



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101873830 B

(45) 授权公告日 2013.03.20

(21) 申请号 200880118677.8

(22) 申请日 2008.11.26

(30) 优先权数据

60/992,038 2007.12.03 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.05.26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/085028 2008.11.26

(87) PCT申请的公布数据

W02009/073562 EN 2009.06.11

(73) 专利权人 科隆科技公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 黄勇力

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 陈炜

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2005/0215909 A1, 2005.09.29, 全文.

CN 1714754 A, 2006.01.04, 全文.

US 2007/0258332 A1, 2007.11.08, 全文.

US 6359367 B1, 2002.03.19, 全文.

US 2004/0059220 A1, 2004.03.25, 全文.

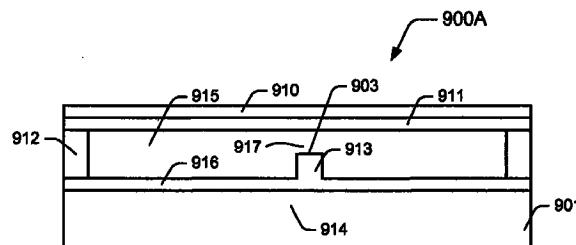
审查员 李澍歆

(54) 发明名称

双模式操作微机械超声换能器

(57) 摘要

cMUT 的实现具有双操作模式。cMUT 具有两个不同的可切换操作条件，取决于 cMUT 中的弹性构件是否在 cMUT 中的接触点上接触相对表面。两个不同的操作条件具有取决于接触的不同的频率响应。cMUT 可以被配置为当 cMUT 在第一操作条件下时操作在传输模式以及当 cMUT 在第二操作条件下时操作在接收模式。双操作模式 cMUT 的实现特别适合于超声谐波成像，其中接收模式接收更高的谐振频率。



1. 一种用于操作 cMUT 的方法,所述方法包括 :

提供电容式微机械超声换能器 (cMUT),所述电容式微机械超声换能器包括弹性构件,所述弹性构件用于使第一电极和第二电极能够移向彼此或从彼此移开,所述 cMUT 具有接触点,所述接触点在所述 cMUT 的第一操作条件下不连接所述弹性构件与面向所述弹性构件的相对表面,并在第二操作条件下连接所述弹性构件与面向所述弹性构件的所述相对表面,从而所述 cMUT 在所述第一操作条件下具有第一频率响应以及在所述第二操作条件下具有第二频率响应,所述第一频率响应和所述第二频率响应实质上彼此互不相同;

配置所述 cMUT,从而当所述 cMUT 在所述第一操作条件下时所述 cMUT 操作在第一操作模式下,以及当所述 cMUT 在所述第二操作条件下时所述 cMUT 操作在第二操作模式下;以及在所述第一操作条件和所述第二操作条件之间切换所述 cMUT。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述第一操作模式包括传输模式和接收模式中的一个,以及所述第二操作模式包括传输模式和接收模式中的另一个。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述第一操作模式包括在第一频率上传输和 / 或接收,以及所述第二操作模式包括在第二频率上传输和 / 或接收。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其中,所述第一操作模式包括用于成像的传输和接收,以及所述第二操作模式包括用于高强度聚焦超声 (HIFU) 操作的接收。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述第一频率响应由第一频带表征,以及所述第二频率响应由第二频带表征,所述第二频带实质上移向相对于所述第一频带更高的频率,以及其中所述第一操作模式包括传输模式,以及所述第二操作模式包括接收模式。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述第一操作条件由第一操作电压表征,以及所述第二操作条件由第二操作电压表征,所述第二操作电压高于所述第一操作电压。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,所述 cMUT 适合于超声谐波成像,其中所述第二操作模式包括接收模式,以接收具有谐振频率的超声信号。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,使用基于偏置信号的开关信号实现在所述第一操作条件和所述第二操作条件之间切换所述 cMUT。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,使用至少部分基于传输输入信号的一个分量的开关信号实现在所述第一操作条件和所述第二操作条件之间切换所述 cMUT。

10. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括 :

在第一成像模式和第二成像模式之间切换所述 cMUT,其中所述第一成像模式包括当所述 cMUT 在所述第一操作条件下时操作在所述第一操作模式下、以及当所述 cMUT 在所述第二操作条件下时操作在所述第二操作模式下,以及所述第二成像模式包括对于所有操作模式操作在所述第一操作条件和所述第二操作条件中的一个下。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,所述第一成像模式包括谐波成像。

12. 一种用于操作 cMUT 的方法,所述方法包括 :

提供电容式微机械超声换能器 (cMUT),所述电容式微机械超声换能器包括弹性构件,所述弹性构件用于使第一电极和第二电极能够移向彼此或从彼此移开,所述 cMUT 具有接触点,所述接触点在所述 cMUT 的第一操作条件下不连接所述弹性构件与面向所述弹性构件的相对表面,并在第二操作条件下连接所述弹性构件与面向所述弹性构件的所述相对表面,从而所述 cMUT 在所述第一操作条件下具有第一频率响应以及在所述第二操作条件下

具有第二频率响应，所述第一频率响应由第一频带表征，以及所述第二频率响应由第二频带表征，所述第二频带实质上移向相对于所述第一频带更高的频率；

配置 cMUT，从而当所述 cMUT 在所述第一操作条件下时所述 cMUT 操作在传输模式下，以及当所述 cMUT 在所述第二操作条件下时所述 cMUT 操作在接收模式下；以及

在所述第一操作条件和所述第二操作条件之间切换所述 cMUT。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，所述 cMUT 适合于超声谐波成像，其中所述接收模式接收具有谐振频率的超声信号。

14. 一种电容式微机械超声换能器，包括：

第一电极；

第二电极，所述第二电极与所述第一电极被电极间隙隔开，从而在所述第一电极和所述第二电极之间存在电容；

弹性构件，所述弹性构件支撑第二电极，用于使所述第一电极和所述第二电极能够移向彼此或者从彼此移开；

接触结构，所述接触结构设置在所述弹性构件或者面向所述弹性构件的相对表面上，所述接触结构在所述电容式微机械超声换能器的第一操作条件下不连接所述弹性构件与相对表面、并在所述电容式微机械超声换能器的第二操作条件下连接所述弹性构件与所述相对表面，从而所述电容式微机械超声换能器在所述第一操作条件下具有第一频率响应以及在所述第二操作条件下具有第二频率响应，所述第一频率响应和所述第二频率响应实质上彼此互不相同；

开关装置，所述开关装置适合于在所述第一操作条件和所述第二操作条件之间切换所述电容式微机械超声换能器，所述第一操作条件对应于第一操作模式，以及所述第二操作条件对应于第二操作模式。

15. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器，其中，所述第一操作模式包括传输模式和接收模式中的一个，以及所述第二操作模式包括传输模式和接收模式中的另一个。

16. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器，其中，所述第一操作模式包括在第一频率上传输和 / 或接收，以及所述第二操作模式包括在第二频率上传输和 / 或接收。

17. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器，其中，所述第一频率响应由第一频带表征，以及所述第二频率响应由第二频带表征，所述第二频带实质上移向相对于所述第一频带更高的频率。

18. 根据权利要求 17 所述的电容式微机械超声换能器，其中，所述第一操作模式包括传输模式，以及所述第二操作模式包括接收模式。

19. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器，其中，所述第一操作条件由第一操作电压表征，以及所述第二操作条件由第二操作电压表征，所述第二操作电压高于所述第一操作电压。

20. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器，其中，所述弹性构件与所述第一电极隔开并且在操作期间与所述第二电极一起在所述电极间隙中移动，以及所述接触结构包括连接到所述第一电极和所述第二电极之一的阻塞物，以界定所述阻塞物与所述第一电极和所述第二电极中的另一个之间的更窄间隙。

21. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器, 其中, 所述接触结构提供彼此隔开的至少两个接触点, 所述接触点在所述接触结构与所述第一电极和所述第二电极中的一个之间界定更窄间隙。

22. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器, 其中, 所述弹性构件连接到所述第一电极, 所述第二电极被支撑构件从所述弹性构件悬挂以界定所述电极间隙, 以及所述弹性构件在操作期间在所述弹性构件相对于所述电极间隙的相对侧上的弹性腔内移动, 以及其中所述接触结构包括连接到所述弹性构件和所述弹性腔的相对侧之一的阻塞物, 以在所述阻塞物与所述弹性构件和所述弹性腔的相对侧中的另一个之间界定更窄间隙。

23. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器, 其中, 所述弹性构件连接到所述第一电极, 所述第二电极被支撑构件从所述弹性构件悬挂以界定所述电极间隙, 以及所述弹性构件在操作期间在所述弹性构件相对于所述电极间隙的相对侧上的弹性腔内移动, 以及其中所述接触结构提供彼此隔开的至少两个接触点, 所述接触点在所述接触结构与所述弹性构件和第二弹性腔的相对侧中的一个之间界定更窄间隙。

24. 根据权利要求 14 所述的电容式微机械超声换能器, 所述电容式微机械超声换能器适合于超声谐波成像, 其中所述第二操作模式包括接收模式, 以接收具有谐振频率的超声信号。

双模式操作微机械超声换能器

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于 2007 年 12 月 3 日提交的标题为“OPERATION OF MICROMACHINED ULTRASONIC TRANSDUCERS”的第 60/992,038 号美国临时专利申请的优先权，其全部内容通过引用并入本文。

背景技术

[0003] 电容式微机械超声换能器 (cMUT) 是静电驱动器 / 换能器，其广泛用于各种应用中。超声换能器可以在包括液体、固体和气体的多种介质中操作。超声换能器通常用于诊断及治疗的医学影像、生化影像、材料的非破坏性评价、声纳、通信、接近传感器、气流测量、现场过程监控、声学显微镜、水下传感和成像、以及多种其他实际应用。cMUT 的典型结构是具有位于柔性膜上或内的刚性底电极和可移动顶电极的平行板电容器，其用于传输 / 驱动 (TX) 或者接收 / 检测 (RX) 相邻介质中的声波。可以将直流 (DC) 偏置电压施加于电极之间，以将膜反射到 cMUT 操作的最优位置，通常目标是最大化灵敏度和带宽。在传输期间，将交流 (AC) 信号施加于换能器。顶电极和底电极之间的交流静电力驱动膜，以便将声能传输到 cMUT 周围的介质中。在接收期间，冲击声波使膜振动，从而改变两电极之间的电容。

[0004] cMUT 的最重要的特性之一是其频率响应。现有 cMUT 每个具有其本身的覆盖单个频带的特征频率响应。如果相同的换能器或换能器阵列用于 TX 和 RX 操作，则 TX 和 RX 操作中换能器的频率响应是相同的或者是几乎相同的。这就使其难以避免 TX 操作模式和 RX 操作模式之间的干扰。

发明内容

[0005] 公开了具有双操作模式的 cMUT 的实现方式。cMUT 具有取决于 cMUT 中的弹性 (spring) 构件是否接触 cMUT 中的接触点的两个不同的可切换操作条件。两个不同的操作条件具有取决于与接触点的接触的不同的频率响应。cMUT 可以被配置为当 cMUT 在第一操作条件下时操作在传输模式以及当 cMUT 在第二操作条件下时操作在接收模式。

[0006] 本公开的一个方面是 cMUT，cMUT 包括第一电极和第二电极，第二电极与第一电极由电极间隙分离，从而在第一电极和第二电极之间存在电容。弹性构件支撑第二电极，用于使第一电极和第二电极移向彼此或者从彼此移开。cMUT 具有接触结构，界定 cMUT 的两个不同的操作条件。在 cMUT 的第一操作条件下，接触结构不连接弹性构件和面向弹性构件的相对表面。而在第二操作条件下，接触结构连接弹性构件和面向弹性构件的相对表面，从而 cMUT 在第一操作条件下具有第一频率响应以及在第二操作条件下具有第二频率响应。第一频率响应和第二频率响应基本上彼此互不相同。开关装置适合于在第一操作条件和第二操作条件之间切换 cMUT。第一操作条件是在传输模式和接收模式中的一个下，以及第二操作条件是在传输模式和接收模式中的另一个下。

[0007] 在一个实施方式中，第一频率响应由第一频带表征，以及第二频率响应由第二频带表征，第二频带实质上移向相对于第一频带更高的频率。传输模式是在第一操作条件下，

以及接收模式是在第二操作条件下。

[0008] 在操作中,第一操作条件由第一操作电压表征,以及第二操作条件由第二操作电压表征,第二操作电压可以高于第一操作电压。

[0009] cMUT 可以是膜基 cMUT,其中弹性构件(例如膜)与第一电极隔开并且在操作期间在电极间隙中与第二电极一起移动,且接触结构具有连接到第一电极和第二电极中的一个的阻塞物(stopper),以界定阻塞物与第一电极和第二电极中的另一个之间的较窄间隙。接触结构还可以具有彼此隔开的两个或更多类似的阻塞物。

[0010] cMUT 可以是嵌入式弹性 cMUT(EScMUT),其中弹性构件连接到第一电极,第二电极被支撑构件从弹性构件悬挂,以界定电极间隙,且在操作中,弹性构件在弹性构件相对于电极间隙的相对一侧上的弹性腔中移动。接触结构包括连接到弹性结构和弹性腔的相对一侧中的一个的阻塞物,以在阻塞物与弹性结构和弹性腔的相对一侧的另一个之间界定更窄间隙。接触结构还可以具有彼此隔开的两个或更多类似的阻塞物。

[0011] 本公开的另一方面是用于操作 cMUT 的方法。该方法提供了一种包含弹性构件的电容式微机械超声换能器(cMUT),用于使第一电极和第二电极能够移向彼此以及从彼此移开。cMUT 具有界定两个不同的操作条件的接触点。在 cMUT 的第一操作条件下,接触点不连接弹性构件和面向弹性构件的相对表面,但是在第二操作条件下,接触点连接弹性构件和面向弹性构件的相对表面,从而 cMUT 在第一操作条件下具有第一频率响应以及在第二操作条件下具有第二频率响应。该方法配置了 cMUT,从而当 cMUT 在第一操作条件下时 cMUT 操作在第一操作模式(例如传输模式)下,以及当 cMUT 在第二操作条件下时 cMUT 操作在第二操作模式(例如接收模式)下。该方法在第一操作条件和第二操作条件之间切换 cMUT。

[0012] 双操作模式 cMUT 的实现特别适合于超声谐波成像,其中接收模式接收更高的谐振频率。

[0013] 提供本概述用于通过简要形式介绍概念的选择,概念在以下详细的描述中将进一步说明。本概述不旨在指出所要求权利的主题的关键特征或本质特征,也不旨在用作确定所要求权利的主题的范围的辅助。

附图说明

[0014] 参照附图说明详细的描述。图中,参考标号的最左边数字表示其中该参考标号首次出现的图。在不同图中的相同的参考标号的使用表示类似或相同项。

[0015] 图 1 示出了用于谐波成像的传统的 cMUT 的频率响应(信号请求相对于频率的曲线图)。

[0016] 图 2 示出了根据本公开的双模式操作 cMUT 的频率响应(信号请求相对于频率的曲线图)。

[0017] 图 3A 和 3B 示出了具有两个不同的操作条件双模式 cMUT 的第一示例性的实施方式。

[0018] 图 4A 和 4B 示出了具有两个不同的操作条件双模式 cMUT 的第二示例性的实施方式。

[0019] 图 5 示出了示例性的开关信号。

[0020] 图 6A 和 6B 示出了形成开关信号的第一示例性的实施方式。

- [0021] 图 7A 和 7B 示出了形成开关信号的第二示例性的实施方式。
- [0022] 图 8A 和 8B 示出了双模式 cMUT 的第三示例性的实施方式。
- [0023] 图 9A 和 9B 示出了双模式 cMUT 的第四示例性的实施方式。
- [0024] 图 10A 和 10B 示出了双模式 cMUT 的第五示例性的实施方式。
- [0025] 图 11A 和 11B 示出了双模式 cMUT 的第六示例性的实施方式。
- [0026] 图 12A 和 12B 示出了双模式 cMUT 的第七示例性的实施方式。
- [0027] 图 13 示出了用于操作 cMUT 的示例性的双模式操作方法的流程图。

具体实施方式

[0028] 本公开公开了双操作模式电容式微机械超声换能器 (cMUT) 和用于操作这种 cMUT 的方法。该方法在不同的可切换操作条件（例如不同的电压电平）下配置 cMUT，每个操作条件对应于一种操作模式，例如传输 (TX) 和接收 (RX) 操作。cMUT 的机械性能和声学性能被设计为在为不同的操作模式（例如 TX 和 RX 操作）设置的不同的操作条件下而不同。

[0029] 公开的 cMUT 和操作方法的示例性的应用之一是流行的超声谐波成像。公开的 cMUT 和操作方法有效地克服了现有技术存在的多个问题。在超声谐波成像中，通常换能器生成期望的声输出并且在 TX 操作中将其发射到介质中以及在 RX 操作中从该介质接收回波信号。接收信号的一部分集中在 TX 输出的中心频率（被称为系统的基频）附近以及接收信号的另一部分集中在 TX 输出的谐振频率区（被称为系统的谐振频率）附近。通常，谐波成像方法使用接收信号的谐波部分以提高成像分辨率。这是因为谐波信号在更高的频率上，这里声波波长更短，能够产生更好的轴向分辨率。

[0030] 现有的谐波成像技术对于 TX 和 RX 操作都使用具有单个操作条件的相同的换能器或换能器阵列。在这些技术中，TX 和 RX 操作中的换能器的频率响应几乎是相同的。

[0031] 图 1 示出了用于谐波成像的传统的 cMUT 的频率响应（信号请求相对于频率的曲线图）。如图 1 所示，换能器 / 系统具有涵盖 TX 模式和 RX 模式的总频率响应频带 101。在谐波成像中，TX 操作具有 TX 驱动 102，TX 驱动 102 在占据换能器 / 系统的总频率响应频带 101 的较低部分的基频上，而 RX 操作具有 RX 信号 104，RX 信号 104 在占据换能器 / 系统的频率响应频带 101 的全部或较高部分的谐振频率上。这种相同频带的共享需要 TX 操作在谐振频率区发射非常小的输出信号，从而 TX 输出信号将不干扰接收的 RX 谐波信号。

[0032] 然而，使用现有技术难以避免或最小化谐振频率区中的输入信号。cMUT 生成的静电驱动（压力 / 力）与施加的电压不是线性的。对于 cMUTTX 操作，通常使用 DC 电压和相对大的 AC 电压。这种组合在系统的基频上产生期望的静电 TX 驱动 102，但是还在系统的谐振频率附近产生相当大的非期望 TX 驱动 103。换言之，由于传统的 cMUT 的 cMUT 频率响应 101 涵盖基频和谐振频率区，因此 cMUT 具有由非期望 TX 驱动 103 在系统的谐振频率附近产生的相当大的非期望输出。通常，这样的条件对于超声谐波成像应用是不可接受的。在正常 cMUT 操作条件下，改变偏置电压可以轻微改变 cMUT 的频率响应，但是由于这种改变导致的频移太小以至于在干扰问题的背景下没有任何有意义的作用。换言之，在传统 cMUT 的正常 cMUT 操作中，TX 和 RX 都共享几乎相同的频率响应。

[0033] 为了解决以上问题，本公开公开了一种用于操作 cMUT 的双模式操作方法以及适合于双模式操作方法的多个设计。以下，首先提供了双模式 cMUT 的频率响应、用于双模式

操作的切换方法以及适合于双模式操作的 cMUT 的多个设计的描述,然后提供了双模式操作方法及其应用的描述。在该描述中,其中过程描述的顺序不旨在认为是一种限制,以及可以以任意顺序组合任意数量的所述过程块来实现该方法或者替代的方法。

[0034] 如本文中将描述的,使用任意合适的装置可以实现和 / 或维持 cMUT 的操作条件,诸如应用不同的电压电平。可以只通过偏置信号或者通过偏置信号和 TX 输入信号的任意组合来设置施加在 cMUT 上的电压电平。

[0035] 图 2 示出了根据本公开的双模式操作 cMUT 的频率响应 (信号请求相对于频率的曲线图)。双模式操作 cMUT 具有两个不同的频率响应。第一频率响应 201A 对应于第一操作条件。第二频率响应 201B 对应于第二操作条件。第一操作条件的第一频率响应 201A 具有基频附近的中心频率,以及第二频率响应 201B 具有超声系统的谐振频率附近的中心频率。这就提供了降低由谐振频率上的非期望输出导致的干扰的机会。

[0036] 例如,cMUT 的 TX 操作条件可以被设置为使其中心频率在超声系统的基频附近,以及 cMUT 的 RX 操作条件可以被设置为使其中心频率在超声系统的谐振频率附近。如图 2 所示,静电驱动也可以在期望基频 (TX 驱动 202) 和非期望谐振频率区 (非期望 TX 驱动 203) 上都生成静电压力 / 力。然而,在 TX 模式下,根据第一频率响应 201A,cMUT 响应于 TX 驱动 202 和非期望 TX 驱动 203。由于在 TX 操作条件下的 cMUT 可以被设计为在谐振频率区上具有非常小的响应,因此非期望 TX 驱动 203 产生非常小的实际干扰。

[0037] 本质上,在 TX 操作条件下的 cMUT 功能类似于滤波器,阻挡声输出中的非期望谐振频率分量,从而可以将 cMUT TX 输出中的谐波分量控制为谐波成像应用中期望的低电平。相反地,当 cMUT 在 RX 模式下时,根据移向相对于 TX 模式下的第一 cMUT 频率响应 201A 更高的频率区 (谐振频率区) 的第二频率响应 201B,cMUT 在谐振频率上响应于 RX 信号 204。由于 RX 中的 cMUT 被设置为不同的操作条件,其中 cMUT 在谐振频率区中具有良好响应,因此 cMUT 对于谐波检测仍具有良好灵敏度。

[0038] 如将示出的,cMUT 具有移动组件,诸如弹性构件或平板。弹性构件可以是柔性膜、或者嵌入式弹性构件 (例如弹性膜)。在一个实施方式中,cMUT 的第一操作条件是其正常操作条件,而 cMUT 的第二操作条件是接触操作条件,其中 cMUT 的移动组件的一部分通过 cMUT 中的接触点连接到这些面向移动部分的相对表面。接触点可以位于面向移动部分的相对表面上 (例如,移动组件在其中移动的腔的表面)。接触点可以是弹性构件或面向该构件的相对表面上的一点,或者是特别设计的接触结构或该构件或相对表面的设置物上的点。可以使用多个接触点、接触结构或者接触物。例如,设计的接触结构可以在腔的底部表面上或者移动构件的底部表面上为特征,以确定接触点,这又根据将 cMUT 的移动构件的机械边界条件从一个条件改变到另一条件而界定了不同的操作条件。

[0039] cMUT 在不同的操作条件下具有不同的机械性能或者频率响应。对于这种设计,如果 cMUT 被配置为在不同操作条件下工作于 TX 和 RX 操作模式中,则 cMUT 可以在 TX 和 RX 操作中具有不同的频率响应 (例如,不同的中心频率、带宽和频带形状等等)。例如,第一操作条件可以具有中心频率位于基频附近的频率响应,而第二操作条件可以具有中心频率位于超声系统的谐振频率附近的频率响应。因此, cMUT 的 TX 操作可以被设置为使其中心频率在超声系统的基频附近以及 cMUT 的 RX 操作可以被设置为使其中心频率在超声系统的谐振频率附近。如图 2 所示, TX 操作和 RX 操作之间的频率响应中的这种区别有助于降低

对 TX 驱动的非期望响应。

[0040] 图 3A 和 3B 示出了具有两个不同的操作条件的双模式 cMUT 的第一示例性的实施方式。cMUT 示出了在两个不同的操作条件 300A 和 300B 下。在实现接触之前, 第一操作条件 300A 是正常操作条件。在实现接触之后, 相同 cMUT 的第二操作条件 300B 是接触操作条件。

[0041] cMUT 具有移动构件 311、支撑移动构件 311 的锚状物 312、以及设置在 cMUT 腔的底部表面 314 的接触结构 313。如在进一步的实施方式中将说明的, cMUT 具有两个电极 (未示出)。电极中的至少一个由移动构件 311 支撑。将另一电极与第一电极用电极间隙隔开, 从而在第一电极和第二电极之间存在电容。移动构件 311 能够使两个电极移向彼此或者从彼此移开。移动构件 311 可以是弹性构件 (诸如柔性膜或弹性膜)、或者弹性构件支撑和移动的表面平板。

[0042] 在 cMUT 的第一操作条件 300A 下, 接触结构 313 不连接移动构件 311 与面向移动构件 311 的底部表面 314。在第二操作条件下, 接触点 313 连接移动构件 311 与面向移动构件 311 的底部表面 314。由于物理边界条件的这种改变, 因此在第一操作条件和第二操作条件下 cMUT 具有不同的频率响应。在优选的实施方式中, 第一频率响应和第二频率响应被设计为实质上彼此互不相同。

[0043] 更特别地, 在图 3A 中示出的正常操作条件 300A 下, cMUT 中的移动构件 311 的柔性由长度 L 定义。在图 3B 中示出的接触操作条件 300B 下, 移动构件 311 变形或移动, 从而与下面的接触结构 313 接触。由于移动构件 311 和接触结构 313 之间的接触改变了移动构件 311 的边界条件, 因此在接触操作条件 300B 下的 cMUT 的柔性现由长度 L1、L2 和 L3 定义。由于 L 通常长于 L1、L2 和 L3, 因此在接触操作条件 300B 下的 cMUT 的频率响应被移向相对于正常操作条件 300A 更高的频率。通常, 具有更低频率响应的操作条件对于 TX 操作是优选的, 以及具有更高频率响应的操作条件对于 RX 操作是优选的。通过在这两个操作条件 300A 和 300B 下合适地选择 cMUT 的频率响应, 双模式 cMUT 可以很好地适合于执行谐波成像。

[0044] 如本文中将示出的, 在一些实施方式中, 配置 cMUT, 从而当 cMUT 在第一操作条件下时其操作在第一操作模式下, 以及当 cMUT 在第二操作条件下时 cMUT 操作在第二操作模式下。在第一操作条件和第二操作条件之间切换 cMUT。

[0045] 图 4A 和 4B 示出了具有两个不同的操作条件的双模式 cMUT 的第二示例性的实施方式。除了接触结构的位置之外, 图 4A 和 4B 的 cMUT 类似于图 3A 和 3B 的 cMUT。如图 4A 和 4B 所示, 在实现接触之前, 第一操作条件 400A 是正常操作条件, 以及在实现接触之后, 相同 cMUT 的第二操作条件 400B 是接触操作条件。cMUT 具有移动构件 411、支撑移动构件 411 的锚状物 412、以及设置在 cMUT 的移动构件 411 的底部表面上的接触结构 413。第一电极 (未示出) 和第二电极 (未示出) 彼此隔开以界定电极间隙, 从而在第一电极和第二电极之间存在电容。不管接触结构 413 的相对位置, 图 4A 和 4B 的 cMUT 与图 3A 和 3B 的 cMUT 具有相同的作用。

[0046] 图 3A、3B、4A 和 4B 的 cMUT 只是示出通过改变柔性构件的边界条件来改变 cMUT 的机械性能的实例。在本公开的后面部分将示出更多的实例。移动构件 (311 和 411) 可以是柔性膜、各种形状的悬臂或桥接。可以有一个或多个接触结构, 接触结构位于移动构件之下

的期望位置以在接触操作条件下实现期望的频率响应。移动构件 (311 或 411) 和接触结构 (313 或 414) 之间的接触、或者相对表面 (314 或 414) 和接触结构 (313 或 414) 之间的接触可以是一点、线或者区域。并且，接触结构 (313 或 414) 可以是特别设计的结构或者移动构件的自然部分或者面向移动构件的相对表面。移动构件和面向移动构件的相对表面可以是平的或者非平的。接触结构被设计为确定合适的接触点以在接触操作条件下为 cMUT 实现期望的频率响应。

[0047] 双模式操作之间的切换

[0048] 可以将 cMUT 的移动构件 (例如, 柔性膜、弹性膜或者平板) 从其正常操作条件切换到其接触操作条件或者反之亦然。通过使用诸如静电驱动、电磁驱动、热驱动的任意合适的驱动方法的驱动, 可以完成实际的物理切换。可以通过施加开关信号以在 cMUT 上设置不同的电压电平, 来完成静电驱动。

[0049] 施加在 cMUT 上的开关信号通常只由 cMUT 上的偏置信号或者由偏置信号和 TX 输入信号的组合来确定。通过选择合适的偏置信号和 TX 输入信号, 施加在 cMUT 上的开关信号可以在两个操作条件之间切换 cMUT, 例如正常操作条件 (300A 或 400A) 和接触操作条件 (300B 或 400B)。

[0050] 如果开关信号只由偏置信号形成, 则 TX 输入信号用于只生成 TX 声输出, 因此在该具体的实现中 TX 输入信号与惯例 cMUT 操作方法中使用的 TX 输入信号相同。然而, 在本实现中, 用作开关信号的偏置信号将是 AC 信号, 而不再是用于惯例 cMUT 操作方法中的 DC 信号。因此, 有两个 AC 信号用于双模式 cMUT 操作中。在一些优选的实施方式中, 两个 AC 信号是同步的。

[0051] 如果开关信号由 TX 输入信号和偏置信号两者形成, 则偏置信号可以是 DC 信号, 与惯例 cMUT 操作方法中使用的 DC 信号类似。然而, 本实现中的 TX 输入信号将与惯例 cMUT 操作方法中使用的 TX 输入信号不同。在这种情况下, TX 输入信号不仅生成期望超声输出, 而且还可以与偏置信号组合形成开关信号以切换 cMUT 操作条件。因此, 在本实现中, 只有一个 AC 信号, 而 AC 信号 (TX 输入信号) 可以包括两个分量, 一个分量用于声输出以及另一分量用于切换操作条件。

[0052] 图 5 示出了示例性的开关信号。用电压 / 时间曲线图表示开关信号 500。开关信号 500 可以只由偏置信号或者偏置信号和 TX 输入信号的组合来形成。

[0053] 施加在 cMUT 上的开关信号 500 可以包括 TX 持续时间和 RX 持续时间。在 TX 持续时间 cMUT 执行为超声发射器以及在 RX 持续时间 cMUT 执行为超声接收器。开关信号 500 的电压电平被设计为在 TX 和 RX 操作条件下不同。通常, 在 TX 持续时间施加在 cMUT 上的开关信号 500 的绝对电压电平低于在 RX 持续时间所施加的绝对电压电平。

[0054] 包含过渡期, 开关信号可以包括四个周期或持续时间 : TX 持续时间、RX 持续时间、RX 到 TX 过渡、以及 TX 到 RX 过渡。在图 5 和随后的图示中, 这些持续时间分别用“T”、“R”、“RT”、和“TR”表示。有时, 一个或两个过渡区可以与 RX 或 TX 持续时间混合。图 5 的示例性的开关信号对于传输和接收操作分别具有不同的电压电平 V1 和 V2。通常, 用于传输 (TX) 的开关电压电平低于用于接收 (RX) 的开关电压电平。开关信号中的电压电平确定 TX 和 RX 操作中的操作条件。

[0055] 优选地, 用于切换操作条件的开关信号 500 不应在超声系统的频率区域生成有效

超声驱动或者信号以干扰超声系统的 TX 输出。因此,开关信号可以被设计为在 cMUT 操作的操作频率区或频带(带宽)具有可忽略的频率分量,从而仅开关信号 500 将不在 cMUT 操作期间在 CMUT 操作频率区生成任何有意义的超声输出。cMUT 操作的操作频率区或频带可以包括 TX 操作和 RX 操作两者,以及可以是其中 cMUT 可以从回波信号有效地传输超声或者提取有用信息的频率区。通常,开关信号 500 的频率低于 cMUT TX 输出的频率,以及进一步低于 cMUT RX 信号的频率。

[0056] 可以使用合适的信号发生器首先产生开关信号 500,以及然后使用合适的低通或带通滤波器过滤开关信号 500,低通或带通滤波器的截止频率低于 cMUT 操作的频率区。

[0057] 图 6A 和 6B 示出了形成开关信号的第一示例性的实施方式。在本实施方式中,只使用偏置信号形成开关信号。图 6A 和 6B 分别示出了示例性的偏置信号和示例性的 TX 输入信号。在图 6A 中偏置信号 600A 用电压 / 时间曲线图表示,以及同样地,在图 6B 中 TX 输入信号 600B 用电压 / 时间曲线图表示。单独的图 6A 的偏置信号 600A 只用于产生图 5 的开关信号 500。由于在本示例性的实现中,开关信号 500 只由偏置信号 600A 形成,因此图 6A 中示出的示例性的偏置信号 600A 与图 5 中的开关信号 500 相同。在这种情况下, TX 输入信号 600B 只用于产生声输出。

[0058] 图 7A 和 7B 示出了形成开关信号的第二示例性的实施方式。在本实施方式中,使用偏置信号和 TX 输入信号的分量的组合形成开关信号。图 7A 和 7B 分别示出了示例性的偏置信号和示例性的 TX 输入信号。在图 7A 中偏置信号 700A 用电压 / 时间曲线图表示,以及同样地,在图 7B 中 TX 输入信号 700B 用电压 / 时间曲线图表示。组合图 7A 和 7B 的偏置信号 700A 和 TX 输入信号 700B 以产生图 5 的开关信号 500。在本实现中,偏置信号 700A 是 DC 信号。TX 输入信号 700B 包含两个分量:驱动信号分量 700B1 和开关信号分量 700B2。驱动信号分量 700B1 可以与图 6 中所示的 TX 输入信号 600B 相同并用于产生声输出。开关信号分量 700B2 与偏置信号 700A 一起用于形成合适的开关信号(例如开关信号 500),用于切换操作条件。这与图 6 中所示的偏置信号 600A 不同。

[0059] 在这种所述的第二示例性的实施方式中,可以通过从图 7A 中的偏置信号减去开关信号分量 700B2 来获得图 5 中所示的开关信号。在实际的实现中,可以通过在 CMUT 的两个相对电极上分别施加两个信号来完成两个信号的相减。可选地,可以在 CMUT 的两个电极的同一侧上施加两个信号(偏置信号和 TX 输入信号的开关信号分量)。在这种可选的情况下,通过偏置信号和开关信号分量的添加来形成开关信号。但是,在这种可选的实现中, TX 输入信号的开关信号分量需要被设计为与图 7 中所示的开关信号分量 700B2 不同,以便获得与图 5 中所示的开关信号 500 相同的开关信号。

[0060] 与以上第一示例性的实施方式相比,形成开关信号的以上第二示例性的实施方式可以是潜在有利的。在图 6A 和 6B 中所示的第一示例性的实施方式中,两个 AC 信号(AC 偏置信号 600A 和 AC TX 输入信号 600B) 用于每个 cMUT 元件。这两个 AC 信号需要是同步的。该配置需要用于每个 cMUT 元件的两条独立的线。相反地,在图 7A 和 7B 中所示的第二示例性的实施方式中,只有一个 AC 信号(AC TX 输入信号 700B) 用于每个 cMUT 元件。这可以实现更简单的硬件和较低的制造成本。在与本发明同一日期提交的第 ___ 号国际(PCT)专利申请(代理人案号 K01-0011PCT)、标题为“VARIABLE OPERATING VOLTAGE IN MICROMACHINEDULTRASONIC TRANSDUCER”中公开了用于形成 cMUT 的可变开关信号的方法的

进一步的细节和更多实例。参考的 PCT 专利申请的全部内容通过引用并入本文。

[0061] 双模式 cMUT 结构的进一步的实施方式

[0062] 公开的双模式操作方法可以用于各种 cMUT 结构,包括柔性膜 cMUT 和嵌入式弹性 cMUT (EScMUT)。

[0063] 图 8A 和 8B 示出了双模式 cMUT 的第三示例性的实施方式。该 cMUT 是基于柔性膜 cMUT。cMUT 800A 是正常条件 (在实现接触之前) 以及 cMUT 800B 是接触操作条件 (在实现接触之后)。该 cMUT 具有膜 811 和支撑膜 811 的锚状物 812。由衬底 801 支撑的第一电极 814 和由膜 811 支撑的第二电极 810 彼此隔开,以界定电极间隙 815,从而在第一电极 814 和第二电极 810 之间存在电容。绝缘层 816 位于第一电极 814 和第二电极层 810 之间。在所述的实施方式中,绝缘层 816 提供电极间隙的底部表面 850 (在本实施方式中的 cMUT 腔)。该 cMUT 不具有实现接触结构的任何特征。相反地,当柔性 811 向下移动以在接触点 803 接触第一电极 814 的表面时,操作条件改变。

[0064] 柔性膜 cMUT 的机械 / 声特性主要由柔性膜定义。因此,可以通过使用不同的开关电压电平实现具有不同机械 / 声性能 (频率响应) 的两个操作条件,以为 RX 和 TX 操作设置不同的 cMUT 膜边界条件。不同的开关电压电平通过将膜 811 移动到期望位置以接触绝缘层 816 的表面上的接触点 803 来改变膜边界条件。在膜实现接触之后,等效 cMUT 膜尺寸变小,从而 cMUT 的频率响应提高。因此,尽管缺少特别制造的接触结构,当使用公开的双模式操作方法操作时,图 8A 和 8B 的 cMUT 具有与图 3A 和 3B 的 cMUT 相同的作用。由于在膜 811 接触 cMUT 腔的底部表面 (绝缘层 816 的表面) 之前和之后等效膜尺寸改变,因此在如本文中所述的两个不同的开关电压电平上实现的两个不同的操作条件 800A 和 800B 下,cMUT 的频率响应不同。

[0065] 然而,虽然基于规则柔性膜 cMUT 的双模式 cMUT 的以上实现会在理论上可行,但可能存在一些困难或限制。由于接触区域可以随着施加的信号电平改变而改变,因此实现接触之后的 cMUT 的膜尺寸没有很好地界定。并且,在接触操作条件 800B 下,由于接触点 803 总是位于中心或者接近中心,因此没有柔性来设计膜的尺寸和形状。这些问题可限制本设计对于接触操作条件 800B 实现期望的频率响应。

[0066] 进一步提高双模式 cMUT 性能以及在接触操作条件下实现期望的频率响应的一种方法是使用具有设计的形状和位置的一个或多个接触结构。特别设计的接触结构可以用于确定在接触操作条件下的 cMUT 的膜形状。

[0067] 图 9A 和 9B 示出了双模式 cMUT 的第四示例性的实施方式。该 cMUT 是基于柔性膜 cMUT,并且该 cMUT 类似于图 8A 和 8B 的 cMUT,只是图 9A 和 9B 的 cMUT 具有接触结构以提供接触点而不是依靠 cMUT 腔的底部的自然表面以提供接触点。cMUT 900A 是正常条件 (在实现接触之前) 以及 cMUT 900B 是接触操作条件 (在实现接触之后)。该 cMUT 具有膜 911 和支撑膜 911 的锚状物 912。由衬底 901 支撑的第一电极 914 和由膜 911 支撑的第二电极 910 彼此隔开以界定电极间隙 915。绝缘层 916 位于第一电极 914 和第二电极层 910 之间。接触结构 913 建在绝缘层 916 上以提供接触点 903,其界定接触结构 913 和膜 911 (或者第二电极 910) 之间的更窄间隙 917。相对于膜 911 的移动,接触结构 913 用作阻塞物以阻止已经与接触结构 913 接触的膜 911 的部分的进一步的移动。在所述的实施方式中,接触结构 913 是连接到绝缘层 916 并且立于其上的柱 (post)。接触结构 913 可以是绝缘层 916 的

整体部分（例如从相同制造材料与绝缘层 916 整体形成），或者是使用相加或相减技术分别添加到绝缘层 916 或在绝缘层 916 上制造的部分。

[0068] 图 9A 和 9B 的 cMUT 优先于图 8A 和 8B 的 cMUT 的潜在优点是接触结构 913 可以建在选择的位置上，以更精确地界定接触点 903。此外，接触结构 913 还可以具有选择的高度以更精确地界定接触操作条件。例如，可以选择接触结构 913 的高度，从而在牵引（塌陷）情况发生之前，膜 911 接触接触结构 913。

[0069] 图 10A 和 10B 示出了双模式 cMUT 的第五示例性的实施方式。该 cMUT 是基于柔性膜 cMUT，并且该 cMUT 类似于图 9A 和 9B 的 cMUT，只是图 10A 和 10B 的 cMUT 具有彼此隔开的两个接触点 1003。接触点 1003 由接触结构 1013 提供，而不是依靠 cMUT 腔的底部的自然表面来提供接触点。根据设计，接触结构 1013 可以是两个分离结构（诸如分立柱）或者是相同扩展接触结构的部分，其只在截面图中显示为分离的。例如，接触结构 1013 可以是环结构或者线结构。

[0070] cMUT 1000A 是正常条件（在实现接触之前）以及 cMUT 1000B 是接触操作条件（在实现接触之后）。该 cMUT 具有膜 1011 和支撑膜 1011 的锚状物 1012。由衬底 1001 支撑的第一电极 1014 和由膜 1011 支撑的第二电极 1010 彼此隔开，以界定电极间隙 1015。绝缘层 1016 位于第一电极 1014 和第二电极层 1010 之间。接触结构 1013 建在绝缘层 1016 上，以提供接触点 1003。每个接触点 1003 界定接触结构 1013 与膜 1011（或者第二电极 1010）之间的更窄间隙。相对于膜 1011 的移动，接触结构 1013 用作阻塞物以阻止已经与接触结构 1013 接触的膜 1011 的部分的进一步的移动。在所述的实施方式中，接触结构 1013 包括彼此隔开并且立在绝缘层 1016 上的两个柱。类似地，可以使用像接触结构 1013 的多于两个的柱。柱可以分布在绝缘层 1016 的一个区域上方，以提供接触操作条件 1000B 的频率响应的进一步的控制。

[0071] 图 11A 和 11B 示出了双模式 cMUT 的第六示例性的实施方式。该 cMUT 是基于柔性膜 cMUT，但是，代替使用更窄的柱作为接触结构，图 11A 和 11B 的 cMUT 使用面向膜的非平底部表面来提供接触点。cMUT1100A 是正常条件（在实现接触之前）以及 cMUT 1100B 是接触操作条件（在实现接触之后）。该 cMUT 具有膜 1111 和支撑膜 1111 的锚状物 1112。由衬底 1101 支撑的第一电极 1114 和由膜 1111 支撑的第二电极 1110 彼此隔开以界定电极间隙 1115。绝缘层 1116 位于第一电极 1114 和第二电极层 1110 之间。绝缘层 1116 具有非平表面以提供接触点 1103，非平表面具有突出部分 1113。每个接触点 1103 界定突出部分 1113 与膜 1111（或者第二电极 1110）之间的更窄间隙。相对于膜 1111 的移动，突出部分 1113 用作阻塞物以阻止已经与接触结构 1113 接触的膜 1111 的部分的进一步的移动。在所述的实施方式中，突出特征 1113 包括比绝缘层 1116 上的其他区域扩展更高的宽步幅。

[0072] 与平底部表面相比，非平底部表面可以具有用于控制接触点的位置的更大的柔性，给出用于在接触操作条件下设计膜的频率响应的更大的自由。

[0073] 图 9-11 中所示的接触结构的形状、定位和分布以及 cMUT 腔的形状仅仅是用于说明的实例。其他配置可以用于在接触操作条件下实现 cMUT 的期望的频率响应。用于改变 cMUT 中的嵌入式弹性膜的机械性能的图 9-11 中所示的示例性的实施方式中使用的技术还可以用于在嵌入式弹性 cMUT (EScMUT) 中实现类似的结果，从而 EScMUT 在弹性构件通过接触结构或接触部分在接触点处接触相对表面之前和之后具有不同的频率响应。这种接触

结构的实例是连接到弹性构件的下表面或者弹性构件下方的 EScMUT 弹性腔的底部表面的柱。

[0074] 图 12A 和 12B 示出了双模式 cMUT 的第七示例性的实施方式。该 cMUT 是基于嵌入式弹性 cMUT (EScMUT)。cMUT 1200A 是正常条件 (在实现接触之前) 以及 cMUT 1200B 是接触操作条件 (在实现接触之后)。cMUT 具有连接到第一电极 1214 (或者由第一电极 1214 支撑) 的弹性层 1211, 第一电极 1214 由衬底 1201 支撑。第二电极 1210 由板 1221 支撑, 并且被弹性板连接物 1222 从弹性层 1211 悬挂, 以界定电极间隙 1215。在操作期间, 弹性层 1211 在弹性腔 1225 内移动, 弹性腔 1225 设置在弹性层 1211 相对于电极间隙 1215 的相对侧上。接触结构 1213 连接到相对于弹性层 1211 的弹性腔 1225 的一侧 1226, 以在接触结构 1213 与弹性层 1211 之间界定更窄间隙 1217。可选地, 接触结构 1213 连接面向弹性腔 1225 的相对侧 1226 的弹性层 1211 的下侧, 以在接触结构 1213 与相对侧 1226 之间界定更窄间隙 1217。

[0075] 可选地, 如果弹性腔 1225 被设计为比电极间隙 1215 更窄, 则接触结构 1213 可以是任选的。即, 更窄间隙 1217 可以与弹性腔 1225 相同, 但是比电极间隙 1215 更窄。在这种情况下, 弹性腔 1225 的相对侧 1226 用作固有阻塞物。

[0076] 在弹性腔 1225 的相对侧上, 弹性层 1211 在弹性腔 1225a 中移动, 弹性腔 1225a 可以与弹性腔 1225 分离或者只是相同的圆形或环形弹性腔 1225 的另一部分。还可以在弹性腔 1225a 的一侧上建立类似于接触结构 1213 的接触结构。

[0077] 如本文中所述的操作 cMUT 的双模式操作方法可以应用在图 12A 和 12B 的 EScMUT 上, 以将 EScMUT 从正常操作条件 1200A 切换到接触操作条件 1200B, 以及反之亦然。在实现接触之前, EScMUT 1200A 操作在其正常的活塞式操作下。在接触操作条件 1200B (例如在开关信号电压电平 V2) 下, 在弹性层 1211 和接触结构 1213 之间 (或者如果在正常操作条件下, 接触结构 1213 连接到弹性层 1211, 在接触结构 1213 和弹性腔 1225 的相对侧 1226 之间) 在接触点 1203 上实现接触。如果接触结构 1213 和接触点 1203 直接设置在弹性板连接物 1222 下方, 从而弹性板连接物 1222 与接触结构 1213 以直接头对头的方式接触, 则弹性层 1211 被有效地固定并且在接触之后在 EScMUT 性能中不再起到能动功能。在本实施方式中, 在接触操作条件下, EScMUT 1200B 表现为类似柔性膜 cMUT, 其中板 1221 用作等效柔性膜以及弹性板连接物 1222 用作等效膜锚状物。通过选择板 1221 的合适的尺寸和机械性能, 可以获得接触操作条件的期望的频率响应。

[0078] 可选地, 接触结构 1213 和接触点 1203 可以是可选地在弹性层 1211 的侧面两端彼此隔开, 从而弹性板连接物 1222 和接触结构 1213 避免直接头对头接触。在本实现中, 弹性层 1211 只被部分固定并且在接触之后继续在 EScMUT 性能中起到能动功能, 但是具有改变的弹性表现。在本实施方式中, 通过选择接触结构 1213 和弹性板连接物 1222 的尺寸和相对位置, 可以获得接触操作条件的期望的频率响应。

[0079] 除了用于双模式操作的本文中所述的仔细设计的 cMUT 之外, 公开的双模式操作方法理论上还可以用在具有塌陷 (牵引) 状态的任意 cMUT 上。通常, 静电换能器在塌陷电压下具有塌陷 (牵引) 状态。使用现有的 cMUT 操作方法, 当所施加的电压高于塌陷电压时, 换能器的移动失去控制。使用公开的双模式操作方法, 可以设置开关信号电压电平 (例如电平 V1) 以使 cMUT 在没有塌陷下操作, 以及可以设置第二开关信号电压电平足够高以使

cMUT 在塌陷之后操作。两个操作条件适合于两个不同的 cMUT 操作模式（例如，分别地，TX 和 RX 操作模式），以利用不同操作条件的不同频率响应。

[0080] 然而，虽然具有塌陷（牵引）状态的 cMUT 可以在理论上用公开的双模式操作方法来工作，但是这种配置可能不是优选的类型。在 TX 和 RX 过渡期，cMUT 经历塌陷过程和快速恢复过程。由于该过程不能被输入电压信号很好地控制，因此开关信号可以生成非期望超声输出压力（例如，具有在 cMUT 操作频率区内的频率的相当大的超声输出）来干扰传输（TX）信号。

[0081] 因此，优选的是具有没有塌陷的两个或更多操作条件的仔细设计的 cMUT，诸如图 9-12 中所述的那些实施方式。根据本文中所述的实施方式，cMUT 可以被设计为在其塌陷之前切换到接触操作条件。例如，cMUT 可以被设计为具有开关电压电平（例如 V2）以便 cMUT 在 cMUT 塌陷之前进入接触操作条件。开关电压电平通常应低于塌陷电压。

[0082] 操作方法及应用

[0083] 图 13 示出了用于操作 cMUT 的示例性的双模式操作方法的流程图。该方法描述如下。

[0084] 块 1301：提供了一种 cMUT。该 cMUT 包括弹性构件，该弹性构件用于使第一电极和第二电极能够移向彼此以及从彼此移开。该 cMUT 具有接触点，该接触点界定 cMUT 的两个不同的可切换操作条件。在第一操作条件下，接触点不连接弹性构件和面向弹性构件的相对表面。在第二操作条件下，接触点连接弹性构件和面向弹性构件的相对表面，从而 cMUT 在第一操作条件下具有第一频率响应以及在第二操作条件下具有第二频率响应。在一个实施方式中，第一频率响应由第一频带表征，以及第二频率响应由第二频带表征，第二频带实质上移向相对于第一频带更高的频率。

[0085] 在本公开中描述了可以用于本目的的合适的 cMUT 的实例。

[0086] 块 1302 配置 cMUT，从而当 cMUT 在第一操作条件下时 cMUT 操作在第一操作模式下，以及当 cMUT 在第二操作条件下时 cMUT 操作在第二操作模式下。在一个实施方式中，cMUT 被配置为当 cMUT 在第一操作条件下时操作在传输模式以及当 cMUT 在第二操作条件下时操作在接收模式。可以使用控制 cMUT 的操作的适当设计的电路来实现用于双模式操作的这种配置。

[0087] 块 1303 表示在第一操作条件和第二操作条件之间切换 cMUT 的步骤或活动。用于 cMUT 操作的这种切换控制的一个示例性的方法是使用可变电压或开关信号，如本文进一步的细节中所描述的。

[0088] 双模式操作方法用于在诸如 RX 和 TX 操作模式的不同操作模式下在不同操作条件下操作 cMUT。cMUT 的操作条件可以由施加在 cMUT 上的电压电平确定。cMUT 的不同的操作条件不仅由不同的外部条件指示，而且由 cMUT 的不同的物理状态指示。例如，cMUT 的机械性能或声性能在不同的操作条件下不同。可以设计 cMUT 的不同的机械性能或声性能，从而 cMUT 在不同的操作条件下具有不同的频率响应。可以由中心频率的不同、带宽的不同或者频带形状的不同来指示或测量频率响应之间的不同。例如，第二操作条件的频率响应可以具有比第一操作条件的频率响应更高的中心频率，或者第二操作条件的频带（带宽）相对于第一操作条件的频率更宽和 / 或移向相对于第一操作条件的频率更高的频率。

[0089] 在一个实施方式中，cMUT 在 TX 和 RX 操作中操作在不同操作条件下。由于 cMUT 在

两个不同的操作条件之间切换，因此 cMUT 还可以在 TX 和 RX 操作之间切换。因此，cMUT 可以在 TX 和 RX 操作中具有不同的频率响应。

[0090] 在另一实施方式中，cMUT 在具有不同的操作频率的两个不同的操作模式中工作在不同的操作条件下。第一操作模式在对应于 cMUT 的第一操作条件的第一频率中具有 TX 和 RX 操作两者，而第二操作模式在对应于 cMUT 的第二操作条件的第二频率中具有 TX 和 RX 操作两者。

[0091] 本文中所公开的操作 cMUT 的上述双模式操作方法在谐波成像中特别有用。在谐波成像中，使用本文中所述的切换方法，双模式 cMUT 在较低频率规则成像（例如正常操作模式）和较高谐波频率成像（例如接触操作模式）之间切换。

[0092] 而在另一实施方式中，cMUT 被配置为在规则成像模式和谐波成像模式之间切换。在规则成像模式中，cMUT 不使用切换控制在两个不同的操作条件之间切换。相反地，cMUT 用于其中 TX 信号和 RX 信号在相同频带中的规则成像。在谐波成像模式中，cMUT 使用切换模式在较低频率模式和谐波频率成像之间切换双模式 cMUT。换言之，使用双模式 cMUT 的规则成像与谐波成像之间的切换可以由简单控制来完成，而无论是否在成像操作中使用开关信号。如果使用开关信号，则双模式 cMUT 在谐波成像模式下来执行谐波成像；如果不使用开关信号，则双模式 cMUT 在规则成像模式下来执行规则成像。

[0093] 通常，在介质中声波的衰减在声频上较强。通常，在较低频率上的声波可以比在较高频率上的声波穿透地更深。然而，采用较高频率声波的成像比采用较低频率声波的成像具有更好的分辨率。因此，为了更大量的成像，成像优选地在较低频率上，但是为了更高分辨率，成像优选地在较高频率上。现有技术通常在单个超声探头或每个具有单个换能器的两个探头中使用两个换能器，以在更大的介质中实现更深的成像，并且同时在靠近换能器的介质中获得高分辨率。这需要在两个换能器 / 探头之间的切换，提高成像时间，以及还难以在某些应用中在两个换能器 / 探头之间实现位置登记。双模式操作方法通过允许一个换能器工作在两个不同的频率区而解决了该问题。

[0094] 代替在用于 TX 的一个操作条件下以及在用于 RX 的另一操作条件下操作 cMUT，还可以在低频上用于 RX/TX 两者的一个操作条件下以及在高频上用于 RX/TX 两者的一操作条件下，操作 cMUT。在该后者实现中，cMUT 像具有不同设备参数（例如不同的频率区）的两个设备来操作。两个设备模式之间的切换可使用本专利中公开的切换方法进行。还可以在高频上的用于 RX/TX 两者的一个操作条件下以及在低频上的只用于 TX 的另一操作条件下，操作 cMUT，或者反之，在低频上的用于 RX/TX 两者的一个操作条件下以及在高频上的只用于 TX 的另一操作条件下，操作 cMUT，或者在任意其他组合下操作 cMUT。具体地，cMUT 可以被配置为在一个操作模式下在高频上使用 RX/TX 两者执行超声成像，以及配置为在另一操作模式下在低频上只使用 TX 可切换地执行高强度聚焦超声 (HIFU) 操作。

[0095] 应理解的是，本文中所述的潜在益处和优点不应被理解为对所附权利要求的范围的限制或者约束。

[0096] 虽然主题已经在为结构特征和 / 或方法活动所特有的语言中被描述，但是应理解的是所附权利要求中所界定的主题不一定局限于所述的具体特征或活动。更确切地，具体特征和活动被公开为实现权利要求的示例性的形式。

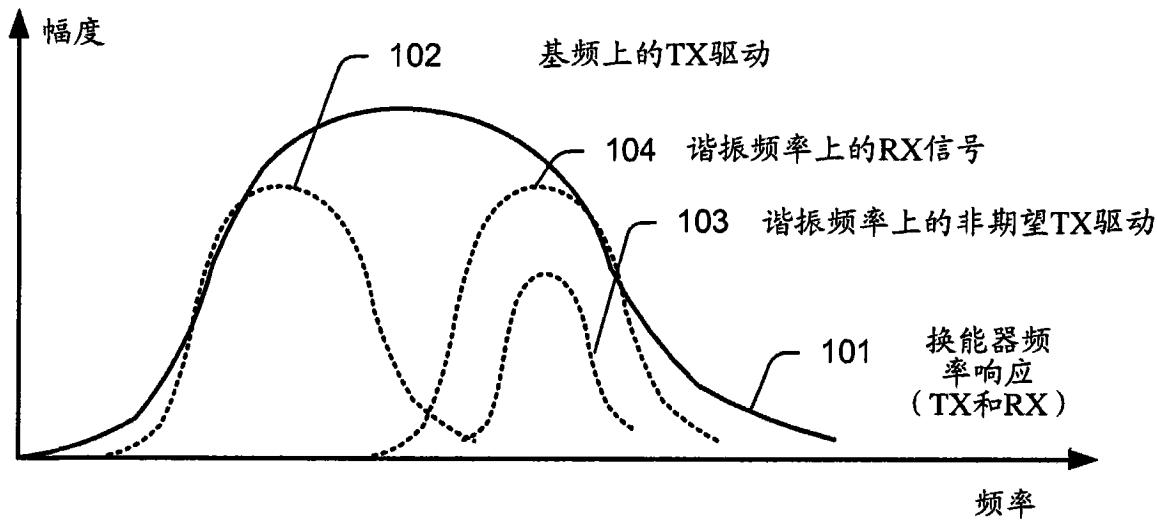


图 1

(现有技术)

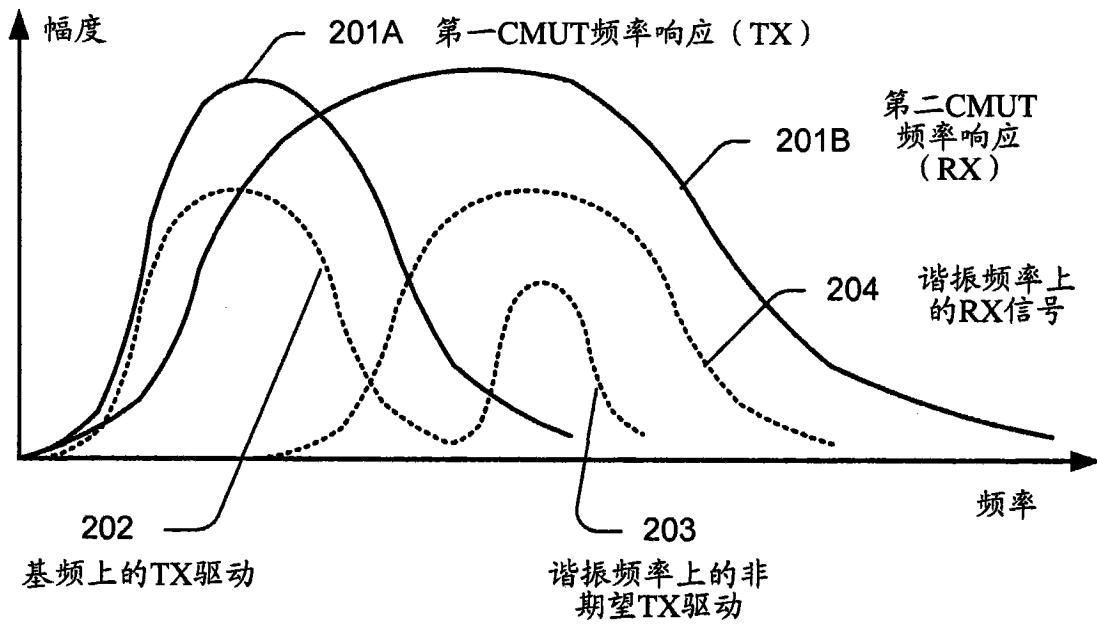


图 2

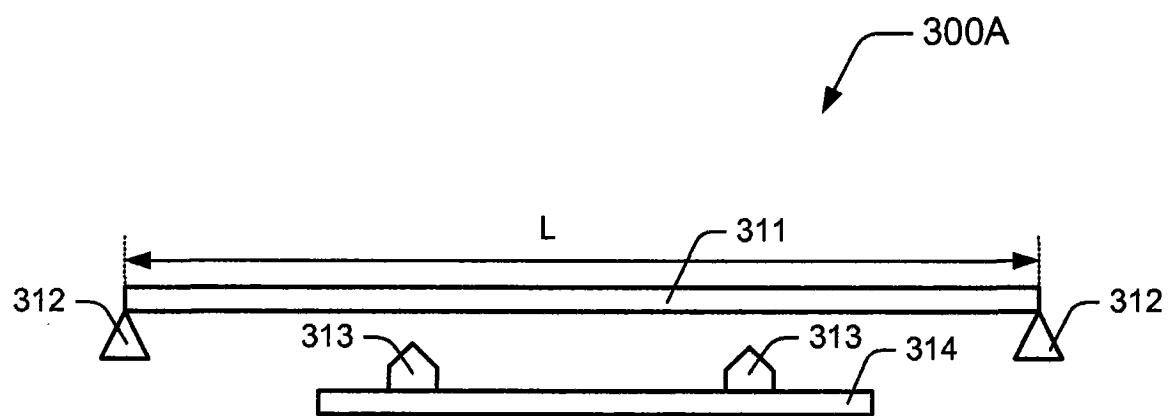


图 3A

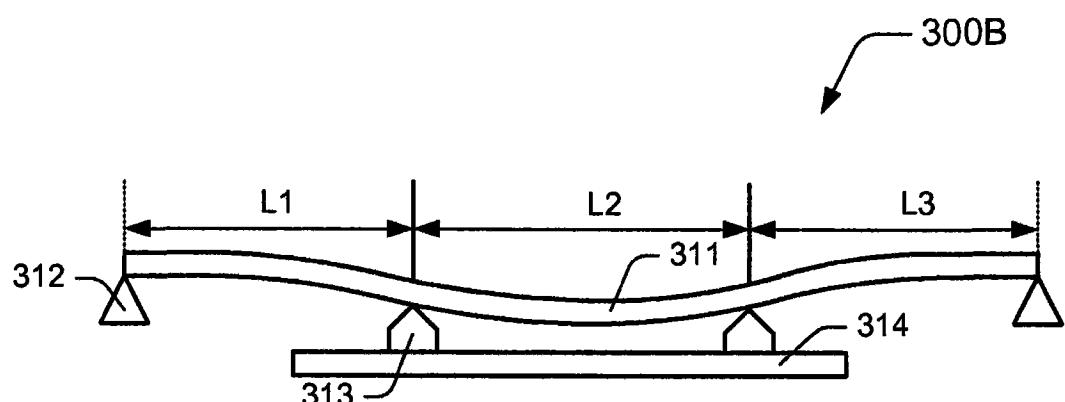


图 3B

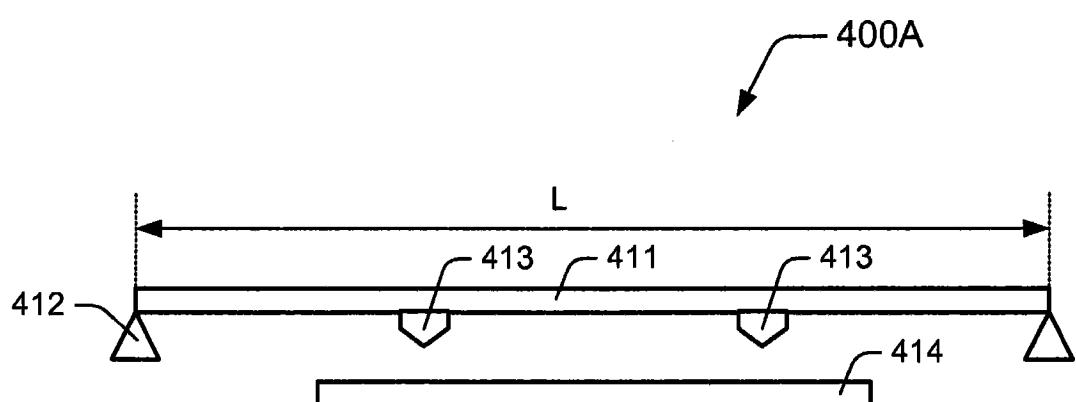


图 4A

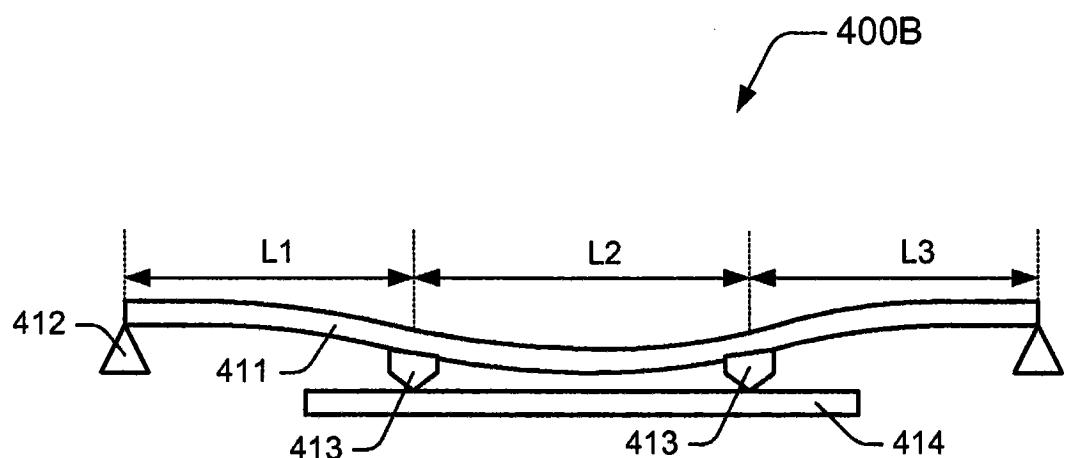


图 4B

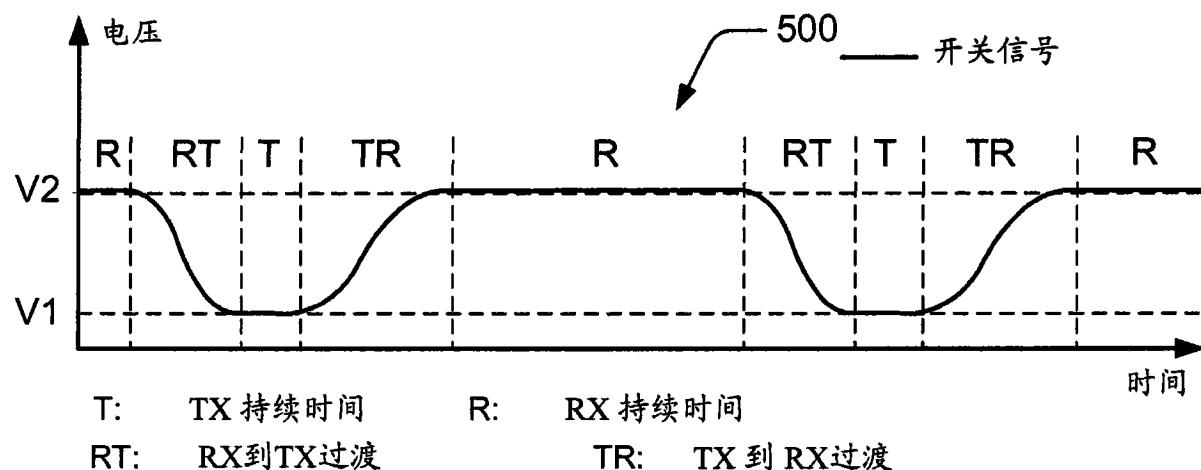


图 5

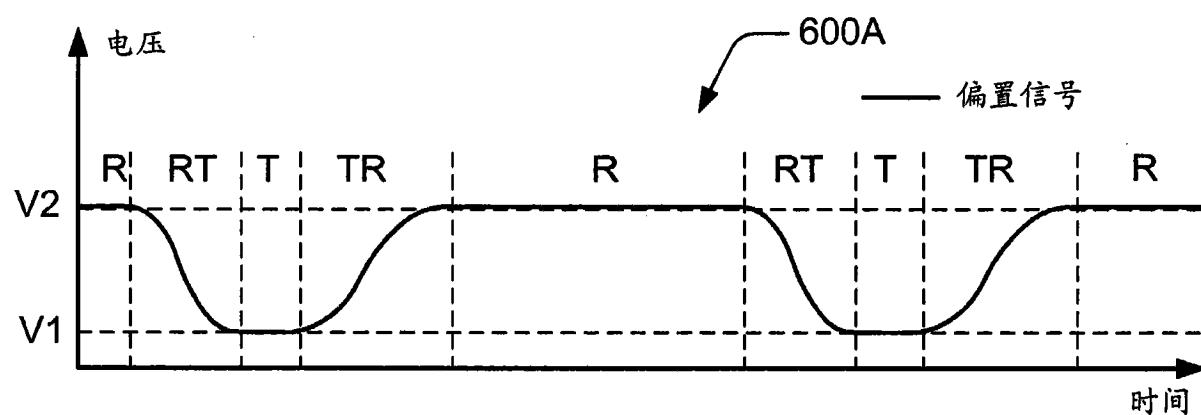
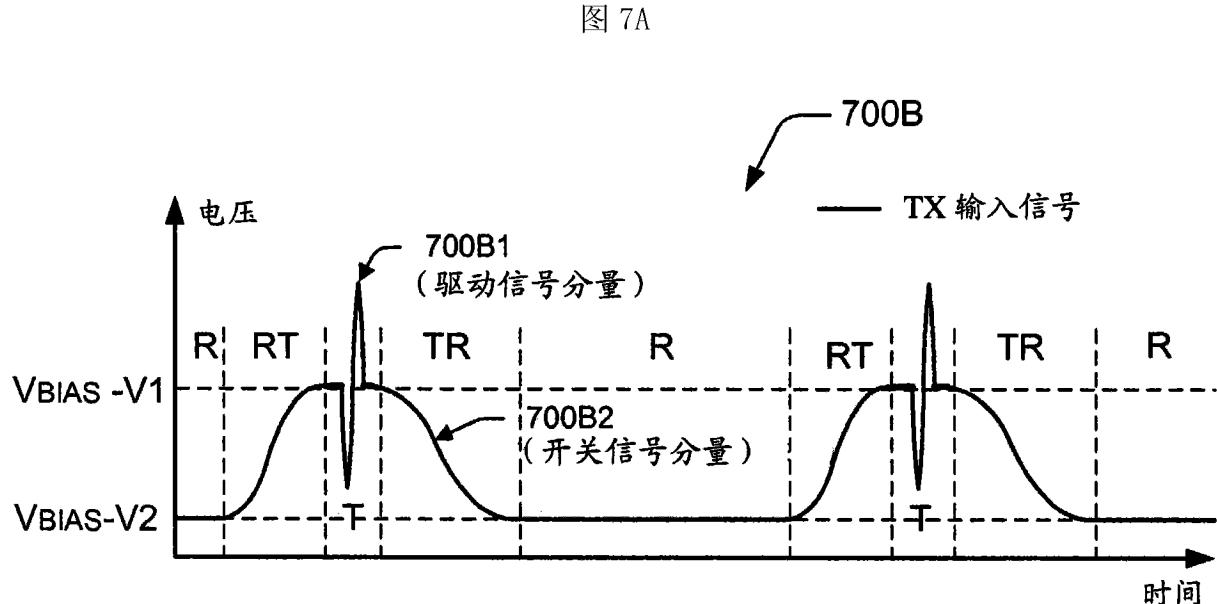
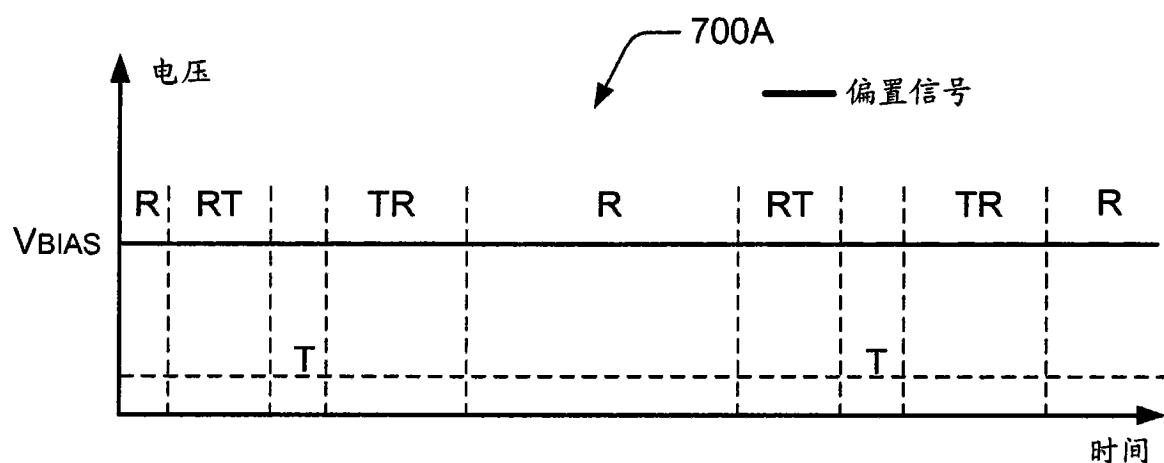
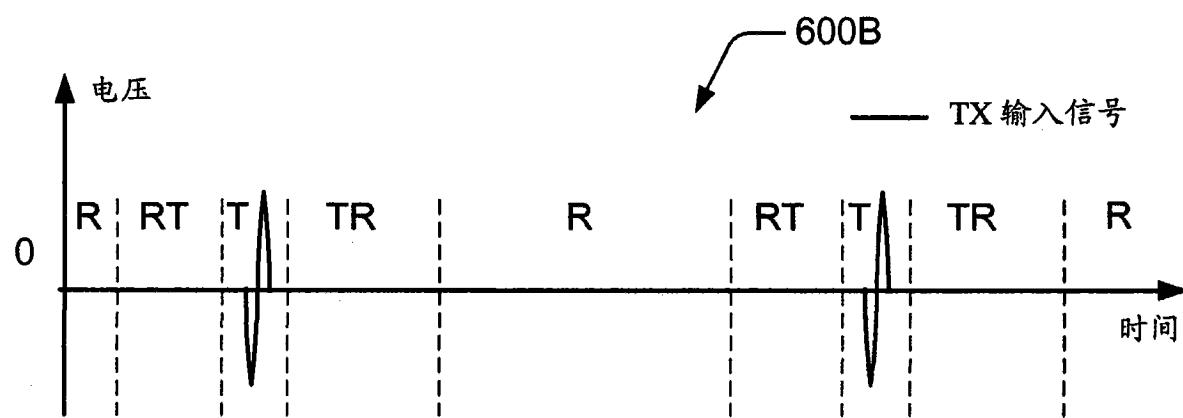


图 6A



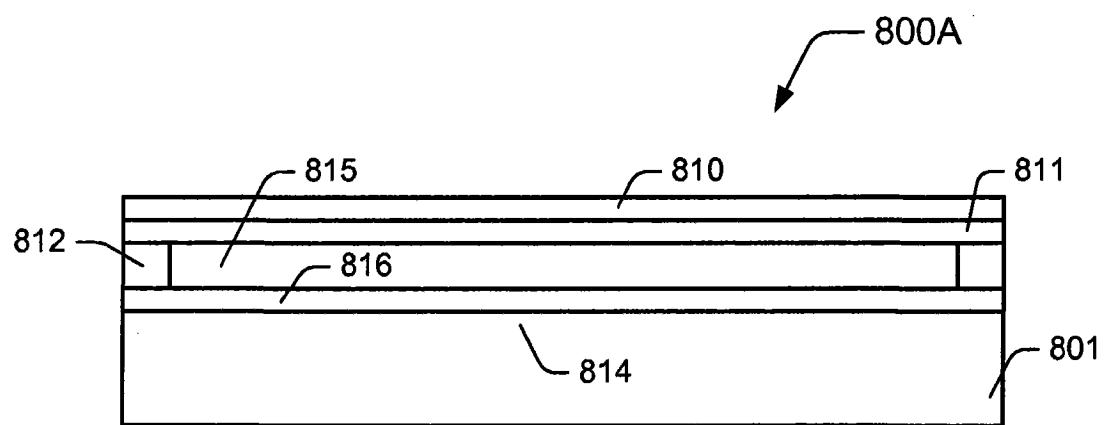


图 8A

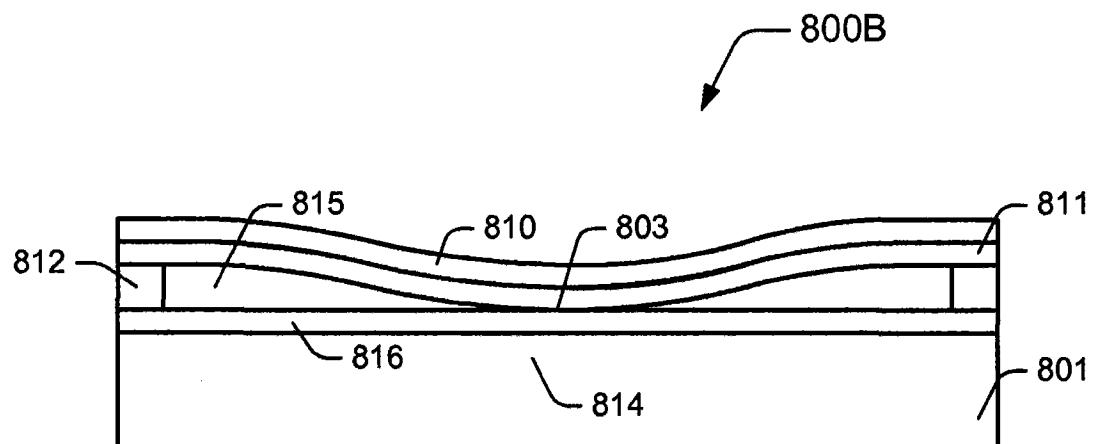


图 8B

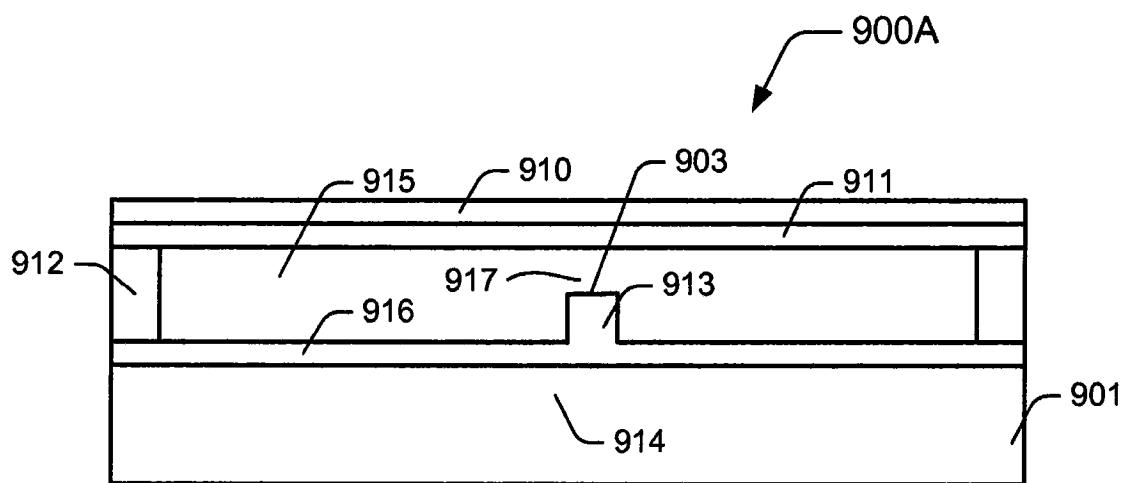


图 9A

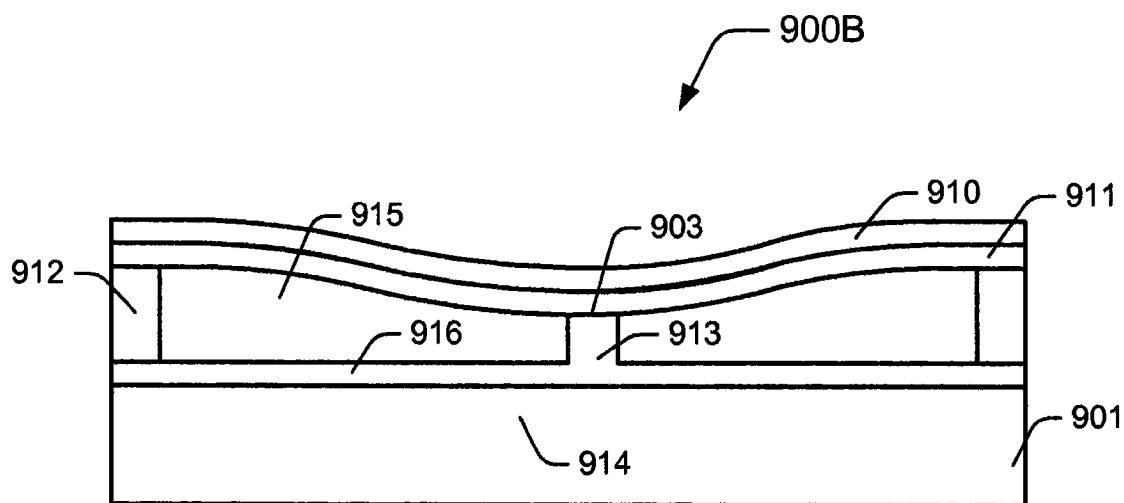


图 9B

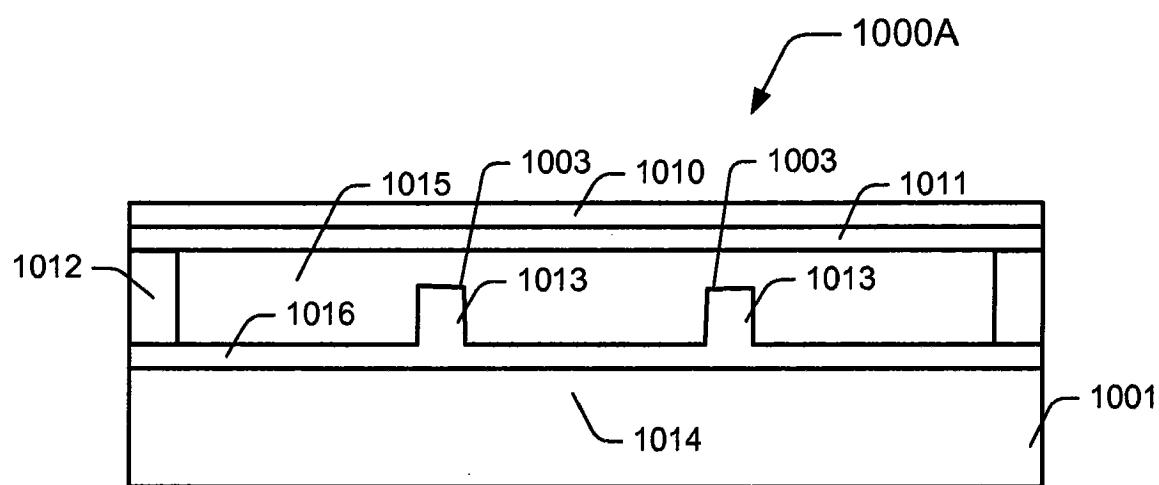


图 10A

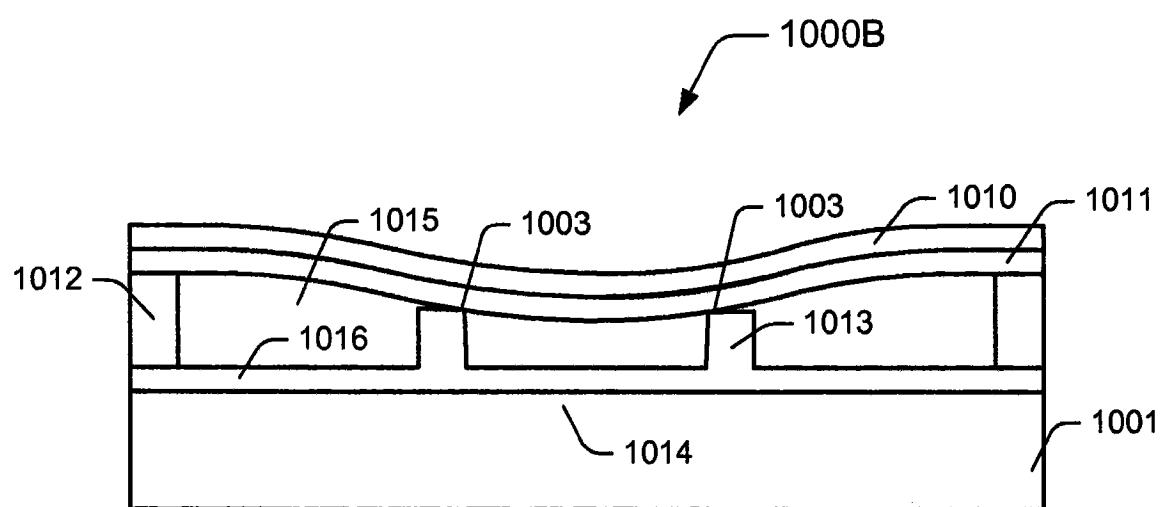


图 10B

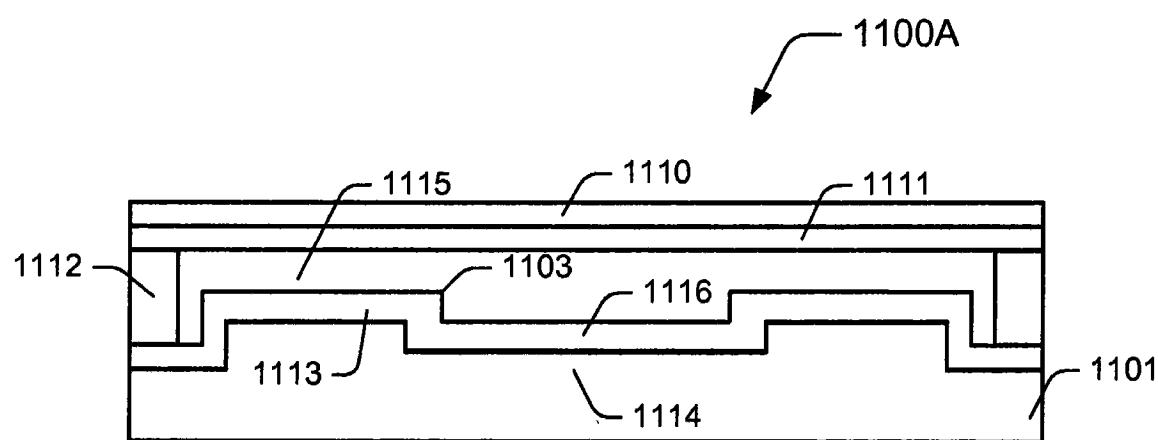


图 11A

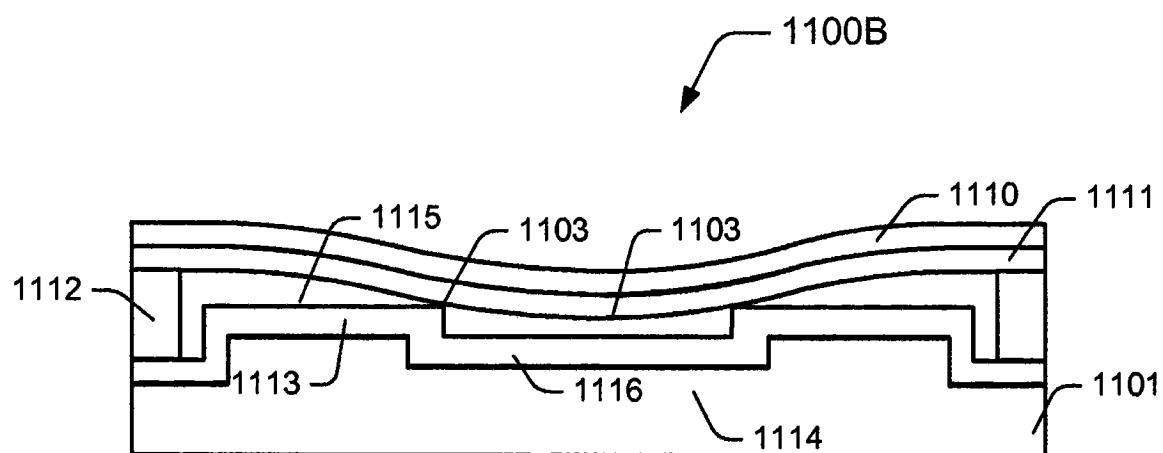


图 11B

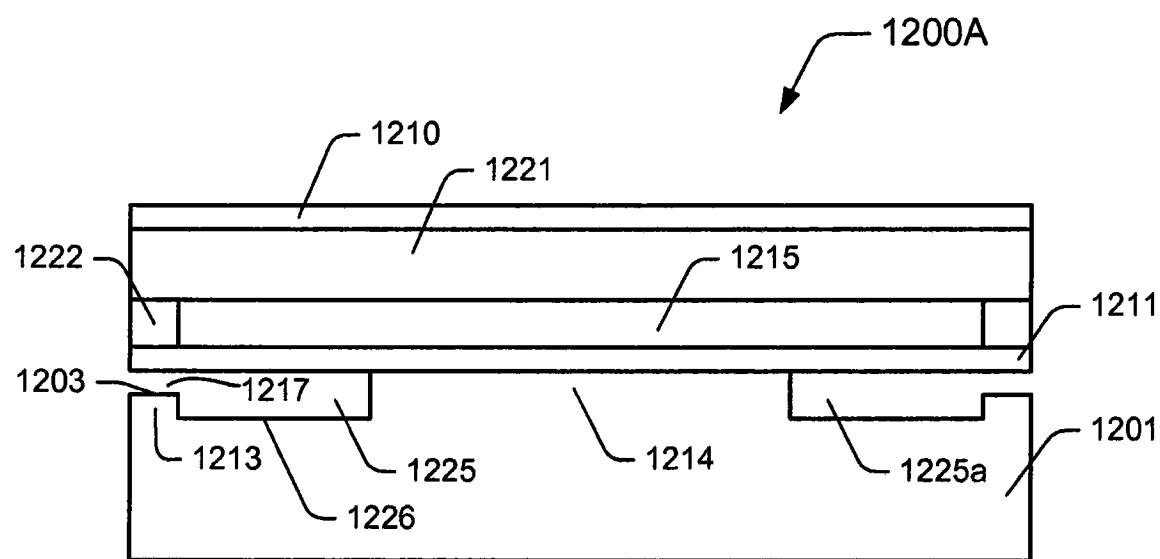


图 12A

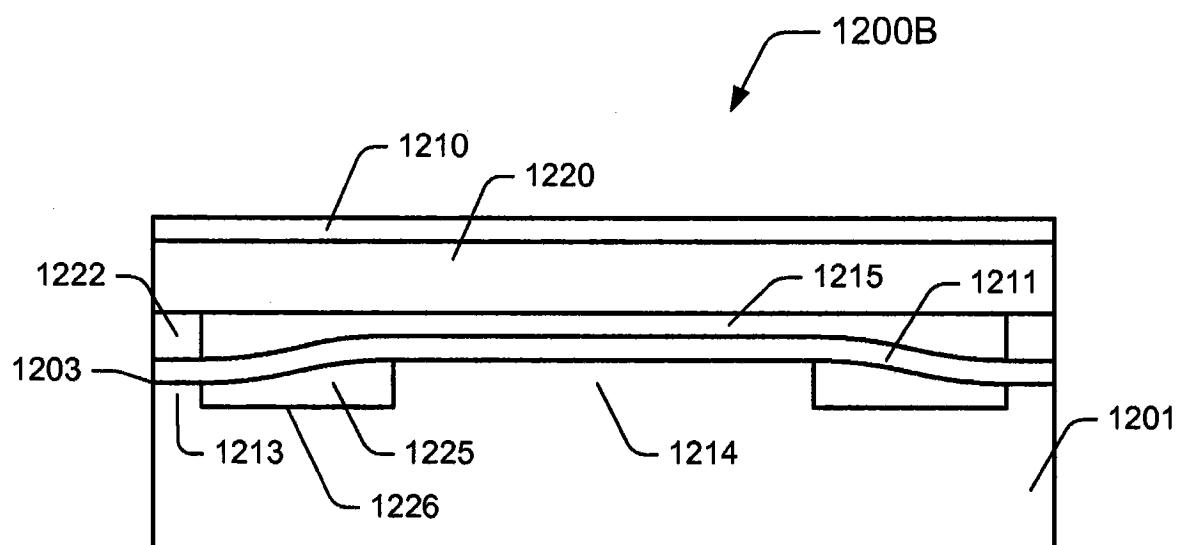


图 12B

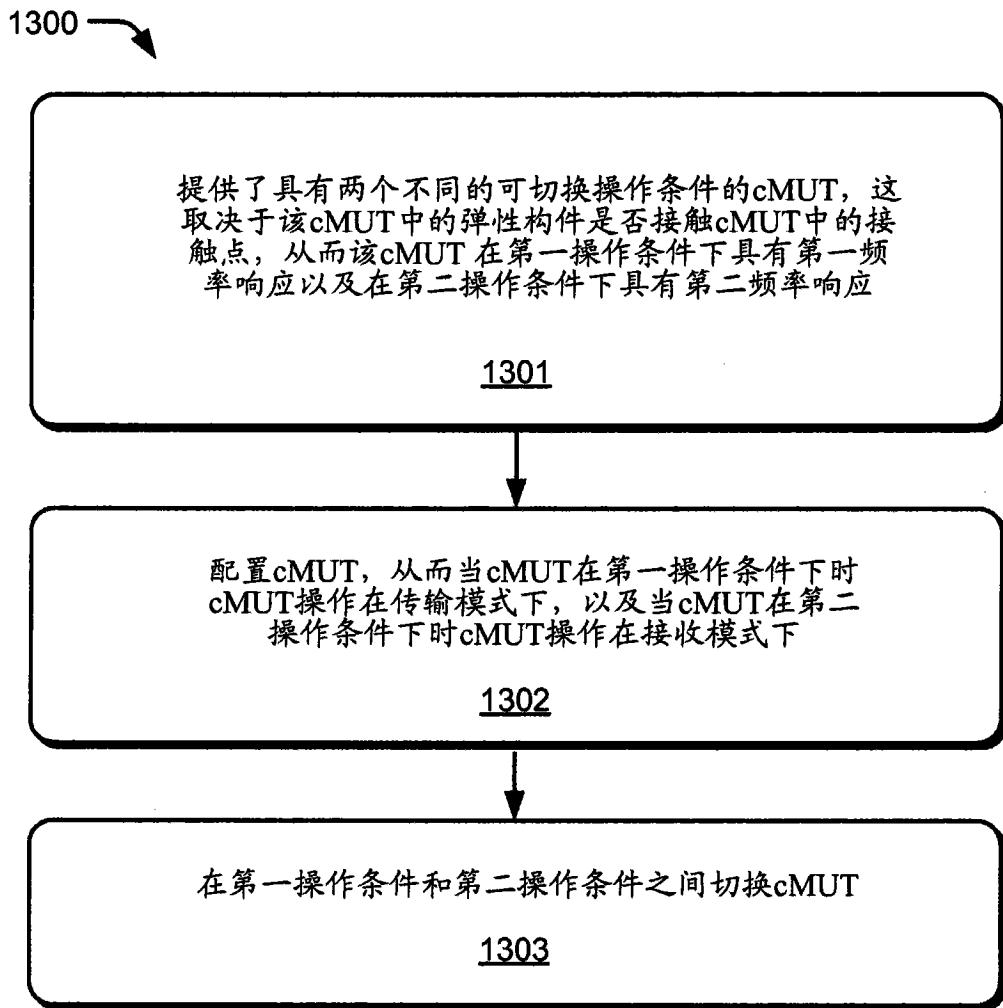


图 13

专利名称(译) 双模式操作微机械超声换能器

公开(公告)号 [CN101873830B](#)

公开(公告)日 2013-03-20

申请号 CN200880118677.8

申请日 2008-11-26

[标]申请(专利权)人(译) 科隆科技公司

申请(专利权)人(译) 科隆科技公司

当前申请(专利权)人(译) 科隆科技公司

[标]发明人 黄勇力

发明人 黄勇力

IPC分类号 A61B8/00

CPC分类号 B06B1/0292

代理人(译) 陈炜

优先权 60/992038 2007-12-03 US

其他公开文献 CN101873830A

外部链接 [Espacenet](#) [Sipo](#)

摘要(译)

cMUT的实现具有双操作模式。cMUT具有两个不同的可切换操作条件，取决于cMUT中的弹性构件是否在cMUT中的接触点上接触相对表面。两个不同的操作条件具有取决于接触的不同的频率响应。cMUT可以被配置为当cMUT在第一操作条件下时操作在传输模式以及当cMUT在第二操作条件下时操作在接收模式。双操作模式cMUT的实现特别适合于超声谐波成像，其中接收模式接收更高的谐振频率。

