



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104549978 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201410528557. 2

(22) 申请日 2014. 10. 09

(30) 优先权数据

2013-213463 2013. 10. 11 JP

(71) 申请人 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

责任公司 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)

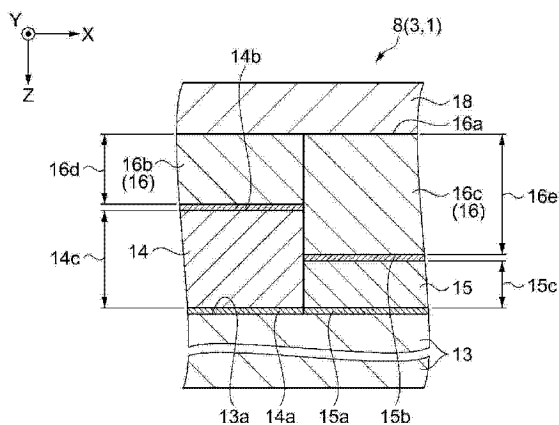
权利要求书2页 说明书15页 附图10页

(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。

2. 根据权利要求1所述的超声波器件,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:

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

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

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

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

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

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

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

3. 根据权利要求2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。

4. 根据权利要求2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。

5. 根据权利要求2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。

6. 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;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。

7. 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;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。

8. 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;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。

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(铅钛酸铅;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,其特征不在于,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,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 (聚偏氯乙烯) 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 的内部的反射波 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] $d_1 + t_1 = d_2 + t_2 \cdots$ 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] $d_1 = C_p / (2 \times f_1) \cdots$ 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] $d_2 = C_p / (2 \times f_2) \cdots$ 式 (3)

[0078] $f_2 = n \times f_1 \cdots$ 式 (4)

[0079] $d_2 = C_p / (2 \times n \times f_1) \cdots$ 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] $\lambda_1 = C_s / f_1 \cdots$ 式 (6)

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

[0083] $t_1 = k_1 \times C_s / (4 \times f_1) \cdots$ 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] $\lambda_2 = C_s / f_2 \cdots$ 式 (9)

[0086] $t_2 = k_2 \times \lambda / 4 \cdots$ 式 (10)

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

[0088] $t_2 = k_2 \times C_s / (4 \times n \times f_1) \cdots$ 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] $k_2 = n \times k_1 + 2 \times (n-1) \times C_p / C_s \cdots$ 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 的设置了第一压电体 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 的设置了第一电极 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,因此能够以在声匹配部 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。

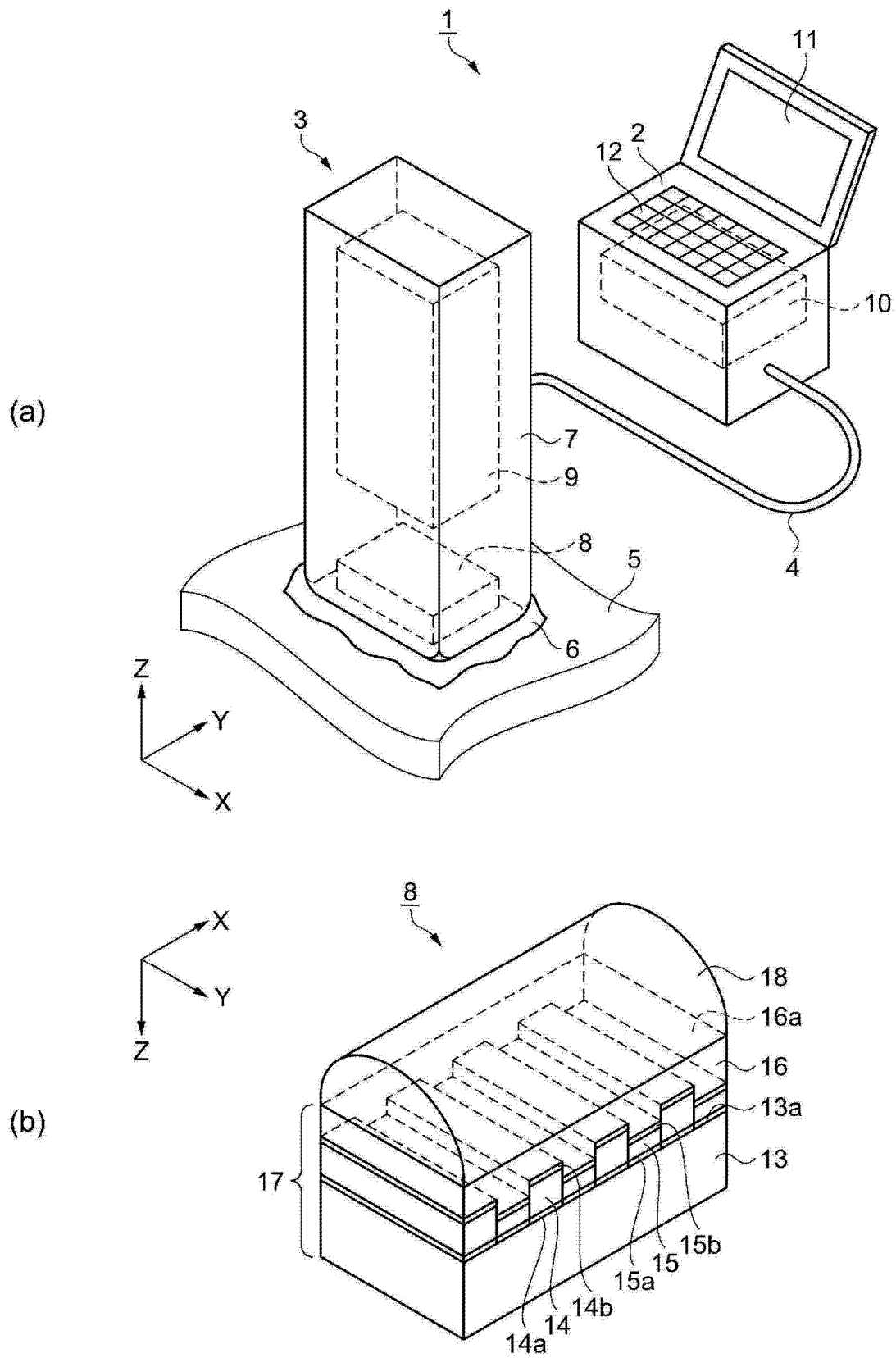


图 1

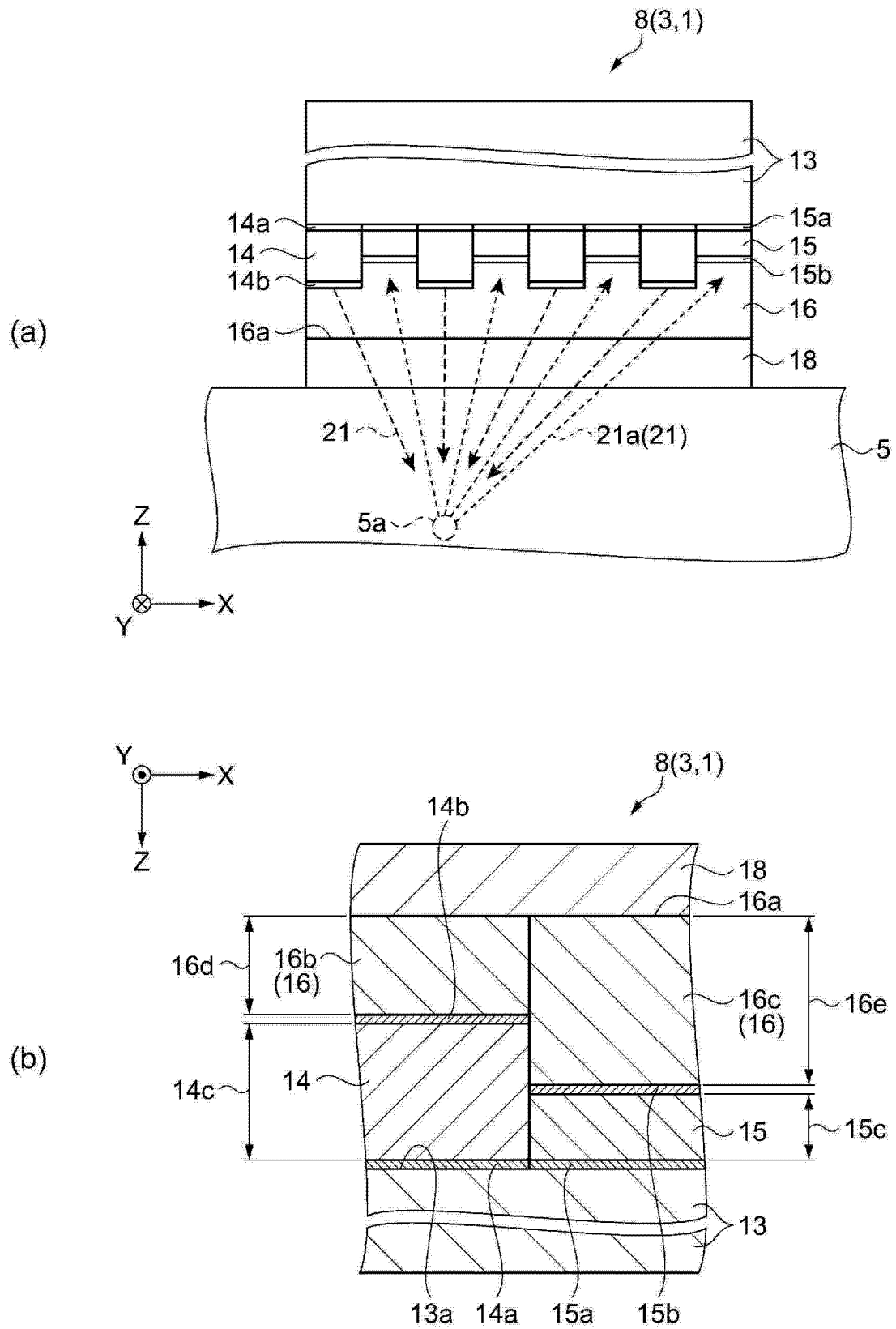


图 2

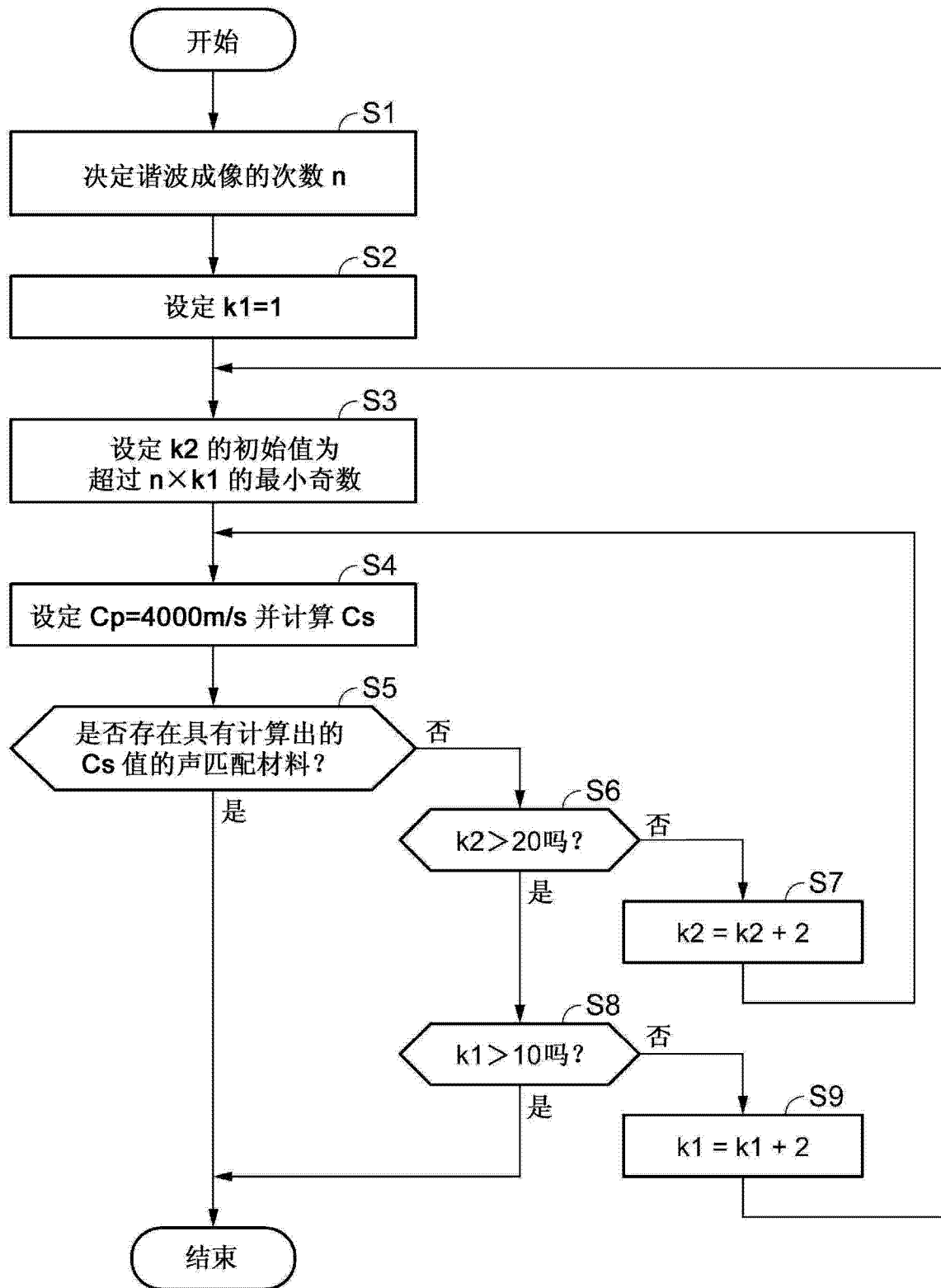


图 3

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

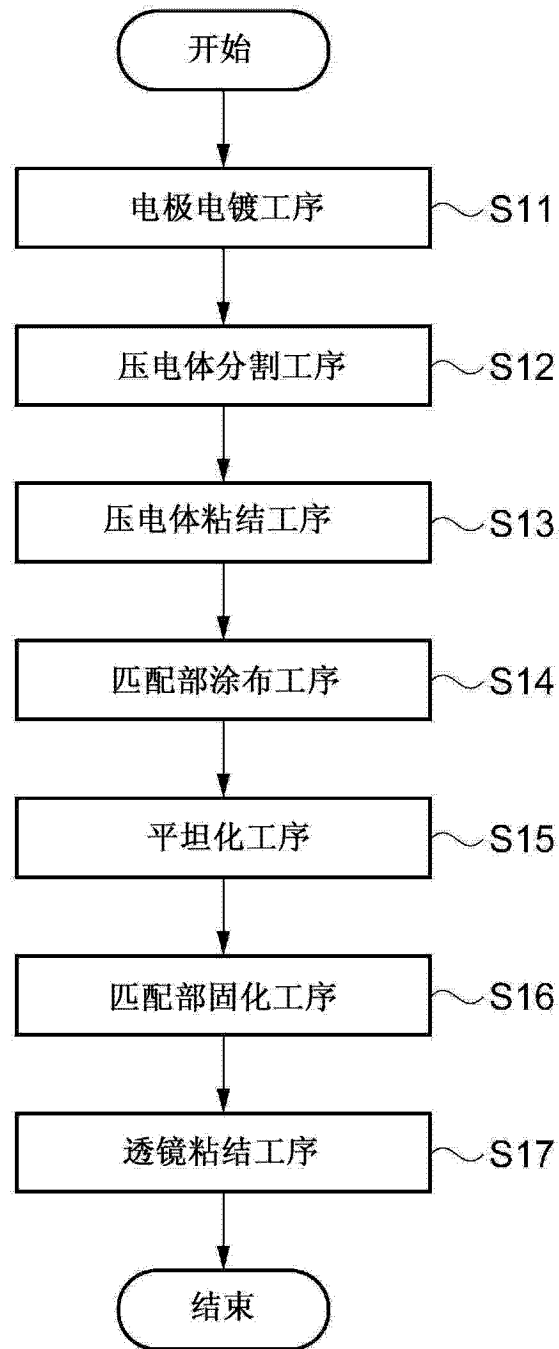


图 6

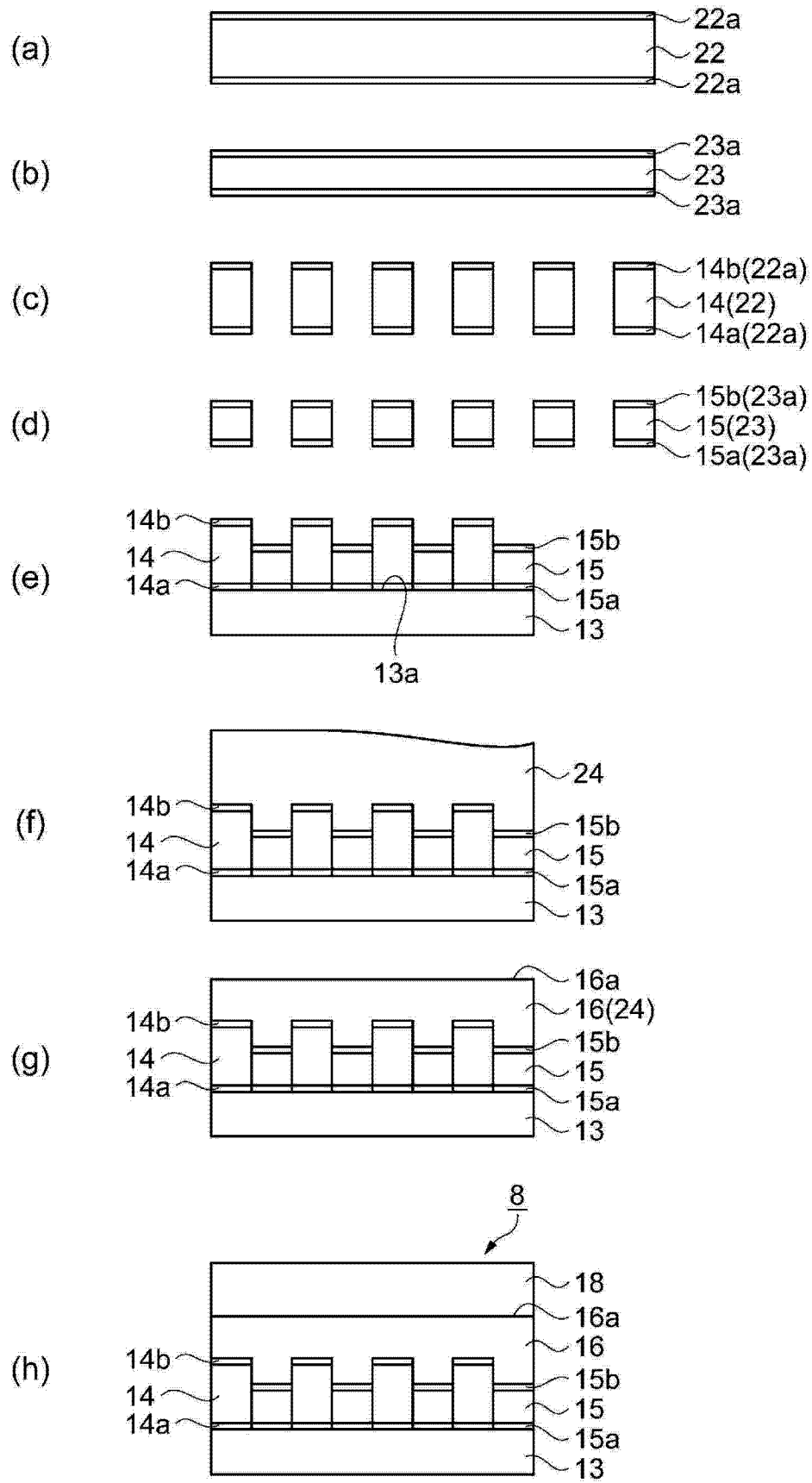


图 7

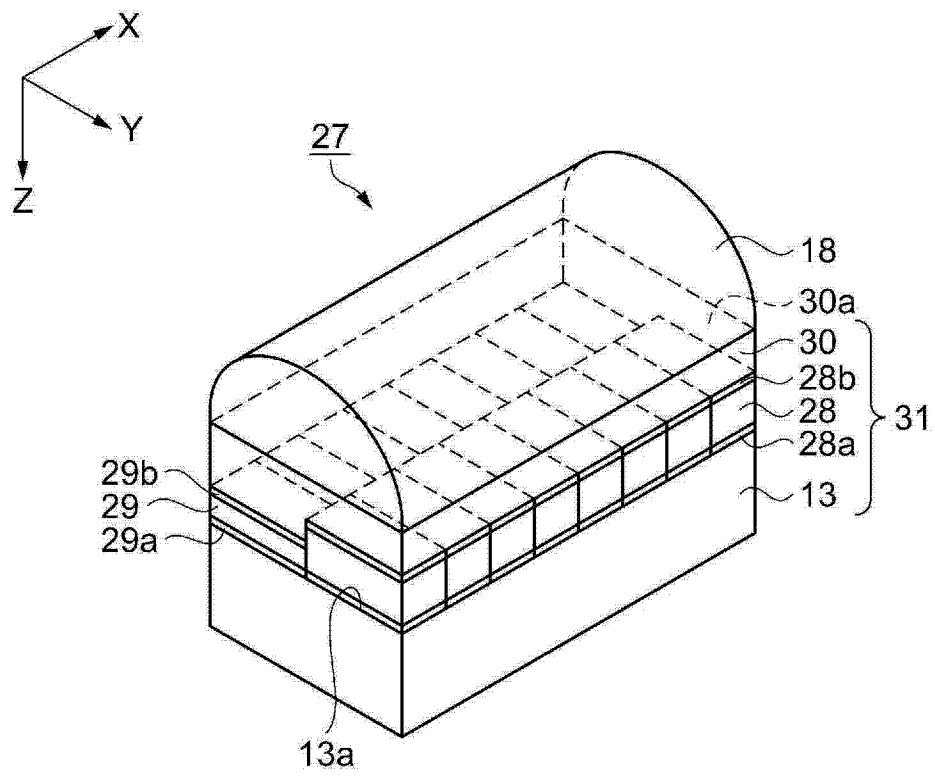


图 8

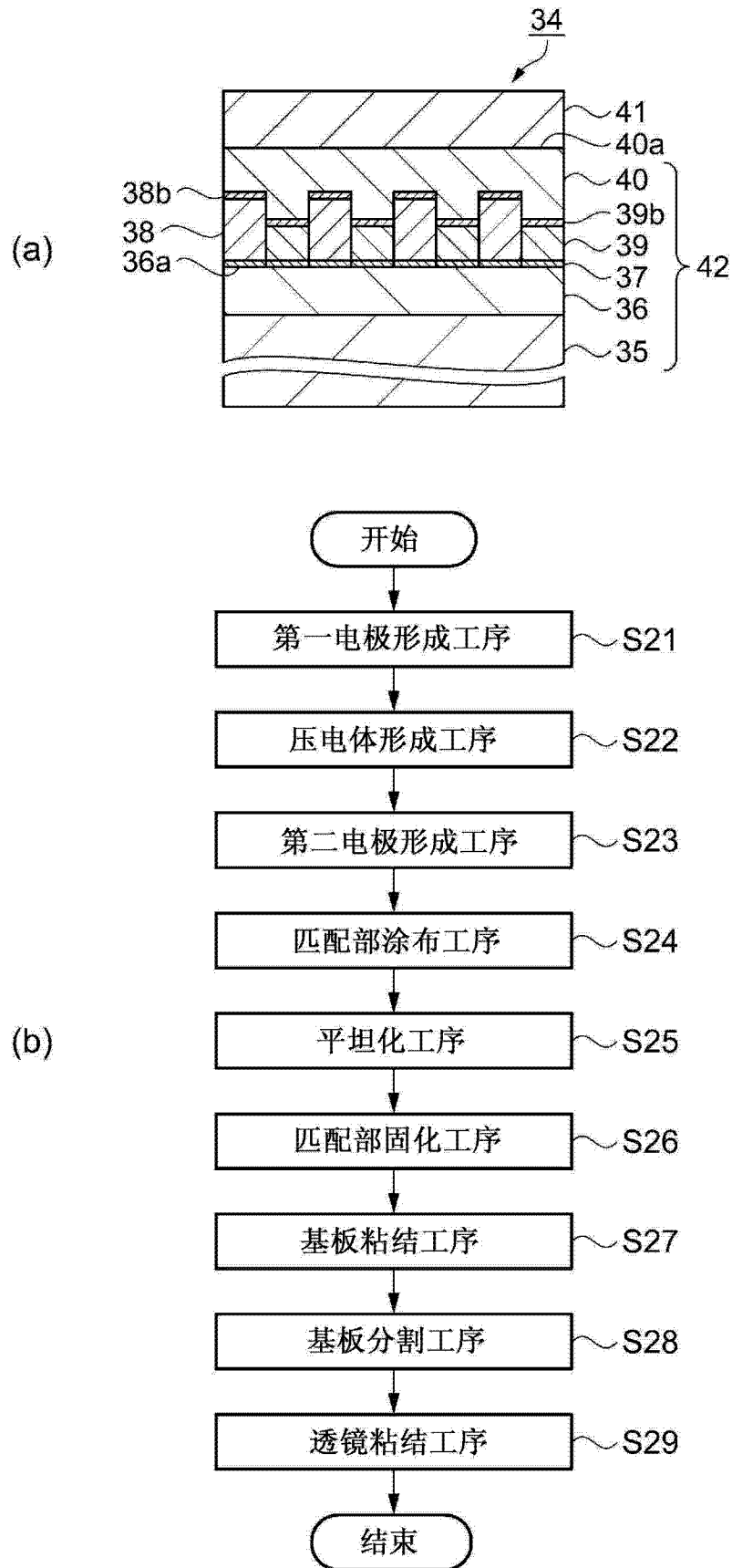


图 9

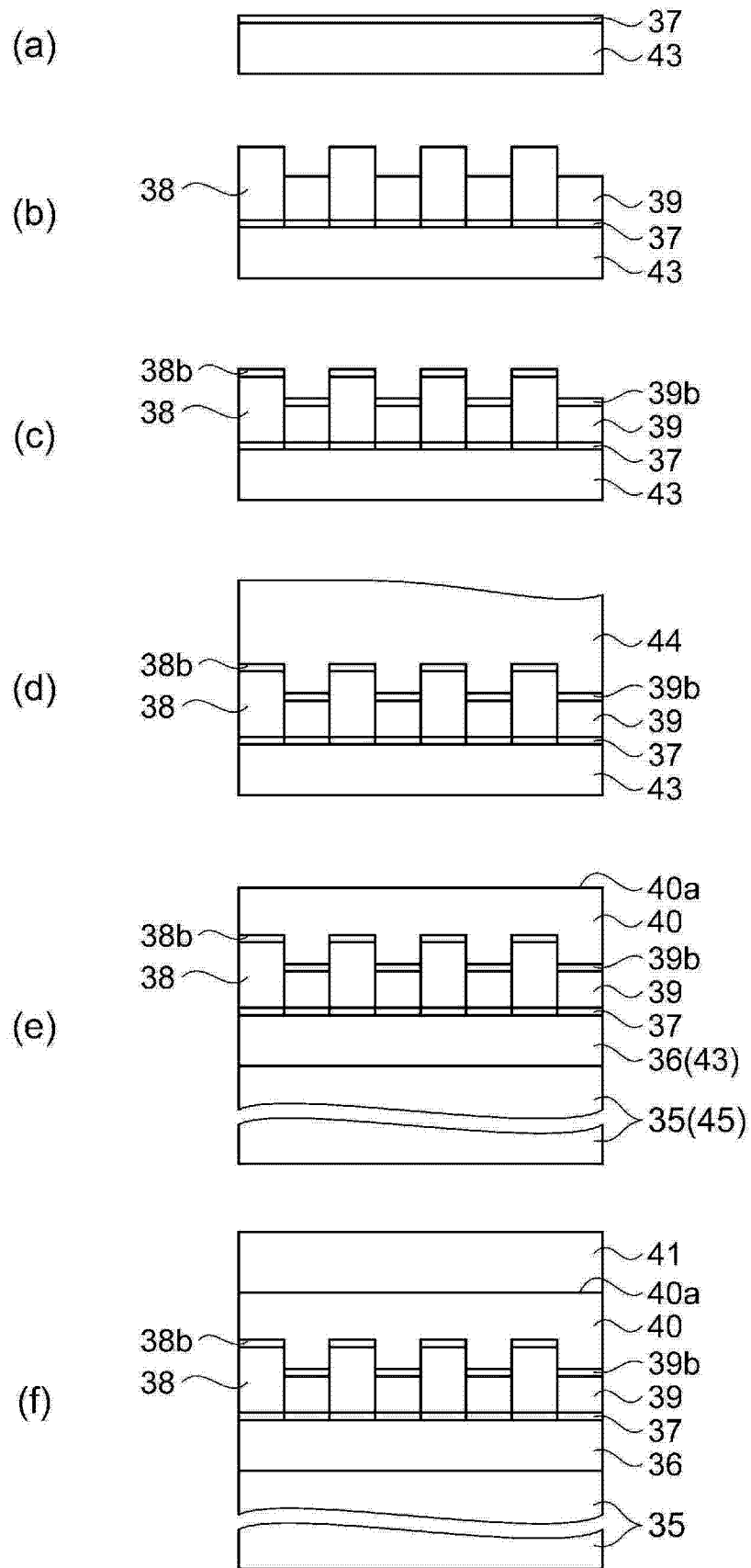


图 10

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	CN104549978A	公开(公告)日	2015-04-29
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		
优先权	2013213463 2013-10-11 JP		
其他公开文献	CN104549978B		
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。

