



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105310717 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 10

(21) 申请号 201510446675. 3

(22) 申请日 2015. 07. 27

(30) 优先权数据

2014-153018 2014. 07. 28 JP

(71) 申请人 柯尼卡美能达株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 铃木谦次

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 薛仑

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

H04R 17/00(2006. 01)

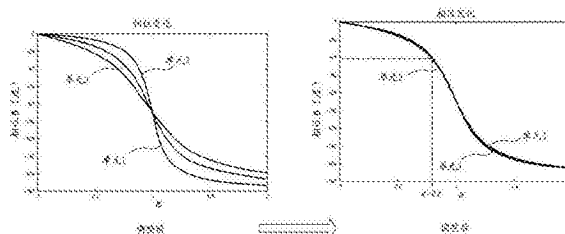
权利要求书2页 说明书10页 附图12页

(54) 发明名称

超声波换能器以及超声波诊断装置

(57) 摘要

一种超声波换能器以及超声波诊断装置, 不劣化超声波换能器的灵敏度, 并且得到宽频带特性。压电元件 (202) 具有: 压电薄膜 (203); 第1电极 (204), 配置在压电薄膜 (203) 的厚度方向的一面, 且接合在基板 (201) 上; 以及第2电极 (205), 配置在压电薄膜 (203) 的厚度方向的另一面, 且与第1电极 (204) 成为一对而对压电薄膜 (203) 施加电压, 其中, 对于表示隔膜的结构等效单衰减振动模型中的弹性常数、粘性系数、质量之中至少2个以上的参数, 在多个压电单元 (200) 间设定了不同的值, 以使通过压电单元 (200) 形成的隔膜中的驱动振动数比与相位的关系在多个压电单元 (200) 间成为大致相同。



1. 一种超声波换能器,被排列了具有相互不同的谐振频率的多个压电单元,其中,
所述多个压电单元的各自具有:

压电元件;以及

支承所述压电元件的基板,

所述压电元件具有:

压电薄膜;

第1电极,被设置在所述压电薄膜的厚度方向的一面上,并被接合在所述基板上;以及

第2电极,被设置在所述压电薄膜的厚度方向的另一面上,并与所述第1电极成为一对
而对所述压电薄膜施加电压,

对于表示隔膜的结构等效单衰减振动模型中的弹性常数、粘性系数、质量之中至少
2个以上的参数,在所述多个压电单元间设定了不同的值,以使所述隔膜中的驱动振动数比
与相位的关系在所述多个压电单元间大致相同,所述隔膜由所述压电单元形成。

2. 如权利要求1所述的超声波换能器,其中,

在所述基板的与所述压电元件接触的面上,在所述压电元件的外周部分上部分地形成
孔,

在所述多个压电单元中,所述弹性常数根据所述孔的大小而分别不同。

3. 如权利要求1所述的超声波换能器,其中,

所述基板在朝向所述压电元件的厚度方向而将所述压电元件对所述基板进行了投影
的部分具有中空部,

在所述多个压电单元中,所述粘性系数根据是否对所述中空部封入填充物或者所述填
充物的材料而分别不同。

4. 如权利要求1所述的超声波换能器,其中,

还具有:以覆盖所述压电元件的方式形成的绝缘层,

在所述多个压电单元中,所述粘性系数根据所述绝缘层的材料而分别不同。

5. 如权利要求1所述的超声波换能器,其中,

在所述多个压电单元中,所述质量根据所述第2电极的厚度而分别不同。

6. 如权利要求1所述的超声波换能器,其中,

在所述多个压电单元中,所述质量根据所述第2电极的直径而分别不同。

7. 如权利要求1所述的超声波换能器,其中,

在所述多个压电单元中,所述质量根据所述第2电极的材料而分别不同。

8. 一种超声波诊断装置,具备:

超声波换能器,被排列了具有相互不同的谐振频率的多个压电单元;

发送部,使所述超声波换能器驱动,发送对于被检体的第1超声波信号;

接收部,使所述超声波换能器驱动,接收对于所述第1超声波信号的来自所述被检体
的第2超声波信号;

图像处理部,使用所述第2超声波信号,生成超声波诊断用的图像;以及

显示部,显示所述生成的图像,

所述多个压电单元的各自具有:

压电元件;以及

基板, 支承所述压电元件,

所述压电元件具有:

压电薄膜;

第 1 电极, 被设置在所述压电薄膜的厚度方向的一面上, 并被接合在所述基板上; 以及

第 2 电极, 被设置在所述压电薄膜的厚度方向的另一面上, 并与所述第 1 电极成为一对而对所述压电薄膜施加电压,

对于表示隔膜的结构等效单衰减振动模型中的弹性常数、粘性系数、质量之中至少 2 个以上的参数, 在所述多个压电单元间设定不同的值, 以使所述隔膜中的驱动振动数比与相位的关系在所述多个压电单元间大致相同, 所述隔膜由所述压电单元形成。

9. 如权利要求 8 所述的超声波诊断装置, 其中,

所述超声波换能器驱动时的所述多个压电单元的各自的所述驱动振动比相同。

10. 如权利要求 9 所述的超声波诊断装置, 其中,

所述驱动振动比的值小于 1 或者大于 1。

11. 如权利要求 8 所述的超声波诊断装置, 其中,

所述超声波换能器驱动时的所述多个压电单元的各自的所述驱动振动比不同,

所述多个压电单元中的最大相位与最小相位之差小于预定的阈值。

超声波换能器以及超声波诊断装置

技术领域

[0001] 本发明涉及超声波换能器以及超声波诊断装置。

背景技术

[0002] 近年,作为超声波诊断装置的超声波换能器(有时也称为超声波探头或者超声波探针),基于半导体微细加工技术(微机电系统(MEMS:Micro Electro Mechanical System))的pMUT(压电微机械超声波换能器(Piezoelectric Micromachined Ultrasound Transducer))的开发正在大量进行(例如,参照非专利文献1)。

[0003] pMUT中使用的压电单元(振子。下面,有时也称为pMUT单元)在高频适应性以及高灵敏度性上优秀,但是,窄频带特性成为课题。相对于此,例如,在专利文献1中公开的超声波换能器中,排列多个压电单元而同时进行驱动,从而作为整体而实现了宽频带化,其中,所述多个压电单元是各自具有窄频带特性,且具有相互不同的谐振频率的多个压电单元。例如,在专利文献1中,通过使各压电单元的振动膜的弹性常数(例如,振动膜的面积、厚度、材料等)不同,从而得到不同的谐振频率。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献1:(日本)特开2014-017565号公报

[0006] 非专利文献1:D.E.Dausch et al., "Piezoelectric Micromachined Ultrasound Transducer(pMUT)Arrays for 3D Imaging Probes," "Proceedings of the IEEE Ultrasonics Symposium, vol.1(2006), pp.930-933

[0007] 如上所述,在专利文献1中,通过压电单元的振动膜的弹性常数,调整各压电单元中的与谐振频率有关的振幅特性。可是,压电单元除了振幅特性之外,还有相位特性。即使如专利文献1那样调整了振幅特性,若相位特性不同的多个压电单元同时驱动,则在相位反转的情况下压电单元之间的声压相互抵消(成为反结合)。其结果,由于整体的输出声压降低,超声波换能器的灵敏度发生劣化。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于,提供一种超声波换能器以及超声波诊断装置,不使超声波换能器的灵敏度劣化,并且能够得到宽频带特性。

[0009] 本发明的一个方式的超声波换能器是被排列了具有互相不同的谐振频率的多个压电单元的超声波换能器,所述多个压电单元的各自具有:压电元件;以及基板,支承所述压电元件,所述压电元件具有:压电薄膜;第1电极,被设置在所述压电薄膜的厚度方向的一面上,并被接合在所述基板上;以及第2电极,被设置在所述压电薄膜的厚度方向的另一面上,并与所述第1电极成为一对而对所述压电薄膜施加电压,对表示隔膜的结构等效单衰减振动模型中的弹性常数、粘性系数、质量之中至少2个以上的参数,在所述多个压电单元间设定了不同的值,以使所述隔膜中的驱动振动数比与相位的关系在所述多个压电单元间大致相同,所述隔膜由压电单元形成。

[0010] 本发明的一种方式所涉及的超声波诊断装置具备：超声波换能器，被排列了具有相互不同的谐振频率的多个压电单元；发送部，驱动所述超声波换能器，发送对于被检体的第 1 超声波信号；接收部，驱动所述超声波换能器，接收对于所述第 1 超声波信号的来自所述被检体的第 2 超声波信号；图像处理部，使用所述第 2 超声波信号，生成超声波诊断用的图像；以及显示部，显示所述生成的图像，所述多个压电单元的各自具有：压电元件；以及基板，支承所述压电元件，所述压电元件具有：压电薄膜；第 1 电极，设置在所述压电薄膜的厚度方向的一面，接合在所述基板上；以及第 2 电极，设置在所述压电薄膜的厚度方向的另一面，与所述第 1 电极成为一对而对所述压电薄膜施加电压，对表示隔膜的结构等效单衰减振动模型中的弹性常数、粘性系数、质量之中至少 2 个以上的参数，在所述多个压电单元间设定不同的值，以使所述隔膜中的驱动振动数比与相位的关系在所述多个压电单元间大致相同，所述隔膜由压电单元形成。

[0011] 根据本发明，不使超声波换能器的灵敏度劣化，并且能够得到宽频带特性。

附图说明

[0012] 图 1 是表示本公开的超声波诊断装置的概略结构的图。

[0013] 图 2 是表示本公开的超声波诊断装置的结构方框图。

[0014] 图 3 是表示本公开的超声波换能器的内部结构的图。

[0015] 图 4A ~ B 是表示本公开的 pMUT 单元的排列的一例的图。

[0016] 图 5A ~ C 是表示本公开的 pMUT 单元的结构图。

[0017] 图 6 是表示本公开的 κ 与相位 β 的关系图。

[0018] 图 7A ~ B 是表示本公开的在调整弹性常数的情况下的 pMUT 单元的结构图。

[0019] 图 8A ~ B 是本公开的在调整弹性常数的情况下的 pMUT 单元的结构放大图。

[0020] 图 9A ~ C 是表示本公开的在调整粘性系数的情况下的 pMUT 单元的结构图。

[0021] 图 10A ~ C 是表示本公开的在调整质量的情况下的 pMUT 单元的结构图。

[0022] 图 11 是用于说明本公开的在相位特性的调整中使用的参数的评价图。

[0023] 图 12 是表示本公开的相位特性的调整前后的 κ 与相位 β 的关系图。

[0024] 图 13A ~ B 是用于说明本公开的将各 pMUT 单元中的 κ 设为相同的情况图。

[0025] 图 14A ~ B 是用于说明本公开的使各 pMUT 单元中的 κ 不同的情况图。

[0026] 标号说明

[0027] 1 超声波诊断装置

[0028] 10 超声波诊断装置主体

[0029] 11 操作输入部

[0030] 12 发送部

[0031] 13 接收部

[0032] 14 图像处理部

[0033] 15 显示部

[0034] 16 控制部

[0035] 20 超声波换能器

[0036] 21 保护层

- [0037] 22 超声波发送接收部
- [0038] 23 背衬材料
- [0039] 24 信号处理电路 24
- [0040] 30 电缆
- [0041] 200 pMUT 单元
- [0042] 201, 201a 基板
- [0043] 202 压电元件
- [0044] 203 压电薄膜
- [0045] 204 下部电极
- [0046] 205, 205a, 205b 上部电极
- [0047] 206 填充物
- [0048] 207 树脂材料

具体实施方式

[0049] 下面,参照附图,说明本公开的实施方式的超声波换能器以及超声波诊断装置。另外,在实施方式中,对相同的结构元素(进行相同的动作的顺序)赋予相同标号,由于其说明重复而省略。

[0050] [超声波诊断装置的结构]

[0051] 图1是表示本实施方式的具有超声波换能器的超声波诊断装置的概略结构的图。图2是表示本实施方式的超声波诊断装置的电结构的方框图。

[0052] 超声波诊断装置1采用具有超声波诊断装置主体10、超声波换能器20、以及电缆30的结构。

[0053] 超声波换能器20对作为被检体的人体(未图示)发送超声波信号,接收基于发送的超声波而从人体返回的超声波信号。在超声波换能器20中排列了具有相互不同的谐振频率的多个pMUT单元(后面进行叙述)。

[0054] 超声波诊断装置主体10经由电缆30而与超声波换能器20连接,经由电缆30对超声波换能器20发送电信号的发送信号,从而使超声波换能器20发送超声波信号。此外,超声波诊断装置主体10使用基于超声波换能器20接收到的超声波信号而在超声波换能器20中生成的电信号,将人体的内部状态图像化为超声波图像。

[0055] 具体而言,超声波诊断装置主体10采用如下结构,该结构包含:操作输入部11、发送部12、接收部13、图像处理部14、显示部15、以及控制部16。

[0056] 操作输入部11例如输入用于指示诊断开始等的命令或者与被检体有关的信息。操作输入部11例如是具备了多个输入开关的操作面板或者键盘等。

[0057] 发送部12将从控制部16获取的控制信号经由电缆30发送至超声波换能器20。即,发送部12驱动超声波换能器20,发送对于被检体的超声波信号。

[0058] 接收部13接收从超声波换能器20经由电缆30而发送的接收信号。即,接收部13驱动超声波换能器20,接收对于发送的超声波信号的来自被检体的超声波信号。然后,接收部13将接收到的超声波信号输出至图像处理部14。

[0059] 图像处理部14根据控制部16的指示,使用从接收部13获取的超声波信号,生成

表示被检体内的内部状态的超声波诊断用的图像（超声波图像）。

[0060] 显示部 15 根据控制部 16 的指示，显示在图像处理部 14 中生成的超声波图像。

[0061] 控制部 16 将操作输入部 11、发送部 12、接收部 13、图像处理部 14、显示部 15 根据各自的功能而进行控制，从而进行超声波诊断装置 1 的整体控制。

[0062] [超声波换能器的结构]

[0063] 图 3 是表示本实施方式的超声波换能器 20 的基本结构的一例的图。图 3 所示的超声波换能器 20 采用如下结构，该结构包含：保护层 21、超声波发送接收部 22、背衬材料 23、以及信号处理电路 24。

[0064] 保护层 21 例如由硅胶等形成，设为覆盖超声波发送接收部 22，以使在接触人体时不会产生不适感。

[0065] 超声波发送接收部 22 设置在保护层 21 与背衬材料 23 之间，进行超声波的发送接收。超声波发送接收部 22 具备多个 pMUT 单元（后面进行叙述）。

[0066] 背衬材料 23 使在超声波发送接收部 22 中产生的不需要的振动进行衰减。

[0067] 信号处理电路 24 经由电缆 30 与超声波诊断装置主体 10 连接，进行超声波发送用的脉冲信号的生成、或者进行接收脉冲信号的处理。

[0068] [pMUT 单元的结构]

[0069] 下面，详细地说明图 3 所示的超声波发送接收部 22 具备的 pMUT 单元的结构。

[0070] 超声波发送接收部 22 采用如下结构，该结构包含：基板、以及形成于基板上的多个 pMUT 单元。例如，如图 4A 或者图 4B 所示，多个 pMUT 单元 200 被排列在基板上，或者电气性并联连接。另外，图 4A 表示 2ch 的 1D 阵列的结构例，图 4B 表示 2ch×2ch 的 2D 阵列的结构例。其中，多个 pMUT 单元 200 的排列不限于图 4A 或者图 4B 所示的排列。

[0071] 图 5 表示 pMUT 单元 200 的基本的结构。图 5A 表示 pMUT 单元 200 的俯视图，图 5B 表示图 5A 的 A-A' 线截面图。另外，在图 5A 以及图 5B 中，省略电极布线。

[0072] pMUT 单元 200 由压电元件 202、支承压电元件 202 的基板 201 而构成。

[0073] 此外，压电元件 202 由压电薄膜（压电部材）203、下部电极 204、以及上部电极 205 构成，其中，所述下部电极 204 设置在压电薄膜 203 的背面（厚度方向的一面），且接合在基板 201 上，所述上部电极 205 配置在压电薄膜 203 的前面（厚度方向的另一面），且与下部电极 204 成为一对而对压电薄膜 203 施加电压。

[0074] 作为上部电极 205 以及下部电极 204 的电极材料，可举出例如铂、金、铝等。

[0075] 图 5B 所示的 pMUT 单元 200 是以基板 201 作为支承体，使通过压电元件 202 形成的隔膜以鼓的方式振动而进行超声波的发送接收的隔膜结构。

[0076] 图 5C 示出了表示通过图 5B 所示的 pMUT 单元 200 形成的隔膜的结构等效单衰减振动模型。在图 5C 中，k 表示隔膜结构中的振动的弹性常数，c 表示粘性系数（有时也称为衰减系数），m 表示集中质量（下面，有时也简称为质量），x 表示从基准位置起的位移（弹性的伸长 / 收缩）， F_0 表示周期性外力（即，驱动信号的强度）。

[0077] 图 5C 所示的隔膜结构（振动模型）中，下式所示的关系成立。

[0078] [数 1]

$$[0079] \quad kx + c \frac{dx}{dt} + m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_0 \sin \omega t \quad (1)$$

[0080] 在式 (1) 中, ω 表示 pMUT 单元 200 的驱动振动数 (即若除以 2π 则与驱动频率对应)。此外, 图 5C 所示的隔膜结构中的位移速度响应 v (与输出声压成比例) 通过下式表示。

[0081] [数 2]

$$[0082] \quad v = x_0 \omega \cos(\omega t + \beta) \quad (2)$$

[0083] 在式 (2) 中, x_0 表示最大位移, 通过外力 F_0 与弹性常数 k 之比而求出, t 表示时间。此外, β 表示相位角, 通过下式表示。

[0084] [数 3]

$$[0085] \quad \beta = \tan^{-1} \left(\frac{-2\kappa}{1-\kappa^2} \right) \zeta \quad (3)$$

[0086] 式 (3) 所示的 κ (驱动振动数比) 以及 ζ (粘性系数比) 分别通过下式 (4)、(5) 表示。

[0087] [数 4]

$$[0088] \quad \kappa = \frac{\omega}{\omega_0} \quad (4)$$

[0089] [数 5]

$$[0090] \quad \zeta = \frac{c}{c_c} \quad (5)$$

[0091] 在式 (4)、(5) 中, ω_0 表示固有振动数 (即与谐振频率对应), c_c 表示临界粘性系数 (有时也称为临界衰减系数)。根据式 (3), 可知在 $\kappa = 1$ 的情况下 ($\omega = \omega_0$, 即以谐振频率驱动时), 位移速度 v (输出声压) 成为最大。

[0092] 此外, 上述的 k 、 m 、 c_c 分别成立以下的关系。另外, ρ 表示电极的材料密度, t 表示电极的厚度, A 表示电极的面积。

[0093] [数 6]

$$[0094] \quad k = m \omega_0^2$$

$$[0095] \quad m = \rho t A \quad (6)$$

$$[0096] \quad c_c = 2\sqrt{mk}$$

[0097] 在此, 图 6 表示在变量 ζ 不同的情况下的、变量 κ 与相位角 β 的关系 (相位特性)。如图 6 所示那样, 可知在 $\kappa = 1$ ($\omega = \omega_0$) 时, 不论 ζ 为何值, 相位 β 都一致。可是, 在 κ 为 1 以外的情况、即 $\kappa < 1$ ($\omega < \omega_0$) 或者 $\kappa > 1$ ($\omega > \omega_0$) 的情况下, 相位 β 根据 ζ 的值而不同。尤其是, 可知与 $\kappa = 0$ 或者 2 附近 (即, 从 $\kappa = 1$ 起充分偏离的值) 的相位 β 的变动相比, 在 $\kappa = 1$ 附近的相位 β 的变动更剧烈。

[0098] 如此, 在超声波发送接收部 22 所包含的多个 pMUT 单元 200 的各自的隔膜结构中, 在 ζ 的值不同的情况下, 各 pMUT 单元 200 中的相位特性不同。如上所述, 若多个 pMUT 单元 200 中的相位特性不同, 则 pMUT 单元 200 之间的声压相互抵消, 超声波换能器 20 的灵敏

度劣化。

[0099] 因此,在本实施方式中,通过调整 pMUT 单元 200 的隔膜结构,从而将多个 pMUT 单元中的相位特性统一为相同程度。在此,着眼于如式 (5) 所示的 ζ 的关系式。

[0100] 如式 (6) 所示那样,临界粘性系数 c_c 通过弹性常数 k 以及质量 m 表示。即,式 (5) 所示的 ζ 通过弹性常数 k 、粘性系数 c 、以及质量 m 而决定。换言之, ζ 能够通过使弹性常数 k 、粘性系数 c 、或者质量 m 变化而进行调整。

[0101] 在此,弹性常数 k 根据 pMUT 单元 200 的隔膜的支承体 (即,基板 201) 的结构而变化。此外,粘性系数 c 根据 pMUT 单元 200 的隔膜前面或者背面的摩擦、粘性而变化。此外,质量 m 根据 pMUT 单元 200 的上部电极 205 的结构 (面积、厚度、或者密度) 而变化。

[0102] 在本实施方式中,例如,通过使上述的弹性常数 k 、粘性系数 c 、以及质量 m 之中至少 2 个参数变化来调整相位特性 (β),从而将各 pMUT 单元 200 的相位特性 (即, ζ) 统一为相同程度。即,在本实施方式中,对表示隔膜的结构等效单衰减振动模型中的弹性常数 k 、粘性系数 c 、质量 m 之中至少 2 个以上的参数,在多个 pMUT 单元 200 间设定了不同的值,以使如图 5C 所示的通过 pMUT 单元 200 形成的隔膜中的 κ 和相位 β 的关系 (相位特性) 在多个 pMUT 单元 200 间成为大致相同。

[0103] 下面,详细说明弹性常数 k 、粘性系数 c 、以及质量 m 的各自的相位特性的调整方法。

[0104] [弹性常数 k]

[0105] 图 7 表示本实施方式的在调整弹性常数 k 的情况下的 pMUT 单元 200 的结构。图 7A 表示 pMUT 单元 200 的俯视图,图 7B 表示图 7A 的 B-B' 线截面图。另外,在图 7A 以及图 7B 中,省略电极布线。

[0106] 如图 7A 所示那样,在 pMUT 单元 200 的基板 201a 的与压电元件 202 接触的面上,在压电元件 202 的外周部分上被部分地形成孔。如此,按多个 pMUT 单元 200 的每一个而使隔膜的支承结构变化,改变截面二次矩,从而调整弹性系数 k 。如图 7A 以及图 7B 所示那样,通过调整形成于基板 201a 上的孔,不改变压电元件 202 的直径 (有时也称为隔膜径) 而调整弹性系数 k ,作为其结果,调整粘性系数比 ζ 。即,在多个 pMUT 单元 200 中,弹性常数根据图 7A 以及图 7B 所示的孔的大小而各自不同。

[0107] 图 8A 是用于说明根据孔的大小的弹性系数 k 的变化的图。具体而言,图 8A 是将图 7A 所示的区域 C 中的基板 201a 放大后的立体图。如图 8A 所示,长度 L 相当于在压电元件 202 的外周部形成的孔的径向的长度, L 越大则孔的径向的长度变得越长。此外,宽 b 与所形成的孔的圆周方向的长度对应, b 越大则孔的圆周方向的长度变得越短。此外,厚度 h 相当于在形成孔的圆周部中的基板 201a 的厚度。即,通过调整图 8A 所示的 L 、 b 、 h 的长度,调整孔的大小。

[0108] 如此,在图 8A 以及图 8B 所示的 pMUT 单元 200 中,通过改变隔膜的支承体的形状,调整弹性常数 k 。

[0109] 在此,式 (6) 所示的临界粘性系数 c_c 若使用变量 L 、 b 、 h ,则表示为下式。

[0110] [数 7]

$$[0111] \quad c_c = 2\sqrt{mk} = 2\sqrt{\frac{mEbh^3}{4L^3}} \quad (7)$$

[0112] 在式 (7) 中, m 表示质量, E 表示杨氏模量。由此, 弹性常数 k 使用变量 L、b、h 而通过下式表示。

[0113] [数 8]

$$[0114] \quad k = \frac{Ebh^3}{4L^3} \quad (8)$$

[0115] 然后, 在使变量 b、h、L 的各自变化而调整了隔膜支承结构的情况下的 ζ 的变化量通过下式 (9)–(11) 而分别表示。

[0116] [数 9]

$$[0117] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial b} = \frac{\partial \zeta}{\partial c_c} \frac{\partial c_c}{\partial b} = -\frac{c}{4c_c^2} \sqrt{\frac{mEh^3}{bL^3}} < 0 \quad (9)$$

[0118] [数 10]

$$[0119] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial h} = \frac{\partial \zeta}{\partial c_c} \frac{\partial c_c}{\partial h} = -\frac{3c}{2c_c^2} \sqrt{\frac{mEb}{L^3}} < 0 \quad (10)$$

[0120] [数 11]

$$[0121] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial L} = \frac{\partial \zeta}{\partial c_c} \frac{\partial c_c}{\partial L} = \frac{3c}{2c_c^2} \sqrt{\frac{mEb}{L^5}} > 0 \quad (11)$$

[0122] 根据式 (9)–(11), 如图 8B 所示, 宽 b 的增加有助于 ζ 向负方向的变化, 厚度 h 的增加有助于 ζ 向负方向的变化, 长度 L 的增加有助于 ζ 向正方向的变化。

[0123] 如此, 按多个 pMUT 单元 200 的每一个来调整隔膜支承结构, 从而能够将各 pMUT 单元 200 的相位特性 (ζ) 在 pMUT 单元 200 间统一为相同程度。

[0124] [粘性系数 c]

[0125] 图 9A 以及图 9B 表示本实施方式的调整粘性系数 c 情况下的 pMUT 单元 200 的结构。另外, 在图 9A 以及图 9B 中, 省略电极布线。

[0126] 图 9A 所示的 pMUT 单元 200 的基板 201 在朝向压电元件 202 的厚度方向而将压电元件 202 对基板 201 进行了投影的部分 (即, 隔膜的背面侧) 具有中空部 (内部空间)。在本实施方式中, 在隔膜的背面侧即基板 201 的内部空间中, 封入流体或者树脂等的填充物 206。作为填充物 206, 例如可举出可挠性环氧树脂、硅油类、氟醚类、碳氟化合物类、纯水等。

[0127] 另一方面, 在图 9B 所示的 pMUT 单元 200 中, 在隔膜的前面侧, 以覆盖压电元件 202 的方式, 形成由树脂材料 207 组成的绝缘层。作为树脂材料 207, 例如可举出可挠性环氧树脂等。

[0128] 即, 在图 9A 以及图 9B 所示的 pMUT 单元 200 中, 通过在隔膜的前面或者背面上形成绝缘层或者封入填充物 206, 从而调整粘性系数 c。即, 在图 9A 所示的多个 pMUT 单元 200

中,粘性系数 c 根据是否在基板 201 的内部空间中封入填充物 206、或者填充物 206 的材料而分别不同。此外,在图 9B 所示的多个 pMUT 单元 200 中,粘性系数 c 根据绝缘层的材料(树脂材料 207)而分别不同。

[0129] 在此,在式 (5) (式 (7)) 中使粘性系数 c 变化了的情况下的 ζ 的变化量通过下式表示。

[0130] [数 12]

$$[0131] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial c} = \frac{1}{c_c} > 0 \quad (12)$$

[0132] 根据式 (12),如图 9C 所示那样,由填充物 206 或树脂材料 207 引起的粘性系数 c 的增加有助于 ζ 向正方向的变化。另外,粘性系数 c 的增加程度根据填充物 206 或树脂材料 207 的种类而不同。

[0133] 如此,按多个 pMUT 单元 200 的每一个,调整填充物 206 或树脂材料 207 的有/无、以及种类,从而能够将各 pMUT 单元 200 的相位特性 (ζ) 统一为相同程度。

[0134] [质量 m]

[0135] 图 10A 以及图 10B 表示本实施方式的在调整质量 m 的情况下的 pMUT 单元 200 的结构。另外,在图 10A 以及图 10B 中,省略电极布线。

[0136] 如式 (6) 所示,质量 m 通过电极材料的密度 ρ 、厚度 t 、面积 A 而表示。因此,在本实施方式中,使电极材料的密度 ρ 、厚度 t 、面积 A 变化,调整多个 pMUT 单元 200 间的质量 m 。

[0137] 例如,在图 10A 所示的 pMUT 单元 200 中,例如,与图 5B 所示的上部电极 205 相比,上部电极 205a 的厚度变大。

[0138] 此外,在图 10B 所示的 pMUT 单元 200 中,例如,与图 5B 所示的上部电极 205 相比,上部电极 205b 的直径变短。即,在图 10B 中,与图 5B 相比,上部电极 205b 的面积变小。

[0139] 此外,电极材料的密度根据上部电极 205 的电极材料的种类而不同。

[0140] 如此,在 pMUT 单元 200 中,通过使压电元件 202 的上部电极的尺寸或者材料变化,从而调整质量 m 。即,在多个 pMUT 单元 200 中,质量 m 根据压电元件 202 的上部电极的电极材料的密度 ρ (未图示)、厚度 t (参照图 10A) 或者面积 A (参照图 10B) 而分别不同。

[0141] 在此,在式 (5) (式 (7)) 中使质量 m 变化了的情况下的 ζ 的变化量通过下式表示。

[0142] [数 13]

$$[0143] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial m} = \frac{\partial \zeta}{\partial c_c} \frac{\partial c_c}{\partial m} = -\frac{c}{c_c^2} \sqrt{\frac{k}{m}} < 0 \quad (13)$$

[0144] 根据式 (13),如图 10C 所示那样,压电元件 202 的上部电极的质量 m 的增加有助于 ζ 向正方向的变化。

[0145] 如此,通过按多个 pMUT 单元 200 的每一个来调整压电元件 202 的上部电极 205 的形状或者种类,从而能够将各 pMUT 单元 200 的相位特性 (ζ) 统一为相同程度。

[0146] 上面,说明了弹性常数 k 、粘性系数 c 、以及质量 m 的各自的相位特性的调整方法。

[0147] 例如,在制造 pMUT 单元 200 时,通过调整弹性常数 k 、粘性系数 c 、以及质量 m 之中

至少 2 个参数,从而将多个 pMUT 单元 200 的相位特性统一为相同程度即可。例如,可以调整弹性常数 k 、粘性系数 c 、以及质量 m 之中任意的 2 个,也可以调整全部的参数。

[0148] 图 11 作为一例,示出在调整相位特性时,预定的评价基准中的各参数的评价。其中,在相位特性的调整中使用的参数的决定方法不限于图 11 所示的方法。

[0149] 例如,在图 11 中,说明作为决定弹性常数 k 的参数,使用图 8 所示的长度 L 、厚度 h 、宽 b ,作为决定质量 m 的参数,使用上部电极 205 的面积 A 、厚度 t 、电极材料密度 ρ 的情况。此外,在图 11 中,作为各参数的评价基准考虑如下:(1) 在调整 pMUT 单元 200 的结构(形状、厚度等)时的精度管理的容易性,(2) 对制造时的光掩膜数或者光刻工艺数产生影响的、压电元件 202 的厚度方向的结构多少,(3) 构成 pMUT 单元 200 的结构材料的多少。

[0150] 在图 11 中,通过“○(优)”和“×(劣)”来决定各参数相对于评价基准的评价,决定综合分数(“○”的数)。然后,将综合分数最高的参数调整为在多个 pMUT 单元 200 中不同,从而将各 pMUT 单元 200 中的相位特性统一为相同程度即可。例如,在图 11 中,通过长度 L 以及宽 b 来调整弹性常数 k ,通过上部电极 205 的面积 A 来调整质量 m ,从而将 pMUT 单元 200 中的相位特性统一为相同程度。由此,能够防止制造工艺变复杂,防止所制造的 pMUT 单元 200 的品质的劣化,同时将多个 pMUT 单元 200 的相位特性统一为相同程度。

[0151] 如此,在 pMUT 单元 200 的各自中使用多个参数(弹性常数 k 、粘性系数 c 、或者质量 m),例如,与仅使用 1 个参数的情况相比,能够使相位特性(ζ 的值)的调整精度进一步提高。

[0152] 图 12 表示调整前和调整后的各 pMUT 单元 200(在图 12 中单元 1~3)中的相位特性的一例。如图 12 所示那样,在调整前单元 1~3 的相位特性分别不同,而在调整后单元 1~3 的相位特性几乎一致。

[0153] 此时,将超声波换能器 20 的驱动时的多个 pMUT 单元 200 的各自的 κ (驱动振动比)设为相同即可。例如,在图 12 中,各 pMUT 单元 200(单元 1~3)通过 κ 的值成为相同的驱动频率来进行驱动即可。如此,各 pMUT 单元 200 中的相位成为大致相同。

[0154] 例如,说明如图 13A 所示那样,pMUT 单元 200 即单元 1~3 的谐振频率(f_{r1} , f_{r2} , f_{r3})为分别不同的 8MHz、10MHz、12MHz 的情况。此外,设为如图 13B 所示那样,单元 1~3 的相位特性已调整为相同程度。此外,在此,如图 13B 所示那样,单元 1~3 以 $\kappa = 0.8$ 的相同的值来进行驱动。该情况下,如图 13A 所示那样,单元 1~3 分别通过 6.4MHz、8MHz、9.6MHz 的驱动频率而进行驱动。

[0155] 即,如图 13B 所示那样,通过对具有不同谐振频率的 pMUT 单元 200 使用相同的相位特性且相同的 κ 的值,从而得到相同的相位 β 。即,即使在多个 pMUT 单元 200 中谐振频率(即, ω_0)不同的情况下,通过在相同程度的相位特性中 κ (参照式(4))相同这样的驱动频率(即, ω)来同时驱动各 pMUT 单元 200,能够将多个 pMUT 单元 200 中的相位特性(相位 β)统一。

[0156] 由此,根据本实施方式,即使多个 pMUT 单元 200 同时驱动,也不会由于相互的相位反转向在各 pMUT 单元 200 中的输出声压相互抵消,因此,能够防止超声波发送接收部 22 整体的输出声压的降低。即,能够防止超声波换能器 20 的灵敏度的劣化。

[0157] 另外,在本实施方式中,说明了如图 13B 所示那样,各 pMUT 单元 200 使用 $\kappa = 0.8$ 的情况。可是,各 pMUT 单元 200 使用的 κ 的值不限于 0.8,例如也可以是 $\kappa > 1$ 的值。

[0158] 一般而言,在 κ 和相位 β 之间的特性(例如,参照图 6)中,在 $\kappa = 1 (\omega = \omega_0)$ 中与 ζ 的值无关地相位 β 取固定的值,但是, $\kappa = 1$ 附近的相位 β 的变动是剧烈的。即,在 $\kappa = 1$ 附近,相位 β 相对于 κ 的值的变动的变动量大。另一方面,如图 6 所示那样, κ 越小 ($\omega \ll \omega_0$)、或者 κ 越大 ($\omega \gg \omega_0$),则相位 β 相对于 κ 的值的变动的变动量变得越小。

[0159] 此外,设想即使调整了 pMUT 单元 200 的结构,由于例如制造工艺中的误差等,各 pMUT 单元 200 的相位特性没有完全统一。该情况下,在各 pMUT 单元 200 中使用了 $\kappa = 1$ 附近的值时,各 pMUT 单元 200 的相位 β 不同,不能避免输出声压相互抵消的情况。因此,在本实施方式中,作为在各 pMUT 单元 200 中使用的 κ 的值,也可以使用比 $\kappa = 1$ 充分小的值(例如在图 6 中 $\kappa = 0$ 附近)、或者比 $\kappa = 1$ 充分大的值(例如,在图 6 中 $\kappa = 2$ 附近)。如此,能够进一步提高各 pMUT 单元 200 的相位 β 的调整精度。由此,即使在调整各 pMUT 单元 200 中的 ζ 而将相位特性进行了统一的结果中发生偏差的情况下,也能够抑制该偏差引起的各 pMUT 单元 200 的相位差变大的情况。

[0160] 此外,在本实施方式中,说明了如图 13B 所示,各 pMUT 单元 200 作为 κ 而使用相同的值的情况。可是,各 pMUT 单元 200 使用的 κ 的值也可以不同。例如,说明如图 14A 那样, pMUT 单元 200 即单元 1 ~ 3 的谐振频率 ($fr1, fr2, fr3$) 为分别不同的 8MHz、10MHz、12MHz 的情况。在此,也可以如图 14B 所示那样,以各 pMUT 单元 200 (单元 1 ~ 3) 中的相位 β 的差(最大值与最小值之差)成为小于预定的阈值(例如 20 度)的方式,决定在各 pMUT 单元 200 中所使用的 κ 的值。例如,在图 14B 中,单元 1 ~ 3 分别以 $\kappa = 0.625, 0.5, 0.416$ 进行驱动。该情况下,如图 13A 所示那样,单元 1 ~ 3 的各自通过 5MHz 的驱动频率而进行驱动。如此,例如,即使在调整各 pMUT 单元 200 中的 ζ 而将相位特性进行了统一的结果下发生偏差的情况下,也能够抑制该偏差引起的各 pMUT 单元 200 的相位差变大的情况。

[0161] 此外,如上所述,作为 κ 的值,在为比 $\kappa = 1$ 充分小的值(例如,图 6 中 $\kappa = 0$ 附近)、或者为比 $\kappa = 1$ 充分大的值(例如,图 6 中 $\kappa = 2$ 附近)时,相位 β 的变动量小(即,由于相位差小)。因此,也可以代替图 13B 所示的 $\kappa = 0.8$,对各 pMUT 单元 200 使用 $\kappa = 0$ 附近的值或者 $\kappa = 2$ 附近的不同的值。如此,能够抑制各 pMUT 单元 200 中的相位差变大,并且,灵活地设定驱动频率(ω)。

[0162] 另外,上述中,说明了对于各 pMUT 单元 200 的 κ 的设定例,但是,关于上述 κ 的设定例,也可以按由预定数的 pMUT 单元 200 构成的单元组的每一个而进行应用。

[0163] 本公开对于具备多个 pMUT 的超声波换能器是有用的。

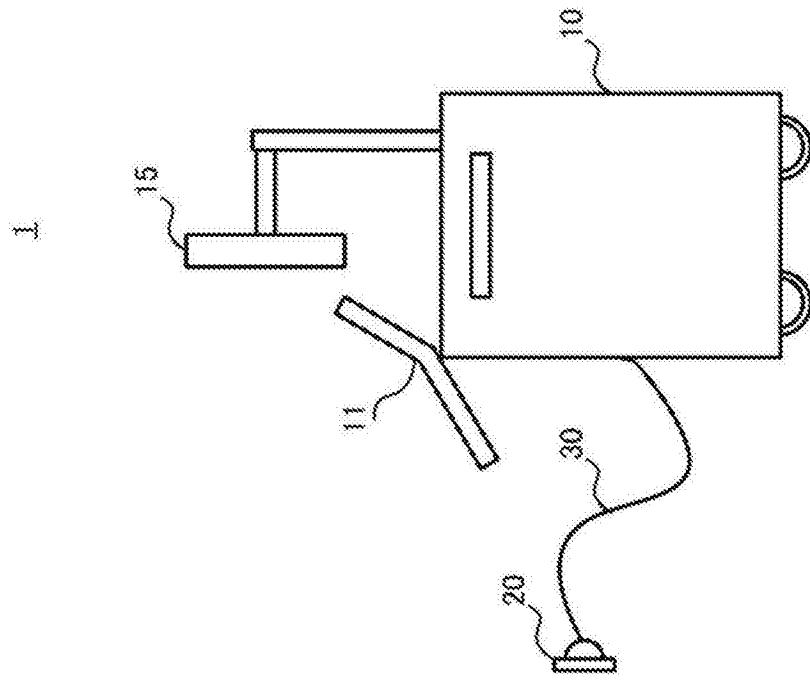


图 1

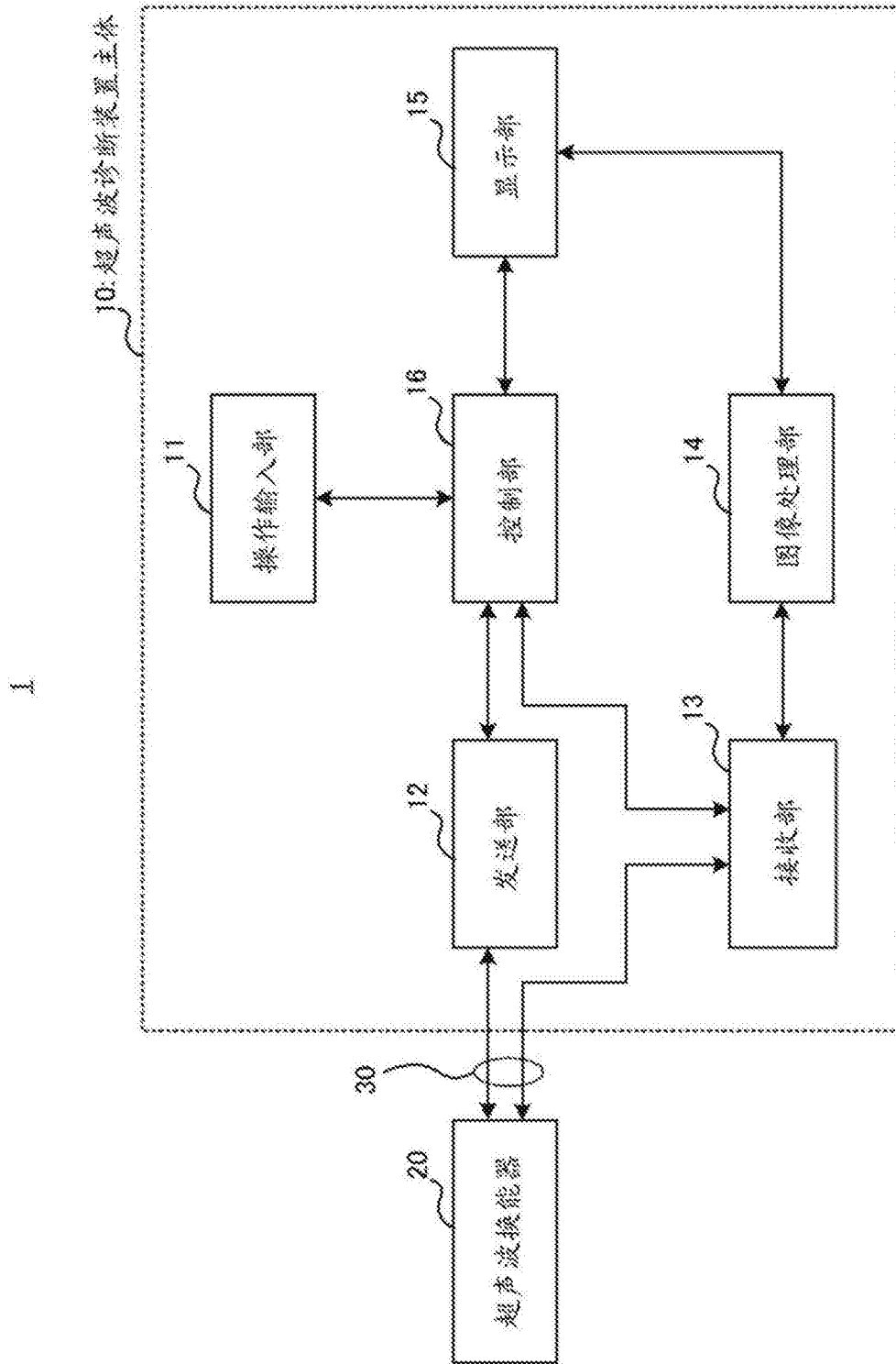


图 2

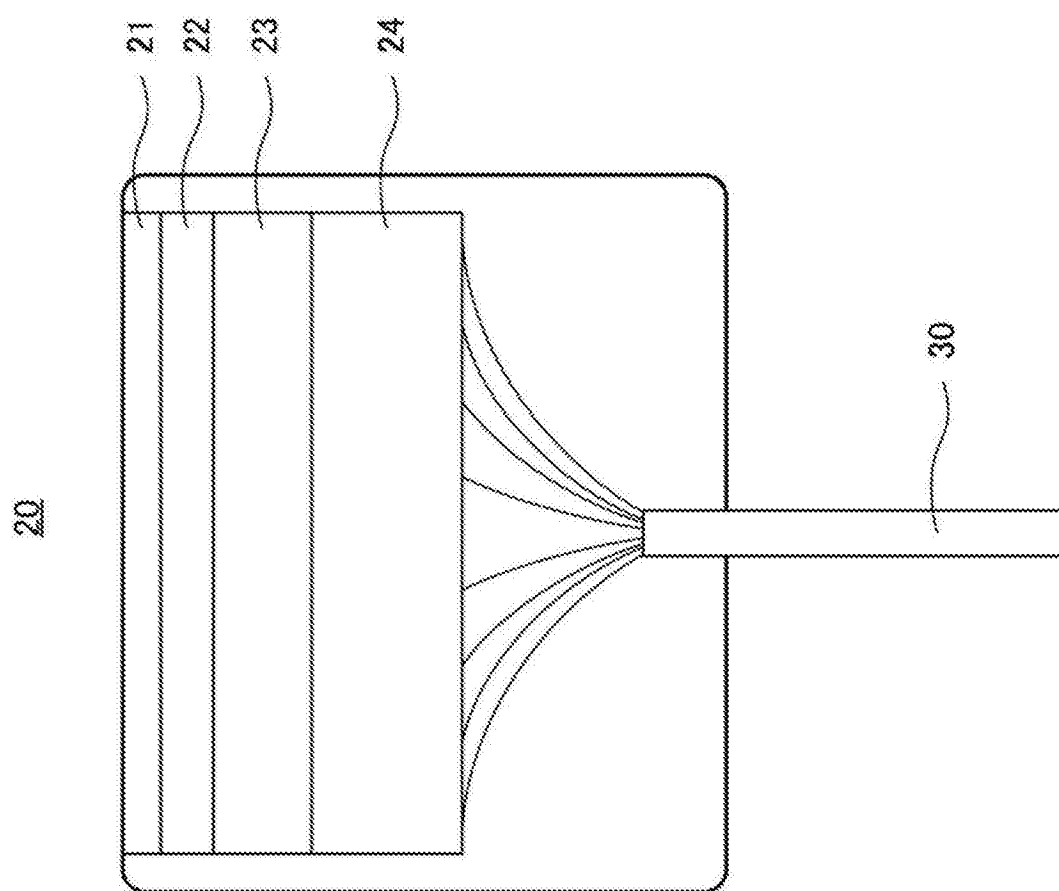


图 3

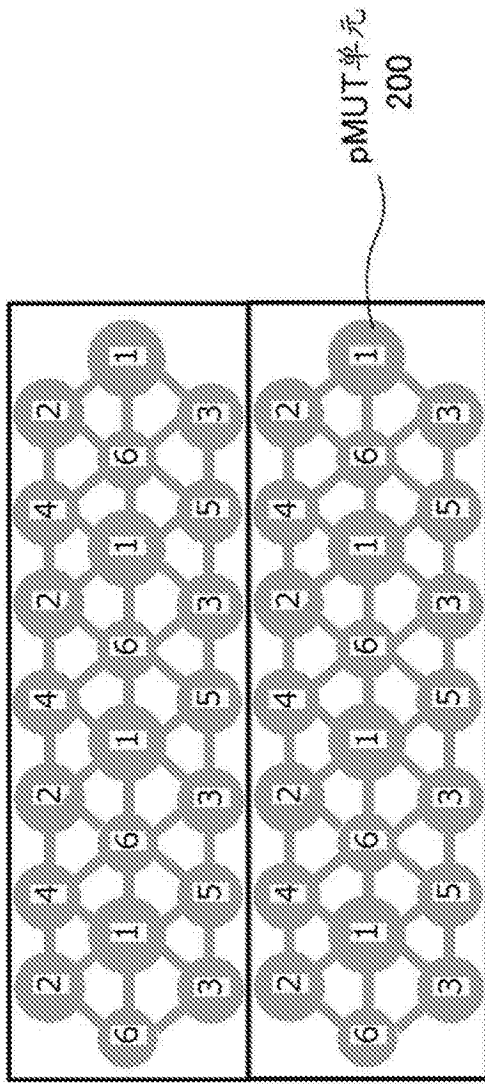


图 4A

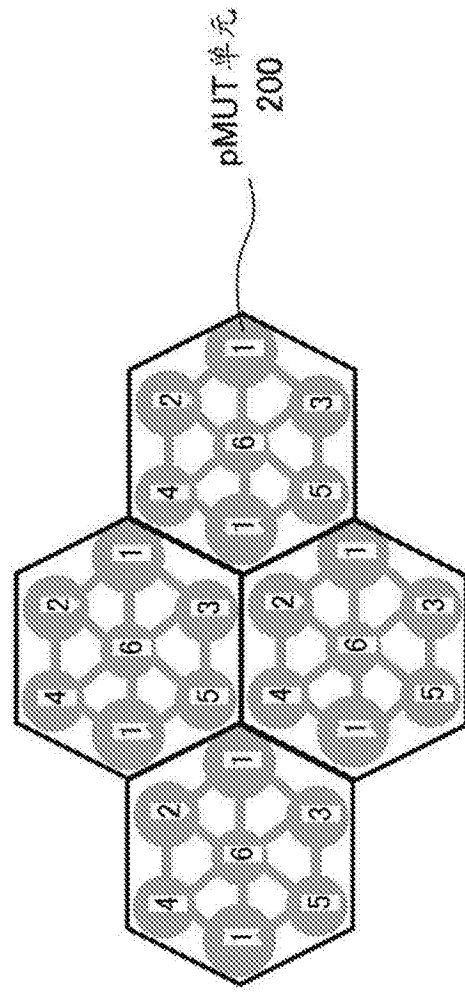


图 4B

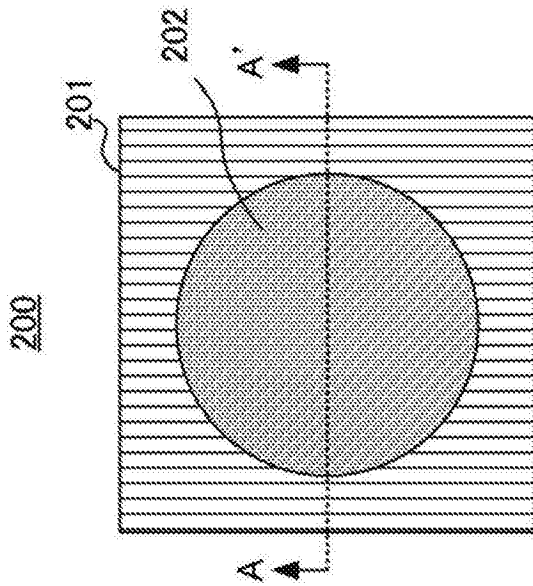


图 5A

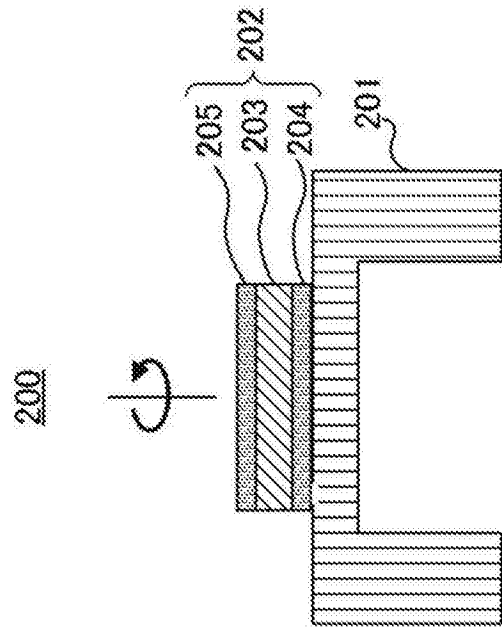


图 5B

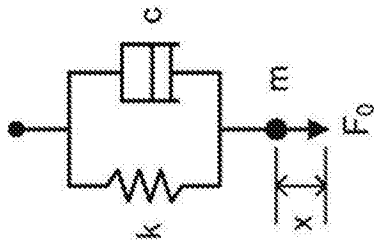


图 5C

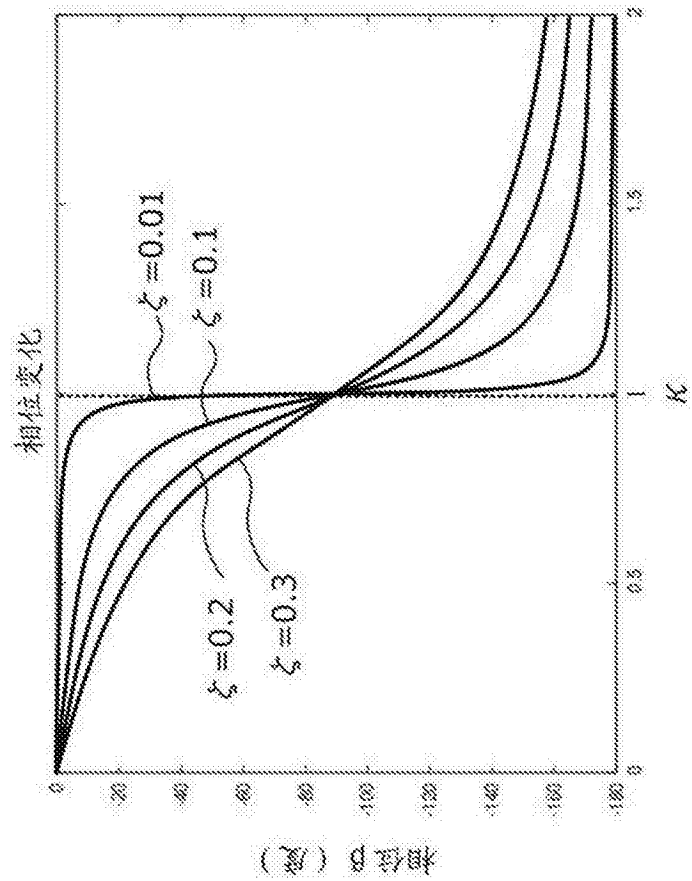


图 6

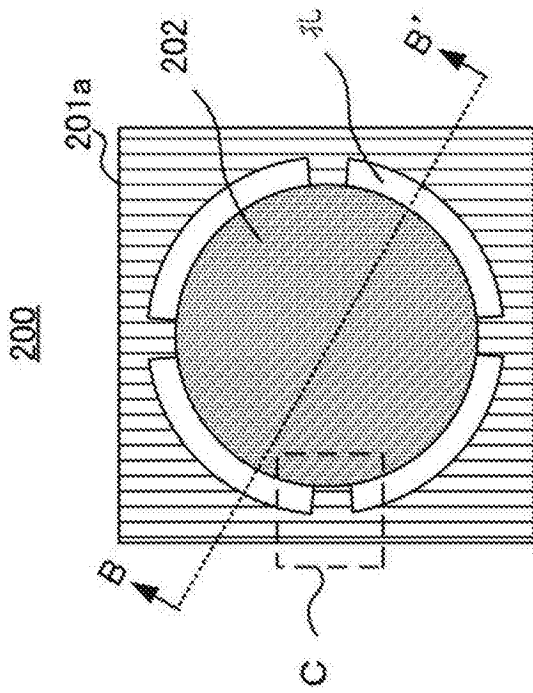


图 7A

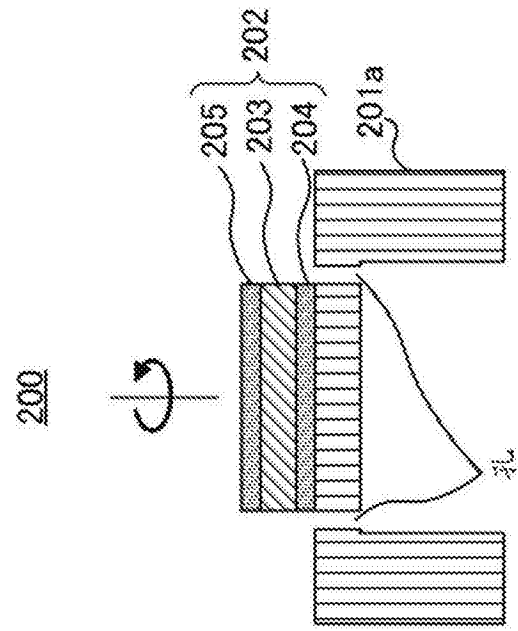


图 7B

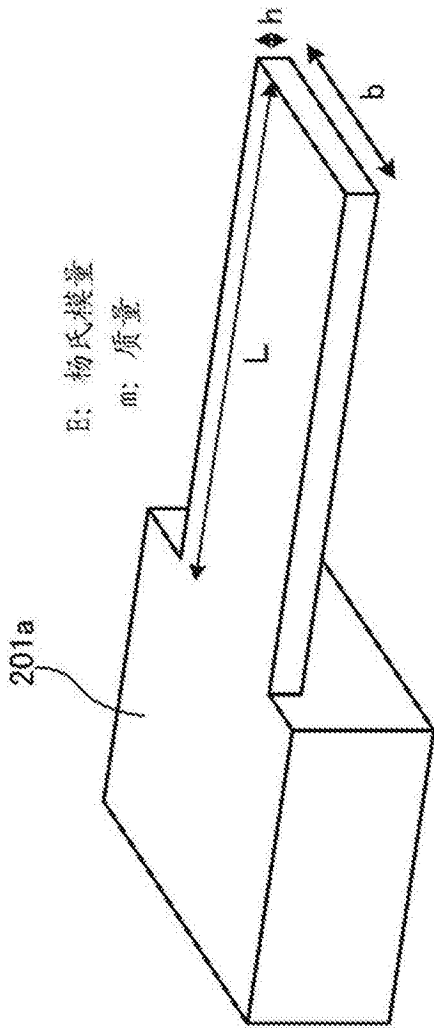


图 8A

增量参数	对 ζ 的贡献度
b	负
h	负
L	正

图 8B

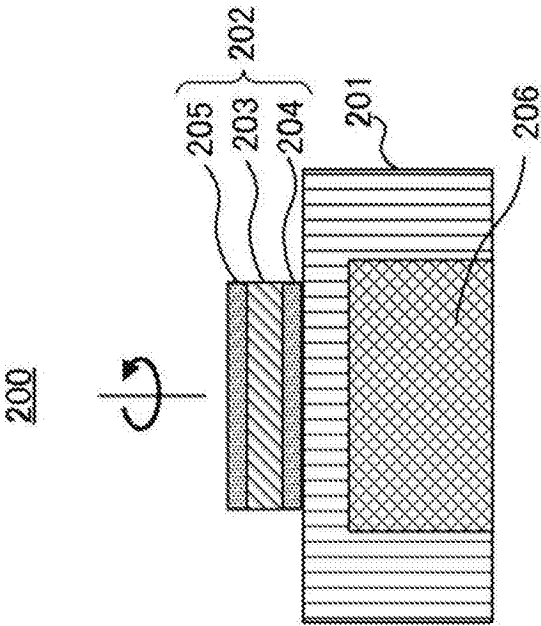


图 9A

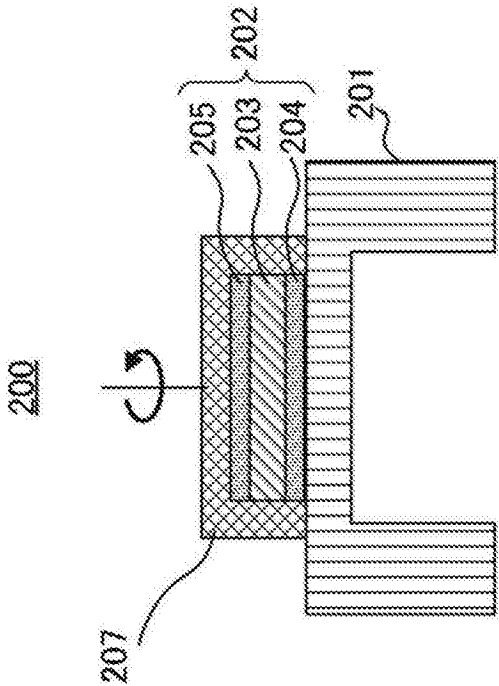


图 9B

增量参数	对 ζ 的贡献度
ζ	正

图 9C

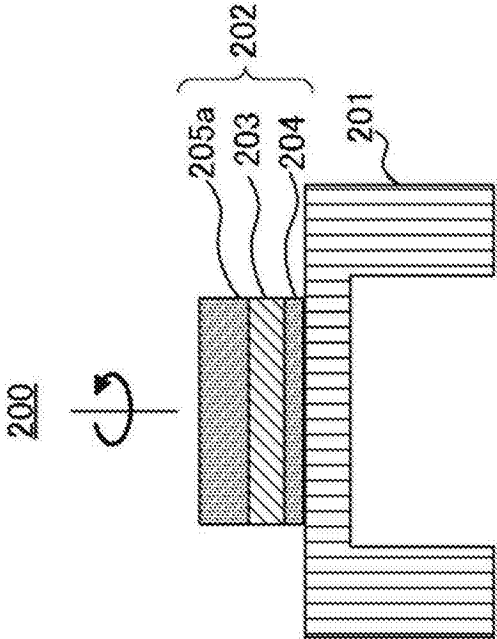


图 10A

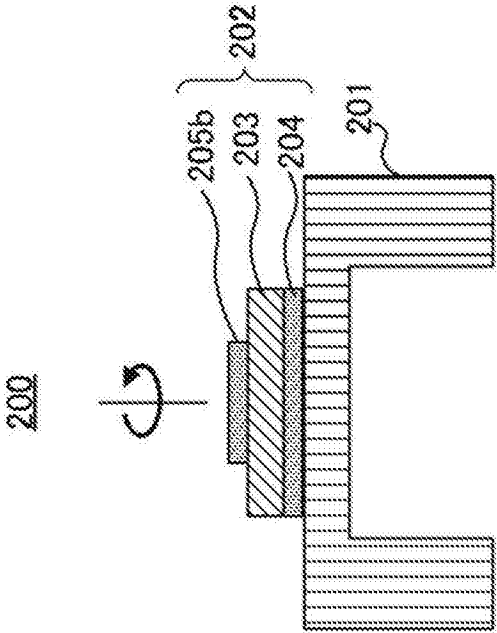


图 10B

增量参数	对 ζ 的贡献度
m	正

图 10C

调整对象	参数	精度管理的容易性 (基于形状、厚度 等的结构进行的 调整)	厚度方向构造的多少 (光掩膜数、光刻 工艺减少)	构成材料 的多少	综合分数 (优先=3)
弹性常数 k	长度L	○	○	○	3
	厚度h	○	×	○	2
	宽b	○	○	○	3
粘性系数 c	—	×	○	—	1
质量m	在隔膜前面/背面 形成液体/树脂	○	○	○	3
	上部电极205	○	×	○	2
	电极材料密度 ρ	○	×	×	1

图 11

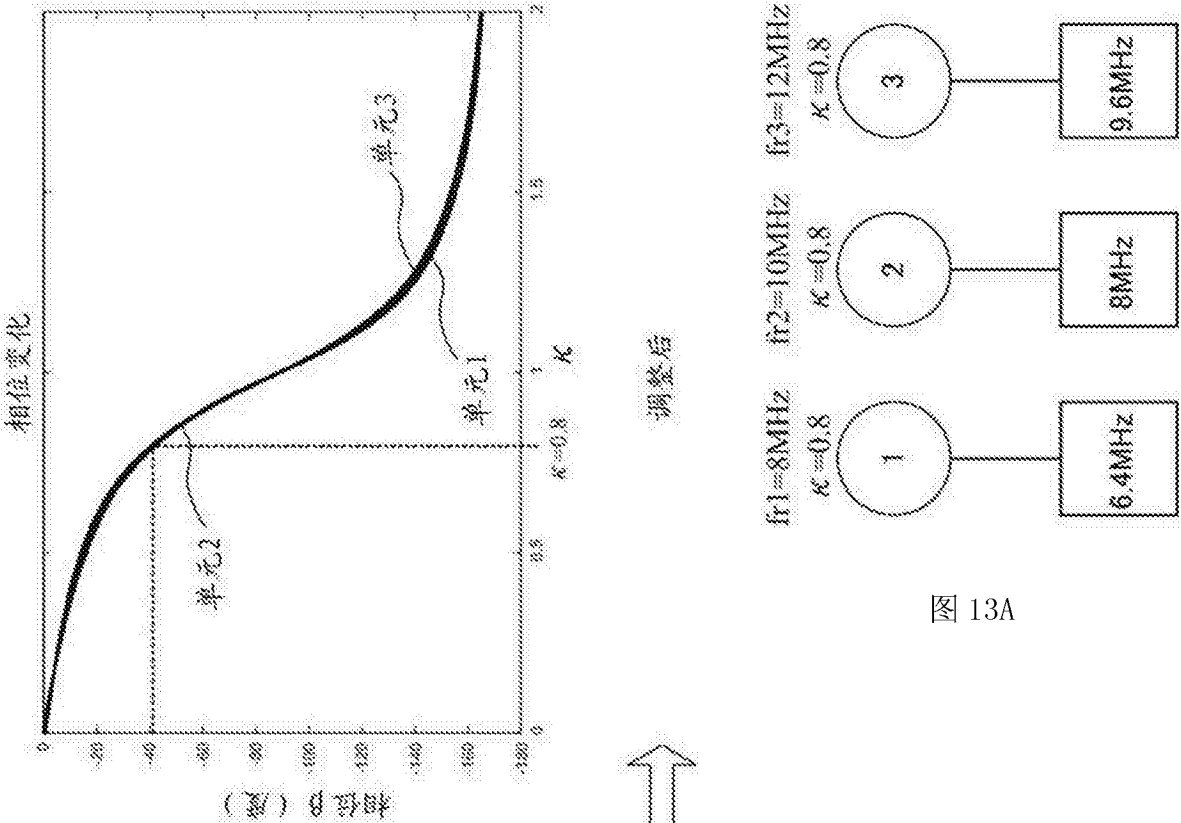


图 12

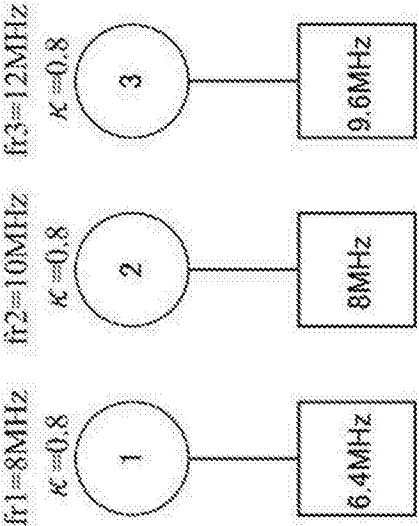


图 13A

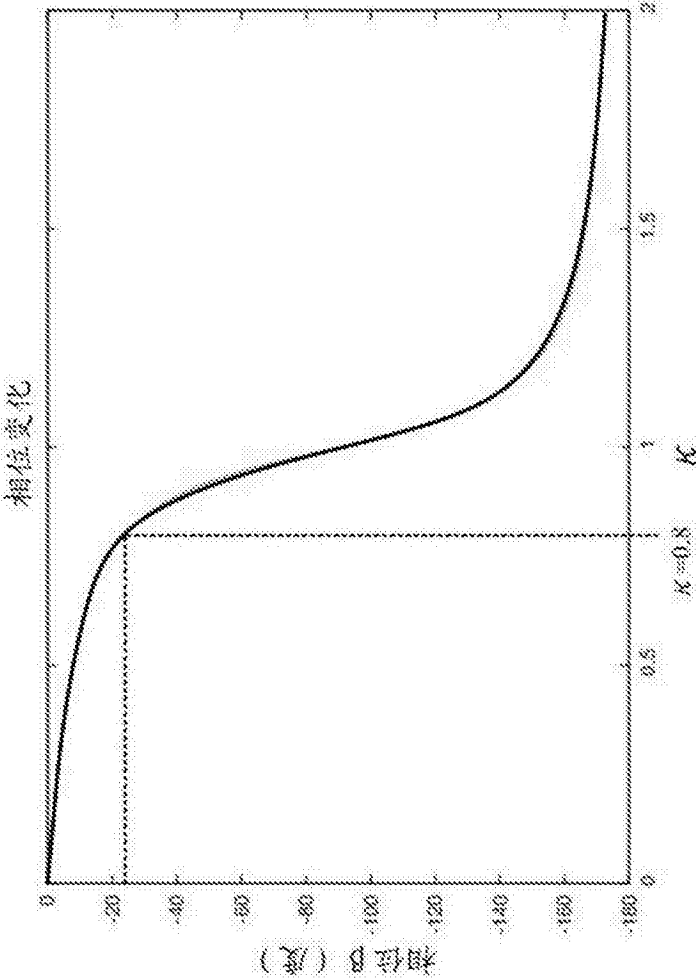


图 13B

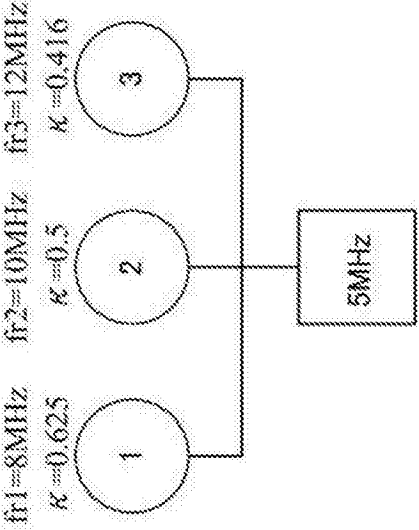


图 14A

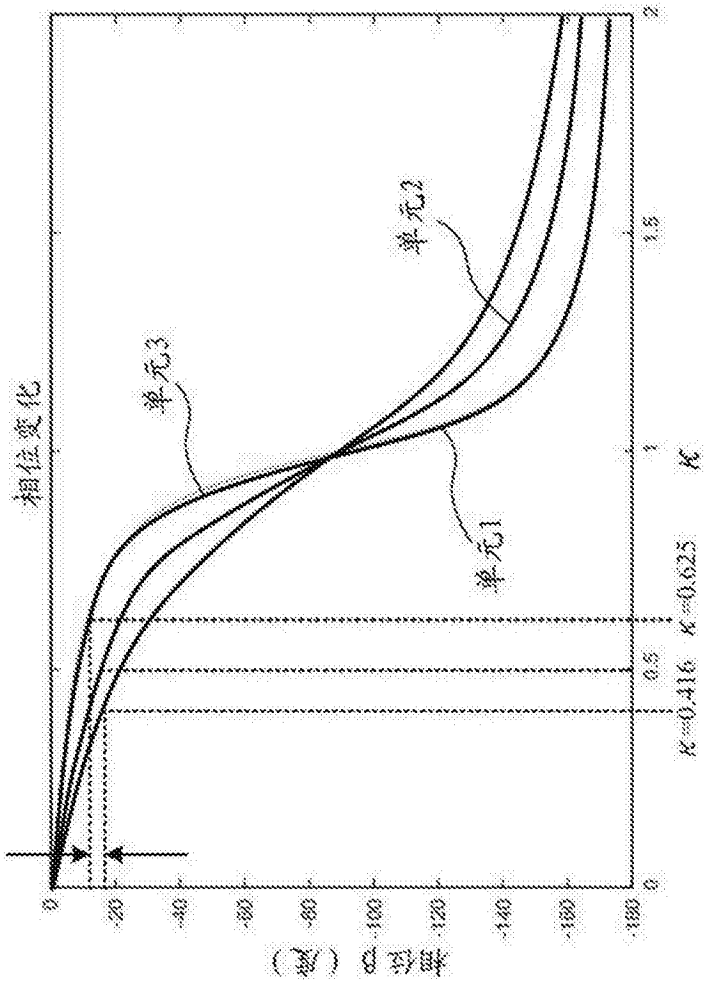


图 14B

专利名称(译)	超声波换能器以及超声波诊断装置		
公开(公告)号	CN105310717A	公开(公告)日	2016-02-10
申请号	CN201510446675.3	申请日	2015-07-27
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达株式会社		
[标]发明人	铃木谦次		
发明人	铃木谦次		
IPC分类号	A61B8/00 H04R17/00		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/145 A61B8/4494 A61B8/461 B06B1/0622 H01L27/20 H01L41/0973		
优先权	2014153018 2014-07-28 JP		
其他公开文献	CN105310717B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种超声波换能器以及超声波诊断装置，不劣化超声波换能器的灵敏度，并且得到宽频带特性。压电元件(202)具有：压电薄膜(203)；第1电极(204)，配置在压电薄膜(203)的厚度方向的一面，且接合在基板(201)上；以及第2电极(205)，配置在压电薄膜(203)的厚度方向的另一面，且与第1电极(204)成为一对而对压电薄膜(203)施加电压，其中，对于表示隔膜的结构等效单衰减振动模型中的弹性常数、粘性系数、质量之中至少2个以上的参数，在多个压电单元(200)间设定了不同的值，以使通过压电单元(200)形成的隔膜中的驱动振动数比与相位的关系在多个压电单元(200)间成为大致相同。

