



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112075090 B

(45) 授权公告日 2022.10.14

(21) 申请号 201980029781.8  
 (22) 申请日 2019.05.02  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 112075090 A  
 (43) 申请公布日 2020.12.11  
 (30) 优先权数据  
 62/666,556 2018.05.03 US  
 62/696,305 2018.07.10 US  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2020.11.02  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/US2019/030388 2019.05.02  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02019/213388 EN 2019.11.07  
 (73) 专利权人 蝴蝶网络有限公司  
 地址 美国康涅狄格州  
 (72) 发明人 基思·G·菲费 刘建伟 杨君宇  
 约瑟夫·卢茨基

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227  
 专利代理师 唐京桥 侯艳超

(51) Int.Cl.  
 H04R 7/02 (2006.01)  
 H04R 31/00 (2006.01)  
 A61B 8/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
 CN 106659464 A, 2017.05.10  
 CN 106659464 A, 2017.05.10  
 US 2016023244 A1, 2016.01.28  
 JP 01296122 A, 1989.11.29  
 Michael L. Kuntzman  
 Neal A. Hall. Rotational Capacitive  
 Micromachined Ultrasonic Transducers  
 (cMUTs). 《Journal of  
 Microelectromechanical Systems》. 2013,

审查员 刘贺

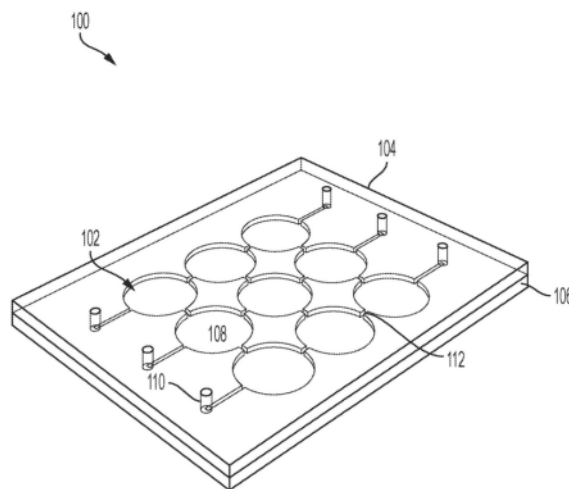
权利要求书2页 说明书6页 附图9页

## (54) 发明名称

用于CMOS传感器上的超声换能器的压力端口

## (57) 摘要

描述了具有压力端口的微机械超声换能器。该微机械超声换能器可以包括被配置成在腔上方振动的柔性膜。在某些情况下，腔可以被膜本身密封。压力端口可以提供到腔的通路，从而控制腔压力。在一些实施方式中，提供了一种包括微机械超声换能器阵列的超声装置，其具有用于超声换能器中的至少一些的压力端口。压力端口可以被用来控制整个阵列上的压力。



1. 一种超声装置,包括:

包括多个超声换能器的超声换能器阵列,所述多个超声换能器具有在基板和膜之间的相应密封腔,所述超声换能器阵列具有第一阵列区域;以及

进入孔阵列,所述进入孔阵列具有比所述第一阵列区域小的第二阵列区域,并且布置在所述第一阵列区域中或者在所述第一阵列区域的平面外突出中,所述进入孔阵列具有多个进入孔,所述多个进入孔延伸穿过所述膜,并且被配置成提供到所述相应密封腔中的至少一些密封腔的通路,其中所述多个进入孔中的第一进入孔包括平面内的部分和基本上垂直的部分。

2. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述基板与包括集成电路系统的集成电路基板接合。

3. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述基板包括集成电路系统。

4. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述第一进入孔在一个端部处被密封。

5. 根据权利要求4所述的超声装置,其中,所述第一进入孔在所述一个端部处用金属被密封。

6. 根据权利要求4所述的超声装置,其中,所述第一进入孔基本上没有固体材料。

7. 根据权利要求4所述的超声装置,其中,所述第一进入孔包括空隙。

8. 根据权利要求7所述的超声装置,其中,所述空隙填充有气体。

9. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述第一进入孔基本上垂直于所述相应密封腔中的密封腔的长轴突出。

10. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述第一进入孔包括转弯。

11. 根据权利要求10所述的超声装置,其中,所述第一进入孔包括90度转弯。

12. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述第一进入孔包括弯曲部。

13. 一种微机械超声换能器,包括:

密封腔阵列,所述密封腔阵列具有第一阵列区域;以及

压力端口阵列,所述压力端口阵列具有比所述第一阵列区域小的第二阵列区域,并且布置在所述第一阵列区域中或者在所述第一阵列区域的平面外突出中,所述压力端口阵列具有多个压力端口,所述多个压力端口被配置成控制所述密封腔阵列中的至少一些密封腔的压力,其中所述多个压力端口中的第一压力端口包括平面内的部分和基本上垂直的部分。

14. 根据权利要求13所述的微机械超声换能器,其中,所述基本上垂直的部分比所述平面内的部分更薄。

15. 根据权利要求13所述的微机械超声换能器,其中,所述第一压力端口是使所述密封腔阵列的两个密封腔互相连接的通道的一部分。

16. 根据权利要求13所述的微机械超声换能器,其中,所述第一压力端口包括90度的弯曲部。

17. 根据权利要求13所述的微机械超声换能器,其中,所述第一压力端口由金属密封。

18. 根据权利要求13所述的微机械超声换能器,其中,所述微机械超声换能器包括电容式微机械超声换能器和压电式微机械超声换能器中的至少一个。

19. 根据权利要求13所述的微机械超声换能器,其中,所述微机械超声换能器被设置在

手持式超声探测器中。

## 用于CMOS传感器上的超声换能器的压力端口

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请根据35U.S.C. §119(e) 要求于2018年5月3日提交的代理人案卷号为B1348.70080US00并且题为“PRESSURE PORT FOR ULTRASONIC TRANSDUCER ON CMOS SENSOR”的美国专利申请序列第62/666,556号的权益,其全部内容在此通过引用并入本文中。

[0003] 本申请根据35U.S.C. §119(e) 要求于2018年7月10日提交的代理人案卷号为B1348.70080US01并且题为“PRESSURE PORT FOR ULTRASONIC TRANSDUCER ON CMOS SENSOR”的美国专利申请序列第62/696,305号的权益,其全部内容在此通过引用并入本文中。

### 背景技术

#### 技术领域

[0004] 本申请涉及微机械超声换能器。

[0005] 相关技术

[0006] 一些微机械超声换能器包括悬挂在基板上方的柔性膜。腔位于基板的一部分与膜之间,使得基板、腔和膜的组合形成可变电容器。如果被致动,则膜可以产生超声信号。响应于接收到超声信号,膜可以振动,从而导致输出电信号。

#### 发明内容

[0007] 描述了用于微机械超声换能器的压力端口。

#### 附图说明

[0008] 将参照以下附图来描述本申请的各个方面和实施方式。应当理解,附图不一定按比例绘制。出现在多个图中的项目在它们出现的所有图中由相同的附图标记表示。

[0009] 图1是微机械超声换能器阵列的透视图,该微机械超声换能器包括用于进入该微机械超声换能器的腔的压力端口。

[0010] 图2是图1的结构的腔层的示意性顶视图。

[0011] 图3示出了图1的装置的包括腔和通道的层。

[0012] 图4示出了图1的替选方案,其具有带有相应压力端口的超声换能器阵列。

[0013] 图5是图4的结构的腔层的示意性顶视图。

[0014] 图6示出了图4的包括腔和压力端口的一部分的腔层。

[0015] 图7示出了超声换能器和压力端口的替选阵列,每个超声换能器包括两个压力端口。

[0016] 图8示出了超声换能器和压力端口的替选阵列,每个超声换能器包括两个压力端口。

[0017] 图9示出了超声换能器和压力端口的替选阵列,其中在超声换能器之间共享压力端口。

[0018] 图10是可以在图9的装置中使用的一种类型的压力端口的截面视图。

[0019] 图11是具有压力端口的微机械超声换能器的非限制性示例的截面视图。

[0020] 图12是根据一些实施方式的用于形成具有压力端口的超声换能器的制造过程的流程图。

### 具体实施方式

[0021] 本申请的各方面提供了一种包括压力端口的微机械超声换能器(MUT)。MUT可以包括例如在顶侧和底侧上分别由膜和基板密封的密封腔。压力端口可以代表通向密封腔的进入孔。在制造MUT期间,压力端口可以起到控制密封腔内的压力的作用。一旦根据需要来设置一个或多个腔的压力,就可以密封压力端口。

[0022] 包括用于MUT的压力端口可以提供各种好处。压力端口可以允许控制MUT的密封腔的压力。一些超声装置包括大量的MUT,例如数百、数千或数十万的MUT。由于在整个MUT的区域上具有基本上相等或均匀的压力,因此这样的超声装置的操作可以在准确性和动态范围方面受益(例如,通过使阻尼最小化)。因此,针对超声装置的各个MUT或MUT子组设置压力端口可以促进在整个感测区域上实现更均匀的压力。压力端口可以允许在包括多个MUT的感测区域上的腔压力均衡。压力端口可以在制造期间被使用,并且可以在腔在压力方面均衡之后被密封。

[0023] 可以根据本申请的各方面来选择超声换能器压力端口的各种特性。根据一些方面,每个超声换能器可以具有一个或更多个相应的压力端口。根据替选方面,压力端口可以由两个或更多个超声换能器共享。根据本申请的一个方面,超声换能器阵列可以包括相对于阵列以彼此相同的角度被定向的相应压力端口。根据替选方面,超声换能器阵列可以包括相应压力端口,其中两个或更多个压力端口相对于阵列以不同角度被定向。针对超声换能器阵列设置的压力端口的数量可以小于、等于或大于超声换能器的数量。另外的变化是可能的。

[0024] 下面进一步描述了上述各方面和实施方式以及另外的方面和实施方式。这些方面和/或实施方式可以单独地、所有一起或者以两个或更多个的任何组合被使用,原因是本申请在这方面不受限制。

[0025] 根据本申请的一方面,设置用于超声换能器阵列的压力端口。在一些实施方式中,超声换能器包括通过互相连接通道彼此连接的密封腔,并且超声换能器阵列共享多个压力端口。图1是非限制性示例,并且是微机械超声换能器阵列的透视图,该微机械超声换能器包括用于进入微机械超声换能器的腔的压力端口。超声装置100包括由膜104、绝缘层106和腔108形成的九个MUT 102的阵列。压力端口110被设置,通道112与腔108互相连接。在一些实施方式中,绝缘层106可以是互补金属氧化物半导体(CMOS)晶片的一部分,腔108可以形成在CMOS晶片的绝缘层106中。

[0026] 压力端口110可以具有任何合适的位置。在所示的非限制性示例中,它们位于阵列的外围,并且在该非限制性示例中,位于阵列的外围的两个相对侧上。如所示的,当压力端口被设置在阵列的外围处时,由于存在可以作为空气通道的通道112,因此仍然可以实现对

阵列内部的腔的腔压力的控制。然而, 替选配置也是可能的。例如, 如其他实施方式中所示, 可以针对每个单独的腔设置压力端口。可替选地, 可以设置比所示的压力端口更少的压力端口, 其中附加通道112被设置成允许控制整个阵列上的腔压力。

[0027] 可以注意到压力端口110的各种特性, 包括定位和尺寸。在所示的非限制性示例中, 压力端口110位于阵列的两个相对侧上。在该非限制性示例中, 两个压力端口位于给定行中将超声换能器平分的线上。然而, 压力端口的替选定位是可能的。压力端口可以具有任何合适的尺寸并且可以以任何合适的方式被形成。在一些实施方式中, 压力端口足够小以至于不会对超声换能器的性能产生负面影响。另外, 一旦腔108的压力被设定为期望值, 压力端口就可以足够小以允许压力端口被密封。例如, 压力端口的直径可以在大约0.1微米和20微米之间, 包括在该范围内的任何值或值的范围。压力端口可以以任何合适的方式被密封, 例如用金属材料被密封。例如, 可以溅射铝以密封压力端口。

[0028] 可以在MUT的制造期间创建和使用压力端口。在一些实施方式中, 可以使用晶片键合技术形成密封腔。晶片键合技术可能不足以在整个晶片或MUT阵列上实现均匀的腔压力。另外, 用于晶片键合的化学物质可能会不相等地占据或保留在MUT阵列的某些腔中。在腔被密封(例如, 通过晶片键合)之后, 可以打开压力端口。然后, 通过使晶片暴露于期望的受控压力, 可以使密封腔的压力相等或基本上相等。另外, 可以通过压力端口将所需的化学物质(例如, 氩气)引入到腔中。随后, 可以密封压力端口。

[0029] 因此, 发明人已经意识到, 可以通过使用压力端口来改善对多个MUT的密封腔的压力和/或化学成分的控制。与用于形成密封腔的晶片键合工艺相比, 压力端口可以提供对这些参数的更大控制。

[0030] 图2示出了图1的超声装置100的腔层的顶视图。如所示的, 包括通过通道112互相连接的九个腔。通道112也可以是空气通道, 从而允许相邻腔中的压力被设置在均匀的水平上。通道112可以具有用于此目的的任何合适的尺寸, 例如在0.1微米和20微米之间, 包括在该范围内的任何值或值的范围。

[0031] 图1和图2的超声装置是非限制性示例。所示的微机械超声换能器的数量、形状、尺寸和定位都是变量。例如, 图2示出了圆形腔, 但是其他形状也是可能的, 例如多边形、正方形或任何其他合适的形状。也可以针对特定应用来选择所示的压力端口的定位和数量。

[0032] 图3示出了图1的包括腔和通道的装置的腔层的透视图。在该图中, 省略了超声装置100的膜层。可以例如通过蚀刻来形成腔108、通道112和压力端口110的一部分。随后, 可以形成膜104以通过创建膜层来密封腔108。然后可以通过膜104蚀刻压力端口110的竖直部分, 以形成超声装置100。

[0033] 如前所述, 超声换能器阵列内设置的压力端口的数量和定位可以与图1所示的不同。根据本申请的一个方面, 超声换能器阵列包括具有相应压力端口的腔阵列。图4示出了示例, 该示例代表图1的替选方案并且具有带有相应压力端口的超声换能器阵列。超声装置400包括腔108、膜104和绝缘层106。在该非限制性实施方式中, 针对每个腔108设置一个压力端口。另外, 腔不通过通道112互相连接。此外, 在该非限制性示例中, 可以看到, 压力端口都相对于腔以相同的角度被定向, 并且并非都被设置在腔阵列的外围处。

[0034] 图5是图4的结构的腔层的示意性顶视图。如所示的, 腔108包括压力端口110, 压力端口110包括与腔在平面内的部分和与腔垂直的部分(由与腔在平面内的部分的端部处的

圆表示)二者。

[0035] 图6示出了包括腔108和压力端口110的图4的腔层。在该视图中,示出了压力端口与腔在平面内的部分。压力部分的垂直于腔108向上延伸的部分未示出,原因是该部分延伸穿过膜104,这不是图6的一部分。腔108以及压力端口110的与腔108在平面内的部分可以以任何合适的方式被形成。例如,可以使用用于蚀刻绝缘层106的任何合适的技术来形成腔108和压力端口110的平面内部分。可以通过形成膜104并蚀刻压力端口110的竖直部分从图6的结构形成图4的超声装置400。

[0036] 如前所述,压力端口的各种配置可以与超声换能器阵列一起使用。图1和图4示出了两个非限制性示例。图7示出了另一替选方案。在图7的非限制性示例中,针对每个腔设置了两个压力端口。每个腔设置多于一个的压力端口可以使从腔中去除不希望的元素例如水或其他元素变得更加容易。使每个腔具有多于一个的端口也可以促进实现腔的期望压力。在超声装置700中,压力端口由通道或延伸部表示,其中开口702在端部处。可以看出,压力端口110相对于仰角方向以角度 $\theta$ 被定向。该角度可以在5度和40度之间,或任何其他合适的数字。在图7中还示出了金属线704和706。金属线704在方位角方向上延伸,而金属线706在仰角方向上延伸。金属线704和706可以表示用于向超声换能器提供信号或从超声换能器提供信号的导电迹线。在一些实施方式中,可能优选的是,使所有压力端口终止于仅沿方位角方向或仰角方向被定向的金属线上,因此使压力端口以角度 $\theta$ 形成角度可以促进这样的配置。例如,如所示的,图7中的所有压力端口终止于在方位角方向上被定向的金属线。金属线的金属可以密封压力端口的端部。例如,溅射铝以形成金属线可以密封压力端口。

[0037] 图8示出了超声换能器和压力端口的替选阵列,每个超声换能器包括两个压力端口。所示的超声装置800与图7的超声装置的不同之处在于:相邻腔的压力端口彼此不同地被定向。在该示例中,当给定腔的压力端口沿方位角方向被定向时,其紧邻的腔的压力端口沿仰角方向被定向,反之当给定腔的压力端口沿仰角方向被定向时,其紧邻的腔的压力端口沿方位角方向被定向。

[0038] 图9示出了超声换能器和压力端口的替选阵列,其中在超声换能器之间共享压力端口。超声装置900包括腔108、金属线904和906、通道110和进入孔902。压力端口可以表示通道110和进入孔902的组合。如在图9中被示出为开口902的进入孔可以例如垂直于腔108竖直地延伸。如所示的,通道110可以与相邻的腔108互相连接。在该示例中,设置了相同数量的压力端口和腔,并且压力端口能够进入阵列内部,而不是被设置在阵列的外围处。

[0039] 图10是可以在图9的装置中使用的一种类型的压力端口的截面视图10。压力端口包括由902表示的宽度为 $X_1$ 的竖直部分以及宽度为 $X_2$ 的平面内部分或通道。 $X_1$ 的值可以被选择成:足够小以至于不会对超声换能器的操作产生负面影响并且还足够小以允许容易地填充。在一些实施方式中, $X_1$ 可以采用本文先前关于压力端口和进入孔尺寸所描述的任何值,例如在0.1微米和20微米之间。同样地, $X_2$ 的值可以采用任何这样的值。在所示的示例中, $X_1$ 小于 $X_2$ 。

[0040] 在一些实施方式中,膜104可以由具有不同材料组成的一个或更多个层形成。膜104可以由绝缘体上硅(SOI)晶片形成。SOI晶片可以包括若干层,包括但不限于掩埋氧化物(BOX)层104a、单晶层104b和热氧化物层104c。SOI晶片还可以包括处理晶片,在晶片键合之后通过任何合适的技术例如化学机械抛光(CMP)去除该处理晶片。BOX层104a可以是任何合

适的厚度,例如在0.5微米和2微米之间的厚度或任何其他合适的值。单晶层104b可以是单晶Si或任何合适的单晶材料。单晶层104b也可以是使实现MUT的操作的任何合适的厚度,包括在4微米和10微米之间的厚度。热氧化物层104c可以具有任何合适的厚度,例如在100nm和300nm之间的厚度。

[0041] 图11是具有腔108和压力端口110的MUT 1100的非限制性示例的截面视图。如所示的,压力端口可以被密封,因此示出的装置可以表示在腔压力已经被设置为所需值之后装置的状态。此时,可以用密封件1102密封压力端口,以根据时间在密封腔内提供基本上恒定的压力。

[0042] 通过图12的过程1200描述与MUT 1100类似的MUT的制造过程。首先,在动作1202中,在绝缘层106中形成例如但不限于腔108、压力端口110和/或通道112的特征。可以通过包括反应离子刻蚀(RIE)、深反应离子刻蚀(DRIE)、离子铣削、等离子体刻蚀或任何其他适当方法的任何适当的刻蚀工艺来形成腔108、压力端口110和/或通道112。绝缘层106可以是较大的CMOS晶片的一部分,使得腔被电耦合至CMOS晶片的其他元件。

[0043] 在动作1204中,可以将具有特征的绝缘层106晶片键合至膜晶片,该膜晶片可以是先前讨论的类型的SOI晶片。晶片键合工艺可以是低温晶片键合工艺。晶片键合工艺还可以包括后处理退火步骤。在退火期间,可以存在吸气材料(gettering material)以帮助控制腔108内部的压力。例如,吸气材料可以包括Ti、TiN、SrO和/或Zr-Al。在动作1206中,可以磨掉膜晶片的处理晶片,从而允许腔108上方的膜104弯曲。可以以包括化学机械抛光的任何合适方式磨掉处理晶片。

[0044] 在动作1208中,形成诸如开口902的开口以打开压力端口110,从而允许腔108的压力相等。可以使用诸如RIE和/或DRIE的任何合适的蚀刻工艺来形成开口。在一些实施方式中,首先使用RIE来蚀刻穿过BOX层104a。然后,使用DRIE来蚀刻单晶层104b,并且再次使用RIE来蚀刻穿过热氧化物层104c。在动作1208期间,由于压力端口110在真空下是打开的,因此来自晶片键合和/或退火工艺的任何脱气材料都会逸出,并且腔108的压力等于真空室的压力。

[0045] 在动作1210中,压力端口110被密封,使得腔108可以保持在合适的压力下进行操作。可以通过任何合适的材料或通过任何合适的工艺诸如但不限于溅射工艺来密封压力端口110。可以通过由多种材料形成的多层结构来密封压力端口110。示例材料包括任何适当组合的Al、Cu、Al/Cu合金和TiN。

[0046] 本文中所述的微机械超声换能器可以是各种类型的超声换能器。在一些实施方式中,它们可以是电容式微机械超声换能器(CMUT)。在这种情况下,它们可以通过晶片键合或牺牲释放方法(sacrificial release method)被形成。在一些实施方式中,微机械超声换能器是压电式微机械超声换能器(PMUT)。

[0047] 各种类型的超声装置可以实现具有本文中描述的类型压力端口的MUT。在一些实施方式中,手持式超声探测器可以包括片上超声,该片上超声包括具有压力端口的MUT。在一些实施方式中,超声贴片可以实现该技术。药丸也可以利用该技术。因此,本申请的各方面提供了包括具有压力端口的MUT的这样的超声装置。

[0048] 至此已经描述了本申请的技术的若干方面和实施方式,应当理解,本领域普通技术人员将容易想到各种改变、修改和改进。这样的改变、修改和改进都旨在落入本申请中描

述的技术的精神和范围内。因此,要理解的是,前述实施方式仅通过示例的方式被呈现,并且在所附权利要求书及其等同物的范围内,可以以与具体描述的方式不同的方式来实践本发明的实施方式。

[0049] 如所描述的,一些方面可以被体现为一种或更多种方法。作为(一种或多种)方法的一部分被执行的动作可以以任何适当的方式被排序。因此,可以构造以与所示出的顺序不同的顺序来执行动作的实施方式,即使在说明性实施方式中被示出为顺序动作,所述实施方式也可以包括同时执行一些动作。

[0050] 如本文中定义和使用的所有定义应当被理解为涵盖词典定义、通过引用结合在文献中的定义和/或所定义的术语的普通含义。

[0051] 如本文在说明书和权利要求中所使用的短语“和/或”应当被理解为表示如此结合的要素——即,在一些情况下以结合的方式存在而在其他情况下以分离的方式存在的要素——中的“任一者或两者”。

[0052] 如本文在说明书和权利要求书中所使用的,参考一个或多个要素的列表,短语“至少一个”应当被理解为意指从要素列表中的要素中的任何一个或多个要素中选择的至少一个要素,但是不一定包括要素列表内具体列出的每个和每一个要素中的至少一个要素,并且不排除要素列表中的要素的任何组合。

[0053] 如本文所使用的,除非另有说明,否则在数值语境下使用的术语“在...之间”是包含性的。例如,除非另有说明,否则“在A和B之间”包括A和B。

[0054] 在一些实施方式中,术语“近似”和“大约”可以用来意指在目标值的 $\pm 20\%$ 内;在一些实施方式中,术语“近似”和“大约”可以用来意指在目标值的 $\pm 10\%$ 内;在一些实施方式中,术语“近似”和“大约”可以用来意指在目标值的 $\pm 5\%$ 内;而在一些实施方式中,术语“近似”和“大约”可以用来意指在目标值的 $\pm 2\%$ 内。术语“近似”和“大约”可以包括目标值。

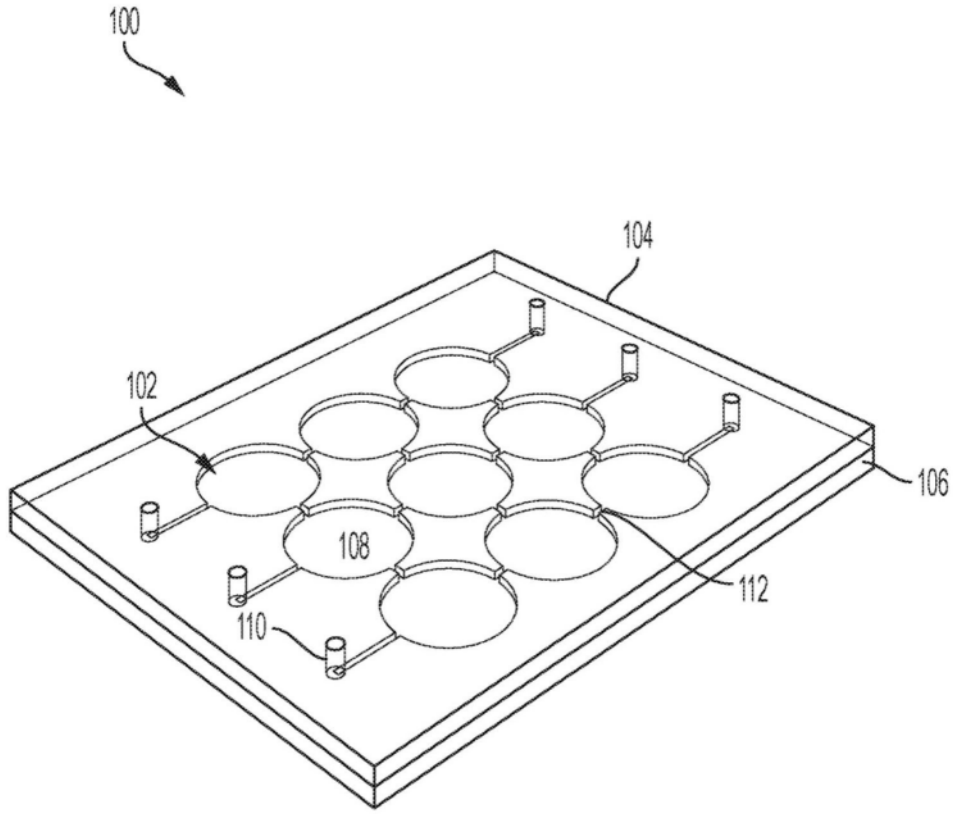


图1

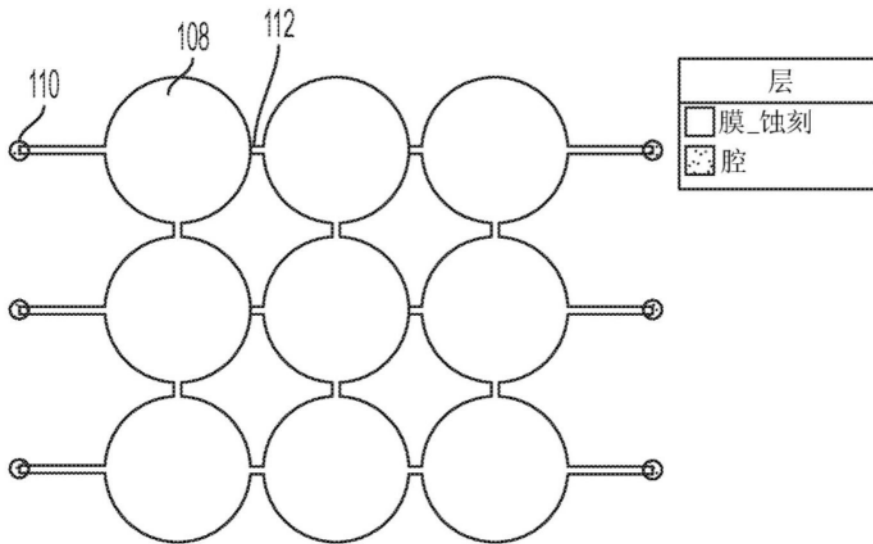


图2

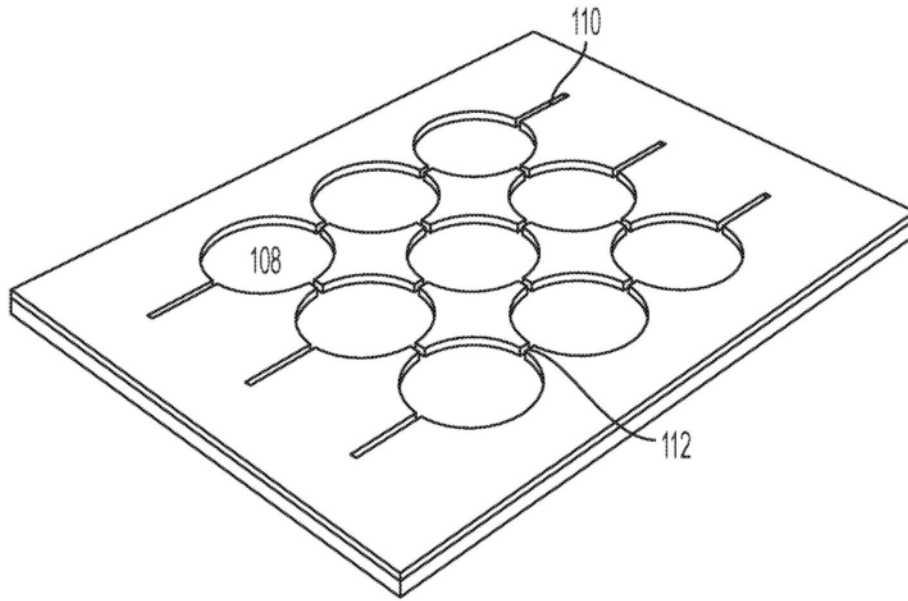


图3

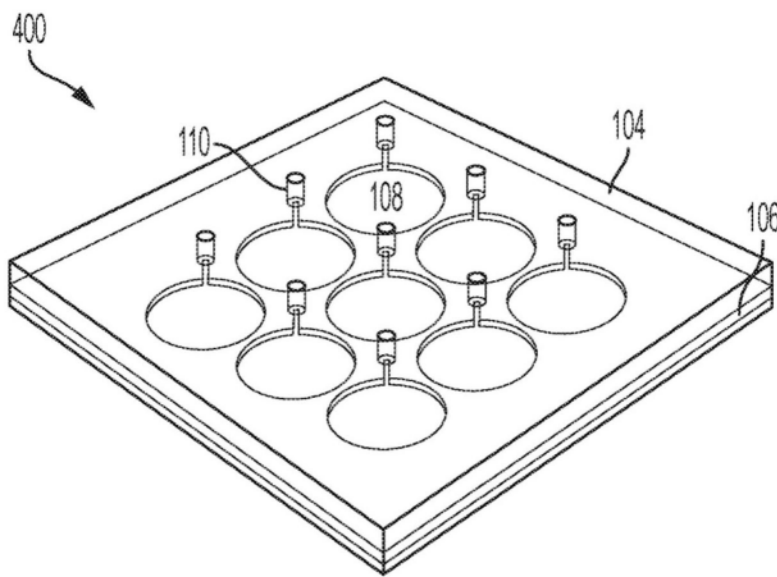


图4

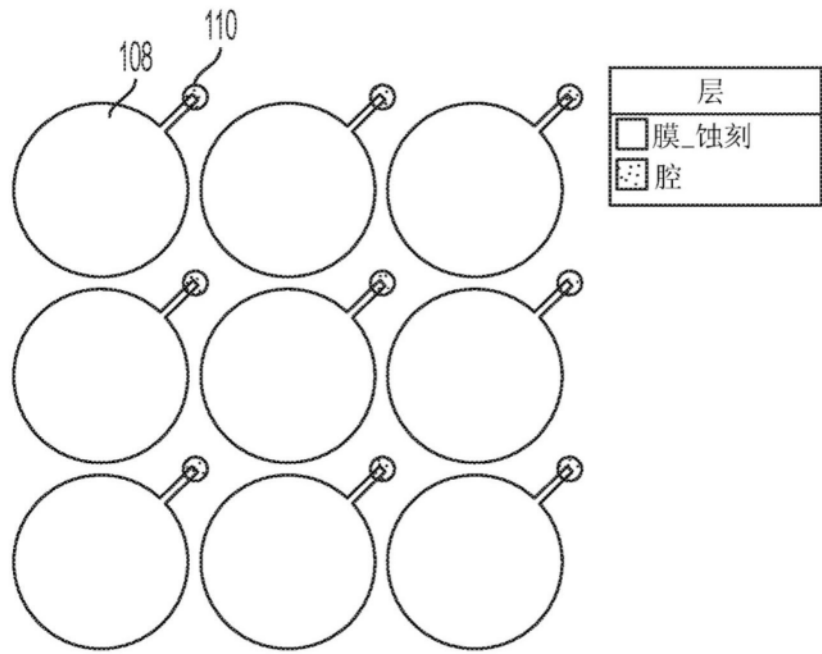


图5

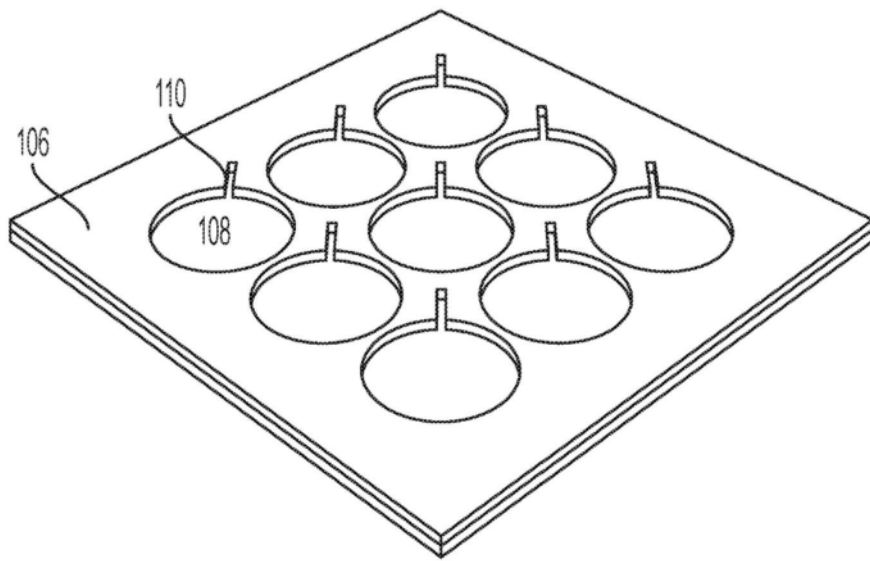


图6

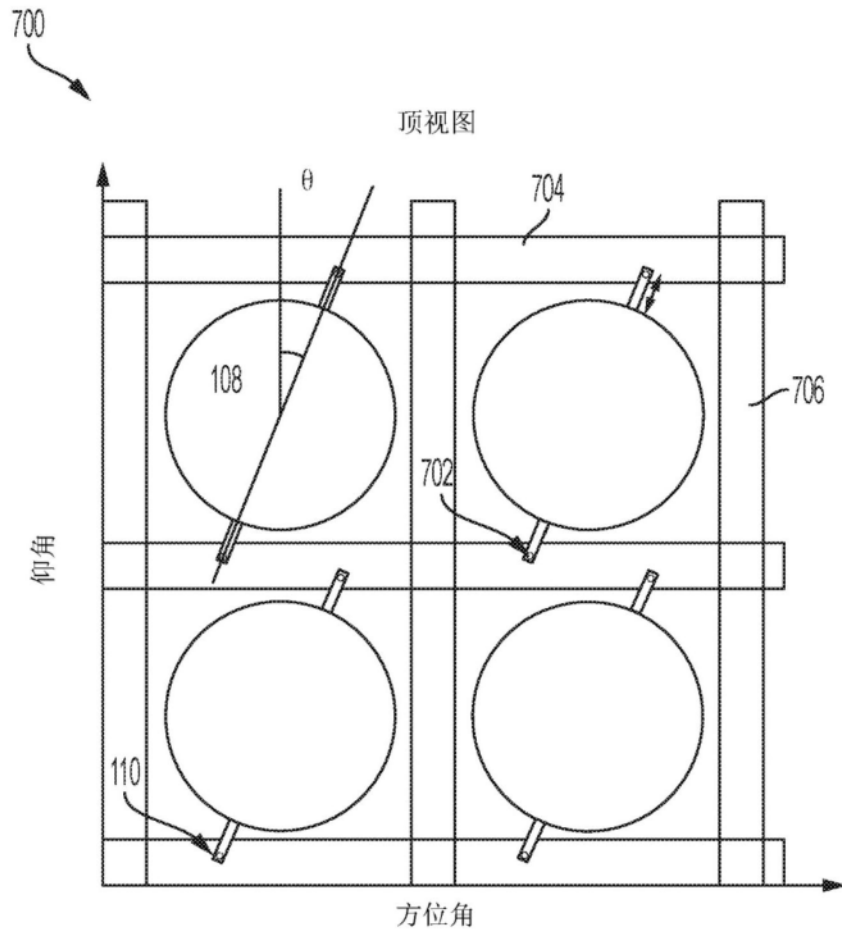


图7

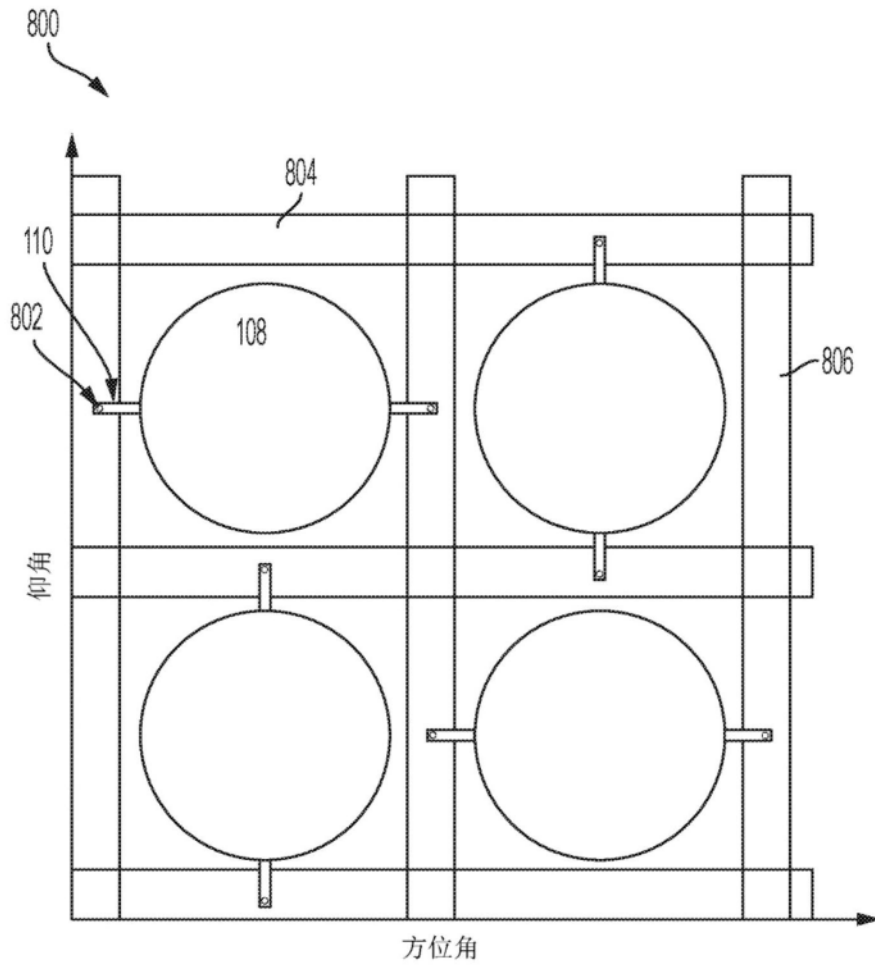


图8

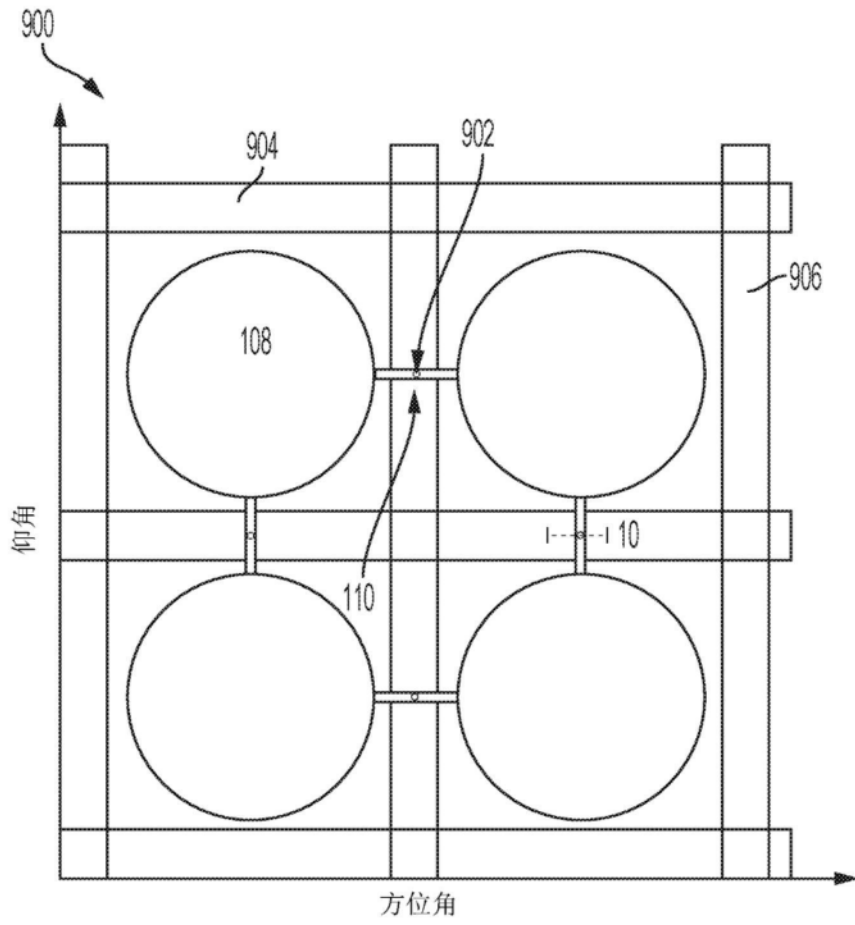


图9

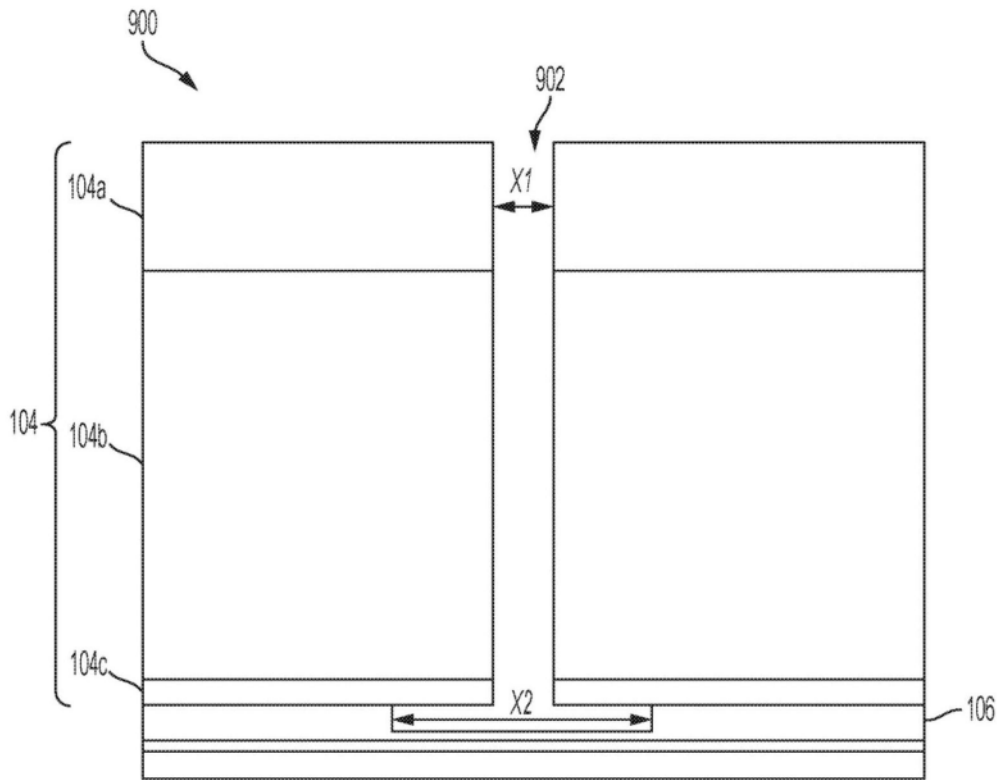


图10

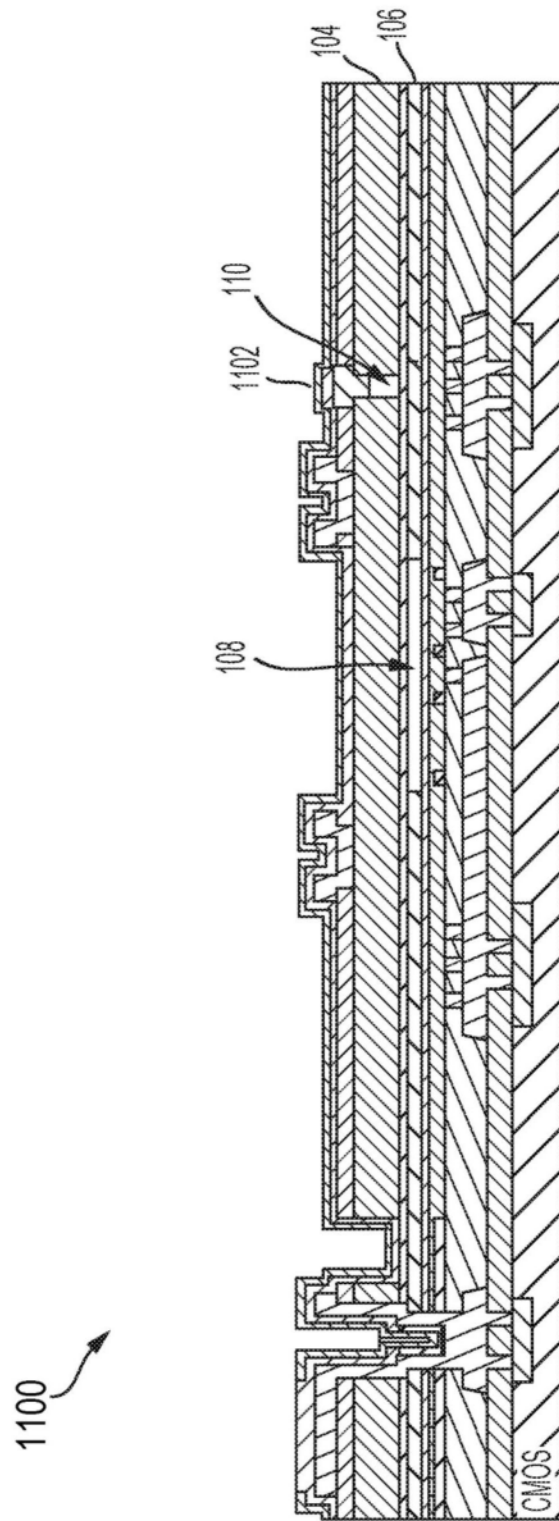


图11

1200 ↙

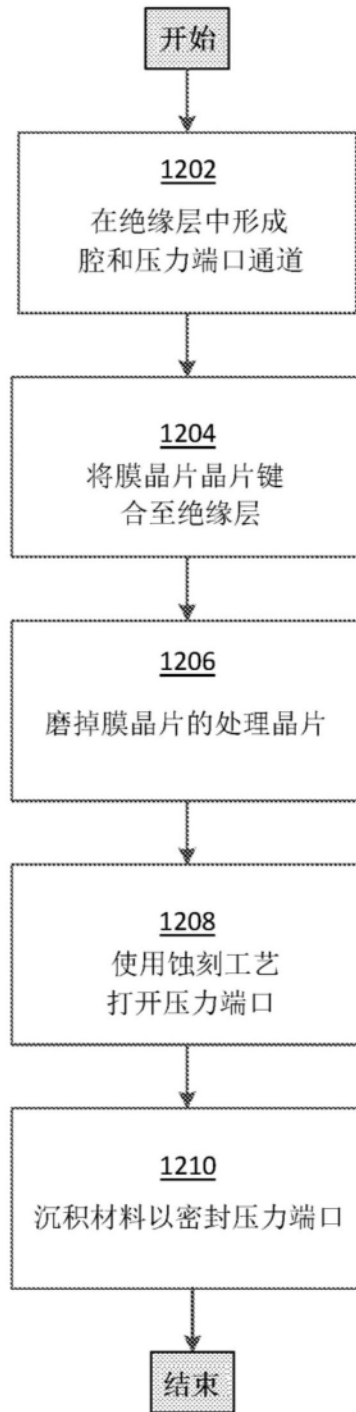


图12