

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02803084.2

B81B 7/04 (2006.01)

B06B 1/00 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)

B06B 1/02 (2006.01)

G01H 11/06 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 1 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 1294075C

[22] 申请日 2002.7.26 [21] 申请号 02803084.2
[30] 优先权

[32] 2001.7.31 [33] US [31] 09/919, 536

[86] 国际申请 PCT/IB2002/003187 2002.7.26

[87] 国际公布 WO2003/011749 英 2003.2.13

[85] 进入国家阶段日期 2003.5.30

[73] 专利权人 皇家飞利浦电子有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 D·G·米勒

[56] 参考文献

US6262946B1 2001.7.17 H04R19/00

审查员 黄军容

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 崔幼平 章社杲

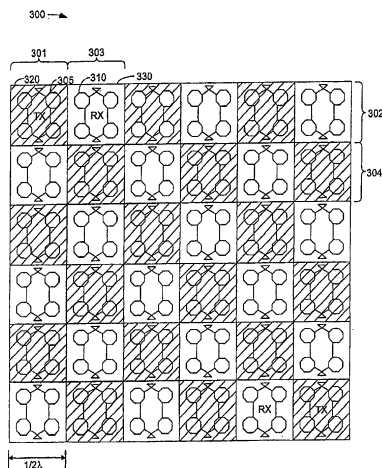
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

微加工的超声换能器阵列

[57] 摘要

包括单独的 MUT(微加工的超声换能器)发射元件和 MUT 接收元件的超声换能器阵列包括以二维形式分布在阵列上的 MUT 发射元件和 MUT 接收元件。通过使用不同的 MUT 元件进行发射和接收操作,每个 MUT 元件可对于发射操作或者接收操作被独立地优化。此外,通过对于发射或者接收操作独立地优化 MUT 元件,同一个偏置电压可施加于 MUT 元件,由此简化与 MUT 换能器阵列有关的偏置电路。另外,因为 MUT 元件为发射和接收被独立地优化,不同的偏置电压可施加于发射和接收组件,由此提供进一步的元件优化。



1. 一种微加工的超声换能器阵列(300,400), 其包括:

多个微加工的超声换能器发射元件(320,420), 每个所述超声换能器发射元件包括多个用于超声波发射的微加工超声换能器发射单元(110,305,405);

多个微加工的超声换能器接收元件(330,430), 每个所述超声换能器接收元件包括多个用于超声波接收的微加工超声换能器接收单元(210,310,410); 和

所述多个超声换能器发射元件和所述多个超声换能器接收元件根据交替图案以二维形式在微加工的超声换能器阵列上设置为多个列和多个行;

其特征在于, 所述超声换能器发射单元和超声换能器接收单元各包括悬伸于一腔(226)之上的膜(242), 在该膜和该腔的底部(234)之间形成一间隙(238);

一个偏置电路连接供应用于偏置所述超声换能器发射单元和超声换能器接收单元的电信号, 一偏置电压施加到用于偏移所述膜; 和

每个所述超声换能器发射单元的间隙是大的, 从而每个所述超声换能器发射单元提供最大功率输出, 和每个所述超声换能器接收单元的间隙是小的, 从而每个所述超声换能器接收单元提供最大的灵敏度。

2. 根据权利要求 1 所述的换能器, 其特征在于, 一第一偏置电压施加于所述超声换能器发射元件, 一第二偏置电压施加于所述超声换能器接收元件, 并且该第一和第二偏置电压是相同。

3. 根据权利要求 1 所述的换能器, 其特征在于, 一第一偏置电压施加于所述超声换能器发射元件, 一第二偏置电压施加于所述超声换能器接收元件, 并且该第一和第二偏置电压是不同。

4. 根据权利要求 1 所述的换能器, 其特征在于,

每个超声换能器发射单元的膜比超声换能器接收单元的膜更硬。

5. 根据权利要求 1 所述的换能器, 其特征在于, 在超声换能器发射元件(320,420)与相邻超声换能器接收元件(330,430)之间的间距等于与该换能器有关的发射脉冲的 $1/2$ 波长或等于 $1/2$ 波长的 0.7 倍。

6. 一种包括至少一个微加工的超声换能器阵列(300,400)的超声探头, 微加工的超声换能器阵列包括:

多个微加工的超声换能器发射元件(320,420),每个所述超声换能器发射元件包括多个用于超声波发射的微加工超声换能器发射单元(110,305,405);

多个微加工的超声换能器接收元件(330,430),每个所述超声换能器接收元件包括多个用于超声波接收的微加工超声换能器接收单元(210,310,410); 和

所述多个超声换能器发射元件和所述多个超声换能器接收元件根据交替图案以二维形式在微加工超声换能器阵列上设置为多个列和多个行;

所述超声换能器发射单元和超声换能器接收单元各包括悬伸于一腔(226)之上的膜(242),在该膜和该腔的底部(234)之间形成一间隙(238);一个偏置电路连接供应用于偏置所述超声换能器发射单元和超声换能器接收单元的电信号,一偏置电压施加到用于偏移所述膜; 和

每个所述超声换能器发射单元的间隙是大的,从而每个所述超声换能器发射单元提供最大功率输出,和每个所述超声换能器接收单元的间隙是小的,从而每个所述超声换能器接收单元提供最大的灵敏度。

微加工的超声换能器阵列

技术领域

本发明总体上涉及超声换能器，尤其涉及一种有效的微加工的超声换能器 (MUT) 阵列。

背景技术

超声换能器已应用了相当长时间，并对于非介入式的医学诊断成像非常有效。超声换能器一般由压电元件或微加工的超声换能器 (MUT) 元件形成。压电元件典型地由压电陶瓷比如锆酸钛酸铅 (PZT) 制成，多个元件布置形成换能器。MUT 是通过使用已知的半导体制造技术形成，以获得一电容性的超声换能器单元，该单元大体上包括一挠性膜，该挠性膜围绕其边缘在硅基片上被支撑。通过将电极形式的接触材料施加于膜或膜的一部分上和施加于硅基片的腔底部，然后在电极上施加合适的电压信号，MUT 被激励以产生合适的超声波。同理，当被电偏置时，MUT 的膜可以被用来接收超声信号，通过获取反射的超声能量并将此能量转化为电偏置膜的运动，从而生成一个接收信号。

超声换能器元件可和控制电路组合在一起而形成换能器组件，该组件以电子线路板的形式进一步组装在一可能包括附加控制电子设备的外壳中，以组合成为超声探头。包含各种声匹配层、衬垫层和去匹配层的超声探头用于发射和接收经过机体组织的超声信号。

以往，如 US6262946 所知的 MUT 阵列一般设计为每个 MUT 元件都是收发器。在此结构中，每个 MUT 元件既产生一发送脉冲又接收声能。此外，US6013032 描述二维阵列的超声换能器元件。该阵列包括多个子阵列，每个子阵列包括多个发射元件与接收元件，以消除发射/接收开关的需要。

然而，MUT 元件的特性使其不可能同时作为一个良好的声能发射器和声能接收器。比如，在一发射脉冲的过程中，希望 MUT 能提供大功率的输出。为了达到此效果，希望以大的膜偏移、大的间隙、高的膜硬度和高的偏置电压来产生满足发射要求的高的压力波。在此 MUT 中，腔深度至少比静态的膜偏移大三倍。大于腔深度的约三分之一的膜偏移将导致抵靠腔底的膜的破裂。间隙限定为膜到腔底之间的距离。大的间隙将

导致小电容量和大的虚阻抗。理想情况下，施加一偏置电压来使膜偏移并将间隙减至膜不致破裂的最小尺寸。

相反，对于作为一敏感的声接收器的 MUT 来说，小的膜偏移、小的间隙、低的膜硬度和高的偏置电压产生一灵敏的声接收器元件。小的间隙减小了虚阻抗，当接受从目标反射回来的声能时柔软的膜容易偏移，从而获得高的信号噪声比（SNR）。

因此，希望有一种 MUT 阵列，其中单独的 MUT 元件对于发射和接收功能被独立地优化。

发明内容

披露了一种包括单独的 MUT 发射元件和 MUT 接收元件的超声换能器阵列，其中 MUT 发射元件和 MUT 接收元件在换能器阵列上以二维形式分布。通过使用不同的 MUT 元件发射和接收，每个 MUT 元件对于发射操作或者接收操作可被独立地优化。此外，通过对于发射或者接收操作独立地优化 MUT 元件，同一个偏置电压可施加于 MUT 元件，由此简化与 MUT 换能器阵列有关的偏置电路。另外，因为 MUT 元件对于发射和接收被独立地优化，不同的偏置电压可施加于发射和接收元件，因此提供进一步的元件优化。

特别是，本发明提出一种微加工的超声换能器阵列，其包括：多个微加工的超声换能器发射元件，每个所述超声换能器发射元件包括多个用于超声波发射的微加工超声换能器发射单元；多个微加工的超声换能器接收元件，每个所述超声换能器接收元件包括多个用于超声波接收的微加工超声换能器接收单元；和所述多个超声换能器发射元件和所述多个超声换能器接收元件根据交替图案以二维形式在微加工的超声换能器阵列上设置为多个列和多个行；其特征在于，所述超声换能器发射单元和超声换能器接收单元各包括悬伸于一腔之上的膜，在该膜和该腔的底部之间形成一间隙；一个偏置电路连接供应用于偏置所述超声换能器发射单元和超声换能器接收单元的电信号，一偏置电压施加到用于偏移所述膜；和每个所述超声换能器发射单元的间隙是大，从而每个所述超声换能器发射单元提供最大功率输出，和每个所述超声换能器接收单元的间隙是小，从而每个所述超声换能器接收元件提供最大的灵敏度。

一第一偏置电压施加于所述超声换能器发射元件，一第二偏置电压施加于所述超声换能器接收元件，并且该第一和第二偏置电压是相同。

一第一偏置电压施加于所述超声换能器发射元件，一第二偏置电压施加于所述超声换能器接收元件，并且该第一和第二偏置电压是不同。

每个超声换能器发射单元的膜比超声换能器接收单元的膜更硬。

在超声换能器发射元件与相邻超声换能器接收元件之间的间距等于与该换能器有关的发射脉冲的 $1/2$ 波长或等于 $1/2$ 波长的 0.7 倍。

本发明提出一种包括至少一个上述微加工的超声换能器阵列的超声探头。

对于本领域的普通技术人员，本发明的其它系统、方法、特征和优点在审查下面的附图和详细说明时将是或将成为显而易见的。包括在此说明书之中的所有这些附加的系统、方法、特征和优点都在本发明范围之内，并且被后附的权利要求书所保护。

附图说明

参照附图可更好地理解由权利要求书限定的本发明。图中的元件不按比例绘制，重点应放在清楚地阐明本发明的原理上。

图 1 是在无电偏置下微加工的超声换能器 (MUT) 单元组件的截面示意图。

图 2 是在有电偏置下图 1 的 MUT 单元组件的截面示意图。

图 3A 是根据发明的一方面构建的并结合图 1 和图 2 的 MUT 单元的 MUT 阵列的平面图。

图 3B 是图 3A 的 MUT 阵列的替代实施例的一部分的平面图。

图 4 是图 3A 的 MUT 阵列的另一替代实施例。

具体实施方式

下文描述的本发明可应用于与基片连接的微加工的超声换能器 (MUT) 元件，集成电路 (IC) 形成在此基片上。

图 1 是在无电偏置下一典型微加工的超声换能器 (MUT) 单元组件 100 的截面示意图。应该指出的是，很多技术可以用来构造多种构形的 MUT 单元，在图 1 (和下面在图 2 中) 所示的构形仅为示例性的。MUT 单元组件 100 一般包括形成在 MUT 基片 118 上的 MUT 单元 110。MUT 单元组件 100 还包括集成电路 (IC) 组件 132。IC 组件 132 包括一 IC 基片 114，其上面形成有集成电路 116。IC 基片 114 可能是任何半导体材料，并且在此实施例中示例性地为硅 (Si)。依照本领域普通技术人员所知的技术，集成电路 116 在 IC 基片 114 上形成。集成电路 116 仅为示意用途

被夸张地示出。

MUT 基片 118 也可使用例如硅来形成，并且该 MUT 基片包括在 MUT 基片 118 的一个表面上生长或沉积的电接点 124。优选地由氮化硅构造成的膜 122 被施加在一个暴露的 MUT 基片 118 的表面和电接点 124 的上面，以形成一腔 126，该腔通常称作真空隙。形成腔 126 的膜 122 的那一部分 142 是挠性的。腔 126 限定一间隙 138，它是称作腔底 134 的腔底部到挠性膜部分 142 的下表面 136 之间的距离。

如图所示，电接点 128 施加在挠性膜部分 142 的上面，以便与腔 126 电连接，该腔起到一可变电容器的作用。挠性膜部分 142 具有足够的挠性，以至于它能响应于经电接点 124 和 128 施加的电信号而偏移，并响应于撞击在挠性膜部分 142 上的声能而偏移。为了简化，向电接点 124 和 128 提供电信号来使 MUT 单元组件 100 偏置的电路被省略了。然而，那些本领域的普通技术人员熟悉此偏置电路。

MUT 基片 118 可利用例如导电通孔(未示出)接合在的集成电路 116 上，但不局限于导电通孔，导电通孔通过 MUT 基片 118 从电接点 124 延伸到集成电路 116 上的电路(未示出)。此连接方法披露于在 2001 年 7 月 31 日提交的共同转让的共同未决的美国专利申请序号 09/919,470 (律师记录号 10004001)，即现为 US6,551,248，在此引入以供参考。

图 2 是在电偏置下图 1 的 MUT 单元组件 100 的截面示意图。当电动势施加在 MUT 单元组件 200 的电接点 224 和 228 上时，悬伸在腔 226 上面的挠性膜部分 242 如图所示地偏移。挠性膜部分 242 的偏移减小了从挠性膜部分 242 的表面 236 到腔 226 的底 234 之间的间隙。MUT 单元 210 的声学特性可以通过对挠性膜部分 242 的施加电偏置来改变，由此改进某些性能参数。而且，MUT 单元的物理特性可被设计为限定 MUT 单元的声学性能。诸如腔深度和宽度以及膜的硬度的特性可被改变，以获得 MUT 单元的希望的声学性能。比如，对于发射 MUT 单元来说，大功率输出是所需的。为了得到大功率输出，希望有大的膜偏移。大的膜偏移需要一深的腔 226。腔深度至少应为挠性膜部分 242 静态偏移的三倍。大于腔深度的三分之一的偏移造成抵靠腔 226 的底 234 的挠性膜部分 242 破裂。大的腔深度造成大的间隙 238。大的间隙 238 造成小的电容量和大的虚阻抗，使得高电压仅提供小电流。如图 2 所示，施加的偏置电压使

挠性膜部分 242 偏移并将间隙 238 减至不致破裂的最小尺寸。

如果图 2 中的 MUT 单元组件 200 用作一接收元件，一小间隙 238 和一低硬度的膜 222 是所希望的。一小间隙 238 减小虚阻抗，并且一低硬度的膜 222 随具有高信号噪声比的声波的声波负载而偏移。这种结合改善了 MUT 单元 210 的灵敏度。

如上文所提到的，MUT 单元 210 的外形尺寸和特性可根据所希望的声学性能而改变。另外，施加在 MUT 单元 210 上的偏置电压可用来改变 MUT 单元 210 的声学性能。在发明的一个方面中，对于发射和接收操作，MUT 单元优化成使用同一偏置电压。在此结构中，偏置电路被简化，因为只有一个偏置电压提供给每个 MUT 单元，由此简化了每个 MUT 单元的电路。此外对于不同的成像状态，电偏置电路可调谐成在不同频率处优化 MUT 单元的性能。例如，希望在低频率发送而在高频率接收。

图 3A 是根据发明的一方面构建并结合图 1 和图 2 的 MUT 单元的 MUT 阵列的平面图。MUT 阵列 300 包括多个 MUT 发射元件和多个 MUT 接收元件，分别用附图标记 320 和 330 来表示其中的一种。每个 MUT 发射元件 320 和 MUT 接收元件 330 包括多个 MUT 单元，对于 MUT 发射元件 320，用附图标记 305 表示其中一个典型单元，而对于 MUT 接收元件 330，用附图标记 310 表示其中一个典型单元。MUT 单元 305 和 310 分别对应于图 1 和图 2 中的 MUT 单元 110 和 210。虽然每个元件用四个八边形 MUT 单元来表示，每个元件也可能具有其它的 MUT 单元的构形和数量。

如图 3A 所示，MUT 发射元件 320 和 MUT 接收元件 330 以一交替图案布置在二维 MUT 阵列 300 上。MUT 发射元件 320 和 MUT 接收元件 330 以列和行布置，用附图标记 301 和 303 表示典型列，而用附图标记 302 和 304 表示典型行。在图 3A 所示的图案中，MUT 发射元件 320 与 MUT 接收元件 330 相邻。此结构在 MUT 发射元件 320 和 MUT 接收元件 330 之间形成一 $1/2$ 波长（用符号 λ 代表波长）或者更小的间距。间距是从一个

元件的中心线到另一个元件的中心线的距离。此 $1/2\lambda$ 的间距结构允许足够的声学孔的采样，并且允许可操纵超声束沿任何方向的主轴传播。在相控阵成像系统领域中的普通技术人员将认知以 $1/2$ 波长间距来间隔阵列元件的好处，这样当操纵波束时避免了声波束中栅瓣的有害效应。通过将每一列和行中的 MUT 发射元件 320 和 MUT 接收元件 330 互换，每一列和行中的每个元件产生一帶有有效的 $1/2$ 波长间距的超声束。此“棋盘”图案实现了所希望的元件间距，并且允许沿任何方向操纵超声束。

此外，为了满足在对角线方向上栅瓣的需要，沿两个方向上的间距可以由每个元件的斜边和侧边之间以 0.7 的几何关系来减小。因此，对于发射元件和接收元件来说，元件的任一行和列都有一 $1/2$ 波长或更小的间距。此构形将在下文用图 3B 来更详细地解释。以这样的方式，MUT 发射元件 320 和 MUT 接收元件 330 的声学参数可被独立地优化，同时保持一所希望的窄的波束宽度。虽然在图 3A 中用“棋盘”的图案来表示 MUT 元件以二维的形式分布在阵列上，但 MUT 发射元件 320 和 MUT 接收元件 330 也可有其它的构形。

此外，由于对于发射和接收具有分离的 MUT 元件，可容易地实现对 MUT 发射和接收元件的独立的偏置。以这样的方式，MUT 发射元件 320 中的 MUT 单元 305 可设计成以最大的功率提供所需的大的膜偏移，同时 MUT 接收元件 330 中的 MUT 单元 310 可设计成具有可能存在的最小间隙和最低的膜硬度（和最大的灵敏度）。此 MUT 接收元件 330 以其最高的灵敏度和带宽承受反射的声波和医学成像环境。

图 3B 是阐明图 3A 的 MUT 阵列的一个替代实施例的一部分 350 的平面图。阵列部分 350 包括一对 MUT 发射元件 320 和一对 MUT 接收元件 330，两元件之间布置有一间距，这样每个元件的对角长度相当于 $1/2\lambda$ 的波长。如同上文提到的，为了避免声波束中栅瓣的有害效应，不仅在主轴方向，而在任何方向上诸如对角方向上操纵波束时，元件之间 $1/2$ 波长的间距减小到大约 $0.7*1/2\lambda$ 。用上文说明的棋盘式组合， $1/2$ 波长的元件间距减小到大约 $0.7*1/2\lambda$ ，如图 3B 所示。当使用 $0.7*1/2\lambda$ 元件间距时，在图 3B 中所示的每个元件的对角尺寸相当于 $1/2$ 波长。此外，元件间距可在 $0.7*1/2\lambda$ 到 $1/2\lambda$ 之间。

图 4 是图 3A 的换能器阵列 300 的一替代实施例 400。换能器阵列 400 包括分离的 MUT 发射和接收元件，分别是 420 和 430，但是在图 4

的实施例中，MUT接收元件430包括MUT单元410，该MUT单元410的直径小于每个MUT发射元件420中的MUT单元405的直径。而且，MUT单元410中MUT单元腔（在图4中未示出）的尺寸可与MUT单元405中的MUT单元腔的尺寸不同。通过改变MUT单元410的物理尺寸，换能器阵列400的接收性能可被进一步改善。

依照发明的一个方面，相同的偏置电压可施加于MUT发射元件420和MUT接收元件430。就MUT发射元件420中的MUT单元405而论，通过改变接收元件430中MUT单元410的物理特性，MUT接收和发射元件各自的声学性能可被独立地优化。以这样的方式，因为MUT发射元件420中的MUT单元405的物理特性和MUT接收元件430中的MUT单元410的物理特性可被改变以独立地优化MUT发射元件420和MUT接收元件430的各自的声学性能，同一偏置电压可施加于MUT发射元件420和MUT接收元件430。这样，电偏置电路（未示出）可被简化，因为相同的偏置电压既施加于发射也施加于MUT接收元件。

或者，为了进一步独立地优化发射和接收元件各自的声学性能，一不同的偏置电压可施加于MUT发射元件和MUT接收元件，如图3A、3B和4中所示。

对于本领域的普通技术人员而言，很明显，在未脱离本发明的原理的情况下可针对本发明做很多如上文所阐明的那样的变型和变化。例如，本发明可以以压电陶瓷和MUT换能器元件的方式使用。而且，本发明可应用到不同的基片材料上，例如包括硅和锗。所有这种变型和变化意在包含在此。

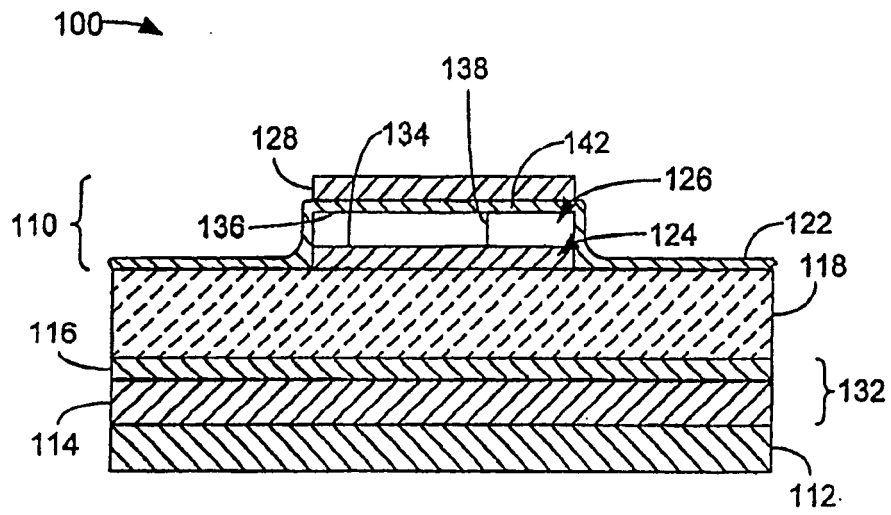


图 1

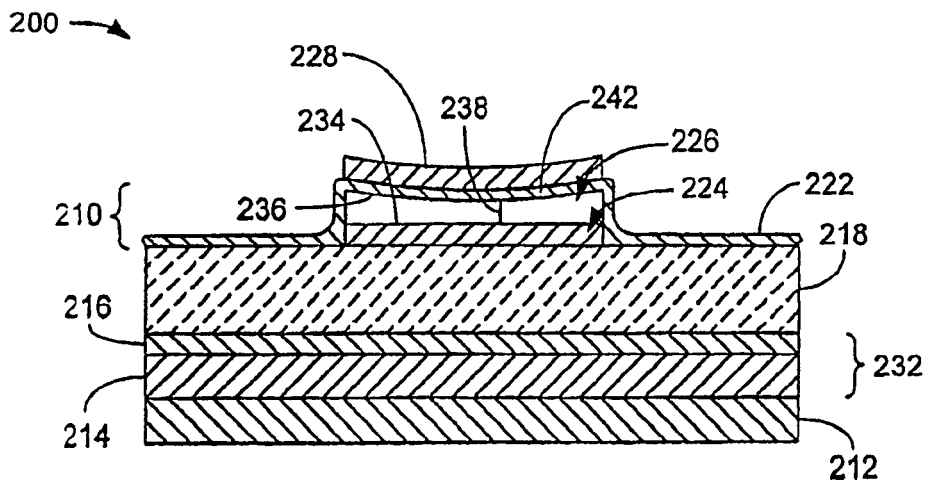


图 2

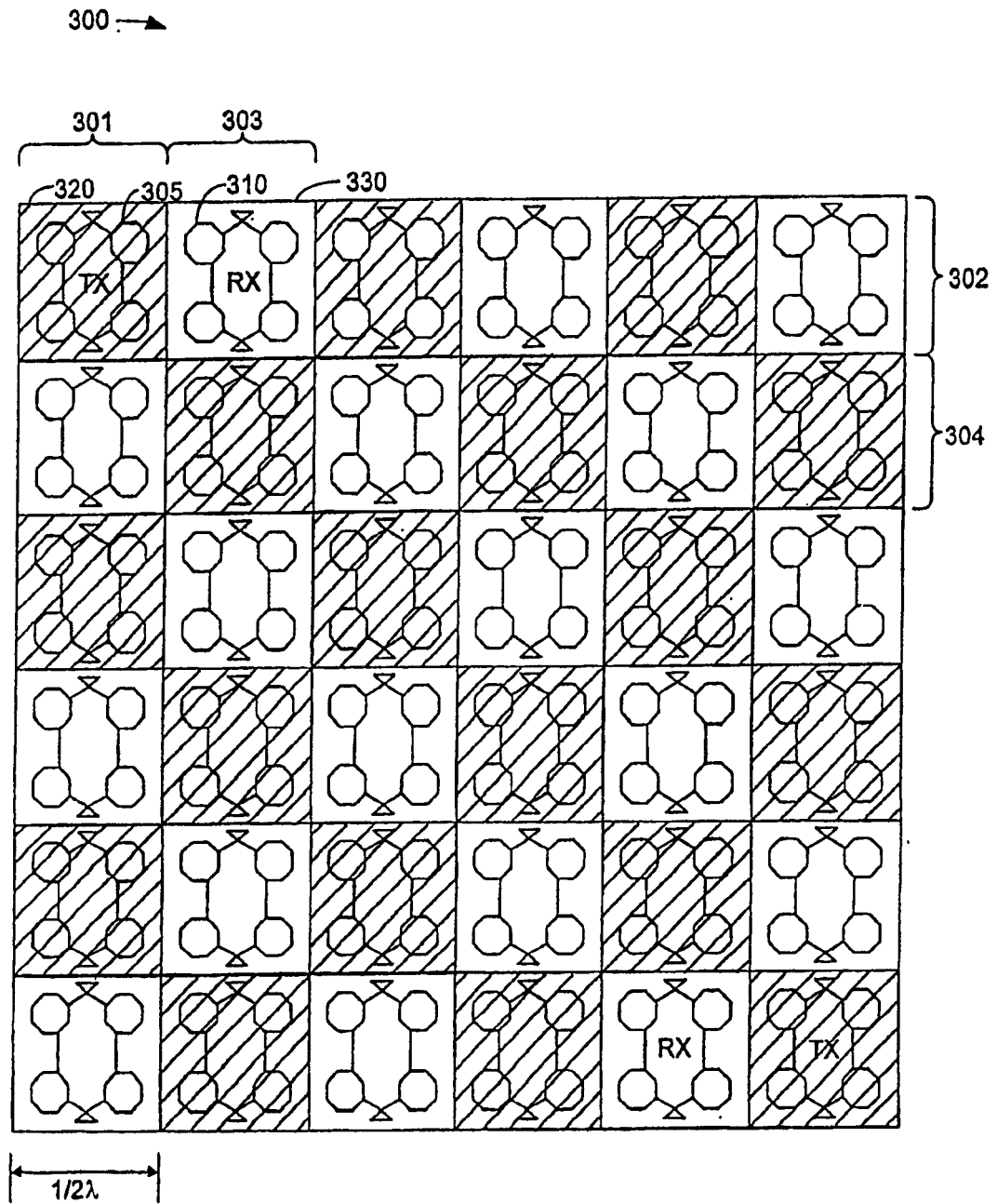


图 3A

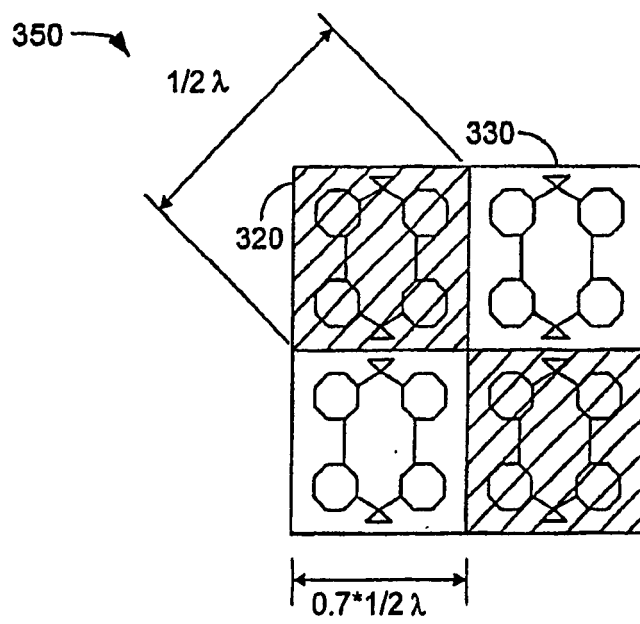


图 3B

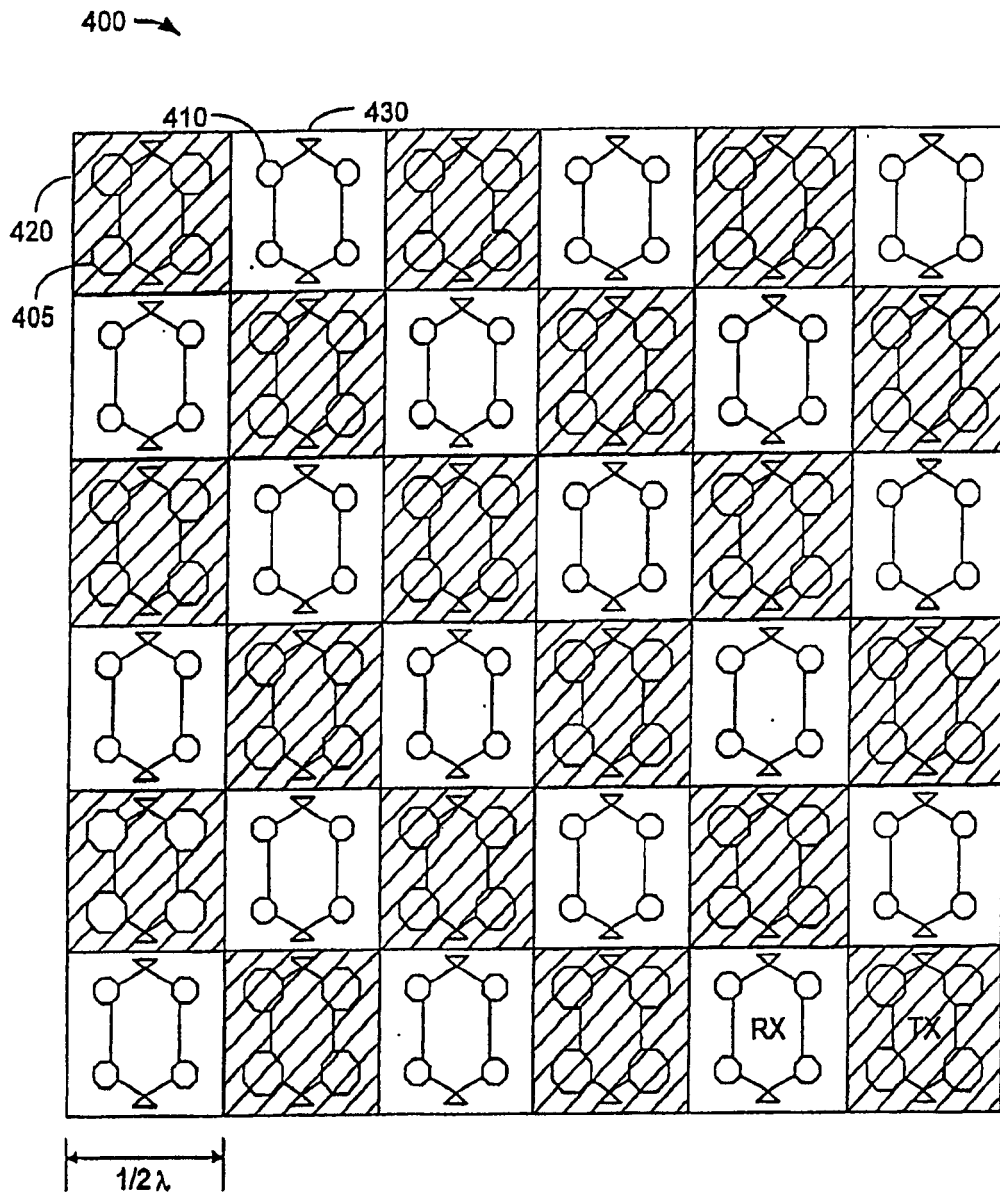


图 4

专利名称(译)	微加工的超声换能器阵列		
公开(公告)号	CN1294075C	公开(公告)日	2007-01-10
申请号	CN02803084.2	申请日	2002-07-26
[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)	皇家飞利浦电子有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子有限公司		
[标]发明人	DG米勒		
发明人	D·G·米勒		
IPC分类号	B81B7/04 B06B1/00 B81B3/00 B06B1/02 G01H11/06 G01N29/24 A61B8/00 H04R17/00		
CPC分类号	B06B1/0292		
优先权	09/919536 2001-07-31 US		
其他公开文献	CN1535243A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

包括单独的MUT(微加工的超声换能器)发射元件和MUT接收元件的超声换能器阵列包括以二维形式分布在阵列上的MUT发射元件和MUT接收元件。通过使用不同的MUT元件进行发射和接收操作，每个MUT元件可对于发射操作或者接收操作被独立地优化。此外，通过对于发射或者接收操作独立地优化MUT元件，同一个偏置电压可施加于MUT元件，由此简化与MUT换能器阵列有关的偏置电路。另外，因为MUT元件为发射和接收被独立地优化，不同的偏置电压可施加于发射和接收组件，由此提供进一步的元件优化。

