

1. 一种压电元件,其特征在于,具备:
振动膜;
压电体,配置在所述振动膜的一面侧;以及
水平电极构造,在所述压电体上隔开规定间隔而配置有电极,
所述振动膜俯视时在与所述规定间隔相对应的部分具有凹部。
2. 根据权利要求1所述的压电元件,其特征在于,
沿所述水平电极构造的电极配置方向的所述凹部的宽度是所述规定间隔以上的长度。
3. 根据权利要求1或2所述的压电元件,其特征在于,
所述规定间隔是 $2\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的压电元件,其特征在于,
所述振动膜将所述凹部和所述凹部以外的交界部分形成为台阶状,且将所述凹部的底面形成为平面状。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的压电元件,其特征在于,
所述凹部是与所述水平电极构造的电极配置方向交叉的方向上延伸的槽状。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的压电元件,其特征在于,
所述压电体在所述规定间隔的部分具有凹部。
7. 根据权利要求5所述的压电元件,其特征在于,
所述压电体在所述规定间隔的部分具有与所述振动膜的凹部的槽方向平行的槽状的凹部。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的压电元件,其特征在于,
所述压电元件还具备侧壁部,所述侧壁部支撑以夹着所述振动膜的凹部的方式而设置的所述振动膜,
所述振动膜的凹部的宽度是所述侧壁部的间隔的0.3倍以上0.8倍以下的长度。
9. 一种压电元件,其特征在于,具备:
振动膜;
压电体,配置在所述振动膜的一面侧;以及
水平电极构造,在所述压电体上隔开规定间隔而配置有电极,
所述压电体的面内形变在俯视时在与所述规定间隔相对应的部分及其邻接部分之间急剧地变化,且该部分的面内形变变大。
10. 一种探测器,其特征在于,具备根据权利要求1至9中任一项所述的压电元件。
11. 一种超声波测定装置,其特征在于,具备根据权利要求10所述的探测器。

压电元件、探测器以及超声波测定装置

[0001] 本申请基于并要求于2015年10月2日提交的日本专利申请No. 2015-196762的优先权权益,其全部内容结合于此作为参考。

技术领域

[0002] 本发明的实施方式涉及具有水平电极构造的压电元件、探测器以及超声波测定装置。

背景技术

[0003] 作为转换超声波和电信号的压电元件(超声波转换器)的一例,公知有在压电体的上面和下面设置了电极的所谓的上下电极构造的压电元件(例如,参照专利文献1)。接收超声波并产生电信号的压电元件的原理是:通过感受到基于超声波的弹性波的压电体形变,从而根据该形变生成表面电荷,在两个电极间产生电位差(电压)。

[0004] 【先行技术文献】

[0005] 【专利文献】

[0006] 专利文献1:特开2002-271897号公报

[0007] 压电体的构造中公知有除上述上下电极的构造以外还在压电体的一侧面设置两个电极的所谓水平电极的构造。在水平电极构造的压电元件中具有与上下电极构造的压电元件相比接收灵敏度好这样的优点。

[0008] 压电元件用于例如向人体照射超声波并接收该反射波从而测定生物体信息的超声波测定装置。在超声波测定装置中,超声波的照射强度越高,接收强度也越高,可以获得更高精度的生物体信息,但为了将对人体的影响抑制为最小限度,所以想尽可能地降低照射强度。因此,谋求接收超声波的反射波的压电元件中的接收灵敏度进一步提高。

发明内容

[0009] 本发明鉴于上述课题而提出,其目的在于提供在水平电极构造的压电元件中提高接收灵敏度的压电元件、探测器以及超声波测定装置。

[0010] 为了解决上述课题发明的第一方面的压电元件具备:振动膜;压电体,配置在所述振动膜的一面侧;以及水平电极构造,在所述压电体上隔开规定间隔而配置有电极,所述振动膜俯视时在与所述规定间隔相对应的部分具有凹部。

[0011] 根据该第一方面,可以提高水平电极构造的压电元件的接收灵敏度。也就是说,通过在电极间的规定间隔相对应的振动膜的部分具有凹部,从而接收弹性波时的形变集中在凹部的部分即电极间的规定间隔,所以压电体的电极间部分主要形变,电位差(电压)增加,接收灵敏度提高。

[0012] 作为发明的第二方面,在第一方面的压电元件中,也可以沿所述水平电极构造的电极配置方向的所述凹部的宽度是所述规定间隔以上的长度。

[0013] 根据该第二方面,将振动膜的凹部的宽度设定为电极间的规定间隔以上的长度,

从而可以使形变集中在电极间的规定间隔整体。

[0014] 具体而言,作为发明的第三方面,在第一方面或第二方面的压电元件中,所述规定间隔也可以是 $2\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下。

[0015] 作为发明的第四方面,在该第一方面至该第三方面中任一方面的压电元件中,所述振动膜也可以将所述凹部和所述凹部以外的交界部分形成为台阶状(段差状),且将所述凹部的底面形成为平面状。

[0016] 根据该第四方面,由于振动膜的凹部和凹部以外之间的交界部分接收弹性波时的形变的大小较大地变化,所以可以使挠曲进一步集中在振动膜的凹部的部分。

[0017] 作为发明的第五方面,在第一方面至第四方面中任一方面的压电元件中,所述凹部也可以是与所述水平电极构造的电极配置方向交叉的方向上延伸的槽状。

[0018] 根据该第五方面,通过将振动膜的凹部设为槽状,从而容易产生在夹着槽的左右之间易于产生相对的形变的状况。也就是说,由于容易变成向与槽方向交叉的方向的形变,所以接收到弹性波时的形变由于电极间的规定间隔的部分而集中,压电体的电极间部分主要形变,可预见进一步接收灵敏度的提高。

[0019] 作为发明的第六方面,在第一方面至第五方面中任一方面的压电元件中,也可以所述压电体在所述规定间隔的部分具有凹部。

[0020] 根据该第六方面,通过还在相当于电极间的间隔的压电体的部分具有凹部,从而与振动膜的凹部的部分相互作用,可以使接收弹性波时的应力由于作为电极间的部分的压电体的凹部而集中,且可预见接收灵敏度的进一步提高。

[0021] 作为发明的第七方面,在第五方面的压电元件中,也可以所述压电体在所述规定间隔的部分具有与所述振动膜的凹部的槽方向平行的槽状的凹部。

[0022] 根据该第七方面,由于还在相当于电极间的间隔的压电体的部分还具有与振动膜的凹部的槽方向平行的槽状的凹部,所以与振动膜的凹部的部分相互作用,可以使接收弹性波时的应力由于作为电极间的部分的压电体的凹部而集中,且可预见接收灵敏度的进一步提高。

[0023] 作为发明的第八方面,在第一方面至第七方面中任一方面的压电元件中,所述压电元件还可以具备侧壁部,所述侧壁部支撑以夹着所述振动膜的凹部的方式而设置的所述振动膜,所述振动膜的凹部的宽度是所述侧壁部的间隔的0.3倍以上0.8倍以下的长度。

[0024] 根据该第八方面,通过将振动膜的凹部的宽度设定为以夹着该凹部设置的侧壁部的间隔的0.3倍以上0.8倍以下的长度,从而可以高效地提高接收灵敏度。

[0025] 作为发明的第九方面的压电元件的结构,具备:振动膜;压电体,配置在所述振动膜的一面侧;以及水平电极构造,在所述压电体上隔开规定间隔而配置有电极,所述压电体的面内形变在俯视时在与所述规定间隔相对应的部分及其邻接部分之间急剧地变化,且该部分的面内形变变大。

[0026] 根据该第九方面,通过使形变集中在相当于电极间的压电体的部分,从而在电极间产生的电压增加且可提高接收灵敏度。

[0027] 作为发明的第十方面,也可以构成具备第一方面至第九方面中任一方面的压电元件的用于接收超声波的探测器。

[0028] 根据该第十方面,通过具备第一方面至第九方面中任一方面效果的压电元件接收

超声波,可以实现输出电信号的探测器。因此,可以实现接收灵敏度高的探测器。

[0029] 作为发明的第十一方面,也可以构成具备第十方面的探测器的超声波测定装置。

[0030] 根据该第十一方面,可以实现具有第十方面的效果的超声波测定装置。因此,尽管不提高超声波的照射强度也能实现高精度的测定。

附图说明

[0031] 图1是示出超声波测定装置的概略结构及超声波探测器的上面的图。

[0032] 图2是示出超声波探测器的下面的图。

[0033] 图3是超声波器件单元的概略构成图。

[0034] 图4是压电元件(接收元件)的俯视图。

[0035] 图5是压电元件的截面图。

[0036] 图6是压电元件的其他构成例。

[0037] 图7的(A)~(C)是有无凹部的不同的接收元件的构成图。

[0038] 图8是示出有无凹部的接收灵敏度的不同的图表。

[0039] 图9的(A)、(B)是凹部的有无不同的接收元件的构成图。

[0040] 图10是示出基于凹部的有无的面内形变的不同的图表。

[0041] 图11的(A)、(B)是压电元件的构成图。

[0042] 图12是面内形变的各反向成分的图表。

[0043] 图13是压电元件的其他构成例。

[0044] 图14是第一凹部的宽度不同的压电元件的构成图。

[0045] 图15是示出基于第一凹部的宽度的接收灵敏度的不同的图表。

[0046] 图16是压电元件的其他构成例。

[0047] 图17是压电元件的其他构成例。

[0048] 图18是压电元件的其他构成例。

[0049] 图19是压电元件的其他构成例。

具体实施方式

[0050] (1) 超声波诊断装置

[0051] 图1是示出的本实施方式中的超声波测定装置1的概略结构及超声波探测器20的上面的图。根据图1,超声波测定装置1是使用超声波测定被检者的生物体信息的电子设备,其构成为具备装置本体10、超声波探测器20。装置本体10和超声波探测器20通过电缆12连接,从装置本体10向超声波探测器20发送驱动信号,同时从超声波探测器20向装置本体10发送检测信号。

[0052] 并且,在装置本体10上连接有显示装置14。显示装置14具有显示面板16,在该显示面板16上,根据来自装置本体10的显示信号,显示例如基于超声波探测器20的检测信号的图像。此外,虽然将显示装置14独立于装置本体10,但是也可以构成为一体。

[0053] (2) 超声波探测器

[0054] 超声波探测器20通过将表侧体26和里侧体24相互结合而形成薄型长方体状的框体22,在框体22的内部具有超声波器件单元40(参照图3)。通过形成在表侧体26和里侧体24

的结合面间的电缆口28,电缆12连接于框体22内部的超声波器件单元40。超声波器件单元40根据来自装置本体10的驱动信号发送超声波,同时接收超声波的反射波,并将接收到的反射波的信号作为检测信号输出给装置本体10。

[0055] 图2是超声波探测器20的下面图。在里侧体24的中央部设置有声匹配部30,夹着声匹配部30上下设置有紧贴部32。声匹配部30的外面和紧贴部32的外面构成为大致同一平面的状态、或声匹配部30的外面更突出的状态。声匹配部30及紧贴部32紧贴被检者的测定对象部位的皮肤面,从而超声波探测器被贴上。超声波器件单元40被设置在框体22内的声匹配部30的正下方位置。声匹配部30例如由硅树脂这样的、具有生物体的接近声音阻抗(1.5 [MRay1])的声音阻抗(例如,1.0~1.5 [MRay1])的材料形成。并且,紧贴部32由例如在测定对象部位的皮肤面上能装卸的粘结材料形成。

[0056] (3) 超声波器件单元

[0057] 图3是概略地示出超声波器件单元40的结构图。超声波器件单元40从框体22的背面侧观察(在图2),具备被配置在声匹配部30的正下方且将多个超声波换能器44配置成二维阵列状的元件阵列42而构成。也就是说,在元件阵列42,在第一方向FR(切片方向)排列有N行的超声波换能器44,在与第一方向正交的第二方向SR(扫描方向)排列有L列的超声波换能器44。一个超声波换能器44构成作为换能器元件芯片,该换能器元件芯片包括:发送超声波的发送元件、以及作为接收超声波的反射波的压电元件的接收元件。本实施方式由于在超声波换能器44中的接收元件中具有特征,所以在下面,进一步对接收元件进行详细的说明。

[0058] (4) 作为接收元件的压电元件

[0059] 接收元件由压电元件50构成。图4是压电元件50的俯视图,图5是图4的A-A'箭头截面图。根据图4、图5,压电元件50构成为具有振动膜56、配置在振动膜56的一面侧的压电体58、以及作为配置在压电体58的上表面(与振动膜56相反侧的面)的水平电极构造的第一电极60和第二电极62。

[0060] 振动膜56将氧化硅(SiO₂)层52、氧化锆(ZrO₂)层54层叠而构成可挠膜。氧化硅层52的代表的膜厚可以采用200nm~1500nm,作为氧化锆层54的代表的膜厚可以采用200nm~1500nm。

[0061] 压电体58例如由锆钛酸铅(PZT)等的压电材料形成。作为压电体58的代表的膜厚可以采用200nm~2000nm。如果压电体58的膜厚比20nm薄,则压电体烧成时,导致铅(Pb)向下层扩散的量过多。并且,如果压电体58的膜厚比2000nm厚,则振动膜56难以挠曲。导致在任何情况下接收灵敏度都降低。

[0062] 第一电极60和第二电极62具有由例如铱(1r)等导电材料形成且在压电体58的上面隔着规定的间隔W2而配置的水平电极构造。第一电极60及第二电极62的间隔W2被设为2μm以上8μm以下。并且,第一电极60连接于第一电极线72,第二电极62连接于第二电极线74。

[0063] 振动膜56及压电体58在俯视时都为矩形状,各自的各边平行且中心一致地形成。此外,第一电极60及第二电极62相对于与压电体58的一边平行的中心线M呈线对称地配置。

[0064] 此外,在振动膜56的另一面侧(与压电体58的一侧相反的面),为了形成用于支撑压电元件50且接收(受感)作为弹性波的超声波的空腔(开口部)70,将作为侧壁部的硅侧壁68配置为夹着振动膜56的第一凹部64。

[0065] 压电元件50用于将超声波从空腔70的相反侧、即在图5中是从上方侧输入。电极排列方向上的振动膜56的谐振频率与接收的超声波频率 f_0 相对应。例如,在超声波频率 f_0 为2MHz~20MHz的情况下,硅侧壁68的间隔 W_1 优选是 $15\mu\text{m}$ ~ $60\mu\text{m}$ 。压电元件50将振动膜56朝向框体22的里面侧配置,通过声匹配部30接收弹性波(在本实施方式中为超声波)并振动。

[0066] (5) 凹部

[0067] 作为本实施方式的特征,压电元件50在振动膜56的另一面侧(与压电体58的一侧相反侧),以俯视时,与压电体58的第一电极60和第二电极62之间的间隔(间隙)重叠的方式形成第一凹部64,在该压电体58的第一电极60和第二电极62之间的间隔(间隙)部分形成有第二凹部66。第一凹部64和第二凹部66在压电元件50的表里被设置在对应的位置。通过这些第一凹部64和第二凹部66,可以实现压电元件50的接收灵敏度的提高。

[0068] 在图4、图5,第一凹部64及第二凹部66都形成为沿水平电极构造的电极配置方向(X轴方向)交叉的方向(Y轴方向)延伸的槽状,相对于俯视时(从Z轴正方向向负方向观察的情况)的压电体58的中心线M呈线对称。详细而言,第一凹部64及第二凹部66的与该凹部以外的部分之间的交界部分都是台阶状且凹部的底面形成为平面状的长方体形状的槽状。在本实施方式中,第一凹部64的短边方向(X轴方向)的长度与第一电极60和第二电极62之间的间隔 W_2 相等,槽方向(Y轴方向)的长度是比间隔 W_2 长的长度,并与图4中的振动膜56的纵向的长度相等。并且,第一凹部64的深度 D_3 小于振动膜56的膜厚。

[0069] 并且,在本实施方式中,第二凹部66的短边方向(X轴方向)的长度是与第一电极60和第二电极62之间的间隔 W_2 相等(即与第一凹部64的短边的长度相等),槽方向(Y轴方向)的长度是比间隔 W_2 长的长度,与图4的压电体58的纵向长度相等。并且,第二凹部66的深度 D_4 小于压电体58的膜厚。

[0070] 此外,在图5中,虽然示出了第一凹部64的深度 D_3 小于形成振动膜56的下层的氧化硅层52的膜厚的情况,但如图6所示,也可以考虑第一凹部64的深度 D_3 比氧化硅层52的膜厚大且达到氧化锆层54的情况。

[0071] (6) 接收处理

[0072] 在基于压电元件50的超声波的接收处理中,在第一电极线72(也称为第一电极60)和第二电极线74(也称为第二电极62)之间,显现与接收到的超声波相对应的电位差的信号(即电信号),并作为检测信号输出。更为具体地说,从超声波换能器44的发送元件发送的超声波在被检者的生物体内反射,振动膜56接收该反射波(弹性波)并振动。由于振动膜56和压电体58构成为一体,所以振动膜56由于超声波振动而变形,从而压电体58形变。在压电体58,生成与形变相对应的表面电荷,在第一电极60和第二电极62之间显现电位差(电压),其被作为基于第一电极60和第二电极62之间产生的压电效果的检测信号被取出。压电元件50的其他检测信号通过超声波换能器44单元被检测,所以通过如图3所示的点矩阵的单元可以获得检测信号。

[0073] (7) 基于凹部的接收灵敏度

[0074] 接下来,对在压电元件设置凹部带来的接收灵敏度的改善进行说明。

[0075] (7a) 槽的有无和深度

[0076] 图7、图8是用于说明压电元件50中的凹部的有无引起的接收灵敏度的不同的图。图7是以截面图示出作为比较对象的三种压电元件50A~50C的构造的图。作为构造,这些压

电元件50A~50C由于凹部的有无而不同。也就是说,如图7的(A)所示,压电元件50A未形成凹部,如图7的(B)所示,压电元件50B仅形成有第一凹部64,如图7的(C)所示,压电元件50C形成有第一凹部64和第二凹部66。此外,第一凹部64和第二凹部66的凹部的宽度都与水平电极构造的电极间隔 W_2 相等,压电元件50C相当于本实施方式的压电元件50(参照图4、图5)。

[0077] 并且,图8是对于如图7所示的三个压电元件50A~50C而示出通过模拟求出的接收灵敏度的图表。该图表的横轴是间隙(水平电极构造的电极间隔部分)对应的氧化硅层52的膜厚 L_1 (即,从氧化硅层52的膜厚 L_2 减去第一凹部64的深度 D_3 而得的值),纵轴是接收灵敏度。该图表上的任何点都为了使压电元件50的固有频率为8.6MHz而调节硅侧壁68的间隔 W_1 。

[0078] 对于电压元件50B、50C,将与间隙(水平电极构造的电极间隔部分)对应的氧化硅层52的膜厚 L_1 从“0”到氧化硅层52的膜厚 L_2 的范围内变化的情况下、换言之使第一凹部64的深度 D_3 变化的情况下,求得接收灵敏度。但是,对于压电元件50C而言,第二凹部66的深度 D_4 根据压电体58的膜厚的 $1/2$ 而固定。对于压电元件50B而言,将第一凹部64的深度 D_3 设定为“0”($D_3=0$) (也就是说,使与间隙相对应的氧化硅层52的膜厚 L_1 等于氧化硅层52的膜厚 L_2 ($L_1=L_2$))的情况相当于压电元件50A的接收灵敏度。

[0079] 根据图8的图表可知:压电元件50B、50C都是随着与间隙相对应的氧化硅层52的膜厚 L_1 变小(即,第一凹部64的深度 D_3 变大),接收灵敏度上升。并且,无论膜厚 L_1 是哪里,压电元件50的接收灵敏度都比压电元件50B的接收灵敏度好。但是,接收灵敏度相对于膜厚 L_1 的大小的变化的方式并不一样,在膜厚 L_1 比较厚的范围(在图8,膜厚 L_2 的约 $1/3$ 以上的厚度),随着膜厚 L_1 变小接收灵敏度一样地上升,但在比较薄的范围(在图8,膜厚 L_2 的约 $1/3$ 以下的厚度),接收灵敏度几乎固定。

[0080] (7b) 面内形变

[0081] 图9、图10是用于对压电元件50的凹部的有无引起的压电体58产生的“面内形变”的不同进行说明的图。图9是以截面图示出作为比较对象的两种压电元件50D、50E的构成的图。这些压电元件50D、50E作为构造根据第一凹部64的有无而不同。也就是说,如图9的(A)所示,压电元件50D未形成有凹部,如图9(B)所示,压电元件50E形成有第一凹部64。此外,设第一凹部64的宽度与水平电极构造的电极的间隔 W_2 相同,任一个压电元件50D、50E都未形成有第二凹部66。

[0082] 并且,图10是相对于如图9所示的两个压电元件50D、50E而示出通过模拟求得的压电体58产生的面内形变的图表。此时,设从上方向压电体58施加1气压的压力。该图表的横轴是沿电极配置方向(X轴方向)的位置,纵轴是在压电体58的上表面产生的电极配置方向(X轴方向)的形变量(ひずみ量)。此外,横轴将图9的(A)、(B)中的压电体58的左右中心位置(水平电极构造的电极配置方向中心:第一凹部64的槽方向正交的方向上的中心)设定为“0”。

[0083] 根据图10的图表,压电元件50D、50E都是向压电体58的中心以形变量变大的方式变化。详细而言,与压电元件50D相比,形变量的大小从压电体58的端部向中央部平滑地变化。另一方面,对于压电元件50E,在相当于第一凹部64的部分和其邻接部分之间的交界位置,形变量的大小急剧变化,在相当于第一凹部64的部分,与其以外的部分相比较,形变量

的大小变得非常大。并且,如果将压电元件50D、50E各自比较,则对于相当于第一凹部64的部分,与压电元件50D相比,压电元件50E的形变量的大小虽然非常大,但在相当于第一凹部64的部分以外的部分,压电元件50D的形变量比压电元件50E的形变量大。

[0084] 也就是说,通过在压电元件50的振动膜56设置第一凹部64,从而可知在相当于该第一凹部64的压电体58的位置,面内形变集中。因此,通过在相当于间隙(水平电极构造的电极间隔部分)的振动膜56的部分设置第一凹部64,从而在压电体58的间隙部分(水平电极构造的电极间隔部分)可使形变集中,其结果是,在第一电极60和第二电极62之间产生的电压增加,接收灵敏度提高。

[0085] (7c) 面内形变

[0086] 图11、图12是用于对在压电元件50的压电体产生的“面内形变”的方向成分的不同进行说明的图。图11是示出压电元件50F的构造的图。图11的(A)是压电元件50F的截面图,图11的(B)是表示压电元件50F的压电体58和振动膜56之间的配置关系的俯视图。压电元件50F具有与水平电极构造的电极的间隔W2相同宽度的第一凹部64,未设置第二凹部66。

[0087] 并且,图12是相对于如图11所示的压电元件50F,通过模拟求得的压电体58产生的面内形变的二方向成分的图表。二方向是如图11的(B)所示的电极配置方向(X轴方向)以及与其正交的第一凹部64的长度方向(Y轴方向)。图12的图表的横轴是分别沿以水平电极构造的间隙的中央位置为中心时的X轴方向及Y轴方向的位置,纵轴是压电体58的X轴方向及Y轴方向各自的形变量。因此,在图12的图表,Y轴方向的成分表示水平电极构造的间隙中的Y轴方向的位置的形变量,X轴方向的成分表示包括水平电极构造的间隙的电极配置方向(X轴方向)的形变量。此外,X轴方向的形变量相当于有关如图10所示的压电元件50E的X轴方向(电极配置方向)的形变量。

[0088] 根据图12的图表,面内形变的X轴方向成分及Y轴方向成分都从压电体58的端部向中央部(水平电极构造的间隙的中央部)形变量的大小增加。详细而言,面内形变的Y轴方向成分从压电体58的端部向中央部平滑地变化。另一方面,面内形变的X轴方向成分在相当于第一凹部64的部分和其以外的部分之间的交界位置急剧地变化,同时相当于第一凹部64的部分的形变量的大小与其以外的部分相比较,变得非常大。并且,如果着眼于相当于间隙的部分(包括压电体58的中心的中心部分),则形变量的X轴方向成分的大小成为Y轴方向成分的大小的约2倍。

[0089] 因此,可知在与第一凹部64的长度方向(槽方向:Y轴方向)相交的方向上,通过以夹着该第一凹部64而相对的方式配置电极,从而可以有效地提高压电元件的接收灵敏度。

[0090] [作用效果]

[0091] 这样,根据本实施方式,在水平电极构造的压电元件50,在相当于电极间的间隔(间隙)的振动膜56和压电体58各自的部分形成槽状的凹部,从而可以提高接收灵敏度。也就是说,俯视时,在作为水平电极构造的间隙位置的振动膜56的部分将第一凹部64,在相同的压电体58的部分将第二凹部66,分别将其槽方向形成为与电极配置方向交叉。由此,由于超声波引起的振动膜56产生的形变最终集中于压电体58的第二凹部66,电极间的电位差(电压)增加,接收灵敏度提高。

[0092] 在振动膜56和压电体58两者,俯视时,相当于电极间的间隔(间隙)的部分设置有凹部(第一凹部64和第二凹部66),所以作为整个压电元件50,接收作为弹性波的超声波时

的应力易于集中于第一凹部64及第二凹部66,所以接收灵敏度提高。

[0093] 并且,通过构成本实施方式的具有压电元件50的超声波探测器20、具备该超声波探测器20的超声波测定装置1,从而尽管不会提高超声波的照射强度,但也可以实现能高精度地进行超声波测定的探测器和超声波测定装置。

[0094] [变形例]

[0095] 此外,能适用本发明的实施方式并不限于上述实施方式,在不脱离本发明的主旨的范围内可以适当进行变形,这是不言而喻的。

[0096] (A) 凹部的宽度

[0097] 在上述实施方式中,虽然将第一凹部64的宽度和第二凹部66的宽度设定为相等的第一电极60和第二电极62之间的间隔W2,但如图13所示,也可以将第一凹部64的宽度D2设定得宽于(长于)电极间的间隔W2。

[0098] 在这种情况下,由于第一凹部64的宽度D2,在压电元件50的接收灵敏度上会产生差异。图14、图15是用于对压电元件50中的第一凹部64的宽度D2的不同引起的接收灵敏度的不同进行说明的图。图14是表示压电元件50H的构造的图。压电元件50H形成有第一凹部64而未形成有第二凹部66。

[0099] 并且,图15是对于压电元件50H示出通过模拟求得的接收灵敏度相对于第一凹部64的宽度D2的变化的图表。该图表的横轴是第一凹部64的宽度D2相对于硅侧壁68的间隔W1的比率D2/W1,纵轴是接收灵敏度。在比率D2/W1成为“0.1~0.9”的范围内,求得使第一凹部64的宽度D2变化时的接收灵敏度。该图表上的任何点都以使压电元件50的固有频率成为8.6MHz的方式调节硅侧壁68的间隔W1。

[0100] 在使第一凹部64的宽度D2与电极间的间隔W2相同的情况下的比率D2/W1约为0.16,从如图15所示的图表可知,通过将第一凹部64的宽度D2宽于电极间的间隔W2,从而接收灵敏度提高。并且,在比率D2/W1约为0.5、即第一凹部64的宽度D2是硅侧壁68的间隔W1的约1/2时,接收灵敏度最大。从接收灵敏度的提高出发,第一凹部64的宽度D2相对于硅侧壁68的间隔W1的比率D2/W1在0.3以上0.8以下时,第一凹部64的宽度D2最优选。

[0101] (B) 仅第一凹部64

[0102] 并且,如图16所示的压电元件501所示,也可以不设置第二凹部66。如参照图9、图10所说明的那样,通过具有第一凹部64,从而接收作为弹性波的超声波时的压电体58的面内方向的形变在该第一凹部64、即电极间的间隙部分集中。因此,即使构成将凹部仅作为振动膜56侧的第一凹部64并未设置于压电体58的压电元件,甚至与未设置第一凹部64的结构相比,可以预见接收灵敏度的进一步提高。

[0103] (C) 凸部

[0104] 此外,如图17所示,也可以在与第一凹部64对应的振动膜56的一面侧(压电体58的配置面侧)的部分形成有第一凸部76。例如,采用在振动膜56上设置压电体58之前通过按压形成第一凹部64的制造工序的情况下,在振动膜56的与第一凹部64的相反侧形成第一凸部76。这样的结构也可以。

[0105] 并且,如图18所示,也可以在压电体58的上面(振动膜56的与配置面相反侧的面)上的第一凹部64相对应的部分形成有第二凸部78。例如,采用在振动膜56上设置了压电体58之后通过按压形成第一凹部64的制造工序的情况下,在振动膜56的与第一凹部64的相反

侧形成与图17相同的凸部,此外,在压电体58的上面的第一凹部64相对应的部分形成有第二凸部78。这样的结构也可以。

[0106] 此外,如图19所示,也可以在作为振动膜56的一面侧的氧化锆层54上形成有凹部80。氧化锆层54以及压电体58的杨氏模量分别是200GPa、以及80GPa。该压电元件50L如果与如图7的(A)所示的压电元件50A相比较,在电极间隙部分,杨氏模量小的压电体58的厚度增加,杨氏模量大的氧化锆层54的厚度减少。根据这样的结构,可以在电极间隙部分形成比周围在构造上更柔软的区域。因此,可将由于音压引起的形变集中在电极间隙部分。作为其结果,可以提高接收灵敏度。

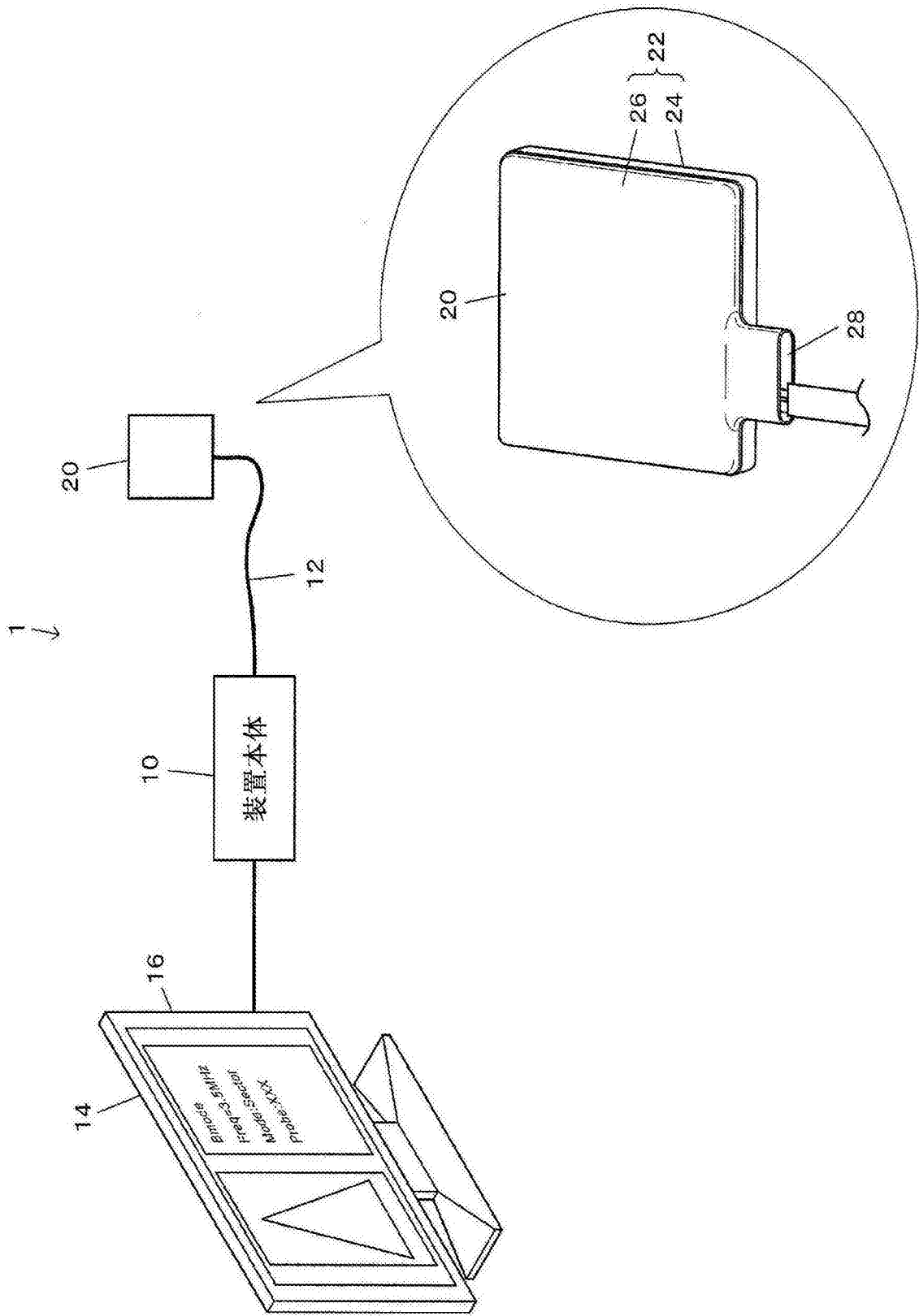


图1

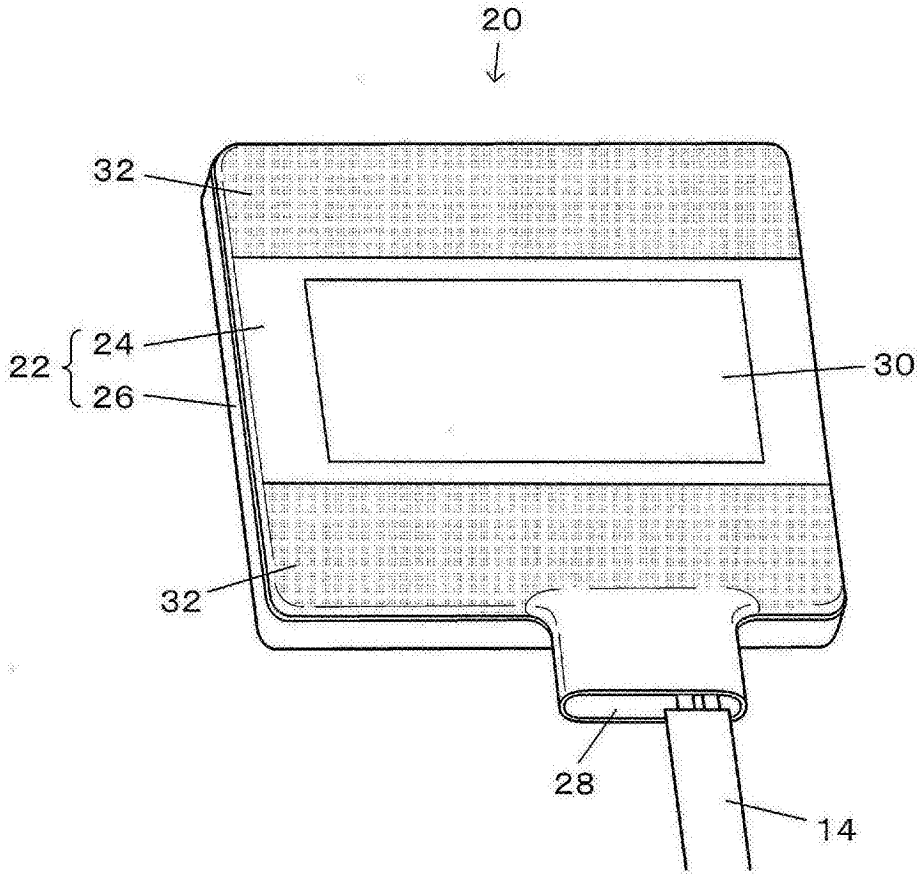


图2

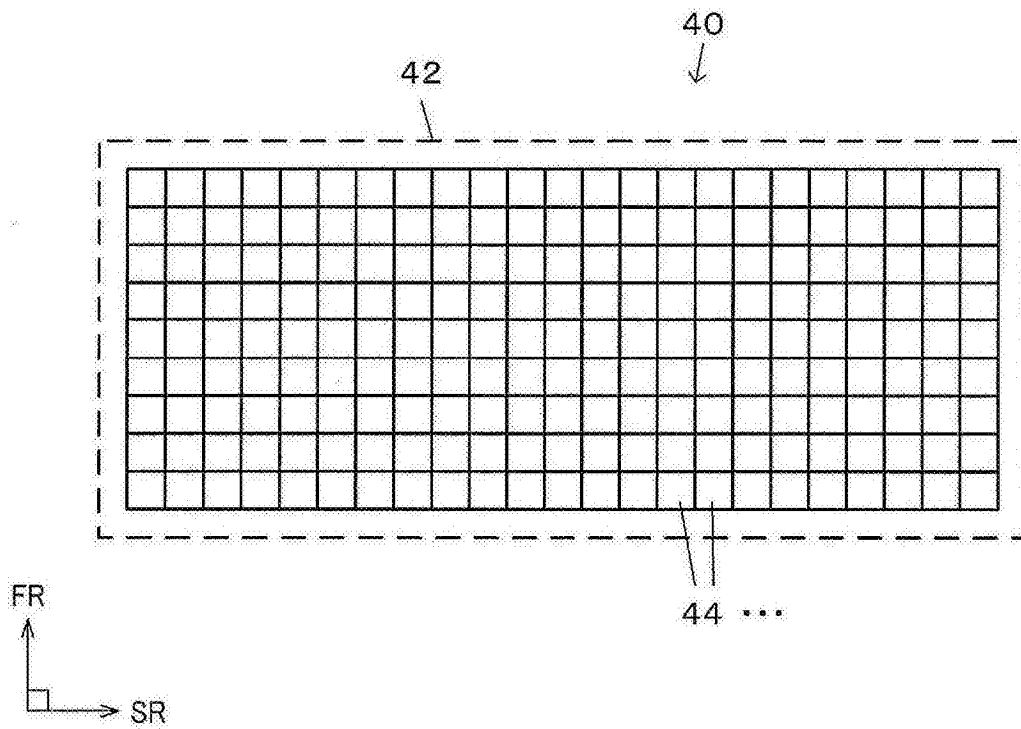


图3

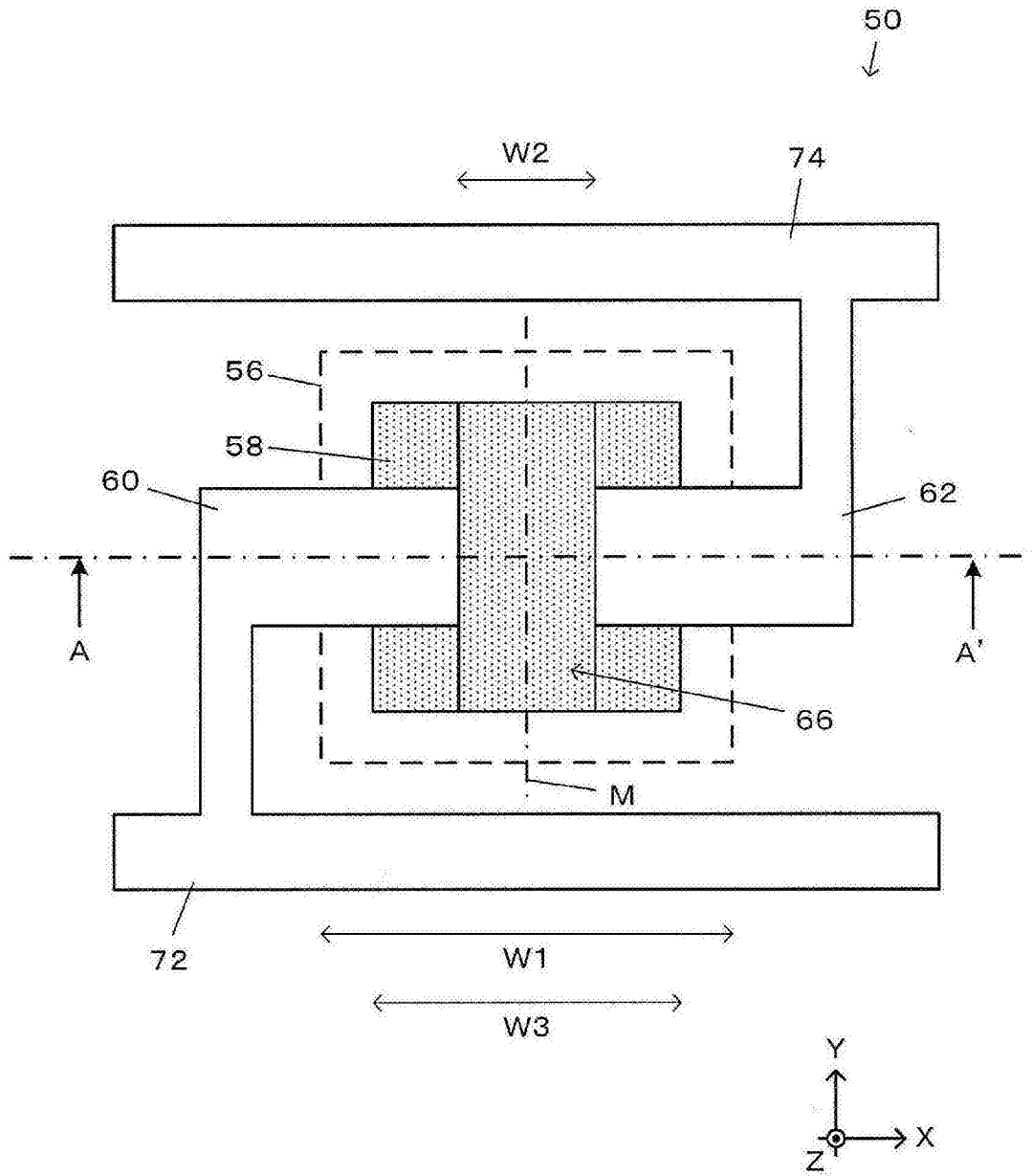


图4

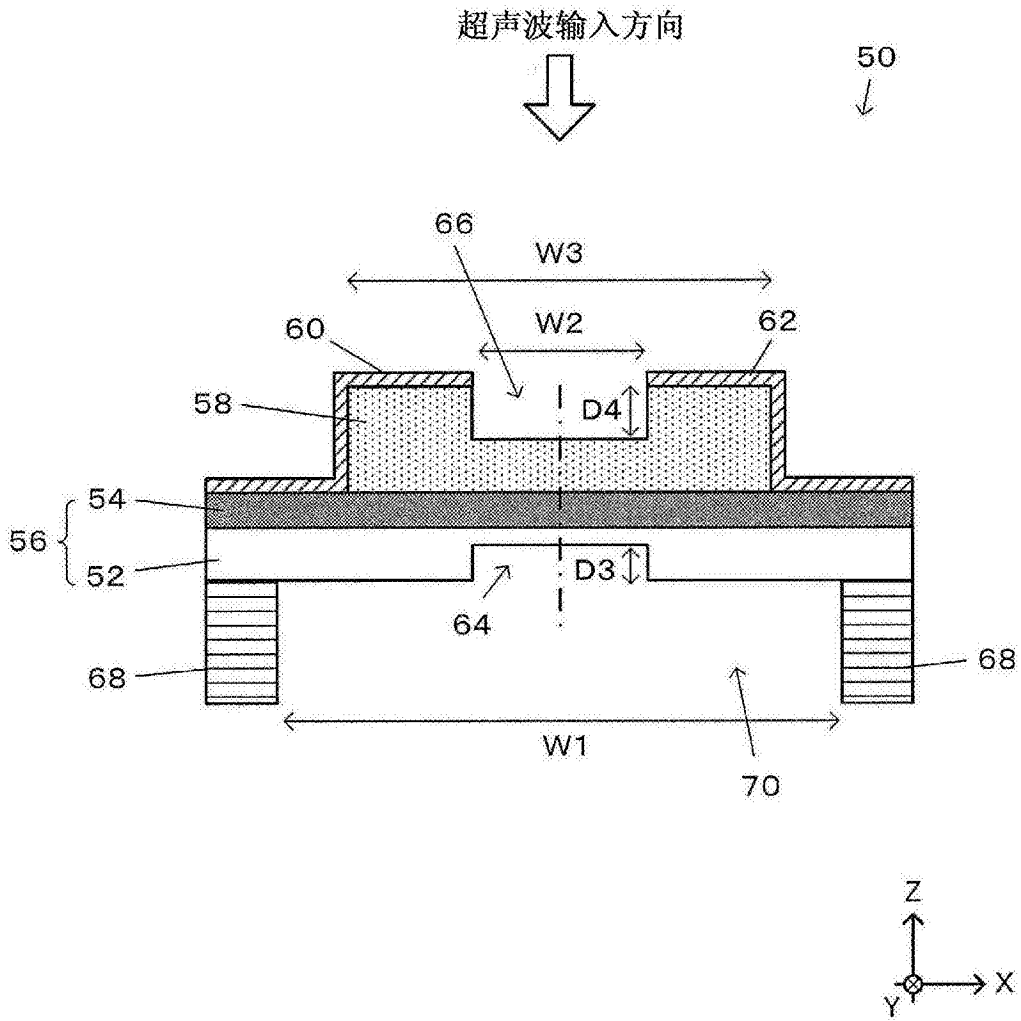


图5

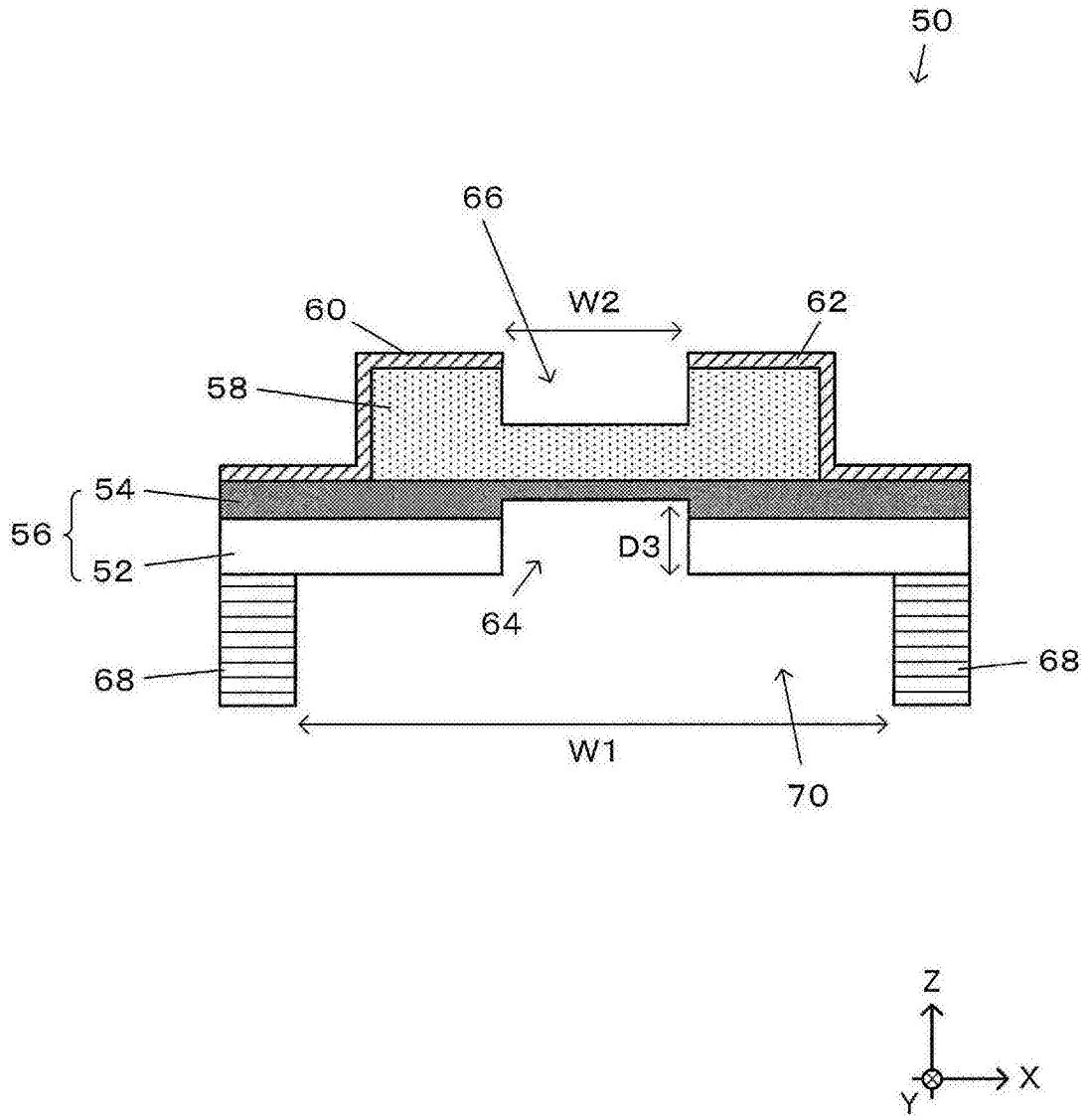


图6

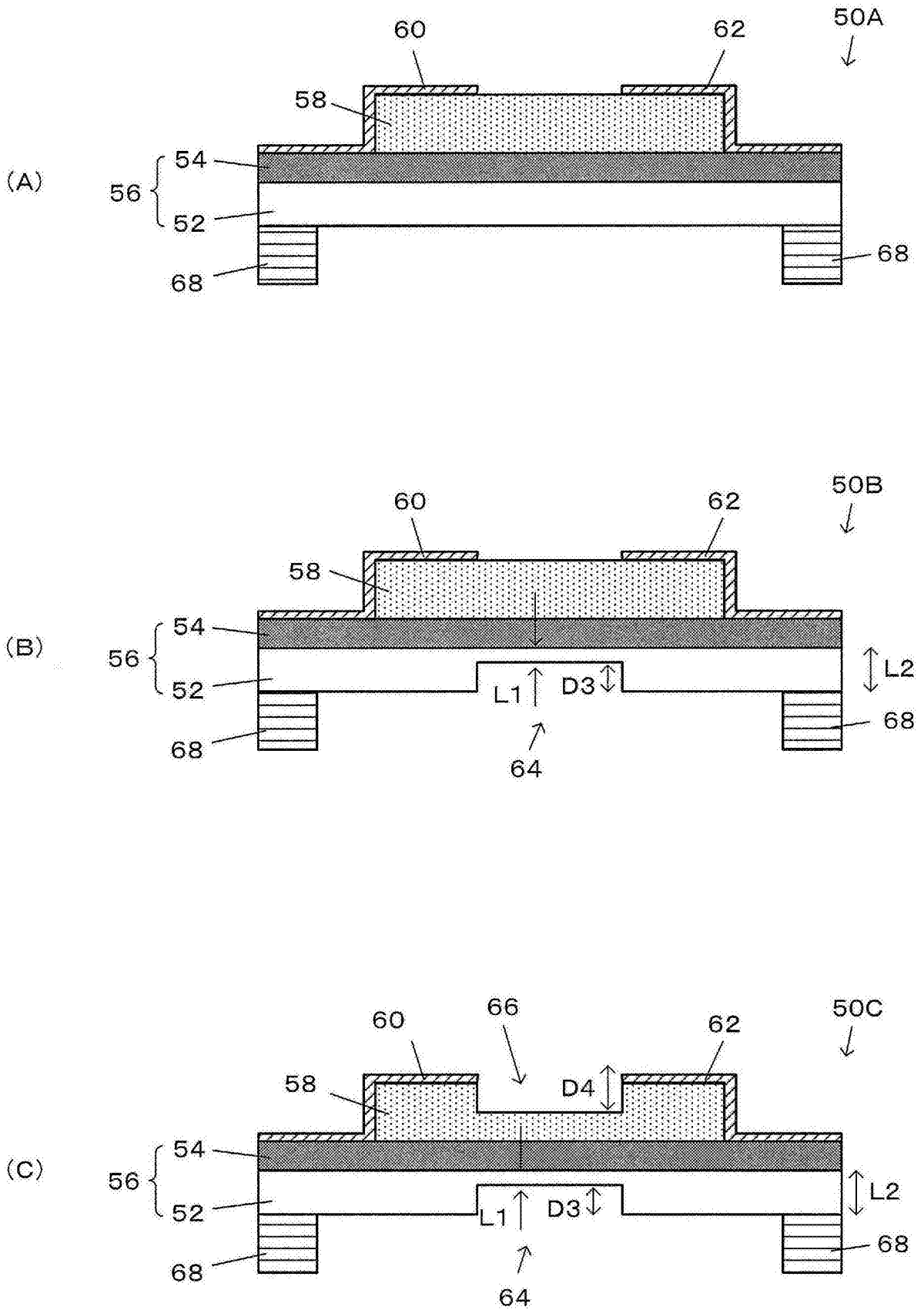


图7

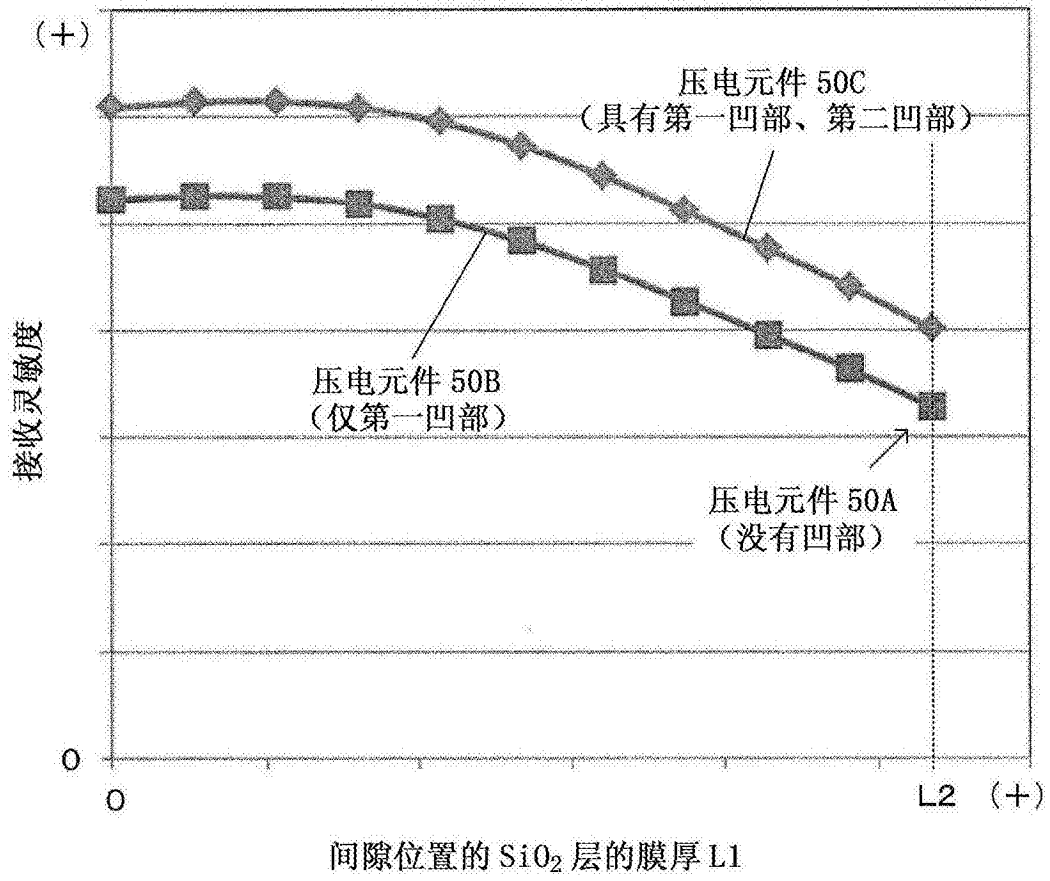


图8

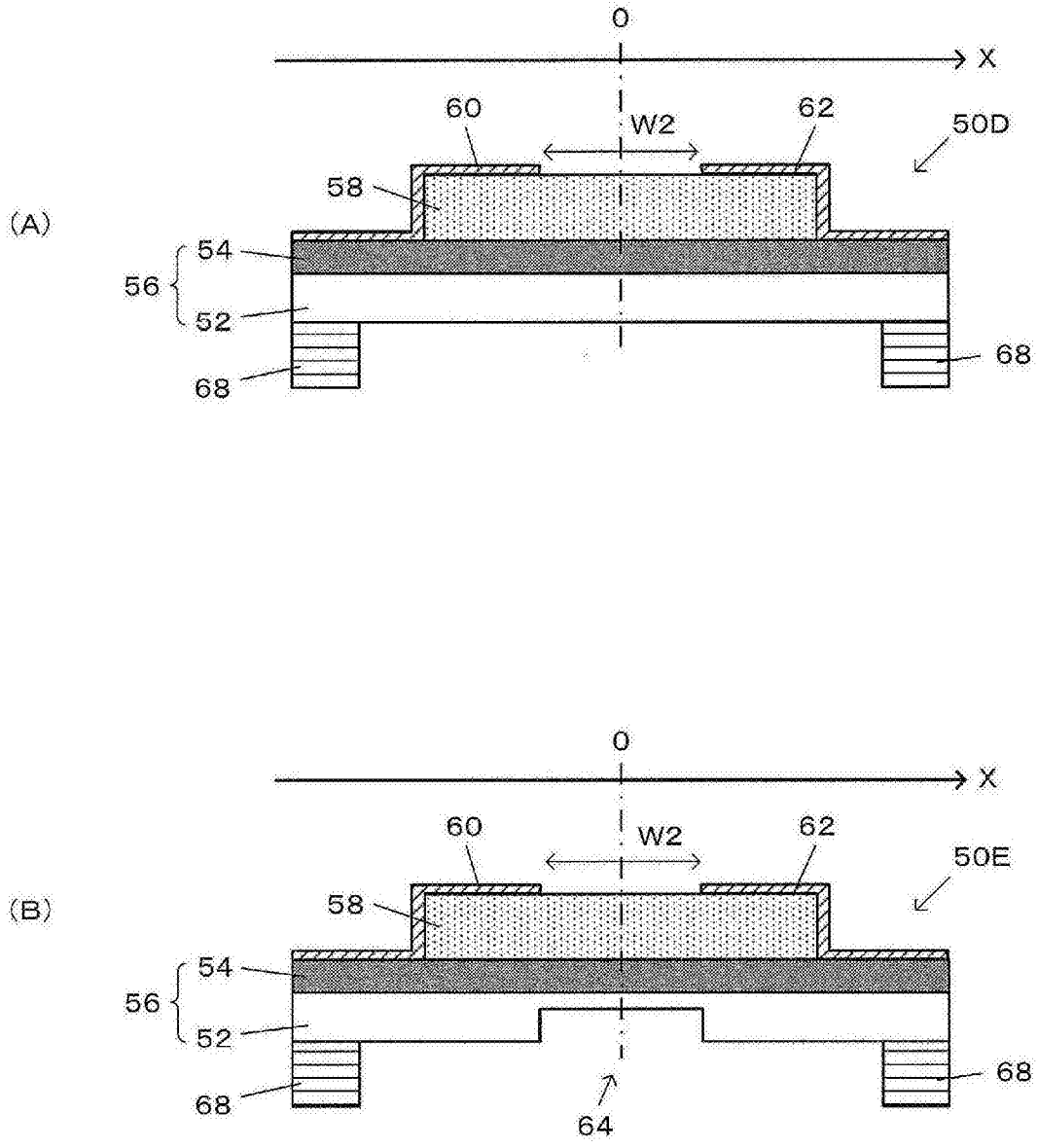


图9

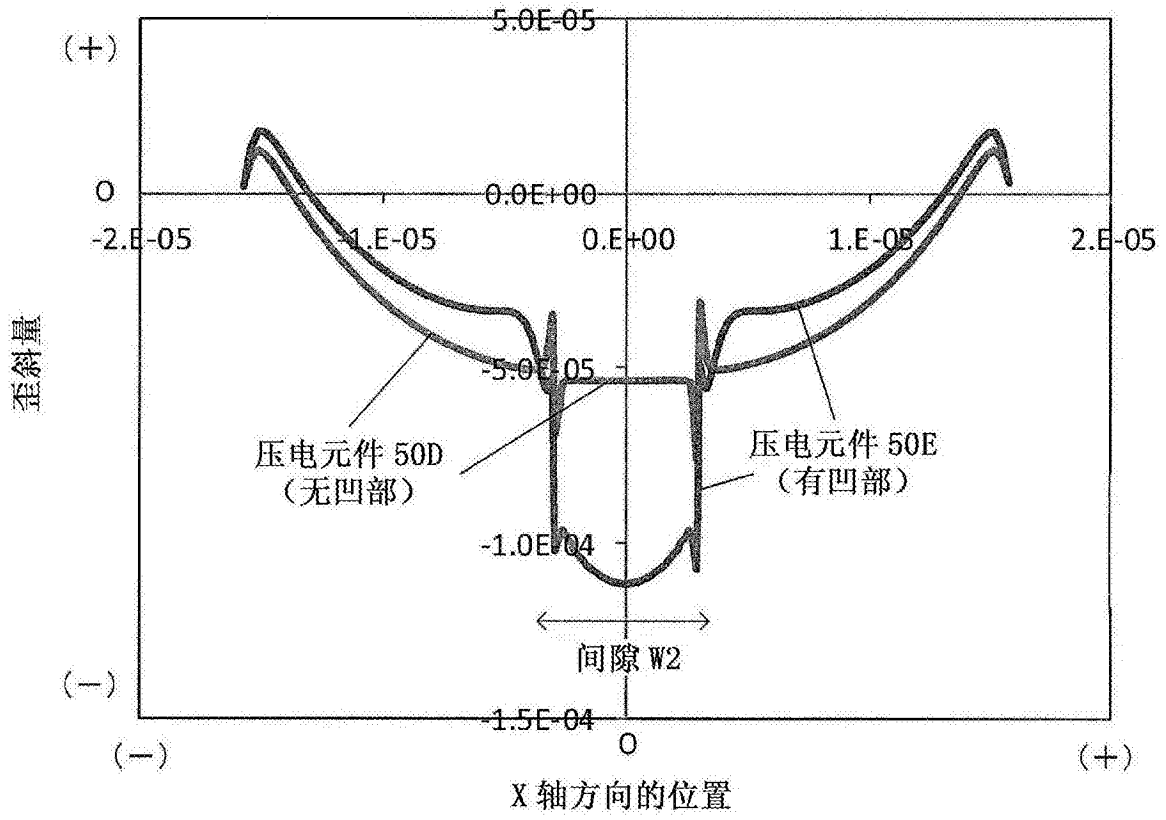


图10

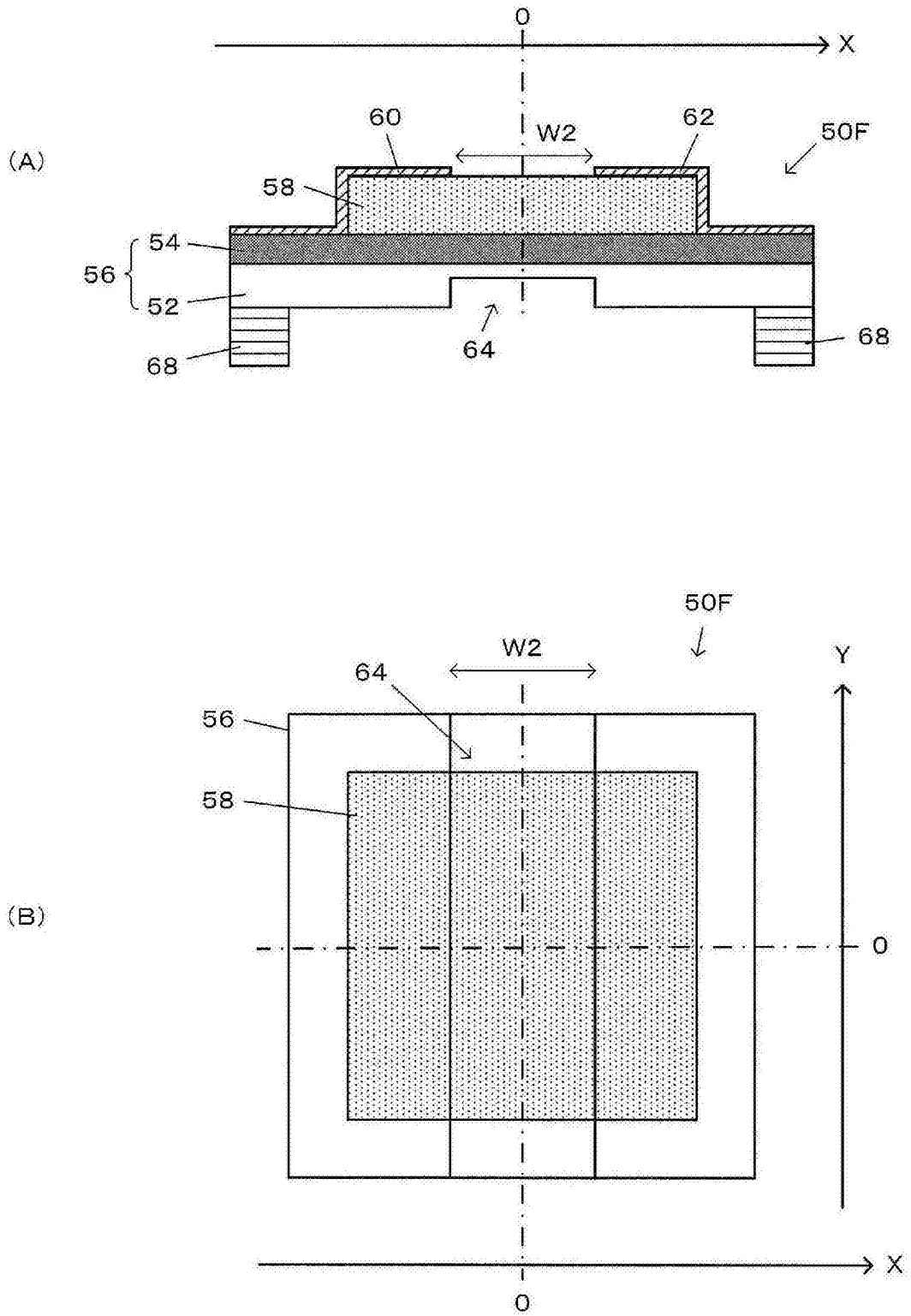


图11

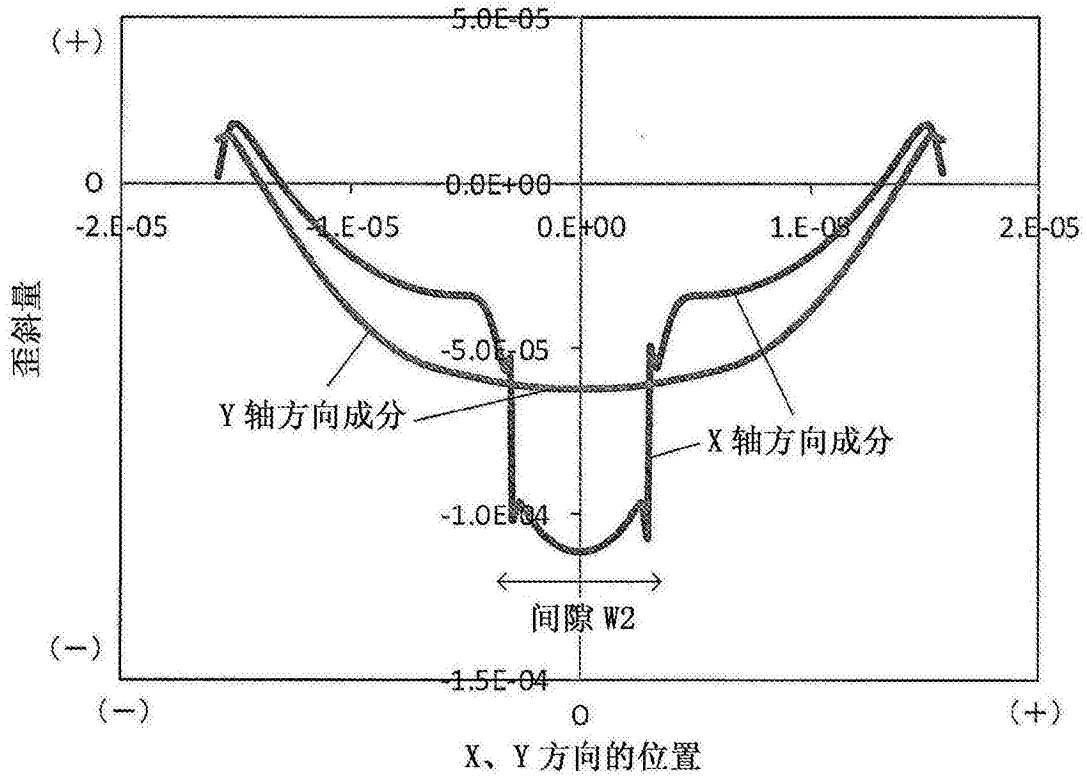


图12

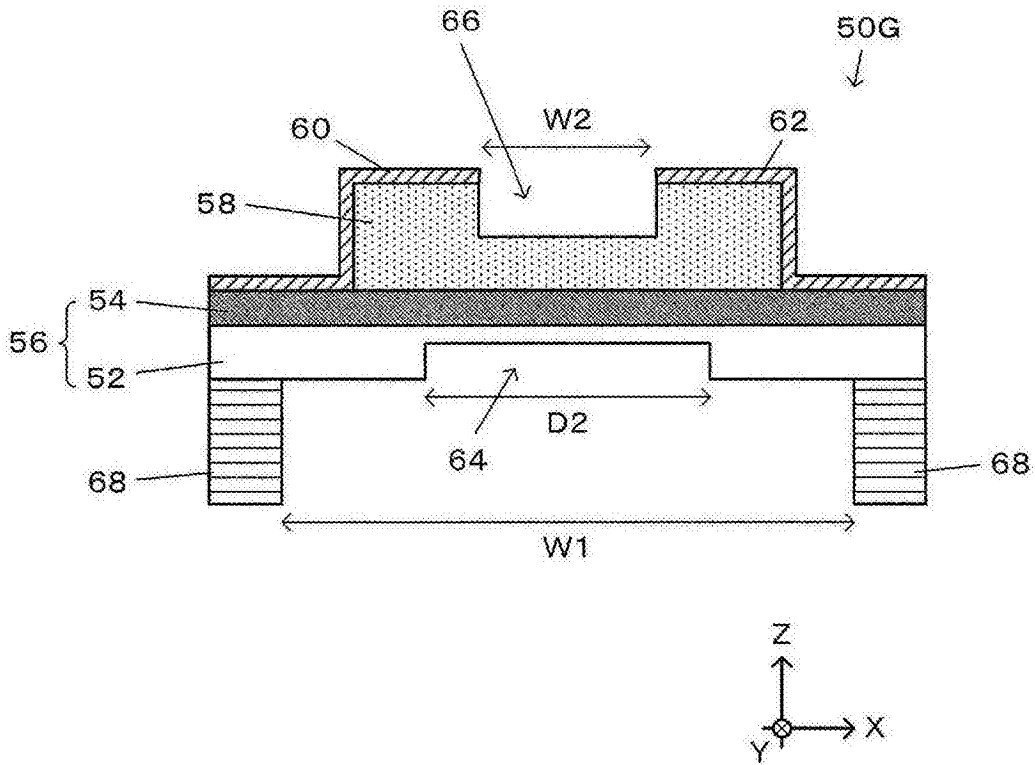


图13

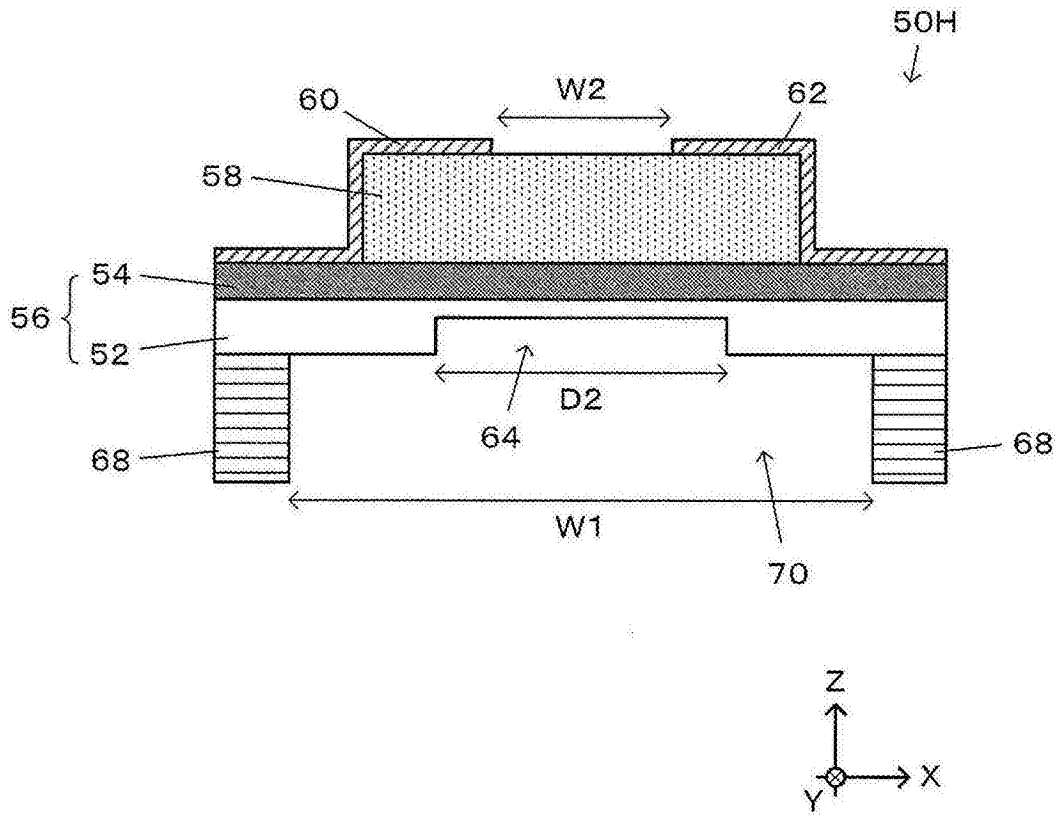


图14

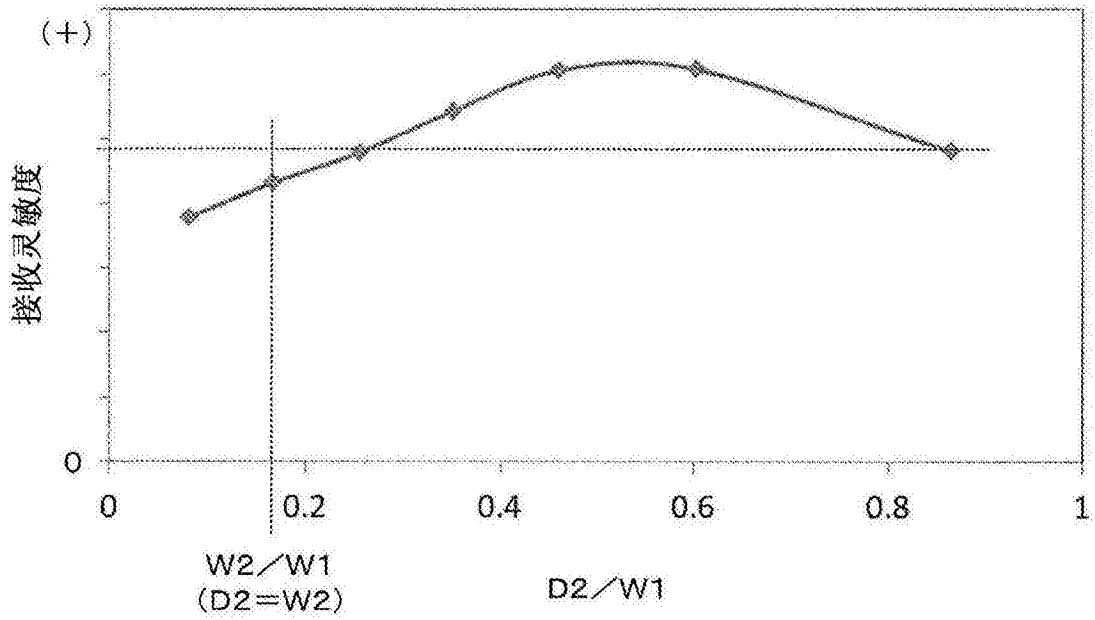


图15

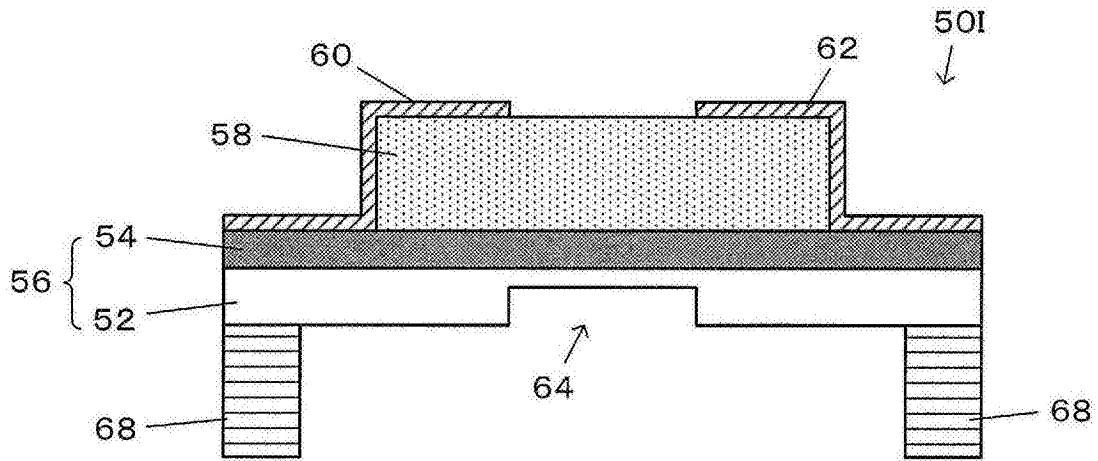


图16

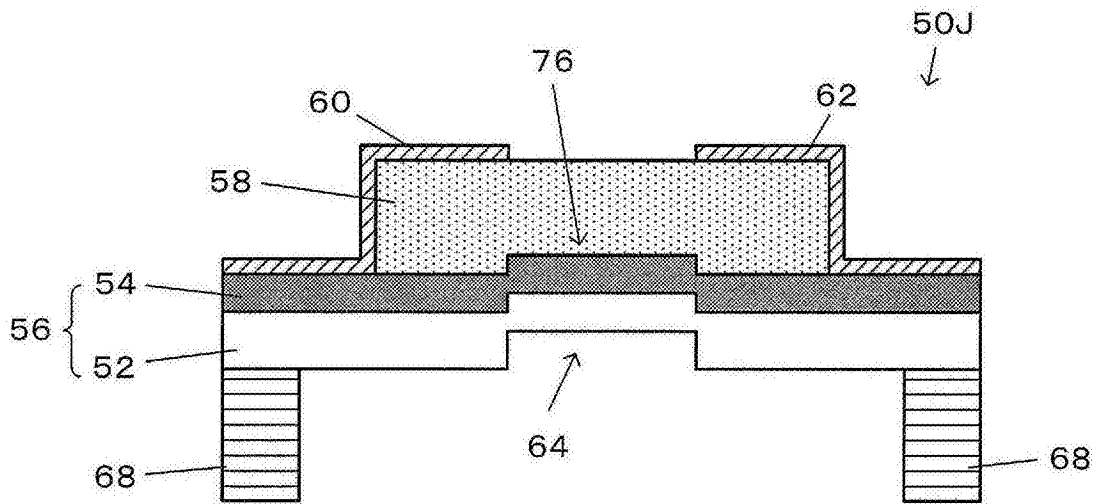


图17

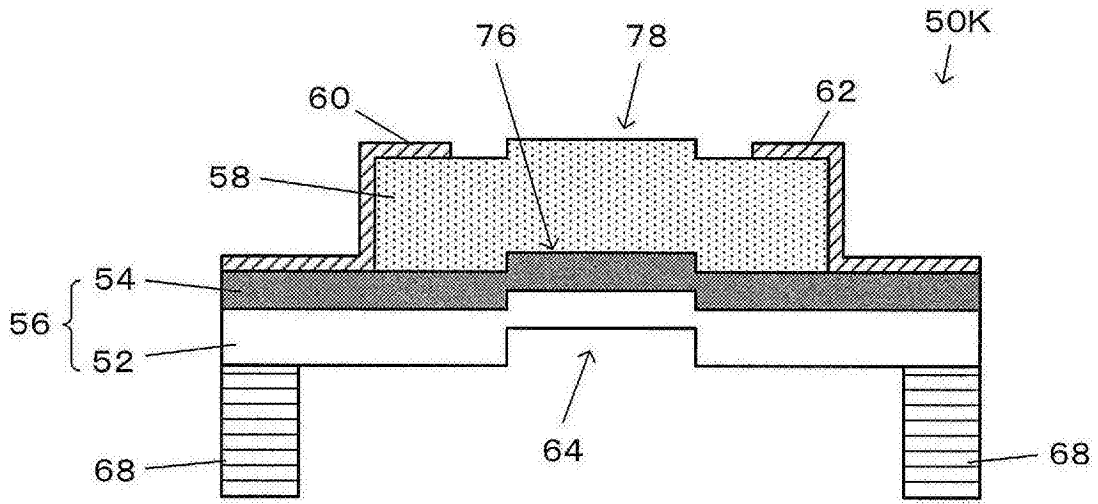


图18

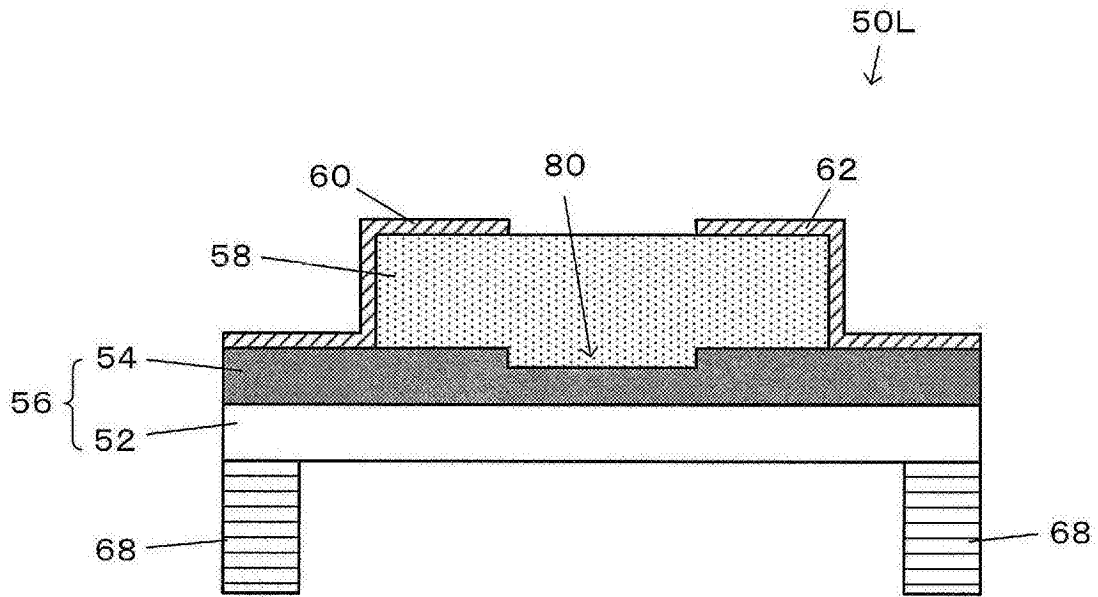


图19

专利名称(译)	压电元件、探测器以及超声波测定装置		
公开(公告)号	CN106923861A	公开(公告)日	2017-07-07
申请号	CN201610856572.9	申请日	2016-09-27
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
[标]发明人	宫泽弘 伊藤浩 中村友亮 山田昌佳 鹤野次郎 船坂司		
发明人	宫泽弘 伊藤浩 中村友亮 山田昌佳 鹤野次郎 船坂司		
IPC分类号	A61B8/00 H04R17/00		
CPC分类号	A61B8/00 A61B8/44 A61B8/4444 A61B8/4483 H04R17/00 A61B8/4494 B06B1/0622 B06B1/0603 G01N29/2437		
优先权	2015196762 2015-10-02 JP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了压电元件、探测器以及超声波测定装置，压电元件(50)包括：振动膜(56)；压电体(58)，配置在所述振动膜(56)的一面侧；以及水平电极构造，在所述压电体(58)上隔开规定间隔而配置有电极，所述振动膜(56)俯视时在与所述规定间隔相对应的部分具有凹部(第一凹部(64))。

