

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580048600.4

[51] Int. Cl.

H01L 41/083 (2006.01)

H01L 41/04 (2006.01)

B06B 1/06 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 2 月 20 日

[11] 公开号 CN 101128944A

[22] 申请日 2005.12.8

[21] 申请号 200580048600.4

[30] 优先权

[32] 2005.2.22 [33] KR [31] 10-2005-0014314

[86] 国际申请 PCT/KR2005/004190 2005.12.8

[87] 国际公布 WO2006/090969 英 2006.8.31

[85] 进入国家阶段日期 2007.8.22

[71] 申请人 人体扫描有限公司

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 林圣珉 郑 虎

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 覃鸣燕

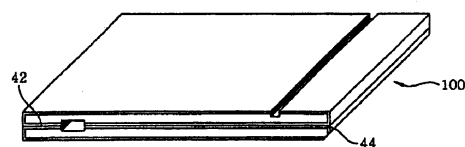
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 6 页

[54] 发明名称

多层超声换能器及其制造方法

[57] 摘要

多层超声换能器包括：第一和第二压电基板在彼此顶面上层叠出的、且具有分别用初级电极和次级电极极化的第一电极节点(42)和第二电极节点(44)的多层压电基板组件(100)；耦合到第一电极节点的柔性印刷电路板；由柔性印刷电路板围绕的具有预定厚度的衬板；耦合到第二电极节点的接地柔性印刷电路板；以及沉积在多层压电基板组件上的声学匹配层。



1、多层压电基板组件，包括：

第一压电基板，具有形成于该第一压电基板的第一和第二主表面上及第一和第二侧表面上的第一电极层，所述第一压电基板在所述第一和所述第二主表面上具有第一和第二断口，用于将所述第一电极层分成相互隔离的第一电极和第二电极；以及

第二压电基板，具有形成于该第二压电基板的第一和第二主表面上及第一和第二侧表面上的第二电极层，所述第二压电基板具有将所述第二电极层分成相互隔离的第三电极和第四电极的第三和第四断口，所述第一断口形成于所述第一主表面上，

其中所述第一和第二压电基板相互耦合，以便所述第二和第三断口相互正对，从而由此形成第一电极节点和第二电极节点，所述第一电极节点具有所述第一和第三电极，而所述第二电极节点具有所述第二和第四电极。

2、如权利要求1所述的多层压电基板组件，其中所述第一和第二压电基板中的每一个包括单晶压电基板。

3、如权利要求1所述的多层压电基板组件，其中所述第一和第二压电基板中的每一个包括压电陶瓷基板。

4、如权利要求1所述的多层压电基板组件，其中形成的所述第一到第三断口中的每一个所具有的深度等于在其上形成所述第一到第三断口中的所述每一个的基板的厚度的约70%到80%。

5、如权利要求1所述的多层压电基板组件，其中在所述第二压电基板的所述第二主表面和所述第二侧表面之间形成所述第四断口。

6、如权利要求1所述的多层压电基板组件，其中所述第二断口的宽度大于所述第一断口的宽度，并且实际上与所述第三断口的宽度相同。

7、如权利要求6所述的多层压电基板组件，其中所述第二和第三断口的所述宽度设定在从约0.2mm到0.5mm的范围，而所述第一断口的所述宽度设定在从约0.03mm到0.1mm的范围。

8、如权利要求1所述的多层压电基板组件，其中所述第一和第二断口均形成在分别从所述第一压电基板的所述第一和第二侧表面向内约1mm到1.5mm处，而所述第三断口形成在从所述第二压电基板的所述第一侧表面向内约1mm到1.5mm。

9、多层超声换能器包括如权利要求1所述的多层压电基板组件。

10、如权利要求9所述的多层超声换能器，还包括：

耦合到所述第一电极节点的柔性印刷电路板；

由所述柔性印刷电路板围绕的衬板；

耦合到所述第二电极节点的接地柔性印刷电路板；以及

沉积在所述多层压电基板组件上的声学匹配层。

11、用于制造多层压电基板组件的方法，包括步骤：

制备第一和第二压电基板，其上分别沉积有导电材料的电极层；

分别在所述第一和第二压电基板的顶表面和底表面上形成第一和第二断口以及第三和第四断口，以将所述电极层分成相互隔离的第一和第二电极以及第三和第四电极；以及

通过使得所述第一压电基板的所述第二断口与所述第二压电基板的所述第三断口正对，使得所述第一和所述第二压电基板在彼此的顶部层叠，以由此形成具有相互耦合的所述第一和第三电极的第一电极节点和具有相互耦合的所述第二和第四电极的第二电极节

点。

12、如权利要求 11 所述的方法，还包括步骤：

极化所述第一和第二基板以制造相互具有不同极性的所述第一和第二电极节点。

13、如权利要求 11 所述的方法，其中使用划片机形成所述第一、第二以及第三断口中的每一个。

14、如权利要求 11 所述的方法，其中通过磨蚀在所述第二压电基板的所述第二主表面和所述第二侧表面之间形成所述第四断口。

15、用于制造包括用如权利要求 11 所述的方法制造的所述多层压电基板组件的多层超声换能器的方法。

16、如权利要求 15 所述的方法，还包括：

将柔性印刷电路板耦合到所述第一电极节点；

将接地柔性印刷电路板耦合到所述第二电极节点；以及

在所述多层压电基板组件上形成声学匹配层。

多层超声换能器及其制造方法

技术领域

本发明涉及多层超声换能器及其制造方法，并且特别是涉及具有改进的振动特征的多层超声换能器及其制造方法。

背景技术

用于医疗成像的超声换能器有很多元件，而且元件间的距离变得更小了。随着超声换能器中元件尺寸的减小，超声成像诊断系统超声换能器和超声成像诊断系统之间的电阻抗失配正在成为有待解决的严重问题。

一般而言，超声换能器中元件的阻抗在 100 欧姆到 500 欧姆的范围内，而用于在超声换能器和超声成像诊断系统之间通信的典型电缆的阻抗在 50 欧姆到 85 欧姆范围内，它们之间呈现出很大的差异。这种失配使得能量转换效率降低，这反过来又导致传感器灵敏度的下降和信噪比的上升，从而妨碍了对表示超声图像的信号的处理。超声成像诊断中最重要的因素是亮度和图像分辨率。然而，超声换能器和超声成像诊断系统之间的阻抗失配妨碍了明亮图像的呈现。

如果同样厚度的压电基板在声学上彼此串联连接，而在弹性方面彼此并联连接，那么电压、阻抗以及压电基板数量之间的关系能够表示如下(参照，Michael Greenstein and Umesh Kumar, “Multilayer piezoelectrical resonators for medical ultrasound transducer”, IEEE Transactions Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, vol.43, pp.622-624, 1966):

$$V(N)=V(1)/N$$

$$Z(N)=Z(1)/N^2$$

其中 N、V 和 Z 分别表示晶片数量、电压和阻抗。

也就是说，随着压电基板数量的增长，阻抗与 N 的平方成比例降低。这样，通过基于这个原则降低传感器元件的高阻抗，可能解决以上提到的失配问题。

在这点上，有很多应用多层压电传感器于医疗超声换能器的尝试(参照, David M. Mill et al., “Multi-layered PZT-Polymer Composites to increase signal to noise ratio and resolution for medical ultrasound transducer”, IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, Vol.46, No.4, July 1999)。

然而，以上提到的这种多层压电超声换能器，由于匹配层旁边的附加层耦合到传感器的前表面使得其具有振动特征差的缺点。例如，美国专利 6121718 号和 6437487 号公开了使用压电材料的超声换能器，其中在用于电连接的层积的组件的前和后表面上都形成 FPCB（柔性印刷电路板）。因此，层积组件结构为：在多层传感器的前表面上形成沉积几十微米的聚酰亚胺/铜层或几十微米的铜层。因此，层积组件的振动特性变差。

发明公开

技术问题

因此，本发明的一个目的是提供用于超声换能器的多层压电基板组件及制造方法。

本发明的另一个目的是提供使用多层压电基板组件的振荡特性得到改善的多层超声换能器及其制造方法。

技术方案

根据本发明的第一方面，提供了多层压电基板组件，包括：第一压电基板，具有形成于该第一压电基板的第一和第二主表面上及第一和第二侧表面上的第一电极层，第一压电基板在第一和第二主表面上具有第一和第二断口，用于将第一电极层分成相互隔离的第一电极和

第二电极；以及第二压电基板，具有形成于该第二压电基板的第一和第二主表面上及第一和第二侧表面上的第二电极层，第二压电基板具有将第二电极层分成相互隔离的第三电极和第四电极的第三和第四断口，第一断口形成于第一主表面上，其中第一和第二压电基板相互耦合以便第二和第三断口相互正对，由此形成第一电极节点和第二电极节点，第一电极节点具有第一和第三电极而第二电极节点具有第二和第四电极。

根据本发明第二方面，提供有包括如上所述的多层压电基板组件的多层超声换能器。

根据本发明的第三方面，提供了制造多层压电基板组件的方法，包括步骤：准备第一和第二压电基板，其上分别沉积有导电材料的电极层；分别在第一和第二压电基板的顶面和底表面上形成第一和第二断口以及第三和第四断口，以将电极层分成相互隔离的第一和第二电极以及第三和第四电极；以及通过允许第一压电基板的第二断口与第二压电基板的第三断口正对，使得第一和第二压电基板在彼此的顶面层叠，以由此形成具有相互耦合的第一和第三电极的第一电极节点和具有相互耦合的第二和第四电极的第二电极节点。

根据本发明的第四方面，提供了一种制造多层超声换能器的方法，该换能器包括按上述步骤制造的多层压电基板组件。

有益效果

如所述，本发明的技术特征在于能够在制造用于制造根据本发明的多层超声换能器的多层压电基板组件中，通过形成断口和磨掉边缘部分而将电极隔离开。通过形成具有如此结构的多层基板组件，通过仅使用电极的边缘部分和侧表面，将接地柔性印刷电路板耦合到多层压电基板组件，这可以省去需要沉积在多层压电基板组件和匹配层之间的附加层。因此，可提供具有改进的振荡特性、宽带宽和高灵敏度的多层超声换能器。

制造根据本发明的多层压电基板组件的方法能够用于使用压电单晶和使用压电陶瓷的情况。传统地，使用压电单晶的超声换能器比

使用诸如 PZT 的压电陶瓷的传统换能器的带宽高 40%到 50%，并且能够在超声图像诊断中实现高分辨率。然而，使用压电单晶基板的超声换能器也具有与使用压电陶瓷基板的超声换能器中同样的问题，即，因为换能器元件和系统之间的失配大，所以难于提高换能器的灵敏度和信噪（S/N）比。此外，因为压电单晶基板在机械和热学方面很脆弱，在包含磨片、抛光、切片步骤的加工工艺中和包含键合步骤等的换能器制造工艺中容易损毁。然而，根据本发明，在换能器的前表面上不存在层，所以灵敏度被降低的传统问题能够得到解决，并且压电单晶基板在制造工艺中可能被损坏的问题也得到了解决，因为使用诸如磨掉边缘的简单方法将电极分开。

与由本领域普遍使用的 PZT 类型陶瓷形成的压电元件相比，由根据本发明的压电单晶形成的压电元件提供更高的介电常数。因此，通过使用根据本发明的压电单晶形成的压电元件，能够降低其中由寄生电容引起的电缆或设备损耗，这使得获得更高灵敏度的信号成为可能。

附图说明

本发明的以上和其它目的及特征将从以下结合附图描述的优选实施例变得明显，其中：

图 1-7 示出制造根据本发明的多层压电基板组件的顺序工艺；

图 8-10 显示使用图 1-7 所示的多层压电基板组件制造多层超声换能器的顺序工艺；

图 11 表示图 10 所示的多层超声换能器的示意图；

图 12 和 13 分别描述表示 PZT 单层换能器的振荡特性的波形和频谱；

图 14 和 15 分别描述表示 PMN-PT 单层换能器的振荡特性的波形和频谱；以及

图 16 和 17 演示表示根据本发明的多层超声换能器的振荡特性的波形和频谱。

最佳实施方式

以下将参照附图描述本发明的优选实施例。

通过图 1-10 顺序示出的工艺制造根据本发明的多层超声换能器。

如图 1 所示, 首先, 准备两个压电基板, 简单起见, 图中只示出了其中之一。虽然在此实施例中显示和描述了使用两个压电基板, 但是如果需要的话, 使用超过两个压电基板以由此制造有三或更多基板层的多层超声换能器也是可能的。这些压电基板用于在对施加交流电 (AC) 时进行振荡以在超声换能器中产生超声信号。第一压电基板 10 具有第一主 (或顶) 表面 12, 第二主 (或底) 表面 14, 第一 (或左) 侧表面 16 和第二 (或右) 侧表面 18。

然后, 如图 2 所示, 使用溅射、电子束、热蒸发或电镀方法将导电材料电极层 21 均匀地沉积在第一压电基板 10 的四个表面 12-18 的每个上。随后, 分别在第一压电基板 10 的第一和第二主表面 12 和 14 上形成第一和第二断口 32 和 34, 从而这两个断面沿第一和第二侧表面 16 和 18 的长度方向延伸。通过形成第一和第二断口 32 和 34, 电极层 21 被分成相互隔离的第一和第二电极 22 和 24, 这样获得了在其上形成了两个隔离电极 22 和 24 的压电基板 10。第一和第二电极 22 和 24 将分别用作初级 (负) 电极和次级 (正) 电极。

用于本发明的压电基板 10 可以是压电陶瓷基板或单晶压电基板, 其厚度在约 22 μm 到 500 μm 的范围, 而且优选地在 50 μm 到 220 μm 的范围。

电极 22 和 24 可以由用铬、铜、镍、金等制成的导电薄膜形成, 并且电极 22 和 24 的厚度可以在约 100 $\text{\AA}$ 到 1000 $\text{\AA}$ 的范围。

通过使用, 例如, 划片机形成某种厚度的断口能够获得这种隔离的电极层 21。具体地, 分别在距第一压电基板 10 的第一和第二表面 12 和 14 的相对边预定的距离处形成第一和第二断口 32 和 34, 以由此将电极层 21 分成 (a) 第一电极层 22, 其覆盖第二主表面的小部分、第一侧表面 16 以及第一主表面 12 的大部分; 以及 (b) 第二电极 24, 其覆盖第一主表面 12 的小部分、第二侧表面 18 和第二主

表面 14 的大部分。

在与第一压电基板 10 的第一主表面 12 的右边缘间隔开的位置形成第一断口 32，其中隔开区域用于容纳粘合剂以耦合电极层 21 和地电极板（未示出）。例如，第一断口 32 优选地形成成为具有约 0.03mm 到 0.1mm 的宽度，并且形成在自第一主表面 12 的右边缘向内约 1mm 到 1.5mm 的距离处。同时，第二断口 34 优选地形成成为具有约 0.2mm 到 0.5mm 的宽度，并且在自第一主表面 14 的左边缘向内约 1mm 到 1.5mm 的距离处形成。

根据本发明，优选地将第二断口 34 形成得比第一断口 32 宽。此外，第一和第二断口 32 和 34 的深度优选地等于第一压电基板 10 的厚度的约 70%到 80%，以抑制振荡的产生。用于耦合电极层 21 和地电极板的粘合剂可以是环氧浆并且优选地为银环氧浆。

然后，准备另一压电基板并且如下制造。如图 4 所示，通过使用如图 2 所述的相同方法，在两个基板的另一个，即第二压电基板 20，的四个表面上沉积导电材料电极层，然后在第一主表面 12 上的电极层 21 中形成第三断口 36。此外，将电极层 21 在第二主表面 14 和第二侧表面 18 之间的边缘部分沿第二侧表面长度方向磨掉，从而形成边缘断口 38。因此，与上述相似，电极层分成了相互隔离的第三和第四电极 26 和 28，以由此获得在其上形成了隔离电极 26 和 28 的第二压电基板 20。第三和第四电极 26 和 28 将分别用作次级（正）和初级（负）电极。

更具体地，在第二压电基板 20 的第一主表面上形成第三断口 36，以使断口 36 远离第二压电基板 20 的第一主表面 12 的左边缘，其中到左边缘的距离与在图 2 中的第一压电基板 10 的第一侧表面和第二断口 34 之间保持的间隔相等。此外，第三断口 36 与第二断口 34 具有相同的形状，而边缘断口 38 由磨蚀形成。

随后，将在其上如上所述形成了电极的第一和第二压电基板 10 和 20 分别如图 3 和 5 所示进行极化，以便第一和第四电极 22 和 28 作为初级（负）电极极化，而第二和第三电极 24 和 26 作为次级（正）电极极化。然后，将第一压电基板 10 连接到第二压电基板 20，或相

反, 以便如图 6 和 7 所示的初级电极相互连接(也就是, 第二断口 34 和第三断口 36 相互邻接)以及次级电极相互连接。因此, 形成了第一电极节点 42 和第二电极节点 44, 以由此获得多层压电基板组件 100。

使用本领域熟知的银环氧粘合剂可将两个压电基板连接。因为第二和第三断口 34 和 36 以相对宽的沟道将电极隔离, 所以甚至在两个压电基板连接时相互发生错位的情况下也能够防止初级电极和次级电极之间的短路发生。

获得多层压电基板组件 100 后, 将用于发信号的订书机形状的薄 FPCB(柔性印刷电路板) 400 耦合到第二压电基板 20 的第二主表面上的第一电极节点 42 上, 并且然后在 FPCB 400 下安置衬板(backing block) 300 以便衬板 300 的顶表面和相对的两个侧表面被 FPCB 400 围绕。FPCB 400 向多层压电基板组件 100 发射电信号并从中接收超声信号。衬板 300 用于吸收超声信号以防止由多层压电基板组件 100 产生的超声信号引起的振荡产生不期望的信号。在这点上, FPCB 400 以及衬板 300 可以预先相互耦合以便 FPCB 400 围绕衬板 300 的三个表面, 然后, 可以将如此围绕衬板 300 的 FPCB 400 耦合到第一电极节点 42。

其后, 如图 9 所示, 将用与接地的柔性电极板 500 安置在第一断口 32 附近的侧表面之一上, 并且用银环氧浆 600 连接到第二电极节点 44。

随后, 如图 10 所示, 将声学匹配层 700 耦合在位于多层压电基板组件 100 上的第一电极节点 42 上。声学匹配层 700 的面积比多层压电基板组件 100 的小, 并且声学匹配层 700 被布置在多层压电基板 100 上而稍微伸过第二断口 32。声学匹配层 700 用于使压电基板组件 100 和介质, 例如, 人体, 相匹配, 以便来自压电基板组件 100 的超声信号能够以期望的方向平稳地向介质传播。然后, 用声学透镜(未示出)将声学匹配层 700 覆盖, 以由此获得多层超声换能器。这里, 可能在多层分层的压电基板组件 100 顶面层叠两层或多层声学匹配层。

图8表示图10所示的多层超声换能器的示意性截面视图。这样获得的根据本发明的多层超声换能器具有很好的振荡特性,所以它能够被用于多种设备,比如医疗超声诊断系统以及军用/工业超声换能器。

以下,将详细描述本发明的优选实施例。这里,需要注意本发明不限于此。

示例

如下制造根据本发明的优选实施例的多层超声换能器。

准备厚度为约0.4mm到0.5mm而大小为约25mm到22mm×约15mm到22mm的<001>单晶压电基板(PMN-(0.3~0.35))PT(参照图1)。然后,使用电子束沉积方法在第一压电基板10的第一主表面12、第二主表面14、第一侧表面16以及第二侧表面18上沉积厚度在约1000Å到2200Å范围内的导电材料电极层12。

然后,使用与上面相同的方法制造在其上形成了电极的另一单晶压电基板,以由此获得第二压电基板20。

随后,使用划片机,分别在第一压电基板10的第一和第二主表面12和14上的电极层中形成断口32和34,以便将电极层分成相互隔离的两个电极22和24(参照图2)。断口32和34分别形成在与第一单个压电基板10的第二侧表面18和第一侧表面16间隔开且向内约1mm到1.5mm处,而且每个断口的深度约为0.25mm到0.35mm。

至于第二单个压电基板20,使用划片机在第二压电基板20的第一主表面上的电极层中形成断口36,并且去除在第二压电基板20的第二主表面和第二侧表面之间的边缘部分的电极层,以形成边缘断口38并且将电极层分成两个电极26和28(参照图4)。这时,断口36形成为与第一压电基板10的断口34具有相同的形状,并且通过磨掉第二压电基板20的第二主表面和第二侧表面之间的边缘部分的电极层形成边缘断口38。

然后,如图3和5所示将第一和第二压电基板10和20极化,

以将电极 22 和 26 设定为初级（负）电极，而将电极 24 和 28 配置为次级（正）电极。然后，如图 6 和 7 所示，使用银环氧树脂将两基板 10 和 20 相互粘合以使断口 34 和 36 相互邻接，从而初级电极相互连接且次级电极相互连接，由此形成第一和第二电极节点 42 和 44。因此，获得了根据本发明的层状压电单晶基板组件 100。

其后，如图 8 所示，将预先与衬板 300 的第一主表面和两个相对侧表面耦合的 FPCB 400 的顶表面与位于多层层状压电基板组件 100 的第二压电基板 20 的第二主表面上的第一电极节点 42 相邻接。

然后，如图 9 所示，使用银环氧浆 600 在第一断口 32 的前侧将柔性接地电极板 500 与层状压电基板组件 100 的第二电极节点 44 耦合。随后，如图 10 所示，在位于第一压电基板 10 的第一主表面上的第一电极层上形成声学匹配层 700，然后，通过用声学透镜覆盖声学匹配层 700，最终获得了根据本发明的多层超声换能器。

实验示例

检查了根据本发明的每个多层超声换能器的脉冲回波特性；与美国专利 6437487 号公开相似的 PZT（可从韩国的 Madison Co.Ltd 获得 Acuson P2-3AC）单层换能器（比较示例 1）；以及 PMN-（0.3~0.35）PT 系统（比较示例 2）单层换能器，并且在以下表格 1 和图 9-11 中提供了结果。

表格 1

性质		比较示例 1 (单层 PZT)	比较示例 2 (单层 PMN-PT)	优选实施例 (多层 PMN-PT)
相对灵敏度	DB	0	+4.1	+7.8
中心频率	MHz	2.85	3.66	4.01
-6dB 带宽	%	60.2	107.9	101.0
-22dB 带宽	%	98.7	134.7	137.4

从表格 1，能够发现，与单层 PZT 或单层晶体压电换能器相比，

根据本发明的多层传感器具有高度改进的灵敏度和更大的带宽。

此外，通过比较图 9-11，发现根据本发明的多层压电换能器的灵敏度比单层换能器的灵敏度高出 4dB 以上。

如上所述，通过层积多层压电材料而以新颖的结构形成电极，从而制造根据本发明的多层超声换能器。这样，多层超声换能器具有改进的振荡特性、宽带宽以及高灵敏度。

虽然关于优选实施例示范和描述了本发明，本领域技术人员将理解可以不脱离如下述权利要求规定的发明精神和范围做出多种改变和修正。

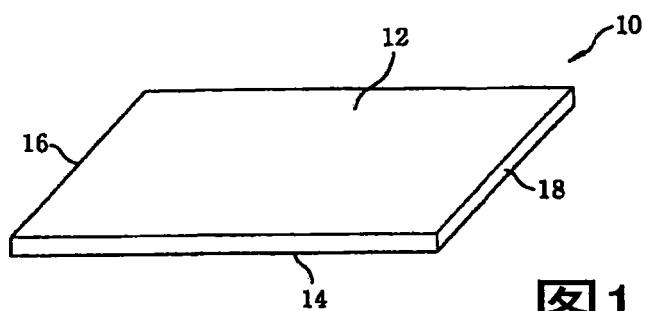


图1

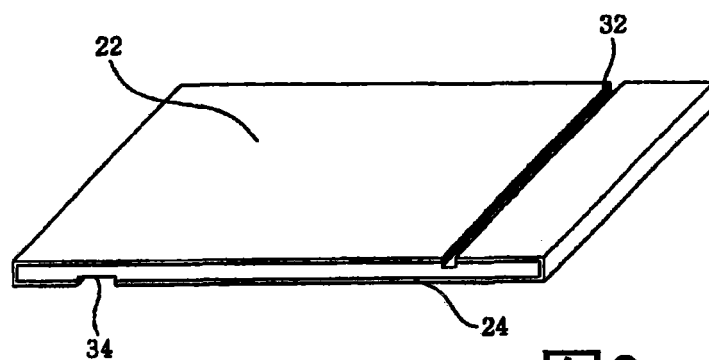


图2

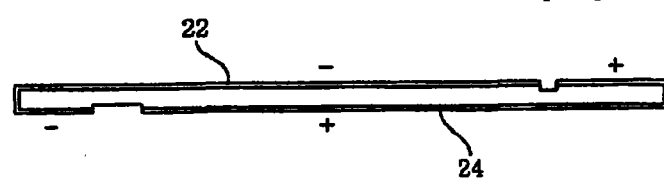


图3

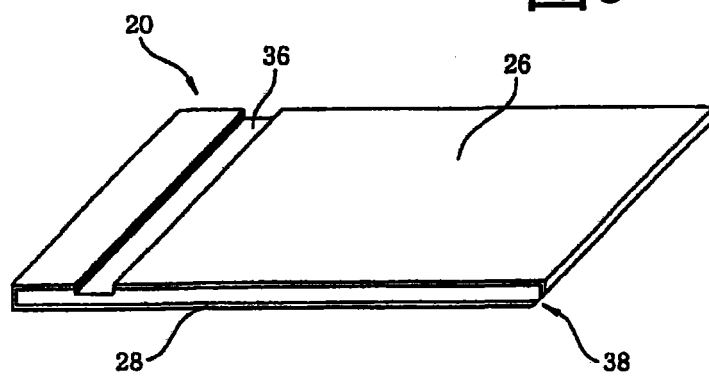


图4

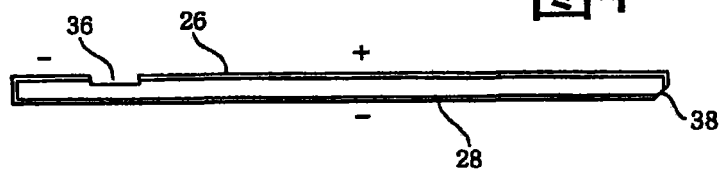


图5

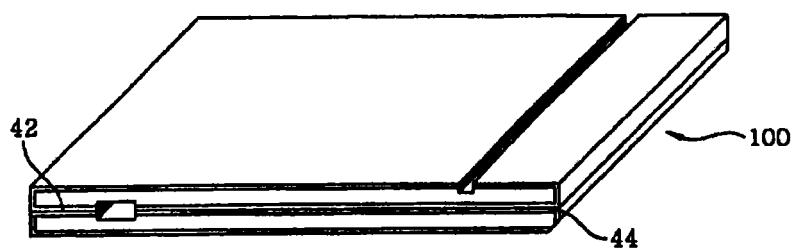


图6

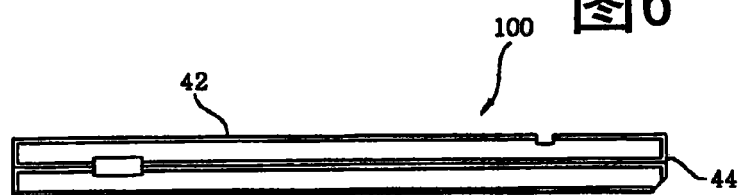


图7

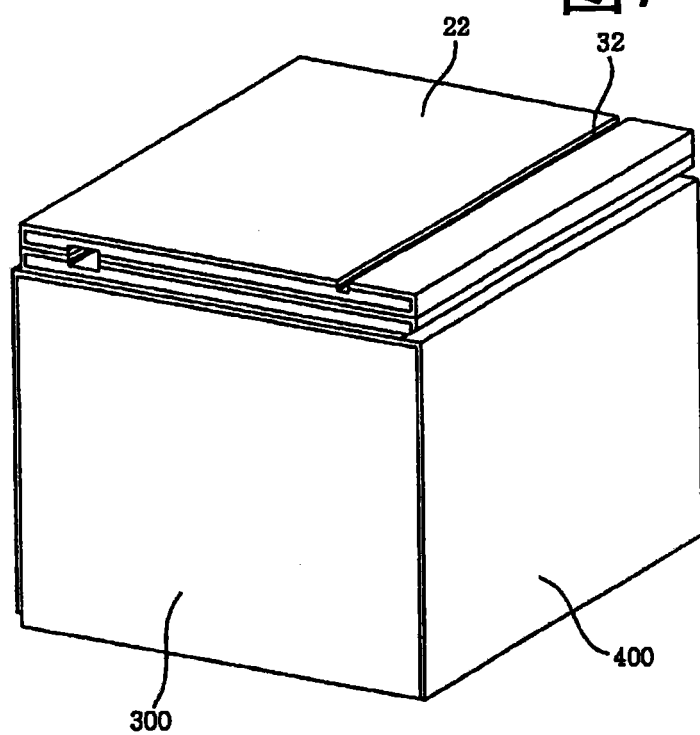


图8

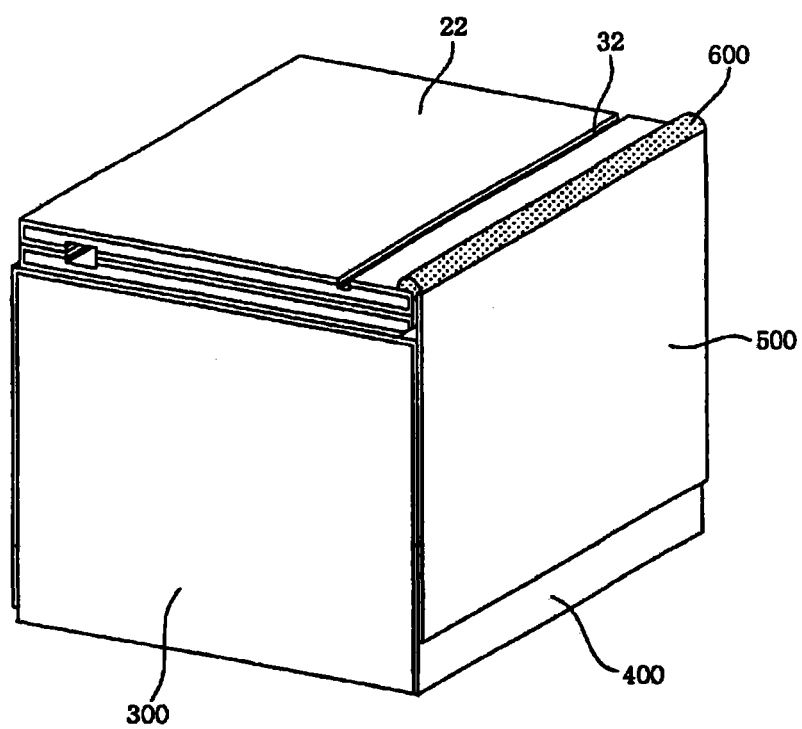


图9

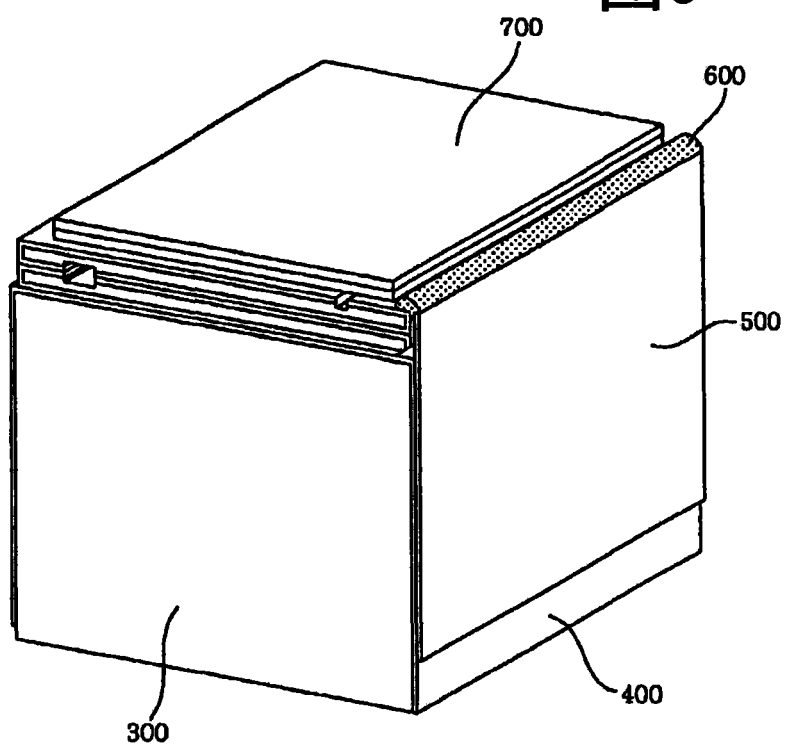


图10

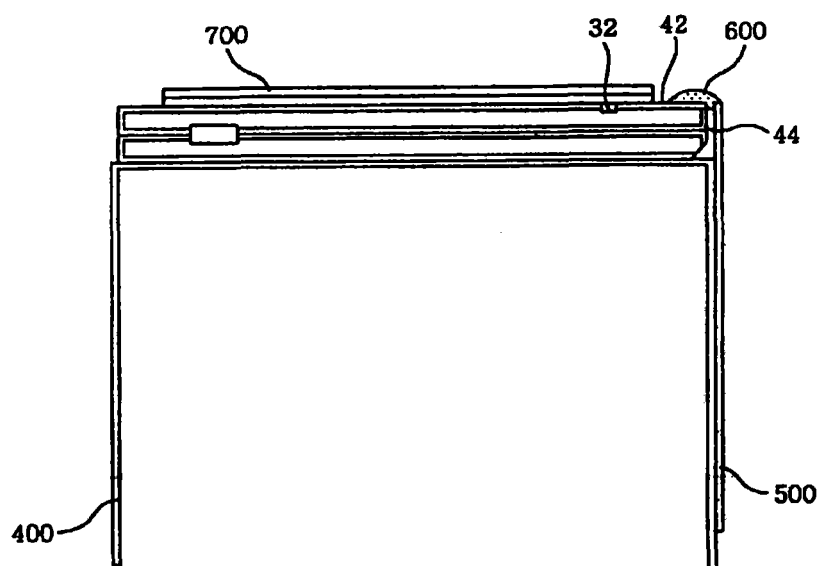


图11

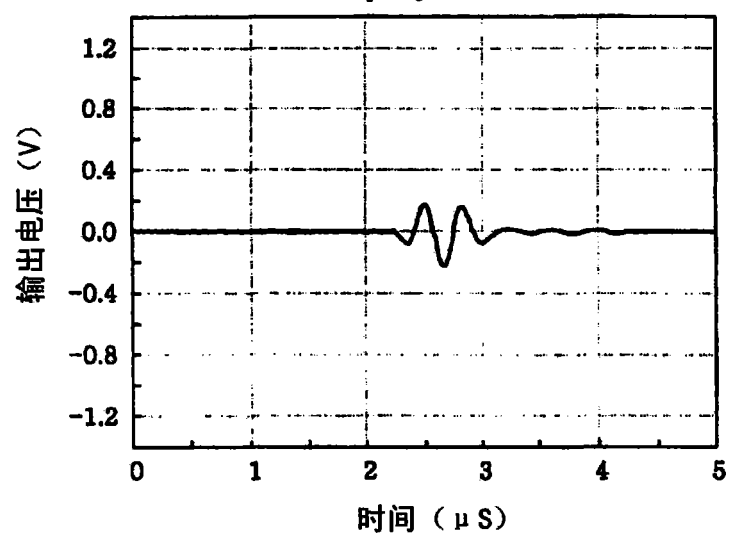


图12

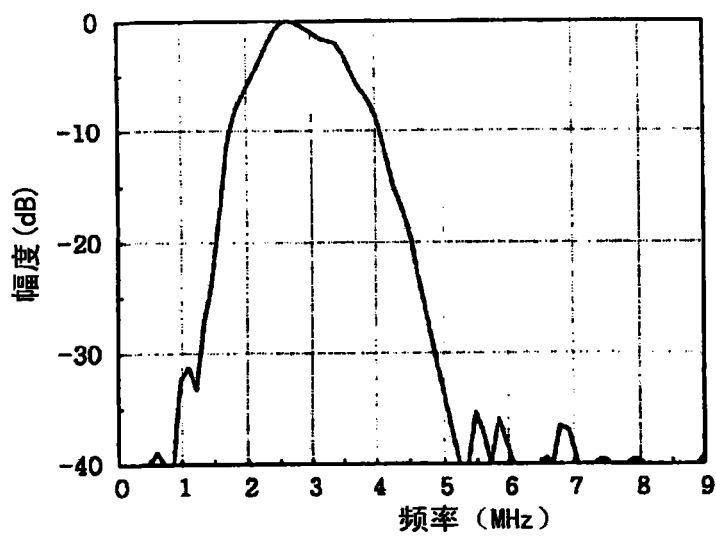


图13

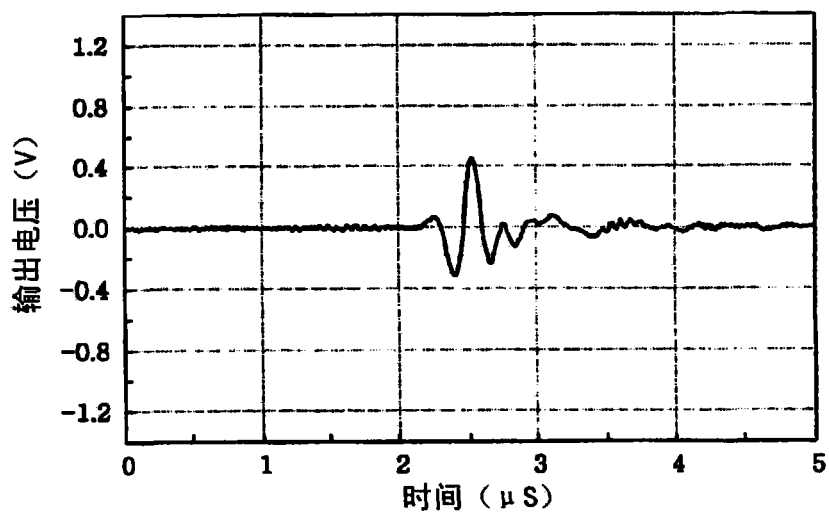


图14

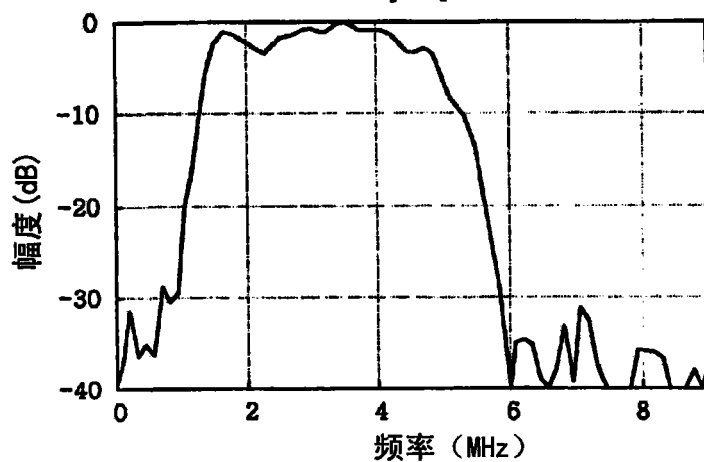
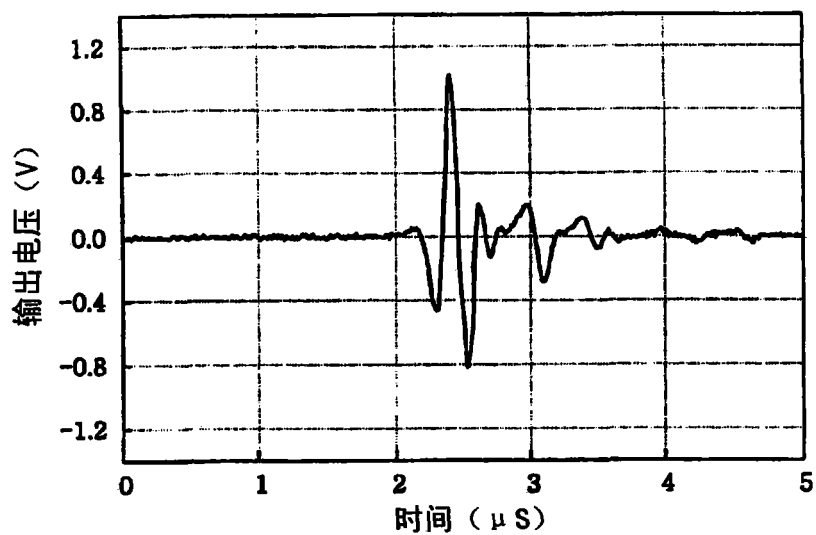
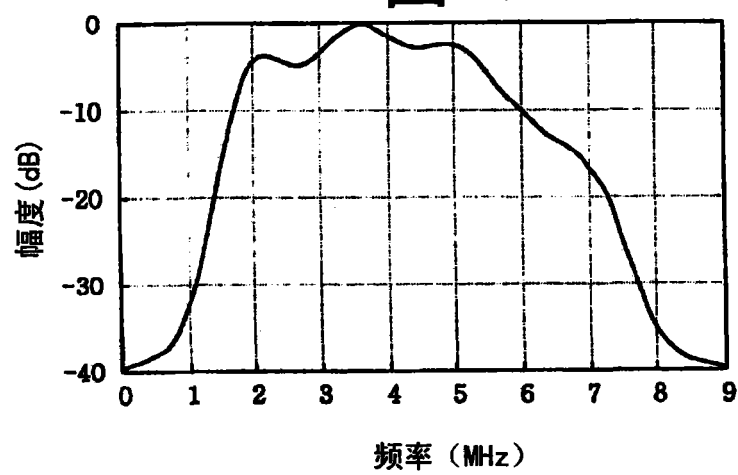


图15

**图16****图17**

专利名称(译)	多层超声换能器及其制造方法		
公开(公告)号	CN101128944A	公开(公告)日	2008-02-20
申请号	CN200580048600.4	申请日	2005-12-08
[标]发明人	林圣珉 郑虎		
发明人	林圣珉 郑虎		
IPC分类号	H01L41/083 H01L41/04 B06B1/06 A61B8/00 H01L41/09 H01L41/18 H01L41/22 H01L41/277 H01L41/297 H04R17/00 H04R31/00		
CPC分类号	H01L41/083 B06B1/0611 H01L41/0471 H01L41/0475 H01L41/27 Y10T29/42 Y10T29/49005		
优先权	1020050014314 2005-02-22 KR		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

多层超声换能器包括：第一和第二压电基板在彼此顶面上层叠出的、且具有分别用初级电极和次级电极极化的第一电极节点(42)和第二电极节点(44)的多层压电基板组件(100)；耦合到第一电极节点的柔性印刷电路板；由柔性印刷电路板围绕的具有预定厚度的衬板；耦合到第二电极节点的接地柔性印刷电路板；以及沉积在多层压电基板组件上的声学匹配层。

