



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115127705 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 14

(21) 申请号 202210725867.8

(22) 申请日 2022.06.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115127705 A

(43) 申请公布日 2022.09.30

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 苏业旺 蓝昱群 李爽

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
专利代理师 胡剑辉

(51) Int. Cl.
G01L 1/18 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102472678 A, 2012.05.23

CN 109860384 A, 2019.06.07

CN 111006802 A, 2020.04.14

JP 2003163386 A, 2003.06.06

US 2018195921 A1, 2018.07.12

审查员 路林

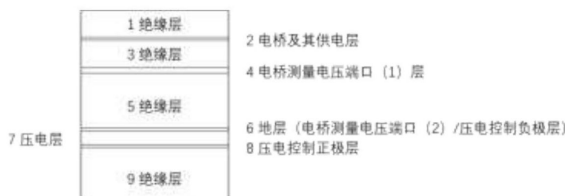
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器

(57) 摘要

本申请涉及一种可主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,包括应变检测层和主动驱动层,所述应变检测层与所述主动驱动层贴合;所述主动驱动层用于提供驱动力,当驱动力增加到一定大小,由所述应变检测层与所述主动驱动层组成的复合层薄膜发生变形模式的转变,局部区域脱离其支撑面;所述应变检测层可以检测薄膜变形,得到薄膜变形随所述驱动力的变化趋势,根据变形模式转变临界点对应的驱动力大小可以得到待测压强值。本发明提出的薄膜式柔性压力传感器厚度超薄,容易实现和曲面表面的贴合,几乎不影响系统原有压力分布。所用材料均为线性本构且复合层薄膜仅发生小变形,因此该传感器具有高线性度、高重复性和大量程。传感器的测量值不会受到柔性施压物体弹性模量和环境温度的影响。同时,根据输出信号进一步分析,还可以获得柔性施压物体的弹性模量大小。



1. 一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,包括至少1个压力传感器单元,所述压力传感器单元包括应变检测层和主动驱动层,所述应变检测层与所述主动驱动层贴合;

所述主动驱动层用于提供驱动力,当驱动力增加到一定大小,由所述应变检测层与所述主动驱动层组成的复合层薄膜发生变形模式的转变,局部区域脱离其支撑面;所述应变检测层检测薄膜变形,得到薄膜变形随所述驱动力的变化趋势,根据变形模式转变临界点对应的驱动力大小得到待测压强值。

2. 根据权利要求1所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述主动驱动层包括正极端口、压电材料、负极端口以及绝缘层,所述压电材料位于所述正极与所述负极之间,通过控制所述正极与所述负极之间的电压能够使压电材料伸长或收缩,当所述压电材料位于所述复合层薄膜中性层的上方或下方时,所述压电材料的伸长或收缩会产生驱动力;当电压增加到一定大小时,所述驱动力会使所述复合层薄膜发生变形。

3. 根据权利要求1所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述应变检测层包括全桥电路、电桥供电端口、电桥测量端口;所述全桥电路包括四个电阻式应变栅,其中两个所述电阻式应变栅根据力学变形对称性放置,保证两者的电阻值始终一致,另外两个所述电阻式应变栅分别非对称放置在复合层薄膜平面视图下的不同位置,当电桥处于供电工作状态时,如果另外两个非对称放置电阻式应变栅的电阻值有差异,则会引起电桥不平衡,即电桥两电压测量端口的电压值不为0;

当所述复合层薄膜的变形模式发生变化时,另外两个非对称放置电阻式应变栅所在位置应变的差也发生改变,引发两者电阻差值变化。

4. 根据权利要求3所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,将导电薄膜进行图案化以形成所述全桥电路中的四个所述电阻式应变栅,所述电阻式应变栅之间存在电气连接,所述全桥电路、所述电桥供电端口以及所述电桥测量端口之间均存在电气连接。

5. 根据权利要求4所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述应变感应层位置在复合层薄膜厚度方向上最外侧或最内侧绝缘层的里侧1层。

6. 根据权利要求3所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述电桥供电端口和电桥测量端口所用材料为电导率与所述全桥电路材料电导率相同量级或更高量级的导电薄膜材料。

7. 根据权利要求2所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述压电材料选用压电陶瓷。

8. 根据权利要求2所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述绝缘层为弹性模量较低和不易发生塑性变形的绝缘材料。

9. 根据权利要求6所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述导电薄膜材料选用阻值变化与应变变化具有线性关系的材料。

10. 根据权利要求1所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述传感器的所用材料均为线性本构且复合层薄膜仅发生小变形。

11. 根据权利要求1所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述应变检测层包括一个电桥供电正极端口、一个电桥供电负极端口以及两个电桥电压测

量端口,所述主动驱动层包括一个压电材料正极端口和一个压电材料负极端口。

12.根据权利要求1所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,当所述压力传感器包括至少两个压力传感器单元时,每个压力传感器单元上的电桥供电正极端口相互连通后接入外部电压源,每个压力传感器单元上的电桥供电负极端口连通后接入外部电压源,所述电桥供电正极端口和所述电桥供电负极端口接入同一外部电压源。

13.根据权利要求11所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,当所述压力传感器包括至少两个压力传感器单元时,位于同一行或同一列的电压测量端口的正极相互连通后再连通至通道选择器1的不同输入口,位于同一列或同一行的电压测量端口的负极相互连通后再连通至通道选择器2上的不同输入口。

14.根据权利要求11所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,当所述压力传感器包括至少两个压力传感器单元时,位于同一行或同一列的压电材料的正极端口相互连通后再连通至通道选择器3的不同输出口,位于同一列或同一行的压电材料的负极端口相互连通后再连通至通道选择器4上的不同输出口。

15.根据权利要求2所述的一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,其特征在于,所述支撑面为传感器所贴附物体的表面,即传感器位于支撑面与施加待测压强的物体表面之间。

一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器

技术领域

[0001] 本发明属于压力传感器设计技术领域,尤其涉及一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器。

背景技术

[0002] 薄膜式柔性压力传感器较为轻薄,以贴附于复杂的被测物表面测量压强,因此近年来获得了广泛的关注。例如,在医疗领域中,采用薄膜式柔性压力传感器以贴附于足部测量足底压力分布,辅助医生为患者定制姿态矫具;在人体工程学中,采用薄膜式柔性压力传感器以测量工程学椅面或床面的压力分布,为器具的设计提供参考数据。现有薄膜式压力传感器的主流设计思路为利用压力敏感材料的变形,将压力信号转换为电信号,通过测量电信号的大小测得压强。

[0003] 由于实心平板状的压力敏感材料变形能力有限,用其制备的压力传感器通常无法实现较高灵敏度,因此许多学者致力于对压力敏感材料进行微结构设计,降低其结构刚度,使材料在压力作用下产生大变形,以提高传感器的灵敏系数。但是此类压力传感器采用的压力敏感材料中通常包含PDMS、Ecoflex等软材料,其材料本构的非线性及大变形的发生都会使得传感器的输出信号与压力信号为非线性关系,因此传感器在每次使用前都需要进行繁复的标定和清零操作。此外,也有部分学者对具有线性本构的无机材料(如金属)进行力学结构设计,在压力传感时材料仅发生小变形,实现了传感器的线性输出。但是此类压力传感器整体厚度较大($>500\mu\text{m}$),因此弯曲刚度大,不利于传感器应用于生物医疗等场景;此外,较大的弯曲刚度还会改变具有柔性表面的系统原有压强,使得压强测量结果与实际不符。

发明内容

[0004] 为解决上述技术问题,本发明提供

[0005] 一种主动驱动变形的薄膜式柔性压力传感器,包括至少1个压力传感器单元,所述压力传感器单元包括应变检测层和主动驱动层,所述应变检测层与所述主动驱动层贴合;

[0006] 所述主动驱动层用于提供驱动力,当驱动力增加到一定大小,由所述应变检测层与所述主动驱动层组成的复合层薄膜发生变形模式的转变,局部区域脱离其支撑面;所述应变检测层以检测薄膜变形,得到薄膜变形随所述驱动力的变化趋势,根据变形模式转变临界点对应的驱动力大小以得到待测压强值。

[0007] 所述主动驱动层包括正极端口、压电材料、负极端口以及上下绝缘层,所述压电材料位于所述正极与所述负极之间,通过控制所述正极与所述负极之间的电压能够使压电材料伸长或收缩,当所述压电材料位于所述复合层薄膜中性层的上方或下方时,所述压电材料的伸长或收缩会产生驱动力。当电压增加到一定大小时,所述驱动力会使所述复合层薄膜的变形模式发生变化。

[0008] 所述应变检测层包括全桥电路、电桥供电端口、电桥测量端口。所述全桥电路包括

四个电阻式应变栅,其中两个所述电阻式应变栅根据力学变形对称性放置,保证两者的电阻值始终一致,另外两个所述电阻式应变栅分别非对称放置在复合层薄膜平面视图下的不同位置,当电桥处于供电工作状态时,如果另外两个非对称放置电阻式应变栅的电阻值有差异,则会引起电桥不平衡,即电桥两电压测量端口的电压值不为0;

[0009] 当所述复合层薄膜的变形模式发生变化时,另外两个非对称放置电阻式应变栅所在位置应变的差也发生改变,引发两者电阻差值变化。

[0010] 每个所述电阻式应变栅之间存在电气连接,所述全桥电路、所述电桥供电端口以及所述电桥测量端口之间均存在电气连接。

[0011] 所述电桥供电端口和电桥测量端口所用材料为电导率与所述全桥电路制作材料电导率相同量级或更高量级的导电薄膜材料。

[0012] 所述压电材料选用压电陶瓷。

[0013] 所述上下绝缘层为弹性模量较低和不易发生塑性变形的绝缘材料。

[0014] 所述导电薄膜材料选用阻值变化与应变变化具有线性关系的材料。

[0015] 所述传感器的所用材料均为线性本构且复合层薄膜仅发生小变形。

[0016] 所述应变检测层包括一个电桥供电正极端口、一个电桥供电负极端口以及两个电桥电压测量端口,所述主动驱动层包括一个压电材料正极端口和一个压电材料负极端口。

[0017] 当所述压力传感器包括至少两个压力传感器单元时,每个压力传感器单元上的电桥供电正极端口相互连通后接入外部电压源,每个压力传感器单元上的电桥供电负极端口连通后接入外部电压源,所述电桥供电正极端口和所述电桥供电负极端口接入同一外部电压源。

[0018] 当所述压力传感器包括至少两个压力传感器单元时,位于同一行或同一列的所有电压测量端口的正极相互连通后再连通至通道选择器1,位于同一列或同一行的所有电压测量端口的负极相互连通后再连通至通道选择器2上的不同输入口。

[0019] 当所述压力传感器包括至少两个压力传感器单元时,位于同一行或同一列的所有压电材料的正极端口相互连通后再连通至通道选择器3,位于同一列或同一行的所有压电材料的负极端口相互连通后再连通至通道选择器4上的不同输入口。

[0020] 所述支撑面为传感器所贴附物体的表面,即传感器位于支撑面与施加待测压强的物体表面之间。

[0021] 有益效果:本发明提出的薄膜式柔性压力传感器厚度超薄,容易实现和曲面表面的贴合,几乎不影响系统原有压强。所用材料均为线性本构且复合层薄膜仅发生小变形,因此该传感器具有高线性度、好的重复性和大测量量程。传感器的测量值不会受到柔性施压物体弹性模量和环境温度的影响。同时,根据输出信号进一步分析,还以获得柔性施压物体的弹性模量大小;

[0022] 高线性度的优势:传感器容易进行标定,且进行清零操作后标定关系保持不变。

附图说明

[0023] 图1是薄膜式柔性压力传感器的分层结构示意图;

[0024] 图2是压力传感器单元的爆炸图;

[0025] 图3是绝缘层1平面图;

- [0026] 图4是电桥及其供电层2平面图；
- [0027] 图5是绝缘层3平面图；
- [0028] 图6是电桥测量电压端口(1)层4平面图；
- [0029] 图7是绝缘层5平面图；
- [0030] 图8是地层6平面图；
- [0031] 图9是压电层7平面图；
- [0032] 图10是压电正极层8平面图；
- [0033] 图11是绝缘层9平面图；
- [0034] 图12是压力传感器单元工作时1/4模型切面图；
- [0035] 图13是压力传感器单元应变检测层电路示意图；
- [0036] 图14是应变差随压电正极层8与地层6之间电压的变化图；
- [0037] 图15是不同压强下的临界电压值；
- [0038] 图16是3×3的压力传感器阵列的电桥及其供电层平面图；
- [0039] 图17是3×3压力传感器阵列的应变检测层电路示意图；
- [0040] 图18是3×3压力传感器阵列的主动驱动层电路示意图。

具体实施方式

[0041] 以下结合具体实施例和说明书附图对本发明作出进一步清楚详细的描述说明。本领域普通技术人员在基于这些说明的情况下将能够实现本发明。此外，下述说明中涉及到的本发明的实施例通常仅是本发明一部分的实施例，而不是全部的实施例。因此，基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。如无特殊说明，本发明实施例所简述的方法均为本领域技术人员所掌握的方法。

[0042] 下面结合附图1-18对本申请进一步说明：

[0043] 本发明提出了一种薄膜式柔性压力传感器，其功能组成包括应变检测层和主动驱动层，所述应变检测层和主动驱动层贴合。

[0044] 主动驱动层采用压电材料，通过控制压电材料两侧电压进行驱动，当电压增加到一定大小时，主动驱动层与应变检测层组成的复合层薄膜发生变形模式的转变；应变检测层以检测薄膜变形，得到薄膜变形随所述驱动力的变化趋势，根据变形模式转变临界点对应的驱动力大小以得到待测压强值。

[0045] 传感器的厚度超薄，其输出信号与压力信号具有高的线性关系，传感器的重复性好，测量量程大。

[0046] 主动驱动层包括正极、压电材料、负极和绝缘层，压电材料连接于正负极之间。通过调控正负极间电压以使压电材料伸长或收缩，当压电材料位于复合层薄膜中性层的上/下方时，它的伸长/收缩将会产生驱动力，驱动力达到一定大小时，引起复合层薄膜发生变形模式的转变。

[0047] 应变检测层包括由应变栅构成的全桥电路、电桥供电端口、电桥测量端口和各层之间的绝缘层。全桥电路的电阻为4个应变栅。其中2个应变栅根据力学变形对称性放置，保证二者电阻值始终一致；另外2个应变栅分别非对称放置在复合层薄膜平面视图下的不同

位置,复合层薄膜的的变形模式发生变化时,2个应变栅所在位置应变的差也发生改变,引发二者电阻差值变化。应变检测层工作时,由电桥供电端口提供电桥工作电压,在电桥测量端口测得由应变栅阻值差引起的电压,根据这个电压随对压电材料施加的控制电压的变化趋势,获得复合层薄膜变形模式发生转变的临界电压,即得到对压力传感器施加的压强大小。全桥电路的设计也减小温度变化对传感器测量结果的影响。

[0048] 优选将导电薄膜材料进行图案化以形成所述全桥电路中4个应变栅、应变栅之间电气连接和电路与端口间的电气连接,导电薄膜材料优选为阻值变化与形状变化具有线性关系的材料,如金属薄膜材料。全桥电路位置优选在复合层薄膜厚度方向上最外侧绝缘层的内侧1层,使得在相同的复合层薄膜变形下应变栅的弯曲应变达到最大。

[0049] 电桥供电端口优选材料为电导率与全桥电路材料电导率相同量级或更高量级的导电薄膜材料,方便传感器的叠层设计与放置。也以与全桥电路通过图案化设计在同一层内,减小压力传感器的厚度。

[0050] 电桥测量端口优选材料为电导率与全桥电路材料电导率相同量级或更高量级的导电薄膜材料,方便复合层薄膜的叠层设计与放置。也以与全桥电路通过图案化设计在同一层内,减小压力传感器的厚度。

[0051] 如果应变检测层存在多层设计,那么各层间应有绝缘层以保证正确的电气连接。所述的绝缘层优选弹性模量较低、不易发生塑性变形的绝缘材料,如PI。

[0052] 由于所用材料均为线性本构且复合层薄膜仅发生小变形,因此传感器的线性度高、重复性好。

[0053] 传感器的设计还需根据电路排布,将各个导电层的长度或宽度做适当减小,这样在传感器的阵列排布中以起到各个传感器间的绝缘作用。

[0054] 一个薄膜式压力传感器单元有6个端口,应变检测层包含1个电桥供电正极端口、1个电桥供电负极端口和2个电桥电压测量端口(称为电压测量端口(1)和电压测量端口(2)),主动驱动层包含1个压电材料正极端口和1个压电材料负极端口。对于一个薄膜式压力传感器矩形阵列,需要设计传感器的端口和线路连接方式,以减少电气复杂度和减小复合层薄膜厚度,降低制造成本,方便测量操作。

[0055] 对于电桥的供电电路,优选将所有压力传感器单元的电桥供电正极端口连通、所有电桥供电负极端口连通,接入到外部电压源,降低线路设计和控制的复杂度。也以分别将同一行或同一列的电桥供电正极端口和同一列或同一行的电桥供电负极端口分别连通,再连接至一个或多个电压相同的电压源上,对需要进行工作的电桥供电。也以选择将所有薄膜式压力传感器的电桥供电正极端口连接到一个通道选择器上、所有电桥供电负极端口连接到另一个通道选择器上,将这两个通道选择器分别接入电压源的正负极,通过外部控制设备选择每次对阵列中的一个压力传感器单元的电桥电路进行供电。

[0056] 对于电桥电压测量电路,优选将各行(列)压力传感器单元的电压测量端口(1)分别连通至一个通道选择器(称为1号通道选择器)的各输入口上,假定第*i*行(列)的电压测量端口(1)接入到*i*号输入口;将和各列(行)的电压测量端口(2)分别连通至另一个通道选择器(称为2号通道选择器)的各输入口上,假定第*j*列(行)的电压测量端口(2)接入到*j*号输入口。将这两个通道选择器的输出口接入到一台电压测量仪器的输入口。当需要测量第*i*行(列)第*j*列(行)的压力传感器单元电桥电压时,通过通道选择器的外部控制设备,设定1号

通道选择器选定*i*号输入口作为输出,设定2号通道选择器选定*j*号输入口作为输出,即在电压测量仪器上测得的第*i*行(列)第*j*列(行)的压力传感器单元的电桥电压。也以选择为每个压力传感器单元配置单独通道选择器通道或单独的电压测量仪器进行电压测量。

[0057] 对于压电材料电压控制电路,优选将各行(列)压力传感器单元的压电材料正极端口分别连通至一个通道选择器(称为3号通道选择器)的各输出口上,假定第*m*行(列)的压电材料正极端口接入到*m*号输出口;将和各列(行)的压电材料负极端口分别连通至另一个通道选择器(称为4号多路分解器)的各输出口上,假定第*n*列(行)的压电材料负极端口接入到*n*号输出口。将这两个通道选择器的输入口接入到一台电压控制仪器的输出口。当需要控制第*m*行(列)第*n*列(行)压力传感器单元的压电材料电压时,通过通道选择器的外部控制设备,设定3号通道选择器选定对*m*号输出口输出,设定4号通道选择器选定对*n*号输出口输出,即控制第*m*行(列)第*n*列(行)压力传感器单元的主动驱动层产生驱动力。

[0058] 图1为一种薄膜式柔性压力传感器复合层薄膜的分层结构示意图,包括:绝缘层1、3、5、9、电桥及其供电层2、电桥测量电压端口(1)层4、地层6、压电层7、压电正极层8,其中地层6为电桥测量电压端口(2)和压电负极层共用的接地层。图2为压力传感器单元的爆炸图。绝缘层1是方块尺寸为 $200\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ 的PI薄膜,其平面图如图3所示;电桥及其供电层2是方块尺寸为 $200\mu\text{m}\times 198\mu\text{m}\times 0.1\mu\text{m}$ 的金薄膜,其平面图如图4所示;绝缘层3是方块尺寸为 $200\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ 的PI薄膜,其平面图如图5所示;电桥测量电压端口(1)层4是方块尺寸为 $198\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}\times 0.2\mu\text{m}$ 的金薄膜,其平面图如图6所示;绝缘层5是方块尺寸为 $200\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}\times 2\mu\text{m}$ 的PI薄膜,其平面图如图7所示;地层6是方块尺寸为 $200\mu\text{m}\times 198\mu\text{m}\times 0.1\mu\text{m}$ 的金薄膜,其平面图如图8所示;压电层7是方块尺寸为 $200\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}\times 0.5\mu\text{m}$ 的薄膜,其平面图如图9所示,中间 $120\mu\text{m}\times 120\mu\text{m}$ 为压电材料PZT,其余部分材料为PI;压电正极层8是方块尺寸为 $198\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}\times 0.1\mu\text{m}$ 的金薄膜,其平面图如图10所示;绝缘层9是方块尺寸为 $200\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}\times 2\mu\text{m}$ 的PI薄膜,其平面图如图11所示。压力传感器整体厚度仅有 $4.7\mu\text{m}$,在工作时放置于平整光滑硬底上,如图12所示为压力传感器单元工作时1/4模型切面图。

[0059] 层1-6组成应变检测层,层6-9组成主动驱动层。主动驱动层中,压电层7内的压电材料PZT与压电正极层8和地层6连接。在工作时,由于压电层7位于整个复合层薄膜中性层的下方,压电正极层8与地层6之间的电压*V*会使得压电层7中压电材料PZT发生收缩,产生驱动力。当电压达到一定值后,其所在压力传感器单元的复合层薄膜中间 $120\mu\text{m}\times 120\mu\text{m}$ 方形区域会产生变形模式的转变。如图12所示,对压力传感器施加50kPa的压强。压电正极层8与地层6间施加电压*V*为0时,方形区域整体与硬底接触;当施加电压达到*V*0时,PZT的驱动力和压力作用在方形区域的弯矩平衡时,复合层薄膜中心处于即将与底面分离的变形模式临界点,方形区域仅4个角点和中心区域与硬底接触;继续增大电压,方形区域会的微小挠度进一步增加,其中心区域也与硬底发生分离,仅有4个角点区域与硬底接触。

[0060] 应变检测层运作组成为一个全桥电路,其电路示意图如图13所示。电桥上4个电阻分别对应电桥及其供电层2上的4个应变栅,应变栅之间的金薄膜起到电气连接作用。在同一层内,应变栅2-1与应变栅2-2之间金薄膜向外连接至电桥供电电源正极,应变栅2-3与应变栅2-4之间金薄膜向外连接至电桥供电电源负极。应变栅2-1与应变栅2-4之间金薄膜通过埋孔3-1中的金柱(半径 $1\mu\text{m}$)连接向下连接至电桥测量电压端口(1)层4,应变栅2-2与应变栅2-3之间金薄膜通过埋孔3-2(半径 $1\mu\text{m}$)、埋孔4-1(半径 $3\mu\text{m}$)和埋孔5-1(半径 $1\mu\text{m}$)中的

金柱(半径 $1\mu\text{m}$)向下连接至电桥测量电压端口(2)层6。埋孔4-1的半径大于金柱半径,以防止电桥测量电压端口(1)层4在埋孔4-1处与金柱导通。应变检测层工作时,由供电电路为其供电。电桥及其供电层2的层内应变会引起电阻式应变栅值发生变化。由于对称性,应变栅2-2与应变栅2-3的应变分布相同,其电阻值也将始终保持一致,所以根据两个电桥测量电压端口测得的电压 V_1 即获得应变栅2-1与应变栅2-4的应变差。

[0061] 图14所示为在50kPa压强作用下,应变栅2-1与应变栅2-4的应变差随压电正极层8与地层6之间电压的变化图,不同线形代表不同施加压力物体的弹性模量。当电压值 V 达到复合层薄膜变形模式转变临界所需的临界电压值 V_0 时,应变栅2-1与应变栅2-4的应变差达到最大值,即此时电桥测量电压端口(1)与电桥测量电压端口(2)间的电压 V_1 达到最大值。图15中不同线形代表不同施力物体的弹性模量,记录电桥测量电压端口(1)与电桥测量电压端口(2)间的电压 V_1 达到最大值时所需的压电正极层8与地层6之间的电压 V ,即得知施加在压力传感器单元上的待测压强。二者在传感器的量程范围内保持高度线性关系,且对于柔软施力物体而言,测量结果与施加压力物体材料的弹性模量无关。如图14所示,根据弯矩平衡后应变栅2-1与应变栅2-4的应变差随电压 V 变化的斜率还进一步推算施力物体弹性模量大小。

[0062] 如图16所示为一个 3×3 的压力传感器阵列的电桥及其供电层平面图。由于电桥及其供电层2的宽度小于 $200\mu\text{m}$,因此同行的压力传感器单元在该层边界导通,同列的不导通。在电桥测量电压端口(1)层4、地层6和压电正极层8中也有类似处理。图17为该 3×3 压力传感器阵列的应变检测层电路示意图。每一列压力传感器单元的电桥测量电压端口(1)与通道选择器1的一个输入接口连接,规定列号与输入接口号一致;每一行电桥的电桥测量电压端口(2)与通道选择器2的一个输入接口连接,规定行号与输入接口号一致。传感器阵列工作时,所有电桥的工作供电端口并联连接到同一电压源上,保证它们的工作电压均为 V_{dd} ,在此例中 V_{dd} 为1V。当需要测量第 (k) 个压力传感器单元(位于第 i 行第 j 列)的电桥测量电压端口间的电压时,控制通道选择器1切换到第 j 个接口,通道选择器2切换到第 i 个接口,测量通道选择器1与通道选择器2之间的电压即得到第 (k) 个压力传感器单元的电桥测量电压端口间的电压。图18为传感器阵列的主动驱动层电路示意图。每一行压电正极与通道选择器3的一个输出口连接,规定行号与输入接口号一致;每一列压电负极与通道选择器4的一个输入接口连接,规定列号与输入接口号一致。当需要控制第 (k) 个压力传感器单元(位于第 i 行第 j 列)的压电材料PZT正负极电压时,控制通道选择器3切换到第 i 个接口,通道选择器4切换到第 j 个接口,控制通道选择器3与通道选择器4之间的输入电压即控制第 (k) 个压力传感器单元的压电材料PZT正负极电压。

[0063] 应变检测层中电桥电路的四个电阻式应变栅受到温度的影响引发的电阻值改变是一样的,根据全桥电路原理,通过全桥电路连接后由温度引起的阻值改变在全桥电路的输出端(电压测量端口)得以消除,因此以不受温度的影响。

[0064] 传感器加额外封装,也不再进行另外封装。

[0065] 微小挠度是力学上的一个概念,它指的是小变形,变形后的受力以根据变形前的进行分析,几乎不会有影响。

[0066] “超薄”的定义:厚度小于20微米。聚酰亚胺(PI),锆钛酸铅(PZT)。

[0067] 中性层:薄板发生纯弯曲变形时,应变为0的位置

[0068] 电桥供电电路指的是压力传感器阵列设计里面,所有压力传感器单元的电桥供电端口与外部供电器件的连接电路。

[0069] 电桥电压测量电路指的就是压力传感器阵列里所有压力传感器单元的电桥测量端口与外部电压测量设备的连接电路。

[0070] 以上所述,仅是本发明的一个实施例,并非对本发明作任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何的简单修改、等同变化与修饰,均仍属本发明技术方案的保护范围。

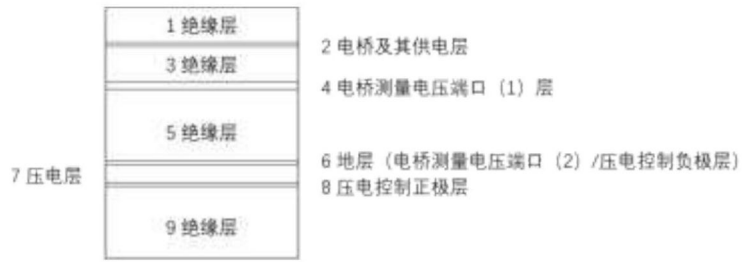


图1

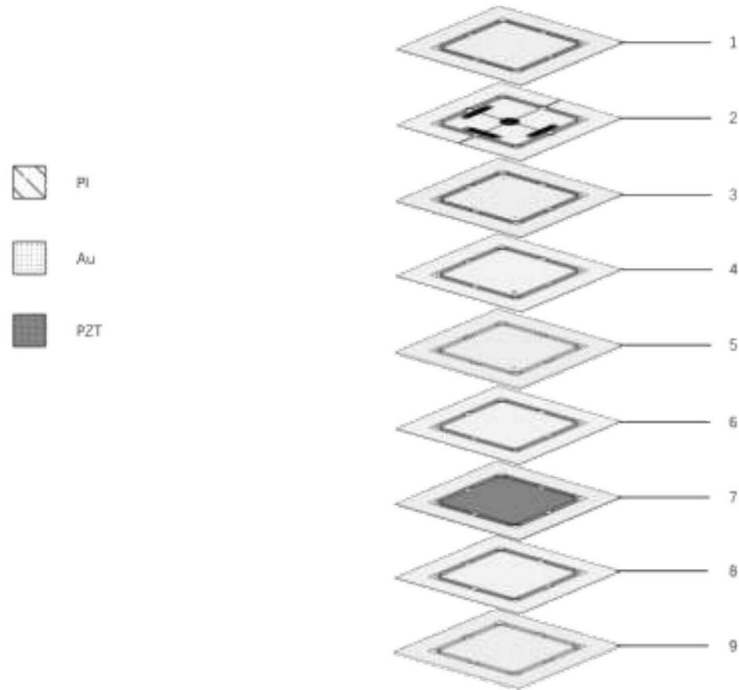


图2

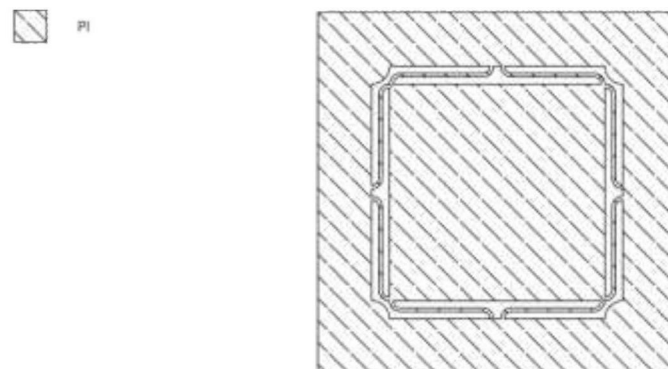


图3

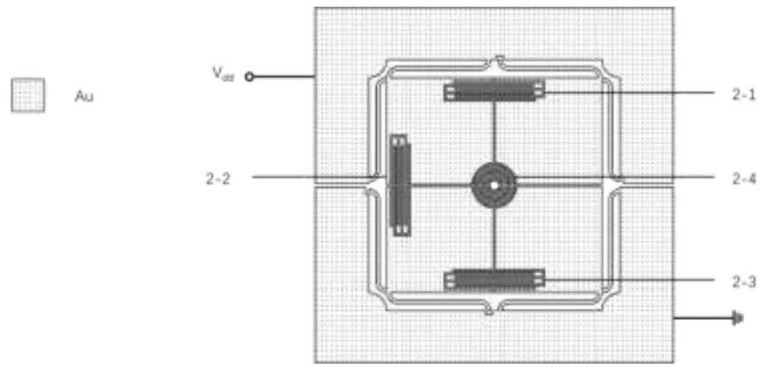


图4

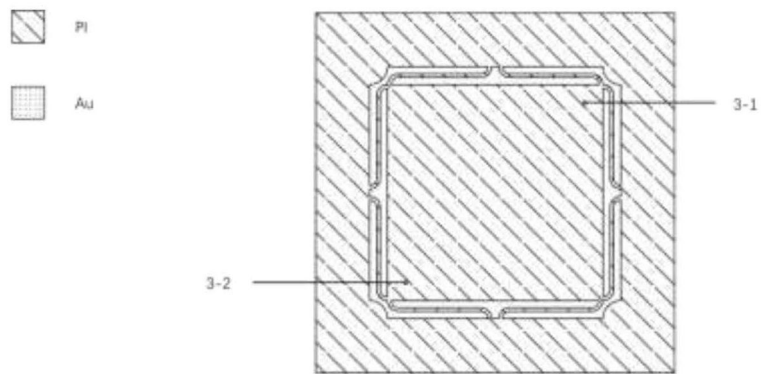


图5

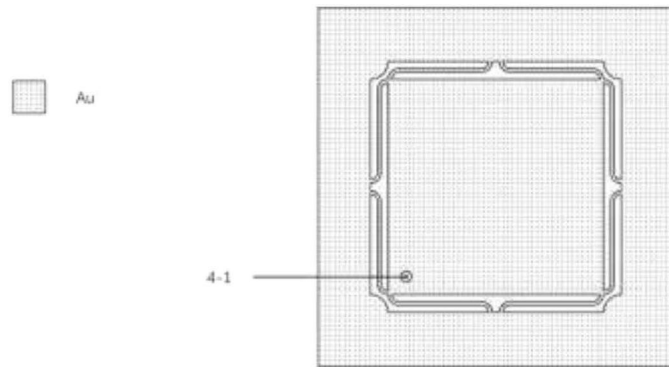


图6

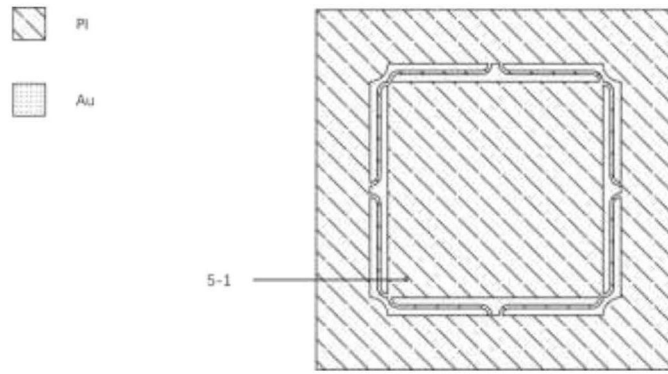


图7

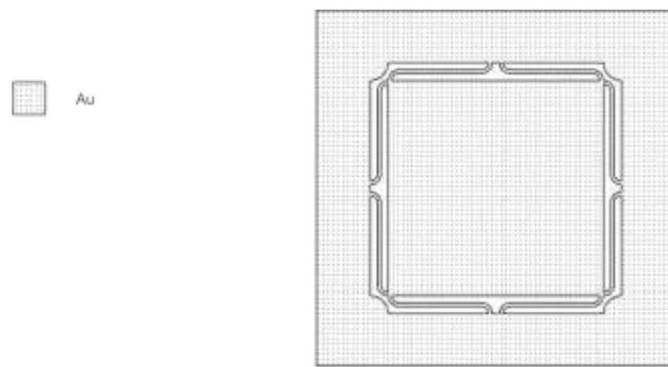


图8

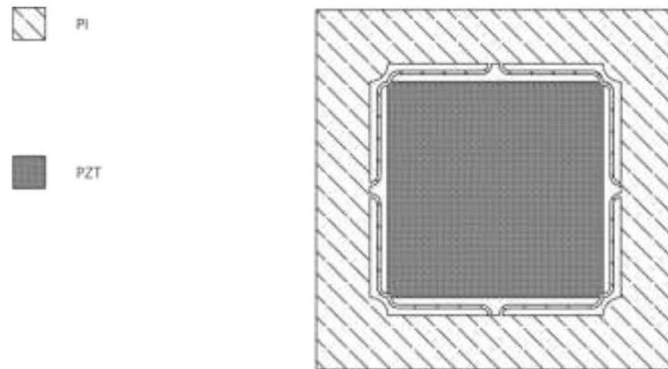


图9

Au

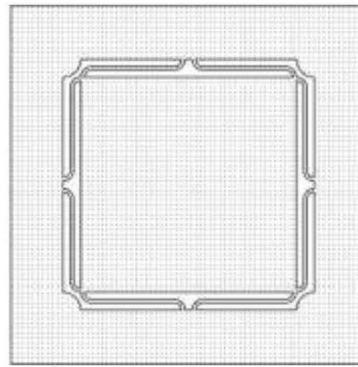


图10

PI

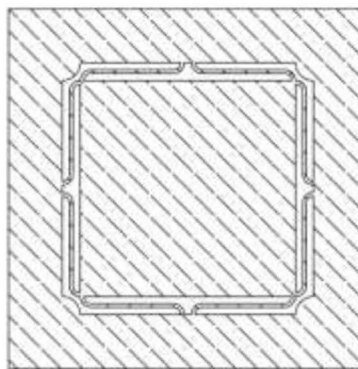


图11

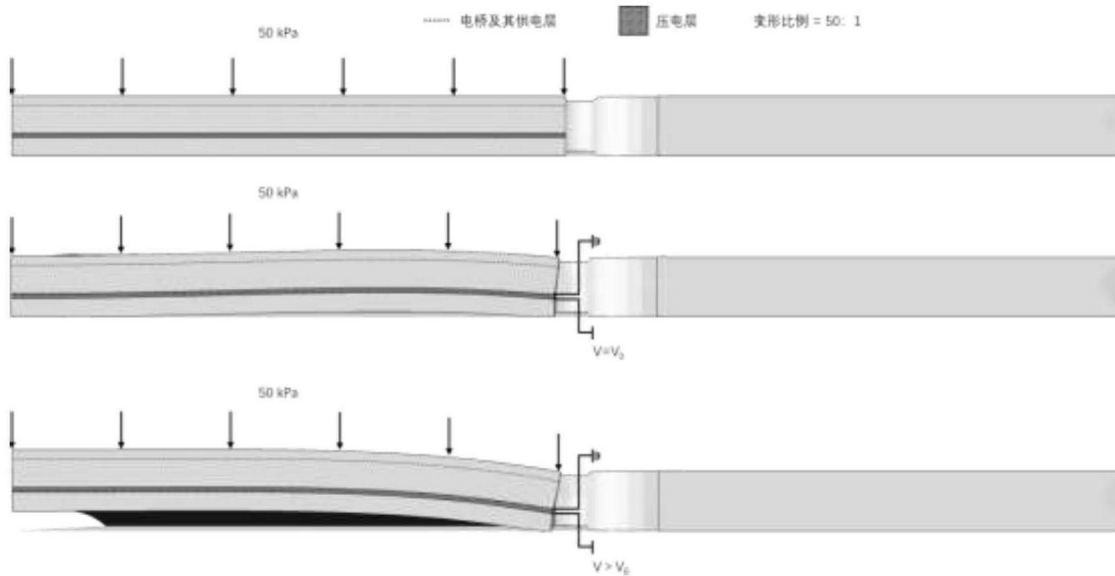


图12

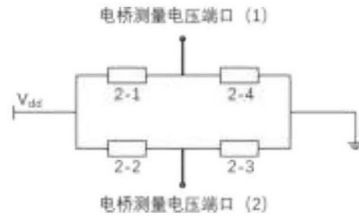


图13

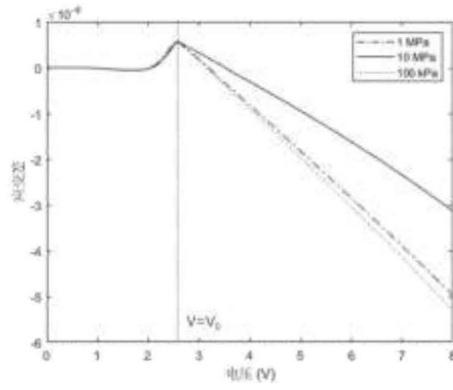


图14

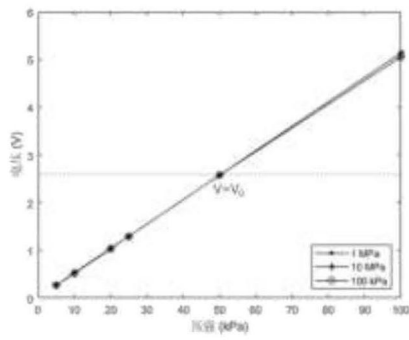


图15

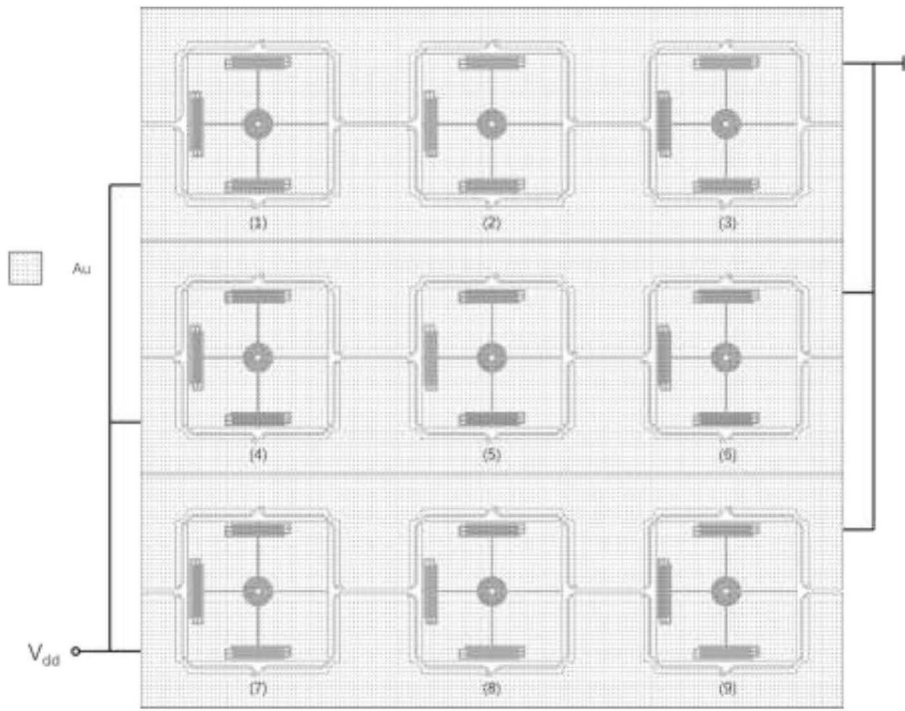


图16

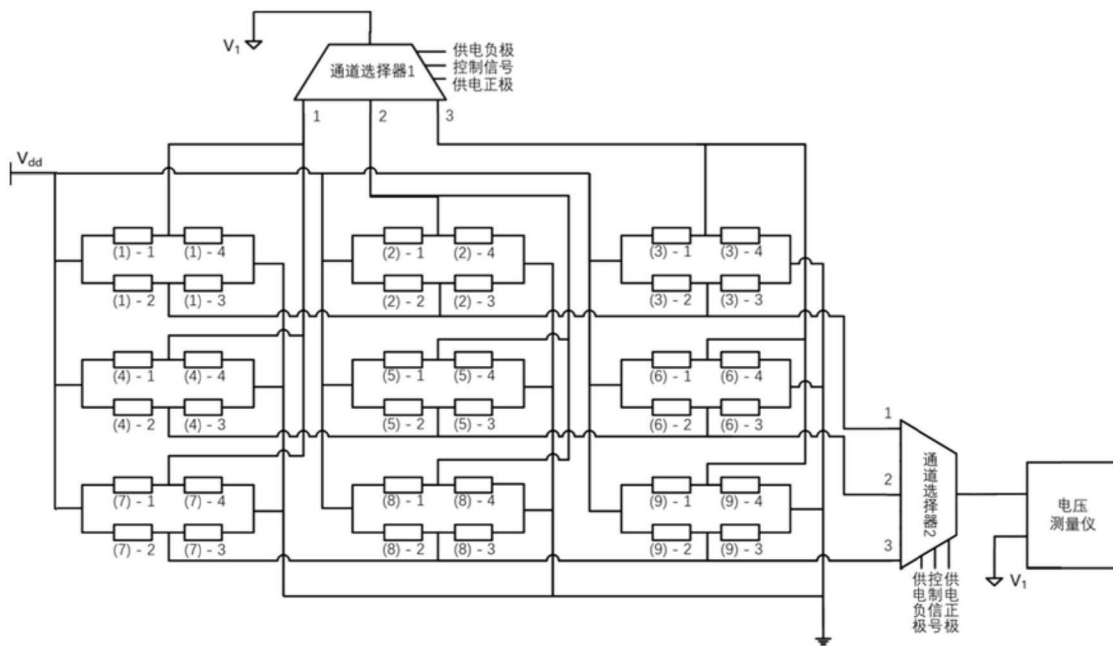


图17

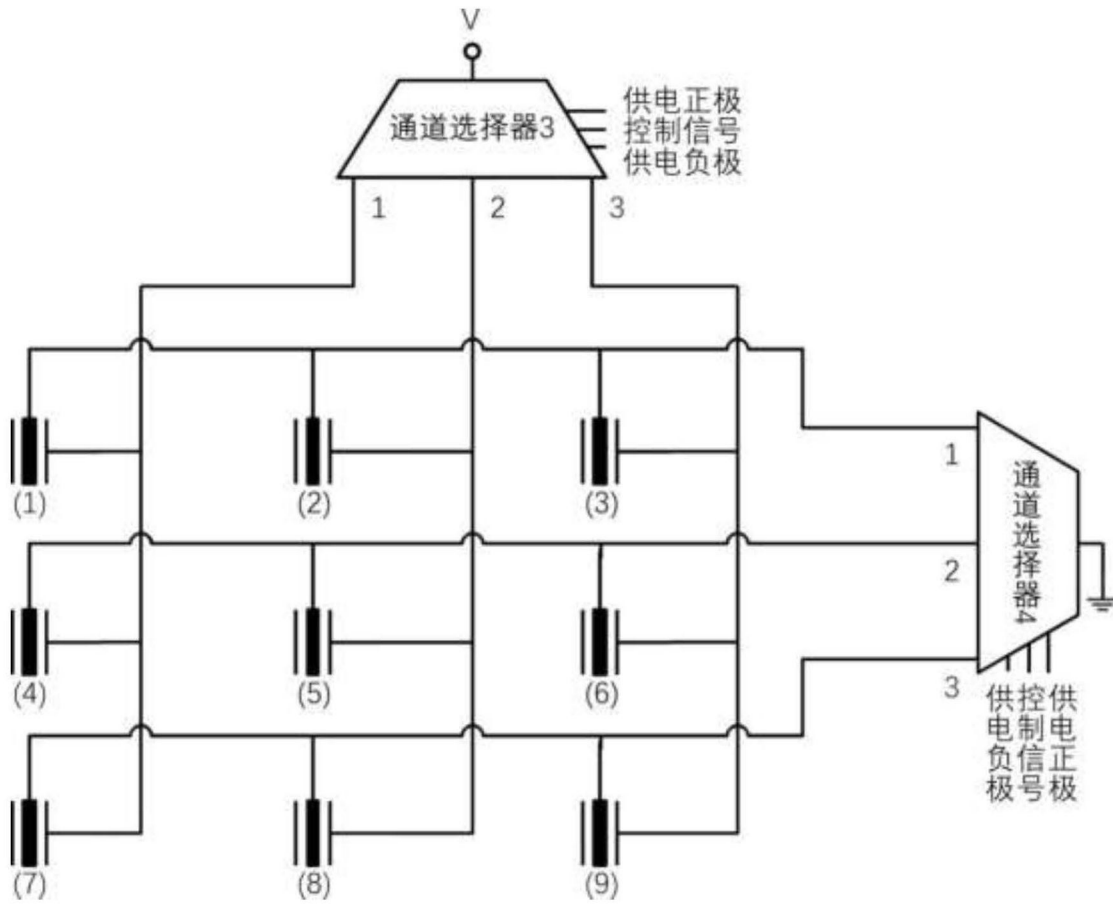


图18