



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105928567 B

(45)授权公告日 2017.12.19

(21)申请号 201610551147.9

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.07.13

G01D 21/02(2006.01)

G01N 27/12(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105928567 A

审查员 赵曼

(43)申请公布日 2016.09.07

(73)专利权人 中国电子科技集团公司第四十九研究所

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区一曼街29号

(72)发明人 王成杨 金建东 李玉玲 丁文波 齐虹 田雷 王明伟 夏露 郑丽 王亚彬

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 岳昕

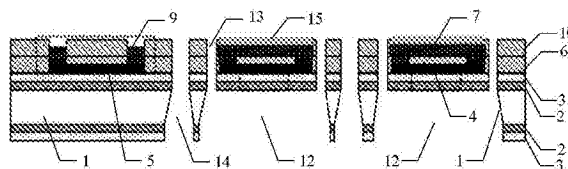
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片及其制作方法

(57)摘要

集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片及其制作方法,涉及环境监测技术,目的是为了解决现有硅基芯片没有集成气敏单元的问题。本发明将多个气敏单元、温敏单元和湿敏单元均集成在一个N型单晶硅片上,相邻两个单元之间均设置有横截面为矩形的第二级隔热通孔,每个气敏单元中,每相邻两根电极引线之间均设置有横截面为梯形的第一级隔热通孔,所述矩形和梯形的四个角均采用圆弧过渡。上述芯片能够同时对环境的温湿度指标进行监测,并能够监测多种气体,二级隔热能够满足不同单元的不同工作温度要求。热隔离孔中采用圆弧过渡代替尖锐的角区,使该阵列芯片具有多功能测量、选择性好、机械强度高、可靠性高、功耗低等优点,适用于环境监测。



1. 集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片的制作方法,其特征在于,该方法具体过程为:

步骤一、在N型单晶硅片的一个表面制作二氧化硅层,在所述二氧化硅层的表面制作氮化硅介质层,所述二氧化硅层与氮化硅介质层构成支撑层;

步骤二、在所述支撑层上方制作多个气敏单元的加热电阻和温敏单元的敏感电阻,多个加热电阻形成 $M \times N$ 的阵列;

步骤三、在所述支撑层上方沉积二氧化硅或氮化硅作为第一绝缘钝化层,然后在所述第一绝缘钝化层上刻蚀引线孔;

步骤四、在每个气敏单元加热电阻上方制作气敏单元的检测电极和加热电极引线,同时制作湿敏单元中电容的两个电极以及温敏单元中加热电阻的引脚,所述加热电极引线通过引线孔与加热电阻相连接;

步骤五、沉积二氧化硅或氮化硅作为第二绝缘钝化层,然后刻除气敏材料和湿敏材料附着区域及电极和引脚位置的钝化层;

步骤六、在湿敏单元上方制作高分子湿敏材料介质层;

步骤七、对N型单晶硅片的另一个表面进行腐蚀,完成中空硅杯、第一级热隔离通孔以及第二级热隔离通孔的制作,所述中空硅杯的位置与气敏单元相对应,所述第一级热隔离通孔位于每个气敏单元的相邻两根引线之间,所述第二级热隔离通孔位于相邻的两个敏感单元之间,第一级热隔离通孔横截面为梯形,第二级热隔离通孔横截面为矩形,且第一级热隔离通孔和第二级热隔离通孔的四个棱角处均采用圆弧过渡;

步骤八、在每个气敏单元上方沉积气敏材料,完成所述芯片的制作,其中每N个气敏单元采用一种材料, $M \times N$ 个气敏单元共采用M种气敏材料。

2. 根据权利要求1所述的集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片的制作方法,其特征在于,步骤一中,在N型单晶硅片的另一个表面也制作二氧化硅层,并在该二氧化硅层的表面制作氮化硅介质层。

集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种硅基气体敏感阵列芯片。

背景技术

[0002] 随着我国城市化进程的不断加速,环境问题成为人们关注的重要内容之一,实现对城市大气环境质量准确监测及预警具有重要的科学和社会意义。目前,城市气象环境的监测多采用分立仪器,其成本高、体积大,不便于原位实时测量,且无法同时获得温度、湿度等气象指标。随着微加工技术的迅猛发展,使得低功耗、高性能的微传感器成为一种可能。近期市面上已经出现少量的微气体传感器,但是其仅能测量一种气体,测量不同气体要购置不同型号的产品,功能较为单一,且器件出现故障时无法继续测量。在气体传感器阵列方面,中国发明专利CN104931540A公开了一种气体传感器阵列及其制备方法,其为采用单种半导体金属氧化物纳米材料构建的气体传感器阵列,以提高气体传感器的选择性。但是其采用的仍然是传统的陶瓷管为主体的旁热式气敏元件,体积较大,功耗较大。中国发明专利CN100559176C公开了一种气体传感器及其阵列,其采用硅薄膜作为应变膜片,聚合物作为气敏材料,可在常温下工作,具有功耗低、工艺兼容性好等优点。然而,采用聚合物作为气敏材料的气敏元件灵敏度略差,且稳定性不好,不能满足气体传感器高灵敏度、高稳定、高可靠的使用需求,且在其中没有集成温度、湿敏单元,无法提供温度、湿度信息。在多参数集成传感器方面,现有的方式主要是两种:一是将各种敏感芯片近距离的装配在同一基板上,其优点是研发成本低、制作方法简单,但这种集成传感器互联线路较长,体积相对较大,且无法与集成电路工艺进行兼容;二是将多种传感器制作在同一芯片上,实现单芯片复合,但目前的研究主要是集中在温度、湿度、压力等敏感单元之间的集成,没有集成气敏单元。目前,集成温湿度测量的硅基气体敏感芯片阵列及其制作方法未见相关报道。

发明内容

[0003] 本发明目的是为了解决现有硅基芯片主要是集中在温度、湿度、压力等敏感单元之间的集成,没有集成气敏单元的问题,提供了两种集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片及其制作方法。

[0004] 本发明所述的第一种集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片,其中的多个气敏单元、温敏单元和湿敏单元均集成在一个N型(100)单晶硅片上,多个气敏单元形成M×N的阵列,M表示气敏材料的种类总数,N表示采用每种气敏材料制作的气敏元件的个数;

[0005] 多个气敏单元、温敏单元和湿敏单元之间均设置有热隔离通孔作为第二级隔热通孔,所述第二级隔热通孔的横截面为矩形,且所述矩形的四个角均采用圆弧过渡。

[0006] 本发明所述的第二种集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片,多个气敏单元、温敏单元和湿敏单元均集成在一个N型单晶硅片上,多个气敏单元形成M×N的阵列,M表示气敏材料的种类总数,N表示采用每种气敏材料制作的气敏元件的个数;

[0007] 每个气敏单元中,每相邻的两根电极引线之间均设置有热隔离通孔作为第一级隔

热通孔,所述第一级隔热通孔的横截面为梯形,且所述梯形的四个角均采用圆弧过渡。

[0008] 本发明所述的集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片的制作方法,其具体过程为:

[0009] 步骤一、在N型单晶硅片的一个表面制作二氧化硅层,在所述二氧化硅层的表面制作氮化硅介质层,所述二氧化硅层与氮化硅介质层构成感应模块(氮化硅上面能够起感应功能的一个单元可称为一个感应模块)的支撑层;

[0010] 步骤二、在所述支撑层上方制作多个气敏单元的加热电阻和温敏单元的敏感电阻,多个加热电阻形成 $M \times N$ 的阵列;

[0011] 步骤三、在所述支撑层上方沉积二氧化硅或氮化硅作为第一绝缘钝化层,然后在所述第一绝缘钝化层上刻蚀引线孔;

[0012] 步骤四、在每个气敏单元加热电阻上方制作气敏单元的检测电极和加热电极引线,同时制作湿敏单元中电容的两个电极以及温敏单元中加热电阻的引脚,所述加热电极引线通过引线孔与加热电阻相连接;

[0013] 步骤五、沉积二氧化硅或氮化硅作为第二绝缘钝化层,然后刻除气敏材料和湿敏材料附着区域及电极和引脚位置的钝化层;

[0014] 步骤六、在湿敏单元上方制作高分子湿敏材料介质层;

[0015] 步骤七、对N型单晶硅片的另一个表面进行腐蚀,完成中空硅杯、第一级热隔离通孔以及第二级热隔离通孔的制作,所述中空硅杯的位置与气敏单元相对应,所述第一级热隔离通孔位于每个气敏单元的相邻两根引线之间,所述第二级热隔离通孔位于相邻的两个敏感单元之间,第一级热隔离通孔横截面为梯形,第二级热隔离通孔横截面为矩形,且第一级热隔离通孔和第二级热隔离通孔的四个棱角处均采用圆弧过渡;

[0016] 步骤八、在每个气敏单元上方沉积气敏材料,完成所述芯片的制作,其中每N个气敏单元采用一种材料, $M \times N$ 个气敏单元共采用M种气敏材料。

[0017] 本发明与传统旁热式气敏元件相比,由于采用了基于硅基的微加工工艺,因此具有体积小、加热功率低、热电响应速度快、可批量生产、与集成电路工艺兼容性好等优点。与其它基于硅基的气敏元件相比,该发明为在同一基板上制作 $M \times N$ 个单元形成的阵列式气敏元件,能够同时监测多种气体,对于第一种气体,均采用冗余设计,增加了器件的可靠性;且集成有温度、湿度监测单元,可同时对环境的温湿度指标进行监测。另外采用二级隔热设计,显著降低了单元间热串扰,以满足不同敏感单元的不同工作温度要求。且在二级隔热设计的热隔离孔中采用圆弧过渡代替尖锐的角区,使该阵列芯片具有多功能测量、选择性好、机械强度高、可靠性高、功耗低等优点。

附图说明

[0018] 图1是本发明所述的集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片的剖面图;

[0019] 图2是本发明所述的集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片的俯视图,其中M和N均为2;

[0020] 图3是第一级隔热通孔的结构示意图;

[0021] 图4是第二级隔热通孔的结构示意图。

具体实施方式

[0022] 具体实施方式一：下面结合图1、图2和图4说明本实施方式，本实施方式所述的集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片，其中的多个气敏单元、温敏单元和湿敏单元均集成在一个N型(100)单晶硅片上，多个气敏单元形成 $M \times N$ 的阵列，M表示气敏材料的种类总数，N表示采用每种气敏材料制作的气敏元件的个数；

[0023] 多个气敏单元、温敏单元和湿敏单元之间均设置有热隔离通孔作为第二级隔热通孔，所述第二级隔热通孔的横截面为矩形，且所述矩形的四个角均采用圆弧过渡。

[0024] 本实施方式在单晶硅材料上集成气敏单元、温敏单元和湿敏单元，可同时对环境的温湿度及气体指标进行监测；

[0025] 温敏单元采用Pt薄膜电阻实现；

[0026] 湿敏单元采用叉指型电容实现，所述电容的两个电极为交叉指状的金属条，所述电容的表面涂覆高分子材料作为湿敏介质膜。

[0027] 采用多种气敏材料制作能够多种气体的半导体式气体敏感芯片阵列，可同时对多种气体进行监测，提升器件功能性及选择性；

[0028] 采用冗余设计，每种气敏材料制作多个气体敏感芯片，增加器件的可靠性，并且通过智能化算法可提高浓度测量精度，并实现传感器的故障诊断和数据修复，例如，对于所述的多种气体中的任意一种气体，有N个气敏单元能够同时进行监测，如果N个气敏单元输出的监测值都在一个合理范围内波动，那么可以取N个监测值的平均值作为最终的监测结果输出，如果某个气敏单元输出的监测值超出所述的合理范围，那么可以认为该气敏单元出现故障，根据该气敏单元输出的监测值的波动情况及超出所述合理范围的量的大小，可以确定该气敏单元的故障类型；

[0029] 各敏感单元之间设置热隔离通孔，降低各单元间的热串扰，以满足不同敏感单元的不同工作温度要求，以提高测量精度，降低功耗，并且该热隔离通孔横截面的四个角均进行倒角，以替代尖锐的角区，降低应力集中效应，以提高芯片的机械强度。

[0030] 具体实施方式二：下面结合图1、图2和图3说明本实施方式，本实施方式对实施方式一所述集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片的进一步限定，本实施方式中，所述的气敏单元中，每相邻的两根电极引线之间均设置有热隔离通孔作为第一级隔热通孔，所述第一级隔热通孔的横截面为梯形，且所述梯形的四个角均采用圆弧过渡。

[0031] 气敏单元为硅微加热板的半导体式结构，主要包括中空硅杯和形成其上的微加热板感测单元，所述微加热板感测单元采用二氧化硅和氮化硅作为支撑层，支撑层上面为加热电极引线和测试电极，如图2所示，加热电极引线和测试电极穿插分布在一个大致呈正方形的区域内。加热电极引线为Pt蛇形电阻条，两根引线从Pt蛇形电阻条的两端引出，并且呈对角引出；测试电极采用Pt、Au、Al、或W制作，为叉指结构，两根引线也呈对角引出；四根引线分别位于正方形区域的四个角，相邻两根引线之间均设置有横截面为等腰梯形的第一级隔热通孔，四个第一级隔热通孔之间的连接结构为微加热板感测单元的支撑梁，所述支撑梁还同时作为电极引出的通道。第一级隔热通孔能够降低热损耗，进而降低功耗。四个等腰梯形的尺寸相同，且所述等腰梯形的四个角均设置有倒角，目的是降低应力集中效应，以提高气敏单元的机械强度。

[0032] 具体实施方式三：图1至图4本实施方式所述的集成温湿度传感器的硅基气体敏感芯片的制作方法的具体过程为：

[0033] 步骤一、在N型单晶硅片的一个表面制作二氧化硅层，在所述二氧化硅层的表面制作氮化硅介质层，所述二氧化硅层与氮化硅介质层构成感应模块（氮化硅上面能够起感应功能的一个单元可称为一个感应模块）的支撑层；

[0034] 步骤二、在所述支撑层上方制作多个气敏单元的加热电阻和温敏单元的敏感电阻，多个加热电阻形成 $M \times N$ 的阵列；

[0035] 步骤三、在所述支撑层上方沉积二氧化硅或氮化硅作为第一绝缘钝化层，然后在所述第一绝缘钝化层上刻蚀引线孔；

[0036] 步骤四、在每个气敏单元加热电阻上方制作气敏单元的检测电极和加热电极引线，同时制作湿敏单元中电容的两个电极以及温敏单元中加热电阻的引脚，所述加热电极引线通过引线孔与加热电阻相连接；

[0037] 步骤五、沉积二氧化硅或氮化硅作为第二绝缘钝化层，然后刻除气敏材料和湿敏材料附着区域及电极和引脚位置的钝化层；

[0038] 步骤六、在湿敏单元上方制作高分子湿敏材料介质层；

[0039] 步骤七、对N型单晶硅片的另一个表面进行腐蚀，完成中空硅杯、第一级热隔离通孔以及第二级热隔离通孔的制作，所述中空硅杯的位置与气敏单元相对应，所述第一级热隔离通孔位于每个气敏单元的相邻两根引线之间，所述第二级热隔离通孔位于相邻的两个敏感单元之间，第一级热隔离通孔横截面为梯形，第二级热隔离通孔横截面为矩形，且第一级热隔离通孔和第二级热隔离通孔的四个棱角处均采用圆弧过渡；

[0040] 步骤八、在每个气敏单元上方沉积气敏材料，完成所述芯片的制作，其中每N个气敏单元采用一种材料， $M \times N$ 个气敏单元共采用M种气敏材料。

[0041] 采用上述方法制作的芯片结构如图1和图2所示。上述方法在一个N型单晶硅片上集成了温敏单元和湿敏单元和多个气敏单元，并且制作了第一级热隔离通孔和第二级热隔离通孔。

[0042] 温敏单元的敏感电阻采用Pt（或Cr）薄膜电阻制作，气敏单元的加热电阻采用Pt（或Cr）加热电阻，并且Pt薄膜电阻与Pt加热电阻同步制作完成，通过对衬底材料（氮化硅）及表面绝缘钝化层的热性能匹配（主要是指热应力匹配），使得应变相互抵消，可提高加热电阻的可靠性、重复性和稳定性。

[0043] 另外，还可以在N型单晶硅片的另一个表面也制作二氧化硅层，并在该二氧化硅层的表面制作氮化硅介质层，该二氧化硅层和该氮化硅介质层能够增加芯片的机械强度，并使芯片的电性能不受外界干扰，提升了芯片的稳定性和可靠性。

[0044] 具体实施方式四：图1至图4本实施方式采用实施方式一所述的方法的制作包含 2×2 个气敏单元的芯片，具体过程为：

[0045] 步骤一、选用N型（100）双抛硅片1，采用标准清洗液清洗后，对硅片进行热氧化，形成二氧化硅层2，再沉积氮化硅介质层3，形成感测模块的支撑层；

[0046] 步骤二、在所述支撑层上方制作Cr/Pt薄膜，利用干法刻蚀刻除多余的金属薄膜，完成气敏单元加热电阻4和温敏单元敏感电阻5的制作；

[0047] 步骤三、沉积二氧化硅制作半透明的第一绝缘钝化层6，并利用干法工艺刻除引线

孔位置的钝化层；

[0048] 步骤四、在每个气敏单元正上方制作Cr/Au金属叉指电极,作为气敏单元的检测电极7,湿敏单元电容器的两个电极8和温敏单元的铂加热电阻的引脚9也在该步骤同时制作完成；

[0049] 步骤五、沉积二氧化硅制作第二绝缘钝化层10,利用干法工艺刻除气敏材料和湿敏材料对应区域及电极引脚位置的第二绝缘钝化层10,保证检测电极的引出；

[0050] 步骤六、在湿敏单元中电容的正上方制作高分子湿敏材料介质层11；

[0051] 步骤七、对硅片背面进行腐蚀,完成中空硅杯12、第一级热隔离通孔13以及第二级热隔离通孔14的制作；

[0052] 步骤八、将两种气敏材料喷滴于 2×2 气体微加热板(第一绝缘钝化层的下面为加热电阻,因此,第一绝缘钝化层和第二绝缘钝化层相当于微加热板)检测电极正上方,形成气体敏感介质层15,完成芯片的制作。

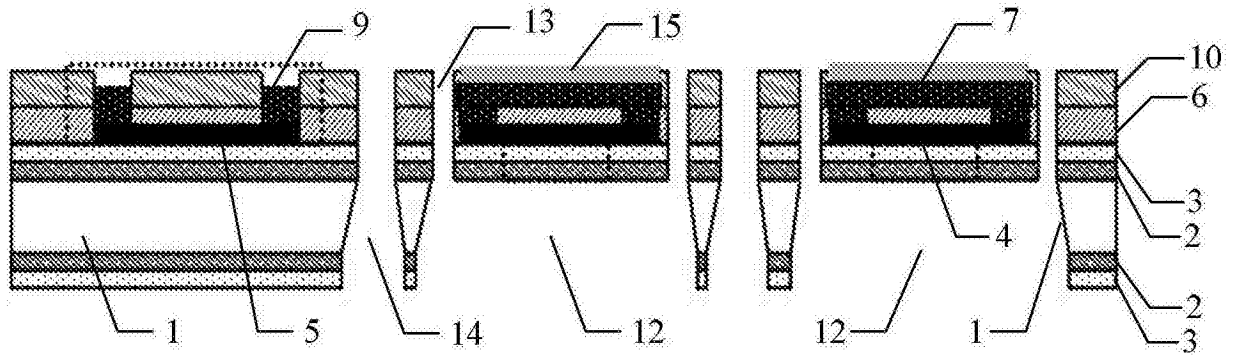


图1

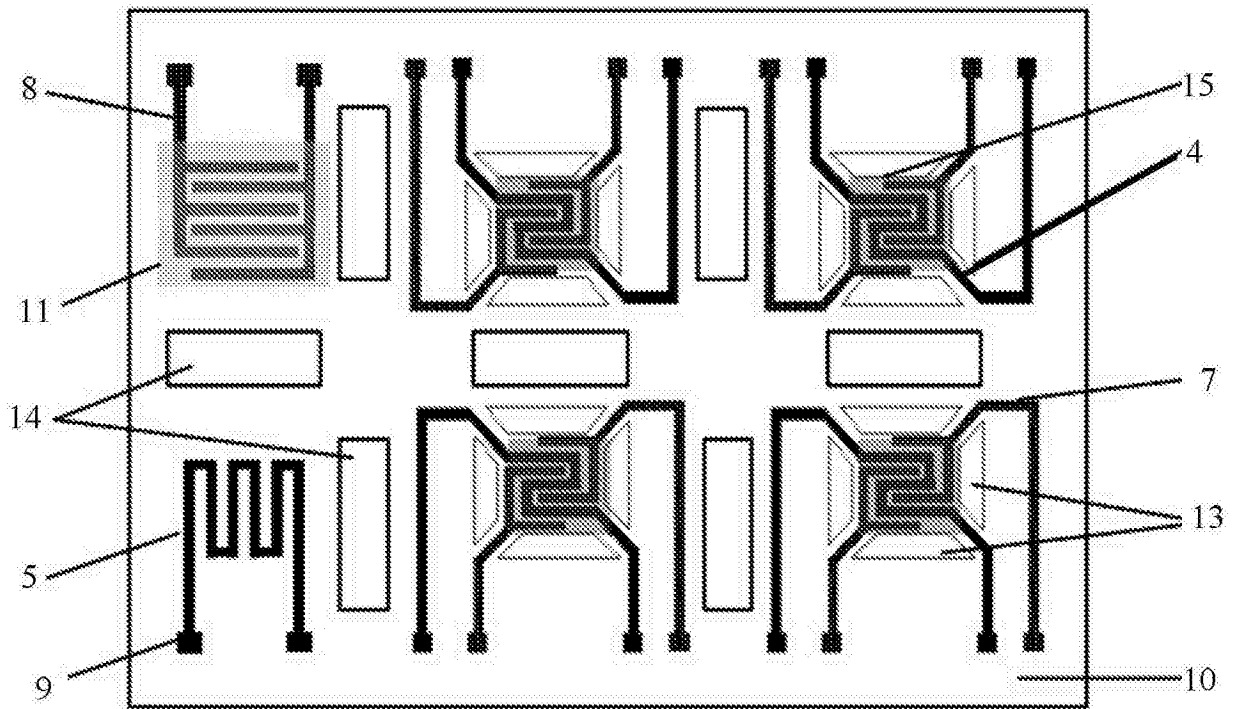


图2

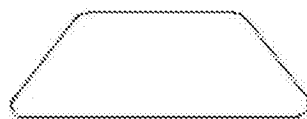


图3

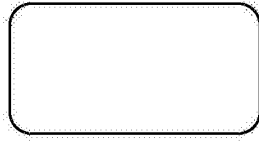


图4