

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01L 1/22 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510087717.5

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 100429495C

[22] 申请日 2005. 8. 5

[21] 申请号 200510087717.5

[30] 优先权

[32] 2004. 8. 5 [33] JP [31] 2004 - 228925

[73] 专利权人 株式会社百利达

地址 日本东京都

[72] 发明人 葛谷孝夫 矢部有三

[56] 参考文献

CN2063229U 1990. 10. 3

JP10 - 104092A 1998. 4. 24

JP2000 - 214008A 2000. 8. 4

CN1049717A 1991. 3. 6

审查员 郑大磊

[74] 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所

代理人 刘新宇

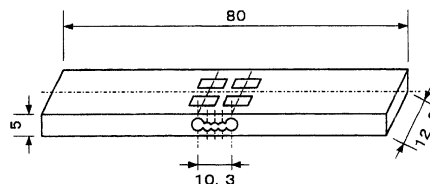
权利要求书 1 页 说明书 14 页 附图 11 页

[54] 发明名称

测力计

[57] 摘要

本发明公开了一种测力计，该测力计包括由位于固定端和可动端之间的两个平行臂、和四个应变产生部分所构成的 Roberval 机构，该应变产生部分按照使两个应变产生部分在所述两个臂中的每一个上相互连接的方式设置。根据本发明，所述四个应变产生部分全部具有相同的厚度；并且所述两个臂包括第一臂和第二臂，该第一臂具有粘贴在相互连接的所述两个应变产生部分的每一个上的应变片，该第二臂具有小于第一臂的厚度的厚度。



1、一种测力计，其包括由位于固定端和可动端之间的两个平行臂、和四个应变产生部分所构成的 Roberval 机构，该应变产生部分按照使两个应变产生部分在所述两个臂中的每一个上相互连接的方式设置，其中：

所述四个应变产生部分全部具有相同的厚度；以及

所述两个臂包括第一臂和第二臂，该第一臂具有粘贴在相互连接的所述两个应变产生部分的每一个上的应变片，该第二臂具有小于第一臂的厚度的厚度。

2、根据权利要求 1 所述的测力计，其特征在于：该测力计以所述第一臂的用于粘贴应变片的表面垂直向上的方式固定，从第一臂的上面垂直向下地施加载荷。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的测力计，其特征在于：所述第二臂按照这样的方式形成，在两个臂具有相同厚度的测力计的基础上，使两个臂之间的通道的沿着测力计的长度方向的中轴从测力计自身的沿着测力计的长度方向的中轴偏离预定的距离，并且通道的宽度没有任何变化。

4、根据权利要求 1 或 2 所述的测力计，其特征在于：所述第二臂按照这样的方式形成，在两个臂具有相同厚度的测力计的基础上，仅减小第二臂的厚度。

## 测力计

### 技术领域

本发明涉及一种测力计，该测力计包括由两个平行臂和四个应变产生部分构成的 Roberval 机构，按照使两个应变产生部分在两个臂中的每个上相互连接的方式设置该应变产生部分。

### 背景技术

在图 19 中示出了在现有技术中已采用的由 Roberval 机构构成的典型测力计 1。该测力计 1 包括一应变产生体 2 和应变片 3a、3b、3c 和 3d。具体地说，应变产生体 2 包括一固定端 4 和用作悬臂的一可动端 5。应变产生体 2 在固定端 4 和可动端 5 之间还包括用于应变产生部分 6a 和 6c 的孔 7、和用于应变产生部分 6b 和 6d 的孔 8，每个都用于通过贴在其上的应变片来检测应变。在孔 7 和 8 之间连通的通道 9 这样设置，使两个臂 h1 和 h2 相互平行地布置，从而在应变产生部分 6a 和 6b 之间以及在 6c 和 6d 之间形成连接。因此，提供了一种 Roberval 机构，其中四个应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 中的每个都按照平行四边形的四个角的每一个的轨迹运动。因此，通过由四个应变片构成的 Wheatstone 桥接电路来检测应变程度。假设应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 具有相同的厚度，并且臂 h1 和 h2 具有相同的厚度，从而该测力计形成为相对于其中心线垂直对称。

但是，这种 Roberval 机构的缺点在于，因为这些连接具有整体结构从而相互产生负面影响的事实，所以不可能用作理想的机构。具体地说，在向与测力计的中心偏离的任意位置施加载荷的偏置加载条件下，应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 可能

受到由呈悬臂形式的应变产生体 2 的弯曲所引起的任意力矩，由此降低了在载荷量和检测到的应变片的输出之间的线性。

另外，输出电路由 Wheatstone 桥形成，该 Wheatstone 桥由四个应变片构成，每个应变片贴在四个应变产生部分的每一个上。因此，如果试图从在任一侧贴在臂的两个应变产生部分上的应变片获得输出，则由在偏置加载条件下应变产生体 2 的弯曲所引起的力矩作用更强烈地反应在输出上，由此进一步降低了线性。

为了解决这些问题，已经公开了以下技术：

第一种技术是一种使用包括 Roberval 机构的应变产生体的测力计，其与上述结构类似，但是其改进之处在于：调节了应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 的厚度、或者构成这些部分的体积，以控制应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 的刚性，以便使应变产生体 2 作为理想的 Roberval 机构而变形，由此提供改善的线性。例如，在专利文献 1 中可以找到这种测力计，其中用于形成臂 h1、h2 和应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 的所有孔 7、8 和通道 9 的中轴（neutral axis）与测力计自身的中轴偏离，从而在上、下臂 h1 和 h2 之间以及在应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 之间存在厚度差。

第二种技术是一种制造测力计的方法，例如，该方法可以在专利文献 2 中找到，其包括以下步骤：例如仅在应变产生部分 6a 和 6b 上粘贴应变片 3a 和 3b；使臂 h1 和 h2 具有相同的厚度，并且使所有应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 具有相同的厚度，以便当仅在一侧检测任何应变时提高测力计的线性；推导出表示应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 的厚度与臂 h1 和 h2 的厚度之间的关系的关系式，以消除由形成悬臂结构的应变产生体 2 的弯曲所引起的力矩的任何影响；以及根据该关系式制

造具有相同形状的测力计。

专利文献 1: 日本特开 2000-214008

专利文献 2: 日本专利第 2666209 号

但是, 在如日本特开 2000-214008 所公开的测力计的情况下, 其中调节了应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 的厚度, 或者将应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 以及臂 h1 和 h2 的厚度两者一起调节, 本发明人通过实验发现, 虽然对指向应变产生体 2 自身的扭转方向的载荷获得了一些改善的线性, 但是, 在相对于测力计的测量方向左右偏置加载的情况下, 仍然存在由于偏置加载而导致的任何量程误差。

另外, 在如日本专利第 2666209 号所公开的测力计的情况下, 为了消除由于整个应变产生体 2 的弯曲而导致在应变产生部分和臂中的任何应变, 使上下臂 h1 和 h2 以及应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 具有相同的厚度。然后, 使上下臂 h1 和 h2 两者的厚度相对于整个应变产生体 2 的厚度更薄, 由此导致整个检测器装置的弯曲增大。因此, 该测力计的固有频率变得更低, 因而在测量环境中的任意振动容易被拾取而产生任何受干扰的输出信号。另外, 由于在载荷变得稳定之前需要花更长的时间, 所以需要增加测量时间。另外, 为了保持臂的厚度, 需要具有更大尺寸的应变产生体, 这不利于提供更薄和小型化的测力计。

鉴于上面的情况, 本发明的目的在于通过提供一种改进的 Roberval 型测力计来解决上述现有技术的问题, 该测力计具有贴在位于两个臂中的一个的应变产生部分上的应变片, 其中, 应变产生部分全都具有相同的厚度, 并且两个臂具有不同的厚度, 以消除应变产生体的弯曲的任何影响。

## 发明内容

为了实现这种目的，本发明提供一种测力计，其包括由位于固定端和可动端之间的两个平行臂、和四个应变产生部分所构成的 Roberval 机构，该应变产生部分按照使两个应变产生部分在所述两个臂中的每一个上相互连接的方式设置，其中：

所述四个应变产生部分全部具有相同的厚度；以及

所述两个臂包括第一臂和第二臂，该第一臂具有粘贴在相互连接的所述两个应变产生部分的每一个上的应变片，该第二臂具有小于第一臂的厚度的厚度。

根据本发明的一个实施例，该测力计以所述第一臂的用于粘贴应变片的表面垂直向上的方式固定，从第一臂的上面垂直向下地施加载荷。

根据本发明的另一实施例，所述第二臂按照这样的方式形成，在两个臂具有相同厚度的测力计的基础上，使两个臂之间的通道的沿着测力计的长度方向的中轴从测力计自身的沿着测力计的长度方向的中轴偏离预定的距离，并且通道的宽度没有任何变化。

根据本发明的另一实施例，所述第二臂按照这样的方式形成，在两个臂具有相同厚度的测力计的基础上，仅减小第二臂的厚度。

本发明涉及一种测力计，其包括由位于固定端和可动端之间的两个平行臂、和四个应变产生部分所构成的 Roberval 机构，该应变产生部分按照使两个应变产生部分在所述两个臂中的每一个上相互连接的方式设置。根据本发明，所述四个应变产生部分全部具有相同的厚度，并且所述两个臂包括第一臂和第二臂，该第一臂具有粘贴在相互连接的所述两个应变产生部分的每一个上的应变片，该第二臂具有小于第一臂的厚度的厚度。因此，在偏置加载条件下，由于整个悬臂的弯曲而导致的压缩

力、张力和扭转力中的至少一个会施加在两个臂上，因而破坏了 Roberval 机构。但是，由整个悬臂的弯曲而导致的这种力主要由第二臂而不是第一臂支撑，从而在第一臂的应变产生部分中产生出的任意应变被平衡，以便保持线性和量程特性。与根据应变产生部分的厚度将两个臂做得更薄的情况相比，本发明不可能在测力计的固有频率上产生明显变化，这基本上防止了出现这些问题，例如在测量环境中的任意振动容易被拾取，以及在载荷变得稳定之前需要花更长的时间等。另外，因为与小型应变产生体的兼容性，以及应变片只粘贴在第一臂上的两个位置处，本发明以更低的制造成本提供测力计更薄的结构和小型化。

另外，本发明的测力计以第一臂的应变片粘贴表面垂直向上的方式固定，从第一臂的上面垂直向下地施加载荷。因此，本发明的测力计可以按照与以前的测力计相同的方式使用，而不需要任何专门的测量和安装程序。

而且，第二臂按照这样的方式形成，在两个臂具有相同厚度的测力计的基础上，使两个臂之间的通道的中轴从测力计自身的中轴偏离预定的距离，并且通道的宽度没有任何变化。因此，本发明适用于第二臂不具有足够厚度的小型或更薄类型的测力计。

此外，第二臂按照这样的方式形成，在两个臂具有相同厚度的测力计的基础上，仅减小第二臂的厚度。因此，本发明可通过这样的方式适用于任意现有的测力计，即使用任意合适的加工工具切割其第二臂，以将厚度减小至预定值。

## 附图说明

现在，将参照附图对本发明进行更详细地说明，在附图中：

图 1 为根据实施例 1 的测力计的外部示意图；

图 2 为一放大图，示出了根据实施例 1 的测力计的主要变形部分；

图 3 为一示意图，示出了根据实施例 1 的测力计的应变片粘贴表面；

图 4 为一放大图，示出了现有技术的测力计的主要变形部分，其中，应变产生部分和臂的厚度对称；

图 5 为一示意图，示出了在测力计上的偏置加载位置；

图 6 为测力计沿图 5 中的“A” - “A”线的剖视图；

图 7 为一曲线图，示出了在图 4 中的现有技术的测力计的非线性；

图 8 为一曲线图，示出了根据实施例 1 的测力计的非线性；

图 9 为一放大图，示出了现有技术的测力计的主要变形部分，其中，改变了应变产生部分和臂的厚度；

图 10 为一曲线图，示出了在图 9 中的测力计的偏置加载误差；

图 11 为一曲线图，示出了根据实施例 1 的测力计的偏置加载误差；

图 12 为在测力计的应变片粘贴表面上的主要部件的放大图；

图 13 为一曲线图，示出了当向偏置加载位置施加载荷时，在图 9 中的测力计的应变产生部分上的应力分布的分析结果；

图 14 与图 13 类似，但是示出了本发明实施例 1 的测力计的情况；

图 15 为现有技术的测力计的侧视图，其中，应变产生部分和臂的厚度是对称的；

图 16 为根据本发明实施例 2 的测力计的侧视图；

图 17 为一曲线图，示出了在图 15 中的现有技术的测力计的非线性；

图 18 为一曲线图，示出了根据本发明实施例 2 的测力计的非线性；以及

图 19 为已在现有技术中使用的典型 Roberval 型测力计的侧视图。

### 具体实施方式

一种测力计，其包括由位于固定端和可动端之间的两个平行臂、和四个应变产生部分所构成的 Roberval 机构，该应变产生部分按照使两个应变产生部分在所述两个臂中的每一个上相互连接的方式设置，其中：

所述四个应变产生部分全部具有相同的厚度；以及

所述两个臂包括第一臂和第二臂，该第一臂具有粘贴在相互连接的所述两个应变产生部分的每一个上的应变片，该第二臂具有小于第一臂的厚度的厚度。

该测力计以所述第一臂的应变片粘贴表面垂直向上的方式固定，从第一臂的上面垂直向下地施加载荷。

而且，第二臂按照这样的方式形成，在两个臂具有相同厚度的测力计的基础上，使两个臂之间的通道的中轴从测力计自身的中轴偏离预定的距离，并且通道的宽度没有任何变化。

而且，第二臂按照这样的方式形成，在两个臂具有相同厚度的测力计的基础上，仅减小第二臂的厚度。

#### 实施例 1:

本发明人已经注意到这样的事实，即在具有粘贴在两个臂中的一个的应变产生部分上的应变片的 Roberval 型测力计中，以悬臂形式的整个应变产生体的任意弯曲影响上下臂和应变产

生部分，从而降低了线性性能。然后，本发明人通过实验发现，通过使应变产生部分具有相同的厚度、但是使上下臂具有不同的厚度，具有更大厚度的臂在其应变产生部分中产生应变的线性。

更具体地说，优选地按照这样的方式在上下臂之间提供适当的厚度差，从而通过使下臂比上臂薄，使得由于整个应变产生体的弯曲而施加在上下臂中的压缩力和张力主要由下臂支撑，从而平衡在上臂的应变产生部分中的应变。

现在参照附图，根据在本发明的测力计和现有技术的典型测力计之间的比较数据，对本发明的测力计进行更详细地说明。

本发明的实施例 1 按照这样的方式实施，即测力计制造有偏移的用于形成臂的通道。具体地说，图 1 为根据实施例 1 的测力计的外部示意图；图 2 为一放大图，示出了测力计的主要变形部分；图 3 为一示意图，示出了测力计的上表面即应变片粘贴表面。

参照图 1，该薄型（low profiled）测力计包括一应变产生体，该应变产生体沿纵向方向具有一固定端和一可动端，该构件长度为 80mm、厚度为 5mm、应变产生部分之间的距离为 10.3mm、应变片粘贴表面的宽度为 12.6mm。

参照图 2，四个应变产生部分中的每个通过设置  $\Phi 3.9\text{mm}$  的孔而形成具有 0.55mm 的厚度，两个臂通过设置一系列 3 个  $\Phi 2.6\text{mm}$  的孔而形成具有 1.85mm 和 0.55mm 的厚度。具有更大厚度的更厚的臂称为“第一臂”，而具有更小厚度的更薄的臂称为“第二臂”。参照图 3，通过第一臂相互连接的两个应变产生部分中的每一个设有两个并排设置在测力计的中心线附近位置处的应变片。从电路（未示出）的观点看，可以利用构成包括四个应变片的桥接电路的现有技术来检测应变片的输出。

根据本发明，用于形成第一和第二臂的该系列三个孔可以这样设置：如图 4 所示，使在现有技术的测力计的中心形成的孔向下移动，以便提供臂的厚度差。然后，这样移动的孔的中心设置在离测力计的下表面 1.85mm 的位置处。

如图 4 所示，测力计为垂直对称类型的现有技术测力计，如已经描述的那样，其包括具有相同厚度的臂  $h_1$  和  $h_2$ 、以及具有相同厚度的应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d。具体地说，用于形成第一和第二臂的该系列三个孔的中心与测力计的中心线一致，从而两个臂具有 1.2mm 的相同厚度。另外，现有技术测力计的其余部分具有与本发明的测力计相同的结构。

将参照图 5~图 8 对在本发明的测力计和现有技术的测力计之间由于偏置加载而导致的非线性的比较进行说明。具体地说，图 5 和图 6 示出了测量条件，例如在偏置加载中施加载荷的加载位置；图 7 为一曲线图，示出了现有技术的测力计的非线性；图 8 为一曲线图，示出了本发明的测力计的非线性。

图 5 为测力计的俯视图，示出了施加载荷的加载位置。在该实施例中，测力计固定为使第一臂的应变片粘贴表面垂直向上，从第一臂上面垂直向下地施加载荷。在图 5 中用符号“⊗”显示在载荷传递板上相对于测力计的加载位置。在测力计的中心位置的加载位置被称为“P1”，沿测力计的纵向方向与“P1”偏移 45mm 的加载位置被称为“P2”和“P3”，沿垂直方向与“P1”偏移 45mm 的加载位置被称为“P4”和“P5”。具体地说，“P2”为在测力计的可动端处的偏置加载位置，“P3”为在测力计的固定端处的偏置加载位置。图 6 为测力计沿图 5 中的“A”-“A”线的剖视图，示出了测量条件。

在测量两个测力计的非线性中，以 500g 的递增量将 2000g 的重量加载到偏置加载位置“P1”、“P2”和“P3”。

参照示出了现有技术的测力计的非线性的图 7, 中心加载位置“P1”呈现出 不大于 0.02% 的更高的线性, 而偏置加载位置“P2”和“P3”呈现出 0.1%RO 的非线性。换句话说, 由臂和应变产生部分构成的现有技术的测力计不足以用作 Roberval 机构。

然后, 参照示出了本发明的测力计的非线性的图 8, 所有加载位置“P1”、“P2”和“P3”均呈现出在 0.02%RO 范围内的数值, 这表示极高的线性, 从中可以看出, 第二臂起平衡在第一臂中的任何应变的作用。

另一方面, 当向偏置加载位置“P4”和“P5”施加载荷时, 测力计额外受到扭转作用, 这不能由 Roberval 机构解决。因此, 在现有技术的测力计中, 如上所述, 会出现线性变差, 以及在偏置加载位置处的载荷值相对于在中心加载位置“P1”处的载荷值具有更大的量程误差。因此, 在对偏置加载误差进行比较时, 使用如图 9 所示的测力计作为示例性的测力计, 该测力计在上下臂  $h_1$  和  $h_2$  之间以及在上下应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 之间都具有厚度差, 这已在前面作为一种现有技术进行了描述。按照这样的方式根据在图 4 中的现有技术的测力计来准备图 9 中的测力计, 以使用于形成臂和应变产生部分的通道从测力计的中心线向下偏移 0.1mm 的距离, 以获得与图 1 和图 2 所示的本发明的测力计基本相同的线性。

图 10 和 11 为曲线图, 每个示出了偏置加载误差, 即在偏置加载位置“P2”、“P3”、“P4”和“P5”中的每一个的载荷值相对于在测力计的中心加载位置“P1”处的载荷值的 % 误差。具体地说, 图 10 示出了如图 9 所示的、在臂之间以及在应变产生部分之间具有厚度差的测力计的偏置加载误差, 图 11 示出了根据本发明的测力计的偏置加载误差。

参照图 10，载荷值 2000g 在偏置加载位置“P2”和“P3”处相对于在中心加载位置“P1”处的%误差显示出在 $\pm 0.2\%RO$ 的范围内，这表示极好的结果。但是，在测力计受到扭转力的偏置加载位置“P4”和“P5”处，显示出%误差分别增大至 $+0.8\%RO$ 和 $-0.8\%RO$ 。

然后，参照示出了本发明的测力计的测量结果的图 11，不仅在偏置加载位置“P2”和“P3”处，而且在现有技术的测力计呈现出明显误差的偏置加载位置“P4”和“P5”处，均获得了在 $0.2\%RO$ 范围内的极好的结果。

因此，可以认为本发明的测力计解决了测力计的扭转作用的问题。然后，参照图 12~14，每个图示出了当向偏置加载位置“P5”施加载荷时，对两个测力计中的扭转作用作为应力进行分析的分析结果。具体地说，图 12 为两个测力计的应变片粘贴表面的放大图；图 13 为一曲线图，示出了当向偏置加载位置“P5”施加载荷时，对在图 9 中的测力计的可动端侧和固定端侧应变产生部分的应变片粘贴表面上的应力分布的分析；图 14 与图 13 类似，但是示出了本发明的测力计的情况。

更具体地说，按照这样的方式进行应力分析，即在图 12 中的应变片粘贴表面上，在可动端侧和固定端侧应变产生部分的每一个处，假设测力计的左边缘处于 0mm、而假设测力计的右边缘处于 12.6mm，并且它们之间的间隔以 1mm 的步长进行分割。然后，计算出当向位置“P5”施加 2000g 的载荷时在每点的应力，从而产生如图 13 所示的每条近似曲线。

应该注意的因素是在施加到其上粘贴有应变片的应变产生部分的每一个上的最大和最小应力之间的差异。可以说，差异越大，则施加在测力计上的扭转力就越强。参照图 13，尤其参照对于固定端侧应变产生部分的应力分析结果，在离测力计的

左边缘大约 1.5mm 的位置处最小应力约为  $3.5\text{kgf/mm}^2$ ，而在离测力计的左边缘大约 11.5mm 的位置处最大应力约为  $11.5\text{kgf/mm}^2$ 。因此，它们之间的应力差大约为 3 倍。同样，对于可动端侧应变产生部分而言，在离测力计的左边缘大约 1.5mm 的位置处最小应力约为  $-3.5\text{kgf/mm}^2$ ，而在离测力计的左边缘大约 12mm 的位置处最大应力约为  $-10\text{kgf/mm}^2$ ，因此，它们之间的应力差大约为 2.8 倍。

然后，参照示出了根据本发明的测力计的应力分析结果的图 14。首先，对于固定端侧应变产生部分而言，在离测力计的左边缘大约 1.5mm 的位置处最小应力约为  $5\text{kgf/mm}^2$ ，而在离测力计的左边缘大约 12.6mm 的位置处，即在测力计的右边缘的位置处最大应力约为  $10\text{kgf/mm}^2$ 。因此，它们之间的应力差大约为 2 倍。同样，对于可动端侧应变产生部分而言，在离测力计的左边缘大约 1.5mm 的位置处最小应力约为  $-5.5\text{kgf/mm}^2$ ，而在离测力计的左边缘大约 10mm 的位置处最大应力约为  $-9.5\text{kgf/mm}^2$ ，因此，它们之间的应力差大约为 1.7 倍。

从上面可以看出，调节了应变产生部分的厚度的现有技术的测力计提供大约为 3 倍的应力差。与之相对，本发明提供大约为 2 倍的减小了的应力差，从中可以看出，已经消除了应变产生体的扭转作用在其上粘贴有应变片的应变产生部分的任何影响。

## 实施例 2

本发明还提供了实施例 2，在该实施例 2 中，仅通过调节第二臂的厚度来实现高精度测力计。在实施例 1 中，如上所述，根据其中用于形成应变产生部分和臂的通道由在应变产生体中的多个圆孔来形成的测力计，在保持通道的宽度的同时偏移通

道的轴线，以对上下臂提供不同的厚度。与之相对，本发明的实施例 2 提供了另一种测力计，其中，仅使第二臂更薄，以加宽通道，从而为第一和第二臂提供不同的厚度。实施例 2 尤其适用于测力计的两个臂具有足够的厚度的相对较大的测力计。

图 15 示出了现有技术的测力计，其中，臂  $h_1$  和  $h_2$  具有相同的厚度，并且应变产生部分 6a、6b、6c 和 6d 具有相同的厚度。具体地说，长度为 1300mm、高度为 22mm 的应变产生体，在其中心部分设有两个相互间隔 50mm 的  $\Phi 12$ mm 的孔，以形成可动端侧和固定端侧应变产生部分，并且设有用于将这些孔连接起来、且用于使臂具有 4.8mm 的厚度的通道。图 16 示出了根据在图 15 中的测力计制造的本发明的测力计，其改进之处在于，将第二臂切割成具有 1.8mm 的减小了的厚度，以便提供稳定的线性，并使在第一和第二臂之间的通道比现有技术的测力计的通道更宽。应变片按照与实施例 1 相同的方式设置，以构成桥接电路。

按照与实施例 1 相同的方式测量在图 15 和 16 中的测力计的非线性，产生分别如图 17 和 18 所示的结果。从图 17 中可以看出，现有技术的测力计在加载位置“P1”处提供了大约为 0.01%RO 的非线性，但分别在加载位置“P2”和“P3”处提供了大约为 0.02%RO 和 0.04%RO 的更大的非线性。

与之相对，如图 18 所示，本发明的测力计在所有加载位置“P1”、“P2”和“P3”处提供了大约为 0.01%RO 的非线性，即提供了基本一致的、极佳的结果。这清楚地表明，仅需要简单地通过减小第二臂的厚度使第二臂具有适当的厚度差，以平衡在其上粘贴有应变片的应变产生部分中的任何应变。

在实施例 1 和实施例 2 中，已将测力计描述为具有这种的结构：测力计以第一臂的应变片粘贴表面垂直向上的方式固定，

并且从第一臂的上面垂直向下施加载荷。可选地，可以以颠倒的结构来实施测力计，即测力计以第一臂的应变片粘贴表面垂直向下的方式固定，并且从现在处于上侧的第二臂的上面施加载荷。

另外，上面已将应变片描述为按照这样的方式来设置，即两个应变片粘贴在通过第一臂连接的两个应变产生部分的每一个上，从而总共四个应变片连接起来，以形成桥接电路。可选地，可以将单个应变片粘贴在两个应变产生部分的每一个上，从而总共两个应变片与两个伪（dummy）应变片电连接，以形成仍可提供相同特性的桥接电路。

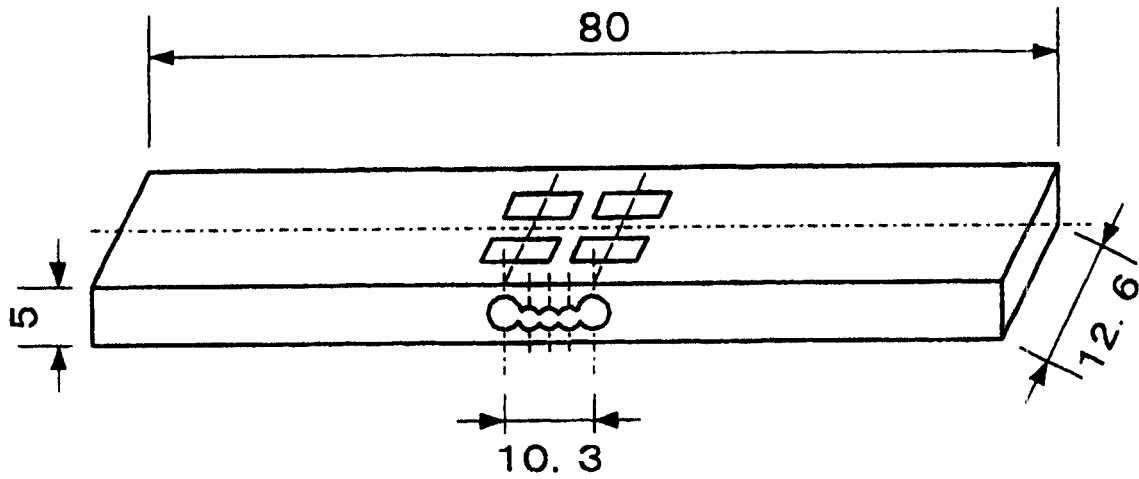


图 1

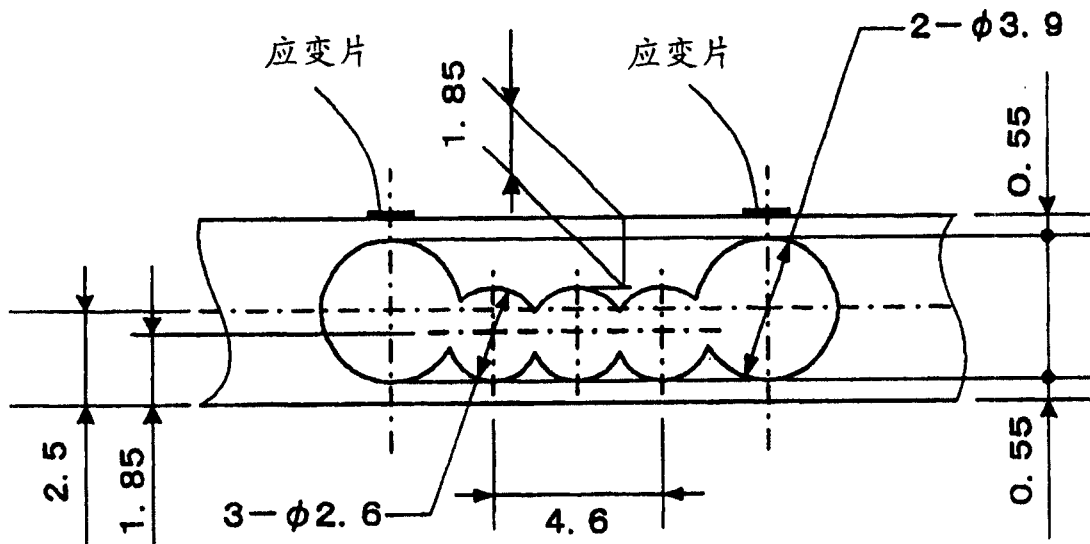


图 2

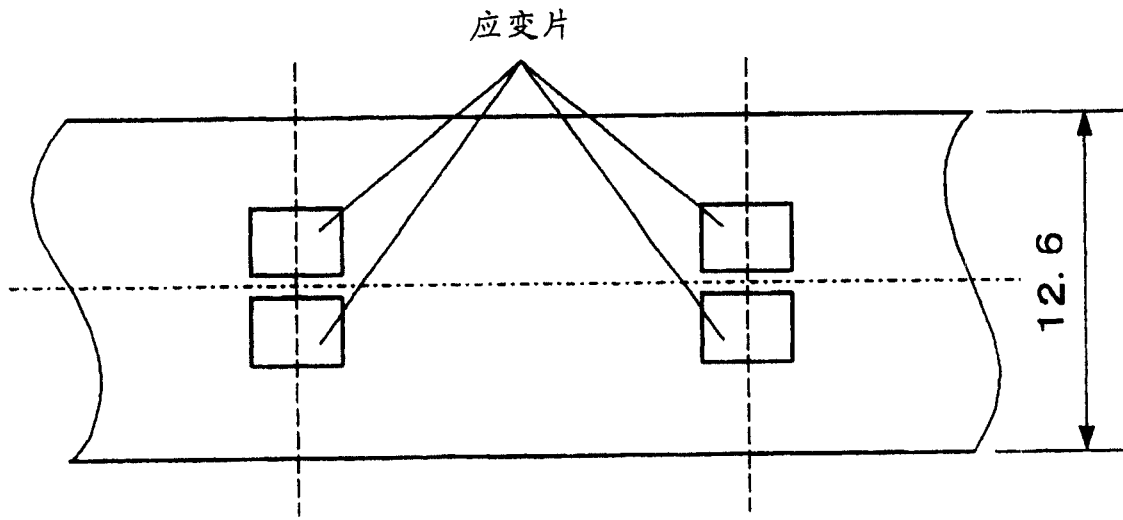


图 3

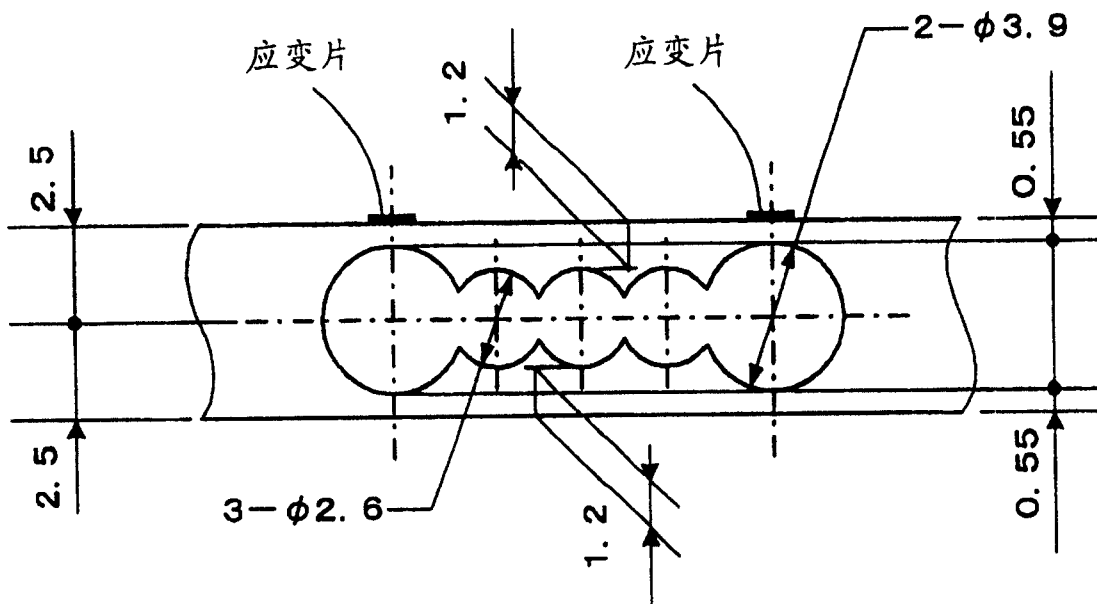


图 4

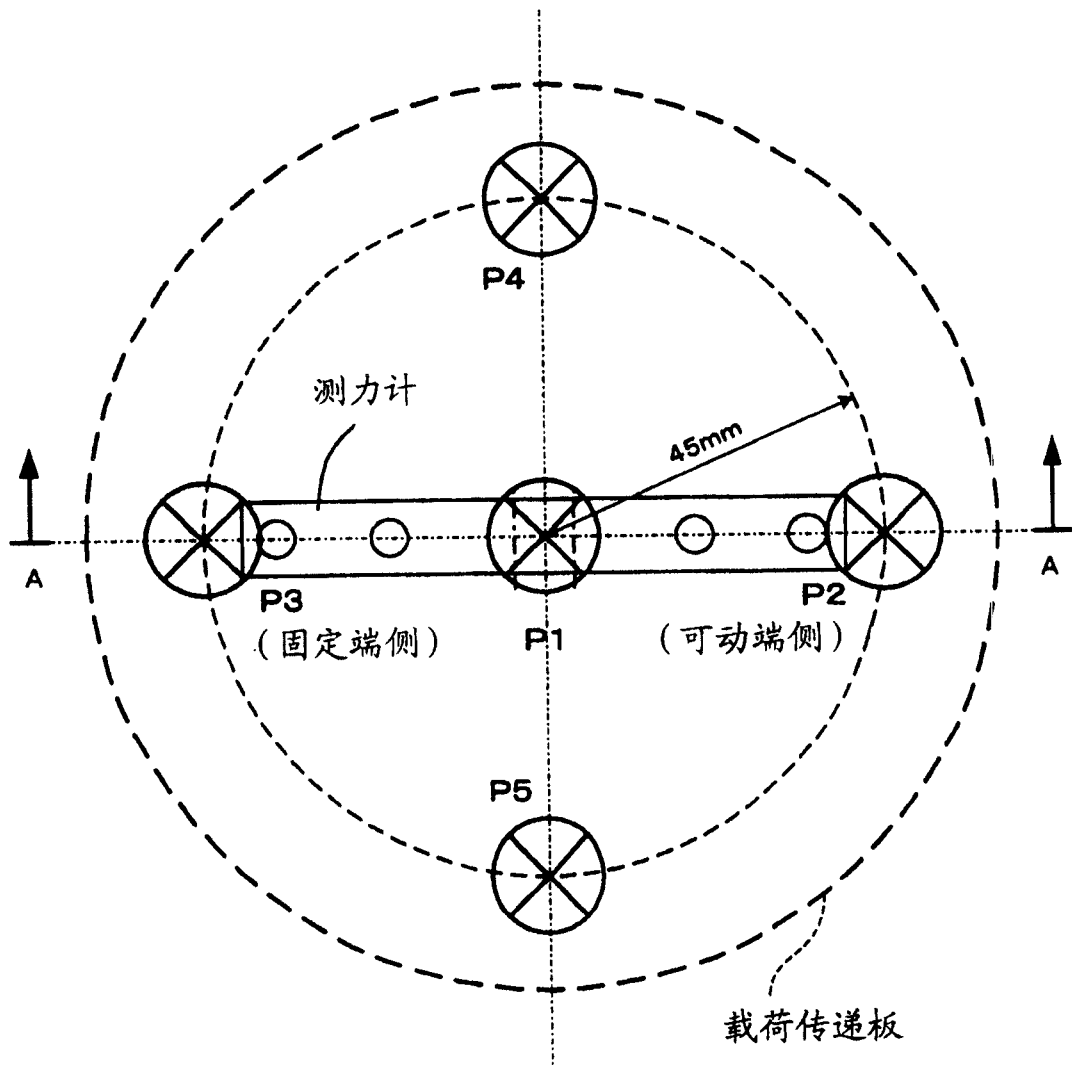


图 5

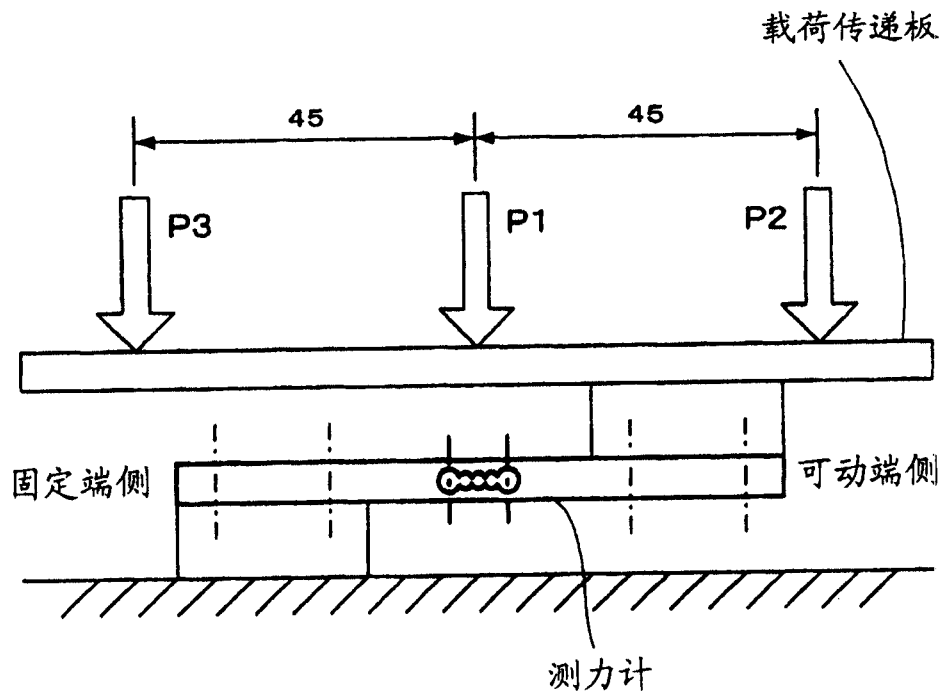


图 6

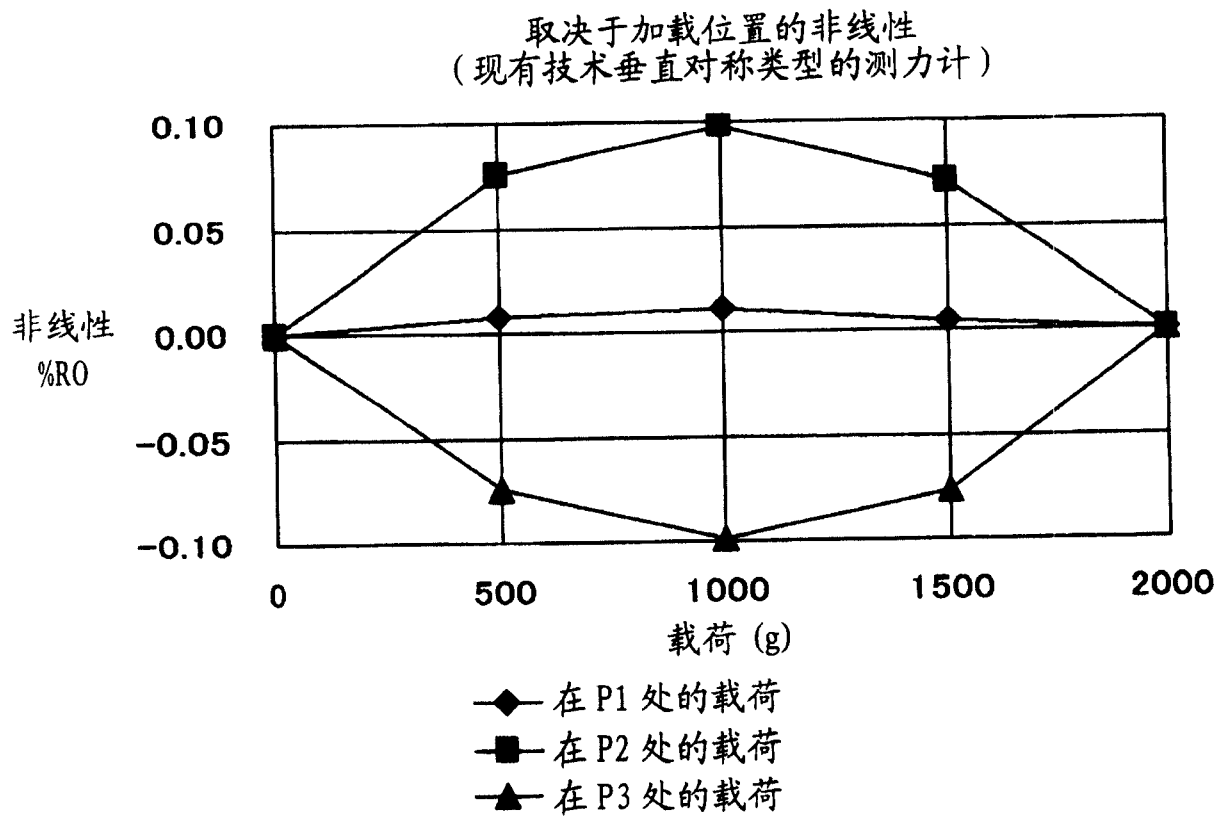
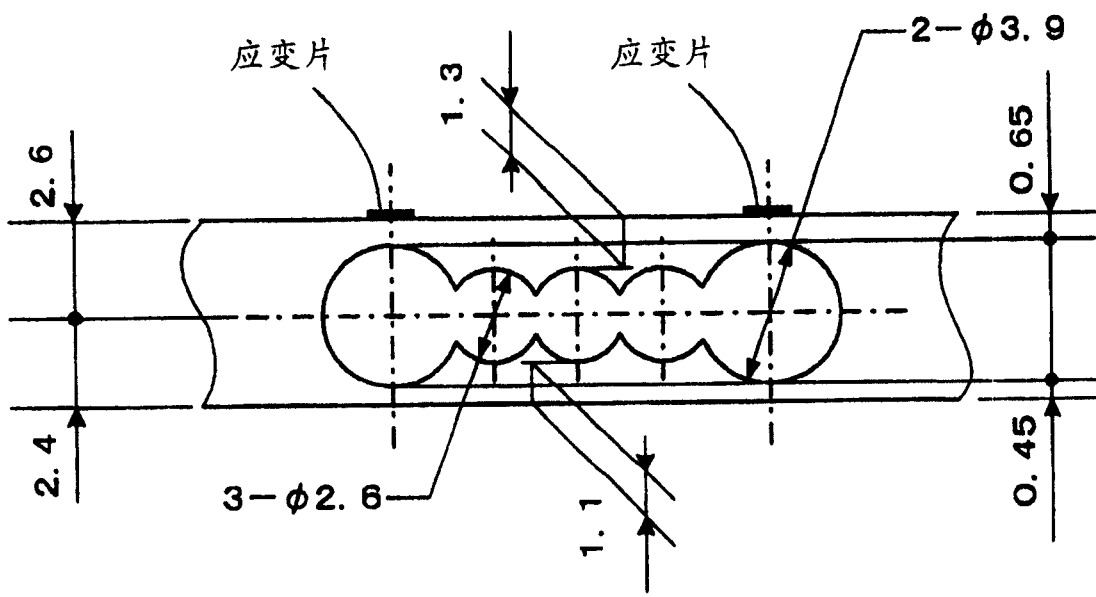
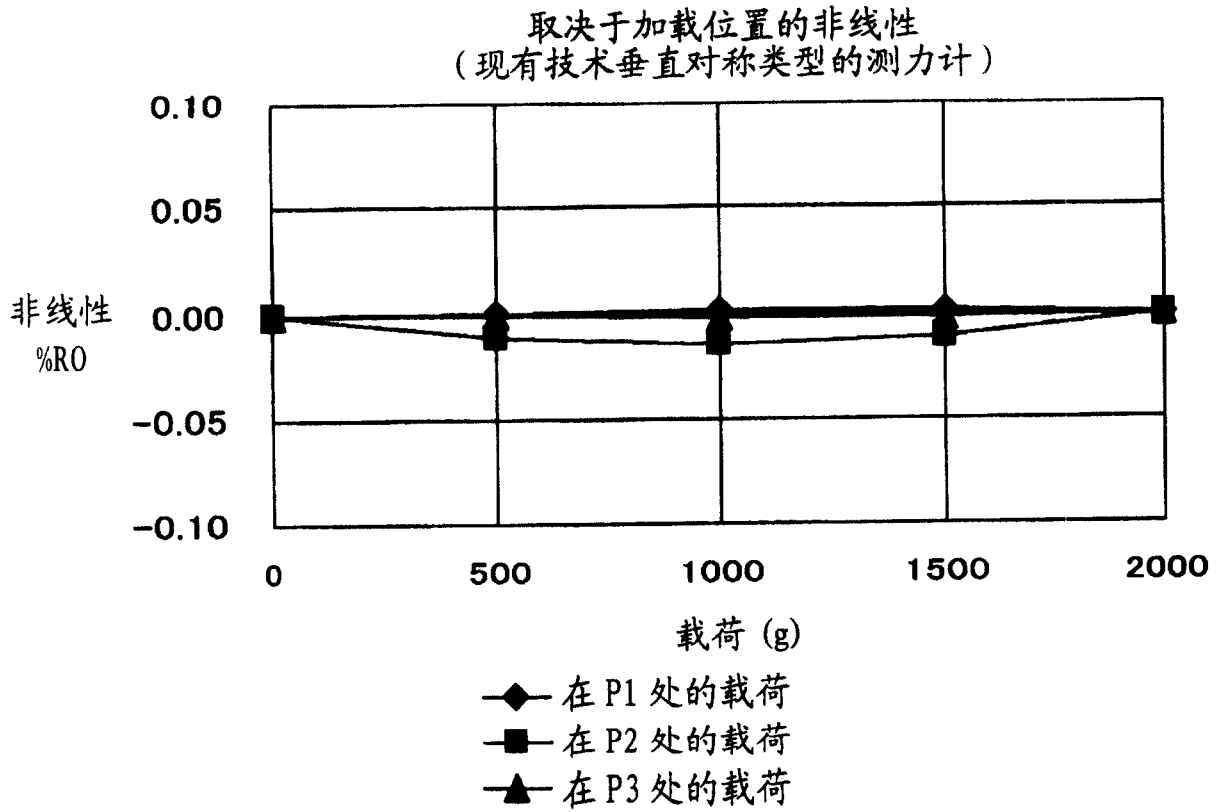
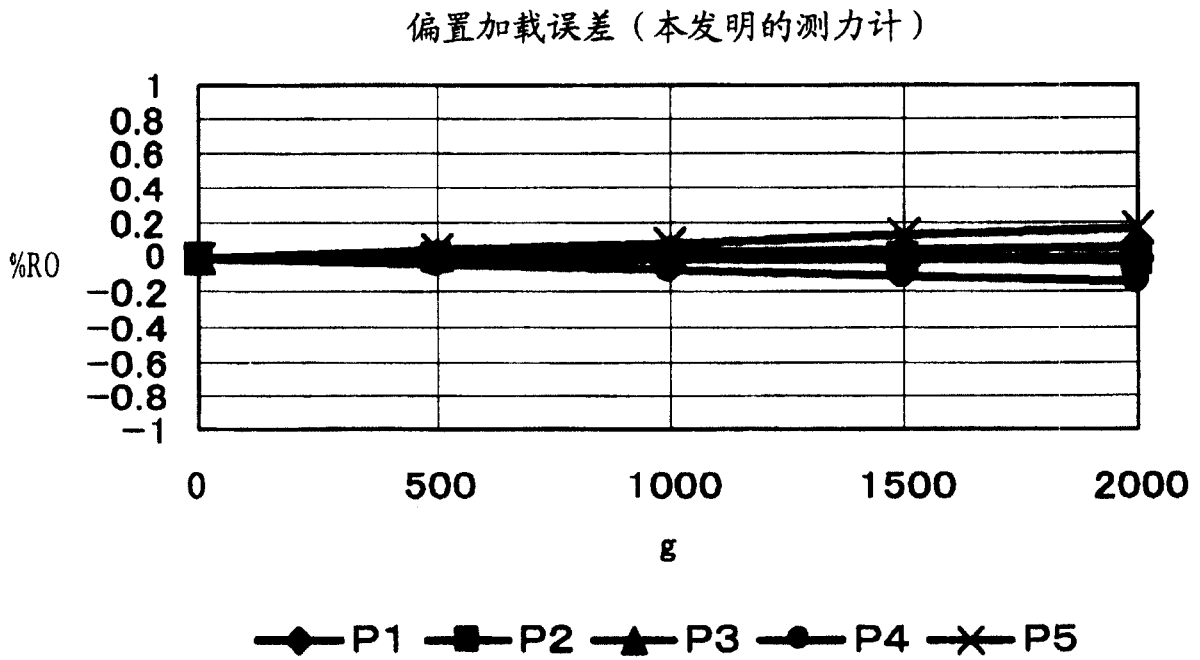
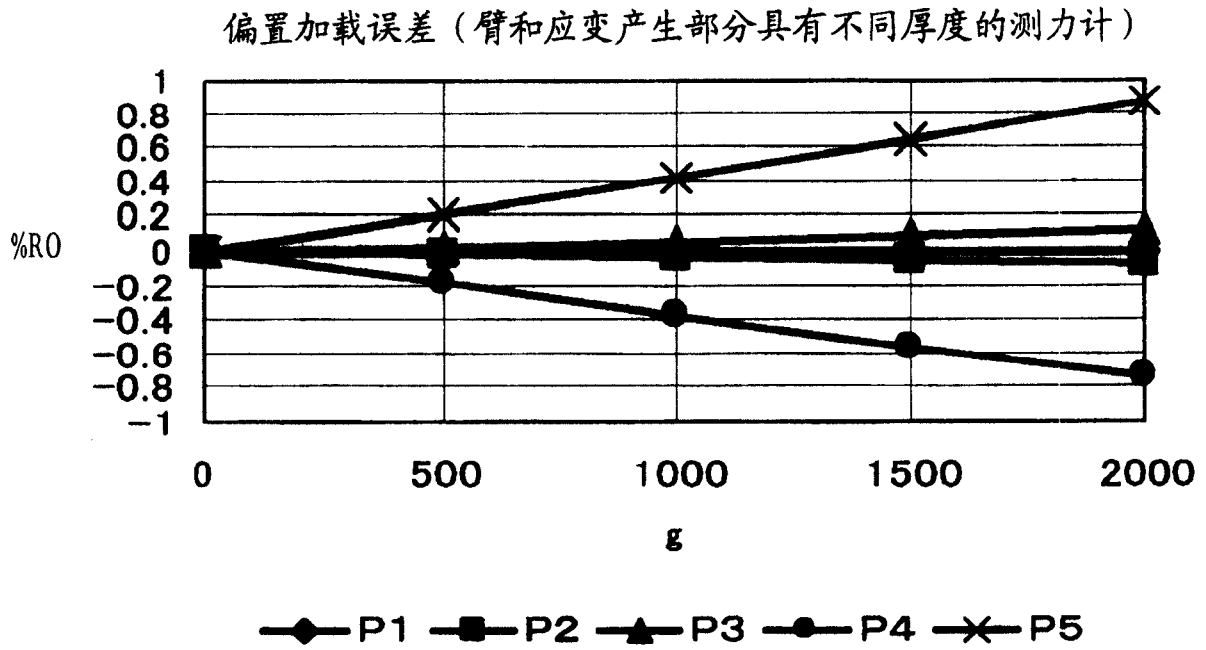


图 7





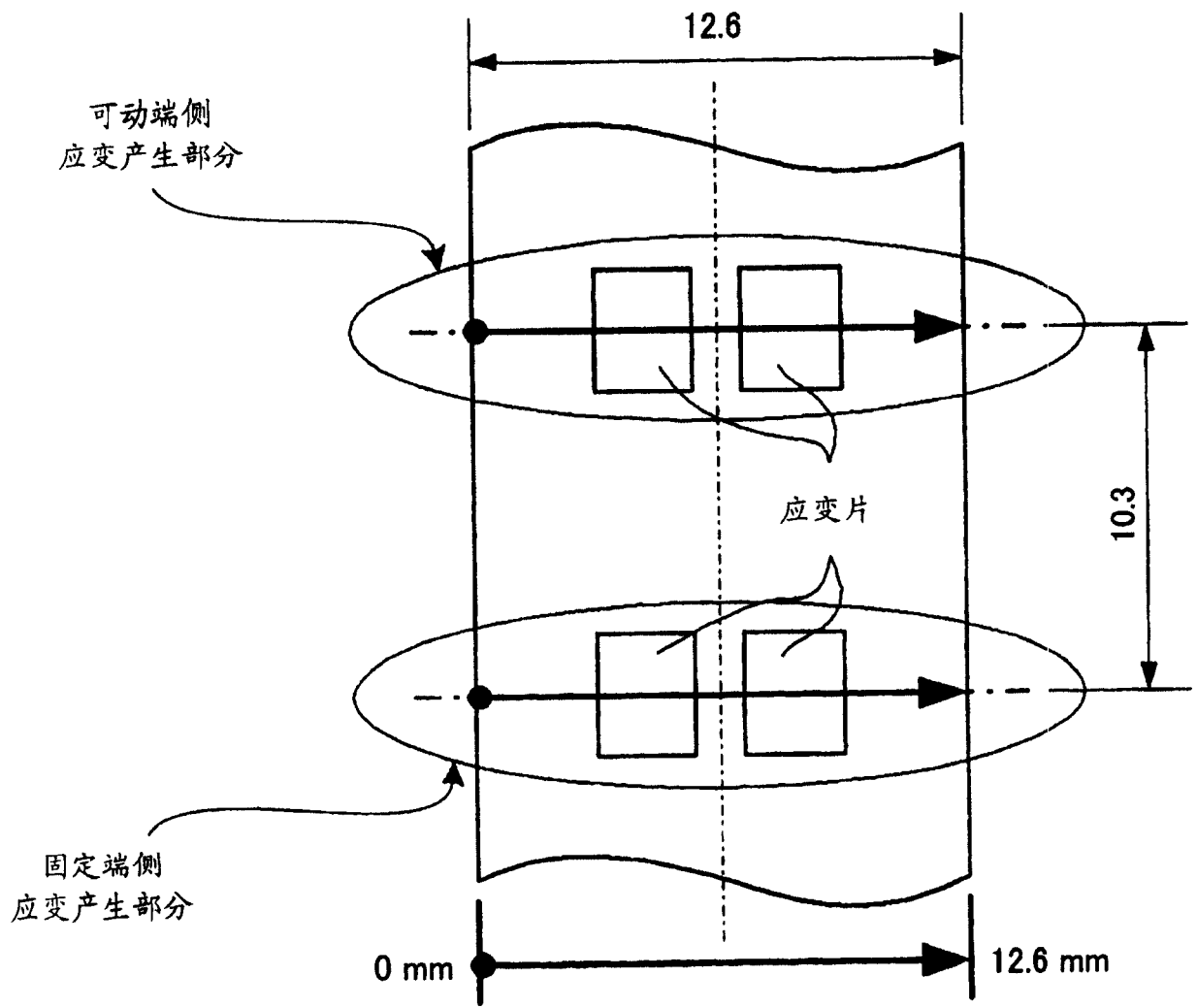


图 12

当在加载位置 P5 施加载荷时，在每个应变产生部分中的应力分布分析结果  
(臂和应变产生部分具有不同厚度的测力计)

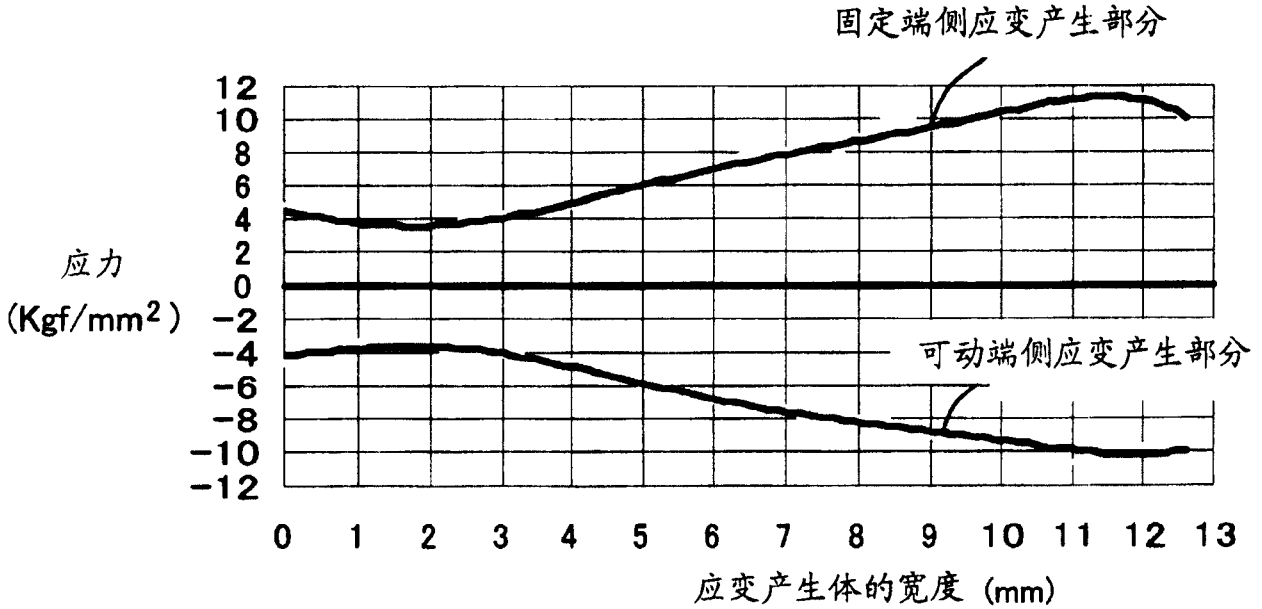


图 13

当在加载位置 P5 施加载荷时，在每个应变产生部分中的应力分布分析结果  
(本发明的测力计)

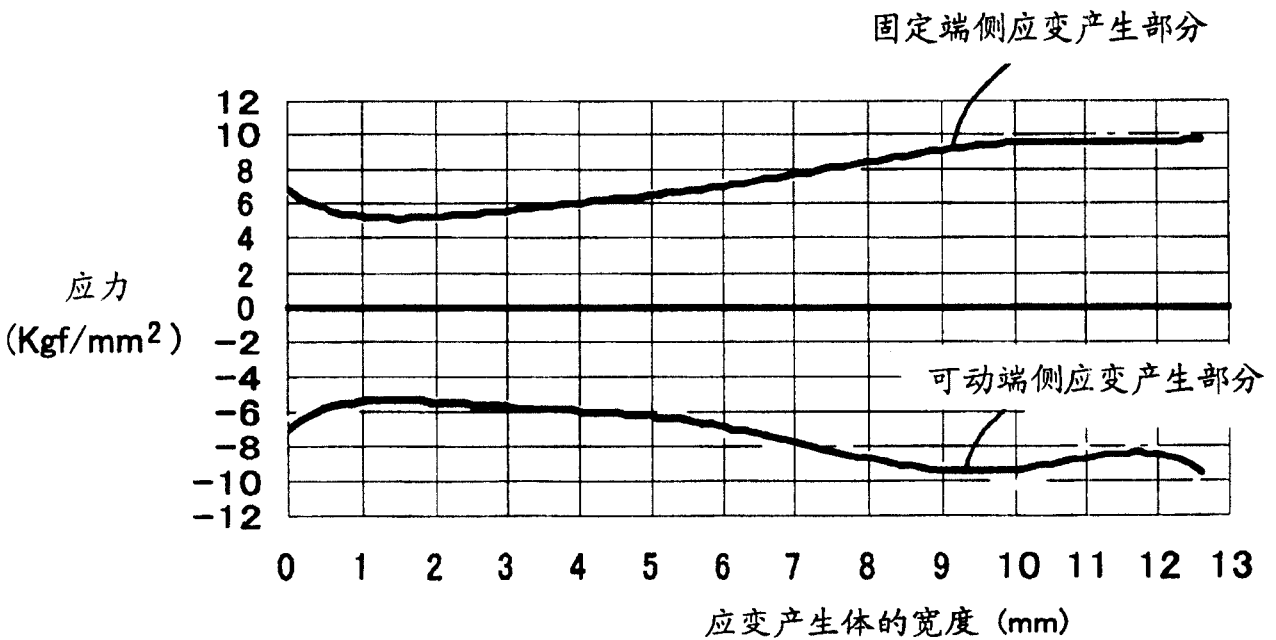


图 14

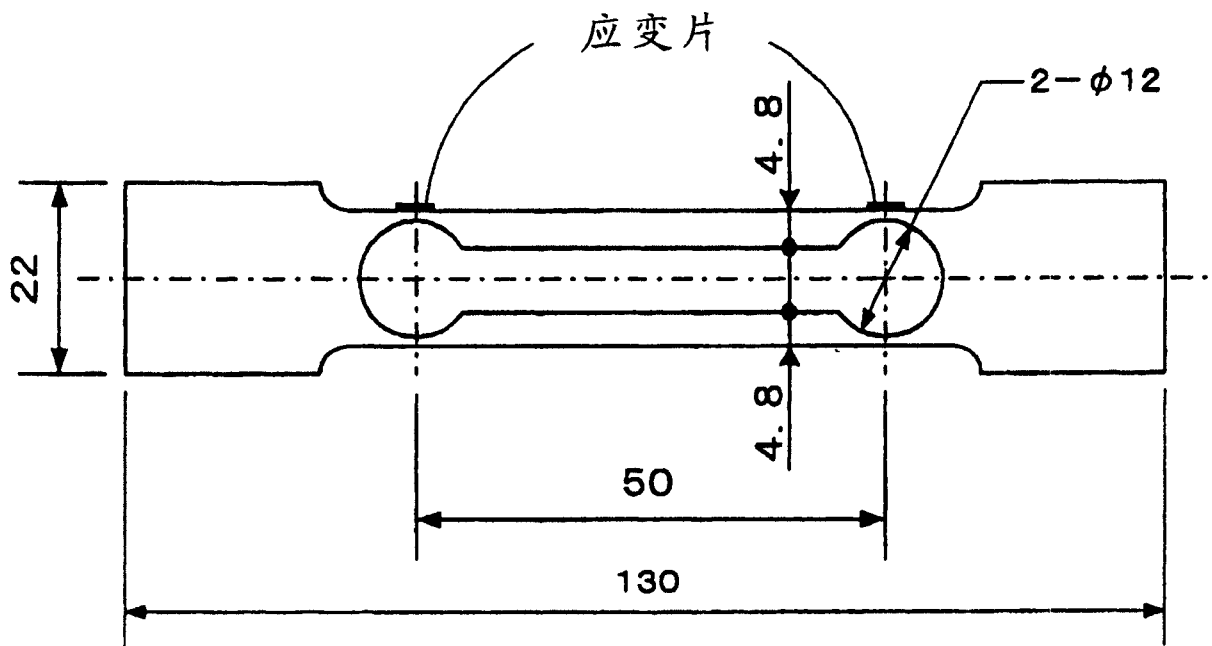


图 15

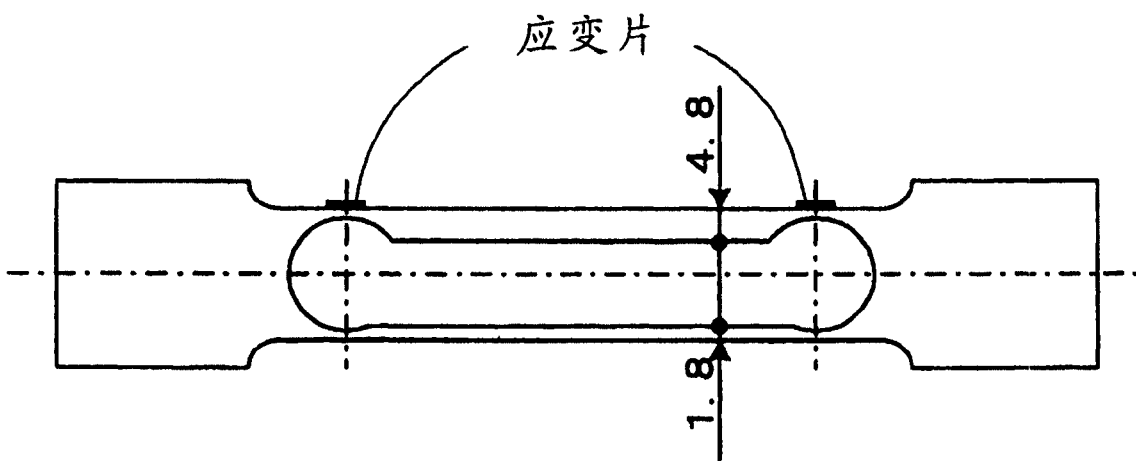


图 16

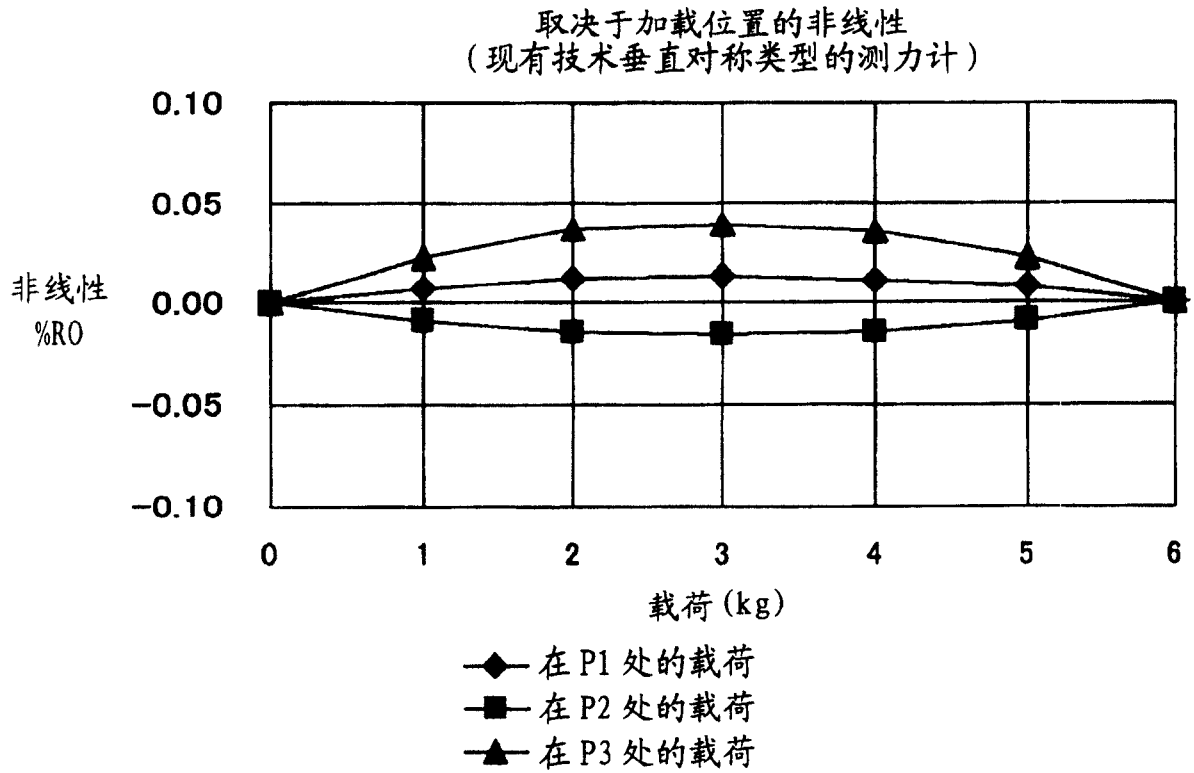


图 17

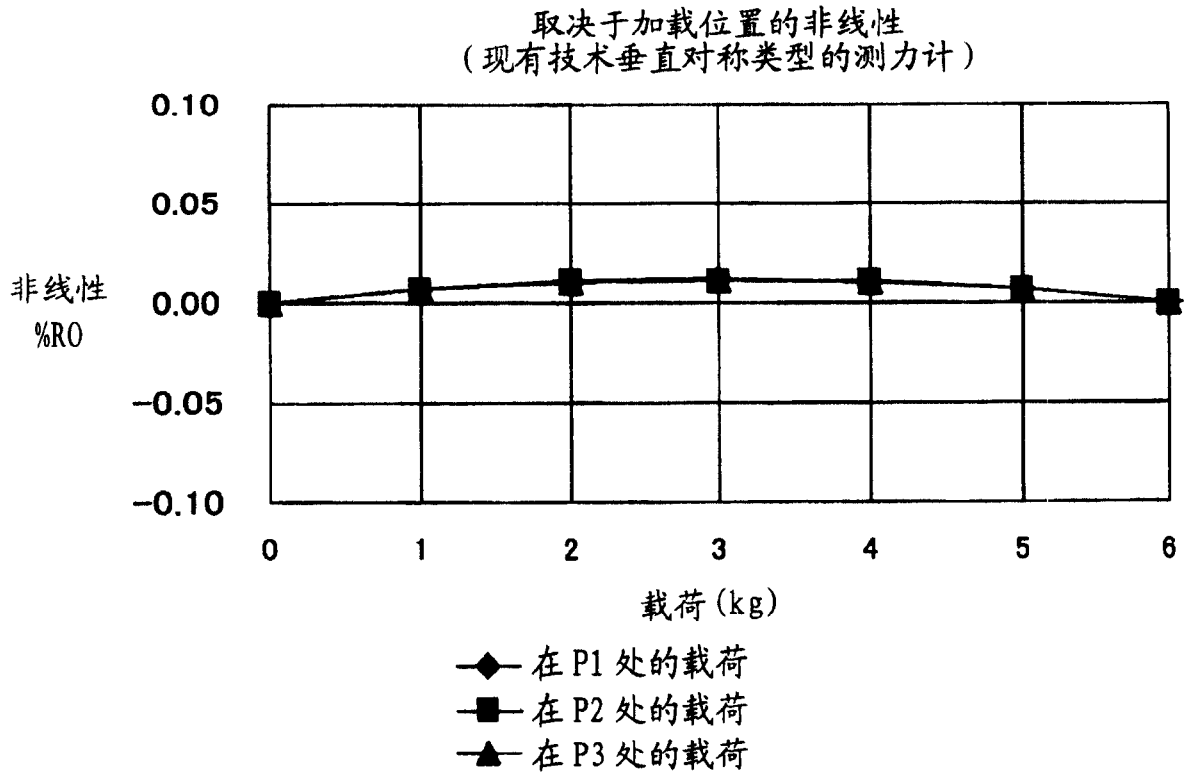


图 18

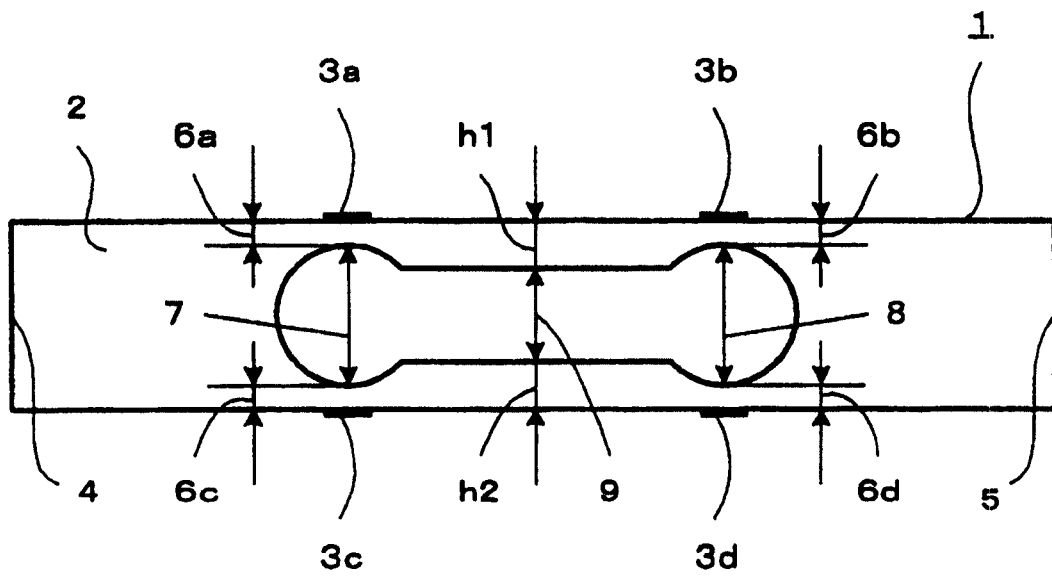


图 19