



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102721721 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 02

(21) 申请号 201210201502. 1

(22) 申请日 2012. 06. 18

(73) 专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路 28 号

(72) 发明人 赵立波 周睿 蒋庄德 李支康

赵玉龙 王晓坡 刘志刚

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任

公司 61200

代理人 田洲

(51) Int. Cl.

G01N 25/20(2006. 01)

审查员 栾谦聪

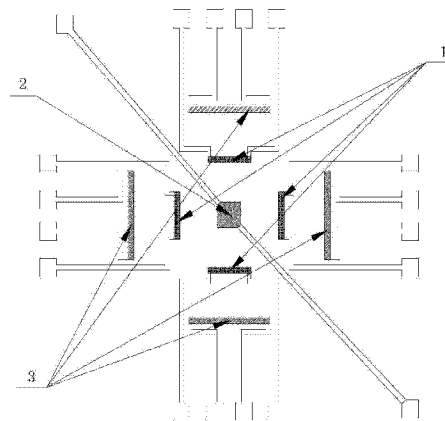
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片及其制备方法,所述芯片包括 SOI 晶片,该 SOI 晶片包括单晶硅、设置于单晶硅上的埋层二氧化硅和设置于埋层二氧化硅上的硅基底;硅基底上设有一个暴露出底部埋层二氧化硅的绝热腔;绝热腔的底面上设有加热器、第一温度传感器和第二温度传感器,加热器和第二温度传感器中心对称的设置于第一温度传感器周围,加热器设置于第一温度传感器和第二温度传感器之间。测量时传热过程在腐蚀的绝热腔内进行,绝热效果良好,测量精度高;该芯片能充分的检测各个方向的热量传递,响应快,同时又能检测流体在不同方向上热传递的差异;通过对 4 个加热器选择性的通电或者加载不同功率能得到更多数据使测量结果更加真实可信。



1. 一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片,其特征在于,包括 SOI 晶片,该 SOI 晶片包括单晶硅(4)、设置于单晶硅(4)上的埋层二氧化硅(5)和设置于埋层二氧化硅(5)上的硅基底(6);硅基底(6)上设有一个暴露出底部埋层二氧化硅(5)的绝热腔;绝热腔的底面上设有若干加热器(1)、第一温度传感器(2)和若干第二温度传感器(3),所述若干加热器(1)和若干第二温度传感器(3)中心对称的设置于第一温度传感器(2)周围,所述加热器(1)设置于第一温度传感器(2)和第二温度传感器(3)之间;加热器(1)、第一温度传感器(2)和第二温度传感器(3)的两端分别连接有 $\text{TiSi}_2\text{-TiN-Al}$ 结构的金属引线;绝热腔底部设有一层覆盖加热器(1)、第一温度传感器(2)和第二温度传感器(3)的氮化硅保护层(9)。

2. 如权利要求 1 所述的一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片,其特征在于:所述硅杯结构的热扩散率传感器芯片包括四个加热器(1)、一个第一温度传感器(2)和四个第二温度传感器(3);第一温度传感器(2)位于中心位置,四个加热器(1)和四个第二温度传感器(3)以第一温度传感器(2)为中心围成两个正方形。

3. 如权利要求 2 所述的一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片,其特征在于:所述单晶硅(4)的底部设有二氧化硅层(7)。

4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的硅杯结构的热扩散率传感器芯片的制备方法,其特征在于:包括以下步骤:

1) 选取 SOI 晶片,将 SOI 晶片在管式炉内在 $850 \sim 1150^\circ\text{C}$ 温度下进行干法热氧化,在 SOI 晶片上表面的单晶硅(4)和下表面的硅基底(6)上分别氧化形成厚度 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.3 \mu\text{m}$ 的二氧化硅层(7);

2) 对 SOI 晶片下表面的二氧化硅层(7)光刻图形窗口,并用 HF 溶液去除暴露于窗口中的二氧化硅层(7),形成二氧化硅掩蔽层;

3) 将步骤 2) 得到的器件采用自停止湿法刻蚀技术对下表面的硅基底(6)进行腐蚀至埋层二氧化硅(5),在硅基底(6)上形成一个绝热腔;

4) 用 HF 溶液去除 SOI 晶片下表面的二氧化硅层(7),然后将得到的器件倒置,使背腔朝上,采用溅射方法在绝热腔底部暴露出的埋层二氧化硅(5)上淀积 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.2 \mu\text{m}$ 厚的铬-镍-铂多层金属薄膜,通过刻蚀铬-镍-铂多层金属薄膜形成加热器(1)、第一温度传感器(2)和第二温度传感器(3);

5) 在步骤 4) 得到的器件背面的二氧化硅层(7)光刻,刻蚀形成多个分别连通加热器(1)、第一温度传感器(2)和第二温度传感器(3)的两端的金属引线孔(10),并采用溅射工艺在二氧化硅层(7)表面淀积 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.2 \mu\text{m}$ 厚的 $\text{TiSi}_2\text{-TiN-Al}$ 结构的金属引线层(8),经过正面光刻和 ICP 刻蚀后形成连接对应金属引线孔(10)内金属引线的金属引线层焊盘(11);

6) 用低压气相淀积技术在步骤 5) 得到的器件正面淀积 $0.2 \mu\text{m} \sim 0.3 \mu\text{m}$ 厚的氮化硅保护层(9),以覆盖加热器(1)、第一温度传感器(2)和第二温度传感器(3);

7) 采用倒装焊技术将金属引线层焊盘(11)与 PCB 电路板(12)上对应的 PCB 电路板焊盘(13)连接起来即形成所述硅杯结构的热扩散率传感器芯片。

一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及热扩散率传感器芯片技术领域,特别涉及一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片及其制备方法,用于测量流体热扩散率。

背景技术

[0002] 热扩散率是反映物质导热性能的物理量。要确定物质的热扩散率一般可以通过理论计算和实验测定两种途径。从理论计算方面,可以通过确定物质的导热机理和分析物理模型,由数学分析和计算得到物质的热扩散率。然而热扩散率因物质成分和结构的不同而有较大差异,因此用理论的方法来确定十分困难,除少数物质外,其他很难从理论上计算出各种物质的热扩散率。因此实验测量时确定物质热扩散率的重要途径。

[0003] 热扩散率的测量方法可分为稳态法和瞬态法。稳态法是在待测样品温度分布稳定后进行测量,依据稳态的导热微分方程直接得到热扩散率。常用的稳态法如水平平板法和圆筒法等需要的测量时间较长、对环境要求苛刻(如测量系统的绝热条件、测量过程中的温度控制以及样品的形状尺寸等)以及通常需要较多的流体样本。瞬态法则指测量过程中试样温度随时间变化,依据非稳态导热微分方程,直接测得热扩散率。常用的瞬态法主要有热探针法和瞬态热丝法。热探针法虽然得到了广泛的研究,然而由于测量时忽略探针自身热容导致了热探针法的测量精度不高。为提高其测量精度提出的瞬态双热丝法虽然能使测量精度得到一定的提高,但是测量装置复杂而且操作不够简便。传统的热探针法通过热电偶只能测量一点的温度,且因为热探针自身温度不均匀而引起误差。为克服此误差采用封装在针套内的铜丝同时作为加热和测温元件,从而得到热探针整体的平均温度。虽然能在一定程度上提高其测量精度,但都没有考虑热探针本身的热容和直径的影响,无法避免系统误差。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片及其制备方法,整个芯片为硅杯结构,体积小,测量时整个传热过程在腐蚀的绝热腔内进行,与外界之间可以起到良好的绝热效果,测量精度高;传感器芯片布局为一个正方形温度传感器位于中央,4个加热器在其四周对称分布,另有四个温度传感器位于加热器外侧;这种布局能充分的检测各个方向的热量传递从而得到更快的响应,同时又能检测流体在不同方向上热传递的差异;通过对4个加热器选择性的通电或者加载不同功率能得到更多数据使测量结果更加真实可信。

[0005] 为解决以上技术问题,本发明一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片采用以下技术方案:

[0006] 一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片,包括SOI晶片,该SOI晶片包括单晶硅、设置于单晶硅上的埋层二氧化硅和设置于埋层二氧化硅上的硅基底;硅基底上设有一个暴露出底部埋层二氧化硅的绝热腔;绝热腔的底面上设有若干加热器、第一温度传感器和若干

第二温度传感器,所述若干加热器和若干第二温度传感器中心对称的设置于第一温度传感器周围,所述加热器设置于第一温度传感器和第二温度传感器之间。

[0007] 优选的,所述硅杯结构的热扩散率传感器芯片包括四个加热器、一个第一温度传感器和四个第二温度传感器;第一温度传感器位于中心位置,四个加热器和四个第二温度传感器以第一温度传感器为中心围成两个正方形。优选的,加热器、第一温度传感器和第二温度传感器的两端分别连接有金属引线。

[0008] 优选的,绝热腔底部设有一层覆盖加热器、第一温度传感器和第二温度传感器的氮化硅保护层。

[0009] 优选的,所述单晶硅的底部设有二氧化硅层。

[0010] 优选的,所述硅杯结构的热扩散率传感器芯片上设有贯穿二氧化硅层、单晶硅和埋层二氧化硅的金属引线孔,所述金属引线穿过对应的金属引线孔。

[0011] 优选的,所述硅杯结构的热扩散率传感器芯片还包括 PCB 电路板;PCB 电路板上设有若干 PCB 电路板焊盘;金属引线末端的焊盘焊接于对应的 PCB 电路板焊盘上。

[0012] 优选的,所述加热器、第一温度传感器和第二温度传感器为铬-镍-铂金属薄膜;所述金属引线为 $\text{TiSi}_2\text{-TiN-Al}$ 结构。

[0013] 优选的,铬-镍-铂金属薄膜中铬层、镍层的厚度均为 30nm; $\text{TiSi}_2\text{-TiN-Al}$ 结构中 TiSi_2 层、TiN 层的厚度均为 50nm。

[0014] 为解决以上技术问题,本发明一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片的制备方法采用以下技术方案:

[0015] 硅杯结构的热扩散率传感器芯片的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0016] (1)选取 SOI 晶片,将 SOI 晶片在管式炉内在 $850\sim 1150^\circ\text{C}$ 温度下进行干法热氧化,在 SOI 晶片上表面的单晶硅和下表面的硅基底上分别氧化形成厚度 $0.1\mu\text{m}\sim 0.3\mu\text{m}$ 的二氧化硅层;

[0017] (2)对 SOI 晶片下表面的二氧化硅层光刻图形窗口,并用 HF 溶液去除暴露于窗口中的二氧化硅层,形成二氧化硅掩蔽层;

[0018] (3)将步骤 2)得到的器件采用自停止湿法刻蚀技术对下表面的硅基底进行腐蚀至埋层二氧化硅,在硅基底上形成一个绝热腔;

[0019] (4)用 HF 溶液去除 SOI 晶片下表面的二氧化硅层,然后将得到的器件倒置,使背腔朝上,采用溅射方法在绝热腔底部暴露出的埋层二氧化硅上淀积 $0.1\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ 厚的铬-镍-铂多层金属薄膜,通过刻蚀铬-镍-铂多层金属薄膜形成加热器、第一温度传感器和第二温度传感器;

[0020] (5)在步骤 4)得到的器件背面的二氧化硅层光刻,刻蚀形成多个分别连通加热器、第一温度传感器和第二温度传感器的两端的金属引线孔,并采用溅射工艺在二氧化硅层表面淀积 $0.2\mu\text{m}\sim 0.3\mu\text{m}$ 厚的 $\text{TiSi}_2\text{-TiN-Al}$ 结构的金属引线层,经过正面光刻和 ICP 刻蚀后形成连接对应金属引线孔内金属引线的金属引线层焊盘;

[0021] (6)用低压气相淀积技术在步骤 5)得到的器件正面淀积 $0.2\mu\text{m}\sim 0.3\mu\text{m}$ 厚的氮化硅保护层,以覆盖加热器、第一温度传感器和第二温度传感器;

[0022] (7)采用倒装焊技术将金属引线层焊盘与 PCB 电路板上对应的 PCB 电路板焊盘连接起来即形成所述硅杯结构的热扩散率传感器芯片。

[0023] 本发明芯片在测量流体热扩散率时,为避免流体挥发,将环境温度设置为常温或更低温度,考虑到温度传感器响应的灵敏度及线性度,选用金属铂作为测温材料,但是由于铂与硅或二氧化硅衬底的粘附性差,采用在衬底与铂之间增加粘附层,形成铬-镍-铂多层金属结构的加热器和温度传感器,其中铬、镍层均为 30nm。

[0024] 金属引线使用铝作为互联金属材料,考虑到铝与硅接触时的尖楔现象以及在较大的电流密度下的电迁移现象,沉积厚度分别为 50nm 的 $TiSi_2$ 作为接触材料直接与硅接触,50nm 的 TiN 作为扩散阻挡层有效防止铝向衬底扩散,形成 $TiSi_2$ -TiN-Al 结构层。

[0025] 本发明硅杯结构的热扩散率传感器芯片及其制备方法至少具有以下优点:

[0026] (1) 整个装置为硅杯结构,工艺简单易于制作,还可以采用倒装焊技术简化后续的封接键合工艺,可实现小体积传感器的制作。

[0027] (2) 测量时整个传热过程在腐蚀腔内进行,与外界之间可以起到良好的绝热效果。

[0028] (3) 传感器芯片布局为一个正方形温度传感器位于中央,4 个加热器在其四周对称分布,另有四个温度传感器位于加热器外侧。这种布局能充分的检测各个方向的热量传递从而得到更快的响应,同时又能检测流体在不同方向上热传递的差异。通过对 4 个加热器选择性的通电或者加载不同功率能得到更多数据使测量结果更加真实可信。

附图说明

[0029] 图 1 为本发明硅杯结构的热扩散率传感器芯片的平面结构图;

[0030] 图 2 为本发明硅杯结构的热扩散率传感器芯片的制备工艺示意图。

[0031] 图中的标号如下表示:

[0032]

1	加热器	2、3	温度传感器
4	单晶硅	5	埋层二氧化硅
6	硅基底	7	二氧化硅层
8	金属内引线层	9	氮化硅保护层
10	金属引线孔	11	金属引线层焊盘
12	PCB 电路板	13	PCB 电路板焊盘

具体实施方式

[0033] 下面结合附图对本发明硅杯结构的热扩散率传感器芯片及其制备方法做详细描述:

[0034] 参照图 1,为本发明传感器芯片的平面结构图,本发明一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片的温度传感器 2 位于中心位置,4 个加热器 1 和 4 个温度传感器 3 以温度传感器 2 为中心围成两个正方形,金属引线分别将所述加热器的两端以及温度传感器的两端引至焊盘。通过对加热器 1 的加热使分布在外围和中央的温度传感器产生准确迅速的响应。

加热器和温度传感器由铬-镍-铂多层金属薄膜制作。

[0035] 参照图 2, 在 SOI 晶片下表面向上刻蚀有绝热腔、淀积在绝热腔下表面并经刻蚀后形成的加热器 1 以及温度传感器 2, 3、SOI 晶片的上表面氧化得到的二氧化硅隔离层、采用正面光刻, 刻蚀形成引线孔并采用溅射工艺淀积的多层结构金属引线层 8 以及淀积在加热器表面以及温度传感器表面的氮化硅保护层 9。

[0036] 参照图 2, 本发明一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片的制备方法包括以下步骤:

[0037] (1) 选取 SOI 晶片, 将 SOI 晶片在管式炉内在 $850\sim 1150^{\circ}\text{C}$ 温度下进行干法热氧化, 将 SOI 晶片的上表面(单晶硅 4)和下表面(硅基底 6)分别氧化形成厚度 $0.1\mu\text{m}\sim 0.3\mu\text{m}$ 的二氧化硅层 7;

[0038] (2) 对 SOI 晶片下表面的二氧化硅层 7 光刻图形窗口, 并用 HF 溶液去除暴露于窗口中的二氧化硅层 7, 形成二氧化硅掩蔽层;

[0039] (3) 将步骤 2) 得到的器件采用自停止湿法刻蚀技术对背面的硅基底(6)进行腐蚀至埋层二氧化硅 5, 在硅基底(6)上形成一个绝热腔;

[0040] (4) 用 HF 溶液去除 SOI 晶片下表面的二氧化硅层 7, 然后将得到的器件倒置, 使背腔朝上, 采用溅射方法在埋层二氧化硅 5 上淀积 $0.1\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ 厚的铬-镍-铂多层金属薄膜, 通过刻蚀铬-镍-铂多层金属薄膜形成加热器 1 与温度传感器 2, 3; 其中铬层、镍层的厚度均为 30nm;

[0041] (5) 在步骤 4) 得到的器件背面(二氧化硅层 7)光刻, 刻蚀形成多个分别连通加热器 1 与温度传感器 2, 3 的两端的金属引线孔 10, 并采用溅射工艺在二氧化硅层 7 表面淀积 $0.2\mu\text{m}\sim 0.3\mu\text{m}$ 厚的 $\text{TiSi}_2\text{-TiN-Al}$ 多层结构金属引线层 8, 经过正面光刻和 ICP 刻蚀后形成连接对应金属引线孔 10 内金属引线的金属引线层焊盘 11; 其中 TiSi_2 层、TiN 层的厚度均为 50nm;

[0042] (6) 用低压气相淀积技术在步骤 5) 得到的器件正面淀积 $0.2\mu\text{m}\sim 0.3\mu\text{m}$ 厚的氮化硅保护层 9, 以覆盖加热器 1 与温度传感器 2, 3;

[0043] (7) 采用倒装焊技术将金属引线层焊盘 11 与 PCB 电路板 12 的 PCB 电路板焊盘 13 连接起来。

[0044] 本发明一种硅杯结构的热扩散率传感器芯片的主要工作原理就是确认金属薄膜温度传感器 2 的阻值与温度的关系曲线, 由此得到其时间常数与热扩散率之间的关系。在校准过程中, 传感器 2 置入一个能调节温度的恒温容器中, 并且使用一个热电偶确认恒温箱中的实时温度, 用数据记录仪测量温度传感器的阻值, 得到阻值与温度的线性关系大致为: $R=a-bT$, 其中 a, b 为常数, R 为阻值, T 为温度, 由阻值与温度的曲线关系可得其准确值。

[0045] 测量方法为瞬态测量法, 其基本测量原理为: 将该芯片放在温度可控的恒温箱中, 被测流体通过移液管取微升量级注入芯片腐蚀腔(硅基底 6 和氮化硅保护层 9 围绕形成)内。测量时设定一个初始温度, 并在整个测量过程中芯片环境温度保持不变, 使恒温箱中的温度恒定在初始温度值。对于某些沸点比较低的被测流体, 环境温度设定值应较低为宜, 以免流体大量挥发, 影响测量结果。当通入电流使加热器 1 以恒定的加热功率加热时, 热流在被测流体中沿横向和竖向同时扩散, 不同的流体对应着不同的热扩散率, 热扩散率越大, 沿竖向热量传递越多, 则沿横向传递热流量越少, 则温度传感器 2, 3 所测的温度随时间变化

的关系不相同,因而也对应着不同的时间常数。

[0046] 本发明整个芯片为硅杯结构,传感器 2, 3 和加热器 1 均位于 SOI 晶片腐蚀腔内,同时整个传热过程在腐蚀腔内进行, SOI 晶片外的空气可以起到良好的绝热效果。金属引线采用低压气相沉积的 TiSi_2 -TiN-Al 多层结构。沉积厚度均为 50nm 的 TiSi_2 作为接触材料和 TiN 作为扩散阻挡层,能有效防止 Al 向衬底扩散,同时能够与铬-镍-铂多层金属薄膜形成良好的欧姆接触。选择铬-镍-铂多层金属薄膜制作温度传感器 2, 3 和加热器 1,克服了其他材料制作的热敏电阻响应灵敏度低和线性度差的缺点,并解决了铂与硅或二氧化硅的粘附性差的问题。

[0047] 以上所述仅为本发明的一种实施方式,不是全部或唯一的实施方式,本领域普通技术人员通过阅读本发明说明书而对本发明技术方案采取的任何等效的变换,均为本发明的权利要求所涵盖。

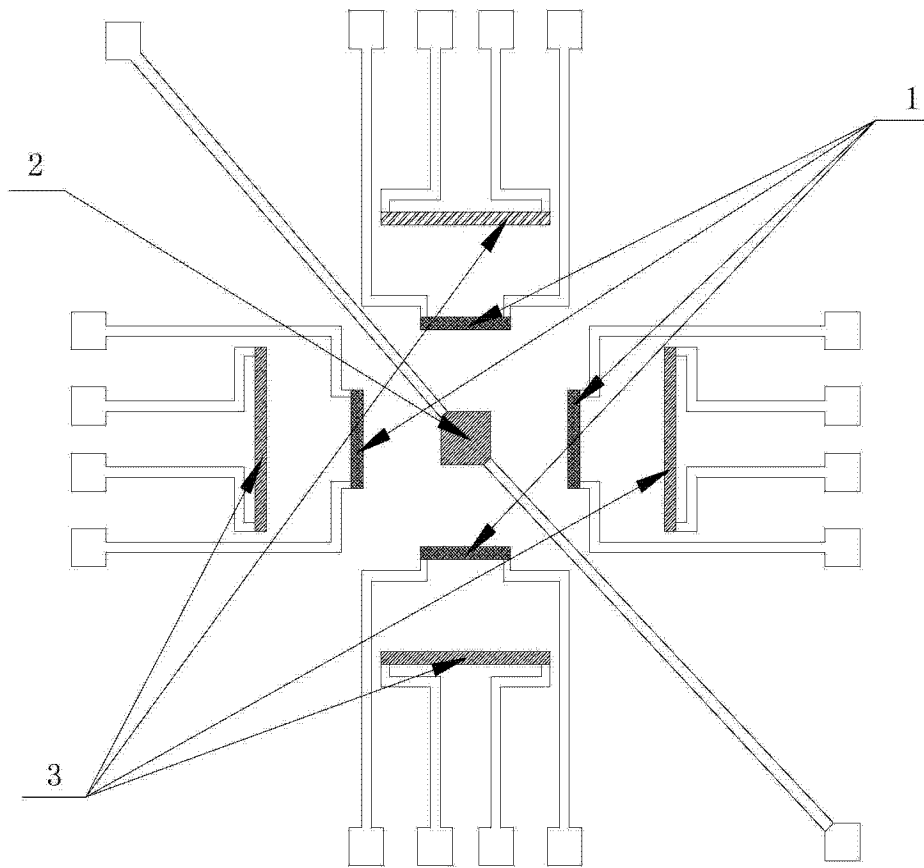


图 1

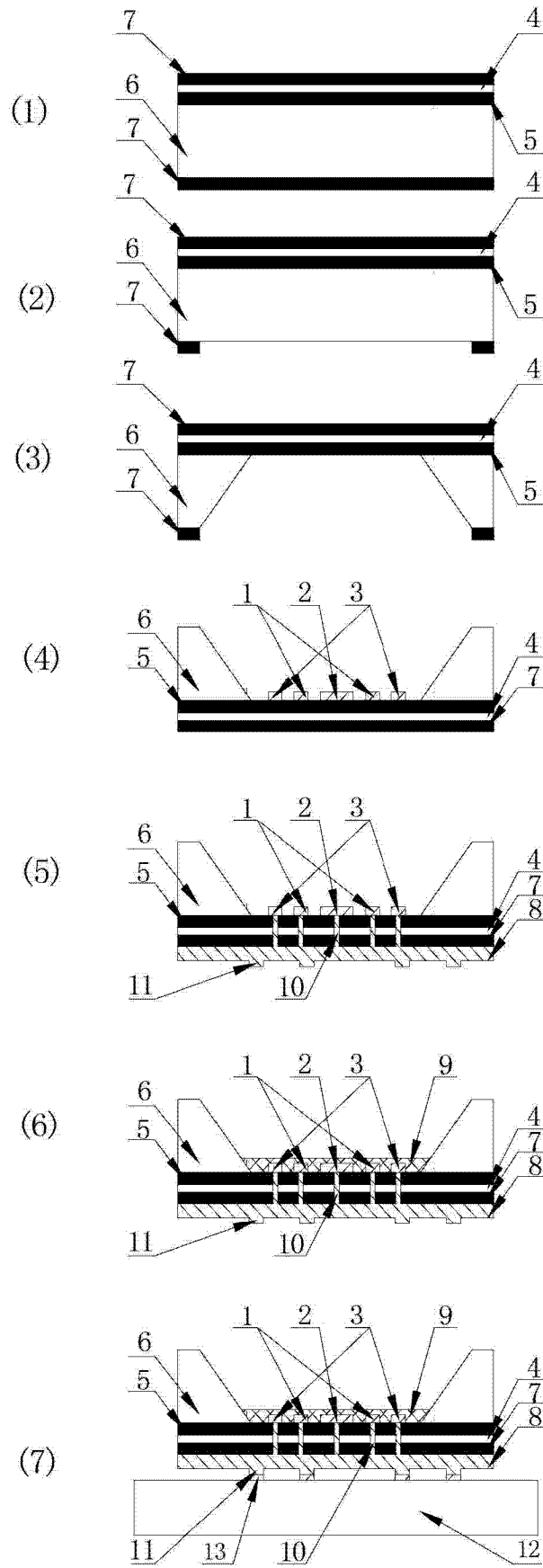


图 2