

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480027134.7

[51] Int. Cl.

H04R 1/32 (2006.01)

H04R 17/00 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

[43] 公开日 2006年10月25日

[11] 公开号 CN 1853441A

[22] 申请日 2004.9.17

[21] 申请号 200480027134.7

[30] 优先权

[32] 2003.9.19 [33] JP [31] 327388/2003

[32] 2003.10.2 [33] JP [31] 344197/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/014009 2004.9.17

[87] 国际公布 WO2005/029910 日 2005.3.31

[85] 进入国家阶段日期 2006.3.20

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 齐藤孝悦

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 浦柏明 刘宗杰

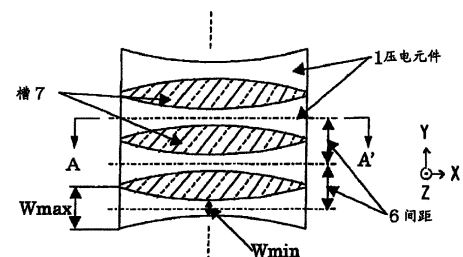
权利要求书 2 页 说明书 25 页 附图 11 页

[54] 发明名称

超声波探头

[57] 摘要

公开了这样一种技术，即根据与压电元件的排列方向正交的方向的位置使超声波的方向性为希望的特性，根据该技术，在压电元件(1)排列在 Y 方向上并与排列方向 Y 正交的方向 X 上被分割的结构中，压电元件(1)的排列方向 Y 的宽度 W 在与排列方向 Y 正交的方向 X 的位置的中心部最窄，越向两端部越宽，根据 X 方向的位置使超声波方向性变为所希望的特性。



1. 一种超声波探头，具有：  
多个压电元件，排列在一个方向上并收发超声波；  
方向性设定单元，设定超声波方向性，该超声波方向性根据与所述压电元件的排列方向正交的位置不同而不同。
2. 如权利要求1记载的超声波探头，其中  
还具有分割槽，用于将各个所述压电元件分割为多个，并在所述正交的方向上呈列状排列配置。
3. 如权利要求1或2记载的超声波探头，其中  
所述方向性设定单元构成为：所述压电元件的排列方向的宽度在所述正交方向的位置的中心部最窄，越向两端部越宽。
4. 如权利要求3记载的超声波探头，其中  
所述压电元件的宽度从所述正交方向上的位置的中心部向两端部连续地变宽。
5. 如权利要求3记载的超声波探头，其中  
所述压电元件的宽度从所述正交方向上的位置的中心部向两端部呈阶梯状地变宽。
6. 如权利要求1或2记载的超声波探头，其中  
具有形成在所述压电元件上的1层以上的声匹配层，  
所述方向性设定单元构成为：在所述声匹配层的所述正交方向位置的中心部的所述排列方向的分割数最多，越向两端部所述排列方向上的分割数越少。
7. 如权利要求1或2记载的超声波探头，其中  
所述压电元件的厚度 $T$ 因所述正交方向的位置不同而不同，  
所述方向性设定单元构成为：所述压电元件的宽度 $W$ 与厚度 $T$ 之比 $W/T$ 从所述正交方向的位置的中心部向两端部为预定范围的值。
8. 如权利要求6记载的超声波探头，其中  
所述宽度 $W$ 和所述厚度 $T$ 之比 $W/T$ 从所述正交方向的位置的中心部向两端部连续地或者呈阶梯状地成为预定范围的值。
9. 如权利要求1或2记载的超声波探头，其中  
与所述正交方向的位置无关均匀地形成所述多个压电元件的厚

度。

10. 如权利要求 1 或 2 记载的超声波探头，其中所述方向性设定单构成为：超声波探头的方向性在所述正交方向的位置的中心部最低，越向两端部越高。

11. 如权利要求 1 或 2 记载的超声波探头，其中所述压电元件的收发频率在所述正交方向的位置的中心部最高，越向两端部越低。

## 超声波探头

### 技术领域

本发明涉及超声波诊断装置等中使用的超声波探头。

### 背景技术

现有技术的超声波探头如图 21 所示，为了收发超声波而在 Y 方向排列多个压电元件 91，在压电元件 91 的背面设置了背面负载材料 92，该背面负载材料 92 使从压电元件 91 传送来的无用的超声波发生衰减并机械地保持压电元件 91。而且，制作成与排列方向 Y 正交的方向 X 位置处的压电元件 91 的厚度在中心附近较薄、向两端部逐渐变厚的不均匀的曲面形状。具有如下特征：如上所述，通过使压电元件 91 的厚度相对于 X 方向的位置不均匀，从而超声波束的焦深变长，可得到宽频带的频率特性并提高分辨率（例如参照下述的专利文献 1）。

专利文献 1：特开平 7-107595 号公报（图 7、图 18）

但是，所述现有技术的超声波探头的结构存在以下的问题。因为压电元件 91 的 X 方向位置的中心附近厚度较薄，故可以收发高频分量的超声波，而向两端逐渐变厚，故可以收发低频分量的超声波。另一方面，压电元件 91 在排列方向 Y 上的宽度与 X 方向相同。

因此，压电元件 91 的 X 方向位置的中心部厚度较薄而频率较高、越往两端部越厚而频率越低，在这种结构中，压电元件 91 的超声波的方向性在频率高的中心部较高，而在频率较低的两端部变低。在压电元件 91 的排列方向 Y 上，施加电子延迟以对多个压电元件 91 进行相位控制，使超声波会聚或者发生偏转，故为了得到高分辨率的超声波图像，而希望超声波的方向性较低。

但是，现有技术的结构存在如下问题：因为压电元件 91 的 X 方向位置的中心部方向性高，所以可控制相位的范围变窄，结果难以得到高分辨率的超声波图像。此外，为了降低频率较高的 X 方向位置处的中心部附近的方向性（使预定灵敏度角度范围变宽），可以使压电元件 91 的排列与中心部的高频相一致地变窄，但是，如果采

用该结构，则两端部的厚度较厚的压电元件 91 的柱 (column) 将变高，制作非常困难。

### 发明内容

本发明是为解决所述现有技术的问题而进行的，其目的在于提供一种超声波探头，可以在与压电元件的排列方向正交的方向上的各个位置实现所希望的超声波方向性，并进一步降低超声波方向性，使用多个压电元件的排列自由地控制相位，并可将超声波束会聚得较细，此外，可以使超声波束发生偏转，得到分辨率较高的超声波图像。

为到达所述目的，本发明的超声波探头的结构具有：多个压电元件，排列在一个方向上并收发超声波；方向性设定单元，设定超声波方向性，该超声波方向性根据与所述压电元件的排列方向正交的方向的位置不同而有所不同。

通过该结构，可按照与压电元件的排列方向正交的方向的位置将超声波方向性变成所希望的特性，所以，可使用多个压电元件的排列自由地控制相位，并可将超声波束会聚得较细，此外，可使超声波束发生偏转，故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

进而，本发明的超声波探头的结构为：具有分割槽，其将各个所述压电元件分割为多个，并在所述正交方向上呈列状排列配置。

通过采用该结构，可按照与压电元件的排列方向正交的方向的位置将超声波方向性变成所希望的特性，故可以使用多个压电元件的排列自由地控制相位，并可将超声波束会聚得较细，此外，可使超声波束发生偏转，因此，可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且，本发明的超声波探头的特征在于，所述方向性设定单元以所述压电元件的排列方向的宽度在所述正交方向位置的中心部最窄、越向两端部越宽的方式构成。

通过采用该结构，可根据与压电元件的排列方向正交的方向的位置将超声波方向性变低（使预定灵敏度角度范围变宽），因而，可以使用多个压电元件的排列自由地控制相位，并可将超声波束会聚得较细，此外，可使超声波束发生偏转，故可得到提供分辨率较高

的超声波图像的超声波探头。

并且,本发明的超声波探头的特征在于,所述压电元件的宽度从所述正交方向的位置的中心部向两端部连续地变宽。

通过采用该结构,可按照与压电元件的排列方向正交的方向的位置使超声波方向性变低,故可使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使超声波束发生偏转,因而,可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且,本发明的超声波探头的特征在于,所述压电元件的宽度从所述正交方向的位置的中心部向两端部呈阶梯状地变宽。

通过采用该结构,可按照与压电元件的排列方向正交的方向的位置使超声波方向性变低,所以,可使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使超声波束发生偏转,故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且,本发明的超声波探头的特征在于:具有形成在所述压电元件上的1层以上的声匹配层,所述方向性设定单元在所述声匹配层的所述正交方向位置的中心部之所述排列方向的分割数最多,越向两端部所述排列方向的分割数越少。

通过采用该结构,可根据与压电元件的排列方向正交的方向的位置使超声波方向性变低,因此,可使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使超声波束发生偏转,故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且,本发明的超声波探头的特征在于:所述压电元件的厚度 $T$ 因所述正交方向的位置不同而不同,所述方向性设定单元构成为:所述压电元件的宽度 $W$ 与厚度 $T$ 的比 $W/T$ 从所述正交方向的位置的中心部向两端为预定范围的值。

通过采用该结构,可按照与压电元件的排列方向正交的方向的位置使超声波方向性变低,故可以使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使超声波束发生偏转,故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且,本发明的超声波探头的特征在于:所述宽度 $W$ 和所述厚度 $T$ 的比 $W/T$ 从所述正交方向的位置的中心部向两端部连续地或者呈阶梯状地成为预定范围的值。

通过采用该结构,可得到宽频带的频率特性,并且可得到高灵敏度,并可进一步将超声波的方向性降低,因而,可以使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使超声波束发生偏转,故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且,本发明的超声波探头的特征在于:与所述正交方向的位置无关均匀地形成所述多个压电元件的厚度。

通过采用该结构,多个压电元件排列在一个方向上,同时在与所述排列方向正交的方向上被分割,即使在与所述正交方向的位置无关均匀地形成厚度的情况下,也可以按照与压电元件的排列方向正交的方向的位置而使超声波方向性降低,因此,可使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使超声波束发生偏转,故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且,本发明的超声波探头的特征在于,所述方向性设定单构成为,超声波探头的方向性在所述正交方向的位置的中心部最低、向两端部逐渐变高。

通过采用该结构,可按照与压电元件的排列方向正交的方向的位置而使超声波方向性变低,所以,可使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使超声波束发生偏转,故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且,本发明的超声波探头的特征在于:所述压电元件的收发频率在所述正交方向的位置的中心部最高,向两端部逐渐变低。

通过采用该结构,即使在压电元件的正交方向位置的中心部的频率最高、而向两端部逐渐变低的情况下,也可以将与压电元件的排列方向正交的方向的超声波方向性降低,故可使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使超声波束发生偏转,故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

按照本发明,可按照与压电元件的排列方向正交的方向的位置而将超声波方向性变为所希望的特性,因此,可以使用多个压电元件的排列自由地控制相位,并可将超声波束会聚得较细,此外,可使

超声波束发生偏转，故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

#### 附图说明

图 1 是表示本发明第 1 以及第 4 实施方式的超声波探头的概况的俯视图。

图 2 是沿图 1 中的线 A-A' 的侧面剖面图。

图 3 是表示本发明第 2 实施方式的超声波探头的概况的俯视图。

图 4 是沿图 3 中的线 B-B' 的侧面剖面图。

图 5 是表示本发明第 3 实施方式的超声波探头的概况的俯视图。

图 6 是图 5 的侧面剖面图。

图 7 是沿图 5 中的线 C-C' 的侧面剖面图。

图 8 是沿图 5 中的线 D-D' 的侧面剖面图。

图 9 是表示本发明第 5 实施方式的超声波探头的概况的俯视图。

图 10 是图 5 的侧面剖面图。

图 11 是表示本发明第 6 以及第 9 实施方式的超声波探头的概况的俯视图。

图 12 是沿图 11 中的线 A-A' 的侧面剖面图。

图 13 是表示本发明第 7 实施方式的超声波探头的概况的俯视图。

图 14 是沿图 13 中的线 B-B' 的侧面剖面图。

图 15 是表示本发明第 8 实施方式的超声波探头的概况的俯视图。

图 16 是图 15 的侧面剖面图。

图 17 是沿图 15 中的线 C-C' 的侧面剖面图。

图 18 是沿图 15 中的线 D-D' 的侧面剖面图。

图 19 是表示本发明第 10 实施方式的超声波探头的概况的俯视图。

图 20 是沿图 19 中的线 E-E' 的侧面剖面图。

图 21 是表示现有技术的超声波探头的概况的立体图。

#### 具体实施方式

### (第1实施方式)

下面使用附图对本发明的实施方式的超声波探头进行说明。图1、图2示出本发明第1实施方式的超声波探头。图1是俯视图，图2是沿图1的线A-A'的侧面剖面图。

图1、图2中，该超声波探头具有：为了在Z方向收发超声波而在Y方向排列多个的压电元件1；设置在压电元件1上表面的共用接地电极2；分别设置在各个压电元件1背面的多个信号用电极3；分别从各个信号用电极3取出信号的多个信号用电气端子4；背面负载材料5，具有机械地保持压电元件1的背面并根据需要使无用的超声波信号发生衰减的功能。压电元件1使用PZT系等的压电陶瓷、单晶等。通过蒸镀、溅射金或银、或者焊接银等分别在压电元件1的上表面、背面形成接地电极2和信号用电极3。

图1中，按照需要决定在排列方向Y上相邻的压电元件1的间距6。例如，以电子方式对超声波束进行相位控制使其偏转的、所谓电子扇形类型(sector type)中，压电元件1的排列数是64~128个，根据光栅波瓣(grating lobe)的产生角度的关系，通常，相邻压电元件1的间距6为二分之一波长，而当频率为2.5MHz时，生物体介质的声速是1.54km/s的情况下为0.308mm。

此外，对于各个压电元件1的排列方向Y上的宽度W来说，为了使X方向位置的中心附近为最窄的宽度 $W_{min}$ 、向两端部逐渐变宽、在两端部成为最大宽度 $W_{max}$ ，而在相邻的压电元件1之间形成了槽7。这样，制作成压电元件1的排列方向Y上的宽度W因X方向的位置而不同的结构，由此，可通过宽度W、频率、方向性之间的关系较容易地改变方向性。

因此，相邻的压电元件1之间形成的槽7的宽度与压电元件1的宽度W相反，在中心附近宽，而向两端部逐渐变窄。由于相邻的压电元件1在声学上独立振动，故优选与压电元件1声阻抗之差较大的材料，较理想的是气体(空气)，但为了使压电元件1稳定并避免机械地撞击，在该槽7中实际上填充硅橡胶、聚氨酯橡胶等材料以及在这些材料中混入了无机物或者有机物的粉状体的材料。这样，作为制作成压电元件1的宽度W因X方向的位置而不同的结构的方法，可通过组合激光束和化学刻蚀的加工方法或者在对压电元

件 1 进行了构图的掩模的状态下用喷砂器等进行加工的方法等来进行。

图 2 是表示图 1 中的线 A-A' 的剖面的图，压电元件 1 的 Z 方向的厚度 T 形成因 X 方向的位置不同而不同，在该例中形成如下的曲面形状：中心部附近的压电元件 1 的厚度 T 为最小值 (Tmin)，越往两端部越厚，在两端部为最大值 (Tmax)。象这样，对于 Y 方向上排列了多个的压电元件 1 的短轴方向 X，压电元件 1 的厚度 T 最薄的中心部可收发高频分量，压电元件 1 向两端部逐渐变厚，所以，可收发频率低的分量，由此，使超声波束的焦深变长，并且得到宽频带的频率特性。

另一方面，对于在 Y 方向上排列了多个的压电元件 1，使各个压电元件 1 电子延迟以进行相位控制，并使超声波束发生偏转，此时，压电元件 1 的方向性对性能影响较大。即，进行相位控制的情况下，当各个压电元件 1 的方向性较低时，相位控制的自由度增加，较理想。表示该方向性的方向系数由一般熟知的下述公式进行计算。

$$\text{Re}(\theta) = \sin(\pi \cdot a \cdot \sin \theta / \lambda) / (\pi \cdot a \cdot \sin \theta / \lambda) \quad \cdots (1)$$

此处，a 是压电元件 1 的宽度 W，λ 是波长 (介质的声速/频率)。由上式可知，方向系数 Re (θ) 具有随压电元件 1 的宽度 W，即 a 的变窄而变小的趋势，此外，还具有随频率变高而变大的趋势。

该超声波探头通过从超声波诊断装置等的主机经由信号用电气端子 4、以及从接地端子 2 引出的接地用电气端子 (未图示) 来施加电信号，由此，压电元件 1 进行机械振动并发送以及接收超声波，将生物体作为被检测体的超声波诊断装置用超声波探头是一种所谓的传感器，用于：直接接触或者通过超声波传播介质间接地与生物体接触并对生物体发送超声波，超声波探头再次接收从生物体反射回来的反射波后，在主机中对该信号进行处理，在监视器上显示诊断图像并进行诊断。

该方式一般为：对 Y 方向上排列的多个压电元件 1 的每个施加收发时间的延迟来进行相位控制，将超声波束会聚到所希望的位置上进行高分辨率化，或者使超声波束发生偏转后以扇形形状进行扫

描。例如，在图 1、图 2 所示的结构中，对于使用等同于 PZT-5H 的压电陶瓷作为压电元件 1，将两端部的中心频率设定为 2.5MHz、将中心部设定为 5MHz 时的压电元件 1 的厚度  $T$  来说，根据材料常数可得出中心部  $T_{\min}$ =约 0.3mm，向两端部逐渐变厚，两端部的厚度  $T_{\max}$ =约 0.6mm。

另一方面，关于配置方向  $Y$  如前所述，如果基本上将间距  $6$  设定为二分之一波长，由于频率=5MHz，故压电元件 1 的中心部的宽度  $W_{\min}$  为 1 个波长 (0.308mm) 的二分之一，即  $W_{\min}=0.154\text{mm}$ 。压电元件 1 的宽度从该宽度  $W_{\min}$  向两端部逐渐连续地变宽 (曲面形状)，到两端部时，因为频率=2.5MHz，故宽度  $W_{\max}$  变为 0.308mm。如果采用这样的结构，则即使频率随着从压电元件 1 的  $X$  方向的位置的中心部向两端部发生变化，因为压电元件 1 的排列方向  $Y$  的宽度  $W$  因  $X$  方向的位置而不同，故可以在中心部和两端部确保大致相同的所期望的方向性。

此外，可根据目的不同，与  $X$  方向的位置对应地适时改变 (方向性设定单元) 压电元件 1 的排列方向  $Y$  的宽度  $W$ ，由此，可按照  $X$  方向的位置来改变方向特性。此外， $X$  方向位置的中心附近的压电元件 1 的高频是在超声波图像上表示较近的距离 (深度较浅的位置) 的趋势，因为希望距离越近方向角度越宽，因为希望方向性更低，故将中心部的宽度  $W_{\min}$  制作得更窄，使方向性比两端部低。因此，由于具有压电元件 1 中心附近的高频分量的部分也可以降低方向性，故可通过使用多个压电元件 1 的排列数而自由地控制相位，并可将超声波束会聚得较细，此外，可使超声波束发生偏转，故能够得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且，在第 1 实施方式中，对在位于压电元件 1 上表面侧的接地电极 2 上什么也没有设置的结构进行了说明，但是，即使采用在接地电极 2 的上表面上形成了 1 层以上的声匹配层的超声波探头的结构，也可得到相同的效果。此外，在第 1 实施方式中，对使用了 PZT 等压电陶瓷或者单晶作为压电元件 1 的结构进行了说明，但是，除此以外，制作成使用了复合压电体作为压电元件 1 的超声波探头的结构也可得到相同的效果，该复合压电体是将压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。

### (第2实施方式)

然后,在图3、图4中示出本发明第2实施方式的超声波探头。图3、图4中,该超声波探头具有:为了在Z方向收发超声波而在Y方向排列了多个的压电元件11;设置在压电元件11上表面的共用接地电极12;分别设置在各个压电元件11背面的多个信号用电极13;分别从各个信号用电极13取出信号的多个信号用电气端子14;背面负载材料15,具有机械地保持压电元件11的背面,并按照规定需要使无用的超声波信号发生衰减的功能。压电元件11使用PZT系等的压电陶瓷、单晶等。通过蒸镀、溅射金或银、或者焊接银等分别在压电元件11的上表面、背面形成接地电极12和信号用电极13。

此外,图3中,与第1实施方式相同,按照规定决定Y方向上相邻的压电元件11的间距16。例如,以电子方式对超声波束进行相位控制以使其偏转的所谓的电子扇形类型中,压电元件11的排列数一般是64~128个,间距16为二分之一波长,当频率是2.5MHz、介质的声速为1.54km/s的情况下为0.308mm。此处,压电元件11的宽度W在X方向位置的中心附近为最窄的宽度 $W_{min}$ ,向两端部呈阶梯状地变宽,两端部的宽度W为最大值 $W_{max}$ ,这一点与第1实施方式不同。

此外,图4是表示图3中的线B-B'剖面的图,压电元件11的Z方向的厚度T因X方向的位置不同而不同,在该例中制作成如下的形状:压电元件11的中心部附近的厚度T为最小值 $T_{min}$ ,向两端部厚度T逐渐变厚,两端部为最大值 $T_{max}$ 。该压电元件11的厚度T可以连续地变化,也可以呈阶梯状地变化。这样,对于压电元件11的短轴方向X,压电元件11的厚度T最薄的中心部可收发高频分量,压电元件向两端部变厚,故可收发频率低的分量,由此,超声波束的焦深变长,并且可得到宽频带的频率特性。

另一方面,对于Y方向上排列的压电元件11,以电子方式使各个压电元件11发生延迟来进行相位控制,并使超声波束发生偏转,此时,压电元件11的方向性对性能影响较大,这与第1实施方式中所述的情况相同。即,进行相位控制的情况下,当各个压电元件11的方向性较低时,相位控制的自由度增加。关于这些超声波探头的动作,因为与在第1实施例中说明的相同,所以在此处省略。

例如，在图 3、图 4 所示的结构中，对于使用等同于 PZT-5H 的压电陶瓷作为压电元件 11，将两端部的中心频率设定为 2.5MHz、将中心部设定为 5MHz 时的压电元件 11 的厚度  $T$  来说，中心部的  $T_{\min}$  = 约 0.3mm，向两端部逐渐变厚，两端部的厚度  $T_{\max}$  约为 0.6mm。另一方面，在排列方向  $Y$  上，如上所述，如果基本上将排列间距 16 设定为二分之一波长，由于为 5MHz，故中心部的最窄的压电元件 11 的宽度  $W_{\min}$  为 1 个波长=0.308mm 的二分之一，即  $W_{\min}=0.154\text{mm}$ 。

随着从该宽度  $W_{\min}$  向两端部扩展，例如，将频率的阶梯中心对称地，在单侧分为 6 份（两侧一共为 11 份），从而压电元件 11 的宽度  $W$  呈阶梯状地变宽。因此，中心部的高频为 5MHz，然后是 4.5MHz、4MHz、3.5MHz、3MHz，并且，在两端部设定为 2.5MHz，将各个宽度  $W$  设定为二分之一波长，这种情况下，在 5MHz 时宽度  $W$  为 0.154mm，在 4.5MHz 时为 0.171mm，在 4MHz 时为 0.193mm，在 3.5MHz 时为 0.22mm，在 3MHz 时为 0.257mm，并且，2.5MHz 时两端部的宽度最宽，为  $W_{\max}=0.308\text{mm}$ 。

如果采用这样的结构，则随着从  $X$  方向的位置的中心部逐渐向两端部扩展，即使频率呈阶梯状变化，对应于压电元件 11 的  $X$  方向位置的方向性，也由于改变了压电元件 11 的宽度  $W$  而可以确保大致相同的方向特性。因此，具有压电元件 11 中心附近的高频率分量的部位也可以使方向性降低，故可以使用压电元件 11 的多个排列数自由地控制相位，并可将超声波束会聚得较细，此外，可以使超声波束发生偏转，故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

此外，在第 2 实施方式中，对在接地电极 12 上表面为设置任何部件的结构进行了说明，但是，即使采用在接地电极 12 上表面形成了 1 层以上的声匹配层的超声波探头的结构，也可得到相同的效果。此外，在第 2 实施方式中，对使用了 PZT 等的压电陶瓷或单晶作为压电元件 11 的结构进行了说明，但是，除此以外，制作成使用了复合压电体作为压电元件 11 的超声波探头的结构也可得到相同的效果，该复合压电体是对压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。

并且，在加工方面、成本方面，呈阶梯状地改变压电元件 11 的宽度  $W$  比连续地改变宽度  $W$  有利。较理想的是，进一步对该阶梯进

行精密加工，制作成性能更优良的连续变化的类型。

### (第3实施方式)

然后，在图5~图8中示出本发明第3实施方式的超声波探头。该超声波探头具有：为了在Z方向收发超声波而在Y方向排列了多个的压电元件21；设置在压电元件21上表面的共用接地电极22；设置在接地电极22上表面的1层以上的声匹配层28（此处为1层声匹配层）；分别设置在各个压电元件21背面的多个信号用电极23；分别从各个信号用电极23取出信号的多个信号用电气端子24；背面负载材料25，具有机械地保持压电元件21的背面，并按照国家需要衰减无用的超声波信号的功能。压电元件21使用PZT系等的压电陶瓷、单晶等。通过蒸镀、溅射金或银、或者焊接银等分别在压电元件21的上表面、背面形成接地电极22和信号用电极23。

此处，与第1、第2实施方式不同，在压电元件21的短轴方向X上未改变宽度W，但声匹配层28的结构与第1、第2实施方式不同。即，声匹配层28在短轴方向X上被分割成多个区域。分割数为11个，但可根据目的适时地确定分割数。此外，声匹配层28采用如下结构：在排列方向Y上用分割槽27将短轴方向X位置的中心部分为6份，向两端部呈阶梯状地减少分割数。

为了说明声匹配层28的分割槽27的结构，图7、图8分别示出图5的C-C'和D-D'的剖面图。图7表示将声匹配层28分为6份的中央部分，图8表示与该中央部分相邻2个的分为4份的部分。优选这些声匹配层28的分割槽27的内部为空气的状态，但是，构成超声波探头较困难的情况下，可以使用柔软的树脂例如硅橡胶或聚氨酯橡胶、或者在这些树脂中填充了无机物等的粉状体的材料。此处，设置在声匹配层28的分割槽27也可以设置在压电元件21的一部分。

通过采用以上的结构，压电元件21在X方向位置的中心部进行具有较高频率的超声波的收发、并且随着向两端部逐渐扩展而进行具有较低频率的超声波的收发，此时，压电元件21的短轴方向X的宽度相同，但是，因为频率越高的部分声匹配层28的分割数越多，所以方向性变低。这利用了即使不分割压电元件21而用激光束、超声波切割器等对声匹配层28进行分割也可以使方向性降低的道理。

因此，可以解决 X 方向位置的中心部和两端部的方向特性不同、中心部变高的问题。

即，着眼于该超声波探头的方向特性与压电元件 21 的宽度、声匹配层 28 的宽度或分割数相关，朝向 X 方向的位置的中心增加声匹配层 28 的 Y 方向的分割数，由此，更接近点音源，使方向性降低。在本实施方式中，因为中心部是高频，所以方向性高，故为了使它降低，采用使声匹配层 28 的 X 方向位置的中心部的分割数最多，而随着向两端部扩展而阶梯状地减少声匹配层 28 的分割数的结构，由此，可得到大致相同的方向特性。

因此，即使具有压电元件 21 的 X 方向位置的中心附近的高频分量的部位也可以降低方向性，所以，可通过使用多个压电元件 21 的排列数自由地控制相位，可将超声波束会聚得较细，此外，可以使超声波束发生偏转，故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

此外，在第 3 实施方式中，对使用 PZT 等的压电陶瓷或单晶作为压电元件 21 的结构进行了说明，但是，制作成使用了复合压电体作为压电元件 21 的超声波探头的结构也可得到相同的效果，该复合压电体是对压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。此外，第 3 实施方式中，对压电元件 21 的排列方向 Y 上的宽度 W 在 X 方向上大致相同的情况进行了说明，但是，除此之外，即使制作成 X 方向的位置的中心部较窄而向两端部逐渐变宽的结构或者使用复合压电体作为压电元件 21 的超声波探头的结构也可得到相同的效果，该复合压电体是对压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。

#### (第 4 实施方式)

然后，参照图 1、图 2 对本发明第 4 实施方式的超声波探头进行说明。第 4 实施方式的结构与第 1 实施方式的结构相同，所以，省略说明，此处，只对第 4 实施方式的动作进行说明。

第 4 实施方式中，对于压电元件 1 的厚度  $T_{\min} \sim T_{\max}$  和宽度  $W_{\min} \sim W_{\max}$  连续不同，改变压电元件 1 的宽度 W 和厚度 T 之比  $W/T$ 。另一方面，该压电元件 1 的  $W/T$  如已经公知的那样，压电元件 1 的机电耦合系数  $k$  越高灵敏度越高，此外，也可以为使频率的中心频率与带宽之比（比带域）也变宽。这与  $W/T$  有很大关系，等同于

PZT-5H 的压电陶瓷材料中，在  $W/T$  为  $0.5 \sim 0.6$  附近机电耦合系数  $k$  最高。

因此，压电元件 1 的 X 方向位置的中心部附近厚度  $T$  最薄，所以，与该厚度  $T$  对应地设定为  $W/T$  为  $0.5 \sim 0.6$  这样的宽度  $W$ ，并且，压电元件 1 的厚度  $T$  向两端部逐渐变厚，故逐渐变宽以达到作为预定范围的值的、 $W/T$  为  $0.5 \sim 0.6$  的宽度。由此，机电耦合系数  $k$  无论在哪个区域中都相同，故可得到良好的特性（频率特性灵敏度）。

并且，在与排列方向  $Y$  正交的方向  $X$  上改变压电元件 1 的厚度  $T$  以使频率发生变化的压电元件中，如果从中心部到两端部都设为相同的压电元件 1 的宽度  $W$  时，压电元件 1 中心部较薄的部位的  $W/T$  将变大。 $W/T$  超过  $0.6$  时，在宽度方向  $Y$  上也发生振动，故一旦该频率接近厚度方向  $Z$  的振动频率时，将对频率特性产生不良影响。本实施方式采用也可以降低上述宽度方向  $Y$  上的振动频率的不良影响的结构。

当采用如上所述的结构时，具有压电元件 1 的 X 方向位置的中心附近之高频分量的部位也可以使方向性降低，并且，作为压电元件 1 的机电耦合系数  $k$  具有较高的值，进而，可降低宽度振动的频率的影响，故具有较高的灵敏度和较宽的频带，并可将超声波束会聚得较细，因而，可得到提供分辨率较高的超声波图象的超声波探头。

并且，在第 4 实施方式中，对压电元件 1 的厚度  $T_{\min} \sim T_{\max}$  和宽度  $W_{\min} \sim W_{\max}$  连续地变化的情况进行了说明，但是，除此之外，也可使压电元件 1 的厚度  $T_{\min} \sim T_{\max}$  和宽度  $W_{\min} \sim W_{\max}$  二者阶梯状地变换，或者即使只使厚度  $T$  或者只使宽度  $W$  呈阶梯状变化，也可得到相同的效果。

#### （第 5 实施方式）

图 9、图 10 示出本发明第 5 实施方式的超声波探头。在图 9、图 10 中，该超声波探头具有：为了在  $Z$  方向收发超声波而在  $Y$  方向排列了多个的压电元件 41；设置在压电元件 41 上表面的共用接地电极 42；分别设置在各个压电元件 41 背面的多个信号用电极 43；分别从各个信号用电极 43 取出信号的多个信号用电气端子 44；背面负

载材料 45, 具有机械地保持压电元件 41 的背面, 并按照需要衰减无用的超声波信号的功能。压电元件 41 使用 PZT 系等的压电陶瓷、单晶等。通过蒸镀、溅射金或银、或者焊接银等分别在压电元件 41 的上表面、背面形成接地电极 42 和信号用电极 43。

此外, 本实施方式与第 1 实施方式的不同在于: 如图 9、图 10 所示, 压电元件 41 相对短轴方向 X 具有大致均匀的厚度 T, 并且, 未在短轴方向 X 上进行分割。压电元件 41 的厚度 T 均匀, 可在短轴方向 X 上收发大致相同频率的超声波, 但是, 即使具有相同频率也可以改变压电元件 41 的宽度 W, 由此可按照与压电元件 41 的排列方向正交的方向的位置来改变方向性。图 9 中, 制作成压电元件 41 的宽度在 X 方向的位置的中心部为最小的宽度  $W_{min}$ , 随着向两端部扩展宽度逐渐变宽的结构, 在两端部, 压电元件 41 的宽度 W 为最大的  $W_{max}$ 。

通过采用这样的结构, 压电元件 41 的方向性具有如下特性: 在短轴方向 X 的中心部方向性最低, 向两端部逐渐变高。该结构与第 5 实施方式中所说明的压电元件的 X 方向的作用相同, 省略其说明, 但是因为压电元件 41 短轴方向 X 未分割, 故为没有电气控制的结构。因此, 在压电元件 41 的短轴方向 X 上, 以在中心部的区域附近的较小开口进行超声波束的控制, 故可得到近距离区域的分辨率较高的超声波图像。

此外, 在第 5 实施方式中, 对在接地电极 42 上什么也没有设置的结构进行了说明, 但是, 即使采用形成了 1 层以上的声匹配层的超声波探头的结构, 也可得到相同的效果。此外, 在第 5 实施方式中, 对使用 PZT 等的压电陶瓷或单晶作为压电元件 41 的结构进行了说明, 但是, 除此以外, 制作成使用了复合压电体作为压电元件 41 的超声波探头的结构也可得到相同的效果, 该复合压电体是复合压电陶瓷和有机高分子复合压电体。

#### (第 6 实施方式)

以下, 使用附图对本发明实施方式的超声波探头进行说明。图 11、图 12 示出本发明第 6 实施方式的超声波探头。图 11 是俯视图, 图 12 是沿图 11 的线 A-A' 的侧面剖面图。

图 11、图 12 中, 该超声波探头具有: 压电元件 51, 为了在 Z

方向收发超声波而在 Y 方向排列多个, 并被大致平行于 Y 方向的分割槽 57b 分割成在 X 方向上配置多个; 设置在压电元件 51 上表面的共用接地电极 52; 分别设置在各个压电元件 51 背面的多个信号用电极 53; 分别从各个信号用电极 53 取出信号的多个信号用电气端子 54; 背面负载材料 55, 具有机械地保持压电元件 51 的背面, 并按照需要衰减无用的超声波信号的功能。压电元件 51 使用 PZT 系等的压电陶瓷、单晶等。通过蒸镀、溅射金或银、或者焊接银等分别在压电元件 51 的上表面、背面形成接地电极 52 和信号用电极 53。

图 11 中, 按照需要决定在排列方向 Y 上相邻的压电元件 51 的间距 56。例如, 以电子方式对超声波束进行相位控制并使其偏置的、所谓电子扇形类型中, 压电元件 51 的排列数是 64~128 个, 根据光栅波瓣的产生角度的关系, 相邻的压电元件 51 的间距 56 一般为二分之一波长, 当频率为 2.5MHz, 生物体介质的声速为 1.54km/s 的情况下为 0.308mm。

此外, 对于各个压电元件 51 的排列方向 Y 的宽度 W 来说, X 方向位置的附近为最窄的宽度  $W_{min}$ , 向两端部逐渐变宽, 在两端部为最大宽度  $W_{max}$ , 在相邻的压电元件 51 之间形成槽 57。这样, 采用压电元件 51 的排列方向 Y 上的宽度 W 因 X 方向的位置不同的结构 (方向性设定单元), 由此, 可容易地使方向性发生变化。

因此, 在相邻的压电元件 51 之间形成的槽 57 的宽度与压电元件 51 的宽度 W 相反, 中心部附近宽, 而随着向两端部扩展而逐渐变窄。由于相邻的压电元件 51 在声学上独立振动, 故优选该与压电元件 51 声阻抗之差较大的材料, 较理想的是气体 (空气), 但为了使压电元件 51 稳定并避免机械碰撞, 实际上在该槽 57 中填充硅橡胶、聚氨酯橡胶等材料以及在这些材料中混入无机物或者有机物的粉状体的材料。由此, 制作成压电元件 51 的宽度 W 因 X 方向的位置不同的结构的方法, 可通过组合激光和化学刻蚀的加工法或者在对压电元件 51 进行构图的掩模的状态下用喷砂器等进行加工的方法等来进行。

并且, 在压电元件 51 中, 在与压电元件 51 的排列方向 Y 正交的方向 X 上设置了与排列方向 Y 平行的多个分割槽 57b, 在正交方向 X (以下, 称为短轴方向) 上分割压电元件 51。图 11 中示出分为 5 份

的状态，但是，可按照目的来设定分割数。并且，可以在压电元件 51 上设置分割槽 51b、在分割槽 51b 中填充了填充材料之后再设置接地电极 52。此外，信号用电极 53 与压电元件 51 一起被分割槽 57b 分割，此外，如图 12 所示，分割到深入背面负载材料 55 的一部分，分别从所述被分割的信号用电极 53 抽出信号用电气端子 54。关于抽出信号用电气端子 54 之后的端子的连接，可根据目的而改变，但是，此处，示出将中心的信号用电气端子 54 作为对象的连接结构。这样的结构是以二维方式排列了多个压电元件 51 的类型，称为所谓的 2 维阵列。

图 12 是表示图 11 中的线 A-A' 的剖面的图，压电元件 51 的 Z 方向的厚度 T 以因 X 方向的位置不同而不同的方式形成，在该例中，形成为如下方式的曲面形状：中心部附近的压电元件 51 的厚度 T 为最小值 (T<sub>min</sub>)，向两端部厚度逐渐变厚，在两端部为最大值 (T<sub>max</sub>)。这样，对于 Y 方向上排列了多个的压电元件 51 的短轴方向 X，压电元件 51 的厚度 T 最薄的中心部可以采用较高的频率分量进行收发，随着向两端部扩展压电元件 51 变厚，所以，可以采用频率较低的分量进行收发，由此，超声波束的焦深变长，并且可得到宽频带的频率特性。

另一方面，对于在 Y 方向上排列了多个的压电元件 51，使各个压电元件 51 以电子方式延迟来进行相位控制，并使超声波束发生偏转，此时，压电元件 51 的方向性对性能影响很大。即，进行相位控制的情况下，当各个压电元件 51 的方向性较低时，进行相位控制的自由度增加，比较理想。表示该方向性的方向系数一般以熟知的下述公式进行计算：

$$\text{Re}(\theta) = \sin(\pi \cdot a \cdot \sin \theta / \lambda) / (\pi \cdot a \cdot \sin \theta / \lambda)$$

此处，a 是压电元件 51 的宽度 W，λ 是波长 (介质的声速 / 频率)。由上式可知，方向系数 Re (θ) 具有随压电元件 51 的宽度 a 变窄而变小的趋势，此外，还具有随频率变高而变大的趋势。

该超声波探头通过从超声波诊断装置等的主机经由信号用电气端子 54、和从接地端子 52 引出的接地用电气端子 (未图示) 来施加电信号，由此，压电元件 51 进行机械振动并收发超声波，将生物体作为被检测体的超声波诊断装置用超声波探头是这样一种所谓的传

感器，用于：直接接触或者通过超声波传播介质间接地与生物体接触并对生物体发送超声波，超声波探头再次接收从生物体反射回来的反射波，在主机中对该信号进行处理，在监视器上显示诊断图像并进行诊断。

作为该方式一般为：对 Y 方向上排列的多个压电元件 51 中的每一个施加收发的时间延迟来进行相位控制，将超声波束会聚到所希望的位置上并进行高分辨率化，或者使超声波束发生偏转以扇形形状进行扫描。例如，在图 11、图 12 所示的结构中，对于使用等同于 PZT-5H 的压电陶瓷作为压电元件 51，将两端部的中心频率设定为 2.5MHz、将中心部设定为 5MHz 时的压电元件 51 的厚度 T 来说，中心部为  $T_{min}$ =约 0.3mm，向两端部逐渐变厚，两端部的厚度为  $T_{max}$ =约 0.6mm。

另一方面，关于配置方向 Y 如前所述，如果基本上将间距 56 设定为二分之一波长，则由于频率=5MHz，故压电元件 51 中心部的宽度  $W_{min}$  为 1 个波长 (0.308mm) 的二分之一，即  $W_{min}=0.154mm$ 。随着向两端部扩展，压电元件 51 的宽度从该宽度  $W_{min}$  逐渐连续地变宽 (曲面形状)，到两端部时，由于频率=2.5MHz，故宽度  $W_{max}$  变为 0.308mm。如果采用这样的结构，则即使频率随着从中心部向两端部扩展而发生变化，因为压电元件 51 的排列方向 Y 上的宽度 W 因 X 方向的位置不同而有所不同，故与压电元件 51 的 X 方向的位置对应的方向性可确保大致相同的方向性。

此外，根据目的不同，在 X 方向适时地改变压电元件 51 的排列方向 Y 的宽度 W，由此，可按照 X 方向的位置改变方向特性。此外，X 方向位置的中心附近的压电元件 51 的高频是在超声波图像上表示较近的距离 (深度较浅的位置) 的趋势，并且希望方向性更低，所以，采用将中心部的宽度  $W_{min}$  作得更窄，并使方向性比两端部更低的结构。因此，由于具有压电元件 51 的中心附近的高频分量的部位也可以降低方向性，故可通过使用多个压电元件 51 的排列数自由地控制相位，由此，可将超声波束会聚得较细，此外，可使超声波束发生偏转，故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

并且，在第 6 实施方式中，对位于压电元件 51 上表面侧的接地电极 52 上什么也没有设置的结构进行了说明，但是，即使采用在接

地电极 52 的上表面形成 1 层以上的声匹配层的超声波探头的结构,也可得到相同的效果。此外,在第 6 实施方式中,对使用 PZT 等的压电陶瓷或单晶作为压电元件 51 的结构进行了说明,但是,除此以外,制作成使用了复合压电体作为压电元件 51 的超声波探头的结构也可得到相同的效果,该复合压电体是对压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。

(第 7 实施方式)

然后,在图 13、图 14 中示出本发明第 7 实施方式的超声波探头。图 13、图 14 中,该超声波探头具有:为了在 Z 方向收发超声波而在 Y 方向排列多个的、在 X 方向上被分割为多个的压电元件 61;设置在压电元件 61 上表面的共用接地电极 62;分别设置在各个压电元件 61 背面的多个信号用电极 63;分别从各个信号用电极 63 取出信号的多个信号用电气端子 64;背面负载材料 65,具有机械地保持压电元件 61 的背面,并按照需要衰减无用的超声波信号的功能。压电元件 61 使用 PZT 系等的压电陶瓷、单晶等。通过蒸镀、溅射金或银、或者焊接银等分别在压电元件 61 的上表面、背面形成接地电极 62 和信号用电极 63。

此外,图 13 中,与第 6 实施方式相同,按照需要决定 Y 方向上相邻的压电元件 61 的间距 66。例如,以电子方式对超声波束进行相位控制并使其发生偏转的所谓电子扇形类型中,压电元件 61 的排列数一般是 64~128 个,间距 66 为二分之一波长,当频率为 2.5MHz,介质的声速为 1.54km/s 的情况下为 0.308mm。此外,压电元件 61 的宽度 W 构成为: X 方向位置的中心附近为最窄的宽度  $W_{min}$ ,向两端部呈阶梯状地变宽,两端部的宽度 W 为最大值  $W_{max}$ 。

此外,在压电元件 61 的短轴方向 X 上设置多个分割槽 67b,在短轴方向 X 上分割各个压电元件 61。压电元件 61 的短轴方向 X 的宽度 W 从呈阶梯状地从  $W_{min}$  变化到  $W_{max}$ ,并且,压电元件 61 的宽度 W 每次变化都以分割槽 67b 进行分割。这点与第 6 实施方式不同。图 13、图 14 中示出分为 11 份的状态,但是,可按照目的设定分割数。并且,可在压电元件 61 上设置分割槽 67b、在分割槽 67b 中填充了填充材料之后进行设置接地电极 62。此外,信号用电极 63 与压电元件 61 一起被分割槽 67b 分割,此外,如图 14 所示,分割到深入背

面负载材料 65 的一部分的深度，并从所述被分割的信号用电极 63 分别抽出信号用电气端子 64。关于抽出信号用电气端子 64 之后的端子的连接，可根据目的而改变，但此处，示出将中心的信号用电气端子 64 对称地连接的结构。这样的结构是压电元件 61 以 2 维方式排列多个的类型，是被称为所谓的 2 维阵列的结构。

此外，图 14 是表示图 13 中的线 B-B' 的剖面的图，压电元件 61 的 Z 方向的厚度 T 因 X 方向的位置不同而不同，在该例中，形成为如下形状：压电元件 61 的中心部附近的厚度 T 为最小值  $T_{\min}$ ，向两端部厚度 T 逐渐变厚，两端部为最大值  $T_{\max}$ 。该压电元件 61 的厚度 T 可以连续地变化，也可以阶梯状地变化。这样，对于压电元件 61 的短轴方向 X，压电元件 61 的厚度 T 最薄的中心部可收发高频分量，向两端部压电元件变厚，故可收发频率较低的分量，由此，超声波束的焦深变长，并可得到宽频带的频率特性。

另一方面，对于 Y 方向排列的压电元件 61，使各个压电元件 61 以电子方式延迟以进行相位控制，并使超声波束发生偏转，此时，压电元件 61 的方向性对性能影响很大，这与第 6 实施方式中所述的相同。即，进行相位控制的情况下，当各个压电元件 61 的方向性较低时，进行相位控制的自由度增加。关于这些超声波探头的动作，因为与第 6 实施方式说明的相同，所以在此处省略。

例如，图 13、图 14 所示的结构中，对于使用等同于 PZT-5H 的压电陶瓷作为压电元件 61，将两端部的中心频率设定为 2.5MHz、将中心部设定为 5MHz 时的压电元件 61 的厚度 T 来说，中心部为  $T_{\min}$  = 约 0.3mm，向两端部逐渐变厚，两端部的厚度  $T_{\max}$  约为 0.6mm。另一方面，在排列方向 Y 上，如上所述，如果基本上将排列间距 66 设定为二分之一波长，则由于为 5MHz，故中心部的最窄的压电元件 61 的宽度  $W_{\min}$  为 1 个波长 = 0.308mm 的二分之一，即  $W_{\min} = 0.154\text{mm}$ 。

随着从该宽度  $W_{\min}$  向两端部扩展，例如，将频率的阶梯以中心对称方式在单侧分为 6 份（两侧一共分为 11 份），从而压电元件 61 的宽度 W 呈阶梯状地变宽。因此，中心部的高频为 5MHz，然后是 4.5MHz、4.0MHz、3.5MHz、3MHz，并且在两端部设定为 2.5MHz，此外，将各个宽度 W 设定为二分之一波长的情况下，5MHz 时宽度 W 为 0.154mm，4.5MHz 时为 0.171mm，4MHz 时为 0.193mm，3.5MHz 时为

0.22mm, 3MHz 时为 0.257mm, 并且, 2.5MHz 时两端部宽度最宽, 为  $W_{\max}=0.308\text{mm}$ 。

如果采用上述的结构, 则随着从 X 方向的位置的中心部向两端部扩展, 即使频率呈阶梯状地变化, 对于压电元件 61 的排列方向 Y 的方向性来说, 因为压电元件 61 的宽度 W 发生了变化, 所以可确保大致相同的方向特性。因此, 具有压电元件 61 的中心附近的高频分量的部位也可使方向性降低, 因而, 可以使用压电元件 61 的多个排列数自由地进行相位控制, 由此, 可将超声波束会聚得较细, 再有, 可使超声波束发生偏转, 故可得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

此外, 在第 7 实施方式中, 对在接地电极 62 上表面上什么也没有设置的结构进行了说明, 但是, 即使采用在接地电极 62 的上表面形成了 1 层以上的声匹配层的超声波探头的结构, 也可得到相同的效果。此外, 在第 7 实施方式中, 对使用 PZT 等的压电陶瓷或单晶作为压电元件 61 的结构进行了说明, 但是, 除此以外, 采用使用了复合压电体作为压电元件 61 的超声波探头的结构也可得到相同的效果, 该复合压电体是对压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。

并且, 在加工方面、成本方面, 呈阶梯状地改变压电元件 61 的宽度 W 比连续地改变宽度 W 更有利。较理想的是, 进一步对该阶梯进行精密加工, 制作成性能更优良的连续变化的类型。

#### (第 8 实施方式)

然后, 在图 15~图 18 中示出本发明第 8 实施方式的超声波探头。该超声波探头具有: 为了在 Z 方向收发超声波而在 Y 方向排列多个的、在 X 方向被分割为多个的压电元件 71; 设置在压电元件 71 上表面的共用接地电极 72; 设置在接地电极 72 上的 1 层以上的声匹配层 78 (此处为 1 层声匹配层); 分别设置在各个压电元件 71 背面的多个信号用电极 73; 分别从各个信号用电极 73 取出信号的多个信号用电气端子 74; 背面负载材料 75, 具有机械地保持压电元件 71 的背面, 并且按照需要衰减无用的超声波信号的功能。压电元件 71 使用 PZT 系等的压电陶瓷、单晶等。通过蒸镀、溅射金或银、或者焊接银等分别在压电元件 71 的上表面、背面形成接地电极 72 和信

号用电极 73。

如图 15 所示，与第 6、第 7 实施方式不同，在压电元件 71 以及声匹配层 78 的短轴方向 X 上，虽未改变宽度 W，但短轴方向 X 的结构与第 6、第 7 实施方式不同。即，压电元件 71 和声匹配层 78 在短轴方向 X 上被多个分割槽 77b 分割。分割数为 11 个，但可根据目的适时地确定分割数。分别从与压电元件 71 同样被分割的信号用电极 73 抽出信号用电气端子 74。另一方面，如图 15 所示，声匹配层 78 采用如下结构：在排列方向 Y 上以槽 77 将短轴方向 X 的中心部分为 6 份，向两端部呈阶梯状地减少分割数。

为了说明声匹配层 78 的槽 77 的结构，图 17、图 18 分别示出图 15 中的线 C-C' 和 D-D' 的剖面图。图 17 表示声匹配层 78 的分为 6 份的中央部，图 18 表示与该中央部相邻 2 个的分为 4 份割的部分。优选这些声匹配层 78 的槽 77 内部为空气的状态，但在构成超声波探头较困难的情况下，可以使用柔软的树脂例如硅橡胶或聚氨酯橡胶、或者在这些树脂中填充无机物等的粉状体的材料。此处，设置在声匹配层 78 上的槽 77 可以设置在压电元件 71 的一部分。

通过采用以上的结构，压电元件 71 在 X 方向位置的中心部进行具有高频的超声波的收发，并且随着向两端部扩展进行具有低频的超声波的收发，此时，压电元件 71 的短轴方向 X 的宽度相同，但是，因为频率越高的部分声匹配层 78 的分割数越多，所以方向性变低。这是利用了即使不分割压电元件 71 而对声匹配层 78 进行分割也可使方向性降低的道理。因此，可以解决 X 方向位置的中心部和两端部的方向特性不同、中心部变高的问题。

即，着眼于该超声波探头的方向特性和压电元件 71 的宽度、声匹配层 78 的宽度或者分割数相关，朝向 X 方向的位置的中心增加声匹配层 78 的 Y 方向上的分割数，由此，更接近点音源，使方向性降低。在本实施方式中，因为中心部是高频，所以方向性较高，所以，为了使它降低，而采用使声匹配层 78 的 X 方向位置的中心部的分割数最多、而向两端部呈阶梯状地减少声匹配层 78 的分割数的结构，由此，可得到大致相同的方向特性。并且，在短轴方向 X 上分割压电元件 71 和声匹配层 78，并从其中分别抽出信号用电气端子 74，所以，可以通过电气切换或者相位控制对超声波束进行控制。

因此，即使具有压电元件 71 的 X 方向位置的中心附近的高频分量的部位也可以降低方向性，所以，可通过使用多个压电元件 71 的排列数而自由地进行相位控制，并可将超声波束会聚得较细，此外，可使超声波束发生偏转，故可以得到提供分辨率较高的超声波图像的超声波探头。

此外，在第 8 实施方式中，对使用 PZT 等的压电陶瓷或单晶作为压电元件 71 的结构进行了说明，但是，制作成使用了复合压电体作为压电元件 71 的超声波探头的结构也可得到相同的效果，该复合压电体是对压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。此外，第 8 实施方式中，对压电元件 71 的排列方向 Y 上的宽度 W 在 X 方向上大致相同的情况进行了说明，但是，除此之外，即使制作成 X 方向位置的中心部较窄、向两端部变宽的结构或者使用复合压电体作为压电元件 71 的超声波探头的结构也可得到相同的效果，该复合压电体是对压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。

#### (第 9 实施方式)

其次，参照图 11、图 12 说明本发明第 9 实施方式的超声波探头。第 9 实施方式的结构与第 6 实施方式相同，所以省略其说明。此处，主要对第 9 实施方式的功能、作用进行说明。另一方面，在压电元件 51 的短轴方向 X 上设置多个分割槽 57b 进行分割。图 11 中示出分为 5 份的状态，但也可以按照目的设定分割数。可通过划片机 (dicing machine) 等的机械加工容易地形成压电元件 51 的分割槽 57b。并且，可以在压电元件 51 上设置分割槽 57b，在分割槽 57b 中填充了填充材料后设置接地电极 52。

此外，信号用电极 53 与压电元件 51 一起被分割槽 57b 分割，此外，如图 12 所示，制作成如下结构：分割到深入背面负载材料 55 的一部分的深度，分别从所述被分割的信号用电极 53 抽出信号用电气端子 54。关于抽出信号用电气端子 54 之后的端子的连接，可按照目的进行改变，但此处，示出将中心的信号用电气端子 54 对称性连接的结构。这样的结构是压电元件 51 以 2 维的方式配列多个的类型，称为所谓的 2 维阵列。

此外，如图 12 所示，形成为如下的形状：压电元件 51 的厚度 T 因 X 方向的位置而不同，中心部附近的压电元件 51 的厚度 T 最薄为

$T_{min}$ , 向两端部逐渐变厚, 两端部为  $T_{max}$ 。这样, 对于排列多个的压电元件 51 的短轴方向 X, 压电元件 51 的厚度 T 最薄的中心部可收发高频分量, 向两端部压电元件变厚, 故能够以频率较低的分量进行收发, 由此, 超声波束的焦深变长, 并且可得到宽频带的频率特性。另一方面, 与各个频率相对应, 压电元件 51 的宽度 W 在 X 方向上从  $W_{min}$  到  $W_{max}$  有所不同, 故可以按照场所来改变与 X 方向的位置对应的方向性, 或者可得到相同的特性。

第 9 实施方式中, 对于压电元件 51 的厚度  $T_{min} \sim T_{max}$  和宽度  $W_{min} \sim W_{max}$  连续不同, 改变压电元件 51 的宽度 W 和厚度 T 的比  $W/T$ 。另一方面, 该压电元件 51 的  $W/T$  如已经公知的那样, 压电元件 51 的机电耦合系数 k 值越高灵敏度越高, 此外, 频率的中心频率与带宽之比也变宽。这与  $W/T$  有很大关系, 等同于 PZT-5H 的压电陶瓷材料中  $W/T$  为 0.5 ~ 0.6 附近, 机电耦合系数 k 最高。

因此, 压电元件 51 的 X 方向位置的中心部附近厚度最薄, 所以, 与该厚度 T 相对应, 设定为  $W/T$  为 0.5 ~ 0.6 的宽度 W, 并且, 向两端部压电元件 51 的厚度 T 变厚, 故逐渐变宽以便达到作为预定范围的值的  $W/T$  为 0.5 ~ 0.6 的宽度值。由此, 无论在哪个区域中机电耦合系数 k 都相同, 故可得到良好的特性 (频率特性灵敏度)。并且, 在与排列方向 Y 正交的方向 X 上改变压电元件 51 的厚度 T 从而使频率发生变化的结构中, 当采用从中心部到两端部都相同的压电元件 51 的宽度 W 时, 压电元件 51 的中心部较薄部位的  $W/T$  变大。 $W/T$  超过 0.6 时, 宽度方向 Y 上也发生振动, 所以, 该频率接近厚度方向 Z 的振动频率时, 对频率特性有不良影响。本实施方式中采用了可以降低这样的宽度方向 Y 上的振动频率之不良影响的结构。

采用如上所述的结构时, 即使压电元件 51 的 X 方向位置的中心附近的具有高频分量的部位也可以使方向性降低, 并且, 作为压电元件 51 的机电耦合系数 k 具有较高的值, 进一步可以降低宽度振动的频率的影响, 故具有较高的灵敏度和较宽的频带, 并可将超声波束会聚得较细, 所以可得到提供分辨率较高的超声波图象的超声波探头。而且, 在短轴方向 X 分割压电元件 51, 从各个压电元件 51 抽出信号用电气端子 54, 所以, 可以进行电切换并改变来自压电元件 51 的超声波的收发, 进一步可得到提供分辨率较高的超声波图象的

超声波探头。

并且，第9实施方式中，对压电元件51的厚度 $T_{\min} \sim T_{\max}$ 和宽度 $W_{\min} \sim W_{\max}$ 连续地变化的情况进行了说明，但是，除此之外，也可使压电元件51的厚度 $T_{\min} \sim T_{\max}$ 和宽度 $W_{\min} \sim W_{\max}$ 二者进行阶梯状地变化，或者即使只使厚度 $T$ 或者只使宽度 $W$ 呈阶梯状地变化，也可以得到相同的效果。

(第10实施方式)

图19、图20示出本发明第10实施方式的超声波探头。在图19、图20中，该超声波探头具有：为了在 $Z$ 方向收发超声波而在 $Y$ 方向排列多个的、在 $X$ 方向分割为多个的压电元件81；设置在压电元件81上表面的共用接地电极82；分别设置在各个压电元件81背面的多个信号用电极83；分别从各个信号用电极83取出信号的多个信号用电气端子84；背面负载材料85，具有机械地保持压电元件81的背面并按照国家需要衰减无用的超声波信号的功能。压电元件81使用PZT系等的压电陶瓷、单晶等。通过蒸镀、溅射金或银、或者焊接银等分别在压电元件81的上表面、背面形成接地电极82和信号用电极83。

此外，图19中，按需要决定压电元件81的间距86，与第6实施方式相同，在排列的压电元件81的槽87中填充硅橡胶、聚氨酯橡胶等材料以及在这些材料中混入了无机物或者有机物的粉状体的材料。此外，压电元件81在短轴方向 $X$ 上被分割槽87b分割（此处分为5份），与压电元件81相同，信号用电极83也在 $X$ 方向被分割，分别从所述被分割的信号用电极83抽出信号用电气端子84。

此外，本实施方式和第6实施方式不同，如图20所示，压电元件81相对短轴方向 $X$ 具有大致均匀的厚度 $T$ 。压电元件81的厚度 $T$ 均匀，在短轴方向 $X$ 的各位置收发大致相同频率的超声波，但是，即使具有相同的频率，也可以通过改变压电元件81的宽度 $W$ 按照压电元件81的 $X$ 方向的位置来改变方向性。图19中，压电元件81的宽度 $W$ 在 $X$ 方向位置的中心部为最小的宽度 $W_{\min}$ ，向两端部宽度 $W$ 变宽，在两端部，压电元件81的宽度 $W$ 为最大值 $W_{\max}$ 。

通过这样的结构，与压电元件81的短轴方向 $X$ 的位置对应的方向性具有如下特性：中心部方向性最低，随着向两端部扩展而逐渐

变高。另一方面，压电元件 81 的排列方向 Y 上以电子方式进行延迟控制的超声波束能够以任意的距离（深度）会聚，但在距离压电元件 81 较远（深）的区域即使方向性不那么低，也可以对超声波束进行会聚，但是，在近距离，方向性影响很大，超声波束的会聚程度也发生变化，所以，期望具有方向性较低的特性。本实施例中，压电元件 81 的短轴方向 X 位置的中心部附近方向性最低，所以，在近距离以电子控制方式对超声波束进行会聚时贡献最大，随着向两端部延伸贡献变小。因此，在压电元件 81 的短轴方向 X 的位置，以中心部的区域附近的较小开口进行超声波束的控制，故在近距离区域可以得到分辨率较高的超声波图像。

此外，在第 10 实施方式中，对在接地电极 82 上什么也没有设置的结构进行了说明，但是，即使制作成在接地电极 82 上表面上形成了 1 层以上的声匹配层的超声波探头的结构，也可得到相同的效果。此外，在第 10 实施方式中，对使用 PZT 等的压电陶瓷或单晶作为压电元件 81 的结构进行了说明，但是，除此之外，制作成使用复合压电体作为压电元件 81 的超声波探头的结构也可得到相同的效果，该复合压电体是对压电陶瓷和有机高分子进行复合的复合压电体。

本发明的超声波探头可以得到分辨率较高的超声波图像，故可以使用于医疗等的超声波诊断或者检查中。

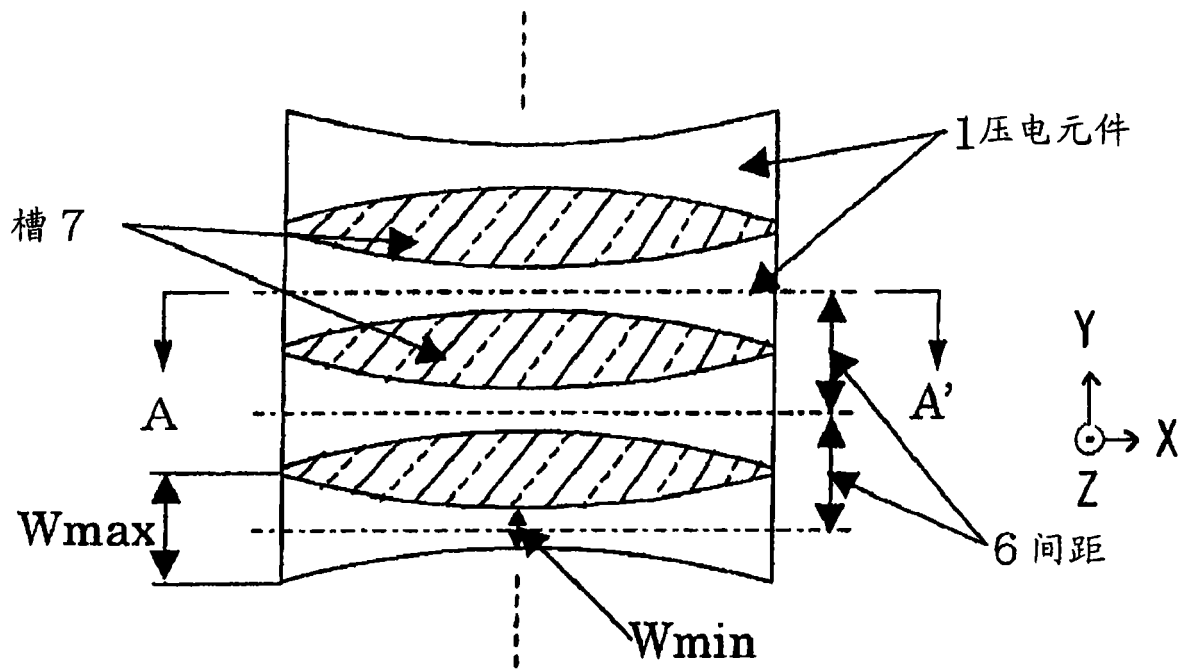


图 1

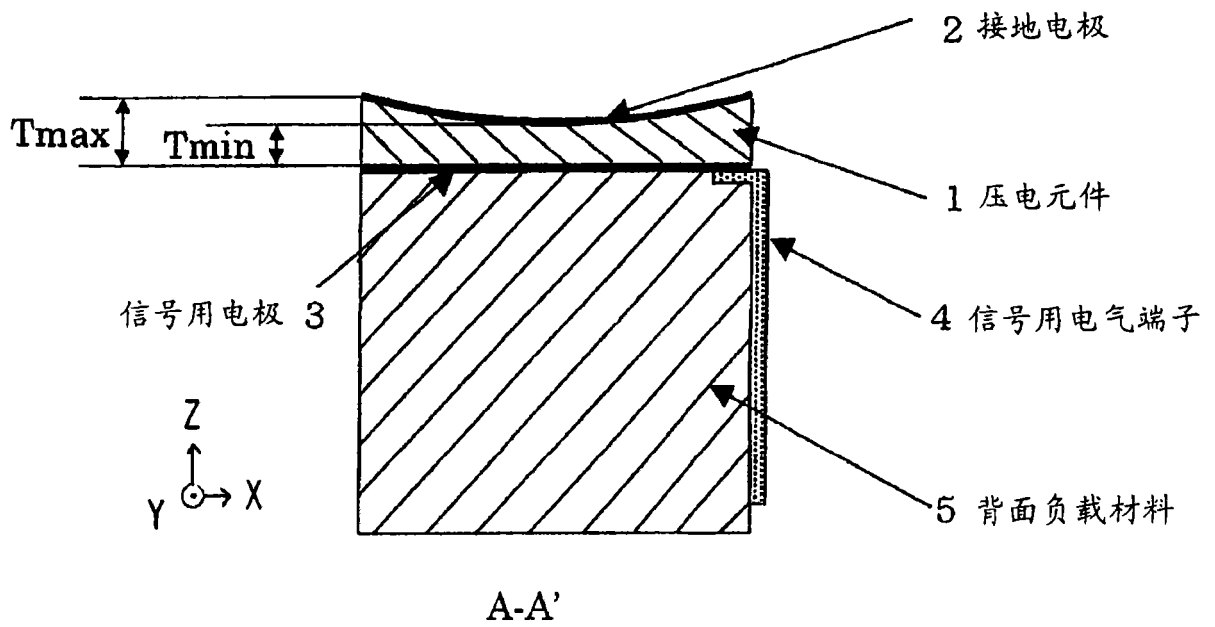


图 2

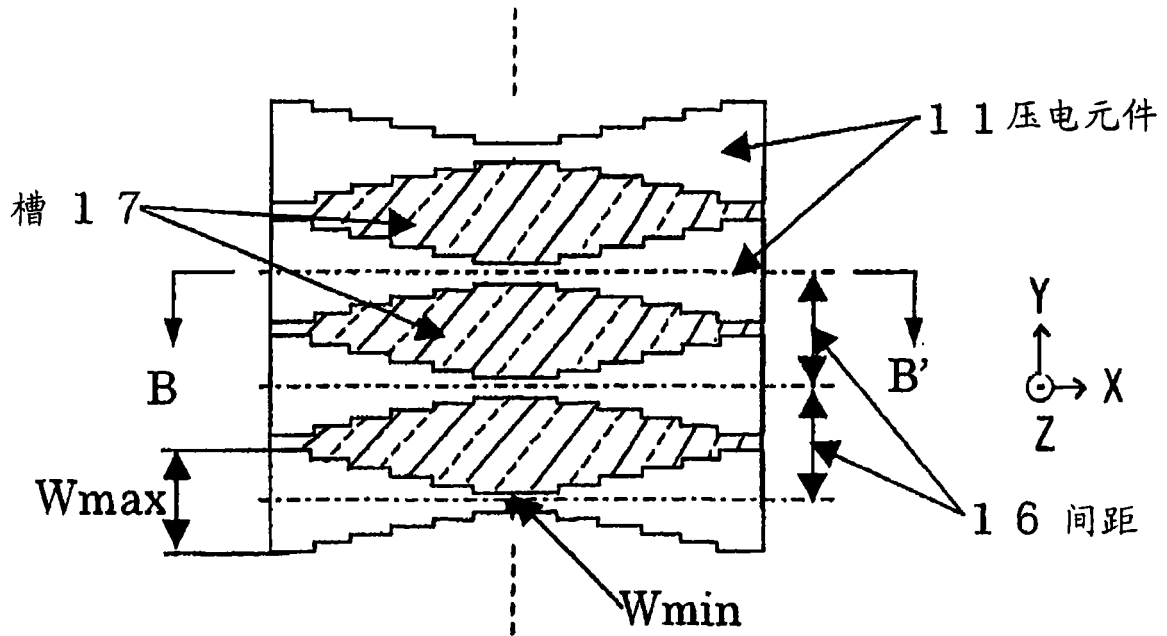


图 3

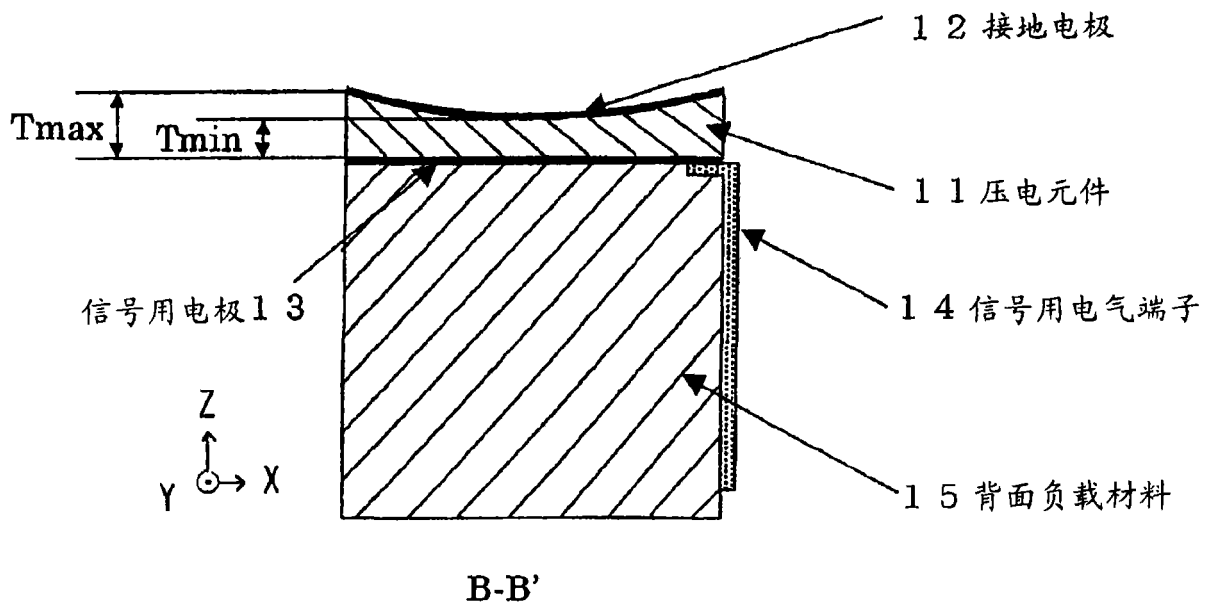


图 4

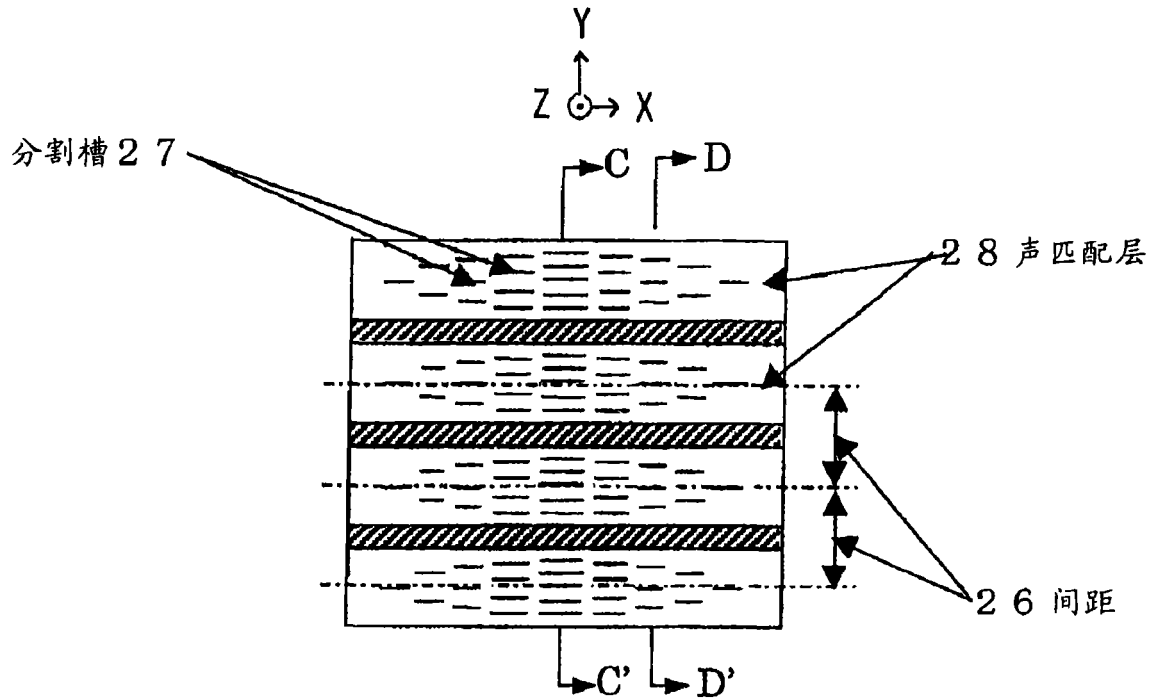


图 5

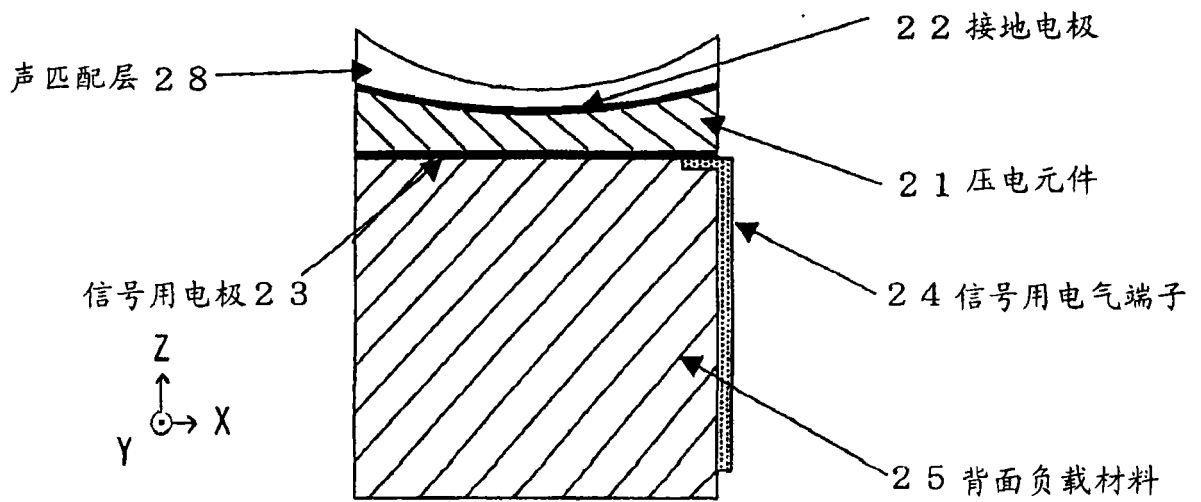


图 6

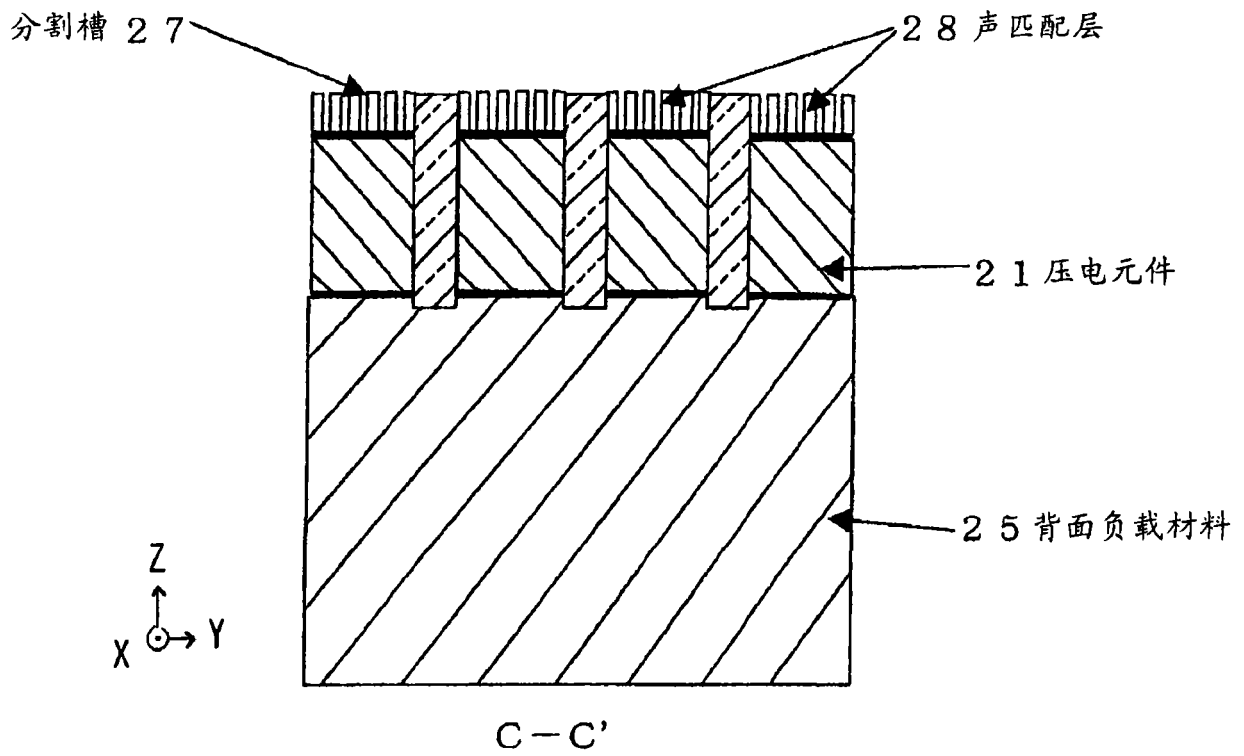


图 7

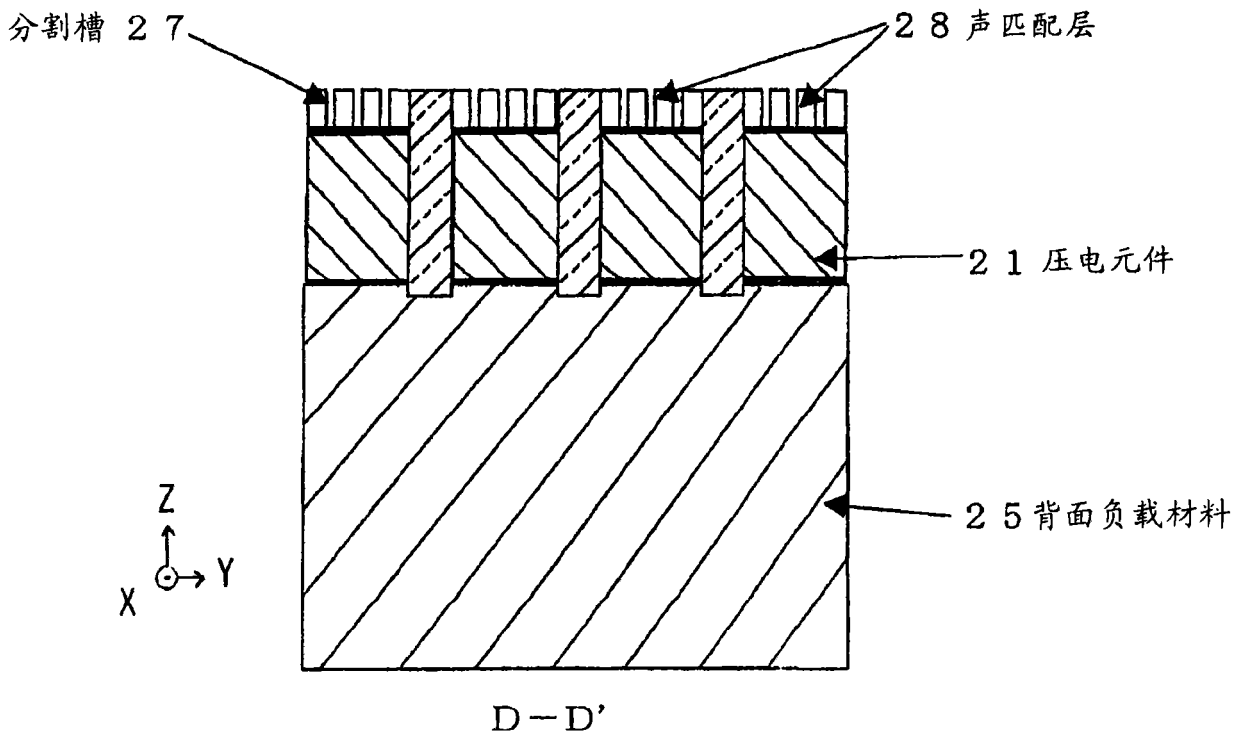


图 8

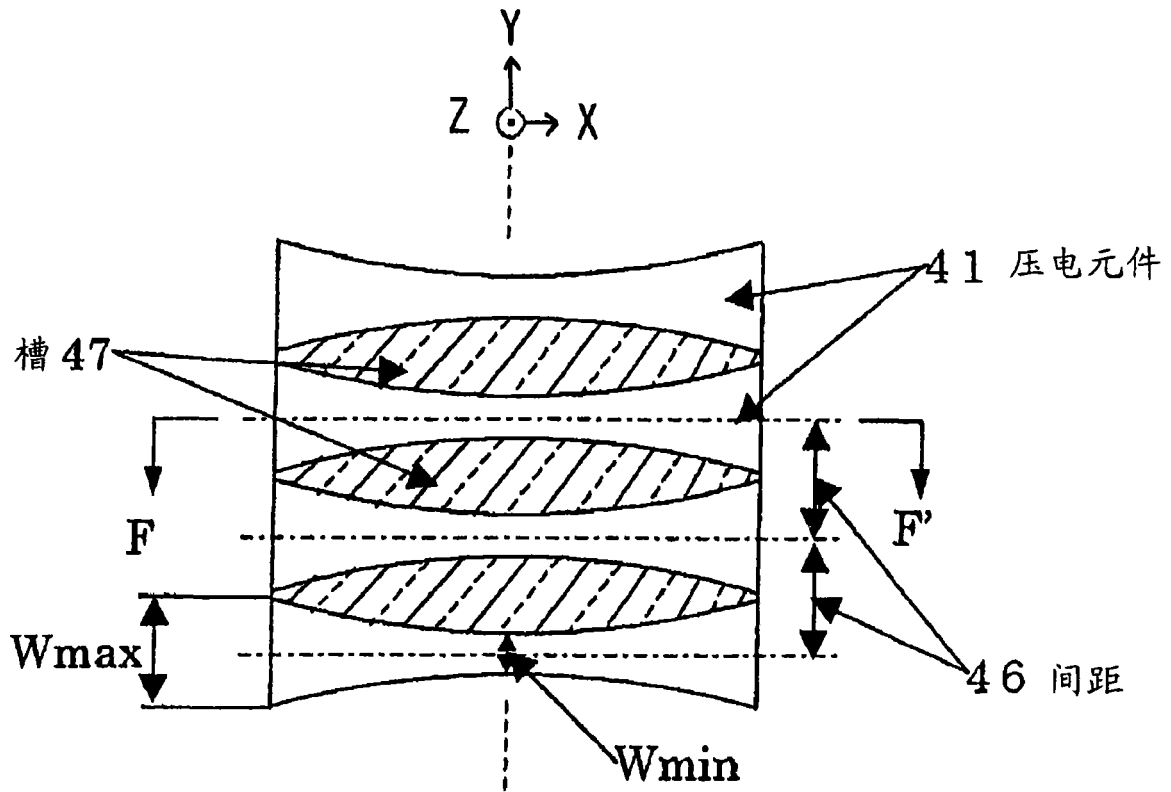
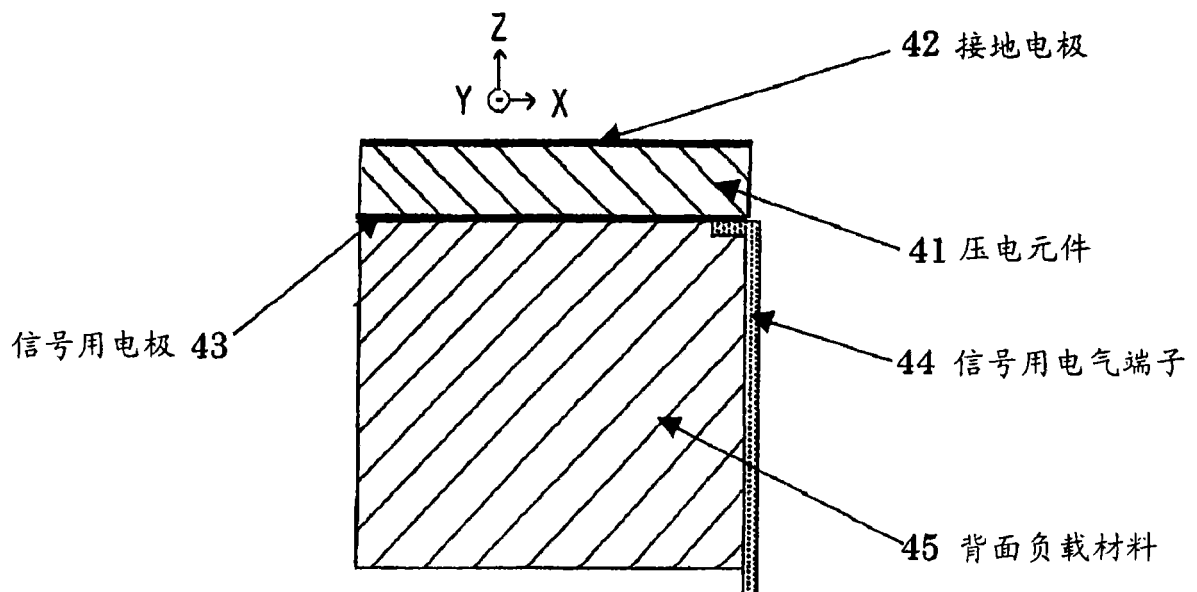


图 9



F- F'

图 10

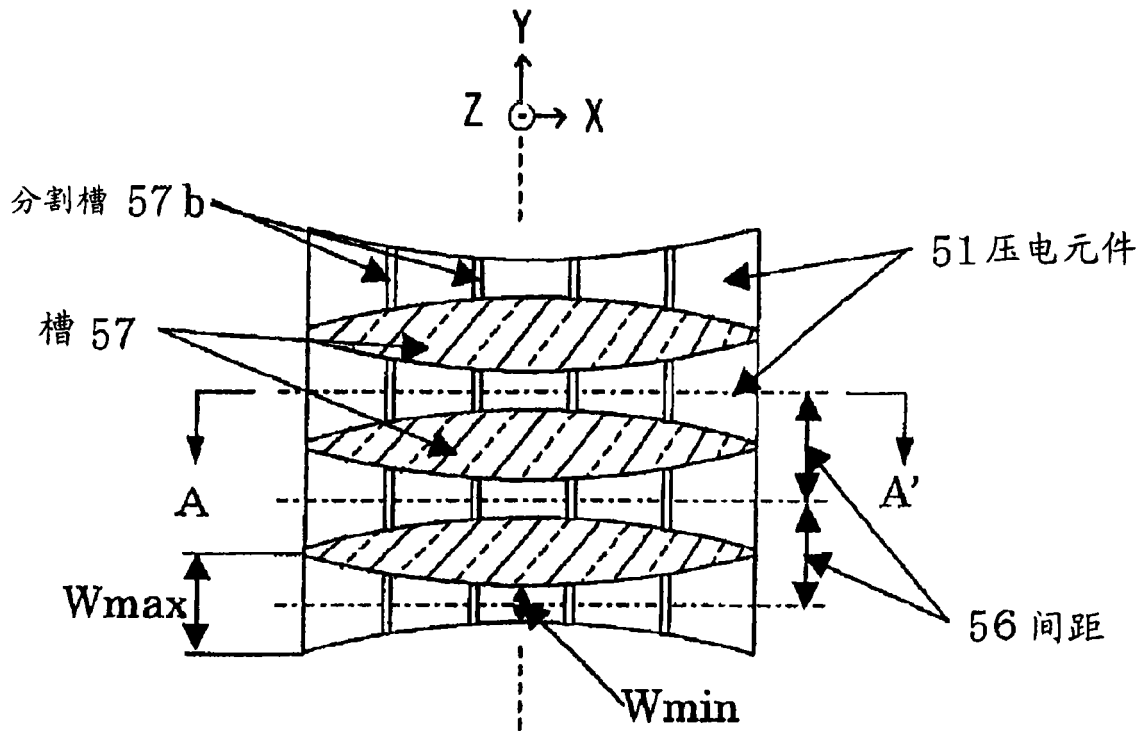


图 11

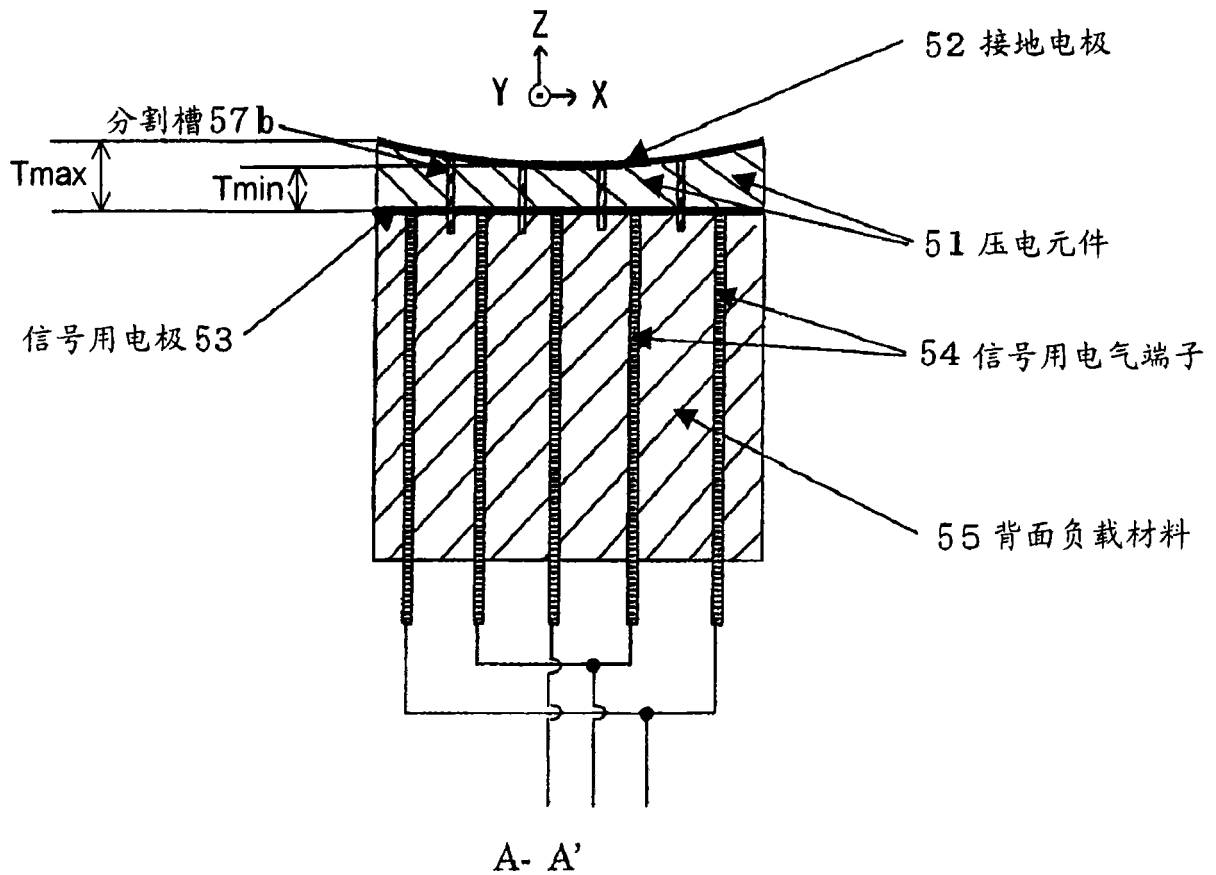


图 12

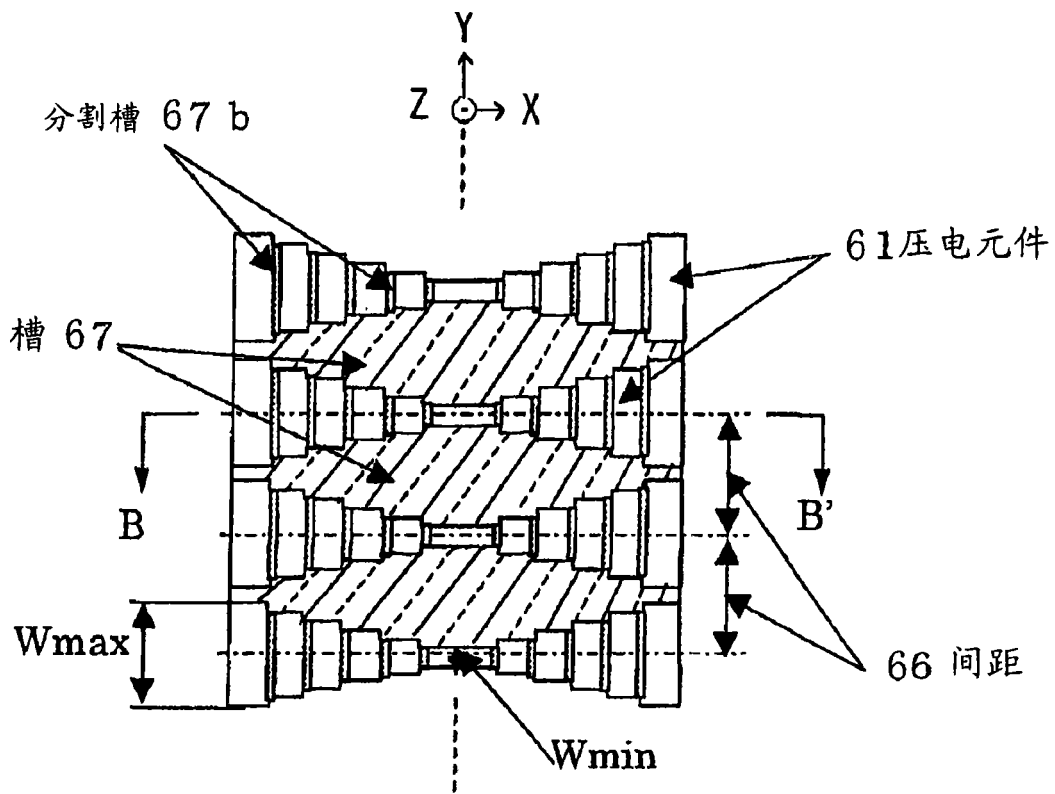


图 13

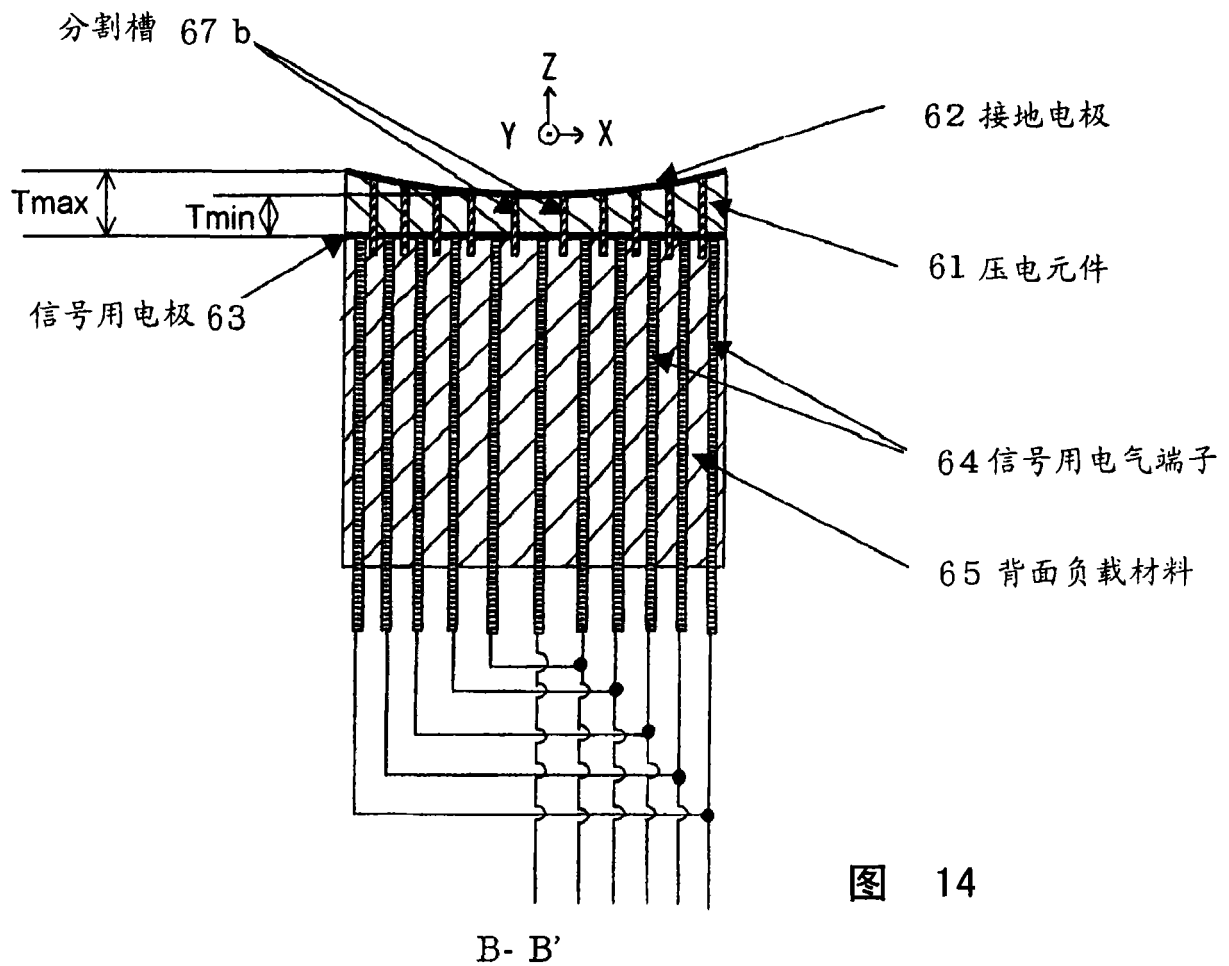


图 14

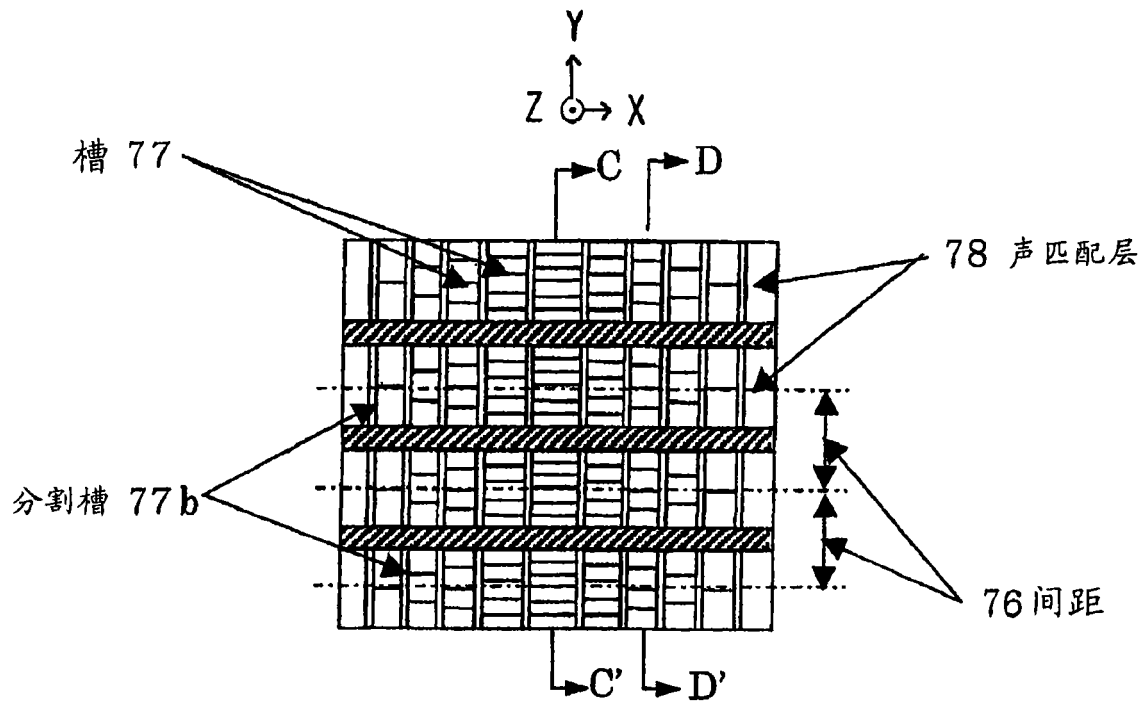


图 15

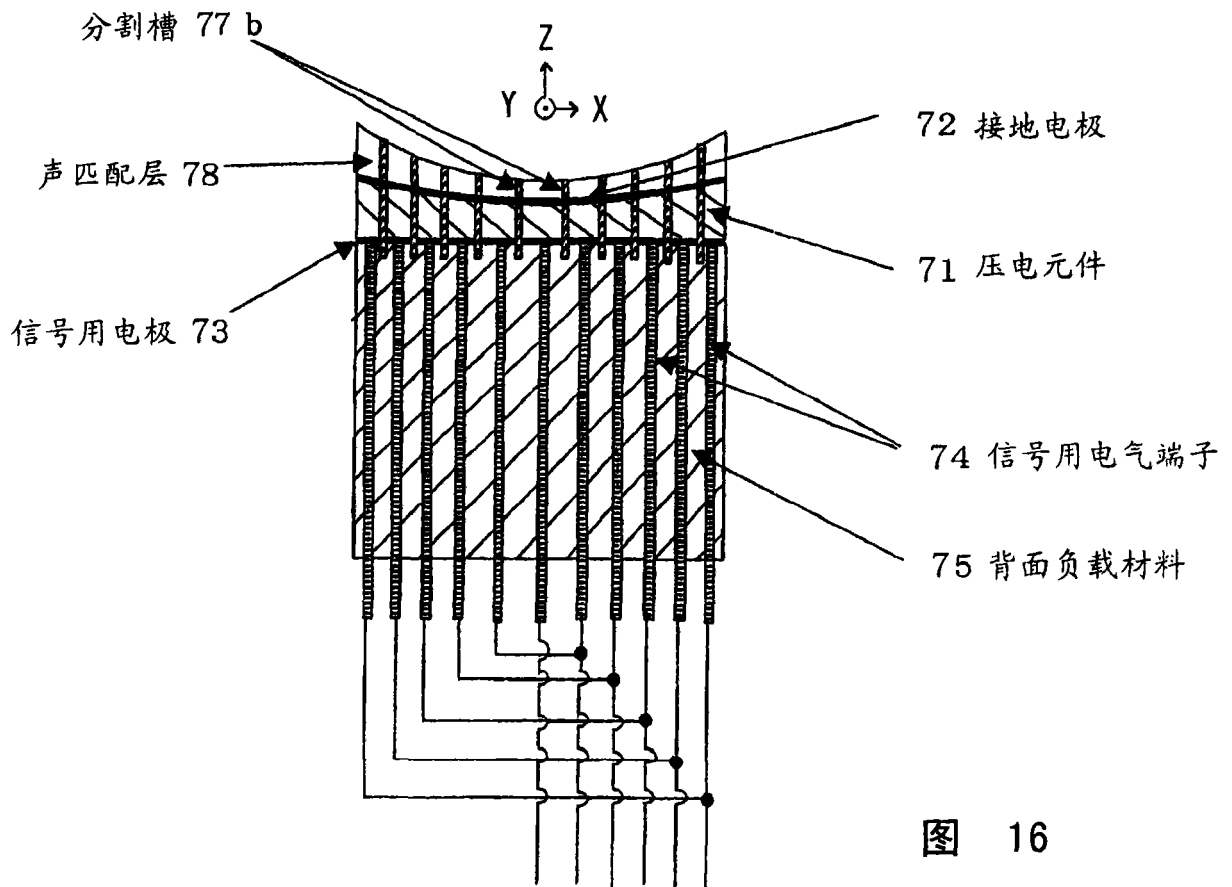


图 16

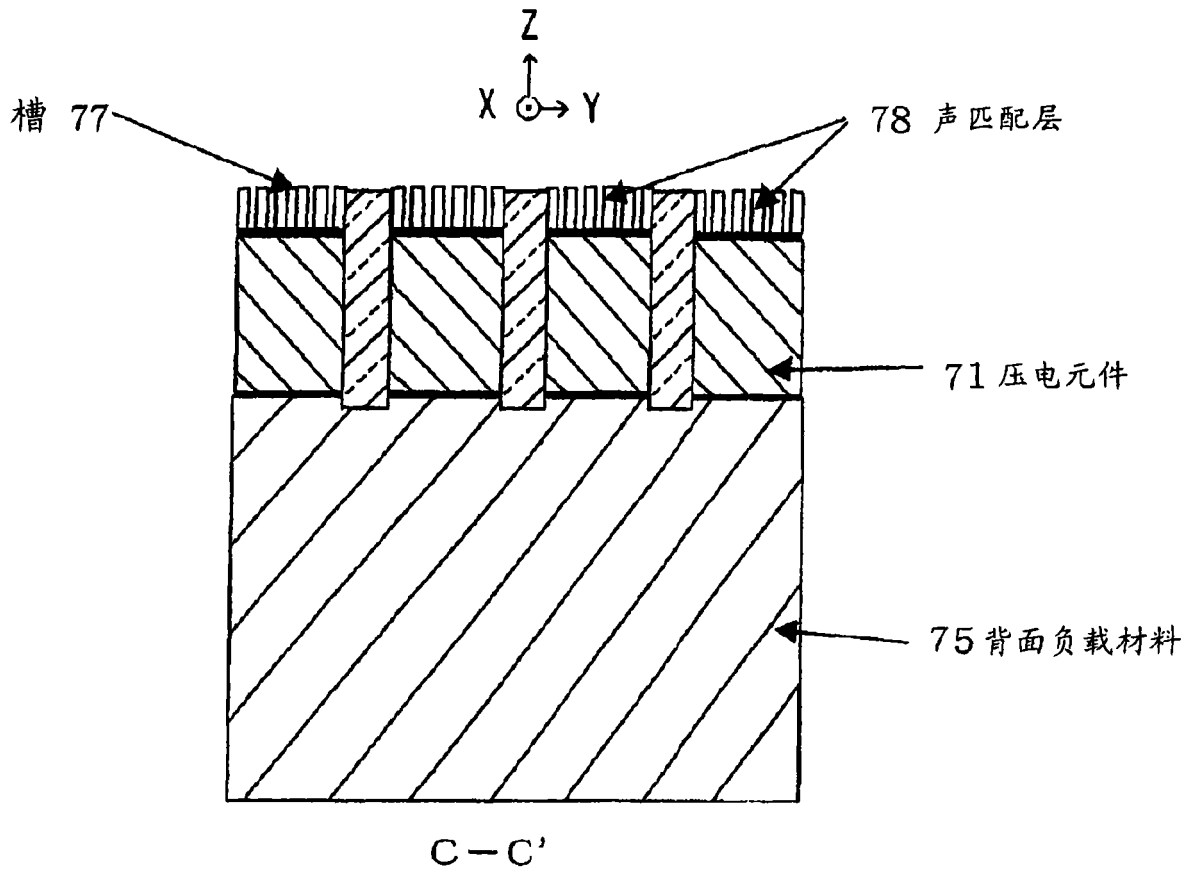


图 17

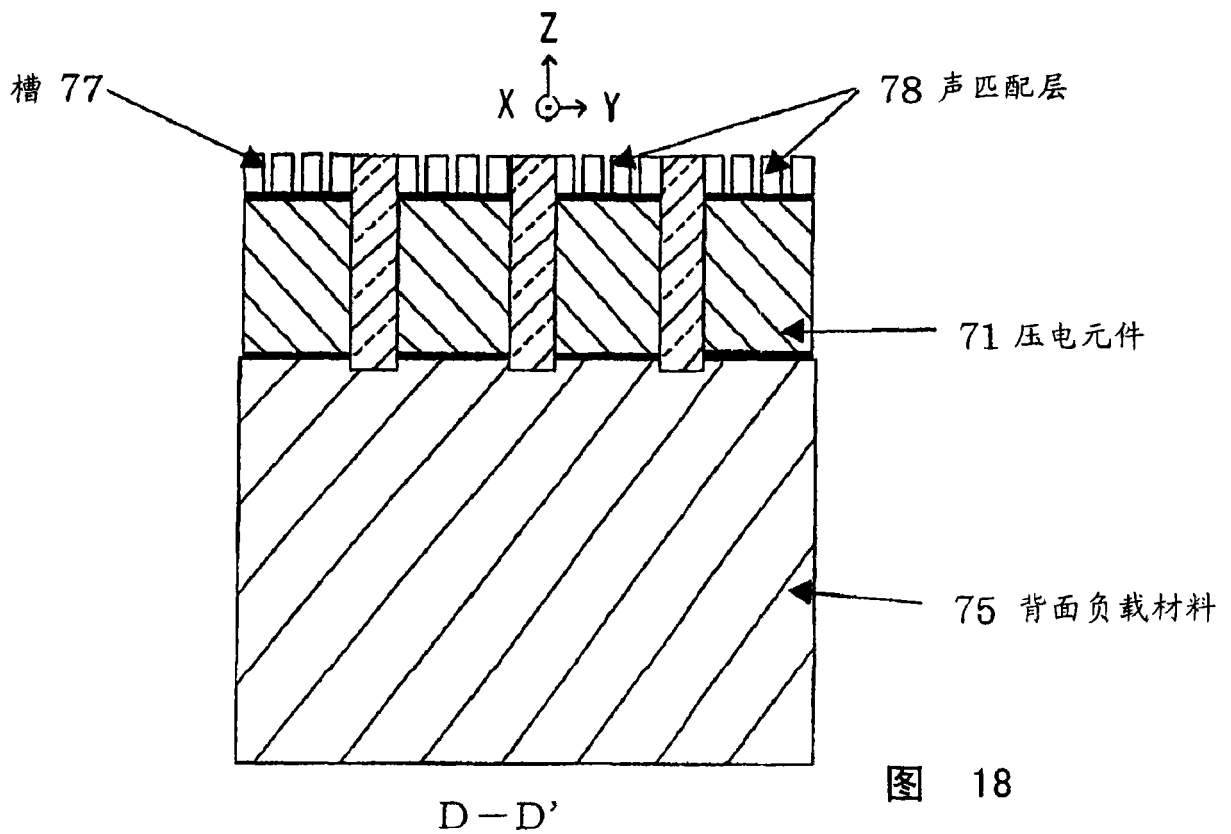


图 18

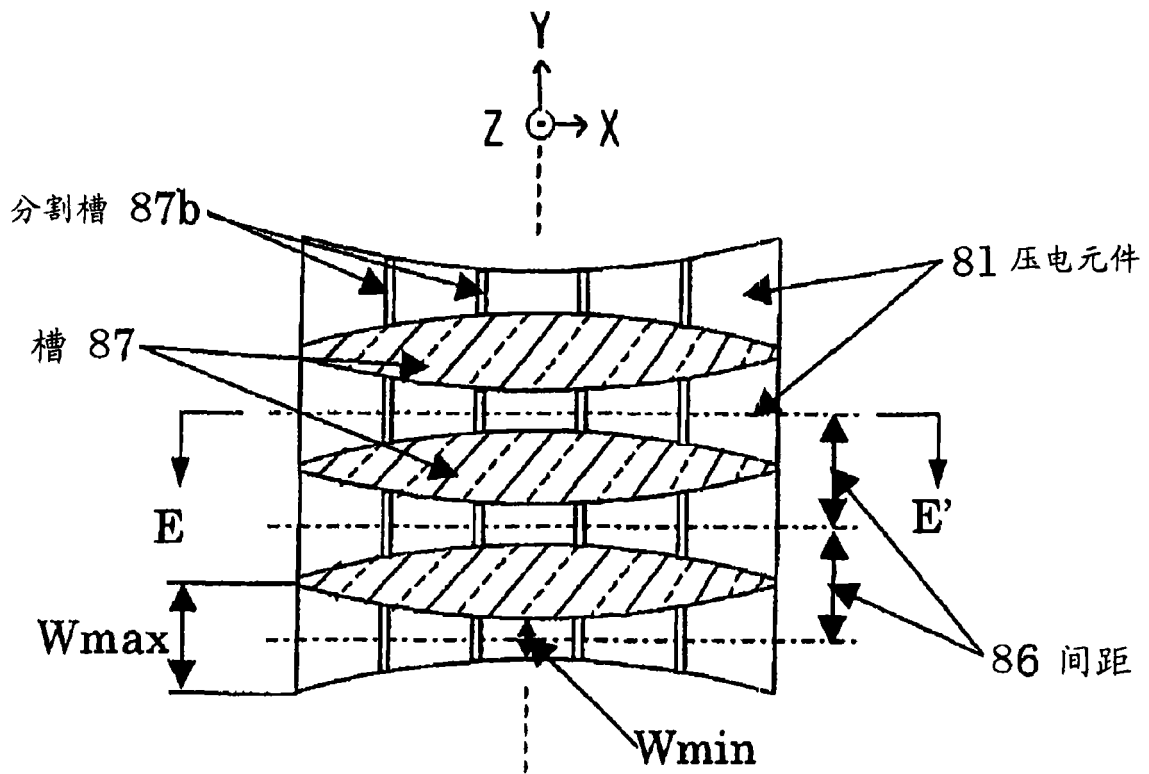


图 19

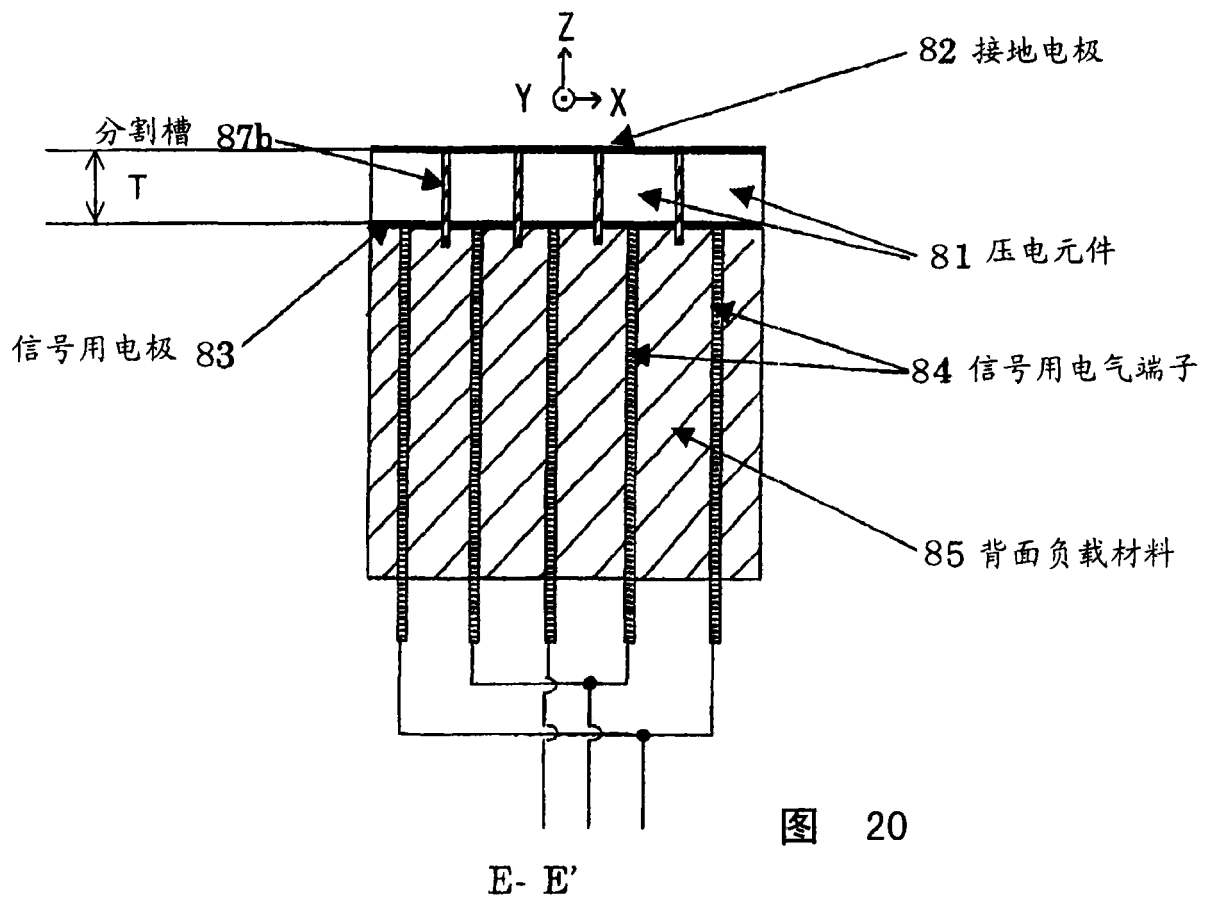


图 20

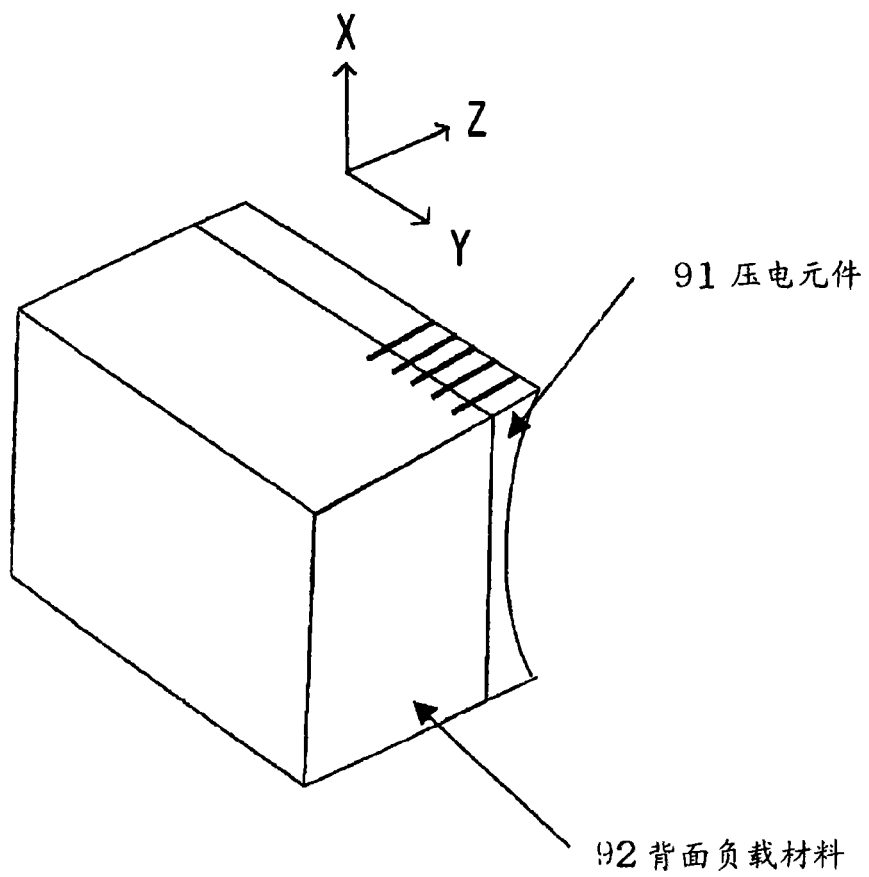


图 21 现有技术

专利名称(译)	超声波探头		
公开(公告)号	<a href="#">CN1853441A</a>	公开(公告)日	2006-10-25
申请号	CN200480027134.7	申请日	2004-09-17
申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
[标]发明人	齐藤孝悦		
发明人	齐藤孝悦		
IPC分类号	G01N29/24 H04R1/32 A61B8/00 B06B1/06 H04R17/00		
CPC分类号	B06B1/0629		
代理人(译)	刘宗杰		
优先权	2003344197 2003-10-02 JP 2003327388 2003-09-19 JP		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

公开了这样一种技术，即根据与压电元件的排列方向正交的方向的位置使超声波的方向性为希望的特性，根据该技术，在压电元件(1)排列在Y方向上并与排列方向Y正交的方向X上被分割的结构中，压电元件(1)的排列方向Y的宽度W在与排列方向Y正交的方向X的位置的中心部最窄，越向两端部越宽，根据X方向的位置使超声波方向性变为所希望的特性。

