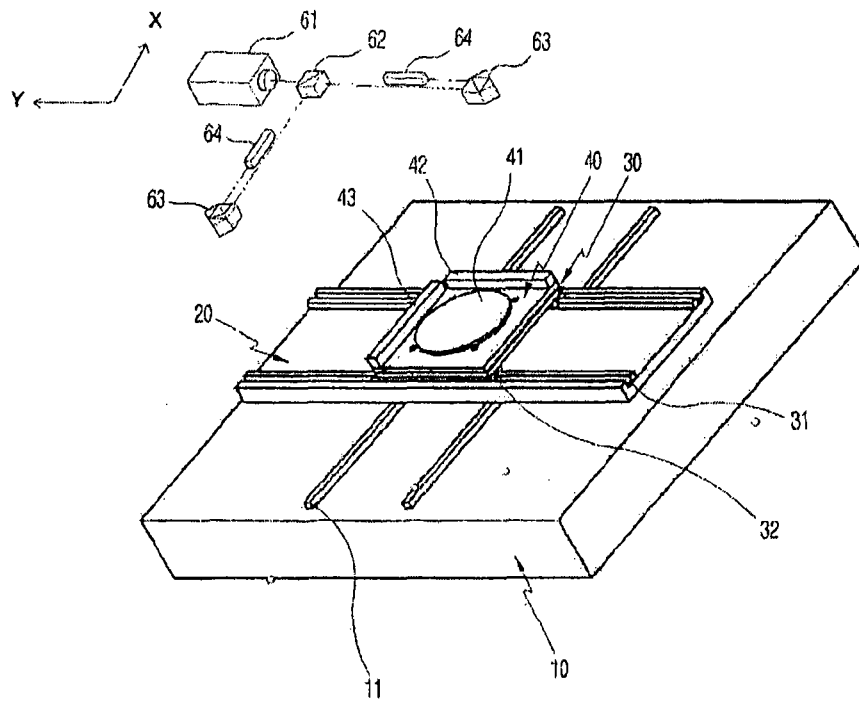


图 5

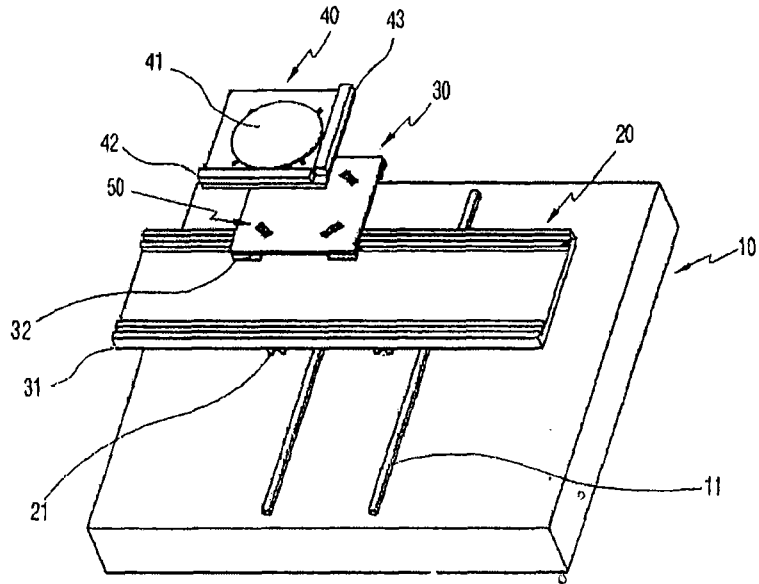


图 6

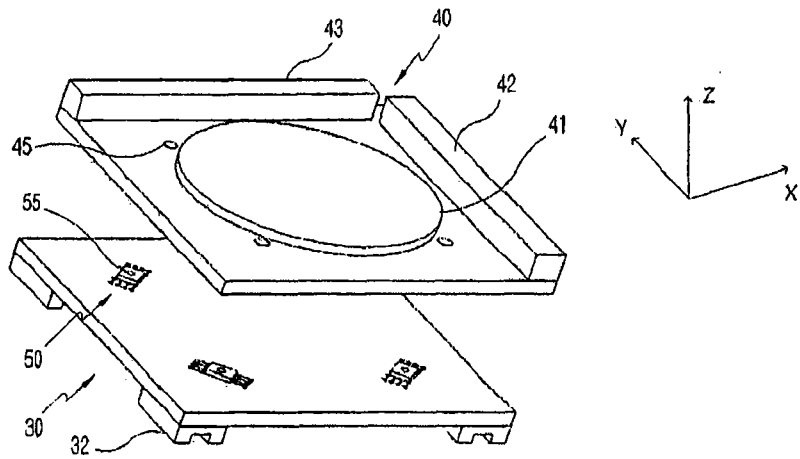


图 7

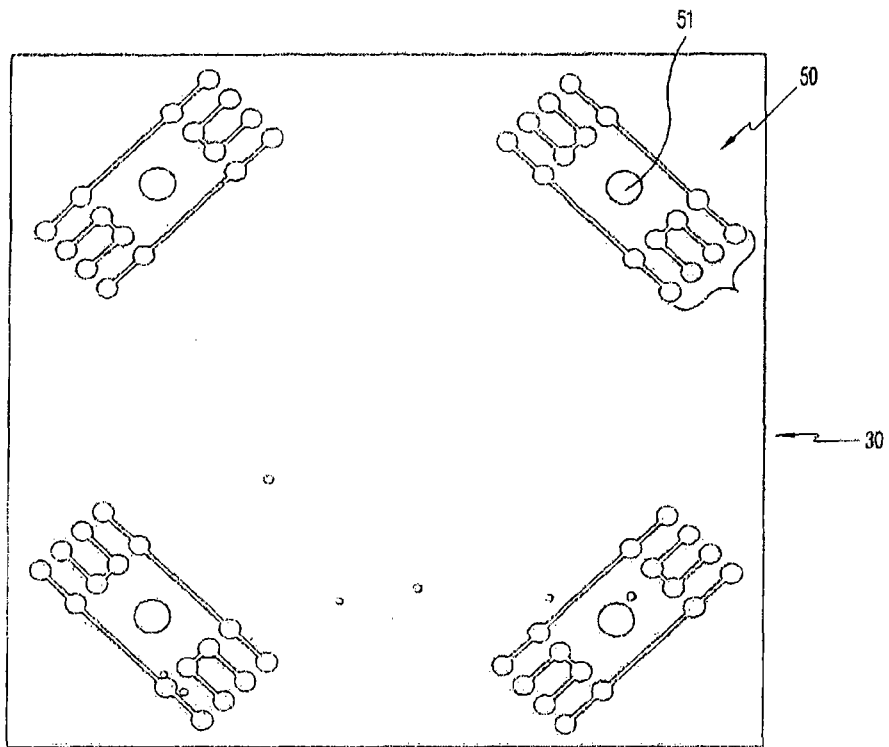


图 8a

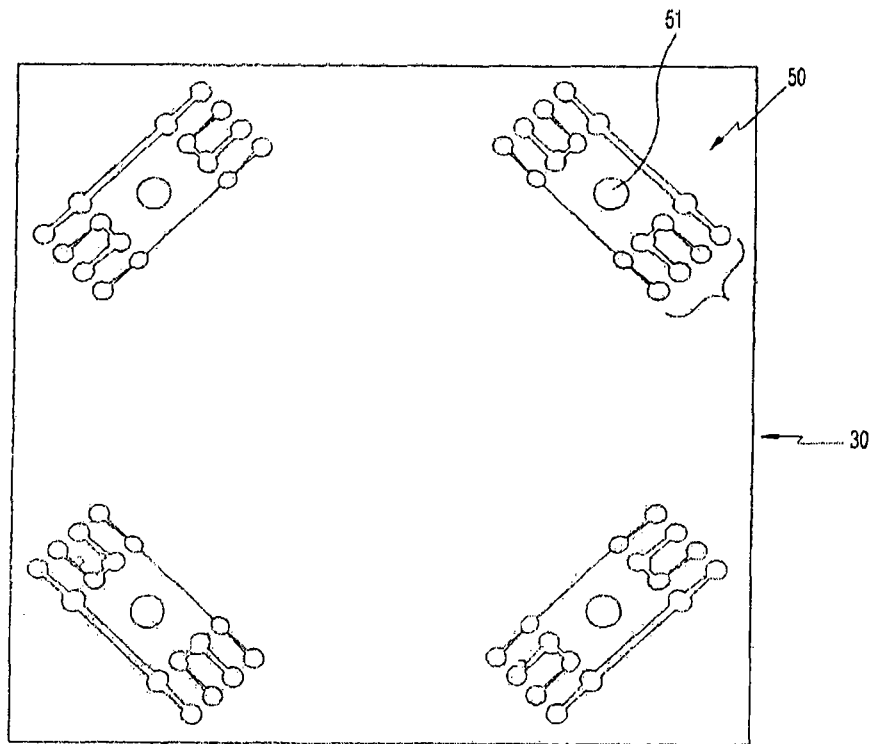


图 8b

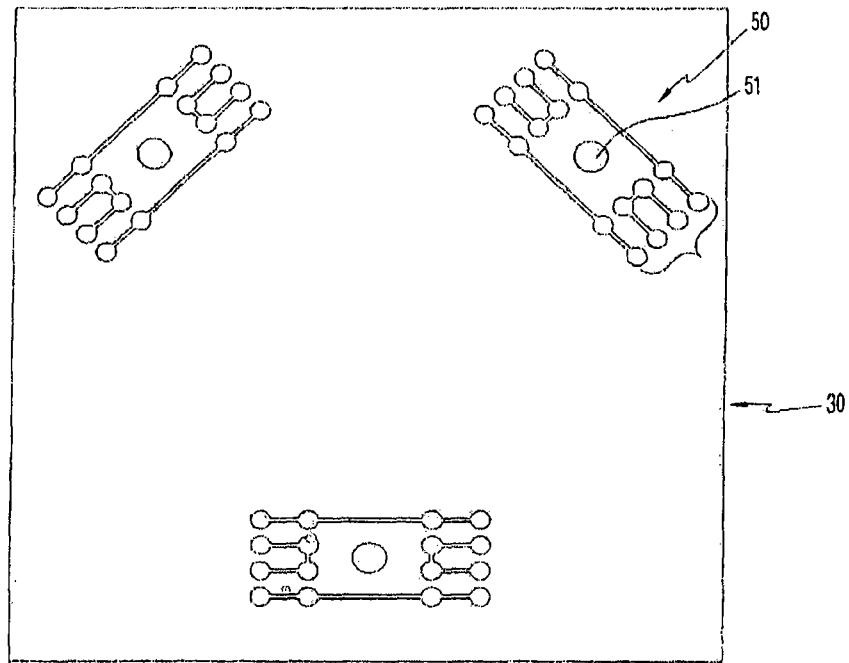


图 9a

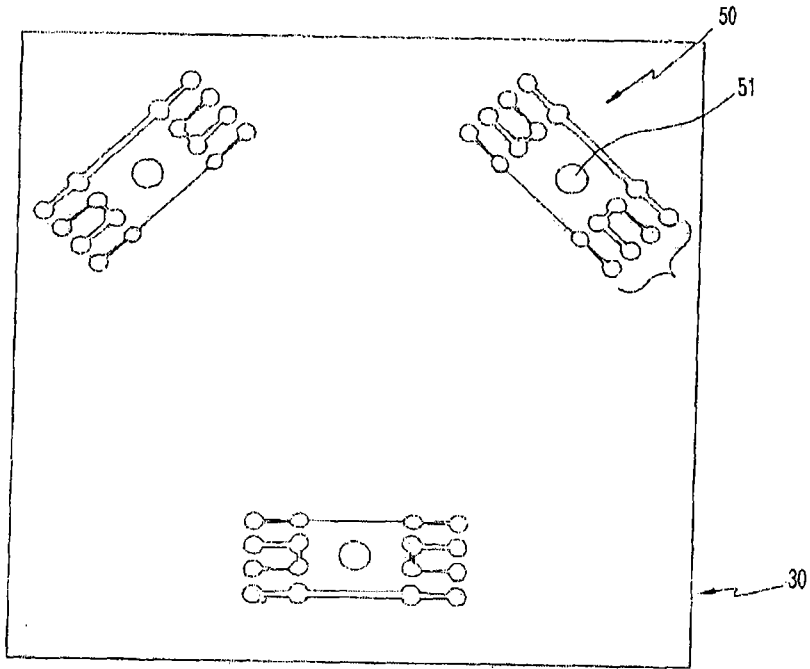


图 9b

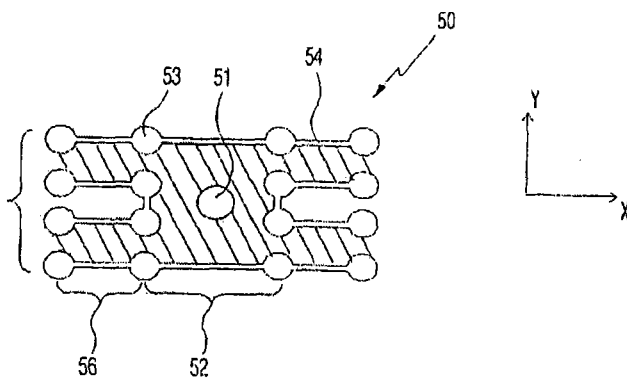


图 10

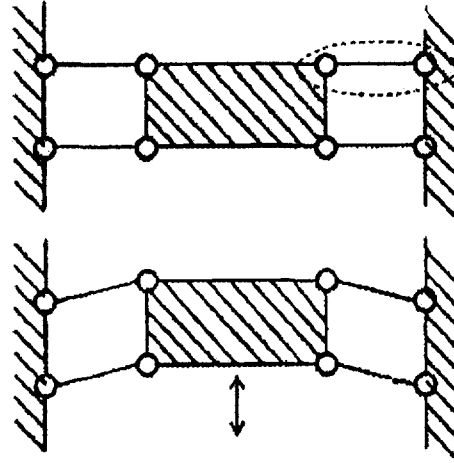


图 11

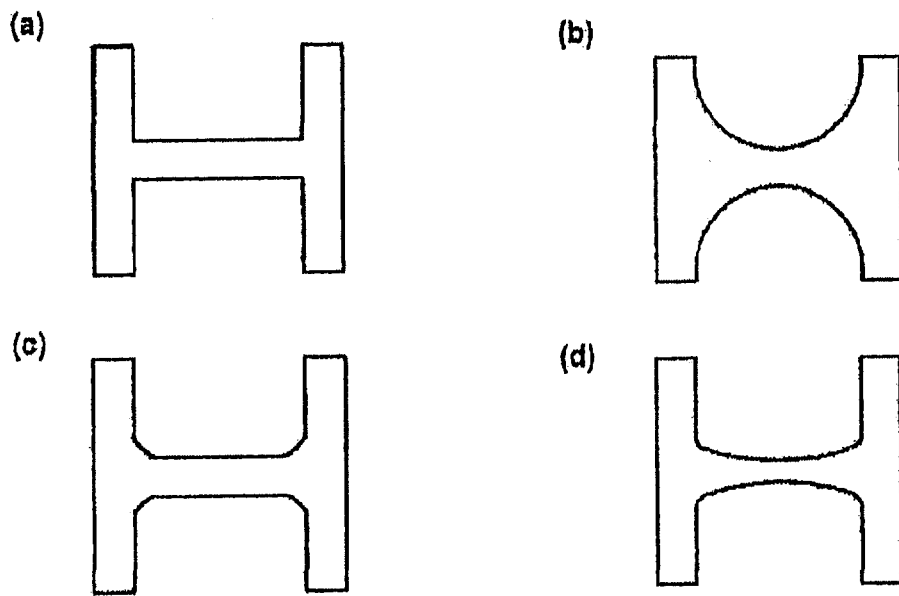


图 12

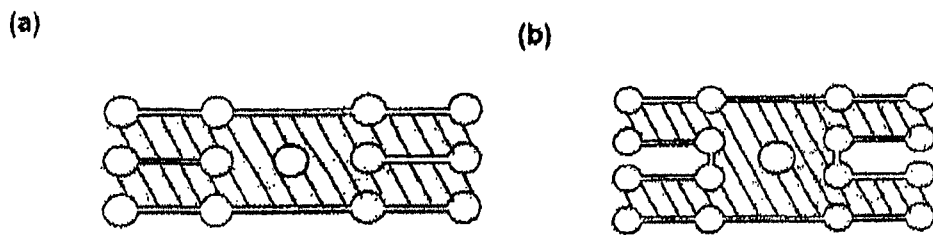


图 13

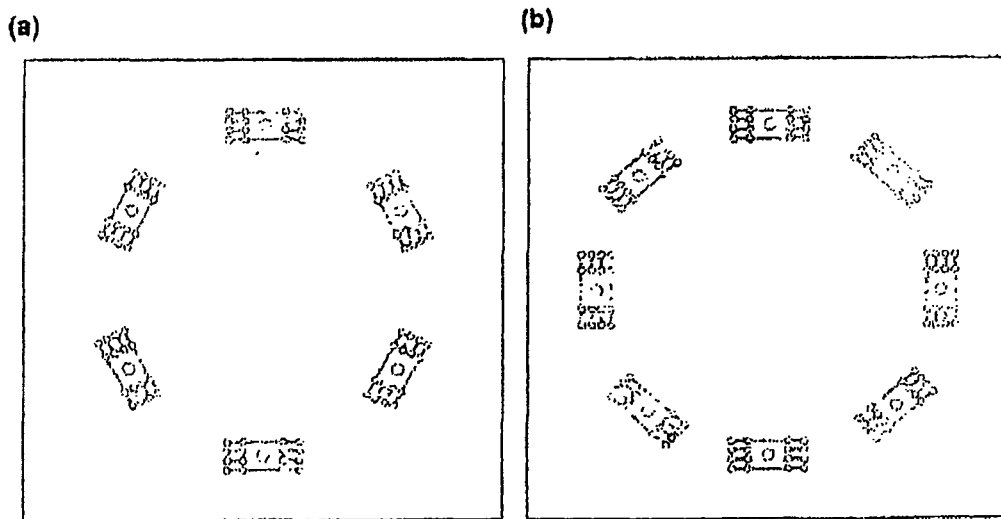


图 14

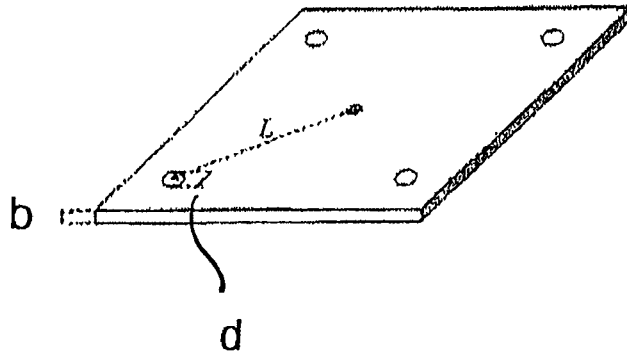


图 15

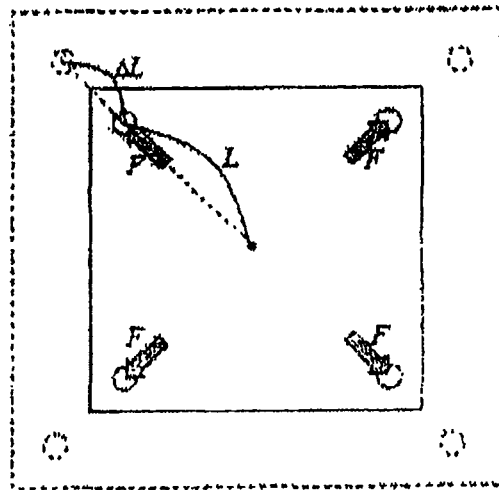


图 16

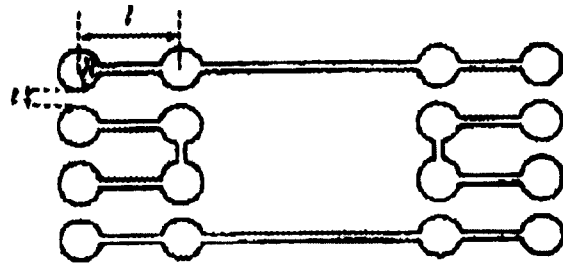


图 17

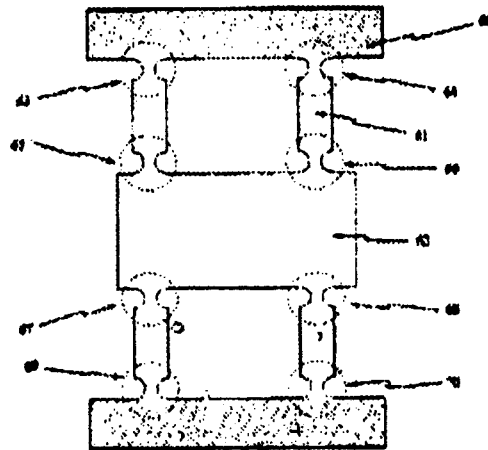


图 18

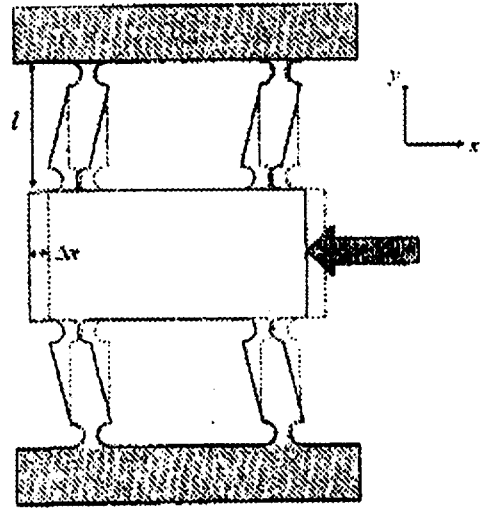


图 19

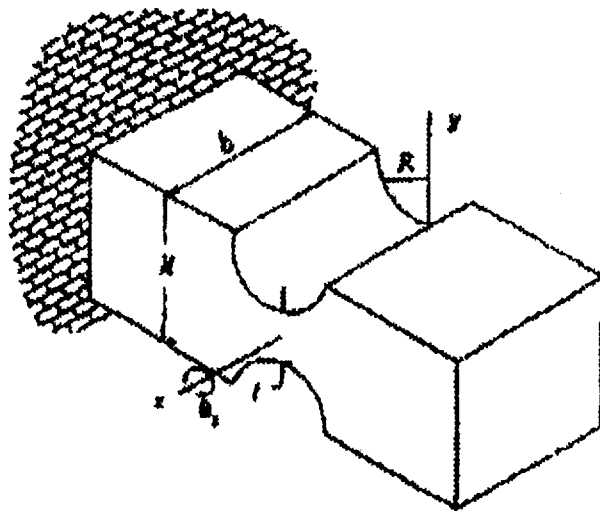


图 20

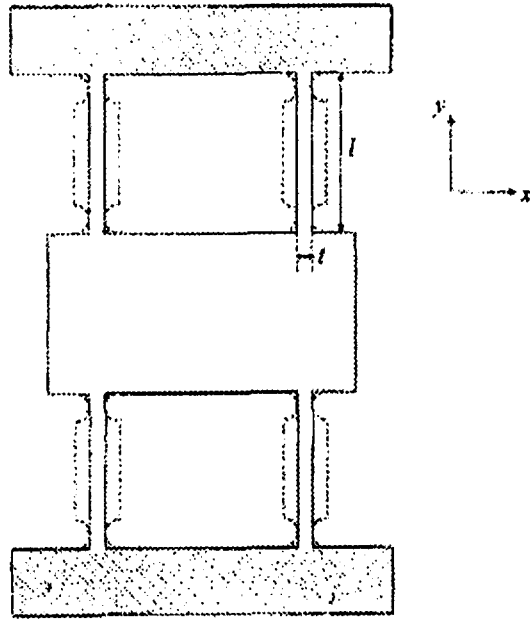


图 21

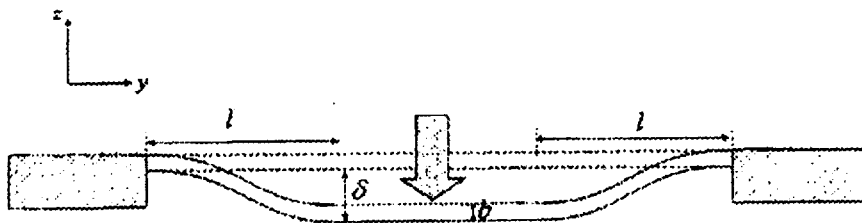


图 22