



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105628262 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 01

(21) 申请号 201510971268. 4

(22) 申请日 2015. 12. 20

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510700 广东省广州市越秀区先烈中路
83 号华南理工大学越秀专利技术服务
中心

(72) 发明人 姚若河 蔡旻熹 刘玉荣 韦岗

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限
公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

G01L 1/00(2006. 01)

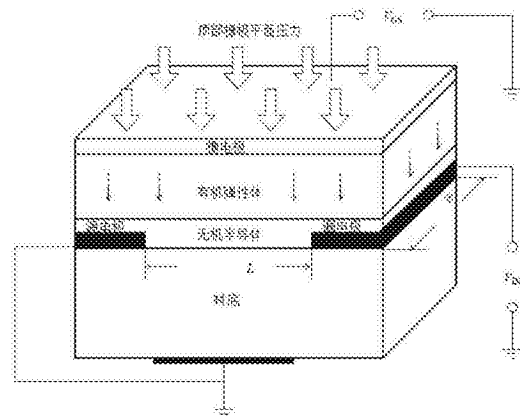
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

基于有机弹性体栅绝缘层的薄膜晶体管压力
传感器

(57) 摘要

本发明公开了基于有机弹性体栅绝缘层的薄膜晶体管压力传感器。该压力传感器结构为顶栅错列型结构,主要包括:受压后发生形变,压力撤除后迅速恢复原状的有机弹性体作为栅绝缘层;电学性能优良的无机半导体材料作为有源层。薄膜晶体管栅极所受的压力使有机弹性体栅绝缘层的实际厚度发生变化,从而影响栅绝缘层电容,进而改变无机半导体薄膜晶体管的漏极电流,通过对漏极电流的检测即可反映栅极所受压力的大小。



1. 基于有机弹性体栅绝缘层的薄膜晶体管压力传感器,通过直接检测漏极输出电流 I_D 的大小变化得到栅极所受压力的大小变化,其特征在于包括顶栅错列式薄膜晶体管、有机弹性体栅绝缘层和无机半导体有源层。

2. 根据权利要求1所述的基于有机弹性体栅绝缘层的薄膜晶体管压力传感器,其特征在于:所述顶栅错列式薄膜晶体管通过其漏极输出电流 I_D 的变化直接反映栅极所受压力情况;顶栅错列式结构具体为:首先在衬底上淀积源/漏电极,随后淀积覆盖源/漏电极的无机半导体有源层,使器件的源/漏接触位于无机半导体有源层的下表面,并对无机半导体有源层表面进行处理得到平坦表面,然后淀积有机弹性体栅绝缘层,最后淀积覆盖整个器件顶部区域的顶部栅电极薄层,并使之具有平坦的表面;所述顶栅错列式薄膜晶体管的栅电极位于整个器件的顶部,源/漏电极与无机半导体有源层的下表面接触,而顶部栅电极控制无机半导体有源层上表面形成导电沟道,即源/漏接触与顶部栅电极位于无机半导体有源层的上下不同侧。

3. 根据权利要求1所述的基于有机弹性体栅绝缘层的薄膜晶体管压力传感器,其特征在于:所述有机弹性体栅绝缘层采用经固化的有机硅弹性体。

4. 根据权利要求1所述的基于有机弹性体栅绝缘层的薄膜晶体管压力传感器,其特征在于:所述薄膜晶体管的无机半导体有源层为非晶硅、多晶硅或目前已有的金属氧化物半导体。

基于有机弹性体栅绝缘层的薄膜晶体管压力传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及MEMS压力传感器领域,更具体涉及一种栅绝缘层可发生弹性形变的无机半导体薄膜晶体管压力传感器。

背景技术

[0002] 传统的压力式传感器主要包括电阻式、电感式以及电容式三大类,分别通过器件主要组成结构的电阻、电感以及电容在外部压力下发生变化,再利用测量电路将这三种物理量的变化经过一系列处理和转换最终得到电压量的变化,从而达到探测外部压力变化的目的。这类传感器不仅需要复杂的测量电路,并且压力的变化经由多种电学量转换易造成较大误差,不利于压力传感器精度的提高。近年来出现的有机薄膜晶体管传感器使用有机半导体材料做器件的有源层,但有机半导体材料的载流子迁移率低,形成的薄膜晶体管在正常工作时需要很大的偏置电压,导致功耗增加,且大部分有机半导体材料寿命较短,严重影响器件电学性能的长期稳定性。

发明内容

[0003] 为克服上述缺点,本发明提出了一种以有机弹性体为栅绝缘层的无机半导体薄膜晶体管压力传感器。

[0004] 为了实现上述发明目的,本发明提供了一套完整的技术方案:

[0005] 一种以有机弹性体薄膜为栅绝缘层的无机半导体薄膜晶体管压力传感器结构,主要包括:顶栅错列式薄膜晶体管结构;有机弹性体栅绝缘层;电学性能优良的无机半导体有源层。所述顶栅错列式薄膜晶体管结构,区别于传统的电容式压力传感器,通过检测薄膜晶体管漏极电流而非电介质层电容的变化,直接反映栅极所受压力情况;源/漏电极与顶部栅电极分布在有源层上下不同侧,不影响有机弹性体/无机半导体界面,有利于提高器件的稳定性。

[0006] 所述顶栅错列式薄膜晶体管通过其漏极输出电流 I_D 的变化直接反映栅极所受压力情况;顶栅错列式结构具体为:首先在衬底上淀积源/漏电极,随后淀积覆盖源/漏电极的无机半导体有源层,使器件的源/漏接触位于无机半导体有源层的下表面,并对无机半导体有源层表面进行处理得到平坦表面,然后淀积有机弹性体栅绝缘层,最后淀积覆盖整个器件顶部区域的顶部栅电极薄层,并使之具有平坦的表面;所述顶栅错列式薄膜晶体管的栅电极位于整个器件的顶部,源/漏电极与无机半导体有源层的下表面接触,而顶部栅电极控制无机半导体有源层上表面形成导电沟道,即源/漏接触与顶部栅电极位于无机半导体有源层的上下不同侧。

[0007] 所述有机弹性体材料用于薄膜晶体管的栅绝缘层,有机弹性体栅绝缘层采用具有优良绝缘性和高介电常数的有机弹性体材料相比于以空气为电介质的晶体管传感器具有灵敏度更高,性能更加稳定的特点。所述薄膜晶体管的有源层为电学性能优良的无机半导体材料,相比于有机半导体薄膜晶体管传感器具有灵敏度更高、功耗更低、长期稳定性更好

的特点。

[0008] 本发明采用的顶栅错列式薄膜晶体管结构,顶部栅极绝缘层能随外界应力发生形变,直接导致器件漏极电流的变化。栅电极与源/漏电极位于半导体有源层上下不同侧,有利于形成良好的栅绝缘层/有源层界面,提高器件稳定性;

[0009] 有机弹性体栅绝缘层,受压后发生弹性形变,压力撤除后迅速恢复,用于所述无机半导体薄膜晶体管顶部栅绝缘层,可随栅极平面压力在厚度方向上发生形变,使器件的栅绝缘层厚度产生变化,进而影响器件的漏极电流。

[0010] 电学性能优良的无机半导体有源层,其载流子迁移率比较大,化学性质稳定,用作薄膜晶体管的有源层可获得优于大部分有机半导体薄膜晶体管的电学性能及长期稳定性。

[0011] 与现有技术相比,本发明具有如下优点和技术效果:

[0012] 本发明提出的以有机弹性体薄膜为栅绝缘层的无机半导体压力传感器,能直接通过器件漏极输出电流的变化对器件顶部栅极的压力大小进行检测,在一定压力范围内具有较高的敏感度。相比于电容式压力传感器,本发明提出的压力传感器的检测电路更为简单;与有机薄膜晶体管压力传感器相比,器件正常工作时所需偏置电压小,功耗低,和具有更高的器件长期稳定性。

附图说明

[0013] 图1为有机弹性体为栅绝缘层的无机半导体薄膜晶体管压力传感器的结构示意图。

[0014] 图2为有机弹性体为栅绝缘层的无机半导体薄膜晶体管压力传感器的工作原理图。

[0015] 图3为实例中有机弹性体为栅绝缘层的无机半导体薄膜晶体管压力传感器的漏极输出电流 I_D 与栅极压力 P 的关系。

具体实施方式

[0016] 下面结合实施实例及附图,对本发明做进一步的详细说明,但本发明的实施方式不限于此,需指出的是,以下若有未特别详细说明之过程或原料参数,均是本领域技术人员可参照现有技术实现或理解的。

[0017] 参照图1,本实例给出了有机弹性体为栅绝缘层的无机半导体薄膜晶体管压力传感器的一种具体实施例,其主要材料和结构特点包括:顶栅错列式薄膜晶体管;聚二甲基硅氧烷(PDMS)有机弹性体作为栅绝缘层;非晶铟镓锌氧(α -IGZO)无机半导体作为有源层。薄膜晶体管(TFT)器件总长为 $20\mu\text{m}$,宽为 $180\mu\text{m}$,为顶栅错列式结构,“顶栅”是指本发明所述薄膜晶体管的栅电极位于整个器件的顶部,“错列”是指源/漏电极与有源层的下表面接触,而顶部栅电极控制有源层上表面形成导电沟道,即源/漏接触与顶部的栅极位于有源层的上下不同侧。其中有源层沟道长度 $L=10\mu\text{m}$,沟道宽度 $W=180\mu\text{m}$ 。实例器件采用玻璃衬底,衬底上厚度为 5nm 的Ti和 20nm 的Au构成双层的Au/Ti源漏电极,源漏电极的长度均为 $5\mu\text{m}$,源漏电极上方的有源层使用厚度为 30nm 的无机半导体非晶铟镓锌氧(α -IGZO),由磁控溅射法淀积的 α -IGZO薄膜中各化学组分为 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:0.9:0.6$ 。为了获得与PDMS间的平坦的界面,采用干法刻蚀处理源漏电极正上方的 α -IGZO薄膜的凸出部分,从而获得平坦的上表面,

PDMS有机弹性体栅绝缘层薄膜的初始厚度 t_0 为500nm,其制备过程如下:将聚二甲基硅氧烷(PDMS)预聚体与固化剂(含铂催化剂的带硅氢基的交联剂)按体积比为10:1混合并搅拌均匀,真空脱气后浇注到已通过刻蚀获得平坦表面的a-IGZO有源层上,待其完全交联固化后即得到PDMS弹性体栅绝缘层,其厚度由浇注的混合体的体积决定。最后器件顶部采用厚度为50nm的覆盖整个器件顶部的氧化铟锡(ITO)电极作为器件的栅电极。

[0018] 本实例所述压力传感器的工作原理图如图2,其中 V_D 为15V, $V_{GS}=10V$,为使器件工作于饱和区, R_D 的值为33k Ω ,垂直作用于栅极上表面的压力为0N \sim 1.008 $\times 10^{-3}$ N,并以7.2 $\times 10^{-5}$ N的间隔逐步增加。

[0019] 实例得到的基于PDMS栅绝缘层的a-IGZO TFT压力传感器的漏极输出电流 I_D 随栅极压力变化的曲线如图3。其测试过程如下:在器件顶部栅电极的上表面均匀地施加垂直于该表面的平面压力,根据所述本发明实例,器件栅极上表面的面积为180 $\mu\text{m}\times 20\mu\text{m}$,栅极所加压力的大小用P(MPa)来表示其表面每平方毫米所受的压力(N/mm²)。对栅极上表面施加的压力从0N \sim 1.008 $\times 10^{-3}$ N(0MPa \sim 0.28MPa)以7.2 $\times 10^{-5}$ N(0.02MPa)的间隔逐步增加,栅极受压变化导致PDMS栅绝缘层厚度变化,在本实例图2中表现为器件的漏极输出电流的变化,随栅极压力逐步增大,器件的饱和漏极输出电流从9.27 $\times 10^{-5}$ A增加至1.45 $\times 10^{-4}$ A,则本实例所述压力传感器的漏极输出电流 I_D (A)随栅极所加平面压力P(MPa)的变化关系可表示为本实例图3所示的曲线,该曲线的斜率可表征薄膜晶体管压力传感器的灵敏度。定义压力传感器的灵敏度为 $S=\Delta I_D/\Delta P$ 。根据图3的结果可见,当器件栅极受压力较小时,PDMS栅绝缘层发生的形变比较小, I_D 随P的变化基本上是线性的,即传感器的灵敏度基本保持不变,从图3中提取得到在较小压力下(<0.1MPa)器件的灵敏度为 $S=0.119\text{mA/MPa}$,而当栅极压力增加到使PDMS薄膜厚度减少至接近初始厚度的50%时($P\sim 0.28\text{MPa}$),敏感度上升到约为 $S=0.351\text{mA/MPa}$ 。

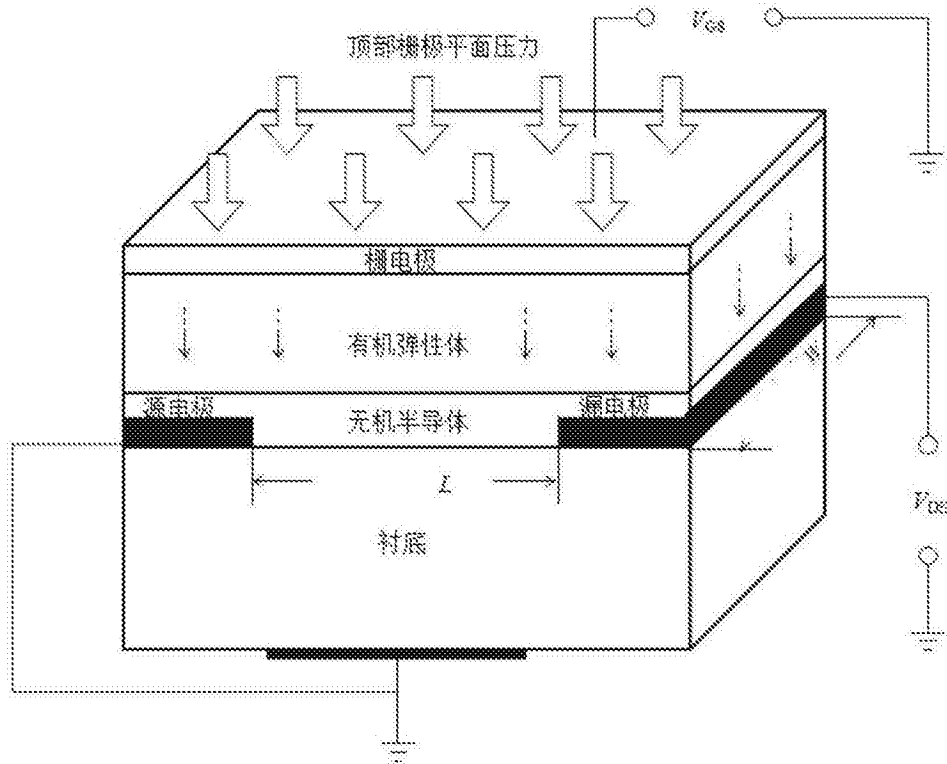


图1

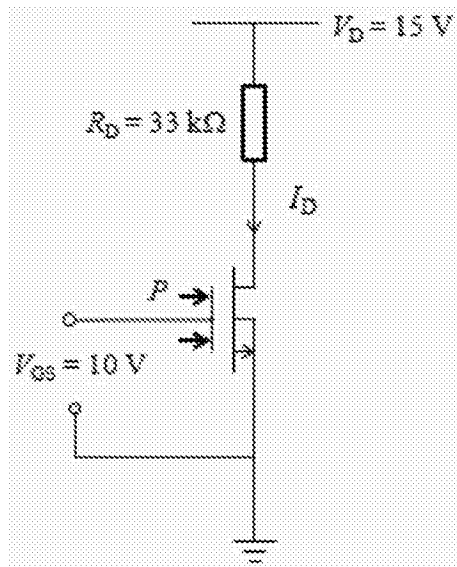


图2

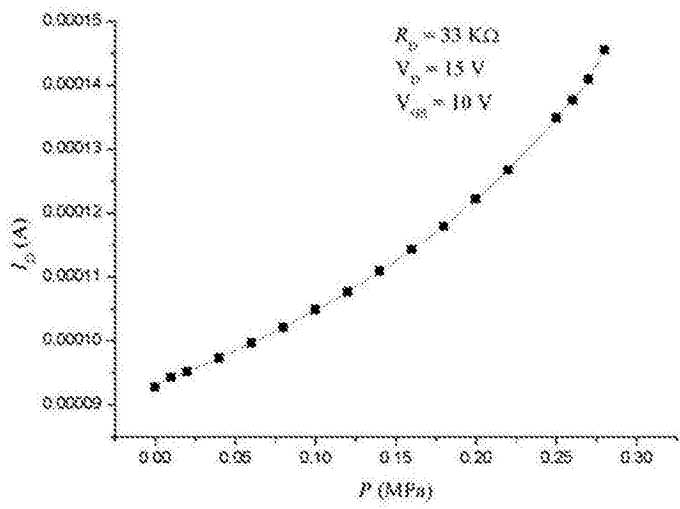


图3