



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104549978 B

(45)授权公告日 2018.10.12

(21)申请号 201410528557.2

(22)申请日 2014.10.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104549978 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(30) 优先权数据
2013-213463 2013.10.11 JP

(73)专利权人 精工爱普生株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 清濑摄内 内山敏一

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240
代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int.Cl.

B06B 1/06(2006.01)

G01N 29/00(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2009-296055 A, 2009.12.17,

JP 特开2002-336248 A, 2002.11.26.

JP 特开2011-56103 A, 2011.03.24.

JP 昭61-217142 A, 1986.09.26,

宙查员 朱李

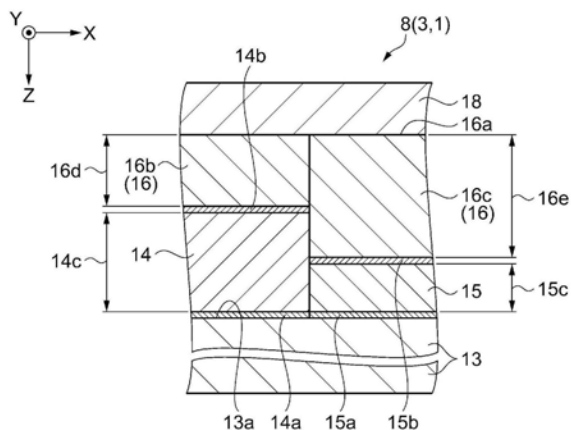
权利要求书3页 说明书14页 附图10页

(54)发明名称

超声波器件及制造方法、超声波探测器及超声波诊断装置

(57)摘要

本发明涉及超声波器件及制造方法、超声波探测器及超声波诊断装置。该超声波器件的特征在于,具备基板、设置于所述基板的第一面的第一压电体、设置于所述基板的所述第一面且与所述第一压电体厚度不同的第二压电体、以及设置于所述第一压电体以及所述第二压电体上的声匹配部,所述第一面是平坦的,所述声匹配部的位于与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且是平坦的。



1. 一种超声波器件,其特征在于,
具备:
基板;
第一压电体,设置于所述基板的第一面;
第二压电体,设置于所述基板的所述第一面且与所述第一压电体的厚度不同;以及
声匹配部,设置于所述第一压电体以及所述第二压电体上,
所述第一面是平坦的,所述声匹配部的位于与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且是平坦的,

当所述第一压电体以及所述第二压电体中的声速设定为 C_p 、所述声匹配部中的声速设定为 C_s 、所述第一压电体的谐振频率设定为 f_1 、所述第二压电体的谐振频率设定为 f_2 、所述第一压电体的厚度设定为 d_1 、所述第二压电体的厚度设定为 d_2 、设置于所述第一压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 t_1 、设置于所述第二压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 t_2 、 n 设定为整数、 k_1 以及 k_2 设定为奇数时,所述超声波器件满足下式1~下式7:

$$f_2 = n \times f_1 \cdots \text{式1},$$

$$d_1 = C_p / (2 \times f_1) \cdots \text{式2},$$

$$d_2 = C_p / (2 \times f_2) \cdots \text{式3},$$

$$t_1 = k_1 \times C_s / (4 \times f_1) \cdots \text{式4},$$

$$t_2 = k_2 \times C_s / (4 \times f_2) \cdots \text{式5},$$

$$d_1 + t_1 = d_2 + t_2 \cdots \text{式6},$$

$$C_s = 2 \times (n-1) \times C_p (k_2 - n \times k_1) \cdots \text{式7}。$$

2. 根据权利要求1所述的超声波器件,其特征在于,
所述声匹配部的材质是天然橡胶。

3. 根据权利要求1所述的超声波器件,其特征在于,
所述声匹配部的材质是有机硅树脂。

4. 根据权利要求1所述的超声波器件,其特征在于
所述声匹配部的材质为聚乙烯树脂。

5. 一种超声波器件的制造方法,其特征在于,
具备:
在基板的平坦的第一面上形成第一压电体和第二压电体的工序,所述第二压电体与所述第一压电体的厚度不同;以及

在所述第一压电体以及所述第二压电体上,以使声匹配部的与位于所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且平坦的方式形成所述声匹配部的工序,

当所述第一压电体以及所述第二压电体中的声速设定为 C_p 、所述声匹配部中的声速设定为 C_s 、所述第一压电体的谐振频率设定为 f_1 、所述第二压电体的谐振频率设定为 f_2 、所述第一压电体的厚度设定为 d_1 、所述第二压电体的厚度设定为 d_2 、设置于所述第一压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 t_1 、设置于所述第二压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 t_2 、 n 设定为整数、 k_1 以及 k_2 设定为奇数时,所述超声波器件满足下式1~下式7:

$$f_2 = n \times f_1 \cdots \text{式1},$$

$d1 = C_p / (2 \times f1) \cdots$ 式2,

$d2 = C_p / (2 \times f2) \cdots$ 式3,

$t1 = k1 \times C_s / (4 \times f1) \cdots$ 式4,

$t2 = k2 \times C_s / (4 \times f2) \cdots$ 式5,

$d1 + t1 = d2 + t2 \cdots$ 式6,

$C_s = 2 \times (n-1) \times C_p (k2-n \times k1) \cdots$ 式7。

6. 一种超声波探测器,其特征在于,

具备:

超声波器件;以及

驱动部,驱动所述超声波器件,

所述超声波器件具备:

基板;

第一压电体,设置于所述基板的第一面;

第二压电体,设置于所述基板的所述第一面,所述第二压电体与所述第一压电体的厚度不同;以及

声匹配部,设置于所述第一压电体以及所述第二压电体上,

所述第一面是平坦的,所述声匹配部的与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且是平坦的,

当所述第一压电体以及所述第二压电体中的声速设定为 C_p 、所述声匹配部中的声速设定为 C_s 、所述第一压电体的谐振频率设定为 $f1$ 、所述第二压电体的谐振频率设定为 $f2$ 、所述第一压电体的厚度设定为 $d1$ 、所述第二压电体的厚度设定为 $d2$ 、设置于所述第一压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 $t1$ 、设置于所述第二压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 $t2$ 、 n 设定为整数、 $k1$ 以及 $k2$ 设定为奇数时,所述超声波器件满足下式1~下式7:

$f2 = n \times f1 \cdots$ 式1,

$d1 = C_p / (2 \times f1) \cdots$ 式2,

$d2 = C_p / (2 \times f2) \cdots$ 式3,

$t1 = k1 \times C_s / (4 \times f1) \cdots$ 式4,

$t2 = k2 \times C_s / (4 \times f2) \cdots$ 式5,

$d1 + t1 = d2 + t2 \cdots$ 式6,

$C_s = 2 \times (n-1) \times C_p (k2-n \times k1) \cdots$ 式7。

7. 一种超声波诊断装置,其特征在于,

具备:

超声波器件,向被检体发射超声波,并检测被所述被检体反射的超声波;

驱动部,驱动所述超声波器件;

反射分布运算部,根据所述超声波器件检测到的超声波运算所述被检体中的超声波的反射率的分布;以及

显示部,显示基于所述反射分布运算部运算出的所述被检体中的超声波的反射率的分布的图像,

所述超声波器件具备:

基板；

第一压电体,设置于所述基板；

第二压电体,设置于所述基板,所述第二压电体与所述第一压电体的厚度不同；以及
声匹配部,设置于所述第一压电体以及所述第二压电体上，

所述基板的设置有所述第一压电体以及所述第二压电体的第一面是平坦的,所述声匹配部的位于与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且是平坦的，

当所述第一压电体以及所述第二压电体中的声速设定为 C_p 、所述声匹配部中的声速设定为 C_s 、所述第一压电体的谐振频率设定为 f_1 、所述第二压电体的谐振频率设定为 f_2 、所述第一压电体的厚度设定为 d_1 、所述第二压电体的厚度设定为 d_2 、设置于所述第一压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 t_1 、设置于所述第二压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 t_2 、 n 设定为整数、 k_1 以及 k_2 设定为奇数时,所述超声波器件满足下式1～下式7：

$$f_2 = n \times f_1 \cdots \text{式1,}$$

$$d_1 = C_p / (2 \times f_1) \cdots \text{式2,}$$

$$d_2 = C_p / (2 \times f_2) \cdots \text{式3,}$$

$$t_1 = k_1 \times C_s / (4 \times f_1) \cdots \text{式4,}$$

$$t_2 = k_2 \times C_s / (4 \times f_2) \cdots \text{式5,}$$

$$d_1 + t_1 = d_2 + t_2 \cdots \text{式6,}$$

$$C_s = 2 \times (n-1) \times C_p (k_2 - n \times k_1) \cdots \text{式7.}$$

超声波器件及制造方法、超声波探测器及超声波诊断装置

技术领域

[0001] 本发明涉及超声波器件、超声波器件的制造方法、超声波探测器以及超声波诊断装置。

背景技术

[0002] 发送接收超声波的超声波器件广泛应用于超声波诊断装置等。并且，在超声波器件中通常使用振子，该振子在以PZT(锆钛酸铅:Pb(lead) zirconatetitanate)为代表的压电陶瓷等压电体的两端形成有电极。在专利文献1中公开了这样的超声波器件。由此，超声波器件在有台阶的基板上设置有厚度不同的PZT。在下阶设置有谐振频率低的振子，在上阶设置有谐振频率高的振子。

[0003] 并且，与各振子重叠而配置有声匹配层。声匹配层以振子的相反侧为表面时，表面形成得平坦。通过使其平坦化，能够容易接触被检体。声匹配层的厚度以及振子的厚度与谐振频率相对应而设定。并且，两个声匹配层的厚度以及振子的厚度相加后的长度的差为基板的台阶的高度。因而，通过在基板设置台阶，即使表面平坦，也能够适当地设定两个振子以及声匹配层的长度。

[0004] 在专利文献1中因为基板的台阶与振子的元件对应，所以振子的数目越多台阶的数目越多。因而，在基板上配置多个振子的构造的超声波器件中基板的制造变难。因此，期望一种具有即使配置多个谐振频率不同的多个振子时也容易制造的构造的超声波器件。

[0005] 在先技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利特开平2-49640号公报

发明内容

[0008] 本发明是为了解决上述课题而完成的，能够作为以下方式或者应用例而实现。

[0009] 应用例1

[0010] 本应用例涉及的超声波器件，其特征在于，具备基板、设置于所述基板的第一面的第一压电体、设置于所述基板的所述第一面且与所述第一压电体厚度不同的第二压电体、以及设置于所述第一压电体以及所述第二压电体上的声匹配部，所述第一面是平坦的，所述声匹配部的位于与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且是平坦的。

[0011] 根据本应用例，超声波器件在基板具备第一压电体以及第二压电体。第一压电体通过被施加交流电压而发射超声波。在第一压电体以及第二压电体上设置有声匹配部。发射的超声波通过声匹配部向被检体发射。被被检体反射的超声波通过声匹配部射入第二压电体。因为声匹配部调节声阻抗，所以超声波能够高效率地在第一压电体、被检体、第二压电体之间行进。

[0012] 并且，超声波射入第二压电体后第二压电体输出交流电压的信号。因为第一压电

体和第二压电体厚度不同,所以各压电体的谐振频率是不同的频率。因而,超声波器件从第一压电体向被检体发射超声波,第二压电体能够检测被被检体反射的超声波中不同频率的超声波。并且,基板的设置了第一压电体以及第二压电体的第一面是平坦的面。并且,声匹配部的与第一压电体以及第二压电体相反一侧的第二面也是平坦的面。因而,基板与在第一面设置凹凸时相比较,形成容易加工的形状。声匹配部与在第二面设置凹凸时相比较形成容易加工的形状。其结果,能够以高生产率制造超声波器件。

[0013] 应用例2

[0014] 上述应用例所涉及的超声波器件,其特征在于,当所述第一压电体以及所述第二压电体中的声速设定为 C_p 、所述声匹配部中的声速设定为 C_s 、所述第一压电体的谐振频率设定为 f_1 、所述第二压电体的谐振频率设定为 f_2 、所述第一压电体的厚度设定为 d_1 、所述第二压电体的厚度设定为 d_2 、设置于所述第一压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 t_1 、设置于所属第二压电体上的所述声匹配部的厚度设定为 t_2 、 n 设定为整数、 k_1 以及 k_2 设定为奇数时,满足以下式1~式7。 $f_2 = n \times f_1 \cdots$ (式1)。 $d_1 = C_p / (2 \times f_1) \cdots$ (式2)。 $d_2 = C_p / (2 \times f_2) \cdots$ (式3)。 $t_1 = k_1 \times C_s / (4 \times f_1) \cdots$ (式4)。 $t_2 = k_2 \times C_s / (4 \times f_2) \cdots$ (式5)。 $d_1 + t_1 = d_2 + t_2 \cdots$ (式6)。 $C_s = 2 \times (n-1) \times C_p (k_2 - n \times k_1) \cdots$ (式7)。

[0015] 根据本应用例,如式1所示第二压电体的谐振频率是第一压电体的谐振频率的整数倍。因而,第一压电体输出超声波,第二压电体能够检测被被检体反射的超声波的 n 次高频。通过将第一压电体的厚度 d_1 设定为如式2所示,能够将第一压电体的谐振频率设定为谐振频率 f_1 。同样,通过将第二压电体的厚度 d_2 设定为如式3所示,能够将第二压电体的谐振频率设定为谐振频率 f_2 。

[0016] 当声匹配部中行进的超声波的波长为 λ 、频率为 f 时,存在 $\lambda = C_s / f$ 的关系。因而,式4示出 $t_1 = k_1 \times \lambda / 4$,式5示出 $t_2 = k_2 \times \lambda / 4$ 。即,声匹配部的厚度是 $\lambda / 4$ 的奇数倍。因为 $\lambda / 4$ 的奇数倍是波长匹配条件,所以抑制在声匹配部行进的超声波与被声匹配部的表面反射的超声波相互抵消。因而,声匹配部能够高效率地使超声波行进。

[0017] 如式6所示,第一压电体的厚度和第一压电体上的声匹配部相加的厚度形成为与第二压电体的厚度和第二压电体上的声匹配部相加的厚度相同的厚度。由此,能够使在基板设置了第一压电体以及第二压电体的第一面平坦,使在声匹配部的与第一压电体以及第二压电体相反一侧的第二面也平坦。然后,根据式1~式6导出式7。如式7所示,通过设定 n 、 k_1 、 k_2 以及 C_p 运算 C_s 。并且,声匹配部的材质选定为形成与运算出的 C_s 相对应的声速的材质。因而,能够以高生产率制造超声波在声匹配部高效率地行进的超声波器件。

[0018] 应用例3

[0019] 上述应用例所涉及的超声波器件,其特征在于,所述声匹配部的材质为天然橡胶。

[0020] 根据本应用例,声匹配部的材质为天然橡胶。在应用例2的式7中, $n=2$ 、 $k_1=1$ 、 $k_2=7$ 、 $C_p=4000\text{m/s}$ 时能够使 $C_s=1600\text{m/s}$ 。并且, $C_s=1600\text{m/s}$ 时天然橡胶适合。天然橡胶加工性能良好。因而,通过声匹配部的材质使用天然橡胶,能够以高生产率制造超声波在声匹配部高效率地行进的超声波器件。

[0021] 应用例4

[0022] 上述应用例所涉及的超声波器件,其特征在于,所述声匹配部的材质是有机硅树脂。

[0023] 根据本应用例,声匹配部的材质是有机硅树脂。在应用例2的式7中,当 $n=2$ 、 $k_1=1$ 、 $k_2=9$ 、 $C_p=4000\text{m/s}$ 时能够使 $C_s=1143\text{m/s}$ 。并且, $C_s=1143\text{m/s}$ 时有机硅树脂适合。有机硅树脂加工性能良好。因而,通过声匹配部的材质使用有机硅树脂,能够以高生产率制造超声波在声匹配部高效率地行进的超声波器件。

[0024] 应用例5

[0025] 上述应用例所涉及的超声波器件,其特征在于,所述声匹配部的材质是聚乙烯树脂。

[0026] 根据本应用例,声匹配部的材质是聚乙烯树脂。在应用例2的式7中,当 $n=3$ 、 $k_1=1$ 、 $k_2=11$ 、 $C_p=4000\text{m/s}$ 时能够使 $C_s=2000\text{m/s}$ 。并且, $C_s=2000\text{m/s}$ 时聚乙烯树脂适合。聚乙烯树脂加工性能良好。因而,通过声匹配部的材质使用聚乙烯树脂,能够以高生产率制造超声波在声匹配部高效率地行进的超声波器件。

[0027] 应用例6

[0028] 本应用例所涉及的超声波器件的制造方法,其特征在于,具备在基板的平坦的第一面上形成第一压电体以及第二压电体的工序、以及在所述第一压电体以及所述第二压电体上以使声匹配部的位于与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且平坦的方式形成声匹配部的工序。

[0029] 根据本应用例,在基板上形成第一压电体和第二压电体。基板的设置了第一压电体以及第二压电体的第一面是平坦的,能够容易进行加工。在第一压电体以及第二压电体上形成声匹配部。声匹配部的与第一压电体以及第二压电体相反一侧的第二面是平坦的。因而,第一面以及第二面都能够以高生产率制造。

[0030] 应用例7

[0031] 本应用例所涉及的超声波探测器,其特征在于,该超声波探测器具备超声波器件、以及驱动所述超声波器件的驱动部,所述超声波器件具备基板、设置于所述基板的第一面的第一压电体、设置于所述基板的所述第一面的第二压电体、以及设置于所述第一压电体以及所述第二压电体上的声匹配部,所述第一面是平坦的,所述声匹配部的与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且是平坦的。

[0032] 根据本应用例,超声波探测器具备超声波器件和驱动部。驱动部驱动超声波器件。在超声波器件中,基板上设置了第一压电体以及第二压电体的第一面是平坦的面。并且,声匹配部的与第一压电体以及第二压电体相反一侧的第二面也是平坦的面。因而,基板与在第一面设置凹凸时相比较形成容易加工的形状。声匹配部与在第二面设置凹凸时相比较形成容易加工的形状。其结果,超声波探测器可以是具备可以高生产率制造的超声波器件的超声波探测器。

[0033] 应用例8

[0034] 本应用例所涉及的超声波诊断装置,其特征在于,该超声波诊断装置具备向被检体发射超声波并检测被所述被检体反射的超声波的超声波器件、驱动所述超声波器件的驱动部、根据所述超声波器件检测到的超声波运算所述被检体中的超声波的反射率的分布的反射分布运算部、以及显示基于所述反射分布运算部运算出的所述被检体中的超声波的反射率的分布的图像的显示部,所述超声波器件具备基板、设置于所述基板的第一压电体、设置于所述基板的第二压电体、以及设置于所述第一压电体以及所述第二压电体上的声匹配

部,所述基板的设置了所述第一压电体以及所述第二压电体的第一面是平坦的,所述声匹配部的位于与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且是平坦的。

[0035] 根据本应用例,超声波诊断装置具备超声波器件、驱动部、反射分布运算部以及显示部。驱动部驱动超声波器件。超声波器件向被检体发射超声波,检测被被检体反射的超声波。反射分布运算部根据超声波器件检测到的超声波运算被检体中的超声波的反射率的分布。显示部显示反射分布运算部运算出的被检体中超声波的反射率的分布。操作者观察显示部,可以获知被检体的内部中的超声波的反射率的分布。

[0036] 在超声波器件中,基板的设置了第一压电体以及第二压电体的第一面是平坦的面。并且,声匹配部的与第一压电体以及第二压电体相反一侧的第二面也是平坦的面。因而,基板与在第一面设置凹凸时相比较形成容易加工的形状。声匹配部与在第二面设置凹凸时相比较形成容易加工的形状。其结果,超声波诊断装置可以是具备可以高生产率制造的超声波器件的超声波诊断装置。

附图说明

[0037] 图1的(a)和(b)涉及第一实施方式,图1的(a)是示出超声波图像装置的构造的概略立体图,图1的(b)是示出超声波传感器的构造的概略立体图。

[0038] 图2的(a)是用于说明超声波传感器中的超声波的发射以及检测的模式图,图2的(b)是用于说明声匹配部和压电体的尺寸关系的模式图。

[0039] 图3是用于说明选定声匹配部的材质的过程的流程图。

[0040] 图4是谐波成像的次数 $n=2$ 时的材质选定结果的示意图。

[0041] 图5是谐波成像的次数 $n=3$ 时的材质选定结果的示意图。

[0042] 图6是超声波传感器的制造方法的流程图。

[0043] 图7的(a)至(h)是用于说明超声波传感器的制造方法的模式图。

[0044] 图8是示出涉及第二实施方式的超声波传感器的构造的概略立体图。

[0045] 图9的(a)和(b)涉及第三实施方式,图9的(a)是示出超声波传感器的构造的模式侧截面图,图9的(b)是超声波传感器的制造方法的流程图。

[0046] 图10的(a)至(f)是用于说明超声波传感器的制造方法的模式图。

[0047] 符号说明

[0048] 2...图像处理装置、3...超声波探测器、9...作为驱动部的传感器驱动部、10...作为反射分布运算部的图像运算部、11...作为显示部的图像显示部、13、36...基板、13a、36a...第一面、14...第一压电体、15...第二压电体、16...声匹配部、16a、40a...第二面。

具体实施方式

[0049] 在本实施方式中,对具有特征性构造的超声波器件和具备该超声波器件的超声波探测器以及超声波图像装置的例子进行说明。以下对实施方式按照附图进行说明。而且,各附图中的各部件为了在各附图上均为可辨识程度的大小,每个部件的比例尺不同而进行图示。

[0050] 第一实施方式

[0051] 对第一实施方式所涉及的超声波图像装置按照图1的(a)和(b)~图7的(a)至(h)进行说明。图1的(a)是示出超声波图像装置的构造的概略立体图。如图1的(a)所示,超声波图像装置1具备图像处理装置2以及超声波探测器3。图像处理装置2和超声波探测器3通过线缆4连接。超声波探测器3被押压在被检体5上使用。在被检体5的表面涂布液状体6,液状体6介于超声波探测器3和被检体5之间。液状体6具备使超声波探测器3发射的超声波不反射而传导的功能。

[0052] 超声波探测器3具备外装部7。外装部7的形状为有底方筒状。在外装部7的朝向被检体5的一侧设置有超声波传感器8,从超声波传感器8向被检体5发射超声波。超声波在被检体5的内部被反射。超声波传感器8检测被被检体5的内部反射的反射波。在外装部7的内部容纳有作为驱动超声波传感器8的驱动部的传感器驱动部9。

[0053] 图像处理装置2具备作为反射分布运算部的图像运算部10、作为显示部的图像显示部11以及输入部12。图像运算部10使用超声波探测器3输出的反射波信号,运算被检体5的截面中的反射率的分布。然后,根据反射率的分布的运算结果运算截面图像并向图像显示部11输出。图像显示部11输入图像运算部10输出的运算结果并显示被检体5的截面图像。截面图像显示反射率的分布。输入部12是操作者向超声波图像装置1输入指示内容的部位。

[0054] 以超声波探测器3的长边方向为Z方向。具体而言,超声波探测器3以朝向被检体5的方向为-Z方向。以超声波探测器3和被检体5接触的面上正交的两个方向为X方向和Y方向。X方向、Y方向、Z方向为分别正交的方向。

[0055] 图1的(b)是示出超声波传感器的构造的概略立体图。如图的1(b)所示,超声波传感器8具备四方形的基板13。基板13的材质只要是声音衰减大的材质即可,并不特别限定。该材质称为衬底材料。基板13例如向环氧树脂、橡胶等弹性部件混入金属、铁氧体、陶瓷等粉体而形成。

[0056] 在基板13上以朝向-Z方向的面为第一面13a。第一面13a为平坦的面。在第一面13a上第一压电体14和第二压电体15在X方向交替并列配置。第一压电体14的形状为棱柱状,在第一压电体14的朝向基板13侧的面上设置有第一电极14a。在第一压电体14的与第一电极14a相反一侧的面设置有第二电极14b。

[0057] 第二压电体15的形状也是棱柱状,第二压电体15的Y方向的长度为与第一压电体14相同的长度。第二压电体15的X方向的宽度也形成与第一压电体14相同的宽度。第二压电体15的Z方向的厚度为薄于第一压电体14的厚度。在第二压电体15的朝向基板13侧的面设置有第一电极15a。在第二压电体15的与第一电极15a相反一侧的面设置有第二电极15b。

[0058] 为了容易理解附图,图中第一压电体14以及第二压电体15各配置4个。第一压电体14以及第二压电体15的个数没有特别的限定。个数越多就越能够扩大检查范围。或者,能够提高分辨率。在本实施方式中,例如,第一压电体14以及第二压电体15的个数分别为256个。

[0059] 第一压电体14以及第二压电体15的材质只要是施加交流电压就发射超声波的材质即可,没有特别的限定。第一压电体14以及第二压电体15的材质可以使用PZT(锆钛酸铅)元件或PDVF(聚偏氟乙烯)元件等压电元件。在本实施方式中,使用一个压电元件即PZT元件。第一压电元件以及第二压电元件15也称为声能换能器。

[0060] 在第一电极14a和第二电极14b之间施加交流电压时,第一压电体14发射超声波。第一压电体14作为发射超声波的元件发挥作用。第二压电体15被射入超声波并在第一电极

15a和第二电极15b之间产生交流电压。第二压电体15作为检测超声波的元件发挥作用。厚压电体能够发射比薄压电体低的频率的超声波,检测低频率的超声波。第二压电体15的厚度设定为薄于第一压电体14。由此,第二压电体15能够检测比第一压电体14发射的超声波高的频率的超声波。

[0061] 第一电极14a以及第一电极15a的朝向基板13的面是平坦的。并且,第一电极14a粘结固定于第一面13a,第一电极15a也粘结固定于第一面13a。

[0062] 在第一压电体14以及第二压电体15的-Z方向侧设置有声匹配部16。声匹配部16具有在第一压电体14以及第二压电体15和被检体5之间进行声阻抗的匹配的功能。声匹配部16以朝向-Z方向的面为第二面16a。第二面16a是平坦的面。

[0063] 第一电极14a、第二电极14b、第一电极15a以及第二电极15b的材质只要是具有导电性的材质即可,并不特别限定。除金、银、铜、镍、铝等金属之外,还可以使用这些金属的合金或层压的金属。

[0064] 将从基板13至声匹配部16的部分作为超声波器件17。超声波器件17包括基板13、第一压电体14、第一电极14a、第二电极14b、第二压电体15、第一电极15a、第二电极15b以及声匹配部16。

[0065] 在第二面16a固定有声透镜18。声透镜18从X方向观察到的形状是凸状,是在X方向延伸的柱状的透镜。声透镜18也称为棒透镜。从第一压电体14发射的超声波通过声匹配部16后射入声透镜18。超声波被声透镜18汇聚。声透镜18的材质使用在声透镜18中行进时的声速比被检体5慢的材质。例如,被检体5为人体时声透镜18的材质可以使用有机硅橡胶。

[0066] 图2的(a)是用于说明超声波传感器中的超声波的发射以及检测的模式图。如图2的(a)所示,从多个第一压电体14发射超声波21。发射的超声波21通过声匹配部16、声透镜18后射入被检体5。排列的第一压电体14分别发射相位不同的超声波21。以被检体5的检查的位置为检查点5a。使从各第一压电体14发射的超声波21以在检查点5a为同相位的方式发射。在检查点5a,因为超声波21相长干涉(強め合う),所以能够得到与基于声透镜18等的汇聚相同的效果。

[0067] 以在检查点5a反射的超声波21为反射波21a。反射波21a通过被检体5、声透镜18以及声匹配部16后射入第二压电体15。因为检查点5a和各个第二压电体15的距离不同,所以各第二压电体15检测的反射波21a成为相位不同的波形。传感器驱动部9通过调整反射波21a的相位,运算在检查点5a反射的超声波21a的强度。超声波探测器3改变第一压电体14发射的超声波21的相位并使检查点5a在X方向移动。然后,运算各位置的反射波21a的强度。由此,超声波图像装置1运算被检体5的内部反射波21a的强度分布。

[0068] 以第一压电体14发射的超声波21的频率为 f_1 。反射波21a中包含 f_1 的整数倍频率的声波。因为反射波21a频率越高直进性越好,所以解析高频率的反射波21a后的图像空间分辨率增高。并且,因为频率越高声压越低,所以检测变难。因此,在声匹配部16使超声波高效率地行进越来越重要。第二压电体15因为厚度比第一压电体14薄,所以能够检测比 f_1 高的频率的反射波21a。相对于 f_1 检测的频率为 n 倍时将 n 称为谐波成像的次数。

[0069] 图2的(b)是用于说明声匹配部和压电体的尺寸关系的模式图。如图2的(b)所示,以位于第一压电体14的-Z侧的声匹配部16为第一声匹配部16b。以位于第二压电体15的-Z侧的声匹配部16为第二声匹配部16c。

[0070] 第一面13a和第二面16a是平坦的面,并且是平行的面。第一电极14a和第一电极15a为相同的厚度,第二电极14b和第二电极15b为相同的厚度。以第一压电体14的厚度为第一压电体厚度14c,以第一声匹配部16b的厚度为第一声匹配部厚度16d。以第二压电体15的厚度为第二压电体厚度15c,以第二声匹配部16c的厚度为第二声匹配部厚度16e。此时,第一压电体厚度14c和第一声匹配部厚度16d相加的厚度是与第二压电体厚度15c和第二声匹配部厚度16e相加的厚度相同的厚度。

[0071] 接着,对声匹配部16的材质的选定和设定第一声匹配部厚度16d以及第二声匹配部厚度16e的方法进行说明。在声匹配部16中行进超声波21的波长为 λ 时,设定第一声匹配部厚度16d以及第二声匹配部厚度16e为 $1/4 \times \lambda$ 的奇数倍。由此,能够减小超声波21被表面反射的量。因而,能够抑制通过声匹配部16时声压的减少,从而高效率地检测反射波21a。

[0072] 并且,满足用于使第一面13a以及第二面16a平坦的条件。即,第一压电体厚度14c和第一声匹配部厚度16d相加的厚度设定为与第二压电体厚度15c和第二声匹配部厚度16e相加的厚度相同的厚度。以第一压电体厚度14c为 d_1 ,以第一声匹配部厚度16d为 t_1 。以第二压电体厚度15c为 d_2 ,以第二声匹配部厚度16e为 t_2 。此时需要满足下式(1)。

$$[0073] \quad d_1 + t_1 = d_2 + t_2 \cdots \text{式(1)}$$

[0074] 第一压电体14以及第二压电体15的材质都是相同的材质。通过第一压电体14以及第二压电体15时的声速设定为 C_p 。第一压电体14的谐振频率设定为 f_1 。此时下式(2)的关系成立。

$$[0075] \quad d_1 = C_p / (2 \times f_1) \cdots \text{式(2)}$$

[0076] 第二压电体15检测的谐振频率为 f_2 。 f_2 是 f_1 的整数倍的频率,整数倍的整数设定为 n 。此时下式(3)~式(5)的关系成立。

$$[0077] \quad d_2 = C_p / (2 \times f_2) \cdots \text{式(3)}$$

$$[0078] \quad f_2 = n \times f_1 \cdots \text{式(4)}$$

$$[0079] \quad d_2 = C_p / (2 \times n \times f_1) \cdots \text{式(5)}$$

[0080] 通过声匹配部16时的超声波21的声速设定为 C_s 。第一压电体14发射的超声波21的频率为 f_1 。通过第一声匹配部16b时的超声波21的波长设定为 λ_1 。 k_1 为奇数。此时下式(6)~式(8)的关系成立。

$$[0081] \quad \lambda_1 = C_s / f_1 \cdots \text{式(6)}$$

$$[0082] \quad t_1 = k_1 \times \lambda_1 / 4 \cdots \text{式(7)}$$

$$[0083] \quad t_1 = k_1 \times C_s / (4 \times f_1) \cdots \text{式(8)}$$

[0084] 通过第二声匹配部16c的反射波21a的波长为 λ_2 。 k_2 为奇数。此时下式(9)~式(12)的关系成立。

$$[0085] \quad \lambda_2 = C_s / f_2 \cdots \text{式(9)}$$

$$[0086] \quad t_2 = k_2 \times \lambda_2 / 4 \cdots \text{式(10)}$$

$$[0087] \quad t_2 = k_2 \times C_s / (4 \times f_2) \cdots \text{式(11)}$$

$$[0088] \quad t_2 = k_2 \times C_s / (4 \times n \times f_1) \cdots \text{式(12)}$$

[0089] 将式(2)、式(5)、式(8)、式(12)代入式(1),消去 d_1 、 d_2 、 t_1 、 t_2 。通过该操作,下式(13)的关系成立。将式(13)变形,导出式(14)。

$$[0090] \quad k_2 = n \times k_1 + 2 \times (n-1) \times C_p / C_s \cdots \text{式(13)}$$

[0091] $C_s = 2 \times (n-1) \times C_p (k_2 - n \times k_1) \cdots$ 式 (14)

[0092] 在式 (14) 中, 通过设定 n 、 k_1 、 k_2 、 C_p , 能够运算 C_s 。 C_s 是声匹配部 16 的材质所固有的数值。将具有与运算的 C_s 的数值一致或者近似的声速的材质选定为声匹配部 16 的材质。在没有适当的材质时, 改变 n 、 k_1 、 k_2 并再次运算 C_s , 选定适当的材质。下面说明该操作的过程。

[0093] 图 3 是用来说明选定声匹配部的材质的过程的流程图。步骤 S1 相当于“决定谐波成像的次数 n ”的工序。在该工序中, 设定谐波成像的次数 n 。次数 n 是 2 以上的整数。接着进入步骤 S2。步骤 S2 相当于“设定 $k_1 = 1$ ”的工序。该工序是设定 k_1 的初始值为 1 的工序。接着进入步骤 S3。

[0094] 步骤 S3 相当于“设定 k_2 的初始值为超过 $n \times k_1$ 的最小奇数”的工序。该工序是设定 k_2 的初始值的工序。 $n = 2$ 、 $k_1 = 1$ 时设定 $k_2 = 3$ 。 $n = 3$ 、 $k_1 = 1$ 时设定 $k_2 = 5$ 。接着进入步骤 S4。步骤 S4 相当于“设定 $C_p = 4000\text{m/s}$ 并计算 C_s ”的工序。设定第一压电体 14 以及第二压电体 15 的材质为 PZT。 C_p 为 PZT 的声速。该工序是将 n 、 k_1 、 k_2 、 C_p 代入式 (13) 运算 C_s 的工序。接着进入步骤 S5。

[0095] 步骤 S5 是相当于判定“是否存在具有计算出的 C_s 值的声匹配材料?”的工序。该工序是设定声匹配材料的工序。能够设定适当的声匹配材料时相当于“是”, 结束选定声匹配部 16 的材质的过程。不能设定适当的声匹配材料时相当于“否”, 接着进入步骤 S6。

[0096] 步骤 S6 相当于判定“ $k_2 > 20$ 吗?”的工序。设定 k_2 的上限为 20, 该工序是判定 k_2 的数值是否超过上限的工序。 k_2 的数值超过上限时相当于“是”, 接着进入步骤 S8。 k_2 的数值没有超过上限时相当于“否”, 接着进入步骤 S7。

[0097] 步骤 S7 相当于设定“ $k_2 = k_2 + 2$ ”的工序。该工序是对 k_2 加上整数 2 的工序。相加之后的 k_2 为奇数。接着进入步骤 S4。

[0098] 步骤 S8 相当于判定“ $k_1 > 10$ 吗?”的工序。设定 k_1 的上限为 10, 该工序是判定 k_1 的数值是否超过上限的工序。 k_1 的数值超过上限时相当于“是”, 结束选定声匹配部 16 的材质的过程。 k_1 的数值不超过上限时相当于“否”, 接着进入步骤 S9。此外, $k_2 > 20$ 或者 $k_1 > 10$ 时, 导致相对于基板 13、第一压电体 14 以及第二压电体 15 的厚度, 声匹配部 16 的厚度占主导地位。因此, 是基于不适于超声波探测器 3 的小型化的考虑, 并不意味着失去声匹配条件。

[0099] 步骤 S9 相当于设定“ $k_1 = k_1 + 2$ ”的工序。该工序是对 k_1 加上整数 2 的工序。相加之后的 k_1 为奇数。接着进入步骤 S3。通过以上完成了选定声匹配部 16 的材质的过程的说明。在实施 $n = 2$ 而不能选定适当的声匹配部 16 的材质时, 设定 $n = 3$ 以上, 选定声匹配部 16 的材质。

[0100] 图 4 是谐波成像的次数 $n = 2$ 时的材质选定结果的示意图。如图 4 所示, 选择 PZT 为第一压电体 14 以及第二压电体 15 的材质, 选择 $n = 2$ 、 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 3$ 时 $C_s = 8000\text{m/s}$ 。符合该 C_s 的材质限定为铍这样的特殊金属。声匹配部 16 的声阻抗需要设定为被检体 5 的声阻抗和 PZT 的声阻抗的中间程度的声阻抗。因为在以人体为被检体时金属不满足声阻抗的条件, 所以铍不适合。

[0101] $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 5$ 时 $C_s = 2667\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用高分子材料。高分子材料例如可以示出合成纤维、合成树脂、合成橡胶。高分子材料因为声阻抗高, 第一压电体 14 以及第二压电体 15 是块型时满足声阻抗的条件, 所以可以使用。第一压电体 14 以及第二压电体 15 为薄膜型时, 因为不满足声阻抗的条件, 所以不能使用。

[0102] $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 7$ 时 $C_s = 1600\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用天然橡胶。由于天然橡胶满

足声阻抗的条件,加工性也良好,所以可以用作声匹配部16的材料。

[0103] $k_1=1$ 、 $k_2=9$ 时 $C_s=1143\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用有机硅树脂。因为有机硅树脂满足声阻抗的条件,加工性也良好,所以可以用作声匹配部16的材料。

[0104] $k_1=3$ 、 $k_2=7$ 时 $C_s=8000\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质限定为铍这样的特殊金属。由于以人体为被检体5时金属不满足声阻抗的条件,因此铍不适合。 $k_1=3$ 、 $k_2=9$ 时 $C_s=2667\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用高分子材料。

[0105] 图5是谐波成像的次数 $n=3$ 时的材质选定结果的示意图。如图5所示,选择PZT为第一压电体14以及第二压电体15的材质,选择 $n=3$ 。 $k_1=1$ 、 $k_2=5$ 时 $C_s=8000\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质限定为铍这样的特殊金属。特殊的金属因为不满足声阻抗的条件,因此不适合。

[0106] $k_1=1$ 、 $k_2=7$ 时 $C_s=4000\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用陶瓷。因为陶瓷声阻抗高,第一压电体14以及第二压电体15为块型时满足声阻抗的条件,所以可以使用。第一压电体14以及第二压电体15是薄膜型时因为不满足声阻抗的条件,所以不能使用。烧结之后为了调节厚度需要研磨的工序,所以陶瓷在加工性的方面不适合。

[0107] $k_1=1$ 、 $k_2=9$ 时 $C_s=2667\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用高分子材料。 $k_1=1$ 、 $k_2=11$ 时 $C_s=2000\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用聚乙烯树脂。聚乙烯树脂因为满足声阻抗的条件,加工性也良好,所以可以用作声匹配部16的材料。

[0108] $k_1=3$ 、 $k_2=11$ 时 $C_s=8000\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质限定为铍这样的特殊金属。因为特殊的金属不满足声阻抗的条件,所以不适合。 $k_1=3$ 、 $k_2=13$ 时 $C_s=4000\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用陶瓷。 $k_1=3$ 、 $k_2=15$ 时 $C_s=2667\text{m/s}$ 。符合 C_s 的材质可以使用高分子材料。

[0109] $n=2$ 时声匹配部16可以优选使用天然橡胶以及有机硅树脂。 $n=3$ 时声匹配部16可以优选使用聚乙烯树脂。此时,即使使第一面13a以及第二面16a平坦,也能够使超声波21高效率地通过声匹配部16。

[0110] 接着利用图6以及图7的(a)至(h)对上述的超声波传感器8的制造方法进行说明。图6是超声波传感器的制造方法的流程图,图7的(a)至(h)是用于说明超声波传感器的制造方法的模式图。在图6的流程图中,步骤S11相当于电极电镀工序。是在第一压电体14的材料上形成第一电极14a以及第二电极14b,在第二压电体15的材料上形成第一电极15a以及第二电极15b的工序。接着进入步骤S12。步骤S12相当于压电体分割工序。该工序是分割棒状的压电体而形成第一压电体14以及第二压电体15的工序。接着进入步骤S13。

[0111] 步骤S13相当于压电体粘结工序。该工序是在基板13粘结第一压电体14以及第二压电体15的工序。接着进入步骤S14。步骤S14相当于匹配部涂布工序。该工序是涂布声匹配部16的材料的工序。接着进入步骤S15。步骤S15相当于平坦化工序。该工序是使涂布了的声匹配部16的材料的上表面平坦化的工序。接着进入步骤S16。步骤S16相当于匹配部固化工序。该工序是固化声匹配部16的材料的工序。接着进入步骤S17。步骤S17相当于透镜粘结工序。该工序是将声透镜18粘结在声匹配部16上的工序。通过以上的工序,形成超声波传感器8。

[0112] 接着,使用图7的(a)至(h),使其与图6所示的步骤相对应,详细说明制造方法。图7的(a)以及图7的(b)是与步骤S11的电极电镀工序相对应的图。如图7的(a)以及图7的(b)所示,在步骤S11中准备第一压电体板22以及第二压电体板23。第一压电体板22是第一压电体14的材料,第二压电体板23是第二压电体15的材料。

[0113] 在第一压电体22的相对的面形成金属膜22a。金属膜22a的形成方法可以使用非电解电镀法或溅射法。并且,用电镀可以形成厚金属膜22a。同样,在第二压电体23的相对的面形成金属膜23a。金属膜23a的形成方法可以使用与金属膜22a的形成方法相同的方法。

[0114] 图7的(c)以及图7的(d)是与步骤S12的压电体分割工序相对应的图。如图7的(c)所示,在步骤S12中将第一压电体板22切断为棒状。切断第一压电体板22的方法可以使用切割装置或钢丝锯切断机。切断第一压电体板22,一个金属膜22a成为第一电极14a,另一个为第二电极14b。同样,如图7的(d)所示,将第二压电体板23切断为棒状。切断第二压电体23的装置可以使用与切断第一压电体板22的装置同样的装置。第二压电体板23被切断,一个金属膜23a是第一电极15a,另一个金属膜23a是第二电极15b。

[0115] 图7的(e)是与步骤S13的压电体粘结工序相对应的图。如图7的(e)所示,在步骤S13中将第一压电体14以及第二压电体15排列粘结于基板13。第一压电体14以及第二压电体15交替并列配置。此时,因为基板13的第一面13a是平坦的面,所以第一面13a是容易形成的面。并且,因为基板13的第一面13a是平坦的面,所以能够容易地配置第一压电体14以及第二压电体15。

[0116] 图7的(f)是与步骤S14的匹配部涂布工序相对应的图。如图7的(f)所示,在步骤S14中,与第一压电体14以及第二压电体15重叠涂布声匹配部材料24。声匹配部材料24是向步骤S5设定的材料中添加溶剂而成的材料。为了容易涂布,向声匹配部材料24中添加溶剂,调整声匹配部材料24的粘度。

[0117] 图7的(g)是与步骤S15的平坦化工序以及步骤S16的匹配部固化工序相对应的图。如图7的(g)所示,在步骤S15中,使声匹配部材料24的上表面平坦化。声匹配部材料24是有适度的粘度的液体。作为使其平坦的方法可以使用对涂布了的声匹配部材料24的上表面用具有直线度的板刮擦的方法。刮擦的板称为刮刀。

[0118] 接着,在步骤S16中,使声匹配部材料24干燥,使声匹配部材料24中包含的溶剂蒸发。对干燥声匹配部材料24通过使用温度可调节的恒温槽,能够高质量地使其干燥。对应于声匹配部材料24的材质而设定使其干燥的温度以及时间。其结果,声匹配部材料24固化而形成声匹配部16。声匹配部16的第二面16a成为平坦的面。

[0119] 图7的(h)是与步骤S17的透镜粘结工序对应的图。如图7的(h)所示,在步骤S17,将声透镜18粘结于声匹配部16。由于使声匹配部16的第二面16a成为平坦的面,因此能够以声匹配部16和声透镜18之间不形成间隙的方式容易地粘结声匹配部16和声透镜18。对应于声匹配部16而选择粘结材料。通过以上工序,形成超声波传感器8。

[0120] 如上所述,根据本实施方式,具有以下效果。

[0121] (1) 根据本实施方式,基板13a的第一面13a形成平坦的面。因而,与在基板13的第一面13a设置凹凸时比较,形成容易加工的形状。并且,声匹配部16的第二面16a也形成平坦的面。因而,声匹配部16与在第二面16a设置凹凸时比较,形成容易加工的形状。其结果,能够高生产率地制造超声波器件17。

[0122] (2) 根据本实施方式,如式(4)所示,第二压电体15的谐振频率 f_2 是第一压电体14的谐振频率 f_1 的整数倍。因而,第一压电体14输出超声波,第二压电体15能够检测被被检体5反射的反射波21a的 n 次高频。通过将第一压电体的厚度 d_1 设定为如式(2)所示,能够使第一压电体14的谐振频率为 f_1 。同样,通过将第二压电体15的厚度 d_2 设定为如式(3)所示,能

够使第二压电体的谐振频率为 f_2 。

[0123] (3) 根据本实施方式,在声匹配部16行进的超声波21的波长为 λ 、频率为 f 时,存在 $\lambda = C_s/f$ 的关系。并且,式(8)示出 $t_1 = k_1 \times \lambda/4$,式(11)示出 $t_2 = k_2 \times \lambda/4$ 。即,在声匹配部16行进的超声波21为 $\lambda/4$ 的奇数倍。由此,抑制在声匹配部16行进的超声波21与被声匹配部16的表面反射的超声波21相互抵消。因而,声匹配部16能够使超声波21高效率地行进。

[0124] (4) 根据本实施方式,如式(1)所示,第一压电体厚度14c和第一声匹配部厚度16d相加的厚度与第二压电体厚度15c和第二声匹配部厚度16e相加的厚度为相同的厚度。由此,基板13的设置第一压电体14以及第二压电体15的第一面13a平坦时,声匹配部16的第二面16a也是平坦的。然后,如式(14)所示,通过设定 k_1 、 k_2 以及 C_p ,运算 C_s 。然后,通过使声匹配部16的材质为与运算出的 C_s 对应的材质,能够以高生产率制造超声波21在声匹配部16高效率地行进的超声波器件17。

[0125] (5) 根据本实施方式,在式(14)中, $n=2$ 、 $k_1=1$ 、 $k_2=7$ 、 $C_p=4000\text{m/s}$ 时 $C_s=1600\text{m/s}$ 。然后, $C_s=1600\text{m/s}$ 时天然橡胶适合。天然橡胶加工性良好。因而,通过声匹配部16的材质使用天然橡胶,能够以高生产率制造超声波21在声匹配部16高效率地行进的超声波器件17。

[0126] (6) 根据本实施方式,在式(14)中, $n=2$ 、 $k_1=1$ 、 $k_2=9$ 、 $C_p=4000\text{m/s}$ 时能够使 $C_s=1143\text{m/s}$ 。然后, $C_s=1143\text{m/s}$ 时有机硅树脂适合。有机硅树脂加工性良好。因而,通过声匹配部16的材质使用有机硅树脂,能够以高生产率制造超声波21在声匹配部16高效率地行进的超声波器件17。

[0127] (7) 根据本实施方式,在式(14)中, $n=3$ 、 $k_1=1$ 、 $k_2=11$ 、 $C_p=4000\text{m/s}$ 时能够使 $C_s=2000\text{m/s}$ 。然后, $C_s=2000\text{m/s}$ 时聚乙烯树脂适合。聚乙烯树脂加工性良好。因而,通过声匹配部16的材质使用聚乙烯树脂,能够以高生产率制造超声波21在声匹配部16高效率地行进的超声波器件17。

[0128] (8) 根据本实施方式,基板13的第一面13a是平坦的面。因而,第一面13a与有凹凸时比较能够容易地形成。然后,在第一面13a上设置第一压电体14和第二压电体15。由于第一面13a是平坦的面,因此能够容易地设置第一压电体14和第二压电体15。声匹配部16的第二面16a是平坦的面。因而,能够以第二面16a和声透镜18之间不形成间隙的方式容易地粘结第二面16a和声透镜18。

[0129] 第二实施方式

[0130] 接着,关于具有特征性的构造的超声波传感器的一个实施方式是示出图8的超声波传感器的构造的概略立体图。本实施方式与第一实施方式不同之处在于在图1的(b)所示的第一压电体14以及第二压电体15的配置不同。此外,对于与第一实施方式的相同点省略说明。

[0131] 即,在本实施方式中,如图8所示,超声波传感器27具备基板13,在第一面13a配置有第一压电体28以及第二压电体29。第一面13a是平坦的面,因此第一压电体28以及第二压电体29容易配置在第一面13a上。第一压电体28的形状为棱柱状,在第一压电体28的朝向基板13侧的面设置有第一电极28a。在第一压电体28的与第一电极28a的相反一侧的面设置有第二电极28b。

[0132] 第二压电体29的形状也是棱柱状,第二压电体29的Y方向的长度是与第一压电体

28相同的长度。第二压电体29的X方向的宽度也是与第一压电体28相同的宽度。第二压电体29的Z方向的厚度是薄于第一压电体28的厚度。在第二压电体29的朝向基板13侧的面设置有第一电极29a。在第二压电体29的与第一电极29a相反一侧的面设置有第二电极29b。

[0133] 在第一面13a上的Y方向侧配置第一压电体28,在-Y方向侧配置第二压电体29。第一压电体28以及第二压电体29分别在X方向并列排列。

[0134] 为了容易理解附图,图中第一压电体28以及第二压电体29各配置有8个。第一压电体28以及第二压电体29的个数没有特别限定。个数越多越能够扩大检查范围。或者,能够提高分辨率。在本实施方式中,例如,第一压电体28以及第二压电体29的个数分别为256个。

[0135] 在第一压电体28以及第二压电体29的-Z侧设置有声匹配部30。声匹配部30的材质是与第一实施方式中的声匹配部16相同的材质。由基板13、第一压电体28、第二压电体29以及声匹配部30等构成超声波器件31。然后,在声匹配部30上设置有声透镜18。声匹配部30的朝向声透镜18的面即第二面30a为平坦的面。因而,能够以声匹配部30和声透镜18之间不形成间隙的方式容易地粘结第二面30a和声透镜18。

[0136] 第一压电体28的厚度是与第一实施方式中的第一压电体14的第一压电体厚度14c相同的厚度。第一压电体28的材质是与第一压电体14相同的材质。同样,第二压电体29的厚度也是与第一实施方式中的第二压电体15的第二压电体厚度15c同样的厚度。第二压电体29的材质是与第二压电体15相同的材质。

[0137] 声匹配部30的材质是与第一实施方式中的声匹配部16相同的材质。并且,在声匹配部30中,与第一压电体28相对的位置的厚度是与第一声匹配部厚度16d相同的厚度,与第二压电体29相对的位置的厚度是与第二声匹配部厚度16e相同的厚度。

[0138] 因而,超声波传感器27能够高效率地发射超声波21。并且,能够高效率地检测被被检体5反射的高次反射波21a。

[0139] 第三实施方式

[0140] 接着,使用图9的(a)和(b)以及图10的(a)至(f)对制造超声波传感器的一个实施方式进行说明。本实施方式与第一实施方式不同之处在于将第一压电体14以及第二压电体15由块型变成薄膜型。此外,对与第一实施方式的相同点省略说明。

[0141] 图9的(a)是示出超声波传感器的构造的模式侧截面图。如图9的(a)所示,超声波传感器34具备衬底基板35。衬底基板35是与第一实施方式的基板13相对应的部位。在衬底基板35上设置有基板36。基板36只要是硅基板或玻璃基板等具有耐热性的基板即可,没有特别限定。在本实施方式中,例如,基板36使用硅基板。

[0142] 基板36的与衬底基板35相反一侧设置有第一电极37。基板36和第一电极37之间形成有未图示的绝缘膜。绝缘膜可以是例如二氧化硅或氮化硅的膜。第一电极37的材质为从基板36侧开始将铌、氧化铌、白金的层按照这个顺序层压。铌具备取向控制的功能,氧化铌具备还原气体阻挡层的功能,白金具有作为种子层的功能。

[0143] 在第一电极37上第一压电体38和第二压电体39交替配置。第一压电体38以及第二压电体39由PZT构成。在第一压电体38上设置有第二电极38b,在第二压电体39上设置有第二电极39b。在第二电极38b以及第二电极39b上设置有声匹配部40。并且,在声匹配部40上设置有声透镜41。第二电极38b以及第二电极39b的材质为白金、氧化铌、铌的层从第一压电体38以及第二压电体39侧开始按照这个顺序层压。

[0144] 第一压电体38、第二压电体39、声匹配部40、声透镜41分别是与第一实施方式中的第一压电体14、第二压电体15、声匹配部16、声透镜18相对应的部位。第一压电体38、第二压电体39以及声匹配部40的厚度是按照式(1)～式(14)设定的厚度。因而,能够高效率地发射超声波21,高效率地检测反射波21a。

[0145] 基板36的设置第一电极37的面即第一面36a是平坦的面,形成容易加工的面。声匹配部40的朝向声透镜41的面即第二面40a也是平坦的面,形成容易加工的面。由于第二面40a是平坦的,因此能够以声匹配部40和声透镜41之间不形成间隙的方式容易地粘结声匹配部40和声透镜41。从衬底基板35至声匹配部40是超声波器件42。

[0146] 接着利用图9的(b)以及图10的(a)至(f)对上述超声波传感器34的制造方法进行说明。图9的(b)是超声波传感器的制造方法的流程图,图10的(a)至(f)是用于说明超声波传感器的制造方法的模式图。在图9的(b)的流程图中,步骤S21相当于第一电极形成工序。是在基板36的第一面36a形成绝缘膜和第一电极37的工序。接着进入步骤S22。步骤S22相当于压电体形成工序。该工序是在第一电极37上形成第一压电体38以及第二压电体39的工序。接着进入步骤S23。

[0147] 步骤S23相当于第二电极形成工序。该工序是在第一压电体38上形成第二电极38b、在第二压电体39上形成第二电极39b的工序。接着进入步骤S24。步骤S24相当于匹配部涂布工序。该工序是涂布声匹配部40的材料的工序。接着进入步骤S25。步骤S25相当于平坦化工序。该工序是使涂布了的声匹配部40的材料的上表面平坦化的工序。接着进入步骤S26。步骤S26相当于匹配部固化工序。该工序是固化声匹配部40的材料的工序。接着进入步骤S27。步骤S27相当于基板粘结工序。该工序是将基板36粘结于衬底基板35的工序。接着进入步骤S28。步骤S28相当于基板分割工序。该工序是分割衬底基板35以及基板36的工序。接着进入步骤S29。步骤S29相当于透镜粘结工序。该工序是将声透镜41粘结在声匹配部40上的工序。通过以上工序,形成超声波传感器34。

[0148] 接着,使用图10的(a)至(f),使其与图9的(b)所示的步骤相对应,详细地说明制造方法。图10的(a)是与步骤S21的第一电极形成工序相对应的图。如图10的(a)所示,在步骤S21中,首先准备母基板43。母基板43形成可以配置多个基板36的大小。将母基板43氧化而形成氧化膜。氧化膜作为绝缘膜发挥作用。接着,在母基板43上形成由第一电极37的材料形成的固态膜(ベタ膜)。在固态膜(ベタ膜)可以使用溅射法。接着,使用光刻法使固态膜图案化,形成第一电极37。

[0149] 图10的(b)是与步骤S22的压电体形成工序相对应的图。如图10的(b)所示,在第一电极37上形成第一压电体38以及第二压电体39。第一压电体38以及第二压电体39通过反复进行例如基于溅射法或溶胶凝胶法的成膜和图案化而形成。

[0150] 图10的(c)是与步骤S23的第二电极形成工序相对应的图。如图10的(c)所示,在第一压电体38上形成第二电极38b,在第二压电体39上形成第二电极39b。第二电极38b以及第二电极39b将通过溅射法形成的固态膜使用光刻法形成。

[0151] 图10的(d)是与步骤S24的匹配部涂布工序相对应的图。如图10的(d)所示,在步骤S24中,与第一压电体及38以及第二压电体39重叠涂布声匹配部材料44。声匹配部材料44是向步骤S5设定的材料中添加溶剂而成的材料。为了容易涂布而在声匹配部材料44中添加溶剂,调整声匹配部材料44的粘度。

[0152] 图10的(e)是与步骤S25的平坦化工序、步骤S26的匹配部固化工序、步骤S27的基板粘结工序以及步骤S28的基板分割工序相对应的图。如图10的(e)所示,在步骤S25中使声匹配部材料44的上表面平坦化。声匹配部材料44是具有适度的粘度的液体。作为平坦化的方法可以使用将涂布了声匹配部材料44的上表面用具有直线度的板刮擦的方法。

[0153] 接着,在步骤S26中使声匹配部材料44干燥并使声匹配部材料44中包含的溶剂蒸发。对于使声匹配部材料44干燥,通过使用温度可调节恒温槽可以使其高效率地干燥。对应于声匹配部材料44的材质而设定干燥的温度以及时间。其结果,声匹配部材料44固化而形成声匹配部40。声匹配部40的第二面40a形成平坦的面。

[0154] 接着,在步骤S27中准备衬底大基板45。衬底大基板45形成可以配置多个衬底基板35的大小。然后,粘结衬底大基板45和母基板43。然后,在步骤S28中通过切割机分割衬底大基板45和母基板43。母基板43被分割为基板36,衬底大基板45被分割为衬底基板35。并且,衬底基板35以及基板36形成超声波传感器34的大小。

[0155] 图10的(f)是与步骤S29的透镜粘结工序相对应的图。如图10的(f)所示,在步骤S29中将声透镜41粘结于声匹配部40。由于声匹配部40的第二面40a形成平坦的面,因此能够在声匹配部40和声透镜41之间不形成间隙的方式容易地粘结声匹配部40和声透镜41。粘结材料按照声匹配部40而选择。通过以上工序形成超声波传感器34。

[0156] 如上所述,根据本实施方式,具有以下效果。

[0157] (1)根据本实施方式,使用光刻法形成第一压电体38以及第二压电体39。因而,能够在狭窄面积上形成多个第一压电体38以及第二压电体39。因而,超声波传感器34可以成为分辨率高的传感器。

[0158] 此外,本实施方式不受上述实施方式的限定,在本发明的技术思想内可以由在本领域具有基本知识的人员进行各种变更或改良。以下叙述变形例。

[0159] 变形例1

[0160] 在所述第一实施方式中,在超声波图像装置1的超声波探测器3设置了超声波传感器8。在超声波探测器3还可以设置第二实施方式的超声波传感器27。在超声波探测器3还可以设置第三实施方式的超声波传感器34。此时同样,超声波传感器27、34也可以高效率地发射超声波21,高效率地检测反射波21a。

[0161] 变形例2

[0162] 在所述第一实施方式中,选定谐波成像的次数 $n=2$ 的情况和 $n=3$ 的情况的声匹配部16。 n 可以为4以上。 n 为高次的时候,能够提高检测反射波21a的分辨率。

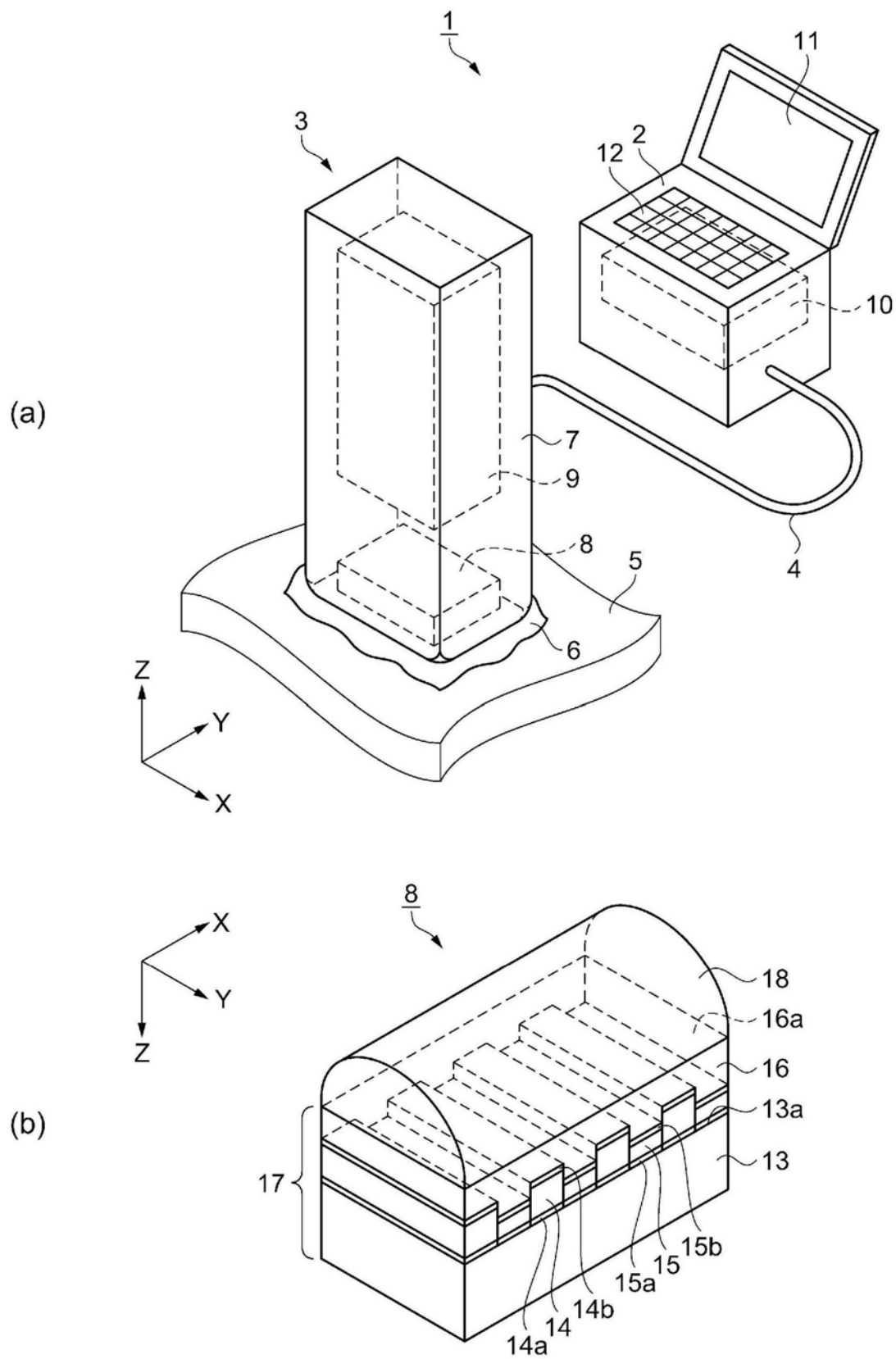


图1

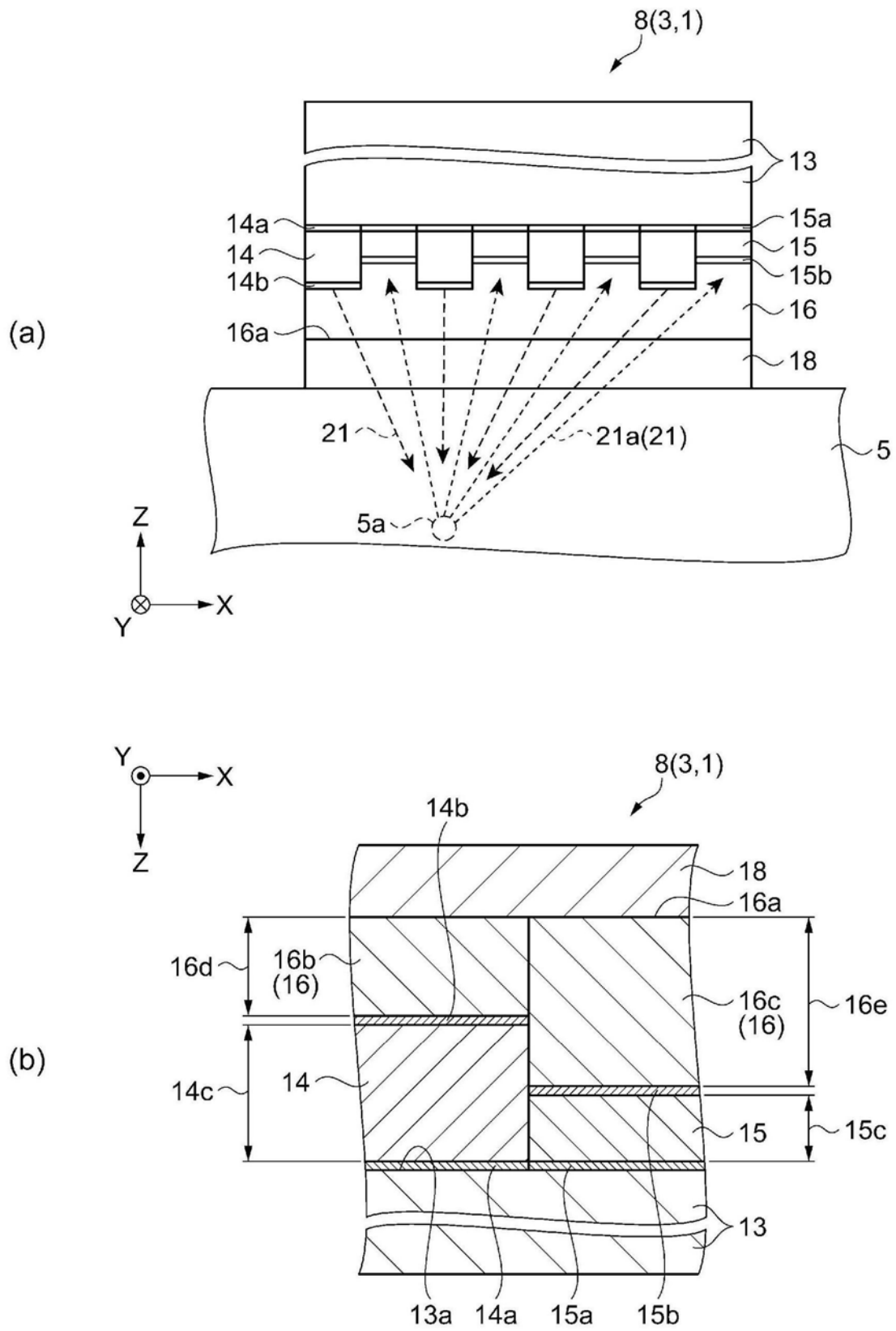


图2

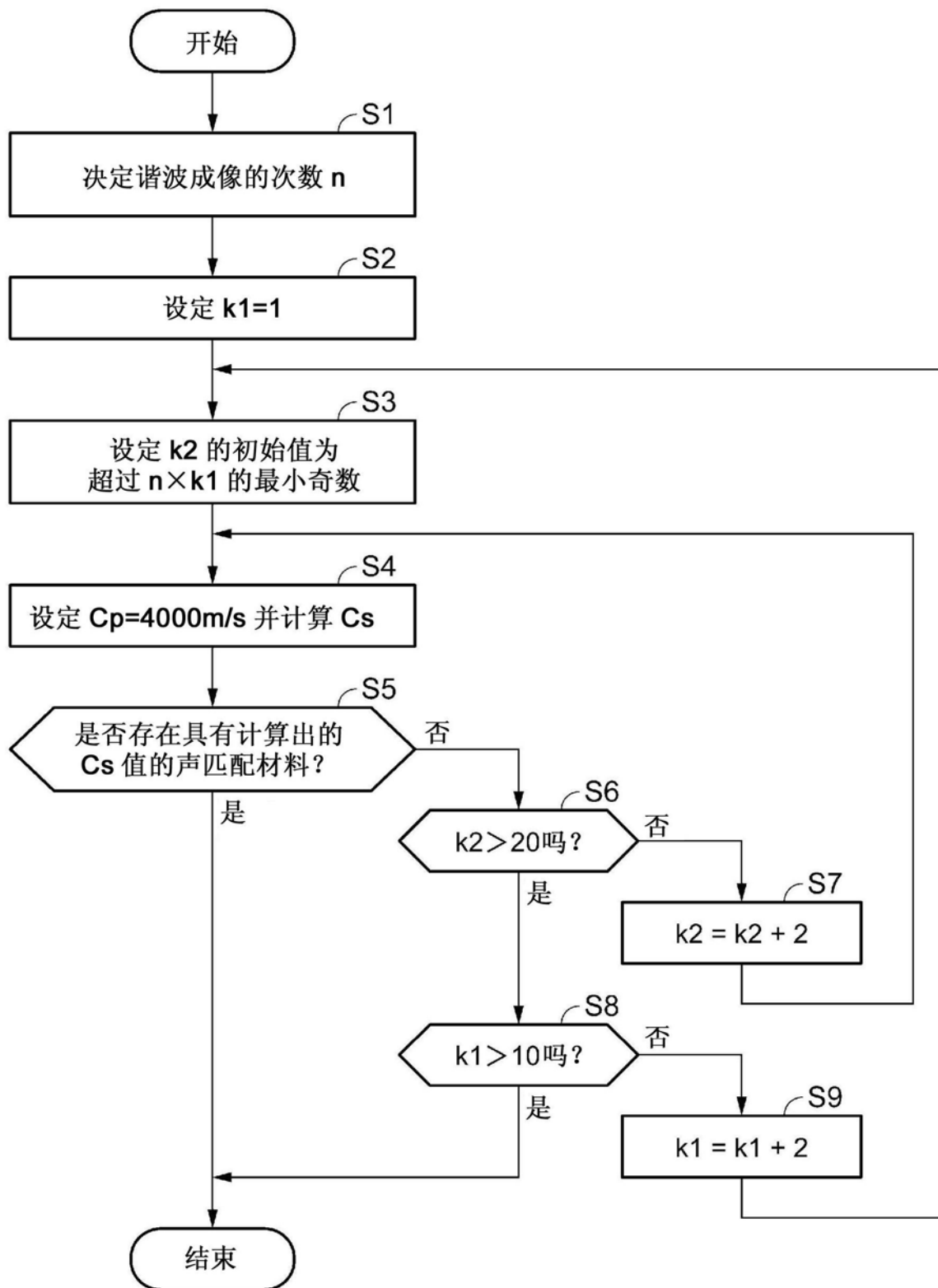


图3

n = 2

k1	k2	d1	t1	d2	t2	$\frac{C_P}{C_S}$	$C_P=4,000$ [m/s] 时的 C_S [m/s]	符合的 声匹配材料	声匹配材料 是否适当
1	3	$\frac{C_P}{2f_1}$	$\frac{C_S}{4f_1}$	$\frac{C_P}{4f_1}$	$\frac{3C_S}{8f_1}$	0.5	8,000	特殊金属	×
	5				$\frac{5C_S}{8f_1}$	1.5	2,667	高分子材料	○
	7				$\frac{7C_S}{8f_1}$	2.5	1,600	天然橡胶	◎
	9				$\frac{9C_S}{8f_1}$	3.5	1,143	硅	◎
	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
3	7	$\frac{C_P}{2f_1}$	$\frac{3C_S}{4f_1}$	$\frac{C_P}{4f_1}$	$\frac{7C_S}{8f_1}$	0.5	8,000	特殊金属	×
	9				$\frac{9C_S}{8f_1}$	1.5	2,667	高分子材料	○
	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

图4

n = 3

k1	k2	d1	t1	d2	t2	$\frac{C_P}{C_S}$	$C_P=4,000$ [m/s] 时的 C_S [m/s]	符合的 声匹配材料	声匹配材料 是否适当
1	5	$\frac{C_P}{2f_1}$	$\frac{C_S}{4f_1}$	$\frac{C_P}{6f_1}$	$\frac{5C_S}{12f_1}$	0.5	8,000	特殊金属	×
	7				$\frac{7C_S}{12f_1}$	1.0	4,000	陶瓷	△
	9				$\frac{9C_S}{12f_1}$	1.5	2,667	高分子材料	○
	11				$\frac{11C_S}{12f_1}$	2.0	2,000	聚乙烯	◎
	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
3	11	$\frac{C_P}{2f_1}$	$\frac{3C_S}{4f_1}$	$\frac{C_P}{6f_1}$	$\frac{11C_S}{12f_1}$	0.5	8,000	特殊金属	×
	13				$\frac{13C_S}{12f_1}$	1.0	4,000	陶瓷	△
	15				$\frac{15C_S}{12f_1}$	1.5	2,667	高分子材料	○
	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

图5

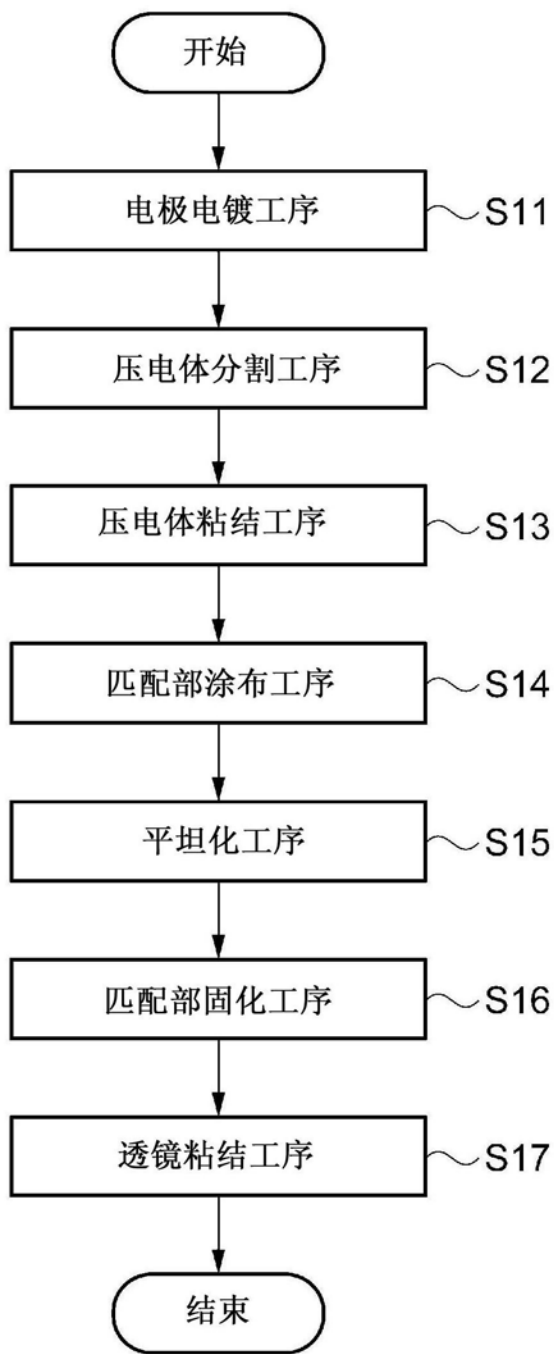


图6

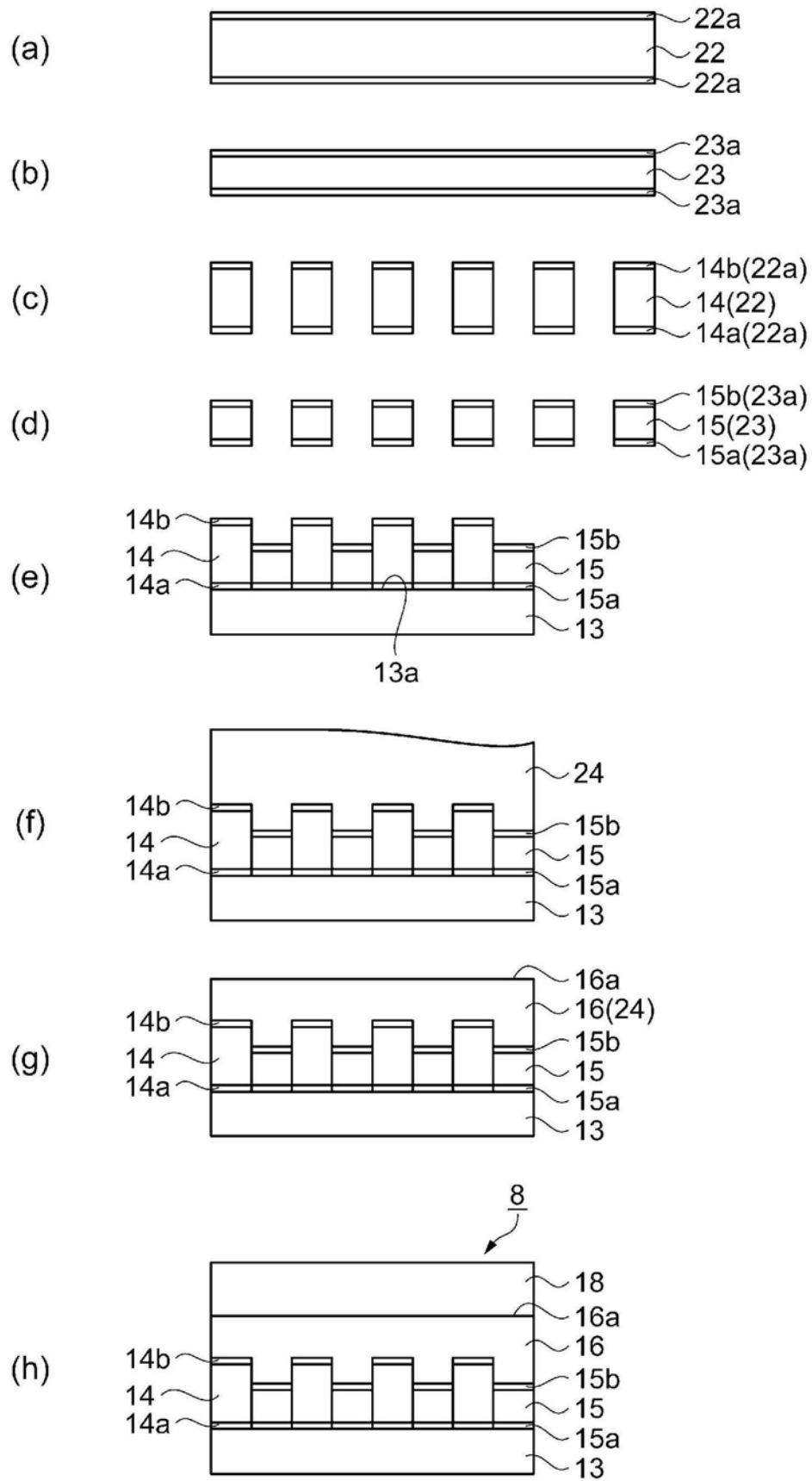


图7

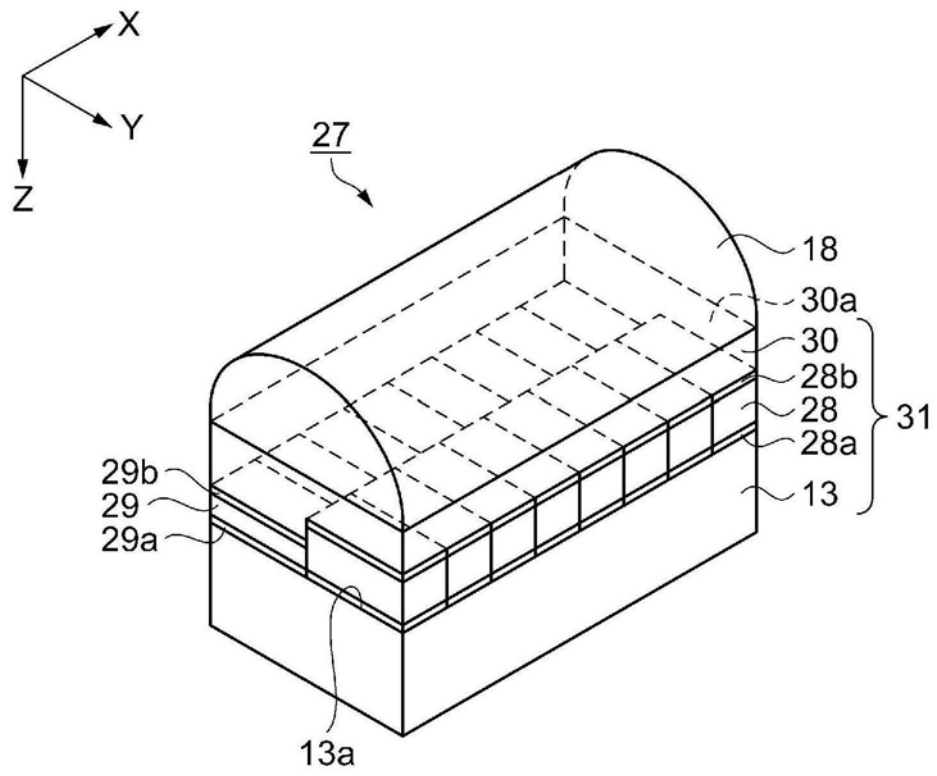


图8

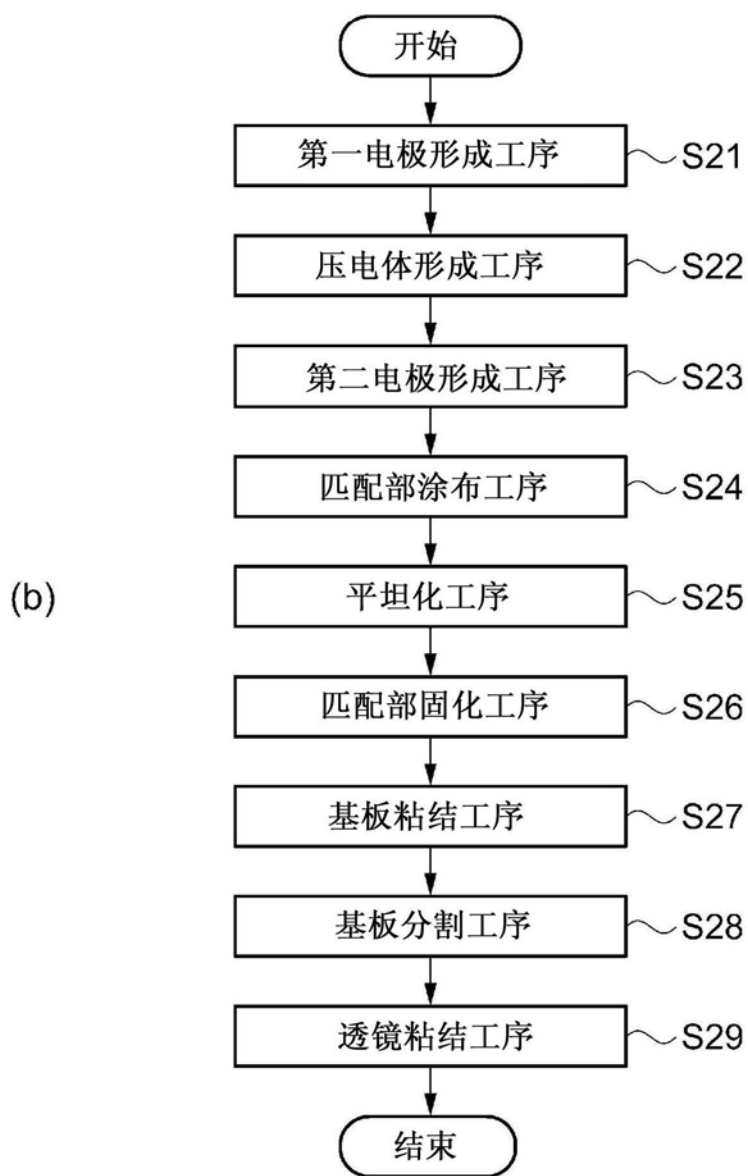
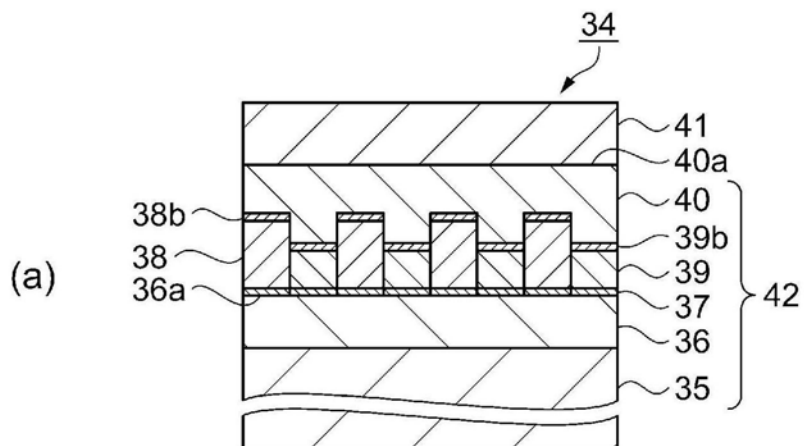


图9

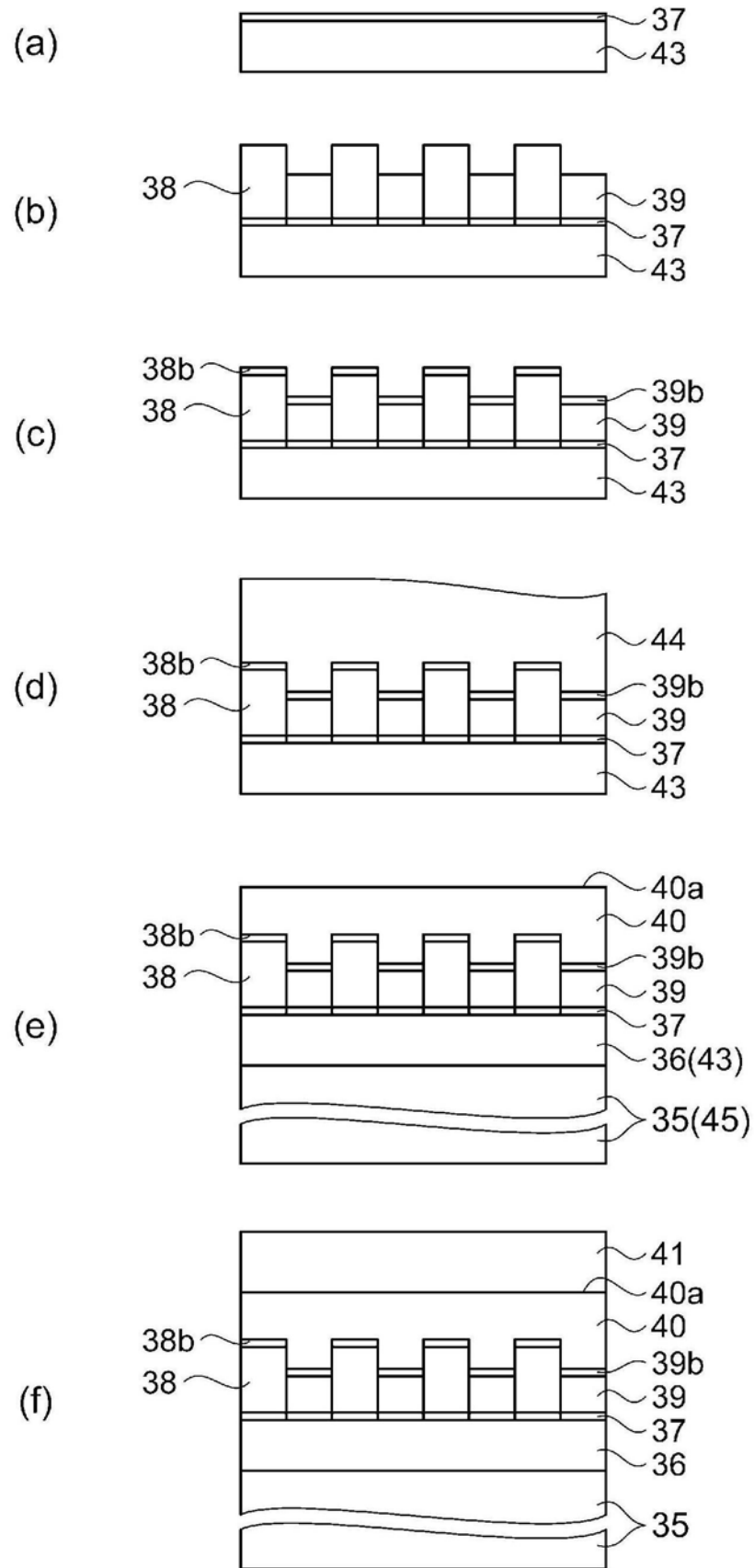


图10

专利名称(译)	超声波器件及制造方法、超声波探测器及超声波诊断装置		
公开(公告)号	CN104549978B	公开(公告)日	2018-10-12
申请号	CN201410528557.2	申请日	2014-10-09
[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	清濑摄内 内山敏一		
发明人	清濑摄内 内山敏一		
IPC分类号	B06B1/06 G01N29/00 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4494 A61B8/14 A61B8/461 A61B8/5207 B06B1/0622 B06B1/067 Y10T29/42		
代理人(译)	余刚		
审查员(译)	朱李		
优先权	2013213463 2013-10-11 JP		
其他公开文献	CN104549978A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及超声波器件及制造方法、超声波探测器及超声波诊断装置。该超声波器件的特征在于，具备基板、设置于所述基板的第一面的第一压电体、设置于所述基板的所述第一面且与所述第一压电体厚度不同的第二压电体、以及设置于所述第一压电体以及所述第二压电体上的声匹配部，所述第一面是平坦的，所述声匹配部的位于与所述第一压电体以及所述第二压电体相反一侧的第二面与所述第一面平行且是平坦的。

