



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102333485 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201080009239. 5

(22) 申请日 2010. 02. 10

(30) 优先权数据

61/155, 988 2009. 02. 27 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 08. 25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2010/050614 2010. 02. 10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/097729 EN 2010. 09. 02

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 P·迪克森

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 陈松涛 韩宏

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006. 01)

B06B 1/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101969856 A, 2011. 02. 09, 说明书

[0038-0045] [0049]、图 5-9.

US 2005/0200241 A1, 2005. 09. 15, 全文.

US 2005/0075572 A1, 2005. 04. 07, 全文.

审查员 马薇

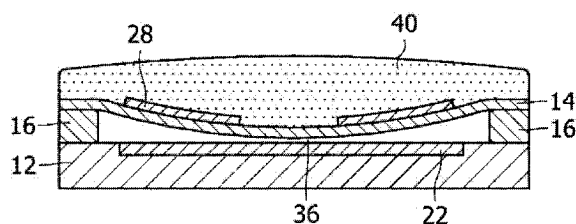
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

具有机械塌陷保持的预塌陷 CMUT

(57) 摘要

一种适用于超声 CMUT 换能器阵列中的 CMUT 换能器单元包括具有第一电极的膜、具有第二电极的衬底、以及位于所述膜和所述衬底之间的腔室。通过将所述膜偏置到与所述腔室的底面的塌陷状况而在预塌陷状态下操作所述 CMUT, 并且透镜模铸在塌陷的膜上方。在所述透镜材料聚合或者具有足够刚度时, 去除所述偏置电压而所述透镜材料将所述膜保持在塌陷状态。



1. 一种 CMUT 换能器单元,包括:
衬底;
附接到所述衬底的第一电极;
以与所述第一电极成间隔关系形成的可移动膜;以及
附接到所述膜的第二电极;
其特征在于,还包括
保持部件,所述保持部件在所述膜处于预塌陷状态时覆盖所述可移动膜,并用于在不
存在偏置电压的情况下将所述膜保持在其预塌陷状态,
其中,所述保持部件是换能器透镜。
2. 如权利要求 1 所述的 CMUT 换能器单元,
其中,所述换能器透镜由聚二甲基硅氧烷、PDMS、RTV 橡胶、聚氨酯、乙烯基塑料或者热
塑性弹性体的其中之一制成。
3. 如权利要求 1 所述的 CMUT 换能器单元,
其中,在通过偏置电压使所述膜进入预塌陷状态时,将所述保持部件模铸在所述 CMUT
换能器单元上方。
4. 如权利要求 1 所述的 CMUT 换能器单元,
其中,在通过向所述膜施加压力使所述膜进入预塌陷状态时,将所述保持部件模铸在
所述 CMUT 换能器单元上方。
5. 如权利要求 4 所述的 CMUT 换能器单元,
其中,所述压力是大气压力。
6. 一种 CMUT 换能器阵列,包括多个如权利要求 1 所述的 CMUT 换能器单元,
其中,所述保持部件还包括形成在 CMUT 换能器单元的所述阵列上方的声学透镜。
7. 如权利要求 6 所述的 CMUT 换能器阵列,
其中,所述声学透镜向所述阵列提供在感兴趣的场内小于平面波的焦距的固定焦距。
8. 如权利要求 6 所述的 CMUT 换能器阵列,
其中,所述换能器阵列是利用兼容 CMOS 的半导体工艺形成的;
其中,所述换能器阵列被并入在诊断超声探头中;并且
其中,所述超声探头还包括耦合到所述换能器阵列并用以操作所述阵列的电子电路,
其中,所述电子电路是利用兼容 CMOS 的半导体工艺形成的。
9. 如权利要求 8 所述的 CMUT 换能器阵列,
其中,所述电子电路还包括微束形成器电路。
10. 如权利要求 9 所述的 CMUT 换能器阵列,
其中,所述换能器阵列和所述微束形成器电路还被制造在相同的半导体衬底上。
11. 如权利要求 6 所述的 CMUT 换能器阵列,
其中,所述换能器阵列是利用兼容 CMOS 的半导体工艺形成的;
其中,所述换能器阵列被并入在治疗超声探头中;并且
其中,所述超声探头还包括耦合到所述换能器阵列并用以操作所述阵列的电子电路,
其中,所述电子电路是利用兼容 CMOS 的半导体工艺形成的。
12. 一种 CMUT 换能器单元,包括:

衬底；

附接到所述衬底的第一电极；

以及与所述第一电极成间隔关系形成的可移动膜；以及

附接到所述膜的第二电极；

其特征在于，还包括

保持部件，所述保持部件在所述膜处于部分预塌陷状态时覆盖所述可移动膜，并用于在不存在偏置电压的情况下将所述膜保持在其部分预塌陷状态，

其中，所述保持部件是换能器透镜。

13. 如权利要求 12 所述的 CMUT 换能器单元，

还包括施加到所述第一电极和所述第二电极的偏置电压，

其中，所述保持部件和所述偏置电压用于将所述膜保持在完全预塌陷状态。

具有机械塌陷保持的预塌陷 CMUT

[0001] 本发明涉及医学诊断超声成像,并且尤其涉及使用电容式微加工超声换能器(CMUT)的超声探头。

[0002] 用于医学成像的超声换能器具有导致产生高质量诊断图像的各种特性。其中包括宽的带宽以及在超声频率下对于低水平声学信号的高灵敏度。传统上,具有这些特性并且因而用于超声换能器的压电材料由 PZT 和 PVDF 材料制成,其中 PZT 是最优选的。然而,陶瓷 PZT 材料需要包括明显不同且复杂的切片(dicing)、匹配层粘结、填料、电镀和互连的制造工序并且需要扩展处理,所有这些会导致小于所期望的换能器堆叠单元产量。而且,这一制造复杂性增加了最终换能器探头的成本。随着超声系统主机(mainframe)变得更小并且主要由现场可编程门阵列(FPGA)和用于多数信号处理功能的软件来控制,系统主机的成本随着系统的尺寸而降低。现在,可获得廉价的便携式、桌面和手持形式的超声系统。结果,换能器探头的成本占系统总成本的百分比日益增长,并且用于 3D 成像的更高元件计数阵列的出现加速了这一增长。因此,期望能够以提高的产量以及低成本制造换能器阵列,以促进对于低成本超声系统的需求。

[0003] 近来的发展已经导致能够通过半导体工艺来制造医用超声换能器的前景。期望的是,这些工艺应该与用于制造超声探头所需的电路的工艺相同,例如 CMOS 工艺。这些发展已经产生微加工超声换能器或者 MUT。已按照两种设计方案制造 MUT,一种是使用具有压电特性的半导体层(PMUT)而另一种是使用表现出电容效应的具有电极板的膜片以及衬底(CMUT)。CMUT 换能器是具有电极的微小膜片状的器件,其将所接收的超声信号的声音振动转换为调制电容。为了传输,对施加到电极的电容电荷进行调制以振动该器件的膜片并且从而传输声波。由于这些器件通过半导体工艺制造,因此该器件通常具有 10-200 微米范围的尺度,但是可以达到 300-500 微米的器件直径。可以将许多这样单独的 CMUT 连接到一起并且作为单个换能器元件整体操作。例如,可以将四到十六个 CMUT 耦合到一起以整体用作单个换能器元件。典型的 2D 换能器阵列目前将具有 2000-3000 个压电换能器元件。在制造为 CMUT 阵列时,将使用超过一百万个 CMUT 单元。令人惊讶的是,早期结果表明,这一尺寸的半导体制造(fab)CMUT 阵列的产量应比用于几千个换能器元件的 PZT 阵列的产量有明显提高。

[0004] 最初制造的 CMUT 以现在已知为“未塌陷(uncollapsed)”模式进行操作。参照图 1,以截面图示出典型的未塌陷 CMUT 换能器单元 10。CMUT 换能器单元 10 与诸如硅的衬底 12 上的多个类似的相邻单元一起制造。可以由氮化硅制成的膜片或者膜 14 由绝缘支撑体 16 支撑在衬底上方,该绝缘支撑体 16 可以由氧化硅或者氮化硅制成。膜和衬底之间的腔室 18 可以是空气或者气体填充的,或者完全或部分抽空。诸如金的导电薄膜或者层 20 在该膜片上形成电极,并且类似的薄膜或者层 22 在衬底上形成电极。由介电腔室 18 分隔开的这两个电极形成电容。在声学信号使膜 14 振动时,能够检测电容的变化,从而将声学波换能为相应的电信号。相反,施加到电极 20,22 的交流信号将调制该电容,使该膜移动并且从而传输声学信号。

[0005] 由于典型 CMUT 的微米尺寸量级尺度,通常密集地制造大量 CMUT 单元以形成单个

换能器元件。单独的单元可以具有圆形、矩形、六边形或者其它外围形状。图 3 是由本发明的圆形 CMUT 单元的光学干涉仪产生的地形 (topographical) 图像。图 4 是圆形 CMUT 单元阵列的干涉图像。CMUT 单元可以具有不同的尺度以使得换能器元件将具有不同单元尺寸的组合特性,从而为换能器给出宽带特性。一般而言,由于大多数 CMUT 通常具有所施加信号带宽的 100% 或者更大的带宽,因此这样的单元尺寸差异不是必需的。

[0006] CMUT 本质上是二次 (quadratic) 器件,因此声学信号通常是所施加信号的谐波,即,声学信号将是所施加电信号频率的两倍。为了防止这一二次行为,向两个电极施加偏置电压,使膜片由所产生的库伦力向衬底吸引。这在图 2 中示意性示出,其中 DC 偏置电压 V_b 施加到作为端子 24 的 bi 并且通过向交流信号施加诸如电感阻抗的高阻抗 Z 的路径而耦合到膜电极 20。交流信号从信号端子 26 电容耦合到膜电极或者从该膜电极电容耦合。膜 14 上的正电荷使该膜在被吸引到衬底 12 上的负电荷时膨胀。CMUT 单元在这一偏置状态下连续操作时仅微弱地表现出二次行为。

[0007] 已经发现:在膜膨胀以使得该电容式器件的两个相反充电的板尽可能接近到一起时,CMUT 最灵敏。两个板的紧密接近将由 CMUT 产生声学 and 电信号能量之间的更大耦合。因而期望增加偏置电压 V_b 直到膜 14 和衬底 12 之间的介电间隔 32 尽可能小到能够维持在操作信号条件下。在所构成的实施例中,该间隔处于一微米或者更小的量级。然而,如果所施加的偏置电压太大,则膜会接触衬底,由于范德瓦尔斯 (Vander Wals) 力将器件的两个板粘贴在一起,因此使该器件短路。这一粘贴会在 CMUT 单元被过驱动时发生,并且由于制造公差变化,对于相同的偏置电压 V_b 器件之间也会变化。尽管通过在电绝缘层 (例如氮化硅) 中嵌入器件电极能够减小永久粘贴,但是当试图在最大灵敏度范围内操作未塌陷 CMUT 时,塌陷和未塌陷状态之间的操作非线性是固有的缺陷。

[0008] 即使在膜被偏置以产生非常小的亚微米介电间隔时,CMUT 的灵敏度也会小于所期望的灵敏度。这是由于以下事实:尽管膜的中心 32 处的电荷相对接近相对电荷并且将相对于该相反电荷显著移动,但是在由支撑体 16 支撑该膜的外围 34 处的电荷将几乎不移动并且因而几乎不参与由器件进行的信号换能。消除该差异的一种方法是使用不延伸到支撑体 16 的较小的膜电极 20。这将膜电极上的电荷限制到将强烈参与膜的移动并且因而由器件进行的换能的器件中心。仍然必须具有一个或者多个电导体以向膜电极 20 施加偏置电压 V_b 并且将交流信号耦合到电极或者耦合来自电极的交流信号。这些电导体必须非常薄,具有向交流信号施加不期望的大阻抗的尺度,从而限制了器件的灵敏度。

[0009] 本发明的目的在于提供一种具有良好灵敏度但是不受膜粘贴问题影响的 CMUT 换能器单元。

[0010] 本发明的另一目的在于提供一种能够利用低偏置电压维持在有效操作范围内的 CMUT 换能器单元。

[0011] 本发明的又一目的在于提供一种在存在预期制造公差的情况下大批量均一致操作的 CMUT 换能器单元。

[0012] 本发明的又一目的在于提供一种 CMUT 换能器阵列,其能够利用与用于操作 CMUT 换能器阵列的集成电路的半导体工艺兼容的半导体工艺,诸如 CMOS 工艺来制造。

[0013] 根据本发明的原理,提供一种以“预塌陷”模式操作的超声换能器 CMUT 单元阵列。在所述预塌陷模式下,由于膜与 CMUT 单元的腔室底面连续接触,因此避免了粘贴问题。通

过使用不在未塌陷和预塌陷状态之间切换的操作范围并且在预塌陷模式下连续操作而避免滞后。通过物理上保持膜的塌陷状况的机械结构来替代传统上将膜维持在预塌陷模式所需的偏置电压。这使得 CMUT 能够以低操作和偏置电压在有利的操作范围内操作。在优选实施例中,将 CMUT 单元维持在塌陷状况的机械结构是超声换能器阵列的透镜。

[0014] 在附图中:

[0015] 图 1 是典型 CMUT 换能器单元的截面图。

[0016] 图 2 是典型 CMUT 单元的电特性的示意性说明。

[0017] 图 3 是本发明的 CMUT 单元的地形干涉图像。

[0018] 图 4 是圆形 CMUT 单元阵列的干涉图像。

[0019] 图 5 是根据本发明的原理构建的 CMUT 单元的截面图。

[0020] 图 6 示出在偏置到塌陷状态时图 5 的 CMUT 单元。

[0021] 图 7 示出在通过制成于 CMUT 单元顶部上的透镜将膜保持在塌陷状态时图 6 的 CMUT 单元。

[0022] 图 8 示出通过对于 CMUT 单元阵列提供聚焦特性的透镜保持在预塌陷状态的 CMUT 单元阵列。

[0023] 图 9 示出预塌陷和未塌陷 CMUT 单元的耦合系数随着电压的变化。

[0024] 图 10 示出本发明的构建实施例的所测量的耦合系数随着电压的变化。

[0025] 参照图 5,绘出 CMUT 元件 5 的示意性截面图。CMUT 元件 5 包括衬底层 12、电极 22,膜层 14 和膜电极环 28,在图 3 和图 4 中可见圆形的 CMUT 元件。在该示例中,电极 22 配置为圆形并且嵌入在衬底层 12 中。此外,膜层 14 相对于衬底层 12 的顶部表面固定并且被配置 / 设计尺度为在膜层 14 和衬底层 12 之间限定球形或者圆柱形腔室 18。如先前提及的,单元及其腔室 18 可以限定替代的几何尺寸。例如,腔室 18 能够限定矩形和 / 或正方形截面、六边形截面、椭圆截面或者不规则截面。

[0026] 底部电极 22 典型地利用附加层(未示出)在其腔室相对表面上绝缘。优选的绝缘层是形成在衬底电极上方且膜电极下方的氧化物-氮化物-氧化物(ONO)介电层。ONO-介电层有利地降低了电极上的电荷累积,该电荷累积会导致器件不稳定性以及声学输出压力的漂移和降低。在 Klootwijk 等人于 2008 年 9 月 16 日递交的发明名称为“Capacitive micromachined ultrasound transducer”的欧洲专利申请 No. 08305553.3 中详细讨论了在 CMUT 上制造 ONO-介电层。对于比未塌陷器件更易受到电荷保持影响的预塌陷 CMUT,期望使用 ONO-介电层。所公开的部件可以由兼容 CMOS 材料制造,例如 Al、Ti、氮化物(例如氮化硅)、氧化物(各种等级)、四乙基原硅酸盐(TEOS)、多晶硅等。在例如 CMOS 制造中,可以通过化学气相沉积方法形成氧化物和氮化物层并且通过溅射工艺设置金属(电极)层。适合的 CMOS 工艺是 LPCVD 和 PECVD,后者具有小于 400℃ 的相对低的操作温度。

[0027] 用于制造所公开的腔室 18 的示例性技术包括在添加膜层 14 的顶部表面之前在膜层 14 的初始部分中限定出腔室。其它制造细节可以在美国专利 No. 6,328,697(Fraser) 中找到。在图 5 所示的示例性实施例中,圆柱形腔室 18 的直径大于圆形配置的电极板 22 的直径。电极环 28 可以具有与圆形配置的电极板 22 相同的外径,尽管并不要求这样的一致性。因而,在本发明的示例性实施例中,电极环 28 相对于膜层 14 的顶部表面固定,以与下方的电极板 22 对准。

[0028] 图 6 示出在偏置到预塌陷状态时图 5 的 CMUT 单元,其中膜片 14 与腔室 18 的底面接触。这通过向两个电极施加 DC 偏置电压来实现,该 DC 偏置电压由施加到电极环 28 的电压 V_b 以及施加到衬底电极 22 的基准电势(地)指示。尽管电极环 28 也能够形成为中心没有孔的连续盘状,但是图 6 示出这不是必需的原因。在如图所示将膜 14 偏置到其预塌陷状态时,膜的中心与腔室 18 的底面接触。由此,膜 14 的中心在 CMUT 的操作期间未移动。而是位于腔室 18 的剩余开放空隙的上方并且位于环电极下方的膜 14 的外围区域移动。通过将膜电极 28 形成为环,器件的电容的上板电荷位于在 CMUT 作为换能器操作时表现出运动和电容变化的 CMUT 的区域上方。因而,改善了 CMUT 换能器的耦合系数。

[0029] 通过施加典型地在 50-100 伏特范围内的必要偏置电压,可以将膜 14 带入与以 36 标记的腔室 18 的底面接触的预塌陷状态。随着电压增加,利用电容计监视 CMUT 单元的电容。电容的突变表明膜已塌陷到腔室的底面。该膜可以偏置直到其正好接触到以 36 标记的腔室的底面,或者可以进一步向下偏置到超出最小接触的增加塌陷。

[0030] 将膜 14 带入到其预塌陷状态的另一方式是向膜的顶部施加压力。当腔室形成部分或者完全真空时,已经发现施加 1 巴(bar)的大气压力足以使膜 14 预塌陷而与腔室 18 的底面接触。也可以使用压力差和偏置电压的组合来可控地使膜 14 预塌陷,这对于具有高大气塌陷压力(例如 10 巴)的较小器件有效。

[0031] 根据本发明的原理,在将膜 14 偏置到如图 6 所示的预塌陷状态时,在该膜上方布置或者形成将该膜物理保持在其预塌陷状态的结构。在用于超声换能器的优选实施例中,该结构形成换能器的透镜 40。换能器透镜通常满足三个要求。第一是该透镜提供耐受由于在使用换能器探头期间产生的摩擦接触而导致的耐磨的结构。实际上,该透镜提供保护下方的换能器阵列免受物理磨损的物理覆盖。第二,透镜是不导电的并且从而在换能器的电气元件和患者之间提供电绝缘。第三,透镜能够为探头提供聚焦特性。在图 7 的示例中,透镜 40 提供了第四优点,即将膜 14 物理地保持在预塌陷状态。

[0032] 可以使用各种材料用于透镜材料。CMUT 的唯一要求是材料具有足够的刚度以在去除偏置电压之后将膜保持在其塌陷状态。一种适合的材料是聚二甲基硅氧烷(polydimethyl siloxane)(PDMS 或者 RTV 橡胶)。在偏置电压 R_b 将膜保持在其所需的塌陷状态的同时,在 CMUT 上方模铸(cast)RTV 材料。在 RTV 聚合并且具有足够刚度以将膜物理地保持在其预塌陷状态之后,可以去除偏置电压并且不需要重新施加直到偏置该器件用于操作。优选地,将透镜材料粘结到 CMUT 阵列的每一个膜周围的区域。可适合于透镜 40 的其它材料包括聚氨酯橡胶、乙烯基塑料和热塑性弹性体。

[0033] 通过将膜物理地保持在其预塌陷状态,不需要偏置来维持该预塌陷状况,直到在器件的使用期间施加操作偏置。这意味着,CMUT 能够以更低的电压操作,这有利于小的便携式超声系统。而且,能够消除由于制造和材料特性的变化,诸如膜尺寸、刚度或者腔室深度的批量与批量之间的变化,导致的不利效果。这些变化意味着,需要或多或少的偏置电压将 CMUT 带入其预塌陷状态。将偏置电压相应地调节到期望的塌陷程度,并且随后透镜材料将膜保持在该状态。因而,即使在存在这些公差变化的情况下,也能够对于相同的性能特性或者其耦合定制设置每一个 CMUT 阵列。能够实现探头在诸如操作电压范围、声学阻抗、电容和耦合系数方面更大的一致性。

[0034] 图 8 示出通过透镜 42 将预塌陷的 CMUT 5 的阵列保持在预塌陷状态的本发明的实

施示例。该透镜材料表现出比人体更慢的声速,从而朝向中心聚焦区域聚焦该阵列。在没有聚焦透镜的情况下,单独的 CMUT 将全部一直朝前聚焦并且该阵列作为整体聚焦在无限远处。在操作这样的阵列以将其聚焦在期望的聚焦范围内时,需要相当的延迟范围以实现期望的聚焦。图 8 所示的聚焦透镜 42 能够用于对阵列给出期望聚焦范围内的名义聚焦,该期望聚焦范围诸如图 8 的 CMUT 阵列前面示出的聚焦范围 FR。利用提供该初始聚焦的透镜,减小了将聚焦改变到聚焦范围内的特定点或者区域所需的延迟范围。通过在感兴趣的聚焦范围内布置透镜焦点,与非聚焦平面波阵列所要求的相比,束形成器的延迟需求降低两倍。在操作阵列的束形成器的延迟需求降低时,束形成器一般不太昂贵并且不太难于设计和制造。

[0035] 在 CMUT 换能器单元的示例性构造阵列中,每一个 CMUT 的膜的直径或者宽度为 $50\mu\text{m}$,腔室的深度为 $0.3\mu\text{m}$,并且 CMUT 的厚度为 $1\text{-}5\mu\text{m}$ 。透镜的厚度可以是 $500\text{-}1000\mu\text{m}$ 并且表现出 1 兆帕的刚度。

[0036] 预塌陷状态下 CMUT 的耦合系数得到改善并且能够以比在未塌陷状态下操作时的 CMUT (图 1 和图 2) 的情况更低的电压而变化。CMUT 单元的耦合系数是该器件的能量存储效率的度量并且计算为:

$$[0037] \quad k^2 = 1 - \frac{C_s}{C_T}$$

[0038] 其中 $C_s = \frac{Q}{V}$, $C_T = \frac{dQ}{dV}$ 并且 Q 是电荷, V 是电压。因而,如果其是标准压电换能器或者 CMUT 阵列换能器,则较高耦合系数是超声换能器的期望属性。在 CMUT 单元的情况下,如图 9 中的曲线 52 所示,随着电压从零增加,在未塌陷状态下,耦合系数 k^2 的变化随着电压升高。由于如图 2 中的 32 所示,膜被偏置到更加接近 CMUT 单元的底面,因此耦合系数 k^2 更加快速地变化。因而,未塌陷模式 CMUT 在如图 9 所示的更高的电压范围 56 处操作。然而,在预塌陷状态下,通过曲线 54 示出 k^2 随着电压的变化。这里,在由较低电压范围括号 58 表明的范围内, k^2 的变化在较低电压处最陡峭。

[0039] 在向 CMUT 电极施加的电压在操作的未塌陷区域上增加到塌陷区域中然后再次返回时,耦合系数变化将表现出滞后效应。实质上,随着电压增加, k^2 将沿着曲线 52 增加,在电压在塌陷之后降低时,耦合系数将沿着曲线 54 降低回去。该滞后表明期望完全在一种模式或者另一种模式下操作的原因。在预塌陷 CMUT 完全在其预塌陷状态下操作时,将不存在滞后问题,如由图 10 中的曲线 60 所示。随着电压改变,沿着所构建的 CMUT 单元的耦合系数改变的实际测量路径来绘制曲线 10。由沿着曲线 60 的小圆圈表示测量值。这证实在本发明的 CMUT 单元或者阵列在预塌陷状态下连续操作时不存在滞后。

[0040] 如先前提及的,可以针对超声换能器的全部变化测量耦合系数,并且耦合系数越大,换能器探头的性能就越好。典型的 PZT 换能器探头将表现出 0.42 的有效耦合系数 k_{eff}^2 (仅考虑感兴趣的共振模式)。如在美国专利 No. 6,465,937 (Chen 等人) 中描述的,材料性能越高,单个晶体压电将表现出大约 0.65 的有效耦合系数。能够以处于与最好的单个晶体阵列探头相同范围中的耦合系数来制造本发明的预塌陷 CMUT 单元,并且计算表明,甚至更高的耦合系数也是可能的。

[0041] 对于本领域技术人员来说将容易想出其它变型。例如,透镜材料不必将膜保持在

完全预塌陷状态下。透镜能够用于将膜仅保持在朝向 CMUT 底面部分塌陷,并且使用小偏置电压将膜带入完全塌陷状态。换句话说,可以一部分通过诸如透镜材料的保持部件并且一部分通过偏置电压来实现完全塌陷状态。如这里所使用的,术语“塌陷 (collapsed)”或者“预塌陷 (precollapsed)”可以表示膜与 CMUT 腔室的底面接触,或者仅朝向该底面部分膨胀。

[0042] 本发明的 CMUT 换能器阵列适合用于诊断和治疗超声探头。直径几个厘米的 CMUT 阵列可以用于高强度聚焦超声 (HIFU) 探头。本发明的 CMUT 换能器可以用于外部 (经胸廓的) 和内部 (导管) 超声探头。如先前提及的,本发明的 CMUT 阵列尤其期望与操作该探头所需的微电子电路同时制造,例如作为用于制造 CMUT 阵列以及位于相同或者粘结衬底上的其微束形成器二者的 CMOS 工艺。

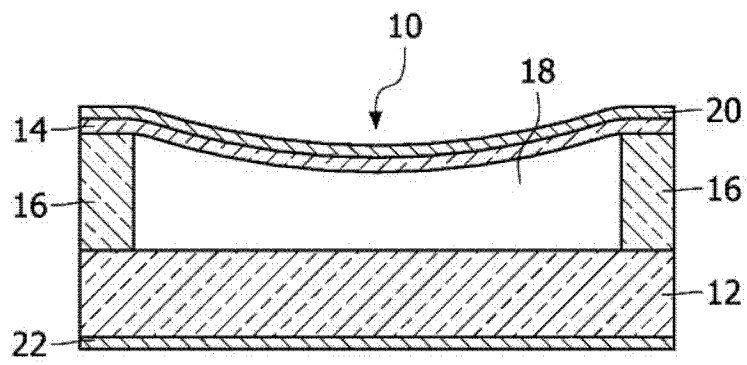


图 1

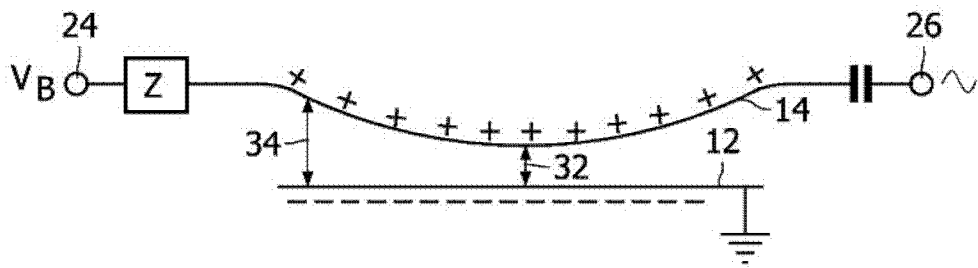


图 2

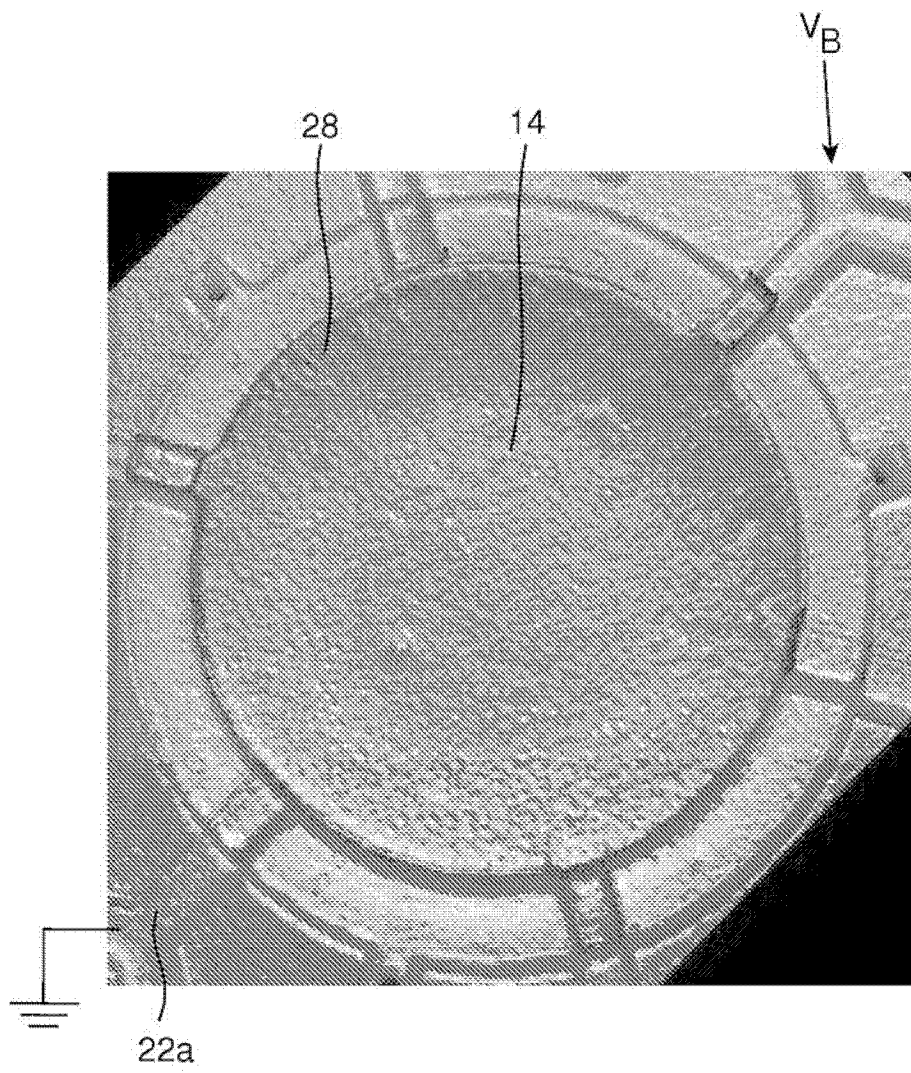


图 3

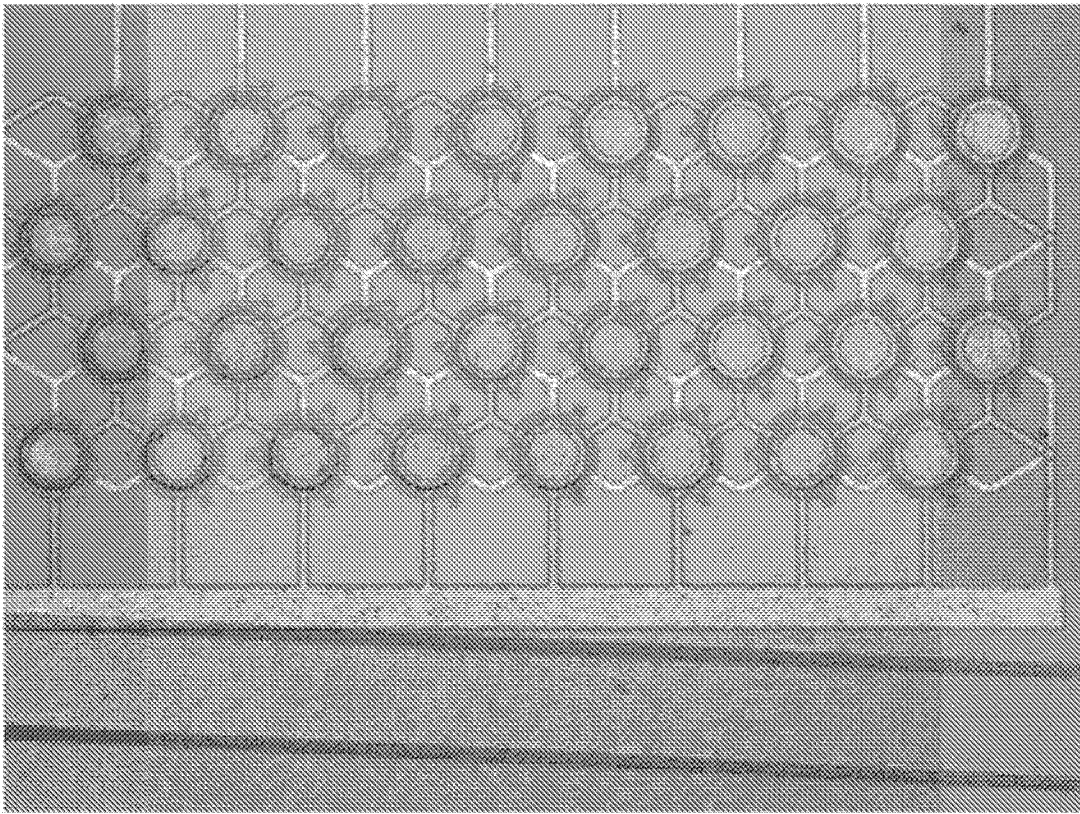


图 4

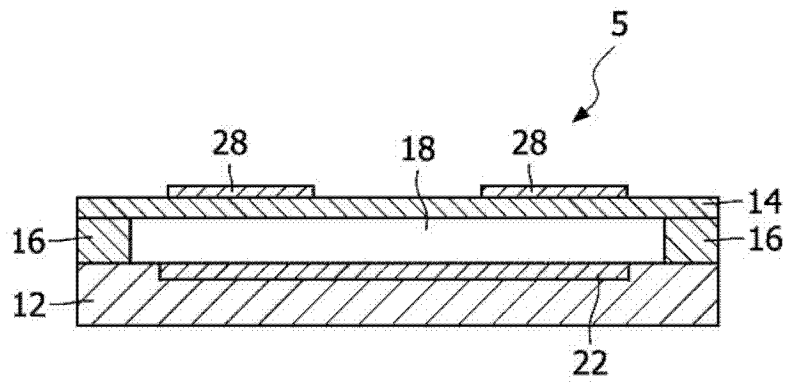


图 5

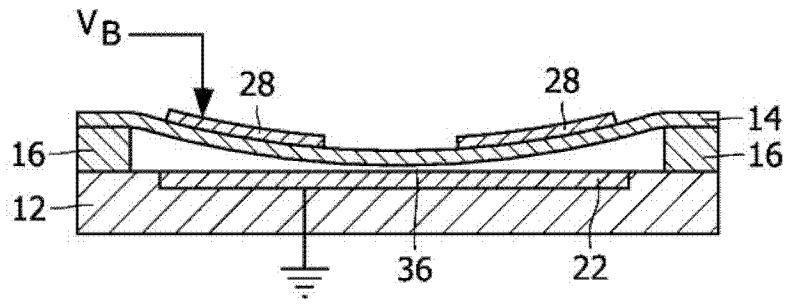


图 6

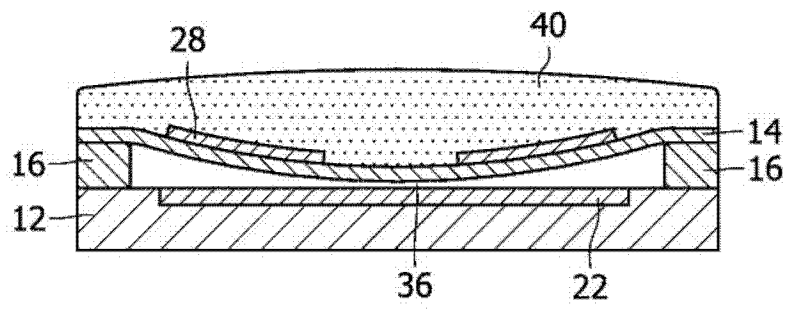


图 7

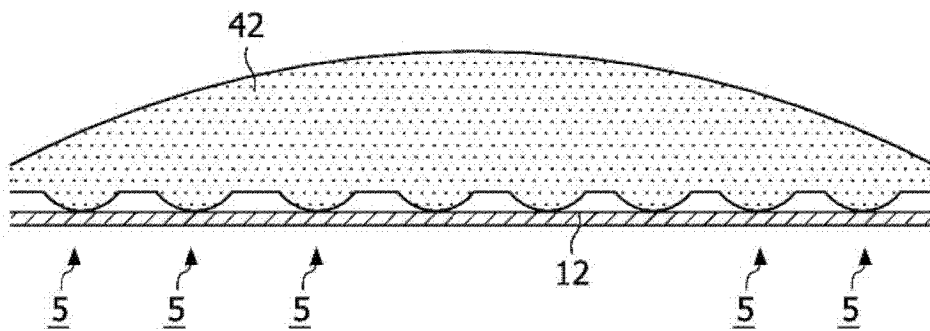
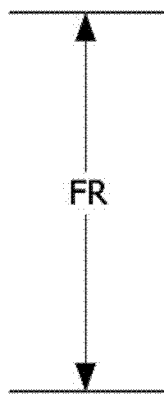


图 8

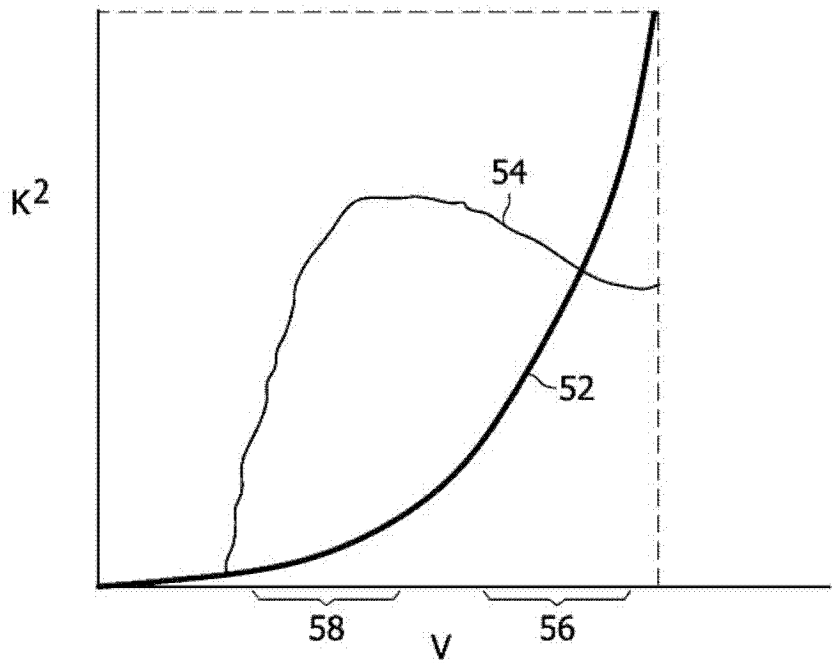


图 9

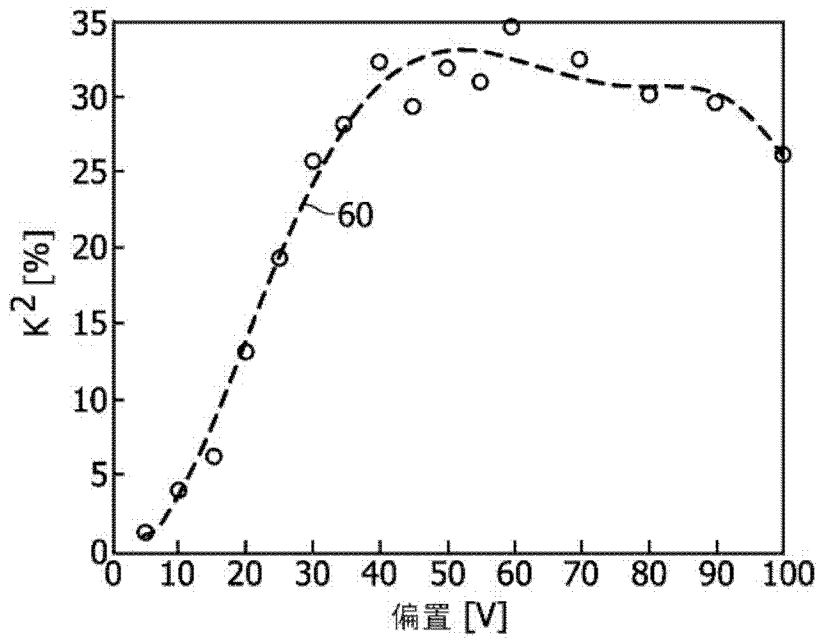


图 10

专利名称(译)	具有机械塌陷保持的预塌陷CMUT		
公开(公告)号	CN102333485B	公开(公告)日	2014-12-10
申请号	CN201080009239.5	申请日	2010-02-10
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
[标]发明人	P迪克森		
发明人	P·迪克森		
IPC分类号	A61B8/00 B06B1/02		
CPC分类号	A61B8/00 B06B1/0292 A61B8/4483		
代理人(译)	陈松涛 韩宏		
审查员(译)	马薇		
优先权	61/155988 2009-02-27 US		
其他公开文献	CN102333485A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种适用于超声CMUT换能器阵列中的CMUT换能器单元包括具有第一电极的膜、具有第二电极的衬底、以及位于所述膜和所述衬底之间的腔室。通过将所述膜偏置到与所述腔室的底面的塌陷状况而在预塌陷状态下操作所述CMUT，并且透镜模铸在塌陷的膜上方。在所述透镜材料聚合或者具有足够刚度时，去除所述偏置电压而所述透镜材料将所述膜保持在塌陷状态。

