

[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 200680028928.4

[51] Int. Cl.

H04R 1/40 (2006.01)

H04R 7/08 (2006.01)

H04R 19/00 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

G01N 29/24 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 8 月 6 日

[11] 公开号 CN 101238754A

[22] 申请日 2006.8.2

[21] 申请号 200680028928.4

[30] 优先权

[32] 2005.10.18 [33] JP [31] 303701/2005

[32] 2006.3.2 [33] JP [31] 056541/2006

[86] 国际申请 PCT/JP2006/315314 2006.8.2

[87] 国际公布 WO2007/046180 日 2007.4.26

[85] 进入国家阶段日期 2008.2.4

[71] 申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

共同申请人 株式会社日立医药

[72] 发明人 田中宏树 东 隆 福田宏

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 李贵亮

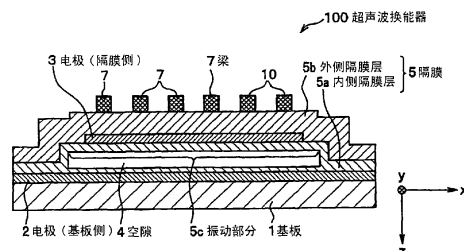
权利要求书 4 页 说明书 31 页 附图 33 页
按照条约第 19 条的修改 5 页

[54] 发明名称

超声波换能器、超声波探头以及超声波摄像装置

[57] 摘要

本发明提供一种超声波换能器(100)，其隔着空隙(4)而配置有基板(1)和隔膜(5)而形成，基板(1)在其内部或表面具有第一电极，隔膜(5)在其内部或表面具有第二电极。而且，在隔膜(5)或第二电极的表面或内部具备至少一个梁(7)。



1、一种超声波换能器，其隔着空隙而配置基板和隔膜而形成，所述基板在其内部或表面具有第一电极，所述隔膜在其内部或表面具有第二电极，其特征在于，

在所述隔膜或所述第二电极的表面或内部具备至少一根梁。

2、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁为多根，该多根的所述梁结合而形成构造体。

3、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁为多根，该多根的所述梁，以该梁的长轴方向相互交叉的方式而配设。

4、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁，由杨氏模量比所述隔膜大的材质、或杨氏模量比所述隔膜小的材质形成。

5、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁由与所述第二电极相同的材质形成，且与该第二电极一体地形成。

6、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁由与所述隔膜相同的材质形成。

7、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁为设于所述隔膜的孔或空洞。

8、如权利要求7所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁沿所述隔膜的所述空隙的外缘附近设置。

9、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
关于所述梁，其长轴方向或短轴方向的剖面形状，为圆形状或多边形状。

10、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述隔膜为圆盘状或多边形盘状。

11、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁为多个，该多个的所述梁以不均等的间隔配设。

12、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁为多个，该多个的所述梁，以该梁彼此的长轴方向不相同的方式而被配设。

13、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁，具有如下形状：即把与所述隔膜相抵接的第一梁部件和短轴方向的尺寸比该第一梁部件小的第二梁部件，以长轴方向相互一致的方式进行接合。

14、一种超声波探头，其特征在于，
具有将权利要求1~13中任一项所述的超声波换能器多个地排列而成的超声波换能器阵列。

15、一种超声波探头，其具有基板、和设于所述基板上的多个超声波换能器，其特征在于，

所述多个超声波换能器分别具有下部电极、上部电极、与所述上部电极一起振动的隔膜、设于所述下部电极和上部电极之间的空隙，

所述隔膜具有多边形的形状，在该隔膜的表面设有梁。

16、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
所述隔膜为六边形。

17、如权利要求16所述的超声波探头，其特征在于，
所述梁，以连结所述隔膜的相面对的顶点之间的方式形成。

18、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
所述隔膜为长方形。

19、如权利要求18所述的超声波探头，其特征在于，
所述梁以连结长方形的隔膜的长边和长边之间的方式设置。

20、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
具有多个宽度不同的梁，相对于一个隔膜设置的梁的宽度相同。

21、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
相邻接的隔膜间的间隔为在所述基板内传播的超声波的成分最多的频率下的波长的1/80以下。

22、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
在与该超声波探头的阵列化方向垂直的方向上配置的多个超声波换

能器，其各自的上部电极电连接而构成副元件。

23、如权利要求 22 所述的超声波探头，其特征在于，
具有变更所述副元件的聚束方法的聚束开关。

24、一种超声波探头，其具有基板、和设于所述基板上的多个超声波换能器，其特征在于，

所述多个超声波换能器分别具有下部电极、上部电极、与所述上部电极一起振动的长方形的隔膜、设于所述下部电极和上部电极之间的空隙，且含有长边和短边的长度比不同的隔膜。

25、如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，
所述长方形的隔膜，以长边成为与该超声波探头的阵列化方向垂直的方向的方式配置。

26、如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，
所述长方形的隔膜，以长边成为与该超声波探头的阵列化方向相同的方向的方式配置。

27、如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，
相邻接的隔膜间的间隔为在所述基板内传播的超声波的波长的 $1/80$ 以下。

28、如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，
在与该超声波探头的阵列化方向垂直的方向上配置的多个超声波换能器，将各自的上部电极电连接而构成副元件。

29、如权利要求 28 所述的超声波探头，其特征在于，
具有变更所述副元件的聚束方法的聚束开关。

30、一种超声波摄像装置，其特征在于，
具备：

面向被检测体发送接收超声波的超声波探头；

根据由所述超声波探头得到的信号生成图像的图像生成部；

显示所述图像的显示部；

根据被检测体的测定部位的深度控制所述超声波探头的焦点的控制部，

所述超声波探头在基板上具有多个超声波换能器，所述超声波换能器

分别具有下部电极、上部电极、与所述上部电极一起振动的隔膜、设于所述下部电极和上部电极之间的空隙，所述隔膜具有多边形的形状，在该隔膜的表面设有梁。

31、如权利要求 30 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述隔膜为六边形，所述梁以连结所述隔膜的相面对的顶点之间的方式而形成，并设置多个宽度不同的梁，相对于一个隔膜设置的梁的宽度相同。

32、如权利要求 30 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

相邻接的隔膜间的间隔，为在所述基板内传播的超声波的成分最多的频率下的波长的 $1/80$ 以下。

33、一种超声波摄像装置，其特征在于，

具备：

面向被检测体发送接收超声波的超声波探头；

根据由所述超声波探头得到的信号生成图像的图像生成部；

显示所述图像的显示部；

按照被检测体的测定部位的深度控制所述超声波探头的焦点的控制部，

所述超声波探头在基板上具有多个超声波换能器，所述超声波换能器分别具有下部电极、上部电极、与所述上部电极一起振动的长方形的隔膜、设于所述下部电极和上部电极之间的空隙，且含有长边和短边的长度比不同的隔膜。

34、如权利要求 33 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

相邻接的隔膜间的间隔，为在所述基板内传播的超声波的成分最多的频率下的波长的 $1/80$ 以下。

超声波换能器、超声波探头以及超声波摄像装置

技术领域

本发明涉及隔膜型的超声波换能器、超声波探头以及超声波摄像装置。

背景技术

发送接收超声波的超声波换能器的主流是利用以 PZT (lead zirconate titanate; 锆钛酸铅) 为代表的陶瓷系的压电元件的压电效果以及逆压电效果进行超声波的发送以及接收型的超声波换能器。该压电陶瓷系超声波换能器现在也占实际使用的超声波换能器的一大半, 但为了置换之, 1990 年开始进行具有利用半导体微型加工技术的微米等级的构造的微细的隔膜型的超声波换能器的研究 (参照非专利文献 1)。

该换能器 (超声波换能器 100p) 的典型的构造如图 40 的剖面示意图所示, 为夹着空隙 4 设于基板 1 和平坦的外侧隔膜层 5b 这两者上的下部电极 2 (基板侧的电极, 也简称电极 2) 以及上部电极 3 (外侧隔膜层 5b 侧的电极, 也简称电极 3) 形成电容器的构造。

另外, 为了便于说明, 设超声波换能器 100p 接收超声波的方向 (图 40 中下方) 为 z 方向, 设图 40 中右手方向为 x 方向, 另外, 设相对图 40 的纸面的垂直下方向为 y 方向。

如图 40 所示, 若在该电极 2、3 间施加电压, 则在两电极上感应相反符号的电荷, 相互作用引力, 因此, 外侧隔膜层 5b 发生位移。此时, 若外侧隔膜层 5b 的外侧与水及生物体接触, 则在这些介质中放射声波。这就是发送的电·声 (超声波) 转换的原理。另一方面, 施加 DC 偏置电压, 则在电极 2、3 上感应一定的电荷, 从外侧隔膜层 5b 所接触的介质强制性地施加振动, 当给予外侧隔膜层 5b 位移时, 对应于位移的电压在两电极 2、3 间附加地生成。该接收的声 (超声波)·电转换的原理与作为可听声域的麦克风使用的 DC 偏置型电容器麦克风的原理相同。

另外, 在超声波波束的形成方面, 将上述换能器排列多个, 并如图 43

所示那样阵列化使用。图 43 中，通过超声波换能器间的接线 13 将多个六边形的超声波换能器 100 电连接，形成图示的虚线 20 划分的一个信道。在利用超声波换能器进行超声波脉冲的发送接收并根据回波信号将对象物的断层像图像化的情况下，超声波换能器的电·机械变换效率的频率特性越平坦，时间轴上的脉冲宽度越窄而越成为高分辨率。另外，其优点是，能够根据从超声波换能器到对象的距离选择不同的频率等，从而扩大装置的控制方法的自由度。因此，如图 44 所示，专利文献 1 中公开了一种方法，该方法将具有直径不同的隔膜的超声波换能器 100 用超声波换能器间的接线连结而作为一个元件 14 同时驱动，从而实现宽带域。

另外，专利文献 2 中提案有一种电容性超声波换能器，其通过增强层（stiffing layer）增强膜的中央部分。

专利文献 3 中还提案有一种声响超声波换能器，其在腔的上方配置有在膜的厚度尺寸内配置了绝缘层部分和上部电极的部分。

非专利文献：“A surface micromachined electrostatic ultrasonic air transducer（表面被精细加工的静电型超声波空气换能器）”，Proceedings of 1994 IEEE Ultrasonics Symposium, pp.1241—1244

专利文献 1：美国专利第 5, 870, 351 号说明书

专利文献 2：美国专利第 6, 426, 582 号说明书

专利文献 3：美国专利第 6, 271, 620 号说明书

但是，专利文献 1 的技术中，如图 44 所示，在全面铺设大小不同的多边形及圆形的隔膜而构成超声波探头的情况下，在超声波换能器间一定会产生间隙。该间隙因以下二个理由而产生致使超声波探头的性能恶化的问题。首先，由于有效的元件面积减少从而使实效的发送接收波的灵敏度下降。另外，当没有形成隔膜的元件部分从超声波探头的发送接收波口径中露出时，从该部分进入基板内的声音成为产生残余声音的原因，且成为诊断图像上虚像产生的原因。残余声音从隔膜通过没有形成隔膜的部分由与传播来的超声波邻接的超声波换能器的一端反射，并再次返回到原来的隔膜，这也成为原因。

另外，通常，在换能器阵列中，各超声波换能器的大小从考虑到超声波的衍射的配置间隔决定其上限，从确保得到所需要的放射效率的放射阻抗的

观点来规定下限。因此，在设计时，这些超声波换能器的大小通常从窄的范围选择。

此外，上述目前的静电型换能器（非专利文献 1 记载）中，由于利用半导体制造技术，因此在制造工艺中使用与隔膜的平面形状对应的掩模。而且，变更隔膜的频率特性的一方法有改变其大小（平面形状）的方法。但是，为实施该方法而需要设计以及制造新的掩模。因此，存在时间和费用增加、制造效率下降的问题。

另外，改变隔膜的频率特性的其他的方法有改变隔膜的厚度的方法。但是，如上所述，由于隔膜的大小被限制在窄的范围内，所以用于得到所希望的中心频率的隔膜的厚度被大致一意地决定。而且，该超声波换能器的灵敏度以及比带宽，取决于隔膜的大小以及厚度。因此，存在不能实现所希望的频率特性即中心频率以及比带宽的组合的问题。

另外，上述目前的电容性超声波换能器（参照专利文献 2）中，利用增强层（stiffing layer）增强隔膜，但是，存在如下问题：即使通过设置增强层得到了所希望的中心频率，比带宽也不能自动地确定，从而不能实现所希望的频率特性。

此外，上述目前的声表面波超声波换能器（专利文献 3 记载）中，由于在隔膜内设有上侧电极，故存在即使能够实现灵敏度的提高，同样也不能提供用于得到所希望的频率特性的装置的问题。

另外，在一片平坦的隔膜中，被激励起的振动模式和每个振动模式的振动频率被确定了，同样存在不能够得到所望的频率特性的问题。

发明内容

于是，本发明是鉴于上述问题而提出，其目的在于，提供一种可利用简单的构造来提高超声波发送接收性能的超声波换能器、超声波探头以及超声波摄像装置。

本发明提供一种超声波换能器，其隔着空隙而配置基板和隔膜而形成，所述基板在其内部或表面具有第一电极，所述隔膜在其内部或表面具有第二电极。

并且，在所述隔膜或所述第二电极的表面或内部具备至少一根梁。

有关其他的装置，由后述的实施方式进行说明。

根据本发明，可以提供能够利用简单的构造来提高超声波发送接收性能的超声波换能器、超声波探头以及超声波摄像装置。

附图说明

图 1 是表示第一实施方式的超声波摄像装置的构成例的图。

图 2 是说明隔膜间的距离与脉冲波形的关系的图。

图 3 是说明隔膜间的距离与反射波形的关系的图。

图 4 是说明隔膜间的距离与反射波形的强度的图。

图 5 是表示第一实施方式的超声波探头的上表面图。

图 6 是表示第一实施方式的半导体隔膜型的超声波换能器的构造的图。

图 7 是第一实施方式的半导体隔膜型的超声波换能器的上表面图。

图 8 是第一实施方式的半导体隔膜型的超声波换能器的上表面图。

图 9 是宽带域化后的频率带域的利用发生后的说明图。

图 10 是用于通过模式切换一个电元件的宽度来使用的超声波换能器的图。

图 11 是根据到焦点的距离切换副元件的聚束方法的效果的说明图。

图 12 是副元件聚束切换开关和周围部分的说明图。

图 13 是第一实施方式的换能器阵列的上面图。

图 14 是第一实施方式的半导体隔膜型的超声波换能器的剖面示意图。

图 15 是切换一个电元件的宽度而使用的换能器阵列的上表面图。

图 16 是第二实施方式的超声波换能器的上表面图。

图 17 是第二实施方式的超声波换能器的剖面示意图。

图 18 是表示第三实施方式的超声波换能器的垂直剖面图。

图 19 是表示第三实施方式的超声波换能器的俯视图。

图 20 是表示换能器阵列的立体图。

图 21 是表示超声波换能器的频率—灵敏度特性例的曲线图。

图 22 是表示梁的弯曲状态的示意图。

图 23 是示意性地表示振动体和比较例的振动体的立体图。

图 24 是表示将振动体的梁的宽度做成基体宽度的 20%时的共振频率以

及比带宽的计算结果的曲线图。

图 25 是表示将振动体的梁的宽度做成基体宽度的 80%时的共振频率以及比带宽的计算结果的曲线图。

图 26 是示意性地表示变形例的梁的立体图。

图 27 是表示另一个变形例的梁的形状的立体图。

图 28 是表示第四实施方式的超声波换能器的垂直剖面图。

图 29 是表示第五实施方式的超声波换能器的垂直剖面图。

图 30 是表示第六实施方式的超声波换能器的垂直剖面图。

图 31 是表示第七实施方式的超声波换能器的垂直剖面图。

图 32 是示意性地表示第七实施方式的超声波换能器的动作的垂直剖面图。

图 33 是表示第八实施方式的外侧隔膜层的俯视图。

图 34 是表示第九实施方式的超声波换能器的俯视图。

图 35 是表示第十实施方式的超声波换能器的俯视图。

图 36 是表示第十一实施方式的超声波换能器的俯视图。

图 37 是表示第十二实施方式的超声波换能器的俯视图。

图 38 是表示第十三实施方式的超声波换能器的垂直剖面图。

图 39 是表示第十四实施方式的超声波换能器的俯视图。

图 40 是表示比较例（现有例）的超声波换能器的垂直剖面图。

图 41 是表示具有纵横比为 1:2 的矩形的平面形状的隔膜的频率—灵敏度特性的曲线图。

图 42 是表示第三实施方式的超声波换能器 100 以及比较例的超声波换能器 100p 的在水中的频率特性的曲线图。

图 43 是换能器阵列的上表面图。

图 44 是将直径不同的隔膜排列的超声波换能器的说明图。

图 45 是说明在隔膜间反射的超声波的路径的图。

图 46 是从隔膜的间隙进入基板的超声波而引起的噪音生成的说明图。

图中：1～基板，2、3～电极，4～空隙，5～隔膜，7～梁，13～接线，14～元件，17～开关，100～超声波换能器，1000～换能器阵列。

具体实施方式

下面，参照图 1～图 42、图 44～图 46，对本发明的各实施方式进行详细说明。

另外，以下，将电和超声波的转换器称作超声波换能器；将阵列状汇集的多个超声波换能器的阵列称作换能器阵列；将具有多个换能器阵列、且向被检测体发送接收超声波的部分称作超声波探头。另外，将具备超声波探头、图像制作部（根据由超声波探头得到的信号制作图像的装置）、显示部（显示图像的装置）、控制部等的基于超声波的摄像装置称作超声波摄像装置。

（第 1 实施方式）

图 1 是表示采用了第一实施方式的超声波换能器的超声波摄像装置的构成例的图。使用该图 1 对超声波摄像装置的动作进行说明。

发送延迟・加权选择部 203，基于预先编程的发送接收程序控制部 201 的控制，选择用于给予波束成型器 204 的各信道的发送延迟时间、加权函数的值。基于这些值，发送波束成型器 204 通过用于切换发送接收波的多个开关 205，将发送波脉冲给予电・声转换元件 101。此时，通过偏置电压控制部 202 也对电・声转换元件 101 施加偏置电压，其结果是，由电・声转换元件 101 对在此未图示的被检测体发送超声波。

而且，由于被检测体内的散射而反射的超声波的一部分，再次由电・声转换元件 101 接收。在发送接收程序控制部 201，在从进行发送波的定时经过规定的时间后，本次，控制接收波束成型器使得起动接收模式。所谓所述的规定时间，例如，为在从比被检测体的深度 1mm 还深的地方取得图像的情况下，声音在 1mm 内往复的时间。之所以发送波之后不进入接收模式，是因为一般相对于发送的电压的振幅，接收的电压的振幅极其小至从 100 分之一到 1000 分之一的缘故。在接收波束成型器 206 中，根据被称作所谓的动聚焦的、反射超声波的到达时间，连续地进行延迟时间和加权函数的控制。动聚焦后的数据由图像制作装置例如滤波器 207、包络线信号检测器 208、扫描变换器 209 转换成图像信号后，作为超声波断层像在显示部 210 进行显示。

在各种用途实际使用超声波换能器时作为重要的基本的特性之一是用中心频率和比带宽（比带域幅）表示的频率特性。中心频率 f_c 为电・机械变换效率（灵敏度）最好的频率。另外，比带宽 f_b 例如在为 3dB 宽度的情况下，

作为将从中心频率的灵敏度降到 3dB 的二个频率的间隔除以中心频率后的参数而被定义。比带宽越宽越能够将一个超声波换能器用于各种的频率带，或能够形成时间宽度短的超声波脉冲，因此，在使用超声波波束摄像的情况下，能够得到具有高的距离分辨率等的有益的特性。隔膜型的超声波换能器的中心频率 f_c 为大致与隔膜的共振频率相等的值，因此，当设隔膜的刚性为 D 、质量为 m 时，用下式 (1) 表示，比带宽 f_b 用下式 (2) 表示。

[数学式 1]

$$f_c \propto \sqrt{\frac{D}{m}} \quad \dots(1)$$

$$f_b \propto \frac{1}{\sqrt{Dm}} \quad \dots(2)$$

振动隔膜的刚性以及质量在材料为固体的情况下，由振动隔膜的形状及其尺寸，以及振动隔膜的厚度决定。因此，从原理上说，通过决定适宜的振动隔膜的形状和厚度，从而得到希望的频率特性。但是，为了使中心频率、灵敏度的最大值、比带宽这三个参数最适合，仅由 D 和 m 这二个设计自由度是不够的。

拍摄通常的二维断层像的超声波摄像装置用的超声波探头构成如下：与断面层垂直的方向（短轴方向）为声透镜的固定焦点，在沿断面面的方向（长轴方向）阵列化而排列振荡器，利用电子焦点在断层面内所希望的位置将超声波波束聚焦。而且，为了形成良好的超声波波束，理想的是，在波束的中心频率下的波长的一半程度的宽度将超声波换能器阵列化。例如，中心频率为 5MHz，以 0.15mm 程度的宽度阵列化。在短轴方向，超声波换能器的宽度越宽，在焦点的波束宽度越窄，越是能够得到空间分辨率高的断层像，但是，当短轴的固定焦点的焦域太窄时，由长轴的电子焦点难以控制焦点域。另外，从对患者的肋骨的间隙等患部进行按压而操作的情况下的使用方法的观点出发，也希望短轴宽度为 7~8mm 程度。

即，由于一个电元件的大小为 7~8mm×0.15mm 程度，所以，例如在隔膜的直径为 50 μ m 程度的情况下，150×3=450 个隔膜以排列在一个电元件中的状态下使用。当该数百个隔膜各自的形状、材质改变时，能够更自由地

设计一个电元件整体的比带宽。从原理上说,形状、材质具有自由度,但是,在实际的半导体工艺中,是在基板上依次制作层构造,因此,对邻接的每个超声波换能器改变材质是不现实的,且薄膜的厚度也难于改变。其结果是,最现实的方法是通过改变薄膜的直径来设计所希望的比带宽。

美国特许第 5870351 号说明书(专利文献 1)中公开了如下一例,如图 44 所示,在电耦合的一个元件中排列有多个隔膜直径不同的六边形。但是,在由直径不同的圆及多边形全面铺设区域的情况下,存在充填效率下降的问题。这除了(隔膜的面积)/(元件整体的面积)的比率下降而使灵敏度下降的问题之外,还对元件的脉冲特性造成大的影响。关于该脉冲特性的劣化,参照图 45 进行说明。如图 45 所示,在配置多个大小不同的六边形的隔膜的情况下,超声波从目标隔膜通过没有形成隔膜的部分,由目标隔膜周围的隔膜的端面反射并再次返回目标隔膜的路径(图中的箭头)的长度,与全面铺设单一大小的六边形隔膜而形成的阵列的情况相比,变长。

图 2 是表示改变目标隔膜和邻接的隔膜之间的距离时的、通过有限元法模拟超声波脉冲特性的结果的曲线图。在此,举例隔膜的宽度为 $60\mu\text{m}$ 、长度为无限二维模型的例子。隔膜的材料为氮化硅(SiN)、厚度 $1.2\mu\text{m}$ 。从阵列前面到达的超声波为中心频率 10MHz 的正弦波,循环数为一周期量。横轴为时间,从阵列的前面到达的超声波脉冲以到达隔膜表面的时间为原点。纵轴为向隔膜中心部分的垂直方向的速度。四条曲线表示邻接隔膜间的距离分别为 $5\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 的情况。

从图 2 可知,随着扩大邻接隔膜间的距离,脉冲宽度加大。邻接隔膜间的距离为 $5\mu\text{m}$ 时,隔膜的变形大致与从外部到达的超声波波形相同,隔膜中心部分进行一周期的正弦波的振动后(约 0.1 微秒后),振动振幅急剧减小,脉冲宽度变窄,从超声波向隔膜的变形转换的传递函数的频率特性几乎平坦。另一方面,随着邻接隔膜间的距离加大,脉冲波形伸长。邻接隔膜间距离为 $60\mu\text{m}$ 时,与邻接隔膜间距离为 $5\mu\text{m}$ 的情况比,脉冲宽度大致伸长 1.5 倍,在利用该条件的阵列的情况下,显示空间分辨率恶化。

图 3 是表示从邻接隔膜间距离为 $20\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 的情况的接收波脉冲波形除去邻接隔膜间距离为 $5\mu\text{m}$ 的情况的接收波波形的波形曲线。与来自邻接隔膜的反射波几乎没有影响的条件、即邻接隔膜间距离 $5\mu\text{m}$ 的

接收波波形相比，能够提取来自邻接薄膜的反射波。显著地表现出：来自该邻接薄膜的反射波随邻接薄膜间距离而加大。

图 4 是设该反射波的绝对值的积分值为纵轴，设邻接薄膜间距离为横轴的曲线。纵轴通过原接收波波形的绝对值的积分值而实现标准化。纵轴的值几乎可以忽略反射波的影响的 0.1 以下是表示邻接薄膜间距离为 $10\mu\text{m}$ 以下。可知这是如下那样的条件：即若考虑在硅内传播的声速为 8000m/s ，则由于 10MHz 的超声波的波长为 $800\mu\text{m}$ 因此是波长的 $1/80$ 以下的条件。

当在作为电耦合多个隔膜型的超声波换能器而构成的一个元件的超声波换能器的区域，存在有未形成隔膜的区域时，因以下所示的过程也会造成脉冲特性恶化。图 46 是从隔膜的间隙进入基板的超声波生成噪声的机构的说明图，(a) 是隔膜及其周边的剖面示意图，(b) 是表示接收波电压信号随的时间变化的图。

如图 46 (a) 所示，当考虑接收从隔膜的上方来的超声波脉冲的情况时，首先，直接入射到隔膜的超声波脉冲 A，如图 46 (b) 的横轴时间、纵轴接收波电压信号的曲线上的 A 所示那样，转换成电信号。另一方面，到达隔膜间的间隙区域的超声波脉冲 B，如图 46 (a) 的路径 a、b、c 所示，在基板内重复多重反射，同时通过隔膜的边缘部到达隔膜。通过该路径 a、b、c 后的超声波脉冲也使隔膜变形而转换成电信号，作为图 46 (b) 所示的波形 B、B'、B''，在电信号方面表现。

超声波摄像装置中，在观察血管的内部构造的情况等，如血管外的组织部和血管的内腔那样，为了观察反射率强度从 40dB 到 60dB 的彼此不同的部位，对亮度进行压缩，在较宽的动态范围内进行成像。因此，即使 B 及 B' 等的回波很微弱，若在来自血管周边的组织的反射信号 A 中伴随着时间延迟后的 B 或 B' 的回波，则这将作为血管内部的像而被观察，不能区分出是血管内的血小板（プラーク）（斑块），还是 B 等的虚像。当根据通常的超声波摄像装置的图像的动态范围进行判断时，反射信号 B 的振幅与反射信号 A 的振幅相比，必须抑制到小至 1000 分之一，即 -60dB 程度。如上所述，如果将隔膜的间隙的长度缩短到波长的 $1/80$ 程度，则经由间隙的声的传播效率下降，B 的残余声音的影响不成问题。如果在该路径 a 充分减小进入晶片（ウエハ）内的超声波的大小，则即使不充分减小路径 b 上的多重反射率，也能

够减小B的混响声，因此，其结果是，有关对路径b的多重反射的反射率造成较大影响的晶片和背面材料的粘着剂的厚度及材质的选定的自由度增加，能够取得制造工艺的自由度提高。

本实施方式中，采用适于使该隔膜间隙的面积最小化同时具有彼此不同的共振频率并扩大比带宽的隔膜的形状以及构造。

图5是表示本实施方式的超声波探头的一例的图，是表示构成超声波探头的半导体隔膜型换能器阵列的一部分的上表面图。图6是表示切断图5所示的阵列中的一个隔膜型的超声波换能器，并从斜上方观察到的状态的剖面示意图。

各隔膜型的超声波换能器如图6所示，在形成于基板1上的下部电极2（第一电极）上形成在内部具有空隙4的内侧隔膜层5a，在其上面依次形成上部电极3（第二电极）、外侧隔膜层5b，进而在外侧隔膜层5b的上面，形成联结隔膜的对置的顶点间的梁7。下部电极2和上部电极3通过在内部具有空隙4的内侧隔膜层5a对置而构成电容器。在构成六边形的形状的各隔膜的中心部，以与梁7连接方式形成与隔膜的形状相似形状的膜。

另外，也有时将内侧隔膜层5a和外侧隔膜层5b这两者或一方简单地表述为隔膜。对其他的构成，也有时省略其符号。

如图7所示，若只形成梁7，则在隔膜中央附近的梁7交叉的部分，产生锐角的部分，在通过半导体的蚀刻工艺等削掉锐角部分时，有可能产生偏差。在此，若在中央形成相似形部分，则其优点是不必制作锐角的部分。另外，隔膜型的超声波换能器中，施加大的DC偏置电压的一方积蓄的电荷多，因此，能够提高发送接收波的灵敏度，但此时若施加过度的DC偏置电压，则会导致隔膜的一部分与空隙4的相反侧面接触。这样的接触成为电荷向隔膜注入的原因，从而对元件的电声转换特性造成漂移。在形成有梁7的情况下，在梁7的间隙部分，且从隔膜的中心附近的部分开始接触。为了加大在不接触的情况下可以施加的DC偏置电压的上限，不进行凸凹变形是有利的，因此，在梁7的交点部附近形成与隔膜相似形的膜是有利的。此时，当相似形部的大小过大时，梁7的间隙全部被埋住，就失去了形成梁7的意义，因此，理想的是相似形部的直径相对隔膜整体的直径为50%~80%程度。

在此，所谓梁7，为宽度比长度小、只覆盖隔膜的一部分形状的构造体。

梁 7 由于具备如下所示的硬度的条件，从而能够对隔膜型的超声波换能器整体的共振频率产生影响。即，与构成空隙 4 的上方壁部的隔膜部的材料的硬度相比，将梁 7 的硬度做得充分大、或与隔膜部的厚度比，将梁 7 的厚度做得充分大，由此，隔膜型的超声波换能器整体的共振频率能够由梁 7 的形状和材质控制。例如，若考虑宽度 W 、长度 l 、厚度 t 的单纯的长方体形状的梁 7，则厚度方向的共振频率 f_b 由下式 (3) 导出。在此， E 为杨氏模量、 I 为截面力矩、 m 为质量。

[数学式 2]

$$f_b \propto \sqrt{\frac{EI}{l^3 m}} \quad \dots(3)$$

截面形状为长方形的梁 7，其截面力矩 I 为 $Wt^3/3$ ，故式 (3) 变成式 (4)。另外，由于式 (4) 为比例式，故省略了系数。

[数学式 3]

$$f_b \propto \sqrt{\frac{Et^3 w}{l^3 m}} \quad \dots(4)$$

所以，在梁 7 的材质相同、厚度 t 和长度 l 一定的情况下，共振频率 f_b 与宽度 W 的平方根成正比。

梁 7 是在周边部为宽度 W 的长方体，在隔膜的中心部为与隔膜相似形的、如图 5 及图 6 所示的形状的情况下，若将隔膜中心部近似为质量 M 的锤，则式 (3) 变成式 (5)，可与上述大致相同的方式进行处理。

[数 4]

$$f_b \propto \sqrt{\frac{EI}{l^3 (M + 0.37m)}} \quad \dots(5)$$

这样，如果能够利用梁 7 的宽度 W 的大小控制隔膜的共振频率，则隔膜的直径一定，如图 5 所示，对设于隔膜的表面或里面的梁 7 的宽度 W 不同的超声波换能器进行全面铺设，由此消除隔膜间的间隙，从而能够由共振频率不同的多个隔膜型的超声波换能器构成一个超声波换能器。图 5 中，用虚线

20 表示作为一个元件起作用的超声波换能器的边界线。此时，下部电极 2 与构成一个超声波换能器的多个隔膜型的超声波换能器相通，用接线 13 将构成一个超声波换能器的多个隔膜型的超声波换能器的上部电极彼此电连接。

下面，对构成图 6 所示的隔膜型的超声波换能器的材料和尺寸的例子进行说明。基板 1 由硅构成，在硅基板的上面形成有厚度 500nm 程度的由金属或多晶硅构成的下部电极 2。在下部电极 2 上，以 50nm 程度的厚度形成的氧化硅等绝缘膜，在其上形成厚度方向的尺寸为 200nm 程度的空隙 4，形成构成空隙 4 的上壁的 100nm 程度的绝缘膜（第一隔膜）5，且在其上形成厚度为 400nm 程度的由铝等金属形成的上部电极 3，并在其上形成厚度为 200nm 程度的由覆盖空隙 4 的全面的氮化硅形成的外侧隔膜层 5b，在其上面形成厚度为 1000nm 程度的构成梁 7 的氮化硅的膜。

但是，这些材质及尺寸为简单的一例，与上述说明的不一样也没关系。例如，当由氮化硅构成梁 7，使隔膜的直径为 $60\mu\text{m}$ 、膜的厚度以及梁的厚度分别为 $2\mu\text{m}$ 以及 $4\mu\text{m}$ 时， W_1 在 $0.5\mu\text{m}$ 时的中心频率为 7.8MHz，-6dB 比带宽为 120%（-6dB 比带域为 3~12.5MHz）。 W_2 在 $4\mu\text{m}$ 时的中心频率为 10MHz，-6dB 比带宽为 100%（-6dB 比带域为 5~15MHz）。 W_3 在 $20\mu\text{m}$ 时的中心频率为 11.5MHz，-6dB 比带宽为 96%（-6dB 比带域为 6~17MHz）。通过将具有梁的宽度 W_1 、 W_2 、 W_3 的超声波换能器的数分别设到最合适（使 W_1 和 W_3 的数比 W_2 的数多，更能够得到平坦的频率），-6dB 带域达到 3~17MHz，即 -6dB 带域宽度为 140%。目前公知的隔膜构造中，-6dB 带宽为 100~120%，因此，-6dB 带宽能够提高 40~20 个百分点。

图 5 所示的例子中，在形成为多边形的形状的隔膜的中心部，按照与梁 7 连续的方式形成有与隔膜的形状相似形的膜，但是不用说，如图 7 所示，即使在中心部没有形成与隔膜的形状相似形的膜的梁 7，也能够得到相同的效果。另一方面，如图 8 所示，在隔膜的中心部设置硬的区域 15，通过改变该硬的区域 15 的大小，保持整体隔膜的大小，在该状态下也能够不同地设定各隔膜的共振频率。但是，可考虑隔膜的共振频率对由质量、构造和由材质确定的弹簧的影响进行分解，相对于弹簧的强度，在隔膜的厚度厚的情况下，控制对在隔膜的边缘部的材质、形状的影响，因此，在图 8 所示的形状方面，设定使每个隔膜的频率不同比较困难。因而，与如图 8 所示，在隔膜的中心

形成大小不同的硬的区域 15 的构造相比,优选在如图 5 及图 7 所示,形成为多边形的形状的隔膜的表面或里面形成连结隔膜的对置的顶点间的宽度不同的梁 7 的构造。

下面,对活用本发明的超声波探头的宽带域特性的方法进行说明。图 9 (a) 是说明使用比带宽 60%程度的以往的探头情况下的、每个观察部位的频率的选择方法的图。一般是频率高的一方波长短,因此空间分辨率提高。但是,伴随着超声波的传播的衰减,大致与频率成比例地增大,因此,在观察被检测体的深部的情况下,由于有衰减,故而大部分信号不能返回。这样,因衰减引起的信号对噪声比的恶化和空间分辨率处于交替换位(トレードオフ)的关系,因此,在满足所希望的信号对噪声比的范围内,选择尽可能高的频率。所以,根据察对象的深度,能够大致自动地确定最合适的频率,为了从体表观察约 15~20cm 深的地方(肝脏等),而选择 2MHz 程度的频率,为了从甲状腺等体表观察数英寸的部位,而选择 10MHz 程度的频率,在如血管内探头这样的情况,进一步选择频率。

以往,还没有覆盖这样的 2MHz~15MHz 程度的宽频率的超声波的探头,因此,将探头对每个对象部位最合适化,并使用设定了规定的中心频率的探头。因此,只要元件的宽度也一定即可,对从波长的一半到 75%程度这样的固定元件宽度的元件进行了阵列化。但是,根据本发明,如图 9 (b) 所示,可用一个探头大体上覆盖以人体作为对象时需要的频率域。图 9 (b) 的 f_1 、 f_2 、 f_3 为各模式下的驱动频率。

在此,为了利用一个探头根据距离对象部位的体表的深度切换驱动频率,使中心频率相差很多而工作,元件宽度必须可以切换。元件宽度的切换在如下情况,在选择对象部位时决定:在一个摄像面内一定的情况;对象部位比较大、在一个画面内也需要根据设定对象部位的场所的改变而进行切换的情况;对象部位从体表的附近向深的部分扩展,在接收超声波的同时随着焦点位置的移动元件宽度也需要切换的情况。例如,参照装置图,对在接收的同时切换元件宽度的情况进行说明。将发自图 1 的发送波束成型器 204 的宽带域的超声波脉冲通过开关 205 以及副元件聚束切换用的开关 17,施加给由副元件 16 构成的超声波探头,在此将超声波脉冲发送到未图示的被检测体。

发送波束成型器 204 中, 与缩小波束而提高空间分辨率相比, 重要的是发送宽的超声波脉冲, 提高信号对噪声比, 因此, 一个信道内的副元件数减少, 使全口径变窄。在被检测体内散射的超声波从浅的部位依次返回, 因此, 从在生物体内的传播距离短的超声波起, 依次返回。从该被检测体内返回来的超声波, 目前的技术是通过开关 205 由收波波束成型器 206 接收, 调整在各信道间的迟延时间、加权系数, 通过包络线检波、扫描记录装置, 而显示断层像。另一方面, 本发明中, 副元件 16 和开关 205 之间的副元件聚束的开关 17 中, 在接收来自较浅部分的超声波时, 以与发送来的带域的上端的带域对应的聚束数聚束, 在接收来自较深的部分的超声波时, 以与发送来的带域的下端的带域对应的聚束数聚束。从来自较浅部分的超声波的接收到来自深的部分的超声波的接收, 在时间上是连续的, 因此, 副元件数的切换在时间上也必须连续地进行。

图 5 的例子中, 纵横连接六边形的隔膜形成电的 1 个元件的超声波换能器, 但为了实现上述的模式, 如图 10 所示, 将多个超声波换能器只在短轴方向利用接线 13 在超声波换能器间进行接线, 将该电接线的超声波换能器作为副元件, 通过改变在长轴方向(阵列方向)聚束的副元件的数量, 由此, 能够根据模式而切换元件宽度。在此, 所谓模式, 是指根据对象部位的深度自动确定摄像条件。作为摄像条件, 是指驱动频率、所接收的频率过滤的隔断(cut off)值、发送正弦波的波数、时间轴加权函数、口径加权函数等。

当超声波换能器的操作者选择或输入对象部位时, 通常摄像的深度的范围被确定, 可推定介质衰减的程度, 因此能够确定最合适的频率等诸多条件。根据情况, 在观察肝脏及心脏等比较大的脏器官的情况等, 即使对象部位被确定, 对象部位也大多从附近扩大到远方, 因此, 即使一个对象部位也具有多个模式, 并根据反射回波的生成的深度, 也有时一边自动地切换模式一边使用。副元件, 通过用导体恒久地连接上部电极彼此的隔膜型的超声波换能器的集合体而构成。副元件, 还在构成用于波束成型的一个元件时, 成为通过可切换的开关而聚束的单位超声波换能器。图 10 中, 虚线 20 表示电接线的超声波换能器副元件间的边界线。图 10 表示在相对阵列化方向垂直的方向电连接的四个副元件 16a~16d。

例如, 构成一个隔膜型的超声波换能器的隔膜的直径为 $50\mu\text{m}$ 时, 不用

说，不能在比隔膜一个宽度还窄的范围内进行调整，但成为 2MHz 下的波长的 75% 的 0.55mm 的元件宽度可通过直径 50 μ m 的隔膜 11 列而实现，20MHz 下的波长的 75% 的 55 μ m 的元件宽度可通过直径 50 μ m 的隔膜 1 列而实现，因此，在 2MHz~20MHz 的范围内，能够实现对应于每个模式的最合适的元件间距。即，该情况下，以 2MHz 驱动超声波探头时，将邻接的副元件每十一个束扎的元件作为一个元件，同时进行驱动，由此能够实现元件宽度 0.55mm，以 20MHz 驱动超声波探头时，通过独立驱动各副元件而能够实现元件宽度 55 μ m。

图 11 是具体地说明将该副元件聚束的几种切换方法、以及由此带来的效果的图。图 11 (a) 表示在最近的距离 F_n 对准发送或接收的焦点的状态。此时，各元件将宽度 W_s 的一个副元件作为一个元件构成，因此，在信道数 N 的系统的情况下，全口径宽度 W_n 为 $W_n = W_s \times N$ 。另一方面，图 11 (b) 表示在更深的距离 F_f 对准了焦点的状态。此时，宽度 W_c 的元件通过将二个副元件束扎而构成，因此，全口径宽度 W_f 为 $W_f = W_c \times N = 2 \times W_s \times N$ 。而且，通过对于较深的焦点增加束扎副元件的数量，能够扩大全口径宽度。这样，即使改变超声波探头的焦点也能够将 F 值、即焦点距离/口径宽度大体保持一定，因此，与元件宽度以及信道数一定的情况相比，在附近能够抑制因 F 值过小而引起的光栅瓣（グレーティングローブ）（无用发射）的生成，在远方能够抑制因 F 值过大而引起的焦点的模糊。

该副元件的聚束开关也可以安装在超声波摄像装置内，但是如图 12 所示，通过将副元件的聚束开关 17，设置在比将与超声波摄像装置连接的端子 19 和超声波换能器连结的电缆 18 更靠副元件 16 侧，能够将电缆 18 的根数限制到需要的最小限。其结果是，能够大幅度降低操作者手持超声波换能器操作时的负担。

接着，对利用六边形以外的形状的隔膜的隔膜型换能器阵列的例子进行说明。使隔膜的间隙的面积最小，且在共振频率不同的隔膜内埋入超声波探头的发送接收波面，这也能够通过利用长方形的隔膜而实现。此时，当长方形的隔膜的长边和短边的比近似为 1:1 时，由于在与各自的边的长度对应的模式间进行耦合振动，故共振模式复杂，显然即使在宽带域，在用绝对值和相位这两方观察频率特性的情况下，相位也不是一定的，其结果是，有时每

个频率成分具有不同的延迟,造成时间轴上的脉冲特性的恶化。但是,如果加大长边和短边的长度差异(例如,1:8以上等),则长方形的隔膜以沿短边变形的桶型振动,大致由短边的长度决定共振频率。

图 13(a)是表示使用具有长方形的隔膜的隔膜型的超声波换能器的超声波探头的例子的平面示意图。另外,图 14 表示阵列化方向的剖面图。如图 14 所示,通过构成为使空洞部分的宽度不同,能够在电接线的一个元件中具备具有不同的共振频率的隔膜。该超声波探头分别配置成,使每个隔膜型的超声波换能器的构成要素的部位的多个隔膜的长边方向与电接线的一个元件 14 的长边的方向一致,即配置成与换能器阵列的阵列化方向垂直的方向。在各隔膜的下方设有与该隔膜大致相同形状的上部电极以及空隙,通过设于空隙下方的共通的下部电极和上部电极构成电容器。

另外,具备长方形的隔膜的各超声波换能器,具有由其隔膜的短边的长度确定的共振频率。通过对将电接线的一个元件 14 的短边分割为多数那样的隔膜的短边的长度的组合进行选择,能够得到无间隙地配置且电气上被同时驱动的中心频率不同的多个隔膜的一个超声波换能器。例如,如果设 W_0 为 $500\mu\text{m}$ 、由氮化硅构成的膜的厚度为 $3\mu\text{m}$,则 W_1 为 $60\mu\text{m}$ 时的中心频率为 7.8MHz , -6dB 比带宽为 120% (-6dB 比带域 $3\sim 12.5\text{MHz}$); W_2 为 $50\mu\text{m}$ 时的中心频率为 10MHz , -6dB 比带宽为 100% (-6dB 比带域为 $5\sim 15\text{MHz}$); W_3 为 $40\mu\text{m}$ 时的中心频率为 11.5MHz , -6dB 比带宽为 100% (-6dB 比带域为 $6\sim 17\text{MHz}$)。通过分别使具有短边的长度 W_1 、 W_2 、 W_3 的超声波换能器的数最合适(使 W_1 和 W_3 的数多于 W_2 的数的一方更能够得到平坦的频率),从而 -6dB 带域为 $1\sim 15\text{MHz}$,即 -6dB 比带宽为 140% 。以往公知的隔膜构造中, -6dB 比带宽为 $100\sim 120\%$ 程度,因此, -6dB 带宽提高 $40\sim 20$ 百分点。

图 13(b)是表示使用具有长方形的隔膜的隔膜型换能器阵列的超声波探头的其他例的平面示意图。该超声波探头分别配置成,使每个超声波换能器的构成要素的部位的多个隔膜的长边方向与一个电元件 14 的短边的朝向相同,即配置成与换能器阵列的阵列化方向相同的方向。在各隔膜的下方,设置与其隔膜大致相同形状的上部电极以及空隙,通过设于空隙下方的公共的下部电极和上部电极构成电容器。即使通过配置这样的隔膜,也能够用中

心频率不同的多个隔膜无间隙地充填超声波探头的表面。在这些排列不同的中心频率的隔膜时，尽可能不出现规律性地排列的一方，因不发生无用的光栅瓣，故优选之。另外，图 13 (b) 也与图 13 (a) 一样，由于针对 W_1 、 W_2 、 W_3 决定共振频率，所以选择的方法以及有关效果也与图 13 (a) 的情况相同。

本实施方式中，也如图 15 所示，设定成通过模式自由改变阵列的长轴方向的元件宽度，这从充分利用本发明的超声波摄像元件具有的宽带域特性的观点来看是有益的。另外，图 15 中，只在与阵列化方向垂直的方向将多个超声波换能器接线而构成多个副元件，通过变更副元件的聚束方法变更阵列的长轴方向的元件宽度，但是，也可以，如图 13 (a) 或 13 (b) 所示，将接线后的多个隔膜型的超声波换能器构成的元件 14 作为一个副元件，通过聚束开关变更副元件的聚束方法，按照模式变更阵列的长轴方向的元件宽度。

(第 2 实施方式)

图 16 是表示第二实施方式的超声波换能器的平面示意图。图 17 (a) 是其剖面示意图。如图 16、图 17 (a) 所示，通过在外侧隔膜层 5b 的表面设置宽度不同的多个梁 7a~7e，能够实现宽带域的超声波换能器 100q。本实施方式的超声波换能器 100q 通过一个隔膜构成由一个电信号驱动的元素，即一个电元件，在一个隔膜上排列多个中心频率不同的梁 7，并扩大作为隔膜整体的带域宽度。

图 16 的例中，在构成一个超声波换能器的长方形的外侧隔膜层 5b 上，形成有多个矩形的梁 7a~7e，使其横切隔膜的短边方向。梁 7a 的短边的宽度为 W_1 、梁 7b 的短边的宽度为 W_2 、梁 7c 的短边的宽度为 W_3 、梁 7d 的短边的宽度为 W_4 、梁 7e 的短边的宽度为 W_5 ，宽度 $W_1 \sim W_5$ 彼此不同。图 16 的隔膜和梁 7 的关系在对梁 7 的交叉点部影响不大的情况下，与图 5 中的 W_1 、 W_2 、 W_3 和共振频率的关系相同。另外，如图 17 (b) 所示，也可以将宽度不同的梁埋入外侧隔膜层 5b 的内部而设置。

图 16 所示的超声波换能器 100q 的情况，仍然如上所述，在每个具有各自的中心频率的梁 7 的排列方，尽可能地配置成没有周期性，且必须注意不要形成光栅瓣（无用发射）。

上述各实施方式中，对用于拍摄 2 维断层像的 1 维阵列的例子进行了说明，2 维阵列及 1.5 维阵列中，构成一个电元件的隔膜的数量虽然减少，但由

于由多个隔膜构成一个电元件的情况未改变，因此，能够实现如下换能器阵列：即配置有作为本发明的特征即将间隙抑制在最小限的、由中心频率不同的多个隔膜构成的电元件。另外，所谓 1.5 维阵列，是指通过在超声波波束位置或扫描方向的方向（长轴），即在与摄像面垂直的方向（短轴）也阵列化，从而具有短轴侧的焦点也可变的构成的阵列。

（第 3 实施方式）

接着，参照图 18～图 27 的各图，对本发明的第 3 实施方式进行说明。与第一实施方式及第二实施方式相同的构成用相同的符号表示，重复之处，其说明适当省略。

图 18 是表示第三实施方式的超声波换能器 100 的垂直剖面图，图 19 是表示该超声波换能器 100 的俯视图。

另外，与图 40 的情况一样，为了便于说明，设超声波换能器 100 接收超声波的方向，即图 18 的下方以及对于图 19 的纸面的垂直下方向为 z 方向。另外，设图 18 以及图 19 的右手方向为 x 方向，对于图 18 的纸面的垂直方向以及图 19 的上方向为 y 方向。

如图 18 以及图 19 所示，该超声波换能器 100 为静电型的隔膜型换能器，其具有：基板 1，其为平板状，由硅（Si）单结晶等的绝缘体或半导体构成；电极 2，其由铝（Al）等的导体形成、位于在基板 1 的上面薄膜状形成的基板 1 侧；隔膜 5，其在该电极 2 的上面薄板状形成；梁 7，其为一个或多个，形成于该隔膜 5 的上面。另外，为了便于说明，在该超声波换能器 100 中，将具备隔膜 5 的、发送接收超声波的面作为上面，将基板 1 侧的面作为下面。

隔膜 5，在内部具有空隙 4，覆盖该空隙 4 的上面的部分为用于通过振动产生超声波的振动部分 5c。隔膜 5，包含表示隔膜 5 的振动部分 5c 与基板 1 侧的电极 2 的间隔的空隙 4，并具备：内侧隔膜层 5a，其以即使该振动部分 5c 进行过量位移也不将基板 1 侧的电极 2 和隔膜 5 侧的电极 3（后述）导通的方式绝缘；外侧隔膜层 5b，其以覆盖该内侧隔膜层 5a 的上面的方式形成；电极 3，其由与电极 2 同样的材质形成、位于在内侧隔膜层 5a 和外侧隔膜层 5b 之间形成为薄膜状的隔膜 5 侧。

隔膜 5 以及梁 7 的材质例如为在美国特许第 6359367 号说明书中记载的材质。例如有，硅、蓝宝石、所有形式的玻璃材料、聚合物（聚酰亚胺等）、

多晶硅、氮化硅、氧氮化硅、金属薄膜（铝合金、铜合金、或钨等）、旋涂玻璃（SOG）、可埋入（implantable）掺杂剂或扩散涂料剂，乃至由氧化硅及氮化硅构成的成长薄膜等。

正常情况下，隔膜5的振动部分5c与基板1的间隔，即空隙4的厚度（z方向的尺寸），主要通过内侧隔膜层5a以及外侧隔膜层5b这两方或任一的上下方向（z方向）的刚性维持。而且，该刚性通过梁7在规定方向被强化。

即，本实施方式的超声波换能器100的最大的特征在于，在隔膜5上配设梁7，调整隔膜5的刚性。超声波换能器100通过适宜设定隔膜5的厚度（z方向的长度）和梁的厚度（z方向的长度）的组合，能够实现所希望的共振频率 f_b 和比带宽 f_h 的组合。

为了改变隔膜5以及梁7的平面形状（x方向以及y方向的尺寸），制造工序中需要不同的掩模（未图示），但为了改变这些的厚度（z方向的尺寸），只要调节为隔膜的材料物质堆积到所希望的厚度的时间等，简单地变更制造工艺的控制即可，从而其具有能够用同一制造设备进行制造的优点。

当将该超声波换能器100大概作为电元件概观时，夹持作为感应体发挥功能的空隙4，使其作为配置有成为各极板的基板1侧的电极2以及隔膜5侧的电极3的可变容量电容器动作。具体地说，由于当在隔膜5上作用力时发生位移，因此，电极2和电极3的间隔发生变化，该电容器的静电容量发生变化。另外，当在电极2和电极3上作用电位差时，有各自不同的电荷储存，其相互发生作用力，从而使隔膜5发生位移。即，该超声波换能器100是，具有将输入来的高频率电信号转换成超声波信号，向水及生物体等介质中放射，再将由介质输入来的超声波信号转换成高频率电信号输出的功能的电声转换元件。

图20是表示换能器阵列1000的立体图。

该换能器阵列1000为形成超声波探头（未图示）的超声波发送接收面的结构，在基板1上形成多个上述的超声波换能器100，对每规定个数通过接线13进行连接。超声波换能器100的个数不限于图示的，也可以根据半导体制造技术将更多个超声波换能器100集成在更大的基板1上。每个或每规定个数汇集的超声波换能器100，通过发送接收开关，与具有该超声波探头的超声波摄像装置的发送波束成型器以及接收波束成型器连接（均未图示），

作为相控阵列动作，用于发送接收超声波。另外，图示的超声波换能器 100 的排列为一例，除蜂窝（honeycomb）状外，也可以是网格（grid）状等其他的排列状态。另外，排列面可以是平面状或曲面状的任何一种，该面形状也可以做成圆形状或多边形状等。或者，也可以将超声波换能器 100 排列成直线状或曲线状。

该超声波探头，例如具有换能器阵列 1000，该换能器阵列 1000 通过短片状（册状）排列多个超声波换能器 100 的组而形成阵列型、或扇状排列多个超声波换能器 100 而形成凸面型。另外，该超声波探头中，在超声波换能器 100 的介质（被检测体）侧配置有声匹配层，该声匹配层对使超声波收束的声透镜、超声波换能器 100 和介质（被检测体）的声阻抗进行匹配。另外，在其背面侧（相对于介质侧的相反侧）设有吸收超声波的传播的衬垫（バックキング）材料。

图 21 是表示超声波换能器 100 的频率—灵敏度特性例的曲线图。

该曲线图中，横轴代表频率 f ，纵轴代表表示电・机械变换效率的灵敏度 G （增益；Gain）。将灵敏度 G 最高的频率 f 设为峰值频率 f_p ，并使得灵敏度 G 从最高值到 -3 [dB] 的范围的频率带宽 f_w 。将成为频率带宽 f_w 的中心频率设为中心频率 f_c ，用频率带宽 f_w 除以中心频率 f_c 后的值（即，以中心频率 f_c 对频率带宽 f_w 进行标准化后的值）作为比带宽 f_b （未图示）。

作为超声波换能器 100 的重要的基本特性之一，可以举出灵敏度 G 。灵敏度 G 的意思是使电能量与声波等的机械能量相互转换的效率。因此，从提高发送效率、还有检测微弱的声波信号的观点出发，理想的是，超声波换能器 100 的灵敏度 G 较高。

作为超声波换能器 100 另外一个重要的基本特性，可以举出比带宽 f_b 。其优点是，比带宽 f_b 越大，可使用的频率范围越宽，并可以共用一个超声波换能器 100 而实现各种目的。而且，还有以下优点，即，比带宽 f_b 越大，越能够形成脉冲宽度窄（即，占有频率带宽较宽）的超声波脉冲，超声波摄像等越能够得到高的距离分辨率。

但是，如从能量保存的法则导出那样，灵敏度 G 的高度和比带宽 f_b 的宽度存在相反关系。因此，在设计超声波换能器 100 时，重要的是，在该限界内选择所希望的中心频率 f_c 和共振频率 f_b 的组合。

由于超声波换能器 100 为隔膜型，所以中心频率 f_c 和共振频率 f_b 大致相等。就共振频率 f_b 而言，当设隔膜 5 的刚性为 D 、质量为 m 时，存在上述的式 (1) 的关系。比带宽 f_b 存在上述的式 (2) 的关系。

隔膜 5 的刚性 D 以及质量 m 在其材质已定时，由其平面形状以及厚度确定。因此，如果能够适宜设定隔膜 5 的平面形状以及厚度这两者，就能够得到所希望的频率特性（中心频率 f_c （ $\equiv$ 共振频率 f_b ）和比带宽 f_b 的组合）。

图 22 是表示梁 7 的弯曲状态的示意图。

该梁 7 在不作用力的状态下，是宽度为 W 、长度为 v 、厚度为 t 的长方体状。

该梁 7 的厚度方向（隔膜 5 的振动方向； z 方向）的刚性 D ，当设该梁 7 的质量为 m 、杨式模量为 E 时，存在下式 (6) 的关系。

[数 5]

$$D \propto Ew \left(\frac{t}{v} \right)^3 \quad \dots (6)$$

另一方面，梁 7 的质量 m ，当设其密度为 ρ 时，可由下式 (7) 求得。

[数 6]

$$m = \rho wvt \quad \dots (7)$$

该梁 7 的厚度 t 方向（ z 方向；隔膜 5 的振动方向）的共振频率 f_b 存在下式 (8) 的关系。

[数 7]

$$f_b^2 \propto D/m = Et^2 / (\rho v^4) \quad \dots (8)$$

因此，梁 7 的共振频率 f_b 与厚度 t 成比例。

另外，比带宽 f_b 与衰减常数 ζ 成比例，衰减常数 ζ 为下式 (9) 的关系。

[数 8]

$$\zeta \propto 1 / \sqrt{Dm} \quad \dots (9)$$

在此，当将式 (8) 代入式 (9) 时，得到下式 (10)。

[数 9]

$$\zeta \propto 1 / (f_b m) \quad \dots (10)$$

从该式(10)可知,衰减常数 ζ 在共振频率 f_b 一定时,与梁7的质量 m 成反比。即,假如梁7的宽度 w 以及长度 v 既定,则可知比带宽 f_h 与厚度 t 成反比。

长方体状的梁7在其平面形状(宽度 w 以及长度 v)已定时,为了实现所希望的共振频率 f_b ,其厚度 t 确定为一个值。另外,当梁7的材质和各尺寸确定时,质量 m 也确定,因此,比带宽 f_h 也被一意地确定。另外,例如隔膜5的振动部分5c(除去梁7后的平板状的部分)等视为均质的长方体,可以说与该梁7一样。

图23是示意性表示本发明的振动体6a和比较例的振动体6b的立体图。

如图23(a)所示,本发明的振动体6a是模仿第三实施方式的隔膜5的振动部分5c的结构,其具有平板状的基体20a、配设于该基体20a上的一根梁7d。基体20a的厚度为 t_1 ,梁7d的厚度为 t_2 。另外,如图23(b)所示,比较例的振动体6b,为具有从上述的振动体6a取下梁7d的形状的部分,由平板状的基体20b构成。基体20b的厚度为 t_0 。

振动体6a的基体20a及梁7d、以及振动体6b的基体20b的长度(y方向的尺寸)均为 v 。另外,基体20a以及基体20b的宽度(x方向的尺寸)均为 w_1 ,梁7d的宽度(x方向的尺寸)为 w_2 。而且,基体20a、基体20b、以及梁7d均为相同的材质。

图24表示设本发明的振动体6a的梁7d的宽度 w_2 为基体20a的宽度 w_1 的20%时的共振频率 f_b 以及比带宽 f_h 的计算结果的曲线图。

横轴方向,表示梁的比厚度 t_2/t_0 ,即将振动体6a的梁7d的厚度 t_2 通过振动体6b的基体20b的厚度 t_0 标准化后的值的大小。纵轴方向,表示将梁的比厚度 t_1/t_0 ,即将振动体6a的基体20a的厚度 t_1 同样以振动体6b的基体20b厚度 t_0 标准化后的值的大小。

该曲线图的实线表示将本发明的振动体6a的共振频率 f_b 通过比较例的振动体6b的共振频率 f_b 标准化后的值。该曲线图中,附在各实线上的数字表示使该共振频率 f_b 标准化后的值,在同一实线上的任意位置,表示使该共振频率 f_b 标准化后的值为相同的值。

另外,该曲线图中的虚线,同样表示将本发明的振动体6a的比带宽 f_h 通过比较例的振动体6b的比带宽 f_h 标准化后的值。该曲线中,附在各虚线

上的数字，表示使该比带宽 f_h 标准化后的值，在同一虚线上的任意位置，表示使该比带宽 f_h 标准化后的值为相同的值。

例如，在本发明的振动体 6a 上不具备梁 7d 的情况下（也可以设梁 7d 的厚度 t_2 为 0），该振动体 6a 与厚度 t_0 的比较例的基体 20b 等价。即，设该振动体 6a 的基体 20a 的比厚度 t_1/t_0 的值为 1.0，设该梁 7d 的比厚度 t_2/t_0 的值为 0.0。此时，使共振频率 f_b 一定，为了改变比带宽 f_h ，只要选择比厚度 t_1/t_0 和比厚度 t_2/t_0 的组合，求出基体 20a 的厚度 t_1 以及梁 7d 的厚度 t_2 ，以使共振频率 f_b 标准化后的值成为 1.0（在曲线图中写有“1”的实线）即可。

另外，例如，设本发明的振动体 6a 的共振频率 f_b 为比较例的振动体 6b 的二倍，为了得到所希望的比带宽 f_h ，只要选择能够得到所希望的比带宽 f_h 的标准化值的比厚度 t_1/t_0 和比厚度 t_2/t_0 的组合（在曲线图中，寻找上述的实线和具有所希望的比带宽 f_h 的标准化值的虚线的交点），以使共振频率 f_b 标准化后的值为 2.0（在曲线图中，沿写有“2.0”的实线上），求出基体 20a 的厚度 t_1 以及梁 7d 的厚度 t_2 即可。

这样，振动体 6a 由于具有在基体 20a 上配设梁 7d 的构造，因此，即使不改变各元件（基体 20a 以及梁 7d）的平面形状，也能够适宜设定这些各元件的厚度（z 方向的尺寸），从而能够实现所希望的频率特性（共振频率 f_b 和比带宽 f_h 的组合）。

图 25 表示将基于本发明的振动体 6a 的梁 7d 的宽度 w_2 设为基体 20a 的宽度 w_1 的 80% 时的共振频率 f_b 以及比带宽 f_h 的计算结果的曲线图。

将图 24 与图 25 进行比较，在振动体 6a 的梁 7d 的宽度 w_2 的、相对于基体 20a 的宽度 w_1 的比率不同的情况下，使梁 7d 的厚度 t_2 为以及基体 20a 的厚度 t_1 同样地进行变化时，可知频率特性的改变不同。

即，在设基体 20a 的宽度 w_1 为一定，且加大梁 7d 的宽度 w_2 的情况下，使梁 7d 的平面形状与基体 20a 的平面形状近似。因此，在使共振频率 f_b 一定时，通过选择基体 20a 的厚度 t_1 和梁 7d 的厚度 t_2 的组合，能够调节比带宽 f_h 的范围变窄。

因此，通过改变梁 7d 的厚度 t_2 ，为了有效改变频率特性，而在制造技术上允许的范围内，只要使梁 7d 的宽度 w_2 ，相对于基体 20a 的宽度 w_1 尽可能地小即可。另外，说明了基体 20a 以及梁 7d 相同材质的情况，但使用不同的

材质也能够得到同样的结果。

图 26 是示意性表示变形例的梁 7b 的立体图。

该梁 7b 具有如下构成：使具有宽度 w_2 的梁部件 7ba 和具有与其不同的宽度 w_{22} 的梁部件 7bb 在长轴方向一致，并在厚度方向（z 方向）接合。该梁 7b 能够独立地选择梁部件 7ba 的厚度 t_{21} 和梁部件 7bb 的厚度 t_{22} 。因此，不改变梁部件 7ba 以及梁部件 7bb 的平面形状，就能够得到无数个使梁 7b 整体的厚度方向的刚性 D 和质量 m 的比一定的梁部件 7ba 的厚度 t_{21} 和梁部件 7bb 的厚度 t_{22} 的组合。即，如果利用该梁 7b，则在使共振频率 f_b 一定的同时，则能够改变梁部件 7ba 的厚度 t_{21} 和梁部件 7bb 的厚度 t_{22} 组合，从而能够连续地改变比带宽 f_b 。

图 27 是表示另外变形例的梁 7c1、7c2、7c3 的形状的立体图。

例如，也可以，如图 27（a）所示使用具有三角形状的剖面形状的梁 7c1。另外，也可以，如图 27（b）所示使用具有梯形（台形）状的剖面形状的梁 7c2。而且，也可以，如图 27（c）所示使用宽度沿长轴方向改变的梁 7c3。

这样，梁除为长方体形状、即短轴方向以及长轴方向的截面形状为矩形外，在制造工序中，如果能够控制厚度（隔膜 5 的振动方向；z 方向的尺寸）的形状，也可以使用其他形状的梁。例如，梁也可以是具有梯形等其他四角形及三角形等的多边形形状，或者，圆形或椭圆形状等的截面形状的梁，也可以是具有沿规定方向改变截面形状的梁。

接着，参照图 28～图 39 的各图，说明本发明的其他的实施方式。这些各实施方式的构成以及动作，除下面进行说明外，原则上也可以与第 3 实施方式相同。从后述的第 4 实施方式到第 14 实施方式的超声波换能器 100b～100l 也同样能够用于上述的超声波探头。

（第 4 实施方式）

图 28 是表示第四实施方式的超声波换能器 100b 的垂直剖面图。

该超声波换能器 100b 具有在隔膜 5（内侧隔膜层 5a）内的空隙 4 内具有梁 7 的构成。即，本实施方式中，梁 7 配设在隔膜 5 表面的电极 3 附近、且与基板 1 侧的电极 2 相面对的一侧。

根据该超声波换能器 100b，能够得到与第三实施方式同样的效果，另外，可将隔膜 5 的表面做平坦。

（第5实施方式）

图29是表示第五实施方式的超声波换能器100c的垂直剖面图。

该超声波换能器100c，具有在隔膜5（更具体地说，外侧隔膜层5b）的基材内部埋设梁7的构成。该梁7由刚性（杨氏模量）比隔膜5高的材质、或刚性比隔膜5低的材质形成。或者，也可以通过空洞构成梁7，将空洞内抽成真空或充填空气或其他气体。

根据该超声波换能器100c，不改变隔膜5的外形及厚度，就能够将使其刚性发生变化的方向以及大小调节到所希望的。另外，能够使电极2和电极3的间隔变窄而提高电声转换效率。

另外，梁7既可以在内侧隔膜层5a或外侧隔膜层5b内部直接形成，也可以在内侧隔膜层5a或外侧隔膜层5b的表面设置槽、使内侧隔膜层5a和外侧隔膜层5b接合而封止该槽形成。

（第6实施方式）

图30是表示第六实施方式的超声波换能器100d的垂直剖面图。

该超声波换能器100d具有代替上述的隔膜侧的电极3以及梁7而具备梁7z的构成。该梁7z例如由与上述的隔膜5侧的电极相同的材质或其他导电性的材质形成，其具有与上述的隔膜5侧的电极3相同形状的电极层部7zb和在图的y方向具有细长形状且增加了隔膜5的y方向的刚性的梁部7za。或者，梁部7za不限于一个方向配设，例如，也可以格子状配设。

根据该超声波换能器100d，由于能够将梁部7za以及电极层部7zb一体地形成，所以可以实现制造工序的简化，并能够实现构造的坚固化。

另外，该超声波换能器100d也可以为通过兼作电极的梁7z和内侧隔膜层5a或外侧隔膜层5b的任一个来承担隔膜5的刚性的大部分构造。由此，内侧隔膜层5a或外侧隔膜层5b的任一个不需要承担刚性，从而能够实现薄型化或简化。如果梁7z承担大部分的刚性，则原理上不需要内侧隔膜层5a。由此，能够缩小电极2和电极3的距离，从而实现电声转换效率的提高。

或者，从保护梁7z不受外部的物体（未图示）影响、或绝缘的观点来看，外侧隔膜层5b只要对保护或绝缘具有充分的厚度即可。通过使外侧隔膜层5b薄型化，能够实现制造工序的简化，另外，由于缩短了由梁7z和基板1侧的电极2构成的电声转换部与被测定介质（未图示）的距离，所以能够实

现灵敏度的提高。

（第7实施方式）

图31是表示第七实施方式的超声波换能器100e的垂直剖面图。

该超声波换能器100e，具有如下构造：代替第3实施方式的梁7，在隔膜5将自身保持于基板1侧的电极2上的部位（截面呈现柱状的部位）附近，设有由刚性比隔膜5的材质低的材质或空洞形成的梁7n。换言之，该部位为位于空隙4的周缘部的上方的、隔膜5内部的环状部分，即包围隔膜5的振动部分5c的部分。

根据该超声波换能器100e，通过梁7n降低隔膜5的振动部分5c的周缘部的刚性，相对提高振动部分5c整体的刚性。

图32是示意性表示第七实施方式的超声波换能器100e的动作的垂直剖面图。

该超声波换能器100e，可解释为在基板1表面的电极2上由支柱5d保持着隔膜5n（实线表示）的构造。另外，为了进行比较，图示在没有设置梁7n的情况下的隔膜5m（点线表示）。

该超声波换能器100e中，在隔膜5随着超声波的发送接收而振动时，梁7n附近较大地发生变形，但隔膜5（作为隔膜5m表示）的振动部分整体保持良好的平面性而均匀地进行位移。因此，即使不改变隔膜5的最大位移量，也能够加大平均位移量，另外，能够减小空隙4的厚度（z方向的长度），缩短电极2和电极3的距离。由此，能够实现电声转换效率的提高，可以实现高灵敏度化以及高输出化。

将设有该梁7n的隔膜5n与不设梁7n的隔膜5m进行比较可知，弯曲减小，其中央部不易与基板1表面的电极2接触。

（第8实施方式）

图33是表示第八实施方式的外侧隔膜层5p的俯视图。

第八实施方式的超声波换能器100f（未图示）为代替上述的外侧隔膜层5b而具有外侧隔膜层5p的构成。

该外侧隔膜层5p具有在平面形的周缘部设有多个多孔（或孔洞）状的梁7p的构成。该多个梁7p与上述的梁7n一样，使外侧隔膜层5p的周缘部的刚性下降，包围其的平板状部分的刚性相对上升。

因此，根据该第八实施方式的超声波换能器 100f，能够得到与上述第七实施方式的超声波换能器 100e 同样的效果。

（第 9 实施方式）

图 34 是表示第九实施方式的超声波换能器 100g 的俯视图。

该超声波换能器 100g，含有圆形状的隔膜 5g、配设在该隔膜 5g 的上表面的放射状的梁 7gr、同样配设的环状的梁 7gc。另外，隔膜 5g 也可以为椭圆形状。

（第 10 实施方式）

图 35 是表示第十实施方式超声波换能器 100h 的俯视图。

该超声波换能器 100h，含有六边形状的隔膜 5h、配设在该隔膜 5h 的上表面的放射状的梁 7hr、同样沿隔膜 5h 的内缘配设的环状的梁 7hc。六边形状为一例，隔膜 5h 也可以是三角形状、五边形状、七边形状等其他的多边形状。

上述的第九实施方式的放射状的梁 7gr，配设四根（从中心起始的八个方向），该第十实施方式的放射状的梁 7hr 例示地图示了配设有三根（从中心起始的六个方向）的情况，但也可以根据隔膜 5g、5h 的形状及所希望的频率特性等配设合适的根数。另外，第九实施方式的环状的梁 7gc 以及第十实施方式的元件形状的梁 7hr 分别例示性地图示配设有一个的情况，但也可以根据隔膜 5g、5h 的形状及所希望的频率特性等，例如同心状配设合适的根数。

（第 11 实施方式）

图 36 是表示第十一实施方式的超声波换能器 100i 的俯视图。

该超声波换能器 100i 具有将在 y 方向为细长的多个梁 7 以不均等的间隔配设的构成。

根据第十一实施方式的超声波换能器 100i，通过适宜设定配设这些多个梁 7 的间隔，可局部调整隔膜 5 的振动部分 5c 的刚性的分布，并能够抑制或激励起所希望的振动模式。

（第 12 实施方式）

图 37 是表示以梁 7 彼此之间的长轴方向不同方式配设的第十二实施方式的超声波换能器 100j 的俯视图。

该超声波换能器 100j 具有如下构成，即在外侧隔膜层 5b 配设有：x 方向细长且长轴方向比隔膜 5 的振动部分 5c 的 x 方向短的梁 7x； y 方向细长

且长轴方向比隔膜 5 的振动部分 5c 的 y 方向短的梁 7y。

这样，也可以将长轴方向不同的梁 7x 以及 7y 混合配设在同一隔膜 5 上的不同的部位。另外，梁 7x 以及 7y 也可以根据目的不具有跨振动部分 5c 的平面方向的尺寸的长度。另外，梁 7x 以及 7y 的尺寸也可以分别不同。

根据第十二实施方式的该超声波换能器 100j，通过适宜地设定梁 7x 以及 7y 的配设位置、配设间隔、以及配设根数，振动部分 5c 的每部分均能够抑制或激励起所希望的振动模式。

（第 13 实施方式）

图 38 是表示第十三实施方式超声波换能器 100k 的垂直剖面图。

该超声波换能器 100k，具有将 y 方向细长、横切长轴的剖面形状各不相同的梁 7i、7j、7k 混合配置在隔膜 5 上的构成。

该例中，在隔膜 5 上，截面形状最大的梁 7i 配设在中央附近，截面形状比该梁 7i 小的梁 7j 配设在其外侧，截面形状比该梁 7j 小的梁 7k 配设在其更外侧。因此，隔膜 5 的中央附近的刚性被大大强化，朝向隔膜 5 的周缘部，其刚性得到小的强化。此配设方法为一例，也可以改变梁 7i、7j、7k 的配设顺序。

根据第 13 实施方式超声波换能器 100k，由于能够调节隔膜 5 的刚性的分布，故能够得到所希望的振动模式和每个振动模式的共振频率 f_b 。

（第 14 实施方式）

图 39 是表示以梁 7 的长轴方向相互交叉方式配设的第十四实施方式的超声波换能器 1001 的俯视图。

该超声波换能器 1001，具有如下构成：在外侧隔膜层 5b 的上表面具备在 x 方向（图的横方向）细长的梁 7q、在 y 方向（图的纵方向）细长的梁 7r。

该超声波换能器 1001 中，可通过横长的梁 7q 改变隔膜 5 的 x 方向（图的横方向）的刚性，另外，可通过纵长的梁 7r 改变隔膜 5 的 y 方向（图的纵方向）的刚性。因此，即使隔膜 5 的振动部分 5c 的平面形状及大小已经确定，也能够独立地、任意地设定 x 方向的振动模式的共振频率 f_{bx} 、和 y 方向的振动模式的共振频率 f_{by} 。

该超声波换能器 1001 中，隔膜 5 的振动部分 5c 的平面形状大致为正方形形状。但是，该振动部分 5c 通过 x 方向细长的一根梁 7q 以及 y 方向细长的

三根梁 7r, 使刚性得到强化。在此, 当梁 7q 以及梁 7r 的刚性分别相等时, 隔膜 5 的振动部分 5c 虽然大致为正形状, 但是 x 方向的刚性小, y 方向的刚性大。

这样, 通过改变梁 7q 以及梁 7r 的刚性(短轴方向的截面积及材质)、配设方向、配设根数等, 能够设定所希望的振动模式、和对每个振动模式设定所希望的共振频率 f_b 。另外, 梁 7q 和梁 7r 既可以结合, 也可以在 z 方向(与图的纸面垂直的方向)构成层而交叉。

根据各实施方式的超声波换能器 100、100b~100i, 例如得到下面的效果。

(1) 由于在隔膜(5 等)上配设了梁(7 等), 所以能够独立地改变隔膜(5 等)的厚度和梁(7 等)的厚度, 自由设定振动部分 5c 的刚性和质量的平衡, 能够在实现所希望的中心频率 f_c 的同时, 控制灵敏度 G 和比带宽 f_h 。

(2) 通过调节隔膜(5 等)以及梁(7 等)的厚度, 不改变隔膜(5 等)以及梁(7 等)的平面形状(纵横的尺寸), 而能够变更隔膜(5 等)的频率特性(共振频率 f_b 以及比带宽 f_h)。

(3) 因为不改变隔膜(5 等)以及梁(7 等)的平面形状(x 方向以及 y 方向的尺寸), 就能够变更频率特性, 因此, 如果变更制造工序的控制, 则能够使用同一模具(未图示)、利用同一制造设备进行制造, 因此能够减少时间以及费用。

(比较例)

下面, 参照图 40 以及图 41, 对比较例进行说明。

图 40 是表示比较例的超声波换能器 100p 的垂直剖面图。

该超声波换能器 100p 除没有梁 7 以外, 与第三实施方式的超声波换能器 100(参照图 18)的构成相同。

图 41 是具有纵横比为 1:2 的矩形的平面形状的隔膜 5 的频率—灵敏度特性的曲线图。

该曲线图中, 在 0.8MHz 附近出现缺口(灵敏度 G 急剧降低的地方)。因此, 问题在于隔膜 5 的频率—灵敏度特性不能成为平坦的值。该缺口由于纵的振动模式和横的振动模式的结合而产生。所以可知, 如果改变纵横的刚性, 则能够压制一方的振动模式并抑制缺口。

例如，假设不设纵横比为 1:2，而使纵横比极端大或极端小（即，假如将隔膜 5 的平面形状做成极端细长），实质地排除纵横任一方的振动模式的影响，抑制缺口，理应得到跨度宽带域且平坦的频率特性。但是，将纵横比极端增大或减小到可抑制缺口的程度的隔膜 5 制造起来非常困难，另外，还存在缺乏实用性的问题。

实施例

如后述，制成本发明第三实施方式的超声波换能器 100（参照图 18）以及比较例的超声波换能器 100p 的设计例。而且，将详细的设计值输入计算机，对在水中的特性，进行高精度的数据模拟，与上述的计算结果（参照图 24）进行比较。

这些超声波换能器 100 以及 100p 中，基板 1 的材质均为硅（Si），隔膜 5 的材质均为氮化硅，电极 2 以及电极 3 的材质均为铝。另外，隔膜 5 的纵方向（图 19 的上下方向；y 方向）的尺寸设为 $40\mu\text{m}$ ，在同一板面上，与此成直角的方向（图 19 的左右方向；x 方向）的长度设为 $400\mu\text{m}$ 程度。这是因为担心将纵/横比做得十分小，会励起不需要的振动模式。另外，由于基板 1 侧的电极 2 和基板 1 合在一起的厚度很大，实质上不能忽视位移。还有，超声波换能器 100 的梁 7 的材质与隔膜 5 相同。

第三实施方式的超声波换能器 100 中，将梁 7 的宽度 w 做成梁 7 彼此的配设间隔（间距）的 20%。设隔膜 5 的共振频率 f_b 与比较例的隔膜 5 的共振频率 f_b 相同，设比带宽 f_b 为 1.5 倍，因此，根据计算结果（参照图 23），将超声波换能器 100 的隔膜 5 的厚度做成比较例的超声波换能器 100p 的隔膜 5 的厚度的 0.54 倍，将梁 7 的厚度做成该隔膜 5 的 0.66 倍。另外，电极 2、空隙 4 以及电极 3 的厚度做成与比较例的超声波换能器 100p 的相同。

比较例的超声波换能器 100p 中，在基板 1 侧的电极 2 上使空隙 4 的厚度为 300nm，并且以 200nm 的厚度形成隔膜层 5a。而且，以 400nm 厚度形成隔膜 5 侧的电极 3，而且，以 2000nm 的厚度做成隔膜层 5b。

图 42 是表示第三实施方式的超声波换能器 100 以及比较例的超声波换能器 100p 在水中的频率特性的曲线图。

横轴方向表示频率 f 的高度，纵轴方向以对数刻度表示灵敏度（增益）的高度。该曲线图中，曲线 31 表示第三实施方式的超声波换能器 100 的测定

值，曲线 30 表示比较例的超声波换能器 100p 的测定值。

第三实施方式的超声波换能器 100 中，中心频率 f_c 为 15.4MHz，比带宽 f_h 为 157%。

另外，比较例的超声波换能器 100p 中，中心频率 f_c 为 14.8MHz，比带宽 f_h 为 120%。

因此，第三实施方式的超声波换能器 100 与比较例的超声波换能器 100p 进行比较可知，中心频率 f_c 保持大致相等的值，比带宽 f_h 显示更大的值。其结果与上述的计算结果的倾向保持一致。

但是，根据计算结果（参照图 24），基于本发明的超声波换能器 100 的比带宽 f_h 应该正好是比较例的超声波换能器 100p 的比带宽 f_h 的 1.5 倍程度，但根据数值模拟结果（参照图 42）为 1.3 倍程度。这是因为如下缘故：即该计算结果（参照图 24）是以各要素均质为前提的，与之相对，该数值模拟（参照图 42）更忠实地模仿实际的元件构造，在隔膜 5 中含有电极 3，且不均质。

这样若干的差异，在实际使用时大体上没有问题。但是，为了进一步求得正确的计算结果，只要加进电极 3 等其他要素的影响且进行高精度的计算，或进行试作并定量地掌握试制品的实测值和计算值的不同，修正计算值即可。

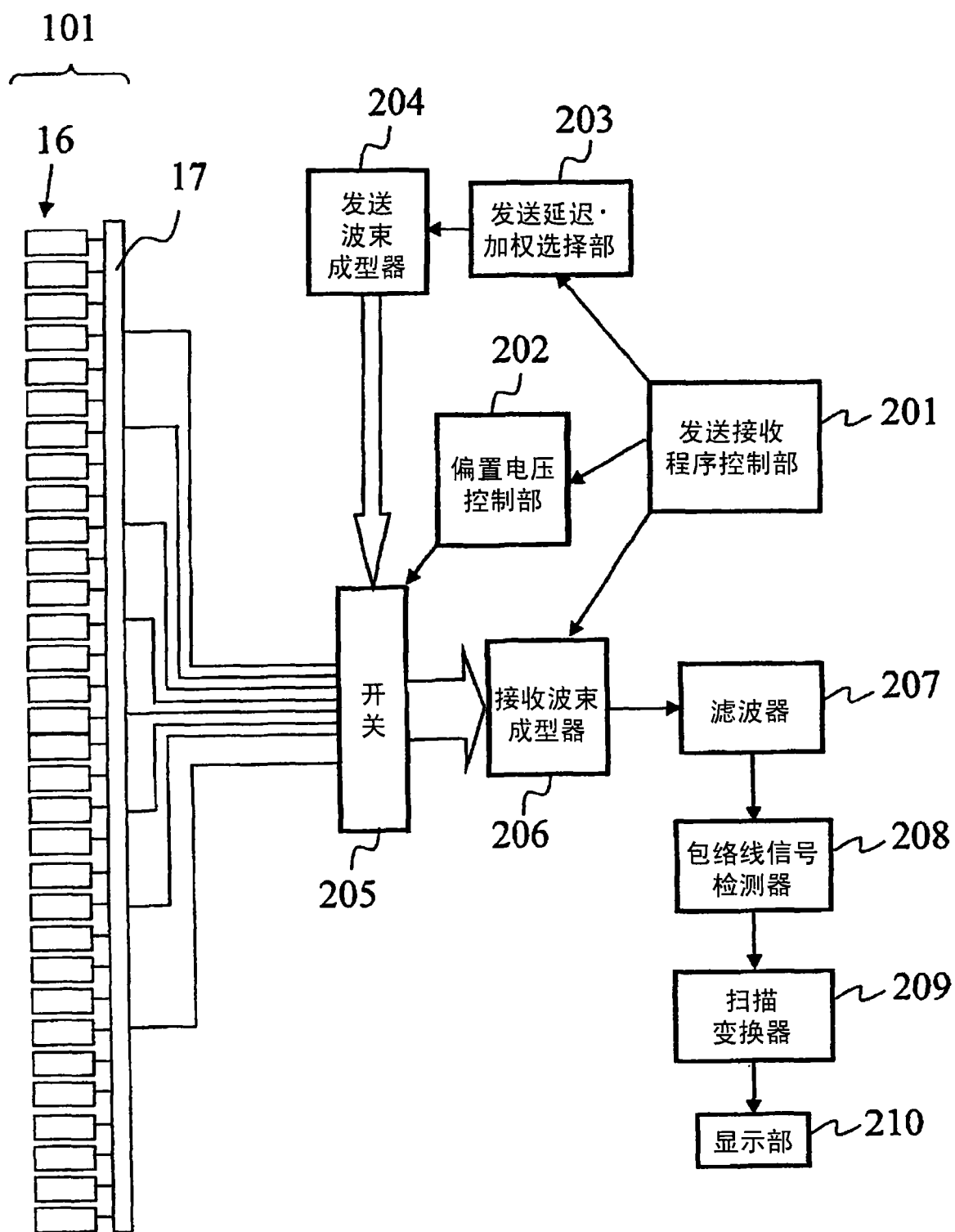


图 1

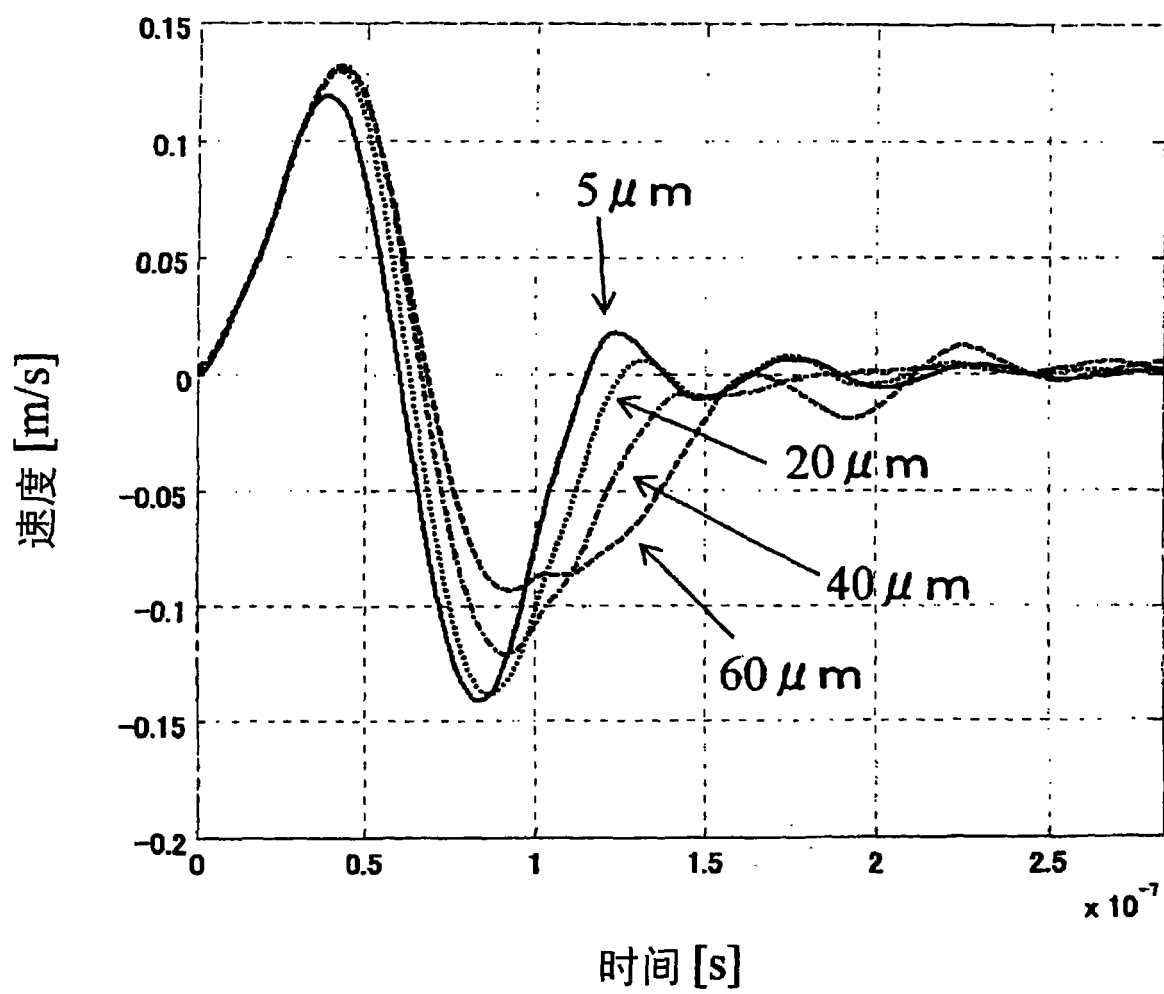


图 2

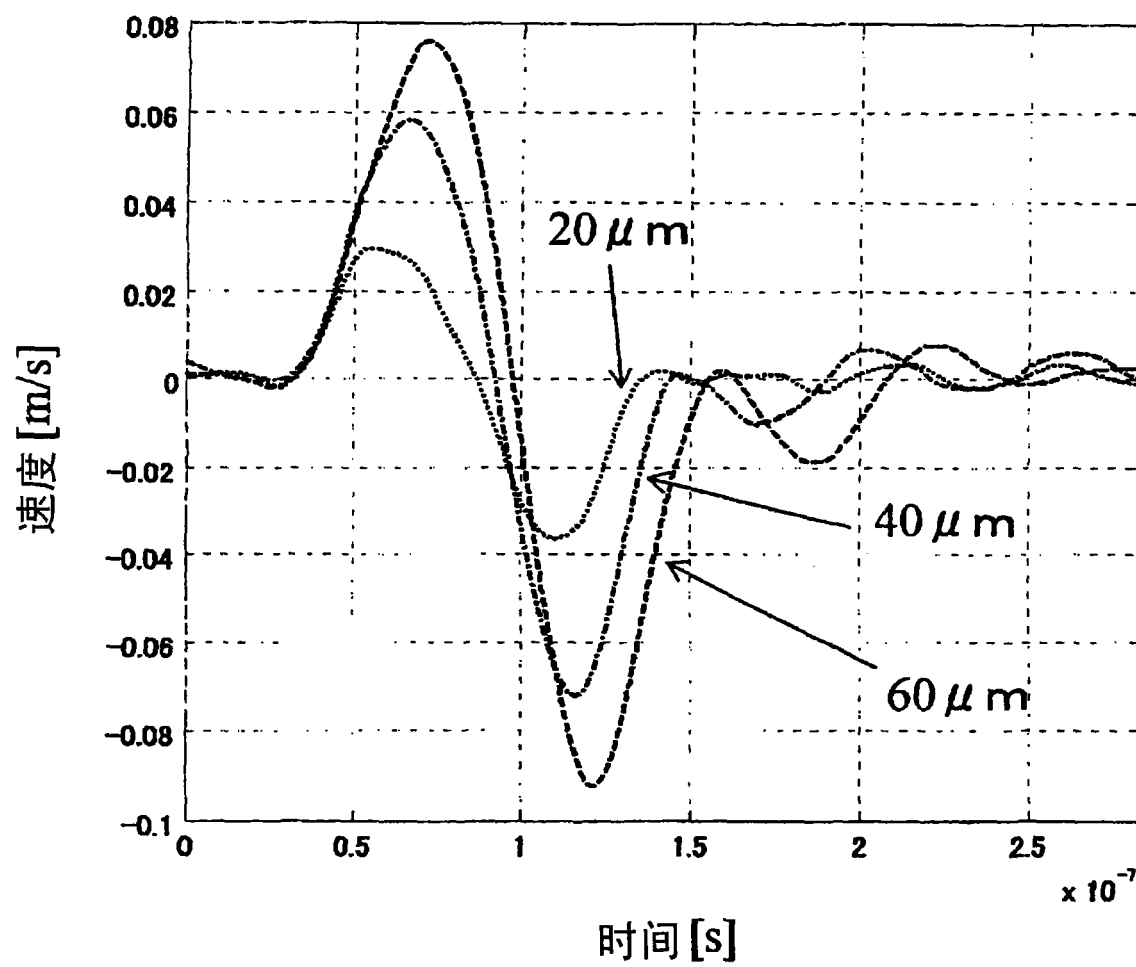


图 3

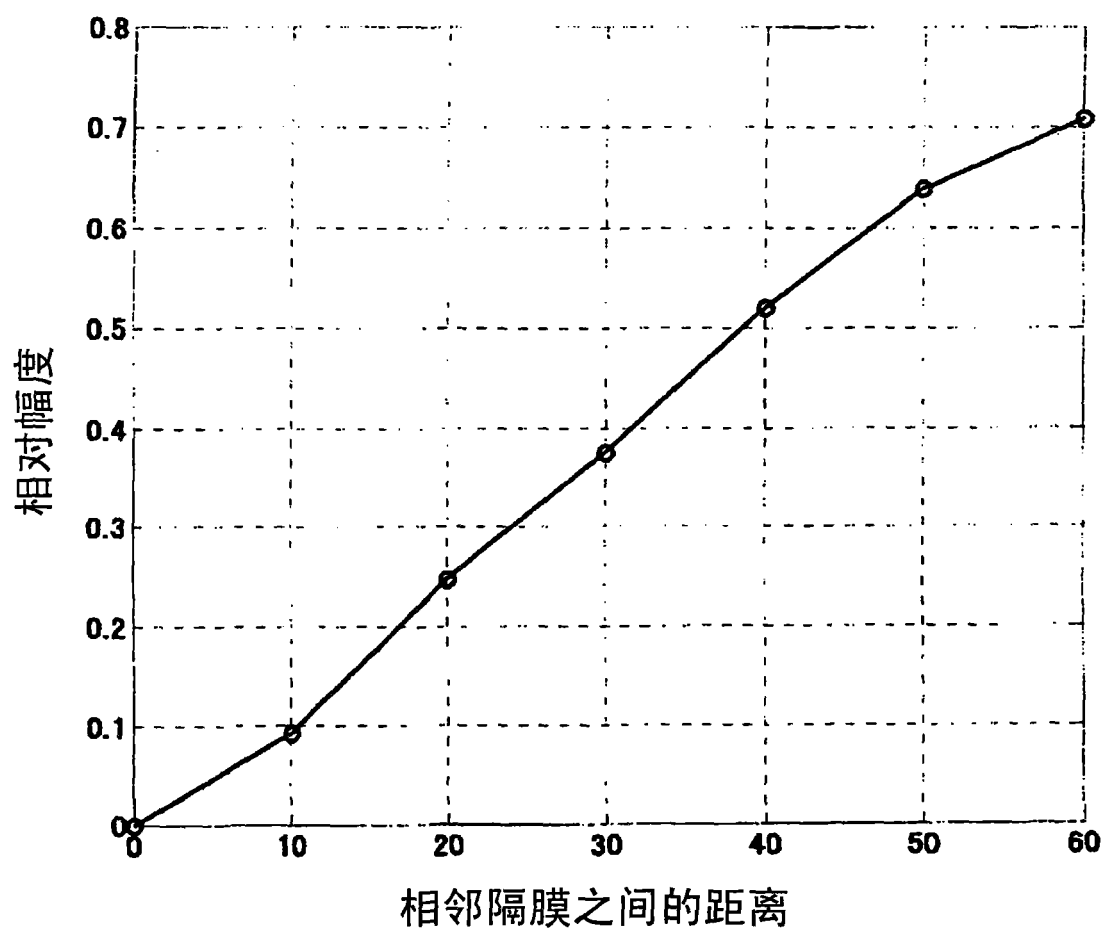


图 4

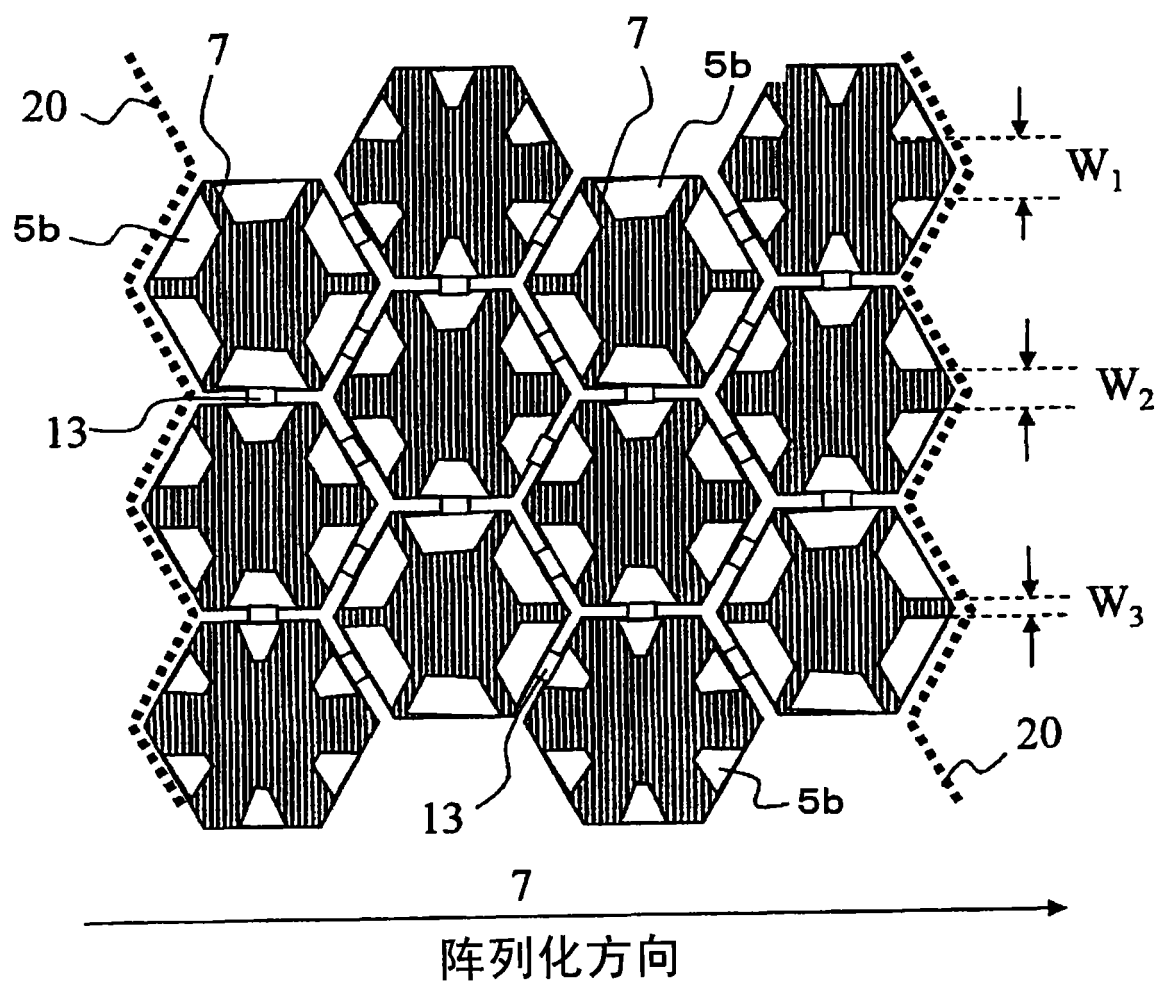


图 5

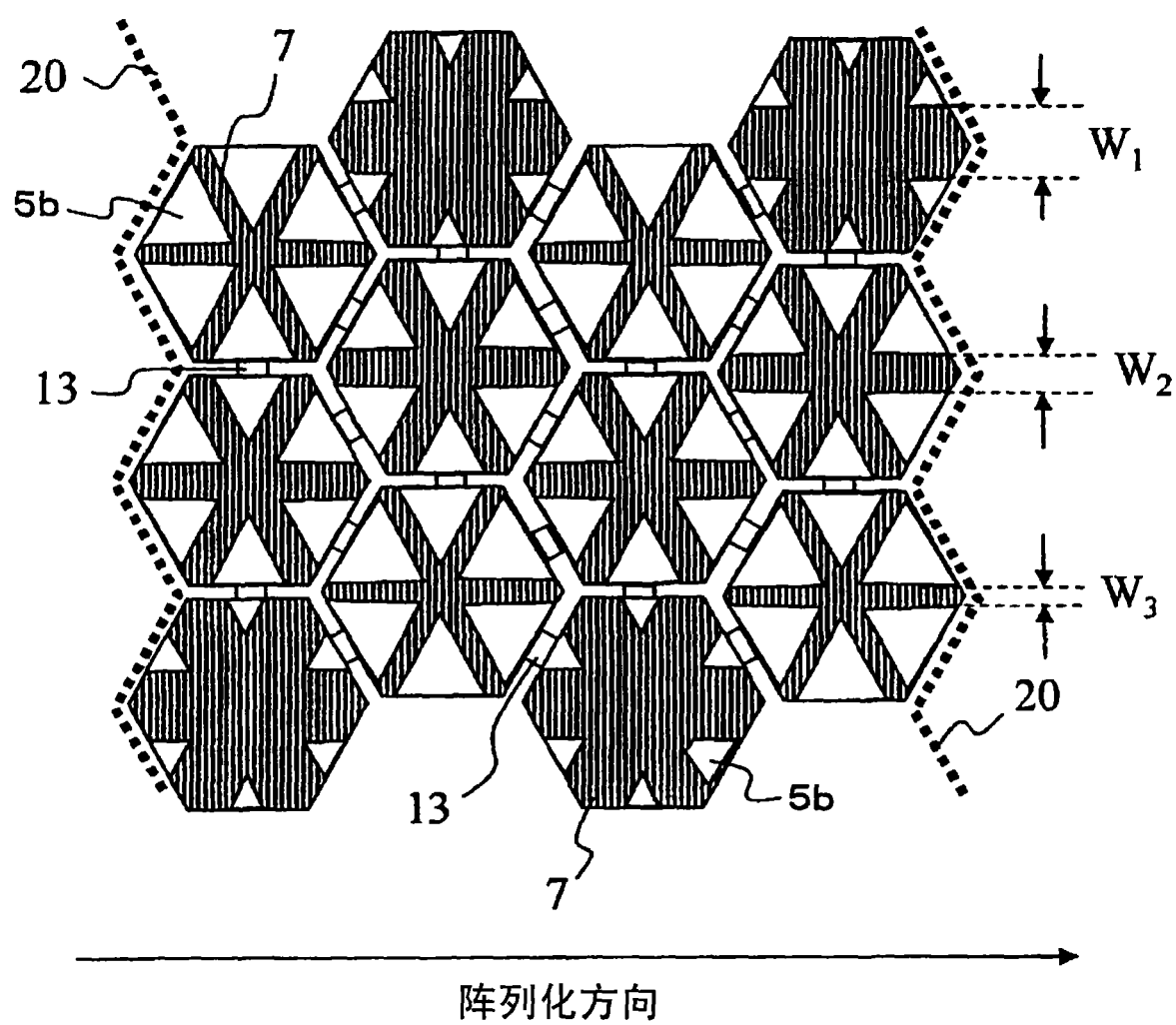


图 7

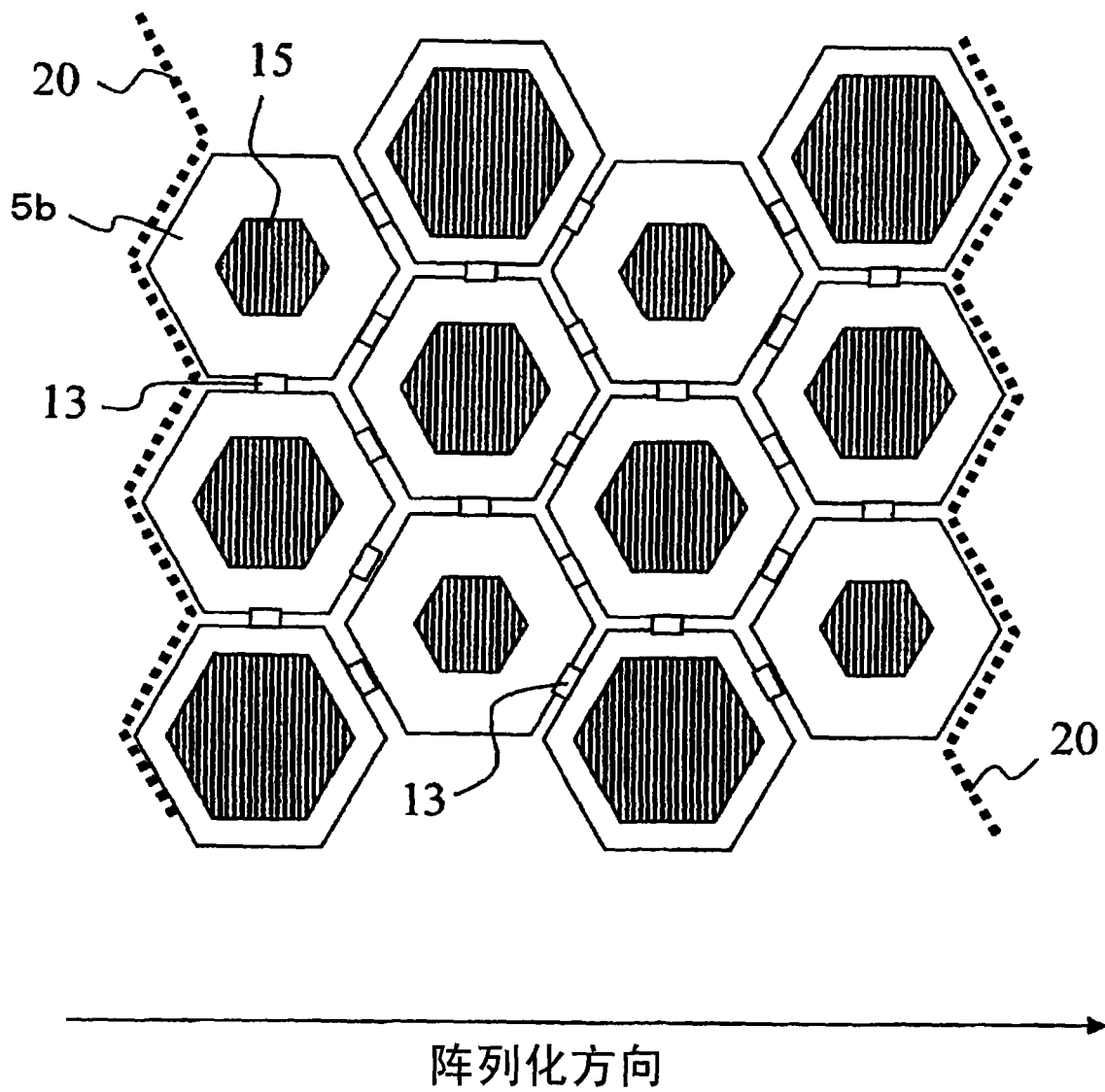


图 8

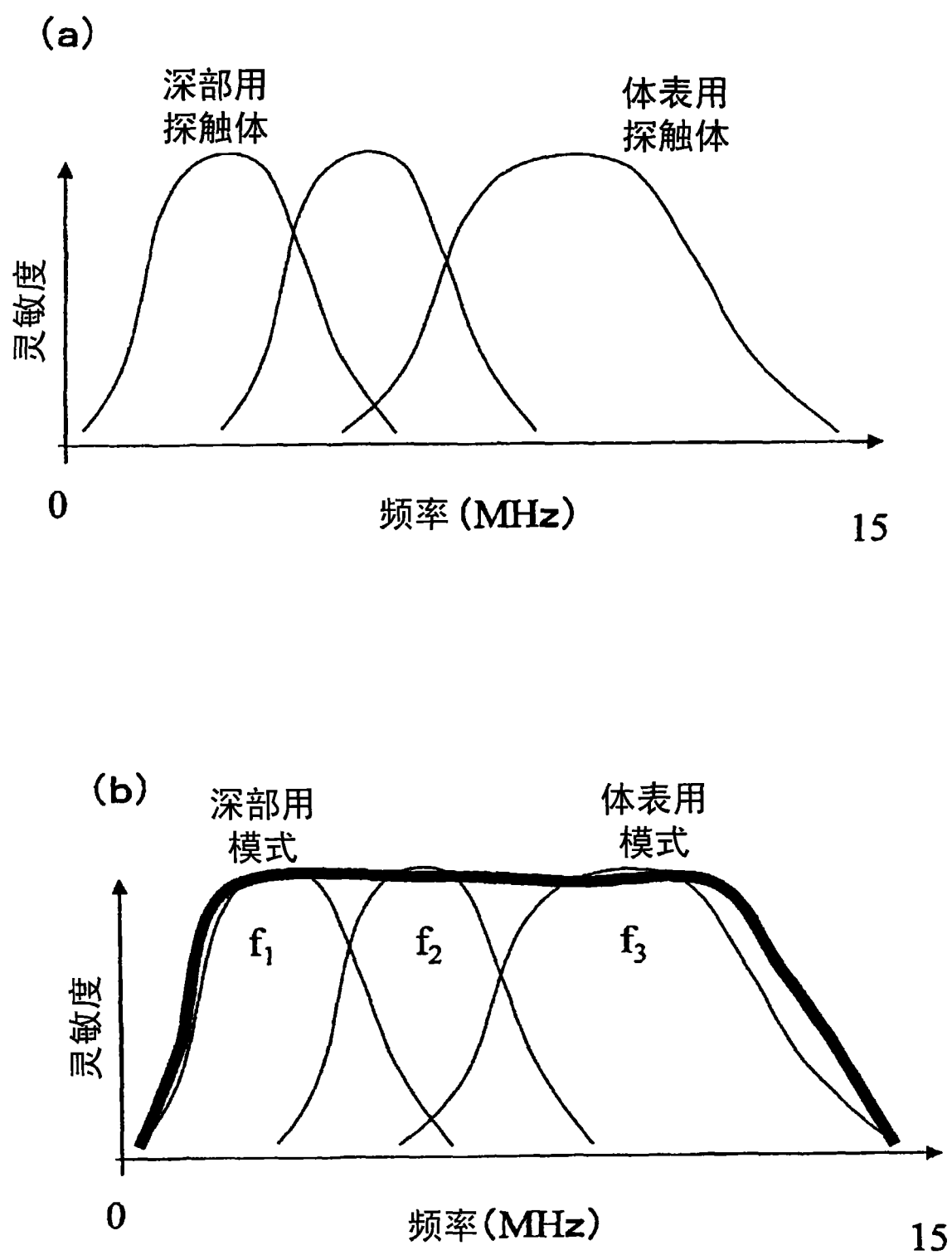
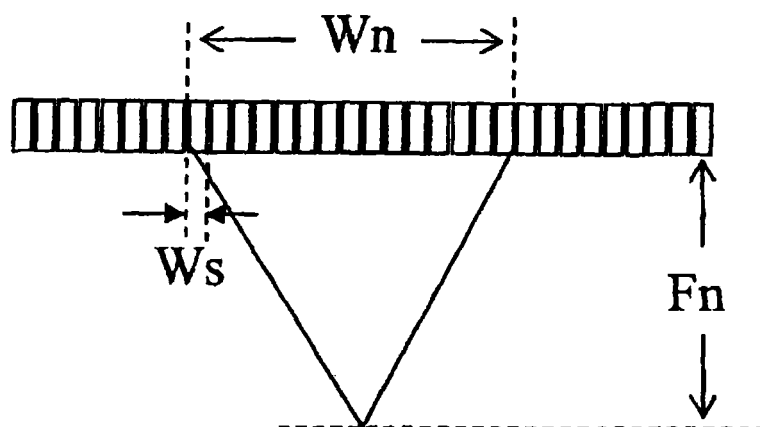


图 9

(a)



(b)

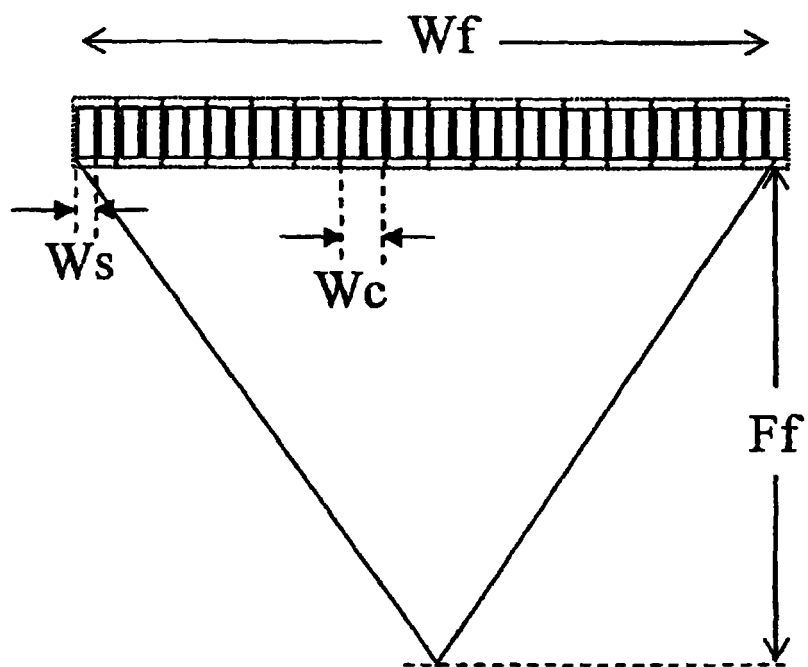


图 11

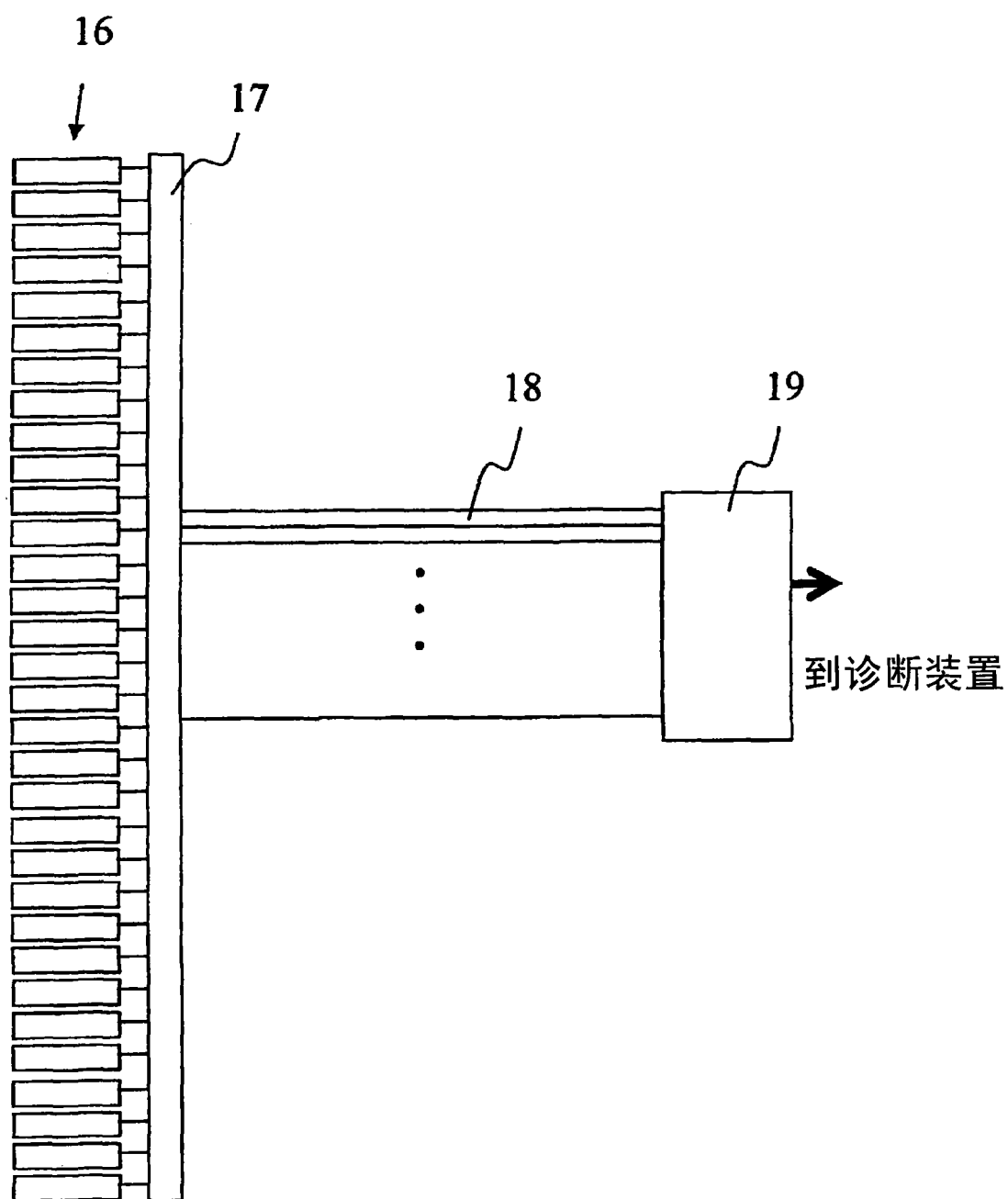


图 12

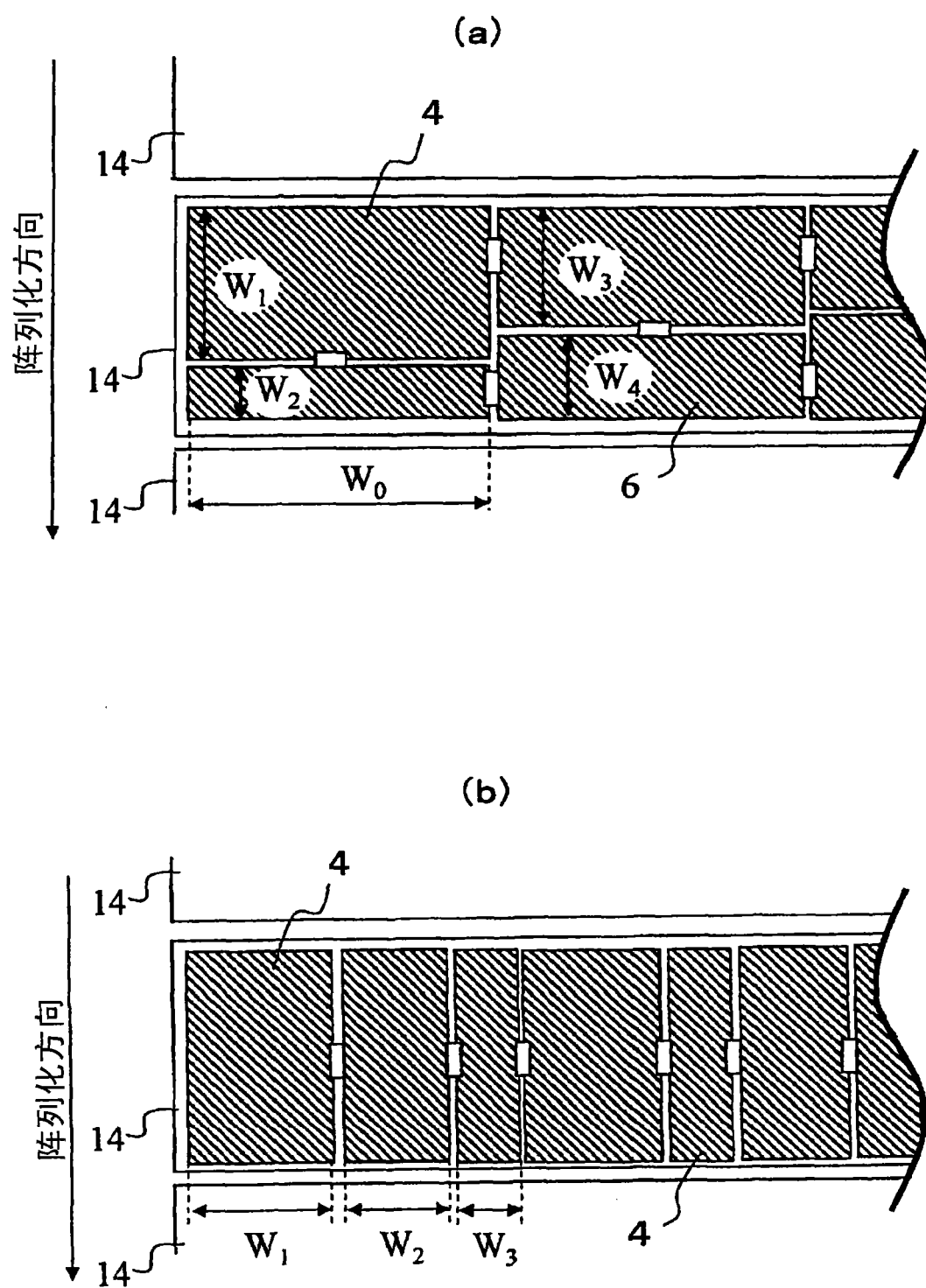


图 13

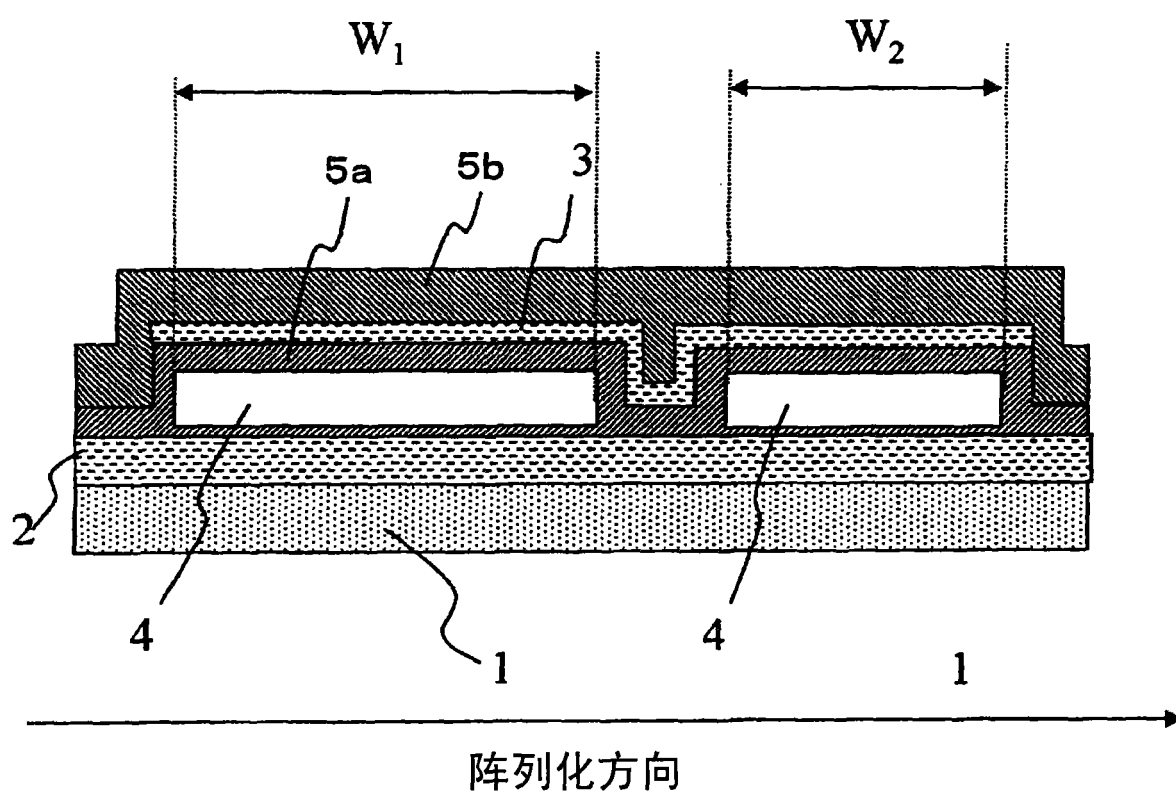


图 14

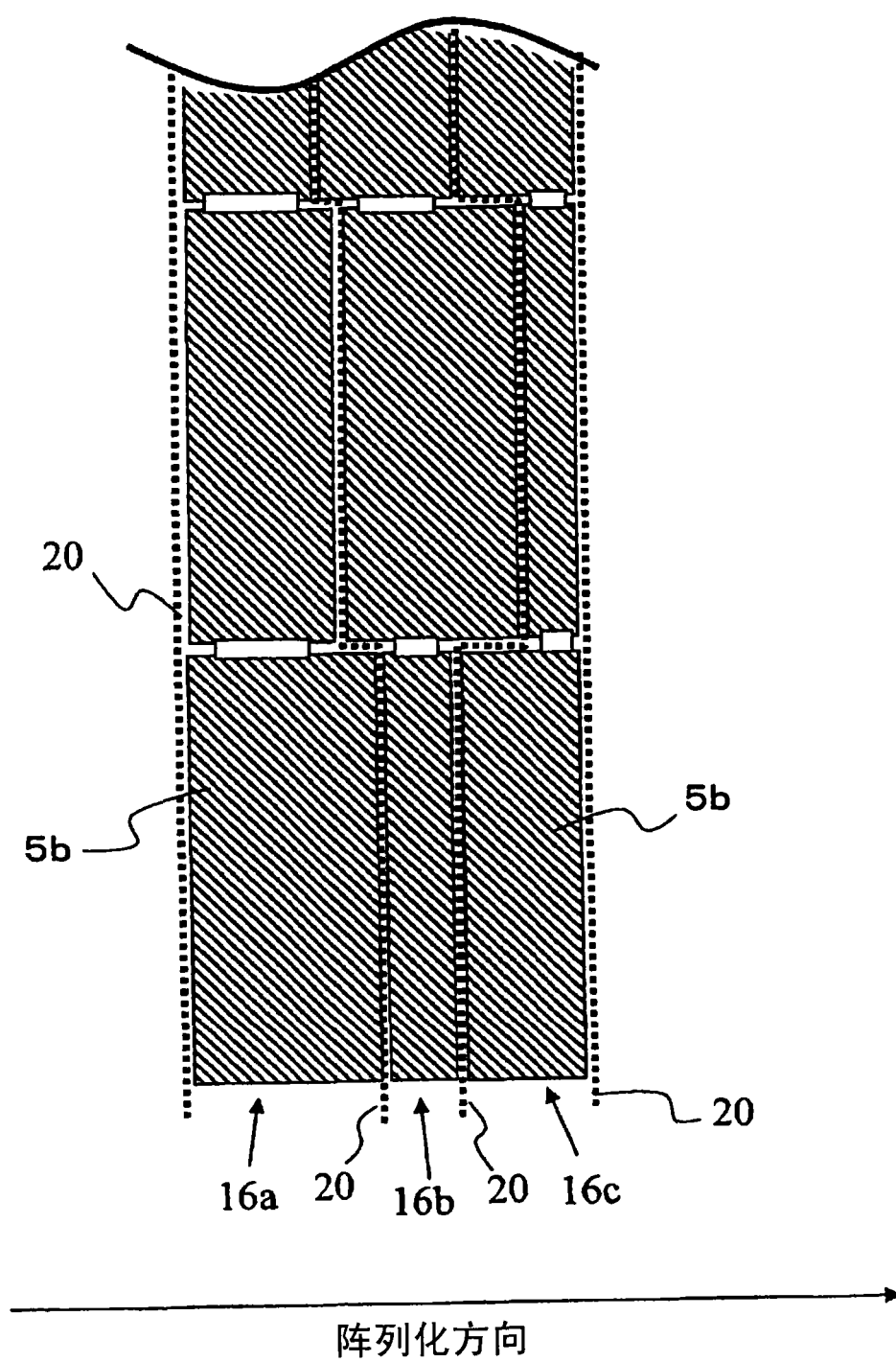


图 15

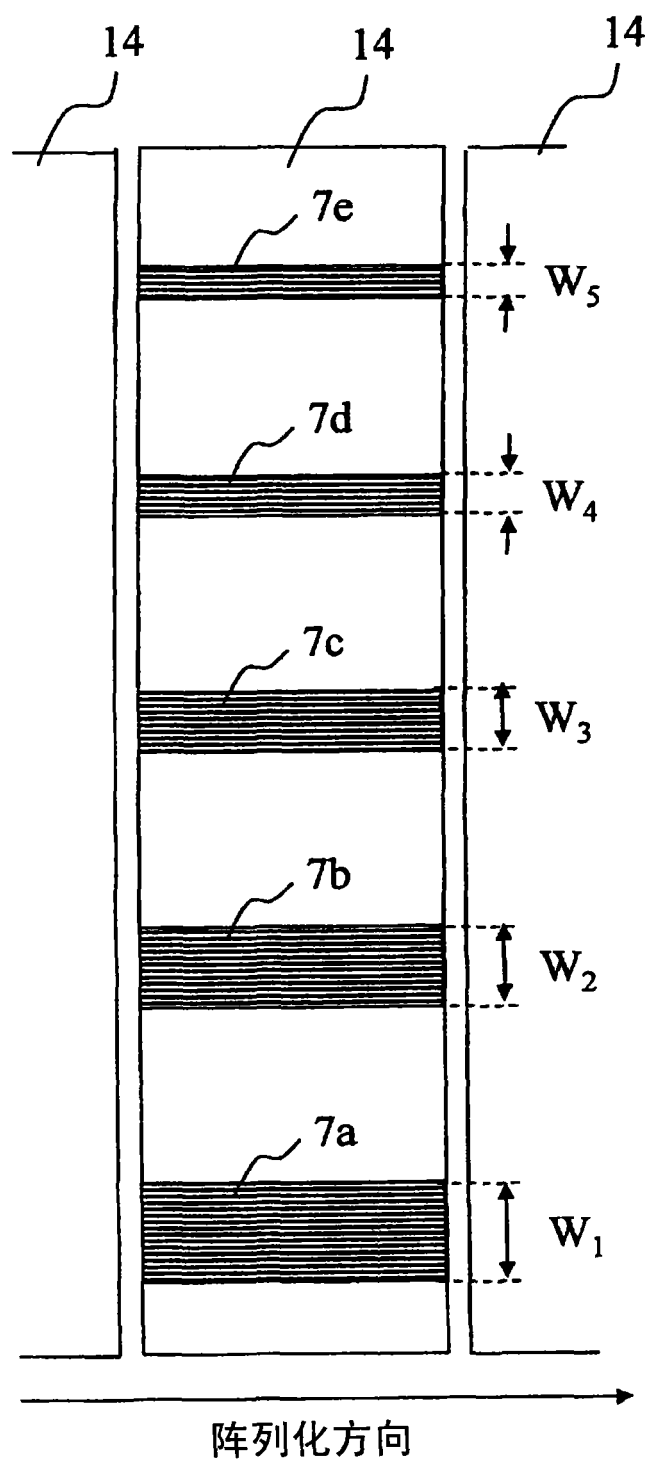


图 16

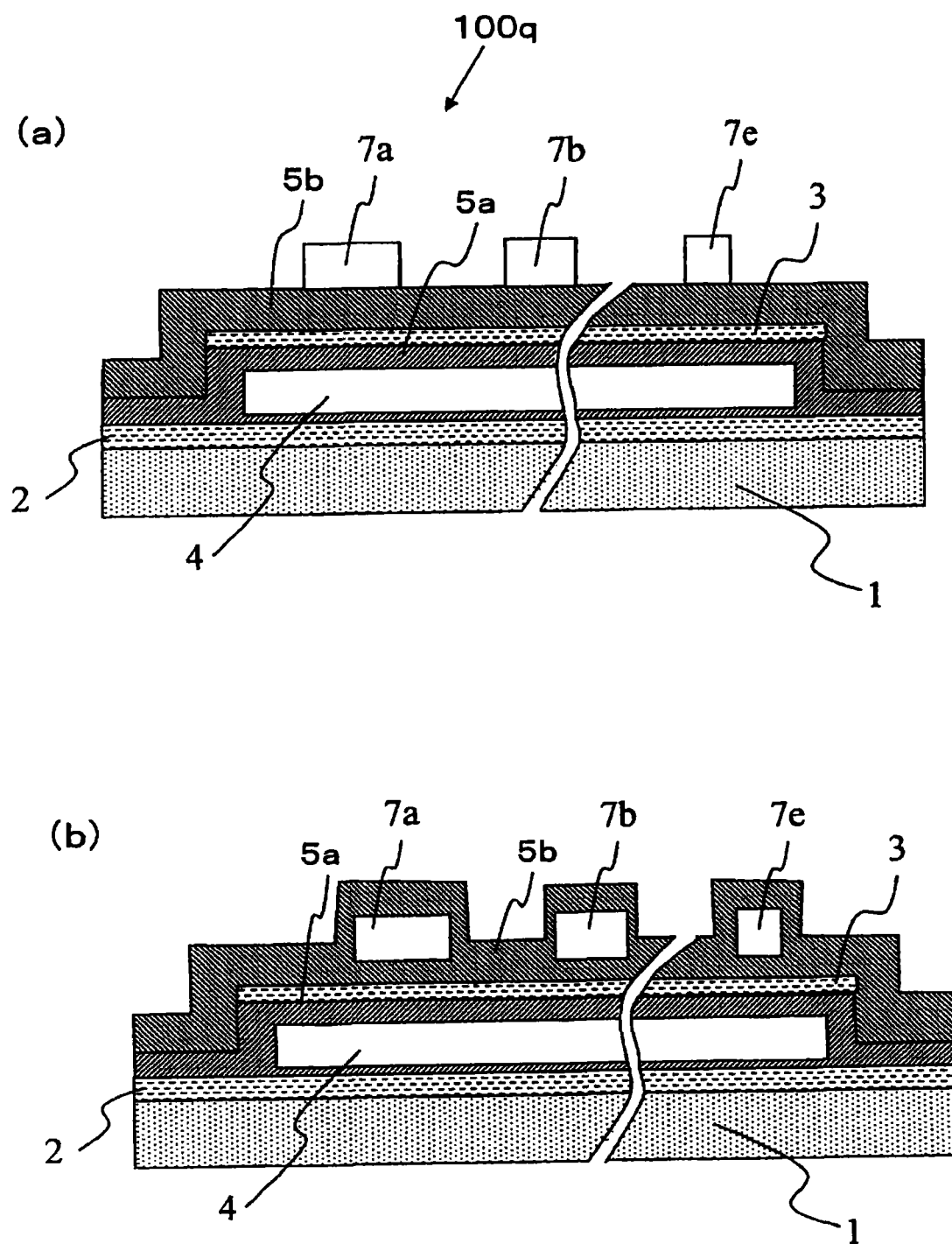


图 17

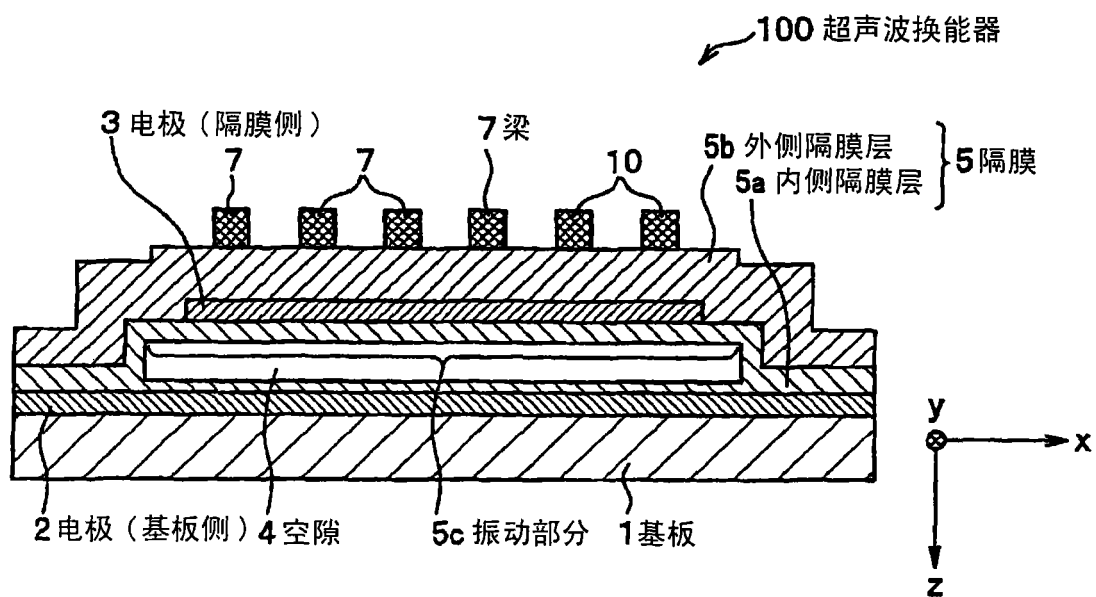


图 18

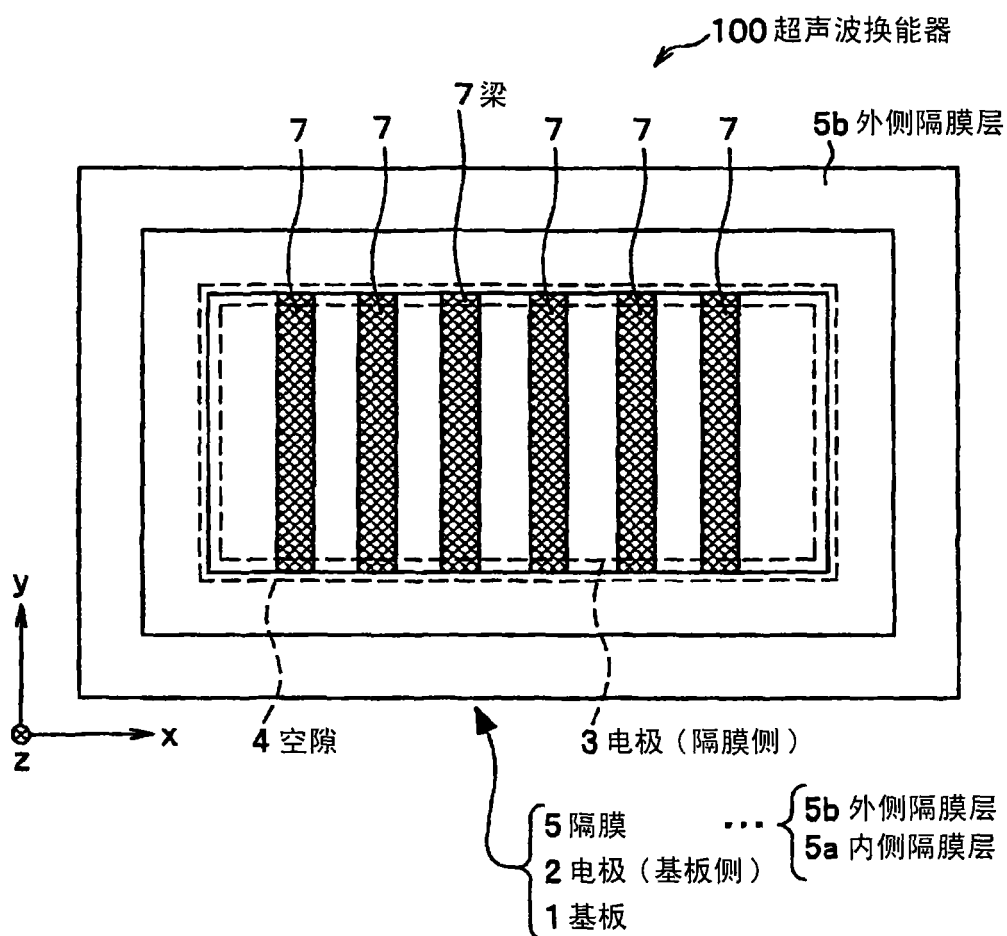


图 19

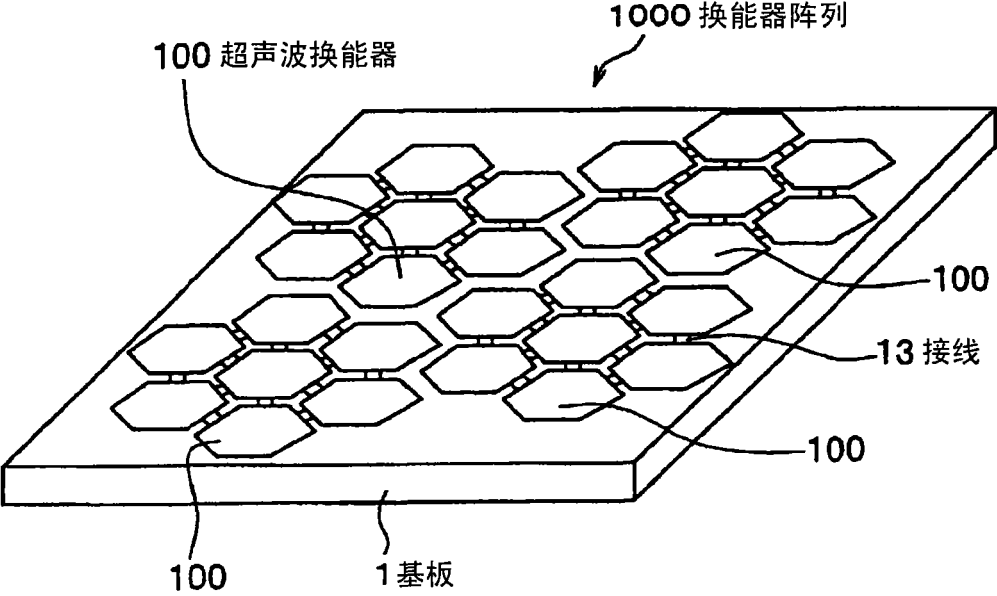


图 20

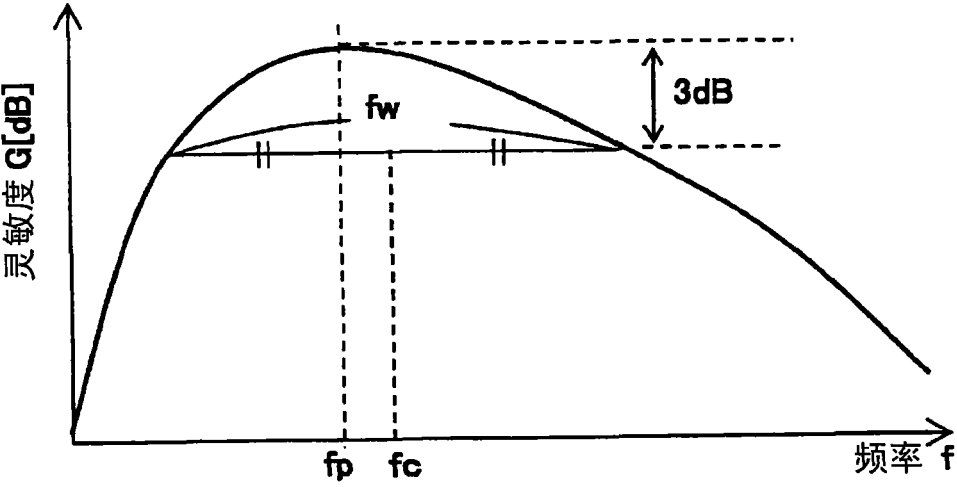


图 21

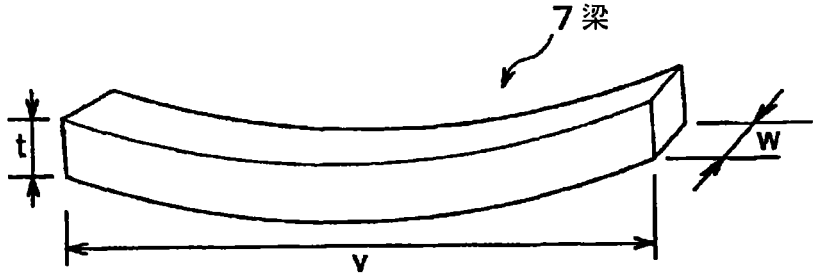


图 22

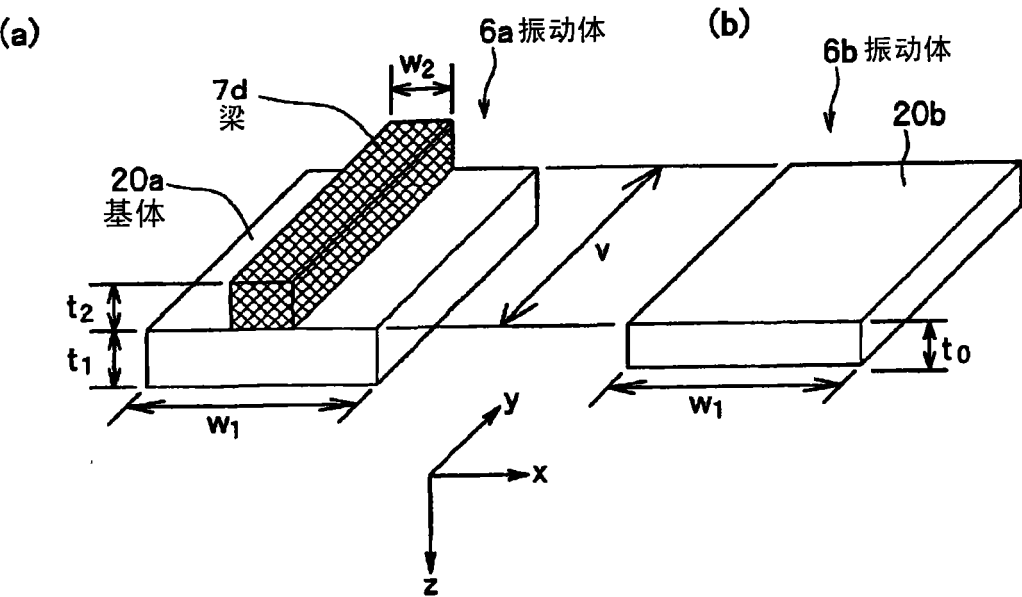


图 23

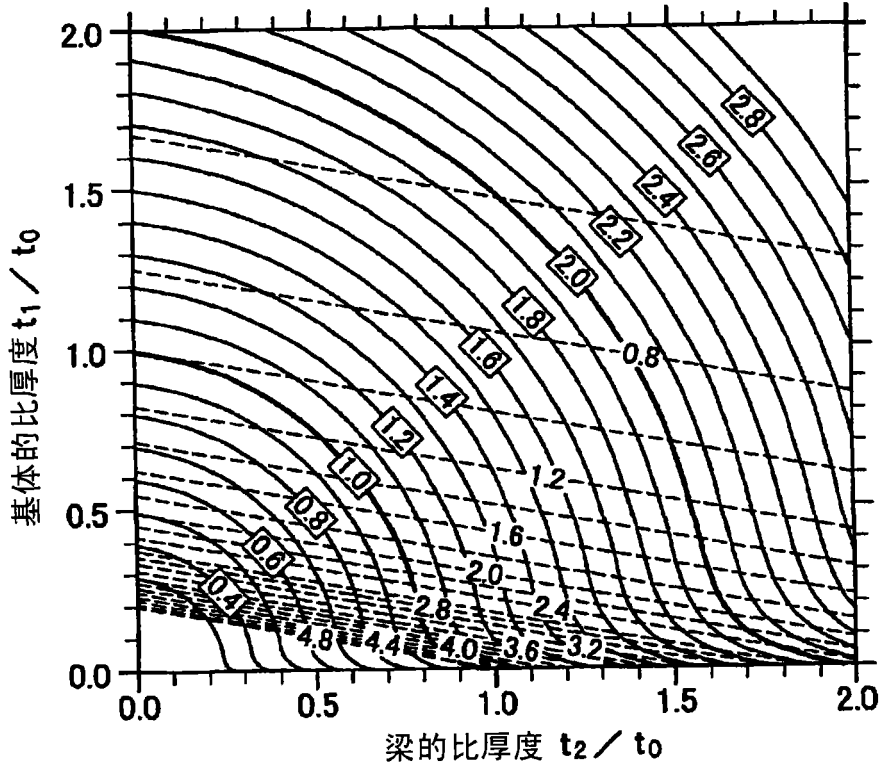


图 24

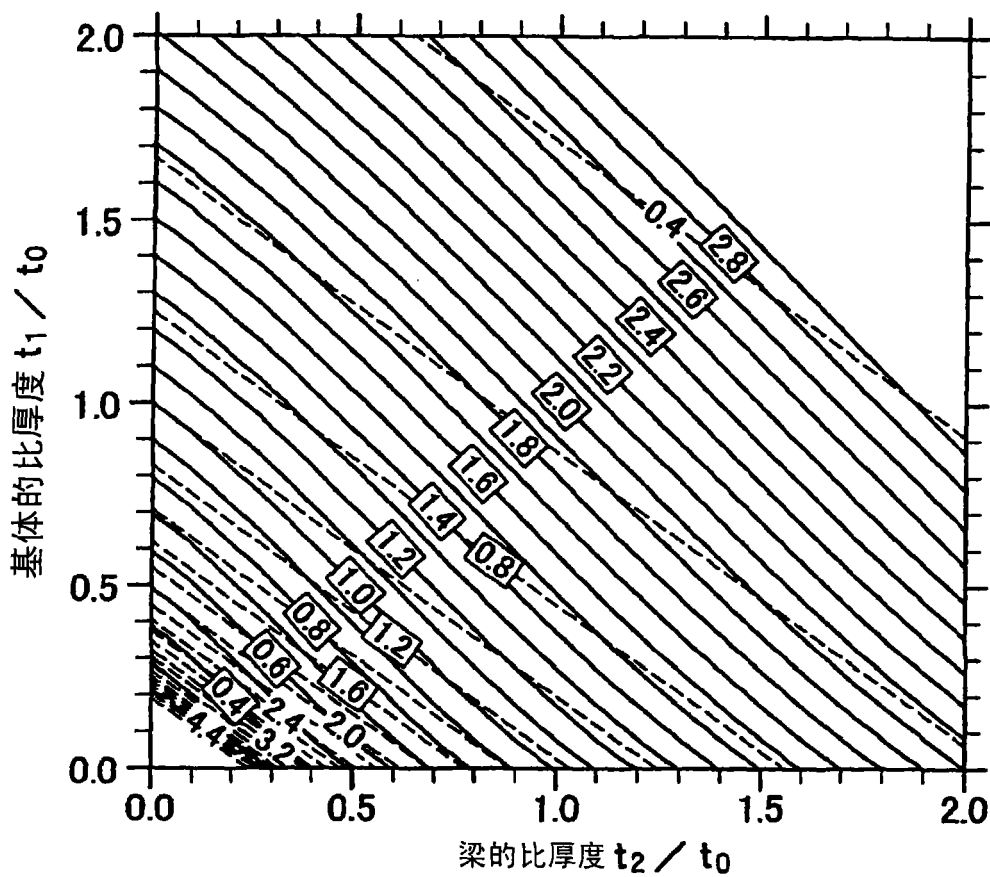


图 25

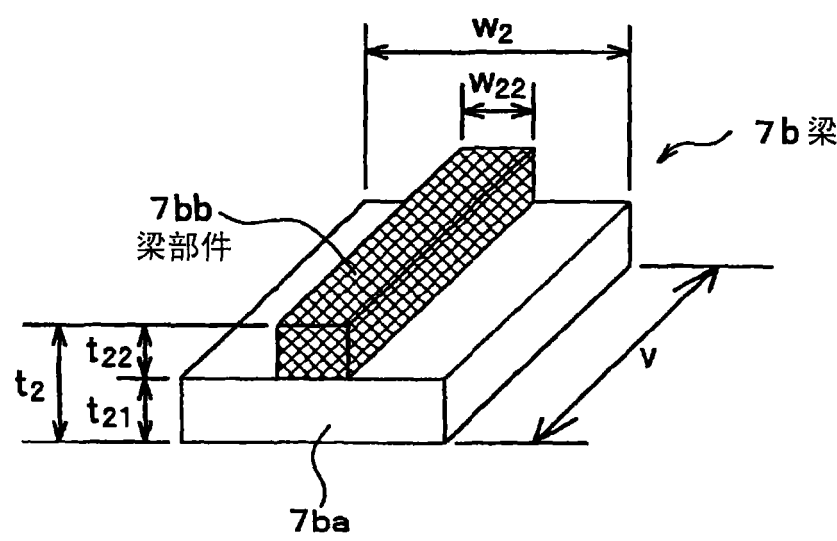
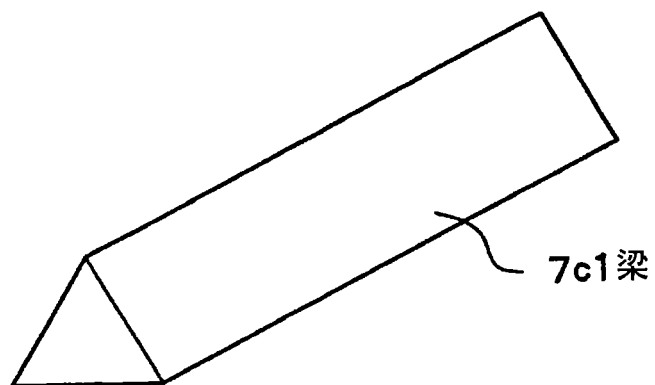
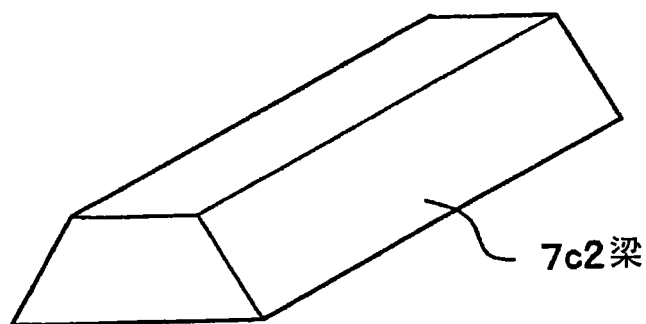


图 26

(a)



(b)



(c)

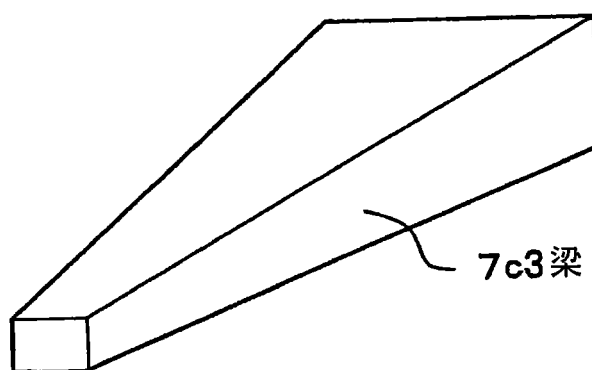


图 27

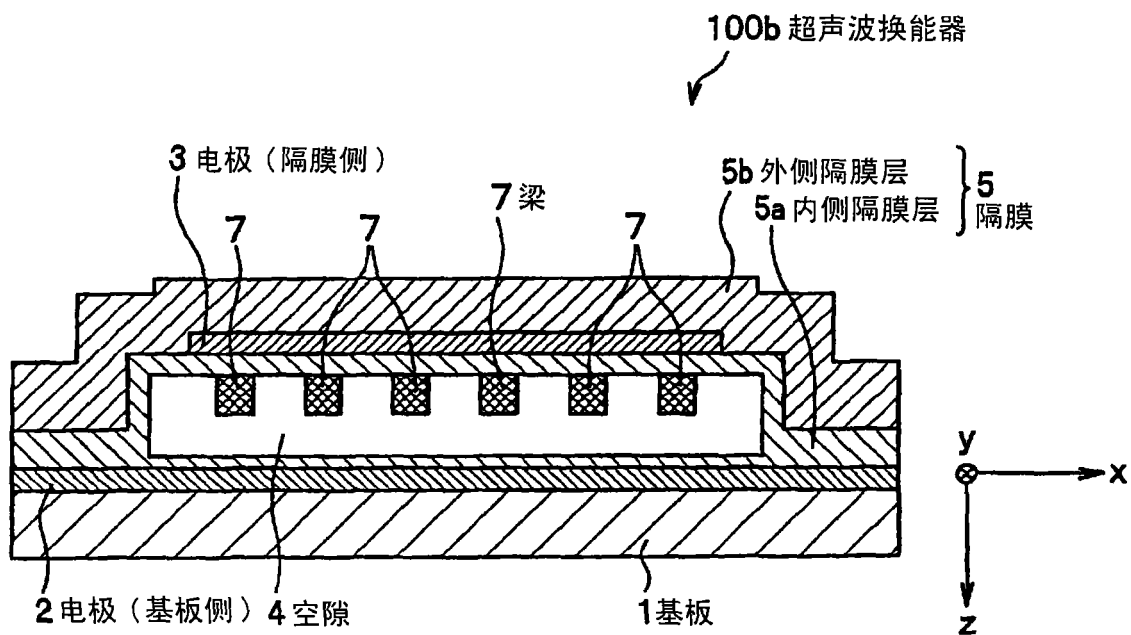


图 28

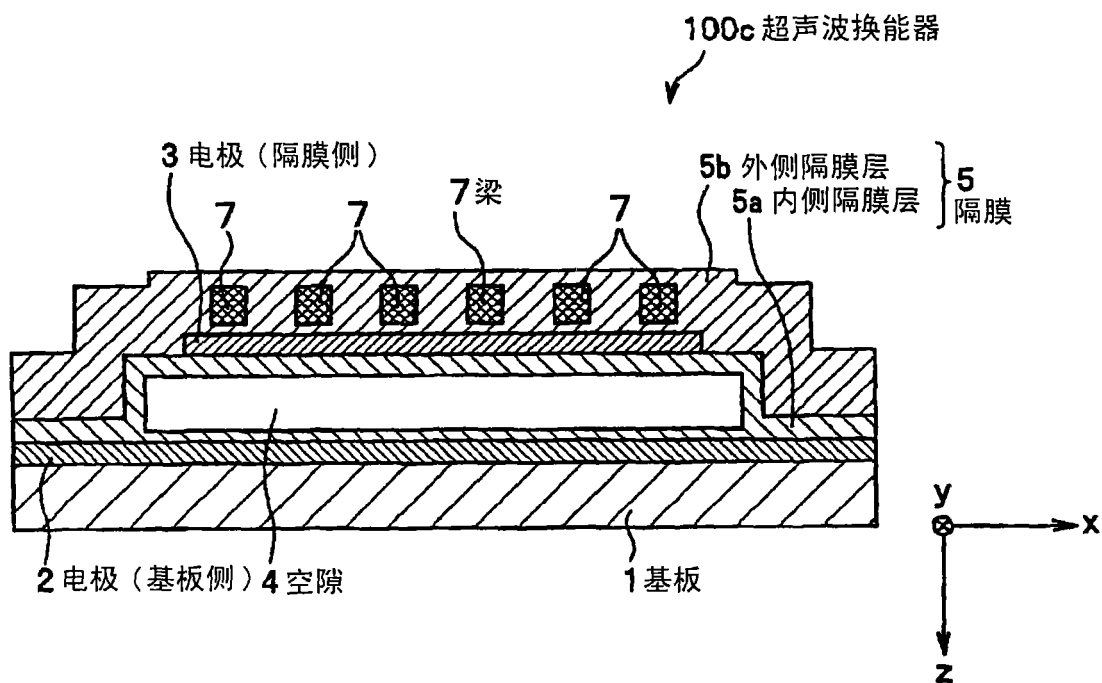


图 29

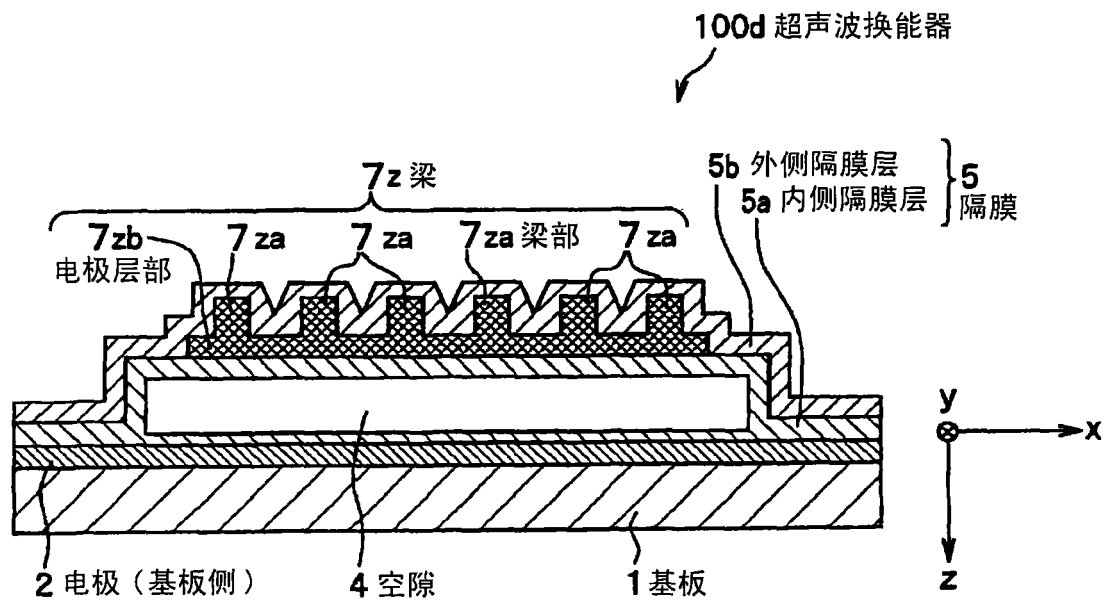


图 30

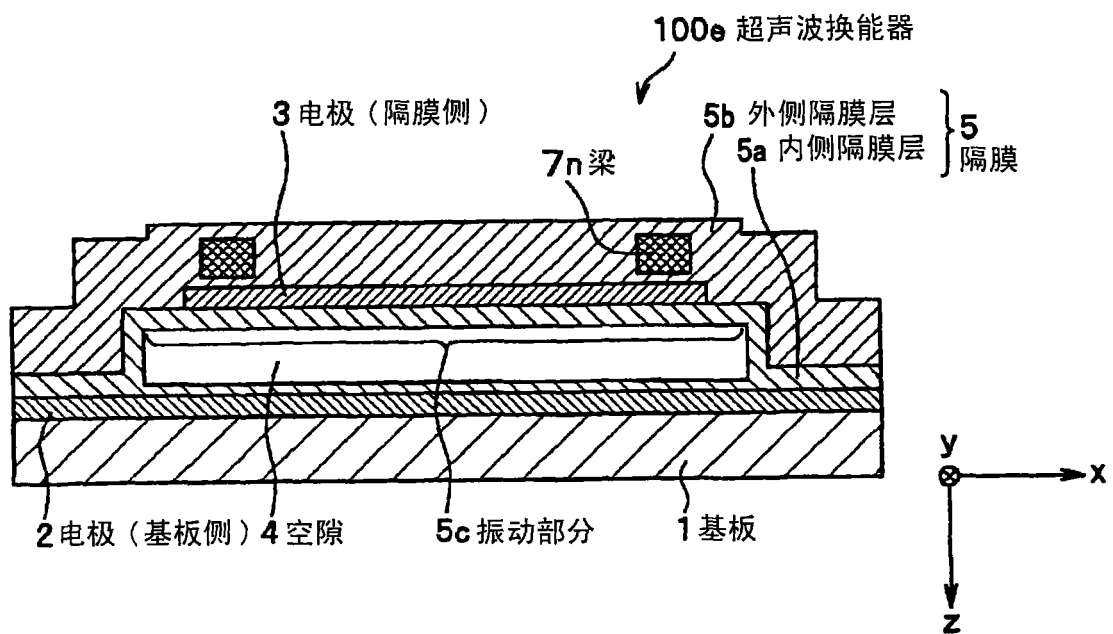


图 31

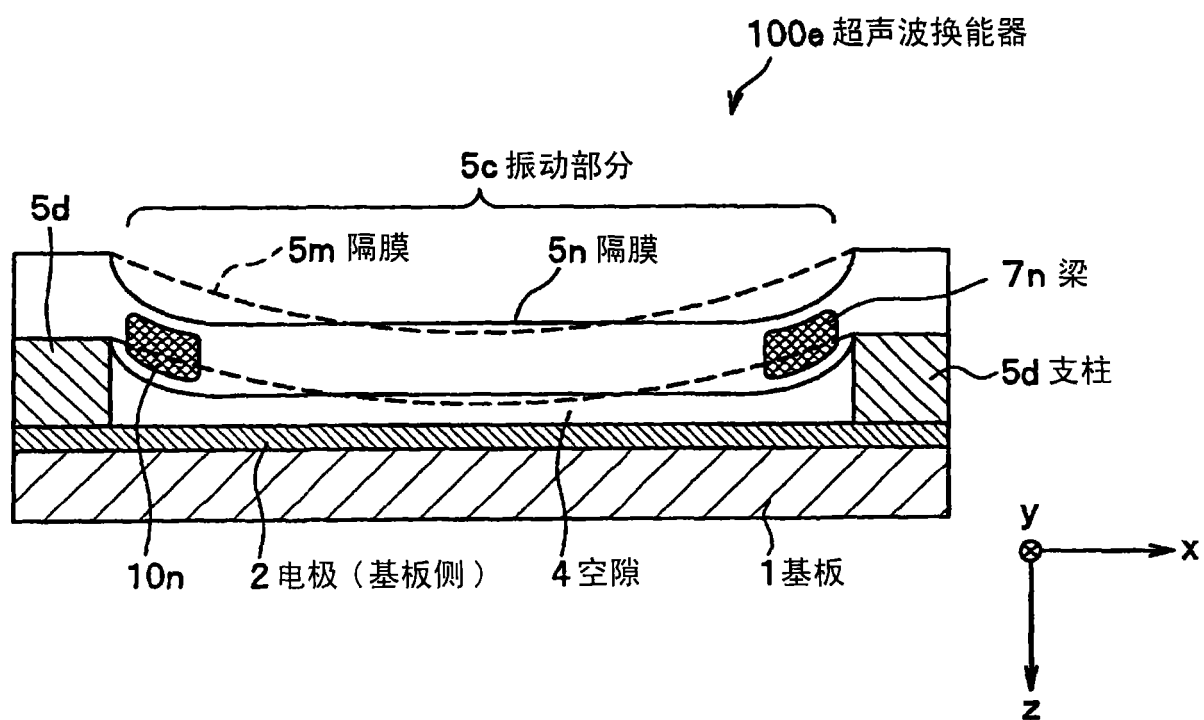


图 32

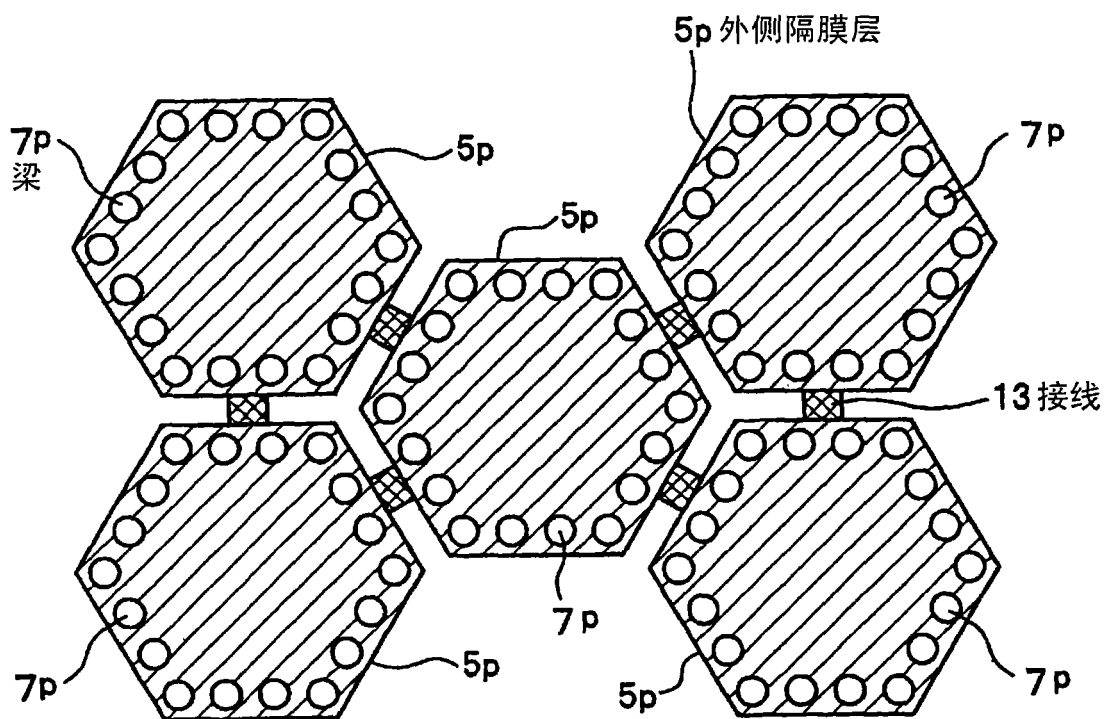


图 33

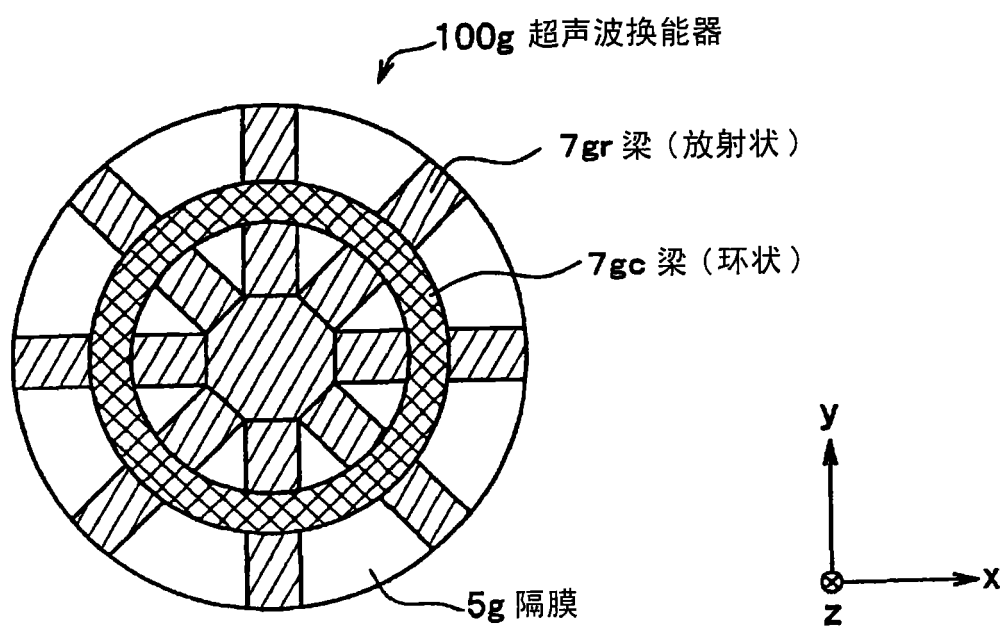


图 34

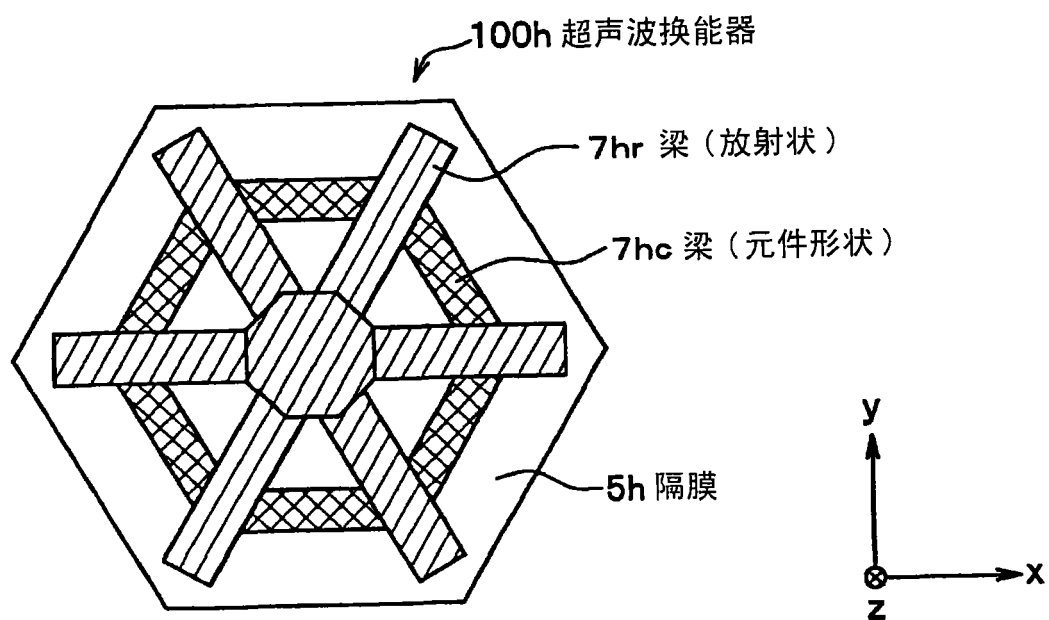


图 35

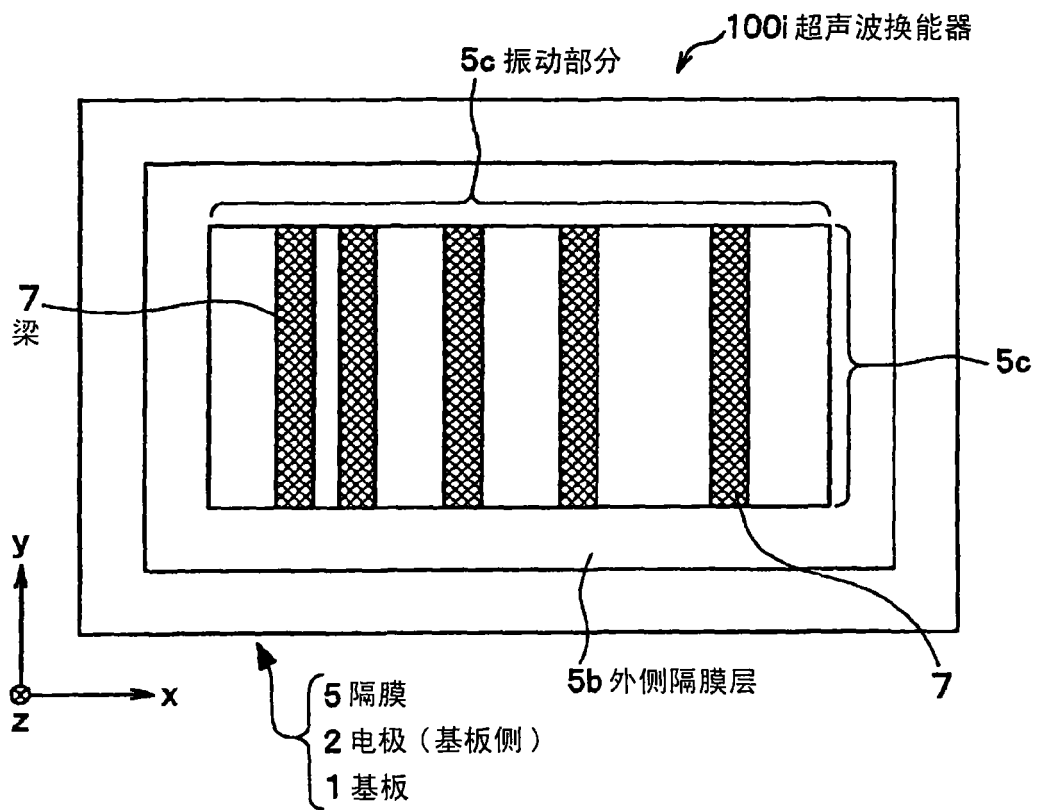


图 36

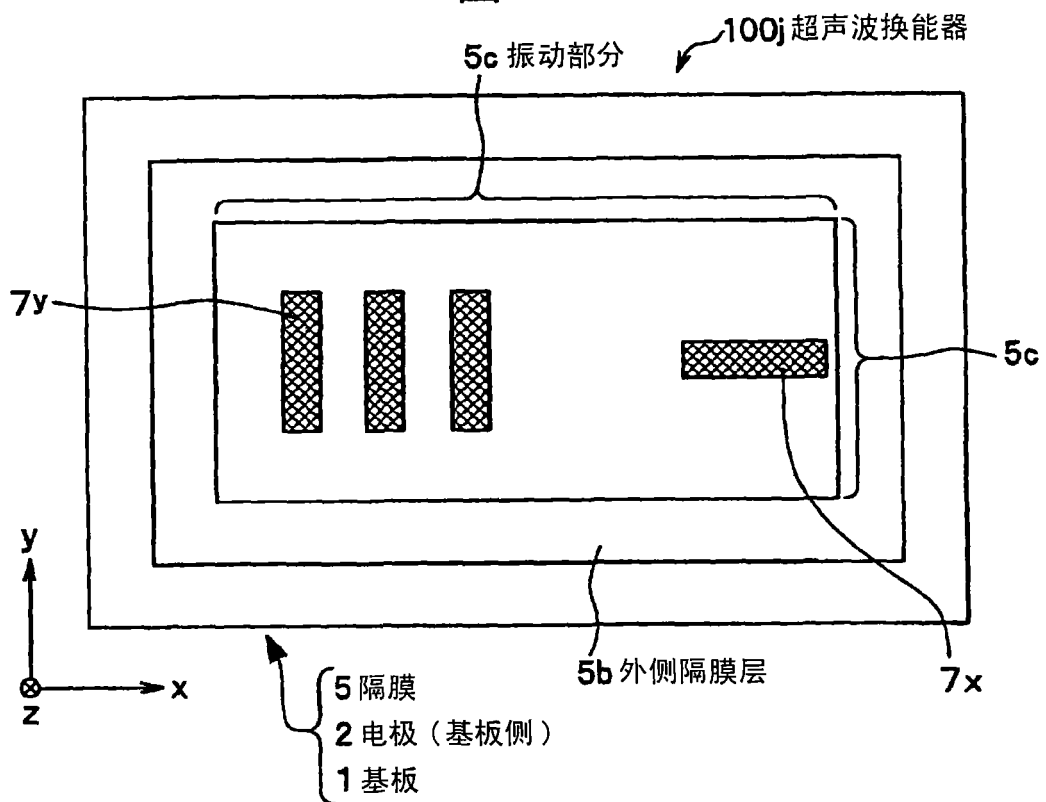


图 37

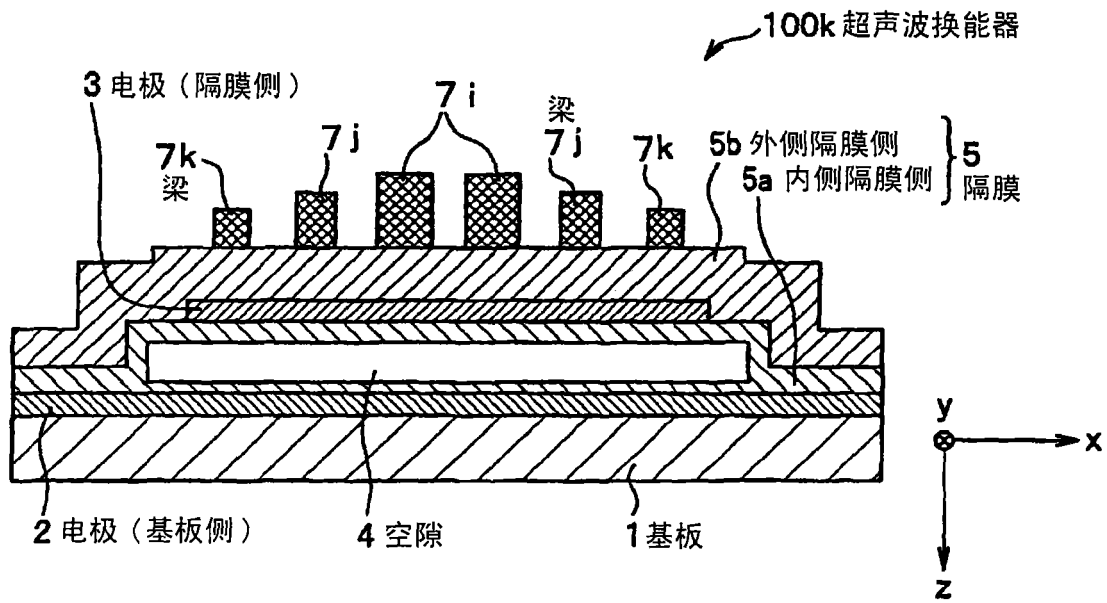


图 38

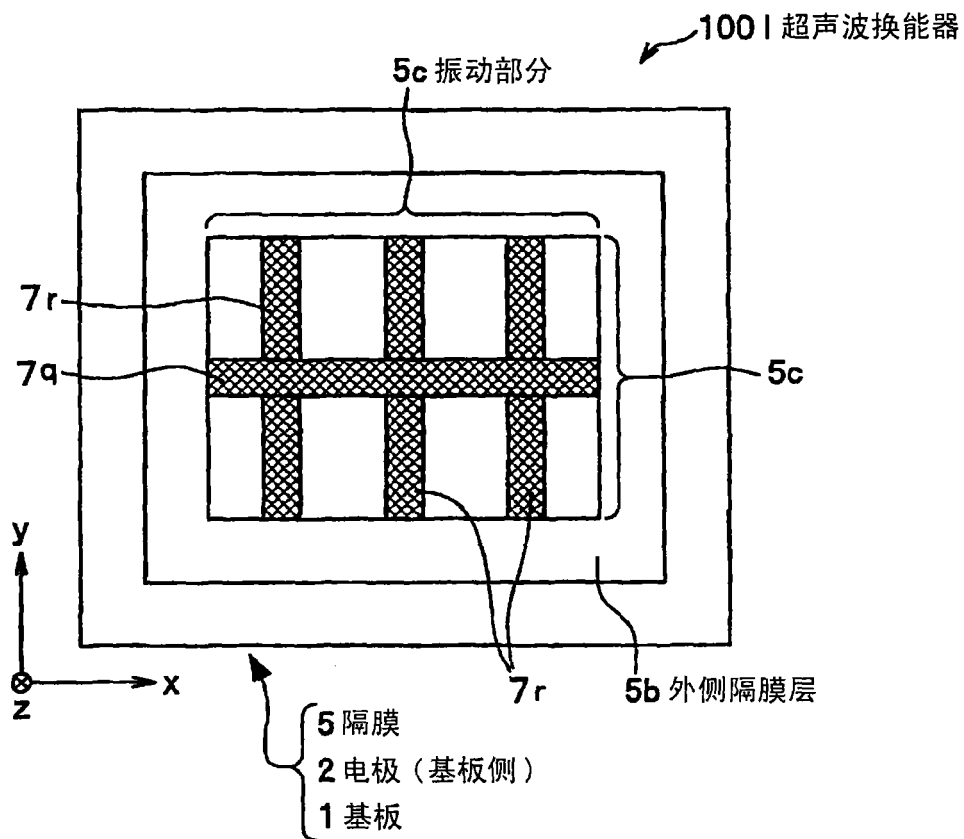


图 39

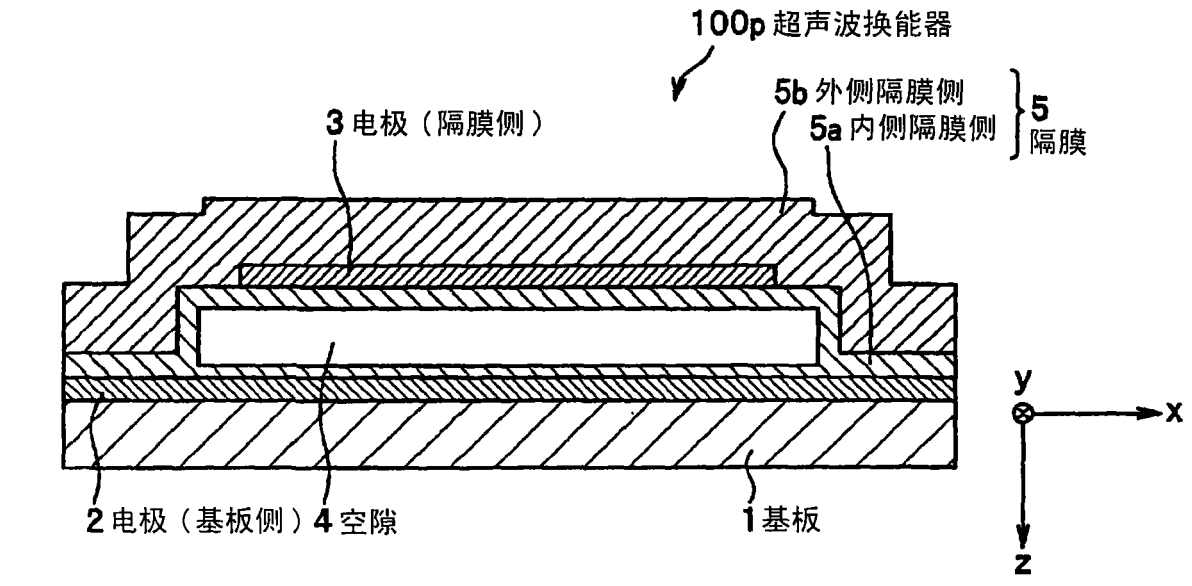


图 40

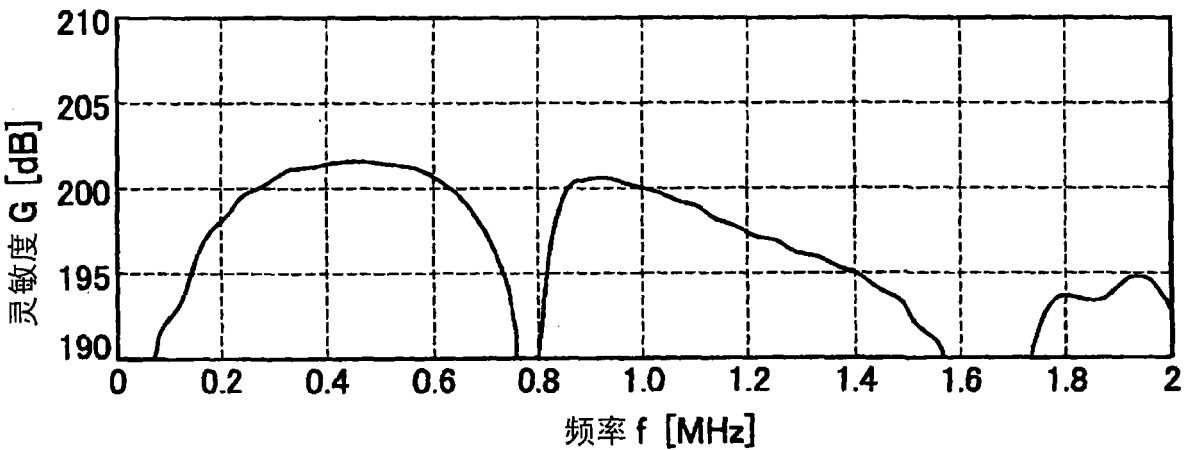


图 41

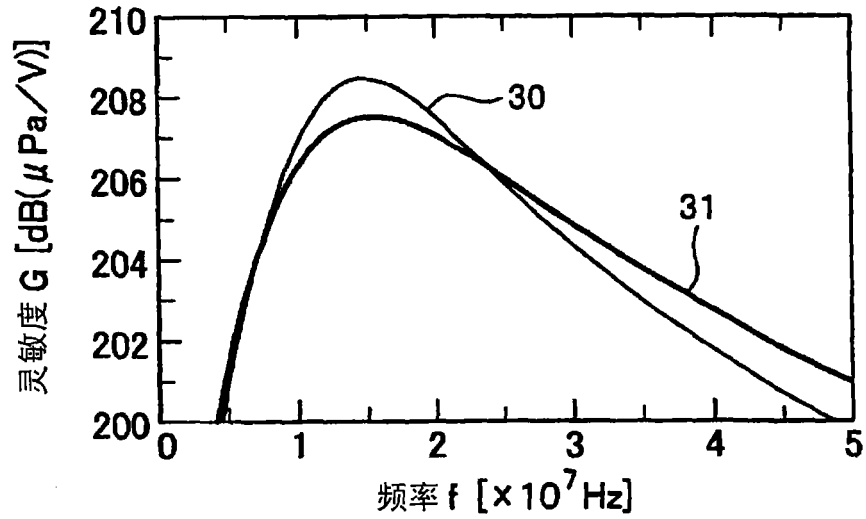


图 42

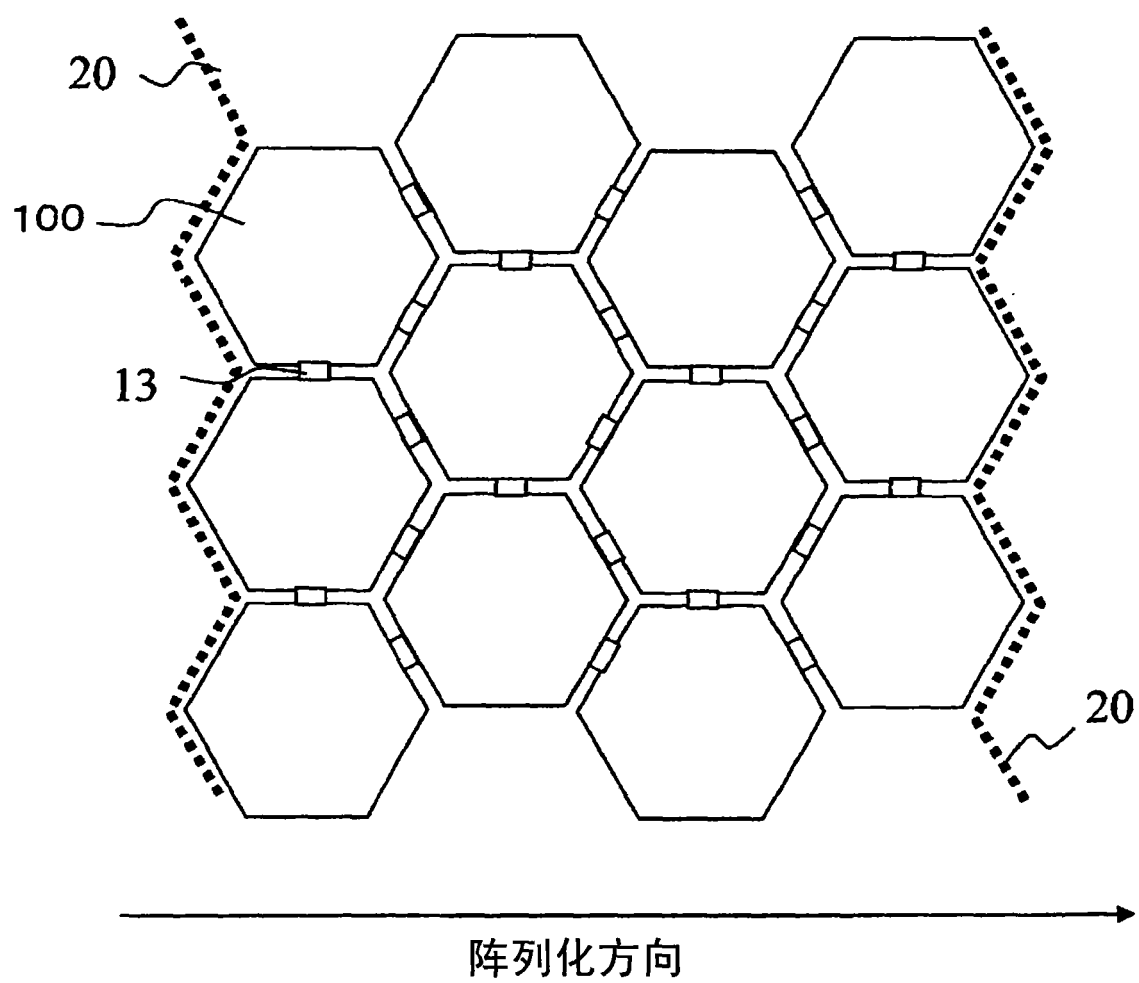


图 43

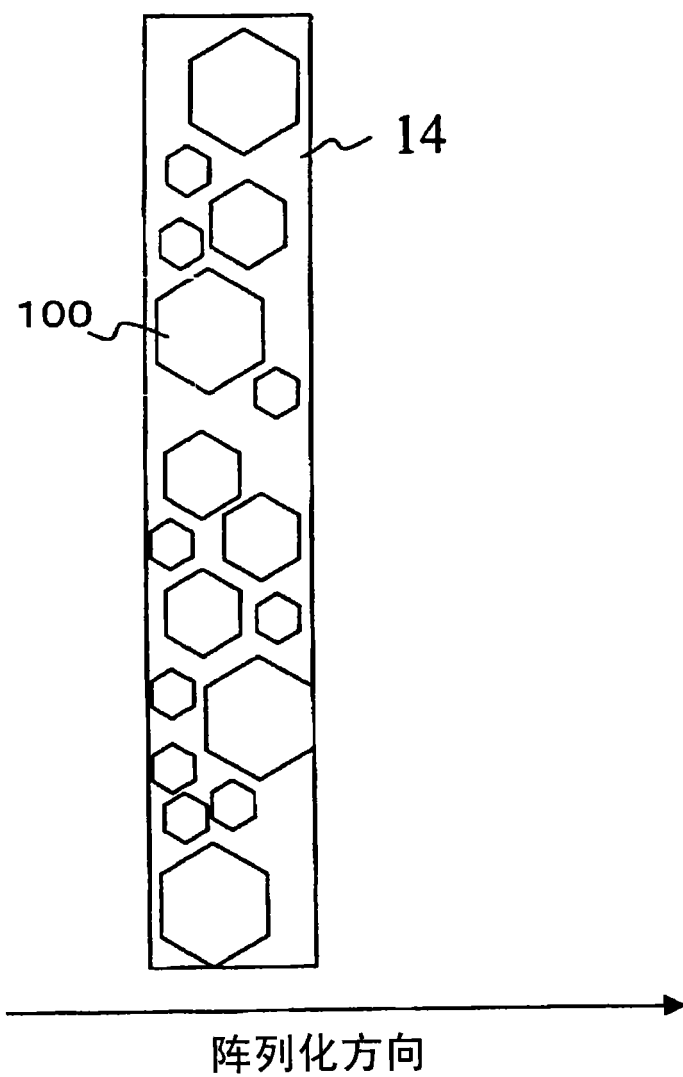


图 44

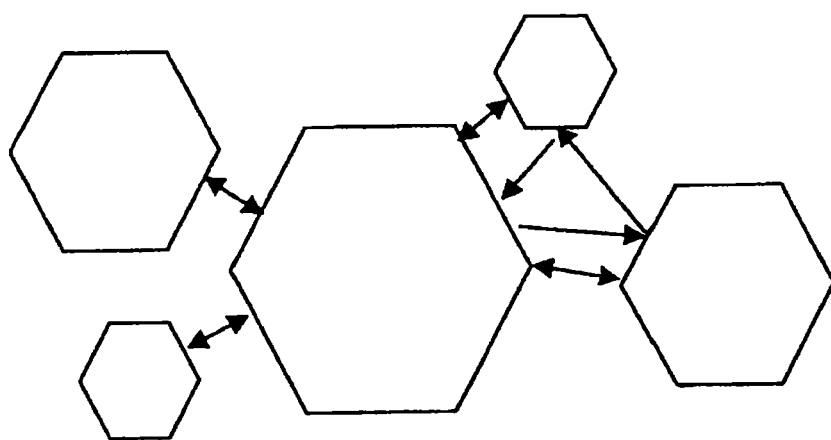


图 45

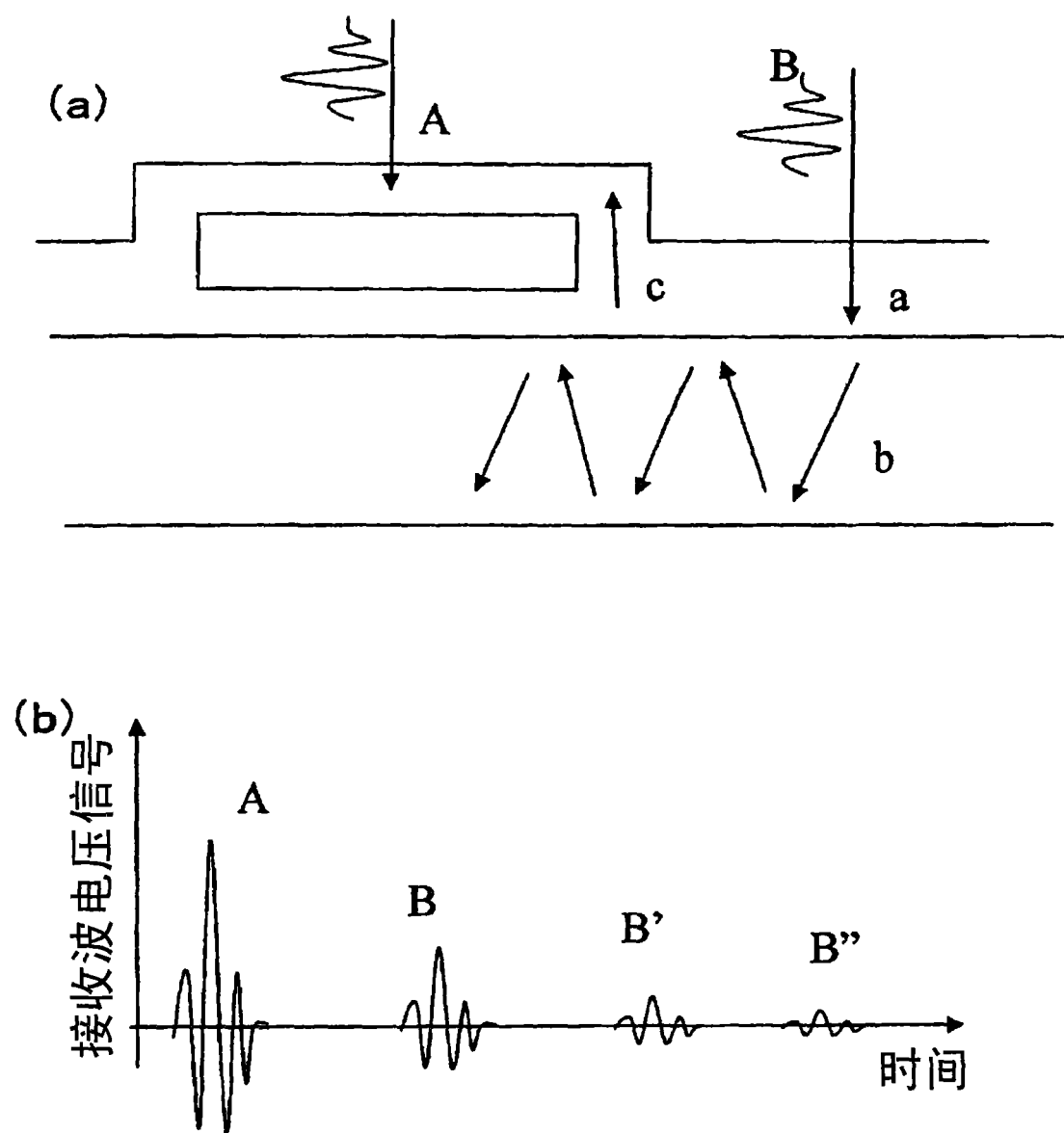


图 46

1、一种超声波换能器，其隔着空隙而配置基板和隔膜而形成，所述基板在其内部或表面具有第一电极，所述隔膜在其内部或表面具有第二电极，其特征在于，

在所述隔膜或所述第二电极的表面或内部具备至少一根梁。

2、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

所述梁为多根，该多根的所述梁结合而形成构造体。

3、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

所述梁为多根，该多根的所述梁，以该梁的长轴方向相互交叉的方式而配设。

4、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

所述梁，由杨氏模量比所述隔膜大的材质、或杨氏模量比所述隔膜小的材质形成。

5、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

所述梁由与所述第二电极相同的材质形成，且与该第二电极一体地形成。

6、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

所述梁由与所述隔膜相同的材质形成。

7、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

所述梁为设于所述隔膜的孔或空洞。

8、如权利要求7所述的超声波换能器，其特征在于，

所述梁沿所述隔膜的所述空隙的外缘附近设置。

9、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

关于所述梁，其长轴方向或短轴方向的剖面形状，为圆形状或多边形形状。

10、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

所述隔膜为圆盘状或多边形盘状。

11、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，

所述梁为多个，该多个的所述梁以不均等的间隔配设。

12、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁为多个，该多个的所述梁，以该梁彼此的长轴方向不相同的方式而被配设。

13、如权利要求1所述的超声波换能器，其特征在于，
所述梁，具有如下形状：即把与所述隔膜相抵接的第一梁部件和短轴方向的尺寸比该第一梁部件小的第二梁部件，以长轴方向相互一致的方式进行接合。

14、一种超声波探头，其特征在于，
具有将权利要求1~13中任一项所述的超声波换能器多个地排列而成的超声波换能器阵列。

15、一种超声波探头，其具有基板、和设于所述基板上的多个超声波换能器，其特征在于，

所述多个超声波换能器分别具有下部电极、上部电极、与所述上部电极一起振动的隔膜、设于所述下部电极和上部电极之间的空隙，

所述隔膜具有多边形的形状，在该隔膜的表面设有梁。

16、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
所述隔膜为六边形。

17、如权利要求16所述的超声波探头，其特征在于，
所述梁，以连结所述隔膜的相面对的顶点之间的方式形成。

18、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
所述隔膜为长方形。

19、如权利要求18所述的超声波探头，其特征在于，
所述梁以连结长方形的隔膜的长边和长边之间的方式设置。

20、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
具有多个宽度不同的梁，相对于一个隔膜设置的梁的宽度相同。

21、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
相邻接的隔膜间的间隔为在所述基板内传播的超声波的成分最多的频率下的波长的1/80以下。

22、如权利要求15所述的超声波探头，其特征在于，
在与该超声波探头的阵列化方向垂直的方向上配置的多个超声波换

能器，其各自的上部电极电连接而构成副元件。

23、如权利要求 22 所述的超声波探头，其特征在于，
具有变更所述副元件的聚束方法的聚束开关。

24、一种超声波探头，其具有基板、和设于所述基板上的多个超声波换能器，其特征在于，

所述多个超声波换能器分别具有下部电极、上部电极、与所述上部电极一起振动的长方形的隔膜、设于所述下部电极和上部电极之间的空隙，且含有长边和短边的长度比不同的隔膜。

25、如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，
所述长方形的隔膜，以长边成为与该超声波探头的阵列化方向垂直的方向的方式配置。

26、如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，
所述长方形的隔膜，以长边成为与该超声波探头的阵列化方向相同的方向的方式配置。

27、如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，
相邻接的隔膜间的间隔为在所述基板内传播的超声波的波长的 $1/80$ 以下。

28、如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，
在与该超声波探头的阵列化方向垂直的方向上配置的多个超声波换能器，将各自的上部电极电连接而构成副元件。

29、如权利要求 28 所述的超声波探头，其特征在于，
具有变更所述副元件的聚束方法的聚束开关。

30、一种超声波摄像装置，其特征在于，
具备：

面向被检测体发送接收超声波的超声波探头；

根据由所述超声波探头得到的信号生成图像的图像生成部；

显示所述图像的显示部；

根据被检测体的测定部位的深度控制所述超声波探头的焦点的控制部，

所述超声波探头在基板上具有多个超声波换能器，所述超声波换能器

分别具有下部电极、上部电极、与所述上部电极一起振动的隔膜、设于所述下部电极和上部电极之间的空隙，所述隔膜具有多边形的形状，在该隔膜的表面设有梁。

31、如权利要求 30 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述隔膜为六边形，所述梁以连结所述隔膜的相面对的顶点之间的方式而形成，并设置多个宽度不同的梁，相对于一个隔膜设置的梁的宽度相同。

32、如权利要求 30 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

相邻接的隔膜间的间隔，为在所述基板内传播的超声波的成分最多的频率下的波长的 1/80 以下。

33、一种超声波摄像装置，其特征在于，

具备：

面向被检测体发送接收超声波的超声波探头；

根据由所述超声波探头得到的信号生成图像的图像生成部；

显示所述图像的显示部；

按照被检测体的测定部位的深度控制所述超声波探头的焦点的控制部，

所述超声波探头在基板上具有多个超声波换能器，所述超声波换能器分别具有下部电极、上部电极、与所述上部电极一起振动的长方形的隔膜、设于所述下部电极和上部电极之间的空隙，且含有长边和短边的长度比不同的隔膜。

34、如权利要求 33 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

相邻接的隔膜间的间隔，为在所述基板内传播的超声波的成分最多的频率下的波长的 1/80 以下。

35、（追加）如权利要求 1 所述的超声波换能器，其特征在于，所述隔膜纵横刚性不同。

36、（追加）如权利要求 15 所述的超声波探头，其特征在于，所述隔膜纵横刚性不同。

37、（追加）如权利要求 24 所述的超声波探头，其特征在于，所述隔膜纵横刚性不同。

38、(追加)如权利要求 30 所述的超声波摄像装置,其特征在于,所述隔膜纵横刚性不同。

39、(追加)如权利要求 33 所述的超声波摄像装置,其特征在于,所述隔膜纵横刚性不同。

专利名称(译)	超声波换能器、超声波探头以及超声波摄像装置		
公开(公告)号	CN101238754A	公开(公告)日	2008-08-06
申请号	CN200680028928.4	申请日	2006-08-02
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 株式会社日立医药		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 株式会社日立医药		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 株式会社日立医药		
[标]发明人	田中宏树 东隆 福田宏		
发明人	田中宏树 东隆 福田宏		
IPC分类号	H04R1/40 H04R7/08 H04R19/00 A61B8/00 G01N29/24		
代理人(译)	李贵亮		
优先权	2006056541 2006-03-02 JP 2005303701 2005-10-18 JP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种超声波换能器(100)，其隔着空隙(4)而配置有基板(1)和隔膜(5)而形成，基板(1)在其内部或表面具有第一电极，隔膜(5)在其内部或表面具有第二电极。而且，在隔膜(5)或第二电极的表面或内部具备至少一个梁(7)。

