



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108793053 A

(43)申请公布日 2018. 11. 13

(21)申请号 201810583072.1

(22)申请日 2018.06.07

(71)申请人 苏州纳芯微电子股份有限公司  
地址 215000 江苏省苏州市工业园区若水路388号E1105室

(72)发明人 桑新文 盛云

(74)专利代理机构 苏州中合知识产权代理事务  
所(普通合伙) 32266  
代理人 高海棠

(51) Int. Cl.  
B81B 1/00(2006.01)  
B81C 1/00(2006.01)

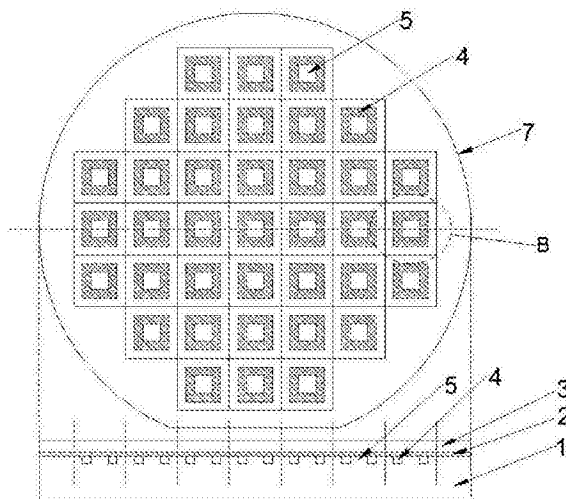
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

## (54)发明名称

MEMS SOI晶圆和制备方法以及MEMS传感器和制备方法

## (57)摘要

本发明公开了一种MEMS SOI晶圆和制备方法以及MEMS传感器及其制备方法,该晶圆结构包括基底、介质层、器件层以及空腔:所述空腔位于基底中,空腔中形成有支撑结构,且支撑结构的深度与空腔的深度相同,所述介质层位于基底和器件层之间。其制备方法包括:基底的准备;基底上凹槽的制作;器件层晶圆的准备;器件层晶圆上介质层的制作;器件层晶圆与基底的粘结;MEMS SOI晶圆的形成。用本晶圆制备出的MEMS传感器具有一致性高、性能优异、稳定性好以及抗外接环境干扰性强的优点。



1. 一种MEMS SOI晶圆,其特征在于,该晶圆结构(7)包括基底(1)、介质层(2)、器件层(3)以及空腔(4):所述空腔(4)位于基底(1)中,空腔(4)中形成有支撑结构(5),且支撑结构(5)的深度与空腔(4)的深度相同,所述介质层(2)位于基底(1)和器件层(3)之间。

2. 根据权利要求1所述的MEMS SOI晶圆,其特征在于,所述介质层(2)生长于器件层(3)的晶圆上。

3. 根据权利要求1或2所述的MEMS SOI晶圆,其特征在于,所述支撑结构(5)作为支撑器件或者作为提高器件性能的质量块。

4. 一种MEMS SOI晶圆的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(a) 基底的准备:将常用半导体晶圆用标准半导体工艺清洗后备用;

(b) 基底上凹槽的制作:在基底上通过干法刻蚀或者湿法腐蚀的方法形成凹槽和支撑结构;

(c) 器件层晶圆的准备:选用常规半导体晶圆;

(d) 器件层晶圆上介质层的制作:器件层晶圆通过热氧化或者化学气相淀积的方式生长一层介质层,形成双面带有介质层的器件层晶圆;

(e) 器件层晶圆与基底的粘结:带有介质层的器件层晶圆通过晶圆键合技术与基底粘接在一起,形成预埋于器件层晶圆下的空腔和支撑结构;

(f) MEMS SOI晶圆的形成:器件层晶圆通过减薄、化学机械研磨抛光的方式形成器件层,最终形成预埋有空腔和支撑结构的MEMS SOI晶圆。

5. 根据权利要求4所述的MEMS SOI晶圆的制备方法,其特征在于,在步骤(f)中器件层晶圆减薄的方式有机械减薄和/或湿法化学腐蚀和/或干法刻蚀。

6. 根据权利要求4所述的MEMS SOI晶圆的制备方法,其特征在于,步骤(b)中基底上凹槽的制作方法具体包括:

(4a) 基底上旋转涂布一层光刻胶,烘烤固化,作为干法刻蚀基底的掩膜层;

(4b) 光刻、显影出干法刻蚀基底的开口;

(4c) 从开口处干法刻蚀基底,形成凹槽和支撑结构;

(4d) 去除光刻胶,形成带有凹槽和支撑结构的基底。

7. 根据权利要求4所述的MEMS SOI晶圆的制备方法,其特征在于,步骤(b)中基底上凹槽的制作方法具体包括:

(5a) 基底热氧化或化学气相沉积法生长一层介质层作为干法刻蚀基底的掩膜层;

(5b) 带有介质层的基底旋转涂布一层光刻胶,烘烤固化;

(5c) 光刻、显影出干法刻蚀或湿法腐蚀介质层的开口;

(5d) 湿法腐蚀或干法刻蚀掉开口处的介质层,形成干法刻蚀基底的第二开口;

(5e) 去除光刻胶;

(5f) 从第二开口处干法刻蚀基底,形成凹槽和支撑结构;

(5g) 湿法腐蚀掉基底上的介质层,形成带有凹槽和支撑结构的基底。

8. 根据权利要求4所述的MEMS SOI晶圆的制备方法,其特征在于,步骤(b)中基底上凹槽的制作方法具体包括:

(6a) 基底热氧化或化学气相沉积法生长一层介质层作为干法刻蚀基底的掩膜层;

(6b) 带有介质层的基底旋转涂布一层光刻胶,烘烤固化;

- (6c) 光刻、显影出干法刻蚀或湿法腐蚀介质层的开口；
- (6d) 湿法腐蚀或干法刻蚀掉开口处的介质层,形成湿法腐蚀基底的第二开口；
- (6e) 去除光刻胶；
- (6f) 从第二开口处各项异性湿法腐蚀基底,形成倒梯形凹槽和支撑结构；
- (6g) 湿法腐蚀掉基底上的介质层,形成带有倒梯形凹槽和支撑结构的基底。

9. 根据权利要求4-8任一项所述的MEMS SOI晶圆的制备方法,其特征在于,所述支撑结构位于空腔的中心位置或者均匀分布在空腔中。

10. 一种MEMS传感器,其特征在于,采用权利要求1-9所述的MEMS SOI晶圆和制备方法。

11. 一种MEMS传感器的制作方法,其特征在于,

从MEMS SOI晶圆的背面刻蚀到空腔,停止在介质层上,形成背腔,围绕背腔的部分形成固支结构；

同时,MEMS SOI的支撑结构被释放成质量块,形成岛膜结构的岛,用于限制传感器中心的变形,改善非线性和对称性；

器件层形成膜结构；

感应应力变化的压阻通过离子注入或扩散的方式形成于岛膜四边的中心附近,用于压力信号转化为电学信号。

## MEMS SOI晶圆和制备方法以及MEMS传感器和制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种MEMS SOI晶圆及制备方法以及应用该MEMS SOI晶圆和制备方法的MEMS传感器及其制备方法,属于MEMS传感器技术领域。

### 背景技术

[0002] MEMS膜结构对于MEMS传感器来说,尤其是MEMS压力传感器,具有举足轻重的地位。早期的MEMS膜结构通常采用半导体工艺传统的各向异性湿法腐蚀,即利用半导体材料,如单晶硅的不同晶向在碱溶液中具有不同的腐蚀速率来形成。该工艺的缺点是效率低、一致性差、晶圆利用率低等。随着半导体微加工技术的进步,预埋空腔的绝缘衬底上硅(Cavity-SOI,简称C-SOI)晶圆,越来越多地被用于MEMS传感器制作,并逐渐取代各向异性湿法腐蚀技术来制作MEMS膜结构。

[0003] 现有的C-SOI晶圆及其结构如图1所示,其包括基底(1)、位于基底上的预埋空腔(4)、器件层(3)以及基底(1)与器件层(3)之间的介质层(2);图2为该C-SOI晶圆上一个芯片单元的放大图及其剖面图,空腔(4)预埋于器件层(3)和介质层(2)之下,空腔(4)上的器件层(3)即为MEMS膜结构,其厚度由器件层厚度决定,通过调整器件层的厚度来实现不同的膜厚度。

[0004] C-SOI晶圆采用传统IC SOI晶圆制作工艺,其流程为:先在基底(1)上制作出用于预埋空腔(4)的凹槽;然后与带有介质层(2)的器件层晶圆键合;最后器件层晶圆减薄、抛光形成C-SOI晶圆。C-SOI工艺克服了传统湿法腐蚀工艺的缺点,制作的MEMS膜结构一致性好、晶圆利用率高、与传统IC SOI工艺兼容、效率高、能够大规模批量化生产。对于较厚的MEMS膜结构来说,C-SOI工艺其表现十分优异;但对于较薄的MEMS膜结构(比如小于10um)来说,实在是相形见绌,主要原因是:第一,在减薄、抛光过程中,随着C-SOI厚度的减少,MEMS膜结构在大气压的作用下,会发生弯曲变形,不仅会导致膜厚度的偏差,还会出现局部应力集聚在MEMS膜结构上,严重的直接导致膜结构破裂甚至碎片;第二,在后续制作工艺中,由于膜厚较薄和局部应力的问题,MEMS膜结构在经历工艺过程中的标准清洗和吹干时,高压水流和气流极易导致MEMS膜结构破裂甚至MEMS C-SOI晶圆的碎片;第三,由于局部应力的问题,较薄的MEMS膜结构制作出的MEMS器件长期稳定性差,极易受外界环境影响,给后续的封装、测试以及使用带来足多不便;第四,对于超薄膜结构(5um以下),需要使用较为昂贵的SOI晶圆与普通硅晶圆键合,成本高,工艺复杂,实现难度大;第五,在C-SOI晶圆制备中,介质层生长在基底上或者同时生长在基底和器件层上,C-SOI晶圆的膜结构四周以及支撑结构的四周会凸起,影响SOI晶圆的粗糙度,严重时会造成晶圆无法使用。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于,提供一种MEMS SOI晶圆及其制备方法以及应用该MEMS SOI晶圆及其制备方法的MEMS传感器及其制备方法,用本晶圆制备出的MEMS传感器具有一致性高、性能优异、稳定性好以及抗外接环境干扰性强的优点。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案在于,一种MEMS SOI晶圆,该晶圆结构包括基底、介质层、器件层以及空腔:所述空腔位于基底中,空腔中形成有支撑结构,且支撑结构的深度与空腔的深度相同,所述介质层位于基底和器件层之间。

[0007] 作为优选,所述介质层生长于器件层的晶圆上。

[0008] 作为优选,所述支撑结构作为支撑器件或者作为提高器件性能的质量块。

[0009] 一种MEMS SOI晶圆的制备方法包括以下步骤:

[0010] (a) 基底的准备:将常用半导体晶圆用标准半导体工艺清洗后备用;

[0011] (b) 基底上凹槽的制作:在基底上通过干法刻蚀或者湿法腐蚀的方法形成凹槽和支撑结构;

[0012] (c) 器件层晶圆的准备:选用常规半导体晶圆,如N型(100)硅晶圆;

[0013] (d) 器件层晶圆上介质层的制作:器件层晶圆通过热氧化或者化学气相淀积的方式生长一层介质层,形成双面带有介质层的器件层晶圆;

[0014] (e) 器件层晶圆与基底的粘结:带有介质层的器件层晶圆通过晶圆键合技术与基底粘接在一起,形成预埋于器件层晶圆下的空腔和支撑结构;

[0015] (f) MEMS SOI晶圆的形成:器件层晶圆通过减薄、化学机械研磨抛光(CMP)的方式形成器件层,最终形成预埋有空腔和支撑结构的MEMS SOI晶圆。

[0016] 作为优选,在步骤(f)中器件层晶圆减薄的方式有机械减薄和/或湿法化学腐蚀和/或干法刻蚀。

[0017] 作为优选,步骤(b)中基底上凹槽的制作方法有三种,其中一种制作方法具体包括:

[0018] (4a) 基底上旋转涂布一层光刻胶,烘烤固化,作为干法刻蚀基底的掩膜层;

[0019] (4b) 光刻、显影出干法刻蚀基底的开口;

[0020] (4c) 从开口处干法刻蚀基底,形成凹槽和支撑结构;

[0021] (4d) 去除光刻胶,形成带有凹槽和支撑结构的基底。

[0022] 作为优选,步骤(b)中基底上凹槽的第二种制作方法具体包括:

[0023] (5a) 基底热氧化或化学气相沉积法生长一层介质层作为干法刻蚀基底的掩膜层;

[0024] (5b) 带有介质层的基底旋转涂布一层光刻胶,烘烤固化;

[0025] (5c) 光刻、显影出干法刻蚀或湿法腐蚀介质层的开口;

[0026] (5d) 湿法腐蚀或干法刻蚀掉开口处的介质层,形成干法刻蚀基底的第二开口;

[0027] (5e) 去除光刻胶;

[0028] (5f) 从第二开口处干法刻蚀基底,形成凹槽和支撑结构;

[0029] (5g) 湿法腐蚀掉基底上的介质层,形成带有凹槽和支撑结构的基底。

[0030] 作为优选,其特征在于,步骤(b)中基底上凹槽的第三种制作方法具体包括:

[0031] (6a) 基底热氧化或化学气相沉积法生长一层介质层作为干法刻蚀基底的掩膜层;

[0032] (6b) 带有介质层的基底旋转涂布一层光刻胶,烘烤固化;

[0033] (6c) 光刻、显影出干法刻蚀或湿法腐蚀介质层的开口;

[0034] (6d) 湿法腐蚀或干法刻蚀掉开口处的介质层,形成湿法腐蚀基底的第二开口;

[0035] (6e) 去除光刻胶;

[0036] (6f) 从第二开口处各项异性湿法腐蚀基底,形成倒梯形凹槽和支撑结构;

- [0037] (6g) 湿法腐蚀掉基底上的介质层,形成带有倒梯形凹槽和支撑结构的基底。
- [0038] 作为优选,所述支撑结构位于空腔的中心位置或者均匀分布在空腔中。
- [0039] 本发明还公开了一种MEMS传感器,采用本专利所述的MEMS SOI晶圆和制备方法。
- [0040] 本发明的一种MEMS传感器的制作方法,其步骤包括:
- [0041] 从MEMS SOI晶圆的背面刻蚀到空腔,停止在介质层上,形成背腔,围绕背腔的部分形成固支结构;
- [0042] 同时,MEMS SOI的支撑结构被释放成质量块,形成岛膜结构的岛,用于限制传感器中心的变形,改善非线性和对称性;
- [0043] 器件层形成膜结构;
- [0044] 感应应力变化的压阻通过离子注入或扩散的方式形成于岛膜四边的中心附近,用于压力信号转化为电学信号。
- [0045] 本发明的有益效果:本发明所述的MEMS SOI晶圆,利用若干位于MEMS膜结构下的支撑结构限制膜结构的变形,有效的克服了因变形而导致的膜厚偏差问题,同时还起到了改善局部应力集聚的现象,从而避免了晶圆制造和流片中遇到的膜破裂和碎片的问题。
- [0046] 本发明所述的MEMS SOI晶圆的制造工艺,由于支撑结构的存在,延续了厚膜C-SOI的制造工艺,避免了使用较为昂贵的SOI键合,达到简化工艺、降低成本的效果。

## 附图说明

- [0047] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。
- [0048] 图1为现有MEMS C-SOI晶圆的结构示意图;
- [0049] 图2为图1中一个芯片单元A的放大图;
- [0050] 图3为本发明带有支撑结构的MEMS C-SOI晶圆;
- [0051] 图4为图3中一个芯片单元B的放大图;
- [0052] 图5为本发明MEMS SOI晶圆的制备流程图。
- [0053] 图6为本发明实施例一的制备流程图;
- [0054] 图7为本发明实施例二的制备流程图;
- [0055] 图8为本发明实施例三的制备流程图;
- [0056] 图9为利用本发明制备的MEMS传感器的结构示意图;

## 具体实施方式

- [0057] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面将结合实施例对本申请中的技术方案进行清楚、完整地描述。
- [0058] 如图3-4所示,本发明公开了一种MEMS SOI晶圆,该晶圆结构7包括基底1、介质层2、器件层3以及空腔4:所述空腔4位于基底1中,空腔4中形成有支撑结构5,且支撑结构5 的深度与空腔4的深度相同,所述介质层2位于基底1和器件层3之间。
- [0059] 所述介质层2只生长于器件层3的晶圆上,用于提高晶圆的粗糙度和平整度。
- [0060] 所述支撑结构5作为支撑器件也可以作为提高器件性能的质量块。
- [0061] 如图5所示,本发明公开了一种MEMS SOI晶圆的制备方法,包括以下步骤:

- [0062] (a) 基底1的准备:将常用半导体晶圆用标准半导体工艺清洗后备用;
- [0063] (b) 基底上凹槽的制作:在基底1上通过干法刻蚀或者湿法腐蚀的方法形成凹槽和支撑结构5,所述凹槽即为空腔4;
- [0064] (c) 器件层晶圆6的准备:选用常规半导体晶圆,如N型(100)硅晶圆;
- [0065] (d) 器件层晶圆6上介质层2的制作:器件层晶圆6通过热氧化或者化学气相淀积的方式生长一层介质层2,形成双面带有介质层2的器件层晶圆6;
- [0066] (e) 器件层晶圆6与基底1的粘结:带有介质层2的器件层晶圆6通过晶圆键合技术与基底1粘接在一起,形成预埋于器件层晶圆6下的空腔4和支撑结构5;
- [0067] (f) MEMS SOI晶圆的形成:器件层晶圆6通过减薄、化学机械研磨抛光(CMP)的方式形成器件层3,最终形成预埋有空腔4和支撑结构5的MEMS SOI晶圆。
- [0068] 在步骤(f)中器件层晶圆6减薄的方式有机械减薄和/或湿法化学腐蚀和/或干法刻蚀等方式进行器件层晶圆减薄。
- [0069] 实施例一
- [0070] 在步骤(b)中基底上凹槽的制作方法有三种,其中一种制作方法如图6所示,具体包括:
- [0071] (4a) 基底1上旋转涂布一层光刻胶8,烘烤固化,作为干法刻蚀基底1的掩膜层;
- [0072] (4b) 光刻、显影出干法刻蚀基底的开口9;
- [0073] (4c) 从开口9处干法刻蚀基底,形成凹槽和支撑结构;
- [0074] (4d) 去除光刻胶,形成带有凹槽(即空腔4)和支撑结构5的基底1。
- [0075] 实施例二
- [0076] 步骤(b)中基底上凹槽的第二种制作方法如图7所示,具体包括:
- [0077] (5a) 基底1热氧化或化学气相沉积法生长一层介质层2作为干法刻蚀基底的掩膜层;
- [0078] (5b) 带有介质层2的基底1旋转涂布一层光刻胶8,烘烤固化;
- [0079] (5c) 光刻、显影出干法刻蚀或湿法腐蚀介质层2的开口9;
- [0080] (5d) 湿法腐蚀或干法刻蚀掉开口9处的介质层2,形成干法刻蚀基底1的第二开口10;
- [0081] (5e) 去除光刻胶8;
- [0082] (5f) 从第二开口处干法刻蚀基底1,形成凹槽(即空腔4)和支撑结构5;
- [0083] (5g) 湿法腐蚀掉基底1上的介质层2,形成带有凹槽(即空腔4)和支撑结构5的基底1。
- [0084] 实施例三
- [0085] 步骤(b)中基底上凹槽的第三种制作方法如图8所示,具体包括:
- [0086] (6a) 基底1热氧化或化学气相沉积法生长一层介质层2作为干法刻蚀基底的掩膜层;
- [0087] (6b) 带有介质层2的基底1旋转涂布一层光刻胶8,烘烤固化;
- [0088] (6c) 光刻、显影出干法刻蚀或湿法腐蚀介质层的开口9;
- [0089] (6d) 湿法腐蚀或干法刻蚀掉开口处的介质层,形成湿法腐蚀基底的第二开口10;
- [0090] (6e) 去除光刻胶8;

- [0091] (6f) 从第二开口处各项异性湿法腐蚀基底1,形成凹槽(即空腔4)和支撑结构5;
- [0092] (6g) 湿法腐蚀掉基底1上的介质层2,形成带有凹槽和支撑结构的基底,所述凹槽为梯形槽。
- [0093] 所述支撑结构5位于空腔4的中心位置或者均匀分布在空腔4中。
- [0094] 实施例四
- [0095] 如图9本发明还公开了一种MEMS传感器,采用本发明的MEMS SOI晶圆和制备方法制得。
- [0096] 其中,本发明的一种MEMS传感器的制作方法,其步骤包括:
- [0097] 从MEMS SOI晶圆的背面刻蚀到空腔4,停止在介质层2上,形成背腔11,围绕背腔11的部分形成固支结构12;
- [0098] 同时,MEMS SOI的支撑结构5被释放成质量块13,形成岛膜结构的岛,用于限制传感器中心的变形,改善非线性和对称性;
- [0099] 器件层形成膜结构;
- [0100] 感应应力变化的压阻14通过离子注入或扩散的方式形成于岛膜四边的中心附近,用于压力信号转化为电学信号。上述MEMS微差压压力传感器具有非线性小、对称性高、一致性好、性能稳定,抗外接环境干扰强等优点。
- [0101] 本发明所述的MEMS SOI晶圆制作时,介质层只生长于器件层晶圆上,有效的避免了膜结构四周和支撑结构四周凸起的问题,改善晶圆的粗糙度和平整度,提高晶圆质量;同时作为背面背腔刻蚀的停止层,保护器件层不被损伤。
- [0102] 本发明所述的MEMS SOI晶圆适用于制备MEMS差压压力传感器、MEMS微差压压力传感器、MEMS加速度传感器等MEMS传感器时,支撑结构可作为这些传感器的质量块,通过背面的背腔释放出来,起到改善传感器非线性或提高灵敏度等作用。
- [0103] 本发明所述的MEMS SOI晶圆,利用若干位于MEMS膜结构下的支撑结构限制膜结构的变形,有效的克服了因变形而导致的膜厚偏差问题,同时还起到改善局部应力集聚的现象,从而避免了晶圆制造和流片中遇到的膜破裂和碎片问题。
- [0104] 本发明所述的MEMS SOI晶圆的制造工艺,由于支撑结构的存在,延续了厚膜C-SOI的制造工艺,避免使用较为昂贵的SOI键合,达到简化工艺、降低成本的效果。
- [0105] 所描述的实施例只是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。



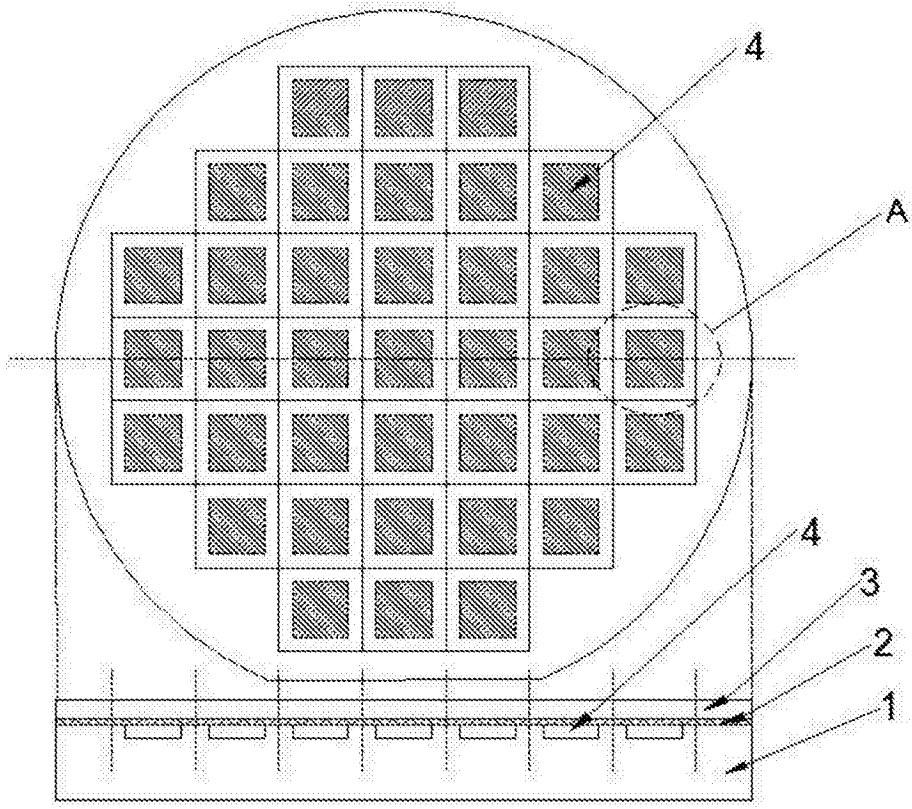


图1

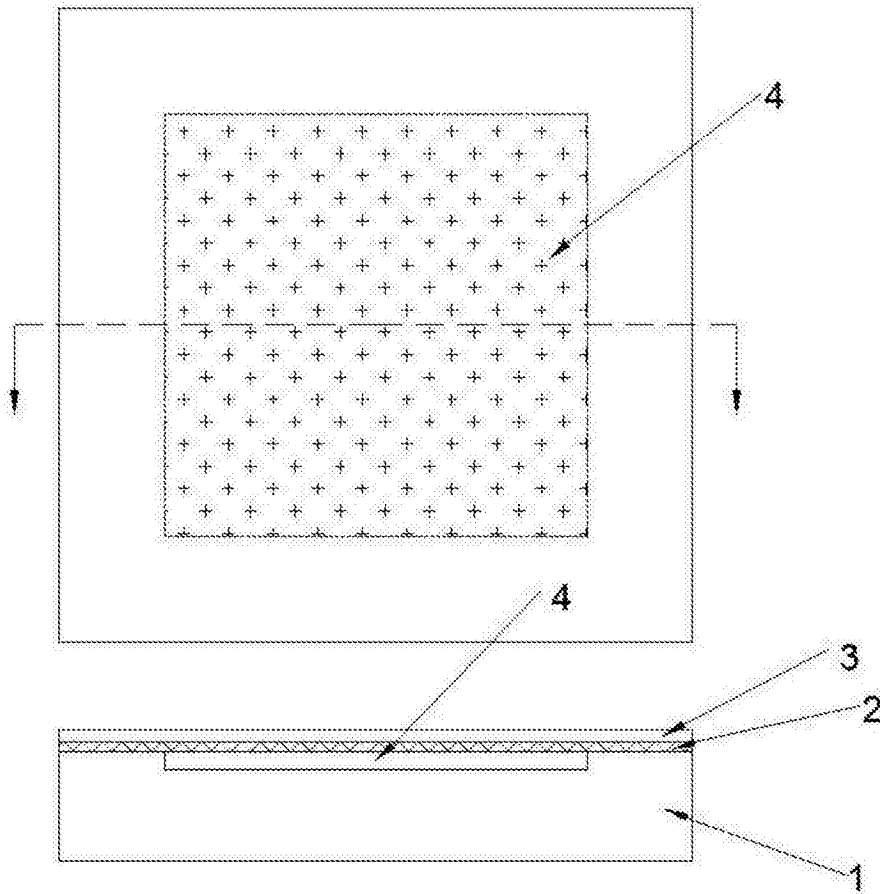


图2

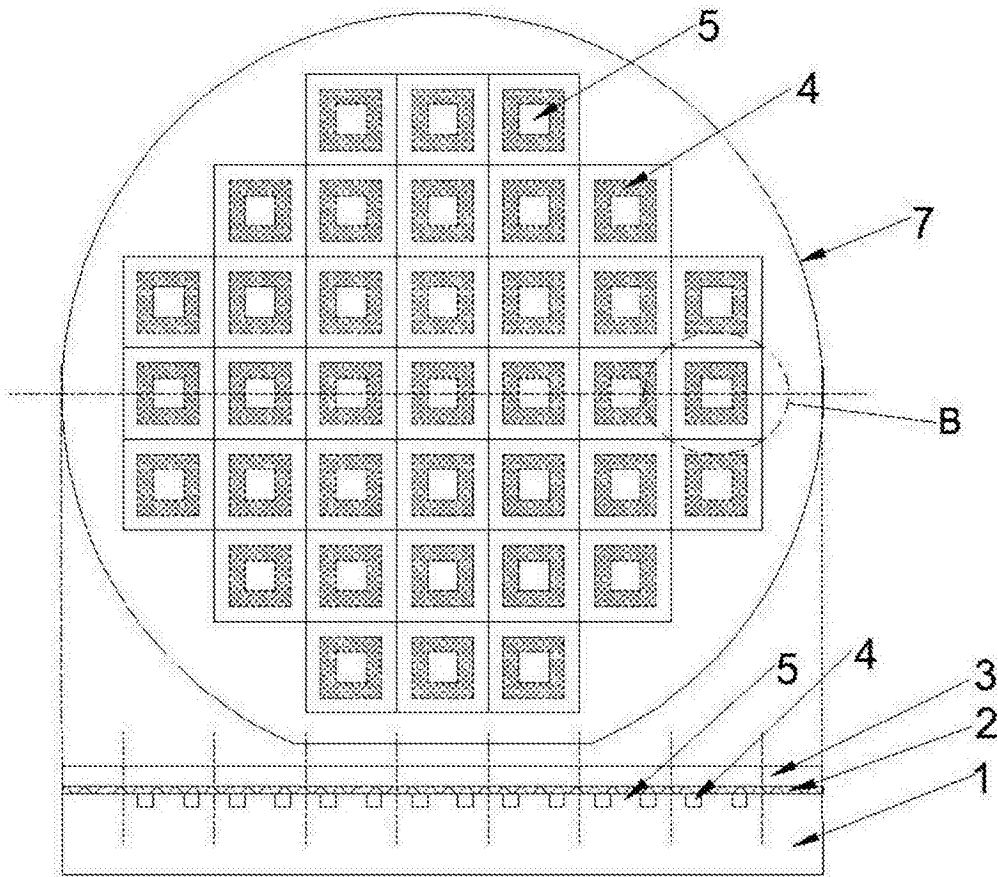


图3

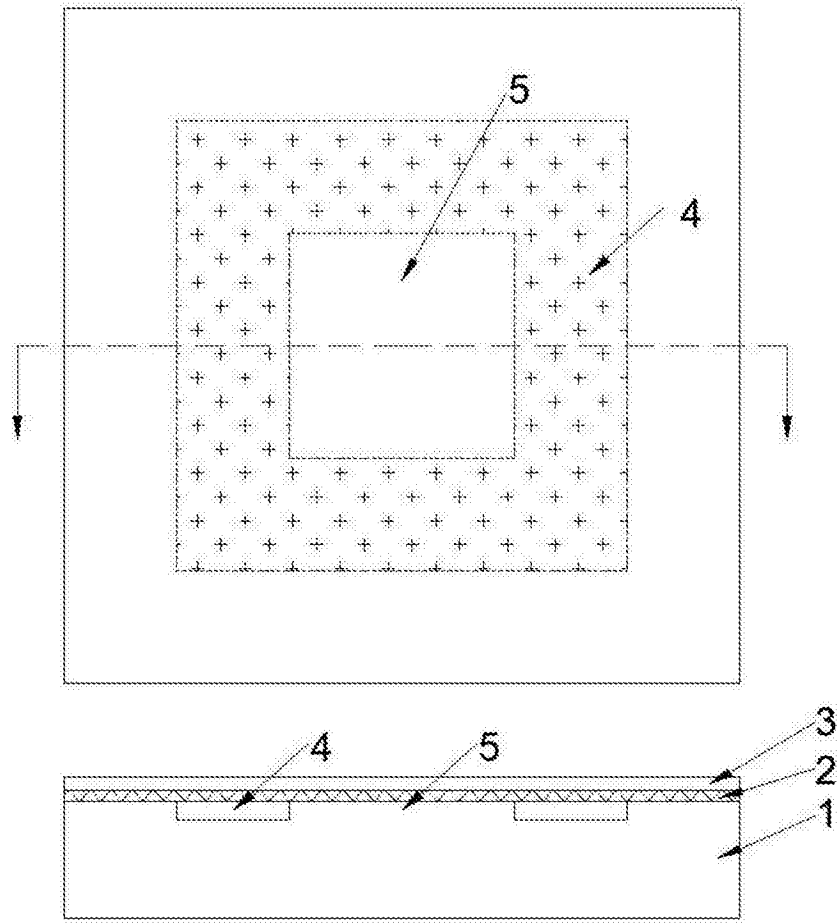


图4

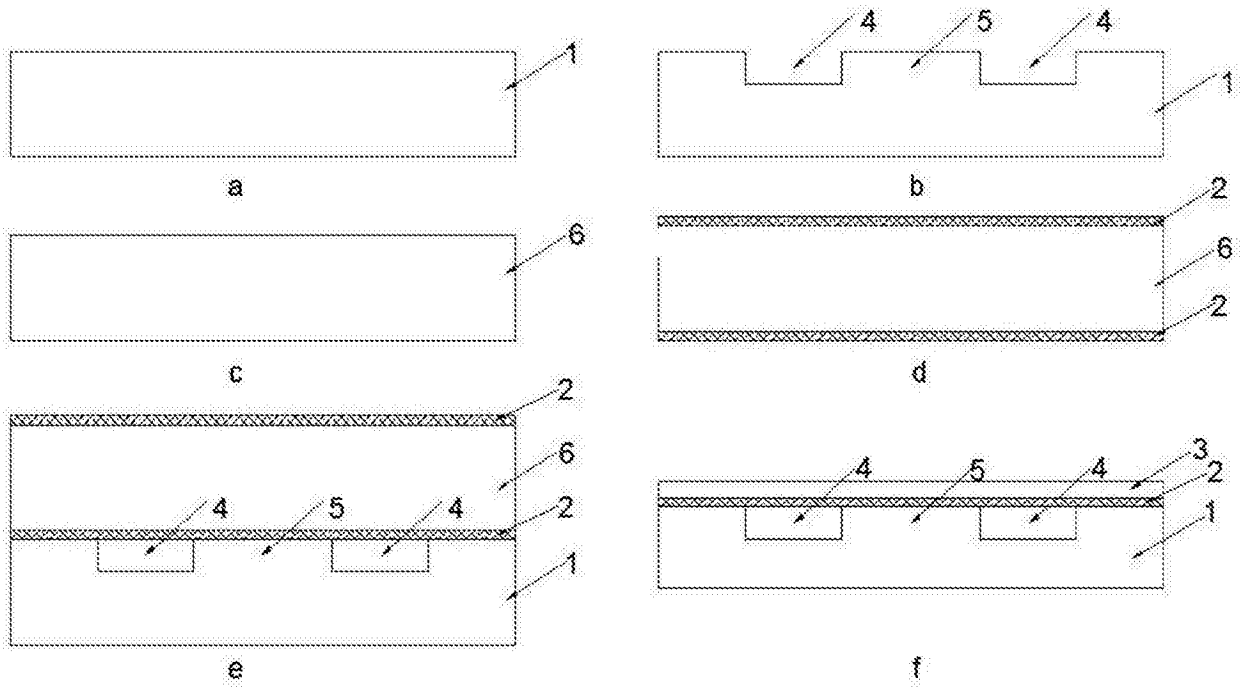


图5

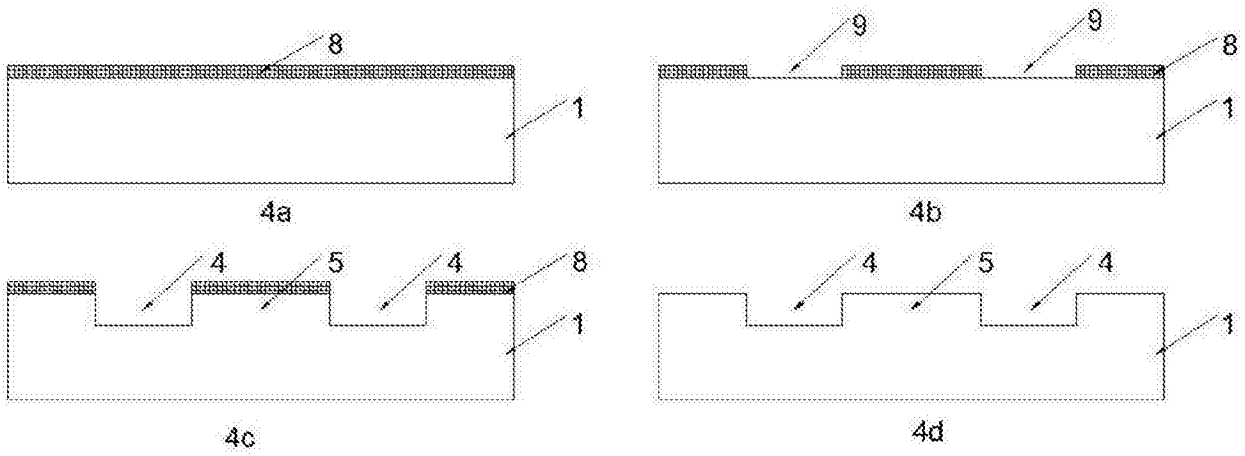


图6

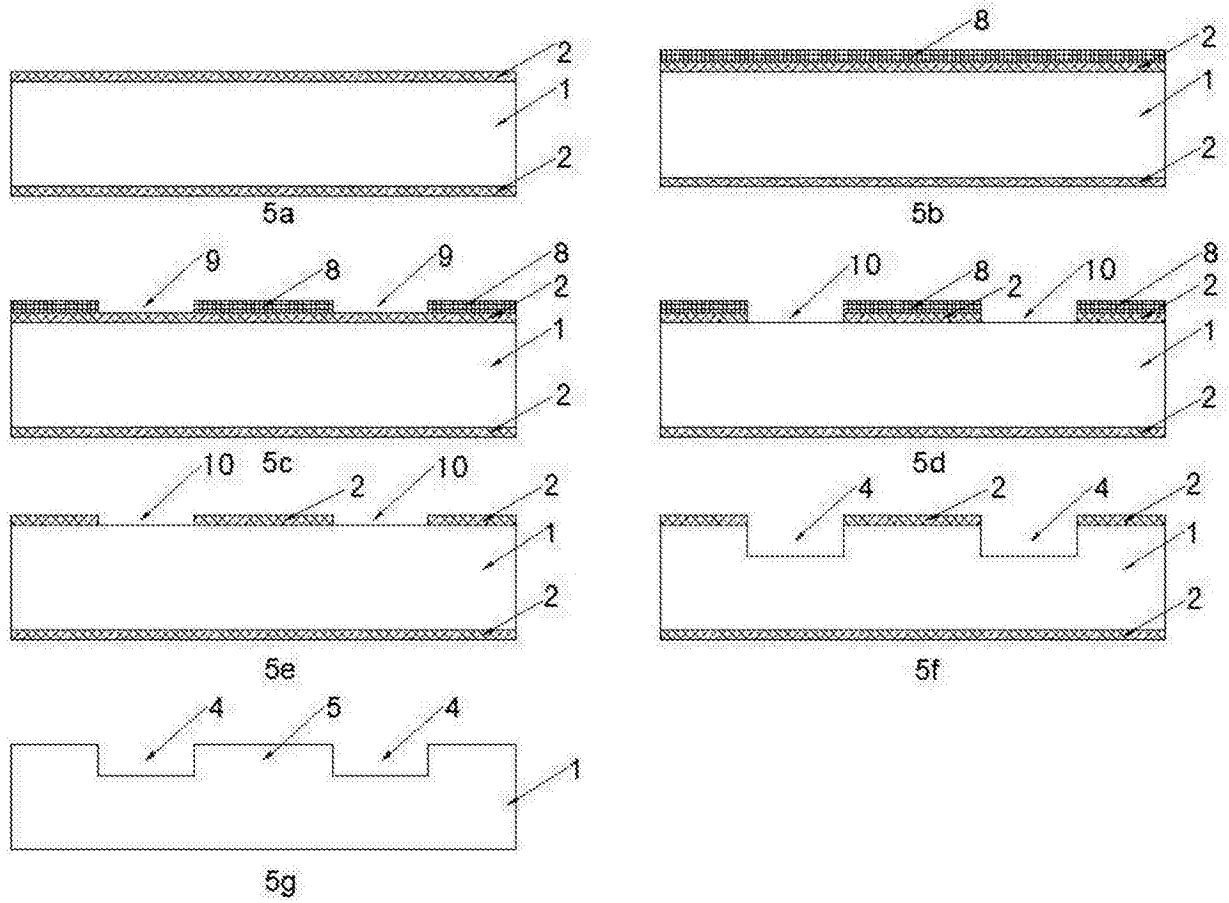


图7

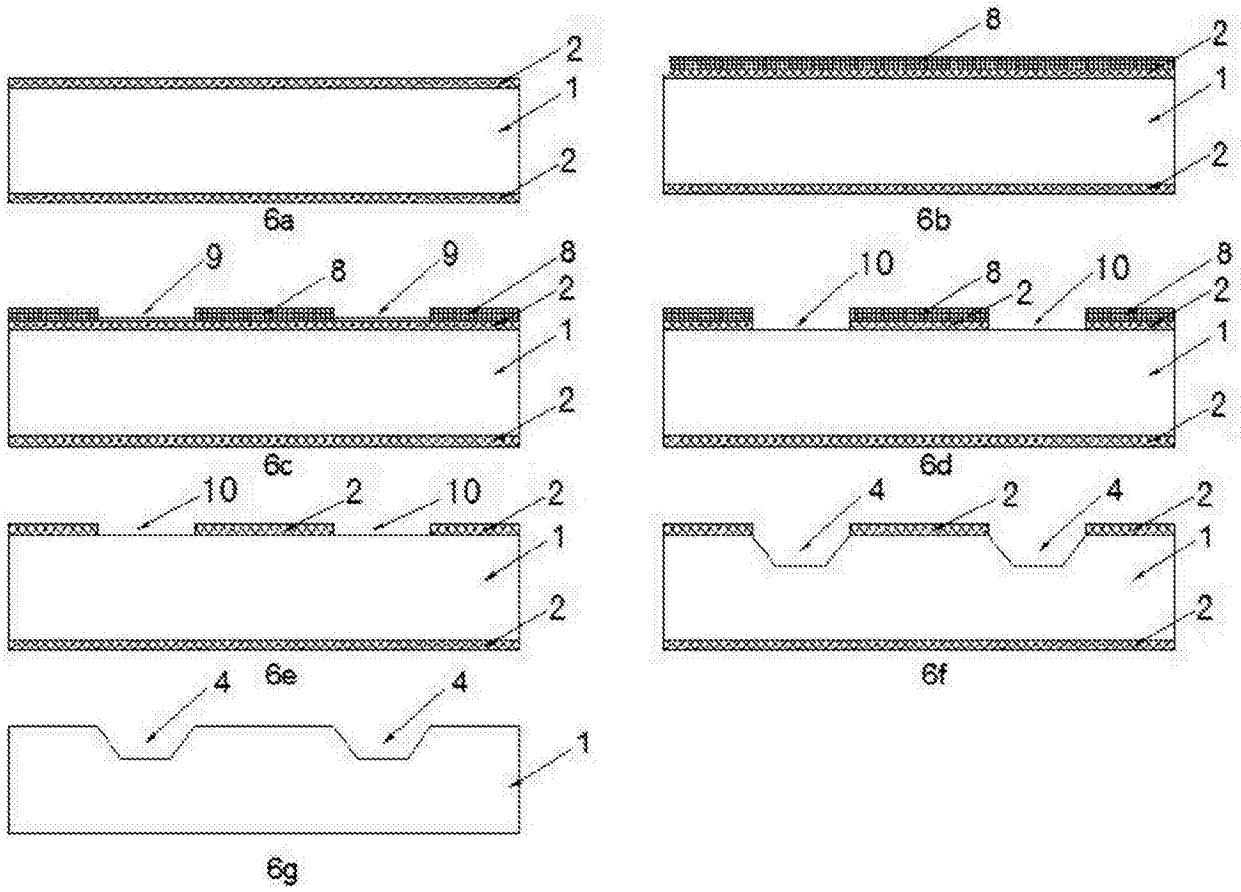


图8

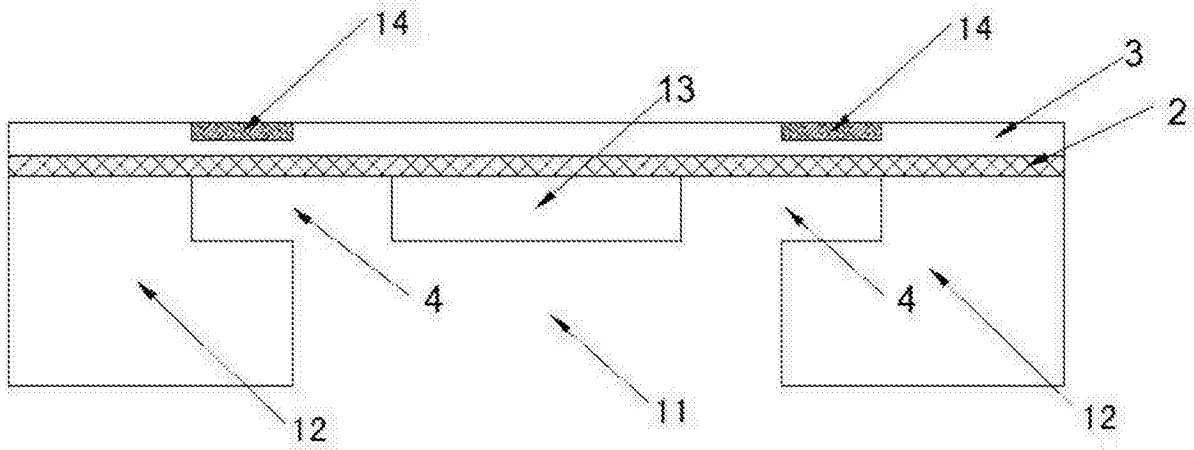


图9