(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112292084 B
(45)授权公告日 2022.04.08

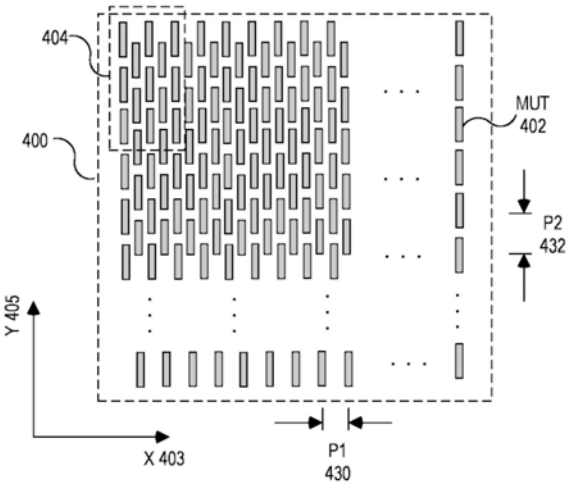
(21)申请号 201980039398.0
(22)申请日 2019.03.10
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112292084 A
(43)申请公布日 2021.01.29
(30)优先权数据
15/951,118 2018.04.11 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.12.10
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/021515 2019.03.10
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2019/199398 EN 2019.10.17
(73)专利权人 艾科索成像公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 桑迪普·阿卡拉杰 海星·权 布莱恩·毕考肖
(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 周小琴 包竹妮
(51)Int.Cl.
A61B 8/00(2006.01)
B06B 1/02(2006.01)
B06B 1/06(2006.01)
G01H 11/08(2006.01)
(56)对比文件
US 5488956 A,1996.02.06
WO 2017216139 A1,2017.12.21
US 2007103697 A1,2007.05.10
WO 2017025438 A1,2017.02.16
CN 106999163 A,2017.08.01
CN 104271266 A,2015.01.07
CN 106500824 A,2017.03.15
CN 105310718 A,2016.02.10
审查员 赵雯典
权利要求书1页 说明书7页 附图11页

(54)发明名称

具有压电收发器的成像设备

(57)摘要

微机械超声换能器(MUT)(402)的阵列(400)。阵列(400)具有第一行和第二行,第一行中的MUT(402)在水平方向(403)上以水平间距(430)相等地间隔开,第二行中的MUT(402)在水平方向上以水平间距(430)相等地间隔开。第二行中的MUT(702b)相对于第一行中的MUT(702a)沿水平方向移位第一水平距离(706),并相对于第一行中的MUT(702a)沿垂直方向(405)移位第一垂直距离(708)。第一水平距离(706)大于零且小于水平间距(430)。第一垂直距离(708)的范围是从MUT的水平宽度(712)的十分之一到MUT的垂直高度(714)的一半。



CN 112292084 B

1.一种换能器阵列,包括:

交错布置的多个微机械超声换能器MUT,

其中所述多个MUT中的每个MUT具有沿着第一方向的尺寸,所述沿着第一方向的尺寸大于沿着第二方向的尺寸,

其中在所述交错布置中,在具有第一行和第二行的二维阵列中布置多个MUT,所述第一行中的MUT在水平方向上以一水平间距相等地间隔开,所述第二行中的MUT在所述水平方向上以所述水平间距相等地间隔开;所述第二行中的MUT相对于所述第一行中的MUT沿所述水平方向移位第一水平距离,并且相对于所述第一行中的MUT沿垂直方向移位第一垂直距离,并且

其中所述多个MUT中的每个MUT具有细长的形状,所述细长的形状以挠曲操作模式支持一种或多种振动模式。

2.根据权利要求1所述的换能器阵列,其中在一个方向上所述多个MUT之间的中心到中心距离不同于在另一方向上所述多个MUT之间的中心到中心距离。

3.根据权利要求1所述的换能器阵列,其中所述多个MUT包括沿着所述换能器阵列的纵轴的一组细长的MUT,并且所述一组细长的MUT与另一组MUT在相对于所述纵轴的横向上彼此偏移地组合。

4.根据权利要求1所述的换能器阵列,其中所述多个MUT中的每一个的顶部电极的投影区域具有矩形或椭圆形的形状。

5.根据权利要求1所述的换能器阵列,其中所述多个MUT中的每个MUT相对于所述换能器阵列的轴向旋转一随机角度。

6.根据权利要求1所述的换能器阵列,其中所述多个MUT中的每个MUT执行发送超声波和接收超声波中的至少一项。

7.根据权利要求1所述的换能器阵列,其中所述多个MUT中的每个MUT在对称振动模式和非对称振动模式中的至少一种模式下操作。

8.根据权利要求1所述的换能器阵列,其中所述多个MUT是电容性换能器cMUT。

9.根据权利要求1所述的换能器阵列,其中所述多个MUT是压电换能器pMUT。

具有压电收发器的成像设备

技术领域

[0001] 本发明涉及成像设备，更具体地，涉及具有微机械超声换能器(MUT)的成像设备。

背景技术

[0002] 用于对人体的内部器官进行成像并显示内部器官的图像的非侵入式成像系统将信号发送至人体并接收从器官反射的信号。通常，在成像系统中使用的换能器被称为收发器，而某些收发器基于光声或超声效应。通常，收发器用于成像以及其他应用，例如医学成像、管道中的流量测量、扬声器、麦克风、碎石术、用于治疗的加热组织以及用于手术的高强度聚焦超声(HIFU)。

[0003] 微加工技术的进步允许传感器和致动器被有效地结合在基板上。具体地，与具有大形状因数的常规MUT相比，使用电容性换能器(cMUT)或压电换能器(pMUT)的微机械超声换能器(MUT)是特别有利的。图1示出了常规系统中的二维直线收发器阵列50。如图所示，收发器阵列50可以包括：一组MUT 52，其在发射模式/过程中产生和发射压力波，并且在接收模式/过程中接收压力波并响应于所接收的压力波而产生电荷。如图所示，MUT 52在x方向和y方向上均匀地间隔开，即，从一个MUT到沿x方向(或y方向)的相邻MUT的距离在整个阵列中是相同的。MUT 52倾向于具有有限数目的振动谐振，即，MUT阵列52在频域中可以具有有限的带宽。通常，MUT52具有的带宽越宽，MUT 52可以在其中操作的操作模式越复杂，并且收发器阵列50可以生成的图像越好。因此，强烈需要设计具有增加带宽以增强声学性能的MUT。

发明内容

[0004] 在各实施方式中，换能器阵列包括以非对称布置布置的多个微机械超声换能器(MUT)。

[0005] 在各实施方式中，微机械超声换能器(MUT)的阵列包括在具有第一行和第二行的二维阵列中布置的MUT，所述第一行中的MUT在水平方向上以水平间距相等地间隔开，所述第二行中的MUT在所述水平方向上以水平间距相等地间隔开。所述第二行中的MUT相对于所述第一行中的MUT沿所述水平方向移位第一水平距离，并且相对于所述第一行中的MUT沿垂直方向移位第一垂直距离。第一水平距离大于零且小于水平间距。所述第一垂直距离的范围是从所述多个MUT中的MUT的水平宽度的十分之一到所述MUT的垂直高度的一半。

[0006] 在各实施方式中，成像系统包括：收发器块，用于产生压力波并将外部压力波转换成电信号；以及控制单元，用于控制收发器块。所述收发器块包括微机械超声换能器(MUT)的阵列，其中该阵列包括在具有第一行和第二行的二维阵列中布置的多个MUT，所述第一行中的MUT在水平方向上以水平间距相等地间隔开，所述第二行中的MUT在所述水平方向上以水平间距相等地间隔开。所述第二行中的MUT相对于所述第一行中的MUT沿所述水平方向移位第一水平距离，并且相对于所述第一行中的MUT沿垂直方向移位第一垂直距离。第一水平距离大于零且小于水平间距。所述第一垂直距离的范围是从所述多个MUT中的MUT的水平宽

度的十分之一到所述MUT的垂直高度的一半。

附图说明

[0007] 将参考本发明的实施方式,其示例可以在附图中示出。这些图仅是说明性的,而非限制性的。尽管一般在这些实施方式的上下文中描述了本发明,但是应当理解,其并不旨在将本发明的范围限制为这些特定实施方式。

[0008] 附图(或"图")1示出了常规系统中的二维直线收发器阵列。

[0009] 图2示出了根据本公开的实施方式的成像系统。

[0010] 图3示出了根据本公开的实施方式的成像器的示意图。

[0011] 图4示出了根据本公开的实施方式的非对称(或交错)的直线收发器阵列。

[0012] 图5示出了根据本公开的实施方式的MUT阵列的放大图。

[0013] 图6示出了根据本公开的实施方式的MUT阵列的放大图。

[0014] 图7示出了根据本公开的实施方式的以交错配置布置的两对矩形MUT和焊盘。

[0015] 图8A至图8D示出了根据本公开的实施方式的沿图7中的方向7-7截取的一组MUT的振动模式形状。

[0016] 图9示出了根据本公开的实施方式的非对称阵列的频率响应曲线图。

[0017] 图10示出了根据本公开的实施方式的MUT阵列的声束模式响应作为仰角的函数的曲线图。

[0018] 图11示出了根据本公开的实施方式的以交错配置布置的两对椭圆形MUT和焊盘。

[0019] 图12示出了根据本公开的实施方式的不对称(或交错)的直线收发器阵列。

[0020] 图13A和图13B示出了根据本公开的实施方式的示例性MUT的俯视图和截面图。

具体实施方式

[0021] 在下面的描述中,出于解释的目的,阐述了具体细节以便提供对本公开的理解。然而,本领域的技术人员容易理解可以在没有这些细节的情况下实践本公开。此外,本领域技术人员将认识到,以下描述的本公开的实施方式可以以多种方式来实现,诸如过程、装置、系统或设备。

[0022] 图中所示的元件/组件是本公开的示例性实施方式的说明,并且意在避免使本公开模糊。说明书中对"一个实施方式"、"优选实施方式"、"一个实施方式"或"实施方式"的引用是指结合该实施方式描述的特定特征、结构、特性或功能包括在本发明的至少一个实施方式中并且可以在一个以上的实施方式中。说明书中各个地方出现的短语"在一个实施方式中"、"在各实施方式中"或"在各实施方式中"不一定都指的是同一实施方式。术语"包括"、"包括"、"包含"和"包含"应被理解为开放术语,并且以下的任何列表都是示例,并不意味着限于所列出的项目。本文使用的任何标题仅用于组织目的,并且不应用于限制说明书或权利要求书的范围。此外,在说明书中的各个地方使用某些术语是为了说明,而不应解释为限制性的。

[0023] 图2示出了根据本公开的实施方式的成像系统100。如图所示,系统100可以包括:成像器120,其在发射模式/过程中产生并向诸如心脏的内部器官112发送压力波122;以及通过通信通道130向成像器传送信号的设备102。在各实施方式中,内部器官112可以将一部

分压力波122朝向成像器120反射，并且成像器120可以在接收模式/过程中捕获反射的压力波并产生电信号。成像器120可以将电信号通信到设备102，并且设备102可以使用电信号在显示器/屏幕104上显示人体器官的图像。

[0024] 注意，成像器120也可以用于获取动物的内部器官的图像。还应注意，压力波122可以是声波、超声波或光声波，其可以穿过人体/动物体并被内部器官反射。

[0025] 在各实施方式中，成像器120可以是便携式设备，并且通过通信信道130以无线方式或经由电缆与设备102通信信号。在各实施方式中，设备102可以是诸如蜂窝电话、iPad或可以向用户显示图像的固定计算设备的移动设备。

[0026] 图3示出了根据本公开的实施方式的成像器120的示意图。在各实施方式中，成像器120可以是超声成像器。如图2所示，成像器120可以包括：用于发送和接收压力波的收发器块210；涂层212，其用作透镜，以聚焦压力波，并且还用作收发器块与人体110之间的阻抗界面；控制单元202，例如ASIC芯片，用于控制收发器块210；微处理器214，用于控制成像器120的组件；通信单元208，用于通过一个或多个端口230与诸如设备102的外部设备通信数据；用于存储数据的存储器218；电池206，用于向成像器的组件提供电力；可选地，显示器216，用于显示目标器官的图像。

[0027] 在各实施方式中，设备102可以具有显示器/屏幕。在这种情况下，显示器可以不包括在成像器120中。在各实施方式中，成像器120可以通过端口230之一从设备102接收电力。在这种情况下，成像器120可以不包括电池206。要注意的是，成像器120的一个或多个组件可以组合成一个整体的电子元件。同样，成像器120的每个组件可以在一个或多个电子元件中实现。

[0028] 在各实施方式中，用户可以将凝胶施加在涂层212上，从而可以改进涂层212与人体110之间的阻抗匹配，即，减小界面处的功率损耗。

[0029] 图4示出了根据本公开的实施方式的包括MUT 402的非对称(或交错)直线收发器阵列400的放大图。在各实施方式中，阵列400可以被包括在收发器块210中。MUT402可以以交错配置来布置以带来阵列声学性能的益处。在下文中，术语交错(或非对称)阵列是指MUT的阵列，其中第一行中的MUT相对于第二行中的MUT沿x方向403移位。在各实施方式中，行中的MUT可以被水平距离(间距)P1 430相等地间隔开，而列中的MUT可以被垂直距离(间距)P2 432相等地间隔开。

[0030] 在各实施方式中，每个MUT 402可以是pMUT并且包括由PZT、KNN、PZT-N、PMN-Pt、AlN、Sc-AlN、ZnO、PVDF和$LiNiO_3$中的至少一种形成的压电层。在替代实施方式中，每个MUT 402可以是cMUT。在图4中，每个MUT 402被示为具有矩形形状。更具体地，每个MUT可以包括具有矩形投影区域的顶部电极。对于本领域普通技术人员应该容易理解的是，顶部电极可以具有其他合适的几何形状，例如正方形、圆形、椭圆形、卵形等。为了说明的目的，在本申请的附图中，每个MUT由顶部电极的几何形状象征性地表示。

[0031] 图5示出了根据本公开的实施方式的MUT阵列500的放大图。在各实施方式中，阵列500可以对应于图4中的阵列404的部分。如图所示，阵列500可以包括MUT 502和电焊盘504。在各实施方式中，MUT 502和焊盘504以交错配置布置。在各实施方式中，每个电焊盘504可以将一个或多个MUT 502电耦合到诸如ASIC或电路板(图5中未示出)的基板，其中基板可以包含用于发送电信号到MUT502/从MUT 502接收电信号的电子设备。在各实施方式中，基板

可以设置在MUT阵列下方，并且每个焊盘504可以在垂直方向上(即，在垂直于纸的方向上)延伸。注意，在图5中未示出MUT 502和焊盘504之间的其他电连接，但是对于本领域普通技术人员应当容易理解的是，可以使用诸如迹线和电线的合适的电连接来将MUT 502电连接到焊盘504。

[0032] 图6示出了根据本公开的实施方式的MUT阵列600的放大图。在各实施方式中，阵列600可以对应于图4中的阵列404的部分。在各实施方式中，MUT 602可以以交错或非对称配置布置，并且一定量的随机性也可以被引入每个MUT的取向。在各实施方式中，随机性可以通过减少MUT 602之间的串扰来给成像器带来声信号增强。在各实施方式中，随机旋转的MUT 602可以保持在x-y平面上，而每个电焊盘604可以以与MUT阵列500中的焊盘位置相当的方式设置。

[0033] 图7示出了根据本公开的实施方式的以交错配置布置的两对MUT 702和焊盘704。为了说明的目的，每个MUT由矩形表示，该矩形是MUT的顶部电极的投影区域。在各实施方式中，图7中的两个MUT 702a和702b可以是MUT阵列400中的两个相邻的MUT。如图所示，MUT 702a和702b可以在x方向上被分开水平距离HD706，并且在y方向上被分开垂直距离VD708。每个MUT 702可以拥有具有宽度W712和高度H714的矩形形状。在各实施方式中，水平距离HD706可以大于零并且小于MUT的水平宽度712四倍并且小于x方向上的间距。

[0034] 与常规的MUT阵列50不同，在各实施方式中，MUT 702a和702b可以以交错配置布置，即，第一行中的一对MUT 702a和焊盘704a可以相对于第二行中的一对MUT 702b和焊盘704b沿x方向移位。作为交错配置的结果，MUT阵列400可以具有一个或多个非对称振动模式(或者，简称为非对称模式)，从而导致比常规MUT阵列50更宽的带宽。因为MUT阵列400可以具有更宽的带宽，所以MUT阵列可以在更复杂的操作模式下操作。

[0035] 通常，MUT阵列中MUT的数量密度可能会影响MUT阵列产生的图像的分辨率。在常规的MUT阵列50中，可以通过减小MUT之间的水平距离(或者等效地，水平间距)来增加MUT的数量密度。然而，在常规的MUT阵列中，两个相邻的MUT之间的互阻抗也可能随着水平间距的减小而增加，这可能会抵消通过增加数字密度而获得的优点。在下文中，互阻抗是指两个MUT之间的声耦合。相反，在各实施方式中，对角距离P730可以是MUT 702a和702b之间的有效间隔。这样，在各实施方式中，互阻抗可以小于具有相同水平间隔HD 706的常规对称MUT阵列。换句话说，交错配置可以允许在不显着增加互阻抗的情况下增加数量密度。

[0036] 在各实施方式中，垂直距离708可以影响不对称振动模式的特性，例如不对称模式的频率和振动模式下的声压，如结合图8A至图9所解释的。在下文中，术语声压是指由每个MUT产生的声功率的水平。在各实施方式中，垂直距离708可以优选地大于宽度712的十分之一并且小于高度714的一半。在各实施方式中，随着VD 708增加到小于高度714的一半，非对称模式下的声压幅度可能增加。

[0037] 图8A至图8D示出了根据本公开的实施方式的沿图7中的方向7-7截取的一组MUT 702b的振动模式形状。为了说明的目的，MUT702b在图8A至图8D中由单线表示。但是，对于本领域普通技术人员来说容易理解的是，MUT可以包括多个层的堆叠。如图所示，图8A和图8B分别呈现了在第一谐振频率和第三谐振频率处的MUT702b的第一振动模式801和第三振动模式807，其中箭头804指示了MUT 702b的运动方向。在各实施方式中，第一振动模式和第三振动模式可以是对称的，即，每个模式形状相对于MUT 702b的中心线820是对称的。在各实

施方式中,即使当MUT没有交错时也可以产生对称模式,即,对称MUT阵列50可以具有图8A和图8C中的对称振动模式。

[0038] 在各实施方式中,图8B和图8D分别示出了在MUT 702b的第二谐振频率和第四谐振频率处的第二振动模式805和第四振动模式809。如图所示,第二振动模式和第四振动模式可以是不对称的,即,MUT相对于中心线820不对称。在各实施方式中,可以通过将MUT布置为交错(非对称)配置来获得振动模式的不对称,如图4所示。

[0039] 通常,声压性能可以是指每个MUT在某个频率下产生的声压波的能量,该声压性能随着MUT的峰值幅度在该频率下增加而增加。在各实施方式中,当非对称模式在相同阶数下振动时,与对称模式相比,非对称模式可以实现更宽的带宽。例如,第三模式807和第四模式809可以具有相同阶数,即,相同数目的节点,并且第三模式807的峰值幅度840小于第四模式809的峰值幅度842。

[0040] 图9示出了根据本公开的实施方式的非对称MUT阵列400的频率响应曲线图900。在图9中,曲线912示出了阵列400的响应(y轴)作为频率的函数,其中该响应是指在发射模式期间由阵列产生的压力波的峰值幅度或在接收模式期间产生的电荷的峰值幅度。在图9中,曲线910示出了对称阵列50的响应作为频率的函数。

[0041] 如图所示,交错的MUT阵列400可以在频率914附近具有谐振振动模式,其中频率914也可以是对称MUT阵列50的谐振振动模式。在各实施方式中,图7中的交错的MUT阵列400可以在频率916处具有附加的谐振频率,这被称为非对称谐振频率。在各实施方式中,具有对称和非对称的振动模式,如图9所示,由于MUT阵列400可以在中心对称频率914和高非对称频率916两者下操作,所以声响应的增益可以增加,并且带宽可以改进。

[0042] 注意,频率响应曲线912可以包括来自阵列400中的所有MUT的贡献。由于交错的MUT阵列400中的每个MUT可以具有相同的频率响应特性,所以每个MUT具有与曲线912相似的频率响应曲线,即,非对称阵列400中的每个MUT可以在中心对称频率914和非对称频率916两者处具有谐振频率。

[0043] 在各实施方式中,可以使用波束成形技术来将由成像器120发送的压力波引导到特定角度,即,可以组合来自MUT阵列400的压力波,使得在特定角度处的压力波(即波束成形方向)遇到相长干涉,而其他角度则遇到相消干涉。在各实施方式中,控制单元202可以控制由MUT阵列400产生的压力波的相位和/或幅度以操纵波束形成方向。图10示出了根据本公开的实施方式的MUT阵列的声束模式响应作为仰角的函数的曲线图。在图10中,每条曲线都示出了MUT阵列的声响应(y轴)作为仰角的函数,其中声响应是指MUT阵列在发射模式期间产生的压力波(或接收模式期间产生的电荷)的峰值幅度,并且仰角是指相对于波束形成方向的角距离。

[0044] 通常,指向性(其是指在感兴趣方向1020之外的噪声的阻塞)影响波束形成中的信噪比。(此后,术语“关注方向”是指围绕波束形成方向的预设角度范围。)在图10中,曲线1002可以指示非对称的(交错的)MUT阵列(例如400)和非对称的(非交错的)阵列(例如50)在1.5MHz的频率下的归一化功率方向性。曲线1006a和1006b分别示出了非对称阵列和对称阵列在3.0MHz频率下的方向性。如图所示,对称MUT阵列在1.5MHz和3.0MHz的频率下可以具有与非对称MUT阵列相似的波束图案。

[0045] 曲线1004a和1004b分别以5.7MHz的频率示出了非对称阵列和对称阵列的波束图

案。如图所示，非对称阵列具有比对称阵列更高的(改进的)方向性，从而导致改进信噪比和图像质量。例如，曲线1004a和1004b具有在感兴趣方向1020之外的区域1010a和1010b。由于区域1010b处的功率水平低于区域1010a处的功率水平，因此非对称阵列可以具有改进的信噪比，从而改进了图像质量。

[0046] 在各实施方式中，阵列400中的MUT的顶部电极可以具有不同的几何形状，诸如圆形、椭圆形、卵形等。图11示出根据本公开的实施方式的以交错配置布置的两对椭圆形MUT和圆形焊盘。如图所示，MUT 1102可以在x方向上被分开水平距离HD1106，并且在y方向上被分开垂直距离VD1108。每个MUT 1102可以具有椭圆形，其宽度为W 1112，高度为H 1114。

[0047] 与常规的MUT阵列50不同，在各实施方式中，MUT 1102a和1102b可以以交错配置布置，即，第一行中的一对MUT 1102a和焊盘1104a可以相对于第二行中的一对MUT 1104b和焊盘1104b沿x方向移位。在各实施方式中，垂直距离1108可以优选地大于水平宽度1112的十分之一并且小于垂直高度1114的一半。在各实施方式中，随着VD 1108增加到垂直高度1114的一半，非对称模式下的声压幅度可能增加。

[0048] 作为交错配置的结果，在图11中具有交错配置的MUT阵列可以具有与图7中的具有交错配置的MUT阵列类似的优点，即，与非交错MUT阵列相比，图11中的交错的MUT阵列可能具有改进的带宽、图像分辨率、视野、声压和MUT之间的互阻抗。在各实施方式中，MUT可以被分开水平距离1106，其中水平距离1106可以大于零并且小于MUT的水平宽度1112四倍并且小于在x方向上的间距。

[0049] 图12示出了根据本公开的实施方式的包括MUT 1202的非对称(或交错)直线收发器阵列1200的放大图。MUT 1202可以以交错配置布置以带来阵列声学性能的益处。如图所示，每行中的MUT可以被水平距离(间距)相等地间隔开，而每一列中的MUT可以被垂直距离(间距)相等地间隔开。在各实施方式中，第二行中的MUT可以相对于第一行中的MUT沿x方向1203移位第一水平距离，并且第三行中的MUT可以相对于第一行中的MUT沿x方向移位第二水平距离，其中第一水平距离和第二水平距离可以大于零且小于水平间距P1。

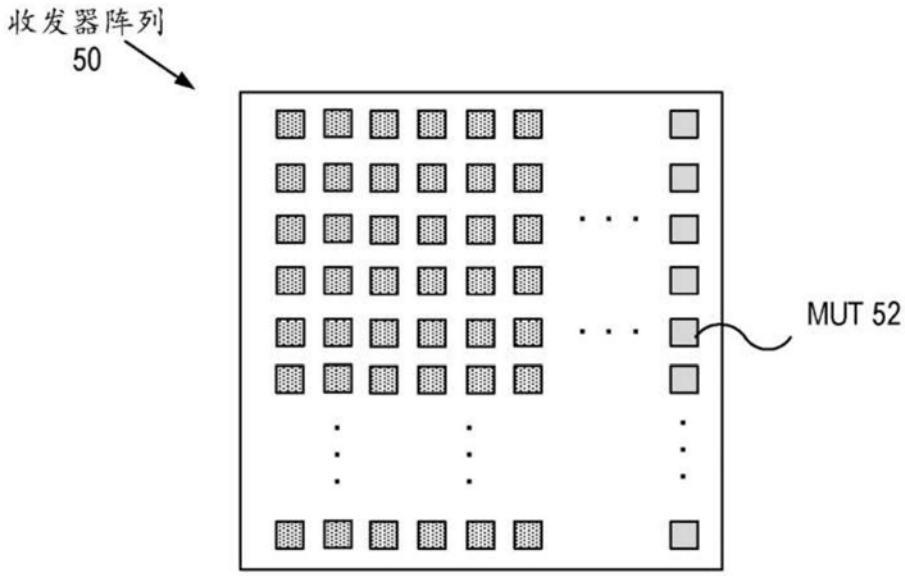
[0050] 图13A示出了根据本公开的实施方式的示例性MUT 1300的俯视图。图13B示出了根据本公开的实施方式的沿线13-13截取的图13A中的MUT 1300的截面图。如图所示，MUT可以包括：从基板1302悬挂的膜层1306；底部电极(0)1308，其设置在膜层(或简称为膜)1306上；压电层1310，其设置在底部电极(0)1308上；以及顶部电极(X)1312，其设置在压电层1310上。在各实施方式中，可以形成电焊盘1314，其可以是填充有导电材料的通孔，使得底部电极(0)1308可以电连接到导电体1322。在各实施方式中，导电体1322可以电连接到顶部电极1312。在各实施方式中，导电体1320和1322可以是通过图案化金属层而形成的电线或迹线。在各实施方式中，焊盘1314和顶部电极1312可以分别对应于焊盘704(或1104)和MUT702(或1102)。

[0051] 在各实施方式中，基板1302和膜1306可以是一个整体，并且可以形成腔1304以限定膜1306。在各实施方式中，腔1304可以以预定压力或声阻尼材料填充气体以控制膜1306的振动。

[0052] 注意，收发器阵列400和1200中的MUT可以具有与图13A中的MUT 1300不同的其他配置。例如，每个MUT可以具有一个以上的顶部电极。对于本领域普通技术人员应该容易理解的是，图4至图7(或图11至图12)中的每个矩形(或椭圆形)象征性地表示MUT，其中MUT可

以具有一个或多个顶部电极，并且顶部电极可以具有合适的几何形状，例如圆形、矩形、椭圆形等。

[0053] 尽管本发明易于进行各种修改和替代形式，但是其具体示例已经在附图中示出并且在本文中进行了详细描述。然而，应当理解，本发明不限于所公开的特定形式，相反，本发明将覆盖落入所附权利要求的范围内的所有修改、等同物形式和替代物。



(现有技术)

图1

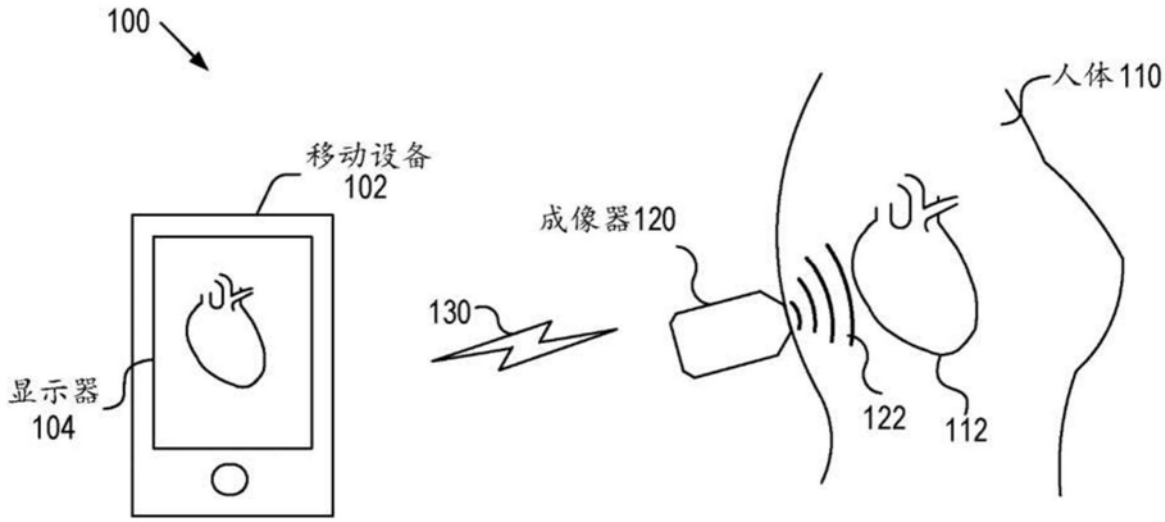


图2

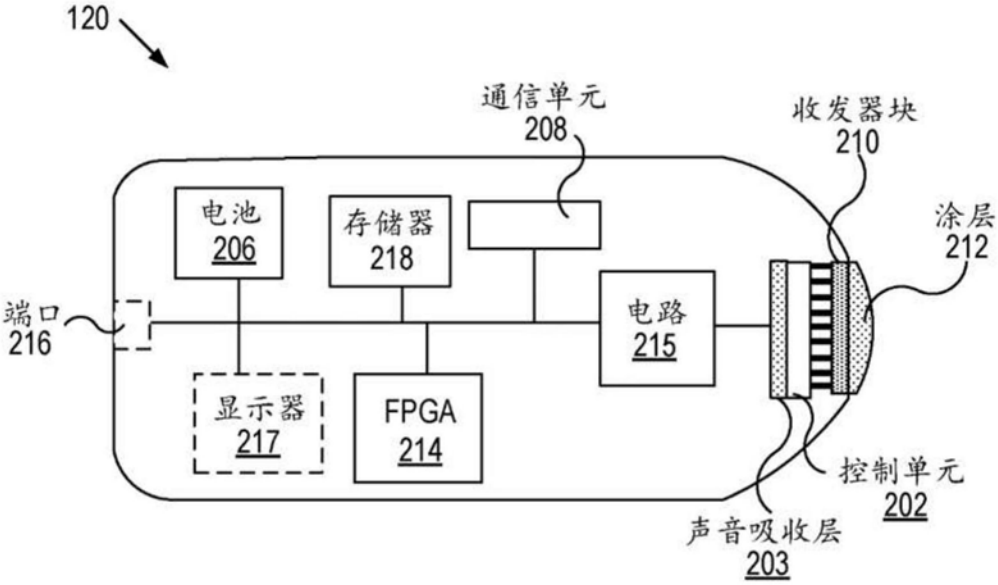

120
通信单元
208
收发器块
210
涂层
212
电池
206
存储器
218
端口
216
电路
215
显示器
217
FPGA
214
控制单元
202
声音吸收层
203

图3

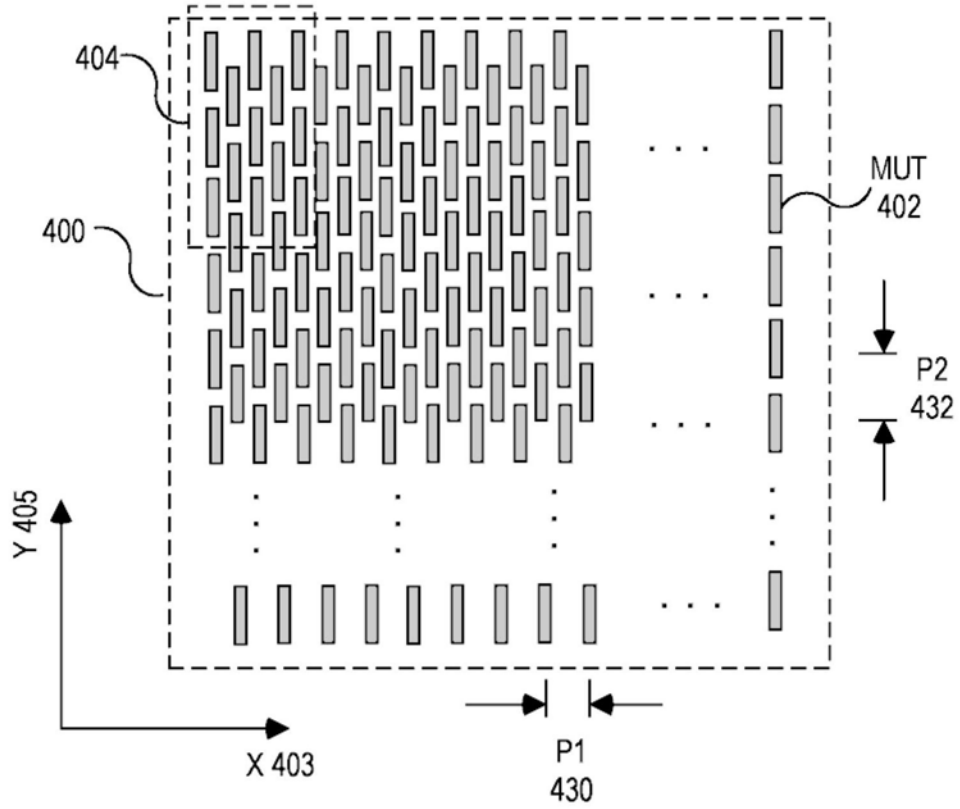

404
400
MUT
402
P2
432
Y 405
X 403
P1
430

图4

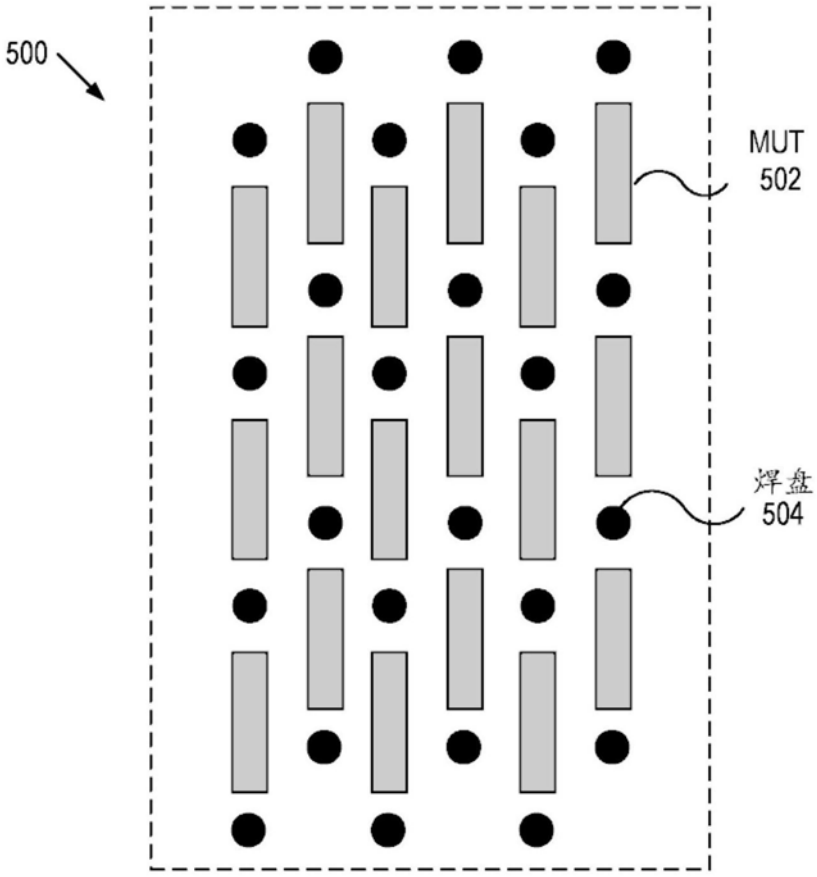


图5

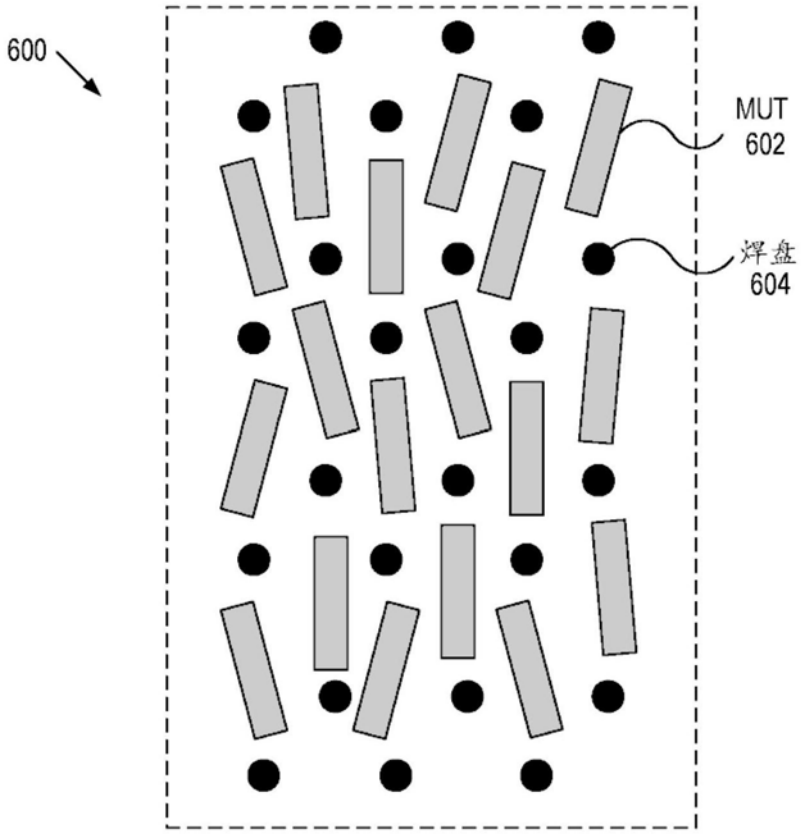


图6

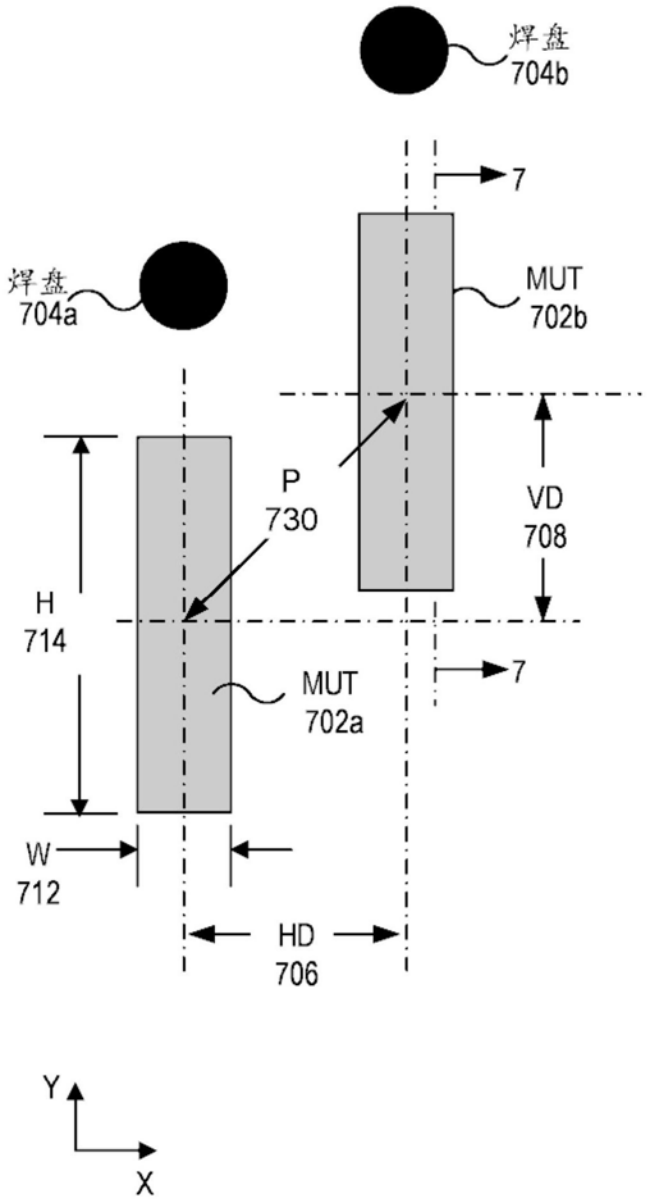

焊盘
704b
7
焊盘
704a
MUT
702b
P
730
VD
708
H
714
MUT
702a
7
W
712
HD
706
Y
X

图7

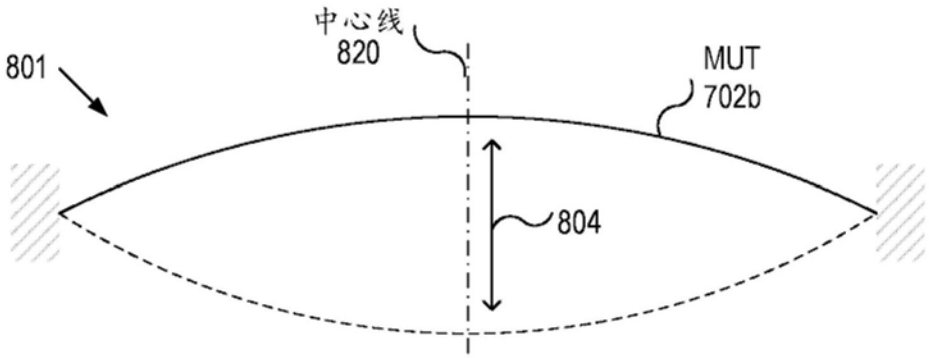

中心线
820
801
MUT
702b
804

图8A

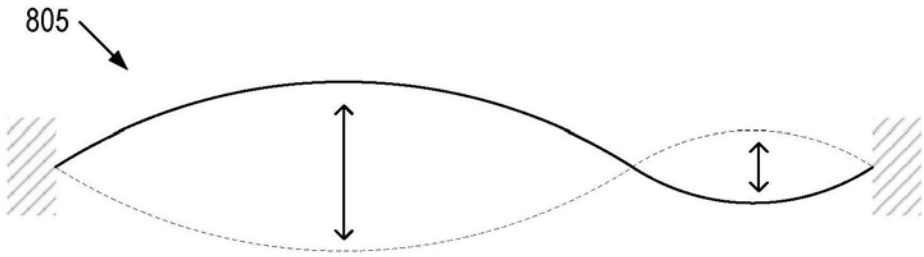


图8B

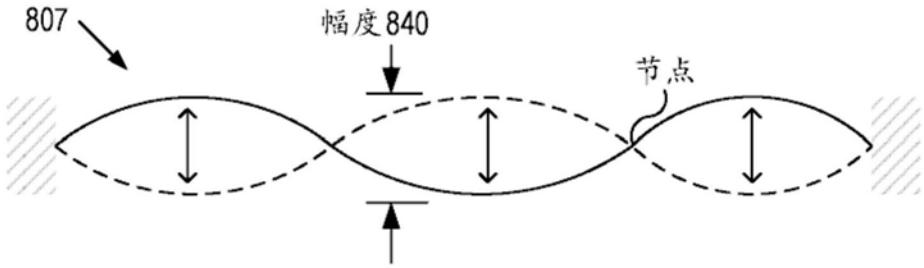


图8C

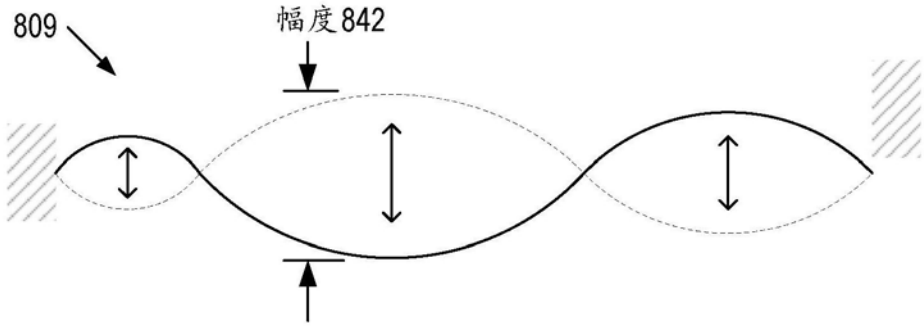


图8D

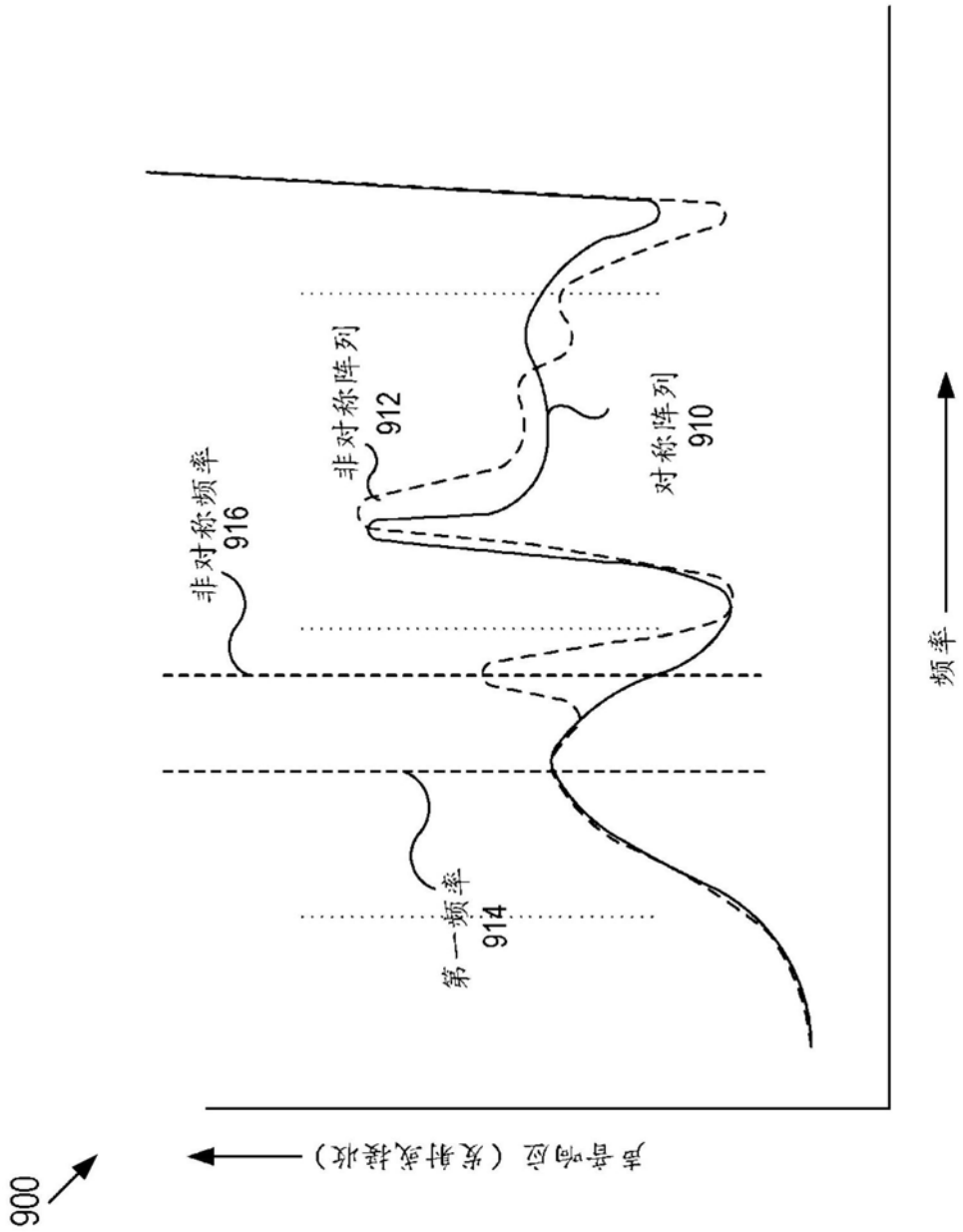


图9

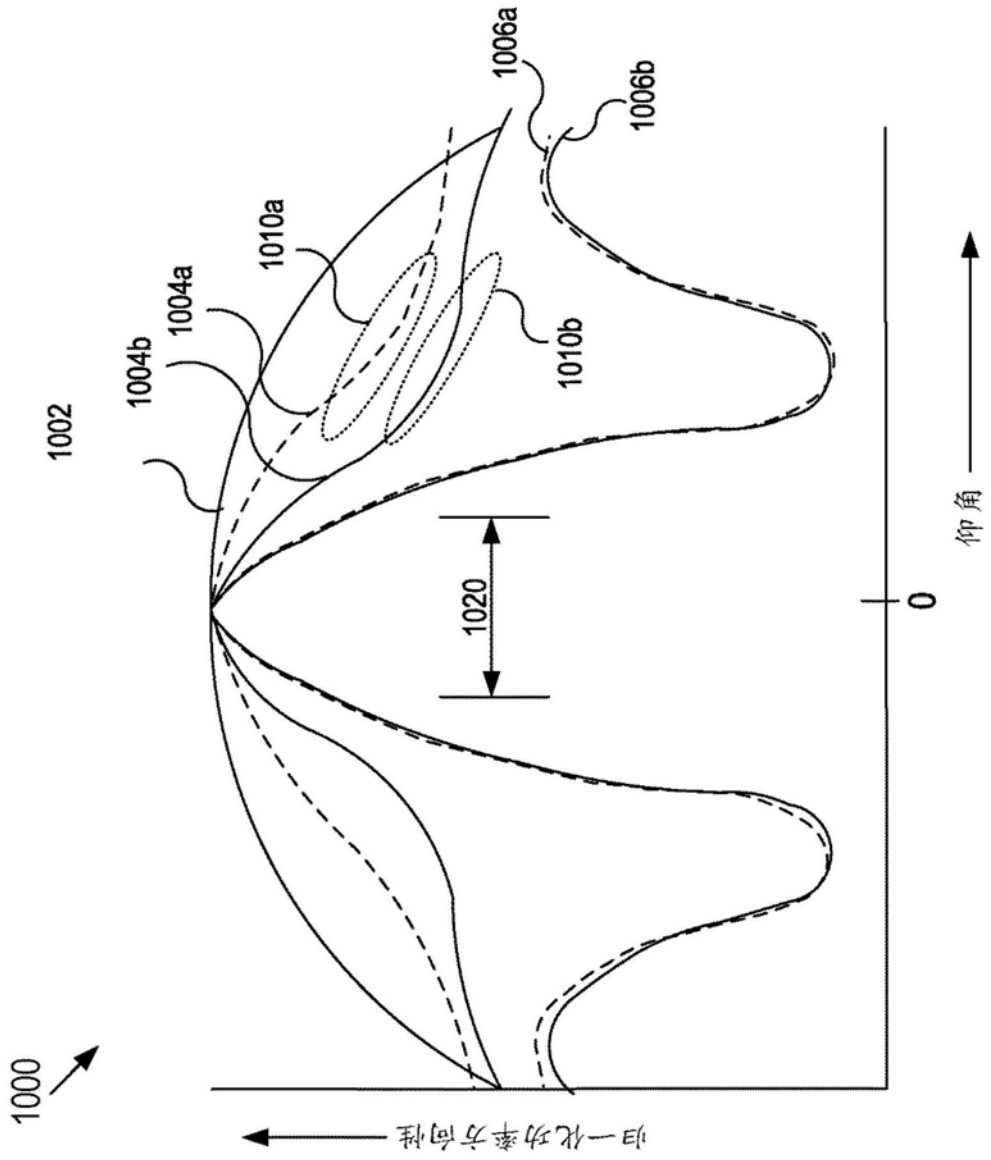

1006a
1006b
1010a
1004a
1004b
1002
1010b
1020
0
仰角
1000
归一化功率方向性

图10

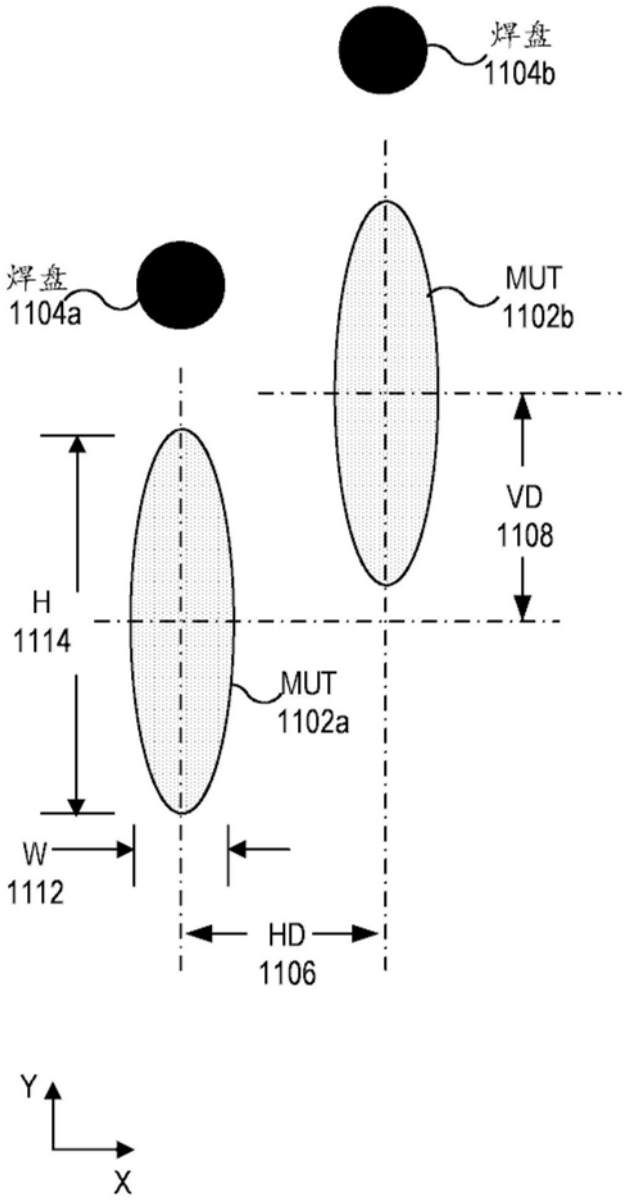

焊盘
1104b
焊盘
1104a
MUT
1102b
VD
1108
H
1114
MUT
1102a
W
1112
HD
1106
Y
X

图11

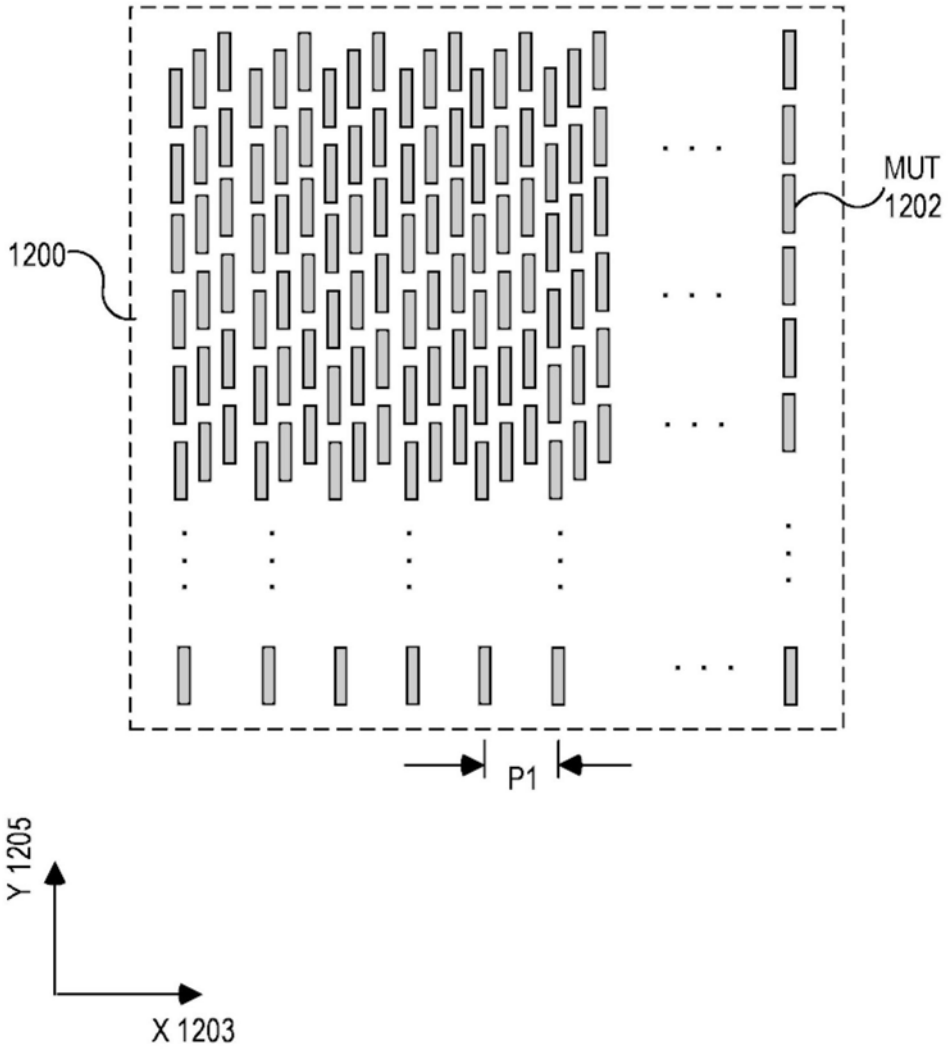


图12

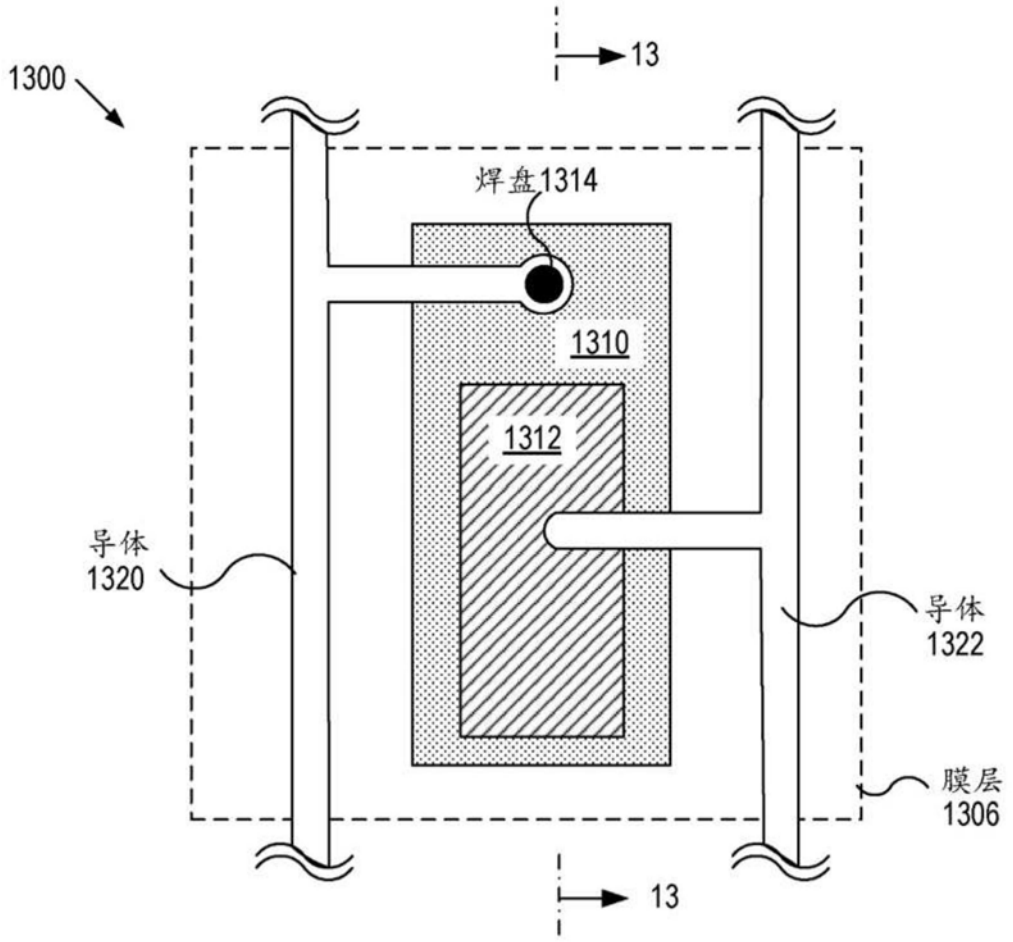

1300
13
焊盘1314
1310
1312
导体
1320
导体
1322
膜层
1306
13

图13A

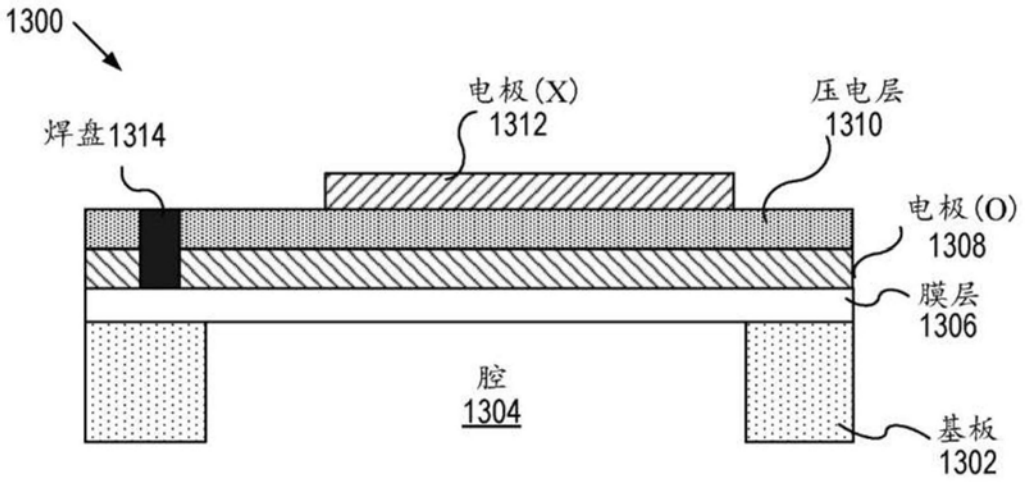

1300
焊盘1314
电极(X)
1312
压电层
1310
电极(O)
1308
膜层
1306
腔
1304
基板
1302

图13B