



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103196596 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201310091919. 1

(22) 申请日 2013. 03. 21

(71) 申请人 揣荣岩

地址 110870 辽宁省沈阳市经济技术开发区
沈辽西路 111 号

(72) 发明人 揣荣岩 王健 于能斌 李春峰

(74) 专利代理机构 沈阳智龙专利事务所 (普通
合伙) 21115

代理人 宋铁军 周楠

(51) Int. Cl.

G01L 1/18 (2006. 01)

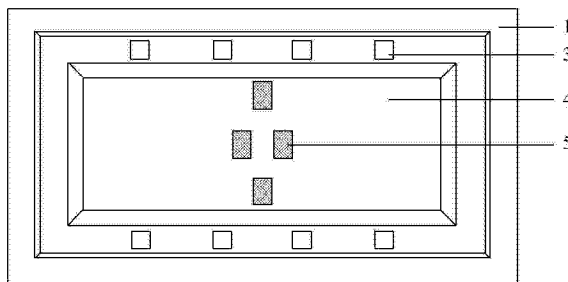
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器及其制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器及其制造方法。这种传感器包括单晶硅衬底；在硅衬底上设置剖面为台阶型多晶硅的感压膜；采用牺牲层技术在感压膜和衬底之间形成的密闭空腔；在膜片上表面设有四个多晶硅纳米膜应变电阻；四个应变电阻通过金属导线连接成惠斯通电桥，将压力转换成电压输出；感压膜台阶下边缘设置有腐蚀孔。本发明具有体积小、灵敏度高、温度特性好、制造工艺与集成电路工艺兼容等特点。



1. 一种基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器,其特征在于:包括单晶硅衬底(1),在单晶硅衬底(1)上设置剖面为台阶型的感压膜(4),感压膜(4)与单晶硅衬底(1)相连并在二者之间构成密闭空腔(2),感压膜(4)台阶下边缘设置有腐蚀孔(3),在感压膜(4)上面设有四个应变电阻(5),四个应变电阻(5)通过金属导线(6)连接成惠斯通电桥,将压力转换成电压输出。

2. 根据权利要求1所述的基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器,其特征在于:感压膜(4)上方还设有绝缘层(105),绝缘层(105)上方设有钝化层(106)。

3. 根据权利要求1所述的基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器,其特征在于:在空腔(2)中形成近似真空。

4. 根据权利要求1所述的基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器,其特征在于:感压膜(4)为多晶硅,其俯视形状为矩形或圆形。

5. 根据权利要求1所述的基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器,其特征在于:应变电阻(5)为多晶硅纳米膜电阻。

6. 一种如权利要求1所述基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器的制造方法,其特征在于:制造工艺步骤如下:

- (1) 在单晶硅衬底上淀积氧化层做为牺牲层;
- (2) 淀积第一层多晶硅并退火,刻蚀腐蚀孔;
- (3) 通过腐蚀孔,选择性湿法刻蚀牺牲层并干燥;
- (4) 淀积第二层或多层多晶硅,密封腐蚀孔,并与第一层多晶硅形成感压膜;
- (5) 在感压膜上淀积或氧化形成绝缘层作为隔离层,再淀积多晶硅纳米薄膜,离子注入杂质,刻蚀完成4个多晶硅纳米薄膜电阻;
- (6) 刻引线孔,溅射金属,完成电气连接;
- (7) 划片,封装,完成传感器制造。

基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明主要涉及一种基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器及其制造方法,属于微机电系统(MEMS)领域。

背景技术

[0002] 随着微电子技术的发展,利用半导体材料的压阻效应和良好的弹性,用集成电路工艺和硅微机械加工技术研制出了半导体压力传感器。由于具有体积小、重量轻和灵敏度高的优点,半导体压力传感器在环境控制、交通工具、医学检查、航空、石化、电力等方面应用广泛。

[0003] 半导体压力传感器按加工工艺分为体硅微机械和表面微机械加工技术两种。体硅微机械是采用单晶硅各向异性腐蚀技术在硅衬底刻蚀底面形成感压膜,在感压膜上制造力敏电阻。该工艺特点是工艺成熟,但不易小型化和集成化。表面微机械加工技术(也称牺牲层技术)一般以多晶硅为结构层,二氧化硅为牺牲层,通过选择性腐蚀去掉牺牲层形成密闭空腔,以多晶硅为感压膜并在膜上制造力敏电阻。该工艺特点是成本低、易集成和小型化。因此,表面微机械压力传感器发展前景广阔。

[0004] 表面微机械半导体压力传感器按结构分为平坦型和台阶型两种。平坦型压力传感器密闭空腔是由对单晶硅衬底刻蚀的凹槽与平坦的多晶硅膜构成,台阶型压力传感器密闭空腔是由单晶硅衬底与凸型(感压面与支撑面构成)的多晶硅膜构成。平坦型工艺比台阶型工艺复杂。

[0005] 表面微机械加工的半导体压力传感器力敏电阻一般采用多晶硅电阻,多晶硅压力传感器造价低、高温特性好,但灵敏度较扩散硅压力传感器低,由于普通多晶硅电阻一般厚度在一微米左右,对几个微米厚度的压感膜力学性能影响不可忽略。因此,多晶硅电阻制约了表面微机械半导体压力传感器优越结构性能。

[0006] 为了提高表面微机械结构压力传感器性能,发明人提出了中国专利公开号CN1149931A,名称为“半导体压力传感器及其制造方法”的发明专利,其特征是在SOI芯片上,以外延生长单晶硅为结构层,以SOI的二氧化硅为牺牲层,扩散硅为力敏电阻制造压力传感器。但由于采用SOI芯片,成本比单晶硅芯片大幅增加。

[0007] 当前,表面微机械压力传感器存在如下问题:

(1)表面微机械工艺成本低,但技术要求高。存在多晶硅内应力和膜片与衬底黏附等问题需要解决,以便提高传感器性能;

(2)表面微机械压力传感器采用多晶硅力敏电阻,与扩散硅相比,温度特性好但灵敏度比低。

[0008] 本发明旨在解决上述问题。

[0009] 多晶硅纳米薄膜是膜厚接近或小于100纳米的多晶硅纳米薄膜。实验发现这种材料具有良好的压阻特性,突出体现为灵敏度高、温度特性好、成本低。

[0010] 本发明正是基于这种现状进行的。

发明内容

[0011] 发明目的

本发明是一种测量绝压的表面微机械结构压力传感器及其制造方法,目的是提高传感器温度稳定性、提高灵敏度、减小芯片面积、降低成本、扩大工作温度范围。

[0012] 技术方案

本发明是通过以下技术方案来实现的:

一种基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器,其特征在于:包括单晶硅衬底,在单晶硅衬底上设置剖面为台阶型的感压膜,感压膜与单晶硅衬底相连并在二者之间构成密闭空腔,感压膜台阶下边缘设置有腐蚀孔,在感压膜上面设有四个应变电阻,四个应变电阻通过金属导线连接成惠斯通电桥,将压力转换成电压输出。

[0013] 感压膜上方还设有绝缘层,绝缘层上方设有钝化层。

[0014] 在空腔中形成近似真空。

[0015] 感压膜为多晶硅,其俯视形状为矩形或圆形。

[0016] 应变电阻为多晶硅纳米膜电阻。

[0017] 一种如上所述基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器的制造方法,其特征在于:制造工艺步骤如下:

- (1) 在单晶硅衬底上淀积氧化层做为牺牲层;
- (2) 淀积第一层多晶硅并退火,刻蚀腐蚀孔;
- (3) 通过腐蚀孔,选择性湿法刻蚀牺牲层并干燥;
- (4) 淀积第二层或多层多晶硅,密封腐蚀孔,并与第一层多晶硅形成感压膜;
- (5) 在感压膜上淀积或氧化形成绝缘层作为隔离层,再淀积多晶硅纳米薄膜,离子注入杂质,刻蚀完成 4 个多晶硅纳米薄膜电阻;
- (6) 刻引线孔,溅射金属,完成电气连接;
- (7) 划片,封装,完成传感器制造。

[0018] 优点及效果

本发明具有如下优点及有益效果:

本发明提供了一种多晶硅纳米薄膜压力传感器由于采用表面微机械结构,使传感器的成本低、量程范围宽、易集成和小型化;采用多晶硅纳米薄膜作为应变电阻提高了灵敏度和温度稳定性。

附图说明

[0019] 图 1 是本发明传感器俯视图;

图 2 是本发明传感器剖面图;

图 3 是本发明形成牺牲层的工艺剖面图;

图 4 是本发明形成第一层多晶硅和腐蚀孔工艺剖面图;

图 5 是本发明形成空腔工艺剖面图;

图 6 是本发明形成第二层多晶硅和封闭腐蚀孔工艺剖面图;

图 7 是本发明形成多晶硅纳米薄膜电阻工艺剖面图。

[0020] 其中:1. 单晶硅衬底,2. 空腔,3. 腐蚀孔,4. 感压膜,5. 应变电阻,6. 金属导线,101. 第一层牺牲层,102. 第二层牺牲层,103. 第一层多晶硅,104. 第二层多晶硅,105. 绝缘层,106. 钝化层。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本发明做进一步的说明:

本发明是一种基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器,如图1和图2中所示,传感器包括单晶硅衬底1,在单晶硅衬底1上设置有剖面为台阶型的感压膜4,感压膜4与单晶硅衬底1相连并在感压膜4与单晶硅衬底1之间构成密闭空腔2,感压膜4台阶下边缘设置有刻蚀牺牲层后密封的腐蚀孔3,在感压膜4上面设有四个多晶硅纳米膜应变电阻5,四个应变电阻通过金属导线6连接成惠斯通电桥,将压力转换成电压输出。

[0022] 在空腔2中形成近似真空。

[0023] 本发明的传感器结构可采用多晶硅膜片,感压膜4为多晶硅,感压膜4的俯视形状为矩形或圆形。

[0024] 应变电阻5为重掺杂多晶硅纳米薄膜电阻(膜厚小于100nm)。

[0025] 通过改变本发明传感器膜片厚度和膜片尺寸,可设计出各种量程的压力传感器。

[0026] 本发明的设计原理:本发明的主要结构由硅衬底、感压膜、腔体、腐蚀孔和应变电阻构成。感压膜由多晶硅构成,腔体采用表面机械加工技术,即牺牲层技术,用氢氟酸通过腐蚀孔去掉二氧化硅牺牲层而成,用多晶硅封闭腐蚀孔,感压膜和硅衬底构成封闭腔体,近似为真空。在每个传感器感压膜的边缘和中心各设置两个多晶硅纳米薄膜应变电阻,并连接成差动全桥,构成压力测量电路,电路采用恒压源或恒流源供电。

[0027] 当压力作用时,传感器膜片都发生弯曲,膜片应变作用于应变电阻产生压阻效应,差动全桥输出差动电压信号与压力值对应。当压力在传感器量程范围时,传感器输出与压力成线性关系的电压值,当压力超过量程达某一值时,传感器的感压膜与衬底接触,减缓膜片应力随压力变化趋势,保证大压力下膜片不断裂,提高过载能力。

[0028] 本发明采用的多晶硅纳米薄膜是膜厚接近或小于100nm的多晶硅纳米薄膜(普通多晶硅薄膜一般厚度在200纳米以上)。厚度为80~100nm多晶硅纳米薄膜在掺杂浓度为 $3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 附近时具有显著的隧道压阻效应,表现出比常规多晶硅纳米薄膜更优越的压阻特性,应变因子GF可达到34,比普通多晶硅薄膜高25%以上;电阻温度系数TCR可小于 $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$,比普通薄膜小接近一个数量级;应变因子温度系数TCGF可小于 $10^{-3}/^{\circ}\text{C}$,比普通薄膜小一倍以上。

[0029] 多晶硅感压膜的内应力是表面微机械工艺中的重要控制参数,它对机械结构的性能和形变影响很大,压内应力会使结构层发生屈曲,而大张内应力将可能使结构层断裂。为保证器件有良好的机械特性,结构层最好为零内应力,至少应使结构层保证为小内张应力。人们已研究出多种降低多晶硅内应力的工艺方法,主要方法是采用掺杂、退火工艺。

[0030] 当牺牲层腐蚀后干燥时,如果不采取措施,在范德瓦尔斯力和氢键的共同作用下,两个由于多晶硅内应力和毛细作用力而接触的表面之间就会粘附在一起,造成器件失效。为防止黏附,牺牲层腐蚀后干燥方法可采用冷却干燥法、临界干燥法、液桥裂解法或疏水性

涂层法。

[0031] 本发明所述传感器的制造方法,其工艺步骤如下:

- (1) 在单晶硅衬底上淀积氧化层做为牺牲层;
- (2) 淀积第一层多晶硅并退火,刻蚀腐蚀孔;
- (3) 通过腐蚀孔,选择性湿法刻蚀牺牲层并干燥;
- (4) 淀积第二层或多层多晶硅,密封腐蚀孔,并与第一层多晶硅形成感压膜;
- (5) 在感压膜上淀积或氧化形成绝缘层作为隔离层,再淀积多晶硅纳米膜,离子注入杂质,刻蚀完成 4 个多晶硅纳米膜电阻;
- (6) 刻引线孔,溅射金属,完成电气连接;
- (7) 划片,封装,完成传感器制造。

[0032] 实施例:

一种基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器,结构如上所述,如图 1~图 7 所示,制造方法的工艺步骤如下:

(1) 如图 3 所示,在单晶硅衬底上采用 PECVD 淀积 $1.5\ \mu\text{m}$ 厚二氧化硅作为第一层牺牲层 101(主牺牲层),再淀积一层 $0.5\ \mu\text{m}$ 厚二氧化硅形成第二层牺牲层 102 作为牺牲层的腐蚀通道层。

[0033] (2) 如图 4 所示,采用 LPCVD 淀积一层 $2.5\ \mu\text{m}$ 厚多晶硅形成多晶硅结构层即第一层多晶硅 103,根据淀积多晶硅条件确定退火条件(温度: $900\ ^\circ\text{C}\sim 1200\ ^\circ\text{C}$;时间: $10\text{min}\sim 180\text{min}$;氮气保护),干法刻蚀形成腔体腐蚀孔 3。

[0034] (3) 如图 5 所示,芯片放到复合氢氟酸溶液(氢氟酸质量浓度为 $20\%\sim 48\%$)中通过腐蚀孔腐蚀净二氧化硅牺牲层,采用临界干燥法,该方法将腐蚀液逐渐用高压液态 CO_2 代替,之后样品置于 CO_2 临界点上,气、液相的界面消失,再干燥硅片。

[0035] (4) 如图 6 所示,采用 LPCVD 淀积一层 $3.0\ \mu\text{m}$ 厚多晶硅即第二层多晶硅 104,实现多晶硅密封腐蚀孔,形成真空密闭空腔 2,两层多晶硅构成压感膜 4。

[0036] (5) 如图 7 所示,采用 PECVD 技术淀积一层 $0.2\ \mu\text{m}$ 厚二氧化硅作为绝缘层 105,实现多晶硅感压膜与电阻隔离。采用 LPCVD 技术淀积 $0.09\ \mu\text{m}$ 厚多晶硅纳米膜为应变电阻层;采用 LPCVD 技术淀积一层 $0.12\ \mu\text{m}$ 厚二氧化硅作为钝化层 106;用光刻胶作掩蔽膜,采用离子注入技术,实现多晶硅纳米膜应变电阻的硼掺杂,能量为 20keV ,剂量为 $2.3\times 10^{15}\text{cm}^{-2}$ 。通过退火(温度: $900\ ^\circ\text{C}\sim 1200\ ^\circ\text{C}$;时间: $10\text{min}\sim 180\text{min}$;氮气保护)激活杂质,刻蚀形成多晶硅纳米膜应变电阻 5。

[0037] (6) 如图 2 所示,光刻多晶硅纳米膜应变电阻引线孔,并通过常规微电子工艺实现铝金属导线 6 布线,完成芯片制作。

[0038] (7) 划片,封装,完成传感器制造。

[0039] 按上述工艺得到的传感器量程为 2MPa ,尺寸为 $1820\ \mu\text{m}\times 1820\ \mu\text{m}$,满量程输出为 $68\ \text{mV/V}$,非线性度 $< 1\%$,热零点漂移为 $0.1\% / ^\circ\text{C}$,热灵敏度漂移为 $1\% / ^\circ\text{C}$ 。

[0040] 本发明这种基于牺牲层技术的纳米膜压力传感器芯片可广泛用于汽车中多路压力测量、环境控制压力测量以及航空系统、石化、电力等领域中的压力测量。

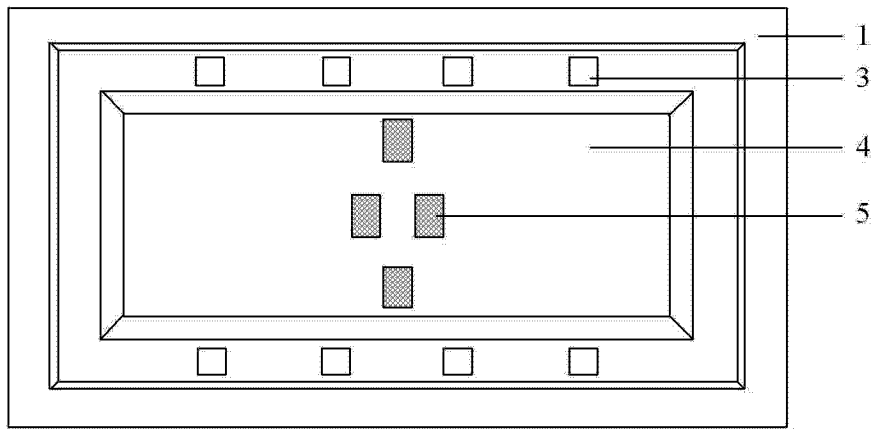


图 1

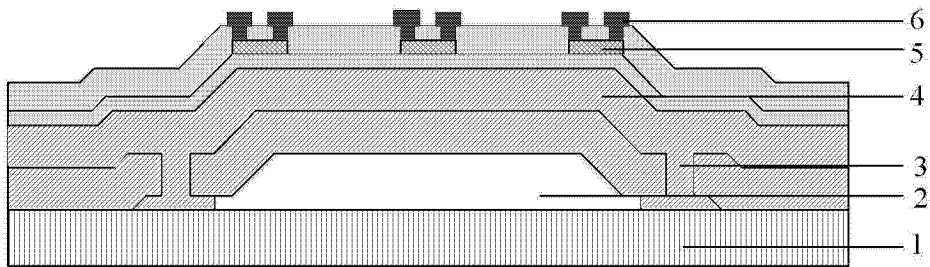


图 2

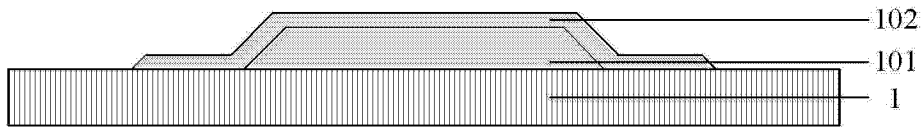


图 3

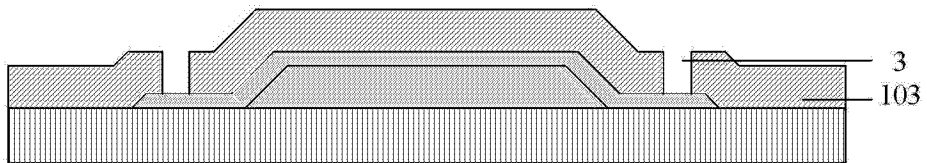


图 4

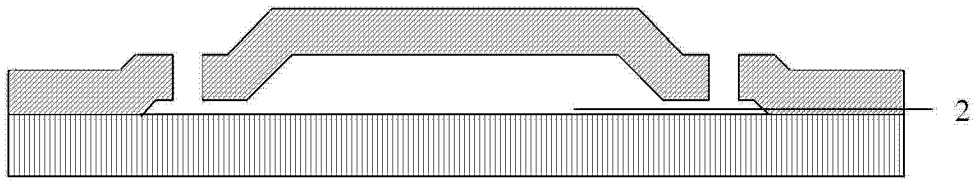


图 5

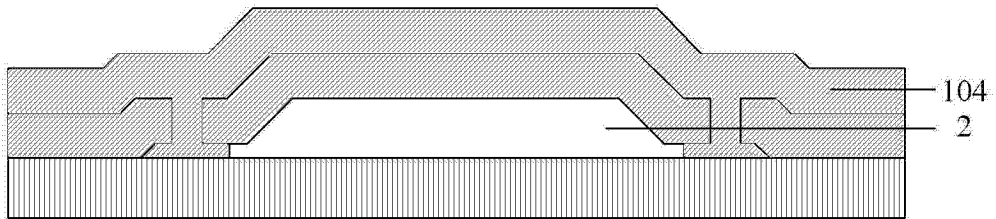


图 6

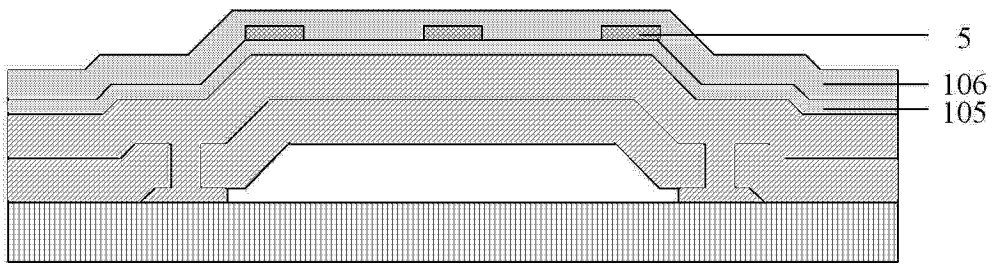


图 7