



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103563399 B

(45)授权公告日 2017.06.09

(21)申请号 201180007064.9

(22)申请日 2011.03.11

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103563399 A

(43)申请公布日 2014.02.05

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2012.07.25

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/CN2011/071741 2011.03.11

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02012/122696 EN 2012.09.20

(73)专利权人 歌尔股份有限公司  
地址 261031 山东省潍坊市高新技术产业  
开发区东方路268号

(72)发明人 王喆

(74)专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限  
公司 11327

代理人 林锦辉 陈英俊

(51)Int.Cl.  
H04R 19/04(2006.01)  
H04R 19/00(2006.01)

(56)对比文件  
CN 101631739 A,2010.01.20,  
CN 101427593 A,2009.05.06,  
CN 1901758 A,2007.01.24,  
WO 2011/025939 A1,2011.03.03,  
US 2009/0218642 A1,2009.09.03,  
CN 101321413 A,2008.12.10,

审查员 杨薇

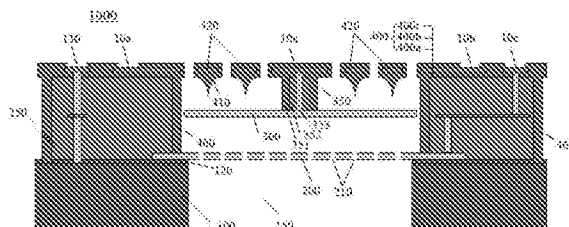
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

## (54)发明名称

CMOS兼容的硅差分电容器麦克风及其制造方法

## (57)摘要

本发明提供一种CMOS兼容的硅差分电容器麦克风及其制造方法。所述麦克风(1000)包括：硅基底(100)，其中，CMOS电路容纳在该硅基底上；支撑在硅基底上的第一刚性导电穿孔背板(200)，其中在两者之间插有绝缘层(120)；形成在第一背板上方的第二刚性穿孔背板(400)，包括CMOS钝化层(400a、400c)以及夹在所述CMOS钝化层之间作为第二背板的电极板的金属层(400b)，其中在第一背板和第二背板的相对的穿孔区域之间设有空气间隙，并且隔离件构成了其边界；设置在第一背板和第二背板之间的顺应性振膜(300)，其中，在第一背板下方的硅基底中形成背孔(150)以允许声音通过，以及振膜和第一背板构成第一可变电容器，振膜和第二背板构成第二可变电容器，第一可变电容器和第二可变电容器构成差分电容器。



CN 103563399 B

1. 一种CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,包括:

硅基底,其中,CMOS电路容纳在该硅基底上;

形成在所述硅基底上的第一刚性导电穿孔背板,其中,该第一背板的周沿支撑在所述硅基底上,并在它们之间插有绝缘层;

形成在所述第一背板上方的第二刚性穿孔背板,包括CMOS钝化层以及夹在所述CMOS钝化层之间作为该第二背板的电极板的金属层;

由CMOS兼容层形成并设置在所述第一背板和所述第二背板之间的顺应性振膜;

互联柱,该互联柱设置在所述振膜和所述第二背板之间,用于在力学上对所述振膜进行悬置以及在电学上对所述振膜向外引线;其中,所述互联柱包括由CMOS钝化层作侧墙的CMOS电介质氧化物支柱、以及穿过该支柱并与所述振膜和所述形成在第二背板中的金属层电连接的通孔金属,以及,所述振膜在中心处与所述互联柱相连,并通过该振膜的边缘处的狭缝与所述麦克风的其余部分分开;

从与所述振膜相对的所述第二背板的下表面伸出的多个尖头突出件;

将所述第一背板与所述振膜隔开的第一空气间隙以及将所述振膜与所述第二背板隔开的第二空气间隙,其中,所述两个空气间隙均由设置在所述第一背板和所述第二背板之间的隔离件作为边界,所述隔离件在其内侧和外侧具有隔离墙,所述隔离墙由CMOS电介质钝化层形成;

形成在所述第一背板下方的所述硅基底中以允许声音通过的背孔,

其中,所述振膜和所述第一背板构成第一可变电容器,所述振膜和所述第二背板构成第二可变电容器,以及所述第一可变电容器和所述第二可变电容器构成差分电容器;其中,所述第一背板为所述差分电容器的一个电极板,第二背板的电极板为差分电容器的另一个电极板;其中,

所述CMOS电路包括:

产生施加在所述振膜上的偏置电压的电荷泵电路;

与所述第一背板电连接的第一源随前置放大器;

与所述第二背板电连接的第二源随前置放大器;

其中,当所述振膜响应输入的声压信号振动时,所述第一和第二源随前置放大器的输出构成差分电压输出。

2. 根据权利要求1所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,其中,所述振膜的周沿通过环绕所述振膜和所述第二背板之间的第二空气间隙的侧墙悬置到所述第二背板上,其中,所述侧墙由所述CMOS钝化层形成。

3. 根据权利要求1所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,其中,所述振膜由硅锗(SiGe)层或其它CMOS兼容层形成,以及所述第一刚性导电穿孔背板由第一多晶硅层、氧化物和/或氮化物层以及第二多晶硅层的复合层形成。

4. 根据权利要求1所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,其中,所述隔离件由CMOS电介质氧化物形成并由CMOS钝化层形成的隔离墙保护,所述绝缘层包括氧化硅和/或氮化硅,所述CMOS电介质氧化物包括LPCVD或PECVD氧化硅、或PSG或BPSG氧化物或它们的组合,以及所述CMOS钝化层包括PECVD氮化硅。

5. 根据权利要求1-4中的任一权利要求所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,其中,

所述第一背板的与所述振膜相对的部分和所述第二背板的与所述振膜相对的部分具有相等的面积和相同的穿孔,以及所述第一空气间隙和所述第二空气间隙具有相等的厚度。

6. 根据权利要求1-4中的任一权利要求所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,其中,所述振膜具有圆形、或方形、或长方形、或多边形形状。

7. 根据权利要求6所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,其中,所述CMOS电路还包括差分放大器,其中,所述第一和所述第二源随前置放大器的输出端进一步分别与该差分放大器的第一输入端和第二输入端电连接。

8. 一种CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的制造方法,包括:

在硅基底上形成绝缘层;

在形成在所述硅基底上的绝缘层上形成第一穿孔背板;

在所述第一穿孔背板上沉积第一CMOS电介质氧化物层;

通过在所述CMOS电介质氧化物层上沉积CMOS兼容层形成振膜,其中,所述振膜与所述第一穿孔背板对齐;

在所述第一CMOS电介质氧化物层和所述振膜上沉积第二CMOS电介质氧化物层;

在所述振膜上方的所述第二CMOS电介质氧化物层中形成多个浅槽;

沉积第三CMOS电介质氧化物层;其中,在所述第三CMOS电介质氧化物层的表面上形成多个尖头坑,该多个尖头坑与所述多个浅槽对应,使得在形成隔离墙和形成第二背板的步骤中形成与所述振膜相对的多个尖头突出件;

通过在所述第一、第二和第三CMOS电介质氧化物层中顺序地刻蚀槽并沉积第一CMOS钝化层形成隔离墙,以限制将所述第一和第二背板隔开的隔离件,并且所述第二和第三CMOS电介质氧化物中的隔离墙连接在所述振膜和所述第二背板之间;

通过顺序沉积图案化金属层和第二CMOS钝化层在所述第二CMOS电介质氧化物层上形成第二背板、并在与所述振膜相对的该第二背板中刻蚀多个穿孔,其中,所述第二背板与所述振膜垂直对齐;

在所述振膜和所述第二背板之间设置互联柱,所述互联柱用于在力学上对所述振膜进行悬置以及在电学上对所述振膜向外引线;其中,所述互联柱包括由CMOS钝化层作侧墙的CMOS电介质氧化物支柱、以及穿过该支柱并与所述振膜和所述形成在第二背板中的金属层电连接的通孔金属,以及,所述振膜在中心处与所述互联柱相连,并通过该振膜的边缘处的狭缝与所述麦克风的其余部分分开;

通过去掉所述硅基底和所述绝缘层的在所述第一背板下方的部分形成背孔;以及

通过去掉所述第一和第二CMOS电介质氧化物层的由所述多个隔离墙限制的部分之外的部分,在所述第一背板和所述振膜之间形成第一空气间隙,在所述振膜和所述第二背板之间形成第二空气间隙;

其中,所述振膜和所述第一背板构成第一可变电容器,所述振膜和所述第二背板构成第二可变电容器,以及所述第一可变电容器和所述第二可变电容器构成差分电容器;其中,所述第一背板为所述差分电容器的一个电极板,第二背板的电极板为差分电容器的另一个电极板;

形成电荷泵电路,该电路产生施加在所述振膜上的偏置电压;

形成第一源随前置放大器,所述第一源随前置放大器的输入端与所述第一背板电连

接;

形成第二源随前置放大器,所述第二源随前置放大器与所述第二背板电连接;其中,当所述振膜响应输入的声压信号振动时,所述第一和第二源随前置放大器的输出构成差分电压输出。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,通过沉积第一多晶硅层、氧化物和/或氮化物层以及第二多晶硅层的复合层形成所述第一穿孔背板,以及通过沉积硅锗(SiGe)层形成所述振膜。

10. 根据权利要求8所述的方法,其中,在所述振膜的中心形成所述互联柱,通过互联柱中的通孔金属对所述振膜向外引线。

11. 根据权利要求8所述的方法,其中,振膜的周沿悬置到第二背板上,在所述振膜的周沿形成互联柱,在所述隔离墙中形成通孔金属,通过所述互联柱中的通孔金属和所述隔离墙中的通孔金属对所述振膜向外引线。

12. 根据权利要求8所述的方法,其中,在所述硅基底中形成厚的热氧化物层,并且该热氧化物层由所述绝缘层覆盖,以便为背孔刻蚀提供终止层。

13. 根据权利要求8所述的方法,其中,在形成所述第二背板的步骤中,在所述隔离件中、以及在所述互联柱中或所述隔离墙外也形成通孔金属,以便对所述第一背板和所述振膜向外引线。

## CMOS兼容的硅差分电容器麦克风及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及麦克风技术领域,具体说,涉及一种CMOS兼容的硅差分电容器麦克风及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 广泛地应用在助听器、移动电话、数字相机和玩具中的硅基MEMS麦克风正在走向它们的极限。对灵敏度高且噪声水平低的更小、更便宜、健壮的麦克风的需求是无止境的。减小麦克风的尺寸会使其性能(诸如灵敏度)变差。然而当今,微工艺技术对麦克风的关键尺寸和特性提供了非常好的控制,使麦克风的进一步小型化和优化成为可能。另外,可以应用更为复杂的MEMS麦克风原理(诸如具有差分电容器和差分前置放大器的麦克风),使MEMS麦克风的性能(诸如灵敏度)得以保持或提高。

[0003] 在一个非专利文献(Jesper Bay,Ole Hansen and Siebe Bouwstra,Design of a silicon microphone with differential read-out of a sealed double parallel-plate capacitor,The 8<sup>th</sup> International Conference on Solid-State Sensors and Actuators,and Eurosensors IX,Stockholm,Sweden,June 25-29,1995)中,提供了一种具有差分电容读出和高灵敏度的密封电容性麦克风,其中,该麦克风包括两个振膜,在这两个振膜之间有穿孔中心电极,并且这两个振膜可以用柱子互联。这种双振膜结构的不利之处在于,它给出了电容的共模变化,并且在振膜之间具有柱子的情形中,振膜的顺应性较差。

[0004] 在另一个非专利文献(P.Rombach,M.Mullenborn,U.Klein and K.Rasmussen,The first low voltage,low noise differential condenser silicon microphone,The 14<sup>th</sup> European Conference on Solid-State Transducers,August27-30,2000,Copenhagen,Denmark)中,给出了一种低电压、低噪声差分电容器硅麦克风,该麦克风包括非平面结构,并连续沉积所有的结构层然后再分别回蚀以形成所述结构。然而,这种结构或许不适合与CMOS电路的集成和/或倒装法键合。

[0005] 在另一个非专利文献(David T.Martin,Jian Liu,Karthik Kadirvel,Robert M.Fox,Mark Sheplak,and Toshikazu Nishida,A micromachined dual-backplate capacitive microphone for aeroacoustic measurements,Journal of Microelectromechanical Systems,Vol.16,No.6,December 2007)中,提供了一种用于空气声学测量的微机械加工的双背板电容性麦克风,其中,层叠三层多晶硅层分别作为单振膜和双背板,振膜夹在双背板之间。然而,由于所述三层低应力多晶硅层之故,这种结构不会是CMOS兼容的。另外,所述麦克风的三个多晶硅板具有略微不同的半径,使得所述差分电容器的电容之间的关系不太简单。

[0006] 专利申请国际公布号W0 2007/089505公开了一种差分麦克风,该麦克风具有中心胶接的转动振膜,使得该振膜能够响应声波绕着所述铰链来回摇摆,从而形成两个差分电容器。该麦克风的特征在于,它不需要形成背部腔,然而,振膜的摇摆依赖于声波的方向,并且没有穿孔背板以减小空气阻尼。此外,这种结构或许不适合与其它CMOS调节电路集成。

[0007] 专利申请公布号US 2008/0089536示出了一种麦克风微芯片器件,其中,提供附加的匹配电容器,以便与麦克风电容器的电容进行差分,并使用差分接收器来处理麦克风信号与基本固定的电压之间的差。

[0008] 因此,需要一种具有差分传感以增加信噪比性能的CMOS兼容的单片硅麦克风芯片,以及这种麦克风芯片的制造方法。

## 发明内容

[0009] 为了解决上述问题,本发明提供一种CMOS兼容的硅差分电容器麦克风及其制造方法。采用这种CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,可以增加该麦克风的信噪比。此外,这种差分电容性麦克风传感器与CMOS工艺兼容,并且能够与前置放大器和/或差分放大器集成电路制造和集成为单个芯片。

[0010] 在本发明的一个方面,提供一种CMOS兼容的硅差分电容器麦克风,其包括:硅基底,其中,CMOS电路容纳在该硅基底上;形成在所述硅基底上的第一刚性导电穿孔背板,其中,该第一背板的周沿支撑在所述硅基底上,并在它们之间插有绝缘层;形成在所述第一背板上方的第二刚性穿孔背板,包括CMOS钝化层以及夹在所述CMOS钝化层之间作为该第二背板的电极板的金属层;由CMOS兼容层形成并设置在所述第一背板和所述第二背板之间的顺应性振膜;将所述第一背板与所述振膜隔开的第一空气间隙以及将所述振膜与所述第二背板隔开的第二空气间隙,其中,所述两个空气间隙均由设置在所述第一背板和所述第二背板之间的隔离件作为边界;形成在所述第一背板下方的所述硅基底中以允许声音通过的背孔,其中,所述振膜和所述第一背板构成第一可变电容器,所述振膜和所述第二背板构成第二可变电容器,以及所述第一可变电容器和所述第二可变电容器构成差分电容器。

[0011] 在一个实施例中,本发明所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风还可以包括:互联柱,该互联柱设置在所述振膜和所述第二背板之间,用于在力学上对所述振膜进行悬置以及在电学上对所述振膜向外引线,其中,所述互联柱包括由CMOS钝化层作侧墙的CMOS电介质氧化物支柱、以及穿过该支柱并将所述振膜电连接到所述形成在第二背板中的金属层的通孔金属,其中,所述振膜在中心处与所述互联柱相连,并通过该振膜的边缘处的狭缝与所述麦克风的其余部分分开。

[0012] 在另一个实施例中,所述振膜的周沿可以通过环绕所述振膜和所述第二背板之间的第二空气间隙的侧墙悬置到所述第二背板上,其中,所述侧墙由所述CMOS钝化层形成。

[0013] 此外,在一个或多个实施例中,容纳在所述硅基底上的CMOS电路可以包括:产生施加在所述振膜上的偏置电压的电荷泵电路;与所述第一背板电连接的第一源随前置放大器;与所述第二背板电连接的第二源随前置放大器;其中,当所述振膜响应输入的声压信号振动时,所述第一和第二源随前置放大器的输出构成差分电压输出。

[0014] 在本发明的另一方面,提供一种CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的制造方法,该方法包括:在硅基底上形成绝缘层;在形成在所述硅基底上的绝缘层上形成第一穿孔背板;在所述第一穿孔背板上沉积第一CMOS电介质氧化物层;通过在所述CMOS电介质氧化物层上沉积CMOS兼容层形成振膜,其中,所述振膜与所述第一穿孔背板对齐;在所述第一CMOS电介质氧化物层和所述振膜上沉积第二CMOS电介质氧化物层;通过在所述第二和第一CMOS电介质氧化物层中顺序地刻蚀槽并沉积第一CMOS钝化层形成隔离墙,以限制将所述第一和第二

背板隔开的隔离件,并且所述第二CMOS电介质氧化物中的隔离墙连接在所述振膜和所述第二背板之间;通过顺序沉积图案化金属层和第二CMOS钝化层在所述第二CMOS电介质氧化物层上形成第二背板、并在与所述振膜相对的该第二背板中刻蚀多个穿孔,其中,所述第二背板与所述振膜垂直对齐;通过去掉所述硅基底和所述绝缘层的在所述第一背板下方的部分形成背孔;以及通过去掉所述第一和第二CMOS电介质氧化物层的由所述多个隔离墙限制的部分之外的部分,在所述第一背板和所述振膜之间形成第一空气间隙,在所述振膜和所述第二背板之间形成第二空气间隙。

[0015] 尽管上面简述了各个实施例,但应该明白,不一定所有的实施例都包括同样的特征,在一些实施例中,上述一些特征并非必须,而是希望存在。下面将详细描述各种其它特征、实施例和益处。

### 附图说明

[0016] 从下面结合附图对实施例的描述中,本发明的目的和特征将变得很清楚,在附图中:

[0017] 图1是剖视图,示出了本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的结构;

[0018] 图2是示意图,示出了本发明的第一实施例所述的一个示例性CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的等效电路;

[0019] 图3A至3L为剖视图,示出了本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的制造方法;以及

[0020] 图4是剖视图,示出了本发明的第二实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的结构。

### 具体实施方式

[0021] 下面参考附图来描述要求保护的主题的各个方面,其中,附图中的图是示意性的,未按比例来画,并且在所有的附图中使用同样的附图标记来指示同样的元件。在下面的描述中,为了说明的目的,阐述了很多具体细节,以便提供一个或多个方面的透彻理解。然而很显然,在没有这些具体细节的情况下也可以实现这些方面。在其它情形中,公知的结构和器件以方框图形式来示出,以便于描述一个或多个方面。

[0022] (第一实施例)

[0023] 下面,参考图1来描述本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的结构。

[0024] 图1是剖视图,示出了本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风1000的结构。如图1所示,本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的硅麦克风1000可以包括硅基底100、下背板200、隔离件250、顺应性振膜300、互联柱350以及上背板400。振膜300和下背板200构成了下可变电容器,振膜300和上背板400构成了上可变电容器,所述下可变电容器和上可变电容器构成了差分电容器。

[0025] 如图1所示,硅基底100用来支撑下背板200和隔离件250。此外,硅基底100也可以用来在其上容纳CMOS电路(在图1中未示出)。

[0026] 下背板200为刚性导电穿孔背板,该背板由例如第一多晶硅层、氧化物和/或氮化物层以及第二多晶硅层的复合层形成,其中,夹在所述第一多晶硅层和第二多晶硅层之间的氧化物或氮化物层能够提供刚性背板。下背板200的周沿支撑在硅基底100上,在它们之间插入由例如氧化硅和/或氮化硅形成的绝缘层120。这里的下背板200可以对应上面提及的第一刚性导电穿孔背板。

[0027] 背孔150形成在硅基底100中,将下背板200露在空气中,使得声音可以经硅基底100中形成的背孔150和下背板200中形成的穿孔210通过硅基底100和下背板200,抵达振膜300。导电性下背板200可以作为差分电容器(即,麦克风1000的传感元件)的一个电极板。

[0028] 隔离件250由CMOS电介质氧化物(诸如低压化学气相沉积(LPCVD)或等离子体增强化学气相沉积(PECVD)氧化硅、磷硅玻璃(PSG)或硼磷硅玻璃(BPSG)或其组合)形成,并设置在下背板200和上背板400(后面将描述)之间。此外,隔离件250在其内侧和外侧可以具有隔离墙460,隔离墙460由CMOS电介质钝化层(诸如氮化硅层)形成。在下背板200和上背板400的相对的穿孔区域之间形成空气间隙,隔离件250构成该空气间隙的边界。

[0029] 上背板400为形成在隔离件250上的刚性导电穿孔背板,包括由例如 PECVD氮化硅形成的CMOS钝化层400a和400c以及夹在CMOS钝化层400a和400c之间的图案化金属层400b。CMOS钝化层400a和400c可以保护所夹的金属层400b在腐蚀性或潮湿环境中免受腐蚀以及完全不会漏电。金属层400b可以包括上背板400的电极板420及其引出电极10b、振膜300的引出电极10a、下背板200的引出电极10c、以及可选择的硅基底100的引出电极130。另外,上背板400在与振膜300相对的部分中穿孔以便空气流通,从而减小振膜300在开始振动时将遇到的空气阻力。电极板420形成差分电容器(即麦克风1000的传感元件)的另一个电极板。

[0030] 顺应性振膜300由导电性SiGe或其它CMOS兼容的层形成,并设置在下背板200和上背板400之间,其中,下背板200和上背板400之间的空气间隙分为将下背板200与振膜300隔开的下空气间隙(即,第一空气间隙)和将振膜300与上背板400隔开的上空气间隙(即,第二空气间隙)。这里使用SiGe代替多晶硅是有利的,因为它能够在较低的温度(低于400℃)下沉积,这个温度不会影响之前形成的CMOS器件。顺应性振膜300在其中心通过互联柱350在力学上和电学上与上背板400相连,除此之外,振膜300在其周沿通过缝隙与麦克风1000的其余部分隔开。振膜300可以具有圆形、方形、长方形或多边形形状。此外,振膜300可以具有其它合适的形状。

[0031] 互联柱350设置在振膜300与上背板400之间,用于在力学上对振膜300进行悬置并在电学上对振膜300向外引线。互联柱350可以包括由CMOS钝化层351作侧墙的CMOS电介质氧化物352支柱、以及穿过该支柱并与振膜300和形成在上背板400中的金属层400b电连接的通孔金属353。

[0032] 下背板200和上背板400的与振膜300相对的部分优选具有相等的面积和相同的穿孔,以及下空气间隙和上空气间隙优选具有相同的厚度,使得振膜300与下背板200之间的电容等于振膜300与上背板400之间的电容,这样有利于消除共模噪声。在另一个例子中,下背板200和上背板400的与振膜300相对的部分可以不具有相等的面积和相同的穿孔,以及下空气间隙和上空气间隙可以不具有相同的厚度。

[0033] 此外,为了防止形成(即湿法释放过程,后面描述)期间由表面张力引起或工作期间由声压和静电力引起振膜300与上背板400粘连,本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的



硅差分电容器麦克风1000还可以包括从与振膜 300相对的上背板400的下表面突出的多个尖头突出件(dimples)410。相应地,可以采取其它措施来防止振膜300与下背板200粘连,例如,通过增加它们之间的分开距离。

[0034] 可选择地,可以形成接地接触130,其目的是,例如,当在本发明所述的差分电容器麦克风的背面上做声孔时减小灵敏度。

[0035] 上面提到但在图1中没有示出的容纳在硅基底上的CMOS电路用来处理声电转换后所获得的电信号。在一个例子中,所述CMOS电路可以包括产生施加到振膜300上的偏置电压的电荷泵电路、与下背板200电连接的第一源随前置放大器、以及与上背板400电连接的第二源随前置放大器,这些电路与包括振膜、上背板和下背板的传感元件集成在同一硅基底上。当振膜响应输入的声压信号振动时,所述第一和第二源随前置放大器的输出形成差分电压输出。此外,在另一个例子中,所述CMOS电路还可以包括差分放大器(未示出),其中,所述第一和第二源随前置放大器的输出端还分别与该差分放大器的第一和第二输入端电连接。

[0036] 图2是电路图,示出了本发明的第一实施例所述的一个示例性CMOS兼容的硅差分电容器麦克风1000的等效电路,在这个例子中,所述CMOS电荷泵电路、第一源随前置放大器和第二源随前置放大器。

[0037] 如图2所示,所述电路包括一对可变差分电容器11和12,该一对可变差分电容器11和12分别表示由振膜300和上背板400形成的上可变电容器以及由振膜300和下背板200形成的下可变电容器;电源20,该电源20表示产生偏置电压 $V_{bias}$ 的电荷泵电路,偏置电压 $V_{bias}$ 施加在由一对可变差分电容器11和12共享的公共板10a(对应着图1所示的振膜300的引出电极10a)上;第一运算放大器30,该第一运算放大器30具有负反馈环并表示所述第一源随前置放大器,其中,第一运算放大器30的输入端30a与可变差分电容器11的另一板10b(对应着图1所示的上背板400的引出电极10b)电连接;以及第二运算放大器40,该第二运算放大器40具有负反馈环并表示所述第二源随前置放大器,其中,第二运算放大器40的输入端40a与可变差分电容器12的另一板10c(对应着图1所示的下背板200的引出电极10c)电连接。因此,第一和第二源随前置放大器30和40的输出30b和40b构成了差分电压输出 $V_{out}$ 。

[0038] 本发明所述的麦克风的传感元件10模型化为一对可变差分电容器11和12,它包括三个平行板,即振动膜、固定而穿孔的上背板和固定而穿孔的下背板。所述振膜位于所述两个背板之间,并优选地与这两个背板等距,使得上和下平行板电容器形成为振膜由所述两个电容器共享。在这种配置下,当振膜响应输入声压信号而振动时,所述上下电容器沿相反的方向变化。就是说,如果电容器11的两个板之间的间距的变化为 $\Delta d$ ,那么,电容器12的两个板之间的间距的变化为 $-\Delta d$ 。由于电容器的电容增量的绝对值正比于该电容器的间距增量的绝对值,因此,振膜的振动引起上下电容器的电容的差分变化,即,如果电容器11的电容变化为 $\Delta C$ ,那么,电容器12的电容变化将是 $-\Delta C$ 。

[0039] 简单的计算表明,在上述配置下,第一源随前置放大器30的输入端30a处的电势增量的绝对值,除了正比于其它一些值外,基本上正比于电荷泵电路20所施加的偏置电压 $V_{bias}$ ,并正比于电容器11的两个板之间的间距增量的绝对值。对于电容器12也是如此。由于电荷泵电路20可以将 $V_{bias}$ 升至大于10V,这个电压高于普通IC器件的工作电压,因此,采用电荷泵电路20能够大大地提高本发明所述的麦克风的灵敏度。此外,如果第一源随前置

放大器30的输入端30a的电势变化为 $\Delta V$ ,那么,第二源随前置放大器40的输入端40a的电势变化就为 $-\Delta V$ ,反之亦然,因此,由第一和第二源随前置放大器30和40的输出30b和40b形成的差分电压输出 $V_{out}$ 将是 $2 \times \Delta V$ ,这个输出是没有差分输出的普通麦克风的灵敏度的两倍。

[0040] 应该注意,尽管在上述的论述中,振膜与所述传感元件的上下背板优选为等间距和/或等大小,但并非必须。在振膜不与所述传感元件的上下背板等间距和/或等大小的情形中,同样的原理也是适用的。此外,由于所述传感元件具有小的电容,这就导致非常大的阻抗,因此,所述两个源随器实际上可以作为具有或不具有放大功能的阻抗转换器。

[0041] 下面将参考图3A至图3L来说明上述本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风1000的制造方法。图3A至3L为剖视图,示出了本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风1000的制造方法。在下面的描述中,为了清楚简明起见,省略了大量的工艺细节,诸如设备、条件、参数等,这是考虑到它们为本领域中的技术人员所公知。

[0042] 在步骤S301中,如图3A所示,在硅基底100上生长厚的热氧化物110以形成用于背孔150刻蚀(后面描述)的刻蚀终止层。在形成用于背孔150刻蚀的终止层时,热氧化物比普通沉积的氧化物或氮化物有优势。

[0043] 在步骤S303中,如图3B所示,在硅基底100和热氧化物层110的上表面上沉积绝缘层120,诸如氧化硅和氮化硅电介质层。

[0044] 在步骤S305中,如图3C所示,在绝缘层120上沉积第一多晶硅层、氧化物和/或氮化物层以及第二多晶硅层的复合层,然后在所沉积的复合层上刻蚀多个穿孔210以形成下背板200,其中,下背板200与热氧化物层110垂直对齐。

[0045] 在步骤S307中,如图3D所示,在下穿孔背板200和绝缘层120上沉积第一CMOS电介质氧化物层250a,诸如LPCVD或PECVD氧化物、PSG或BPSG,然后在CMOS电介质氧化物层250a上沉积SiGe或其它CMOS兼容层以形成振膜300,其中,振膜300与下背板200垂直对齐。

[0046] 在步骤S309中,如图3E所示,在CMOS电介质氧化物层250a中刻蚀通孔,并在该通孔中填充金属(诸如铜、铝、钛等)以形成通孔金属260,然后在通孔金属260的顶端沉积金属垫270,以便引出与硅基底100以及与下背板200的欧姆接触。

[0047] 在步骤S311中,如图3F所示,在第一CMOS电介质氧化物层250a、振膜300和金属垫270上沉积第二CMOS电介质氧化物层250b,在振膜300上方的CMOS电介质氧化物层250b中形成多个浅槽280a。

[0048] 在步骤S313中,如图3G所示,沉积第三CMOS电介质氧化物层250c,使得在CMOS电介质氧化物层250c的表面上保形形成多个尖头坑280b,该多个尖头坑280b与所述多个浅槽280a相对应。

[0049] 在步骤S315中,如图3H所示,在上述步骤中沉积的CMOS电介质氧化物层中刻蚀槽290,以界定将下背板和上背板200和400分开的隔离件250,并界定将振膜300的中心连接到第二背板400的柱352,其中,隔离件250与下背板200的周沿重叠。

[0050] 在步骤S317中,如图3I所示,沉积例如PECVD氮化硅,以便通过填充槽290形成隔离件250的隔离墙460和柱352的隔离墙351,以及形成上背板400的第一CMOS钝化层400a,然后在隔离件250中以及在柱352中形成通孔金属,以便对下背板200、对振膜300以及可选地对

基底100向外引线,并在第一CMOS钝化层400a上形成图案化金属层400b,该图案化金属层400b包括上背板400的穿孔电极板420及其引出电极10b、振膜300的引出电极10a、下背板200的引出电极10c以及可选的硅基底100的引出电极130。

[0051] 在步骤S319中,如图3J所示,沉积第二CMOS钝化层400c以完成上背板400的形成,并在与振膜300相对的上背板400中刻蚀多个穿孔430。

[0052] 在步骤S321中,如图3K所示,以热氧化物层110作为终止层,通过刻蚀硅基底100的在下背板200下方的部分形成背孔150。

[0053] 在步骤 S323中,如图3L所示,去掉终止层110及其上的绝缘层120部分,去掉CMOS电介质氧化物层250a、250b和250c的由多个隔离墙460和351界定的部分之外的部分所形成的牺牲层,从而在下背板200与振膜300之间形成下空气间隙以及在振膜300与上背板400之间形成上空气间隙,其中,振膜300的周沿通过与振膜300的周边相邻的缝隙与传感元件10的其余部分分开,同时,形成与振膜300相对的多个尖头突出件410。

[0054] 应该注意,上述过程只是本发明的一个优选实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的制造过程。在不偏离本发明的精神的情况下,可以对该实施例进行各种修改和变型。例如,可以省略上述过程中的一个或多个步骤。在另一实施例中,不形成突出件,从而可以省掉在第二CMOS电介质氧化物层250b上形成槽280a并沉积第三CMOS电介质氧化物层250c以形成尖头坑280b的步骤。在另一个实施例中,步骤S301可以省略。

[0055] 应该注意,在上述步骤中,本发明所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风1000的制造方法还可以包括:形成电荷泵电路20,该电路20产生施加在振膜300上的偏置电压;形成第一源随前置放大器30,该前置放大器30的输入端与上背板400电连接;以及形成第二源随前置放大器40,该前置放大器40的输入端与下背板200电连接。当振膜300响应输入的声压信号振动时,第一和第二源随前置放大器30和40的输出构成差分电压输出。

[0056] 可选择地,在上述步骤中,本发明所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的制造方法还可以包括:形成差分放大器,其中,第一和第二源随前置放大器30和40的输出端分别与该差分放大器的第一输入端和第二输入端电连接。

[0057] 应该注意,在本发明中,包括振膜、下背板和上背板的传感元件、以及电荷泵电路、第一源随前置放大器和第二源随前置放大器形成在同一硅基底100上。

[0058] 已经参考图1到图3描述了第一实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风及其制造方法。

[0059] 上述CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的优点在于,对于要求的麦克风灵敏度,通过减小3dB的上拉增益(pull-up gain),信噪比可以增加3dB,以及由于差分输出之故,可以提高麦克风的总的噪声性能。在硅基底上所容纳的CMOS电路还包括差分放大器的情形中,所述偏置电路的波纹电压噪声对差分输出 $V_{out}$ 的影响可以得到抑制,而由于上述差分电容器配置之故,差分输出对所述偏置电路的波纹电压噪声双倍地敏感。

[0060] (第二实施例)

[0061] 下面将参考图4描述本发明的第二实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风1000'的结构。将图4与图1对比,本发明的第二实施例与第一实施例的差别只在于,在第二实施例中,振膜300的周沿悬置到上背板400上,如图1所示第一实施例中互联柱350将振膜300的中心连接到上背板400变为如图4所示第二实施例中互联柱350'位于振膜300的周沿,

以及在隔离件250中形成通孔金属353'，该通孔金属353'将导电性振膜300的周沿连接到在上背板400中形成的引出电极10a以便对振膜300向外引线。CMOS兼容的硅差分电容器麦克风1000'的其余部分与图1所示的麦克风1000的相同，这里就省略其详细描述。

[0062] 显然，除了在步骤S315-S319中形成在振膜300和上背板400之间的如图1和图4所示的互联部350和350'在两个实施例中的形成不同之外，本发明的第一实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风的制造方法同样也可以应用到本发明的第二实施例所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风，就是说，在第一实施例中，互联部350形成在振膜300的中心，而在第二实施例中，互联部350'形成在振膜300的周沿。

[0063] 应该注意，对于本发明所述的CMOS兼容的硅差分电容器麦克风，通常优选圆形形状，但其它形状(比如方形、长方形或其它多边形形状)也是可以的。

[0064] 前面提供的本发明的描述能使本领域中的任何技术人员制造或使用本发明。对于本领域中的技术人员来说，对所述公开作各种修改是很显然的，并且在不偏离本发明的精神和范围的情况下可以将这里所界定的一般原理运用到其它变型中。因此，本公开不是用来限制在这里所描述的例子，而是用来与符合这里所公开的原理和新特征的最宽范围一致。

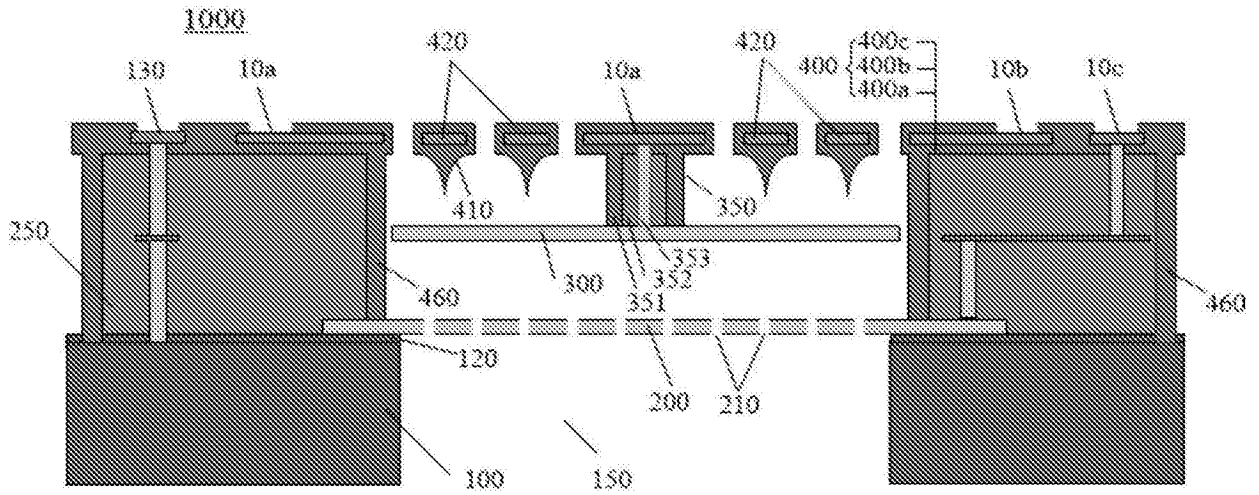


图1

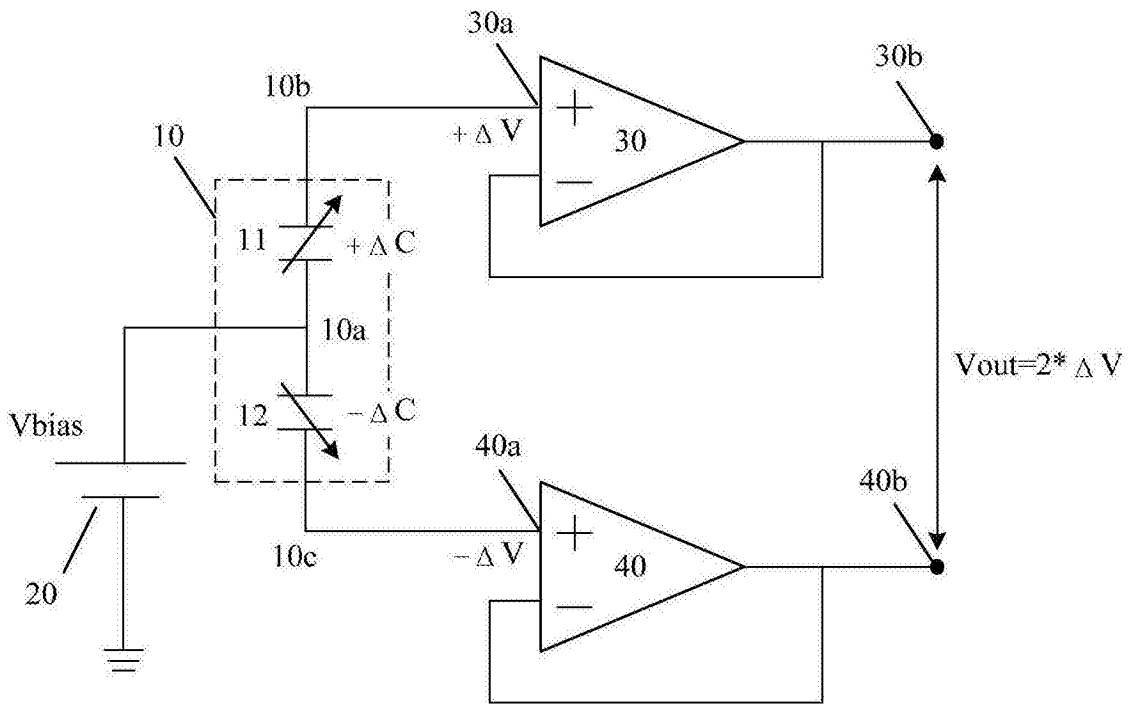


图2

S301

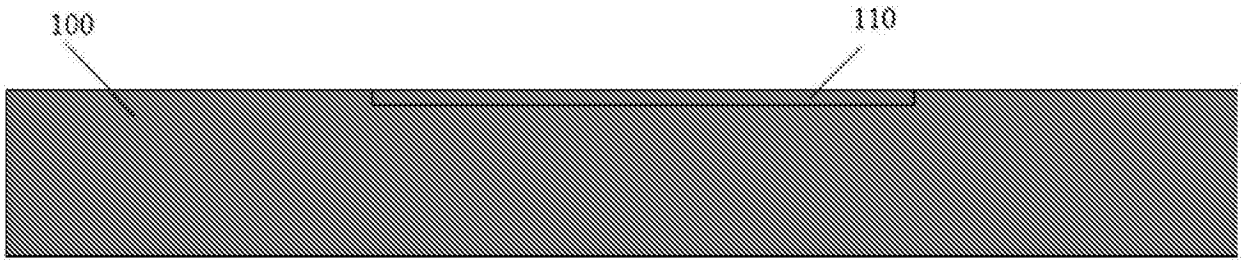


图3A

S303

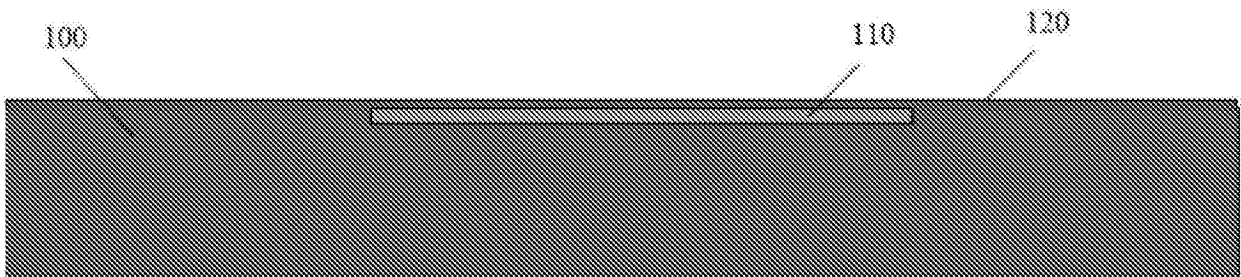


图3B

S305

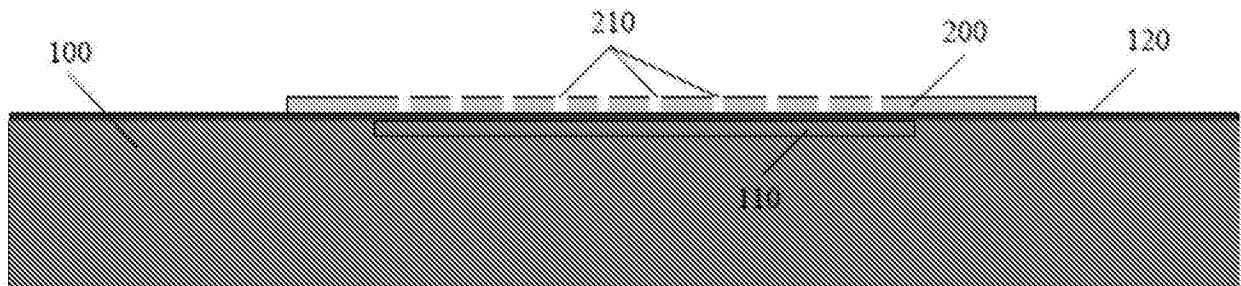


图3C

S307

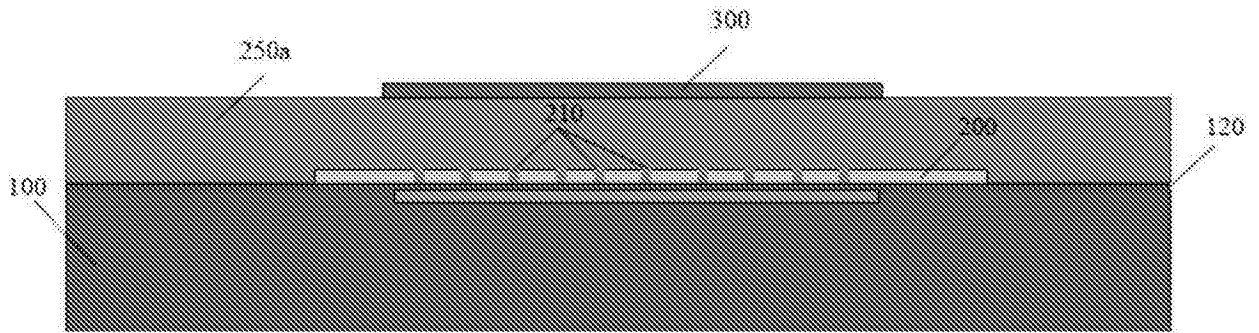


图3D

S309

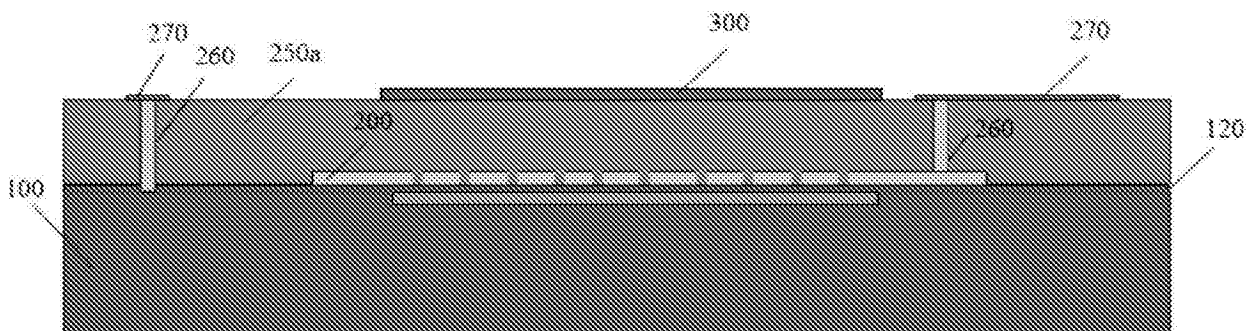


图3E

S311

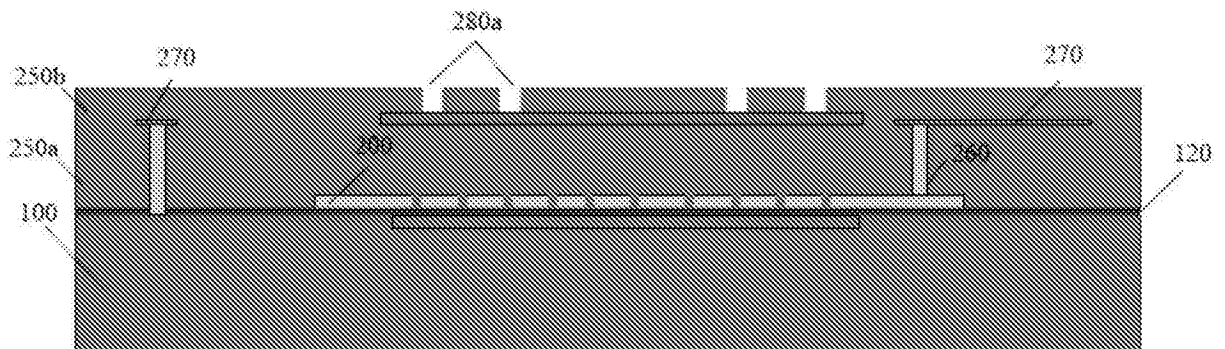


图3F

S313

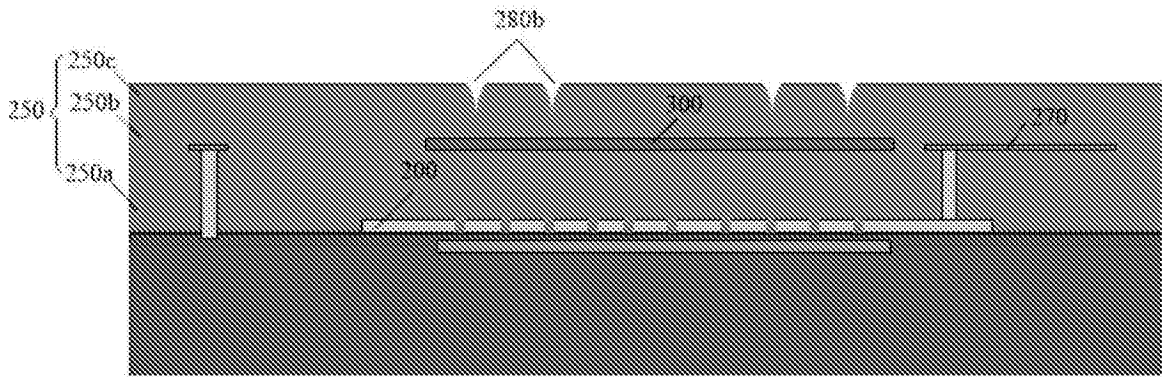


图3G

S315

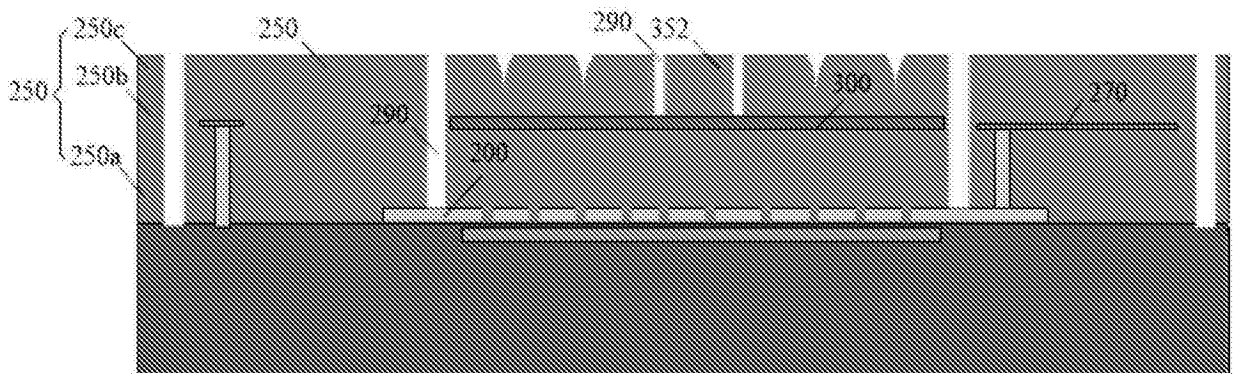


图3H

S317

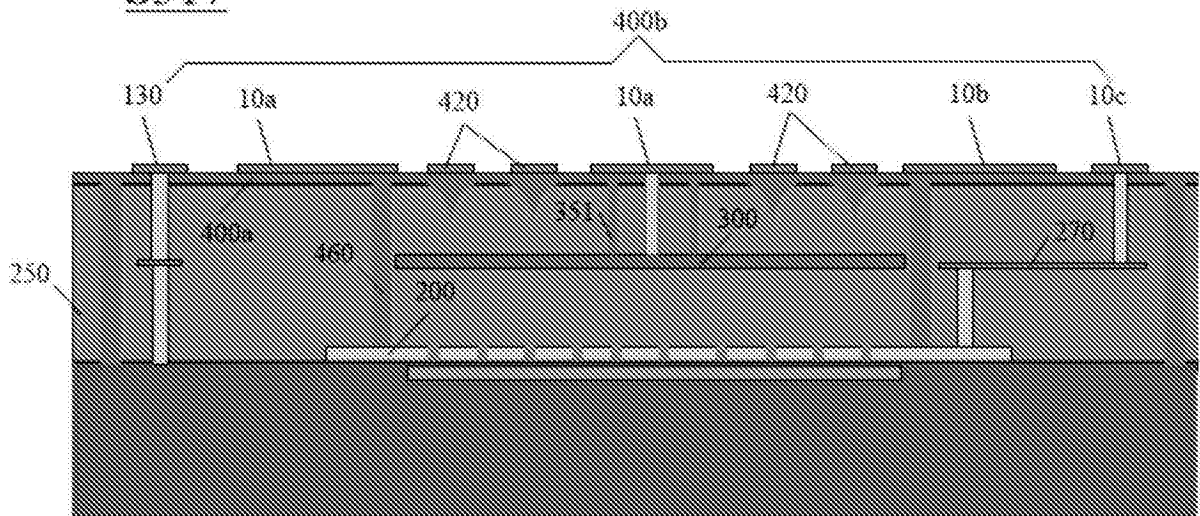


图3I



**S319**

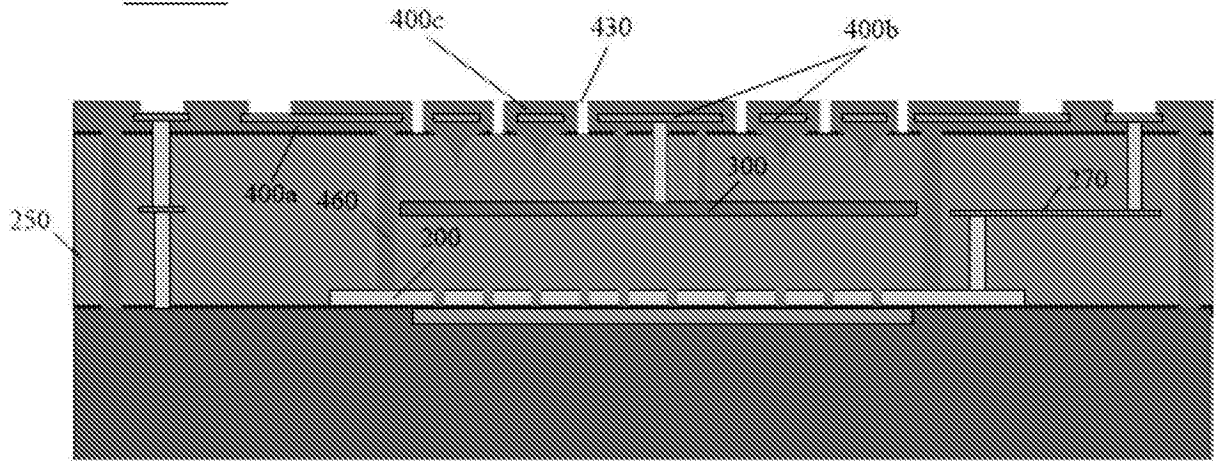


图3J

**S321**

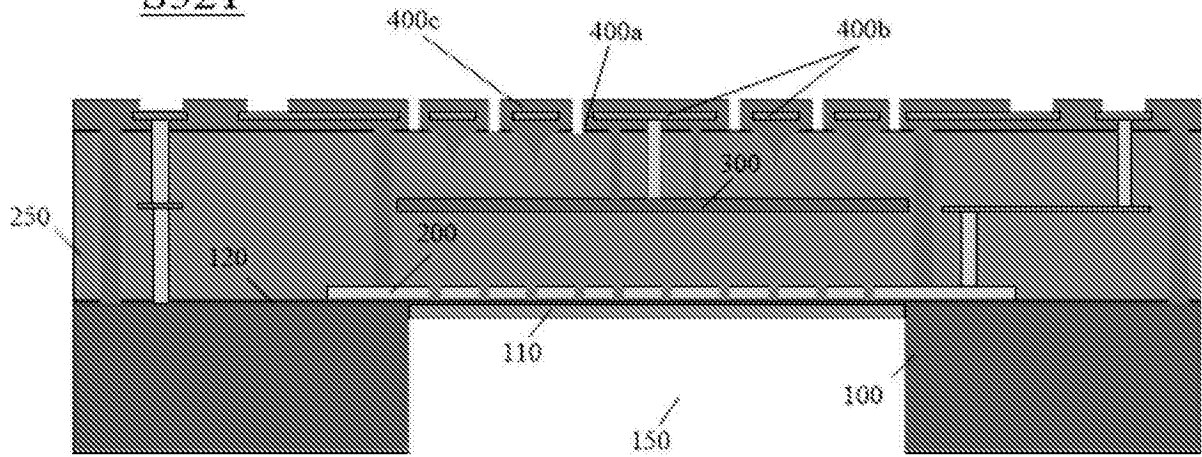


图3K

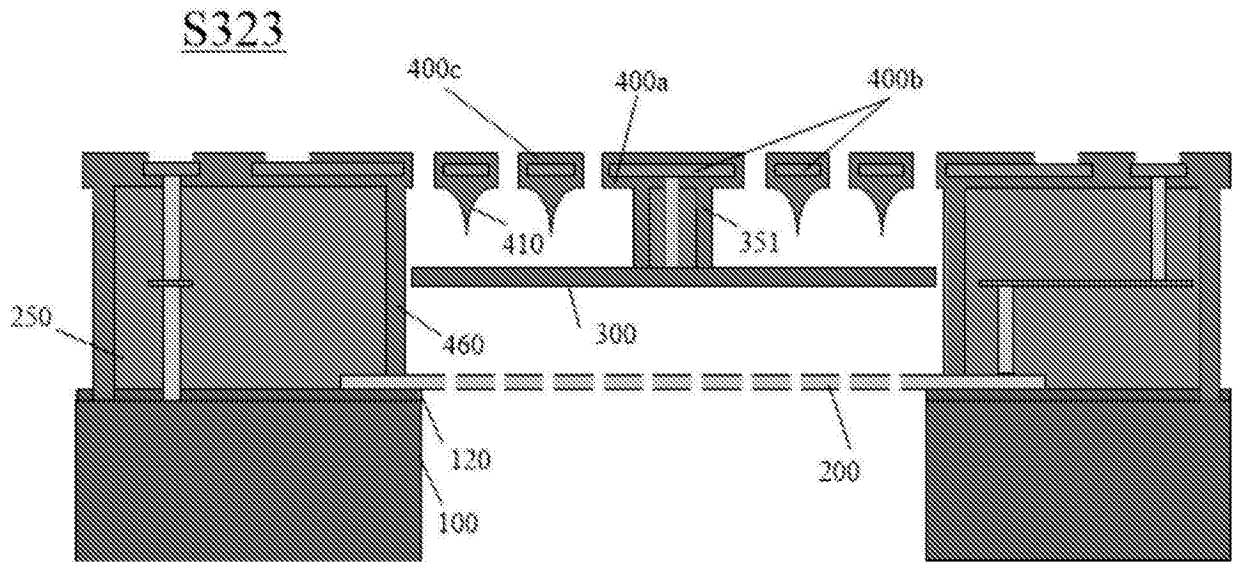


图3L

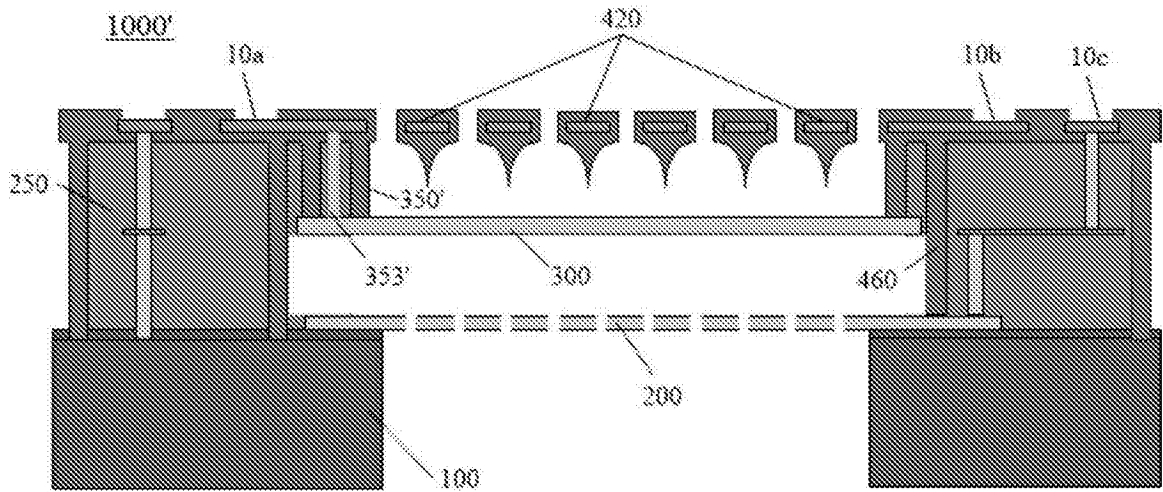


图4