



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104883979 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 02

(21) 申请号 201380068066. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 11. 26

A61B 8/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

H04R 3/00(2006. 01)

2012-282778 2012. 12. 26 JP

H04R 17/00(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 06. 25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/081763 2013. 11. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/103593 JA 2014. 07. 03

(71) 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 和田隆亚

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 权太白 谢丽娜

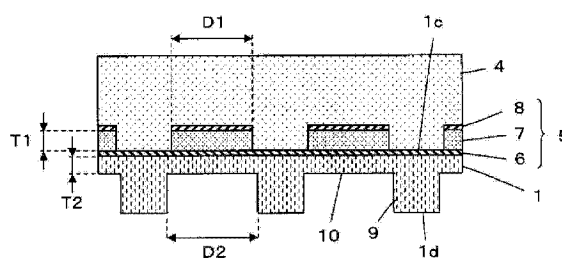
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

单层压电片型超声波探头及其制造方法

(57) 摘要

单层压电片型超声波探头具有：基板，在该基板形成有分别具有预定的形状的多个开口；多个振动板，分别以将多个开口的一端封堵的方式形成于基板上；多个压电元件部，形成于多个振动板的表面上，并且分别具有压电体层和形成于压电体层的两面的一对电极层；以及被覆层，以填埋多个压电元件部的方式配置在基板的表面上，而且由声阻抗为 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 、肖氏A硬度75以下的有机树脂构成。



1. 一种单层压电片型超声波探头,其特征在于,具有:
基板,在该基板形成有分别具有预定的形状的多个开口;
多个振动板,以分别将所述多个开口的一端封堵的方式形成于所述基板上;
多个压电元件部,形成于所述多个振动板的表面上,并且分别具有压电体层和形成于所述压电体层的两面的一对电极层;以及
被覆层,以填埋所述多个压电元件部的方式配置在所述基板的表面上,而且由声阻抗为 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 、肖氏 A 硬度为 75 以下的有机树脂构成。
2. 根据权利要求 1 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述开口具有 $40 \sim 80 \mu\text{m}$ 的直径,
所述压电体层具有 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 的厚度,
所述压电体层的厚度与所述振动板的厚度的比率为 $1:0.8 \sim 1.2$ 。
3. 根据权利要求 2 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
选择所述开口的直径与所述压电体层的厚度的值的组合,以便使发送声压达到预先设定的设定值以上。
4. 根据权利要求 3 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述开口具有 $40 \mu\text{m}$ 的直径,所述压电体层具有 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 的厚度。
5. 根据权利要求 4 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述压电体层具有 $2 \sim 3 \mu\text{m}$ 的厚度。
6. 根据权利要求 3 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述开口具有 $50 \mu\text{m}$ 的直径,所述压电体层具有 $1 \sim 7 \mu\text{m}$ 的厚度。
7. 根据权利要求 6 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述压电体层具有 $1 \sim 6 \mu\text{m}$ 的厚度。
8. 根据权利要求 3 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述开口具有 $60 \mu\text{m}$ 的直径,所述压电体层具有 $2 \sim 9 \mu\text{m}$ 的厚度。
9. 根据权利要求 8 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述压电体层具有 $4 \sim 8 \mu\text{m}$ 的厚度。
10. 根据权利要求 3 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述开口具有 $70 \mu\text{m}$ 的直径,所述压电体层具有 $4 \sim 10 \mu\text{m}$ 的厚度。
11. 根据权利要求 10 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述压电体层具有 $5 \sim 9 \mu\text{m}$ 的厚度。
12. 根据权利要求 3 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述开口具有 $80 \mu\text{m}$ 的直径,所述压电体层具有 $6 \sim 10 \mu\text{m}$ 的厚度。
13. 根据权利要求 12 所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述压电体层具有 $9 \mu\text{m}$ 的厚度。
14. 根据权利要求 1 ~ 13 中任意一项所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,
所述基板是经由绝缘层在 Si 基材上形成有 Si 层的 SOI 基板,
所述多个振动板由与以分别使所述绝缘层露出的方式将所述 Si 基材挖通成所述预定的形状而形成的所述多个开口对应的部分的 Si 层和所述绝缘层构成。
15. 根据权利要求 1 ~ 14 中任意一项所述的单层压电片型超声波探头,其特征在于,

所述多个开口的所述预定的形状是圆形或者正多边形。

16. 根据权利要求 1 ~ 15 中任意一项所述的单层压电片型超声波探头, 其特征在于, 所述多个压电元件部以不超过各自对应的所述振动板的周缘部的方式形成于所述振动板的表面上。

17. 根据权利要求 1 ~ 16 中任意一项所述的单层压电片型超声波探头, 其特征在于, 所述多个压电元件部配置成具有如下的细密填充构造, 即各个所述压电元件部形成沿仰角方向以预定的间距排列成直线状的多个列, 并且每列具有所述预定的间距的 $1/2$ 的错位量。

18. 根据权利要求 1 ~ 17 中任意一项所述的单层压电片型超声波探头, 其特征在于, 所述被覆层具有满足声匹配条件的厚度。

19. 一种单层压电片型超声波探头的制造方法, 其特征在于, 在基板上形成分别具有预定的形状的多个开口和分别将所述多个开口的一端封堵的多个振动板,

在所述多个振动板的表面上分别形成多个压电元件部,

以填埋所述多个压电元件部的方式, 在所述基板的表面上形成由声阻抗为 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 、肖氏 A 硬度为 75 以下的有机树脂构成的被覆层。

单层压电片型超声波探头及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及单层压电片型超声波探头及其制造方法,尤其涉及利用微细加工技术制作的单层压电片型超声波探头及其制造方法。

背景技术

[0002] 以往,利用超声波图像的超声波诊断装置在医疗领域中得到实际应用。通常,这种超声波诊断装置从超声波探头朝向被检体内发送超声波光束,超声波探头接收来自被检体的超声波回波,并对该接收信号进行电气处理,由此生成超声波图像。

[0003] 超声波探头采用利用了多层压电体的变压器型传感器,然而近年来能够容易制造微小尺寸的阵列变压器型传感器,因而例如利用如专利文献 1 及 2 公开的微细加工技术制作的单层压电片型超声波探头受到关注。

[0004] 该单层压电片型超声波探头也被称为所谓 pMUT(压电微细加工超声波变压器型传感器),具有在振动板上依次层压下部电极层和压电体层和上部电极层而形成的压电元件,振动板是通过硅等构成的基板进行局部加工而形成的。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献 1:日本专利第 4043790 号公报

[0008] 专利文献 2:日本特表 2008-535643 号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的课题

[0010] 但是,为了将超声波探头应用于超声波诊断来生成高精度的超声波图像,需要以 MHz 频带高速驱动压电元件,在进行这样的高速驱动时,不能忽视作用于被相互层压形成的紧贴的各层之间的应力。并且,由于长时间的使用,产生相邻的层剥离的可能性。在产生层间的剥离时,将难以作为超声波探头发挥作用。这样的层间的剥离现象在产生的声压比较低的情况下,压电元件的做功量较小,因而不会成为问题,但是在产生特别高的声压的情况下,由于做功量增大,该剥离现象明显。

[0011] 另外,与以往使用由无机材料构成的多层压电体的探头的声阻抗相比,单层压电片型探头的声阻抗通常约为 $4 \sim 10 \times 10^6 \text{kg/m}^2\text{s}$,虽然相当低,但是具有比作为超声波诊断的对象的活体的声阻抗 $1.5 \sim 10 \times 10^6 \text{kg/m}^2\text{s}$ 高的值。因此,如果直接使用单层压电片型探头进行超声波诊断,将导致超声波光束对活体的透射率下降。尤其是单层压电片型探头虽然适合于微细制作,但是难以实现较大的声压和较高的接收灵敏度,因声阻抗的不整合导致的超声波光束的透射率的下降成为进行高精度的超声波诊断时的重大问题。

[0012] 这样,以往在考虑了对超声波诊断的应用时,未能明确如何设计单层压电片型探头的构造比较好,因而需要解决这一问题。

[0013] 本发明正是为了解决以往的这种问题而提出的,其目的在于提供一种单层压电片

型超声波探头及其制造方法,能够长时间地可靠性良好地进行高精度的超声波诊断。

[0014] 用于解决课题的技术方案

[0015] 本发明的单层压电片型超声波探头具有:基板,在该基板形成有分别具有预定的形状的多个开口;多个振动板,以分别将多个开口的一端封堵的方式形成于基板上;多个压电元件部,形成于多个振动板的表面上,并且分别具有压电体层和形成于压电体层的两面的一对电极层;以及被覆层,以填埋多个压电元件部的方式配置在基板的表面上,而且由声阻抗为 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 、肖氏 A 硬度为 75 以下的有机树脂构成。

[0016] 优选的是,开口具有 $40 \sim 80 \mu\text{m}$ 的直径,压电体层具有 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 的厚度,压电体层的厚度与振动板的厚度的比率被设定为 $1:0.8 \sim 1.2$ 。

[0017] 另外,优选选择开口的直径与压电体层的厚度的值的组合,以便使发送声压达到预先设定的设定值以上。

[0018] 例如,能够形成如下的组合:开口具有 $40 \mu\text{m}$ 的直径,压电体层具有 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 、尤其是 $2 \sim 3 \mu\text{m}$ 的厚度的组合;开口具有 $50 \mu\text{m}$ 的直径,压电体层具有 $1 \sim 7 \mu\text{m}$ 、尤其是 $1 \sim 6 \mu\text{m}$ 的厚度的组合;开口具有 $60 \mu\text{m}$ 的直径,压电体层具有 $2 \sim 9 \mu\text{m}$ 、尤其是 $4 \sim 8 \mu\text{m}$ 的厚度的组合;开口具有 $70 \mu\text{m}$ 的直径,压电体层具有 $4 \sim 10 \mu\text{m}$ 、尤其是 $5 \sim 9 \mu\text{m}$ 的厚度的组合;或者开口具有 $80 \mu\text{m}$ 的直径,压电体层具有 $6 \sim 10 \mu\text{m}$ 、尤其是 $9 \mu\text{m}$ 的厚度的组合。

[0019] 优选的是,基板是经由绝缘层在 Si 基材上形成有 Si 层的 SOI 基板,多个振动板由与以使各个绝缘层露出的方式将 Si 基材挖通成预定的形状而形成的多个开口对应的部分的 Si 层和绝缘层构成。

[0020] 另外,多个开口的预定的形状能够呈圆形或者正多边形。

[0021] 优选的是,多个压电元件部以不超过各自对应的振动板的周缘部的方式形成于振动板的表面上。

[0022] 多个压电元件部能够配置成具有如下的细密填充构造,即各个压电元件部形成沿仰角方向以预定的间距排列成直线状的多个列,并且每列具有预定的间距的 $1/2$ 的错位量。

[0023] 另外,优选被覆层具有满足声匹配条件的厚度。

[0024] 本发明的单层压电片型超声波探头的制造方法,在基板上形成分别具有预定的形状的多个开口和分别将多个开口的一端封堵的多个振动板,在多个振动板的表面上分别形成多个压电元件部,以填埋多个压电元件部的方式,在基板的表面上形成由声阻抗为 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 、肖氏 A 硬度为 75 以下的有机树脂构成的被覆层。

[0025] 发明效果

[0026] 根据本发明,在基板的表面上形成由声阻抗为 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 、肖氏 A 硬度为 75 以下的有机树脂构成的被覆层来填埋多个压电元件部,因而各个压电元件部被被覆层保护,并且超声波光束对活体的透射率提高,在声压较高的活体用的超声波诊断用途中,也能够长时间地可靠性良好地进行高精度的超声波诊断。

附图说明

[0027] 图 1 是表示本发明的实施方式的单层压电片型超声波探头的结构的俯视图。

[0028] 图 2 是表示去除了被覆层的状态的实施方式的单层压电片型超声波探头的俯视

图。

[0029] 图 3 是表示实施方式的单层压电片型超声波探头的主要部分的剖视图。

[0030] 图 4 是表示实施方式的单层压电片型超声波探头的彼此相邻的两个压电元件区域和与这些压电元件区域连接的引出电极的局部放大俯视图。

[0031] 图 5 是按照工序顺序表示实施方式的单层压电片型超声波探头的制造方法的图。

[0032] 图 6 是表示将实施方式的单层压电片型超声波探头安装在 FPC 上的状态的俯视图。

[0033] 图 7 是表示对基板的开口的直径进行各种变化时的压电体层的厚度与发送声压的关系的曲线图。

[0034] 图 8 是表示有机树脂材料的残留振动波形的图，(A) 是针对肖氏 A 硬度 100 以上的有机树脂材料的波形图，(B) 是针对肖氏 A 硬度 62 的有机树脂材料的波形图。

[0035] 图 9 是表示有机树脂材料的肖氏 A 硬度与残留振动的波数的关系的曲线图。

[0036] 图 10 是表示实施方式的单层压电片型超声波探头的频率与灵敏度的关系的曲线图。

[0037] 图 11 是表示使用实施方式的单层压电片型超声波探头拍摄的超声波图像的照片。

具体实施方式

[0038] 下面，根据附图说明本发明的实施方式。

[0039] 图 1 是表示本发明的实施方式的单层压电片型超声波探头的结构的图。

[0040] 在基板 1 的表面上形成有多个压电元件区域 2，这些压电区域 2 分别沿仰角 (EL) 方向细长地延伸，并且沿方位角 (AZ) 方向彼此隔开微小的间隔而排列，在各个压电元件区域 2 中排列形成有多个微小的压电元件部。并且，各个压电元件区域 2 沿仰角方向与对应的引出电极 3 连接。这些引出电极 3 交替地沿基板 1 的一对侧缘 1a 及 1b 中任意一个侧缘延伸，以便确保彼此的排列间距。

[0041] 并且，在基板 1 上以覆盖所有压电元件区域 2 的方式配置有被覆层 4。

[0042] 在表示去除被覆层 4 后的状态的图 2 中，明确示出了分别沿仰角方向延伸的多个压电元件区域 2。这些压电元件区域 2 例如以间距 $P1 = 250 \mu m$ 沿方位角方向排列。

[0043] 如图 3 所示，在压电元件区域 2 排列形成的多个微小的压电元件部 5 分别具有形成于基板 1 的表面 1c 上的下部电极层 6、形成于下部电极层 6 上的厚度 T1 的压电体层 7、和形成于压电体层 7 上的上部电极层 8。压电体层 7 具有正六边形的平面形状，上部电极层 8 也形成为与压电体层 7 相同的正六边形。

[0044] 这样的压电元件部 5 能够配置成具有如图 4 所示的细密填充构造，即形成沿探头的仰角方向以预定的间距 P2 排列成直线状的多个列，并且每列沿仰角方向偏移间距 P2 的 $1/2$ 的错位量 $\Delta P = P2/2$ 。并且，在同一压电元件区域 2 中形成的压电元件部 5 的上部电极层 8 相互连接，并且与对应的引出电极 3 连接。另外，在所有的压电元件区域 2 中排列形成的压电元件部 5 的下部电极层 6 相互连接成一体，在基板 1 的表面 1c 上形成一片电极层。

[0045] 即，压电体层 7 按照各个压电元件部 5 而分离，上部电极层 8 在同一压电元件区域 2 内连接成一体并与引出电极 3 连接，下部电极层 6 对于所有的压电元件区域 2 的所有的压

电元件部 5 而言是共同的。

[0046] 如图 3 所示,在基板 1 的与各个压电元件部 5 的配置位置对应的背面 1d 侧形成有多个开口 9。由于该开口 9 的形成,基板 1 变薄,在基板 1 的表面 1c 侧形成将开口 9 的一端封堵的厚度 T2 的振动板 10。压电元件部 5 分别配置在对应的振动板 10 上。

[0047] 各个开口 9 具有与对应的压电元件部 5 的压电体层 7 相似形状、而且与压电体层 7 相同或者比压电体层 7 大的正六边形的平面形状。即,在将正六边形的内切圆的直径和外切圆的直径的平均称为正六边形的直径时,开口 9 的直径 D2 具有压电元件部 5 的压电体层 7 的直径 D1 以上的值,压电体层 7 以不超过振动板 10 的周缘部的方式形成于振动板 10 的表面上。通过形成这样的结构,振动板 10 容易与在压电元件部 5 生成的振动共振,能够高效地发送超声波并提高声压。另外,在图 3 所示的探头中,将开口 9 的直径 D2 设定成大于压电体层 7 的直径 D1。

[0048] 形成于基板 1 上的所有的压电元件部 5 被被覆层 4 覆盖。被覆层 4 以填埋各个压电元件部 5 的方式一直填充到各个压电体层 7 的侧面部分中。该被覆层 4 由声阻抗为 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ ($1.5 \sim 4 \text{ Mrayl}$)、肖氏 A 硬度为 75 以下的有机树脂形成,具有诸如相对于单层压电片型超声波探头的使用频率满足声匹配条件即 $1/4$ 波长条件的厚度。

[0049] 通过用这样的被覆层 4 填埋各个压电元件部 5 来保护压电元件部 5,因而在以适合于超声波诊断的 MHz 频带高速且长时间地驱动单层压电片型超声波探头时,也能够防止在压电元件部 5 的层之间产生剥离,实现可靠性较高的超声波诊断。

[0050] 并且,被覆层 4 具有与成为超声波诊断的对象活体的声阻抗接近的、 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 的声阻抗,因而能够抑制超声波光束对活体的透射率的下降,得到高精度的超声波诊断图像。

[0051] 该实施方式的单层压电片型超声波探头例如能够按照以下所述制造。

[0052] 首先,制造如图 5(A) 所示的 SOI 基板 14,该 SOI 基板 14 在由单晶体 Si 构成的厚度约 $500 \mu\text{m}$ 的 Si 基材 11 上,经由作为绝缘层的厚度 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 的热氧化 SiO_2 膜 12 形成数 μm 厚的单晶体 Si 层 13。

[0053] 然后,如图 5(B) 所示,以防止 Pb 向 Si 基材 11 及单晶体 Si 层 13 的扩散等为目的,在 SOI 基板 14 的两面分别形成约 $0.3 \mu\text{m}$ 厚的热氧化 SiO_2 膜 15 及 16。

[0054] 然后,如图 5(C) 所示,利用溅射法,在热氧化 SiO_2 膜 16 上形成由 30nm 厚的 Ti 和 150nm 厚的 Pt 构成的电极层 17,利用溅射法在电极层 17 上形成 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 厚的 PZT 膜 18,利用溅射法再在 PZT 膜 18 上形成由 30nm 厚的 Ti 和 150nm 厚的 Pt 构成的电极层 19。

[0055] 如图 5(D) 所示,在最上层的电极层 19 上涂覆抗蚀剂并使其固化,在罩上 UV 掩模进行曝光后显影,由此形成与之后将要制作的压电元件部 5 的上部电极层 8 对应的上部掩模 20。

[0056] 然后,如图 5(E) 所示,通过反应性离子蚀刻将从上部掩模 20 露出的部分的电极层 19 去除,然后如图 5(F) 所示,通过蚀刻将从上部掩模 20 露出的部分的 PZT 膜 18 去除。

[0057] 然后,如图 5(G) 所示,利用脱模剂去除上部掩模 20,在最底层的热氧化 SiO_2 膜 15 的下表面涂覆抗蚀剂并使其固化,在罩上 UV 掩模进行曝光后显影,由此形成与之后将要制作的基板 1 的开口 9 对应的背面掩模 21。

[0058] 然后,如图 5(H) 所示,通过反应性离子蚀刻将从背面掩模 21 露出的部分的热氧化

SiO₂膜 15 去除,然后如图 5(I) 所示,通过深掘干式蚀刻将从背面掩模 21 露出的部分的 SOI 基板 14 的 Si 基材 11 去除。此时,SOI 基板 14 的热氧化 SiO₂膜 12 作为阻止蚀刻层发挥作用,以使热氧化 SiO₂膜 12 露出的方式,将 Si 基材 11 挖通成由背面掩模 21 形成的形状。然后,如图 5(J) 所示,利用脱模剂去除背面掩模 21。

[0059] 由 Si 基材 11 和热氧化 SiO₂膜 12 和单晶体 Si 层 13 形成基板 1,由热氧化 SiO₂膜 12 和单晶体 Si 层 13 形成振动板 10。并且,由电极层 17 形成下部电极层 6,由 PZT 膜 18 形成压电层 7,由电极层 19 形成上部电极层 8。

[0060] 这样,制作了如图 2 所示没有被覆层 4 的状态的探头,如图 6 所示将该状态的探头安装在 FPC(挠性印制电路)22 等上,将多个引出电极 3 分别与 FPC22 的对应的布线图案 23 连接,将对于所有的压电元件部 5 而言共同存在的下部电极层 6 与 FPC22 的接地图案 24 连接。这些连接能够使用 Ag 膏、引线接合、低温焊锡等实现。

[0061] 然后,以覆盖所有的压电元件区域 2 的方式在基板 1 上涂覆形成被覆层 4,由此完成单层压电片型超声波探头的制造。

[0062] 已在实验中判明,通常为了生成高精度的超声波图像,需要约 50kPa 以上的发送声压。

[0063] 因此,首先将基板 1 的开口 9 的直径 D2 和压电层 7 的厚度 T1 组成各种组合,分别测定改变振动板 10 的厚度 T2 时的发送声压的值。其结果得知,与开口 9 的直径 D2 和压电层 7 的厚度 T1 的值无关,在振动板 10 的厚度 T2 相对于压电层 7 的厚度 T1 为 0.8 ~ 1.2 的比率的情况下,发送声压达到最大,即使是比值低于 0.8 时或者超过 1.2 时,发送声压低于最大值。

[0064] 然后,将压电层 7 的厚度 T1 与振动板 10 的厚度 T2 的比率保持为 1:0.8 ~ 1.2,通过 FEM(有限要素法)模拟测定了在 40 ~ 100 μm 的范围内对基板 1 的开口 9 的直径 D2 进行各种变化时的压电层 7 的厚度 T1 与发送声压的关系,得到了如图 7 所示的结果。另外,图 7 的纵轴表示被标准化的发送声压的值,例如标准值 500 ~ 600 相当于约 100kPa 的声压。

[0065] 可知在开口 9 的直径 D2 越大时,示出发送声压的峰值的压电层 7 的厚度 T1 越大。例如,开口 9 的直径 D2 = 50 μm 时的发送声压在压电层 7 的厚度 T1 = 4 μm 左右时示出峰值,开口 9 的直径 D2 = 80 μm 时的发送声压在压电层 7 的厚度 T1 = 9 μm 左右时示出峰值。

[0066] 另外,得知各个开口 9 的直径 D2 的发送声压的峰值在开口 9 的直径 D2 = 50 μm 时达到最大,在直径 D2 小于 50 μm 时大于 50 μm 时都缓慢下降。例如,开口 9 的直径 D2 = 50 μm 时的发送声压具有超过标准值 500 的峰值,在达到开口 9 的直径 D2 = 100 μm 时,只能得到标准值 200 左右的峰值。

[0067] 在此,通过在实验中确认图 7 的纵轴所示的发送声压的标准值与探头的性能等级的关系,可知能够按照以下的表 1 所示,按照发送声压的标准值将探头划分为评价 AA ~ 评价 D 这五档。

[0068] [表 1]

[0069] 表 1

[0070]

评价	发送声压（标准值）	说明
AA	400 以上	作为超声波诊断装置的探头是高性能等级
A	300 以上且小于 400	作为超声波诊断装置的探头是实用等级
B	200 以上且小于 300	对于简易的超声波图像用途是可用等级
C	100 以上且小于 200	对于感测用途是可用等级
D	小于 100	可用等级以下

[0071] 即,在发送声压的标准值为 400 以上的情况下,作为超声波诊断装置的探头具有高性能等级,设为评价 AA,在发送声压的标准值为 300 以上且小于 400 的情况下,作为超声波诊断装置的探头具有实用等级,将其设为评价 A。在发送声压的标准值为 200 以上且小于 300 的情况下,对于简易的超声波图像用途具有可用等级,将其设为评价 B。

[0072] 与此相对,在发送声压的标准值小于 200 时,将难以得到能够实用的超声波图像,在发送声压的标准值为 100 以上且小于 200 的情况下,对于感测用途具有可用等级,将其设为评价 C,在发送声压的标准值小于 100 时,对于感测用途也是在可用等级以下,将其设为评价 D。

[0073] 根据图 7 的曲线图,在读取针对开口 9 的直径 D2 与压电体层 7 的厚度 T1 的各种组合的发送声压的标准值时,能够得到如下面的表 2 及表 3 所示的评价结果。

[0074] [表 2]

[0075]

开口的直径 D2 (μm)	压电体层的厚度 T1 (μm)	振动板的厚度 T2 (μm)	评价
40	1	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	2	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	3	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	4	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	5	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	6	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C
	7	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	8	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	9	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
50	1	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	2	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	AA
	3	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	AA
	4	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	AA
	5	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	AA
	6	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	AA
	7	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	8	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C
	9	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
60	1	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C
	2	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	3	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	4	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	5	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	AA
	6	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	AA
	7	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	AA
	8	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	9	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B

[0076] [表 3]

[0077]

开口的直径 D2 (μm)	压电体层的厚度 T1 (μm)	振动板的厚度 T2 (μm)	评价
70	1	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	2	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	3	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C
	4	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	5	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	6	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	7	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	8	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
	9	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
80	1	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	2	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	3	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	4	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C
	5	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C
	6	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	7	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	8	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	B
	9	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	A
90	1	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	2	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	3	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	4	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	5	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	6	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	D
	7	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C
	8	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C
	9	$T1 \times (1 \pm 0.2)$	C

[0078] 根据该评价结果可知,作为开口 9 的直径 D2 与压电体层 7 的厚度 T1 的组合,设定成在 $D2 = 40 \mu\text{m}$ 时 $T1 = 1 \sim 5 \mu\text{m}$, 在 $D2 = 50 \mu\text{m}$ 时 $T1 = 1 \sim 7 \mu\text{m}$, 在 $D2 = 60 \mu\text{m}$ 时 $T1 = 2 \sim 9 \mu\text{m}$, 在 $D2 = 70 \mu\text{m}$ 时 $T1 = 4 \sim 10 \mu\text{m}$, 在 $D2 = 80 \mu\text{m}$ 时 $T1 = 6 \sim 10 \mu\text{m}$, 评价属于 AA、A 及 B 中的任意一项,能够取得可用等级以上的超声波图像。

[0079] 另外,在图 7 中示出针对压电体层 7 的厚度 $T1 = 1 \sim 9 \mu\text{m}$ 的发送声压,绘制了针对压电体层 7 的厚度 $T1 = 10 \mu\text{m}$ 的测定点,但是根据针对各个开口 9 的直径 D2 的特性曲线可以预计到, $D2 = 70 \mu\text{m}$ 时及 $T1 = 10 \mu\text{m}$ 时的发送声压、和 $D2 = 80 \mu\text{m}$ 时及 $T1 = 10 \mu\text{m}$

时的发送声压都超过标准值 200。因此, $D2 = 70\ \mu\text{m}$ 、 $T1 = 10\ \mu\text{m}$ 以及 $D2 = 80\ \mu\text{m}$ 、 $T1 = 10\ \mu\text{m}$ 的组合都被纳入到上述的能够取得可用等级以上的超声波图像的组合中。

[0080] 另外, 如果设定成在 $D2 = 40\ \mu\text{m}$ 时 $T1 = 2 \sim 3\ \mu\text{m}$, 在 $D2 = 50\ \mu\text{m}$ 时 $T1 = 1 \sim 6\ \mu\text{m}$, 在 $D2 = 60\ \mu\text{m}$ 时 $T1 = 4 \sim 8\ \mu\text{m}$, 在 $D2 = 70\ \mu\text{m}$ 时 $T1 = 5 \sim 9\ \mu\text{m}$, 在 $D2 = 80\ \mu\text{m}$ 时 $T1 = 9\ \mu\text{m}$, 则都能够得到评价 AA 或者评价 A, 作为超声波诊断装置的探头属于高性能等级或者可用等级。

[0081] 另外, 在喷墨打印机等使用的压电元件中, 虽然已经公知在振动板上形成压电体的构造体, 但是通常振动板的直径大大超过 $100\ \mu\text{m}$, 图 7 所示的使用直径 $100\ \mu\text{m}$ 以下的振动板的超声波发送用的元件构造与声压的关系只有根据本申请发明的研究才得以判明。在振动板的直径 $100\ \mu\text{m}$ 以下时, 能够得到超声波诊断装置可以应用的较大的声压的构造已经明确。

[0082] 另外, 为了研究被覆层 4 使用的有机树脂材料, 图 8 示出了肖氏 A 硬度的两种不同的有机树脂的残留振动波形。图 8(A) 是针对肖氏 A 硬度 100 以上的有机树脂 R1 (EPOTEK 公司制造的环氧树脂 302-2FL) 的波形图, 图 8(B) 是针对肖氏 A 硬度 62 的有机树脂 R2 (EPOTEK 公司制造的环氧树脂 301M) 的波形图。将这些有机树脂 R1 和 R2 进行比较, 在具有较大的肖氏 A 硬度的有机树脂 R1 中残留振动长时间地残存, 在具有较小的肖氏 A 硬度的有机树脂 R2 中残留振动在短时间内衰减。

[0083] 当在较大的残留振动残存的定时进行下一个超声波的发送时, 将导致发送光束的波面紊乱, 难以实现高精度的超声波诊断。假设将超声波的发送频率设为 10MHz 时, 周期为 $0.1\ \mu\text{s}$ 。期望在该周期程度的时间内使残留振动衰减某种程度。

[0084] 通过求出相对于残留振动的最大峰值电压值为 10% 以上的电压强度的波数 N, 在图 8(A) 所示的有机树脂 R1 中, $N = 16$ 波, 在图 8(B) 所示的有机树脂 R2 中, $N = 8$ 波。同样, 在对肖氏 A 硬度 57 的硅树脂求出波数 N 时, $N = 7$ 波。表示包括该硅树脂在内的有机树脂的肖氏 A 硬度的值与波数 N 的关系如图 9 的曲线图所示。另外, 没有被覆层 4 的单层压电片型探头从其构造讲理想状态是具有 3 波的残留振动, 因而在图 9 中绘制出相对于肖氏 A 硬度 0 的波数 $N = 3$ 。存在这种倾向: 肖氏 A 硬度越大的树脂材料, 相对于残留振动的最大峰值电压值为 10% 以上的电压强度的波数 N 越大。

[0085] 在此, 如图 8(A) 所示的有机树脂 R1 所示, 相对于残留振动的最大峰值电压值为 10% 以上的电压强度的波数 N 超过 10 波的有机树脂材料, 有可能无法设定适合于超声波诊断的频率频带, 不适合作为被覆层 4 的材料。

[0086] 另一方面, 如图 8(B) 所示的有机树脂 R2 所示, 如果使用相对于残留振动的最大峰值电压值为 10% 以上的电压强度的波数 N 为 10 波以下的有机树脂材料作为被覆层 4, 则能够设定足以得到超声波诊断的频率频带。从图 9 读取这种树脂材料, 肖氏 A 硬度达到 75 以下。

[0087] 因此, 在本发明中, 被覆层 4 的材料使用肖氏 A 硬度 75 以下的有机树脂。

[0088] 通过用这样的被覆层 4 覆盖所有的压电元件部 5, 能够机械地保护压电元件部 5, 而且以适合于超声波诊断的 MHz 频带驱动单层压电片型超声波探头, 并执行高精度的超声波诊断。

[0089] 另外, 作为被覆层 4 而使用的有机树脂材料的肖氏 A 硬度的下限值没有特殊限定,

例如只要在肖氏 A 硬度 20 左右以上,就能够充分保护压电元件部 5,防止在压电元件部 5 的层之间产生剥离。

[0090] 另外,将开口 9 的直径 $D2 = 70 \mu\text{m}$ 、压电体层 7 的厚度 $T1 = 7 \mu\text{m}$ 、压电体层 7 的厚度 $T1$ 与振动板 10 的厚度 $T2$ 的比率为 1:1.1,制造了 64 信道的单层压电片型超声波探头,测定了在水中发送及接收这两条路径的频率与灵敏度的关系,得到了如图 10 所示的结果。

[0091] 相对于最大灵敏度峰值的 -6dB 频带涵盖了约 4~18MHz,与以往的探头相比,可知显示出了非常广的超宽频带。

[0092] 另外,使用上述的 64 信道的单层压电片型超声波探头实际拍摄无反响囊细胞的超声波图像如图 11 所示。将探头的驱动电压设为 $\pm 50\text{V}$,不使用声透镜即可拍摄到深度 4cm。这验证了能够得到高精度的清晰的超声波图像。

[0093] 另外,在上述实施方式的单层压电片型超声波探头中,如图 4 所示,各个压电元件部 5 的压电体层 7 和上部电极层 8 具有正六边形的平面形状,但不限于此,例如能够设为圆形或者六边形以外的正多边形。在这种情况下,优选基板 1 的开口 9 也具有与压电元件部 5 的压电体层 7 及上部电极层 8 相似形状的平面形状。在采用正多边形时,与正六边形的情况一样,能够将正多边形的内切圆的直径和外切圆的直径的平均称为正多边形的直径。

[0094] 另外,在上述实施方式的单层压电片型超声波探头中,示例了沿方位角方向排列多个压电元件区域 2 的所谓 1D(一维)阵列,但本发明不限于 1D 阵列。例如,也能够将本发明的单层压电片型超声波探头应用于将各个压电元件区域沿仰角方向分割成约 3~5 个的多个区域,能够沿深度方向分阶段地调整超声波光束的所谓 1.5D 阵列,或者也能够应用于将各个压电元件区域沿仰角方向分割成多个区域,沿方位角方向和仰角方向都能够任意分配超声波光束的所谓 2D 阵列,此外与以往类型的超声波探头相比,能够容易进行这样的 1.5D 阵列或者 2D 阵列的制作。

[0095] 标号说明

[0096] 1 基板;1a、1b 基板的侧缘;1c 基板的表面;1d 基板的背面;2 压电元件区域;3 引出电极;4 被覆层;5 压电元件部;6 下部电极层 7 压电体层;8 上部电极层;9 开口;10 振动板;11 Si 基材;12、15、16 热氧化 SiO_2 膜;13 单晶体 Si 层;14 SOI 基板;17、19 电极层;18 PZT 膜;20 上部掩模;21 背面掩模;22 FPC;23 布线图案;24 接地图案;P1 压电元件区域的排列间距;P2 压电元件部的仰角方向的排列间距; ΔP 每列的仰角方向的错位量;T1 压电体层的厚度;T2 振动板的厚度;D1 压电体层的直径;D2 开口的直径。

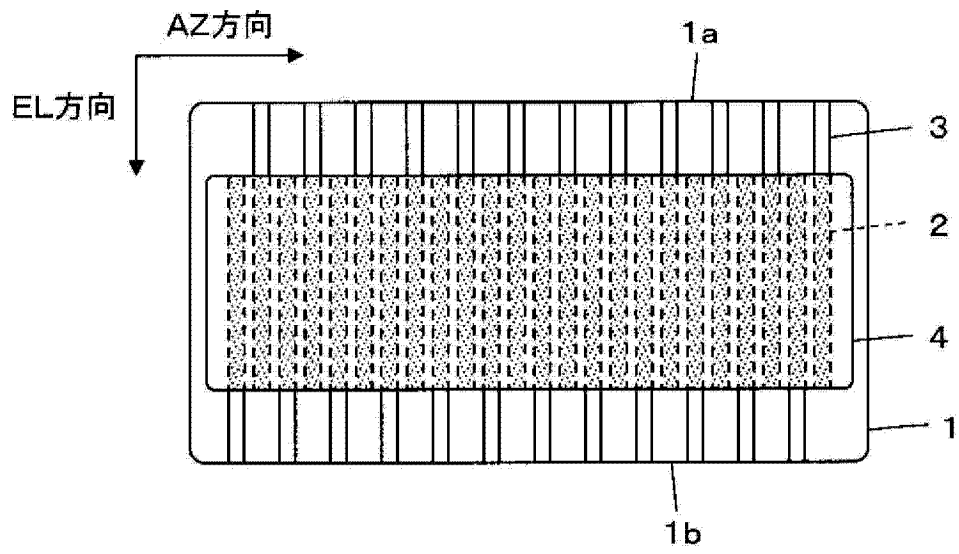


图 1

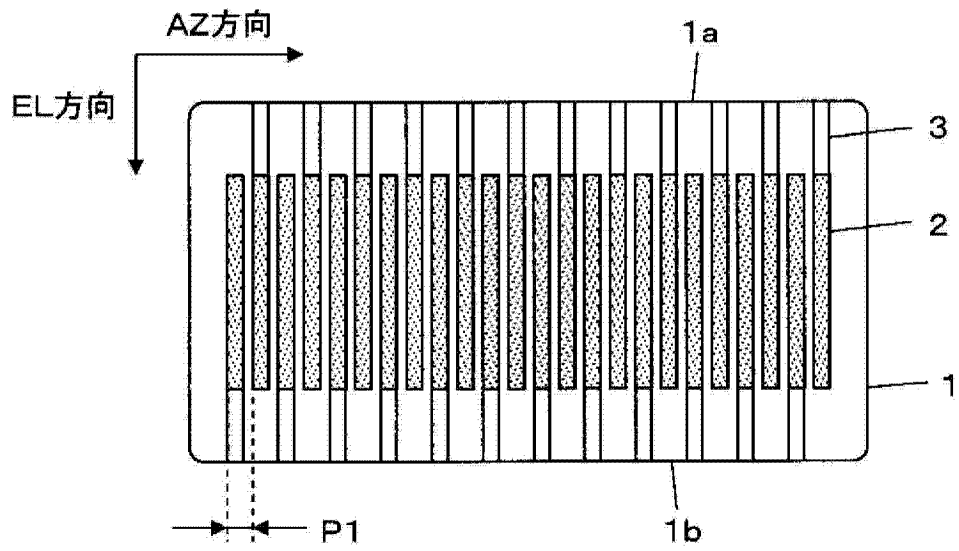


图 2

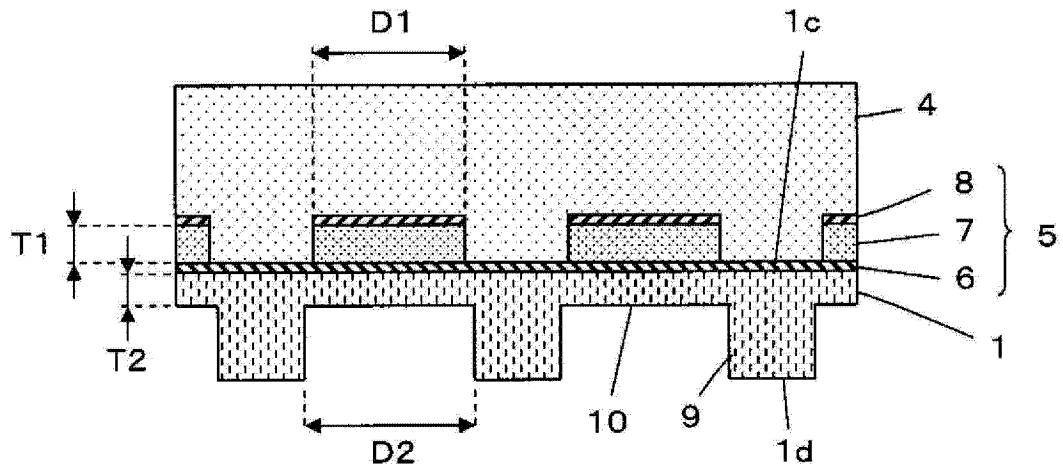


图 3

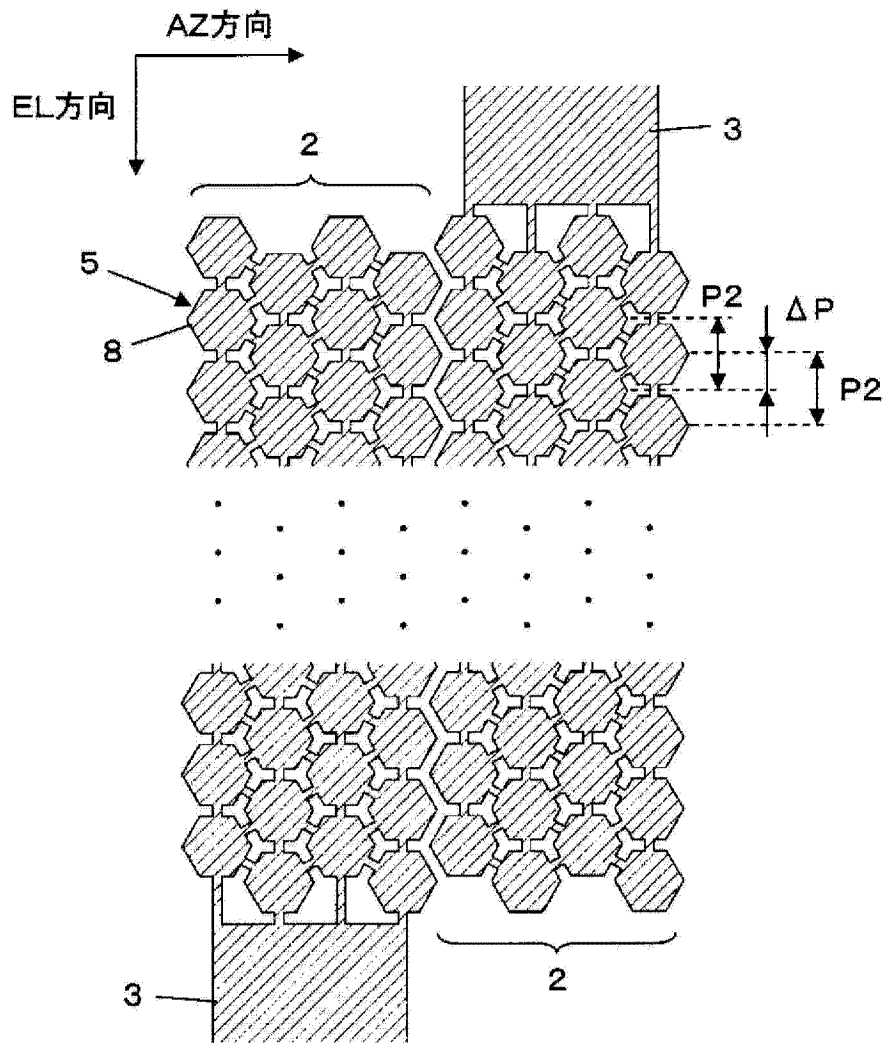


图 4

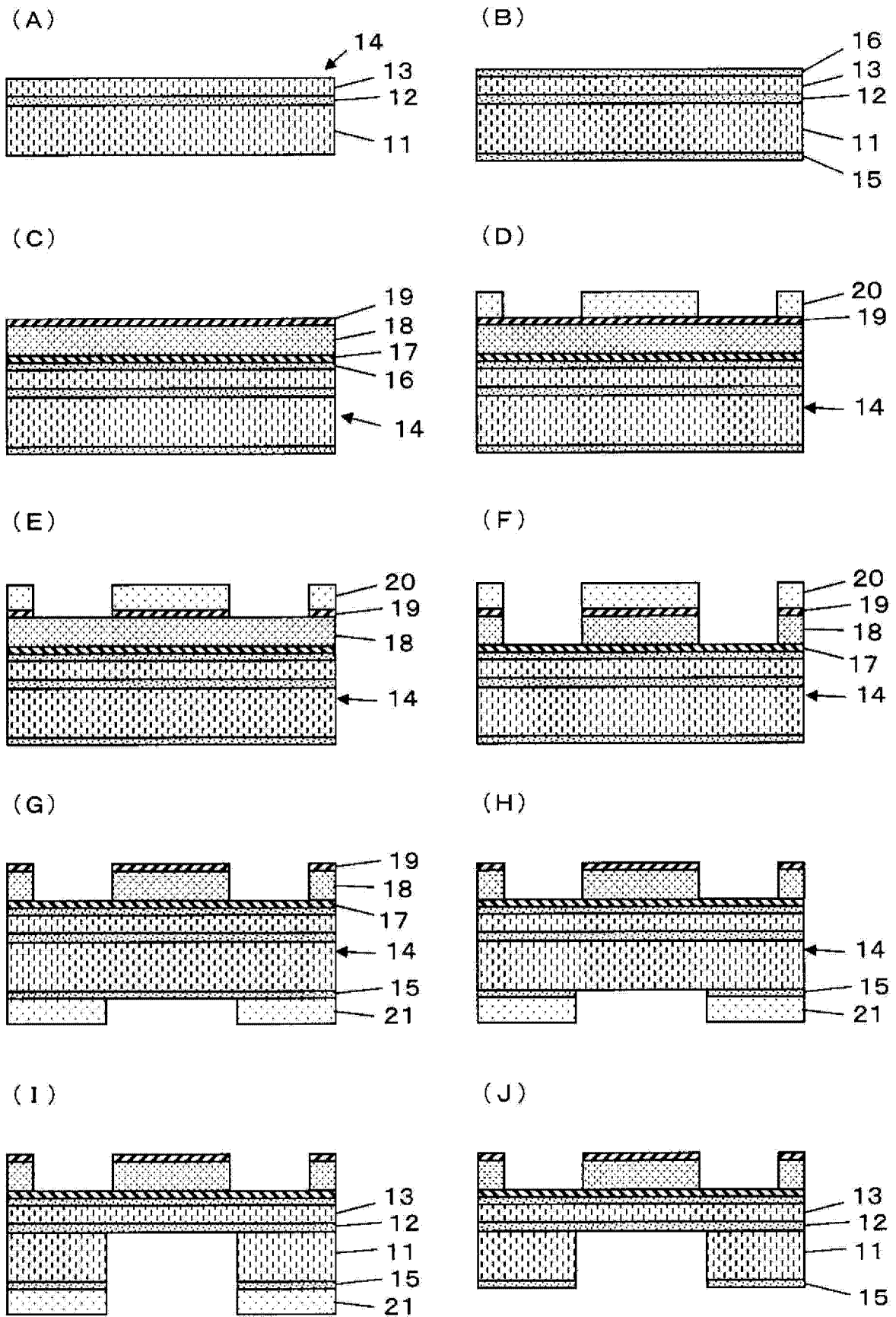


图 5

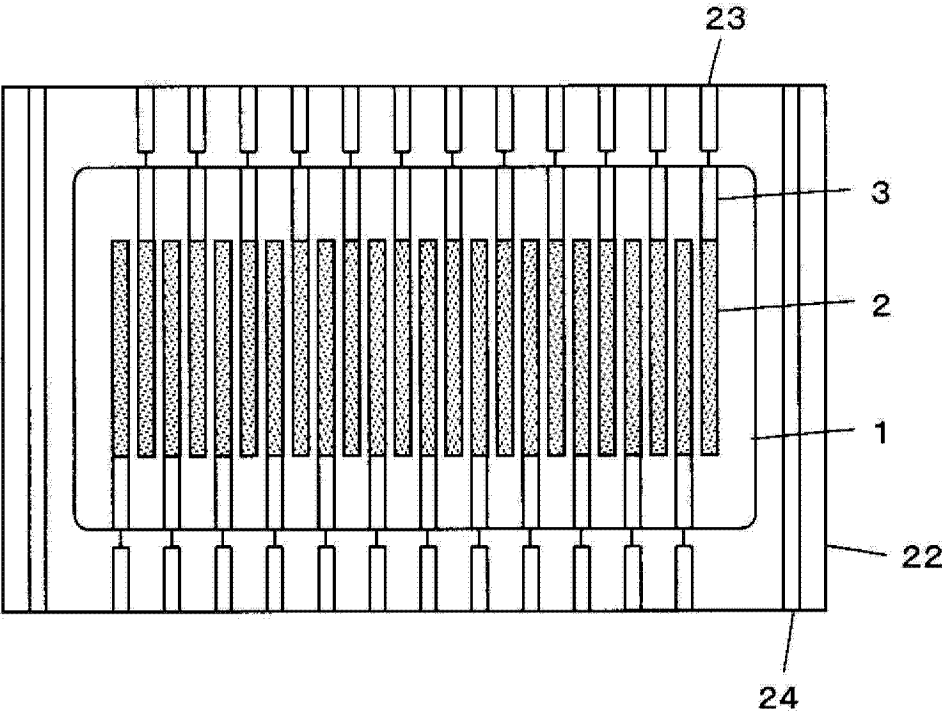


图 6

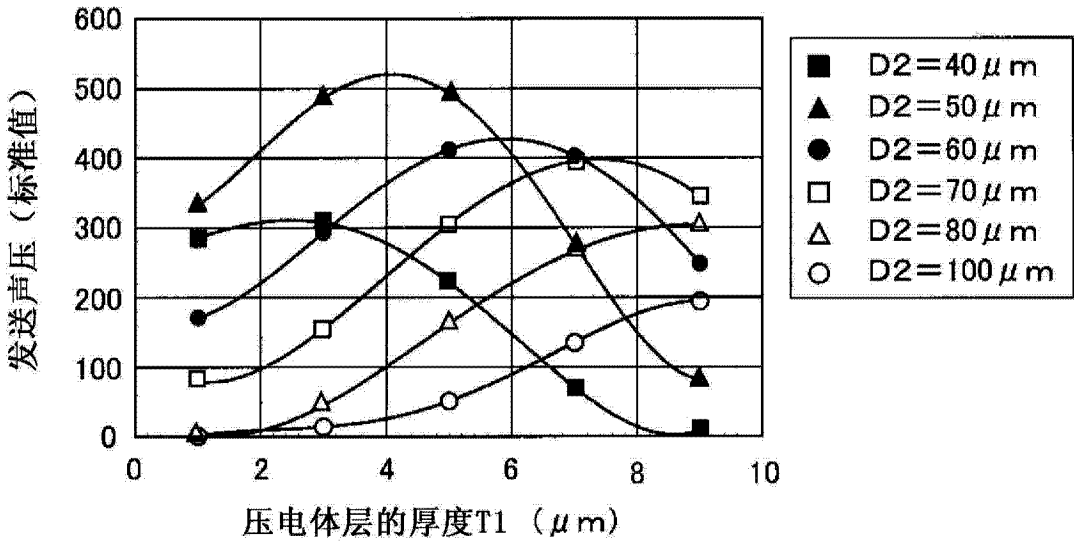


图 7

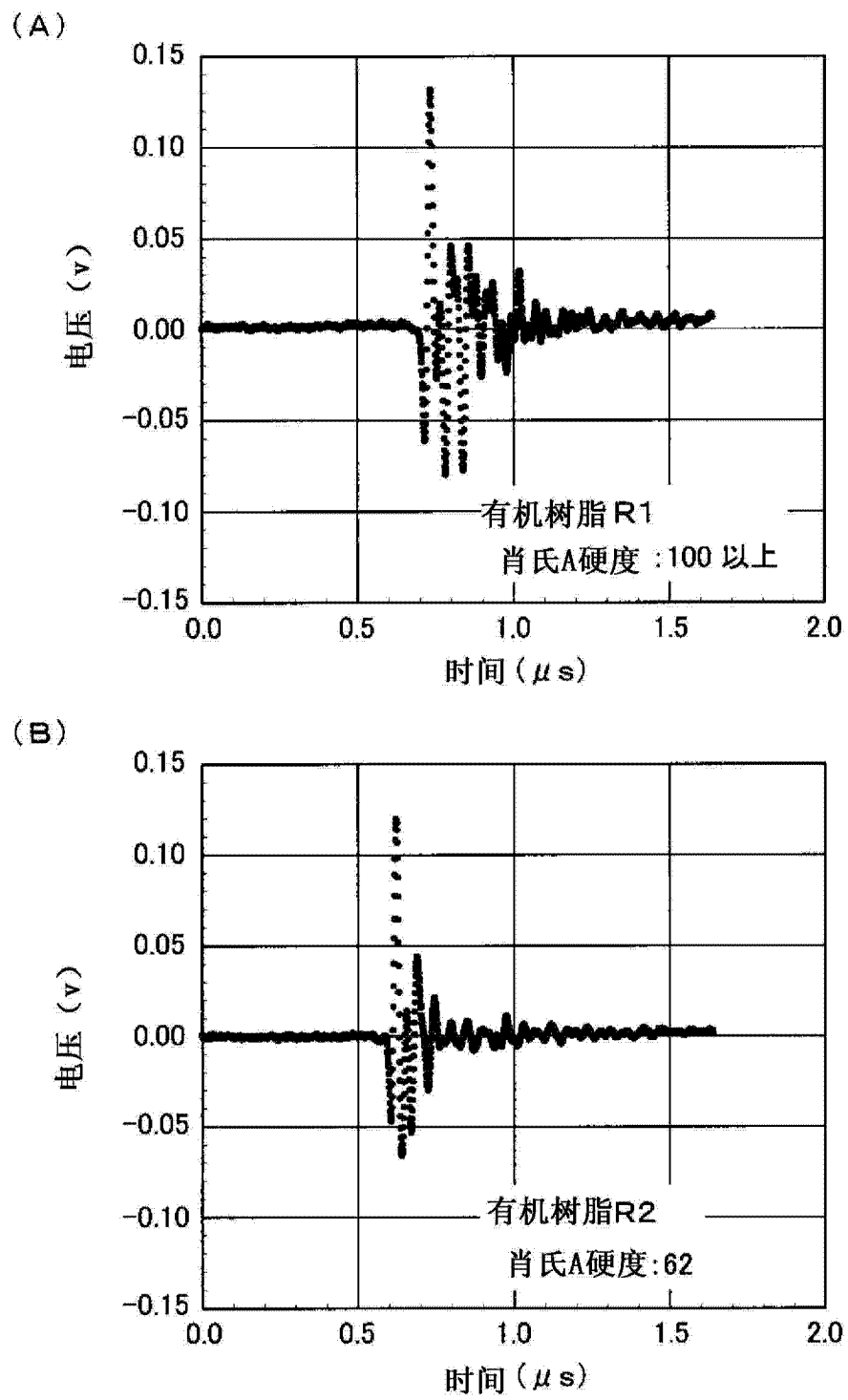


图 8

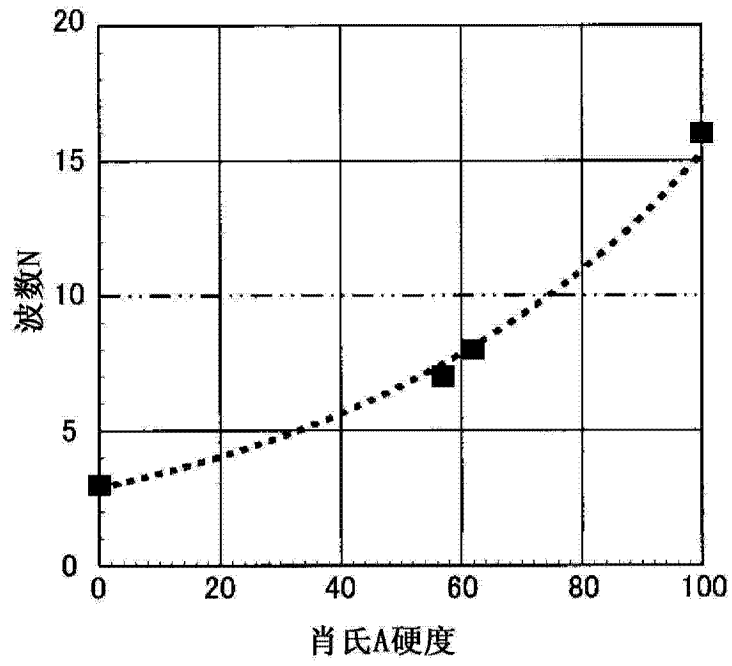


图 9

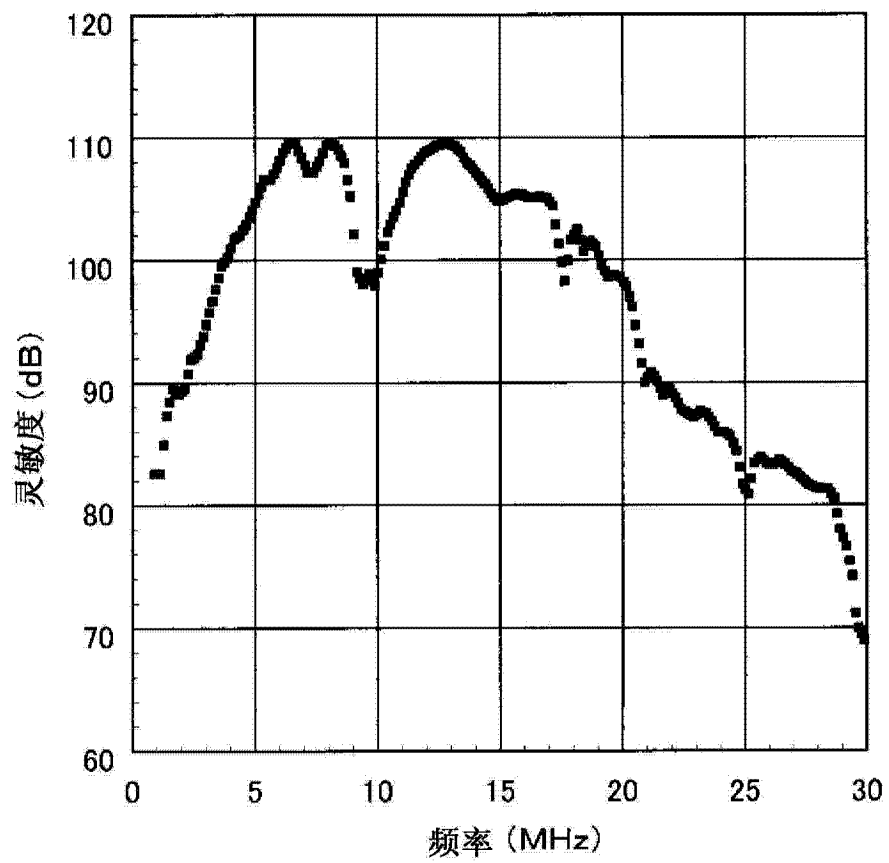


图 10

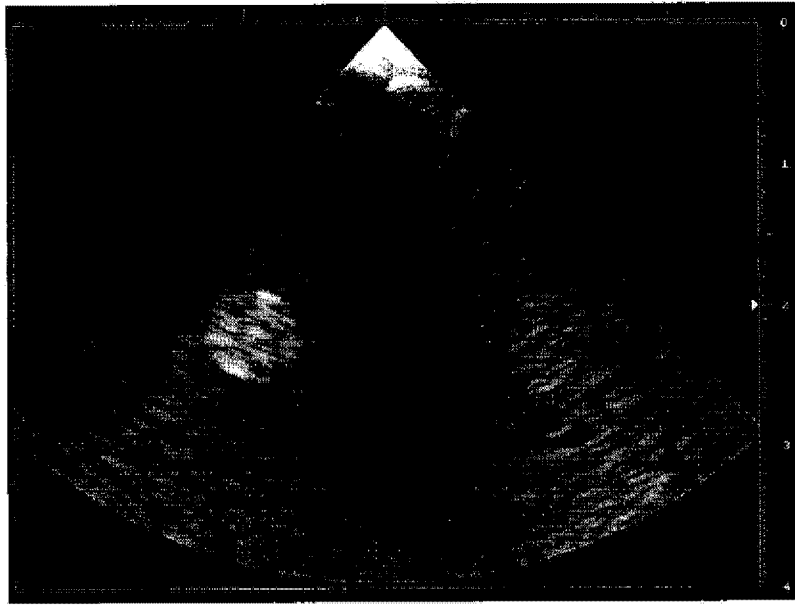


图 11

专利名称(译)	单层压电片型超声波探头及其制造方法		
公开(公告)号	CN104883979A	公开(公告)日	2015-09-02
申请号	CN201380068066.8	申请日	2013-11-26
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	和田隆亚		
发明人	和田隆亚		
IPC分类号	A61B8/00 H04R3/00 H04R17/00		
CPC分类号	H04R2217/00 B06B1/0622 A61B8/00 A61B8/4494 A61B8/4461 A61B2562/12		
代理人(译)	权太白 谢丽娜		
优先权	2012282778 2012-12-26 JP		
其他公开文献	CN104883979B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

单层压电片型超声波探头具有：基板，在该基板形成有分别具有预定的形状的多个开口；多个振动板，分别以将多个开口的一端封堵的方式形成于基板上；多个压电元件部，形成于多个振动板的表面上，并且分别具有压电体层和形成于压电体层的两面的一对电极层；以及被覆层，以填埋多个压电元件部的方式配置在基板的表面上，而且由声阻抗为 $1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6 \text{kg/m}^2\text{s}$ 、肖氏A硬度75以下的有机树脂构成。

