



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105668500 B

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201610034473.2

G01L 1/18(2006.01)

(22)申请日 2016.01.19

审查员 李立彦

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105668500 A

(43)申请公布日 2016.06.15

(73)专利权人 东南大学

地址 210033 江苏省南京市栖霞区西岗办事处摄山星城齐民东路8号

(72)发明人 秦明 叶一舟 王芳 高馨雅

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所

(普通合伙) 32249

代理人 杨晓玲

(51)Int.Cl.

B81B 3/00(2006.01)

B81C 1/00(2006.01)

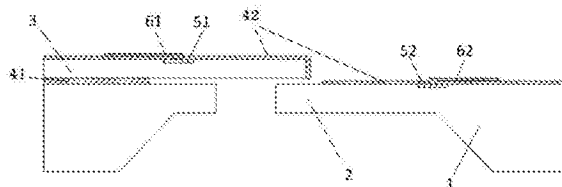
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54)发明名称

一种高灵敏度宽量程力传感器及其制造方法

## (57)摘要

本发明公开了一种高灵敏度宽量程的力传感器及其制造方法,该传感器包括衬底(1),下层硅悬臂梁(2),上层硅薄膜(3),第一介质层(41)和第二介质层(42),第一压阻(51)和第二压阻(52),以及第一压阻(51)和第二压阻(52)的引出第一导线(61)和第二引出导线(62);其中,衬底(1)中空,下层硅梁(2)位于衬底(1)中心上表面中空区域内,且表面和衬底(1)上表面齐平,下层硅梁(2)一端和衬底(1)连接,另一段悬空。该传感器既有在小力作用下的高灵敏度,也有很宽的测量范围。整个工艺简单。



1. 一种高灵敏度宽量程力传感器,其特征在于,该传感器包括衬底(1),下层硅悬臂梁(2),上层硅薄膜(3),第一介质层(41)和第二介质层(42),第一压阻(51)和第二压阻(52),以及第一压阻(51)和第二压阻(52)的引出第一引出导线(61)和第二引出导线(62);其中,

衬底(1)中空,下层硅悬臂梁(2)位于衬底(1)中心上表面中空区域内,且表面和衬底(1)上表面齐平,下层硅悬臂梁(2)一端和衬底(1)连接,另一端悬空;

第二压阻(52)嵌入下层硅悬臂梁(2)和衬底(1)上表面连接处,表面和下层硅悬臂梁(2)齐平;上层硅薄膜(3)呈悬臂结构,其固定区域通过第一介质层(41)和衬底(1)连接,与其固定区域连接的是悬浮区域;第一压阻(51)嵌于其固定区域和悬浮区域之间,与上层硅薄膜(3)齐平;上层硅薄膜(3)构成的悬浮区域和下层硅悬臂梁(2)有交叠,并有和第一介质层(41)同样厚度的间隙;第二介质层(42)覆盖上层硅薄膜(3)和下层硅悬臂梁(2)及衬底(1)的上表面,第一引出导线(61)和第二引出导线(62)位于第二介质层(42)表面,分别是第一压阻(51)和第二压阻(52)的引出线。

2. 根据权利要求1所述的高灵敏度宽量程力传感器,其特征在于,其下层硅悬臂梁(2)和上层硅薄膜(3)的力敏感梁刚度不同,上层硅薄膜(3)力敏感梁刚度小于下层硅悬臂梁(2)力敏感梁刚度。

3. 根据权利要求1或2所述的高灵敏度宽量程力传感器,其特征在于,下层硅悬臂梁(2)和上层硅薄膜(3)之间存在间隙,其间隙宽度等于第一介质层(41)的厚度。

4. 一种高灵敏度宽量程力传感器的制造方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

步骤1:选择衬底为晶向的N型SOI硅片,通过反应离子刻蚀工艺去掉部分SOI硅片上方的上层硅薄膜(3)和对应的氧化硅第一介质层(41),形成上层硅薄膜(3)并露出下层硅衬底(1);

步骤2:然后以光刻胶为掩膜,光刻并用离子注入工艺注入硼离子形成第一压阻(51)和第二压阻(52)并去胶;

步骤3:氮气气氛下950℃退火,并热氧化形成第二介质层(42);

步骤4:光刻并用氢氟酸刻蚀出第一压阻(51)和第二压阻(52)部分的引线孔,采用磁控溅射淀积金属铝并刻蚀形成压阻第一引出导线(61)和第二引出导线(62);

步骤5:采用四甲基氢氧化氨从背面腐蚀衬底硅到一定的厚度;

步骤6:背面光刻并用深反应离子刻蚀工艺刻蚀硅槽中的下层硅,形成下层硅悬臂梁(2);

步骤7:正面用胶保护,采用氢氟酸湿法腐蚀从背面将下层硅悬臂梁(2)和上层硅薄膜(3)力敏感梁分离释放,自此,本传感器的制作过程完成。

## 一种高灵敏度宽量程力传感器及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种力传感器,具体来说,涉及一种高灵敏度宽量程的压阻式力传感器及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 在采用半导体材料和MEMS工艺制造的微机械器件中,力传感器是发展较为成熟的一类。目前,力传感器已经广泛应用于工业控制、生物、医疗等领域。MEMS力传感器按其工作原理主要分为压阻式力传感器、电容式力传感器等,而目前市面上主流的力传感器仍为压阻式。压阻式力传感器虽然因采用压阻效应测量形变,具有一定的温度效应,需要采用一定的温度补偿机制,但其结构简单、灵敏度高、线性度好、易于集成且测量方便,仍是目前的主要应用原理。力传感器的测量范围和精度通常不能很好兼顾,尤其在风压测量领域,风压的大小和风速的平方成正比,因此小风时需要传感器有非常高的灵敏度,而同时也必须有很宽的测量范围。因此设计兼顾灵敏度和测量范围的力测试结构非常必要。

### 发明内容:

[0003] 技术问题:本发明提出了一种具有较高灵敏度且具有较宽量程的高灵敏度宽量程力传感器及其制造方法。

[0004] 发明内容:为解决上述技术问题,本发明提供了一种高灵敏度宽量程力传感器,该传感器包括衬底,下层硅悬臂梁,上层硅薄膜,第一介质层和第二介质层,第一压阻和第二压阻,以及第一压阻和第二压阻的引出第一导线和第二引出导线;其中,

[0005] 衬底中空,下层硅梁位于衬底中心上表面中空区域内,且表面和衬底上表面齐平,下层硅梁一端和衬底连接,另一段悬空;

[0006] 第二压阻嵌入下层硅梁和衬底上表面连接处,表面和下层硅梁齐平;上层硅薄膜呈悬臂结构,其固定区域通过第一介质层和衬底连接,与其固定区域连接的是悬浮区域;第一压阻嵌于其固定区域和悬浮区域之间,与上层硅薄膜齐平;上层硅薄膜构成的悬浮区域和下层硅梁有交叠,并有和第一介质层同样厚度的间隙;第二介质层覆盖上层硅薄膜和下层硅梁及衬底的上表面,第一引线和第二引线位于第二介质层表面,分别是第一压阻和第二压阻的引出线。

[0007] 优选的,其下层硅悬臂梁和上层硅薄膜的力敏感梁刚度不同,上层硅薄膜力敏感梁刚性小于下层硅悬臂梁敏感梁刚性。

[0008] 优选的,下层硅悬臂梁和上层硅薄膜之间存在间隙,其间隙宽度等于第一介质层的厚度。

[0009] 本发明还提供了一种高灵敏度宽量程力传感器的制造方法,该方法包括如下步骤:

[0010] 步骤1:选择衬底为晶向的N型SOI硅片,通过反应离子刻蚀工艺去掉部分SOI硅片上方的硅薄膜层和对应的氧化硅第一介质层,形成上层硅薄膜并露出下层硅衬底1;

[0011] 步骤2:然后以光刻胶为掩膜,光刻并用离子注入工艺注入硼离子形成第一压阻和第二压阻并去胶;

[0012] 步骤3:氮气气氛下950℃退火,并热氧化形成第二介质层;

[0013] 步骤4:光刻并用氢氟酸刻蚀出第一压阻和第二压阻部分的引线孔,采用磁控溅射淀积金属铝并刻蚀形成压阻第一引线和第二引线;

[0014] 步骤5:采用四甲基氢氧化氨从背面腐蚀衬底硅到一定的厚度;

[0015] 步骤6:背面光刻并用深反应离子刻蚀工艺刻蚀硅槽中的下层硅,形成下层硅悬臂梁;

[0016] 步骤7:正面用胶保护,采用氢氟酸湿法腐蚀从背面将下层硅悬臂梁和上层硅薄膜力敏感梁分离释放,自此,本传感器的制作过程完成。

[0017] 有益效果:1)利用两个不同灵敏度的压力敏感梁实现了压力传感器灵敏度和量程的优化,使得该力传感器在低力作用下具有较高灵敏度的同时具有较宽的量程;2)当外界力较大时,下方刚性较大的敏感梁可以对上方力敏感梁提供有效的支撑,保证了传感器结构的可靠性;3)整个工艺可以用SOI硅片可以很容易地制造出此类传感器,工艺简单。

## 附图说明

[0018] 图1为本发明结构的剖视示意图。

[0019] 图2a为正面硅膜刻蚀和压阻结构形成示意图。

[0020] 图2b为正面压阻引线形成示意图。

[0021] 图2c为硅背面深腐蚀示意图。

[0022] 图2d为背面硅刻槽释放和正面结构释放示意图。

[0023] 两图中具有统一的标注。其中:衬底1,下层硅悬臂梁2,上层硅薄膜3,第一介质层41和第二介质层42,第一压阻51和第二压阻52,以及第一压阻51和第二压阻52的引出第一导线61和第二引出导线62。

## 具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本发明做进一步说明。

[0025] 发明提出了一种具有较高灵敏度且具有较宽量程的压阻式力传感器结构。该传感器利用SOI硅片制成,利用SOI硅片的上层硅膜制作具有较高灵敏度但量程较窄的力敏感结构;利用体硅制作具有较宽量程但灵敏度稍低的力敏感结构,结合上述两个不同灵敏度和测量范围的传感器结构,得到了一种兼具较高灵敏度和较宽量程的力传感器。该传感器所测外力较少时,上层高灵敏结构向下弯曲,下层宽测量范围敏感结构保持不变,此时传感器的输出由上层高灵敏结构决定;当所测力达到某个阈值时,上层敏感结构受力端与下层敏感结构的受力端接触,此时下层敏感结构开始工作,同时下层敏感结构也起到止档作用,保护上层梁由于过载可能造成的损害。

[0026] 本发明提出的力传感器为了兼具较高的灵敏度和较宽的量程,利用两种不同灵敏度的力敏感结构感测外加压力。该传感器的示意图如附图1所示。

[0027] 该传感器包括衬底1,下层硅悬臂梁2,上层硅薄膜3,第一介质层41和第二介质层42,第一压阻51和第二压阻52,以及第一压阻51和第二压阻52的引出第一导线61和第二引

出导线62;其中,

[0028] 衬底1中空,下层硅梁2位于衬底1中心上表面中空区域内,且表面和衬底1上表面齐平,下层硅梁2一端和衬底1连接,另一段悬空;

[0029] 第二压阻52嵌入下层硅梁2和衬底1上表面连接处,表面和下层硅梁2齐平;上层硅薄膜3呈悬臂结构,其固定区域通过第一介质层41和衬底1连接,与其固定区域连接的是悬浮区域;第一压阻51嵌于其固定区域和悬浮区域之间,与上层硅薄膜3齐平;上层硅薄膜3构成的悬浮区域和下层硅梁2有交叠,并有和第一介质层41同样厚度的间隙;第二介质层42覆盖上层硅薄膜3和下层硅梁2及衬底1的上表面,第一引线61和第二引线62位于第二介质层42表面,分别是第一压阻51和第二压阻52的引出线。

[0030] 下层硅悬臂梁2和上层硅薄膜3的力敏感梁刚度不同,上层硅薄膜3力敏感梁刚性小于下层硅悬臂梁2敏感梁刚性。

[0031] 下层硅悬臂梁2和上层硅薄膜3之间存在间隙,其间隙宽度等于第一介质层41的厚度。

[0032] 本发明还提供了一种高灵敏度宽量程力传感器的制造方法,该方法包括如下步骤:

[0033] 步骤1:选择衬底为晶向的N型SOI硅片,通过反应离子刻蚀工艺去掉部分SOI硅片上方的硅薄膜层3和对应的氧化硅第一介质层41,形成上层硅薄膜3并露出下层硅衬底1;

[0034] 步骤2:然后以光刻胶为掩膜,光刻并用离子注入工艺注入硼离子形成第一压阻51和第二压阻52并去胶;

[0035] 步骤3:氮气气氛下950℃退火,并热氧化形成第二介质层42;

[0036] 步骤4:光刻并用氢氟酸刻蚀出第一压阻51和第二压阻52部分的引线孔,采用磁控溅射淀积金属铝并刻蚀形成压阻第一引线61和第二引线62;

[0037] 步骤5:采用四甲基氢氧化氨从背面腐蚀衬底硅到一定的厚度;

[0038] 步骤6:背面光刻并用深反应离子刻蚀工艺刻蚀硅槽中的下层硅,形成下层硅悬臂梁2;

[0039] 步骤7:正面用胶保护,采用氢氟酸湿法腐蚀从背面将下层硅悬臂梁2和上层硅薄膜3力敏感梁分离释放,自此,本传感器的制作过程完成。

[0040] 当对该传感器上层硅膜3构成的悬臂梁自由端施以较小的压力时,该梁受力下弯,同时其根部应力集中,根部的压阻51的电阻发生变化,通过检测其电阻或将其接入桥路测量电压可以反映所受力的大小;当所加力达到一定阈值后,是上述悬臂梁自由端将与下层硅梁2的自由端接触,外加压力将使下层梁2根部的压阻52产生变化,同样的,通过检测其电阻变化或将其接入桥路测量电压可以反映所受力的大小。由于下层梁2设计的刚性较大,因此其测量范围宽,同时也保护上层悬臂梁受大力作用时不会由于过载而损害。

[0041] 本发明是一种兼具较高灵敏度和较宽量程的压阻式力传感器。由衬底1、下层硅梁2、上层硅薄膜3、介质层41和42、压阻51和52、及引出导线61和62组成。该传感器设有两个不同刚性且其自由端上下交叠的力敏感梁,当有外力作用在上层感应梁上时,上或上下两个力敏感梁会发生相应的形变,根据敏感梁根部的压阻变化可以得到此时施加在传感器上的压力。

[0042] 本传感器的制作过程为：

[0043] 1)选择衬底为(100)晶向的N型SOI硅片,通过反应离子刻蚀工艺去掉部分SOI硅片上方的硅薄膜层3和对应的氧化硅中间层41,形成上层硅敏感梁3并露出下层硅衬底1;

[0044] 2)然后以光刻胶为掩膜,光刻并用离子注入工艺注入硼离子形成上下力敏感梁的压阻51和52并去胶(图2a);

[0045] 3)氮气气氛下950℃退火,并热氧化形成氧化绝缘层42;

[0046] 4)光刻并用氢氟酸刻蚀出压阻51和52部分的引线孔,采用磁控溅射淀积金属铝并刻蚀形成压阻引线61和62(图2b);

[0047] 5)采用四甲基氢氧化氨从背面腐蚀衬底硅到一定的厚度(图2c);

[0048] 6)背面光刻并用深反应离子刻蚀工艺刻蚀硅槽中的下层硅,形成下层硅梁2;正面用胶保护,采用氢氟酸湿法腐蚀从背面将上下两层力敏感梁分离释放(图2d),自此,本传感器的制作过程基本完成。

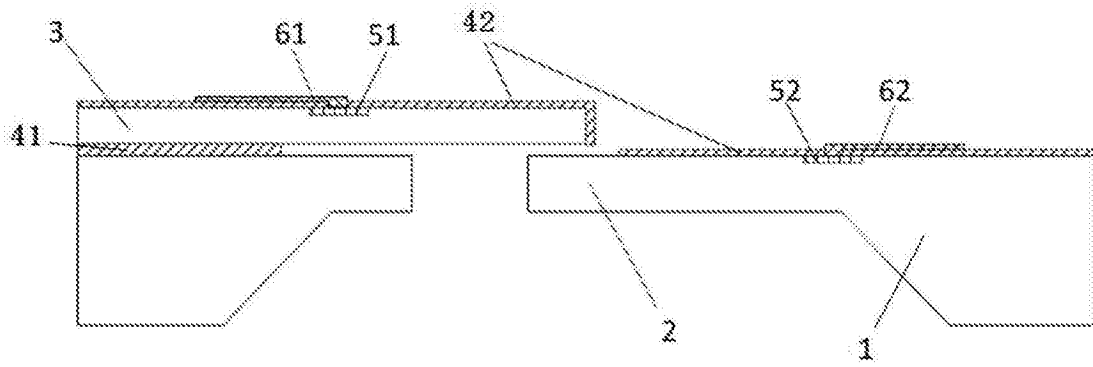


图1

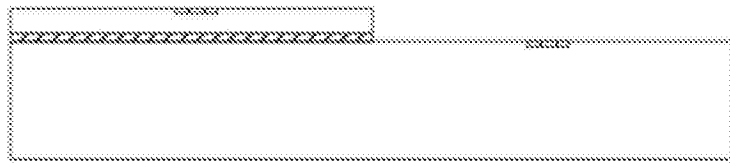


图2a

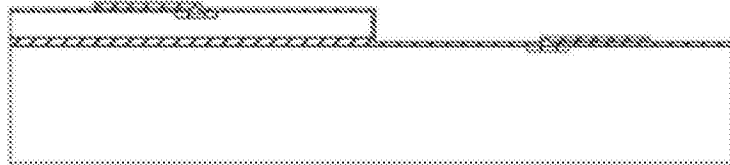


图2b

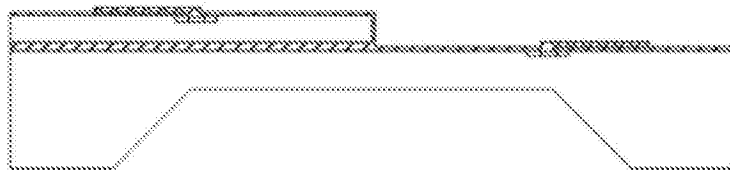


图2c

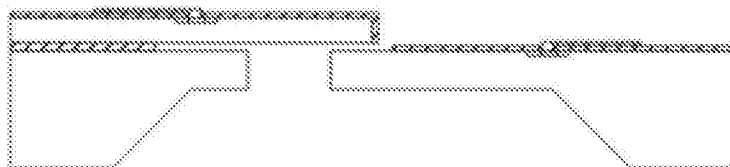


图2d