



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103708406 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 09

(21) 申请号 201310714214. 0

(22) 申请日 2013. 12. 12

(71) 申请人 中国计量学院

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区学源街 258 号中国计量学院

(72) 发明人 韩建强 李森林 李琰 李青

(51) Int. Cl.

B81B 3/00(2006. 01)

B81B 7/00(2006. 01)

B81C 1/00(2006. 01)

B81C 3/00(2006. 01)

G01J 5/10(2006. 01)

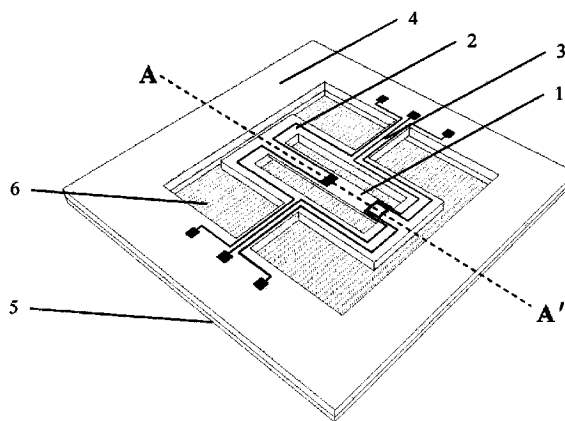
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种可隔离封装应力的谐振式红外探测器结构及制作方法

(57) 摘要

本发明公开了一种可隔离封装应力的谐振式红外探测器的结构及制作方法,属于微电子机械系统领域。其特征在于:谐振式红外探测器由微桥谐振器芯片和下底板组成。其中微桥谐振器芯片由微桥谐振器(1)、矩形框架(2)、两根支撑梁(3)、衬底(4)组成。支撑梁(3)一端固支在衬底(4)上,另一端与矩形框架(2)的一对对边相连。微桥谐振器(1)两端固支在矩形框架(2)的另一对对边之间。微桥谐振器(1)、矩形框架(2)和支撑梁(3)悬浮在下底板(5)的上方。下底板(5)的热膨胀不会改变矩形框架(2)支撑微桥谐振器(1)的一对对边之间的距离,因此不会改变微桥谐振器(1)的长度、轴向应变和谐振频率。



1. 一种可隔离封装应力的谐振式红外探测器,其特征在于:谐振式红外探测器由微桥谐振器芯片和下底板组成,其中微桥谐振器芯片由微桥谐振器(1)、矩形框架(2)、两根支撑梁(3)、衬底(4)组成;支撑梁(3)一端固支在衬底(4)上,另一端与矩形框架(2)的一对对边相连;微桥谐振器(1)两端固支在矩形框架(2)的另一对对边之间;微桥谐振器(1)、矩形框架(2)和支撑梁(3)悬浮在下底板(5)的上方。

2. 根据权利要求1所述的一种可隔离封装应力的谐振式红外探测器,其特征在于:采用以下工艺步骤制作:

[1] 利用氧化、化学气相淀积方法制作组成微桥谐振器(1)的薄膜材料,如热氧化法生长的二氧化硅薄膜(7)、低压化学气相淀积的氮化硅薄膜(8);

[2] 采用溅射、化学气相淀积方法在硅片正面制作激励微桥谐振器(1)振动的激励电阻或电极、检测微桥谐振器(1)振动的压敏电阻或电极;

[3] 在硅片正面蒸发或溅射金属薄膜,制作金属内引线(13);

[4] 在硅片正面光刻出微桥谐振器(1)、矩形框架(2)、支撑梁(3)的形状,干法刻蚀或湿法腐蚀第[1]步生长的的薄膜材料,暴露出硅衬底;

[5] 背面光刻,干法刻蚀或湿法腐蚀第[1]步生长的的薄膜材料及硅衬底,释放微桥谐振器(1)、矩形框架(2)、支撑梁(3);

[6] 取另外一片硅片或玻璃片,制作密封环或光刻并刻蚀凹坑(6)形状,形成下底板(5);

[7] 将微桥谐振器芯片和下底板(5)对准,采用阳极键合、共晶键合、玻璃焊料键合或粘结剂键合工艺将微桥谐振器芯片和下底板(5)连接在一起。

一种可隔离封装应力的谐振式红外探测器结构及制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及红外探测器的结构及制作方法,特别是一种可隔离封装应力的谐振式红外探测器的结构及制作方法,属于微电子机械系统(MEMS)领域。

背景技术

[0002] 按照工作原理划分,红外探测器可以分为制冷型的光子探测器和非制冷型的热探测器两大类。基于入射光子流与探测材料相互作用产生的光电效应(光生伏特效应、光电导效应、光电磁效应和光发射效应)的光子探测器对波长的选择性好、响应时间短、噪声等效温差低、探测率高,已广泛应用于航空航天、导弹寻导、红外夜视等军事领域。但光子探测器只能在低温下工作,须配备价格昂贵且笨重的制冷设备。高成本和难以小型化的缺点制约着光子探测器在民用领域的应用。

[0003] 热探测器的工作机理是基于红外辐射的热效应(热敏电阻效应、温差电效应、热释电效应、热膨胀效应等)引起探测器敏感材料物理特性或结构力学特性发生的变化。热探测器包括微测辐射热计、热释电红外探测器、热电堆红外探测器、热气动型红外探测器、双材料悬臂梁红外探测器、PN结二极管探测器等类型。热探测器可在室温下工作,光谱响应范围宽、体积小、重量轻、功耗低、性价比高、便于携带、工作可靠、操作和维护简便。应用范围涉及非接触式测温、功率计、红外报警、频谱仪、自动开关、气体分析仪、禁毒、危险品监测、医疗、工业探伤、电力线路检测、地球资源探测、火灾营救、污染探测等领域。然而,非制冷红外探测器的性能指标与光子探测器相比还有一定的差距,尚不能满足某些对响应率和探测率要求较高的应用领域。寻找新的红外敏感机理是研制高响应率、高探测率、低噪声红外探测器的途径之一。

[0004] 谐振式传感器的输出信号是谐振元件的谐振频率,适合于远距离传输;可不经A/D转换器而方便地与数字系统或计算机连接,具有数字传感器的特征。谐振式传感器的输出信号受电路噪声影响很小,精度及分辨率很高,长期稳定性好,抗干扰能力强。研制谐振式红外探测器是提高非制冷红外探测器性能指标的一种可能途径。

[0005] 实现谐振式红外探测器的技术途径之一是石英谐振器。1963年Smith指出石英温度计可以测量 10^{-6} K数量级的温度变化。1999年John. R. V利用石英晶体的共振频率对温度的敏感特性研制了一种石英谐振式红外探测器。2007年Francis Tsow在谐振频率为34.5KHz的石英音叉谐振器的两个音叉之间连接一根聚合物细线。温度变化时聚合物细线的刚度和谐振频率随之变化,NETD达到0.5mK,热极限噪音为 $5\mu^{\circ}\text{C}$,热响应时间约为50ms,温度灵敏度为10Hz/ $^{\circ}\text{C}$,谐振频率温度系数约为-290ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 。2009年美国Park大学Ping. K采用Y切石英晶体谐振器探测红外辐射,器件直径1mm,厚度 $18\mu\text{m}$,谐振频率90MHz,品质因数超过10000,温度灵敏度为-6.8~7.2kHz/ $^{\circ}\text{C}$,谐振频率温度系数为-90ppm/ $^{\circ}\text{C}$,响应率为-0.159ppm/ μW ,噪声等效功率为326nW。尽管石英晶体谐振器具有较高的品质因数,但加工比较困难,敏感元件厚度偏大、谐振频率温度系数小,例如NLSC、AC、LC、Y切面石英谐振器的温度系数分别为-14、-20、-35.4、-90ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 。SC切石英谐振器的在b模式下的

温度系数为 $-255\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，双模式下的温度系数为 $-80 \sim -100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，限制了石英晶体谐振器在红外探测领域的应用前景。

[0006] 微桥谐振器是实现谐振式红外探测器的另一种途径。1994年 C. Cabuz 设计了一种静电激励 / 电容检测的二氧化硅微桥谐振器探测红外辐射，利用 P^+ 硅吸收红外线。微桥的谐振频率为 100KHz ，品质因数为 20000 ，响应率为 $500\text{ppm}/\mu\text{W}$ 。2012年 Vikrant. J 等人报道了一种低噪音非制冷红外探测器。器件的尺寸为 $120\mu\text{m} \times 80\mu\text{m} \times 2.15\mu\text{m}$ ，该探测器采用高 Q 值 GaN 材料作为谐振器的结构材料，氮化硅为红外吸收材料，吸收红外辐射之后会引起谐振频率偏移，通过检测频率的偏移量来探测红外辐射的强度。2007年 Combesd J 等人在美国申请了一项谐振式红外探测器的专利。该探测器的核心结构是两端固支在框架上的微桥谐振器，框架吸收红外辐射后产生的热膨胀改变了谐振元件的轴向应力，从而改变谐振元件的谐振频率。

[0007] 微桥谐振器的谐振频率对轴向应力高度敏感。微桥所受的轴向应力包括制作过程中产生的残余应力、微桥上电阻或电极工作时产生的热应力、红外辐射引起的热应力、封装结构的热应力。微桥受到红外辐射后的热应力使得微桥谐振器所受到的拉应力减小或压应力增加，谐振频率减小，频率的变化反映出所受红外辐射的大小。

[0008] 封装结构的热应力对微桥谐振器的谐振频率具有显著的影响。如果封装材料的热膨胀系数大于制作有微桥谐振器的芯片的热膨胀系数，则环境温度升高或受到红外辐射后封装结构的热膨胀带动制作有微桥谐振器的芯片随之膨胀，微桥谐振器所受到的拉应力增加或压应力减小，将会减小微桥谐振器探测红外辐射的响应率，甚至使谐振频率温度系数变为正值。反之，如果封装材料热膨胀系数小于制作有微桥谐振器的芯片的热膨胀系数，将会提高谐振器探测红外辐射的响应率，但会增加响应时间。如何减小封装结构热膨胀对微桥谐振器的谐振频率的影响是设计基于微桥谐振器的非制冷红外探测器需要重点考虑的问题。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于发明一种可隔离封装应力的谐振式红外探测器的结构及制作方法，以消除封装结构热膨胀对微桥谐振器的谐振频率的影响。

[0010] 为实现上述目的，本发明所采用的技术方案是：谐振式红外探测器由微桥谐振器芯片和下底板组成。其中微桥谐振器芯片由微桥谐振器、矩形框架、两根支撑梁、衬底组成。支撑梁一端固支在衬底上，另一端与矩形框架的一对对边相连。微桥谐振器的两端固支在矩形框架的另一对对边之间。微桥谐振器、矩形框架和支撑梁悬浮在下底板的上方。

[0011] 为了使微桥谐振器、矩形框架和支撑梁悬浮在下底板的上方，可以采用的方法有 3 种：(1) 在下底板中心部分刻蚀凹坑，然后将下底板与微桥谐振器芯片键合在一起；(2) 在微桥谐振器芯片和下底板之间制作密封环，然后通过玻璃焊料键合、共晶键合、粘合剂键合等方式将微桥谐振器芯片和下底板键合在一起；(3) 矩形框架和支撑梁的厚度小于制作微桥谐振器芯片的衬底的厚度。

[0012] 本发明所涉及的可隔离封装应力的谐振式红外探测器可采用以下制作工艺流程制作：

[0013] [1] 利用氧化、化学气相淀积方法在硅片上制作组成微桥谐振器的薄膜材料，如热

氧化法生长的二氧化硅薄膜、低压化学气相淀积的氮化硅薄膜。

[0014] [2] 采用溅射、化学气相淀积方法在硅片正面制作激励微桥谐振器振动的激励电阻或电极、检测微桥谐振器振动的压敏电阻或电极。

[0015] [3] 在硅片正面蒸发或溅射金属薄膜，制作金属引线。

[0016] [4] 在硅片正面光刻出微桥谐振器、支撑梁、矩形框架的形状，干法刻蚀或湿法腐蚀第 [1] 步生长的的薄膜材料，暴露出硅衬底。

[0017] [5] 背面光刻，干法刻蚀或湿法腐蚀第 [1] 步生长的的薄膜材料及硅衬底，释放微桥谐振器、支撑梁、矩形框架。

[0018] [6] 取另外一片硅片或玻璃片，制作密封环或光刻并刻蚀凹坑形状。

[0019] [7] 将微桥谐振器芯片和下底板对准，采用阳极键合、共晶键合、玻璃焊料键合或粘结剂键合工艺将微桥谐振器芯片和下底板连接在一起。

[0020] 本发明所涉及的可隔离封装应力的谐振式红外探测器结构的优点是：微桥谐振器、矩形框架和支撑梁悬浮在下底板的上方，下底板的热膨胀不会改变矩形框架支撑微桥谐振器的一对对边之间的距离，因此不会改变微桥谐振器的长度、轴向应变和谐振频率。

附图说明

[0021] 图 1 是本发明所涉及的可隔离封装应力的谐振式红外探测器的结构示意图。

[0022] 图 2 是作为本发明实施例的基于电热激励、压阻检测微桥谐振器的可隔离封装应力的谐振式红外探测器沿图 1 中 AA' 方向的截面的制作工艺流程图。其中微桥谐振器是由热氧化法生长的二氧化硅和低压化学气相淀积法制作的氮化硅薄膜组成，微桥谐振器采用多晶硅电阻激励，并采用微桥谐振器根部的多晶硅电阻检测微桥谐振器的振动。

[0023] 图中：1- 微桥谐振器；2- 矩形框架；3- 支撑梁；4- 衬底；5- 下底板；6- 凹坑；7- 二氧化硅薄膜；8- 氮化硅薄膜；9- 多晶硅薄膜；10- 掺杂多晶硅薄膜；11- 多晶硅激励电阻；12- 多晶硅检测电桥；13- 金属内引线；14- 成型槽；

具体实施方式

[0024] 下面结合附图 2 和实施例 1 对本发明做进一步说明，但并不局限于该实施例。

[0025] 实施例 1：

[0026] 利用本发明的技术方案制作一种可隔离封装应力的谐振式红外探测器。其微桥谐振器采用多晶硅电阻电热激励，压阻检测。其制作工艺如下：

[0027] (1) 原始材料为 N 型、(100) 面、电阻率 $1 \sim 10 \Omega \cdot \text{cm}$ 的双面抛光硅片。(见附图 2(a))

[0028] (2) 热氧化生长二氧化硅薄膜 7，厚度 1 微米。(见附图 2(b))

[0029] (3) 低压化学气相淀积工艺 (LPCVD) 淀积氮化硅薄膜 8，厚度 0.3 微米。(见附图 2(c))

[0030] (4) 低压化学气相淀积工艺 (LPCVD) 淀积多晶硅薄膜 9，厚度 0.8 微米。(见附图 2(d))

[0031] (5) 离子注入工艺在硅片正面的多晶硅薄膜中掺杂硼原子，注入剂量 $3E15$ ，入射能量为 40keV。激活杂质原子。(见附图 2(e))

[0032] (6) 正面光刻多晶硅激励电阻 11 和多晶硅检测电桥 12 的掩膜图形,刻蚀电阻图形外的多晶硅薄膜 10,去除光刻胶。(见附图 2(f))

[0033] (7) 蒸发或溅射金属铝薄膜,厚度 1 微米。光刻、腐蚀相结合制作金属内引线 13。450℃、氮气气氛中合金化,时间 30 分钟。(见附图 2(g))

[0034] (8) 在硅片正面光刻,干法刻蚀二氧化硅薄膜 7 和氮化硅薄膜 8,形成成型槽 14,得到微桥谐振器 1、矩形框架 2 和支撑梁 3 的形状,暴露出硅衬底。(见附图 2(h))

[0035] (9) 正面光刻胶保护,刻蚀背面的多晶硅薄膜 9。背面光刻微桥谐振器 1、矩形框架 2 和支撑梁 3 的掩膜,各向异性干法或湿法腐蚀硅,释放微桥谐振器 1。(见附图 2(i))

[0036] (10) 取另外一片玻璃片,光刻并刻蚀凹坑 6 形状,深度 20 微米。去胶。(见附图 2(j))

[0037] (11) 将微桥谐振器芯片和玻璃下底板 5 对准,采用阳极键合工艺将二者键合在引一起。(见附图 2(k))

[0038] (12) 划片,将芯片粘结在管壳上,焊接引线。

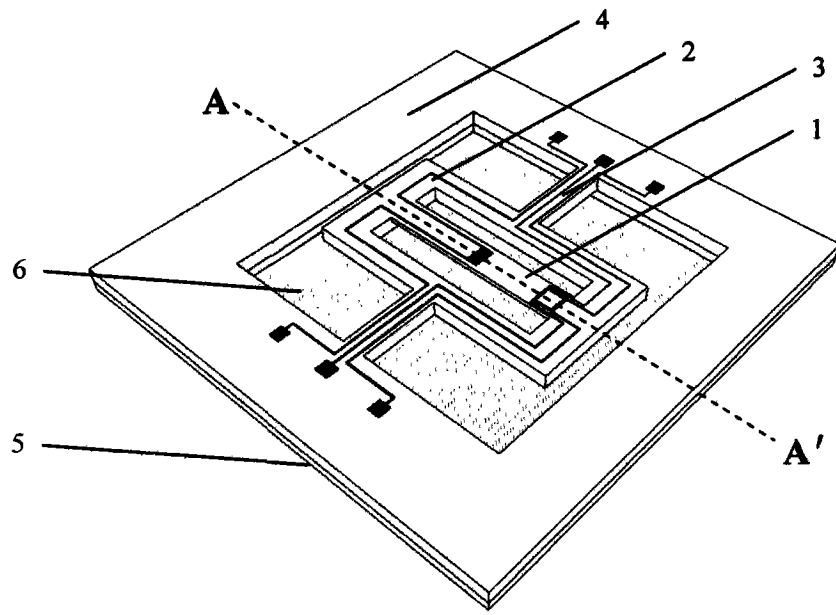
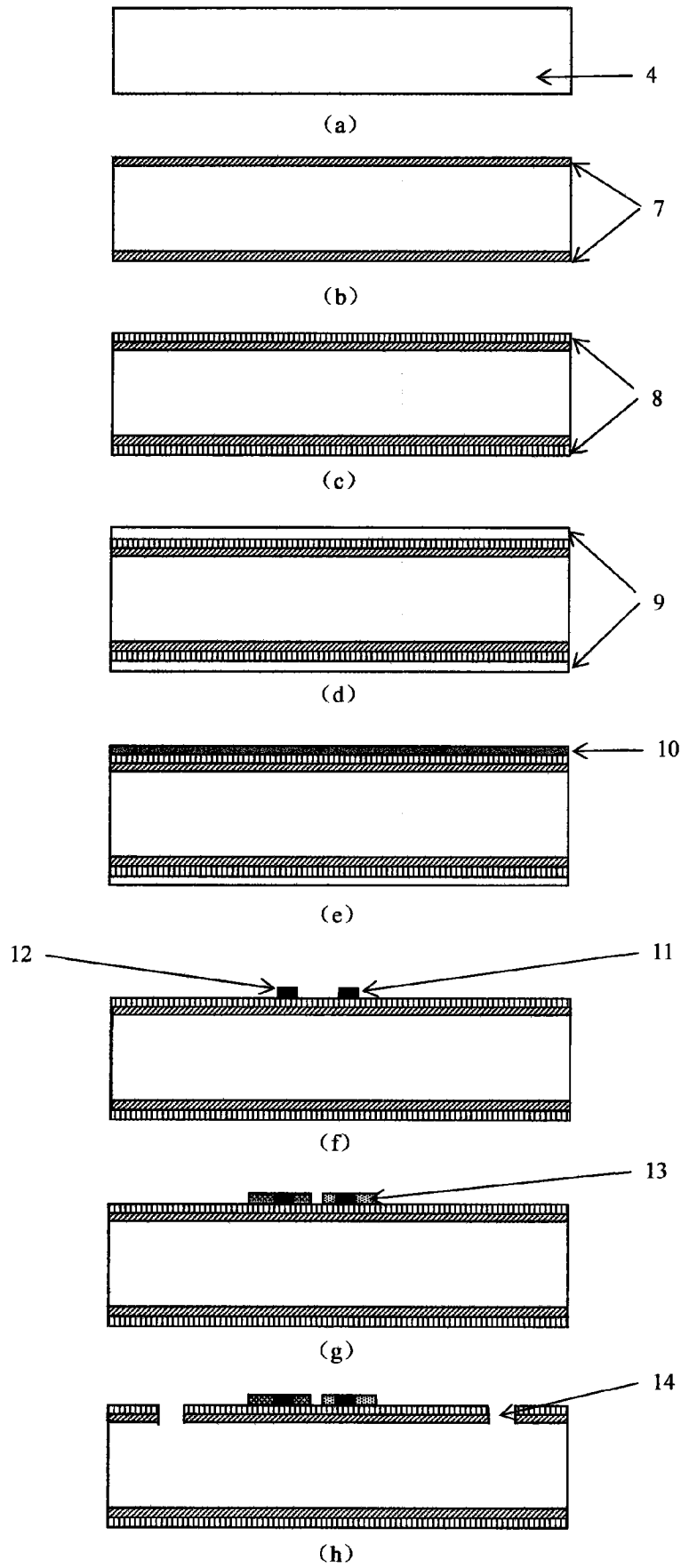


图 1



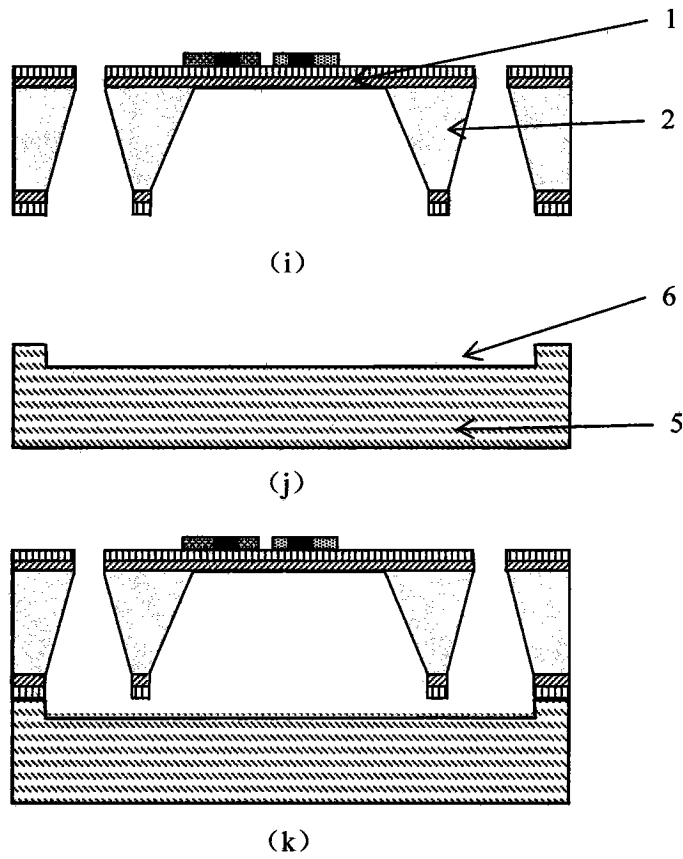


图 2