



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109302158 A

(43)申请公布日 2019. 02. 01

(21)申请号 201810863619.3

(22)申请日 2018.08.01

(71)申请人 河源市众拓光电科技有限公司
地址 517000 广东省河源市高新技术开发
区高新五路众拓光电

(72)发明人 李国强

(74)专利代理机构 广州市越秀区哲力专利商标
事务所(普通合伙) 44288
代理人 汤喜友 李悦

(51) Int. Cl.

H03H 3/02(2006.01)

H03H 9/02(2006.01)

H03H 9/17(2006.01)

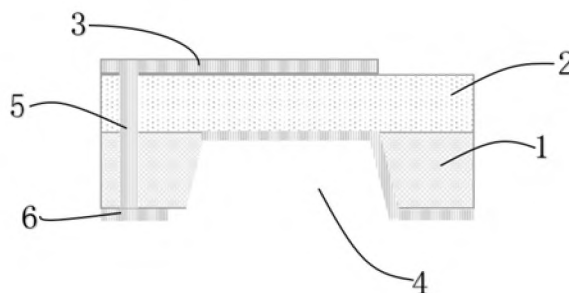
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种薄膜体声波谐振器及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种薄膜体声波谐振器,包括生长衬底、压电薄膜、顶电极和底电极;压电薄膜在生长衬底上外延生长出,压电薄膜的上表面制备得到顶电极,生长衬底上深刻蚀有下引孔,下引孔贯穿成长衬底和压电薄膜;生长衬底的背面刻蚀形成空腔,生长衬底的下表面制备得到底电极。本发明还提供一种薄膜体声波谐振器的制备方法。本发明的薄膜体声波谐振器结构简单,不易塌陷,可以很好的改善压电膜的品质,将成为适用于未来高频、高功率场合下射频滤波器的解决方案。



1. 一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,包括生长衬底、压电薄膜、顶电极和底电极;所述压电薄膜在生长衬底上外延生长出,所述压电薄膜的上表面制备得到顶电极,所述生长衬底上深刻蚀有下引孔,所述下引孔贯穿生长衬底和压电薄膜;所述生长衬底的背面刻蚀形成空腔,生长衬底的下表面制备得到底电极。

2. 如权利要求1所述的薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述压电薄膜的厚度为0.2-5 μ m。

3. 如权利要求1所述的薄膜体声波谐振器,其特征在于,顶电极和底电极的厚度均为50-300nm。

4. 如权利要求1所述的薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述生长衬底选自硅、蓝宝石或LiGaO₂。

5. 如权利要求1所述的薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述压电薄膜为单晶氮化铝压电膜、高C轴取向的多晶氮化铝薄膜或ZnO薄膜。

6. 如权利要求5所述的薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述压电薄膜的半峰宽小于等于0.3°,低表面粗糙度小于2nm。

7. 如权利要求1所述的薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述顶电极和底电极均选自Al、Mo、W、Pt、Cu、Ag、Au和ZrN中的一种或任意组合。

8. 一种如权利要求1-7任一项所述的薄膜体声波谐振器的制备方法,其特征在于包括,薄膜结构层生长步骤:在生长衬底表面外延生长压电薄膜;

顶电极制作步骤:在压电薄膜的上表面采用溅射或电子束蒸发方法制备得到顶电极;

减薄步骤:对生长衬底进行减薄;

刻蚀步骤:通过涂胶显影曝光的方法对生长衬底图形化,并深刻蚀到压电薄膜,使用干法刻蚀设备刻蚀出空腔;

下引孔制作步骤:对生长衬底图形化并深刻蚀到顶电极形成下引孔,采用电镀的方法将顶电极通过下引孔引出到生长衬底下表面;

底电极制作步骤:在生长衬底的下表面图形化底电极形状,并用溅射或电子束蒸发制作得到底电极。

一种薄膜体声波谐振器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及谐振器技术领域,尤其涉及一种薄膜体声波谐振器的制备方法。

背景技术

[0002] 无线通讯终端的多功能化发展对射频器件提出了微型化、高频率、高性能、低功耗、低成本等高技术要求。传统的声表面波滤波器(SAW)在2.4GHz以上的高频段插入损耗大,介质滤波器有很好的性能但是体积太大。薄膜体声波谐振器(FBAR)技术是近年来随着加工工艺技术水平的提高和现代无线通信技术,尤其是个人无线通信技术的快速发展而出现的一种新的射频器件技术。它具有极高的品质因数Q值(1000以上)和可集成于IC芯片上的优点,并能与互补金属氧化物半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)工艺兼容,同时有效地避免了声表面波谐振器和介质谐振器无法与CMOS工艺兼容的缺点。

[0003] FBA是制作在衬底材料上的电极—压电膜—电极的三明治结构的薄膜器件。FBAR的压电材料通常采用PZT、ZnO和AlN。其中AlN声速最高,因此应用于更高的频率,符合现在无线通信往高频化发展的要求。并且AlN具有相对另外两种材料温度系数低、热导率高、固有损耗小、化学稳定性好、制备工艺相对简单的优点。此外,锌、铅、镉等材料相对于CMOS工艺来说是很危险的材料,因为它们会严重降低半导体中载流子的寿命,而AlN不存在这个问题。因此,AlN是FBAR兼容在CMOS器件中的理想材料。

[0004] FBAR的结构有空腔型、布拉格反射型(SMR)和背面刻蚀型。其中体硅刻蚀型FBAR和空腔型FBAR相对SMR型Q值要高,损耗要小,机电耦合系数要高;体硅刻蚀型FBAR虽然相对于空腔型FBAR机械强度稍差一些,但其制备工艺简单。

[0005] FBAR的基本原理是基于压电材料的机械能和电能转换,因此其压电复合膜的品质因数影响了FBAR滤波器的损耗和滚降特性。氮化铝是FBAR的商用最成功的压电材料,由于其声速高,因此应用于更高的频率,符合现在无线通信往高频化发展的要求,并且氮化铝是FBAR与CMOS器件集成的理想材料。通常凹槽型空腔结构FBAR,包括衬底、衬底上的腔体、衬底上跨越腔体依次制作底电极、压电层和顶电极。这种结构的空腔型薄膜体声波谐振器的空腔结构容易塌陷,且Q值和机电耦合系数低,插入损耗大,从而影响器件的性能。

[0006] 现有技术中凹槽型空腔结构FBAR如图1所示,包括衬底1'、衬底上的空气腔2'、衬底上跨越空气腔依次制作底电极5'、压电层4'和顶电极3'。通常的工艺方法是:先在衬底上各向异性腐蚀出一个凹坑,然后在凹坑中填充牺牲层材料,牺牲层材料可以是Al、Mg、Ge或者二氧化硅,牺牲层表面经CMP抛光后溅射生长一层金属膜,对应在牺牲层上方的位置刻蚀出底电极图形;然后在底电极上方沉积一层压电膜,经刻蚀后,该压电膜盖过衬底上凹坑的边界,并且露出底电极的引出端,接下来在压电膜上沉积一层金属膜,刻蚀出顶电极图形;接下来通过干法刻蚀在压电层上腐蚀出一个释放窗口,将牺牲层部分露出来;最后从刻出的释放窗口将牺牲层释放,衬底上跨过空气腔的FBAR就制作得到。

[0007] 但是,上述这种凹槽型空腔结构FBAR存在两个缺点:1、CMP化学机械抛光工艺的引

入,增加了谐振器工艺流程的复杂性,C轴取向的压电薄膜(一般选用AlN薄膜)的生长受底层的粗糙的影响很大,所以增大了对加工设备控制粗糙度的要求,且不利于CMOS芯片上加工FBAR;2、通常压电层上有一定厚度的非晶过渡区域,当FBAR的应用频率从几个GHz上升到几十个GHz以上时,压电层会制作得越来越薄,择优取向的压电膜层厚度与非晶过渡区域厚度之比将会减小,这将导致FBAR的插入损耗变大,Q值降低,这就限制了FBAR往高频方向的发展。

发明内容

[0008] 为了克服现有技术的不足,本发明的目的之一在于提供一种薄膜体声波谐振器,该薄膜体声波谐振器结构简单,不易塌陷,可以很好的改善压电膜的品质,将成为适用于未来高频、高功率场合下射频滤波器的解决方案。

[0009] 本发明的目的之二在于提供一种薄膜体声波谐振器的制备方法,该制备方法无需使用牺牲层并将牺牲层由释放窗口释放,从而克服了在牺牲层去除的过程中对谐振结构产生不良影响的问题,使得到的谐振器具备更好的性能。

[0010] 本发明的目的之一采用如下技术方案实现:

[0011] 一种薄膜体声波谐振器,包括生长衬底、压电薄膜、顶电极和底电极;所述压电薄膜在生长衬底上外延生长出,所述压电薄膜的上表面制备得到顶电极,所述生长衬底上深刻蚀有下引孔,所述下引孔贯穿生长衬底和压电薄膜;所述生长衬底的背面刻蚀形成空腔,生长衬底的下表面制备得到底电极。

[0012] 进一步地,所述压电薄膜的厚度为0.2-5 μ m。

[0013] 进一步地,顶电极和底电极的厚度均为50-300nm。

[0014] 进一步地,所述生长衬底选自硅、蓝宝石或LiGaO₂。

[0015] 进一步地,所述压电薄膜为单晶氮化铝压电膜、高C轴取向的多晶氮化铝薄膜或ZnO薄膜。

[0016] 进一步地,所述压电薄膜的半峰宽小于等于0.3°,低表面粗糙度小于2nm。

[0017] 进一步地,所述顶电极和底电极均选自Al、Mo、W、Pt、Cu、Ag、Au和ZrN中的一种或任意组合。

[0018] 本发明的目的之二采用如下技术方案实现:

[0019] 一种薄膜体声波谐振器的制备方法,包括,

[0020] 薄膜结构层生长步骤:在生长衬底表面外延生长压电薄膜;

[0021] 顶电极制作步骤:在压电薄膜的上表面采用溅射或电子束蒸发方法制备得到顶电极;

[0022] 减薄步骤:对生长衬底进行减薄;

[0023] 刻蚀步骤:通过涂胶显影曝光的方法对生长衬底图形化,并深刻蚀到压电薄膜,使用干法刻蚀设备刻蚀出空腔;

[0024] 下引孔制作步骤:对生长衬底图形化并深刻蚀到顶电极形成下引孔,采用电镀的方法将顶电极通过下引孔引出到生长衬底下表面;

[0025] 底电极制作步骤:在生长衬底的下表面图形化底电极形状,并用溅射或电子束蒸发制作得到底电极。

[0026] 相比现有技术,本发明的有益效果在于:

[0027] (1) 本发明的薄膜体声波谐振器,该薄膜体声波谐振器结构简单,不易塌陷,可以很好的改善压电膜的品质,将成为适用于未来高频、高功率场合下射频滤波器的解决方案;

[0028] (2) 本发明的目薄膜体声波谐振器的制备方法,与常规制备方法相比,一方面省去了CMP化学机械抛光工序,另一方面,在形成空腔时,也无需引入牺牲层,从而克服了在牺牲层去除的过程中对谐振结构产生不良影响的问题。既简化了生产工艺,减少了设备成本,还提高了生产效率从而克服了在牺牲层去除的过程中对谐振结构产生不良影响的问题,使得到的谐振器具备更好的性能;

[0029] (3) 本发明的目薄膜体声波谐振器的制备方法,用常规的CMOS生产工艺就能获得含有单晶压电膜层的体硅刻蚀型薄膜体声波谐振器,以降低体硅刻蚀型薄膜体声波谐振器的制作难度,改善压电膜的品质,降低了插入损耗,提高Q值和机电耦合系数,从而大幅度的提高了该谐振器的性能。

附图说明

[0030] 图1为现有技术中凹槽型空腔结构FBAR剖面图;

[0031] 图2为实施例1中在制备衬底硅上沉积取向单晶氮化铝层的剖视图;

[0032] 图3为实施例1中在氮化铝层上溅射顶电极后的剖视图;

[0033] 图4为实施例1中背硅减薄刻蚀后的剖面图;

[0034] 图5为实施例1中深孔刻蚀顶电极下引孔后的剖面图;

[0035] 图6为实施例1中溅射完底电极后的剖面图。

[0036] 图1中,1'、衬底;2'、空气腔;3'、顶电极;4'、压电层;5'、底电极;

[0037] 图2-6中:1、生长衬底;2、压电薄膜;3、顶电极;4、空腔;5、下引孔;6、底电极。

具体实施方式

[0038] 下面,结合附图以及具体实施方式,对本发明做进一步描述,需要说明的是,在不冲突的前提下,以下描述的各实施例之间或各技术特征之间可以任意组合形成新的实施例。

[0039] 一种薄膜体声波谐振器,包括生长衬底、压电薄膜、顶电极和底电极;压电薄膜在生长衬底上外延生长出,压电薄膜的上表面制备得到顶电极,生长衬底上深刻蚀有下引孔,下引孔贯穿成长衬底和压电薄膜;生长衬底的背面刻蚀形成空腔,生长衬底的下表面制备得到底电极。

[0040] 作为进一步地实施方式,压电薄膜的厚度为0.2-5 μm 。

[0041] 作为进一步地实施方式,顶电极和底电极的厚度均为50-300nm。

[0042] 作为进一步地实施方式,生长衬底选自硅、蓝宝石或LiGaO₂。

[0043] 作为进一步地实施方式,压电薄膜为单晶氮化铝压电薄膜、高C轴取向的多晶氮化铝薄膜或ZnO薄膜。

[0044] 作为进一步地实施方式,压电薄膜的半峰宽小于等于0.3°,低表面粗糙度小于2nm。

[0045] 作为进一步地实施方式,顶电极和底电极均选自Al、Mo、W、Pt、Cu、Ag、Au和ZrN中的

一种或任意组合。

[0046] 上述薄膜体声波谐振器的制备方法,包括,

[0047] 薄膜结构层生长步骤:在生长衬底表面外延生长压电薄膜;

[0048] 顶电极制作步骤:在压电薄膜的上表面采用溅射或电子束蒸发方法制备得到顶电极;

[0049] 减薄步骤:对生长衬底进行减薄;

[0050] 刻蚀步骤:通过涂胶显影曝光的方法对生长衬底图形化,并深刻蚀到压电薄膜;

[0051] 下引孔制作步骤:对生长衬底图形化并深刻蚀到顶电极形成下引孔,采用电镀的方法将顶电极通过下引孔引出到生长衬底下表面;

[0052] 底电极制作步骤:在生长衬底的下表面图形化底电极形状,并用溅射或电子束蒸发制作得到底电极。

[0053] 以下是本发明具体的实施例,在下述实施例中所采用的原材料、设备等除特殊限定外均可以通过购买方式获得。

[0054] 实施例1:

[0055] 参照图2-6,一种薄膜体声波谐振器,通过以下制备方法制备:

[0056] 薄膜结构层生长步骤:在经过标准的RCA清洗并烘干的以硅为材料制备的生长衬底1表面沉积(0002)取向单晶氮化铝层,作为压电薄膜2;

[0057] 其中,单晶氮化铝层的压电薄膜可以在三甲基铝(TMA)流量为50sccm(标准状态毫升/分), NH_3 流量为3slm(标准状态升/分),Ar流量为1slm,衬底温度为950℃,反应室总压为40Tor,参数下由MOCVD(金属有机化合物化学气相沉积)沉积获得;

[0058] 顶电极制作步骤:使用射频磁控溅射系统,用纯钼靶(纯度99.999%)在单晶氮化铝层表面溅射沉积一层金属钼作为顶电极3,厚度为120nm;

[0059] 减薄步骤:对生长衬底进行减薄;

[0060] 刻蚀步骤:对生长衬底进行机械减薄后,用PECVD沉积一层二氧化硅作为硬掩膜,然后光刻图形化露出要刻蚀的地方,使用干法刻蚀设备刻蚀出空腔4;

[0061] 下引孔制作步骤:用ICP深刻蚀出下引孔5;

[0062] 底电极制作步骤:采用电镀的方法将顶电极通过下引孔引到衬底下表面,然后光刻图形化溅射或电子束蒸发制备出底电极6。

[0063] 其中,压电薄膜的半峰宽为 0.3° ,表面粗糙度为1.8nm;顶电极和底电极的厚度均为120nm;压电薄膜的厚度为 $0.8\mu\text{m}$ 。

[0064] 实施例2:

[0065] 一种薄膜体声波谐振器,通过以下制备方法制备:

[0066] 薄膜结构层生长步骤:在经过标准的RCA清洗并烘干的以硅为材料制备的生长衬底表面沉积(0002)取向单晶氮化铝层,作为压电薄膜;

[0067] 其中,单晶氮化铝层的压电薄膜可以在三甲基铝(TMA)流量为55sccm(标准状态毫升/分), NH_3 流量为4slm(标准状态升/分),Ar流量为2slm,衬底温度为960℃,反应室总压为45Tor,参数下由MOCVD(金属有机化合物化学气相沉积)沉积获得;

[0068] 顶电极制作步骤:使用射频磁控溅射系统,用纯钼靶(纯度99.999%) 在单晶氮化铝层表面溅射沉积一层金属钼作为顶电极,厚度为200nm;

[0069] 减薄步骤:对生长衬底进行减薄;

[0070] 刻蚀步骤:对生长衬底进行机械减薄后,用PECVD沉积一层二氧化硅作为硬掩膜,然后光刻图形化露出要刻蚀的地方,使用干法刻蚀设备刻蚀出空腔;

[0071] 下引孔制作步骤:用ICP深刻蚀出下引孔;

[0072] 底电极制作步骤:采用电镀的方法将顶电极通过下引孔引到衬底下表面,然后光刻图形化溅射或电子束蒸发制备出底电极。

[0073] 其中,压电薄膜的半峰宽为 0.2° ,表面粗糙度为 1.6nm ;顶电极和底电极的厚度均为 200nm ;压电薄膜的厚度为 $1\mu\text{m}$ 。

[0074] 实施例3:

[0075] 一种薄膜体声波谐振器,通过以下制备方法制备:

[0076] 薄膜结构层生长步骤:在经过标准的RCA清洗并烘干的以硅为材料制备的生长衬底表面沉积(0002)取向单晶氮化铝层,作为压电薄膜;

[0077] 其中,单晶氮化铝层的压电薄膜可以在三甲基铝(TMA)流量为 48sccm (标准状态毫升/分), NH_3 流量为 3s1m (标准状态升/分),Ar流量为 1s1m ,衬底温度为 980°C ,反应室总压为 40Tor ,参数下由MOCVD(金属有机化合物化学气相沉积)沉积获得;

[0078] 顶电极制作步骤:使用射频磁控溅射系统,用纯钼靶(纯度 99.999%)在单晶氮化铝层表面溅射沉积一层金属钼作为顶电极,厚度为 300nm ;

[0079] 减薄步骤:对生长衬底进行减薄;

[0080] 刻蚀步骤:对生长衬底进行机械减薄后,用PECVD沉积一层二氧化硅作为硬掩膜,然后光刻图形化露出要刻蚀的地方,使用干法刻蚀设备刻蚀出空腔;

[0081] 下引孔制作步骤:用ICP深刻蚀出下引孔;

[0082] 底电极制作步骤:采用电镀的方法将顶电极通过下引孔引到衬底下表面,然后光刻图形化溅射或电子束蒸发制备出底电极。

[0083] 其中,压电薄膜的半峰宽为 0.1° ,表面粗糙度为 1.3nm ;顶电极和底电极的厚度均为 300nm ;压电薄膜的厚度为 $1.5\mu\text{m}$ 。

[0084] 效果评价及性能检测

[0085] 对实施例1-3进行检测,检测结果如下文所示。

[0086] 实施例1中,薄膜表面粗糙度为 1.8nm , (0002)面摇摆曲线FWHM $<0.3^\circ$,AlN薄膜中的穿透位错密度降低到 $4 \times 10^8/\text{cm}^2$,降低薄膜体声波谐振器的插入损耗 $<2.5\text{dB}$,单晶滤波器Q值为3200。

[0087] 实施例2中,薄膜表面粗糙度为 1.6nm , (0002)面摇摆曲线FWHM $<0.3^\circ$,AlN薄膜中的穿透位错密度降低到 $4 \times 10^8/\text{cm}^2$,降低薄膜体声波谐振器的插入损耗 $<2.5\text{dB}$,单晶滤波器Q值为3100。

[0088] 实施例3中,薄膜表面粗糙度为 1.3nm , (0002)面摇摆曲线FWHM $<0.3^\circ$,AlN薄膜中的穿透位错密度降低到 $4 \times 10^8/\text{cm}^2$,降低薄膜体声波谐振器的插入损耗 $<2.5\text{dB}$,单晶滤波器Q值为3000。

[0089] 传统多晶材料制备的滤波器插入损耗在 3dB 左右,传统多晶滤波器Q值在2500左右,由上述结果可见,本发明的薄膜体声波谐振器的制备方法,采用该制备方法,在制备过程中,无需使用牺牲层并将牺牲层由释放窗口释放,从而克服了在牺牲层去除的过程中对

谐振结构产生不良影响的问题,并且这种体硅刻蚀型薄膜体声波谐振器结构简单,不易塌陷,可以很好的改善压电膜的品质。

[0090] 上述实施方式仅为本发明的优选实施方式,不能以此来限定本发明保护的范围,本领域的技术人员在本发明的基础上所做的任何非实质性的变化及替换均属于本发明所要求保护的范畴。

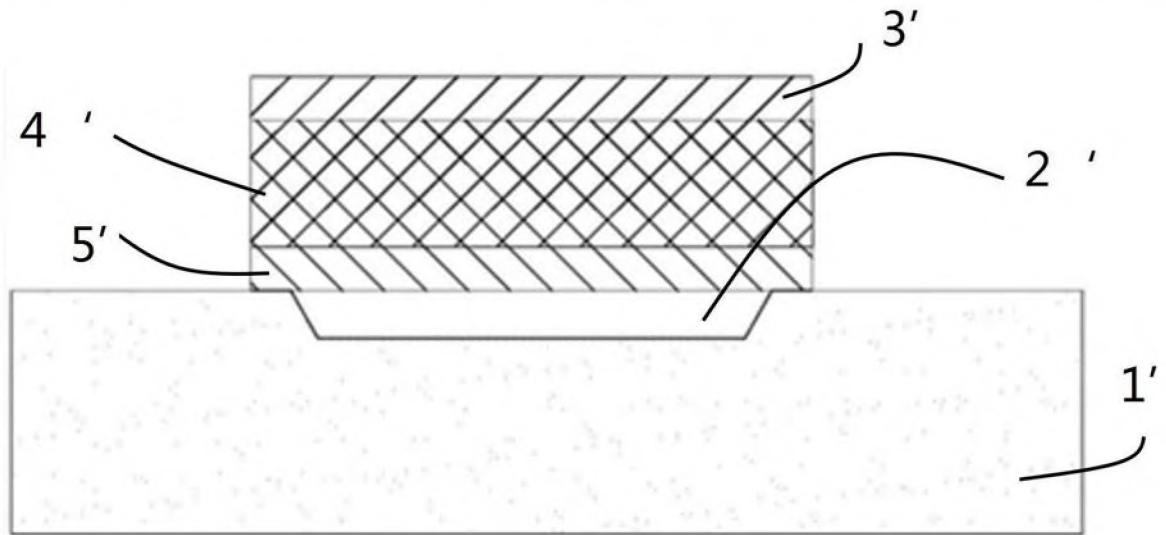


图1



图2

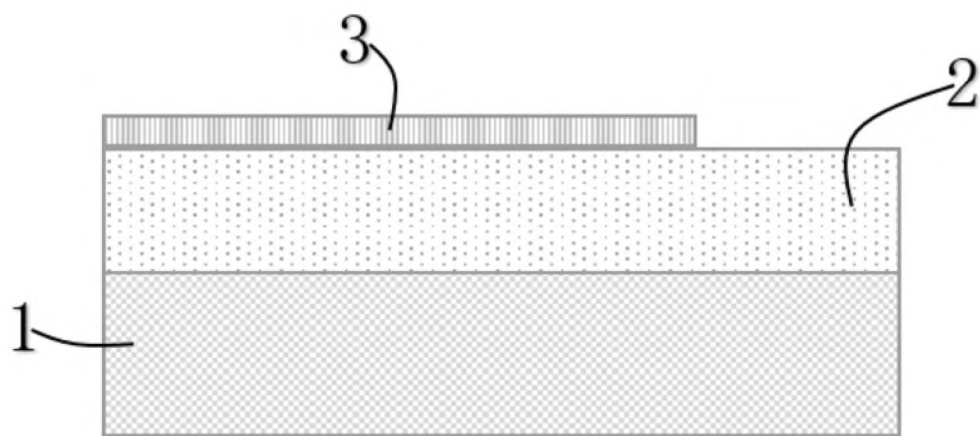


图3

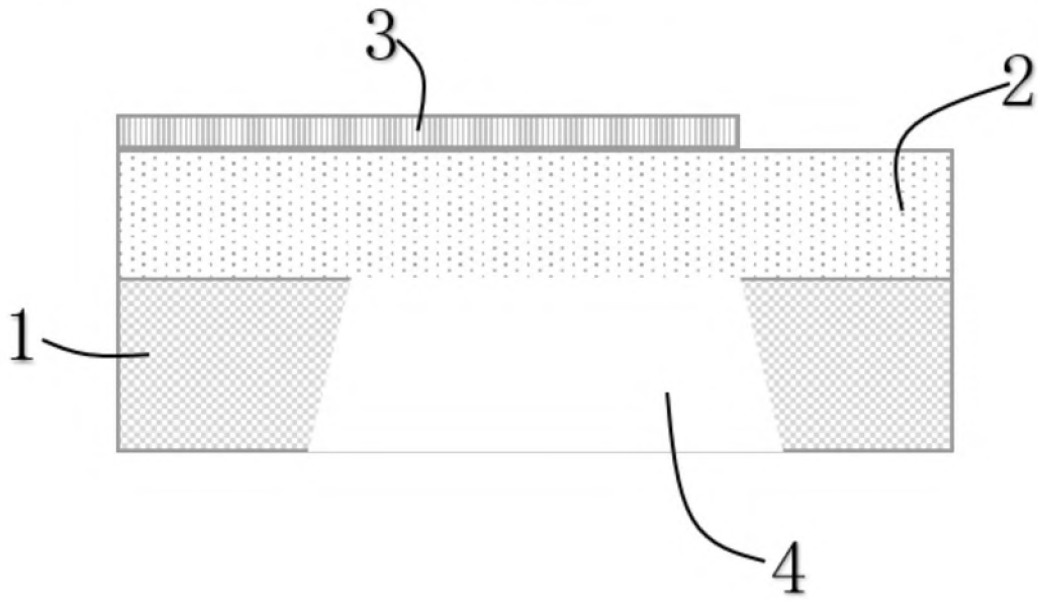


图4

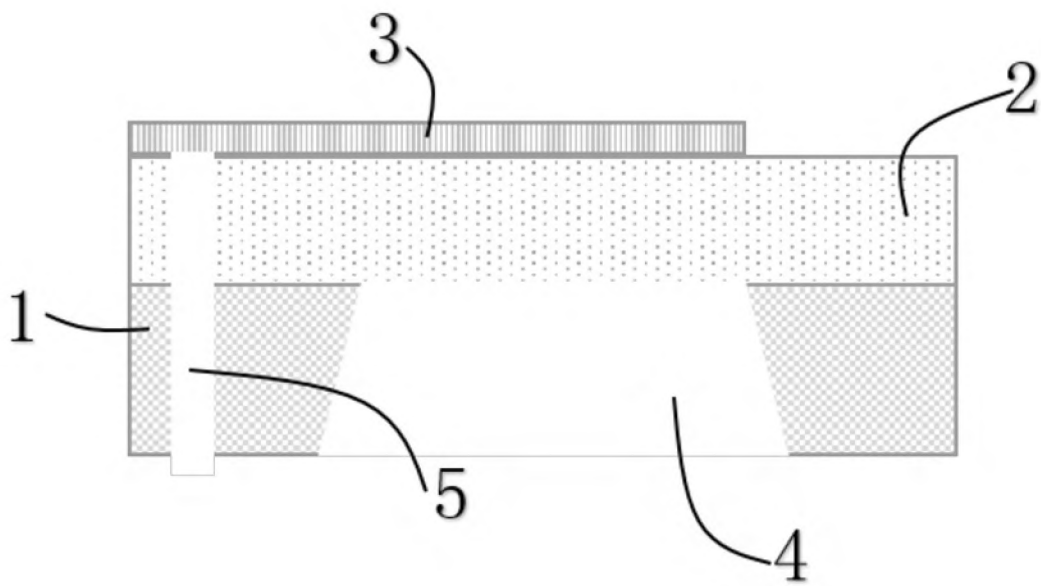


图5

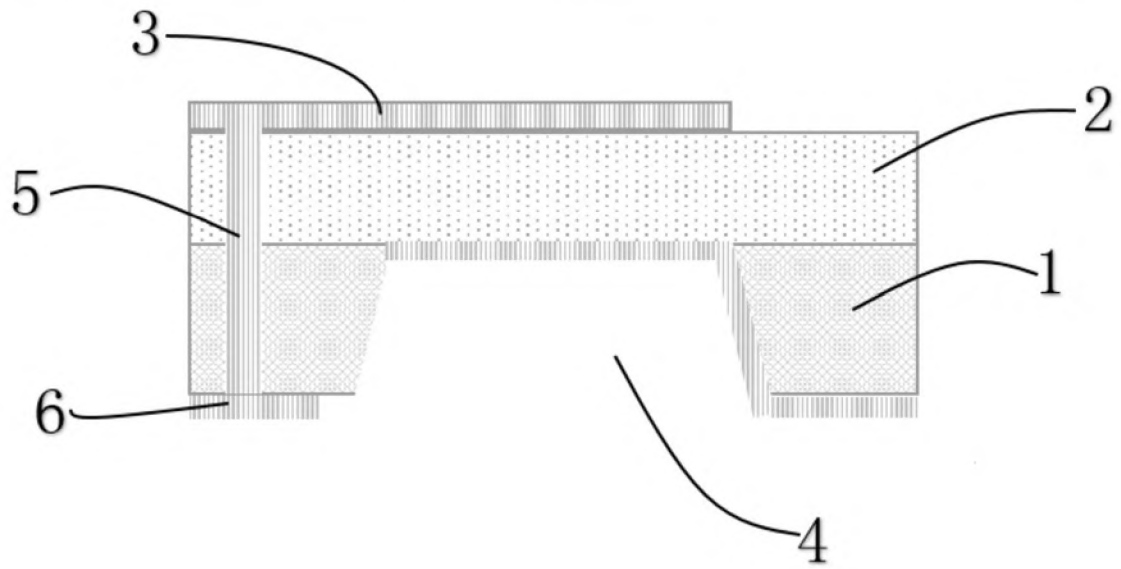


图6