



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107527991 A

(43)申请公布日 2017. 12. 29

(21)申请号 201710462729.4

(22)申请日 2017.06.19

(30)优先权数据

2016-121715 2016.06.20 JP

(71)申请人 柯尼卡美能达株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 小泽仁 峰本尚 加藤纯一

斋藤孝悦

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 朴渊

(51) Int. Cl.

H01L 41/04(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

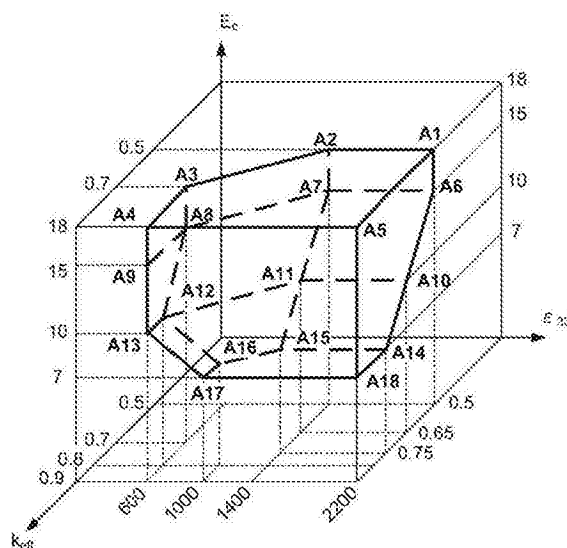
权利要求书5页 说明书35页 附图9页

(54)发明名称

压电元件、超声波探头及超声波拍摄装置

(57)摘要

本发明涉及压电元件、超声波探头及超声波拍摄装置。上述超声波探头具有压电元件，该压电元件具有压电组合物和用于对压电组合物施加电压的电极。压电组合物具有被包含于以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以规定的多个点为顶点的多面体包围的区域的压电特性。



1. 一种超声波探头,具有:压电元件,其具备压电组合物和用于对所述压电组合物施加电压的电极;声背面层,其在所述压电元件的背面与所述压电元件进行声耦合,其特征在于,

所述压电组合物具有如下压电特性:在将所述压电组合物的有效机电耦合系数设为 k_{eff} ,将所述压电组合物的束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将所述压电组合物的矫顽电场设为 E_c 时,压电特性被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标 $(k_{eff}, \epsilon_{33}^S, E_c)$ 中由以下述点A1~点A18为顶点的多面体包围的区域中,

点A1 (0.5, 2200, 18)

点A2 (0.5, 1400, 18)

点A3 (0.7, 600, 18)

点A4 (0.9, 600, 18)

点A5 (0.9, 2200, 18)

点A6 (0.5, 2200, 15)

点A7 (0.5, 1400, 15)

点A8 (0.7, 600, 15)

点A9 (0.9, 600, 15)

点A10 (0.65, , 2200, 10)

点A11 (0.65, 1400, 10)

点A12 (0.8, 600, 10)

点A13 (0.9, 600, 10)

点A14 (0.75, 2200, 7)

点A15 (0.75, 1400, 7)

点A16 (0.8, 1000, 7)

点A17 (0.9, 1000, 7)

点A18 (0.9, 2200, 7)。

2. 一种超声波探头,具有压电元件,所述压电元件具备多个压电组合物和用于对所述多个压电组合物分别施加电压的电极,且所述压电组合物的层和所述电极交替重叠而构成,其特征在于,

所述压电组合物具有如下压电特性:在将所述压电组合物的有效机电耦合系数设为 k_{eff} ,将所述压电组合物的束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将所述压电组合物的矫顽电场设为 E_c 时,压电特性被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标 $(k_{eff}, \epsilon_{33}^S, E_c)$ 中由以下述点B1~点B14为顶点的多面体包围的区域中,

点B1 (0.5, 2200, 18)

点B2 (0.5, 600, 18)

点B3 (0.9, 600, 18)

点B4 (0.9, 2200, 18)

点B5 (0.5, 2200, 15)

点B6 (0.5, 600, 15)

点B7 (0.65, 2200, 9)

点B8 (0.65, 1000, 9)

点B9 (0.75, 600, 9)

点B10 (0.9, 600, 9)

点B11 (0.8, 2200, 7)

点B12 (0.8, 1000, 7)

点B13 (0.9, 1000, 7)

点B14 (0.9, 2200, 7)。

3. 如权利要求2所述的超声波探头,其特征在于,

所述压电组合物具有被包含于由以下述点B51~点B64为顶点的多面体包围的区域的压电特性,

点B51 (0.5, 2200, 18)

点B52 (0.5, 1400, 18)

点B53 (0.6, 600, 18)

点B54 (0.9, 600, 18)

点B55 (0.9, 2200, 18)

点B56 (0.5, 2200, 17)

点B57 (0.5, 1400, 17)

点B58 (0.6, 600, 17)

点B59 (0.75, 600, 11)

点B60 (0.9, 600, 11)

点B61 (0.75, 2200, 9)

点B62 (0.75, 1000, 9)

点B63 (0.9, 1000, 9)

点B64 (0.9, 2200, 9)。

4. 一种超声波探头,具有压电元件,该压电元件具备单层的压电组合物和用于对所述压电组合物施加电压的电极,且不具有在所述压电元件的背面与所述压电元件进行声耦合的声背面层,其特征在於,

所述压电组合物具有如下压电特性:在将所述压电组合物的有效机电耦合系数设为 k_{eff} ,将所述压电组合物的束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将所述压电组合物的矫顽电场设为 E_c 时,压电特性被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以下述点C1~点C18为顶点的多面体包围的区域中,

点C1 (0.55, 2200, 18)

点C2 (0.55, 1400, 18)

点C3 (0.75, 600, 18)

点C4 (0.9, 600, 18)

点C5 (0.9, 2200, 18)

点C6 (0.55, 2200, 13)

点C7 (0.55, 1400, 13)

点C8 (0.75, 600, 13)

点C9 (0.9, 600, 13)

点C10 (0.6, 2200, 10)

点C11 (0.6, 1400, 10)

点C12 (0.8, 600, 10)

点C13 (0.9, 600, 10)

点C14 (0.75, 2200, 7)

点C15 (0.75, 1400, 7)

点C16 (0.8, 1200, 7)

点C17 (0.9, 1200, 7)

点C18 (0.9, 2200, 7)。

5. 如权利要求4所述的超声波探头, 其特征在于,

所述压电组合物的厚度为0.02~1mm。

6. 如权利要求1~5中任一项所述的超声波探头, 其特征在于,

收发带域的中心频率为7MHz以上。

7. 如权利要求1~5中任一项所述的超声波探头, 其特征在于,

所述压电组合物在将其机电耦合系数设为 k_{33} , 将其束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S , 将其矫顽电场设为 E_c 时, 满足下式,

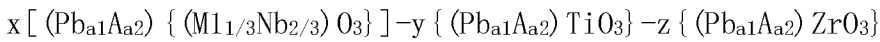
$$k_{33} \geq 0.65$$

$$\epsilon_{33}^S \geq 1000$$

$$E_c \geq 12。$$

8. 如权利要求7所述的超声波探头, 其特征在于,

所述压电组合物的主成分的组成由下述通式表示,



在上述通式中, A为Ba或Sr, M1为Mg或者M1为Mg及Zn, 且满足下式,

$$0 \leq a_2 \leq 0.1$$

$$a_1 + a_2 = 1$$

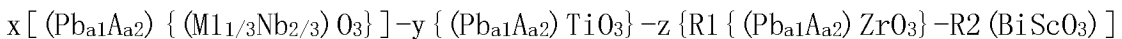
$$x + y + z = 1$$

$$0.1 \leq x \leq 0.375$$

$$0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64。$$

9. 如权利要求8所述的超声波探头, 其特征在于,

所述压电组合物的主成分的组成由下述通式表示,



上述通式中, A为Ba或Sr, M1为Mg或者M1为Mg及Zn, 且满足下式,

$$0 \leq a_2 \leq 0.1$$

$$a_1 + a_2 = 1$$

$$x + y + z = 1$$

$$0.1 \leq x \leq 0.25$$

$$0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$$

$$0 < \text{R}_2 \leq 0.25。$$

10. 如权利要求8所述的超声波探头,其特征在于,

所述压电组合物含有选自由在特定的面方位取向的陶瓷的种子粒子、氧化铅、氧化铋、施体及受体构成的组的一种以上作为副成分。

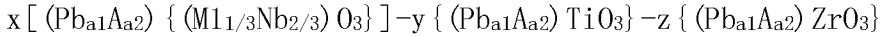
11. 如权利要求1~5中任一项所述的超声波探头,其特征在于,

所述压电组合物是在特定的面方位取向的陶瓷。

12. 如权利要求1~5中任一项所述的超声波探头,其特征在于,

所述压电组合物为具有特定的面方位的单晶。

13. 一种压电元件,其具备将由下述通式表示的组成作为主成分的压电组合物和用于对所述压电组合物施加电压的电极,



在上述通式中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式(4)~(8),

所述压电组合物在将其机电耦合系数设为 k_{33} 、将其束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S 、将其矫顽电场设为 E_c 时,满足下式(1)~(3),

$$k_{33} \geq 0.65 \quad (1)$$

$$\epsilon_{33}^S \geq 1000 \quad (2)$$

$$E_c \geq 12 \quad (3)$$

$$0 \leq a_2 \leq 0.1 \quad (4)$$

$$a_1 + a_2 = 1 \quad (5)$$

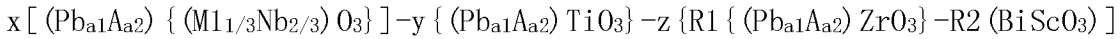
$$x + y + z = 1 \quad (6)$$

$$0.1 \leq x \leq 0.375 \quad (7)$$

$$0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64 \quad (8)。$$

14. 如权利要求13所述的压电元件,其特征在于,

所述压电组合物将由下述通式表示的组成作为主成分,



在上述通式中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式,

$$0 \leq a_2 \leq 0.1$$

$$a_1 + a_2 = 1$$

$$x + y + z = 1$$

$$0.1 \leq x \leq 0.25$$

$$0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$$

$$0 < \text{R}_2 \leq 0.25。$$

15. 如权利要求13或14所述的压电元件,其特征在于,

所述压电组合物含有选自由在特定的面方位取向的陶瓷的种子粒子、氧化铅、氧化铋、施体及受体构成的组的一种以上作为副成分。

16. 如权利要求13或14所述的压电元件,其特征在于,

所述压电组合物是在特定的面方位取向的陶瓷。

17. 如权利要求13或14所述的压电元件,其特征在于,

所述压电组合物为具有特定的面方位的单晶。

18. 一种超声波探头,其特征在于,

具有权利要求13或14所述的压电元件。

19. 一种超声波拍摄装置,其特征在于,
具有权利要求1~5中任一项所述的超声波探头。

20. 一种超声波拍摄装置,其特征在于,
具有权利要求18所述的超声波探头。

压电元件、超声波探头及超声波拍摄装置

技术领域

[0001] 本发明涉及压电元件、超声波探头以及具有该超声波探头的超声波拍摄装置。

背景技术

[0002] 在医疗领域中利用的超声波拍摄装置中的超声波探头具有压电元件,该压电元件具备压电组合物和用于向压电组合物施加电压的电极。在超声波拍摄装置中,通过电信号使压电组合物振动,由此,产生并发送超声波。并且,由被检体反射的超声波被超声波探头接收。由此,超声波拍摄装置可以得到被检体的超声波图像。

[0003] 从实现对超声波具有高灵敏度的超声波探头的观点来看,超声波探头优选具备具有高的相对介电常数、矫顽电场及机电耦合系数的压电组合物。作为这种超声波探头的例子,已知含有规定组成的锆且具备钙钛矿结构的压电组合物的超声波探头(例如,参照专利文献1)。该超声波探头的压电组合物具有4000以上的相对介电常数和5.3~10kV/cm左右的矫顽电场。在此,上述专利文献1所记载的压电组合物的相对介电常数是在极化处理后以充分低的频率(通常,1kHz)测定的值,即,是自由状态下的相对介电常数(ϵ^T)。

[0004] 另外,作为上述超声波探头的另一例,已知具备作为BiScO₃类固溶体的压电组合物的压电元件(例如,参照专利文献2)。该压电元件的压电组合物的相对介电常数也以较低的频率测定。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利第5063606号公报

[0008] 专利文献2:日本特开2006-188414号公报

发明内容

[0009] 如具有与压电元件进行声耦合的声背面层的情况、使用中心频率高的超声波(例如,中心频率7MHz以上)的情况或层叠有压电元件的情况等,有时要使用厚度小的压电组合物。在这种情况下,从使超声波拍摄装置进一步高性能化的观点来看,希望超声波探头能够以高驱动电压进行驱动,并且对超声波具有比以往更高灵敏度。

[0010] 另外,在上述情况下,压电组合物处于基本被束缚的状态。即,实际的超声波探头中的压电组合物由粘接剂等固定于其它部件(例如,声背面层),一定程度上处于被束缚的状态。另外,当超声波频率在反共振频率附近或比反共振频率高时,压电组合物成为基本被束缚的状态。因此,在进行超声波探头的探针设计时,重要的不是极化处理后的自由状态下的相对介电常数 ϵ^T (以下,均称为“自由相对介电常数”),而是极化处理后的束缚状态下的相对介电常数 ϵ^S (以下,均称为“束缚相对介电常数”)。

[0011] 因此,若考虑自由相对介电常数而进行探针设计,在具有厚度小的压电元件的超声波探头中,不能实现所期望的压电特性,有时得不到对超声波的充分灵敏度。目前,如从上述专利文献也可知,具备具有着眼于自由相对介电常数的压电组合物的压电元件的超声

波探头是已知的。

[0012] 作为超声波探头,优选对于与极化方向(电场方向)平行的方向(纵向)的振动模式的机电耦合系数大,但优选对于与极化方向(电场方向)垂直的方向(横向)的振动模式的机电耦合系数小。目前,如从专利文献2也可知,作为具有将PMN-PZT类压电组合物的一部分用BiScO₃置换了的压电组合物的压电元件,着眼于上述横向的机电耦合系数(k_p, k_{31})的压电扬声器及压电泵等低频率用压电零件是已知的。但是,作为具有上述压电组合物的压电元件,考虑了超声波区域的束缚相对介电常数 ϵ_{33}^S 及机电耦合系数 k_{33} 的压电元件则完全没有被人所知(此外,PMN表示Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃,PZT表示Pb(ZrTi)O₃)。

[0013] 另外,着眼于束缚相对介电常数、及上述纵向的机电耦合系数或有效机电耦合系数的超声波探头,具有束缚相对介电常数、矫顽电场及有效机电耦合系数均充分高的压电组合物的超声波探头没有被人所知。因此,在压电组合物的厚度小的情况下,可能得不到对于超声波的充分灵敏度。

[0014] 本发明的第一课题在于,提供一种压电元件及超声波探头,其即使在压电组合物的厚度小的情况下,对于超声波的灵敏度也是优异的。另外,本发明的第二课题在于,提供具有该超声波探头的超声波拍摄装置。

[0015] 作为用于解决上述第一课题的第一方案,提供一种超声波探头,具有:压电元件,其具备压电组合物和用于对所述压电组合物施加电压的电极;声背面层,其在所述压电元件的背面与所述压电元件进行声耦合,所述压电组合物具有如下压电特性:在将所述压电组合物的有效机电耦合系数设为 k_{eff} ,将所述压电组合物的束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将所述压电组合物的矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,压电特性被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标($k_{eff}, \epsilon_{33}^S, E_c$)中由以下述点A1~点A18为顶点的多面体包围的区域中。

[0016] 点A1 (0.5, 2200, 18)

[0017] 点A2 (0.5, 1400, 18)

[0018] 点A3 (0.7, 600, 18)

[0019] 点A4 (0.9, 600, 18)

[0020] 点A5 (0.9, 2200, 18)

[0021] 点A6 (0.5, 2200, 15)

[0022] 点A7 (0.5, 1400, 15)

[0023] 点A8 (0.7, 600, 15)

[0024] 点A9 (0.9, 600, 15)

[0025] 点A10 (0.65, 2200, 10)

[0026] 点A11 (0.65, 1400, 10)

[0027] 点A12 (0.8, 600, 10)

[0028] 点A13 (0.9, 600, 10)

[0029] 点A14 (0.75, 2200, 7)

[0030] 点A15 (0.75, 1400, 7)

[0031] 点A16 (0.8, 1000, 7)

[0032] 点A17 (0.9, 1000, 7)

[0033] 点A18 (0.9, 2200, 7)

[0034] 作为用于解决所述第一课题的第二方案,提供一种超声波探头,具有压电元件,所述压电元件具备多个压电组合物和用于对所述多个压电组合物分别施加电压的电极,且所述压电组合物的层和所述电极交替重叠而构成,所述压电组合物具有如下压电特性:在将所述压电组合物的有效机电耦合系数设为 k_{eff} ,将所述压电组合物的束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将所述压电组合物的矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,压电特性被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以下述点B1~点B14为顶点的多面体包围的区域中。

[0035] 点B1 (0.5, 2200, 18)

[0036] 点B2 (0.5, 600, 18)

[0037] 点B3 (0.9, 600, 18)

[0038] 点B4 (0.9, 2200, 18)

[0039] 点B5 (0.5, 2200, 15)

[0040] 点B6 (0.5, 600, 15)

[0041] 点B7 (0.65, 2200, 9)

[0042] 点B8 (0.65, 1000, 9)

[0043] 点B9 (0.75, 600, 9)

[0044] 点B10 (0.9, 600, 9)

[0045] 点B11 (0.8, 2200, 7)

[0046] 点B12 (0.8, 1000, 7)

[0047] 点B13 (0.9, 1000, 7)

[0048] 点B14 (0.9, 2200, 7)

[0049] 作为用于解决所述第一课题的第三方案,提供一种超声波探头,具有压电元件,该压电元件具备单层的压电组合物和用于对所述压电组合物施加电压的电极,且不具有在所述压电元件的背面与所述压电元件进行声耦合的声背面层,其特征在于,所述压电组合物具有如下压电特性:在将所述压电组合物的有效机电耦合系数设为 k_{eff} ,将所述压电组合物的束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将所述压电组合物的矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,压电特性被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以下述点C1~点C18为顶点的多面体包围的区域中。

[0050] 点C1 (0.55, 2200, 18)

[0051] 点C2 (0.55, 1400, 18)

[0052] 点C3 (0.75, 600, 18)

[0053] 点C4 (0.9, 600, 18)

[0054] 点C5 (0.9, 2200, 18)

[0055] 点C6 (0.55, 2200, 13)

[0056] 点C7 (0.55, 1400, 13)

[0057] 点C8 (0.75, 600, 13)

[0058] 点C9 (0.9, 600, 13)

[0059] 点C10 (0.6, 2200, 10)

[0060] 点C11 (0.6, 1400, 10)

[0061] 点C12 (0.8, 600, 10)

[0062] 点C13 (0.9,600,10)

[0063] 点C14 (0.75,2200,7)

[0064] 点C15 (0.75,1400,7)

[0065] 点C16 (0.8,1200,7)

[0066] 点C17 (0.9,1200,7)

[0067] 点C18 (0.9,2200,7)

[0068] 作为用于解决所述第一课题的第四方案,提供一种压电元件,其具备将由下述通式表示的组成作为主成分的压电组合物和用于对所述压电组合物施加电压的电极。

[0069] $x[(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\{(\text{M}_{11/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\}]_y\{(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\text{TiO}_3\}_z\{(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\text{ZrO}_3\}$

[0070] 在上述通式中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式(4)~(8)。

[0071] 所述压电组合物在将其机电耦合系数设为 k_{33} 、将其束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S 、将其矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,满足下式(1)~(3)。

[0072] $k_{33} \geq 0.65$ (1)

[0073] $\epsilon_{33}^S \geq 1000$ (2)

[0074] $E_c \geq 12$ (3)

[0075] $0 \leq a_2 \leq 0.1$ (4)

[0076] $a_1 + a_2 = 1$ (5)

[0077] $x + y + z = 1$ (6)

[0078] $0.1 \leq x \leq 0.375$ (7)

[0079] $0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$ (8)

[0080] 作为用于解决所述第二课题的一个方案,提供一种具有前述超声波探头的超声波拍摄装置。

[0081] 根据本发明,可提供即使在压电组合物的厚度小的情况下,对于超声波的灵敏度也优异的压电元件及超声波探头,并且,可提供具有该超声波探头的超声波拍摄装置。

附图说明

[0082] 图1是表示本发明实施方式1的超声波探头结构的一例的剖面示意图。

[0083] 图2是概略地表示本发明实施方式1的压电组合物的压电特性的图。

[0084] 图3A是示意地表示本发明实施方式的超声波拍摄装置结构的一例的图,图3B是表示本发明实施方式的超声波拍摄装置的电学结构的一例的块图。

[0085] 图4是表示本发明实施方式2的超声波探头结构的一例的剖面示意图。

[0086] 图5是概略地表示本发明实施方式2的压电组合物的压电特性的图。

[0087] 图6是概略地表示本发明实施方式2的压电组合物的压电特性的图。

[0088] 图7是表示本发明实施方式2的超声波探头结构的一例的剖面示意图。

[0089] 图8是概略地表示本发明实施方式3的压电组合物的压电特性的图。

[0090] 图9是表示本发明实施方式4的超声波探头结构的一例的剖面示意图。

[0091] 符号说明

[0092] 100a~d 超声波探头

[0093] 110 背面负荷材料

- [0094] 120 声背面层
- [0095] 130a~d 压电元件
- [0096] 131a~d 压电组合物
- [0097] 132(1321、1322) 电极
- [0098] 1331,1332 输出电极
- [0099] 134 绝缘体
- [0100] 140 声匹配层
- [0101] 200a~d 超声波拍摄装置
- [0102] 201 装置主体
- [0103] 202 电缆
- [0104] 203 输入部
- [0105] 204 控制部
- [0106] 205 发送部
- [0107] 206 接收部
- [0108] 207 图像处理部
- [0109] 208 显示部

具体实施方式

[0110] 若要产生中心频率高的超声波,需要减小构成压电元件的压电组合物的厚度。在压电组合物的矫顽电场的大小相同的情况下,随着压电组合物的厚度变小,对压电元件可施加的电压的大小变小。如果压电组合物的矫顽电场变得过小,就不能对压电元件施加高电压,无法增大超声波的输出。其结果,难以提高作为超声波探头的灵敏度。因此,即使在压电组合物的厚度小的情况下,从提高对超声波的灵敏度的观点来看,优选超声波探头的压电组合物具有大的矫顽电场。

[0111] 另一方面,随着矫顽电场变大,压电组合物的相对介电常数具有变小的倾向。压电组合物的相对介电常数越小,使用该压电组合物的压电元件的电阻抗变大。从提高对于超声波的灵敏度的观点来看,需要使上述电阻抗与超声波拍摄装置的发送电路及接收电路的电阻抗匹配。在现有的超声波探头中,大多情况下,压电组合物的电阻抗比上述发送电路及接收电路的电阻抗大,希望降低压电元件的电阻抗。即,从使超声波探头的电阻抗匹配,提高对于超声波的灵敏度的观点来看,优选使超声波探头的压电组合物具有高的相对介电常数。

[0112] 如上所述,本发明人等着眼于束缚相对介电常数 ϵ^S ,以代替自由相对介电常数 ϵ^T ,并且,还着眼于有效机电耦合系数 k_{eff} 。

[0113] 本发明的目的在于,实现具备束缚相对介电常数、矫顽电场及有效机电耦合系数均充分的压电组合物,即使在压电组合物的厚度小的情况下,对于超声波也具有高灵敏度的压电元件及超声波探头。另外,本发明的目的还在于,实现具有该超声波探头的超声波拍摄装置。以下,说明本发明的实施方式。

[0114] [实施方式1]

[0115] 实施方式1的超声波探头在结构上的特征在于,具有声背面层。

[0116] 图1是表示实施方式1的超声波探头结构的一例的剖面示意图。本实施方式的超声波探头100a具有：背面负荷材料110、声背面层120、压电元件130a、声匹配层140、挠性印刷基板(FPC,未图示)。

[0117] 除了压电元件130a以外,超声波探头100a可以与公知的超声波探头相同地构成。例如,在压电元件130a上,在未图示的FPC安装电极,通过由与超声波探头100a连接着的超声波拍摄装置控制的超声波的收发驱动,能够进行任意的波束成形。

[0118] 本实施方式的超声波探头100a中的超声波收发带域的中心频率没有特别限定。从提高超声波探头100a的分辨率的观点来看,优选为7MHz以上,更优选为10MHz以上,进一步优选为12MHz以上。另外,从抑制超声波衰减的观点来看,上述中心频率优选为30MHz以下。收发带域是指压电元件130a进行发送、接收的超声波的频带域。中心频率是指超声波的最大峰值降低-6dB为止的频带域中的上限频率与下限频率的平均值。

[0119] 上述中心频率可根据超声波探头100a的用途适当设定。压电元件130a的厚度越小,越可以增大上述中心频率。

[0120] (背面负荷材料)

[0121] 背面负荷材料110具有比压电元件130a的声阻抗更大的声阻抗,是用于吸收不需要的超声波的超声波吸收体。在本实施方式中,背面负荷材料110支承着声背面层120。背面负荷材料110安装于向压电元件130a的被检体(例如活体)发送超声波并接收来自被检体的超声波的方向的相反侧的面(反面,背面),吸收在被检体方向的相反侧产生的超声波。

[0122] 背面负荷材料110的材料例如可以包括:天然橡胶、铁素体橡胶、环氧树脂、有机硅树脂、热塑性树脂、及将这些材料的至少任一种与氧化钨或氧化钛、铁素体等粉末的混合物进行了冲压成形的树脂类复合材料。另外,背面负荷材料110的材料的其他例子中,包含将该树脂类复合材料进行粉碎,与上述热塑性树脂或环氧树脂等其它材料混合并使其固化的材料。

[0123] 上述热塑性树脂的例子包括:氯乙烯、聚乙烯醇缩丁醛、ABS树脂、聚氨酯、聚乙烯醇、聚乙烯、聚丙烯、聚缩醛、聚对苯二甲酸乙二醇酯、氟树脂、聚乙二醇、及聚对苯二甲酸乙二醇酯-聚乙二醇共聚物。作为背面负荷材料110的材料,其中,优选树脂类复合材料,其中,特别优选橡胶类复合材料或环氧树脂类复合材料。

[0124] 另外,根据需要,也可以向背面负荷材料110中添加其它配合剂。例如,从调整背面负荷材料110的声阻抗的观点来看,也可以将MACOR玻璃或玻璃等无机材料、具有空隙的多孔质材料添加至背面负荷材料110中。

[0125] 背面负荷材料110的形状可根据压电元件130a或具有压电元件130a的超声波探头100a等的形状适当决定。

[0126] 背面负荷材料110的厚度优选为1~30mm的范围内,更优选为1~10mm的范围内。

[0127] 此外,背面负荷材料110及后述的FPC例如可通过在本技术领域通常使用的粘接剂(例如,环氧类粘接剂)相互粘接。

[0128] (声背面层)

[0129] 声背面层120配置于压电元件130a的背面侧,改变压电元件130a的振动模式。声背面层120与压电元件130a进行声耦合。在此,压电元件的正面是指配置于向被检体发送超声波并接收来自被检体的超声波的一侧面,压电元件的背面是指相对于正面配置于压电元

件的相反侧的面。声背面层120可以具有与压电组合物130a的声阻抗不同的声阻抗,也可以具有相同程度的声阻抗。

[0130] 另外,在将声背面层120用作声反射层的情况下,声背面层120的声阻抗大于压电组合物131a的声阻抗。在该情况下,声背面层120安装于压电元件130a的背面,反射向被检体的相反(压电元件130a的背面)侧发送的超声波。从提高对于超声波的灵敏度的观点来看,超声波探头100a优选具有声背面层120。

[0131] 声背面层120的材料没有特别限定。作为声背面层120的材料例,包括钨及钽。另外,声背面层120也可以是未进行极化处理的压电组合物。其中,在声背面层120为声反射层的情况下,从反射效率的观点来看,作为声背面层120的材料,优选为碳化钨。

[0132] 声背面层120的厚度可根据中心频率的大小或声学设计等适当确定。声背面层120的厚度优选为0.01~1mm的范围内,更优选为0.02~0.4mm的范围内。

[0133] (压电元件)

[0134] 压电元件130a可以将电信号转换成机械振动,也可以将机械振动转换成电信号。由此,压电元件130a能够发送、接收超声波。

[0135] 此外,从提高压电元件130a及声背面层120的粘接性的观点来看,优选压电元件130a及声背面层120的至少一部分通过粘接层相互粘接。作为粘接层材料,例如可使用有机硅类粘接剂或环氧类粘接剂等。

[0136] 压电元件130a的形状可根据用途适当设定。例如,压电元件130d的形状可以是长方体形状,也可以是圆柱形状。另外,压电元件130a的形状可以是中央部到周边部厚度恒定的形状,也可以是从中央部起越接近周边部厚度越薄的哈乃斐透镜(ハナフィーレンズ)形状。从提高对于超声波的灵敏度的观点来看,优选压电元件130a的形状为哈乃斐透镜形状。

[0137] 本实施方式的压电元件130a具备压电组合物131a和用于对压电组合物131a施加电压的电极132。在本实施方式中,在单层的压电组合物131a的两面,两个电极132以夹持压电组合物131a而相互对置的方式配置。

[0138] 压电组合物131a只要具有压电性质即可,可以是陶瓷,可以是取向陶瓷,可以是无机/有机复合物,可以是单晶。

[0139] 图2是概略地表示实施方式1中的压电组合物131a的压电特性的图。如图2所示,压电组合物131a具有如下压电特性:在将其有效机电耦合系数设为 k_{eff} ,将其束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将其矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,压电特性被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以下述点A1~点A18为顶点的第1多面体包围的区域中。

[0140] 点A1 (0.5, 2200, 18)

[0141] 点A2 (0.5, 1400, 18)

[0142] 点A3 (0.7, 600, 18)

[0143] 点A4 (0.9, 600, 18)

[0144] 点A5 (0.9, 2200, 18)

[0145] 点A6 (0.5, 2200, 15)

[0146] 点A7 (0.5, 1400, 15)

[0147] 点A8 (0.7, 600, 15)

[0148] 点A9 (0.9,600,15)

[0149] 点A10 (0.65,2200,10)

[0150] 点A11 (0.65,1400,10)

[0151] 点A12 (0.8,600,10)

[0152] 点A13 (0.9,600,10)

[0153] 点A14 (0.75,2200,7)

[0154] 点A15 (0.75,1400,7)

[0155] 点A16 (0.8,1000,7)

[0156] 点A17 (0.9,1000,7)

[0157] 点A18 (0.9,2200,7)

[0158] 在 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 中的至少一项过小,使压电组合物131a不具有被包含于由上述第1多面体包围的区域的压电特性的情况下,不能充分地得到对于超声波的灵敏度。另外,因 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 中的至少一项过大而不具有被包含于由上述第1多面体包围的区域的压电特性的压电组合物131a现实中难以制作,因此不优选。

[0159] 在此,“有效机电耦合系数 k_{eff} ”表示组装到超声波探头100a的压电组合物131a所具有的有效的机电耦合系数(表示对压电组合物131a赋予的电能和机械能之间的转换能力的系数)。 k_{eff} 是依赖于超声波探头100a中压电组合物131a的振动模式和超声波探头100a的结构值。

[0160] 上述 k_{eff} 是对加工成超声波探头实际使用时的形状的压电组合物131a使用市售的阻抗分析仪并通过共振/反共振法测定而得到的。

[0161] 上述 k_{eff} 可通过压电组合物131a的组成、或压电组合物131a相对于理论密度的相对密度(压电组合物131a为陶瓷时)、压电组合物131a的晶体取向等进行调整。存在压电组合物131a的组成越接近组成相界(MPB),上述 k_{eff} 越大的倾向。另外,存在压电组合物131a的相对密度越大,上述 k_{eff} 越大的倾向。

[0162] 另外,“束缚相对介电常数 ϵ_{33}^S ”表示压电组合物131a的应变恒定时沿着33方向的相对介电常数,表示比反共振频率充分高的频率(例如,中心频率7MHz以上)下的相对介电常数。在超声波探头100a中,使用与从共振频率到反共振频率之间的频率相同或其以上的频率,并且通过粘接剂等固定于其它部件,压电组合物131a基本被束缚。因此,作为超声波探头,重要的参数是束缚相对介电常数 ϵ_{33}^S ,而不是自由相对介电常数 ϵ_{33}^T 。

[0163] 上述 ϵ_{33}^S 是通过与极化方向平行的方向的长度大于与极化方向垂直的方向的长度的棒状(33形状)的压电组合物131a(例如,沿着1mm×1mm×3mm尺寸的长边方向极化的压电组合物),利用市售的阻抗分析仪测定而得到的。此时,作为频率,可使用比33模式的反共振频率充分大的频率(例如,10MHz)。此外,对于上述 ϵ_{33}^S 的调整法,后面将进行说明。

[0164] 另外,“矫顽电场 E_c ”是指,相对于压电组合物131a中的残留极化的极化方向施加反方向的电压,使压电组合物131a中的残留极化消失所需要的施加电压。

[0165] 上述 E_c 例如通过以下方法测定而得到。首先,使用强电介质特性评价系统(株式会社Leadtech制造),测定在室温下对压电组合物131a施加从电场0kV/cm到40kV/cm、接着施加电场从40kV/cm到-40kV/cm、接着施加电压从-40kV/cm到40kV/cm时的相对于电场强度(kV/cm)的极化量($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)迟滞。在得到的迟滞曲线中,根据极化量为0时的电场强度值,可

测定出矫顽电场。

[0166] 压电组合物131a的厚度可根据超声波的中心频率大小或压电组合物131a的频率常数、声学设计等而适当设定。从实现高中心频率的观点来看,优选压电组合物131a的厚度小。例如,压电组合物131a的厚度优选为0.02~1mm的范围内,更优选为0.03~0.4mm的范围内。中心频率为10MHz时,压电组合物131a的厚度例如在0.04~0.2mm的范围内。

[0167] 从实现对于超声波的更高灵敏度的观点来看,优选压电组合物131a在将其机电耦合系数设为 k_{33} ,将其束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将其矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,满足下式。

$$[0168] \quad k_{33} \geq 0.65$$

$$[0169] \quad \epsilon_{33}^S \geq 1000$$

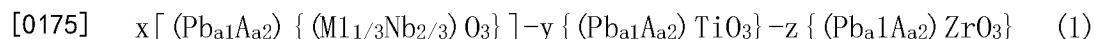
$$[0170] \quad E_c \geq 12$$

[0171] 在此,“机电耦合系数 k_{33} ”是表示对压电组合物赋予的电能与机械能之间的转换能力的系数,表示压电组合物的固有值。此外,在本实施方式中,上述 k_{eff} 的值是 $0.9 \times k_{33} \sim 1 \times k_{33}$ 左右的大小。另外,束缚相对介电常数 ϵ_{33}^S 及矫顽电场 E_c 与前述的 ϵ_{33}^S 及 E_c 相同。

[0172] 上述 k_{33} 是通过对于沿着极化方向的方向的长度大于与极化方向垂直的方向的长度的棒状(33形状)的压电组合物131a(例如,沿着1mm×1mm×3mm尺寸的长边方向极化的压电组合物),利用市售的阻抗分析仪通过共振/反共振法测定而得到的。此外,对于上述 k_{33} 的调整法,后面将进行说明。

[0173] 上述 k_{33} 的上限值没有特别限定。上述 k_{33} 的上限值可以在可制作压电组合物131a的范围内适当确定。

[0174] 压电组合物131a的组成可以在能够获得本实施方式效果的范围内适当变更。压电组合物131a可以通过后述的制造方法制造,也可以是现成品。从实现对于超声波的更高灵敏度的观点来看,压电组合物131a优选将以下述通式(1)表示的组成作为主成分,更优选将以下述通式(2)表示的组成作为主成分。在此,上述主成分的含量例如相对于压电组合物131a为0~20质量份(大于0质量份且20质量份以下)。其中,在压电组合物131a为无机/有机复合物的情况下,上述主成分的含量被定义为,除去有机物而仅将无机物部分视为100质量份时的比例。



[0176] 其中,上述通式(1)中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。此外,在M1为Mg及Zn的情况下,Mg及Zn的比例没有特别限定,例如为10:0~5:5。

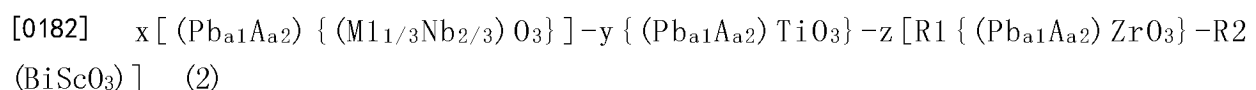
$$[0177] \quad 0 \leq a_2 \leq 0.1$$

$$[0178] \quad a_1 + a_2 = 1$$

$$[0179] \quad x + y + z = 1$$

$$[0180] \quad 0.1 \leq x \leq 0.375$$

$$[0181] \quad 0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$$



[0183] 其中,上述通式(2)中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。此外,在M1为Mg及Zn的情况下,Mg及Zn的比例没有特别限定,例如为10:0~5:5。

[0184] $0 \leq a_2 \leq 0.1$

[0185] $a_1 + a_2 = 1$

[0186] $x + y + z = 1$

[0187] $0.1 \leq x \leq 0.25$

[0188] $0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$

[0189] $0 < R_2 \leq 0.25$

[0190] 上述通式(1)及(2)中, a_1 、 a_2 、 x 、 y 、 z 及 R_2 的值可以在可获得本实施方式效果的范围内适当设定。当向压电组合物131a添加过量的钡(Ba)或锶(Sr)时,上述 k_{33} 有可能变得过小,所以 a_2 优选为0.1以下。另外,本发明人等首次发现,压电组合物131a含有 BiScO_3 ,对于保持上述 ϵ_{33}^S 的大小的同时,提高作为上述极化方向的压电特性的上述 k_{33} (上述 k_{eff})及压电常数 d_{33} 是有效的。

[0191] 压电组合物131a可以是其各微晶在特定的面方位取向的陶瓷(所谓的取向陶瓷),也可以是具有特定的面方位的单晶。上述特定的面方位可以是任意方向,但从进一步提高压电性的观点来看,优选为近似立方晶格表示中的(001)、(110)或(111)。

[0192] 作为陶瓷的取向方法,可采用公知的方法,例如采用利用种子粒子(或称为模板粒子)和基质粒子的TGG法、中途伴有反应的RTGG法、磁场取向法等。

[0193] 压电组合物131a中的各种元素的含量,例如在陶瓷的情况下,可根据原料的掺合量算出,更精确地,可采用电感耦合等离子体(ICP)发光分析等。在单晶的情况下,有时掺合组成和制作出的晶体组成之间会有差异,因此,可通过电子探针显微分析仪(EPMA)或ICP发光分析等方法求得。另外,压电组合物131a中的化合物的晶系可通过例如X射线衍射法进行确认。另外,压电组合物131a中的上述面方位可通过例如X射线衍射法进行确认。另外,取向度可通过例如Lotgering法(ロットゲーリング法)或摇摆曲线法(ロッキングカーブ法)确认。

[0194] 压电组合物131a根据需要也可以含有其它副成分。作为该副成分例,包括:杂质(施体及受体)、在压电组合物131a为取向陶瓷时的种子粒子(例如, BaTiO_3 或 SrTiO_3)、在制造压电组合物131a时(烧结时)用于抑制Pb及Bi蒸发的添加剂(例如,氧化铅、氧化铋)。在此,副成分的含量相对于压电组合物131a例如为0~20质量份(大于0质量份且20质量份以下)。此外,上述副成分中,可以是一部分或全部固溶,也可以不固溶。在上述副成分不固溶的情况下,上述副成分在上述压电组合物中作为副相(包含副相的种子粒子)而存在。

[0195] 接着,说明压电组合物131a的制造方法。制造压电组合物131a的方法包含:原料准备工序,得到将含有选自至少由铅、钡、锶、镁、铋、钛、锆、铋及钽构成的组的期望元素的粉体以根据上述应生成的压电组合物131a组成的比例含有的原料组合物;热处理工序,将该组合物加热到800~1300℃而得到压电组合物131a;冷却工序,将压电组合物131a冷却到希望的温度,优选为-20~40℃。

[0196] 上述制造方法可以在满足以下说明的材料种类及温度相关条件等特定条件的范围内,与通常的压电组合物的制造相同地进行。以下,说明各工序。

[0197] [原料准备工序]

[0198] 原料准备工序是准备上述原料组合物(例如,原料粉体或其成形物)的工序。以下,通过具体例来说明原料准备工序。首先,准备希望的氧化物或碳酸盐、各种酸盐等的成为压电组合物131a中的各无机元素的供给源的粉体。作为上述氧化物的例,包括: PbO 、 Pb_2O_3 、

Pb₃O₄、Bi₂O₃、TiO₂、ZrO₂、Sc₂O₃、MgO、ZnO、Nb₂O₅、MgNb₂O₆及ZnNb₂O₆。另外,作为碳酸盐例,包括BaCO₃及SrCO₃。

[0199] 接着,将称重了需要量的、含有各无机元素的粉体混合,制作原料粉体。作为制作原料粉体的方法,可以是干式及湿式中的任意方法。该方法例如包括球磨或喷射磨等湿式粉碎。在利用球磨机进行湿式粉碎的情况下,将上述原料粉体与分散剂混合,投入到粉碎装置中。作为分散剂例,包括甲醇或乙醇等各种醇类及纯水。向粉碎装置中进一步添加氧化锆球等粉碎介质进行混合粉碎,直到例如原料粉体的粒度微细且实质上均匀为止。

[0200] 接着,从得到的混合物除去上述粉碎介质,利用吸引过滤或干燥器等常规装置从上述混合物中除去分散剂,从而得到原料粉体。

[0201] 接着,将得到的原料粉体放入坩埚等容器中进行预烧成。预烧成例如可以在600℃~1000℃下进行。由此,可以实现上述原料粉体组成的均匀化及烧结密度的提高。其中,上述的预烧成不一定是必须的,干燥除去了分散剂的上述原料粉体也可以不进行预烧成而进行下述的成形工序,或相反地,为了组成均匀性及烧结密度的提高等,也可以将预烧成进行两次以上。

[0202] 在预烧成后,也可以将预烧成后的上述原料粉体再次粉碎。另外,在该再粉碎工序中,可以向上述原料粉体中进一步添加粘合剂。该粘合剂可在再粉碎工序的最初、中途或最终阶段中的任一阶段添加。在添加了上述粘合剂的情况下,获得的混合物例如进行再次干燥。上述粘合剂例如包括聚乙烯醇(PVA)及聚乙烯醇缩丁醛(PVB)。

[0203] 接着,将上述混合物成形,得到成形物。该成形物例如使用通常使用的机械进行,上述混合物例如成形为圆柱状的圆体。关于该圆体的大小,直径例如为10~50mm左右,厚度为1~5mm左右。另外,在阵列式的超声波探头的情况下,上述混合物可成形为纵宽10~20mm左右、横宽30~70mm左右、厚度1~5mm左右的板状圆体。

[0204] 最后,将获得的成形物放入电炉,以500~750℃加热数小时~20小时左右。通过该加热,从上述成形物中除去粘合剂。这样,作为上述原料组合物的一例,获得将上述原料粉体成形为规定形状而成的成形物。通过以上,原料准备工序完毕。

[0205] 此外,该成形物也可以不进行上述的预烧成。上述说明中描述了通常的固相法时的原料准备工序,但也可以通过例如采用水热合成法的方法或将醇盐用作初始原料的方法等而进行,在该情况下,可获得不进行预烧成的上述成形物。

[0206] [热处理工序]

[0207] 热处理工序中,将上述原料组合物放入坩埚等加热炉中,加热到作为处理温度的800~1300℃,更优选加热到950~1250℃。加热速度根据上述原料组合物的尺寸不同而各异,通常为50~300℃/小时。通过热处理工序,可得到压电组合物的烧结体。该加热速度在热处理工序中可以恒定,也可以有变动。上述加热速度可以以代表该速度的值(例如平均值)表示。

[0208] 以往,热处理工序中的处理时间通常为5分钟~4小时左右,但在压电组合物131a为单晶的情况下,优选为6~3000小时。这是由于,特别是在压电组合物131为单晶的情况下,热处理工序成为晶体生长工序。在压电组合物131a为取向陶瓷或陶瓷(多晶)的情况下,上述处理时间优选为5分钟~300小时,更优选为1小时~200小时。

[0209] 此外,上述处理温度可以恒定,也可以不恒定。例如,在热处理工序中,可以使上述

处理温度逐渐下降。这种处理温度的下降在获得的压电组合物131a为单晶时特别有效。另外,例如进行两阶段烧结的情况下,仅在初期的极短时间内以高温进行烧结,之后以比初期温度降低50~250℃左右的温度进行烧结。在该情况下,上述处理温度也不恒定。

[0210] [冷却工序]

[0211] 冷却工序将热处理工序中得到的压电组合物131a冷却至希望的温度,例如-20~40℃,更具体地,冷却至室温。从生产率和防止晶畴钉扎的观点来看,冷却工序中的冷却速度优选为0.1~200℃/分钟。冷却工序中的冷却速度可以恒定,也可以在该工序中有变动。该冷却速度可以以代表该速度的值(例如平均值)表示。

[0212] 压电组合物131a适用于压电元件130a。压电元件130a具有压电组合物131a和用于对压电组合物131a施加电压的电极132,除了使用压电组合物131a之外,通过与公知的压电组合物相同的方法形成希望的形态。

[0213] 压电组合物131a的成形在上述热处理工序之后进行。压电组合物131a的成形可通过切削或研磨等公知的加工方法进行,例如,通过这种加工,可调整压电组合物131a的厚度。上述研磨通常通过使用金刚石或SiC、氧化铝等磨粒的机械研磨进行。

[0214] 另外,压电元件130a可通过包括在压电组合物131a上配置电极的工序和对压电组合物131a施加电场的工序的方法进行制造。

[0215] 电极132通常对压电组合物131a配置至少两个。电极132的配置可以通过与向压电组合物131a配置电极132的通常方法相同的方法进行。作为电极132的材料例,包括金、银、铂、钯、镍及铜。例如,配置电极132的工序可以通过烧结银或银-钯的糊剂的方法进行,也可以是上述电极材料的溅射或蒸镀。在银糊剂的情况下,优选以例如400~700℃左右在短时间进行烧结处理。另外,在配置电极132之前,为了提高压电组合物131a和电极132之间的密合性,也可以在电极132和压电组合物131a之间配置钛等缓冲电极。

[0216] 上述的施加电场工序是用于压电组合物131a的极化处理的工序(以下,该工序也称为“极化工序”)。该极化工序可在高温的油浴中进行,但作为其它方法,也可以在高真空中或高绝缘性的粉体中进行。该极化工序可以在对压电组合物131a配置电极132之前进行,也可以在对压电组合物131a配置电极132之后进行。施加电场不要求一定是直流,也可以是矩形波、锯齿波、脉冲串波等的高频,还可以在直流成分上叠加上述电场。

[0217] 上述极化工序通常在对压电组合物131a配置电极132后,在绝缘性的油中进行。处理温度通常为数十~200℃左右。另外,施加的电场强度为10~100kV/cm左右。通常,优选在高温、强电场的条件下进行。处理时间通常为5~60分钟左右。

[0218] 极化工序时,可以停止电场的施加,从绝缘油中取出压电组合物131a或压电元件130a进行冷却。如要进行更彻底的极化处理,也可以在绝缘油中施加电场的同时进行场冷却。进行上述的极化处理,测定压电常数 d_{33} 等的期望的压电特性,就能够完成压电元件130a的制造。

[0219] 压电元件130a的制造方法也可以根据压电元件130a的预期的形态而包括其它工序。例如,上述制造方法还可以包括将压电组合物131a加工成希望的形状的工序。压电组合物131a的加工可以通过研磨或切削等公知的加工方法进行。压电组合物131a的上述加工通常在制作电极132之前进行,但也可以在制作电极132之后进行。例如,在形成电极132之后,切断、切削加工成希望的大小及形状,由此,可制作出压电元件130a。

[0220] 从压电元件130a的性能提高的观点来看,优选压电组合物131a的压电常数 d_{33} 为200pC/N以上,更优选为400pC/N以上。该压电常数 d_{33} 例如可通过从各向同性的陶瓷制成在希望的面方位取向的取向陶瓷或单晶而提高。

[0221] 如上所述,能够以良好的再现性进行极化处理,因此,能够以高生产率获得呈现出预期的压电常数的压电元件130a。压电元件130a可用于各种促动器、喷墨头、传感器,特别是可优选用于超声波探头。

[0222] (声匹配层)

[0223] 声匹配层140是使压电元件130a与被检体(超声波探头100a具有后述的声透镜的情况下为声透镜)之间的声阻抗匹配,从而抑制超声波在界面处的反射的层。因此,声匹配层140具有大致居于压电元件130a与被检体之间的声阻抗。声匹配层140配置于压电元件130a的上述被检体侧(表面侧),例如经由前述的另一电极进行配置。

[0224] 声匹配层140可以是单层,也可以是叠层,但从调整声学特性的观点来看,优选为声阻抗不同的多个层的叠层体,例如2层以上,更优选为4层以上。声匹配层140的厚度优选为 $\lambda/4$ 。 λ 是超声波的波长。

[0225] 声匹配层140可以利用例如各种材料构成。声匹配层140的声阻抗优选以朝向声透镜阶段性地或连续性地接近被检体的声阻抗的方式设定,例如,可以根据向该材料添加的添加剂种类及含量进行调整。

[0226] 作为声匹配层140的材料例,包括:铝、铝合金(例如Al-Mg合金)、镁合金、MACOR玻璃、玻璃、熔融石英、铜石墨及树脂。作为该树脂例,包括:聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、ABS树脂、AAS树脂、AES树脂、尼龙6或尼龙66等尼龙、聚苯醚、聚苯硫醚、聚苯醚、聚醚醚酮、聚酰胺酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯、环氧树脂及聚氨酯树脂。

[0227] 作为上述添加剂例,包括:氧化锌、氧化钛、二氧化硅或氧化铝、氧化铁红、铁素体、氧化钨、氧化镱、硫酸钡、钨、钼、玻璃纤维及有机硅粒子。

[0228] 从调整声匹配层140的声阻抗的观点来看,例如,声匹配层140的表面部优选以环氧树脂构成,并且含有有机硅粒子。如后所述,如果使作为声透镜材料的有机硅分散存在于声匹配层140的基材中,能够使声匹配层140的声阻抗接近声透镜的声阻抗。

[0229] 此外,声匹配层140的各层例如可利用本技术领域通常使用的粘接剂(例如,环氧类粘接剂)进行粘接。

[0230] (挠性印刷基板)

[0231] FPC例如具有与用于压电组合物131a的一对电极连接的、与压电元件130a对应的图案的配线。例如,虽然没有特别图示,但FPC具有成为一电极的信号引出配线和与另一电极连接的接地引出配线。只要FPC具有上述适当的图案,也可以是市售品。

[0232] 作为上述电极的材料例,包括:金、铂、银、钯、铜、铝、镍、锡、及含有这些金属元素的合金。例如,上述电极通过如下方式制作:首先,将钛或铬等基底金属通过溅射法形成 $0.002\sim 1.0\mu\text{m}$ 的厚度,接着,将上述材料(进一步地,根据需要使绝缘材料局部地)通过溅射法、蒸镀法、其它适当的方法形成 $0.02\sim 10\mu\text{m}$ 的厚度而制成。上述电极也可以通过将混合了微粉末的金属粉末和低熔点玻璃的导电糊剂通过丝网印刷或浸渍涂层法、喷涂法形成该导电糊剂的层而制成。

[0233] 另外,超声波探头100a还可以具有用于使超声波集束于焦点的声透镜等其它结

构。

[0234] 声透镜由例如具有居于被检体和声匹配层140之间的声阻抗的软质高分子材料构成。作为该高分子材料例,包括:有机硅类橡胶、丁二烯类橡胶、聚氨酯橡胶、表氯醇橡胶、及使乙烯和丙烯共聚合而成的乙烯-丙烯共聚物橡胶。其中,上述高分子材料优选由有机硅类橡胶及丁二烯类橡胶构成。

[0235] 作为上述有机硅类橡胶的例子,包括有机硅橡胶及氟硅橡胶。特别优选声透镜为有机硅橡胶。该有机硅橡胶是指,具有由Si-O键构成的分子骨架,且在其Si原子上主要键有多个有机基团而成的有机聚硅氧烷,通常其主成分为甲基聚硅氧烷,其全部的有机基团中的90%以上为甲基。上述有机硅橡胶也可以将上述甲基聚硅氧烷的甲基的至少一部分取代为氢原子、苯基、乙烯基或烯丙基。

[0236] 上述有机硅橡胶可通过如下方式获得:例如,在高聚合度的有机聚硅氧烷中混炼过氧化苯甲酰等固化剂(硫化剂),进行加热硫化使其固化而获得。也可以根据声透镜170中的音速调整或密度调整等目的,进一步添加二氧化硅或尼龙粉末等有机或无机充填剂、或硫黄或氧化锌等硫化助剂等。

[0237] 作为上述丁二烯类橡胶的例子,包括:作为丁二烯的均聚物的丁二烯橡胶、及以丁二烯为主体且使少量的苯乙烯或丙烯腈与其共聚而成的共聚橡胶。特别优选声透镜为丁二烯橡胶。丁二烯橡胶是指,通过具有共轭双键的丁二烯的聚合而获得的合成橡胶。丁二烯橡胶可以通过具有共轭双键的丁二烯在1,4位或1,2位进行均聚而获得。丁二烯橡胶也可以进一步利用硫等进行硫化。

[0238] 由有机硅类橡胶及丁二烯类橡胶构成的声透镜例如可通过将有机硅类橡胶和丁二烯类橡胶进行混合,使其硫化固化而生成。例如,声透镜可以通过以下方式获得:将有机硅橡胶和丁二烯橡胶以适当比例通过混炼辊混合,添加过氧化苯甲酰等硫化剂进行加热硫化,使其交联(固化)而获得。

[0239] 在上述的情况下,作为硫化助剂,优选进一步添加氧化锌。氧化锌可以在实质上不损害声透镜的透镜特性的情况下促进硫化,缩短硫化时间。另外,也可以添加着色剂或在不损害声透镜特性的范围内添加其它添加剂。有机硅类橡胶和丁二烯类橡胶的混合比例可以适当设定。例如,声透镜的声阻抗优选以如下方式设定:接近被检体的声阻抗,并且声透镜内的音速比被检体内的音速小,声透镜的声阻抗衰减更小。从这种观点来看,有机硅类橡胶与丁二烯类橡胶的混合比例优选为1:1。

[0240] 另外,超声波探头100a例如也可以是将多个压电元件130a(通道)以规定间隔排列配置的所谓的阵列式超声波探头。

[0241] 另外,超声波探头100a例如也可以在粘接声透镜之前的超声波探头100a的前表面实施派瑞林涂层等防水加工,使得能够在水中或含水环境中使用。此外,“派瑞林”是日本派瑞林合同会的注册商标。

[0242] 超声波探头100a适用于超声波拍摄装置。在该超声波拍摄装置中,除超声波探头100a以外的部分可以与公知的超声波拍摄装置相同。该超声波拍摄装置适合作为例如医疗用超声波诊断装置及无损超声波检查装置等。

[0243] 图3A是示意地表示本实施方式的超声波拍摄装置200a的结构的一例的图,图3B是表示超声波拍摄装置200a的电学结构的一例的块图。

[0244] 如图3A所示,超声波拍摄装置200a具有:装置主体201、经由电缆202与装置主体201连接的超声波探头100a、配置于装置主体201上的输入部203及显示部208。

[0245] 如图3B所示,装置主体201具有:与输入部203连接的控制部204、与控制部204及电缆202连接的发送部205及接收部206、与接收部206及控制部204分别连接的图像处理部207。此外,控制部204及图像处理部207分别与显示部208连接。

[0246] 电缆202将超声波探头100a及发送部205、超声波探头100a及接收部206分别连接,传递信号。

[0247] 输入部203是用于输入例如指示诊断开始等的指令及被检体的个人信息等数据的装置,例如,是具备多个输入开关的操作面板或键盘等。

[0248] 控制部204例如具备微处理器及存储元件、其周边电路等而构成。控制部204是通过将超声波探头100a、输入部203、发送部205、接收部206、图像处理部207及显示部208根据各自功能进行控制,从而进行超声波诊断装置200的整体控制的电路。

[0249] 发送部205例如将来自控制部204的信号经由电缆202向超声波探头100a发送。

[0250] 接收部206例如将来自超声波探头100a的信号经由电缆202接收并向控制部204或图像处理部207输出。

[0251] 图像处理部207是例如按照控制部204的控制,基于由接收部206接收的信号形成表示被检体内的内部状态的图像(超声波图像)的电路。例如,图像处理部207具有生成被检体的超声波图像的Digital Signal Processor(数字信号处理器,DSP)及将由该DSP处理的信号从数字信号转换成模拟信号的数字-模拟转换电路(DAC电路)等。

[0252] 显示部208是例如按照控制部204的控制,显示在图像处理部207中生成的被检体的超声波图像的装置。显示部208例如是CRT显示器或液晶显示器(LCD)、有机EL显示器、等离子显示器等显示装置,或者是打印机等印刷装置等。

[0253] 在超声波拍摄装置200a中,控制部204接收来自输入部203的信号,将对活体等被检体发送超声波(第1超声波信号)的信号向发送部205输出,并且使接收部206接收与基于该第1超声波信号的来自被检体内的超声波(第2超声波信号)相对应的电信号。

[0254] 由接收部206接收的电信号被发送至图像处理部207,被处理成与该电信号相对应的图像信号。该图像信号被发送至显示部208,使显示部208显示与该图像信号相对应的图像。另外,显示部208基于从输入部203输入的、经由控制部204发送的信息,显示与该信息相对应的图像及操作(文字显示,显示图像的移动及放大等)。

[0255] 在超声波拍摄装置200a中检测超声波成分的电信号。压电组合物131a具有被包含于由上述第1多面体包围的区域的压电特性。即,在压电组合物131a中,束缚相对介电常数、矫顽电场及有效机电耦合系数均充分。因此,在具有声背面层120的超声波探头100a中,即使压电组合物131a的厚度小,也能够获得对于超声波的高灵敏度。其结果,超声波拍摄装置200a可以得到高空间分辨率产生的精细且可靠性更高的测定结果。这是由于压电组合物131a具有被包含于由上述第1多面体包围的区域的压电特性,由此,超声波拍摄装置200a中的收发电路与压电元件130a之间的电阻抗匹配变得良好,且能够确保充分大的矫顽电场,因此,即使压电组合物131a的厚度小,也能够电压施加时抑制压电组合物131a的去极化及极化劣化发生。

[0256] 超声波拍摄装置200a适用于医疗用超声波诊断装置。除此之外,超声波拍摄装置

200a还可以适用于鱼群探测仪(声纳)或无损检查用探伤仪等、以图像或数值等显示由超声波产生的探查结果的装置。

[0257] 从以上说明可知,上述超声波探头具有:压电元件,其具备压电组合物和用于对所述压电组合物施加电压的电极;声背面层,其在所述压电元件的背面进行声耦合,所述压电组合物具有被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以下述点A1~点A18为顶点的多面体包围的区域的压电特性。因此,根据上述实施方式,可提供即使压电组合物的厚度小,对于超声波的灵敏度也优异的超声波探头及超声波拍摄装置。

[0258] 点A1 (0.5, 2200, 18)

[0259] 点A2 (0.5, 1400, 18)

[0260] 点A3 (0.7, 600, 18)

[0261] 点A4 (0.9, 600, 18)

[0262] 点A5 (0.9, 2200, 18)

[0263] 点A6 (0.5, 2200, 15)

[0264] 点A7 (0.5, 1400, 15)

[0265] 点A8 (0.7, 600, 15)

[0266] 点A9 (0.9, 600, 15)

[0267] 点A10 (0.65, 2200, 10)

[0268] 点A11 (0.65, 1400, 10)

[0269] 点A12 (0.8, 600, 10)

[0270] 点A13 (0.9, 600, 10)

[0271] 点A14 (0.75, 2200, 7)

[0272] 点A15 (0.75, 1400, 7)

[0273] 点A16 (0.8, 1000, 7)

[0274] 点A17 (0.9, 1000, 7)

[0275] 点A18 (0.9, 2200, 7)

[0276] 从实现高频驱动的观点来看,上述收发带域的中心频率为7MHz以上是更有效的。

[0277] 另外,从提高对于超声波的灵敏度的观点来看,上述压电组合物满足下式是更加有效的。

[0278] $k_{33} \geq 0.65$

[0279] $\epsilon_{33}^S \geq 1000$

[0280] $E_c \geq 12$

[0281] 另外,从提高对于超声波的灵敏度的观点来看,压电组合物将以下述通式(1)表示的组成作为主成分更加有效的。

[0282] $x[(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\{(\text{M}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\}] - y\{(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\text{TiO}_3\} - z\{(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\text{ZrO}_3\}$ (1)

[0283] 上述通式(1)中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。

[0284] $0 \leq a_2 \leq 0.1$

[0285] $a_1 + a_2 = 1$

[0286] $x + y + z = 1$

[0287] $0.1 \leq x \leq 0.375$

[0288] $0.5 \leq y / (y+z) \leq 0.64$

[0289] 另外,从提高对于超声波的灵敏度的观点来看,压电组合物将以下述通式(2)表示的组成作为主成分更加有效的。

[0290] $x [(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2}) \{ (\text{M}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}) \text{O}_3 \}] - y \{ (\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2}) \text{TiO}_3 \} - z [\text{R}_1 \{ (\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2}) \text{ZrO}_3 \} - \text{R}_2 (\text{BiScO}_3)]$ (2)

[0291] 上述通式(2)中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。

[0292] $0 \leq a_2 \leq 0.1$

[0293] $a_1 + a_2 = 1$

[0294] $x + y + z = 1$

[0295] $0.1 \leq x \leq 0.25$

[0296] $0.5 \leq y / (y+z) \leq 0.64$

[0297] $0 < \text{R}_2 \leq 0.25$

[0298] 另外,从体现比各向同性的陶瓷压电组合物更高的压电特性的观点来看,上述压电组合物为在特定的面方位取向的陶瓷是更有效的,从上述观点来看,上述压电组合物为具有特定的面方位的单晶也是有效的。

[0299] [实施方式2]

[0300] 实施方式2的超声波探头100b在结构上的特征在于,压电元件130b将多个压电组合物131和多个电极132交替重叠而构成。

[0301] 在实施方式2的超声波探头100b中,只有压电元件130b的结构与实施方式1的超声波探头100a不同。因此,对于与实施方式1的超声波探头100a相同的结构标注相同的符号并省略说明,主要说明与超声波探头100a不同的结构。

[0302] 图4是表示实施方式2的超声波探头100b的结构的一例的剖面示意图。本实施方式的超声波探头100b具有:背面负荷材料110、压电元件130b、声匹配层140、挠性印刷基板(未图示)。

[0303] (压电元件)

[0304] 压电元件130b能够将电信号转换成机械振动,也能够将机械振动转换成电信号。由此,压电元件130b能够发送、接收超声波。

[0305] 压电元件130b例如通过导电性粘接剂粘接于FPC上。该导电性粘接剂例如是银粉或铜粉、碳纤维等含有导电性材料的粘接剂。

[0306] 本实施方式的压电元件130b具备多个压电组合物131b和用于对多个压电组合物131b分别施加电压的电极132,压电组合物131b的层和电极132交替重叠而构成。压电组合物131b的数量可根据需要适当选择。本实施方式中,将3个压电组合物131b的层和4个电极132(两个电极1321及两个电极1322)交替重叠而构成。

[0307] 如图4所示,压电元件130b具有:多个压电组合物131b、配置于多个压电组合物131b之间的多个电极1321、1322、将电极1321彼此或电极1322彼此连接的输出电极1331、1332;用于将电极1321及电极1322之间绝缘的绝缘体134。

[0308] 压电组合物131b只要具有压电性即可,可以是陶瓷,可以是取向陶瓷,可以是无机/有机复合物,可以是单晶。

[0309] 压电组合物131b以在叠层方向上相邻的压电组合物131b之间,各自的极化方向成

反方向的方式分别配置。此外,图4中的箭头表示各自的压电组合物131b的极化方向。电极1321向压电组合物131b的平面方向的一端侧突出,电极1322向该平面方向的另一端侧突出。而且,电极1321、1322在各自的突端与输出电极1331、1332连接。在电极1321的另一端和输出电极1332之间、以及电极1322和输出电极1331之间充填有绝缘体134,由此,防止不应与输出电极连接的电极与该输出电极的连接。

[0310] 在超声波探针(超声波探头100b)中,通常以50欧姆左右的阻抗使压电元件130b进行动作。多层结构的压电元件130b可以通过将压电组合物131b和电极132的生片(グリーンシート)叠层压接,进行脱粘、烧结、切断、按照电极、引出引线等包含各工序的公知的制造方法进行制造。

[0311] 超声波探头100b例如也可以是将多个压电元件130b(通道)以规定间隔排列配置的、所谓的阵列式超声波探头。在该超声波探头中,通常,照射超声波的部分容易变小,因此,排列压电元件的部分的面积容易变小。因此,从使收发超声波时的阻抗更容易匹配的观点来看,压电元件130b优选为通过将多个压电组合物131b的层和多个电极132交替重叠而构成的多层结构的压电元件130b。从降低压电元件130b中的阻抗,高效地进行超声波的收发的观点来看,优选为多层结构的压电元件130b。

[0312] 图5及图6是概略地表示实施方式2中的压电组合物131b的压电特性的图。如图5所示,压电组合物131b具有如下压电特性:在将压电组合物131b的有效机电耦合系数设为 k_{eff} ,将压电组合物131b的束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将压电组合物131b的矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,压电特性被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 、 E_c)中由以下述点B1~点B14为顶点的第2多面体包围的区域。

[0313] 点B1 (0.5, 2200, 18)

[0314] 点B2 (0.5, 600, 18)

[0315] 点B3 (0.9, 600, 18)

[0316] 点B4 (0.9, 2200, 18)

[0317] 点B5 (0.5, 2200, 15)

[0318] 点B6 (0.5, 600, 15)

[0319] 点B7 (0.65, 2200, 9)

[0320] 点B8 (0.65, 1000, 9)

[0321] 点B9 (0.75, 600, 9)

[0322] 点B10 (0.9, 600, 9)

[0323] 点B11 (0.8, 2200, 7)

[0324] 点B12 (0.8, 1000, 7)

[0325] 点B13 (0.9, 1000, 7)

[0326] 点B14 (0.9, 2200, 7)

[0327] 在 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 中的至少一项过小,使压电组合物131b不具有被包含于由上述第2多面体包围的区域的压电特性的情况下,不能充分地获得对于超声波的灵敏度。另外,因 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 中的至少一项过大而不具有被包含于由上述第2多面体包围的区域的压电特性的压电组合物131b在现实中难以制作,故不优选。

[0328] 从实现对于超声波的更高灵敏度的观点来看,如图6所示,优选压电组合物131b具

有被包含于由以下述点B51～点B64为顶点的第2'多面体包围的区域的压电特性。

[0329] 点B51 (0.5, 2200, 18)

[0330] 点B52 (0.5, 1400, 18)

[0331] 点B53 (0.6, 600, 18)

[0332] 点B54 (0.9, 600, 18)

[0333] 点B55 (0.9, 2200, 18)

[0334] 点B56 (0.5, 2200, 17)

[0335] 点B57 (0.5, 1400, 17)

[0336] 点B58 (0.6, 600, 17)

[0337] 点B59 (0.75, 600, 11)

[0338] 点B60 (0.9, 600, 11)

[0339] 点B61 (0.75, 2200, 9)

[0340] 点B62 (0.75, 1000, 9)

[0341] 点B63 (0.9, 1000, 9)

[0342] 点B64 (0.9, 2200, 9)

[0343] 压电组合物131b的厚度可根据超声波的中心频率的大小或压电组合物131b的频率常数、声学设计等而适当设定。从实现高中心频率的观点来看,优选压电组合物131b的厚度小。例如,压电组合物131b的厚度优选为0.02~1mm的范围内,更优选为0.03~0.5mm的范围内。中心频率为7MHz时,压电组合物131b的厚度例如为0.05~0.2mm的范围内。

[0344] 从实现对于超声波的更高灵敏度的观点来看,优选压电组合物131b还满足下式。

[0345] $k_{33} \geq 0.65$

[0346] $\epsilon_{33}^S \geq 1000$

[0347] $E_c \geq 12$

[0348] 压电组合物131b的组成可在能够获得本实施方式效果的范围内适当变更。压电组合物131b的组成例与实施方式1的压电组合物131a相同。

[0349] 图3A是示意地表示本实施方式的超声波拍摄装置200b的结构的一例的图,图3B是表示超声波拍摄装置200b的电学结构的一例的块图。

[0350] 超声波探头100b也适用于超声波拍摄装置。超声波拍摄装置200b中,除超声波探头100b以外的部分可以与公知的超声波拍摄装置相同。该超声波拍摄装置适用于例如医疗用超声波诊断装置及无损超声波检查装置等。

[0351] 在超声波拍摄装置200b中,也与实施方式1的超声波拍摄装置200a同样,可检测出超声波成分的电信号。压电组合物131b具有被包含于由上述第2多面体或上述第2'多面体包围的区域的压电特性。即,在压电组合物131b中,束缚相对介电常数、矫顽电场及有效机电耦合系数均充分。因此,在具备将多个压电组合物131b和多个电极132交替重叠而构成的压电元件130b的超声波探头100b中,可以对中心频率高的超声波获得高灵敏度。其结果,超声波拍摄装置200b可获得由高空间分辨率产生的精细且可靠性更高的测定结果。这是由于,压电组合物131b具有被包含于由上述第2多面体或第2'多面体包围的区域的压电特性,由此,能够将超声波拍摄装置200b接收的信号高效地向压电元件130b传递,且能够确保充分大的矫顽电场,因此,即使压电组合物131b的厚度小,也能够电压施加时抑制压电组合

物131b的去极化及极化劣化产生。

[0352] 从以上说明可知,上述超声波探头具有压电元件,所述压电元件具备多个压电组合物和用于对所述多个压电组合物分别施加电压的电极,且所述压电组合物的层和所述电极交替重叠而构成,所述压电组合物具有被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以下述点B1~点B14为顶点的多面体包围的区域中的压电特性。因此,根据上述实施方式,可以提供即使在压电组合物的厚度小的情况下,对于超声波的灵敏度也优异的超声波探头及超声波拍摄装置。

[0353] 点B1 (0.5, 2200, 18)

[0354] 点B2 (0.5, 600, 18)

[0355] 点B3 (0.9, 600, 18)

[0356] 点B4 (0.9, 2200, 18)

[0357] 点B5 (0.5, 2200, 15)

[0358] 点B6 (0.5, 600, 15)

[0359] 点B7 (0.65, 2200, 9)

[0360] 点B8 (0.65, 1000, 9)

[0361] 点B9 (0.75, 600, 9)

[0362] 点B10 (0.9, 600, 9)

[0363] 点B11 (0.8, 2200, 7)

[0364] 点B12 (0.8, 1000, 7)

[0365] 点B13 (0.9, 1000, 7)

[0366] 点B14 (0.9, 2200, 7)

[0367] 这样,在上述超声波探头中,从降低压电元件的超声波收发阻抗的观点来看,上述压电元件将多个上述压电组合物和多个上述电极交替重叠而构成是更加有效的。

[0368] 另外,从获得对于中心频率高的超声波的高灵敏度的观点来看,压电元件具有被包含于由以下述点B51~点B64为顶点的多面体包围的区域的压电特性是更加有效的。

[0369] 点B51 (0.5, 2200, 18)

[0370] 点B52 (0.5, 1400, 18)

[0371] 点B53 (0.6, 600, 18)

[0372] 点B54 (0.9, 600, 18)

[0373] 点B55 (0.9, 2200, 18)

[0374] 点B56 (0.5, 2200, 17)

[0375] 点B57 (0.5, 1400, 17)

[0376] 点B58 (0.6, 600, 17)

[0377] 点B59 (0.75, 600, 11)

[0378] 点B60 (0.9, 600, 11)

[0379] 点B61 (0.75, 2200, 9)

[0380] 点B62 (0.75, 1000, 9)

[0381] 点B63 (0.9, 1000, 9)

[0382] 点B64 (0.9, 2200, 9)

[0383] [实施方式3]

[0384] 实施方式3的超声波探头100c在结构上的特征在于,压电元件130c具有单层的压电组合物,且不具有声背面层。

[0385] 在实施方式3的超声波探头100c中,压电元件130c不具有声背面层与实施方式1的超声波探头100a不同。因此,对于与实施方式1的超声波探头100a相同结构,标注相同符号并省略说明。

[0386] 图7是表示实施方式3的超声波探头100c的结构剖面示意图。本实施方式的超声波探头100c具有:背面负荷材料110、压电元件130c、声匹配层140、挠性印刷基板(未图示)。如上所述,本实施方式的超声波探头100c不具有在上述压电元件的背面进行声耦合的声背面层。

[0387] (压电元件)

[0388] 压电元件130c能够将电信号转换成机械振动,也能够将机械振动转换成电信号。由此,压电元件130c可发送、接收超声波。

[0389] 压电元件130c例如通过导电性粘接剂与FPC粘接。该导电性粘接剂例如是含有银粉或铜粉、碳纤维等导电性材料的粘接剂。

[0390] 本实施方式的压电元件130c具备单层的压电组合物131c和用于对压电组合物131c施加电压的电极132。

[0391] 压电组合物131c只要具有压电性即可,可以是陶瓷,可以是取向陶瓷,可以是无机/有机复合物,可以是单晶。

[0392] 图8是概略地表示实施方式3的压电组合物的压电特性的图。如图8所示,压电组合物131c具有被包含于以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以下述点C1~点C18为顶点的第3多面体包围的区域的压电特性。

[0393] 点C1 (0.55, 2200, 18)

[0394] 点C2 (0.55, 1400, 18)

[0395] 点C3 (0.75, 600, 18)

[0396] 点C4 (0.9, 600, 18)

[0397] 点C5 (0.9, 2200, 18)

[0398] 点C6 (0.55, 2200, 13)

[0399] 点C7 (0.55, 1400, 13)

[0400] 点C8 (0.75, 600, 13)

[0401] 点C9 (0.9, 600, 13)

[0402] 点C10 (0.6, 2200, 10)

[0403] 点C11 (0.6, 1400, 10)

[0404] 点C12 (0.8, 600, 10)

[0405] 点C13 (0.9, 600, 10)

[0406] 点C14 (0.75, 2200, 7)

[0407] 点C15 (0.75, 1400, 7)

[0408] 点C16 (0.8, 1200, 7)

[0409] 点C17 (0.9, 1200, 7)

[0410] 点C18 (0.9, 2200, 7)

[0411] 在 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 、及 E_c 中的至少一项过小,使压电组合物131c不具有被包含于由上述第3多面体包围的区域的压电特性的情况下,不能充分地获得对于超声波的灵敏度。另外,因 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 、及 E_c 中的至少一项过大而不具有被包含于由上述第3多面体包围的区域的压电特性的压电组合物131c在现实中不易制作,故而不优选。

[0412] 压电组合物131c的厚度可根据超声波的中心频率大小或压电组合物131c的频率常数、声学设计等而适当设定。从实现高中心频率的观点来看,优选压电组合物131c的厚度小。例如,压电组合物131c的厚度优选为0.02~1mm的范围内,更优选为0.03~0.5mm的范围内。中心频率为15MHz时,压电组合物131c的厚度例如为0.04~0.2mm的范围内。

[0413] 从实现对于超声波的更高灵敏度的观点来看,优选压电组合物131c还满足下式。

$$[0414] \quad k_{33} \geq 0.65$$

$$[0415] \quad \epsilon_{33}^S \geq 1000$$

$$[0416] \quad E_c \geq 12$$

[0417] 压电组合物131c的组成可在能够获得本实施方式效果的范围内适当变更。压电组合物131c的组成例与实施方式1中的压电组合物131a相同。

[0418] 图3A是示意地表示本实施方式的超声波拍摄装置200c的结构的一例的图,图3B是表示超声波拍摄装置200c的电学结构的一例的块图。

[0419] 超声波探头100c也适用于超声波拍摄装置。在超声波拍摄装置200c中,除超声波探头100c以外的部分可以与公知的超声波拍摄装置相同地构成。该超声波拍摄装置适于例如医疗用超声波诊断装置及无损超声波检查装置等。

[0420] 另外,超声波探头100c也可以是将例如多个压电元件130c(通道)以规定间隔排列配置的所谓阵列式超声波探头。

[0421] 在超声波拍摄装置200c中,与实施方式1的超声波拍摄装置200a同样地,检测出超声波成分的电信号。压电组合物131c具有被包含于由上述第3多面体包围的区域的压电特性。即,在压电组合物131c中,束缚相对介电常数、矫顽电场及有效机电耦合系数均充分。因此,具有单层的压电组合物131c且不具有声背面层的超声波探头100c,对于中心频率高的超声波能够获得高灵敏度。其结果,超声波拍摄装置200c能够获得由高空间分辨率产生的精细且可靠性更高的测定结果。这是由于,压电组合物131c具有被包含于由上述第3多面体包围的区域的压电特性,由此,能够将超声波拍摄装置200c接收到的信号高效地向压电元件130c传递,且能够确保充分大的矫顽电场,因此,即使压电组合物131c的厚度小,也能够电压施加时抑制压电组合物131c的去极化及极化劣化产生。

[0422] 如从以上说明可知,上述超声波探头具有压电元件,该压电元件具备单层的压电组合物和用于对所述压电组合物施加电压的电极,且不具有在所述压电元件的背面与所述压电元件进行声耦合的声背面层,所述压电组合物具有被包含于在以 k_{eff} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 为变量的正交坐标(k_{eff} , ϵ_{33}^S , E_c)中由以下述点C1~点C18为顶点的多面体包围的区域中的压电特性。因此,根据上述实施方式,可以提供即使压电组合物的厚度小,对于超声波的灵敏度也优异的超声波探头及超声波拍摄装置。

[0423] 点C1 (0.55, 2200, 18)

[0424] 点C2 (0.55, 1400, 18)

[0425] 点C3 (0.75,600,18)

[0426] 点C4 (0.9,600,18)

[0427] 点C5 (0.9,2200,18)

[0428] 点C6 (0.55,2200,13)

[0429] 点C7 (0.55,1400,13)

[0430] 点C8 (0.75,600,13)

[0431] 点C9 (0.9,600,13)

[0432] 点C10 (0.6,2200,10)

[0433] 点C11 (0.6,1400,10)

[0434] 点C12 (0.8,600,10)

[0435] 点C13 (0.9,600,10)

[0436] 点C14 (0.75,2200,7)

[0437] 点C15 (0.75,1400,7)

[0438] 点C16 (0.8,1200,7)

[0439] 点C17 (0.9,1200,7)

[0440] 点C18 (0.9,2200,7)

[0441] 这样,在上述超声波探头中,从降低压电元件的超声波收发阻抗的观点来看,上述压电元件通过将多个上述压电组合物和多个上述电极交替重叠而构成是更加有效的。

[0442] 另外,在上述超声波探头中,从简化超声波探头的结构的观点来看,具有具备单层的压电组合物和用于对上述压电组合物施加电压的上述电极的上述压电元件,且不具有在上述压电元件的背面进行声耦合的声背面板的构成是更加有效的。

[0443] [实施方式4]

[0444] 实施方式4的超声波探头的特征在于压电元件的压电组合物。实施方式4的超声波探头可以是实施方式1的超声波探头100a、实施方式2的超声波探头100b以及实施方式3的超声波探头100c中的任一结构的超声波探头。以下,在实施方式4中,说明具有与实施方式1的超声波探头100a相同结构的超声波探头100d,对相同的结构要素省略说明。

[0445] 上述压电组合物只要具有压电性即可,可以是陶瓷,可以是取向陶瓷,可以是无机/有机复合物,可以是单晶。

[0446] 本实施方式的超声波探头的压电组合物在将其机电耦合系数设为 k_{33} ,将其束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将其矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,可满足下式。

[0447] $k_{33} \geq 0.65$

[0448] $\epsilon_{33}^S \geq 1000$

[0449] $E_c \geq 12$

[0450] k_{33} 及其测定方法、 ϵ_{33}^S 及其测定方法、 E_c 及其测定方法与实施方式1相同,因此,省略说明。在此,说明 k_{33} 、 ϵ_{33}^S 及 E_c 的调整方法。

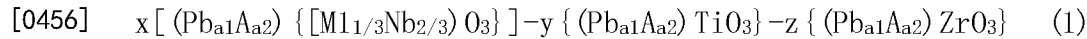
[0451] 上述 k_{33} 可通过上述压电组合物的组成、相对于理论密度的相对密度(上述压电组合物为陶瓷时)、上述压电组合物的晶体取向等进行调整。存在上述压电组合物的组成越接近组成相界(MPB),上述 k_{33} 越大的倾向。另外,存在上述压电组合物的相对密度越大,上述 k_{33} 越大的倾向。

[0452] 上述 ϵ_{33}^S 可通过上述压电组合物的组成调整。例如,存在上述压电组合物中的 $Mg_{1/3}Nb_{2/3}$ 的含量越大,上述 ϵ_{33}^S 越大的倾向。另外,存在上述压电组合物的组成越接近组成相界(MPB),上述 ϵ_{33}^S 越大的倾向。

[0453] 上述 E_c 可通过上述压电组合物的组成或杂质的组成等进行调整。在利用杂质调整 E_c 的情况下,存在随着 E_c 变大, ϵ_{33}^S 变小的倾向,若 ϵ_{33}^S 过小,难以制作出可用作超声波探头的压电组合物。优选考虑这一点而调整 E_c 的大小。例如,本发明人等首次发现,通过含有PMN-PZT类材料,特别是 $BiScO_3$,可在保持 ϵ_{33}^S 的大小的同时提高 E_c ,并且能够提高与极化方向平行的方向上的压电特性(k_{33} 及 d_{33})。

[0454] 上述压电组合物的厚度可根据超声波的中心频率大小或上述压电组合物的频率常数、声学设计等而适当设定。从实现高中心频率的观点来看,优选上述压电组合物的厚度小。例如,上述压电组合物的厚度优选为0.02~1mm的范围内,更优选为0.03~0.5mm的范围内,进一步优选为0.04~0.2mm。在中心频率为10MHz时,上述压电组合物的厚度例如在0.04~0.2mm的范围内。

[0455] 上述压电组合物的组成可以在能够获得本实施方式效果的范围内适当变更。上述压电组合物可以通过上述制造方法制造的组合物,也可以是现成品。从实现对于超声波的更高灵敏度的观点来看,上述压电组合物优选具有以下述通式(1)表示的组成,更优选将以下述通式(2)表示的组成作为主成分。



[0457] 上述通式(1)中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。此外,在M1为Mg及Zn的情况下,Mg及Zn的比例没有特别限定,但例如为10:0~5:5。

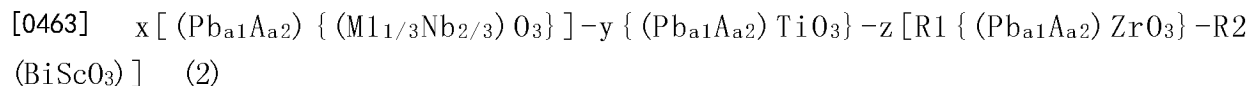
$$[0458] \quad 0 \leq a_2 \leq 0.1$$

$$[0459] \quad a_1 + a_2 = 1$$

$$[0460] \quad x + y + z = 1$$

$$[0461] \quad 0.1 \leq x \leq 0.375$$

$$[0462] \quad 0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$$



[0464] 上述通式(2)中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。此外,在M1为Mg及Zn的情况下,Mg及Zn的比例没有特别限定,但例如为10:0~5:5。

$$[0465] \quad 0 \leq a_2 \leq 0.1$$

$$[0466] \quad a_1 + a_2 = 1$$

$$[0467] \quad x + y + z = 1$$

$$[0468] \quad 0.1 \leq x \leq 0.25$$

$$[0469] \quad 0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$$

$$[0470] \quad 0 < R_2 \leq 0.25$$

[0471] 上述通式(1)及(2)中, a_1 、 a_2 、 x 、 y 、 z 及 R_2 的值可在能够获得本实施方式效果的范围内适当设定。若向上述压电组合物中添加过量的钡(Ba)或锶(Sr),有可能会使上述 k_{33} 变得过小,因此, a_2 优选为0.1以下。另外,本发明人等发现,从在保持上述 ϵ_{33}^S 的大小的同时提高上述 E_c 、上述 k_{33} 及压电常数 d_{33} 的观点来看,上述压电组合物含有 $BiScO_3$ 是有效的。

[0472] 另外,上述压电组合物将以上述通式(1)及(2)表示的组成作为主成分,但只要能够稳定地保持钙钛矿结构的范围,也可在组成上仅使Pb或Bi的蒸发量不同。另外,也可以与实施方式1的压电组合物一样,上述压电组合物也含有其它副成分。

[0473] 上述压电组合物可以是其各微晶在特定的面方位取向的陶瓷(所谓的取向陶瓷),也可以是具有特定的面方位的单晶。上述特定的面方位也可以是任意方向,但从进一步提高压电性的观点来看,优选为近似立方晶格表示中的(111)、(110)或(001)。陶瓷的取向方法及上述压电组合物中的各种元素的含量与实施方式1相同,因此,省略说明。

[0474] 另外,上述压电组合物的制造方法例也与实施方式1的压电组合物131a的制造方法相同,因此,省略说明。

[0475] 图9是表示实施方式4的超声波探头100d的结构剖面示意图。本实施方式的超声波探头100d具有:背面负荷材料110、声背面层120、压电元件130d、声匹配层140、挠性印刷基板(FPC,未图示)。本实施方式的压电元件130d具备:单层的压电组合物131d、用于对压电组合物131d施加电压的电极132。在本实施方式中,在压电组合物131d的两面上,两个电极132以夹持压电组合物131d而相互对置的方式配置。

[0476] 图3A是示意地表示本实施方式的超声波拍摄装置200d的结构的一例的图,图3B是表示超声波拍摄装置200d的电学结构的一例的块图。

[0477] 如图3A所示,超声波拍摄装置200d具有:装置主体201、经由电缆202与装置主体201连接的超声波探头100d、配置于装置主体201上的输入部203及显示部208。

[0478] 在超声波拍摄装置200d中,也与实施方式1的超声波拍摄装置200a一样,检测出超声波成分的电信号。超声波拍摄装置200d的超声波探头100d具有压电组合物131d。在压电组合物131b中,束缚相对介电常数、矫顽电场及有效机电耦合系数均充分。因此,在具有声背面层120的超声波探头100d中,即使压电组合物131d的厚度小,相对于超声波也能够得到高灵敏度。其结果,超声波拍摄装置200d能够获得因高空间分辨率而产生的精细且可靠性更高的测定结果。这是由于超声波探头100d具有压电组合物131d,压电元件130d的电阻抗匹配良好,且能够确保充分大的矫顽电场,因此,即使压电组合物131d的厚度小,也能够电压施加时抑制压电组合物131d的去极化及极化劣化产生。

[0479] 从以上说明可知,上述压电元件具备将以下述通式表示的组成作为主成分的压电组合物和用于对上述压电组合物施加电压的电极,上述压电组合物在将其机电耦合系数设为 k_{33} ,将其束缚相对介电常数设为 ϵ_{33}^S ,将其矫顽电场设为 E_c (kV/cm)时,满足下式(1)~(3)。因此,根据上述实施方式,可以提供即使在压电组合物的厚度小的情况下,对于超声波的灵敏度也优异的压电元件、超声波探头及超声波拍摄装置。

[0480] $x[(Pb_{a1}A_{a2})\{(M_{11/3}Nb_{2/3})O_3\}] - y\{(Pb_{a1}A_{a2})TiO_3\} - z\{(Pb_{a1}A_{a2})ZrO_3\}$

[0481] 上述通式中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式(4)~(8)。

[0482] $k_{33} \geq 0.65$ (1)

[0483] $\epsilon_{33}^S \geq 1000$ (2)

[0484] $E_c \geq 12$ (3)

[0485] $0 \leq a_2 \leq 0.1$ (4)

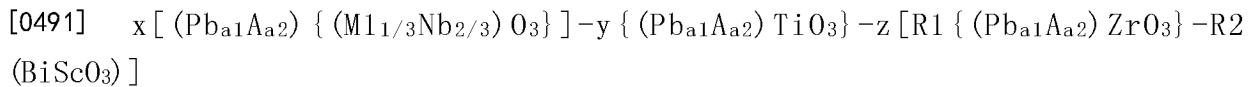
[0486] $a_1 + a_2 = 1$ (5)

[0487] $x + y + z = 1$ (6)

[0488] $0.1 \leq x \leq 0.375$ (7)

[0489] $0.5 \leq y / (y+z) \leq 0.64$ (8)

[0490] 另外,从提高对于超声波的灵敏度的观点来看,压电组合物将以下述通式表示的组成作为主成分是更加有效的。



[0492] 上述通式中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。

[0493] $0 \leq a_2 \leq 0.1$

[0494] $a_1 + a_2 = 1$

[0495] $x + y + z = 1$

[0496] $0.1 \leq x \leq 0.25$

[0497] $0.5 \leq y / (y+z) \leq 0.64$

[0498] $0 < \text{R}_2 \leq 0.25$

[0499] 另外,从体现比各向同性的陶瓷的压电组合物更高的压电特性的观点来看,上述压电组合物是在特定的面方位取向的陶瓷是更有效的,从上述观点来看,上述压电组合物是具有特定的面方位的单晶也是有效的。

[0500] 此外,在本实施方式的超声波探头中,说明了采用与实施方式1的超声波探头100a相同结构的情况,但实施方式4的超声波探头不限于此。实施方式4的超声波探头也可采用上述实施方式2或3的超声波探头中的任一结构的超声波探头。

[0501] 以往,如上述专利文献1所公开,作为超声波探头用压电组合物,提高自由相对介电常数 ϵ_{33}^T 、机电耦合系数 k_{33} 及矫顽电场 E_c 的必要性是众所周知的。但是,上述专利文献所公开的是自由相对介电常数 ϵ_{33}^T ,而不是束缚相对介电常数 ϵ_{33}^S 。另外,上述专利文献的实施例中公开的 E_c 的最大值为10kV/cm左右。另一方面,在压电体的厚度小情况下,优选更大的 E_c 。相比之下,本发明人等发现,通过采用具有前述组成的压电组合物, ϵ_{33}^S 、 E_c 及 k_{33} 均能够充分提高。另外还发现,PMN-PZT类中,通过利用BiScO₃类材料进行置换,在可使 ϵ_{33}^S 保持高值的同时,能够实现更高的极化方向上的 k_{33} 。

[0502] 另外,在上述的专利文献2中,作为利用BiScO₃置换的压电组合物的用途,公开有压电扬声器或压电泵等的低频用压电部件。因此,专利文献2仅是着眼于与压电组合物的极化方向(电场方向)正交的方向(横向,31方向)上的压电常数及机电耦合系数。在超声波探头为阵列式超声波探头的情况下,为了相邻的压电元件的超声波信号不相互影响,宁可希望横向(31方向)的耦合系数小。但是,上述的专利文献2并未着眼于作为超声波探头所需的与压电组合物的极化方向(电场方向)平行的方向(纵向,33方向)上的束缚相对介电常数及机电耦合系数。对此,本发明人等着眼于 ϵ_{33}^S 及 k_{33} ,通过采用前述压电组合物,使 ϵ_{33}^S 、 E_c 及 k_{33} 均能充分提高。

[0503] 实施例

[0504] 以下,通过实施例更详细地说明本发明。

[0505] [模拟]

[0506] 对改变上述 k_{eff} 、上述 ϵ_{33}^S 及上述 E_c 时的、对于超声波的灵敏度进行了模拟。在此,对将声阻抗为2.8MRayl的背面负荷材料、压电组合物、4层声匹配层、以及声透镜依次叠层

的超声波探头进行了模拟。另外,将超声波探头和超声波拍摄装置的装置主体连接的电缆(长度2.2m)的阻抗为 $75\ \Omega$,且收发信号的输入输出阻抗为 $50\ \Omega$ 。本模拟是在以上构成条件下采用KLM(Krimholtz, Leedom and Mattaei model)法进行的。

[0507] 对上述 k_{eff} 、上述 ϵ_{33}^S 及上述 E_c 如表1所示进行条件设定,将输出电压 V_{out} 设为100V,对于采取了与上述实施方式1~3的超声波探头相同结构的阵列式超声波探头,分别进行了对超声波灵敏度的模拟。

[0508] 将分类、超声波探头No.、超声波探头的结构、本模拟的条件及模拟结果(灵敏度)表示于表1~3中。在表1~3中,“No.”表示超声波探头No.。

[0509] 表1表示实施方式1的超声波探头。在表1的标题中,“DML式超声波探头”表示对于采取了实施方式1的超声波探头结构的阵列式超声波探头的模拟结果。此时,将中心频率设定成10MHz。此外,本实施例中,DML式超声波探头是在上述构成条件下再将声阻抗 94MRayl 的声背面层设置在背面负荷材料与压电组合物之间的结构的超声波探头。另外,作为进一步的条件,将阵列状排列的通道的间距设为 0.2mm ,将通道的短轴方向上的开口宽度设为 3mm 。另外,在表1中,将条件设定成压电组合物材料使用市售的软系(ソフト系)材料中压电特性良好且 E_c 较大的C-6(株式会社富士陶瓷制造)时的条件,在该条件下进行模拟时对于超声波的灵敏度视为基准(0),表1中的“相对灵敏度”表示此时的各超声波探头的灵敏度。

[0510] 表2中表示实施方式2的超声波探头。在表2的标题中,“多层式超声波探头”表示对于采取了实施方式2的超声波探头结构的阵列式超声波探头的模拟结果。此时,将中心频率设定成7MHz。本模拟在与上述构成条件相同的条件下进行,压电组合物的层数为3层。作为进一步的条件,将排列成阵列状的通道的间距设为 0.1mm ,将通道的短轴方向上的开口宽度设为 5mm 。在表2中,将条件设定成压电组合物的材料使用市售的软系材料中压电特性良好且 ϵ_{33}^S 较大的C-83H(株式会社富士陶瓷制造)时的条件,在该条件下进行模拟时对于超声波的灵敏度视为基准(0),表2中的“相对灵敏度”表示此时的各超声波探头的灵敏度。

[0511] 表3中表示实施方式3的超声波探头。在表3的标题中,“单层式超声波探头”表示对于采取了实施方式3的超声波探头结构的阵列式超声波探头的模拟结果。此时,将中心频率设定成15MHz。本模拟在与上述构成条件相同的条件下进行。作为进一步的条件,将排列成阵列状的通道的间距设为 0.2mm ,将通道的短轴方向上的开口宽度设为 2.5mm 。在表3中,将条件设定成压电组合物的材料使用C-6(株式会社富士陶瓷制造)时的条件,在该条件下进行模拟时对于超声波的灵敏度视为基准(0),表3中的“相对灵敏度”表示此时的各超声波探头的灵敏度。

[0512] 表1. 对于DML式超声波探头的模拟结果

[0513]

分类	No.	k_{eff} [-]	ϵ_{33}^* [-]	E_{eff} [kV/cm]	相对灵敏度[dB]
实施例	1	0.5	2200	18	1.2
	2	0.5	1700	18	0.5
	3	0.7	600	18	1.8
	4	0.9	600	18	3.6
	5	0.9	2200	18	8.2
	6	0.7	1200	18	5.3
	7	0.5	2200	15	1.0
	8	0.55	1400	15	1.3
	9	0.7	600	15	1.6
	10	0.9	600	15	3.4
	11	0.9	2200	15	8.0
	12	0.7	1400	15	5.7
	13	0.65	2200	10	2.0
	14	0.65	1400	10	0.8
	15	0.85	600	10	1.1
	16	0.9	1400	10	3.5
	17	0.9	2200	10	4.5
	18	0.75	1400	10	3.4
	19	0.75	2200	7	1.1
	20	0.75	1400	7	0.3
	21	0.9	1600	7	0.8
参考例	R1	0.69	820	10.5	0
比较例	C1	0.5	1200	18	-1.5
	C2	0.6	600	18	-2.2
	C3	0.55	800	15	-2.4
	C4	0.55	2200	10	-1.0
	C5	0.6	1200	10	-1.2
	C6	0.7	600	10	-2.0
	C7	0.65	2200	7	-1.1
	C8	0.65	1400	7	-2.3
	C9	0.85	800	7	-0.6

[0514] 表2.对于多层式超声波探头的模拟结果

[0515]

分类	No.	k_{eff} [-]	ϵ_{eff}^* [-]	E_c [kV/cm]	相对灵敏度[dB]
实施例	22	0.5	800	18	1.0
	23	0.5	2200	15	1.1
	24	0.5	1000	15	0.4
	25	0.65	2200	9	0.4
	26	0.65	1000	9	0.4
	27	0.75	600	9	0.9
	28	0.9	600	9	0.9
	29	0.9	2200	9	2.1
	30	0.8	2200	7	0.2
	31	0.8	800	7	0.6
	32	0.9	1000	7	0.1
	33	0.55	2200	15	2.5
	34	0.55	1400	15	2.7
	35	0.6	600	15	1.5
	36	0.65	2200	11	2.1
	37	0.65	1000	11	2.1
	38	0.75	600	9	0.9
	39	0.9	600	9	0.9
	40	0.5	2200	18	2.5
	41	0.9	600	18	6.7
	42	0.9	1400	18	8.4
	43	0.9	2200	18	8.0
	44	0.7	1200	18	7.7
	45	0.75	600	15	5.3
	46	0.9	600	15	5.3
	47	0.9	2200	15	6.5
	48	0.7	1400	15	6.3
	49	0.75	1400	9	2.8
	50	0.5	1400	18	2.3
	51	0.6	600	18	3.0
	52	0.5	2200	17	2.5
	53	0.5	1400	17	2.3
	54	0.6	600	17	3.0
55	0.75	600	11	2.6	
56	0.9	600	11	2.8	
57	0.75	2200	9	2.4	
58	0.75	1000	9	2.4	
59	0.9	1000	9	2.2	
60	0.9	2200	9	2.2	
参考例	R2	0.70	1210	7	0
比较例	C10	0.55	600	13	-1.3
	C11	0.5	1400	13	-0.4
	C12	0.5	2200	13	-0.2
	C13	0.6	2200	9	-0.8
	C14	0.6	1200	9	-0.6
	C15	0.7	600	9	-0.3
	C16	0.7	2200	7	-0.9
	C17	0.65	1000	7	-0.6
	C18	0.8	600	7	-0.3

[0516] 表3.对于单层型超声波探头的模拟结果

[0517]

分类	No.	k_{eff} [-]	ϵ_{33}^S [-]	E_c [kV/cm]	相对灵敏度 [dB]
实施例	61	0.55	2200	18	1.3
	62	0.55	1400	18	0.2
	63	0.75	600	18	1.4
	64	0.9	600	18	1.1
	65	0.9	2200	18	5.2
	66	0.7	1200	18	3.8
	67	0.55	2200	18	1.3
	68	0.55	1400	18	0.2
	69	0.75	600	18	1.4
	70	0.9	600	18	1.1
	71	0.9	2200	18	5.2
	72	0.7	1400	18	4.4
	73	0.8	600	10	0.4
	74	0.85	600	10	0.7
	75	0.9	2200	10	3.3
	76	0.75	2200	7	1.0
	77	0.75	1400	7	0.3
78	0.85	1200	7	0.3	
79	0.9	2200	7	0.2	
80	0.8	1600	7	1.2	
参考例	R3	0.69	820	10.5	0
比较例	C19	0.5	2000	18	-0.7
	C20	0.5	1400	18	-0.9
	C21	0.6	600	18	-2.1
	C22	0.55	2200	10	-0.7

[0518] 如表1所示,关于实施例的超声波探头1~21,与作为基准的超声波探头R1相比,对于超声波的灵敏度优异。认为这是由于,超声波探头1~21的压电组合物具有被包含于正交坐标 ($k_{eff}, \epsilon_{33}^S, E_c$) 中由以上述点A1~点A18为顶点的上述第1多面体包围的区域的压电特性。

[0519] 另一方面,关于比较例的超声波探头C1~C9,与作为基准的超声波探头R1相比,对于超声波的灵敏度不充分。认为这是由于,超声波探头C1~C9的压电组合物不具有被包含于正交坐标 ($k_{eff}, \epsilon_{33}^S, E_c$) 中由以上述点A1~点A18为顶点的上述第1多面体包围的区域的压电特性。

[0520] 另外,如表2所示,关于实施例的超声波探头22~60,与作为基准的超声波探头R2相比,对于超声波的灵敏度优异。认为这是由于,超声波探头22~60的压电组合物具有被包含于正交坐标 ($k_{eff}, \epsilon_{33}^S, E_c$) 中由以上述点B1~点B14为顶点的上述第2多面体包围的区域的压电特性。

[0521] 特别是,关于实施例的超声波探头40~60,与作为基准的超声波探头R2相比,相对灵敏度为2.2dB以上。认为这是由于,超声波探头40~60的压电组合物具有被包含于 ($k_{eff}, \epsilon_{33}^S, E_c$) 中由以上述点B51~点B64为顶点为上述第2'多面体包围的区域(图6参照)的压电特性。

[0522] 另一方面,关于比较例的超声波探头C10~C18,与作为基准的超声波探头R2相比,

对于超声波的灵敏度不充分。认为这是由于,超声波探头C10~C18的压电组合物不具有被包含于正交坐标 ($k_{\text{eff}}, \epsilon_{33}^S, E_c$) 中由以上述点B1~点B18为顶点的上述第2多面体包围的区域的压电特性。

[0523] 另外,如表3所示,关于实施例的超声波探头61~80,与作为基准的超声波探头R3相比,对于超声波的灵敏度优异。认为这是由于,超声波探头61~80的压电组合物具有被包含于正交坐标 ($k_{\text{eff}}, \epsilon_{33}^S, E_c$) 中由以上述点C1~点C18为顶点的上述第3多面体包围的区域(参照图8)的压电特性。

[0524] 另一方面,关于比较例的超声波探头C19~C22,与作为基准的超声波探头R3相比,对于超声波的灵敏度不充分。认为这是由于,超声波探头C19~C22的压电组合物不具有被包含于正交坐标 ($k_{\text{eff}}, \epsilon_{33}^S, E_c$) 中由以上述点C1~点C18为顶点的上述第3多面体包围的区域的压电特性。

[0525] [压电元件的制造]

[0526] 接着,说明可用于本发明的超声波探头的、具有以下述通式(1)或(2)表示的组成的压电组合物及以该压电组合物作为主成分的压电元件的制造方法。另外,还对制造出的压电元件的压电特性 ($d_{33}, k_{33}, \epsilon_{33}^S, E_c$) 进行了评价。

[0527] $x[(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\{(\text{M}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\}] - y\{(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\text{TiO}_3\} - z\{(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\text{ZrO}_3\}$ (1)

[0528] 上述通式(1)中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。

[0529] $0 \leq a_2 \leq 0.1$

[0530] $a_1 + a_2 = 1$

[0531] $x + y + z = 1$

[0532] $0.1 \leq x \leq 0.375$

[0533] $0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$

[0534] $x[(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\{(\text{M}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\}] - y\{(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\text{TiO}_3\} - z[\text{R}_1\{(\text{Pb}_{a1}\text{A}_{a2})\text{ZrO}_3\} - \text{R}_2(\text{BiScO}_3)]$ (2)

[0535] 上述通式(2)中,A为Ba或Sr,M1为Mg或者M1为Mg及Zn,且满足下式。

[0536] $0 \leq a_2 \leq 0.1$

[0537] $a_1 + a_2 = 1$

[0538] $x + y + z = 1$

[0539] $0.1 \leq x \leq 0.25$

[0540] $0.5 \leq y / (y + z) \leq 0.64$

[0541] $0 < \text{R}_2 \leq 0.25$

[0542] 此外,以下说明块状陶瓷,但本发明的压电组合物不一定要特别限定于陶瓷(多晶),也可以适用于取向陶瓷、厚膜、单晶的情况。另外,在该压电组合物为陶瓷或单晶的情况下,对陶瓷或单晶的热处理可以在切断成希望大小后进行。

[0543] [压电元件1的制作]

[0544] (原料准备工序)

[0545] 上述通式(1)中,以 $x:y:z$ 成为 $0.375:0.40:0.225$, a_2 成为 0.05 的比例,称重 PbO 、 BaCO_3 、 ZrO_2 、 TiO_2 及 MgNb_2O_6 的各粉体,使整体成为 30g 。

[0546] 将上述粉体、 80mL 的乙醇和适量的 ZrO_2 颗粒放入瓶中,将上述粉体利用球磨机粉

碎16小时。接着,将得到的混合粉体以炉内温度800℃加热6小时,由此,进行预烧。将得到的粉体进一步在与上述相同的条件下利用球磨机进一步粉碎,得到预烧粉体1。

[0547] 相对于100质量份的预烧粉体1,将3质量份的PVB添加至预烧粉体1中进行混合,通过冲压成形成形为圆板状,从而得到成形体1。成形体1的直径为12mm,高度(厚度)为1.5mm。

[0548] (热处理工序)

[0549] 为了抑制原料成分从成形体1挥发,将成形体1放入坩埚中,将坩埚炉内温度以升温速度200℃/小时从室温升温至1250℃。接着,将成形体1以炉内温度1250℃加热2小时。

[0550] (冷却工序)

[0551] 将该热处理后的成形体1以冷却速度0.05~0.3℃/秒冷却至室温,得到实施了第1热处理的成形体1。

[0552] (电极形成工序)

[0553] 而且,研磨压电组合物1,通过溅射配置金电极,利用金刚石刀具切断成希望的大小(4mm×1.5mm×0.4mm)。

[0554] (极化工序)

[0555] 接着,通过在油浴中的60℃的油中施加30分钟的35kV/cm的电场,进行极化处理,这样获得用于测定压电常数 d_{33} 及矫顽电场 E_c 的压电元件1。

[0556] 此外,作为用于测定后述的机电耦合系数 k_{33} 及束缚相对介电常数 ϵ_{33}^S 的样品,将压电组合物1切断成1mm×1mm×3mm的大小,制作在长边方向上相互对置的面上通过溅射成膜有金电极的压电元件。而且,与上述极化工序一样,用于测定 k_{33} 及 ϵ_{33}^S 的压电元件1也进行极化处理。

[0557] [评价]

[0558] (1) 压电常数 d_{33} 的测定

[0559] 使用用于测定 d_{33} 的压电元件1,并使用贝兰古(ベルリンコート)式 d_{33} 测量仪测定了压电组合物1的压电常数 d_{33} 。其结果,压电元件1的 d_{33} 为432pC/N。

[0560] (2) 机电耦合系数 k_{33} 的测定

[0561] 使用用于测定 k_{33} 的压电元件1,并使用阻抗分析仪(Agilent 4294A;Agilent Technologies株式会社制造),通过共振/反共振法测定压电组合物1的机电耦合系数 k_{33} 。其结果,压电元件1的 k_{33} 为0.66。

[0562] (3) 束缚相对介电常数 ϵ_{33}^S 的测定

[0563] 使用用于测定 ϵ_{33}^S 的压电元件1,并使用上述的阻抗分析仪以反共振频率以上的频率测定了压电组合物1的束缚相对介电常数 ϵ_{33}^S 。其结果,压电元件1的 ϵ_{33}^S 为1510。

[0564] (4) 矫顽电场 E_c 的测定

[0565] 使用用于测定 E_c 的压电元件1,并使用电荷放大方式的强电介质特性评价系统(株式会社Leadtech制造)测定了压电组合物1的矫顽电场 E_c 。其结果,压电元件1的 E_c 为12kV/cm。

[0566] [压电元件2~7的制作]

[0567] 除了使用PbO、BaCO₃、ZrO₂、TiO₂及MgNb₂O₆的各粉体,以使x、y、z及a₂成为下述表4所示的值以外,与压电元件1相同地制作出压电元件2~7,并与压电元件1相同地评价了压电特性。

[0568] [压电元件8,9的制作]

[0569] 作为上述通式(1)中的A,代替Ba而置换成Sr,且使用SrCO₃的粉体代替BaCO₃,除此以外,与压电元件2相同地制作出压电元件8,并与压电元件1相同地评价了压电特性。另外,作为A,代替Ba而置换成Sr,且使用SrCO₃的粉体代替BaCO₃,除此以外,与压电元件3相同地制作出压电元件9,并与压电元件1相同地评价了压电特性。

[0570] [压电元件10~13的制作]

[0571] 除了使用PbO、Bi₂O₃、BaCO₃、ZrO₂、TiO₂、MgNb₂O₆及Sc₂CO₃的各粉体,以使x、y、z及a₂成为下述表4所示的值,且使上述通式(2)中的R₂成为下述表4所示的值以外,与压电元件1相同地制作出压电元件10~13,并与压电元件1相同地评价压电特性。

[0572] 此外,在压电元件2~13的制作中,极化处理中的温度均在40~150℃的范围内,施加电压在10~40kV/cm的范围内,电压施加时间在10~60分钟的范围内。

[0573] 对于压电元件1~13,表4中表示分类、x、y、z、y/(y+z)、a₂、R₂、元素A、d₃₃、k₃₃、ε₃₃^S及E_c。表4中,“No.”表示压电元件No.。

[0574] 表4

[0575]

No.	x	y	z	y/(y+z)	a2	R2	A	d_{33} [pC/N]	k_{33} [—]	ϵ_{33}^s [—]	E_s [kV/cm]
1	0.375	0.40	0.225	0.64	0.05	0	Ba	432	0.66	1510	12.0
2	0.25	0.42	0.33	0.56	0.05	0	Ba	505	0.69	1100	12.1
3	0.20	0.43	0.37	0.538	0.05	0	Ba	460	0.72	1120	13.5
4	0.20	0.43	0.37	0.538	0.07	0	Ba	516	0.71	1230	12.9
5	0.20	0.44	0.36	0.55	0.07	0	Ba	420	0.67	1130	15.0
6	0.15	0.44	0.41	0.518	0.07	0	Ba	550	0.72	1140	13.0
7	0.15	0.45	0.40	0.529	0.07	0	Ba	400	0.67	1060	15.4
8	0.25	0.42	0.33	0.56	0.05	0	Sr	524	0.70	1250	12.5
9	0.20	0.43	0.37	0.538	0.05	0	Sr	480	0.71	1150	13.0
10	0.10	0.48	0.42	0.533	0.05	0.25	Ba	572	0.72	1100	13.1
11	0.15	0.46	0.39	0.541	0.05	0.12	Ba	440	0.68	1080	15.8
12	0.15	0.465	0.385	0.547	0.05	0.25	Ba	599	0.72	1150	13.0
13	0.20	0.44	0.36	0.55	0.05	0.12	Ba	563	0.73	1130	12.0

[0576] 从表4清楚可知,压电元件1~13均满足下式。考虑到 k_{eff} 的值为 $0.9 \times k_{33} \sim 1 \times k_{33}$ 左右的大小,压电元件1~13均被包含于上述第1多面体、上述第2多面体、上述第2'多面体

及上述第3多面体中的任意个。即可知,将上述通式(1)或通式(2)表示的组成作为主成分的压电元件1~13是对具有与上述实施方式1~3中的超声波探头相同结构的任意超声波探头均有效的材料。

[0577] $k_{33} \geq 0.65$

[0578] $\epsilon_{33}^S \geq 1000$

[0579] $E_c \geq 12$

[0580] 另外,将压电元件2与压电元件8的压电特性、压电元件3与压电元件9的压电特性分别进行比较可知,即使A元素为Ba或Sr中的任一种,压电特性也没有显著不同。即,即使A元素为Ba或Sr中的任一种,具有上述通式(1)或通式(2)表示的组成的压电元件1~13是对具有与上述实施方式1~3中的超声波探头相同结构的任意超声波探头均有效的材料。

[0581] 另外,若将压电元件1~9及压电元件10~13的压电特性相互比较,在R2大于0的情况下,在将 ϵ_{33}^S 保持为相同程度的大小的同时, d_{33} 及 k_{33} 的值会变大。即,从提高作为超声波探头非常重要的压电组合物的极化方向上的压电特性的观点来看,优选向压电组合物导入BiScO₃。此外,本实施例中,也可以将A的Ba及Sr的置换量设为0。另外,也可以将M1的一部分置换成Zn。

[0582] 产业上的可利用性

[0583] 根据本发明,即使在压电组合物的厚度小的情况下,也可以构成高灵敏度的超声波探头。因此,根据本发明,可期待超声波拍摄装置的进一步普及。

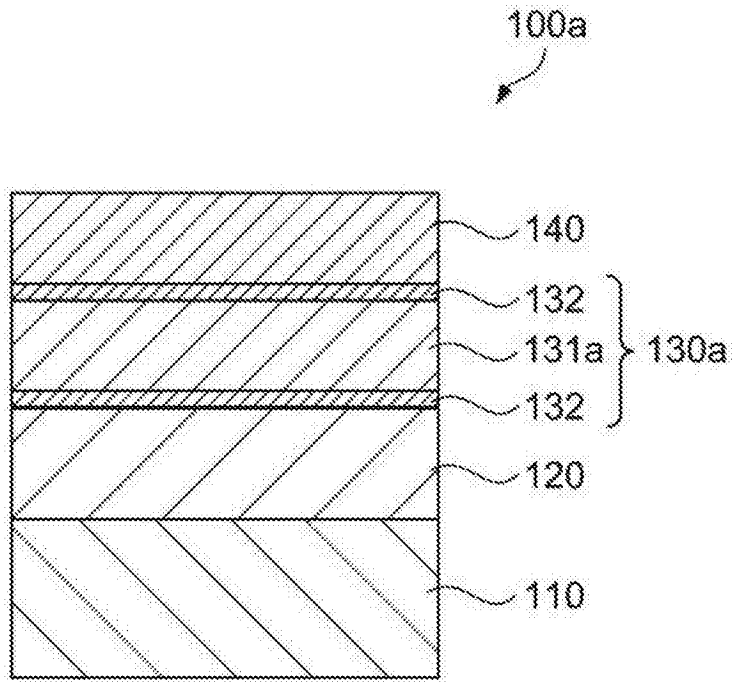


图1

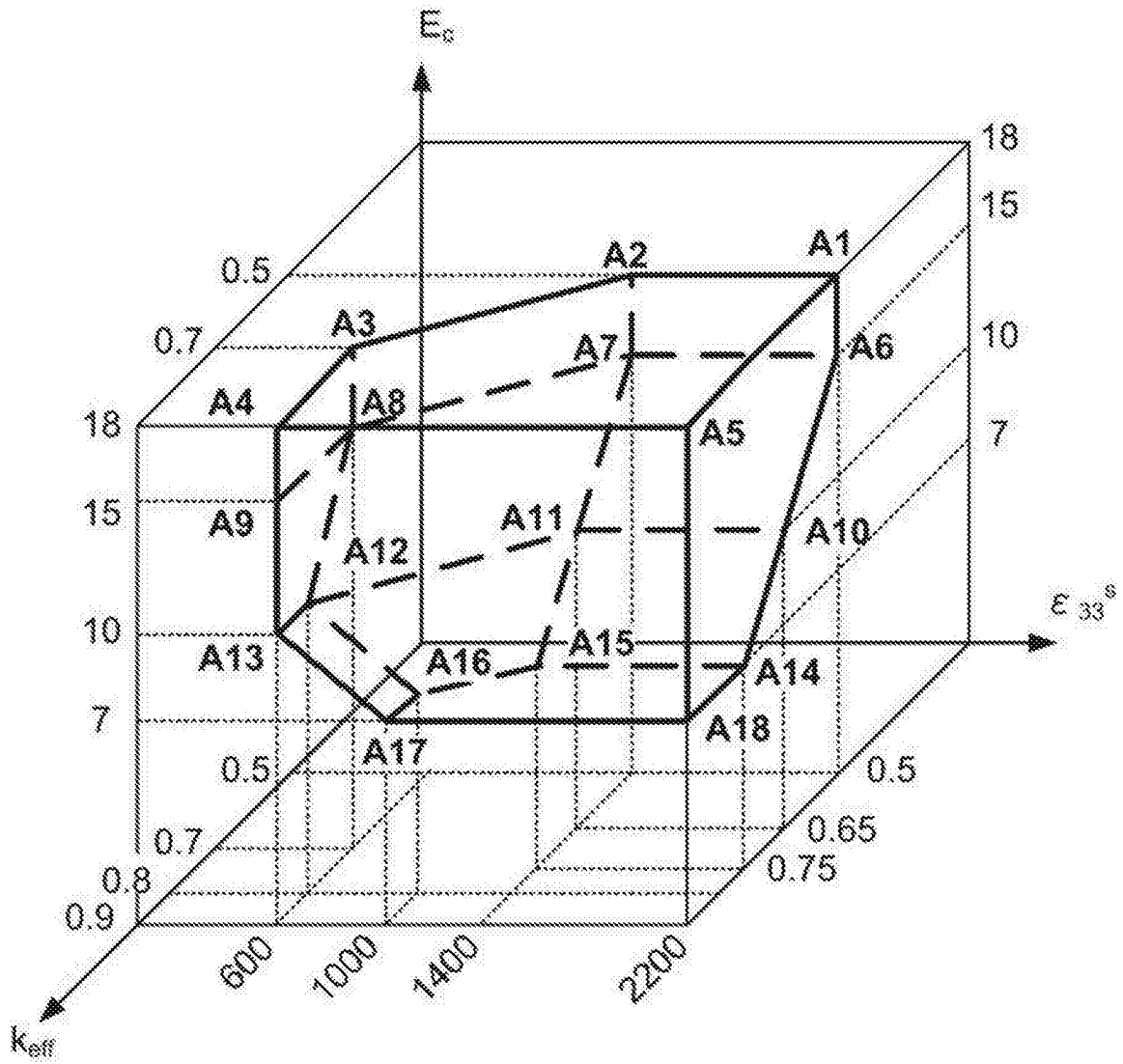


图2

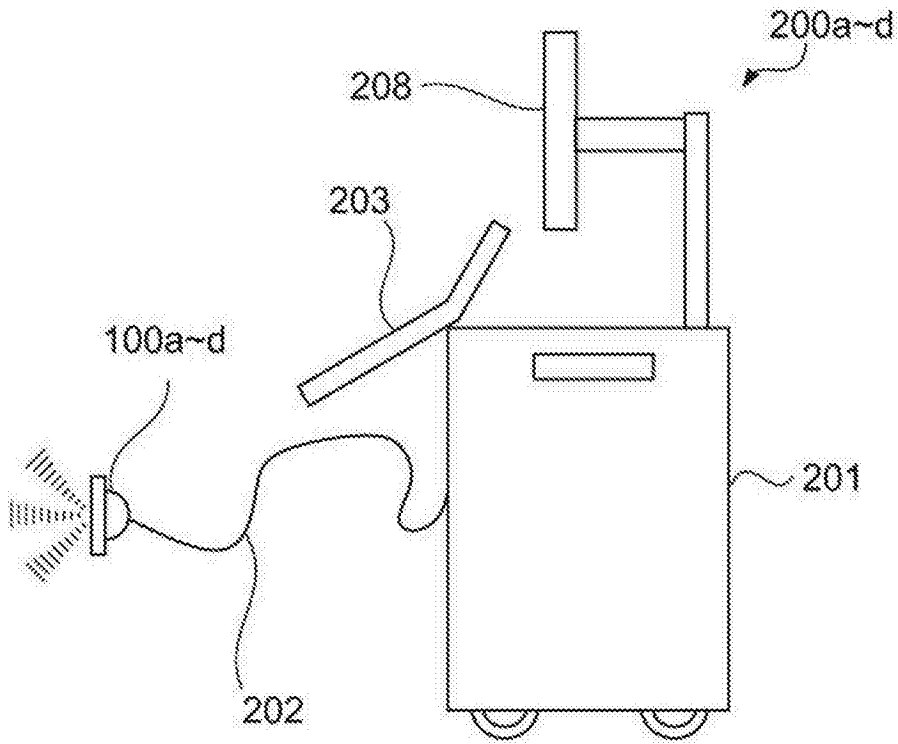


图3A

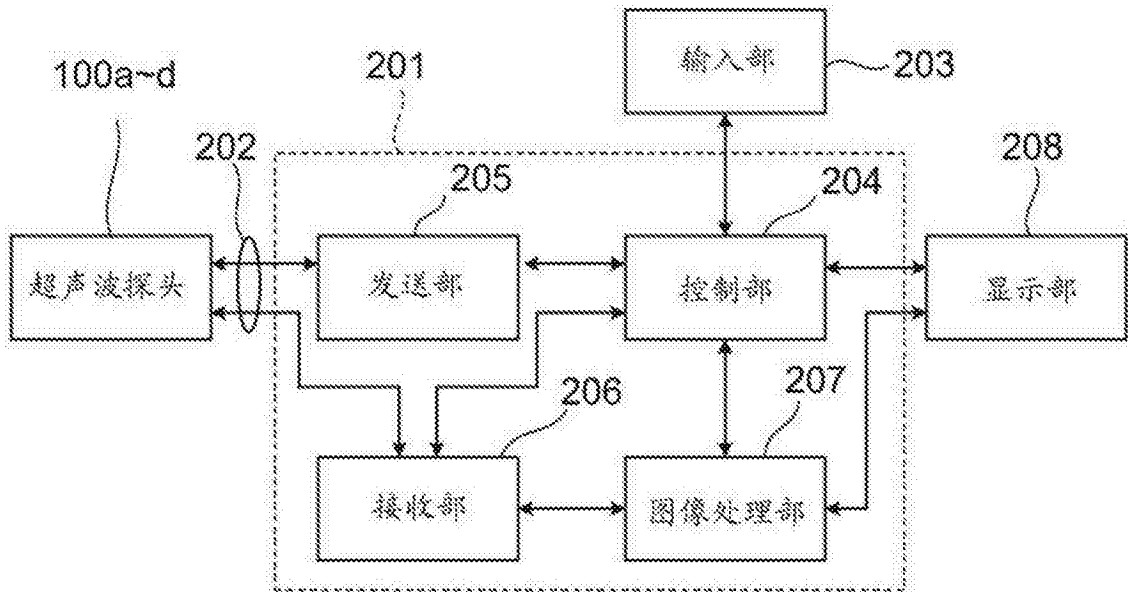


图3B

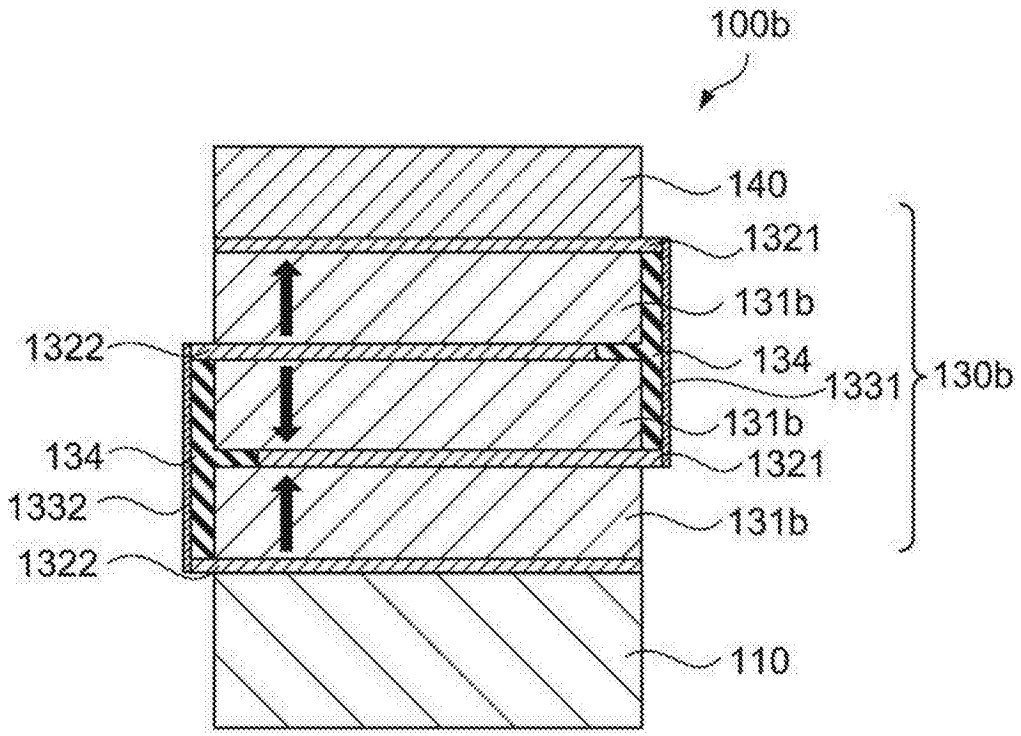


图4

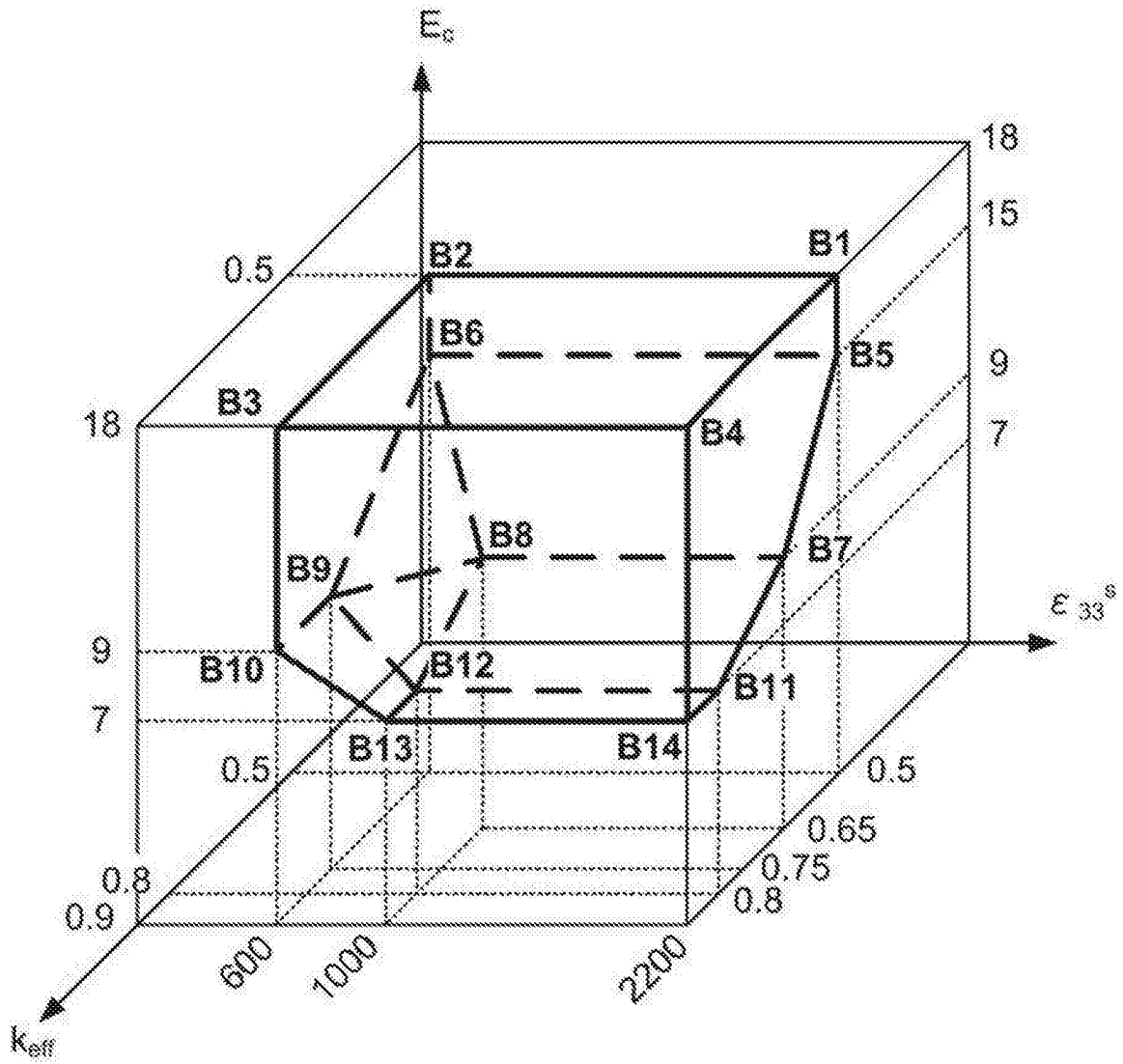


图5

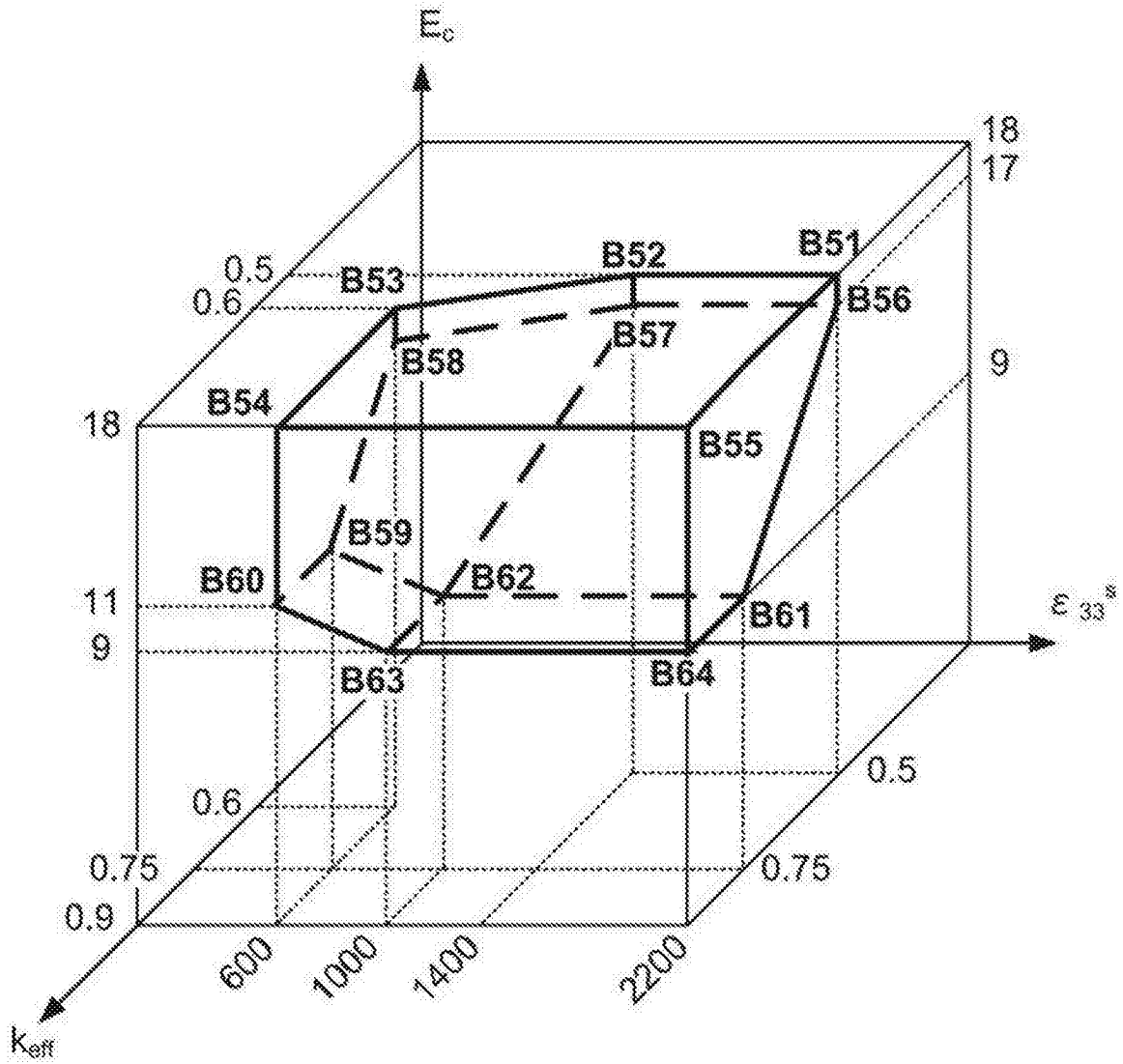


图6

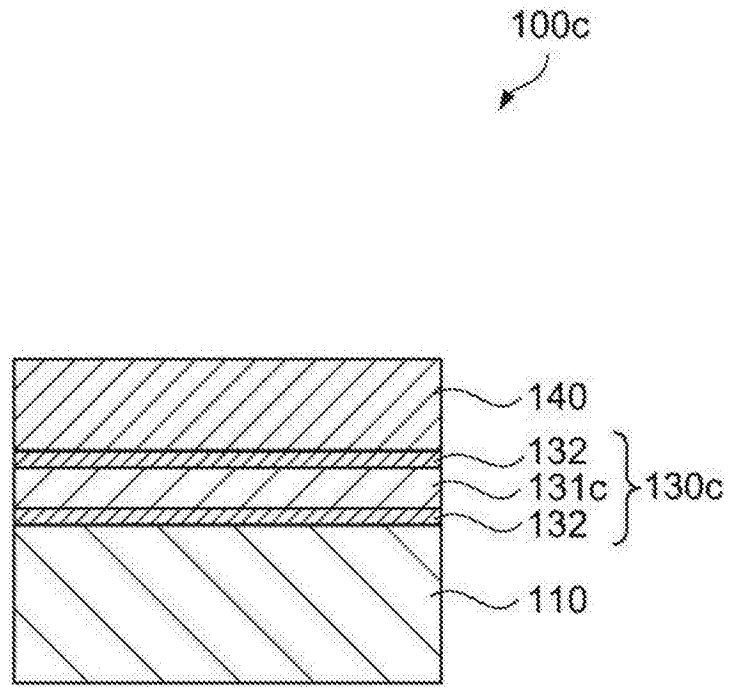


图7

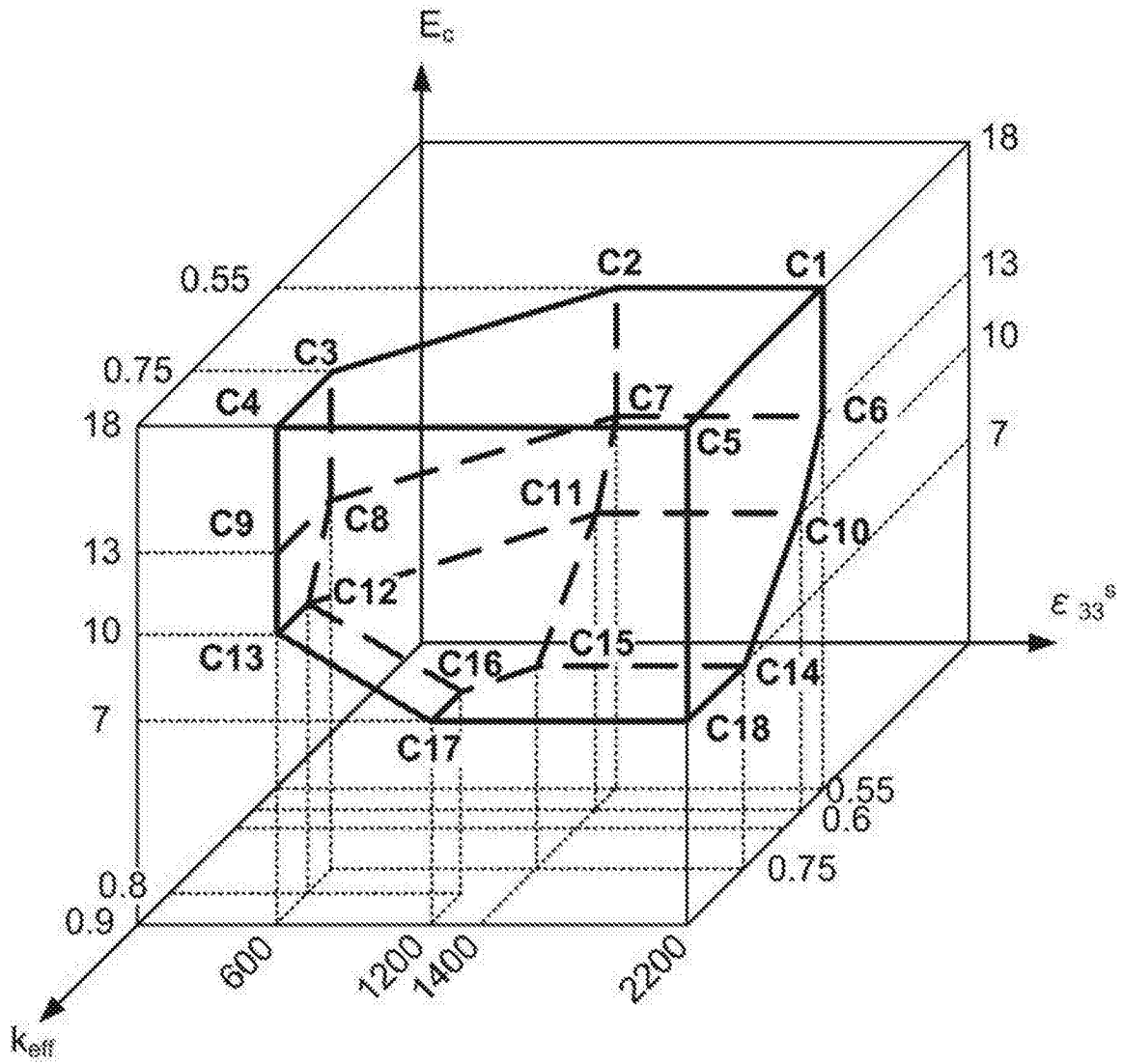


图8

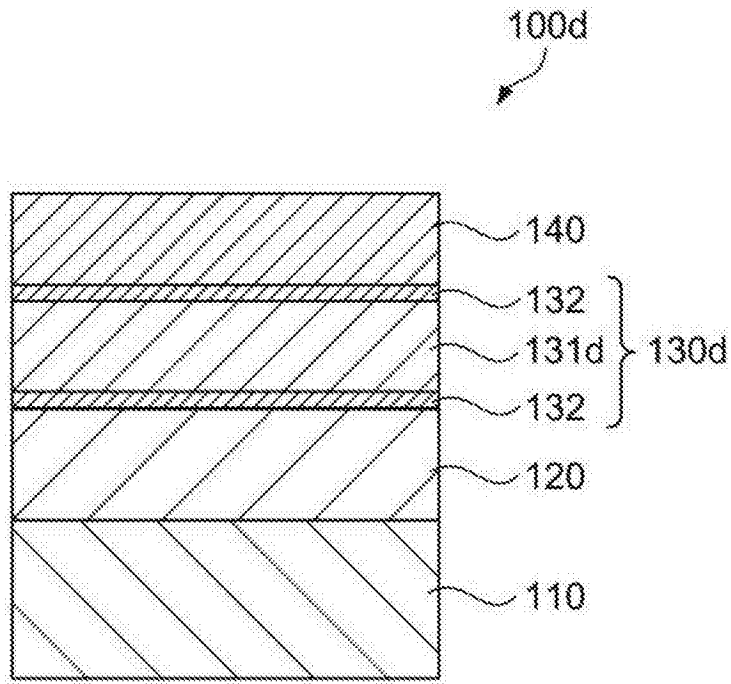


图9

专利名称(译)	压电元件、超声波探头及超声波拍摄装置		
公开(公告)号	CN107527991A	公开(公告)日	2017-12-29
申请号	CN2017110462729.4	申请日	2017-06-19
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达株式会社		
[标]发明人	小泽仁 峰本尚 加藤纯一 斋藤孝悦		
发明人	小泽仁 峰本尚 加藤纯一 斋藤孝悦		
IPC分类号	H01L41/04 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/00 H01L41/04 A61B8/4494 B06B1/0607 B06B1/0611 B06B1/0677 G01S7/52079 G01S15/8909 G01S15/8915 H01L41/18 H01L41/1875 H01L41/1876 A61B8/4444 H01L41/047 H01L41/1132		
优先权	2016121715 2016-06-20 JP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及压电元件、超声波探头及超声波拍摄装置。上述超声波探头具有压电元件，该压电元件具有压电组合物和用于对压电组合物施加电压的电极。压电组合物具有被包含于以 k_{eff} 、 ϵ_{33S} 及 E_c 为变量的正交坐标($k_{eff}, \epsilon_{33S}, E_c$)中由以规定的多个点为顶点的多面体包围的区域的压电特性。

