



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105310717 B

(45)授权公告日 2018.08.24

(21)申请号 201510446675.3

(22)申请日 2015.07.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105310717 A

(43)申请公布日 2016.02.10

(30)优先权数据

2014-153018 2014.07.28 JP

(73)专利权人 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)

(56)对比文件

CN 103521421 A, 2014.01.22,

CN 102405653 A, 2012.04.04,

CN 101965232 A, 2011.02.02,

US 5870351 A, 1999.02.09,

US 7477572 B2, 2009.01.13,

审查员 桂林

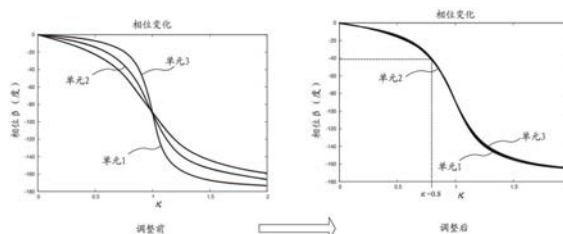
权利要求书3页 说明书10页 附图16页

(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,

所述等效单衰减振动模型,下式所示的关系成立,

[数1]

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

其中,k表示弹性常数,c表示粘性系数,m表示质量,x表示从基准位置起的位移,F₀表示
周期性外力, ω 表示驱动振动数,t表示时间,

驱动振动数比、驱动振动数比与相位的关系如下定义,

[数3]

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

[数4]

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

[数5]

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

其中, β 表示相位角, κ 表示驱动振动数比, ζ 表示粘性系数比, ω_0 表示固有振动数, c_c 表
示临界粘性系数。

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,

所述等效单衰减振动模型,下式所示的关系成立,

[数1]

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

其中,k表示弹性常数,c表示粘性系数,m表示质量,x表示从基准位置起的位移,F₀表示周期性外力, ω 表示驱动振动数,t表示时间,

驱动振动数比、驱动振动数比与相位的关系如下定义,

[数3]

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

[数4]

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

[数5]

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

其中, β 表示相位角, κ 表示驱动振动数比, ζ 表示粘性系数比, ω_0 表示固有振动数, c_c 表示临界粘性系数。

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数比相同。

10.如权利要求9所述的超声波诊断装置,其中,

所述驱动振动数比的值小于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数比不同,

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 的关系的图。
- [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的图。
- [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 的关系的图。
- [0024] 图13A~B是用于说明本公开的将各pMUT单元中的 κ 设为相同的情况的图。
- [0025] 图14A~B是用于说明本公开的使各pMUT单元中的 κ 不同的情况的图。

[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]

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

[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]

$$k = m \omega_0^2$$

$$[0094] \quad m = \rho t A \quad (6)$$

$$c_c = 2\sqrt{mk}$$

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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。

[0098] 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。

[0099] 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。

[0100] 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。

[0101] 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。

[0102] [弹性常数 k]

[0103] 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。

[0104] 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。

[0105] 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。

[0106] 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 。

[0107] 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。

[0108] [数7]

$$[0109] \quad c_c = 2\sqrt{mk} = 2\sqrt{\frac{mEb h^3}{4L^3}} \quad (7)$$

[0110] 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。

[0111] [数8]

$$[0112] \quad k = \frac{Ebh^3}{4L^3} \quad (8)$$

[0113] 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。

[0114] [数9]

$$[0115] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial b} = \frac{\partial \zeta}{\partial c_c} \frac{\partial c_c}{\partial b} = -\frac{c}{4c_c^2} \sqrt{\frac{mEh^3}{bL^3}} < 0 \quad (9)$$

[0116] [数10]

$$[0117] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial h} = \frac{\partial \zeta}{\partial c_c} \frac{\partial c_c}{\partial h} = -\frac{3c}{2c_c^2} \sqrt{\frac{mEbh}{L^3}} < 0 \quad (10)$$

[0118] [数11]

$$[0119] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial L} = \frac{\partial \zeta}{\partial c_c} \frac{\partial c_c}{\partial L} = \frac{3c}{2c_c^2} \sqrt{\frac{mEbh^3}{L^5}} > 0 \quad (11)$$

[0120] 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。

[0121] 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。

[0122] [粘性系数c]

[0123] 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。

[0124] 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。

[0125] 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。

[0126] 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。

[0127] 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。

[0128] [数12]

$$[0129] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial c} = \frac{1}{c_c} > 0 \quad (12)$$

[0130] 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。

[0131] 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。

[0132] [质量m]

[0133] 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。

[0134] 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。

[0135] 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。

[0136] 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。

[0137] 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。

[0138] 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。

[0139] 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。

[0140] [数13]

$$[0141] \quad \frac{\partial \zeta}{\partial m} = \frac{\partial \zeta}{\partial c_c} \frac{\partial c_c}{\partial m} = -\frac{c}{c_c^2} \sqrt{\frac{k}{m}} < 0 \quad (13)$$

[0142] 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。

[0143] 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。

[0144] 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。

[0145] 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。

[0146] 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。

[0147] 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的厚度方向的结构的多少, (3) 构成pMUT单元200的结构材料的多少。

[0148] 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。

[0149] 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。

[0150] 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。

[0151] 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。

[0152] 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。

[0153] 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。

[0154] 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。

[0155] 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。

[0156] 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。

[0157] 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。

[0158] 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(f_{r1}, f_{r2}, f_{r3})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。

[0159] 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)。

[0160] 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。

[0161] 本公开对于具备多个pMUT的超声波换能器是有用的。

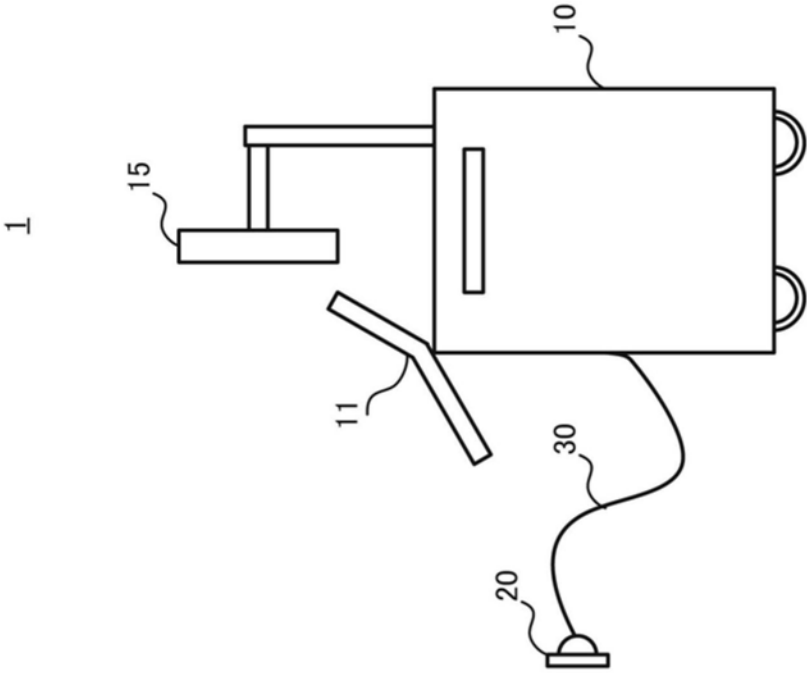


图1

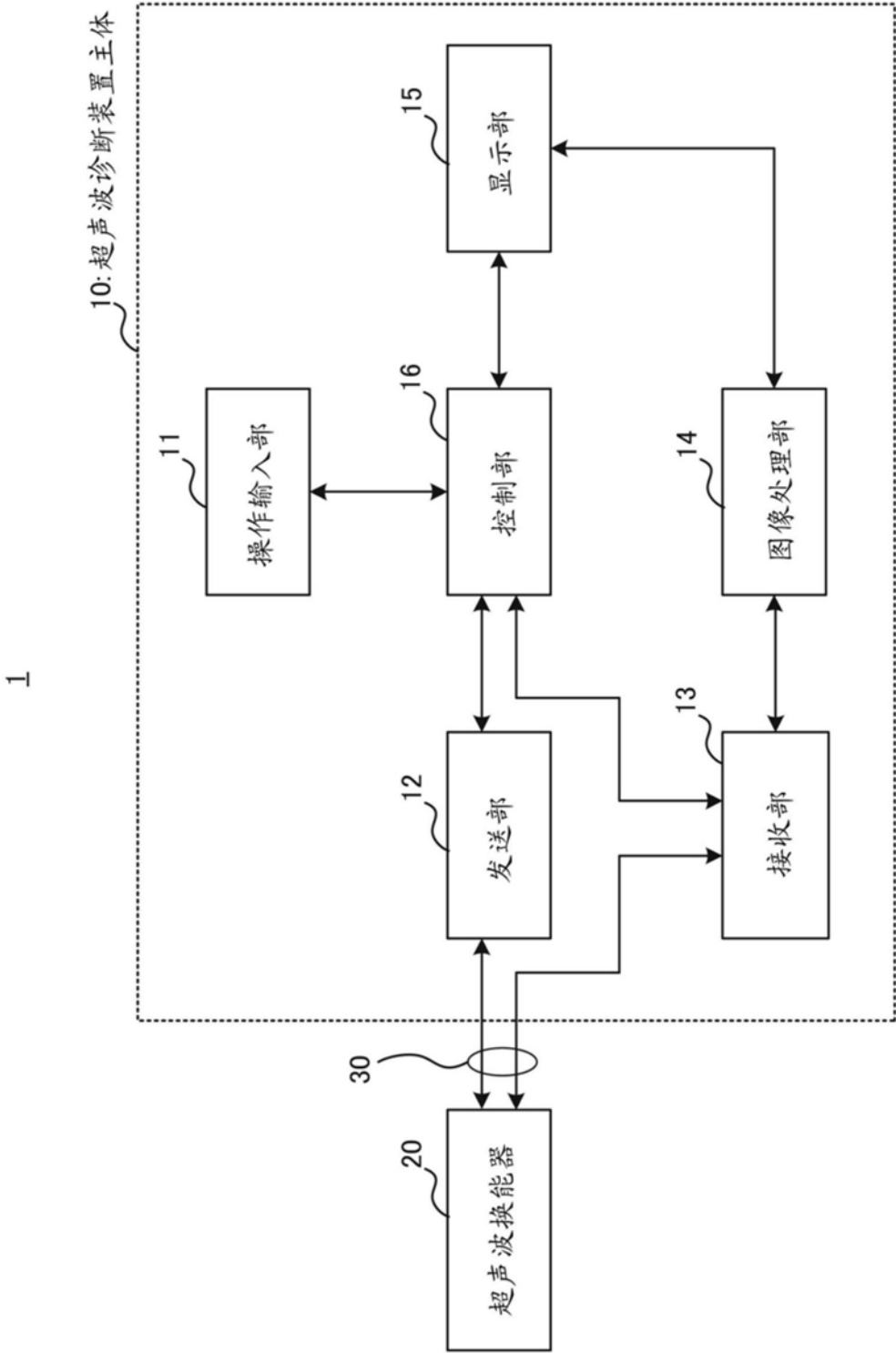


图2

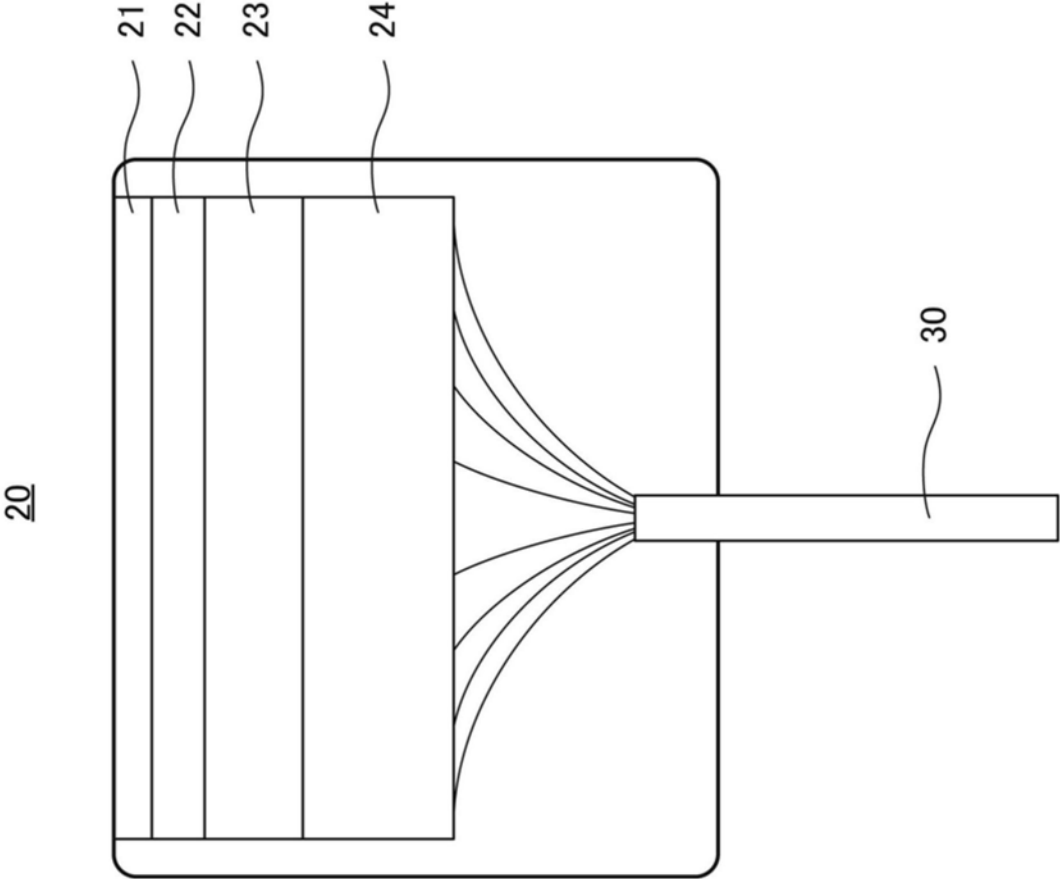


图3

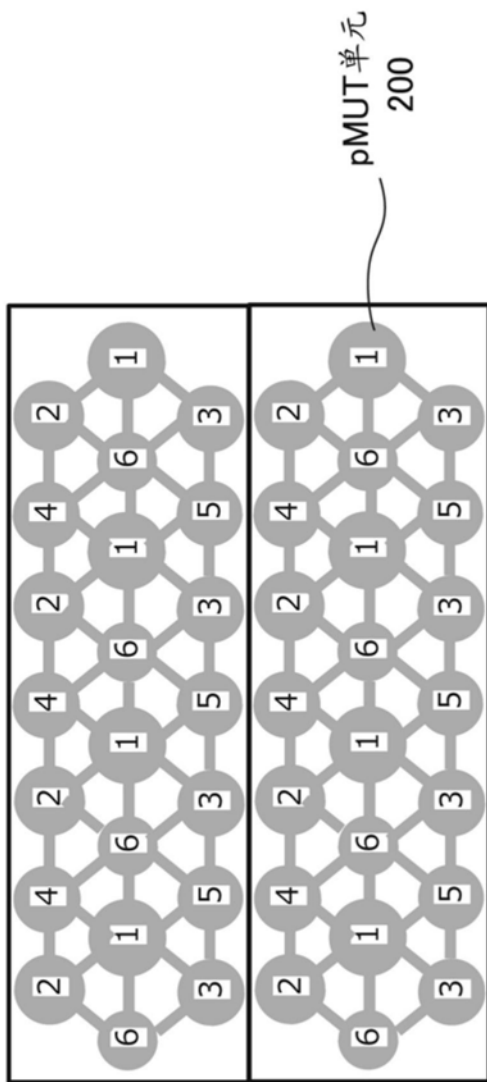


图4A

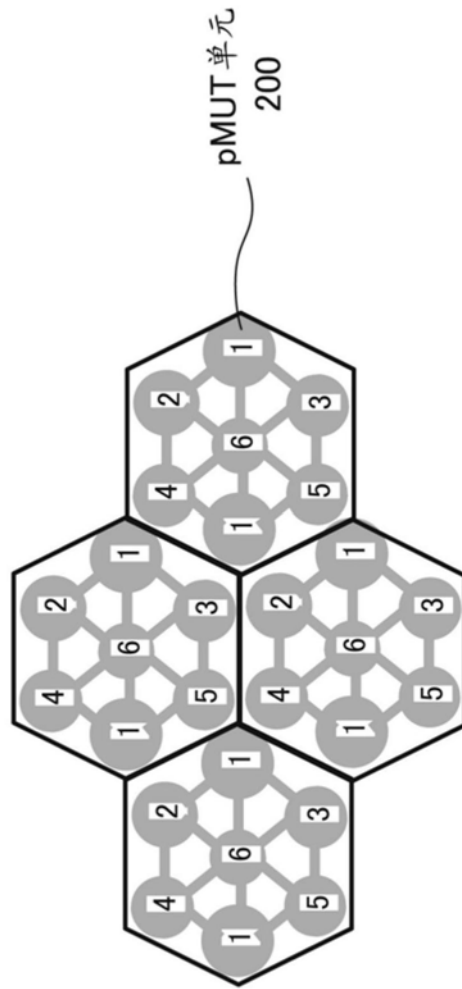


图4B

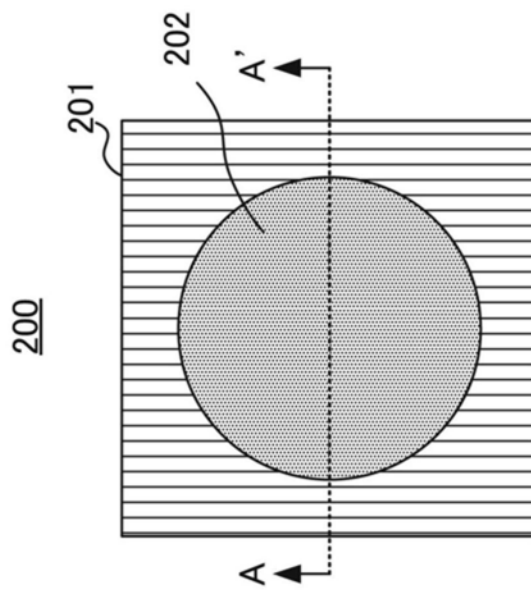


图5A

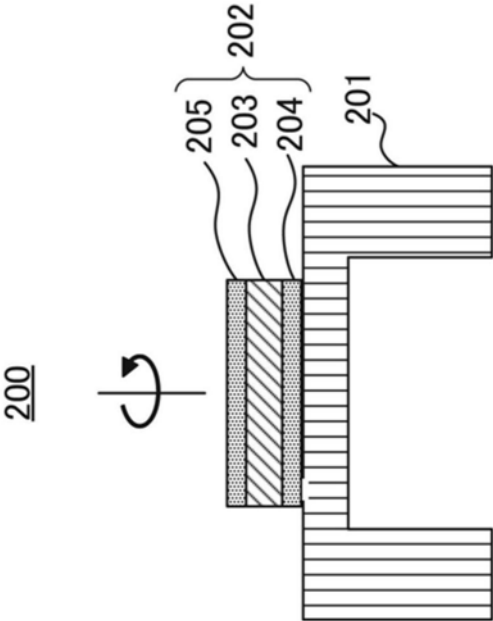


图5B

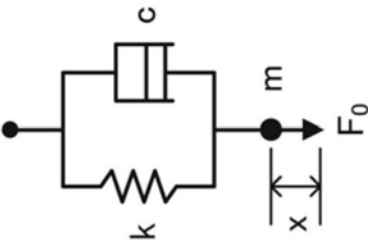


图5C

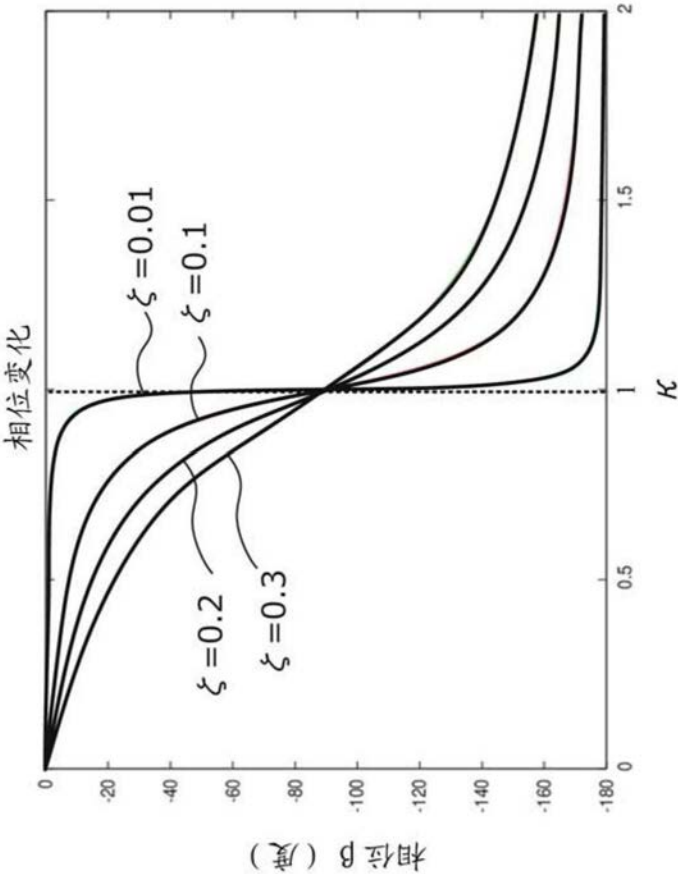


图6

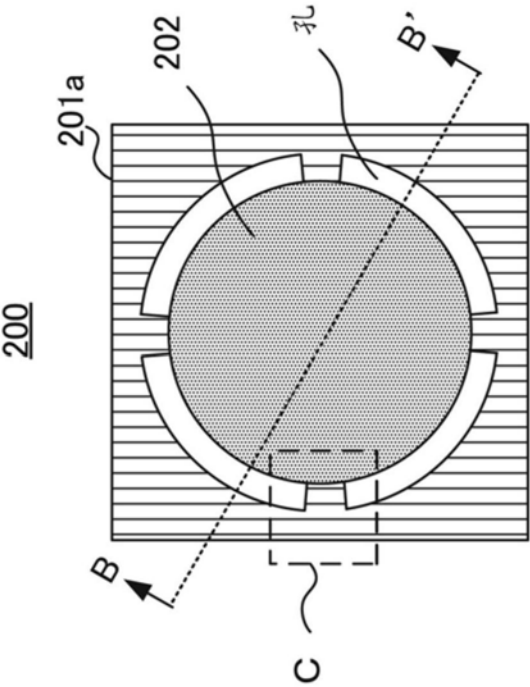


图7A

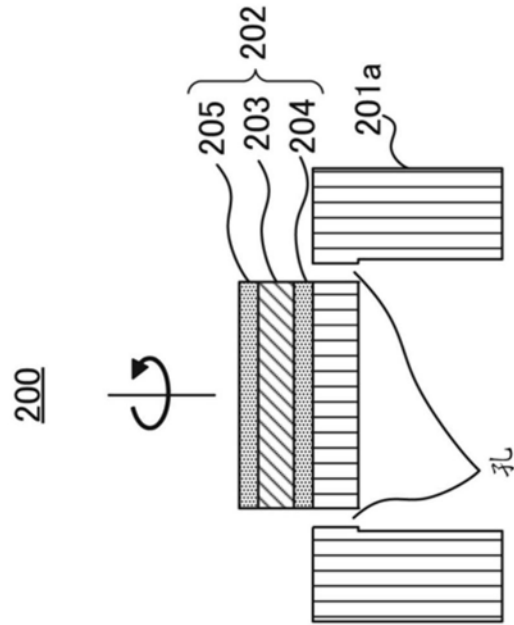


图7B

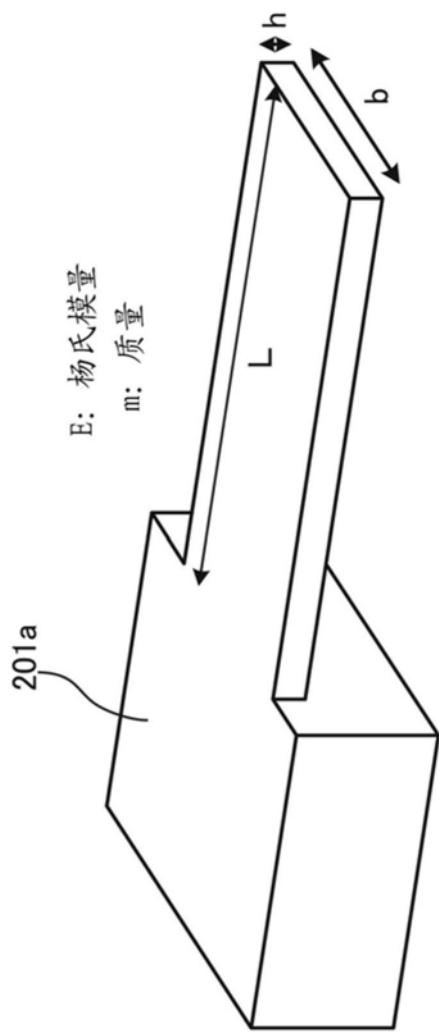


图8A

增量参数	对 ζ 的贡献度
b	负
h	负
L	正

图8B

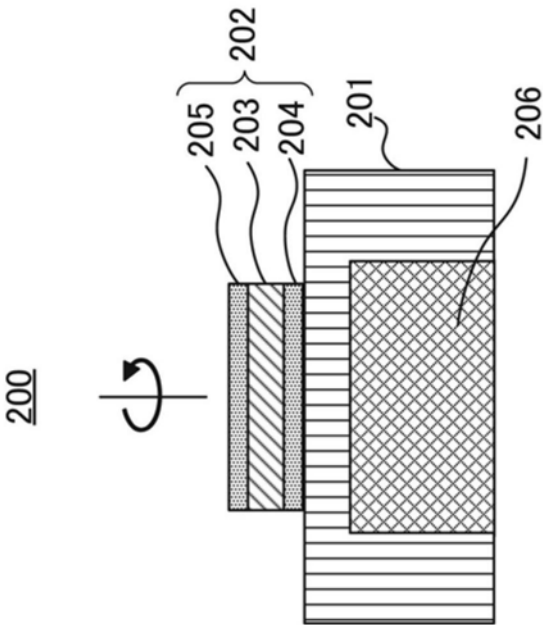


图9A

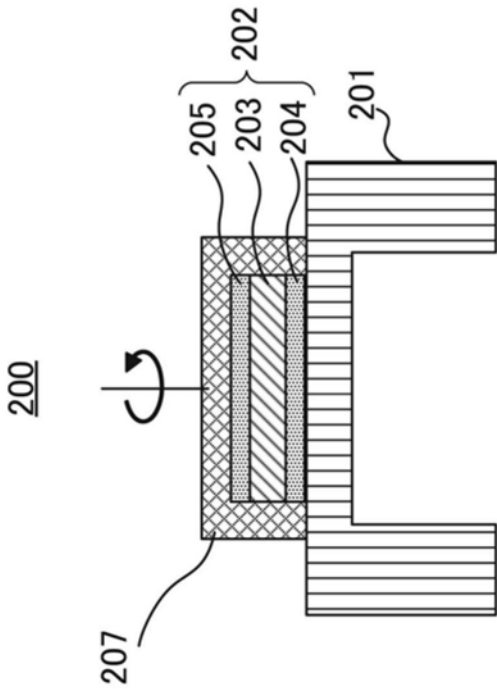


图9B

增量参数	对 ζ 的贡献度
c	正

图9C

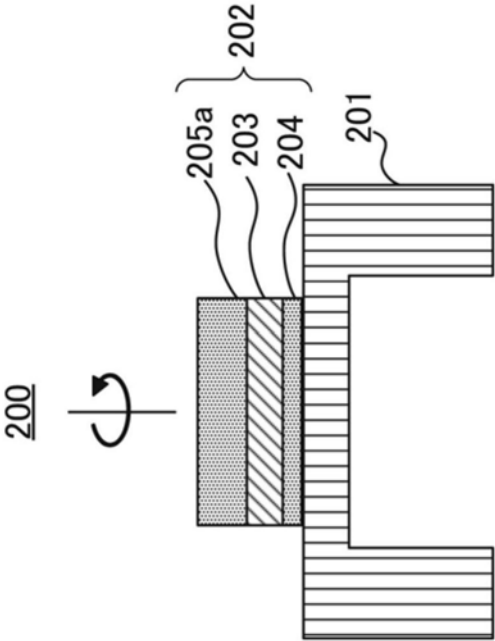


图10A

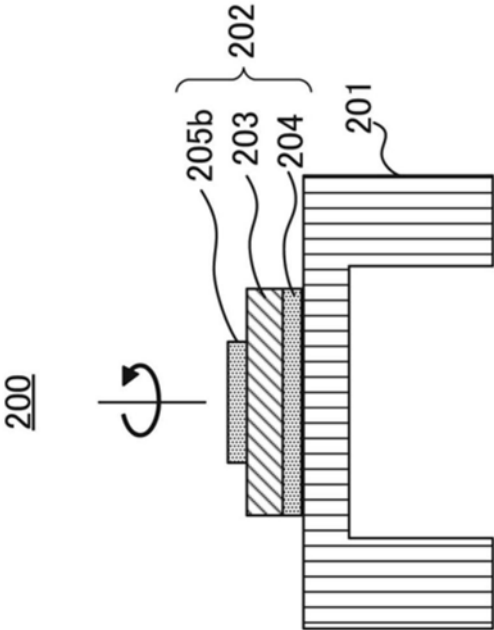


图10B

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
上部电极205	面积A	○	○	○	3
	厚度t	○	×	○	2
	电极材料密度ρ	○	×	×	1

图11

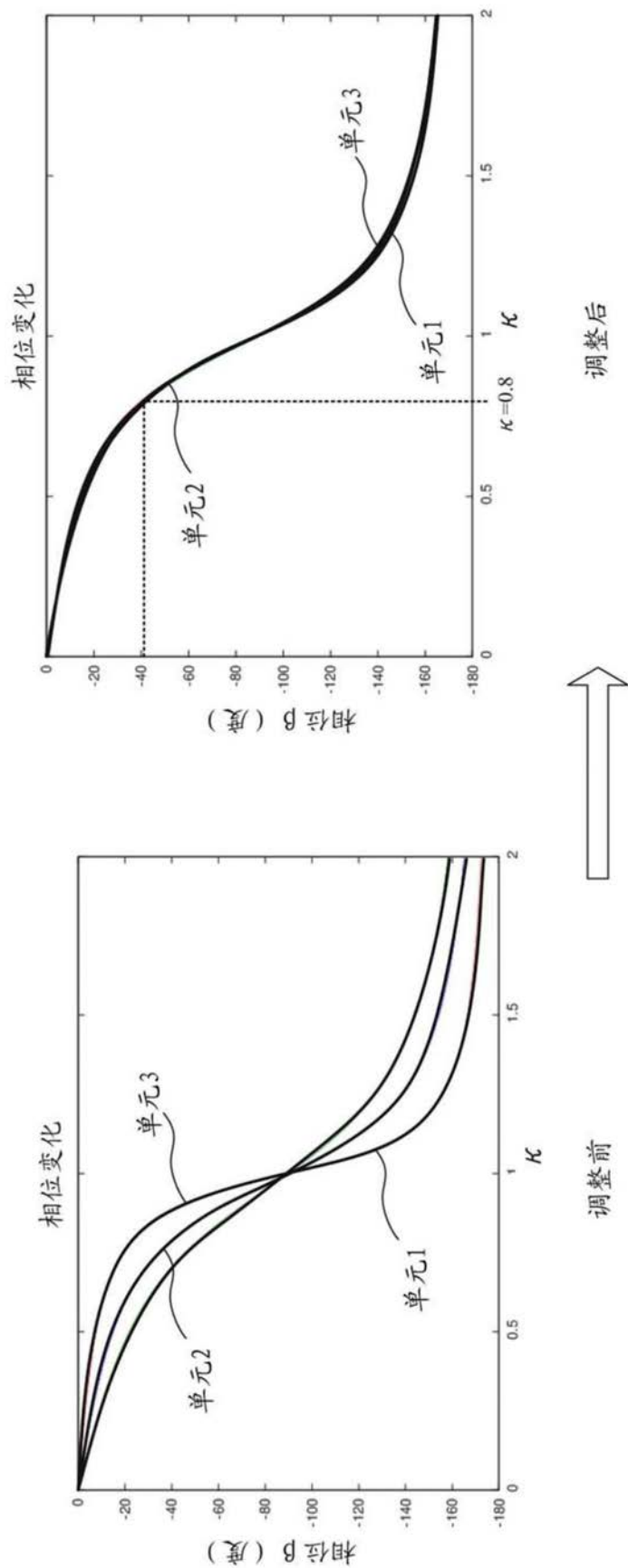


图12

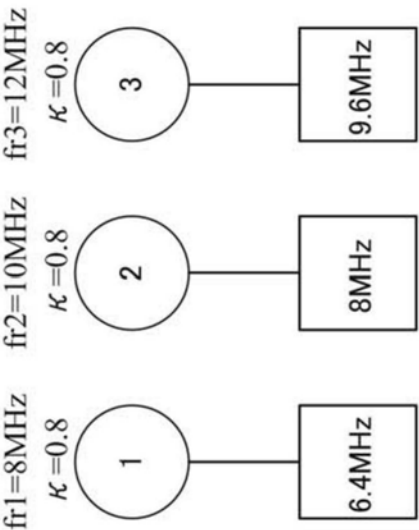


图13A

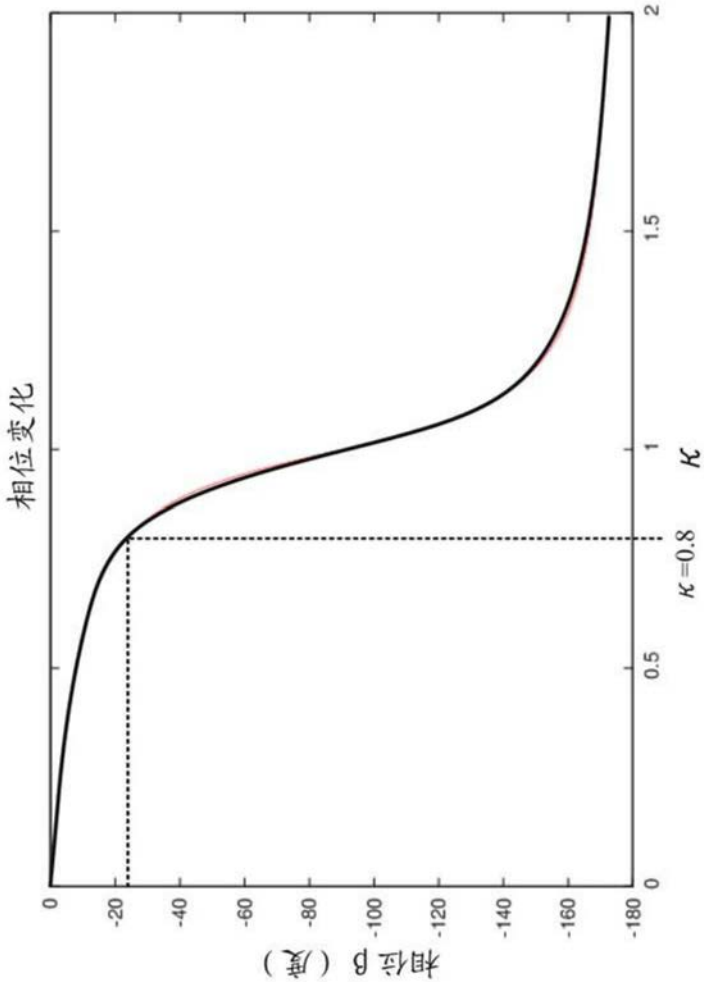


图13B

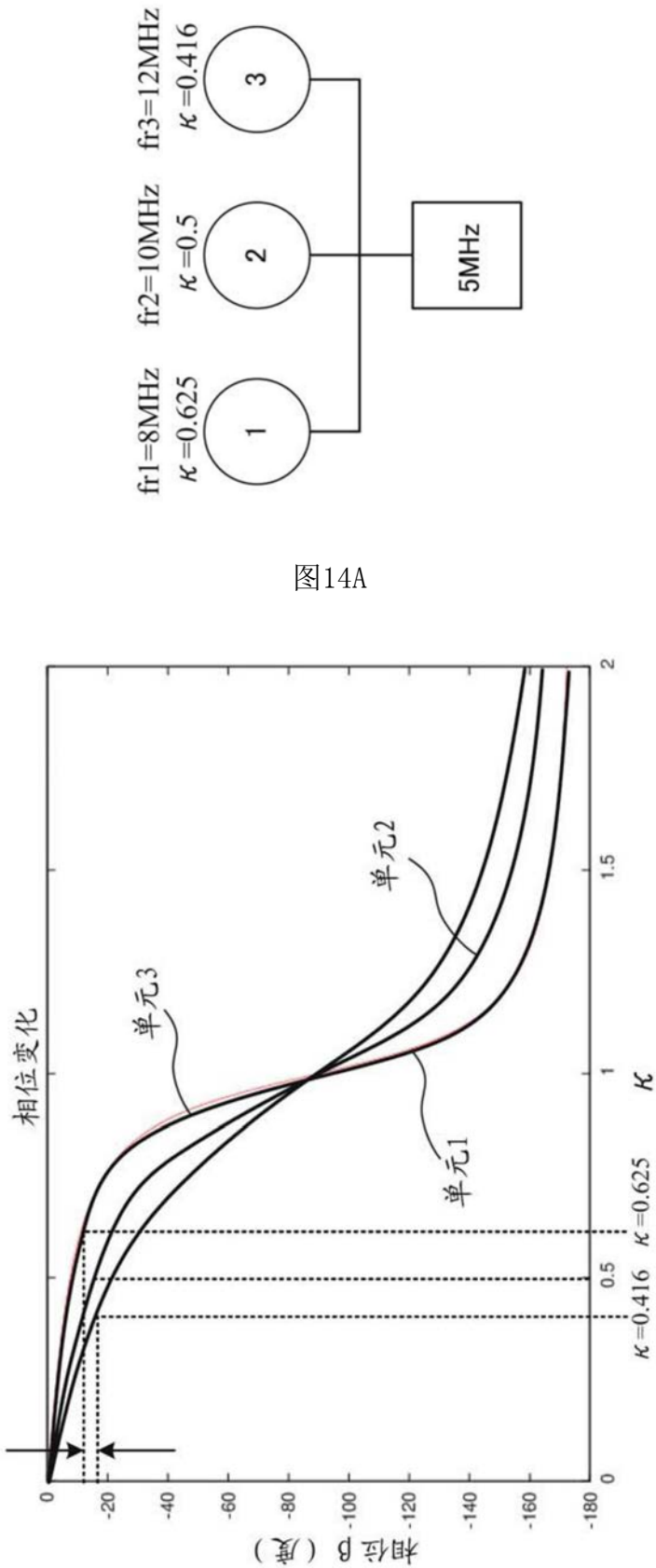


图14A

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	CN105310717B	公开(公告)日	2018-08-24
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		
审查员(译)	桂林		
优先权	2014153018 2014-07-28 JP		
其他公开文献	CN105310717A		
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。

