

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01L 1/18 (2006.01)

B25J 13/08 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410065900.0

[43] 公开日 2006年7月5日

[11] 公开号 CN 1796954A

[22] 申请日 2004.12.22

[21] 申请号 200410065900.0

[71] 申请人 中国科学院合肥智能机械研究所
地址 230031 安徽省合肥市西郊董铺 1130 号
信箱

[72] 发明人 梅 涛 单建华 张正勇 孙 磊
倪 林 陈士荣 张东风 陶永春
孔德义 孟庆虎

[74] 专利代理机构 安徽省合肥新安专利代理有限责
任公司
代理人 赵晓薇

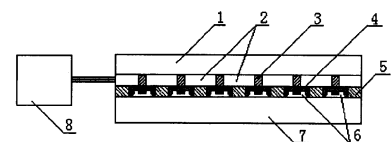
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

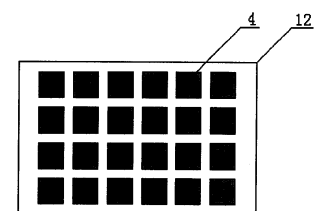
柔性三维力触觉传感器

[57] 摘要

本发明公开了一种柔性三维力触觉传感器，包括传感器上的压敏电阻(11)和与其电连接的处理电路(8)，柔性三维力触觉传感器由起支撑作用的弹性基底(7)、三维力敏感阵列(12)及柔性填充材料(5)、柔性电路板(2)和起保护作用的弹性保护层(1)组成，成为一个结构紧密的三维力传感部件。弹性基底(7)、柔性填充材料(5)和弹性保护层(1)均由树脂材料制成以实现柔性要求。弹性应变膜(10)上分布的压敏电阻(11)，分别对 X、Y、Z 三个方向的力 F_x 、 F_y 、 F_z 敏感；三维力敏感阵列(12)采用单晶硅材料通过 MEMS 工艺技术制作而成。该柔性三维力触觉传感器能够可靠地粘附在各种曲面上，实现对三维力的检测，广泛地用于机器人技术。



(a)



(b)

1、一种柔性三维力触觉传感器，包括传感器上的压敏电阻（11）和与其电连接的处理电路（8），其特征在于：

所说传感器为三维力传感器（4），所说三维力传感器（4）形成三只以上呈矩形的三维力敏感阵列（12），三维力敏感阵列（12）置于弹性基底（7）与柔性电路板（2）之间；

所说三维力传感器（4）呈E形膜（9），E形膜（9）上弹性应变膜（10）的中部置有传力柱（3），所说的压敏电阻（11）置于弹性应变膜（10）上，压敏电阻（11）分别有 F_{x1} 、 F_{x2} 、 F_{y1} 、 F_{y2} 、 F_{z1} 、 F_{z2} 、 F_{z3} 、 F_{z4} ，其中，所说压敏电阻 F_{x1} 、 F_{x2} 与压敏电阻 F_{y1} 、 F_{y2} 间互呈90度设置，所说压敏电阻 F_{x1} 、 F_{x2} 旁置有压敏电阻 F_{z1} 、 F_{z4} ，所说传力柱（3）旁的弹性应变膜（10）上置有压敏电阻 F_{z2} 、 F_{z3} ，所说压敏电阻 F_{z1} 、 F_{z2} 、 F_{z3} 、 F_{z4} 与所说压敏电阻 F_{x1} 、 F_{x2} 平行设置，即E型膜（9）中的弹性应变膜（10）上分布着8个压敏电阻（11），分别对X、Y、Z三个方向的力 F_x 、 F_y 、 F_z 敏感；

所说传力柱（3）与弹性保护层（1）接触，所说E形膜（9）与弹性基底（7）相连接，三维力传感器（4）与弹性保护层（1）间置有柔性电路板（2），所说柔性电路板（2）上开有供传力柱（3）穿过的孔。

2、根据权利要求1所述的柔性三维力触觉传感器，其特征是三维力敏感阵列（12）为呈 4×4 阵列设置的16只三维力传感器（4）。

3、根据权利要求1所述的柔性三维力触觉传感器，其特征是E形膜（9）与弹性基底（7）之间留有微小间隙（6），且E形膜（9）之间置有柔性填充材料（5）。

4、根据权利要求1所述的柔性三维力触觉传感器，其特征是压敏电阻（11）为硅P型掺杂电阻。

柔性三维力触觉传感器

技术领域 本发明涉及机器人非视觉传感器领域，特别涉及一种柔性三维力触觉传感器。

背景技术 触觉传感器是机器人获取触觉信息不可缺少的手段，根据触觉传感器提供的信息，机器人可对目标物体进行可靠抓取，并可进一步感知它的大小、形状、轻重、软硬等物理特性。触觉传感器的发展趋势是集成化、小型化和智能化，一个集成的传感器阵列包含多个传感单元，每个传感单元都能独立获取外界信息，而多个传感单元的有机融合则可实现单个传感单元无法实现的功能。为准确获取触觉信息及适用于任意形状的表面，还要求触觉传感器具有一定的柔性，藉此可以安装在任意形状表面上以适应不同的机器人应用，并能获取三维接触力信息，使之能更牢固可靠地抓握目标物体。

早期的触觉传感器主要有机械式触觉传感器和弹性式触觉传感器两种，它们不仅体积较大，空间分辨率较低，而且传感器是“刚性”的，即传感器不能弯曲变形而安装在曲面上，因此它们在机器人技术领域难以得到较为广泛的应用。

随着传感器技术的发展，出现了电容式和光学式等触觉传感器。

电容式触觉传感器在受力时，其中的一个电极会发生微小移动，从而引起电容量的改变，在电容式触觉传感器中由于存在可动电极，其寿命受到影响，可靠性也不高，而且难于获得切向力信息，即不能

检测三维力信息。

光学式触觉传感器主要是光纤触觉传感器，光学式触觉传感器的检测系统较为复杂，除了传感器本身外，还需外接照明光纤、微型CCD以及用于图像处理的高速计算机等，因此难以实现小型化。

以上各种传感器都难于实现集成化、小型化和智能化的要求。

发明内容 鉴于现有各种触觉传感器的不足，本发明目的是为克服现有技术中的不足之处（上述各种方案的局限性），提出了一种结构简单、使用更方便的柔性三维力触觉传感器。

本发明的技术方案是：一种柔性三维力触觉传感器，包括传感器上的压敏电阻（11）和与其电连接的处理电路（8），其特征在于：

所说传感器为三维力传感器（4），所说三维力传感器（4）形成三只以上呈矩形的三维力敏感阵列（12），三维力敏感阵列（12）置于弹性基底（7）与柔性电路板（2）之间；

所说三维力传感器（4）呈E形膜（9），E形膜（9）上的弹性应变膜（10）的中部置有传力柱（3），所说压敏电阻（11）置于弹性应变膜（10）上，压敏电阻（11）分别有 F_{x1} 、 F_{x2} 、 F_{y1} 、 F_{y2} 、 F_{z1} 、 F_{z2} 、 F_{z3} 、 F_{z4} ，其中，所说压敏电阻 F_{x1} 、 F_{x2} 与压敏电阻 F_{y1} 、 F_{y2} 间互呈90度设置，所说压敏电阻 F_{x1} 、 F_{x2} 旁置有压敏电阻 F_{z1} 、 F_{z4} ，所说传力柱（3）旁的弹性应变膜（10）上置有压敏电阻 F_{z2} 、 F_{z3} ，所说压敏电阻 F_{z1} 、 F_{z2} 、 F_{z3} 、 F_{z4} 与所说压敏电阻 F_{x1} 、 F_{x2} 平行设置；

E型膜（9）中的弹性应变膜（10）上分布着8个压敏电阻（11），

分别对 X、Y、Z 三个方向的力 F_x 、 F_y 、 F_z 敏感；

所说传力柱（3）与弹性保护层（1）接触，所说 E 形膜（9）与弹性基底（7）相连接，三维力传感器（4）与弹性保护层（1）间置有柔性电路板（2），所说柔性电路板（2）上开有供传力柱（3）穿过的孔。

三维力敏感阵列（12）为呈 4×4 阵列设置的 16 只三维力传感器（4）。

E 形膜（9）与弹性基底（7）之间留有微小间隙（6），且 E 形膜（9）之间置有柔性填充材料（5）。

压敏电阻（11）即 F_{x1} 、 F_{x2} 、 F_{y1} 、 F_{y2} 、 F_{z1} 、 F_{z2} 、 F_{z3} 、 F_{z4} 为硅 P 型掺杂电阻。

作为技术方案的进一步改进，所述的柔性三维力触觉传感器可以弯曲 90 度。其检测三维力的空间分辨率可达 5mm，检测三维力的下限可达 0.1N。

本发明相对于现有技术的有益效果是：

其一、由于三维力传感器（4）采用单晶硅材料并通过 MEMS 工艺技术制造，因此每个三维力敏感单元尺寸较小，因而能实现较高的触觉空间分辨率，并且检测精度高。

其二、弹性保护层（1）位于三维力传感器的最外层，它作为工作面直接与被测物体接触，在弹性保护层（1）上没有任何电子器件和电极，因而不会出现因接触和抓取目标物体可能导致的电子器件及其线路损坏情况，因此可靠性较高。

其三、弹性保护层（1）和柔性电路板（2）以及弹性基底（7）均为弹性材料，能有效吸收冲击力，因此能保护三维力传感器（4）形成的三维力敏感阵列（12）在较大的外力冲击下不被破坏，大大提高了传感器的可靠性。

其四、弹性基底（7）与E型膜（9）之间留有微小间隙（6），当被测力超过极限量程时，间隙（6）变为零，能起到过载保护作用。

其五、三维力的量程及灵敏度由E形膜（9）的大小与厚度和位于它上面的弹性保护层（1）的材料控制，调节范围广。

其六、E型膜（9）上压敏电阻（11）的分布充分考虑了不同方向之间的耦合关系，使得各个方向之间的耦合几乎为零。

其七、三维力传感器（4）中每个三维力敏感单元之间有足够大的间隙允许三维力敏感阵列（12）实现弯曲变形，整个柔性三维力传感器形成的三维力敏感阵列（12）能够可靠地粘附在各种曲面上，实现对三维力的检测。

附图说明 下面结合附图对本发明所述的柔性三维力触觉传感器结构作进一步的说明。

图1(a)是柔性三维力触觉传感器的横截面结构示意图；

图1(b)是三维力阵列（12）的结构示意图；

图2(a)是E形膜（9）的横截面结构示意图；

图2(b)是压敏电阻（11）分布的结构示意图。

1为弹性保护层；2为柔性电路板；3为传力柱；4为三维力传感器；5为柔性填充材料；6为间隙；7为弹性基底；8为信号处理电路；

9 为 E 形膜；10 为弹性应变膜；11 为压敏电阻；12 为三维力敏感阵列。

具体实施方法 在图 1 和图 2 中：柔性三维力触觉传感器由起支撑作用的弹性基底 7、三维力传感器 4 形成的三维力敏感阵列 12 及柔性填充材料 5、柔性电路板 2 和起保护作用的弹性保护层 1 组成，成为一个结构紧密的三维力传感部件。

柔性三维力触觉传感器的结构与功能特征在于：弹性保护层 1 位于柔性三维力触觉传感器的最外层，起保护与电绝缘作用；弹性保护层 1 的下面是柔性电路板 2，它提供三维力敏感阵列 12 与信号处理电路 8 之间的电气连接；柔性电路板 2 的下面是三维力敏感阵列 12 及其之间的柔性填充材料 5，三维力敏感阵列 12 由若干三维力敏感单元组成，实现从力信息到电信号的转换，三维力敏感单元之间有足够间隙允许三维力敏感阵列 12 实现弯曲变形，每个三维力敏感单元的 E 型膜 9 中央制作一个传力柱 3，传力柱 3 穿过柔性电路板 2 与弹性保护层 1 之间轻微接触，所述的 E 型膜 9 中的弹性应变膜 10 上分布着 8 个压敏电阻 11，分别对 X、Y、Z 三个方向的力 F_x 、 F_y 、 F_z 敏感；三维力敏感阵列 12 的下面是弹性基底 7，在弹性基底 7 与 E 型膜 9 之间留有微小间隙 6 实现过载保护。

所述的信号处理电路 8 的功能是将柔性三维力触觉传感器输出的电压信号进行放大、转换并输出到计算机进行处理，其特征在于信号的选通。柔性三维力触觉传感器与信号处理电路 8 可以互换。

所述的弹性基底 7、柔性填充材料 5 和弹性保护层 1 均由树脂材

料制成以实现柔性的要求。

所述的三维力敏感阵列 12 采用单晶硅材料通过 MEMS 工艺技术制作而成。

柔性三维力触觉传感器的设计：根据特定应用场合的需求，如要求的空间分辨率、三维力的量程、传感器灵敏度、检测精度、要求弯曲变形的程度等指标，确定柔性三维力触觉传感器的尺寸大小和三维力传感器 4 的尺寸大小以及它们之间的间隙。三维力的量程及灵敏度由 E 形膜 9 及弹性应变膜 10 的大小与厚度和弹性保护层 1 的厚度决定，根据有限元分析的结果，决定压敏电阻 11 的分布。

本发明所述的柔性三维力触觉传感器可通过如下制作：

采用 MEMS 工艺技术制作三维力敏感阵列 12，包括标准的半导体平面工艺及微机械加工工艺；

传力柱 3 用刚性材料采用 MEMS 工艺或金属加工工艺制作；

采用标准的柔性电路板制作技术制作柔性电路板 2；

采用键合技术或高性能黏合剂把三维力传感器 4 中每个三维力敏感单元粘合在弹性基底 7 上面，柔性电路板 2 和三维力敏感阵列 12 中每个三维力敏感单元则通过倒装焊进行电气连接，弹性保护层 1 通过高性能黏合剂粘合在柔性电路板 2 上面；

采用电子线路技术制作信号处理电路 8，并与柔性电路板 2 进行连接，其中信号处理电路部分包括开关选通电路、电压比较放大电路、数据采集卡等；

最后，对三维力敏感阵列 12 进行标定，即通过信号处理电路 8 依次提取和处理三维力敏感阵列 12 中每个三维力敏感单元在三维接触力作用下对应的输出信号，并采用神经网络技术对这些信号进行处理。

依据上述设计方法以及制作工艺制备的柔性三维力触觉传感器可以弯曲 90 度。其检测三维力的空间分辨率可达 5mm，检测三维力的下限可达 0.1N。

对三维力传感器 4 中的三维接触力信息进行检测的机理如下：三维接触力通过传力柱 3 集中作用在 E 形膜 9 的中心，E 形膜 9 将作用力转变成应变。E 形膜 9 上分布了八个压敏电阻，由于半导体的压阻效应，当压敏电阻 11 受到应变时电阻将发生变化。这八个压敏电阻组成三个检测电桥，分别对三维力 F_x ， F_y ， F_z 进行检测。弹性基底 7 与 E 形膜 9 之间有一微小间隙 6，当被测力超过极限量程时间隙为零，可起到过载保护作用。

E 形膜 9 中压敏电阻 11 的分布位置决定了受到的应变的大小和各个方向之间的耦合程度。压敏电阻 R_{x1} ， R_{x2} 沿 X 轴方向布置，并连成电桥。

当 F_x 作用时， R_{x1} 受到压应变，电阻减小，而 R_{x2} 受到拉应变，电阻增大，这时检查电桥输出改变。当 F_y 作用时， R_{x1} ， R_{x2} 近似在中性层上和对称分布，受到的应变近似为零，并且大小近似相等，这时电桥输出为零。

当 F_z 作用时，由于结构对称， R_{x1} ， R_{x2} 受到的应变相等，即两个电阻变化相等，这时电桥输出为零。可见电阻 R_{x1} ， R_{x2} 组成的电桥只对 F_x 敏感。

电阻 R_{y1} ， R_{y2} 沿 Y 轴分布，并连成电桥。同理，其只对 F_y 敏感。

电阻 R_{z1} ， R_{z2} ， R_{z3} ， R_{z4} 沿 X 轴分布在 E 形膜 9 中央凸台的根部和膜片边缘的根部，并连成电桥。

当 F_z 作用时， R_{z2} 和 R_{z3} 受到压应变，电阻减小。而 R_{z1} ， R_{z4} 受到拉应变，电阻增大，这时电桥输出改变。而 F_x 或 F_y 作用时，电桥输出均为零。

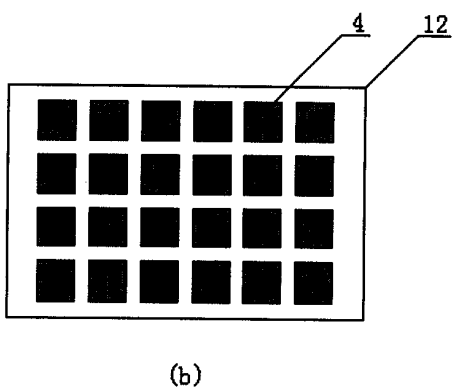
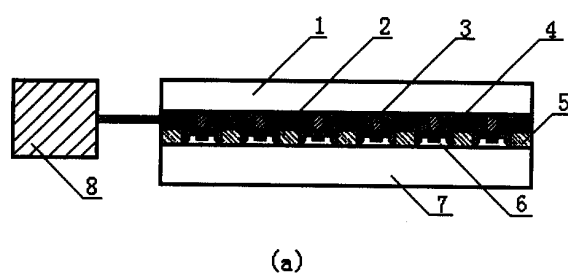


图 1

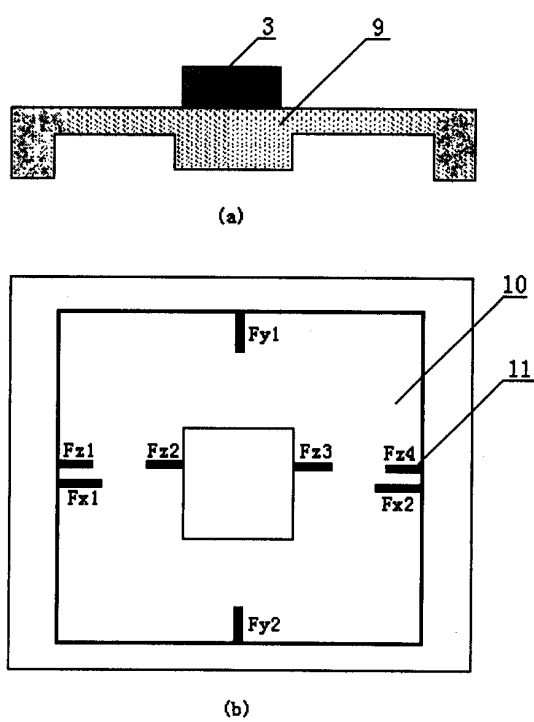


图 2