



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103501922 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201280014348.5

(22)申请日 2012.03.13

(30)优先权数据

61/466,172 2011.03.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.09.22

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2012/051173 2012.03.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/127360 EN 2012.09.27

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 J·D·弗雷泽

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 张伟 王英

(51)Int.Cl.

B06B 1/02(2006.01)

G10K 11/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2011018387 A1, 2011.01.27, 全文.

US 2004113524 A1, 2004.06.17, 全文.

US 2008048211 A1, 2008.02.28, 全文.

WO 2010146838 A2, 2010.12.23, 全文.

US 2009140357 A1, 2009.06.04, 全文.

审查员 孙文杰

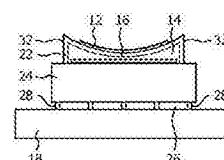
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

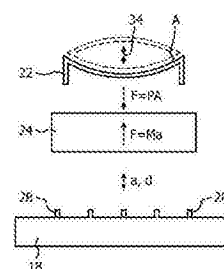
具有至衬底的受抑声耦合的超声波CMUT

(57)摘要

在衬底上的分别隔离的重板上形成cMUT单元的阵列。每一板的质量提供对抗所述单元的发射产生的力和运动,这减小在所述板中生成的运动转化。这一运动的减小实现较少声能耦合到衬底内,以及较少的通过横向波对相邻cMUT单元的信号的污染。还可以通过在所述衬底上对所述重板进行柔顺或稀疏的周期性安装而进一步减弱不希望的向衬底内的波耦合。



a



b

1. 一种超声波换能器的cMUT单元的阵列,所述cMUT单元安装在多个重板上,所述重板安装在共同衬底上,所述阵列包括:

(a)cMUT单元,每一单元包括:

单元膜片;

膜片支撑结构;

耦合至所述单元膜片的顶部电极;

提供空间的空隙,所述单元膜片在所述空间中移动;以及

与所述顶部电极协同使用的底部电极;

(b)多个重板,cMUT单元安装在所述重板上,每个重板具有基本上对抗在其上安装的所述cMUT单元的发射期间,由所述cMUT单元产生的声压力的惯性力,通过间隙将每个重板及安装在其上的所述cMUT单元与相邻重板横向运动隔离;以及

(c)连续的衬底,所述多个重板及其cMUT单元安装在所述连续的衬底上。

2. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列,其中,所述单元膜片、所述膜片支撑结构、所述顶部电极、所述底部电极和所述重板是通过半导体制作工艺制作的。

3. 根据权利要求2所述的cMUT单元的阵列,其中,所述重板是由导电材料形成的,从而还提供所述底部电极。

4. 根据权利要求3所述的cMUT单元的阵列,其中,所述导电材料为钽、金、钼、铜、铬、或钨、或其合金。

5. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列,其中,每个重板还呈现高劲度,致使相对于所述cMUT单元用以工作的超声的波长,其尺寸是小的。

6. 根据权利要求5所述的cMUT单元的阵列,其中,每个重板还呈现高的声阻抗。

7. 根据权利要求6所述的cMUT单元的阵列,其中,所述声阻抗大于40MRayl。

8. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列,其中,通过柔顺支撑物将每个重板安装在所述衬底上。

9. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列,其中,通过多个间隔开的支撑物将每个重板安装在所述衬底上。

10. 根据权利要求9所述的cMUT单元的阵列,其中,采用真空、空气或柔顺材料之一来填充处于所述间隔开的支撑物之间的空间。

11. 根据权利要求10所述的cMUT单元的阵列,其中,所述柔顺材料是硅酮橡胶。

12. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列,其中,将所述阵列的各个cMUT单元安装在分别横向隔离的重板上。

13. 根据权利要求12所述的cMUT单元的阵列,其中,所述各个cMUT单元和重板呈现六边形图案。

14. 根据权利要求12所述的cMUT单元的阵列,其中,各个cMUT单元和重板呈现圆形图案。

15. 根据权利要求12所述的cMUT单元的阵列,其中,所述cMUT单元和重板形成在覆盖集成电路层的半导体衬底上。

16. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列,其中,重板的所述惯性力对抗由安装在其上的所述cMUT单元产生的所述声压力的至少50%。

17. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列, 其中, 由所述cMUT单元显现的所述声压力至少被衰减了6dB。

18. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列, 其中, 重板的所述惯性力对抗由安装在其上的所述cMUT单元产生的所述声压力的至少66.67%。

19. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列, 其中, 由所述cMUT单元产生的所述声压力被其重板衰减了至少10dB。

20. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列, 其中, 一重板的所述惯性力对抗由安装在其上的所述cMUT单元产生的所述声压力的至少90%。

21. 根据权利要求1所述的cMUT单元的阵列, 其中, 由cMUT单元产生的所述声压力被其重板衰减了至少20dB。

具有至衬底的受抑声耦合的超声波CMUT

技术领域

[0001] 本发明涉及医学诊断超声系统,具体而言,涉及被抑制的向cMUT(电容式微加工超声换能器)阵列的衬底的混响能量的声耦合的cMUT阵列。

背景技术

[0002] MUT,尤其cMUT是通过半导体制造技术制作的超声换能器元件。与诸如PZT的常规压电材料不同,MUT可以通过严格的压电效应之外的效应来工作。就cMUT而言,通过可变电容效应使膜片按照鼓的隔膜的方式振动。膜片振动产生了被发射的超声能量。在接收时,通过返回的回波使膜片发生振动,并感测电容变化,以检测接收到的回波信号。在我的美国专利6328697的图1中示出了典型的cMUT单元。在这一专利的图2中示出了采用处于超声频率上的a.c.信号驱动cMUT单元的电气图解。

[0003] 在cMUT的膜片振动而发射超声波时,根据牛顿第三定律,所述振动的力受到其上制造了该cMUT的衬底的支持。根据牛顿第三定律,已知的cMUT元件向它们的支撑衬底施加相对于沿预期的发射方向施加载介质的声压力大小相等方向相反的机械力。此外,cMUT阵列,由于其周期性结构以及具有将每一顶部膜片与所述衬底隔开的支撑环,并且有时还具有塌缩的中央区域的构造,而跨越所述阵列按照周期性的方式施加这一平均力。被施加到衬底(通常是诸如硅的非常低声损耗的材料)上的力生成几种声波类型(例如,纵波、剪切波、兰姆波和瑞利波)中的一种或多种,所述波可以穿过衬底传播以及沿衬底横向传播。就这些情况中的任何一种而言,结果都是类似的。所述波在衬底内承载能量,所述能量被衬底上的其他cMUT元件的互反(reciprocal)机构接收并由它们犹如输入信号那样对所述能量进行解释,但是相对于预期信号而言,所述输入信号是在不适当的并且有时很长的时间之后的。其将导致寄生电信号被生成以及被所附着的成像系统作为输入信号加以解释,在所生成的图像中建立了伪影。由于在(例如)硅中声耦合非常有利而且声损耗很低,因而所述图像中的混杂可能严重地降低对比度。从一个阵列元件传递到相邻元件的能量可能将阵列接收角降低到足以严重地损害横向分辨率和射束操纵能力。这些问题已经造成了cMUT在医疗成像领域中缺乏商业接受度。

[0004] 现有技术举例说明了在避免向MUT衬底内的以及贯穿MUT衬底的声耦合的方面的各种尝试。这些努力包括在衬底的后面使用匹配的吸声衬垫,尤其如美国专利6862254、美国专利6831394和美国专利7441321所示的那样,其尝试阻隔不需要的声能到衬底的后面。另一方案是使衬底变薄,如美国专利6714484和美国专利6262946所示的那样,其尝试通过在尽可能大的程度上去除衬底而避免波沿所述衬底横向传播。另一方案是在衬底内包含各种类型的不连续特征,以对寄生波穿过衬底的传播进行散播或阻挡,如美国专利申请公开文本US2009/0122651、美国专利7741686、美国专利7545075和美国专利6669644所示。所需要的是一种简单、有效的方式来避免能量向衬底内的传输,而这一能量传输正是不需要的伪影的来源。

发明内容

[0005] 根据本发明的原理,提供了一种MUT阵列,其具有与衬底声隔离的MUT元件。通过支撑MUT元件的相对显著的质量(mass)来对抗MUT元件的发射的声学力。通过一个或多个小尺寸和/或低劲度的支撑构件将所述支撑质量安装到衬底上,所述构件提供从所述支撑质量到所述衬底的低耦合。

附图说明

[0006] 在附图中:

[0007] 图1通过截面图示出了典型的现有技术cMUT单元。

[0008] 图2是根据本发明的原理的被声学隔离的cMUT器件的截面图。

[0009] 图3a是本发明的cMUT器件的耦合物理性质的示意图。

[0010] 图3b是说明所述器件的工作过程中所涉及的力的图3a的示意图的分解视图。

[0011] 图4是根据本发明的原理的被声隔离的另一MUT器件的截面图。

[0012] 图5是根据本发明的原理的被声隔离的另一MUT器件的截面图。

[0013] 图6是由根据本发明构造的六边形cMUT单元的阵列的平面图,该图还示出了与所述单元的电连接。

[0014] 图7示出了用于实施与根据本发明的cMUT单元阵列的电连接的备选技术的平面图。

[0015] 图8是根据本发明的原理的被制造于半导体衬底上的cMUT的截面图,所述半导体衬底具有用于操作所述cMUT的ASIC电路。

具体实施方式

[0016] 首先参考图1,通过截面图示出了现有技术的典型cMUT器件10。cMUT10包括由导电材料构成的顶部电极12。所述顶部电极位于膜片22上,或者其本身可以包括所述膜片。在这一举例说明当中,所述膜片由诸如氮化硅或二氧化硅的非导电材料形成。通过在膜片的横向边缘处的竖直支撑物在空隙或间隙14之上支撑膜片。在这一实施例中,所述膜片跨越所述间隙而不触及所述间隙底部的底。在其他实施例中,可以有目的地构建或偏置所述膜片,从而使其按照塌缩模式工作,其中,膜片的中央与所述间隙的底接触。导体20将电信号耦合到顶部电极12或耦合来自顶部电极12的电信号。间隙14之下是底部电极16。与底部电极的电连接是由其上制作了所述阵列换能器的cMUT单元的半导体衬底18构成的。这一实施例中的其他暗层(dark layers)是通常由氮化硅或二氧化硅形成的隔离层。

[0017] 由于所述顶部电极12和膜片22在受到发射信号的驱动时发生振动,因而从所述顶部电极的顶表面向上发射期望的声信号。但是这一力的对抗力,即由其上制作了所述cMUT单元的衬底平台对声压波的力的阻力,使得声波被耦合到衬底18内,其中,声波穿过所述衬底朝后传播,并被反弹回到cMUT单元内,并且它们在该处引起混杂。不希望的声波还可能横向传播到相邻的cMUT单元。横向波能够在信号接收期间抵达其他cMUT单元,并被哪些单元作为接收到的回波信号错误地感测。这些来自衬底的不希望的信号可能被作为混杂信号加以解释,降低了所得到的超声图像的质量。

[0018] 图2通过截面图示出了根据本发明的原理构造的cMUT单元。概念上,可以将本发明的cMUT单元构造成普通的cMUT,但是在运动的膜片下面添加显著量的质量作为下部电极的部分或附着到所述下部电极的部分。这一质量可以采取具有股走厚度的非常致密材料的板的形式,从而提供具有与在衬底上直接安装所述单元时可能在衬底中出现的运动相比显著较少的运动的对所施加的声学力的实质反应。用于各个单元或单元组的重板(massive plate)沿横向相互声隔离,从而避免从一个重板到另一重板的横向耦合。所述重板优选通过小的支撑物悬置于所述衬底之上,从而进一步降低到所述衬底内的声耦合,例如,所述小的支撑物可以是最小截面积的小的支柱。替代地,可以将所述重板安装到一层柔顺材料(compliant material)上。在另一实施例中,可以使所述重板悬置在小的支撑物上,而与与所述支撑物相邻的所述衬底和所述板之间的空间填充有柔顺材料,例如,所述柔顺材料可以是聚二甲基硅氧烷(PDMS),其又被称为硅酮橡胶。

[0019] 在图2的例子中,顶部电极12是诸如铝、钨、多晶硅膜片或单晶硅之类的导体。顶部电极具有柔顺性,并且还作为cMUT器件的膜片工作。与顶部电极12的电连接是通过导体20构成的,例如,所述导体20是由钨、铝、铜或多晶硅构成的。顶部电极12通常可以是1-5微米厚,具有30-100微米的跨越所述电极的直径。所述cMUT单元的形状可以是圆形的,也可以是其他形状,例如,六边形、矩形或正方形。

[0020] 间隙14处于顶部电极12和重板24之间。重板24被形成为在所关注的频率和厚度下具有高劲度。继而应当认为所述板24与所述cMUT单元所工作的任何重要声传播模式的波长相比是小的,例如,是十分之一或更小。例如,所述质量和劲度要求可能导致采用具有高声阻抗的材料,例如,所述声阻抗是大于40兆瑞利(MRayl)的声阻抗。用于所述重板的适当材料包括钽(55MRayl)、金(64MRayl)、钼(63MRayl)、钨(101MRayl)、铜(42MRayl)或铬(43MRayl),以及这些材料的合金。一种实用的材料可以是在大多数半导体加工厂里都可以容易地获得的钛-钨合金。诸如钨之类的导电材料的选择使所述重板24能够额外充当cMUT的底部电极。

[0021] 所述重板24并非直接制作在衬底26上,而是通过几个端柱或边缘支撑物28加以支撑。这些小的支柱28是由半导体制造工艺中可用的材料构成的,例如,硅、氮化硅或氧化硅。如果进行适当的电隔离,也可以采用导电材料。所述支柱的典型高度为3微米。所述支柱应当足以抵抗静止的外加力,否则该力将使重板变形,但是所述支柱又要足够小,从而使所增加的支撑所述板的总劲度与所述板本身的质量在所研究的声频下所提供的惯性阻力相比是小的。在支柱28之间具有第二间隙26。这一间隙可以以真空填充,可以向空气敞开或者可以采用诸如硅酮橡胶(PDMS)的柔顺材料填充。通过采用诸如PDMS的柔顺材料填充所述第二间隙,避免了所述空间被不必要的物质所污染。可以通过以层的沉积和牺牲蚀刻为基础的工艺制作由诸如图2所示的cMUT单元的cMUT单元构成的阵列。也可以通过晶片键合技术或者这些工艺的组合制作所述器件。

[0022] 图3a和图3b示出了本发明的发明构思。图3a示意性地示出了按照相同的配置堆叠的图2的cMUT的元件。在图3a中,通过横向支撑物32针对振动来支撑膜片22,并将膜片22安装到重板24上。顶部电极12位于膜片的顶部,底部电极16位于膜片的下面。在衬底18上通过多个小的支柱28支撑重板24,所述支柱通过下方间隙26的空间隔开。

[0023] 图3b示出了这一组件的分解图示,并且示出了cMUT的工作中涉及的声学力。膜片

22在超声波发射期间如箭头34及其上面和下面的曲线所示那样上下振动。随着膜片的振动,其生成所发射的声波的具有压强P的压力。这一压强是通过膜片面积A施加的,因此产生力,该力可以以 $F=PA$ 来计算。这一压力波的力通过膜片的横向支撑物指向下方。其上安装了所支撑的膜片的主体(在该情况下是重板24)对抗由运动膜片所生成的声压力。所述重板是通过其质量的惯性完成这一对抗的。这一对抗力为 $F=Ma$,其由所述重板的较大的质量M以及与其振荡运动相关联的加速度“a”构成。由于所述的两个力大小相等方向相反,而且所述板是重的,因而结果是所述重板的运动分量表现出了在等式中由“a”表示的小得多的加速度和移动。因而,cMUT的压力并不是通过衬底内的大的运动分量对抗的,而是仅由与必须被包含的加速度“a”相关联的小得多的运动“d”所对抗的。在图3a和图3b中,这是通过将所述重板24支撑到若干均匀分布的柔顺材料的小支柱28上来完成的,所述小支柱以比上文所述的力F小得多的力F'对所述运动“d”做出响应,从而起到进一步减弱运动力向衬底18内的传输的作用。通过这种方式,所述重板的大的惯性阻力极大地避免了处于声频上的不希望的运动传输到衬底内。

[0024] 具有针对典型材料的计算的例子展示出了能够如何计算cMUT单元隔离系统的性能,以及能够如何确定所述重板和第二间隙填充物的期望尺寸和属性。例如,假设所述cMUT单元在发射中在相当于水的具有 1.5MRayl 的声阻抗的负载介质当中生成具有 1MPa 的峰值压力水平的声场,以 $f=20\text{MHz}$ 频率振动,这是基于导管的成像的典型参数。如果所述单元具有面积A,那么所述单元的正表面上的反应力为

[0025] $1\text{MPa} \times A$,

[0026] 其将被直接施加到在传统的cMUT组件当中的衬底上。所述换能器的正表面处的平均运动幅度为

[0027] $1\text{MPa}/(2\pi \times f \times 1.5\text{MRayl}) \Rightarrow 5\text{nm}$ 。

[0028] 反应板的质量是由其密度、厚度和面积(大体与cMUT单元的面积相同)决定的。优选将高密度材料用于所述重板,因为然后将需要更小厚度的材料,从而简化半导体处理。在这一例子中,选择钨作为板材料。现在,如果我们考虑以 $3\mu\text{m}$ 厚的钨层作为所述重板,那么可以通过密度乘以厚度给出每单位面积的质量,

[0029] $19300\text{kg}/\text{m}^3 \times 3 \times 10^{-6}\text{m} \Rightarrow 58\text{g}/\text{m}^2$,

[0030] 并且在忽略来自板下面的柔顺材料的反应的情况下由 $F=Ma$ 获得所产生的所述板的运动幅度d,对于频率f上的谐振运动而言,其通过下式给出

[0031] $d=a/(4\pi^2 f^2)$,并且从而

[0032] $d=F/(4\pi^2 \times f^2)=0.06\text{nm}$ 。

[0033] 尽管重层和衬底之间的空间可以是真空或者空气填充的,但是为了在制造和使用当中的坚固性,期望的是采用软的固体材料填充这一间隙。尽管采用真空或空气的声隔离可能更好一些,但是通常可获得的PDMS橡胶也是可接受的选择。我们可以计算出通过穿过例如 $3\mu\text{m}$ 的PDMS橡胶层的这一运动施加到衬底上的平均压强,其中,所述PDMS橡胶具有 1MRayl 的声阻抗 Z_a 以及 $1000\text{m}/\text{sec}$ 的声速 v_a 。

[0034] 在PDMS中诱发的应变是形变除以厚度,在这种情况下为 $0.06\text{nm}/3000\text{nm}=2 \times 10^{-5}$,其中,PDMS的劲度很低,以致于不会显著影响所述重板的运动的幅度,并且纵向劲度为

[0035] $c_{11}=Z_a \times v_a=1\text{GPa}$ 。

[0036] 因此,所述衬底上的应力或压强为

[0037] $P=c_{11}*S=2*10^4\text{Pa}$,

[0038] 与不采用本发明时将产生的1MPa的压强相比,所述衬底上的应力或压强从幅度上来讲小了50倍。这一性能水平得到了在由cMUT施加到负载介质上的力之下的衬底激振力的34dB衰减。在其他实施方式当中可能希望获得不同的性能水平。例如,在本发明的其他实施例中,衬底上的声学力的50%(6dB)、66.67%(10dB)或者90%(20dB)的衰减水平都是可接受的性能水平。

[0039] 只要支撑结构占据不超过具有与重层相当的劲度的表面面积的1/50,或者如果能够针对柔顺性降低对所述支撑结构的要求的话那么不超过可明显更大的值,则这一衬底耦合性能水平就可以是期望的。如果在重层和衬底之间施加了固体柔顺层,那么优选使用柔顺支撑物,从而使施加到衬底上的声学力将通过所述固体层均匀地施加到cMUT单元下面的整个表面上,以降低由于穿过支撑结构的横向周期性激励而生成横向传播波的可能性。

[0040] 对于真空间隙和多个小的支柱的替代情况而言,我们可做类似的计算。给定3 μm 的间隙,在顶表面处具有0.06nm的运动,并且希望将所传送的力限制为 $2*10^4\text{Pa}$,具有劲度为 $c_{11}=290\text{GPa}$ (对于氮化硅是典型的)的支柱材料,

[0041] $P=c_{11}*S*A_f=2*10^4\text{Pa}$

[0042] 其中, A_f 是包含支柱的表面积所占的分数值,则

[0043] $A_f=2*10^4\text{Pa} / (290*10^9\text{Pa} * 2*10^{-5}) \approx 0.3\%$

[0044] 例如,对于圆形的30 μm 直径的cMUT单元而言,将采用三个1 μm 直径的直圆柱支柱满足这一要求,从静态支撑点的角度来看该直圆柱支柱为最低限度。如果采用劲度更低的材料,那么可以提供更多的支柱。例如,在采用80GPa的劲度的二氧化硅并且采用类似尺寸的情况下,将允许采取20个以上的支柱,充分超过了所需要的。

[0045] 图4示出了根据本发明的原理构造的cMUT单元的另一例子。在这一例子中,通过结构材料的多个小柱28的阵列支撑cMUT连同其重板24,所述结构材料可以是在制造过程中已经使用的材料中的任何一种,例如,硅、氮化硅或者各种导电材料中的任何一种,只要满足任何电气约束条件即可。为了使这些支柱对所述器件进行机械支撑,其应当具有足够的数量,从而能够抵抗静空气压力负荷并且甚至能够抵抗外部施加的否则将使所述重板变形的静力。这样的力的一个例子是将由在支柱28之间的间隙26中采用真空的这一选择得出的力。所述支柱应当足够小,从而使被增加到所述板的支撑物的总劲度与所述板的质量本身在所关注的声频上提供的惯性阻力相比要小。优选对所述支柱进行阵列排布,从而使其在下层衬底上均匀地分配对所述cMUT和所述板的支撑。

[0046] 图5示出了根据本发明的原理构造的cMUT单元的另一个例子。在这一例子中,通过柔顺支撑物29支撑所述cMUT连同其重板24,例如,在圆形cMUT的情况下所述支撑是围绕所述重板24的外围的环形支撑物。在所示出的例子中,柔顺支撑29提供柔顺的和悬臂一样的支撑物,而所述柔顺支撑物转而受到底座环或支柱阵列28的支撑。通过所述一个或多个支撑29的柔顺性来减弱利用所述重板24未能完全消除的小的运动影响。

[0047] 图6是cMUT单元的阵列的顶视平面图,其中,每一cMUT是圆形的,所述单元的重板24具有六边形。将每一cMUT安装到其自身的独立的板24上,所述板24通过板间的间隙40相互横向隔离。在所述单元的形状具有区别性拐角时,常常希望在所述拐角处制作通往单元

电极的电连接。在这一例子中,通过拐角连接20将cMUT单元的顶部电极12耦合至参考电势或地。可以看出在这一例子中单个连接20被分支,从而在它们的拐角处连接了三个单元。在这一例子中,将底部电极(16或24)指定为信号电极。在所述单元的其他拐角处制作连接,从而实现与cMUT单元的底部电极的信号连接42。

[0048] 图7是cMUT单元30的阵列的顶视平面图,其中,每一cMUT为圆形,所述单元的重板24也是圆形,并且具有与顶部电极或膜片12或22相同的尺寸。在衬底上通过三个支撑物28支撑每一cMUT单元及其重板,所述支撑物28还承载与所述cMUT电极的电连接。在所示的配置中,所述支撑28沿三个方向产生分支,从而支撑三个不同的cMUT30。以20、28表示的支撑物承载通往cMUT的顶部电极12的参考电势或地电连接。还可以看出,以28、42表示的中央支撑物支撑三个cMUT,并且承载通往图中所示的三个cMUT的底部电极16、24的各个信号导体。

[0049] 图8是根据本发明制造的cMUT阵列的局部截面图。在这一图示中,在IC衬底18上形成集成电路部件和连接的层50。将隔离层52敷设到集成电路层50之上,并在隔离层52上而不是直接在衬底18上,形成cMUT阵列。从层50的集成电路穿过隔离层52到cMUT电极做出电连接,例如,通往cMUT的导体20的电连接54。在该图左侧的虚影中示出了所述阵列的相邻cMUT的重板24',其通过间隙40与附图中央的cMUT隔开,所述间隙可以是以空气填充的,或者可以填充通常用于覆盖换能器阵列的材料,从而实现耐磨性、与负载介质的声耦合和/或聚焦,所述材料通常为硅酮橡胶复合材料。可以看出,可以将用于运动隔离的重板所支撑的cMUT单元与ASIC电路50以共用的半导体加工工艺制作到同一衬底上,所述ASIC电路50进行工作并且对cMUT换能器单元接收到的信号做出响应。

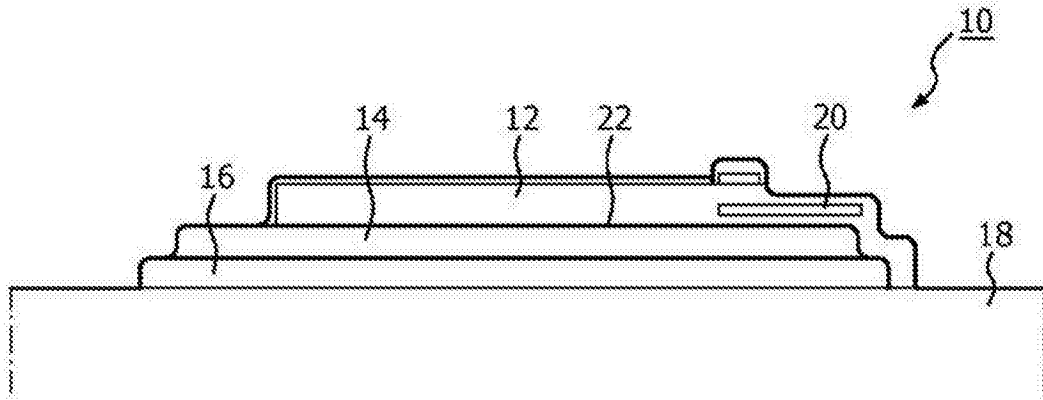


图1

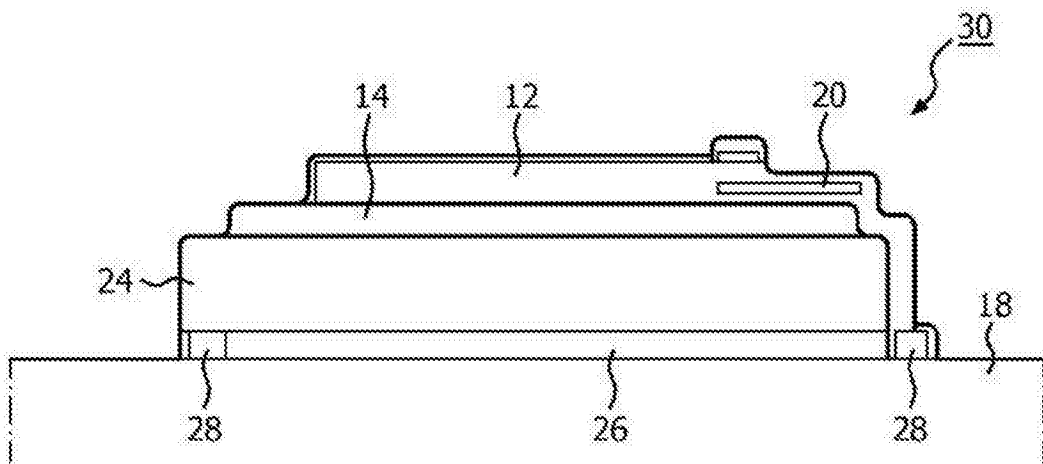


图2

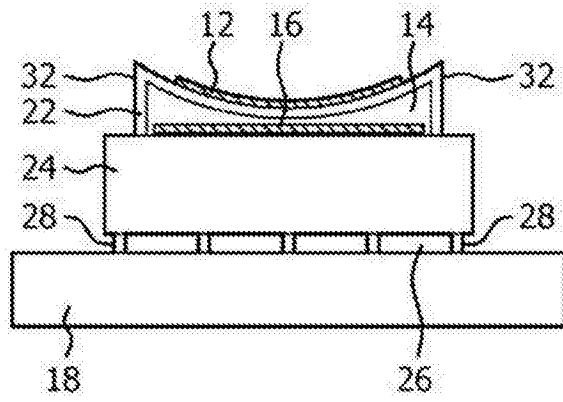


图3a

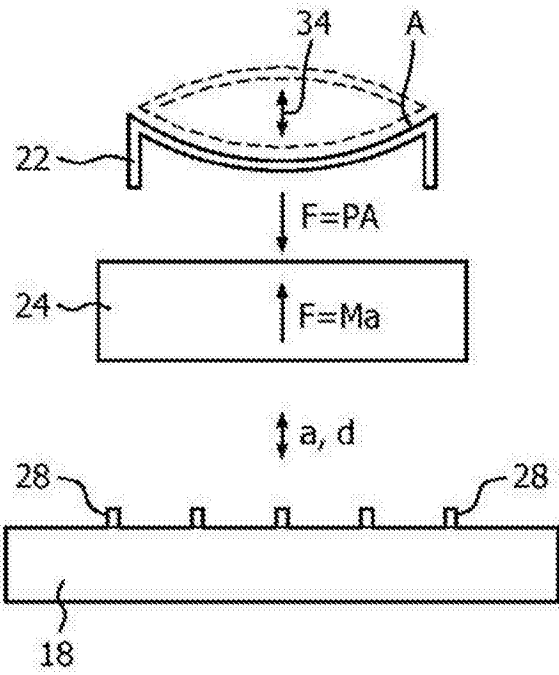


图3b

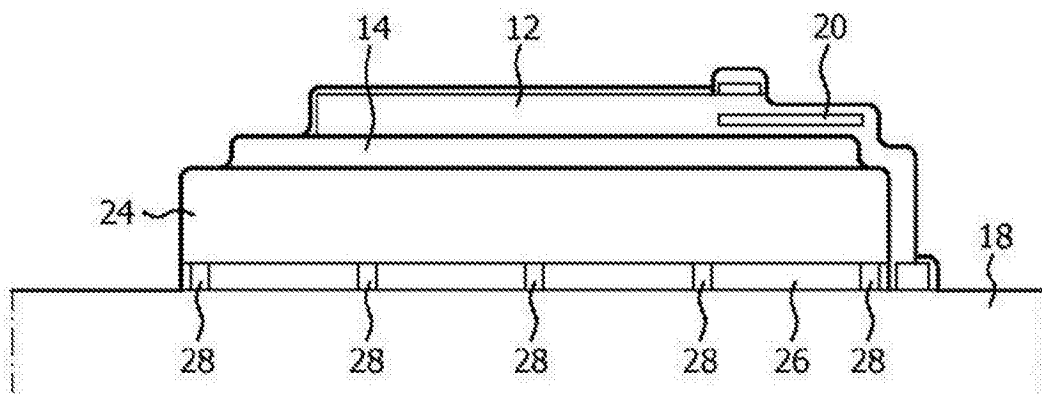


图4

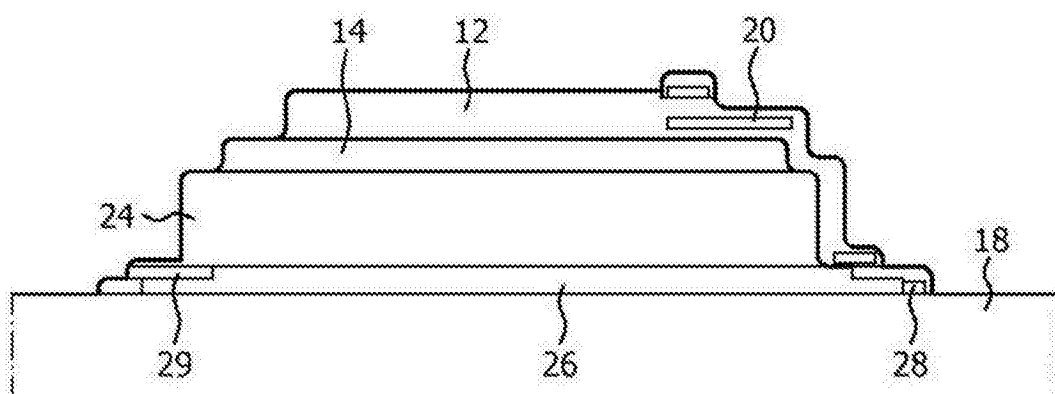


图5

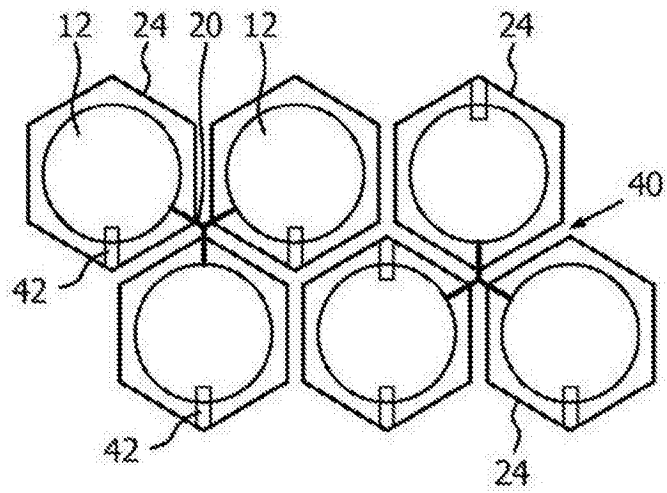


图6

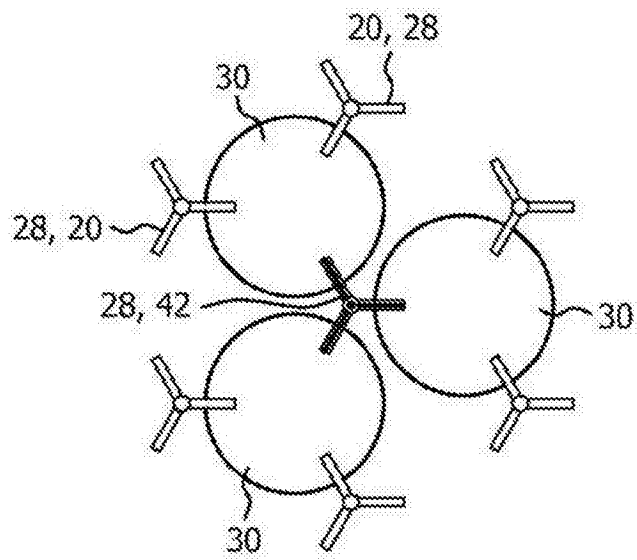


图7

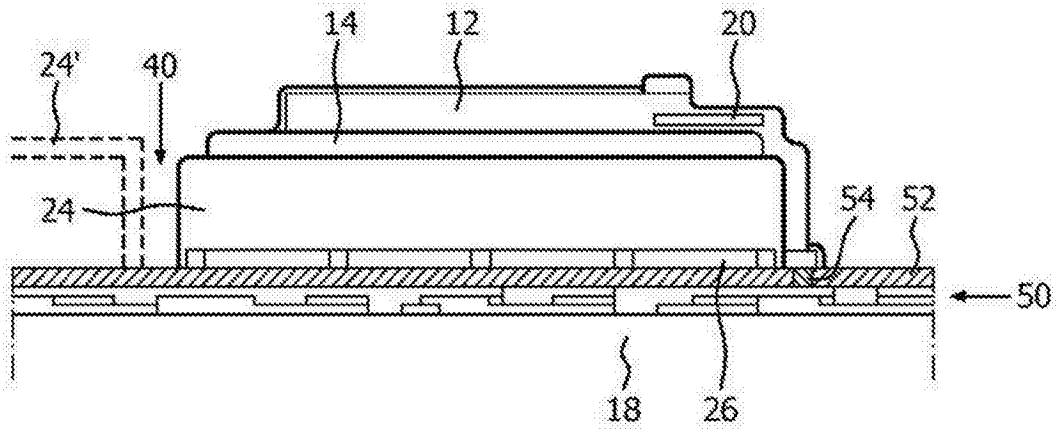


图8