



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114993548 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 01

(21) 申请号 202210614715.0

B81C 1/00 (2006.01)

(22) 申请日 2022.05.30

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 109060201 A, 2018.12.21

申请公布号 CN 114993548 A

CN 101427923 A, 2009.05.13

(43) 申请公布日 2022.09.02

CN 106168517 A, 2016.11.30

(73) 专利权人 无锡胜脉电子有限公司

EP 1167281 A2, 2002.01.02

地址 214000 江苏省无锡市新吴区景贤路6

IT UB20160759 A1, 2017.08.15

号中国物联网国际创新园H6-601

CN 209589335 U, 2019.11.05

(72) 发明人 毕勤 刘晓宇

US 5932809 A, 1999.08.03

(74) 专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权

姚宗; 梁庭; 张迪雅; 李旺旺; 齐蕾; 熊继军.
基于SOI的MEMS压阻式高温压力敏感芯片的研
制. 仪表技术与传感器. 2017, (1), 全文.

代理有限公司 23211

审查员 马一凡

专利代理师 吕永芳

(51) Int. Cl.

G01L 9/04 (2006.01)

B81B 7/02 (2006.01)

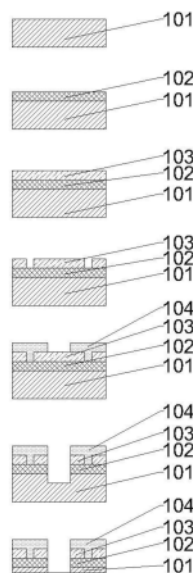
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种高压硅MEMS压力传感器及制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高压硅MEMS压力传感器及制备方法,属于敏感元件与传感器领域。所述高压硅MEMS压力传感器采用MEMS硅芯片作为敏感元件,具备的高精度、高线性度、低成本,以及适于实现大批量的生产的优点;采用不锈钢作为应变片,在高压范围内具有良好的线弹性性能,可以近乎无损的将外界压力传递至其上方的MEMS硅芯片处,从而实现在高压环境下的应用;玻璃材料用于MEMS硅芯片和不锈钢应变片的粘接,保证可使用的温度范围扩大;此外,引线键合的位置在非感压区域,避免了引线受到压力载荷冲击的可能性,本发明可以大幅度提升高压传感器的可靠性,同时降低了制备成本,可广泛应用于高压传感的场景。



1. 一种高压硅MEMS压力传感器,其特征在于,所述高压硅MEMS压力传感器包括:高压硅MEMS芯片、不锈钢应变片、引线、输入端子和输出端子;所述高压硅MEMS芯片贴装在所述不锈钢应变片表面,所述输入端子和输出端子通过引线与所述高压硅MEMS芯片上的金属垫连接;

所述高压硅MEMS芯片的制备方法包括:

步骤1:以晶圆为基体,在晶圆正面制备压敏电阻层,所述压敏电阻层用于感知外界压力载荷,并将外界压力信号转化为电信号;

步骤2:在所述压敏电阻层上表面制作介质层,用于保护所述压敏电阻层不受后续工艺步骤,以及外界环境的影响;

步骤3:在介质层上刻蚀引线孔,所述引线孔贯穿所述介质层,底端露出所述压敏电阻层;

步骤4:在所述在介质层上方制备金属层,所述金属层材料填充所述引线孔,实现所述金属层与所述压敏电阻层的电气连接;

步骤5:对晶圆正面进行干法刻蚀,从上到下依次刻蚀所述金属层、介质层、压敏电阻层和晶圆基体,在正面形成芯片的框架结构;

步骤6:通过机械研磨或化学机械研磨,将晶圆背面减薄;

步骤7:在晶圆正面填充保护介质,以保护所述金属层、介质层、压敏电阻层结构,以及步骤5形成的芯片框架结构;

步骤8:将晶圆浸泡在各向同性刻蚀液中,进一步刻蚀晶圆背面直至步骤5所述的框架结构下方的硅基体被完全刻蚀;

步骤9:去除晶圆正面的保护介质,由于步骤5形成的芯片框架结构下方的硅基体在步骤8被完全刻蚀,当芯片在去除保护介质后,会自动分离,从而得到最终的高压硅MEMS芯片成品。

2. 一种高压硅MEMS压力传感器的制备方法,其特征在于,所述高压硅MEMS压力传感器的制备方法包括:

步骤一:以晶圆为基体,在晶圆正面制备压敏电阻层,所述压敏电阻层用于感知外界压力载荷,并将外界压力信号转化为电信号;

步骤二:在所述压敏电阻层上表面制作介质层,用于保护所述压敏电阻层不受后续工艺步骤,以及外界环境的影响;

步骤三:在介质层上刻蚀引线孔,所述引线孔贯穿所述介质层,底端露出所述压敏电阻层;

步骤四:在所述在介质层上方制备金属层,所述金属层材料填充所述引线孔,实现所述金属层与所述压敏电阻层的电气连接;

步骤五:对晶圆正面进行干法刻蚀,从上到下依次刻蚀所述金属层、介质层、压敏电阻层和晶圆基体,在正面形成芯片的框架结构;

步骤六:通过机械研磨或化学机械研磨,将晶圆背面减薄;

步骤七:在晶圆正面填充保护介质,以保护所述金属层、介质层、压敏电阻层结构,以及步骤五形成的芯片框架结构;

步骤八:将晶圆浸泡在各向同性刻蚀液中,进一步刻蚀晶圆背面直至步骤五所述的框

架结构下方的硅基体被完全刻蚀；

步骤九：去除晶圆正面的保护介质，由于步骤五形成的芯片框架结构下方的硅基体在步骤八被完全刻蚀，当芯片在去除保护介质后，会自动分离，从而得到最终的高压硅MEMS芯片成品；

步骤十：将两个高压硅MEMS芯片贴装至不锈钢应变片上；

步骤十一：采用引线键合的方法，将高压硅MEMS芯片上的金属垫与传感器部件的输入/输出端子连接，得到所述高压硅MEMS压力传感器。

3. 根据权利要求2所述的制备方法，其特征在于，所述步骤一的晶圆的电阻率为10-20 $\Omega \cdot \text{cm}$ ，晶面为(100)、(110)其中的一种。

4. 根据权利要求2所述的制备方法，其特征在于，所述步骤一采用离子注入法或外延、扩散法制备所述压敏电阻层，掺杂类型为p型掺杂，杂质离子为硼离子。

5. 根据权利要求2所述的制备方法，其特征在于，所述介质层的材料为氧化硅和氮化硅。

6. 根据权利要求2所述的制备方法，其特征在于，所述金属层的材料为铝、金、钛铂金的其中一种，金属层的厚度为1-2 μm 。

7. 根据权利要求2所述的制备方法，其特征在于，所述金属层的制备方法为PVD法或磁控溅射法。

8. 根据权利要求2所述的制备方法，其特征在于，所述步骤八采用玻璃粉或玻璃浆料为贴装材料，利用烧结工艺将高压硅MEMS芯片贴装至不锈钢应变片上。

9. 根据权利要求2所述的制备方法，其特征在于，所述引线键合的材料为金线或铝线。

一种高压硅MEMS压力传感器及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高压硅MEMS压力传感器及制备方法,属于敏感元件与传感器领域。

背景技术

[0002] 压力传感器是一种常用的敏感器件,它可以将外界输入的压力载荷信号转换为电信号进行输出。

[0003] 其中,基于微机电系统(Microelectro Mechanical Systems, MEMS)的硅MEMS压力传感器部分兼容硅集成电路制备工艺,具有成本低、尺寸小、良率高、精度高、线性度好、可靠性高、适用于大批量生产等优点,从而被广泛应用于航空、航天、汽车、工业、物联网等行业。

[0004] 然而,在一些高压(5MPa以上)应用场景,例如,新能源车二氧化碳热泵,需要量程约14MPa的压力传感器;氢能汽车产业链上的多级压力容器,最高压力量程可达60MPa。

[0005] 常规硅MEMS压力传感器在这些高压应用场景下,受限于其自身的硅杯结构,会面临可靠性下降,良率降低,精度下降,成本提高等问题。

[0006] 例如,发明专利CN202011597567.3提出了一种MEMS压力传感器及其制备方法,采用了常规的硅杯结构,即在硅基体上通过刻蚀得到厚度1-50微米的方形隔膜,该方形隔膜用于感知外界的压力载荷。当这种结构在高压应用时,如果隔膜厚度较薄,硅隔膜在感受压力时会存在塑性形变,甚至破碎的风险;而当隔膜厚度较厚时,例如大于50微米,受限于常规MEMS加工工艺,压阻材料仅分布在隔膜表层1-2微米厚度的空间处,这会导致在压阻材料处的应力分布不均匀,从而降低MEMS压力芯片的线性度、精度。

[0007] 部分非硅基MEMS压力传感器可以进行高压应用,比如发明专利CN201410360832.4提出的一种基于MEMS的压力传感器,采用金属弹性体替代硅杯结构感知外界压力载荷,并在金属弹性体上方采用溅射薄膜的工艺溅射合金电阻,用以将压力信号转化为电信号。然而,这种方案也存在显著的缺点:一方面,合金电阻的电阻应变系数较低,通常比硅低一个数量级,这会提升后续传感器标定的难度;另一方面,在金属弹性体上进行溅射薄膜工艺不兼容硅MEMS的集成电路加工工艺,不适合批量生产,这会大幅度提升产品的成本。

发明内容

[0008] 为了解决目前高压压力传感器存在的可靠性差、成本高的问题,本发明提供了一种高压硅MEMS压力传感器及制备方法,所述技术方案如下:

[0009] 本发明的第一个目的在于提供一种高压硅MEMS压力传感器,所述高压硅MEMS压力传感器包括:高压硅MEMS芯片、不锈钢应变片、引线、输入端子和输出端子;所述高压硅MEMS芯片贴装在所述不锈钢应变片表面,所述输入端子和输出端子通过引线与所述高压硅MEMS芯片上的金属垫连接;

[0010] 所述高压硅MEMS芯片的制备方法包括:

[0011] 步骤1:以晶圆为基体,在晶圆正面制备压敏电阻层,所述压敏电阻层用于感知外界压力载荷,并将外界压力信号转化为电信号;

[0012] 步骤2:在所述压敏电阻层上表面制作介质层,用于保护所述压敏电阻层不受后续工艺步骤,以及外界环境的影响;

[0013] 步骤3:在介质层上刻蚀引线孔,所述引线孔贯穿所述介质层,底端露出所述压敏电阻层;

[0014] 步骤4:在所述在介质层上方制备金属层,所述金属层材料填充所述引线孔,实现所述金属层与所述压敏电阻层的电气连接;

[0015] 步骤5:对晶圆正面进行干法刻蚀,从上到下依次刻蚀所述金属层、介质层、压敏电阻层和晶圆基体,在正面形成芯片的框架结构;

[0016] 步骤6:通过机械研磨或化学机械研磨,将晶圆背面减薄;

[0017] 步骤7:在晶圆正面填充保护介质,以保护所述金属层、介质层、压敏电阻层结构,以及步骤5形成的芯片框架结构;

[0018] 步骤8:将晶圆浸泡在各向同性刻蚀液中,进一步刻蚀晶圆背面直至步骤5所述的框架结构下方的硅基体被完全刻蚀;

[0019] 步骤9:去除晶圆正面的保护介质,由于步骤5形成的芯片框架结构下方的硅基体在步骤8被完全刻蚀,当芯片在去除保护介质后,会自动分离,从而得到最终的高压硅MEMS芯片成品。

[0020] 本发明的第二个目的在于提供一种高压硅MEMS压力传感器的制备方法,所述高压硅MEMS压力传感器的制备方法包括:

[0021] 步骤一:以晶圆为基体,在晶圆正面制备压敏电阻层,所述压敏电阻层用于感知外界压力载荷,并将外界压力信号转化为电信号;

[0022] 步骤二:在所述压敏电阻层上表面制作介质层,用于保护所述压敏电阻层不受后续工艺步骤,以及外界环境的影响;

[0023] 步骤三:在介质层上刻蚀引线孔,所述引线孔贯穿所述介质层,底端露出所述压敏电阻层;

[0024] 步骤四:在所述在介质层上方制备金属层,所述金属层材料填充所述引线孔,实现所述金属层与所述压敏电阻层的电气连接;

[0025] 步骤五:对晶圆正面进行干法刻蚀,从上到下依次刻蚀所述金属层、介质层、压敏电阻层和晶圆基体,在正面形成芯片的框架结构;

[0026] 步骤六:通过机械研磨或化学机械研磨,将晶圆背面减薄;

[0027] 步骤七:在晶圆正面填充保护介质,以保护所述金属层、介质层、压敏电阻层结构,以及步骤五形成的芯片框架结构;

[0028] 步骤八:将晶圆浸泡在各向同性刻蚀液中,进一步刻蚀晶圆背面直至步骤五所述的框架结构下方的硅基体被完全刻蚀;

[0029] 步骤九:去除晶圆正面的保护介质,由于步骤五形成的芯片框架结构下方的硅基体在步骤八被完全刻蚀,当芯片在去除保护介质后,会自动分离,从而得到最终的高压硅MEMS芯片成品;

[0030] 步骤十:将两个高压硅MEMS芯片贴装至不锈钢应变片上;

[0031] 步骤十一:采用引线键合的方法,将高压硅MEMS芯片上的金属垫与传感器部件的输入/输出端子连接,得到所述高压硅MEMS压力传感器。

[0032] 可选的,所述步骤一的晶圆的电阻率为 $10-20 \Omega \cdot \text{cm}$,晶面为(100)或(110)。

[0033] 可选的,所述步骤一采用离子注入法或外延、扩散法制备压敏电阻层,掺杂类型为p型掺杂,杂质离子为硼离子。

[0034] 可选的,所述介质层的材料为氧化硅和氮化硅。

[0035] 可选的,所述金属层的材料为铝、金、钛铂金的其中一种,金属层的厚度为 $1-2\mu\text{m}$ 。

[0036] 可选的,所述金属层的制备方法为PVD法或磁控溅射法。

[0037] 可选的,其特征在于,所述步骤十采用玻璃粉或玻璃浆料为贴装材料,利用烧结工艺将高压硅MEMS芯片贴装至不锈钢应变片上。

[0038] 可选的,所述引线键合的材料为金线或铝线。

[0039] 可选的,所述不锈钢应变片的材质为SUS630或316L。

[0040] 本发明有益效果是:

[0041] 本发明提出了一种高压硅MEMS压力传感器及制备方法,以MEMS硅芯片为敏感元件,不锈钢膜片为应变片,采用烧结的方案进行机械连接,引线键合的方案实现电气连接,解决了常规MEMS压力传感器在高压环境下应用时可靠性差的问题,以及溅射薄膜压力传感器成本高、不适用于批量生产的问题。

[0042] 本发明采用MEMS硅芯片作为敏感元件,可以获得硅MEMS压力芯片所具备的高精度、高线性度、低成本,以及适于实现大批量的生产的优点;不锈钢材料在高压范围内具有良好的线弹性性能,以不锈钢作为应变片,可以近乎无损的将外界压力传递至其上方的MEMS硅芯片处,从而实现在高压环境下的应用;玻璃材料用于MEMS硅芯片和不锈钢应变片的粘接,可以保证在一个宽广的温度范围,比如 $-40\sim 180$ 摄氏度内产品的正常使用。此外,引线键合的位置在非感压区域,避免了引线受到压力载荷冲击的可能性,可以大幅度提升产品的可靠性。

附图说明

[0043] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0044] 图1是本发明的高压硅MEMS芯片框架结构正面示意图。

[0045] 图2是本发明的高压硅MEMS压力传感器部件结构正面示意图。

[0046] 图3是本发明的高压硅MEMS芯片加工工艺流程图。

[0047] 1-高压硅MEMS芯片框架;11-压敏电阻层;12-金属层;13-金属垫;

[0048] 2-贴装材料;3-不锈钢应变片;4-引线;5-输入/输出端子;

[0049] 101-基体硅;102-压敏电阻层;103-介质层;104-金属层。

具体实施方式

[0050] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方

式作进一步地详细描述。

[0051] 实施例一：

[0052] 本实施例提供一种高压硅MEMS压力传感器，包括：高压硅MEMS芯片、不锈钢应变片、引线、输入端子和输出端子；所述高压硅MEMS芯片贴装在所述不锈钢应变片表面，所述输入端子和输出端子通过引线与所述高压硅MEMS芯片上的金属垫连接；

[0053] 所述高压硅MEMS芯片的制备方法包括：

[0054] 步骤1：以晶圆为基体，在晶圆正面制备压敏电阻层，所述压敏电阻层用于感知外界压力载荷，并将外界压力信号转化为电信号；

[0055] 步骤2：在所述压敏电阻层上表面制作介质层，用于保护所述压敏电阻层不受后续工艺步骤，以及外界环境的影响；

[0056] 步骤3：在介质层上刻蚀引线孔，所述引线孔贯穿所述介质层，底端露出所述压敏电阻层；

[0057] 步骤4：在所述在介质层上方制备金属层，所述金属层材料填充所述引线孔，实现所述金属层与所述压敏电阻层的电气连接；

[0058] 步骤5：对晶圆正面进行干法刻蚀，从上到下依次刻蚀所述金属层、介质层、压敏电阻层和晶圆基体，在正面形成芯片的框架结构；

[0059] 步骤6：通过机械研磨或化学机械研磨，将晶圆背面减薄；

[0060] 步骤7：在晶圆正面填充保护介质，以保护所述金属层、介质层、压敏电阻层结构，以及步骤5形成的芯片框架结构；

[0061] 步骤8：将晶圆浸泡在各向同性刻蚀液中，进一步刻蚀晶圆背面直至步骤5所述的框架结构下方的硅基体被完全刻蚀；

[0062] 步骤9：去除晶圆正面的保护介质，由于步骤5形成的芯片框架结构下方的硅基体在步骤8被完全刻蚀，当芯片在去除保护介质后，会自动分离，从而得到最终的高压硅MEMS芯片成品。

[0063] 实施例二：

[0064] 本实施例提供一种高压硅MEMS压力传感器的制备方法，参见图3，所述方法包括：

[0065] 步骤1：选择合适的晶圆作为基体，本实施例选取的基体晶圆的电阻率为 $10\text{-}20\ \Omega \cdot \text{cm}$ ，掺杂类型为p型掺杂，杂质离子为硼离子。

[0066] 晶圆的晶面可以为(100)，该晶面在MEMS领域中较为常用，晶圆成本较低；晶圆的晶面也可以为(110)，该晶面在MEMS领域中通用性不如(100)晶面，故晶圆成本较高，但最终产品的灵敏度、线性度会比(100)晶面产品好。

[0067] 晶圆尺寸可以为4英寸、6英寸、8英寸、12英寸，依据MEMS生产线工艺标准而定，本实施例选择常规的6英寸晶圆片，厚度为 $625\ \mu\text{m}$ 。

[0068] 步骤2：制作压敏电阻层，通过外延、扩散，或离子注入的方法制作压敏电阻层，其中离子注入的方案成本相对较低，但掺杂均一性较差，电阻应变系数较小；外延、扩散的方法成本较高，但掺杂的均一性较好，电阻应变系数较大。

[0069] 本实施例的压敏电阻层掺杂的类型为p型掺杂，杂质离子常规为硼离子，杂质离子的浓度为 $1 \times 10^{18}\text{-}2 \times 10^{19}\ \text{cm}^{-3}$ 。

[0070] 压敏电阻层是敏感元件，其作用为感知外界压力载荷，并将外界压力信号转化为

电信号。

[0071] 在本实施例中,将通过外延、扩散,或离子注入的方法制作压敏电阻层的晶圆面被定义为正面;反之,为反面。

[0072] 步骤3:在压敏电阻层上面制作介质层,介质层材料为氧化硅和氮化硅,介质层的厚度为氧化硅400-1000纳米,氮化硅300-800纳米。介质层的制备方法可选择PECVD、LPCVD等方法。介质层的作用为保护下方的压敏电阻层不受后续工艺步骤,以及外界环境的影响。

[0073] 步骤4:在压敏介质层上制作引线孔,引线孔的作用是提供下一步制备的金属层与压敏电阻层之间的导电通道。

[0074] 引线孔的制作方法是干法刻蚀,将部分介质层刻蚀,露出下方的压敏电阻层。

[0075] 步骤5:在介质层上方制作金属层。

[0076] 金属层的材料为铝、金、钛铂金等材料,其中铝最常用,具备成本低、相对较高的电导率、容易形成欧姆接触等优点。金属层的厚度为1-2 μm 。

[0077] 金属层的制备方法可选择PVD、磁控溅射等方法。其中PVD较常用,具有成本低的优点。

[0078] 金属层的材料在制备时会覆盖引线孔,实现与下方压敏电阻层的电气连接。

[0079] 步骤6:对晶圆正面进行干法刻蚀,刻蚀深度为13-15 μm ,用以构造高压硅MEMS芯片的正面结构,以便于在步骤7中生成高压硅MEMS芯片框架结构。

[0080] 步骤7:制作高压硅MEMS芯片框架结构。

[0081] 在本实施例中,选择的晶圆为6英寸晶圆片,625 μm 厚度,需要先通过研磨的方法,例如机械研磨或化学机械研磨,将晶圆背面减薄至约200微米的厚度。

[0082] 然后,在晶圆正面填充保护介质,保护介质材料可以为耐腐蚀的光刻胶、石蜡等。

[0083] 接着,将晶圆片浸泡在各向同性刻蚀液中,例如氢氟酸,氢氟酸缓冲溶液等,将晶圆的整体厚度刻蚀至8-13微米。

[0084] 最后,将晶圆正面填充的保护介质去除。

[0085] 此时,因为步骤6中,高压硅MEMS芯片正面干法刻蚀深度为13-15 μm ,所以单个高压硅MEMS芯片会以框架结构从晶圆上被分离,同时保留了步骤6形成的高压硅MEMS芯片正面结构。

[0086] 步骤8:高压硅MEMS芯片框架结构的贴装。

[0087] 将两个高压硅MEMS芯片框架结构贴装至不锈钢应变片上,不锈钢应变片的材料可以为316L、630等强耐腐蚀性不锈钢,贴装材料可以为玻璃粉、玻璃浆料,贴装工艺为烧结。

[0088] 不锈钢应变片为感压元件,可以承受10-300MPa的外界压力载荷,并将外界应力载荷以内应力的形式,或者说形变的形式传导至上方贴装的高压硅MEMS芯片。

[0089] 步骤9:采用引线键合的方法,将高压硅MEMS芯片上的金属垫与传感器部件的输入/输出端子连接,得到传感器器件,引线键合的材料为金线。

[0090] 本实施例采用硅MEMS芯片作为敏感元件,可以获得硅MEMS压力芯片所具备的高精度、高线性度、低成本,以及适于实现大批量的生产的优点;不锈钢材料在高压范围内具有良好的线弹性性能,以不锈钢作为应变片,可以近乎无损的将外界压力传递至其上方的MEMS硅芯片处,从而实现在高压环境下的应用;玻璃材料用于MEMS硅芯片和不锈钢应变片的粘接,可以保证在一个宽广的温度范围,比如-40~180摄氏度内产品的正常使用。此外,

引线键合的位置在非感压区域,避免了引线受到压力载荷冲击的可能性,可以大幅度提升产品的可靠性。

[0091] 本发明实施例中的部分步骤,可以利用软件实现,相应的软件程序可以存储在可读取的存储介质中,如光盘或硬盘等。

[0092] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

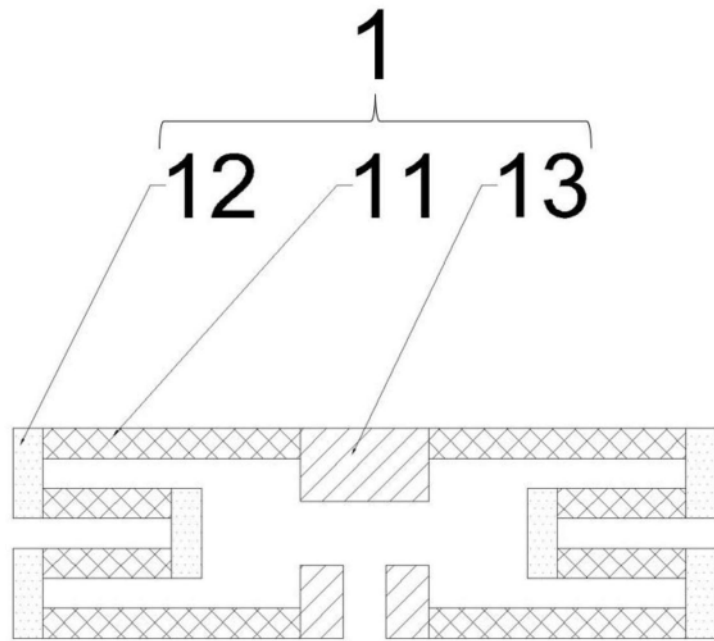


图1

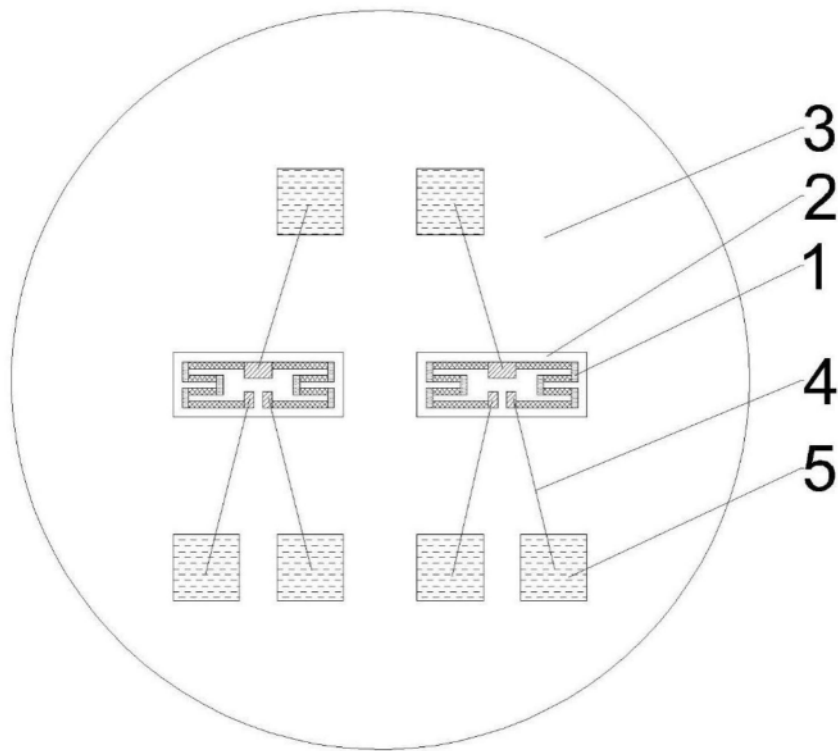


图2

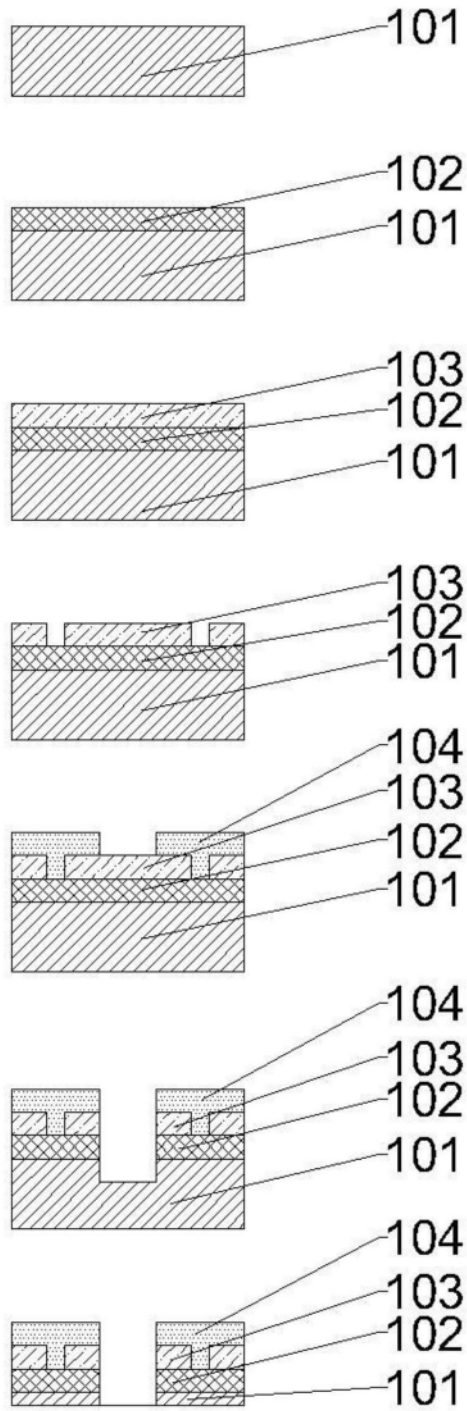


图3