



(21) 申请号 201310754397.9

(22) 申请日 2013.12.31

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38号

(72) 发明人 梅德庆 席凯伦 戴宇 梁观浩
陈子辰

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公
司 33200

代理人 林怀禹

(51) Int. Cl.

G01L 1/18(2006.01)

G01L 1/14(2006.01)

审查员 徐锦丹

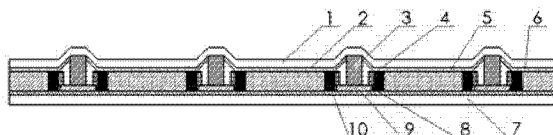
权利要求书1页 说明书4页 附图7页

(54) 发明名称

基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器

(57) 摘要

本发明公开了一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器。该柔性三维力触觉传感器由起支撑作用的弹性基底、柔性电路下层、四周填充有柔性填充物的三维力敏感阵列、柔性电路上层和起保护作用的弹性凸起层五部分构成一个结构紧凑的三维力传感构件。每个三维力敏感单元同时集成竖直布置的力敏感应变片和四组竖直布置的感应电容,分别对竖直法向力和水平切向力敏感。该柔性三维力触觉传感器具有静态性与动态性俱佳的特点,并可减少外界表面金属所造成的电容耦合对测量的干扰,实现对三维力的精确测量,可应用于人工假肢、机械手等机电设备上。



1. 一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器,其特征在于:从下至上依次由弹性基层(7)、柔性电路下层(6)、四周填充有柔性填充物(5)的三维力敏感阵列(11)、柔性电路上层(2)以及弹性凸起层(1)构成;

所述四周填充有柔性填充物(5)的三维力敏感阵列(11),是由 2×2 以上结构相同的三维力敏感单元构成;均包括呈立体中空状的硅基体(10)、绝缘弹性体(9)、四块敏感电极板(4)、中心敏感电极柱(3)和力敏感应变片(8);绝缘弹性体(9)位于硅基体(10)中心腔的底部;四块敏感电极板(4)呈正方形分布,竖直粘结在硅基体(10)的内表面,并与硅基体(10)的上表面对齐;中心敏感电极柱(3)竖直粘结在绝缘弹性体(9)上面,中心敏感电极柱(3)的四个侧表面分别与各自敏感电极板正对,形成四组感应电容;力敏感应变片(8)贴在绝缘弹性体(9)一个侧面。

2. 根据权利要求1所述的一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器,其特征在于:所述弹性基层(7)是一层平板状的树脂层。

3. 根据权利要求1所述的一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器,其特征在于:所述柔性电路下层(6),是嵌有导电橡胶线的平板状的树脂层,导电橡胶线与三维力敏感阵列(11)相对应,并与力敏感应变片(8)电气连通。

4. 根据权利要求1所述的一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器,其特征在于:所述柔性电路上层(2)呈等厚度的立体凸起状,立体凸起结构与三维力敏感单元个数相同,立体凸起结构上开有供中心敏感电极柱(3)穿过的孔,柔性电路上层(2)的上表面的导电橡胶线与三维力敏感阵列(11)相对应,并与中心敏感电极柱(3)的上表面进行电气连通,柔性电路上层(2)的下表面的导电橡胶线正交方向排列,分别与四块敏感电极板(4)的上表面进行电气连通。

5. 根据权利要求1所述的一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器,其特征在于:所述弹性凸起层(1)是一层等厚度的立体凸起状薄膜,立体凸起结构与三维力敏感单元个数相同,弹性凸起层(1)与柔性电路上层(2)紧密贴合。

6. 根据权利要求1所述的一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器,其特征在于:中心敏感电极柱(3)和四块敏感电极板(4)之间留有间隙,置有柔性填充物。

基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及柔性三维力触觉传感器,尤其是涉及一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器。

背景技术

[0002] 触觉传感器是机器手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。能粘贴在表面为非平面的物体上并准确检测三个方向接触力的柔性三维力触觉传感器阵列,即智能皮肤成为机器手获取全方位握力、力矩、滑动等信息的重要工具。

[0003] 近年来,“机器人柔性触觉敏感皮肤”已成为智能机器人触觉传感技术领域新的研究热点,具有感知功能的机器人柔性触觉皮肤可以增强其在各种环境下完成精细、复杂作业的能力,提高机器人系统的作业水平和智能化水平,对高级服务机器人、空间机器人以及危险环境下的精密操作微驱动机器人等都将产生重要的影响。因此,研究能检测三维力,且具有类似于皮肤弹性的柔性触觉传感器成为智能机器人传感器进一步发展的重要技术。

[0004] 电容式柔性触觉传感器具有高灵敏度、动态性能好等特点,有着广泛的应用。但是就目前已知研发出来的电容式柔性触觉传感器,其电容电极板都是水平布置的。如中国国家发明专利(申请号 201210037651.9)公开了一种基于压阻式和电容式的仿生柔性触觉传感器阵列。该传感器从下至上由柔性基层层、电容层、压阻层和表面封装层构成。电容式力敏感层的下层为电容下极板,上层构成电容上极板,中间为具有表面图案的 PDMS 介电层。当该传感器贴附在机器人的金属部件上时,由于金属表面寄生电容的存在,容易产生电容耦合干扰,影响触觉传感器的三维力测量精确度。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种基于压阻式和电容式组合的柔性三维力触觉传感器,能够可靠地附在各种曲面上,其中,电容电极板竖直布置,可以减少表面金属所造成的电容耦合的干扰,实现对三维力的精确测量,同时具有静态性和动态性俱佳的特点。

[0006] 本发明采用的技术方案是:

[0007] 本发明从下至上依次由弹性基层层、柔性电路下层、四周填充有柔性填充物的三维力敏感阵列、柔性电路上层以及弹性凸起层构成。

[0008] 所述弹性基层层是一层平板状的树脂层。

[0009] 所述柔性电路下层,是嵌有导电橡胶线的平板状的树脂层,导电橡胶线与三维力敏感阵列相对应,并与力敏感应变片电气连通。

[0010] 所述四周填充有柔性填充物的三维力敏感阵列,是由 2×2 以上结构相同的三维力敏感单元构成:均包括呈立体中空状的硅基体、绝缘弹性体、四块敏感电极板、中心敏感电极柱和力敏感应变片;绝缘弹性体位于硅基体的中心腔的底部;四块敏感电极板呈正方形分布,竖直粘结在硅基体的内表面,并与硅基体的上表面对齐;中心敏感电极柱竖直粘结

在绝缘弹性体上面,中心敏感电极柱的四个侧表面分别与各自敏感电极板正对,形成四组感应电容;力敏感应变片贴在绝缘弹性体一个侧面;中心敏感电极柱和敏感电极板之间留有间隙,置有柔性填充物。

[0011] 所述柔性电路上层呈等厚度的立体凸起状,立体凸起结构与三维力敏感单元个数相同,立体凸起结构上开有供中心敏感电极柱穿过的孔,柔性电路上层的上表面的导电橡胶线与三维力敏感阵列相对应,并与中心敏感电极柱的上表面进行电气连通;柔性电路上层的下表面的导电橡胶线正交方向排列,分别与四块敏感电极板的上表面进行电气连通。

[0012] 所述弹性凸起层是一层等厚度的立体凸起状薄膜,立体凸起结构与三维力敏感单元个数相同,弹性凸起层与柔性电路上层紧密贴合。

[0013] 通过中心敏感电极柱水平移动改变四组感应电容的电极板间距,电容值随之发生变化,用于检测水平切向力。通过中心敏感电极柱将竖直方向的力传导到绝缘弹性体上,力敏感应变片随之伸缩变形,电阻值发生变化,用于检测竖直法向力。

[0014] 本发明具有的有益效果是:

[0015] 1) 由于三维力传感器采用单晶硅材料并通过 MEMS 工艺制造而成,因此每个三维力敏感单元尺寸小,因而能够实现较高的触觉空间分辨率,并且检测精度高。

[0016] 2) 弹性凸起层位于三维力传感器的最外层,表面具有微型凸起结构,这种设计不仅保护传感器内部的电子器件和线路,而且有效地提高传感器的力学灵敏度。

[0017] 3) 三维力敏感单元的敏感电极板和中心敏感电极柱之间留有微小间隙,置有柔性填充物。当中心敏感电极柱发生水平移动时,能够有效吸收冲击力,并保持电容板间一直存在间隙。

[0018] 4) 三维力触觉传感阵列中既有适合于测量静态力的压阻式力敏感应变片,又具有适应于测量瞬变力的电容结构,能满足静态力与瞬变力的测量要求,具有良好的综合能力。

[0019] 5) 本发明设计的电容式力敏感构件,其电容电极板竖直布置,使各种金属表面电容耦合的影响减小,对微小力的测量更加精确,可应用于人工假肢、机械手等机电设备上。

附图说明

[0020] 图 1 是本发明的三维力触觉传感器截面结构示意图。

[0021] 图 2 是本发明分层结构拆分立体图。

[0022] 图 3 是本发明的弹性基底层示意图。

[0023] 图 4 是本发明的柔性电路下层示意图。

[0024] 图 5 是本发明的三维力传感阵列以柔性填充物示意图。

[0025] 图 6 (a) 是本发明的三维力传感单元的截面结构示意图。

[0026] 图 6 (b) 是本发明的三维力传感单元的俯视示意图。

[0027] 图 7 (a) 是本发明的柔性电路上层的上表面电路示意图。

[0028] 图 7 (b) 是本发明的柔性电路上层的下表面电路示意图。

[0029] 图 8 是本发明的弹性凸起层示意图。

[0030] 图 9 是本发明的柔性触觉传感器立体图。

[0031] 图中:1. 弹性凸起层,2. 柔性电路上层,3. 中心敏感电极柱,4. 四块敏感电极板,5. 柔性填充物,6. 柔性电路下层,7. 弹性基底层,8. 力敏感应变片,9. 绝缘弹性体,10. 硅

基体, 11. 三维力敏感阵列。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0033] 如图 1 和图 2 所示, 本发明从下至上依次由弹性基层 7、柔性电路下层 6、四周填充有柔性填充物 5 的三维力敏感阵列 11、柔性电路上层 2 以及弹性凸起层 1 构成一个结构紧凑的三维力传感构件。

[0034] 如图 3 所示, 所述弹性基层 7 是一层平板状的树脂层, 位于柔性三维力触觉传感器的底层, 起保护及绝缘的作用。

[0035] 如图 4 所示, 所述柔性电路下层 6, 是嵌有导电橡胶线的平板状的树脂层, 导电橡胶线与三维力敏感阵列 11 相对应, 并与力敏感应变片 8 的电气连通。

[0036] 如图 5 所示, 所述四周填充有柔性填充物 5 的三维力敏感阵列 11, 是由 2×2 以上结构相同的三维力敏感单元构成, 本发明采用 4×4 布置的三维力敏感阵列: 均包括呈立体中空状的硅基体 10、绝缘弹性体 9、四块敏感电极板 4、中心敏感电极柱 3 和力敏感应变片 8; 绝缘弹性体 9 位于硅基体 10 中心腔的底部; 四块敏感电极板 (4) 呈正方形分布, 竖直粘结在硅基体 10 的内表面, 并与硅基体 10 的上表面对齐; 中心敏感电极柱 3 竖直粘结在绝缘弹性体 9 上面, 中心敏感电极柱 3 的四个侧表面分别与各自敏感电极板正对, 形成四组感应电容; 力敏感应变片 8 贴在绝缘弹性体 9 的一个侧面, 中心敏感电极柱 3 和四块敏感电极板 4 之间留有间隙, 置有柔性填充物, 如图 6 (a)、图 6 (b) 所示。

[0037] 通过中心敏感电极柱 3 的水平移动, 改变 4 组感应电容的电极板间距, 电容值随之发生变化, 用于检测水平切向力。通过中心敏感电极柱 3 将竖直方向的力传导到绝缘弹性体 9 上, 力敏感应变片 8 随之伸缩变形, 电阻值发生变化, 用于检测竖直法向力。

[0038] 如图 7 (a)、图 7 (b) 所示, 所述柔性电路上层 2 呈等厚度的立体凸起状, 立体凸起结构与三维力敏感单元个数相同, 立体凸起结构上开有供中心敏感电极柱 3 穿过的孔, 柔性电路上层 2 的上表面的导电橡胶线与三维力敏感阵列 11 相对应, 并与中心敏感电极柱 3 的上表面进行电气连通, 柔性电路上层 2 的下表面的导电橡胶线正交方向排列, 分别与四块敏感电极板 (4) 的上表面进行电气连通。

[0039] 如图 8 所示, 所述弹性凸起层 1 是一层等厚度的立体凸起状薄膜, 立体凸起结构与三维力敏感单元个数相同, 弹性凸起层 1 与柔性电路上层 2 紧密贴合, 起电路绝缘、保护内部电器件的作用, 并且有效提高三维触觉传感器的力灵敏度。

[0040] 柔性三维力触觉传感器的设计与制作可通过如下方式实现:

[0041] 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单元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三维力传感单元中敏感电极板 4 以及中心敏感电极柱 3 的大小和间距决定。

[0042] 所述的弹性基层 7、柔性电路下层 2、柔性填充物 5、弹性凸起层 1、柔性电路上层 6 和绝缘弹性体 9 均由柔性树脂材料制成以实现柔性要求; 所述的敏感电极板 4 与中心敏感电极柱 3 采用铜金属材料; 所述的三维力敏感阵列 11 中的硅基体 10 采用单晶硅材料。

[0043] 弹性凸起层 1 采用微机械加工工艺制造; 采用标准的柔性电路板制造技术制作柔

性电路上层 2 和柔性电路下层 6 ;采用 MEMS 工艺技术制作硅基体 10 ;中心敏感电极柱 3 和敏感电极板 4 采用 LIGA 技术制造成型 ;采用键合技术将重心敏感电极柱 3 粘结在绝缘弹性体 9 ;采用键合技术或高性能黏合剂把三维力传感阵列 11 中的每个三维力敏感单元粘结在柔性电路下层 6 上面 ;柔性电路上层 2 和三维力敏感阵列 11 中每个三维力敏感单元则通过倒装焊进行电气连接 ;弹性凸起层 1 采用高性能黏合剂粘结在柔性电路上层 2 上面。这样就可以获取柔性三维力触觉传感器,如图 9 所示。

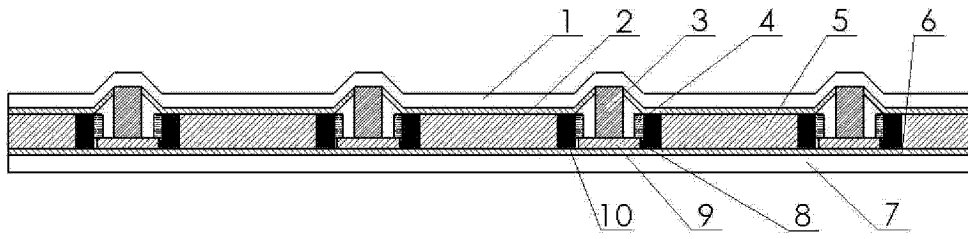


图 1

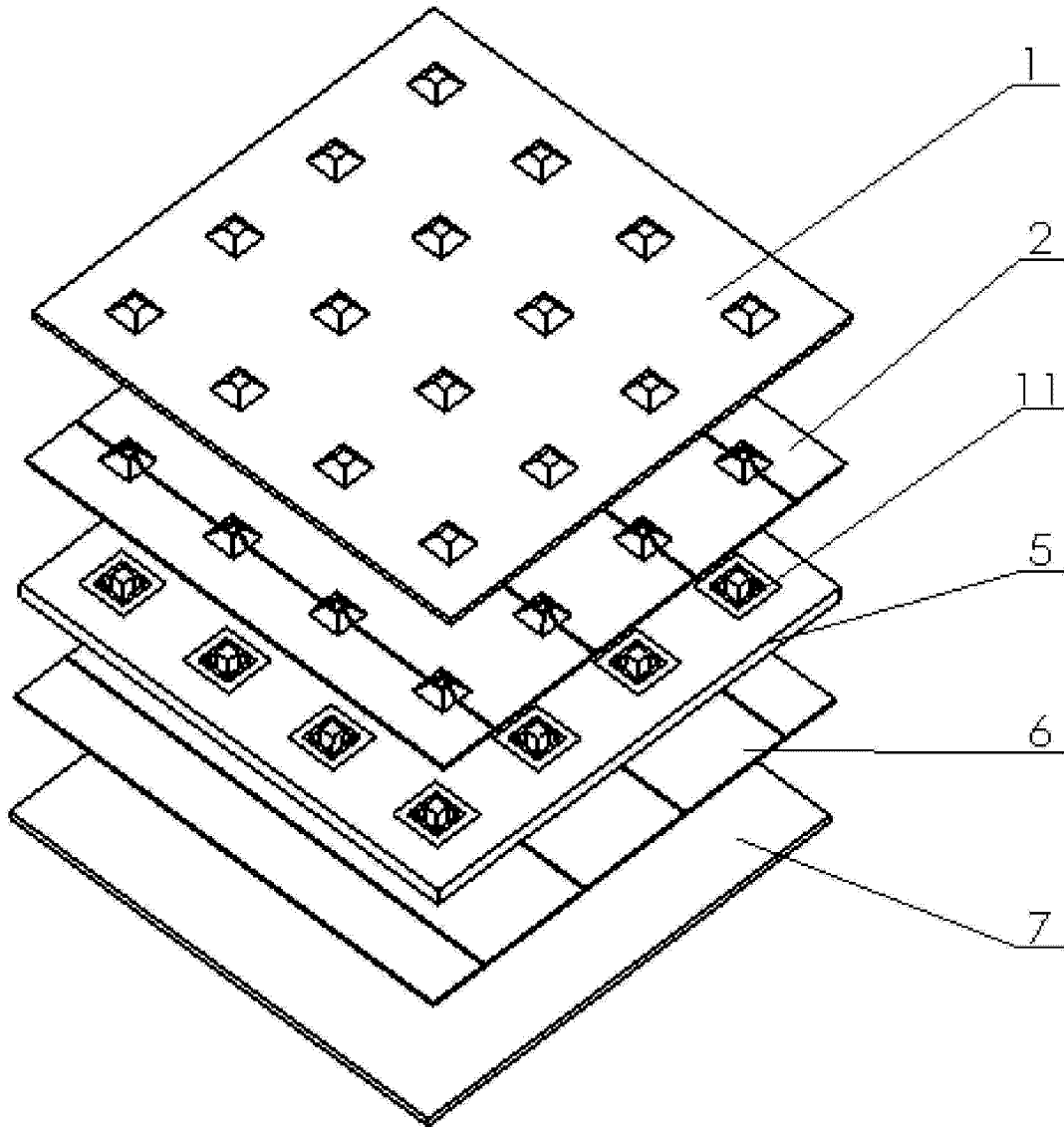


图 2

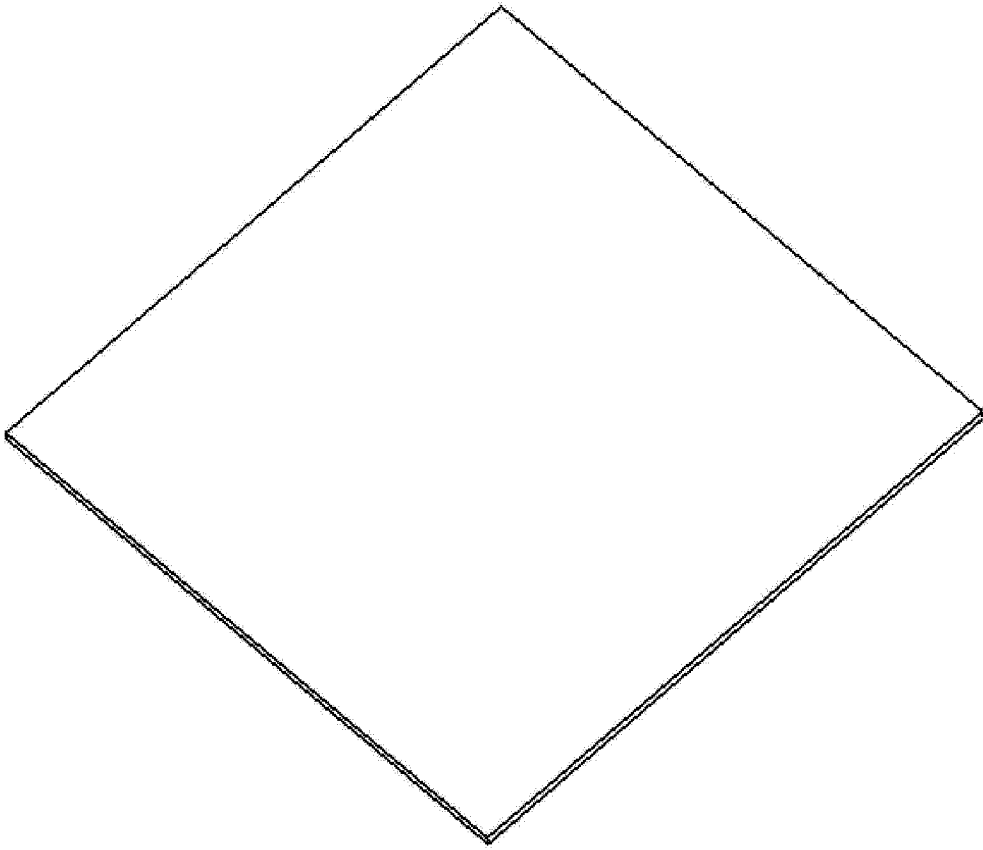


图 3

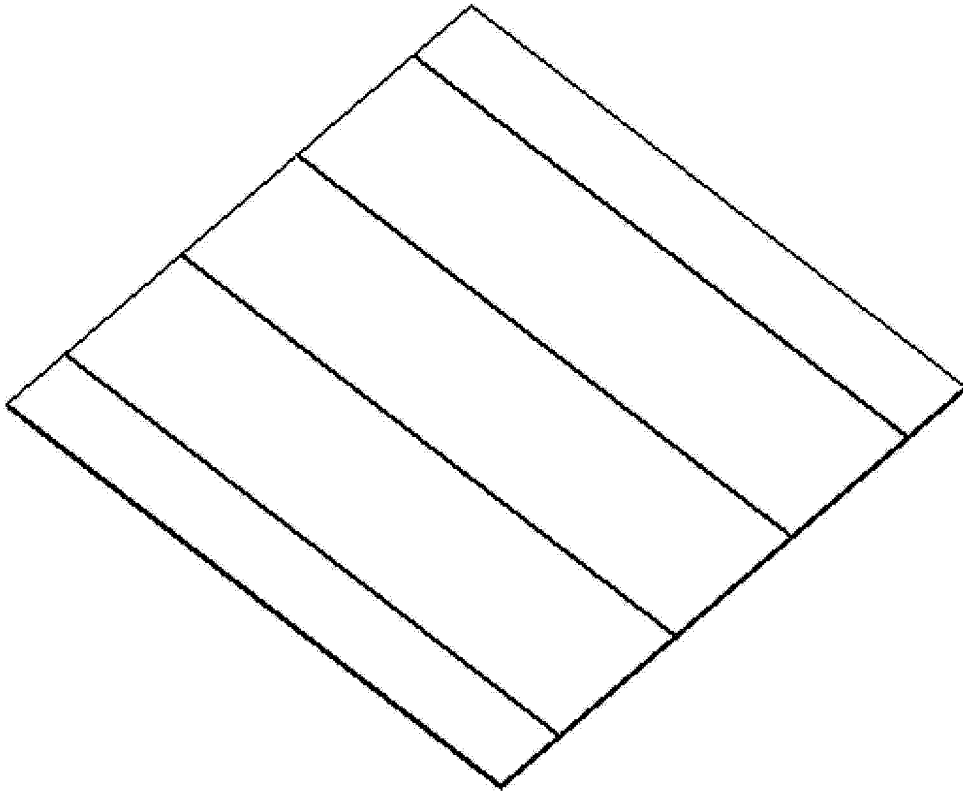


图 4

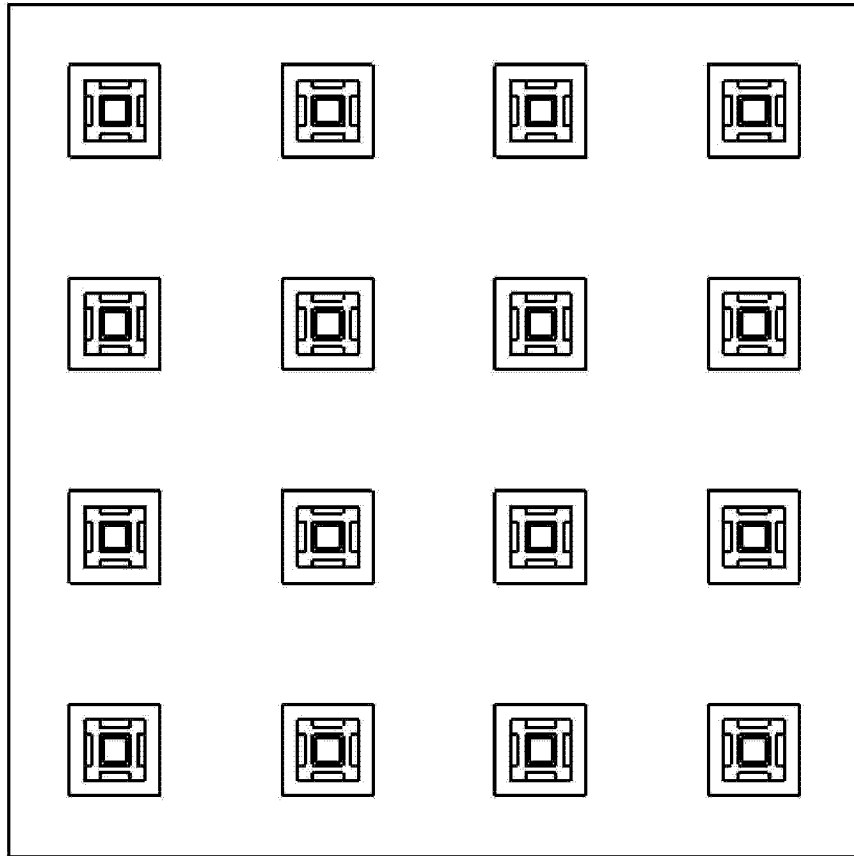
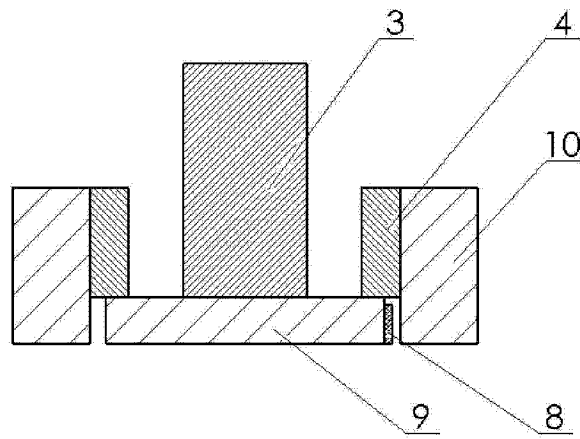


图 5



剖面 A-A

图 6 (a)

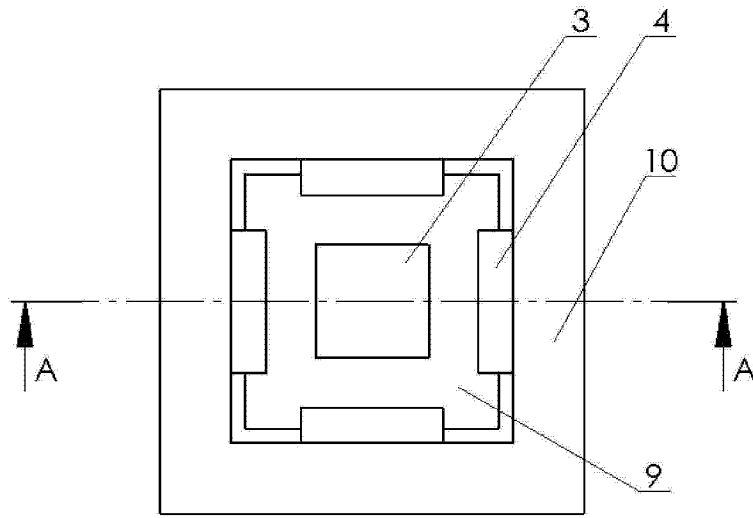


图 6 (b)

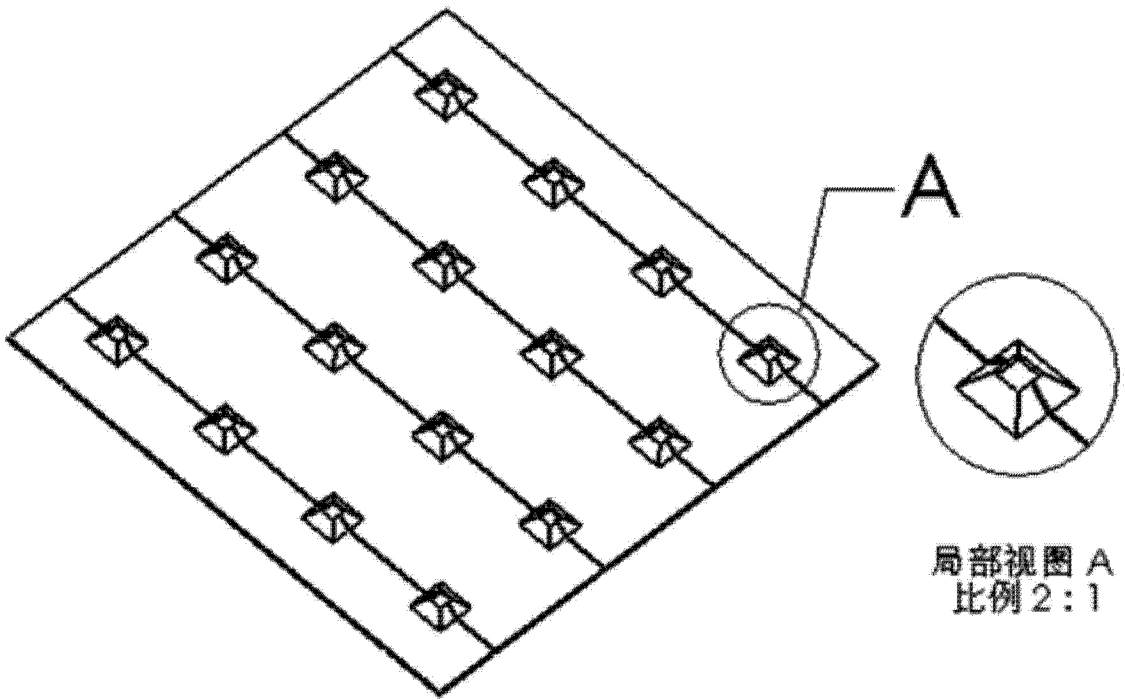


图 7 (a)

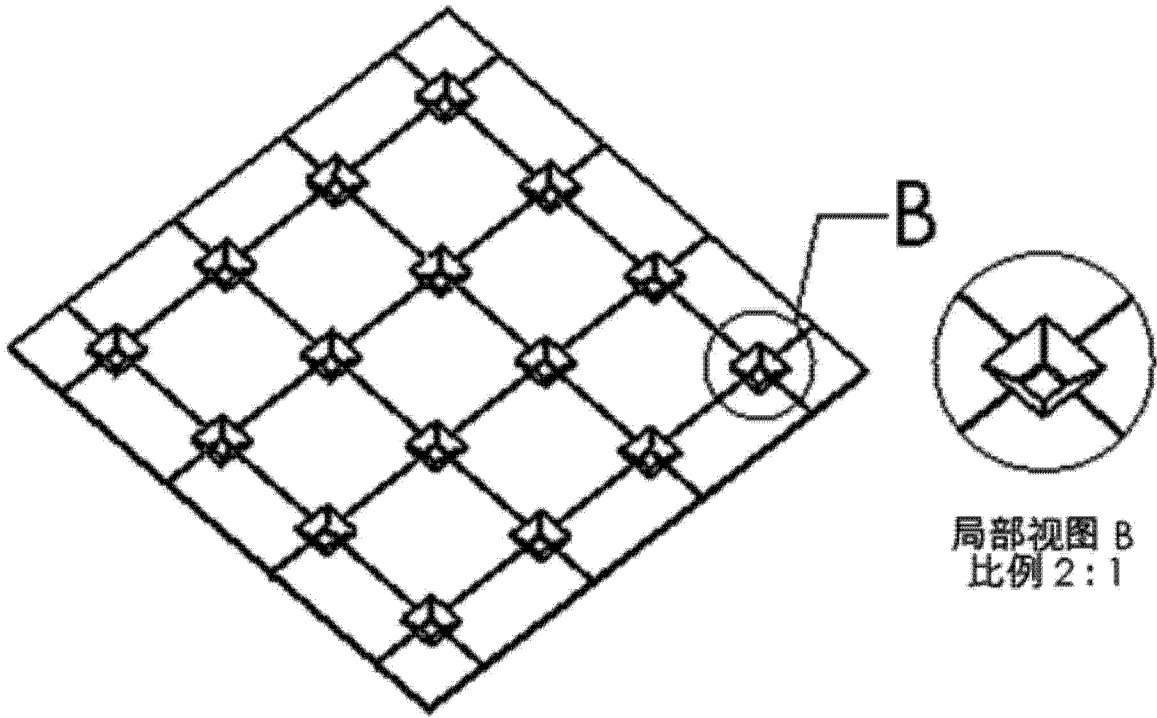


图 7 (b)

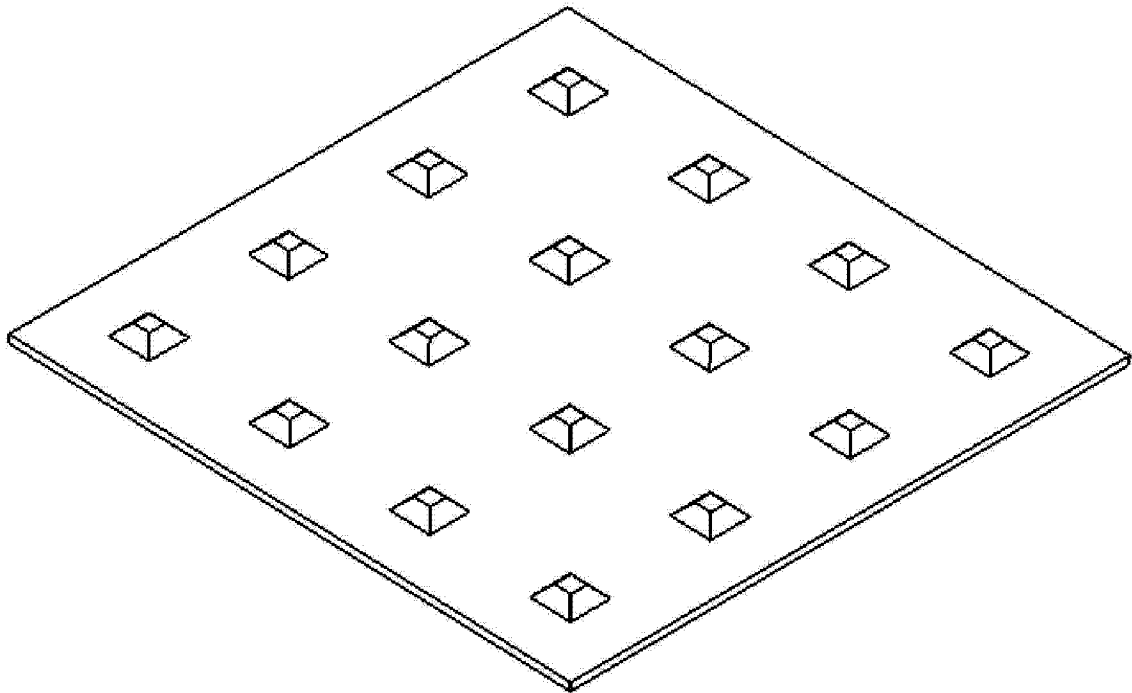


图 8

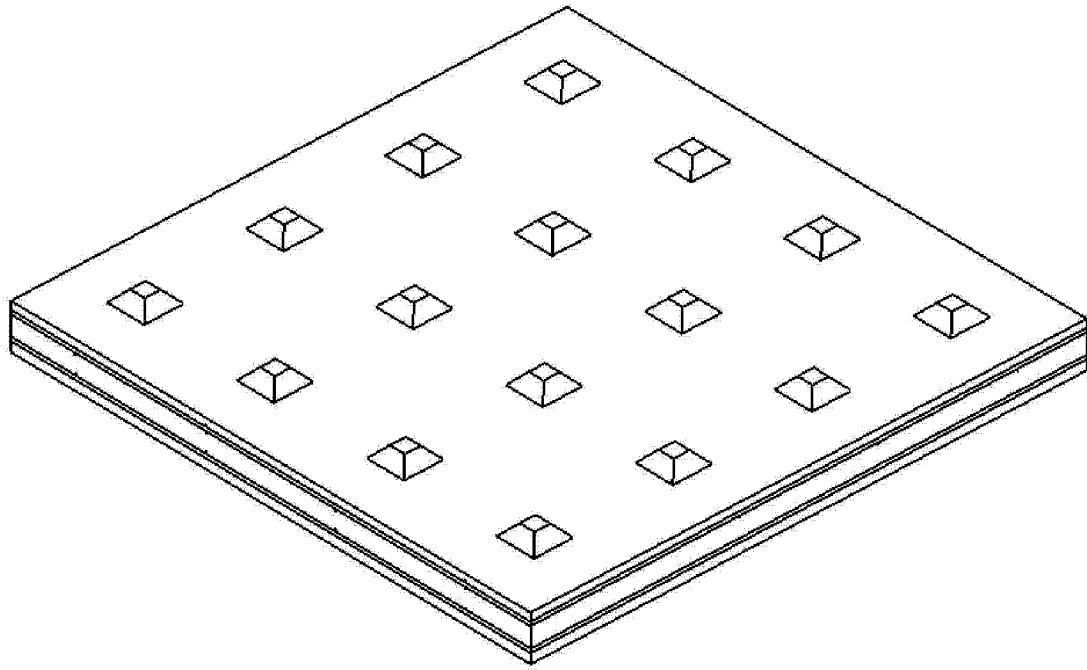


图 9