

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G06K 11/16

G01L 1/14



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02810306.8

[43] 公开日 2005 年 2 月 16 日

[11] 公开号 CN 1582452A

[22] 申请日 2002.3.4 [21] 申请号 02810306.8

[30] 优先权

[32] 2001.4.13 [33] US [31] 09/835,049

[86] 国际申请 PCT/US2002/006416 2002.3.4

[87] 国际公布 WO2002/084578 英 2002.10.24

[85] 进入国家阶段日期 2003.11.20

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 J·B·罗伯茨

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

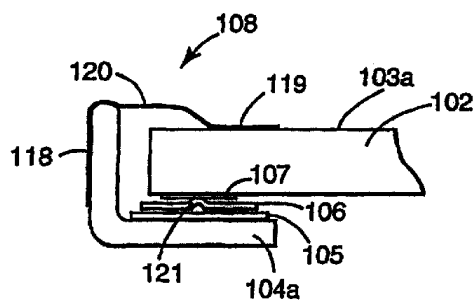
代理人 陈剑华

权利要求书 6 页 说明书 33 页 附图 18 页

[54] 发明名称 在接触定位装置中的切向力控制

[57] 摘要

提供了多种用来减小切向力对接触定位装置中的接触定位产生影响的方法。例如，一方面，提供了会阻碍位于接触表面水平面的接触面结构横向移动的并联连接体，由此将对通过传感连接体的切向力的反作用力减小到很小的数值。另一方面，传感连接体装有弹性装置，调节该弹性装置使得传感器的反作用力转变为垂直于其敏感轴的切向接触力。再一方面，传感连接体装有传感装置，调节该传感装置使得垂直于其反作用力的敏感轴转变为切向力。



ISSN 1008-4274

1. 一种力传感接触定位装置，它用于传感施加在接触表面上的接触力，所述接触力包括垂直于接触装置的准确度表面的垂直分力和与所述准确度表面相切的切向分力，所述力传感接触定位装置包括：

许多力传感器，所述力传感器产生对施加在接触表面上的接触力的响应信号；

第一机械途径，所述第一机械途径传递接触力的切向分力的大部分，该第一机械途径不包括所述许多力传感器。

2. 如权利要求 1 所述的力传感接触定位装置，它还包括：

第二机械途径，所述第二机械途径传递接触力的垂直分力的大部分通过所述许多力传感器。

3. 如权利要求 1 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述第一机械途径包含许多连接在接触表面上的并联连接体。

4. 如权利要求 3 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述许多并联连接体包含横向加硬装置，该横向加硬装置阻碍接触表面的横向运动。

5. 如权利要求 4 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述横向加硬装置具有一平面，该平面上对接触力的切向分力的反应力距基本为零，所述具有基本为零的反应力距的平面基本上与接触表面重合。

6. 如权利要求 2 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述至少一个力传感器包括一个基本上刚性的垂直力途径，所述横向加硬装置包括一个基本上柔性的垂直力途径。

7. 如权利要求 4 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述横向加硬装置包括一个连接接触表面和边框的薄的元件。

8. 如权利要求 7 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述薄的元件是一条带子。

9. 如权利要求 7 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述薄的元件桥连位于接触表面和框的边缘之间的小狭缝。

10. 如权利要求 7 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述薄的元件

的一个自由弯曲区域延伸越过所述接触表面的一个边缘一段距离。

11. 如权利要求 4 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述薄的元件由高模量的材料构成, 所述材料基本上难以顺应于接触表面的切向移动, 但是基本上顺应于接触表面的垂直运动。

5 12. 如权利要求 7 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述薄的元件包括一个位于接触表面和边框之间的柔顺形状。

13. 如权利要求 12 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述柔顺形状在接触表面垂直的方向上柔顺, 在与接触表面平行的方向上僵直。

14. 如权利要求 7 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述横向加硬
10 装置阻碍了外来物质通过接触表面与边框之间。

15. 如权利要求 14 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述薄的元件将接触表面的整个周边连接到边框上。

16. 如权利要求 4 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述接触表面是个显示表面。

15 17. 如权利要求 16 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述接触表面是个 LCD。

18. 如权利要求 4 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述接触表面是个覆盖着显示表面的接触覆层。

19. 如权利要求 1 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述通过力传
20 感器的力途径还通过横向软化装置, 该横向软化装置减小了传递通过力传感器的切向施加的接触力的比例。

20. 如权利要求 1 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述第二途径包括横向软化装置, 该软化装置引导接触力的切向分力大部分通过第一途径。

21. 如权利要求 20 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述软化装置
25 置于接触表面和至少一个力传感器之间。

22. 如权利要求 20 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述横向软化装置是个柱状结构。

23. 如权利要求 22 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述柱状结构是一个分散体的一部分, 该分散体包括接触至少一个力传感器的凸起部分。

30 24. 如权利要求 21 所述的力传感接触定位装置, 其特征在于: 所述横向软化

装置包含一弹性体。

25. 如权利要求 24 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述横向软化装置包含一盘背向涂有柔性胶粘剂的带子。

26. 如权利要求 1 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述力传感接
5 触定位装置是个手握装置。

27. 如权利要求 1 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述准确度平面的弹性中心与接触表面有一预定距离。

28. 一种力传感接触定位装置，它用于传感施加在接触表面上的接触力，所述力传感接触定位装置包括：

10 许多力传感器，所述力传感器产生对施加在接触表面上的接触力的响应信号；

第一机械途径，所述第一机械途径传递接触力的大部分，该第一机械途径不包括所述许多力传感器。

29. 如权利要求 28 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述第一机械
15 途径包含许多连接在接触表面上的并联连接体。

30. 如权利要求 29 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述许多并联连接体包含横向加硬装置，该横向加硬装置阻碍接触表面的横向运动。

31. 如权利要求 30 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述横向加硬装置具有一平面，该平面上对接触力的切向分力的反应力距基本为零，所述具有
20 基本为零的反应力距的平面基本上与接触表面重合。

32. 如权利要求 30 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述接触表面是个显示屏。

33. 如权利要求 32 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述接触表面是个 LCD。

25 34. 如权利要求 30 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述接触表面是个覆盖显示表面的接触覆层。

35. 一种力传感接触定位装置，它用于传感施加在接触表面的接触力，所述接触力包括垂直于接触装置的准确度表面的垂直分力和与所述准确度表面相切的切向分力，所述力传感接触定位装置包括：

30 许多力传感器，所述力传感器产生对施加在接触表面上的接触力的响应信

号;

第一力途径,所述第一力途径通过至少一个力传感器,通过第一力途径传递的垂直分力的分数明显大于通过第一力途径传递的切向分力的分数。

36. 如权利要求 35 所述的力传感接触定位装置,其特征在于:所述通过第一力途径传递的垂直分力的分数与通过第一力途径传递的切向分力的分数之比为 3:2。

37. 一种力传感接触定位装置,它用于传感施加在接触表面的接触力,所述接触力包括垂直于接触装置的准确度表面的垂直分力和与所述准确度表面相切的切向分力,所述力传感接触定位装置包括:

10 许多力传感器,所述力传感器产生对施加在接触表面上的接触力的响应信号;

至少一个连接在许多传感器和接触表面之间的传感连接体,它生成与接触表面的切向分力相应的反作用力,具有基本上垂直于相应的反作用力的敏感轴,并且倾斜于接触表面的法向。

15 38. 如权利要求 37 所述的力传感接触定位装置,其特征在于:所述许多传感器是许多力传感器。

39. 如权利要求 37 所述的力传感接触定位装置,其特征在于:所述许多传感器是许多位移传感器。

40. 如权利要求 37 所述的力传感接触定位装置,它还包括:

20 连接在接触表面和至少一个连接表面之间的许多弹性装置,为基本上在准确度表面内的至少一个传感连接体的弹性中心定位。

41. 如权利要求 40 所述的力传感接触定位装置,其特征在于:各个弹性装置连接在接触表面和许多传感器中一个传感器的表面之间。

25 42. 如权利要求 40 所述的力传感接触定位装置,其特征在于:所述力传感接触定位装置还包括一个与许多传感器接触的刚性支撑表面,至少一个传感连接体是许多传感连接装置,所述连接表面包含所述刚性支撑表面,并且各个传感连接体的弹性中心基本上位于准确度表面之中。

30 43. 如权利要求 40 所述的力传感接触定位装置,其特征在于:所述力传感接触定位装置还包括一个与许多传感器接触的刚性支撑表面,所述连接表面包含刚性支撑表面,并且许多传感连接体的一个总弹性中心基本上位于准确度平面之

中。

44. 如权利要求 40 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述弹性装置包括在基本上位于准确度表面中的一个拐点处汇合的第一弹性部分和第二弹性部分，至少一个传感连接体的弹性中心基本上位于准确度表面之中。

- 5 45. 如权利要求 40 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述至少一个传感连接体是许多传感连接装置，所述许多弹性装置包含具有相对于准确度表面倾斜的主刚度轴的元件，由此将各个传感连接体的弹性中心基本上置于准确度表面之中。

46. 如权利要求 40 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述至少一个
10 传感连接体是一个传感连接装置，并且所述许多弹性装置具有相对于准确度表面倾斜的主刚度轴，由此将该传感连接体的弹性中心基本上置于准确度表面之中。

47. 一种力传感接触定位装置，它用于传感施加在接触表面上的接触力，所述接触力包括垂直于接触装置的准确度表面的垂直分力和与所述准确度表面相切的切向分力，所述力传感接触定位装置包括：

- 15 许多力传感器，所述力传感器产生对施加在接触表面上的接触力的响应信号；

至少一个连接在许多传感器和接触表面之间的传感连接体，它生成与接触力的切向分力对应的反作用力，具有基本上垂直于相应反作用力的敏感轴；

- 20 连接在接触表面和至少一个连接表面之间的许多弹性装置，所述弹性装置包括相对于准确度表面倾斜的部件，由此将该至少一个传感连接体的弹性中心基本上置于准确度表面之中。

48. 如权利要求 47 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述许多传感器包含许多力传感器。

49. 如权利要求 47 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述许多传感
25 器包含许多位移传感器。

50. 如权利要求 47 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述至少一个传感连接体的敏感轴相对于接触表面的法线是倾斜的。

51. 如权利要求 50 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述各个弹性装置连接在接触表面和所述许多传感器中的一个传感器的表面之间。

- 30 52. 如权利要求 50 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述力传感接

触定位装置还包括一个与许多传感器接触的刚性支撑表面，其至少一个传感连接体是许多传感连接装置，其连接表面包含所述刚性支撑表面，并且各个传感连接体的弹性中心基本上位于准确度表面之中。

53. 如权利要求 50 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述力传感接触定位装置还包括一个与许多传感器接触的刚性支撑表面，其连接表面包含所述刚性支撑表面，并且许多传感连接体的一个总的弹性中心基本上位于准确度平面之中。

54. 如权利要求 50 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述弹性装置包括在基本上位于准确度表面中的拐点处汇合的第一弹性部分和第二弹性部分，至少一个传感连接体的弹性中心基本上位于准确度表面之中。

55. 如权利要求 50 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述至少一个传感连接体是许多传感连接装置，所述许多弹性装置包含具有相对于准确度表面倾斜的主刚度轴的元件，由此将各个传感连接体的弹性中心基本上置于准确度表面之中。

56. 如权利要求 50 所述的力传感接触定位装置，其特征在于：所述至少一个传感连接体是一个传感连接装置，并且所述许多弹性装置具有相对于准确度表面倾斜的主刚度轴，由此将该传感连接体的弹性中心基本上置于准确度表面之中。

在接触定位装置中的切向力控制

5

技术领域

本发明涉及接触传感器，具体地说，涉及用来准确地定位包括切向分力在内的接触力的力传感接触定位装置。

背景技术

10

能够传感并测量和/或定位施加到表面上的力在许多场合都是有用的。结果，开发了各种使用力传感器来测量施加到表面（在本文中称为“接触表面”）上的力（在本文中指“接触力”）的各种性质的系统。对接触力作出响应，力传感器通常就产生信号。该信号可用来例如，确定接触力在接触表面上所施加的位置。已经提出了许多实施该方法的具体方式，如在 Peronneau 等人的美国专利 3,657,475 中所

15

述的。

当接触表面是计算机显示器的接触表面或计算机显示器前面的透明外罩的接触表面时，这种接触定位是有特别意义的。另外，由于移动式 and 手提式设备，如个人数字辅助装置（PDAs）的快速增长，越来越需要轻巧便宜的接触定位装置。根据许多可能的技术，如刚才提到的力的原理，以及电容性、电阻性、声音和红外技术。可制造带有接触传感器的接触定位装置。现有技术接触定位装置以及一般的力类接触定位的各种特征，已详细地描述在题为“用于力类接触输入的方法及设备”（Method and Apparatus for Force-Based Touch Input）的共同拥有并同时提交的专利申请中。

20

常规接触定位装置的一个问题，是它一般会误报不是直接施加在接触表面上

25 的接触位置。换句话说，如果使用者用手指或触笔以不是 90° 的角度向接触表面施加力与接触表面接触时，接触的位置一般会误报。由该“成角度的接触”施加的力包括两个分力：与接触表面垂直的分力（“垂直分力”）以及与接触表面平行的分力（“切向分力”）。接触位置的误报一般是由接触定位装置中的一个或多个力传感器所感受的切向分力的效应引起的。接触力的切向分力在本文中还简称为“切

向力”。

例如，切向力可通过支撑传感器的连接件传递到传感器中，即使该传感器不是用来测定切向力的。为保持平衡，切向力会在接触装置中生成一定分布的力和力矩，并且这种分布的力和力矩的各个方面可以组合通过任何传递切向力本身的各部分5 的传感器。如果力传感器对这种组合敏感的话，就可能会产生接触位置的偏差。

已经提出了各种解决由切向力引起偏差的办法。例如，在有些系统中将力传感器置于接触表面的稍微后面一点的地方，并且轻易地允许由切向力导致的最终偏差。另一种办法是物理地将所有的相关的接触传感结构（即力传感器和力传感器组合件）置于靠近接触表面的地方，由此减小切向力的影响。

10 另一种办法是在接触平面中放置显式枢轴用来支撑各个力传感器，如 DeCosta 的题为“定位系统的安装排列”（Mounting Arrangement for a Position Locating System）的美国专利 No.4,355,202 中所公开的。而另一种办法是测量接触力的另一些自由度，从而可以修正接触力的切向分力，如 Roberts 的题为“用于接触-输入式计算机以及使用显示装置外部的接触力位置的相关显示装置的方法和设备”15 （Method of and Apparatus for Touch-Input Computer and Related Display Employing Touch Force Location External to the Display）的美国专利 No.5,376,948 中所公开的。

所有这些现有技术的办法都有缺陷。忽略切向偏差可能在精确的用途，例如手迹识别中是不能令人满意的，即使朝后的传感器位移不超过 1mm 外罩的厚度。由于装置宽度及厚度的原因，将传感器放置在接触平面中来消除切向偏差也是不能20 令人满意的。如 DeCosta 的专利中所述使力的传递在接触平面中绕枢轴转动，虽然限制了切向偏差，但是无法解决装置宽度和厚度的问题。而如 Roberts 的专利中所述测量所有的自由度，虽然限制了切向偏差，但是需要在装置中的某个部位具有额外的空间及额外的复杂结构。

由此可见，现有技术尚未指出力传感器该怎样放在接触平面后面，而不致产生25 过多的偏差、需要额外的空间以及导致额外的成本。因为成角度的接触（即具有非零切向分力的接触力）会在各种用途中频繁地发生，所需的是在接触表面上的接触位置应该能够通过接触定位装置准确地报告，即使接触是成一角度施加的。此外，所需的是这些成角度的接触的准确定位，对于平坦的和不平坦的接触表面能使用各种力传感器来实现。

发明内容

向接触表面施加切向力在支撑连接体中会产生反作用力。这些反作用力不是简单地与所施加的切向力的某个部分大小相等方向相反。而是，各个支撑连接体中的反作用力是一个完整的力分布，包括三个自由度的平动力和三个自由度的力矩。

- 5 当组合作用在接触表面结构中时，这些分布的力大多相互抵消，只留下与所施加的力大小相等方向相反的反作用力。这样，传感连接体中切向力的反作用力本身具有倾斜于接触平面的作用线，相应的垂直分力在相应的传感器中产生不合需的输出。

本发明的各个方面能提供用来减少对这种传感连接体的反作用力的传感器响应的技术，包括用来减小总的传感连接体反作用力、使其力转而“侧向”（edge-on）

- 10 撞击传感器并使传感器转而“侧向”抓住该力。

这样，如果响应于施加在接触表面上的纯切向力通过传感器连接体的反作用力，或者数值很小，或者以与力敏感轴成直角地通过连接体，则相关的传感器将没有响应。如果这种关系对所有的传感器都保持，并且对所有施加在接触表面上的切向力的位置和方向都保持，则接触定位装置将具有与其接触表面重合的准确度平面，并且将不会产生由所施加的接触力的切向分力导致的接触定位误差。本发明的

15 各个方面能提供用来建立这种关系的技术。

例如，在本发明的第一个“分隔途径”方面中，一些并联连接体可以抑制接触表面结构在接触平面的水平面上的横向移动，并且由此减小对通过传感连接体的切向力的反作用力。

- 20 在本发明的第二个“弹性修正”方面中，传感器连接体可以装有弹性装置，调节该弹性装置用来将连接体的反作用力转变为垂直于敏感轴的切向接触力。在此类的大多数部件中，多个传感连接体能各自提供单一的力信号。但是，在一个部件中，一组位移传感器检测刚性接触表面结构的部分的垂直移动，有效地产生单、多重输出的传感连接。

- 25 在本发明的第三个“成角度的传感器”方面中，传感连接体可装有传感装置，调节该传感装置用来将连接体的敏感轴转变为垂直于切向力的反作用力。在本发明的该方面的各个实施方式中，多个传感器连接体能各自提供单一的力信号。但是，至少在一个实施方式中，一组位移传感器检测刚性接触表面结构的部分的倾斜移动，有效地产生单、多重输出的传感连接。然后，各个传感器垂直于由其切向力的

反作用力产生的位移。

在本发明的分隔途径方面中，一些并联连接体提供第二组新的力途径，而在本发明的第二及第三方面中，基本上所有的接触力可通过传感连接体。在本发明的弹性修正方面，以及在本发明的其它两个方面的一些实施方式中，远离接触平面的弹性装置可以控制准确度平面的位置。在本发明的成角度的传感器方面中，传感器的敏感轴一般将与接触平面的法线成一倾斜的角度，而在本发明的前两个方面中，传感器的敏感轴可以与接触平面的法线垂直。本发明的各个实施方式还可以在连接体中使用具有以与接触平面的法线成一倾斜角度的主刚度轴的弹性元件或子组合件。

10 在本发明另一个方面中，可在一个或多个传感器连接体中使用横向软化装置，以减少未测定的分力的传递。这有助于本发明的其它方面的有效应用，并且可以减少力传感器受到不合需的应力。

在本发明的另一个实施方式中，旋转软化装置可应用在一个或多个传感器连接体中，以减少未测定的分力矩的传递。这些未测定的分力矩会引起接触位置偏差，因为它们会在相关的力矩方程中出现。当它们是由接触表面结构弯曲的邻近接触产生时，它们很可能在数值上相当大，并且在特征上又不可预知。旋转软化装置，尤其是当置于接近相关的力传感器时，也可减少传感器受到不合需的应力。

在本发明的分隔途径方面中，一些并联连接体可以构成一个横向加硬装置，它将施加的接触力沿两组力途径分隔，一组通过传感连接体，另一组通过并联连接体。并联连接体能阻止接触表面结构在接触平面的水平面上的横向移动，并且由此将通过响应接触力的切向力的传感连接体的力减至很小的数值。传感器连接体可各有横向加硬装置，以增强这种效果。并联连接体可制成垂直柔软的，以从传感连接体转移最少量的垂直接触力。并联连接体可以在旋转时足够地柔软，使得基本上所有对绕接触平面中的轴旋转的阻力是传感器连接体垂直刚度的一种表示。由于当其它条件满足时该最后的条件也容易满足，所以可以不需要特别的其它措施。

25 用于本发明的各个实施方式中的横向加硬装置可具有一个**作用平面 (plane of effect)**，该平面可与接触装置的接触表面平行，并且该平面中切向力可由横向加硬装置接受，而不致由于没有力矩平衡而产生接触表面的旋转。更准确地说，可以想像接触表面结构是制成完美刚性的，并且所有与之连接的连接体都被除去，但横

向加硬装置的那些连接体除外。如果作用平面位于接触表面上,就可以施加切向力,并且保持平衡而不产生接触表面的旋转。如果作用平面不再接触表面上,可在通过接触表面的刚性延伸件在作用平面中施加切向试验力,并且将不会有接触表面的旋转。另一方面,为了保持平衡而不产生旋转,接触平面中的切向力需要与一个力矩结合,该力矩等于切向力乘以接触平面到作用平面之间距离的乘积。这样,作用平面可以取作是接触力的切向分力的反作用力矩基本上为零的平面。

根据第一区别,本发明的分隔途径方面的实施方式可以分为两种类型:

- 所述并联连接体与传感连接体相比具有很高的横向刚度,后者基本上不受接触力的切向分力的干扰,并且不会将反作用力和反作用力矩通过接触表面结构。
- 在这种情况下,作用平面可以与准确度平面和接触表面重合。

- 传感连接体可以通过切向力很小的反作用力。该反作用力通过横向加硬装置中的抵消性调节水平地形成。在这种情况下,作为这些调节的表示,横向加硬装置的作用平面可设置在接触表面对于传感器连接体的另一侧。这样,在接触表面中,在横向加硬装置和传感器连接体中产生的切向力的反作用力矩可以抵消。

根据第二区别,本发明的分隔途径方面的实施方式还可分为两种类型:

- 横向加硬装置本身及其作用平面基本上位于接触平面内,并且其上方及下方的支撑结构可视为刚性的。包括横向加硬装置的并联连接体在横向上比某个最小值要硬,在垂直方向上比某个最小值要软,但是不需要另外遵循 Hooke 定律或者具有可预见的刚度。
- 横向加硬装置可以包括位于接触平面上方和/或下方的弹性装置。这些弹性装置的元件可以具有倾斜的主刚度轴。在使用倾斜刚度的某些情况下,作用平面可整个地在上方或下方除去,此弹性装置和并联连接体构成横向加硬装置。

在本发明的弹性修正方面,只有接触力可以通过特别适应的传感连接体。在第一个实施方式中,这种适应包括将弹性修正装置与力传感器串联。力传感器可设置在准确度平面的下方,力从接触表面结构通过分布在至少远离准确度平面的弹性修正装置,然后通过相当刚性类型的力传感器,进入支撑结构。可以视方便需要改变传感器和弹性部件的次序。

在第二个实施方式中,一组位移传感器检测一个刚性接触表面结构的部分的垂直移动,有效地产生单、多重输出传感连接。

本发明的弹性修正方面的实施方式可分为以下三种类型：

- 弹性修正装置可置于准确度平面的上方及下方，传感器连接体中的力先通过一个弹性修正装置，再通过另一个。所需的准确度平面上方及下方的偏移弯曲使得相关的传感器连接体的弹性中心位于所需的准确度平面内。

5 • 弹性修正装置可整个地置于准确度平面的下方（或上方）。具有倾斜的主刚度轴的弹性元件可用来将相关的传感器连接体的弹性中心投影到所需的准确度平面中。

10 • 弹性修正装置可整个地置于准确度平面的下方（或上方）。具有倾斜的主刚度轴的弹性连接体可用来将整个接触表面结构的弹性中心投影到所需的准确度平面中。传感器不与弹性装置串联连接，但是包括检测接触表面结构与支撑结构之间移动的位移传感器。

在本发明的成角度的传感器的方面，只有接触力可以通过特别适应的传感连接体。在第一种情况下，这种适应包括各个传感器的斜角调节，使得其敏感轴与由切向力的任一个分力导致的反作用力成直角。可提供适度的横向软化，以防止横向
15 刚性传感器的斜角调节阻碍敏感性所需的垂直移动。如果传感器连接体在已知位置具有弹性中心，提供旋转软化器的情况可能是为此，一个简单的规律可以描述适于使准确度平面与接触表面重合的斜角调节。

在第二种情况下，一组位移传感器测定一刚性接触表面结构的部分相对于支撑结构的倾斜移动，有效地产生单、多重输出传感连接。具有垂直排列的主刚度轴
20 的弹性连接体可具有位于准确度平面下方的弹性中心。如果这些弹性连接体在已知的位置具有弹性中心，提供旋转软化器的情况可能是为此，一个简单的规律就可以描述使准确度平面与接触表面重合的位移传感器角度。

本发明的各个实施方式的其它特征和优点将通过以下的描述及权利要求书更明白地示出。

25

附图说明

图 1A 是本发明的第一个实施方式的触摸屏组件分解示意图，可用在紧靠着分开的 LCD 组件的表面上。

图 1B 是图 1A 中组件的局部截面图，该截面通过一个传感器的中心。

图 2 是一个普通接触定位系统的局部示意截面图,说明通过本发明的一个实例减少切向力偏差。

图 3A-3C 是局部截面图,说明平的悬置薄膜或横梁作为横向加硬装置的用途和限制。

- 5 图 4 是具有延伸范围的垂直移动,并且能方向选择性横向加硬的横向加硬装置的局部截面图。

图 5A-5C 是横向加硬装置又一些变体的局部截面图。

图 6A 是一个现有技术接触定位装置的截面示意图。

- 10 图 6B 是根据本发明的一个实施方式包括成角度的传感器组合件的接触定位装置的截面示意图。

图 6C-6D 是根据本发明的实施方式包括能提供成角度的敏感轴的非成角度的传感器组合件的接触定位装置的部分截面示意图。

图 6E 是根据本发明的一个实施方式向后安装在接触面板上的力传感器的顶部透视图。

- 15 图 7A-7B 是根据本发明的一个实施方式包括平衡的一些弹性装置的接触定位装置的部分截面示意图。

图 8A 是根据本发明的一个实施方式包括成角度的弹性装置的接触定位装置的截面示意图。

- 20 图 8B-8D 是根据本发明的一个实施方式包括非平面接触表面的接触定位装置的截面示意图。

图 9A-9C 是根据本发明的一个实施方式包括具有成角度的主刚度轴的传感器组合件的接触定位装置的截面示意图。

图 10A 是包括具有倾斜的最大主刚度轴的弹性连接体的成角度的刚度结构的截面示意图,说明了使用在本发明的若干实施方式中的类似的结构。

- 25 图 10B 是根据本发明的一个实施方式包括成角度的弹性装置的接触定位装置的截面示意图。

图 11 是根据本发明的一个实施方式包括位移传感器以及成角度的弹性装置的接触定位装置的截面示意图。

图 12 是根据本发明的一个实施方式包括成角度的位移传感器以及非成角度的

弹性装置的接触定位装置的截面示意图。

具体实施方式

在描述本发明的各个方面以及实施方式之前，首先定义一些相关的术语。

- 5 平面的力类接触定位可通过研究具有接触表面的固体的刚体运动的三个自由度的图示来进行，该物体在本文中称为**接触表面结构**，或者简称为**接触面板**。这些三个自由度中的两个表示绕三维空间中的某些轴的扭矩或者力矩。为了得到最大的准确度，这些轴应当交叉：包含这些交叉轴的平面定义着接触定位用的**准确度平面**。表示的第三个自由度是垂直施加在准确度平面上的力的大小。当施加接触力时，
10 被该垂直力除的第一力矩的大小取作从接触点到第一根轴的距离。类似地，第二力矩与该力的比例取作从接触点到第二根轴的距离。用该方式监测用来定位接触点的三个自由度可称为**相关自由度**。

- 接触可施加平行于准确度平面的**切向力**。如果这些切向力施加在准确度平面的上方或下方，它们将形成绕一根或两根测量轴的力矩，导致接触定位的偏差。这
15 样，为了得到最佳准确度，物理接触表面应当是平的且与准确度平面重合，虽然这不是本发明的要求。

- 施加的与第一力矩轴平行的切向力、施加的与第二力矩轴平行的切向力、以及绕垂直于准确度平面一个轴施加的力矩构成刚体运动的三个自由度，这三个自由度在接触计算中是不表示的。如果这些**非相关**自由度中任意一个被允许影响所监测
20 的几何图示关系，接触定位装置就容易出错。

- 用至少 6 个力传感器可以测量固体接触表面的刚体运动的所有的六个自由度。由所有六个自由度的图示，可以生成监测与任何所需的准确度平面相关的那三个自由度所图示的线性组合，不管传感器相对于该平面的位置如何。例如，参见 Roberts 的题为“用于接触-输入式计算机以及使用显示装置外部的接触力位置的相关的显
25 示装置的方法和设备”的美国专利 No.5,376,948 中公开的内容。

或者，可以使用 3 个或多个力传感器，所有的传感器在一起表示刚体运动的仅仅三个自由度。由于简单的原因，这些系统优于六个自由度的系统。传感器可以少于六个，可以全部取同一方向，并且可以绕平的接触表面的周边设置，支撑该接触表面。可以再次生成要监测的三个自由度作为各个力传感器输出的三个不同的线

性组合。这三个自由度至多可对应于某个特定的准确度平面，该平面决定于传感器的物理接触结构和位置。但是，必须要相当仔细，以确保选定该结构和排列产生良好的准确度平面，并且与接触表面充分地重合。

其中的原始传感器输出被用来集合对刚体运动的仅仅三个自由度进行编码的

5 力类接触系统可称为**三度系统**。

由此可见，三度系统的准确度平面是该系统的结构特征。由于实际的系统具有某种程度的缺陷，**准确度平面**这个术语当应用于实际装置的行为时，可以被当作切向力产生的平均偏差最小的平面。

要注意的是，三度系统可装有三个以上的力传感器，并且最普遍的是装有四个。由于一般地排列在矩形的四个角上，这些传感器集合地表示第四个自由度，与接触表面结构和支撑结构之间的扭转的或跨动（saddling）的扭曲差异相对应。通常，三度系统中额外的传感器并不会捕获刚体运动的额外自由度，而是捕获内部结构扭曲的自由度。

与六度系统不同，三度系统本身具有平坦的准确度平面。这样，支撑非平坦接触表面的三度系统容易产生某种程度的误差。例如，如果接触表面上处处都不偏离最佳的平面近似太多，这些系统仍旧是非常有用的。这个最佳平面近似无限延伸可称为**接触平面**。本文中对平坦的接触表面的描述应该理解为以这种方式扩展到非平坦的接触表面。普通的非平坦表面可与球形、圆柱形、抛物线形、交叉的圆柱形等非常近似。

在考虑接触定位装置的部件相对于接触表面的取向时，自然的参照物是**局部接触表面法线**，它通过所述的部件，并且还以垂直的角度通过近似物理接触表面的最自然的平滑表面的自然延伸区域。为了构造上的方便，部件有时可沿局部接触表面法线排列。但是，可以看到，在包括具有相对于接触表面法线倾斜的性质的部件或组合件的本发明的实施方式中，这些性质还可以是相对于局部接触表面法线的倾斜度。

使力从设备的一个部分通向另一个部分的固体物体构成了**连接体**。通过该连接体的**总力**可用六个数字来表征。其中的三个表示**平动力**的三个垂直分力的大小。另外三个可以表示绕一组三根垂直参照轴的扭矩或**力矩**的三个分力的大小。这些参照轴必须位于空间中，并且可以这样来取，使它们在一共同**参照点**交叉。所得的力

矩的值取决于此参照点的位置。具体地说，有一条空间中许多可能的参照点的轨迹形成一条直线，沿其力矩向量的值是个共同最小值。该条轨迹在文中称为经过该连接体的总力的**作用线**。具体地说，在沿此作用线的点，其绕着垂直于作用线的轴的力矩的值为零。

- 5 如果固体物体的弯曲小到足以被忽略，对于一给定问题，它可以被认为是**刚性的**。如果它显示显著的弯曲，但是足够近似地遵循 Hooke 定律，则可称为**弹性的**。**弹性连接体**是一种从一端区域到另一总的区域显示显著弹性弯曲的物体，使得其对包含结构的作用可用一端区域相对于另一端的六度平动和旋转位移来描述。该弹性连接体可以有一个**弹性中心**，它近似于一个共同中心，各个末端响应经过连接体的各个纯偶矩围绕此共同中心产生旋转。纯平动位移趋于产生其作用线经过该弹性中心的力。当用各种纯平动位移试验时，弹性连接体可以显示一个最大刚度的方向；这种刚度是此连接体的**最大主刚度**。与最大刚度的方向成直角的有个**最小主刚度**的方向和数值，并且沿着与上述两个方向成一直角的第三方向有个**中等主刚度**。三根**主刚度轴**是经过弹性中心显示主刚度方向的三条线。在主方向上的纯平动位移产生其作用线与该位移平行的力；这个条件还可用来寻找主方向。在普通的**简并**情况下，两个主刚度或者一般更少见的是所有三个主刚度可具有相同的值。倾斜于一对非简并主方向的纯平动位移产生其作用线倾斜于位移的力；与此位移垂直的分力在文中称为**挤压力**（jam force）。
- 10
- 15

- 在力传感接触定位装置的情况下，各种机械连接体可在接触表面结构与周围的支撑结构之间通过很大的力。这些连接体包括力传感连接体、密封装置、横向加硬装置、力预载装置、以及其它装置。特别令人感兴趣的是那些可以通过由接触操作施加的额外的力的任何可感受的部分的连接体。其中存在力传感器以监测传递的力的某个很大的分力的连接体在文中被称为**传感连接体**，而其中不存在这种传感器的称为**并联连接体**。如果并联连接体通过会影响接触定位的力，它被称为提供**寄生力途径**。
- 20
- 25

 力传感连接体具有一个**敏感方向**，在该方向上施加一给定数值的平动力时产生最大输出，而当施加在与该方向垂直的方向上时，没有输出。位移传感器对于所施加的纯平动位移具有类似的敏感方向。力传感连接体在这里称为具有通过弹性中心的在敏感方向上的**敏感轴**。可以使得位移传感器具有位于敏感方向上的敏感轴，

并且这样的定位使得两侧围绕该轴中的点的相对旋转产生零输出。

切向力偏差与接触定位装置中的准确度平面的偏差允许区域相关。例如，参
看图 6A，它以截面示意图示出了一常规的接触定位装置 900。系统 900 包括一块
具有平坦接触表面 904 的接触面板 902。常规的接触定位装置，如装置 900 会误报
5 并非纯粹地沿法线 910 向接触表面 904 施加的接触位置(即，如果角度 θ 不等于零)。
以下将详细地描述这种偏差的一个方面。

力类接触装置，如装置 900，具有通常是平坦的准确度平面 906。注意准确度
平面 906 不需要对应于任何物理表面，并且在切向力敏感的情况下，一般不对应于
任何物理表面。虽然为了达到简化说明的目的，图 6A 中未示出力传感器，但是现
10 有技术的接触装置 900 一般包括力传感器，其准确度平面 906 往往要朝这些力传感
器的位置倾斜。

如图 6A 所示，准确度平面 906 以偏差 912 偏离接触表面 904。为了举例的目
的，假定偏差 912 为 0.25 英寸。一个接触力 908 施加在接触表面 904 上。接触力
908 以 $\theta=45^\circ$ 相对于接触表面 904 的法线 910 倾斜。因此，由接触力 908 定义的
15 作用线 924 将在点 914 与准确度平面 906 相交，该点 914 与点 918 的偏差距离为
916（在这种情况下是 0.25 英寸），如果接触力 908 垂直向里（即完全沿接触表面
904 的法线 910），则在点 918 相交。如果此接触装置 900 是垂直接触准确校准的
话，该装置报告成角度的接触力 908 的位置时，其偏差等于偏差距离 916（即 0.25
英寸）。

20 如图 6A 中所示，接触力 908 具有与接触平面 904 垂直的分力 922（“垂直分
力”）和与接触平面 104 平行的分力 920（“切向分力”）。在许多应用中，接触
力的切向分力一般约为接触力的垂直分力数值的三分之一。如果，在该应用中对计
算的接触定位误差的允许的典型贡献度（即最大可接受的偏差距离 916）为 d ，则
准确度平面 906 与接触表面 904 的允许偏差 912 为正 $3d$ 或 $3d$ 。因此，各个应用具
25 有一个确定接触平面的功能性厚度的“偏差允许区域”，在该区域内可设置准确度
平面 906 而不会导致在接触定位计算中产生不可接受的偏差程度。

本发明的各个实施方式提供在选定的与接触平面的最大偏差之内设置准确度
平面的方法。该最大偏差可根据所需的接触定位准确度以任意方式选择。

本发明的各个方面及实施方式描述时所用的模型设计为对切向力的一个垂直

取向的、中心施加的分力不产生响应。在大多数情况下，示出具有这种特征的模型相当于说明对于所施加的力的任何不相关的自由度不会有系统响应。

首先考虑用来消除对中心施加的切向力的该分力的敏感性的方法，可应用于其它垂直于它的切向分力。然后，通过重叠，系统将不会对在任何方向上中心施加的切向力有敏感性（即，将不产生输出）。

其次，可以证明，三度系统将不会响应垂直力矩，如果它拥有至少一个双侧对称的平面，连同任意的旋转对称度的话。例如，传感器的一般矩形排列对于两个平面是功能性双侧对称的，并且还显示（必然地）二重旋转对称。实践的结果是，可设想的大多数排列对完全垂直的力矩几乎不显示系统响应。注意在某些情况下，可能会有传感器的响应，但是这在用于接触定位计算中的线性组合中抵消了。

在接触平面中任意位置的切向力可用中心施加的切向力和垂直力矩的组合来表示。因此，第二次应用重叠，消除来自中心施加的切向力的垂直分力的偏差，就可以消除来自任何切向力的偏差。

在本发明的一个实施方式中，切向力对于用接触定位装置进行接触定位的测量的影响可以按以下方式减轻。该接触定位装置包括一个可以是平坦的接触表面。提供一个横向加硬装置，它在基本上平行于接触表面的方向上是刚性的，而在垂直于接触表面的方向上是柔顺的。横向加硬装置设置在接触表面的偏差允许区域内，并且连接在接触表面上，以接受来自接触表面的切向力并将此切向力传递离开力传感器。

虽然横向加硬装置可通过将其放置在接触平面内或相对于接触平面对称放置而获得适宜的性能，但这不是仅有的方法。例如，适当地构造的话，位于接触平面外面的横向加硬装置依旧可以显示在接触平面内的一个弹性中心，即它可以响应施加在接触平面内的切向力而不旋转。

横向加硬装置可能连同接触定位装置中的其它结构，提供切向力可穿过的第一力途径。该力途径不包括力传感器。垂直力穿过包括力传感器的第二力途径。由此，力的测量不受切向力的影响，因为这些力不是通过力传感器传递的。

参看图 1A-1B，示出了根据本发明的一个实施方式的一个包括横向加硬装置的接触敏感透明覆盖组件 101。该组件 101 可用来感受通过例如手指、触笔或其他物体所施加的接触。如下面更详细的描述，在本发明的各个实施方式中，组件 101 可

用来感受施加到接触表面上的接触力的性质,如接触力在接触表面上施加的位置和/或垂直于接触表面的接触力的分力的大小。覆盖组件 101 的各个方面详细地描述在题为“用于力类接触输入的方法及设备”的同时提交的申请中。

采用适当的透明覆盖组件 101,以适用在对角线为 4 英寸的 LCD 显示器上,
5 尽管对于本领域的普通技术人员来说,适用于其他尺寸显示器比例和变体是显而易见的。载有接触表面 103a 的透明面板 102 放置在框子 104a 中。位于面板 102 和框子 104a 之间的是互连的弯曲印模 105、力传感器主元件 106 以及横向软化装置 107。预负载弹簧 109 用胶粘剂 110 固定到面板 102 的边缘上。装配好后,弹簧 109 的两端啮合在框子 104a 的孔 112 中,由此将约两磅的总压力施加到面板 102 和框子 104a
10 之间的结构上。装配好后,弹簧 109 的原来弯曲部分在面板 102 的短边中排列成一直线。横向加硬装置 107 和液体/防尘密封 108 装接在面板 102 以及框子 104a 的垂直凸缘的外表面上,由此将面板 102 牢固地设置在框子 104a 的中心。当这样中心设置好后,在面板 102 和框子 104a 的长边之间有一小空间,并且在弹簧 109 的非装接部分周围有一小空间。这样,施加在接触表面 103a 上的力可使面板 102 产生
15 小的垂直移动,而绕其边缘不会产生干扰或刮擦。

横向加硬装置 108 可以例如是个 0.001—0.002 英寸厚的聚酯或聚酰亚胺薄膜,在其需要装接的两个区域的下表面上有丙烯酸类胶粘剂。第一个这样的胶粘剂区域 118 位于超出虚线的以外的部分,该部分将会在框子 104a 的垂直凸缘处弯折向下。第二胶粘剂区域 119 是围绕此薄膜 108 内边的约 1/16 英寸宽的带形区域。这个区
20 域将会粘附到面板 102 的边缘稍靠内的接触表面 103a 上。当沿着虚线弯曲时,横向加硬装置 108 中的应力得以消除,由此,可通过简单的热成形操作使横向加硬装置 108 形成适当的最后形状。所述操作可在装配之前或之后进行。在横向加硬装置 108 的外角处的过剩材料可沿着对角线折起来,并覆盖紧靠框子 104a 的垂直凸缘的侧面。横向加硬装置 108 的自由弯曲区域 120 的适宜宽度取决于其本身的刚度、
25 面板 102 的刚度以及所需的准确度。例如,宽度可以在 0.060—0.120 英寸范围内。应该可以理解,图 1A 中所述的横向加硬装置 108 的具体实施方式仅限于举例的目的,并不构成对本发明的限制。横向加硬装置 108 可以是限制面板 102 因响应接触力而发生的横向运动的任何结构。

由于面板不是通过图 1A 所述的实施方式中的力传感器或预负载弹簧 109 来固

定的，所以横向加硬装置 108 不仅用以保持基本的几何形状，而且也用来形成动态横向刚度。但是，需要注意的是，即使面板 102 可能会产生相对于下面的传感器的轻微滑动，横向软化装置 107 还是可以使用。除了接触力本身外，预负载力可产生足够的摩擦以防止任何可能的切向力在正常的接触时导致这种滑动。因此，对于不造成滑动的微小力，处于不同感受的横向加硬装置 108 的横向刚度与传感器组合件的横向刚度之比决定着切向接触力所取的路径。

尽管图 1A—1B 中描述的横向加硬装置 108 是单片材料，但这只是一个例子，并不构成对本发明的限制。例如，横向加硬装置 108 可由 4 块带状片段组成，它们以各种方法对接或重叠在四个角上。或者，横向加硬装置 108 可以是例如单片透明薄膜，用光学透明的胶粘剂将其粘到接触表面 103a 的整个内表面上。横向软化装置 107 可以是一薄层坚韧而柔软的弹性体材料，如天然橡胶。但是，简单地选用柔软的丙烯酸类胶粘剂片已经证明是足够坚韧且柔顺的，尽管在片只有 0.0015 英寸厚时承载区域会有点烯化。面板 102 的边缘上可以有一些细节部分，尤其是面板 102 由塑料制成的情况下。例如，在面板 102 的四个角附近平行于表面的小孔可以用来保持成角度的预负载弹簧的末端，有钩子从框子 104a 向内弯曲在中心夹住预负载弹簧。

以下将详细地描述本发明的各个实施方式中使用的横向加硬装置（即横向加硬装置 108）的特征。参照图 2，接触表面 103（例如，它可以是图 1A-1B 中所示的接触表面 103a）位于悬置结构 401 上，该悬置结构例如可以是覆盖物（如图 1A 中所示的覆盖面板 102）或显示单元（如 LCD 面板）。手指 402 施加包括切向分力 403 和垂直分力 404 的接触力。结构 401 由横向加硬装置 405 和经过横向软化装置 406 的力传感器 407 来支撑。周围结构 408 承受所有的力。通过手指 402 施加的接触力的切向分力 403 产生反作用力 409，由手指 402 施加的接触力的垂直分力 404 产生反作用力 410a 和 410b。

由于横向加硬装置 405 的结构和位置，分力 403 和反作用力 409 的组合并不产生净力矩。在没有这种额外力矩的情况下，按照本领域普通技术人员熟知的力和力矩方程式，根据垂直分力 404 的反作用力在 410a 和 410b 之间的分配可准确地定位接触位置。

尽管横向加硬装置 405、力传感器 407、横向软化装置 406 和周围结构 408 以

概括的形式在图 2 中进行了描述,但是应当理解,这些元件可如图 1A-1B 所示实现的。例如,横向加硬装置 405 可以是横向加硬装置 108,力传感器 407 可以是图 1A-1B 中所示的力传感器,横向软化装置 406 可以是横向软化装置 107,周围结构 408 可以是外壳 202 和/或框子 104a。

- 5 这样命名横向加硬装置 405,其部分原因是它是置于在常规力类接触装置中原本存在空隙的位置,而这样命名横向软化装置 406,其部分原因是它是插入在常规力类接触装置中通常存在的刚性连接处。但需要注意的是,在这两种情况下,可能需要这样一种连接,它相对于在一个方向上施加的力比在与其垂直的方向上施加的另一个力刚性更大。例如,具有较高长宽比的柱状物、梁、板和膜就具有这个性质,
- 10 截留在两个刚性平坦表面之间的弹性体材料的高长宽比的层也是这样的。当然,传统的支撑片也是这样的,但是在这里更好也更简单的是避免采用摩擦表面,以免在很小力时产生静摩擦。

- 需要注意另一些方面,它们没有直接在图 2 中示出。横向加硬装置 405 也可沿着图 2 的平面上方及下方的边缘放置。在本发明的各个实施方式中,反作用力
- 15 409 主要是通过横向加硬装置 405 的这些其他部分中的剪切应变形成的。

- 图 3A、3B 和 3C 所示是横向加硬装置 405 的各种实施方式。概括性的悬置结构 401a 接受来自穿过横向软化装置 501 的概括性力传感器 407 的垂直支撑力,在此实施方式中横向软化装置显示为一弹性片,所述悬置结构 401a 可以是覆盖物(如图 1A 中所示的覆盖面板 102)或者显示单元(如 LCD 面板)。横向加硬装置 502
- 20 是一片材料,其自由弯曲区域趋于尽可能靠近接触平面放置。横向加硬装置 502 可围绕 401a 的全部周边,或者限制在某些区域,如传感器装配件附近的区域。有两个独立的切向力自由度:一个沿着图 3A-3C 的左/右轴取向,并且会使在这些区域可见的横向加硬装置 502 的部分处于拉伸或压缩状态;另一个垂直于图 3A-3C 的平面,并且会使在这些区域可见的横向加硬装置 502 的部分处于剪切应变状态。
- 25 如果横向加硬装置 502 基本上保持平面状态,那么这两个自由度将被横向加硬装置 502 的所有部分有效地抑制。对于大部分构成横向加硬装置 502 的材料而言,杨式模量与刚性模量之比使得来自横向加硬装置 502 受拉伸或压缩的部分的加硬作用是来自相等长度的剪切应变状态部分的约 3-4 倍。

参照图 3B,垂直力 503 可造成接触表面 103 垂直偏移一段距离 506,使得横

向加硬装置 502 的弯曲部分变成倾斜而伸展。该距离 506 可在传感器提供的两个支撑物之间的中点位置特别大, 如在该截面图中所示。横向加硬装置 502 中的张力随距离 506 的平方而增大。由于横向加硬装置 502 的倾斜, 该张力具有垂直分力 504, 该分力成为所施加力 503 的平衡反作用力的一部分。这就减小了经过传感器外面部分的反作用分力 505, 降低到预期值以下, 引起一些偏差。

图 3C 所示的状况, 是横向加硬装置 502 的弯曲部分在没有垂直负载力的情况下是倾斜的。例如, 距离 510 可表示为框子 104 的一个有意抬起的边缘, 或者是部件和组合件容许量的效应。切向力 507 导致横向加硬装置 502 中的压缩。因为该压缩是倾斜的, 所以除了对切向力 507 平衡的切向分力之外, 它还包含一个对反作用力 509 平衡的垂直分力。在拉伸中的类似情况发生在沿相反的边缘位置。偏差力 509 以及沿着其相对的边缘作用于传感器的大小相等、方向相反的作用力一起表示产生在对切向力 507 的反作用力中的显著力矩。这种“挤压”效应表示图 3A—3C 中所示的另一种结构特征。

图 4 示出了另一种横向加硬装置 601, 其各处都具有合适的形状。因为该横向加硬装置 601 在垂直方向上(即在基本上垂直于接触表面 103 的方向上)是柔顺的, 所以这种形状能让接触表面 103 充分地偏移, 而不使横向加硬装置 601 处于拉伸状态。这就提高了可准确定位的接触力的范围, 尤其是对于传感器之间边缘附近的接触。横向加硬装置 601 的该种形状也大大地减小了处于拉伸和压缩状况下的横向加硬作用。但是, 由于由剪切应变状态下的横向加硬装置 601 的各个边提供的横向刚度仍旧可以是充分的, 这样在大幅度减少缺陷偏差方面具有优势, 所述缺陷具有选择性地通过横向加硬装置的拉伸和/或压缩所产生的作用(本文中称为“挤压效应”)。

所示的悬置结构 401b 具有倾斜的边缘 602。这就使力传感器和横向加硬装置 601 共用同一较窄的边界宽度, 同时保持后者的弯曲部分的间隙。所示前盖 203 具有附加的特征 604, 该特征用以确保前盖 203 与横向加硬装置 601 和表面 103 之间的间隙。前盖 203 所示为完全位于边界结构上面, 为的是隐藏边界结构(改善外观), 并且保护横向加硬装置 601 不受损伤。

关于横向加硬装置 601 的形状还有一点要指出。在剪切应变状态下的横向加硬装置 601 的旋转弹性轴位于虚线 603 的水平面上。对于基本为圆的形状, 虚线

603 从接触平面的偏移大约两倍于横向加硬装置 601 本身的最大偏移。如果横向加硬装置 601 的形状是浅“V”形的话，那么虚线 603 位于该点的水平面上。由于准确度平面位于虚线 603 的水平面上，所以切向力抑制不是最完美的；但还是足够大的。

- 5 图 5A—5C 示出了横向加硬装置 108 的其他变体 108a—c，可以应用于图 1A—1B 所示的实施方式中。在这些变体中，所示的框子 104 有一个有意的抬高部分，它可比接触表面 103 高 0.020 英寸。横向加硬装置 108a 也可起密封作用，并且具有非常陡峭的“双向折弯”形状 701a。横向加硬装置 108a 的大部分弯曲区域由外罩的接触表面 102 支撑。这个部分具有非常耐损坏的优点，并且不必用设备前盖
- 10 203 覆盖。应该明白在其他实施方式中，横向加硬装置 108a 可以不在框子 104a 与接触表面 103 之间提供密封。

- 在图 5A 中，形状 701a 靠近点 702 放置，而横向加硬装置 108a 在该点上连接到表面 103 上。前盖 203 具有很小的宽度。横向加硬装置 108a 可以是不透明的，并且具有适用于边界的可视细节的颜色。需要注意的是，在前盖 203a 下方几乎没有让污物聚集的露出空隙，所以这种装置尤其适合不洁的环境中使用。在图 5B 中，
- 15 外形 701b 接近框子 104 的凸缘放置。示出前盖 203b 隐藏着边界结构。分别示于图 5A 和 5B 中的横向加硬装置 108a 和 108b 可以是，例如以四个分开的带子形式或者以单个冲切片形式施加上去的。

- 对于图 5A—5B 的双向折弯的横向加硬装置 108a—b 而言，对剪切应变的反作用力的旋转弹性轴 603 近似地位于接触表面 103 上方的横向加硬装置的弯曲部分的平均高度位置。为了达到多重目的，所得的准确度平面可充分地接近接触平面。但是，应当注意的是，任何残余的挤压效应会将准确度平面置于接触表面 103 以下，而轴 603 位于其上方。这样，通过调节外形 701 的位置和/或凸缘的高度，两个相反的作用可通过调节而相互抵消。这就构成了横向加硬装置的一个例子，所述横向
- 20 加硬装置产生了与横向加硬装置本身相比，更紧密限制在接触平面的切向反作用力。
- 25

在图 5C 中，横向加硬装置 108c 包括一透明薄膜，它覆盖整个接触表面 103。横向加硬装置 108c 在连接点 702 以内的区域用光学胶粘剂固定。如果所示前盖 203 很小，并且如果悬置结构 401 也是透明的，那么用不透明材料沿着边缘涂覆悬置结

构 401 的上表面或下表面（以隐蔽传感器和其他边缘结构，不让使用者看到）在美观方面是有利的。如果悬置结构 401 是玻璃覆盖的或易碎的显示器，横向加硬装置 108c 提供了在碎裂情况下具有安全效果的优点。由于接触表面 103 在连接点 702 的右面部分具有均匀的光学性质，就可将该点设置在向内更深的位置，而不用增加边界的宽度。由于现在整个边界的宽度可被 108c 的弯曲部分利用，所以可以获得横向加硬装置 108c 现在可以做的更厚，从而更硬，而不致有过大垂直刚度的优点。

在本发明的一个方面，第一和第二弹性装置分别位于接触定位装置的接触表面的上方和下方。使所述第一和第二弹性装置平衡，以在接触平面或者至少在接触平面的偏差允许区域生成一个弹性中心。弹性装置位于接触定位装置的传感连接体中，以产生位于接触平面的偏差允许区域内的准确度表面，由此减小或消除切向力对接触定位装置中的力传感器的影响。

例如，参看图 7A，一个力传感器组合件的例子，包括弹性装置 1010，它用来生成位于接触平面的偏差允许区域内的准确度表面。力传感器 1002 安装在刚性支撑表面 1004 上。为了易于说明，力传感器 1002（以及在本文中别处显示和描述的其他力传感器）以概括的形式示出，它例如可以是压电的、电阻的、电容的或者提供足够刚度的任何结构。虽然本文中的例子假定所有相关的弯曲都将发生在所提及的弹性装置中，但这不是对本发明的限制。而且，应该明白，在“刚性”结构中的适度弹性弯曲可以通过调节准确度平面上方及下方的弹性装置 1010 的相对刚度来调整。当在“刚性”结构中的这种弯曲太大不足以调节时（即，需要负刚度值），可以一同降低准确度平面上方及下方的弹性装置 1010 的刚度，从而允许它们进行相对调整以得到所需的效果。力传感器 1002 感受施加在接触面板 1008 的接触表面 1006 上的接触力。刚性支撑元件 1014 包括：（1）从接触表面 1006 的边缘向上延伸的垂直部分 1014a，（2）从接触面板 1008 的边缘延伸出去的水平部分 1014b，以提供弹性装置 1010 用的间隙。

弹性装置 1010 的一端连接在刚性支撑元件 1014 的水平部分 1014b 的下面，而弹性装置 1010 的另一端连接在力传感器 1002 的上表面。弹性装置 1010 包括位于拐点 1012 上方的上部 1010a 以及位于拐点 1012 下面的下部 1010b。

在第一个实施方式中，弹性装置 1010 是一个具有均匀模量和惯性矩的柱体，具有长度相等的部分 1010a 和 1010b。对称地，可以看出在该实施方式中弹性装置

1010 具有一个拐点 1012, 相对于此拐点不会生成响应施加在接触表面 1006 上的切向力的力矩。

在第二个实施方式中, 参看图 7B, 弹性元件 1014 的两个部分 1020a 和 1020b 分别为具有均匀模量和惯性矩的柱体, 但是具有不同的有恒定比例的惯性矩, 与确定的横轴无关。如果两部分 1020a-b 的长度之比设定为它们的惯性矩之比的平方根, 则在 1012 上还将具有一个拐点。例如, 弹性元件 1014 可以有一个圆形截面。它可以直径 D 延伸到接触平面 1006 以下 200 密耳, 以直径 D/2 延伸到接触平面上方 50 密耳。适当地选择材料和直径 D, 弹性元件 1014 可以具有令人满意的强度, 并且仍是柔韧的足以控制拐点 1012 的位置。但是, 为了达到在周围结构中的弯曲效果, 需要对部分 1020a 的长度进行经验调节。

这种使传感器后置的方法比 DeCosta 的美国专利 4,355,202 提供的方法有优点, 因为在 1012 的附近对力传递的材料量会更大, 能提供更大的强度, 并使得元件 1010 充分地相互连接、保持住并将接触面板 1008 装在支撑表面 1004 上。

再参看图 7B, 同样假定水平力 F 施加在接触表面 1006 上。令 z 表示离开接触表面 1006 的距离, 它也就是矩臂的长度, 据此切向力在 1020 中引起力矩。令 M 是在 a 点响应力 F 所产生的力矩, 支撑元件 1020 是在 a 点连接在接触表面 1006 上。在 a 点和装置另一侧的对称点 (未示出) 的 M 的理想值为零。如果能够达到这一点, 则接触表面 1006 不需要在力传感器 1002 或其对称的传感器上有虚拟的垂直感受力以保持平衡。由于接触表面 1006 基本上保持水平, 在 1020 长度上的积分翻转必然保持为零。如果 z=0 时力矩为零 (即 M=0), 则

$$\int_a^b \frac{z}{EI} ds = 0$$

方程式 1

式中 E 是杨式模量, I 是截面的惯性矩。

如果方程式 1 满足, 则在接触表面 1006 上方及下方, 支撑元件 1020 的弯曲效果将彼此抵消。只有纯偶矩和纯剪切力会被位于接触点 b 的力传感器 1002 感受到, 并且传感器 1002 不对纯偶矩或纯剪切力产生反作用力。应用方程式 1 可以形成用于弹性装置 1020 的适宜的模型。经验方法或本领域熟知的分析手段也可以用来进行对本领域普通技术人员而言显而易见的改变。例如, 在图 7B 的实施方式的一个变体中, 元件 1014 可以是弹性装置 1020 的一个弹性伸长体, 而不是另一个刚

性元件。对这种变体对切向力 F 的响应的分析基本上可以根据方程式 1 进行。但是，对通过图面的剪切力（未示出）而言，必须考虑附加的扭转弯曲。但是，由于在与接触平面平行的 x 和 y 方向上的弹性装置的不同部分的相对厚度可以独立地改变，对剪切力的两个分力在 α 点的反作用力矩可使其达到零。同时，还要看到，如果在一个接触定位装置中使用不同类型设计或不同安装取向的传感连接体，在 α 点的一些非零力矩可设计成集合地抵消，使得不需要有虚拟的垂直力通过传感器以保持力矩平衡。

以下考虑与本文中所述本发明的其它方面相关的两个方面，在某种程度上是得益于稍微不同的分析。在这两个方面，一个刚性接触表面结构由位于接触平面下方的弹性连接体支撑。传感由位移传感器进行，它可以是对接触表面结构相对于支撑结构不同的区域的运动直接或间接地产生响应。

这两个方面提供位于接触平面下方的弹性支撑体，同时保持准确度表面位于接触平面中。第一种变体是用成角度的刚度轴实现这一点，而第二种变体是用成角度的敏感轴实现这一点，这也是新的。

结合弹性连接体来看力传感器，这些方面的位移传感器各自集合地依赖所有的弹性连接体。这样，整个多传感器接触定位装置可以视作一单个多途径力传感连接体。在本发明的这些方面的各个实施方式中，如果在接触面板和支架中由接触力导致的弯曲与弹性连接体上的位移相比较小，则可以达到较高的准确度，因为位移传感器能“见到”两者的效果。在传感器和弹性连接体能密切配对的程度上，可缓解对错误的敏感性和相应的刚度要求。在对位移传感器的敏感轴各自通过相关的弹性连接体的弹性中心的限制内，这样的配对能产生更多的信息，用来作为联合的一套各单通道力传感器来分析情报。但是，由于位移的观点更为普遍，所以它用来分析这些实施方式。

参看图 11，显示了使用弹性校正的本发明的一个实施方式。刚性接触表面结构 1401 用弹性连接体 1403a-b 支撑在刚性支架 1402 上。接触表面结构 1401 的局部垂直运动由具有垂直敏感轴 1412a-b 的位移传感器 1404a-b 检测。位移传感器 1404a-b 可以是电容式的，如本文中发明概述部分所建议的，或者是光学式的、电感式的等，或者是通过微小力的任何类型。

弹性连接体 1403a-b、接触表面结构 1401、以及支架 1402 构成直接相当于成

角度的刚度结构 1300 的系统。这样就可以看出弹性连接体 1403a-b 是如何设置使得在接触表面 1411 上的剪切力在接触表面结构 1401 中形成纯横向位移的,从而不会从传感器 1404a-b 中产生输出。这样,图 11 的系统不会具有因对接触力的切向分力的响应产生的错误。

- 5 参看图 12,显示了使用成角度的敏感轴的本发明的一个实施方式。刚性接触表面结构 1501 由弹性连接体 1503a-b 支撑在刚性支架 1502 上。接触表面结构 1501 的局部运动利用沿敏感轴 1512a-b 的位移传感器 1504a-b 检测,这两个敏感轴 1512a-b 相对于接触平面和所需的准确度平面 1511 倾斜。位移传感器 1504a-b 也可以是实际上任何类型的,其选择根据具体的用途中按尺寸、准确度、成本等哪一种
- 10 类型最适合来确定。

当切向力 1513 施加在接触表面 1511 上时,接触表面结构 1501 绕图 12 下方的一个点稍稍旋转。这种运动局部地沿着位移传感器 1504a 的线 1509。还有另一条与线 1509 类似的位移线(未示出),可以想像该位移线响应通过接触表面中心 1514 朝上的切向力(未示出)由图穿出。敏感轴 1512a 可清晰地设置成与这条线

15 并且同时与线 1509 垂直。类似的讨论适用于传感器 1504b 和所有其它的位移传感器,即使这些传感器不规则地放置。这样,就有了能一般地避免由于接触的切向分力导致的接触定位错误的传感器取向。

可以用实验方法清楚地找到这种取向。但是,可以通过进一步的分析获得对此深入的了解。

- 20 再参看图 12,切向力 1513 在连接体 1503a 中产生一个大小为 F 的力,这个力具有大小为 F_1 的垂直分力,和大小为 F_2 的切向分力,如力 1505 所示。力 F 具有作用线 1510,这条线通过接触表面中心 1514,并且非常靠近连接体 1503a 的弹性中心通过(这种排列在理论上不是最完美的,因为连接体 1503a 对接触表面结构 1501 的轻度旋转具有小的反作用力矩)。连接体 1503a 的弹性中心位于接触平面
- 25 下方,距离 H_2 ;传感器 1504a 的中心位于接触平面下方,距离 H_1 。连接体 1503a 的弹性中心还位于中点 1514 的左边,距离 L_2 ,而传感器 1504a 中心的相应距离为 L_1 。由此可见, F_1/F_2 非常近似于 H_2/L_2 。

弹性连接体 1503a 的主刚度轴示于 1506。接触表面结构 1501 的位移,如图所示,通过在连接体 1503 的弹性中心的刚性伸长,示于 1507。如图所示,垂直主刚

度 S_1 可超过切向主刚度 S_2 ($S_1/S_2 > 1$)，并由用来表示弹性连接体 1503a-b 的符号来表示。在实践中，可以有一个非常大的刚度比例范围，并且许多连接体的选择提供小于 1 的 S_1/S_2 。由于所述的分力 F_1 和 F_2 已经与连接体 1503a 的主轴排成一行，位移 D 与接触平面的角度 ϕ 的正切为 $D_1/D_2 = (F_1/F_2) \cdot (S_2/S_1) = (H_2/L_2) \cdot S_2/S_1$ 。

- 5 位移线 1509 与接触平面形成的角也是传感器 1504a 的最优倾斜角 θ 。这些角与 ϕ 紧密相关，当 1503a 的弹性中心和 1504a 的传感器中心重叠，或者位于沿发自中心（围绕该中心接触表面结构 1501 响应于切向力 1513 发生旋转）的公共半径时，条件 $\theta = \phi$ 成立。这个旋转中心位于敏感轴 1512a-b 的交点。它还位于沿通过连接体 1503a-b 的弹性中心的一些半径上，这些半径与接触表面的法线倾斜，倾斜角为
- 10 ϕ 。分析这种几何关系得到方程式 2 所示的关系：

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{L_1}{\frac{L_2^2 \cdot S_1}{H_2 \cdot S_2} + H_2 - H_1} \right)$$

方程式 2

- 在建立三维模型的过程中，角 θ 被视为由所述传感器的敏感轴在含有 x 或 y 轴的垂直平面上的投影与接触平面法线形成的角，可以就各个传感器对各个轴决定
- 15 之。

关于刚度 S_2 ，其值较大，则 θ 较大且横向移动较小，在生产中保持 θ 的值的精确度要求较小。

- 关于图 11 或图 12 中的实施方式，位移传感器的位置选择可以有较大的自由度，只要它们不全在接近于一条直线上的位置。具体地说，传感器可以在一个个隔
- 20 开的弹性连接体附近成对排列，以降低对刚度的要求；或者可以在内部、外部、交替排列，或者在数目上与弹性连接体不同。可以使弹性连接体的垂直刚度较小，从而要求较小的传感器灵敏度和较小的结构刚度，也可以较大从而减小对振动的敏感性。

- 成角度的一些位移传感器和成角度的一些刚度弹性连接体的组合也明显可
- 25 用，也在本发明的范围之内。

本发明的各种实施方式使用成角度的刚度结构；即，是一个或多个具有相对于接触平面的法线倾斜的主刚度轴的弹性体。

参看图 10A，成角度的刚度结构 1300 包括由刚性支架 1303 通过弹性连接体

1301a-b 支撑的刚性体 1302, 具有相应的最大主刚度轴 1312a-b。弹性连接体 1301b 构造并应用作为连接体 1301a 相对于图 10A 的中心平面的镜像。一般地, 弹性连接体 1301a-b 可以认为是牢固地附着在它们的末端, 因此能在某种程度上能抵抗任意方向上的力。对弹性连接体 1301a 而言, 这种抵抗可以在一特定方向上具有最大值, 由最大主刚度 1310 的长度和方向表示。弹性连接体 1301a 的较小主刚度 1311 必须与最大主刚度 1310 成直角。为了说明起见, 可将这两个方向表示在图 10A 的平面中。在三维中, 还有第三主刚度在与图 10A 的平面上呈直角延伸。为了具体起见, 该第三主刚度可取为具有与刚度 1311 相等的值, 使得两个较小主刚度是简并的。

- 10 向刚性体 1302 沿其表面水平面 1305 施加切向力。作为响应, 刚性体 1302 将向左移动, 点 1306 可能向上、向左移动, 也可能向下移动, 或者保持在水平。但是, 由对称性可见, 在表面 1305 中心的点 1308 必定开始纯粹地水平动。

- 连接体 1301a-b 的最大主刚度的方向与表面 1305 的法线倾斜成 θ 角。如果这两个刚度以 $\theta = 0$ 排列, 则结构 1300 的弹性中心位于点 1307, 处在连接体 1301a-b 隔开的两个弹性中心的中点位置。在这种情况下, 点 1306 将由于力 1304 的作用向下, 并向左移。但是, θ 大于 0 时, 系统的弹性中心将在点 1307 的上方。为了明白这点, 想像较小主刚度 1311 减小为 0。可通过使用弹性连接体 1301a-b 的适宜的结构来达到这一点, 但是可以通过画出在它们各自的末端安装了枢轴来充分地想像, 这两个枢轴沿着最大主刚度轴 1312a-b。现在很微小的力 1304 将会使刚性体 1302 位移, 使之以这两个轴相交的点 1309 为中心旋转。这样, 点 1306 就在向到左移动的同时上升。

虽然在纯偶矩施加于系统上时, 系统的弹性中心可以是旋转中心, 但是在涉及平动的力时, 一般不是旋转中心。但是, 在这种特殊的情况下, 随着系统由于偶矩的作用绕点 1309 清晰地旋转, 可以看到这两个中心重合。

- 25 随着弹性连接体 1301a-b 的较小主刚度的增大, 系统弹性中心必定沿对称面平滑地从点 1309 向点 1307 下移, 直到“较小”和“最大的”主刚度具有相等的值时达到点 1307。

这样, 对于导致最大主刚度 1312a-b 通过中心表面点 1308 上方所选择的任何角度 θ 而言, 会有一个使系统弹性中心定位于点 1308 的较小主刚度 1311 的值。在

该种选择下，点 1306 在力 1304 的作用下开始纯粹地水平运动。由于力 1304 遇到阻力，最终的结果可能是刚性体 1302 作较小的水平位移，伴随着轻微的旋转或垂直位移。

这样，在本发明的一个方面，可使用一种成角度的刚度结构以对称地控制弹性中心的位置，将其置于不使用成角度的刚度就难以达到的位置。具体地说，本发明指出了，成角度的刚度结构 1300 怎样将弹性中心投影成位于一个平面，如平面 1313（该平面使其与相关的弹性能量储存装置隔开）之外的一个点，如点 1308。

作为横向加硬装置来说明，可以看到，成角度的刚度结构 1300 具有一个位于该成角度的刚度结构 1300 的弹性中心附近的有效平面。

上面是将弹性连接体 1301a-b 表示为物理结构和与最大主刚度轴连成一线的末端连接件。这仅仅是为了清楚说明的目的。虽然选用来表示连接体 1301a-b 的半示意性符号表明能实际上使用盘簧，但是连接体 1301a-b 可以使用其它结构，如弹性垫块或模制品，或者由较大的弹簧金属冲压品弯成拱形的薄翼片来实现。本领域普通技术人员不难设想许多其它的材料、形状和结构。成角度的刚度结构可以是较大物体，也可以是一些较小的物体的结合体。对成角度的刚度结构的连接部位也无需与其主刚度轴相关。

例如，在图 10B 中，示出的弹性连接体 1320 在刚性体 1321 和刚性支架 1322 之间可以移动，提供倾斜的最大主刚度轴 1323。具有弹性中心 1327 和 1328 的弹性体 1324 和 1325 与刚性连杆 1329a-c 依序地连接。由于连杆 1329a 和 1329c 是刚性的，牢固地固定在下面及上面的物体上，为了方便起见，可以选择对总的弹性行为或轴 1323 没有影响的连接途径和连接点。注意弹性体 1324 和 1325 可以各自具有不倾斜的主刚度轴。但是，在依序连接后，连杆 1329b 可以旋转，作为对在垂直于弹性中心 1327 和 1328 之间连线的方向上总位移的响应。这样可以大大地减小该方向上位移的阻力，留下最大主刚度轴 1323 接近中心 1327 和 1328 通过。因此轴 1323 的倾斜是由依序连接的弹性中心 1327 和 1328 的倾斜定位形成的。这样还可以看到，即使没有单个的子元件是倾斜的，弹性中心也可以利用由于结构的倾斜形成的成角度的刚度进行控制和投影。

回到图 10A，我们可以考虑三维的成角度的刚度结构 1300。可能所需的是结构 1300 的总弹性中心保持在为使力进出图 10A 的平面与使力指向左边或右边的相

同高度。要实现这一点，可将与弹性连接体 1301a-b 类似的一个个弹性连接体间隔地放置在刚性体 1302 下某个闭合曲线的周边上，各自向内向一共同的中心轴。这些弹性连接体还可以向该轴的一侧倾斜，只要净倾斜是向内的，并且这些连接体的组合能共同恢复充分的平衡。也可以是，具有一个倾斜轴的一个连续弹性部件可以卷绕该曲线，则弹性连接体 1301a-b 表示靠近图 10A 的平面的部分的效果。在上述两种情况下，在图面上方或下方、并接近相对于左-右轴的中心的弹性连接体会减小弹性连接体 1301a-b 的一些投影效果。在选择适宜的角度 θ 以及刚度 1310 与 1311 的适当比例时可以将此考虑进去。

对于总弹性中心的一个给定高度，有一个足以达到这种高度的该比例的最小值以及其所对应的单个 θ 值。但是，对于更大的比例，提供所需的总弹性中心的高度有两个不同的 θ 值。具有较小倾斜角 θ 的方案与具有相对较大的垂直刚度和较小的切向刚度的结构 1300 对应，而具有较大倾斜角 θ 的方案提供了较小的垂直刚度和较大的切向刚度。本文中描述的不同的应用可以用其中一种方案或另一方案较好地进行操作。对合适的方案的计算可提供本领域普通技术人员熟知的机械原理。

在本发明的一个方面，隔开的力途径提供在使用与接触平面远离的横向加硬装置的接触定位装置中。例如，参看图 8A，力传感接触定位装置 1100 包括一个具有接触表面 1107 的接触面板 1101。面板 1101 通过传感连接体 1103a-b 和倾斜的刚度弹性连接体 1104a-b 支撑在支架表面 1102 上。。传感连接体 1103a-b 包括具有力传感器 1105a-b 和横向软化装置 1106a-b 的传感组合件。面板 1101、支架 1102 和弹性连接体 1104a-b 的组合构成类似于成角度的刚性结构 1300（图 10A）的结构。

在第一个实施方式中，横向软化装置 1106a-b 提供了横向刚度，它与由弹性连接体 1104a-b 提供的横向刚度相比微不足道。可进一步选择连接体 1104a-b 的倾斜度和刚度比，以在没有传感连接体 1103a-b 的情况下提供接触平面 1107 的弹性中心 1108。然后，在接触平面 1107 上施加切向力产生纯横向移动，在任何一个传感器连接体区域不产生垂直偏移。这样就可以看到，在重新安装了传感连接器 1103a-b 后，同样的切向力继续产生纯横向移动，带动传感器 1105a-b 一起移动，但是没有多大的力通过传感器。这样就可以制得具有基本上与其接触平面重合的准确度平面的接触定位装置 1100。

在第二个实施方式中，横向软化装置 1106a-b 可以多少提供移一定的横向刚

度。但是,可以选择连接体 1104a-b 的倾斜度和刚度比,以在没有传感连接体 1103a-b 的情况下提供位置稍高于点 1108 的弹性中心。由此可见,如果传感器组合件的横向刚度不过大,将可以对能抵消这种刚度效应的连接体 1104a-b 进行选择,从而再次在接触平面的允许偏差区域中放置准确度平面。在另一种情况下,可以看到,如果传感连接体 1103a-b 不仅提供一定的横向刚度,还提供稍微倾斜的刚度,对弹性连接体 1104a-b 进行适当的调节仍然可以使准确度平面与接触平面重合。

力传感器 1105a-b 可以是任意结构的,并且可以是垂直刚度的。横向软化器 1106a-b 可以在传感器的上方或下方,如果传感器具有足够的横向柔顺性,它也可以不用。传感器 1105a-b 或者横向软化器 1106a-b 还可以包括一个旋转软化器,以减小面板 1101 或支架 1102 中的弯曲产生的不利影响。弹性连接体 1104a-b 的最大实际倾斜度的选择可用来提供大多数横向加硬和最小垂直刚度。在弹性连接体 1104a-b 中的低垂直刚度允许最大的垂直接触力通过传感器 1105a-b,并且还可以减少由于面板 1101 或支架 1102 中的弯曲产生的接触定位误差。这样,弹性连接体 1104a-b 就是一个横向加硬装置,在接触平面的后面。

根据本发明的一个实施方式,图 8B 描述了一个具有圆顶形触镜 1150 的可接触使用的蜂窝电话的应用。采用圆顶形镜 1150 的形状可能是例如为了美观,或者由于强度或刚度的需要。由于触镜 1150 的接触表面 1152 不是一个平面,三度的力传感时,不可能完全排除切向力的影响。但是,如图所示,一个良好的折衷的准确度平面 1154 还是可能的,它明显地位于横向加硬器实际应用的任何区域的上方。

壳体 1160 牢固地搁在线路板 1166 上,线路板与其下面的其它结构一起构成有效的刚性支架。线路板 1166 搁在壳体 1160 的支架 1168 和/或肋 1169 上。在接触表面 1152 下面操作悬挂部件 1180 可以得到所需的准确度平面 1154。该部件 1180 还起密封的作用,并使用下面的弹性修正装置起横向加硬装置的作用。

使悬挂部件 1180 成一角度以产生“挤压”效应。在本发明的一个实施方式中,悬挂部件 1180 置于垂直力传递元件 1158 与壳体 1160 之间,与所需的准确度平面 1154 成一角度,从而使得准确度平面 1154 在所需的高度。元件 1158 是垂直刚性的,但是由于其长度的关系,在与缩颈部件 1170 一起可在横向上非常柔软。

更具体地说,在本发明的一个实施方式中,悬挂部件 1180 设置角度的选择如下。参看图 8C,它示出了装有图 8B 中的悬挂部件 1180 的蜂窝电话装置的部分截

面。触镜 1150 可具有基本上正方形的平面。部件 1180 可具有由图面垂直分割的段 1180a-b, 以及在图面上方及下方在长度方向上延伸的段 1180c-d。可在接触表面 1152 上施加一个切向试验位移 1182。然后选择悬挂部件 1180 的结构, 使得部件 1180 对试验位移 1182 的反作用力不产生相对于所需准确度平面 1154 中的中心点 5 1184 的力矩。如果没有这种反作用力矩, 则当平面 1154 中的切向试验力产生试验位移时, 力传感器 1162 (图 8B) 不会经受用以平衡这种力矩的垂直力。这样, 传感器 1162 将不会对施加在准确度平面 1154 上的力的任何切向分力作出响应, 也不会对施加在接触表面 1152 上的切向分力有过度的响应。

较佳的是根据经验, 同时使用各种计算方法, 包括但不限于全部有限元分析, 10 设计出能将切向力偏差减至最小的部件 1180 的结构。但是, 图 8A-8D 的实施方式可以就元件形状的单纯压缩、切变以及梁的弯曲进行分析。这种分析可以增进对本发明方法的理解, 因此其它可能的更准确的方法将在下文中作进一步的解释。

试验位移 1182 可由分力 1182a 和 1182b 的总和来表示。悬挂部件的段 1180a 通过分力 1182a 沿其宽度压缩, 并由分力 1182b 的作用横向移动。段 1180a 中这些 15 分力的反作用力可由垂直力的分力 1186a 和 1186b 的总和来表示。分力 1186a 平行于弹性修正装置和密封部件的段 1180a 的宽度平行, 而分力 1186b 垂直于段 1180a 的宽度。

与图面上方及下方的试验位移 1182 平行的段 1180c-d 也产生剪切反作用力 1186c-d。这些反作用力平行于试验位移 1182, 因为段 1180c-d 在该方向上没有倾 20 斜的刚度。

参看图 8D, 在触镜 1150 的左半边周围的部件 1180 中的所有反作用力的效应可以用具有作用线 1188a 的单个力 1186f 来概括。具有作用线 1188b 的类似的力 1186g 概括了来自位于触镜 1150 右半边的部件 1180 的所有反作用力的效应。力 1186f 可得自所示的力组成图。由于负载的对称性, 在 1186a 和 1186b 的力可视为 25 在部件的段 1180a 的质心 1189 附近产生的力。类似地, 剪切力 1186c-d 在图面的上方及下方的部件的段 1180c-d 的质心附近对称地生成。但是, 考虑到纯试验位移 1182 进行时不应有旋转, 在 1186c-d 的力各自可视为大小和方向相同的两股力的总和, 一股力在段的左半边生成, 另一股力在段的右半边生成。合在一起的力 1186c-d 的两个“左半边”构成施加在触镜 1150 左半边的所有力的净力, 示为力 1186e。

力 1186e 与力 1186c-d 的大小和方向相同。它的作用线靠近段 1180a 的质心 1189 通过，所以可以被视为在那里传递不改变效果。

位移 1182a 和 1182b 的大小等于与试验位移 1182 的大小分别和角度 θ 的正弦和余弦的乘积。主反作用力 1186a 可通过位移 1182a 对悬挂部件的段 1180a 的直接压迫作用计算得出。次要的反作用力 1186b 可将其视为末端控制的宽梁，由部件的段 1180a 的横向偏差 1182b 计算得出。由于这个梁可以相当“粗短”，反作用力 1186b 可通过直接剪切的作用而一定程度地减小，但是受到部件 1180 的梁的刚度支配。因此，反作用力 1186b 的相对重要性由部件 1180 的厚度与部件 1180 所桥接的间隙的长度之比决定。

力 1186e 可由部件的类似的段 1186c-d 中的任意一个对于试验位移 1182 的直接横向剪切应变的响应计算得出。注意，如果部件 1180 是弹性体材料的，并且角度 θ 不是太大，力 1186b 的大小接近于力 1186e 的四倍。这反映了一个事实，即弹性体的横向变形系数非常接近 $1/2$ ，并且作为一根梁的段 1180a 相对于其“长度”相对“宽”。

力 1186f 和 1186g 合计为对于弹性并联连接体中产生的试验位移 1182 的全部反作用力。根据对称性可以看到，这些反作用分力的作用线 1188a 和 1188b 在点 1184 相交，它们的力，即弹性并联总反作用力的作用线然后通过此点。同样地，根据对称性可以看到，该并联总反作用力的作用线是水平的，落在平面 1154 和图面上。考虑试验位移 1182 可由与并联连接体中的反作用力大小相等、方向相反的，施加在点 1184 的水平面和平面 1154 上的纯切向试验力产生。在这种情况下，并且只有施加在这个水平面上才保持力的平衡而不需要在传感连接体中有附加的反作用力。这样，施加在平面 1154 上的居中的切向力产生了纯切向位移，而不会有力通过横向的柔软传感连接体。但是，通过本文别处的描述，可以明白以任意方向施加在平面 1154 中任何位置上的切向力不会对传感器上留下明显的效应。这样，事实上，所需的准确度平面 1154 可以认为真实上是准确度平面，并且通过部件 1180 提供的并联的弹性连接体可以认为是一种有效的横向加硬装置。

可以用许多方法来控制准确度平面 1154 的高度。例如，部件 1180 可提供为具有相对于其截面的凸起或形状。这样就能通过减小力 1186a 的大小来控制净反作用力角度 ϕ （试验位移 1182 与作用线 1188a-b 之间的夹角），而力 1186b 和 1186c

没有大的变化。

或者，所需的准确度平面 1154 还可以通过改变部件 1180 的宽度（最大主刚度的方向）与安装平面（该平面与所需的准确度平面 1154 平行）的法线之间的安装角度 θ 得到。这样就通过改变反作用力 1186a 的角度，以及反作用力 1186b 的角度和大小来控制净反作用力角度 ϕ 。随着角 θ 开始从平的安装面减小，由于反作用力 1186a 转向垂直，角 ϕ 先增加。随着部件 1180 继续向上斜，反作用力 1186b 的数值开始增加，逐步抵消角 ϕ 的增加。随着角 θ 的进一步减小，反作用力 1186a 的减小以及反作用力 1186b 的增大颠倒了角 ϕ 的变化趋势，使其减小。这样就使反作用力 1186e 保持不变。

10 另一种得到所需的准确度平面 1154 的方法是改变部件 1180 的相对厚度。这样就通过改变反作用力 1186b 的相对值来控制净反作用力角度 ϕ 。

在需要保持垂直刚度最小的情况下，应该使部件 1180 的安装角度 θ 最大，以使反作用力 1186b 减至最小。这通常是取了这两种可能的方案的“优点”，是由角 ϕ 随着角 θ 的变化先增加、后减小提示出来的。由等高部件 1182 得到的控制所产生的垂直-水平刚度比，比由非等高部件产生的垂直-水平刚度比更大，并且难以在生产中保持充分的再现性。部件 1180 的厚度越大，就会产生更大的垂直-水平刚度比。

应该明白的是，上述用来得到所需的准确度平面 1154 的方法单纯是为了举例说明的目的，并不构成对本发明的限制。其它用来生成所需的准确度平面 1154 的方法也落入本申请的权利要求书的范围内。

在本发明的一个方面，弹性装置设置在包括许多力传感器的接触定位装置的接触表面的下面。传感连接体包括这些与许多力传感器串联的弹性装置。这些弹性装置含有与所需的准确度平面成角度的部件，从而能隔开地在所需的准确度平面中形成各个传感连接体的弹性中心。这样，各个传感连接体中的切向接触力的反作用力本身成为纯切向力。提供传感连接体，其敏感方向垂直于所需的准确度平面，这样，通过这些传感连接体传送的纯切向反作用力就不会产生输出。

例如，参看图 9A，示出了一个实施方式，它包括一个具有接触表面 1204 的接触面板 1202，该接触表面是所需的准确度平面。刚性力传感器 1206 与弹性装置 1208a 和 1208b 串联连接，弹性装置 1208a 和 1208b 连接在传感器 1206 与接触面板

1202 之间。力传感器 1206 安装在刚性支撑表面 1212 上。与设置在其上方及下方的刚性连接件一起，力传感器 1206 和弹性装置 1208a-b 共同构成传感连接体 1216。

弹性装置 1208a-b 与在其上方及下方的刚性结构一起，提供一个成角度的刚性结构 1300 的实施方式。弹性装置 1208a-b 倾斜安装，其刚度比使得传感连接体 1216 的弹性中心位于接触表面 1204 的允许偏差区域内的点 1214。结果，传感器 1206 对施加在接触表面 1204 上的切向力反应就不敏感。

图 9B 示出了图 9A 所示装置的一种变体，其中弹性柱 1228a-b 装在刚性托架 1221 和 1223 的成角度的表面之间。这表示了图 9A 中半示意所示的弹性装置 1208a-b 有一个很宽范围的各种实施方式，这对本领域普通技术人员而言是显而易见的。

图 9C 示出了图 9A 所示装置的又一种变体，其中位移传感器 1246（例如电容性的）与弹性装置 1248a-b（如弹簧）并联。弹性装置 1248a-b 和位移传感器 1246 都连接在接触面板 1242 的底面 1250 和刚性支撑表面 1252 之间。位移传感器 1246 和弹性装置 1248a-b 与上方和下方的刚性连接件一起，共同构成传感连接体 1256。参看成角度的刚性结构 1300，我们再次看到，弹性装置 1242a-b 是怎样设计，从而在位于接触面板 1242 的接触表面 1244 的允许的偏差区域内的点 1254 形成传感连接体 1256 的弹性中心的。结果，传感器 1246 就对施加在接触表面 1244 上的切向力不敏感。

虽然图 9A-9C 的每一张中仅示出了一个传感器组合件，但是应该明白，使用上述就图 9A-9C 所述的方法可以将若干个传感器组合件连接到一个触摸面板上，由此将各个传感连接体的弹性中心设置在所需的准确度表面的允许的偏差区域内。

以上是就某些元件是理想刚性的情况下进行讨论的。应该明白，这些元件可以在一个实际的装置中出现较小的，但不是微不足道的弯曲。具体地说，弯曲产生的附加的偶矩在通过传感连接体时可能会影响连接体的弹性中心的位置，通常会降低这些装置中弹性中心的位置。但是，只要这种弯曲在允许的限度之内，就可以通过进一步适当地调节构成弹性装置的元件的位置、倾斜度、以及刚度比来得到所需的弹性中心。这些调节可以根据经验来完成。

为适应接触表面结构、支撑结构、力传感器或其它元件的较差刚度而进行的调节，可以在本文中所述的本发明的这些或其它方面都加以应用，并且在本发明的

范围之内。

在本发明的另一个方面，在接触定位装置中的力传感器或力传感器组合件都具有敏感轴，这些敏感轴与所需的准确度平面和接触表面上有关局部位置的法线（有时是不一样的）成一倾斜角度。这些敏感轴所成的倾斜角度，可使得响应施加在接触表面上的切向力产生的反作用力通过传感连接体的作用线与敏感轴垂直相交。结果，力传感器就对在所需的准确度平面中切向力不产生响应。

例如，参看图 6B，示出了一个实施方式，其中，成角度的传感器组合件 956a-b 用来达到对切向力的不敏感。接触面板 950 包括一个在其上可以施加接触力的接触表面 952。因此，可通过调节传感器组合件 956a-b 得到的所需的准确度平面与接触表面 952 重合。向接触表面 952 的中心 954 施加切向力 938 产生了一些力，它们通过传感器组合件 956a-b。如图所示，在传感器组合件 956a-b 具有比安装了面板 950 的整个系统低很多的旋转刚度的情况下，这些力的作用线 940a-b 沿传感器组合件的弹性中心 937a-b 通过，或在弹性中心 937a-b 附近通过。但是，由于传感器组合件 956a-b 具有与接触表面 954 成角度的敏感轴 958a-b，作用线 940a-b 分别与敏感轴 958a-b 垂直。因此，如上所述，传感器组合件 956a-b 对切向力 938 或者切向力与施加在接触表面 952 上的垂直力矩的任意组合不产生响应。

通常，所需的是使传感连接体与接触表面 950 相比能柔软地旋转，使得响应于垂直接触力产生的接触表面扭曲的不需要的力矩不通过传感器。这种旋转柔软度可以是选定的装置所固有的，而不需要另外特别的措施；也可以添加一种特定的旋转柔软器，比如弹性衬垫或垫块；枢轴、绞连杆或球窝接头；或者弹簧或其它弹性物体。这些结构可以具有一个连接体的作用线经过的清楚的弹性中心。题为“用于力类接触输入的方法及设备”（Method and Apparatus for Force-Based Touch Input）的同时提交的申请中记载了这样的旋转软化器的例子。

虽然整个传感器组合件 956a-b 连同其所有的部件对于图 6B 中所需的准确度平面是倾斜的，但是应该明白，这仅仅是为了举例的目的而示出，并不构成对本发明的限制。而且，传感器组合件 956a-b 的敏感轴 958a-b 可由于它们的结构性质而呈倾斜状，而不是这些部件作为传感器本身必须要倾斜。例如，参看图 6C-6D，即使传感器 964a-b 具有垂直的敏感轴，传感器组合件 965a-b 也具有与线 963a-b 平行的倾斜轴。参看图 6C，传感器组合件 965a 的细长的连接部件 961 能在其腿部横向弯曲，但是沿着其长度方向不会明显压缩。这样，与线 961 平行的力不会在力传感器

964a 中产生反作用力，迫使传感器组合件 965a 的总敏感轴平行于线 963a 排列。参
看图 6D，更加抽象的传感器组合件 965b 显示可以形成倾斜的敏感轴，而不存在倾
斜的部件。刚性连接装置 966 的两个可转动端使得力仅仅沿传感器组合件 965b 的
总敏感轴 963b 传递通过力传感器 964b。弹性垫块 967 中的微小弯曲产生了对所有
5 垂直于轴 963b 的力的分力的平衡反作用力。

图 6B 中考虑的系统可以如图 6E 所示呈三维图形，其中描述了力传感接触定
位系统的接触表面 930。示意图中描述的传感连接体 970a-b 设置于面板 930 的下方，
定位在接触平面 934 中的矩形 972 的四个角下面。点 973a-d 位于接触平面 934 中，
在矩形 972 各边的中点位置。

10 以下解释图 6B，并将其应用于图 6E 中的四个传感连接体 970a-d，作为在其
各边上的各个相邻对。例如，传感器组合件 956a 和 956b 可分别位于传感连接体
970a 和 970d 的位置，使得弹性中心 937a-b 落在相应的矩形 972 的角落下面。切向
力 938 可与中心施加的、y 方向的切向力 976a 对应，然后隔开的力的作用线形成
在传感连接体 970a 和 970d 中，接着互相相交并在点 973a 与接触表面相交，与图
15 6B 中的点 954 对应。要明白的是，在所有 4 个传感连接体 970a-d 中响应于力 976a
形成的一些力与 y-z 平面平行（即，没有 x 分力），它们的区别仅在于与接触平面
的倾斜度不同。通过连接体 970a 和 970d 的力的作用线投影到接触平面上沿矩形
972 的左边，并有个合力，其作用线沿着矩形 972 的左边。通过连接体 970b 和 970c
的相应的力同样地具有其作用线沿矩形 972 的右边的合力。这两个成对的合力然后
20 成为一个总的平衡合力 976a（或者其相反的力，如果喜欢按反作用力想像的话），
其作用线集中在 y 轴上。

现在可以看到，通过与各个传感连接体内的传感器组合件向外与 x 和 y 方向
成角度，图 6B 中描述的情况对这两根轴和所有 4 个传感连接体可同时满足。更具
体地说，各个传感连接体的零敏感平面（在各种情况下该平面与连接体的敏感轴垂
25 直并含有弹性中心）可以转向与位于所需的准确度平面中的矩形 972 邻近的成对的
中点 973a-d 相交。

注意，在示出的矩形 972 也不是个正方形的具体情况中，传感连接体 970a 和
970b 的敏感轴（为了便于说明而没有示出）实际上是离点 974a 而倾斜，不是离中
心 975 而倾斜。这样的话，同样地，传感连接体 970d 和 970c 的敏感轴位于包含点
30 974b 的垂直平面中。还可以有益地注意到，在不是正方形的情况下，图 6E 的装置

垂直于施加的力矩，因而对不通过点 975 的切向力（不是中心施加的力）能产生非零的传感器输出。但是，由对称性可以证明，这些输出在形成用来计算接触定位的 x 轴力矩、y 轴力矩和 z 轴力矩的示意图的线性组合中必然会抵消。这样，本发明的这些实施方式对一般的切向力偏差是可以避免的。

- 5 还可以证明，对于具有三个传感器的系统（其中定位矩形 972 的类似物是等边三角形）来说，通过传感连接体的零敏感平面的该三角形的各边的中点的类似的相交，也能避免对切向偏差。

更一般地说，对于任意排列式样和数目的传感器而言，y 轴任一侧的传感器可以或多或少地在 x 方向上向外倾斜，根据经验可以发现倾斜的程度能避免 x 方向切向力引起的定位误差。然后，可以将同样的这些传感器在 x 轴的上方及下方重新组合，并给以倾斜度，这时从 y 轴向外倾斜，结果也发现有一组角度能使接触传感定位装置避免 y 方向切向力产生的定位误差。虽然各个传感器在某种程度上会分别地响应切向力，但是这些响应在计算时一般会抵消，最终的系统可以在接触定位上做到基本上没有切向力偏差。

- 15 这里使用的传感器组合件可以是任意所需的结构，已经以概括的形式说明了。具有易于识别的、较旋转柔软的弹性中心或枢轴的传感器组合件可以具有已知的弹性中心的位置，所以容易根据上述非经验性的规律来装配，但是经验的方法可以应用于其它装置。如果使用的传感器的在其敏感轴的横向上比纵向上刚性大得多，并且基本上是倾斜的，可以提供适当的横向软化，使得对垂直接触力的敏感性不丧失。

- 20 如果需要预载装置或横向抑制装置，这些传感器可以制成横向柔软的，使得接触力的传递途径不隔开，并且基本上通过传感连接体。如果并联的途径具有中等的横向刚度，可以使用包含某种程度的传感倾斜度和某种程度的横向加硬的混合式结构。

- 25 应该明白，本文中图示并描述的本发明的实施方式的各个方面的特征可以各种方式组合。这些组合包括，但是不限于，结合使用上述图 8A-8B 中的弹性装置以及具有上述图 6B 中的成角度的敏感轴的传感器组合件。

要明白的是，虽然本发明已用一些具体的实施方式进行了描述，但是前述这些实施方式仅仅是用来说明的，并不构成对本发明范围的限制。其它的实施方式也落在由权利要求书的范围限定的本发明的范围之内。

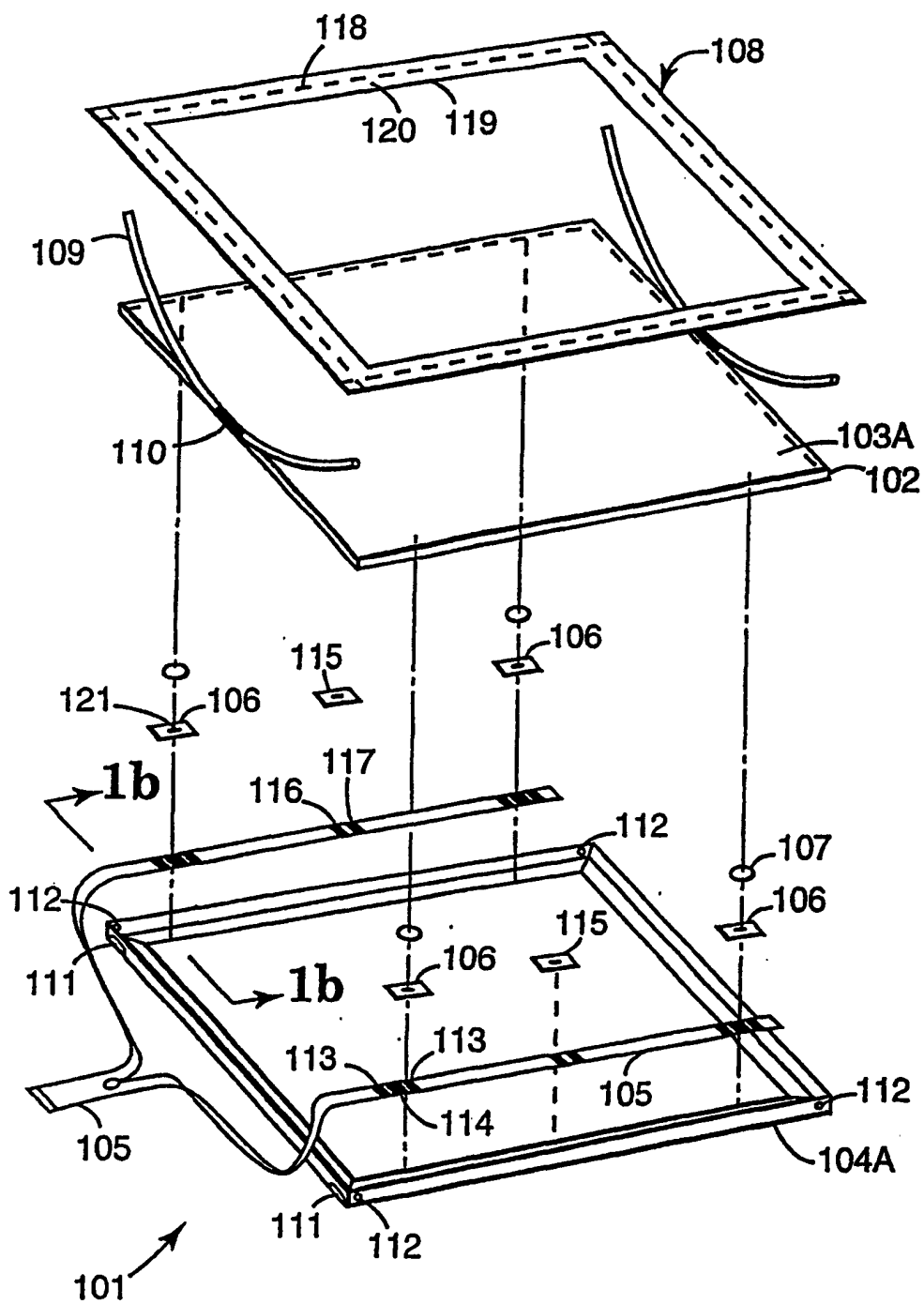


图 1A

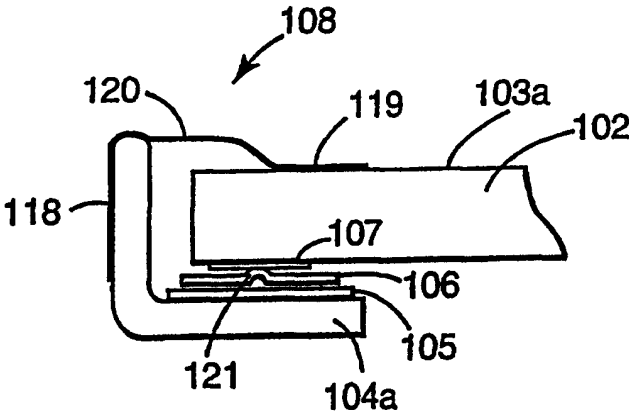


图 1B

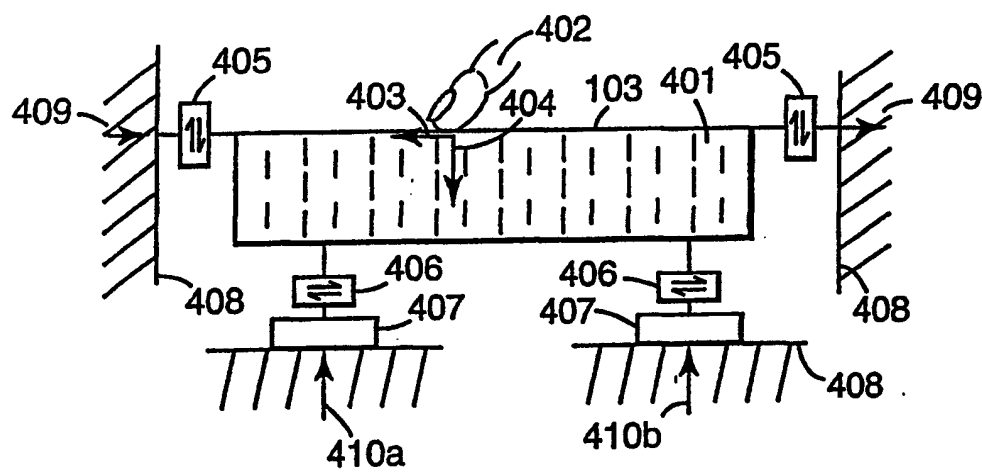


图 2

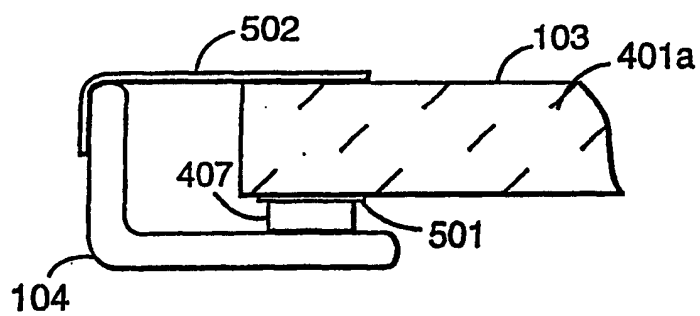


图 3A

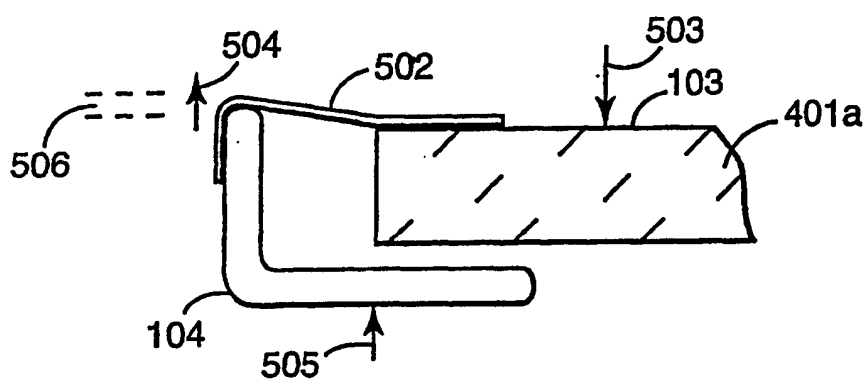


图 3B

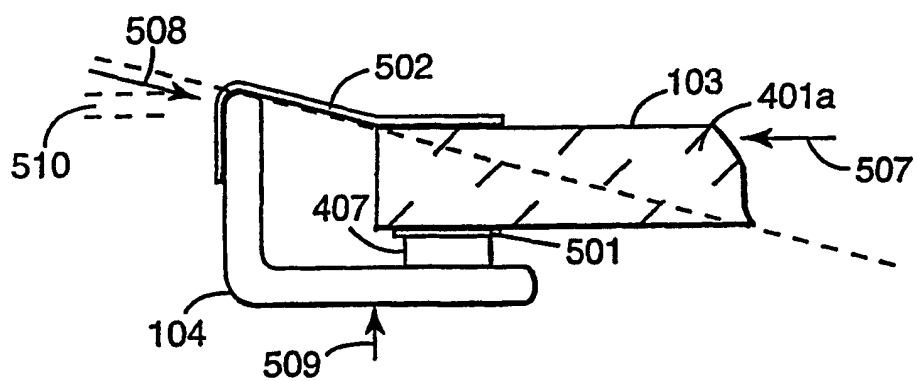


图 3C

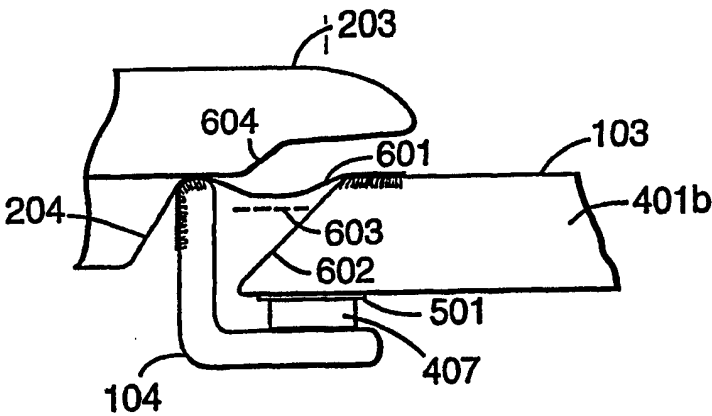


图 4

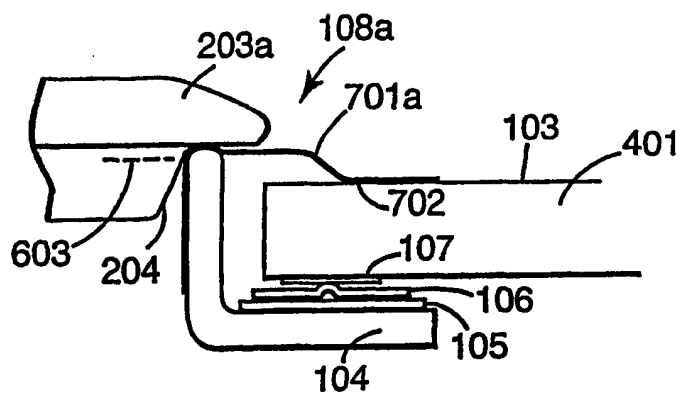


图 5A

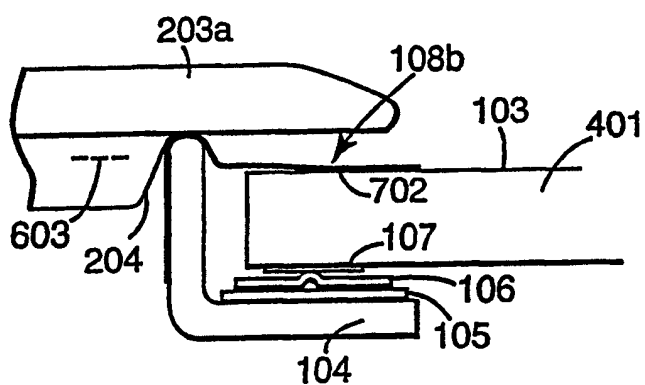


图 5B

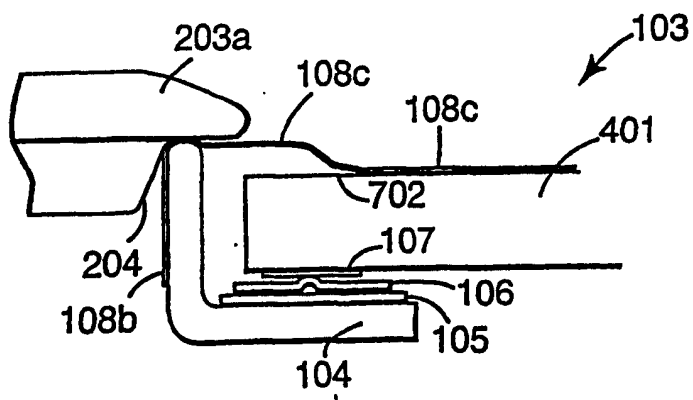


图 5C

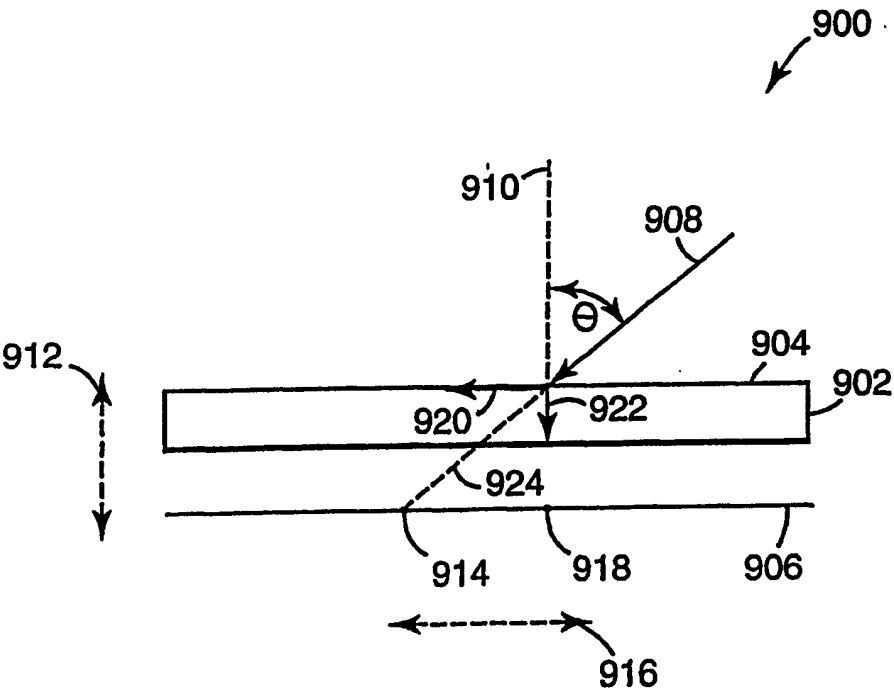


图 6A
现有技术

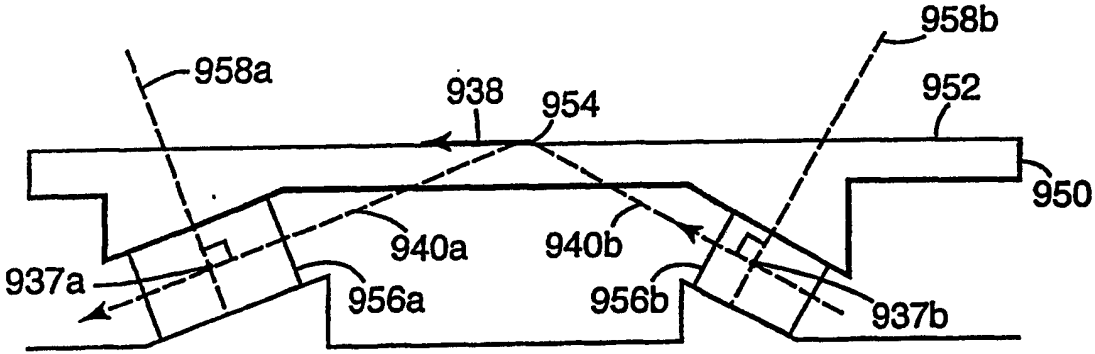


图 6B

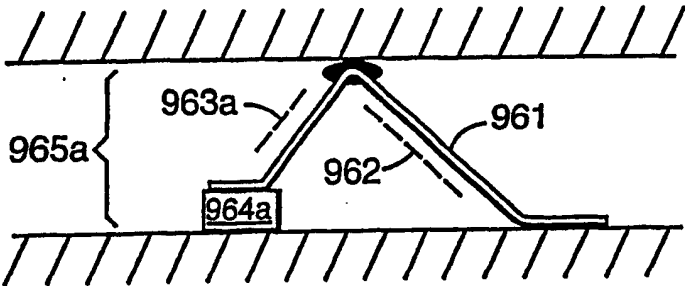


图 6C

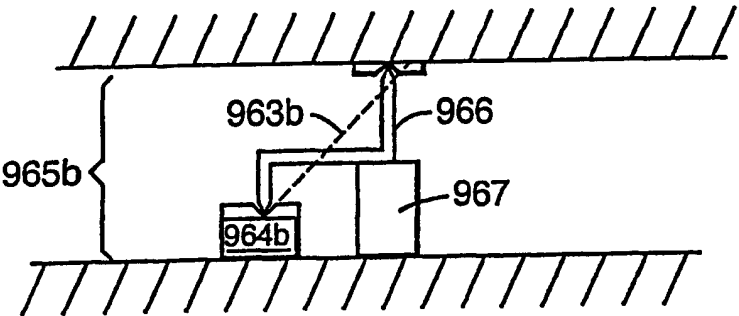


图 6D

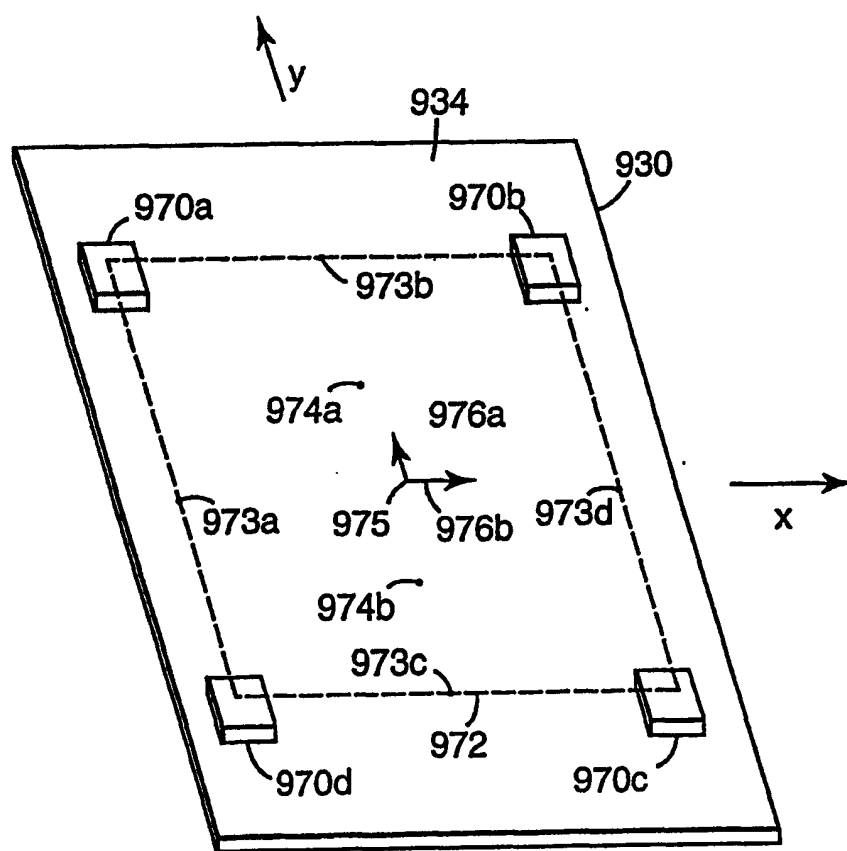


图 6E

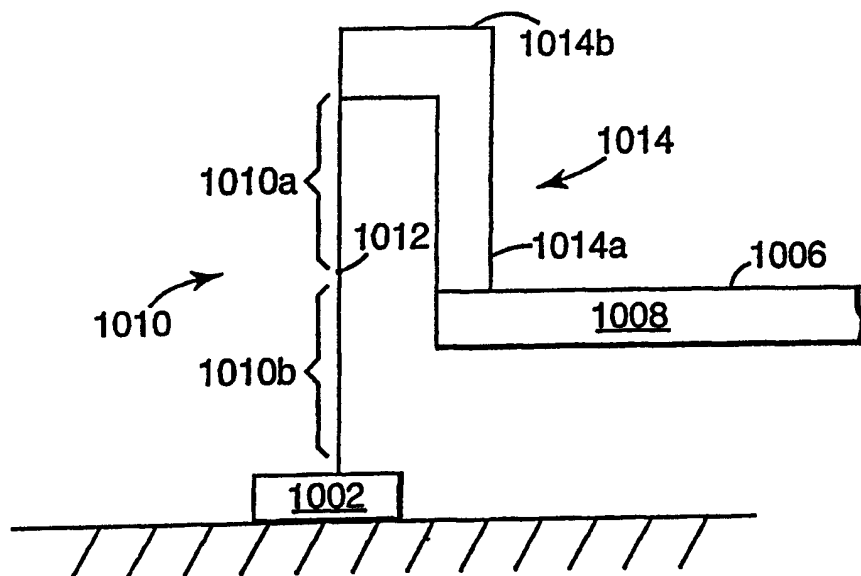


图 7A

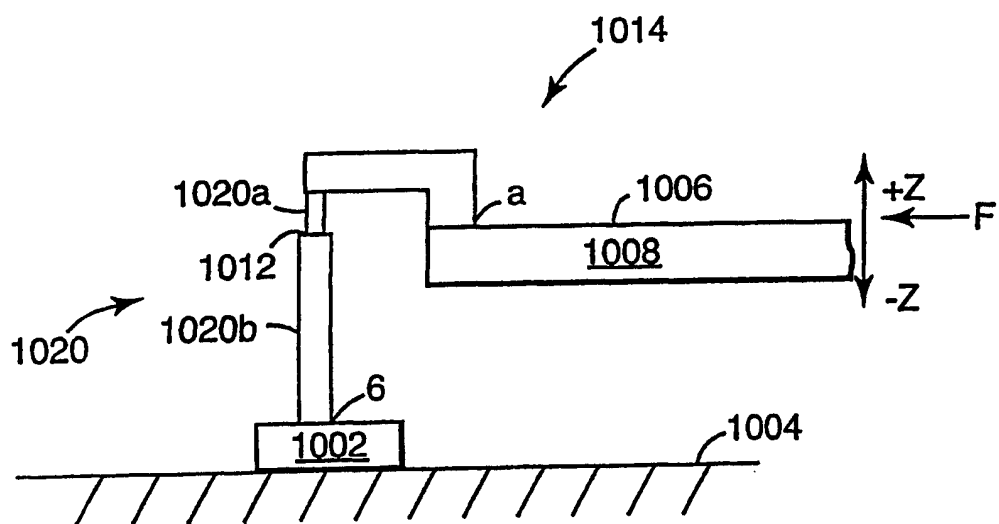


图 7B

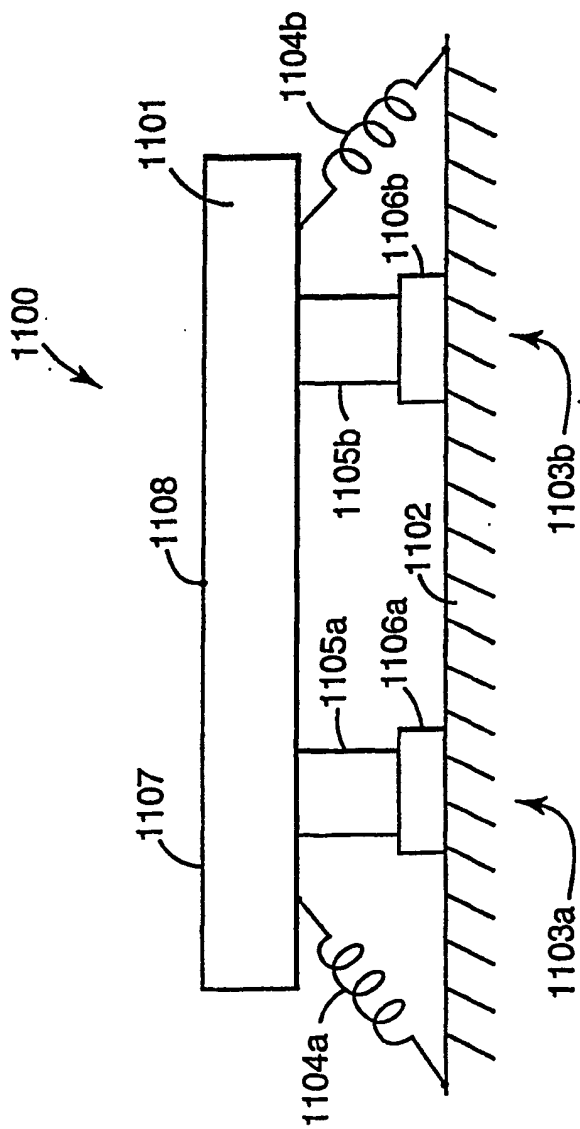


图 8A

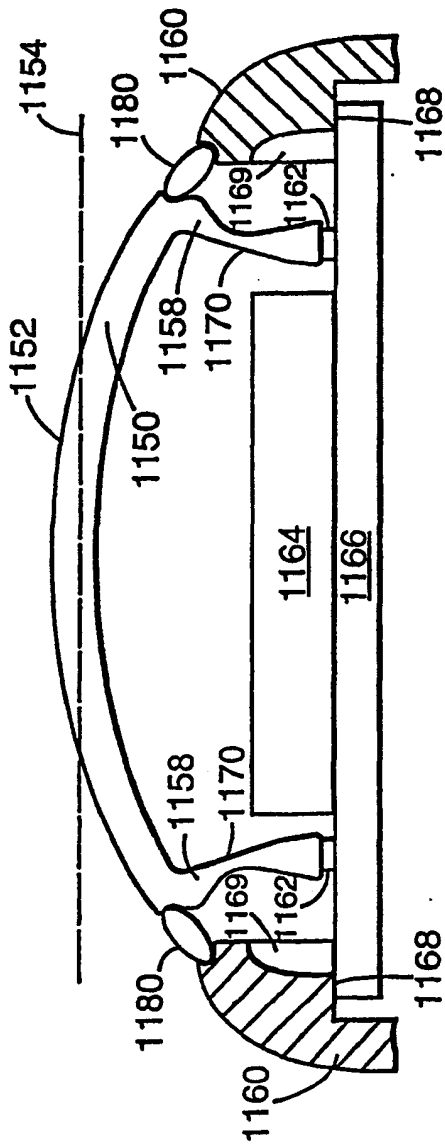


图 8B

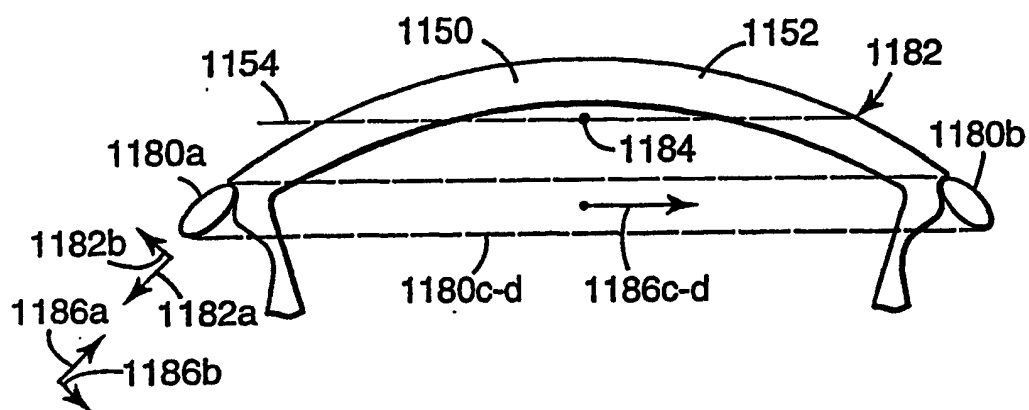


图 8C

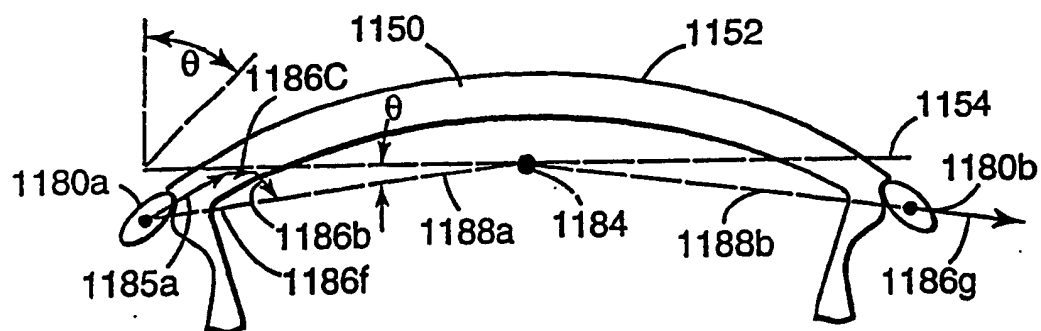


图 8D

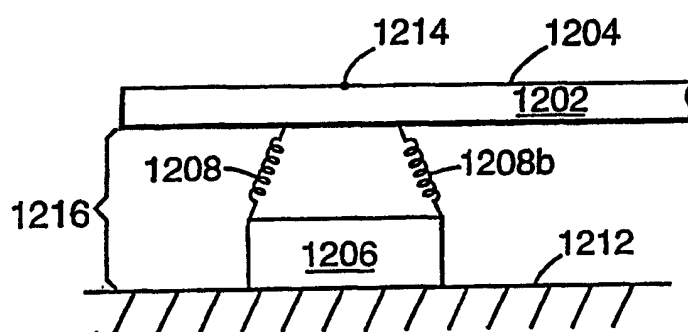


图 9A

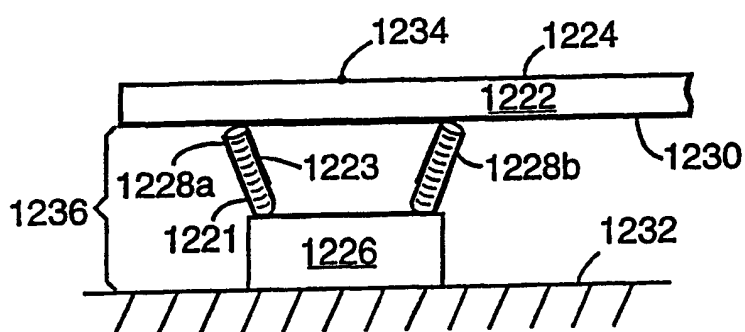


图 9B

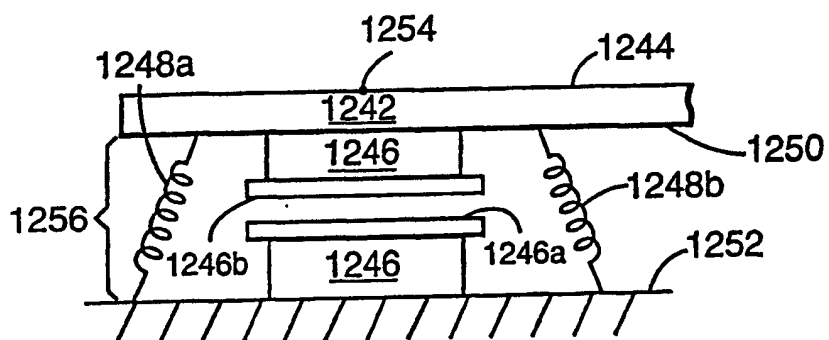


图 9C

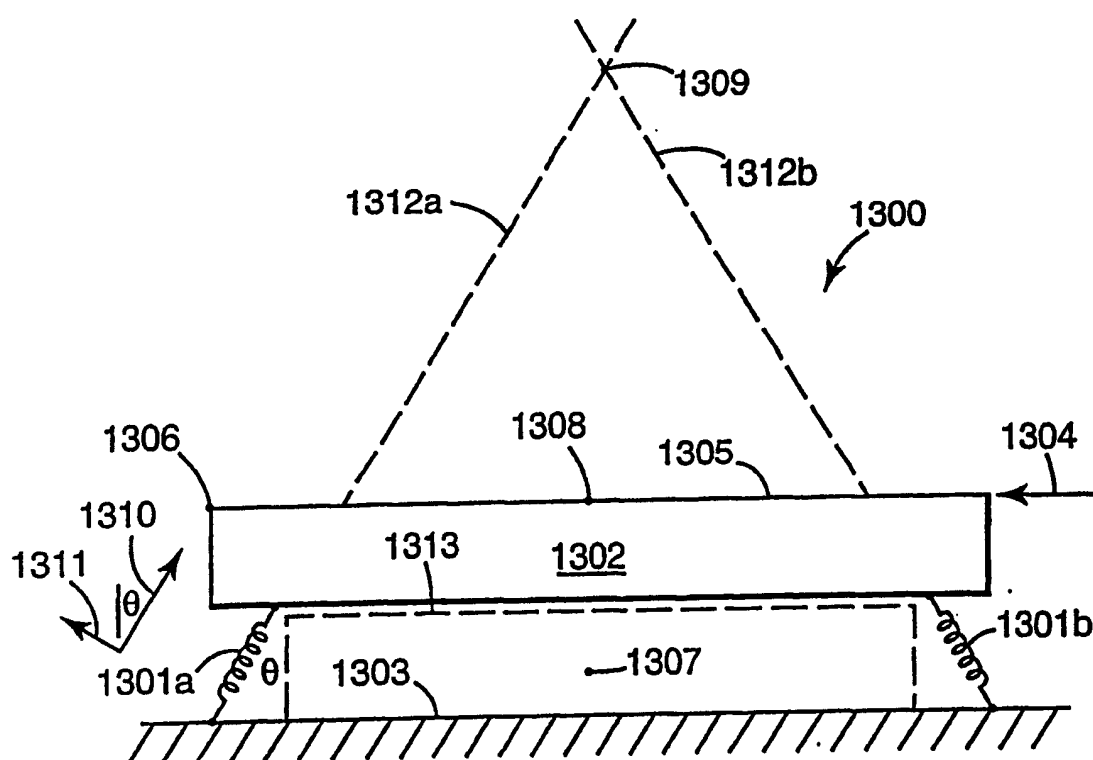


图 10A

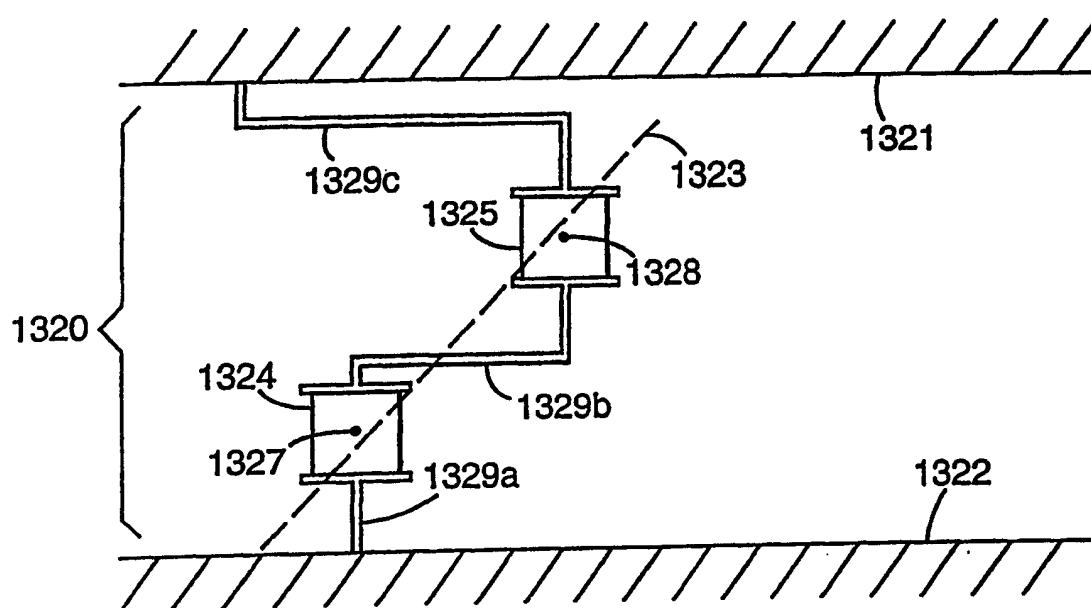


图 10B

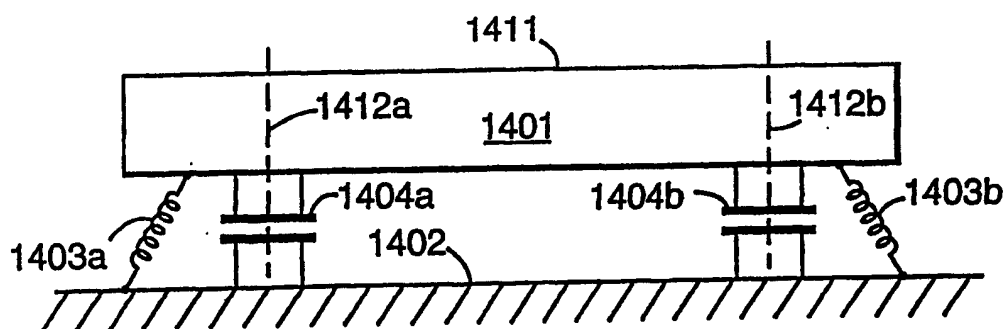


图 11

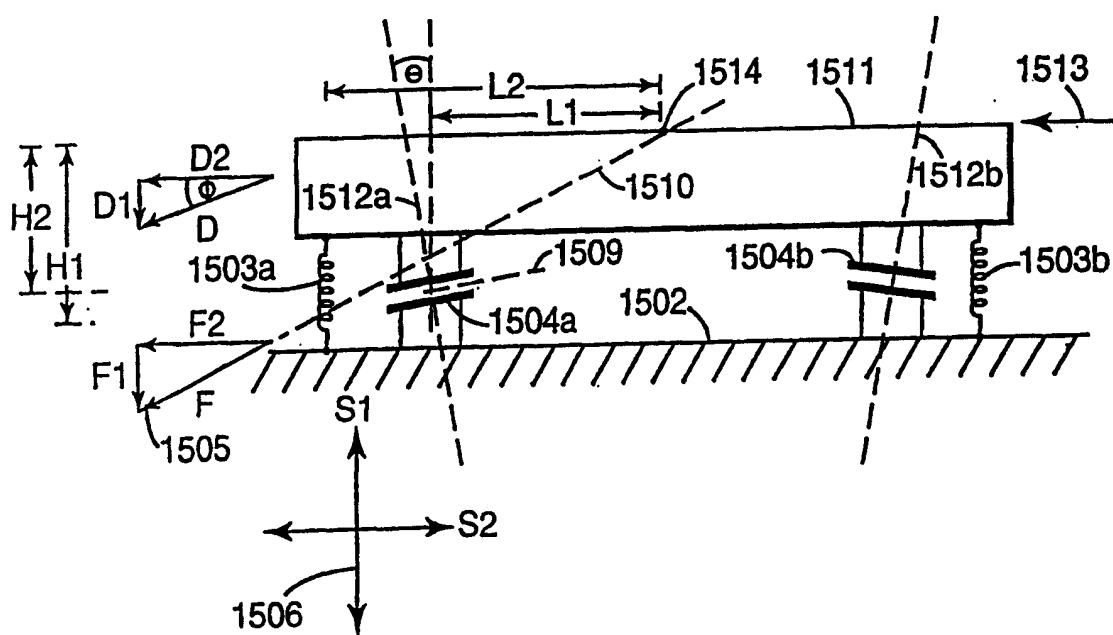


图 12