

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01L 1/18

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00119096.2

[43] 公开日 2001 年 4 月 4 日

[11] 公开号 CN 1289917A

[22] 申请日 2000.11.3 [21] 申请号 00119096.2

[71] 申请人 中国科学院合肥智能机械研究所

地址 230031 安徽省合肥市 1130 信箱

[72] 发明人 戈瑜 葛运建 吴仲城

马军 虞承端

[74] 专利代理机构 中国科学院合肥专利事务所

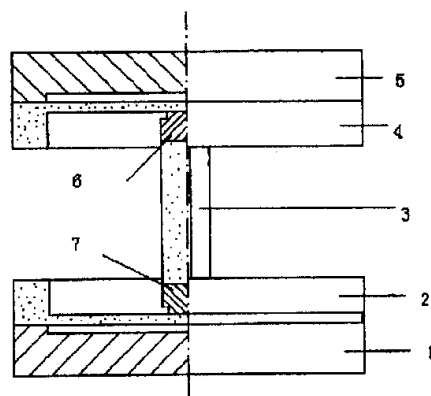
代理人 赵晓薇

权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图页数 8 页

[54] 发明名称 一种基于陶瓷厚膜技术的六维力传感器

[57] 摘要

本发明公开了一种用于同时获取全力信息的小量程、小尺寸六维力传感器,主要应用于机器人学相关研究和需要进行全力信息获取的场合。该传感器利用厚膜技术,以陶瓷材料的十字梁连接双 E 型膜片组成传感器的弹性体结构,在陶瓷基体上烧结厚膜力敏电阻,通过特殊的组桥方式和解耦实现对三维力和三维力矩的同时测量。本发明还可拓展至用其它弹性材料的应变式六维力传感器或装置的设计与实现。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种基于陶瓷厚膜技术的六维力传感器，包括底座（1）下 E 型圆膜片（2）、十字梁（3）、上 E 型圆膜片（4）、加载连结板（5）、上金属圆片（6）、下金属圆片（7），其特征在于：

六维力传感器是十字梁连接的双 E 型圆膜结构，其中十字梁（3）对接在上金属圆片（6）和下金属圆片（7）的十字槽中并固定于其中间，上金属圆片（6）的上面与上 E 型圆膜片（4）连接，在上 E 型圆膜片（4）的上面安装有加载连结板（5），通过加载连结板（5）与外加载荷连接在一起；

下金属圆片（7）的下面与下 E 型圆膜片（2）连接，在下 E 型圆膜片（2）的下面连接传感器底座（1）；

所述的下 E 型圆膜片（2）、十字梁（3）、上 E 型圆膜片（4）的材料为 97% 的 Al_2O_3 烧结体陶瓷。

2. 一种用于六维力传感器同时测量三维力和三维力矩六维力信息的方法，其特征在于：

下 E 型圆膜片（2）、十字梁（3）、上 E 型圆膜片（4）上烧结有钎系厚膜力敏电阻，上下双 E 型圆膜片（2）、（4）敏感面内的厚膜力敏电阻通过不同的敏感桥路布置方式实现对六维力信息的获取，并通过标定求出维间耦合关系，对六组桥路输出解耦处理实现三维力和三维力矩的全力信息同时获取；

X、Y 方向力矩信息获取的敏感桥路采用在上 E 型圆膜片（4）平面内互相垂直布置，其厚膜力敏电阻布置方向与下 E 型圆膜片（2）相同，其中：

上 E 型圆膜片(4)敏感面上电阻 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 用来实现对力矩 M_x 的测量；

上 E 型圆膜片(4)敏感面上电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 用来实现对力矩 M_y 的测量；

十字梁（3）上的四个厚膜电阻布置在同一梁平面内，并采用沿上下、左右对称轴对称布置，用来获取力矩 M_z 的信息；

下 E 型圆膜片（2）、和上 E 型圆膜片（4）的两个敏感方向要求保持一致，X、Y 方向力信息获取敏感桥路电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 及 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 采用在下 E 型圆膜片（2）平面内互相垂直布置，Z 方向力信息获取敏感电阻 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 是布置在下 E 型圆膜片（2）上沿 X、Y 敏感方向相交 45 度方向，其中：

下 E 型圆膜片(2)敏感面上电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 用来实现对力 F_x 的测量；

下 E 型圆膜片(2)敏感面上电阻 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 用来实现对力 F_y 的测量；

下 E 型圆膜片(2)敏感面上电阻 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 用来实现对力 F_z 的测量；

上 E 型圆膜片(2)敏感面上的电阻 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 还可以提供

一路对力 F_z 的冗余信息；

3. 根据权利要求书 1 或 2 所述的六维力传感器，其特征在于：

A. 所述的六维力传感器结构和敏感桥路布置方式，可以通过改变敏感元件位置或弹性体结构尺寸，实现传感器的各个方向输出灵敏度调整和量程改变，能满足不同量程和不同灵敏度要求的六维力传感器和六维力装置的实际需要；

通过选择金属弹性体材料加工成十字梁连接的双 E 型圆膜结构，同样可以制造出本发明所表述的应变式六维力信息获取的传感器或装置；

B. 所述的十字梁（3）与双 E 型膜片（2）、（4）还可以采用整体加工形式的一体化结构，通过改变十字梁（3）的高度、宽度和厚度，以及上下 E 型膜片（2）、（4）不同的几何尺寸实现对传感器六个力分量的灵敏度独立调控，在不影响检测精度前提下，使传感器满足不同应用场合的量程要求。

一种基于陶瓷厚膜技术的六维力传感器

本发明涉及机器人学中的多指灵巧手、微驱动操作系统智能控制以及虚拟现实或临场感等技术领域，特别涉及一种能够同时实现对六维力信息获取的传感器，以及通过解耦同时实现对三维力和三维力矩信息独立获取的技术。

自八十年代初各国开始对机器人腕力或称六维力传感器开展研究，近年来，美国 Assurance Tec.公司生产出小型化六维力传感器：Nano 和 Mini 型，前者外径 17mm，后者为 40mm。但其量程均较大，而关于小量程至数牛顿级的产品和研究没有报导。从结构上来说，目前广泛采用的是十字梁与浮动梁合成形式，形成复杂的机械结构和粘贴应变片方式，加工实现复杂，无法实现小尺寸结构，并且各个方向之间存在强耦合的情况。

专利 EP 0 381 187 A2 (G01L 1/20) 提出了一种采用压阻元件实现对三维力或三维力矩的传感器，从结构上来看，是平面单 E 型膜结构，工艺上采用硅材料以微电子方法实现的，虽然克服了专利 EP 0 333 872 A1 (G01L 1/18) 所提到的三维力传感器灵敏度不一致、粘接等缺点，但是两种方式对灵敏度和量程控制均非常复杂，实现成本也很高。另一突出的问题是 EP0 333 872 A1 和 EP0 381 187 A2 只能实现对三维力或三维力矩的测量，EP0333 872 A1 可以同时获取其中的两个量，EP 0 381 187 A2 可以同时获取其中的四个量，不能够同时实现对三维力和三维力矩六维信息的获取。

力觉传感器是机器人最重要的传感器之一，六维力传感器则是能获取全力信息的最具代表性的力觉传感器。而对于机器人学中日趋活跃的微驱动操作技术、多指灵巧手及临场感技术等研究中又迫切需要小尺寸和小量程的六维力传感器。

本发明的目的在于提供一种新型结构的，可以有效获取全力信息的力觉传感器，以满足上述研究领域的应用需要。

本发明的技术方案是：一种十字梁连接双 E 型圆膜结构的六维力传感器，包括底座（1）、下 E 型圆膜片（2）、十字梁（3）、上 E 型圆膜片（4）、加载连结板（5）、上金属圆片（6）、下金属圆片（7），它们共同构成本发明的双 E 型膜十字梁结构的六维力传感器，其特征在于：

十字梁（3）对接在上金属圆片（6）和下金属圆片（7）的十字槽中并固定其中间，上金属圆片（6）的上面与上 E 型圆膜片（4）连接，在上 E 型圆膜片（4）的上面安装有加载连结板（5），通过加载连结板（5）与外加载荷连接在一起；

下金属圆片（7）的下面与下 E 型圆膜片（2）连接，在下 E 型圆膜片（2）的下面连接底座（1）；

所述的下 E 型圆膜片（2）、十字梁（3）、上 E 型圆膜片（4）的材料为 97% 的 Al_2O_3 烧结体陶瓷。

这种立体结构可以将力 F_x 、 F_y 测量与力矩 M_x 、 M_y 测量分别置于两个 E 型膜片上，底座（1）和加载连接板（5）方便于基座与负载之间的机械连接。

本发明还提供一种用于同时获取三维力和三维力矩信息的六维力方法，其特征在于：下 E 型圆膜片（2）、十字梁（3）、上 E 型圆膜片（4）上烧结有钉系厚膜力敏电阻。上下 E 型圆膜片 2、4 和十字梁 3 的敏感面内的厚膜力敏电阻均以对称方式布置。上述各单元中的厚膜力敏电阻通过不同的敏感桥路布置方式实现对六维力信息的获取，并通过解耦消除相互之间的耦合，同时实现三维力和三维力矩的全力信息获取；

X、Y 方向力矩信息获取敏感桥路采用在上 E 型圆膜片（4）平面内互相垂直布置，其厚膜力敏电阻布置位置方向与下 E 型圆膜片（2）相同，其中：

上 E 型圆膜片(4)敏感面上电阻 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 用来实现对力矩 M_x 的测量；

上 E 型圆膜片(4)敏感面上电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 用来实现对力矩 M_y 的测量；

十字梁（3）上的四个厚膜电阻布置在同一梁平面内，并采用沿上下、左右对称轴对称布置，用来获取力矩 M_z 的信息；

下 E 型圆膜片（2）、和上 E 型圆膜片（4）的两个敏感方向要求保持一致，X、Y 方向力信息获取敏感桥路电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 及 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 在下 E 型圆膜片（2）平面内互相垂直布置，Z 方向力信息获取敏感电阻 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 是布置在下 E 型圆膜片（2）上沿 X、Y 敏感方向相交 45 度方向，其中：

下 E 型圆膜片(2)敏感面上电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 用来实现对力

F_x 的测量：

下 E 型圆膜片(2)敏感面上电阻 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 用来实现对力

F_y 的测量：

下 E 型圆膜片(2)敏感面上电阻 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 用来实现对力

F_z 的测量：

上 E 型圆膜片(2)敏感面上的电阻 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 还可以提供一路对力 F_z 的冗余信息：

所述的六维力传感器结构和敏感桥路布置方式，可以通过改变敏感元件位置或弹性体结构尺寸，实现传感器的各个方向输出灵敏度调整和量程改变，能满足不同量程和不同灵敏度要求的六维力传感器和六维力装置的实际需要；

通过选择金属弹性体材料加工成十字梁连接的双 E 型圆膜结构，同样可以制造出本发明所表述的应变式六维力信息获取的传感器或装置；

所述的十字梁 (3) 与双 E 型膜片 (2)、(4) 还可以采用整体加工形式的一体化结构，通过改变十字梁 (3) 的高度、宽度和厚度，以及上下 E 型膜片 (2)、(4) 不同的几何尺寸实现对传感器六个力分量的灵敏度独立调控，在不影响检测精度前提下，使传感器满足不同应用场合的量程要求。

本发明的有益效果是：

通过采用厚膜工艺在以陶瓷为弹性体材料的双 E 型膜片及十字梁上烧结敏感元件实现对六维全力信息的获取，这种结构、工艺和信号获取

方法容易实现从微小型化尺寸到大尺寸的各种不同量程六维力传感器的设计，并可以通过改变膜片和梁的厚度、尺寸等结构参数实现对传感器各个方向的灵敏度调整，以满足不同场合下机器人全力感知系统的使用要求。

本发明采用的十字梁连接的双 E 型膜结构，可以实现对三维力和三维力矩信息的同时获取，解决了以力矩形式获取力信息和获取力矩信息之间的矛盾，克服了目前六维力传感器的强耦合问题。

本发明采用连接双 E 型膜的十字梁，其水平和垂直方向上的刚度远大于其绕 Z 轴扭转刚度，因此既是本发明的双 E 型膜的联结和力传递构件，同时又是获取 M_z 力矩信息的敏感弹性体。这种独立的十字梁结构克服了 M_z 力矩与其他方向力和力矩之间的相互干扰问题，并且通过改变十字梁的结构尺寸容易实现灵敏度的调整，克服了目前一些专利中 M_z 的刚度与其他方向刚度相互制约而产生的不均衡问题，因此本发明有较大的设计调整空间和灵活性。

本发明特别对目前机器人学研究中日趋活跃的微驱动操作技术、多指灵巧手及临场感技术研究中迫切需要小尺寸和小量程的六维力传感器有十分重要的意义。其结构尺寸的调整和敏感单元布置位置的改变，以及弹性体的改变可以实现不同灵敏度和不同量程的六维力传感器或六维力装置的需要。

下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明：

图 1 为本发明的外形结构剖面示意图。

图 2 为本发明的立体结构示意图。

图 3 为金属圆片结构尺寸剖面图。

图 4 为上下 E 型圆膜片上敏感电阻布置位置示意图。

图 5 为中间十字梁陶瓷上敏感电阻布置位置示意图。

图 6 为传感器受到力 F_x 、 F_y 、 F_z 作用下 E 型圆膜片应变图。

图 7 为传感器受到力矩 M_x 、 M_y 、作用下的 E 型圆膜片应变图。

图 8 为传感器受到力矩 M_z 作用下的应变立体示意图和敏感平面应变图。

图 1 为本发明的外形结构剖面示意图。两个 E 型圆膜片 2、4 通过中间陶瓷十字梁 3 固接在一起，十字梁和 E 型圆膜片之间通过固接在两圆膜片上的金属圆片 6、7 上的十字槽连接。

整个六维力传感器的坐标是以上 E 型圆膜片 4 的表面中心 O 为基准，金属圆片 6、7 的固定同样是以 O 为圆心，并且十字槽的宽度等于十字梁 3 的厚度，方向与下 E 型圆膜片 2 和上 E 型圆膜片 4 上的敏感电阻方向一致。其中 E 型圆膜片外径与加载联结板 5、基座 1 外径相同，例如外径都可以选择 $\phi 18\text{mm}$ ，加载联结板 5 和基座 1 选择铝合金材料或其他金属材料。

连接 E 型圆膜片 2、4 和十字梁 3 的铝合金圆片 6、7 外径为 $\phi 6\text{ mm}$ ，相对陶瓷膜片粘贴的面上加工宽度为 $0.2\sim 0.5\text{ mm}$ 的十字沟槽，沟槽的宽度与陶瓷十字梁 3 厚度相同，以保证相互之间无间隙配合，陶瓷十字梁 3 的宽度为 6 mm ，与金属圆片 6、7 的外径相同，十字梁高度选择为 $4\sim 12\text{ mm}$ 。

图 2 为传感器的外形立体示意图，其表示本传感器空间坐标及对三维力和三维力矩定义，O 为空间坐标中心，其位置在上 E 型圆膜片 4 的中心。

图 1、2 中上 E 型圆膜片 4 和金属圆片 6 之间是通过树脂类胶固接在一起，上下 E 型圆膜片结构形状对称。对于采用金属弹性体结构这种形式的较大量程六维力传感器，上、下金属圆片 6、7 和十字梁 3、上下圆膜片可加工成整体结构形式。

金属圆片 6 和 7 的结构形状如图 3 所示。其与十字梁固接的一面中间加工有十字槽以方便与十字梁之间的连接。

图 4 和图 5 为上、下 E 型圆膜片 2、4 和十字梁 3 陶瓷上烧结电阻位置示意图。图 4 表示上、下 E 型膜片敏感面上电阻位置图，其中：

下 E 型圆膜片 2 敏感面上电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 用来实现对力 F_x 的测量；

下 E 型圆膜片 2 敏感面上电阻 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 用来实现对力 F_y 的测量；

下 E 型圆膜片 2 敏感面上电阻 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 用来实现对力 F_z 的测量；

上 E 型圆膜片 4 敏感面上电阻 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 用来实现对力矩 M_x 的测量；

上 E 型圆膜片 4 敏感面上电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 用来实现对力矩 M_y 的测量。

上 E 型圆膜片 2 敏感面上的电阻 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 可以提供一路对力 F_z 的冗余信息。

上下 E 型圆膜片 2、4 敏感面内的 24 个电阻按照图 5 所示位置对称布置，每个膜片的中间 6 个电阻位于相对圆心直径为 $\phi 6$ ，且每个电阻离圆心距离相等。

图 5 表示陶瓷十字梁 3 上的一个敏感面内厚膜电阻烧结位置示意图，图中的电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 用来实现对力矩 M_z 的测量，四个电阻按照图中位置对称布置。特征是：力敏电阻尽量远离对称轴，电阻的方向与十字梁矩形平面的对角线一致。

图 6 为传感器在三种不同的受力情况下的应变情况剖视图。图 6 中 A 表示传感器在如图所示平面内受到力 F_x 的作用，由于力作用平面在上 E 型圆膜片 4 上，上 E 型圆膜片 4 上的电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 都不发生变化，下 E 型圆膜片 2 产生如图所示的变形，下 E 型圆膜片 2 上的电阻 R_{1x} 、 R_{2x} 、 R_{3x} 、 R_{4x} 组成的桥路有输出，输出信号与所加力 F_x 满足函数关系，通过输出的值得到所加力大小，而膜片上的其他电阻阻值不发生变化，也就不产生输出。

对于 Y 方向来说，输入输出及传感器受力变形与 X 方向相同。

图 6B 表示沿 Y 方向加力 F_y 的传感器膜片变形情况。

图 6C 中表示的是传感器受到如图所示的力 F 作用时变形，其方向与 Z 方向一致。由于上下 E 型膜片 2、4 上的 R_{1z} 、 R_{2z} 、 R_{3z} 、 R_{4z} 都发生变化，其组成的电桥输出与所加力大小满足一定函数关系，可以通过输

出的值得到力 F_z 的大小，实现对 Z 向力的测量，实际使用中采用下敏感面电桥输出，上敏感面电桥输出作为冗余信息。

图 7 为传感器受到力矩 M_x 、 M_y 作用下的 E 型圆膜片应变图。

图 7A 为传感器受到 M_x 力矩时的变形剖视图，力 F_y 作用平面偏离基准平面一段距离，使得上下 E 型膜片 2、4 产生如图所示的变形。

传感器上敏感面上的电阻 R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} 都产生变化，两组桥路都会产生输出，其中下 E 型圆膜片 2 桥路的输出反映力 F_y 的大小，上 E 型圆膜片 4 桥路的输出反映由于 F_y 产生的力矩 M_x 大小，力矩 M_x 的大小实际值为力 F_y 和偏离基准平面距离的乘积。

图 7B 表示当传感器受到 M_y 力矩作用时变形情况，所产生的效果与 M_x 力矩情况相同。如图 7B 所示，力 F_x 作用在如图所示平面内，将产生一力矩 M_y 和 F_x ，其大小与传感器电阻变化产生的输出满足固定的函数关系。在这两种情况下，理论上其它路桥路电阻没有变化。

图 8 为传感器受到力矩 M_z 作用下的应变立体示意图和敏感平面应变图。

图 8 表示传感器受到力矩作用下中间十字梁 3 的变形情况，图中 8(A) 表示十字梁的敏感面应变情况，图 8 (B) 表示受到图 (A) 同样的力矩情况下应变立体图。在如图所示的力矩作用下，电阻 R_1 、 R_4 受到拉应力， R_2 、 R_3 受到压应力，通过特定的电桥即输出一与所加力矩 M_z 成函数关系的输出信号，从而可以实现对力矩 M_z 的测量，并且在这种情况下，其它桥路没有信号输出。

实施例：本发明采用厚膜工艺，用丝网印刷技术将力敏电阻浆料和导电浆料印刷在 E 型圆膜片和十字梁的陶瓷基体特定位置上，经烧结合形成 24 个厚膜应变电阻，构成六组分别获取六维力信息的桥路。为了实现小量程和高灵敏度的测量，E 型圆膜片厚度采用 0.2~0.4mm，十字梁的厚度采用 0.2~0.4mm。当采用金属作为弹性体时，上下 E 型和中间十字梁可以加工成为一体化结构，根据前面所述的敏感单元布置方式通过贴应变片电阻的方式实现对三维力三维力矩信息的获取，这种方式各个方向量程和灵敏度的调整可以通过改变上下 E 型膜或中间十字梁部分的结构尺寸来实现，这样本发明不仅可以应用于需要小量程、高灵敏度的六维力传感器或六维力装置中，也可以应用于大量程的六维力传感器或六维力测试装置中。

为了实现上述的结构，本发明加工制造方法包括下述的几个步骤：首先分别加工两个圆形陶瓷膜片 2、4 和陶瓷十字梁 3，在上面预定位置烧结合好厚膜力敏电阻；其次加工两个直径 $\Phi 6$ mm、厚度为 2 mm 的金属圆片 6、7，在合金圆片一个侧面中间加工一个十字沟槽，再将金属圆片 6、7 无沟槽面粘贴在陶瓷圆膜片非敏感面的中心位置，同时保证金属圆片 6、7 的十字沟槽与 E 型膜片的敏感方向一致；最后将陶瓷十字梁 3 对接在两个金属圆片 6、7 的十字沟槽中并固定。

为了方便电桥供电输入和信号输出引线连接，在每个 E 型圆膜片的边缘上烧结合银引线焊点，引线按照预定的敏感桥路布置和信号获取方式将厚膜电阻连接在一起，在每个 E 型圆膜片与十字梁固定在一起之前，

首先分别将每个膜片上的输入输出引线焊接在 E 型圆膜片的银焊点内边缘。外引线在传感器上下 E 型圆膜片固定后焊接在下 E 型圆膜片的外边缘提供给外接变送器。

通过采用厚膜工艺在以陶瓷为弹性体材料的双 E 型膜片及十字梁上烧结敏感元件实现对六维全向信息的获取。采用本发明这种结构、工艺和信号获取的方法，可方便地实现从微小型化尺寸到大尺寸的各种不同量程的六维力传感器的设计与实现，以满足不同场合下机器人全向感知系统的要求。

采用本发明所述的十字梁连接双 E 型膜结构后，将不存在专利 EP 0 381 187 A2 (G01L 1/20) 对力 F_x 、 F_y 与力矩 M_x 、 M_y 难以实现同时测量的矛盾，并且本发明通过改变上下双 E 型膜的结构尺寸和敏感单元位置，可以很方便地实现对传感器 F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 的量程和灵敏度调整。

在前面所述的结构中，十字梁 (3) 其水平和垂直方向上的刚度远大于其绕 Z 轴的扭转刚度，因此，既可作为上下双 E 型膜的联接体和力传递构件，又是获取 M_z 信息的敏感弹性体，且实际的输出信号与输入力负载之间线性优良，其他的力分量对其理论上没有影响，实测中的耦合干扰极小。通过十字梁尺寸的变化也可以很方便地调整 F_x ， F_y 和 M_z 力信息获取的量程和灵敏度，克服了目前其他有关六维力传感器专利 (如 EP 0 381 187 A2) 中 M_z 方向的刚度与其他方向刚度差异较大而引起各力分量灵敏度之间差异较大的问题。

以上所述的十字梁连接的双 E 型膜结构的六维全向力传感器及其信号

获取方式中所述的敏感单元是通过厚膜工艺实现，各种参数调整和工艺实现十分方便。

该传感器的结构和敏感桥路布置方式可适用于金属弹性体的应变式六维力传感器或获取六维力信息的装置，并可适用于不同尺寸和量程要求的六维力传感器或装置。

说明书附图

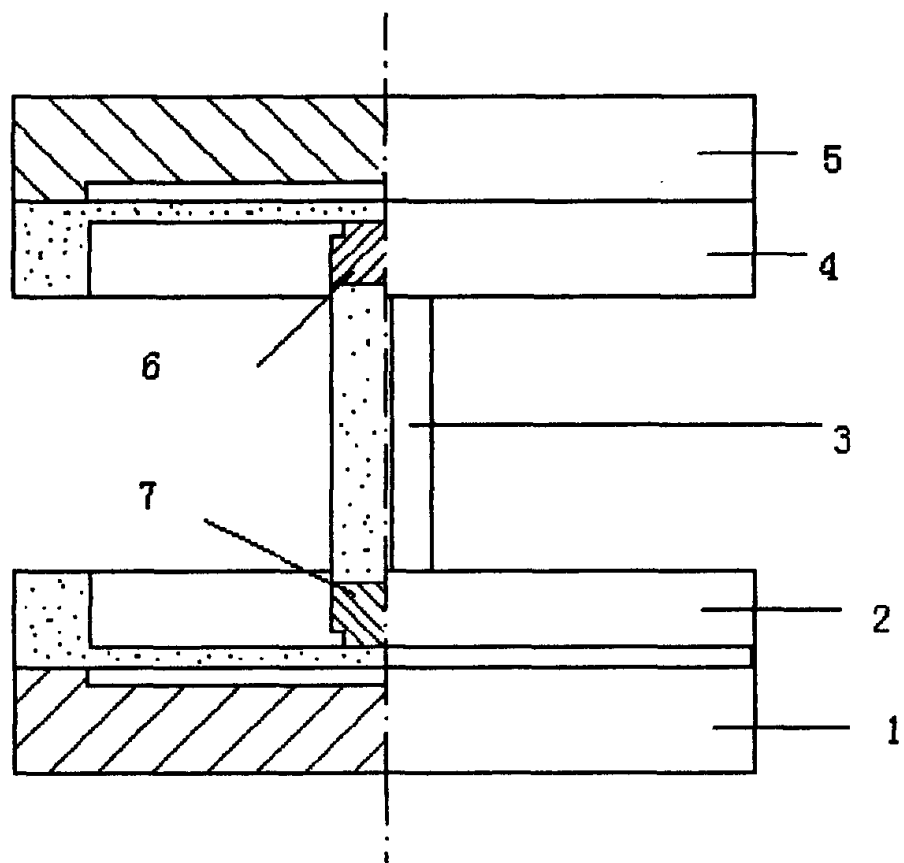


图 1

说明书附图

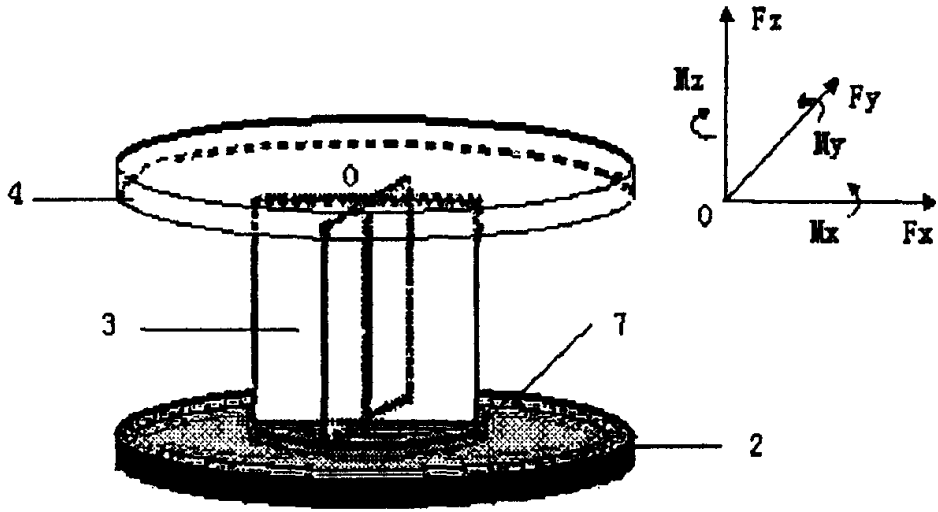


图 2

说明书附图

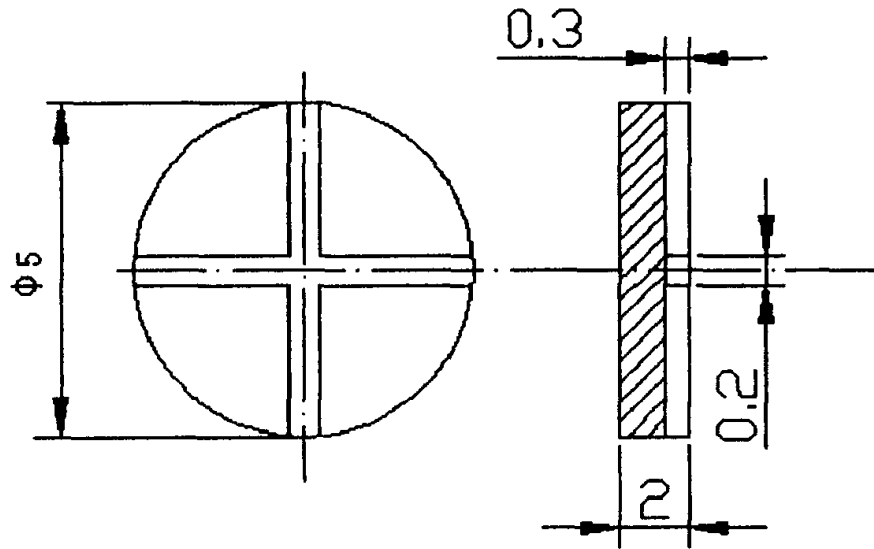


图 3

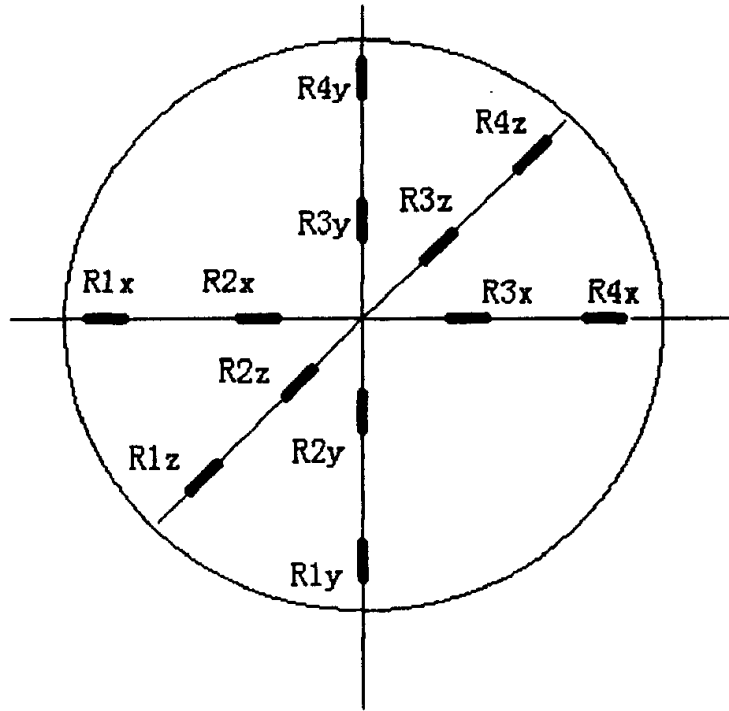


图 4

说明书附图

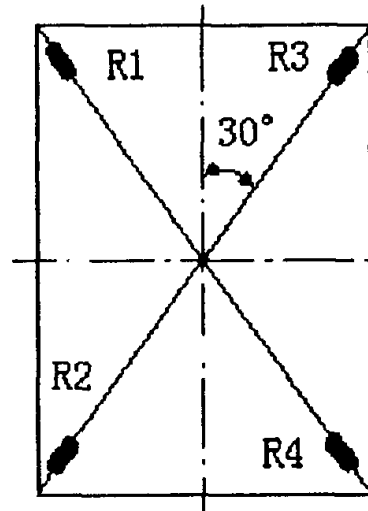
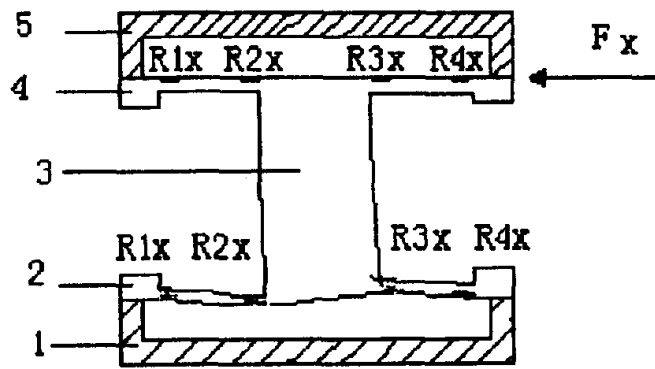
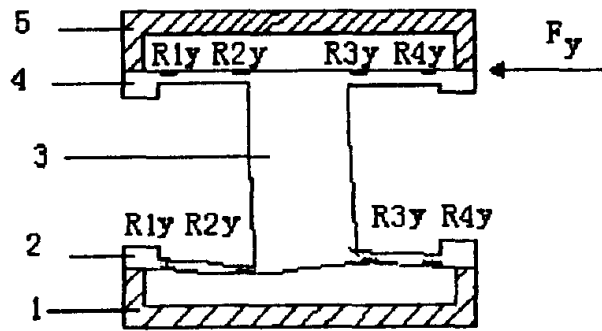


图 5

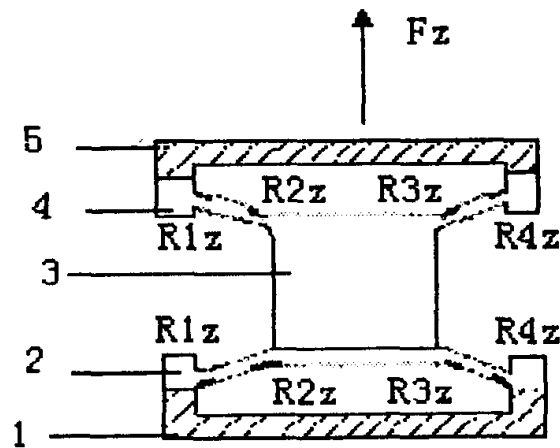
说明书附图



A



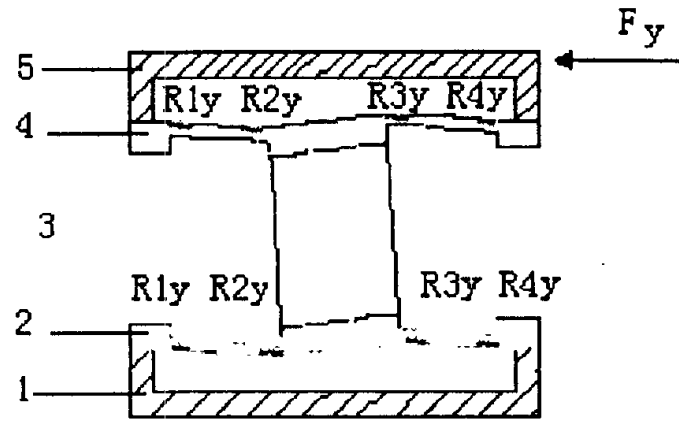
B



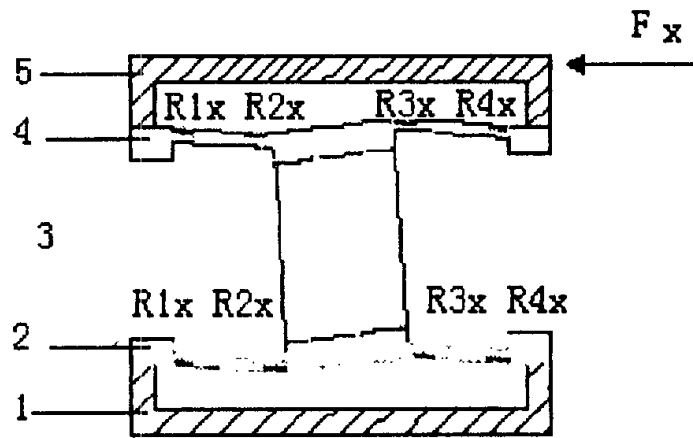
C

图 6

说明书附图



A



B

图 7

说明书附图

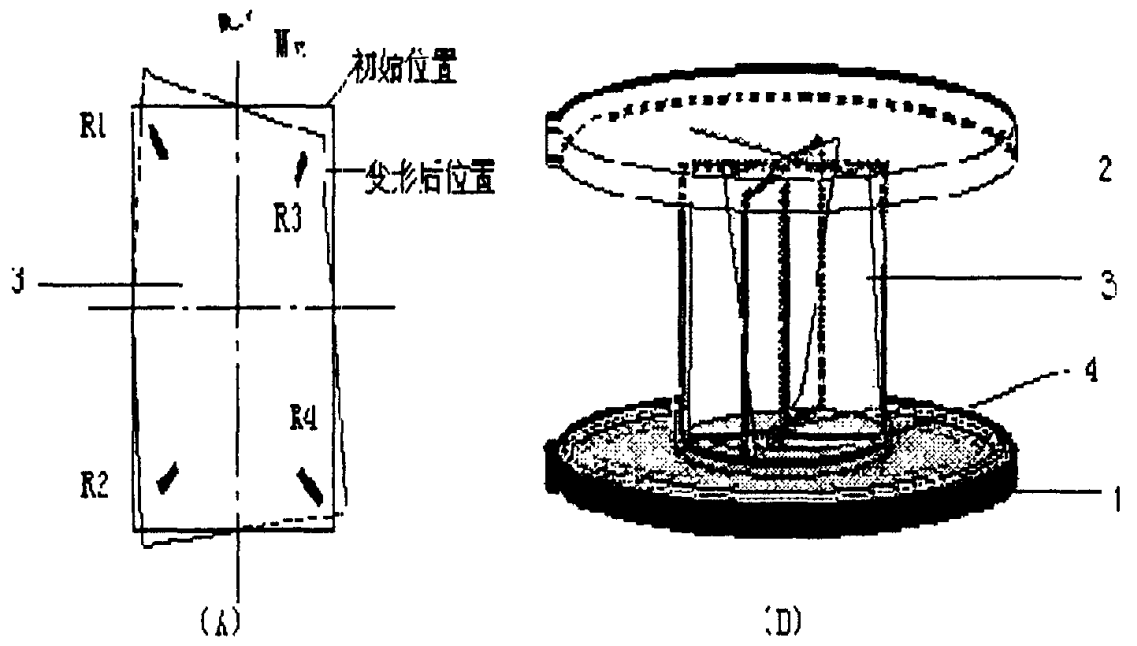


图 8