[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
B06B 1/06
H01L 41/08
H04R 17/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03809931.4

[43] 公开日 2005 年 8 月 3 日

[11] 公开号 CN 1649678A

[22] 申请日 2003.4.28 [21] 申请号 03809931.4
[30] 优先权
[32] 2002. 5. 1 [33] US [31] 10/137,491
[86] 国际申请 PCT/IB2003/001724 2003.4.28
[87] 国际公布 WO2003/092916 英 2003.11.13
[85] 进入国家阶段日期 2004.11.1
[71] 申请人 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 J·D·弗拉塞 M·K·克里
G·施米茨

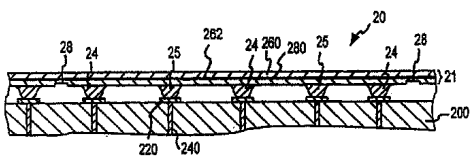
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 吴立明 张志醒

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 9 页

[54] 发明名称 超声薄膜换能器

[57] 摘要

本发明涉及用于微制作的薄膜超声换能器的结构，以及制造此结构的方法。 在一个实施方案中，换能器包括具有压电材料的平坦部件，和设置在平坦部件上且耦合到压电材料的间隔开的电极，用来将电场施加到此层，以及连接到电极的吸声背衬部件。 在另一实施方案中，换能器包括具有邻接半导体材料的压电材料的平坦部件，此半导体材料具有单片地形成在层中且耦合到压电材料的有源电路。在另一个实施方案中，换能器包括具有压电材料的平坦部件，以及具有单片形成的有源电路的半导体材料邻接层的吸声背衬部件，此有源电路被耦合到电极。



ISSN1008-4274

1. 一种微制作的超声薄膜换能器，包含：

其中形成有一层压电材料 280 的平坦部件 21；

设置在平坦部件 21 表面上、且耦合到压电材料层 280 的多个间隔开的电极 24、25，用来将电场 29 施加到此层以便弯曲平坦部件 21 的所选部分 27；以及

固定地连接到多个电极 24、25 的吸声背衬部件 200。

2. 根据权利要求 1 的换能器，其中，平坦部件 21 还包含压电层 280 所支承的上层 260。

3. 根据权利要求 2 的换能器，其中，平坦部件 21 还包含插入在上层 260 与压电层 280 之间的中间层 32。

4. 根据权利要求 2 的换能器，其中，平坦部件 21 还包含插入在上层 260 与压电层 280 之间的抗反应层 262。

5. 根据权利要求 1 的换能器，其中，多个间隔开的电极 24、25 还包含基本上平行且延伸跨过表面的多个延长的电极。

6. 根据权利要求 1 的换能器，其中，吸声背衬部件 200 还包含固定地连接到电极 24、25 的多个接触焊盘 220。

7. 根据权利要求 6 的换能器，其中，吸声背衬部件 200 还包含耦合到穿过吸声背衬部件 200 延伸的接触焊盘 220 的多个导电部件。

8. 根据权利要求 1 的换能器，其中，平坦部件 21 还包含其中单片地形成有多个有源电路 54 的薄硅层，每个有源电路耦合到电极和压电层 280。

9. 一种微制作的超声薄膜换能器 60，包含：

具有一层压电材料 280 和邻接的半导体材料层 62 的平坦部件 21，此半导体材料层 62 具有单片地形成在其中、并耦合到压电材料层 280 的多个有源电路 64；

设置在平坦部件 21 表面上、且耦合到有源电路 64 的多个间隔开的电极 24、25，用来将电场施加到压电层 280 以便弯曲平坦部件 21 的所选部分；以及

固定地连接到多个电极的吸声背衬部件。

10. 一种制造微制作的超声薄膜换能器的方法，包含：

在半导体衬底 72 上形成一层介质材料 260；

将一层压电材料 280 设置在介质层 260 上；

在压电材料层 280 上形成多个间隔开的电极 24、25；

将吸声背衬部件 200 连接到多个电极 24、25；以及

去除半导体衬底 72。

超声薄膜换能器

本发明通常涉及超声诊断系统，其采用超声换能器通过超声成像来提供有关身体内部的诊断信息，更具体地，本发明涉及用于这种系统中的超声薄膜换能器。

超声诊断成像系统被广泛地用来进行超声成像和测量。例如，心脏科医生、放射科医生以及产科医生分别采用超声成像系统来检查心脏、各种腹部器官、或显现胎儿。通常，利用这些系统，借助于将超声换能器阵列置于病人的皮肤上，并激励位于阵列中的一个或多个元件将超声能量通过皮肤传输到病人体内，来获得成像信息。响应于超声能量向身体的传输，超声回声从身体的内部结构发出。返回的声学回声被阵列中的一个或多个元件转换成电信号，由将诊断系统耦合到换能器阵列的电缆传送到诊断系统。

软件和数字技术的最新进展已经使得能够开发灵活性和数据处理速率增强的超声成像系统。因此，诊断探针中的超声换能器元件的数目也不断地增多，使得能开发产生高横向分辨率的相对宽孔径的诊断探针。

通常用于超声诊断探针的声学换能器，一般包含单独的压电元件阵列，这些压电元件借助于执行大量精细的制造步骤而由结晶压电材料形成。例如，借助于将单块压电材料接合到声阻抗比较低且声衰减高的吸声背衬（acoustic backing）部件，已经制作了现有技术的声换能器阵列。然后，借助于将此材料切割或划片形成阵列的精细矩形元件而横向细分此材料。用各种金属化工艺将电接触焊盘淀积在单独的元件上，以便使导电体能够耦合到阵列的单独元件。通常，用包括焊接、点焊的各种电连接方法，或借助于将导体接合到接触焊盘，来将导电体耦合到接触焊盘。

虽然上述的制造步骤一般适合于形成具有直至几百个元件的声换能器阵列，但用上述技术不容易制作具有更小尺寸的元件组成的更大的阵列。因此，硅微电子器件制造中所用的各种方法已经被用来在半导体衬底上生产超声换能器元件，因为这些技术使得能够重复地制

造具有复杂细节的小型结构。结果，可以容易地大量制造比使用上述方法可得到的小得多的换能器元件。

图 1 是根据现有技术的微制作（micro-formed）的薄膜超声换能器阵列 1 的局部剖面图。此阵列 1 包括位于硅衬底 3 的上表面 12 上的多个微制作薄膜元件 2。元件 2 通常包括与和衬底 3 邻接的下表面 7 分开的上表面 4。各个元件通过形成在衬底 3 中的多个电互连被耦合到随时间变化的电压源。为了清楚起见，未示出到达各个元件的电压源和电互连。当随时间变化的激发电压被施加到各个元件时，源于元件的电机械性质而在上表面 4 中产生振动偏移。因此，响应于所施加的随时间变化电压，就产生从上表面 4 向外辐射的声波 5。元件的电机械性质同样使元件响应于声波 6 撞击在上表面 4 上产生的偏移。

上述现有技术阵列 1 的一个缺点是，元件 2 产生的一部分超声能量可能被向回投射到下方的衬底 3 中，而不是以声波 5 被向外辐射。因而引起元件 2 的辐射能量的部分损失。而且，当超声能量被耦合到下方衬底 3 中时，超声能量以声波 8 的形式传播进入衬底 3 中，声波 8 可能在衬底 3 的下表面 11 处被内部反射，从而形成向着衬底 3 上表面 12 方向的反射波 9。多个反射波 9 然后可以在上表面 12 与下表面 11 之间的衬底 3 中传播。存在于各个反射波 9 中的一部分能量也可以通过表面 11 离开衬底 3，从而形成多个泄漏波 10。由于波 9 可以被阵列 1 中的其它元件 2 接收，故衬底 3 中声波 9 的传播还使超声能量能够在元件 2 之间被交叉耦合，从而产生元件 2 之间不希望有的“串扰”信号，以及其它不希望有的干扰效应。而且，波在衬底 3 中的内部反射可能对阵列 1 的接受角，即方向性有不利的影响。

各种现有技术器件包括了阻止波在衬底中传播的元件。例如，一种现有技术器件采用了在元件 2 之间向下延伸到衬底 3 中的多个沟槽，来中断波在衬底 3 中的传播。相似的现有技术器件采用了填充有声衰减材料的向下突出的沟槽，以便至少部分地吸收反射波 9 的能量。虽然这些现有技术器件降低了衬底中不希望有的横向波传播，但通常也限制了由于减少了可以独立变化的设计参数的数目带来的微制作元件 2 的固有优点。而且，额外的制造步骤明显地提高了微制作的换能器阵列的制造成本。

与图 1 所示现有技术阵列 1 相关的另一个缺点是，阵列 1 通常被

暴露于各种物质，包括水、消毒剂、连接胶。由于元件 2 被微制作在衬底 3 上，故各种小的凹陷可能存在于阵列 1 上，而这些物质可以积聚在其中。例如，多个凹陷 13 可以形成在元件 2 之间，由于通常无法适当地清洗阵列 1 的小凹陷 13，使污染物可能不断积累。此外，暴露于这些物质的表面可能容易受到由于这种暴露而导致的侵蚀或腐蚀。

现有技术阵列 1 的另一缺点是，阵列 1 缺乏硬覆盖表面来保护阵列 1。因此，阵列 1 通常容易受物理冲击产生的损伤，因为阵列 1 承受的冲击可以损伤单独的元件 2，以及包含电互连或其它器件的下方衬底 3。

因此，在本领域中需要能够产生明显降低声波在下方衬底中的传播的微制作的超声阵列。此外，在本领域中需要抵抗来自各种物质的污染和损伤、且容易清洗的微制作的超声阵列。而且，本领域还需要能够抵抗来自通常遇到的物理冲击损伤的微制作超声阵列。

本发明的目的是用于微制作的薄膜超声换能器阵列的改进结构，以及用来制造此改进结构的方法。在本发明的一个方面，微制作的薄膜换能器阵列包括具有一层压电材料的平坦部件和设置在平坦部件表面上且耦合到压电材料层的多个间隔的电极，以便将电场施加到此层，以及固定地连接到该多个电极的吸声背衬部件。在另一个方面，微制作的薄膜换能器阵列包括具有一层压电材料和邻接的半导体材料层的平坦部件，半导体材料层具有多个形成在半导体层中、且耦合到压电材料层的单片形成的有源电路，多个间隔的电极设置在平坦部件表面上且耦合到有源电路，以便将电场施加到压电层，以及固定地连接到多个电极的吸声背衬部件。在又一个方面，微制作的薄膜换能器阵列包括具有一层压电材料的平坦部件，设置在平坦部件表面上用来将电场施加到压电层的多个间隔的电极、以及具有邻接的半导体材料层的吸声背衬部件，此半导体材料层具有多个单片形成的有源电路，此有源电路耦合到电极，并被固定地连接到选定位置处的电极。

图 1 是根据现有技术的微制作的薄膜换能器的局部剖面图。

图 2 是根据本发明一个实施方案的微制作的薄膜换能器的局部

平面图。

图 3 是根据本发明一个实施方案的微制作的薄膜换能器的局部剖面图。

图 4 是根据本发明另一个实施方案的微制作的薄膜换能器的局部剖面图。

图 4a 是根据本发明另一个实施方案的微制作的薄膜换能器的局部剖面图。

图 4b 是根据本发明另一个实施方案的微制作的薄膜换能器的局部剖面图。

图 5 是根据本发明另一个实施方案的微制作的薄膜换能器的局部剖面图。

图 6 是根据本发明另一个实施方案的微制作的薄膜换能器的局部剖面图。

图 7 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 8 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 9 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 10 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 11 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 12 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 13 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 14 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 15 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器的方法中一个步骤的局部剖面图。

图 16 是根据本发明一个实施方案用来形成微制作的薄膜换能器

的方法中一个步骤的局部剖面图。

本发明通常涉及超声诊断系统，这种超声诊断系统使用超声微制作的薄膜换能器通过超声成像来提供有关身体内部的诊断信息。在下文描述以及图 2-16 中给出了本发明一些实施方案的许多具体细节，以便提供对这些实施方案的透彻理解。但本技术领域熟练人员可以理解的是，本发明可以无需下列描述所述的一些细节而加以实施。而且，在下列描述中要理解的是，有关各个实施方案的附图没有给出任何具体或相对的物理尺度。而且要理解的是，如果提到有关各个实施方案的具体或相对尺度，则除非权利要求另有说明，都不认为是限制性的。

图 2 是根据本发明一个实施方案的微制作的薄膜换能器的局部平面图。换能器 20 包括具有上侧 22 和相对的下侧 23 的平坦部件 21。此平坦部件 21 是包括至少一层压电材料（未示出）的层状结构。下面将更详细地讨论平坦部件 21 的结构。多个间隔的第一电极 24 和第二电极 25 被固定地附着到平坦部件 21 的下侧 23，并进一步被电耦合到压电材料。虽然第一电极 24 和第二电极 25 被示为间隔大致相等的间距，但要理解的是，第一电极 24 和第二电极 25 的间距可以跨越平坦部件 21 的下侧 23 以变化的间距而定位。第一电极 24 和第二电极 25 被进一步耦合到能够将随时间变化的激发电压施加在第一电极 24 与第二电极 25 之间的超声系统 26，致使产生随时间变化的电场 29。包括在平坦部件 21 中的压电材料被接入电极，以便沿通常横贯第一电极 24 和第二电极 25 取向的横向方向呈现振动运动(k_{33}模式)，致使压电材料响应于施加的激发电压而呈现沿电场 29 方向的随时间变化的横向应变。如下面将更详细地所述那样，由于第一电极 24 和第二电极 25 在位置上相对于下方结构被固定，故平坦部件 21 呈现出，在沿大致垂直于平坦部件 21 的表面 22 的方向延伸的电极 24 和 25 之间的薄膜部分 27 中的弯曲位移，从而使声波从表面 22 向外辐射。因此，在反射的声信号在薄膜部分 27 上留下印记时出现的薄膜部分 27 的位移，使压电材料沿平行于表面 22 的方向应变，从而产生随时间变化的信号，此信号可以被超声系统 26 处理。

仍然参照图 2，平坦部件 21 还包括从下侧 23 至少部分地延伸到

部件 21 中（典型地为完全穿过部件）的隔层 28，以便将换能器 20 与阵列中其它临近的换能器去除电耦合和声耦合。

图 3 是薄膜换能器 20 沿图 2 所示剖面线 3-3 的局部剖面图。平坦部件 21 包括连续的上层 260，上层 260 包含诸如氮化硅、氧化铝、氧化镁、或化学汽相淀积（CVD）的金刚石之类的硬的化学抗蚀剂材料。压电层 280 被置于临近上层 260，并可以由任选地掺有 La、Mn、Fe、Sb、Sr 或 Ni、或这些元素的任何组合的陶瓷钛酸铅（PT）或钛酸锆酸铅（PZT）组成。层 280 也可以由任选地掺有 La、Mn、Fe、Sb、Sr 或 Ni、或这些元素的任何组合的 $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ 组成。层 280 还可以由下列化合物中的任意组成：$Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$；$Pb(Sc_{1/2}Nb_{1/2})O_3$-$PbTiO_3$；$Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})_{1-x-y}(Mn_{1/2}Nb_{1/2})_xTi_yO_3$，其中，$(0 \leqslant x \leqslant 1)$，$(0 \leqslant y \leqslant 1)$，$Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3$-$PbTiO_3$；$PbY_{1/2}Nb_{1/2}O_3$-$PbTiO_3$；任选地掺有 La、Mn、Fe、Sb、Sr 或 Ni、或这些元素的任何组合的 $PbZn_{1/3}Nb_{2/3}O_3$-$PbTiO_3$，$Sr_3TaGa_3Si_2O_{14}$；$K(Sr_{1-x}Ba_x)_2Nb_5O_{15}$，其中 $(0 \leqslant x \leqslant 1)$；$Na(Sr_{1-x}Ba_x)_2Nb_5O_{15}$，其中 $(0 \leqslant x \leqslant 1)$；$BaTiO_3$；$(K_{1-x}Na_x)NbO_3$，其中 $(0 \leqslant x \leqslant 1)$；(Bi, Na, K, Pb, Ba)$TiO_3$；(Bi, Na)$TiO_3$；$Bi_7Ti_4NbO_{21}$；$(K_{1-x}Na_x)NbO_3$-(Bi, Na, K, Pb, Ba)$TiO_3$，其中 $(0 \leqslant x \leqslant 1)$；$a(Bi_xNa_{1-x})TiO_{3-b}(KNbO_{3-c})^1/_2(Bi_2O_3-Sc_2O_3)$，其中 $(0 \leqslant x \leqslant 1)$，且 $(a+b+c=1)$；$(Ba_aSr_bCa_c)Ti_xZr_{1-x}O_3$，其中 $(0 \leqslant x \leqslant 1)$，且 $(a+b+c=1)$；$(Ba_aSr_bLa_c)Bi_4Ti_4O_{15}$，其中 $(a+b+c=1)$；$Bi_4Ti_3O_{12}$；$LiNbO_3$；$La_3Ga_{5.5}Nb_{0.5}O_{14}$；$La_3Ga_5SiO_{14}$；$La_3Ga_{5.5}Ta_{0.5}O_{14}$；AlN；ZnO 或可任选地掺有 La、Mn、Fe、Sb、Sr、Ni 或这些元素任何组合的钛酸锆酸铅（PZT）织构膜，可任选地掺有 La、Mn、Fe、Sb、Sr、Ni 或这些元素任何组合的铌酸铅镁-钛酸铅（PMN-PT）织构膜，可任选地掺有 La、Mn、Fe、Sb、Sr、Ni 或这些元素任何组合的铌酸铅锌-钛酸铅（PZN-PT）织构膜，单晶 PMN-PT，单晶 PZN-PT，聚氟乙烯聚合物（PVDF）或其它适当的替换压电材料。

仍然参照图 3，薄的抗反应层 262 可以被插入在压电层 280 与上层 260 之间，以便在形成平坦部件 21 的过程中将压电层 280 与上层 260 化学上隔离。抗反应层 262 可以由 TiO_2、ZrO_2、MgO、Al_2O_3、HfO_2、$ZrTiO_4$、$LaAlO_3$、或这些化合物的任何组合组成，虽然也可以采用其它的化合物。仍然参照图 3，籽晶层可以插入在压电层 280 与抗反应

层 262 之间。籽晶层可以包含高度织构的 MgO、AlN、$LaAlO_3$、$PbZr_xTi_{1-x}O_3$、Pt(111)或 Pt(100)、Pt(111)/Ti、$La_{1-x}Sr_xCoO_3$。第一电极 24 和第二电极 25 由导电材料组成，此导电材料可以包括 Ti 或 $Ti_{1-x}W_x$ ($0 \leqslant x \leqslant 1$)合金界面层以及铝、掺有硅的铝、或掺有铜、金、铂的铝的导电层，虽然也可以采用其它的导电材料。第一电极 24 和第二电极 25 从压电层 280 向下延伸，以便连接多个淀积在吸声背衬部件 200 上的导电接触焊盘 220。接触焊盘 220 可以由金、铂、铝、或其它导电材料组成，并可以包括相似的界面层。借助于将第一电极 24 和第二电极 25 压力接合或焊接到焊盘 220，第一电极 24 和第二电极 25 被固定地接合到接触焊盘 220，以便形成第一电极 24 与焊盘 220 之间以及第二电极 25 与焊盘 220 之间比较牢固的机械连接。或者，导电的或不导电的环氧树脂化合物或其它的粘合剂可以被用来将第一电极 24 和第二电极 25 接合到焊盘 220。接触焊盘 220 被进一步电耦合到穿过吸声背衬部件 200 延伸的多个导电部件 240，以便提供将各个第一电极 24 和第二电极 25 耦合到超声系统 26（如图 2 所示）的连续导电路径。吸声背衬部件 200 可以由声衰减相对高和适当选择的低声阻抗的任意适当材料组成，其还为平坦部件 21、第一电极 24、以及第二电极 25 提供比较牢固的结构支持。适当材料的例子包括各种环氧树脂或分散有固体金属、陶瓷、或聚合物颗粒的环氧树脂基质。

图 4 是根据本发明另一实施方案的薄膜换能器 30 的局部剖面图。平坦部件 21 包括由硬的化学抗蚀材料组成的上层 260，其可以包括与前述相同的任何材料，以及其它的替换材料。压电层 280 也可以类似地由上述材料组成。中间层 32 插入在上层 260 与压电层 280 之间，以便将层 280 与上层 260 间隔开。将上层 260 与压电层 280 分离，有利地提高了压电层 280 中弯曲应力的均匀性，从而改善了器件的耦合系数。中间层 32 通常是比上层 260 或压电层 280 更易于弯曲的层，且可以由例如二氧化硅或氮氧化硅组成，虽然也可以采用其它的材料。抗反应层 262 可以任选地淀积在邻接于层 32 的压电层 280 的表面上。抗反应层 262 可以由与前述相同的任何材料、以及其它替换材料组成。

图 4a 是根据本发明另一实施方案的薄膜换能器 34 的局部剖面

图。平坦部件 21 包括由硬的化学抗蚀材料组成的上层 260，其可以包括与前述相同的任何材料以及其它的替换材料。压电层 280 也可以类似地由上述材料以及其它的替换材料组成。薄膜换能器 34 还包括位于上层 260 与压电层 280 之间的阻挡层 264。阻挡层 264 通常抑制在形成平坦部件 21 的过程中，压电层 280 与用于上层 260 的某些材料的化学相互作用。例如，在形成平坦部件 21 的过程中，可能出现不希望有的化合物，其中包含上层 260 的材料包括 CVD 金刚石等材料。因此，阻挡层 264 可以由氮化硅、氧化硅、氮氧化硅、或氮化铝、或这些化合物的组合组成。抗反应层 262 可以任选地插入在压电层 280 与阻挡层 264 之间，以便进一步抑制压电层 280 与阻挡层 264 之间的化学相互作用。抗反应层 262 可以由与前述相同的任何材料以及其它替换材料组成。

图 4b 是根据本发明另一实施方案的薄膜换能器 36 的局部剖面图。平坦部件 21 包括上层 260，它可以包括与前述相同的任何材料和其它的替换材料，以及压电层 280，它也可以类似地由上述材料以及其它的替换材料组成。如上面更充分地所述，中间层 32 可以被置于上层 260 与压电层 280 之间邻近压电层 280 的位置处，以便提高换能器 36 的声耦合系数。如前所述，抗反应层 262 可以任选地插入在中间层 32 与压电层 280 之间，以便进一步抑制压电层 280 与相邻层之间的化学相互作用。而且，换能器 36 还可以包括位于上层 260 与中间层 32 之间的阻挡层 264，以便将上层 262 与中间层 32 化学隔离。图 5 是根据本发明另一实施方案的薄膜换能器 40 的局部剖面图。如前述实施方案那样，平坦部件 21 包括硬的化学抗蚀剂上层 260。压电层 280 也可以由上述材料组成。中间层 42 被插入在上层 260 与压电层 280 之间，以便隔开层 280 与上层 260。中间层 42 由延伸在压电层 280 与上层 260 之间的多个间隔元件 44 构成，以便将上层 260 与压电层 280 分离，以便提高换能器 40 的耦合系数。例如，间隔元件 44 可以由借助于将 SiO_2 层淀积在上层 260、随后去除一部分淀积层而形成柱状结构所形成的柱状结构组成。

本发明的上述各个实施方案使吸声背衬部件能够被置于阵列后面，从而有利地降低了通过换能器背表面的超声能量损失，因此使换能器能够产生更高的灵敏度。而且，由于背衬结构的存在，阵列中换

能器之间的交叉耦合被降低了，从而能够形成较不易受到“串扰”和其它形式干扰影响的阵列。

上述实施方案还有其它的优点。例如，由于换能器位于由一般有弹性的材料组成的吸声背衬部件上，故换能器能够吸收物理冲击而不受损伤，这是由于前述实施方案不具有现有技术器件中存在的硬的易碎下方衬底。上述实施方案还提供了基本上覆盖换能器的非多孔化学上惰性且均匀的平坦部件，从而防止了诸如消毒剂或连接胶之类的污染物迁移到换能器的结构中。

图 6 是根据本发明另一实施方案的薄膜换能器 50 的局部剖面图。衬底 52 被置于吸声背衬部件 200 上，它包括单片形成在衬底 52 中的多个有源电路 54，以及诸如电容器、电阻器、或电感器之类的无源功能元件。在半导体衬底 52 中或半导体衬底 52 上实现这些无源功能元件。这些无源功能元件也可以在单独的衬底上处理，其通过引线接合或倒装芯片安装到半导体衬底 52 上。具有无源功能元件的单独衬底可以是具有集成电容器、电感器、或电阻器以及互连的 Si 衬底或陶瓷衬底。此衬底还可以是具有诸如电容器、电感器、或电阻器的集成无源功能元件的叠层型衬底。衬底 52 还包括将第一电极 24 和第二电极 25 电耦合到有源和无源电路的多个接触焊盘 220。有源和无源电路提供伸出到衬底 52 中的多个导电通孔 56，进一步电耦合到多个导电部件 240，从而在部件 240 与有源和无源电路之间形成互连。有源电路 54 可以包含控制换能器 50 工作的诸如场效应晶体管（FET）、或金属氧化物场效应晶体管（MOSFET）的简单半导体器件，或者，电路 54 可以是至少执行超声系统 26（如图 2 所示）的部分信号处理功能的更高度集成的电路。例如，有源和无源电路可以包括至少部分地执行阵列波束形成操作的电路。而且，有源和无源电路可以执行其它的功能，例如执行复用操作，或涉及换能器 50 的信号发射或接收的其它“前端”操作。

图 7 是根据本发明另一实施方案的薄膜换能器 60 的局部剖面图。平坦部件 21 包括上层 260、压电层 280、以及插入在上层 260 与压电层 280 之间的半导体衬底层 62。衬底层 62 还包括单片地形成在衬底层 62 中的多个有源电路 64。如在前述实施方案中那样，电路 64 可以包含 FET 或 MOSFET，以便控制换能器 60 的工作，或者，电路 64

可以包括可以执行超声系统 26（如图 2 所示）的至少一部分信号处理功能的更高度集成的有源和无源器件。有源电路 64 通过延伸穿过形成在衬底层 62 上的绝缘层 65 的通孔 66 而耦合到压电层 280。有源电路 64 还通过延伸穿过绝缘层 65 的通孔 68 耦合到第一电极 24 和第二电极 25。绝缘层 65 可以由诸如形成在半导体衬底层 62 表面上的二氧化硅层的适当的绝缘材料构成。

上述各个实施方案有利地使多个有源半导体电路能够被集成到换能器的结构中。这些电路可以执行各种预先的信号处理功能，从而减缓整个信号处理要求的至少一部分的超声系统。

图 8-16 是根据本发明一个实施方案的用来形成微制作的薄膜换能器的方法中各个步骤的局部剖面图。首先参照图 8，上层 260 被淀积或形成在下方硅衬底 72 上，并可以由适当的刚性和低密度材料组成。例如，上层 260 可以由用低压化学汽相淀积（LPCVD）方法淀积在硅衬底 72 上的氮化硅膜组成。或者，上层 260 可以由用化学汽相淀积（CVD）方法淀积的金刚石材料组成。

现在参照图 9，中间层 32 可以任选地被淀积在上层 260 上。在所公开的实施方案中，中间层 32 由二氧化硅或氮氧化硅组成，其可以用 LPCVD 工艺、或用本技术领域众所周知的其它工艺形成在上层 260 上。此外，抗反应层 262 可以用各种已知的工艺任选地形成在中间层 32 上。例如，当层 262 由二氧化钛组成时，借助于将二氧化钛溅射到层 32 上，可以淀积层 262。或者，可以将钛溅射到层 32 上，并对其进行热氧化，以便形成抗反应层 262。其它的材料和淀积工艺也可以用来形成层 262。

现在来参照图 10，压电层 280 被涂敷到中间层 32 和抗反应层 262。在一个方面，层 280 可以由用溶胶-凝胶工艺淀积在层 32 上的 PZT 或者施主或掺杂受主的 PZT 组成。溶胶-凝胶工艺是生产掺杂或不掺杂的 PZT、特别是薄层形式的众所周知的方法，且其优点在于高纯度的薄层 PZT 能够被制作成具有高的表面平滑度。诸如溅射或化学汽相淀积（CVD）之类的其它众所周知的方法，也可以被用来涂敷压电层 280。压电层 280 也可以由有利地呈现近乎单晶结构的掺杂或不掺杂 PZT 的织构薄膜组成。而且，也可以采用织构化的掺杂或不掺杂铌酸铅镁-钛酸铅（PMN-PT）、或织构化的掺杂或不掺杂铌酸铅锌-

钛酸铅（PZN-PT），它们有利地呈现更高的耦合系数，并在中等电场强度下能够产生比用 PZT 可得到的大一个数量级的诱导应变。如本技术领域众所周知那样，在形成压电层 28 之后，可以将此层接入电极，以便建立所希望的 k_{33} 极化性质。为了生长织构膜，可以用溶胶-凝胶工艺或溅射或化学汽相淀积（CVD）方法来淀积籽晶层。籽晶层可以包含高度织构化的 MgO、AlN、$LaAlO_3$、$PbZr_xTi_{1-x}O_3$、Pt(111)或 Pt(100)、Pt(111)/Ti、$La_{1-x}Sr_xCoO_3$。

现在参照图 11，可以借助于涂敷光致抗蚀剂材料（未示出）并用光刻方法曝光光致抗蚀剂材料，在压电层 280 中形成分隔 28。对曝光的光致抗蚀剂进行显影导致图形化结构（也未示出），其使腐蚀剂能够腐蚀分隔 28。可以用来腐蚀层 280 的腐蚀剂可以包括乙酸-硝酸溶液或乙酸-硝酸-氢氟酸溶液，虽然还存在着其它的替换。在腐蚀工艺之后，可以用众所周知的工艺从压电层 280 剥离光致抗蚀剂，以便产生图 11 所示的分隔 28。或者，可以用其它的腐蚀溶液或方法来形成延伸到压电层 280 以外的分隔 28。

图 12 示出了位于压电层 280 上的多个第一金属结构 74，它们各具有插入在第一金属结构 74 与压电层 280 之间的界面层 76。第一金属结构 74 由导电材料组成，其可以包括金、铝、或铂，虽然也可以采用其它适当的材料。界面层 76 也类似地由导电材料组成，可以包括铬、镍铬合金、钛、或 $Ti_{1-x}W_x$（$0<x<1$），其有助于将第一金属结构 74 接合到层 280。可以利用金属层 74 和界面层 76 的淀积，将多个第一金属结构 74 和界面层 76 形成在压电层 280 的表面上。例如，可以采用蒸发、溅射、或 CVD 金属淀积方法。利用光致抗蚀剂的淀积、显影光致抗蚀剂以形成图形、以及随后用湿法腐蚀或干法腐蚀过程对金属进行腐蚀，来进行金属层的图形化。

或者，借助于对光致抗蚀剂层（未示出）进行图形化、并显影光致抗蚀剂以形成开口（也未示出）来将各种材料淀积到层 280 上，能够得到层 74 和 76 的图形化。可以用众所周知的方法来淀积层 74 和 76。例如，可以采用真空淀积、溅射、或 CVD。

现在参照图 13，多个第二金属结构 75 淀积到第一金属结构 74 和界面层 76 上。第二金属结构 75 可以由导电材料组成，其可以包括金、铂、Ti/Au 或 Ti/Pt 合金的，虽然可以采用其它的导电材料。可

以用蒸发、溅射、或 CVD 方法来涂敷第二金属结构 75。利用光致抗蚀剂的淀积、显影光致抗蚀剂以形成图形、以及随后用湿法腐蚀或干法腐蚀过程对金属进行腐蚀，来进行金属层的图形化。

现在参照图 14 和 15，如图 14 所示，覆盖层 77 可以淀积在第二金属结构 75 上，以便形成多个第一电极 24 和第二电极 25。覆盖层 77 可以由包括金、铂、Ti/Au 合金或 Ti/Pt 合金的导电材料组成，虽然也可以采用其它的导电材料。如图 15 所示，得到的结构则可以被提供给吸声背衬部件 200。然后，可以用各种众所周知的方法，将第一电极 24 和第二电极 25 电耦合和机械耦合到部件 200 上的接触焊盘 220。例如，借助于将电极 24 和 25 焊接到焊盘 220，第一电极 24 和第二电极 25 可以接合到接触焊盘 220。或者，导电的或不导电的环氧树脂化合物或其它的粘合剂也可以被用来将第一电极 24 和第二电极 25 接合到焊盘 220。也可以采用压力接合方法，由此将诸如铟的金属薄层置于各个电极 24 和 25 与接触焊盘 220 之间，随之施加机械力以形成电极 24 和 25 与焊盘 220 之间的机械和电接合。

如图 16 所示，在将第一电极 24 和第二电极 25 接合到焊盘 220 之后，可以去除衬底 72。借助于背面研磨衬底 72 直至上层 260 的表面 80 被暴露，可以去除衬底 72。背面研磨操作基本上去除了所有的衬底材料，致使留下平坦部件 21 以及多个第一电极 24 和第二电极 25。也可以用其它的众所周知方法来去除衬底 72。例如，借助于对材料进行腐蚀以暴露表面 80，可以去除衬底 72。或者，也可以采用背面研磨和腐蚀的组合。

上述实施方案公开了制造微制作薄膜换能器的方法的各个步骤。利用众所周知且比较廉价的半导体制造方法和设备，可以有利地实现所公开的各个步骤。而且，公开步骤中所示的结构可以由外部晶片制造厂家常规地生产，这可以使成本进一步降低。

本发明所示实施方案的上述描述不被认为是完全的或将本发明限制为所公开的准确形式。虽然前面为了说明的目的描述了本发明的各种具体的实施方案和例子，但本技术领域数量人员可以理解的是，可以在本发明的范围内进行各种等效的变型。而且，上述的各种实施方案可以被组合来提供进一步的实施方案。因此，本发明不受此公开的限制，本发明的范围完全由下列权利要求确定。

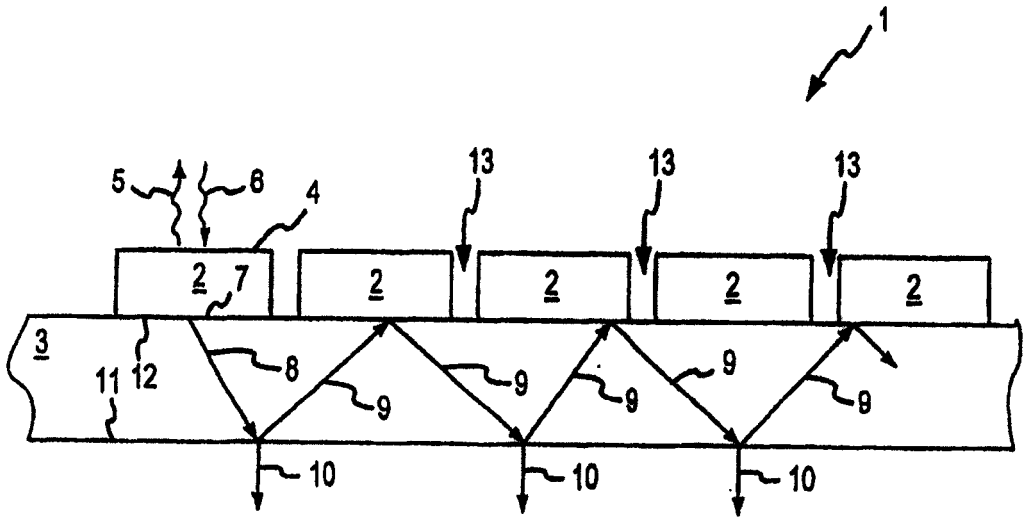


图 1

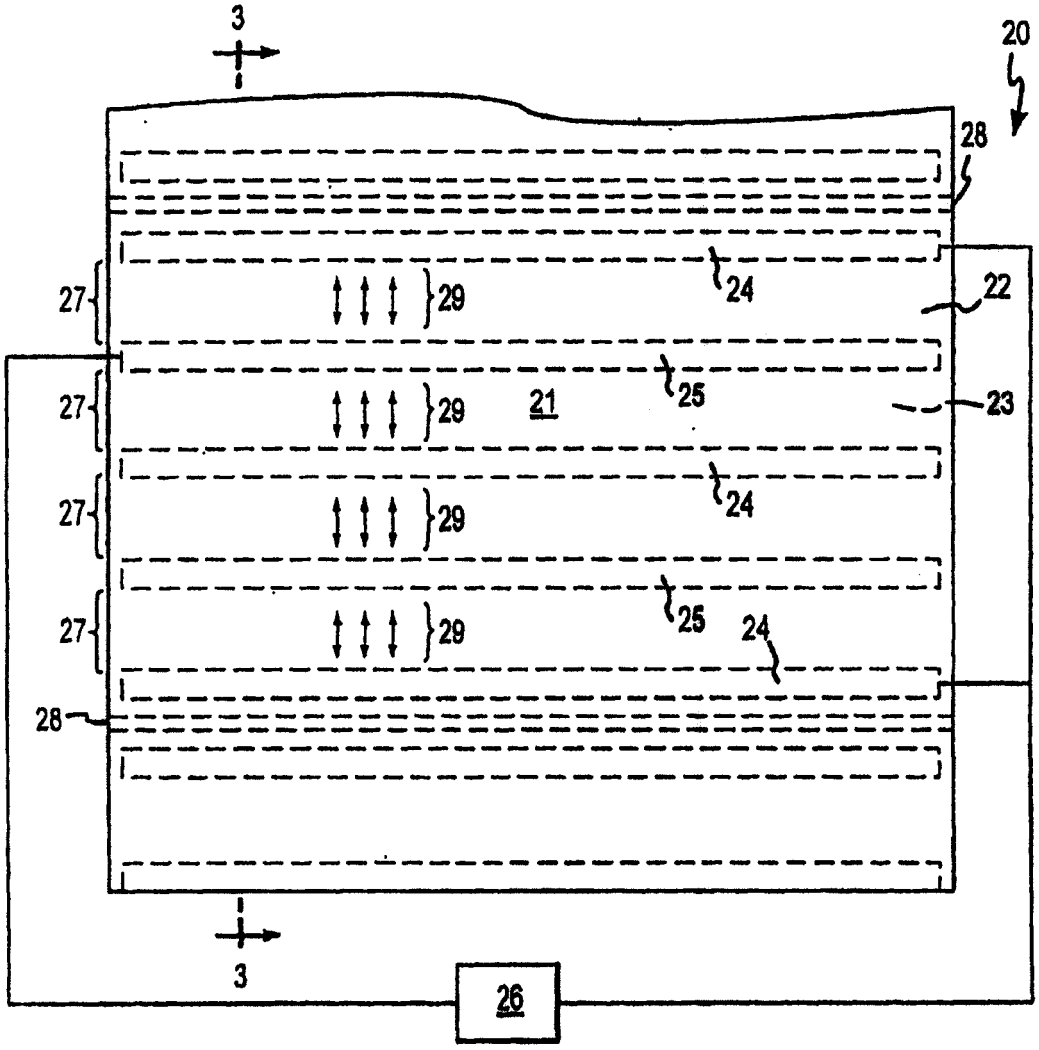


图 2

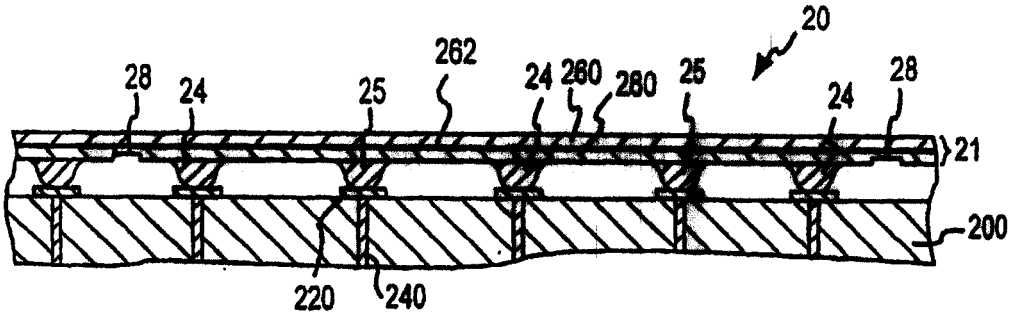

20
28
24
25
262
24
260
280
25
24
28
21
200
220
240

图 3

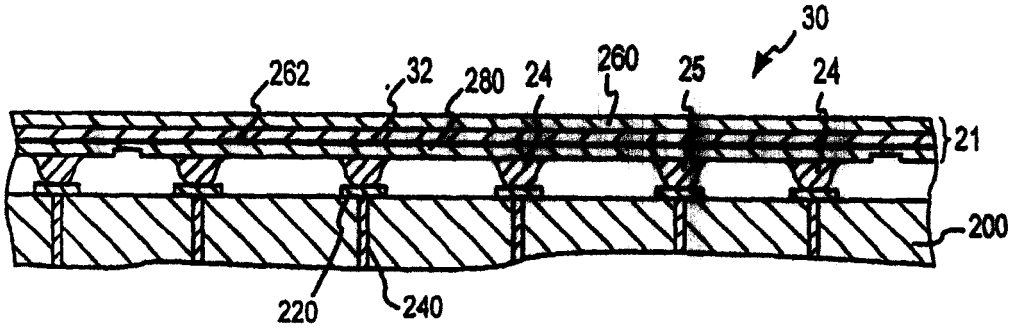

30
262
32
280
24
260
25
24
21
200
220
240

图 4

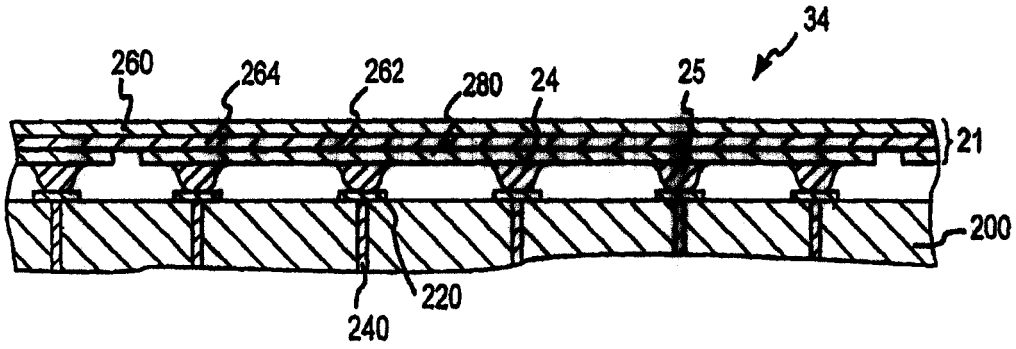

34
260
264
262
280
24
25
21
200
220
240

图 4a

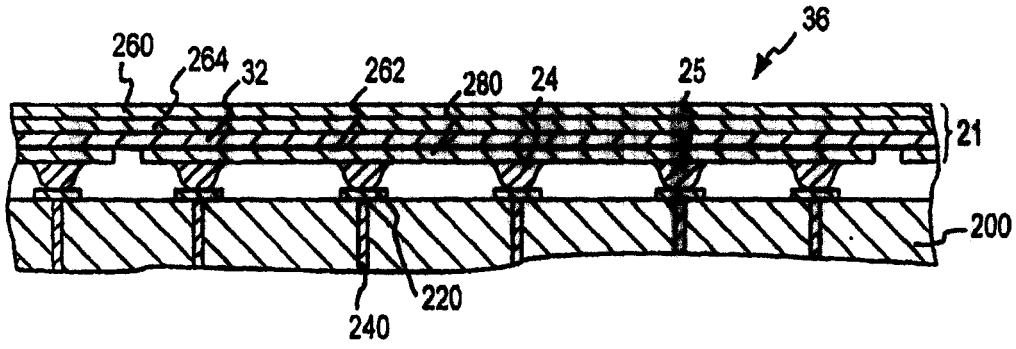

36
260
264
32
262
280
24
25
21
200
220
240

图 4b

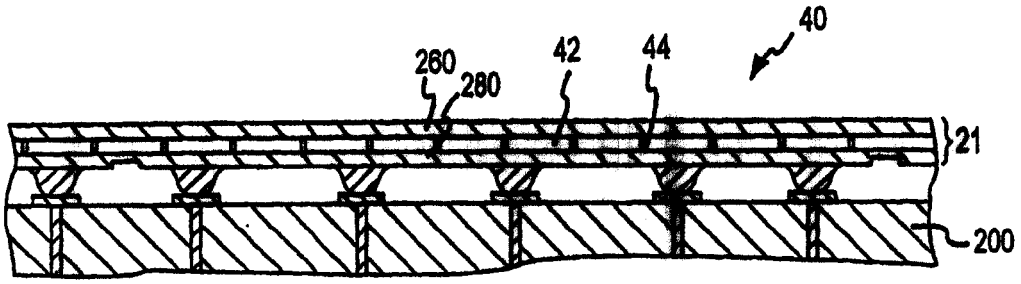


图 5

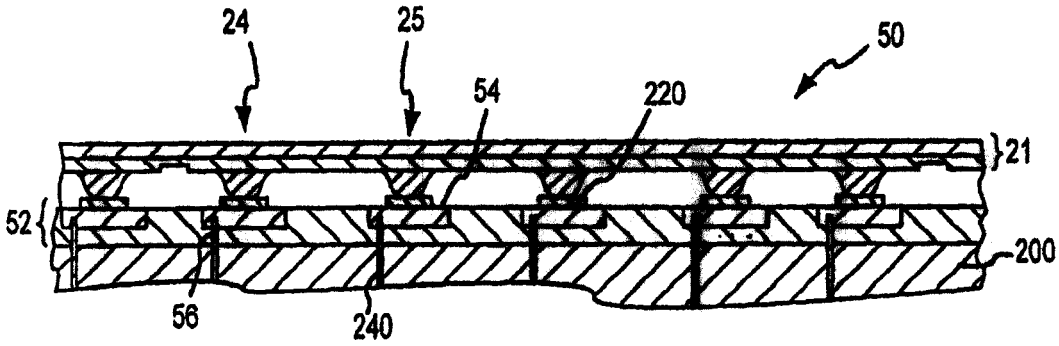


图 6

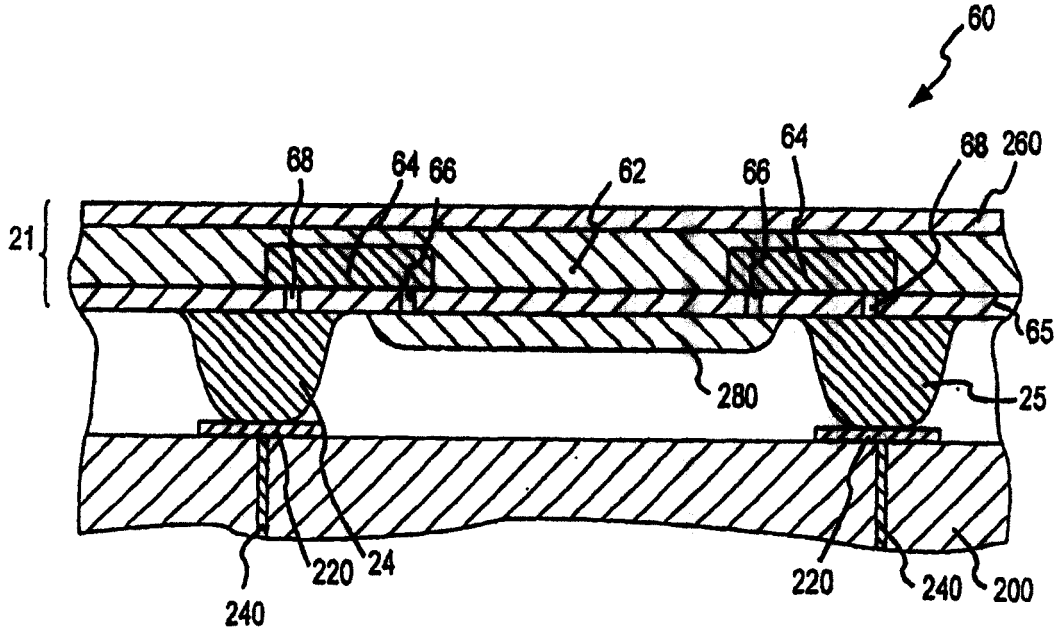


图 7

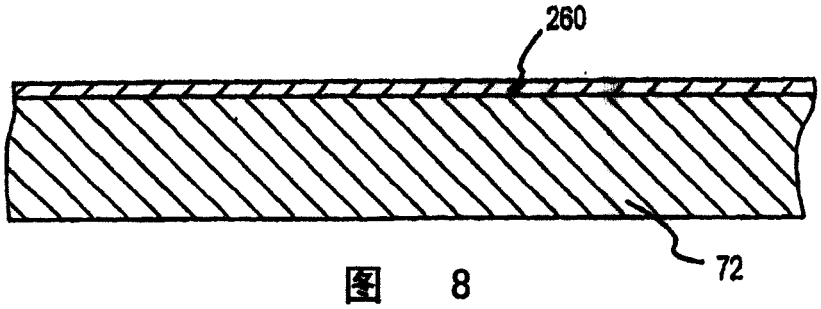


图 8

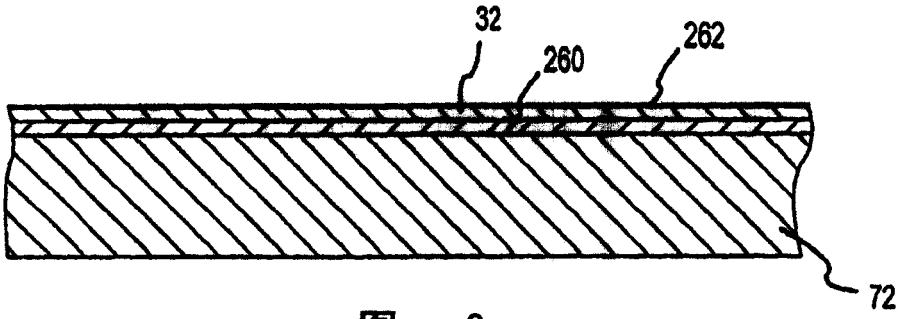


图 9

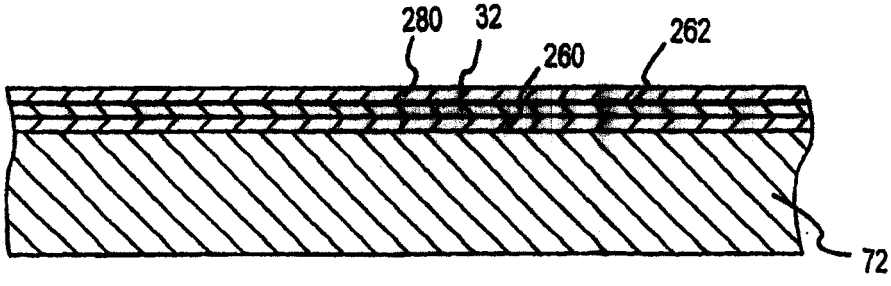


图 10

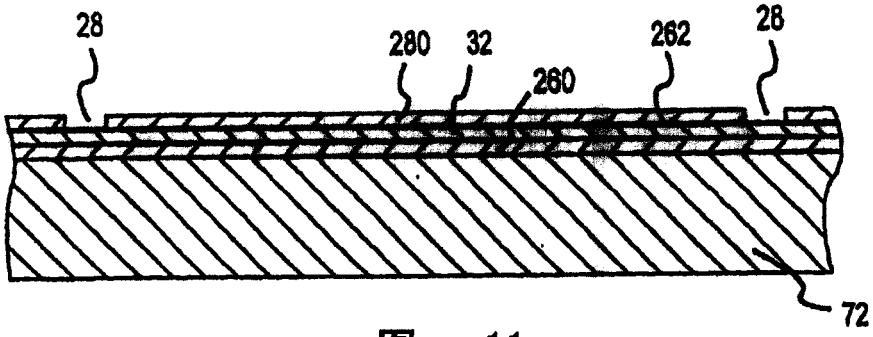

28
280
32
260
262
28
72

图 11

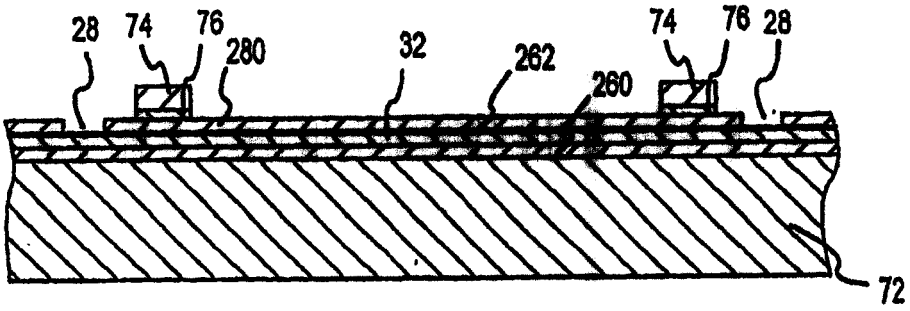

28
74
76
280
32
262
260
74
76
28
72

图 12

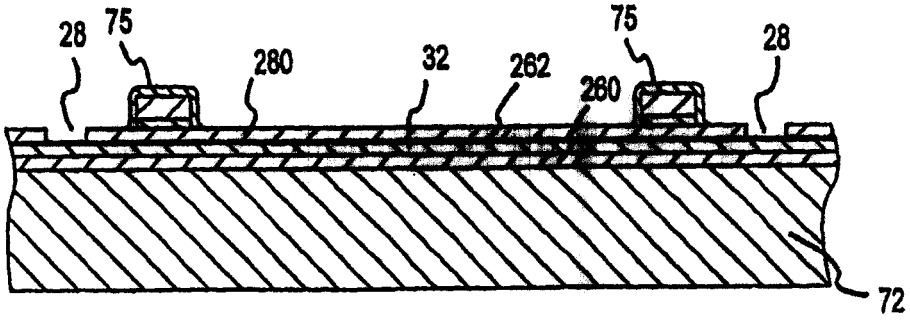

28
75
280
32
262
260
75
28
72

图 13

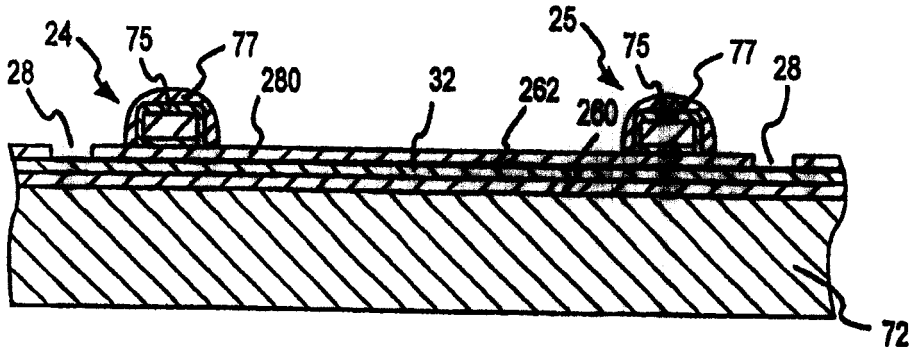

24
75
77
28
280
32
262
260
25
75
77
28
72

图 14

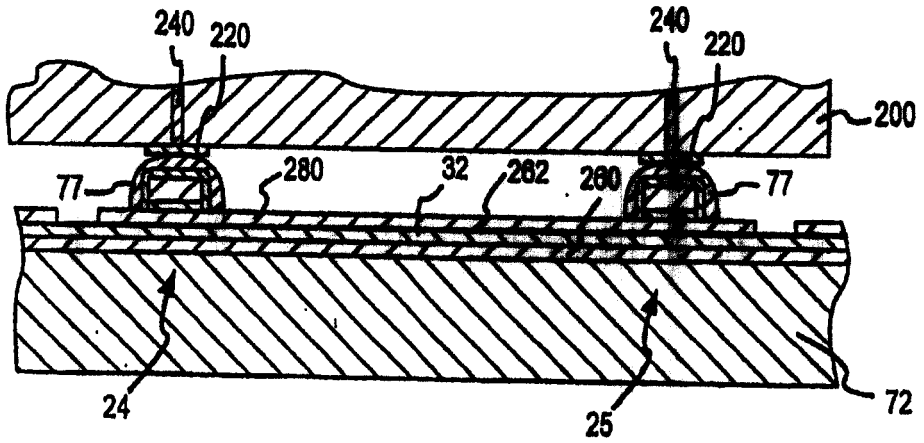

240
220
240
220
200
77
280
32
262
260
77
24
25
72

图 15

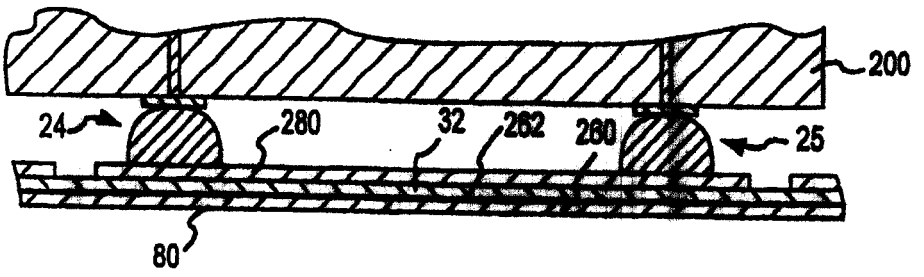
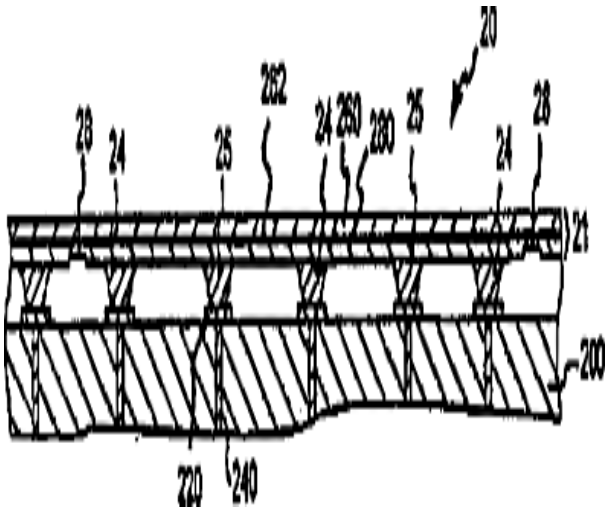

200
24
280
32
262
260
25
80

图 16

专利名称(译)	超声薄膜换能器		
公开(公告)号	CN1649678A	公开(公告)日	2005-08-03
申请号	CN03809931.4	申请日	2003-04-28
[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	JD弗拉塞 MK克里 G施米茨		
发明人	J·D·弗拉塞 M·K·克里 G·施米茨		
IPC分类号	G01N29/24 A61B8/00 B06B1/06 G10K13/00 H01L27/20 H04R17/00 H04R31/00 H01L41/08		
CPC分类号	B06B1/0688 H01L27/20 G10K13/00		
代理人(译)	吴立明		
优先权	10/137491 2002-05-01 US		
其他公开文献	CN100438992C		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及用于微制作的薄膜超声换能器的结构，以及制造此结构的方法。在一个实施方案中，换能器包括具有压电材料的平坦部件，和设置在平坦部件上且耦合到压电材料的间隔开的电极，用来将电场施加到此层，以及连接到电极的吸声背衬部件。在另一实施方案中，换能器包括具有邻接半导体材料的压电材料的平坦部件，此半导体材料具有单片地形成在层中且耦合到压电材料的有源电路。在另一个实施方案中，换能器包括具有压电材料的平坦部件，以及具有单片形成的有源电路的半导体材料邻接层的吸声背衬部件，此有源电路被耦合到电极。