

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510063802.8

[51] Int. Cl.

H01L 27/01 (2006.01)

B81B 7/00 (2006.01)

G01K 7/22 (2006.01)

G01K 7/18 (2006.01)

G01N 27/22 (2006.01)

G01L 1/22 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008年9月17日

[11] 授权公告号 CN 100420021C

[22] 申请日 2005.4.7

[21] 申请号 200510063802.8

[73] 专利权人 中国科学院电子学研究所

地址 100080 北京市海淀区北四环西路19号

[72] 发明人 赵湛 王奇 曾欢欢 方震
张博军

[56] 参考文献

CN1492215A 2004.4.28

A Wireless Microsystem for the Remote Sensing of Pressure, Temperature, and Relative Humidity. Andrew D. DeHennis. IEEE JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, Vol. 14 No.1. 2005

AN ALL - CAPACITIVE SENSING CHIP FOR TEMPERATURE, ABSOLUTE PRESSURE, AND RELATIVE HUMIDITY. Andrew DeHennis. IEEE The 12th International Conference on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems. 2003

基于聚酰亚胺的温湿压集成传感器. 武宇. 仪器仪表学报, 第25卷第4期. 2004

审查员 赵致民

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 周国城

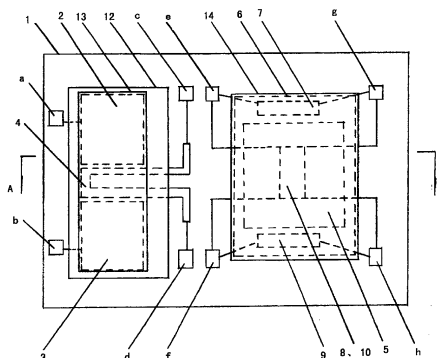
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

[54] 发明名称

基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力传感器芯片

[57] 摘要

一种基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力的传感器芯片。在基片上制作出平行极板和三个电阻，其中平行极板是测量湿度的电容的一个电极，电阻作为测量压力的应变电阻和测量温度的热敏电阻。在平行极板上和电阻上制作一层聚合物，分别作为电容电介质感湿和弹性膜感知压力。在感湿电介质聚合物上有网格状极板，作为电容的另一个电极。在压力敏感膜上有和基片上制作的应变电阻结构相同电阻，上下电阻构成测压电桥。在压力敏感膜下面为空腔，可以真空密封，测量绝对压力。集成芯片上的单个电阻测量温度，平行极板电容测量湿度，压力敏感膜上下面的应变电阻测量压力。



1、一种基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力传感器芯片，其特征在于：

在一玻璃上表面固接一与其面积相同的基片，基片右端适当位置设一空腔，空腔圆周四角上有四个接线点 e、f、g、h；在空腔上方悬空设有第二电阻，第一电阻位于空腔侧面，第一电阻和第二电阻按常规与三个接线点 e、f、g 电连接，串连组成惠斯通电桥的一个桥臂；基片左端适当位置，于基片上表面设有上下相对的两块平行极板电容的两下极板，两下极板与左侧接线点 a 和 b 电连接，在两下极板之间有一间隙，间隙内，于基片上表面容置一 U 形电阻，U 形电阻的开口向右方，其端头上、下分别电连接有接线点 c、d；

在两下极板上方覆盖有一层聚合物材料薄膜，聚合物材料薄膜的上表面，与两下极板相对的位置，设有平行电容的上极板；在空腔、第一电阻和第二电阻上方也覆盖有另一层聚合物材料薄膜，另一层聚合物材料薄膜的上表面，与第二电阻相对应的固设有第四电阻，第三电阻位于空腔的另一侧面，与第一电阻相对设置，第三电阻和第四电阻按常规与三个接线点 e、f、h 电连接，串连组成惠斯通电桥的另一个桥臂；e、f、g、h 组成惠斯通电桥的四个接线点；在惠斯通电桥所对应的另一层聚合物材料薄膜上固设有一层绝缘薄膜；

四个接线点 a、b、c、d 位于两下极板和上极板圆周接近四角的位置。

2. 如权利要求 1 所述的传感器芯片，其特征在于，所述基片，为硅片或玻璃片。

3. 如权利要求 1 所述的传感器芯片，其特征在于，所述两下极板和上极板，为金或铂金薄膜，上极板做成网格状结构；上下电极板为方形、长方形或圆形。

4. 如权利要求 1 所述的传感器芯片，其特征在于，所述 U 形电阻、第一、第二、第三和第四电阻，为铂金薄膜，形状为蛇形或螺旋形。

5. 如权利要求 1 所述的传感器芯片，其特征在于，所述绝缘薄膜，为氧化硅薄膜。

6. 如权利要求 1 所述的传感器芯片，其特征在于，所述聚合物材料

薄膜，为聚酰亚胺薄膜。

基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力传感器芯片

技术领域

本发明涉及一种传感器的结构和制作方法，具体地说涉及一种进行环境温度、湿度和压力测量的多传感器单片集成芯片的结构和制作方法。

背景技术

微型集成多传感器是传感器技术研究发展的重要方向之一。温度、湿度和压力是生物医学、环境和工农业生产涉及到的重要物理量。通常对这些物理量的测量采用的是分离的传感器；温度采用的是热敏电阻或铂电阻；湿度测量目前广泛采用的如电容法、吸湿法、比重法、光学法等；压力测量采用的是硅压组传感器等。分离传感器特点是体积较大，功耗大，不能满足目前快速发展的微系统对传感器的小体积、低功耗、集成度等方面的要求。

MEMS (micro electronic mechanical system —微机械电子系统) 是近十多年来发展起来的新技术，它是指可以用微电子微机械等批量加工工艺制造的集微执行器、微传感器、集成电路等部件于一体的微机电系统。其特点是体积小，性能稳定，可批量生产，因而成本低，性能一致性好。对湿度的测量是设计制作中的难点，湿度是指单位体积内水蒸气的相对含量，对它的测量要受到许多其他因素的干扰和制约。为了制作微型的集成传感器，传统测量中广泛采用的如吸湿法、比重法、光学法等与微机械电子系统 (MEMS) 工艺兼容较差，难以实现，因此这些方法一般要在换能器上涂敷吸湿的敏感材料。传统的绝对湿度测量采用两个热敏电阻，也有利用微电子技术使用陶瓷等复合材料制作电阻进行湿度测量的研究。

发明内容

本发明的目的是在于提供一种单片集成温度、湿度、压力传感器芯

片以及该芯片的制作方法。本发明提供的芯片具有体积小，功耗低，响应快，一致性好等特点。

为实现上述目的，本发明的技术解决方案是提供一种基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力传感器芯片，其是：

在玻璃上表面固接一面积相同的基片，基片右端适当位置设一空腔，空腔圆周四角上有四个接线点 e、f、g、h；在空腔上方悬空设有第二电阻，第一电阻位于空腔侧面，第一电阻和第二电阻按常规与三个接线点 e、f、g 电连接，串连组成惠斯通电桥的一个桥臂；基片左端适当位置，于基片上表面设有上下相对的两块平行极板电容的下极板，两下极板与左侧接线点 a 和 b 电连接，在两下极板之间有一间隙，间隙内，于基片上表面容置一 U 形电阻，U 形电阻的开口向右方，其端头上、下分别电连接有接线点 c、d；

在两下极板上方覆盖有一层聚合物材料薄膜，聚合物材料薄膜的上表面，与两下极板相对的位置，设有平行电容的上极板；在空腔、电阻和电阻上方也覆盖有另一层聚合物材料薄膜，另一层聚合物材料薄膜的上表面，与第二电阻相对应的固设有第四电阻，第三电阻位于空腔的另一侧面，与第一电阻相对设置，第三电阻和第四电阻按常规与四个接线点 e、f、h 电连接，串连组成惠斯通电桥的另一个桥臂；e、f、g、h 组成惠斯通电桥的四个接线点；在惠斯通电桥所对应的另一层聚合物材料薄膜上固设有一层绝缘薄膜；

四个接线点 a、b、c、d 位于两下极板和上极板圆周接近四角的位置。

所述的传感器芯片，其所述基片，为硅片或玻璃片。

所述的传感器芯片，其所述两下极板和上极板，为金或铂金薄膜，上极板做成网格状结构；上下电极板为方形、长方形或圆形。

所述的传感器芯片，其所述 U 形电阻、第一、第二、第三和第四电阻，为铂金薄膜，形状为蛇形或螺旋形。

所述的传感器芯片，其所述另一层聚合物材料薄膜的上表面，还固接有一层绝缘薄膜。

所述的传感器芯片，其所述绝缘薄膜，为氧化硅薄膜。

所述的传感器芯片，其所述聚合物材料薄膜，为聚酰亚胺薄膜。

所述的传感器芯片，其工作过程如下：

给 U 形测温电阻通一微电流，随着外界温度不同电阻值也不同，导致电阻两端电压的变化；标定计算出温度电压的相关曲线，根据测量的电阻两端的电压确定其对应的温度值；

电介质聚合物材料薄膜通过上极板的网格状窗口与外界气体接触，当外界气体湿度变化时，聚酰亚胺电介质薄膜吸收的水分也就不同，导致了电介质常数的变化，从而改变了电容的值；标定计算出湿度电容相关曲线，根据测量的电容值确定其对应的湿度值；

在外界压力的作用下，空腔上的另一层聚合物材料薄膜产生形变，附着在膜上的第二、第四应变电阻的阻值也随之改变，这就导致了电桥的失衡，从而产生桥路不平衡输出电压；标定出电压压力的相关曲线，根据测量出的电压值确定其对应的压力值。

附图说明

图 1 为本发明基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力传感器芯片俯视结构示意图；

图 2 为图 1 的 A-A 截面结构示意图。

具体实施方案

本发明采用微机械电子系统（MEMS）技术在硅片上制作一个微型的铂电阻，既用来进行温度测量，也可用来对感湿聚合物进行加热使之快速挥发水分。

本发明利用电容法的原理进行湿度传感器的设计，可以进行相对湿度测量。

本发明利用应变电阻法的原理进行压力传感器的设计，真空封装后可以进行绝对压力的测量。

本发明的一种单片集成温度、湿度和压力传感器的芯片，是在一个基片（硅或其他材料）上利用微电子制造技术制作出电阻和平板电极，其中的两个电阻串联构成电桥的一个臂，是压力测量的一部分；另外一个电阻单独引线，用于测量温度。平板电极是测湿电容的下极板。在平

板电极和电阻上制作一层聚合物薄膜，平板电极上的聚合物薄膜是可测湿度电容的电介质，测压电阻上的聚合物薄膜作为压力敏感膜。在平板电极上对应的位置再沉积金电极，光刻为网格状的湿度电容上极板。在压力敏感膜上面制作出和敏感膜下面形状与结构完全相同的两个电阻，构成电桥的另外一个臂。再在压力敏感膜和电极上溅射一薄层的氧化硅用来保护压力敏感膜。从背面把压力敏感膜对应的基片刻蚀透，形成微腔。然后在真空的环境下使基片与玻璃密封（键合）。

本发明温度传感器的测量原理：铂电阻的阻值随温度变化而发生变化，其变化关系是 $R_t = R_0 (1 + \alpha T + \beta T^2 + \dots)$ 后面的高次项可以省去。 α , β 当温度在一定范围内的变化，其值是固定不变的，这样我们通过测量 R_t 就可以得出相对应的温度的值。

本发明湿度测量的原理：在基片上制作出平行极板电容，电容的电介质采用的是感湿的聚合物。感湿聚合物是通过上极板的网状小孔与外界气体接触，吸收其中的水分，从而改变聚合物本身的介电常数，改变了电容的大小。因此通过测量电容的改变就可以确定相应的湿度值。

在通常情况下，空气中含有水汽，而水汽是一种极性电介质，水分子为强极性分子，当水被聚合物吸附后引入了强极性分子，在外电场的作用下，就发生极化，使感湿膜的偶极矩增加，宏观上表现出介电常数的增加。所以以有机高分子薄膜为介质的平行板电容器实际上是以聚合物与水的复合物为介质。当水分子浓度在空间变化时，该膜吸附水分子数量也跟着相应变化，从而引起介电常数的变化。聚合物本身的介电常数很小，而水的介电常数在室温时是 80。已经有很多理论和经验公式来描述聚合物和水复合物的介电性，并与试验结构作详细比较，根据 Looyenga 的半经验关系式：

$$\varepsilon = [V(\varepsilon_2^{1/3} - \varepsilon_1^{1/3}) + \varepsilon_1^{1/3}]^3$$

式中的 ε 、 ε_1 和 ε_2 分别为复合物、聚合物和水的介电常数， V 为 PI 溪水的体积百分数，湿度越大，聚合物薄膜吸附的水分子越多， V 越大，复合物介电常数 ε 就越大。平行极板电容的计算公式为：

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}$$

其中 ε 是复合物介电常数， S 是平行极板的有效正对面积， d 为极板间距。

本发明大气压力测量的原理：在基片上有聚合物压力敏感膜，在敏感膜的上下都分布有应变电阻，上下的电阻构成全桥。敏感膜的下面是一个真空微腔。在外界气压的作用下，薄膜产生弯曲，从而导致电阻的形状改变，进而改变电阻的大小。这样桥路的平衡遭到破坏，产生不平衡电压。通过测量不平衡电压的大小，就可以确定其对应的绝对大气压力。

金属导体的电阻随着它所受的机械变形的大小而发生变化的现象，就是电阻应变效应。这就是电阻应变法依赖的物理基础。

设有一根长 l ，截面为 S ，电阻系数 ρ ，则有：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

设金属丝在轴向外力 F 作用下，长度 l 变化 dl ，截面 S 变化 dS ，半径 r 变化 dr ，电阻系数 ρ 变化 $d\rho$ ，引起 R 变化 dR 。微分(1)式可以得：

$$\frac{dR}{R} = \frac{dl}{l} - \frac{dS}{S} + \frac{d\rho}{\rho} = \frac{dl}{l} - 2\frac{dr}{r} + \frac{d\rho}{\rho} \approx (1+2\mu)\frac{dl}{l} = (1+2\mu)\varepsilon = k\varepsilon$$

其中 μ 为材料泊松比， ε 为轴向应变， r 为截面半径，其中忽略了 ρ 的变化。可以看出金属丝电阻相对变化与轴向应变成线性关系，系数为 k 。

下面描述本发明的一个具体实施方案。

请参见图1、图2，本发明的基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力传感器芯片，其结构是：在玻璃11上表面固接一面积相同的基片1，基片1可以是硅片或玻璃片。基片1右端适当位置设一空腔5，空腔5圆周四角上有四个接线点e、f、g、h。在空腔5上方悬空设有电阻8，电阻7位于空腔5侧面，电阻7和电阻8按常规与三个接线点e、f、g电连接，串连组成惠斯通电桥的一个桥臂。基片1左端适当位置，于基片1上表面设有上下相对的两块平行极板电容的下极板2、3，下极板2和下极板3分别与左侧接线点a和b电连接，在下极板2和下极板3之间有一间隙，间隙内，于基片1上表面容置一U形电阻4，U形电阻4的开口向右方，其端头上、下分别电连接有接线点c、d。

在下极板2和下极板3上方覆盖有一层聚酰亚胺薄膜12，聚酰亚胺薄膜12的上表面，与下极板2和下极板3相对的位置，设有平行电容的上极板13，上极板13为网格状结构。在空腔5、电阻7和电阻8上方覆

盖有一层聚酰亚胺薄膜 6，聚酰亚胺薄膜 6 的上表面，与电阻 8 相对应的固设有电阻 10，电阻 9 位于空腔 5 的另一侧面，与电阻 7 相对设置，电阻 9 和电阻 10 按常规与四个接线点 e、f、h 电连接，串连组成惠斯通电桥的另一个桥臂。在聚酰亚胺薄膜 6 和电阻 9、10 上面固接有一层氧化硅层 14。四个接线点 a、b、c、d 位于下极板 2、下极板 3 和上极板 13 圆周接近四角的位置。

本发明基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力传感器芯片的接线点 a、b、c、d、e、f、g、h，按常规电连接于各自的检测电路。

本发明的基于聚合物材料的单片集成温度、湿度、压力传感器芯片，其制作方法如下：

在 $8.5 \times 5.5 \text{mm}^2$ 的硅基片 1 上表面左端，利用微电子技术射频溅射金薄膜 2、3，作为测量湿度的平行极板电容的下极板，下极板分为两块，每块的大小约为 $2.5 \times 1.5 \text{mm}^2$ 。再溅射铂金薄膜，采用剥离工艺 (lift-off) 制作出三个电阻，每个电阻的大小约为 $1 \text{k}\Omega$ ，电阻 4 作为测量温度的电阻，位于下极板 2 和下极板 3 之间，呈 U 形；另外两个电阻 7、8 串连组成惠斯通电桥的两个桥臂，位于硅基片 1 上表面右端。再在制作好电极的硅基片 1 上甩上一层厚度为 5 个 μ 的聚酰亚胺薄膜，采用光刻的技术把聚酰亚胺做成分别覆盖在金薄膜 2、3 和惠斯通电桥上的两块薄膜 12、6，大小分别为 $2.6 \times 3.3 \text{mm}^2$ 、 $3.6 \times 4.2 \text{mm}^2$ 。然后采用溅射、剥离工艺 (lift-off) 在薄膜 6 上面制作出和薄膜 6 下面一样的电阻 9、10 组成惠斯通电桥的另外两个桥臂，上下四个电阻 7、8、9、10 组成惠斯通电桥测量压力。在聚酰亚胺薄膜 12 上采用射频溅射的技术制作出金薄膜，然后采用光刻、腐蚀的方法做成网格状的平行电容上极板 13，网格的线条宽度为 10μ 。在聚酰亚胺薄膜 6 的上面还要蒸发一层氧化硅层 14 用来隔离承压聚酰亚胺薄膜 6 与空气的接触。在硅基片 1 的背面右端，采用深刻蚀的方法把硅基片 1 刻蚀出一个 $2 \times 2 \text{mm}^2$ 的洞，刻蚀至曝露出电阻和聚酰亚胺薄膜，最后在真空的条件下把硅基片 1 与玻璃 11 键合形成测量压力的真空腔 5。

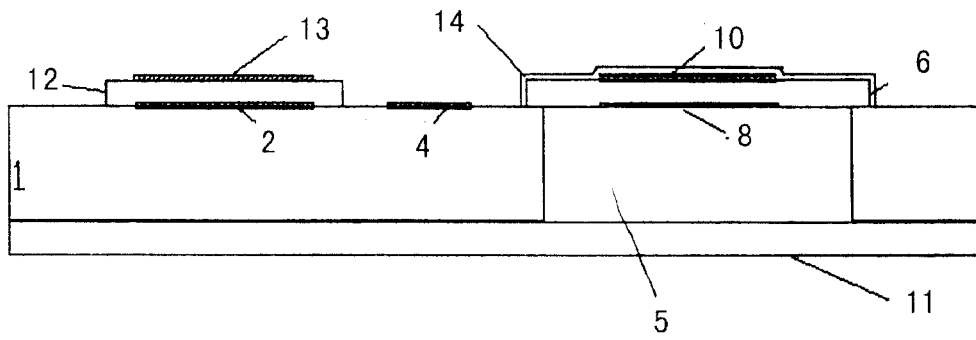


图 2