



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103684335 B

(45)授权公告日 2018.04.10

(21)申请号 201310381638.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2013.08.28

H03H 9/145(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H03H 3/02(2006.01)

申请公布号 CN 103684335 A

A61B 8/00(2006.01)

(43)申请公布日 2014.03.26

(56)对比文件

(30)优先权数据

JP 2004120283 A,2004.04.15,

2012-187427 2012.08.28 JP

CN 100371510 C,2008.02.27,

(73)专利权人 东芝医疗系统株式会社

审查员 杨苏倩

地址 日本栃木县

(72)发明人 山本纪子 山下洋八 细野靖晴

逸见和弘 樋口和彦

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 舒艳君 李洋

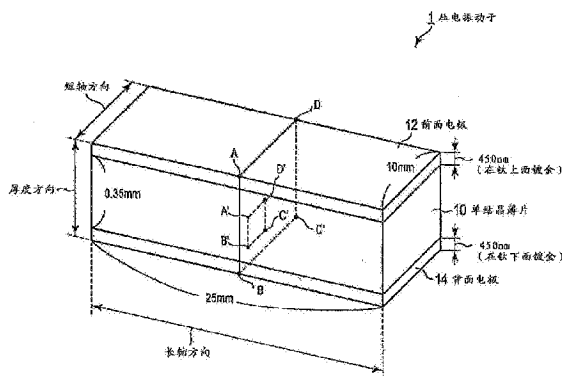
权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54)发明名称

超声波探头及其制造方法、以及压电振动子及其制造方法

(57)摘要

本实施方式涉及的超声波探头具备:具有结晶方位为[100]的面亦即第1面以及与所述第1面对置并且结晶方位为[100]的面亦即第2面的单结晶压电体;被设置在所述单结晶压电体的所述第1面侧的第1电极以及被设置在所述单结晶压电体的所述第2面侧的第2电极;被设置在所述第1电极之上的声匹配层;以及被设置在所述第2电极之下的背衬材料,所述单结晶压电体沿着经过所述第1电极、所述单结晶压电体和所述第2电极的第1方向被分极,包含所述第1方向的剖开面具有沿着所述第1电极或所述第2电极的多层形状,所述多层形状中的各层的厚度为0.5微米以上5微米以下。



1. 一种超声波探头,具备:

单结晶压电体,该单结晶压电体具有结晶方位为[100]的面亦即第1面以及与所述第1面对置并且结晶方位为[100]的面亦即第2面;

设置在所述单结晶压电体的所述第1面侧的第1电极以及设置在所述单结晶压电体的所述第2面侧的第2电极;

声匹配层,其被设置在所述第1电极之上;以及

背衬材料,其被设置在所述第2电极之下,

所述单结晶压电体沿着通过所述第1电极、所述单结晶压电体以及所述第2电极的第1方向被交流分极,在平行于所述第1方向的区域剖开所述单结晶压电体而得的剖开面具有沿着所述第1电极或所述第2电极的凹凸区域,邻接的凹凸区域的交流分极的方向不同,

所述凹凸区域各个的厚度为0.5微米以上5微米以下。

2. 根据权利要求1所述的超声波探头,其中,

所述单结晶压电体包含铅复合钙钛矿化合物。

3. 根据权利要求2所述的超声波探头,其中,

所述铅复合钙钛矿化合物具有氧化镁和氧化铟中的至少一种以及氧化铌。

4. 根据权利要求1所述的超声波探头,其中,

所述凹凸区域各个的厚度为0.5微米以上2微米以下。

5. 根据权利要求2所述的超声波探头,其中,

所述铅复合钙钛矿化合物具有 $vmol\%$ 的锆酸铅、 $xmol\%$ 的铟铌酸铅、 $ymol\%$ 的镁铌酸铅、以及 $zmol\%$ 的钛酸铅, $v=0\sim 0.15$ 、 $x=0.24\sim 0.74$ 、 $y=0\sim 0.50$ 、 $z=0.26\sim 0.33$,并且 $v+x+y=0.67\sim 0.74$,并且 $v+x+y+z=1$,

所述铅复合钙钛矿化合物的结晶结构的相转移温度为 95°C 以上 150°C 以下。

6. 一种超声波探头制造方法,其中,

制作由具有氧化镁和氧化铟中的至少一种以及氧化铌的铅复合钙钛矿化合物构成的压电单结晶,

通过以所述压电单结晶的结晶方位为[100]的面切断所述压电单结晶,制作具有成为结晶方位为[100]的面的第1面、以及与所述第1面对置并且成为结晶方位为[100]的面的第2面的单结晶晶片,

在所述单结晶晶片的所述第1面侧和所述第2面侧分别设置第1电极以及第2电极,

在所述第1电极与第2电极之间以规定的次数施加具有规定的频率和规定的峰间电场的交流电场,

在施加了所述交流电场之后,在所述电极之间施加直流电场,所述规定的峰间电场大于所述直流电场的最大电场,

在所述第1电极之上设置声匹配层,

在所述第2电极之下设置背衬材料。

7. 根据权利要求6所述的超声波探头制造方法,其中,

所述规定的峰间电场为 0.5kV/mm 以上 2.5kV/mm 以下,

在施加了所述交流电场之后,在所述电极之间施加具有 0.25kV/mm 以上 2.5kV/mm 以下的电场的所述直流电场。

8. 根据权利要求6所述的超声波探头制造方法,其中,
所述规定的频率为0.1赫兹以上1000赫兹以下,
所述规定的次数为2次以上1000次以下。

9. 一种压电振动子,具备:

单结晶压电体,该单结晶压电体由具有氧化镁和氧化镧中的至少一种以及氧化铈的铅复合钙钛矿化合物构成,并且具有结晶方位为[100]的面亦即第1面、以及与所述第1面对置且结晶方位为[100]的面亦即第2面;以及

设置在所述单结晶压电体的所述第1面侧的第1电极以及设置在所述单结晶压电体的所述第2面侧的第2电极,

所述单结晶压电体沿着通过所述第1电极、所述单结晶压电体以及所述第2电极的第1方向被交流分极,在平行于所述第1方向的区域剖开所述单结晶压电体而得的剖开面具有沿着所述第1电极或所述第2电极的凹凸区域,邻接的凹凸区域的交流分极的方向不同,
所述凹凸区域各个的厚度为0.5微米以上5微米以下。

10. 一种压电振动子制造方法,其中,

制作由具有氧化镁和氧化镧中的至少一种以及氧化铈的铅复合钙钛矿化合物构成的压电单结晶,

通过以所述压电单结晶的结晶方位为[100]的面切断所述压电单结晶,制作具有成为结晶方位为[100]的面的第1面以及与所述第1面对置并且成为结晶方位为[100]的面的第2面的单结晶晶片,

在所述单结晶晶片的所述第1面侧和所述第2面侧分别设置第1电极以及第2电极,

在所述第1电极以及第2电极之间以规定的次数施加具有规定的频率和规定的峰间电场的交流电场,

在施加了所述交流电场之后,在所述电极之间施加直流电场,
所述规定的峰间电场大于所述直流电场的最大电场。

超声波探头及其制造方法、以及压电振动子及其制造方法

[0001] 本申请主张2012年8月28日申请的日本专利申请号2012-187427的优先权,并在本申请中引用上述专利申请的全部内容。

技术领域

[0002] 本发明的实施方式涉及超声波探头、压电振动子、超声波探头制造方法以及压电振动子制造方法。

背景技术

[0003] 医用超声波诊断装置以及超声波图像检查装置经由超声波探头向对象物发送超声波,并根据由来自对象物内部的反射波产生的反射信号(回波信号),对对象物的内部进行图像化。在医用超声波诊断装置以及超声波图像检查装置中,主要使用具有超声波发送接收功能的电子操作式的阵列式超声波探头。

[0004] 通常的超声波探头具有:背衬材料;被接合在背衬材料上并在压电体的两面形成电极的压电振动子;以及被接合在压电振动子上的声匹配层。压电振动子以及声匹配层通过阵列加工被形成多个通道。在声匹配层上形成了声透镜。与各通道相对应的压电振动子的电极经由控制信号基板(挠性印制电路板:Flexible printed circuit,FPC),再经由电缆,与医用超声波诊断装置以及超声波图像检查装置的装置主体连接。

[0005] 在如上所述的超声波探头中,压电振动子在进行超声波的发送接收的能动部件。作为压电振动子的特性,要求大的介电常数和压电常数以及小的介质损失。

[0006] 作为压电振动子的材料,从1970年代就已开始使用锆钛酸铅(PZT)系压电陶瓷。作为压电振动子的材料,从2005年起开始使用了具有铅复合钙钛矿结构的高性能的压电单结晶。具有铅复合钙钛矿结构的高性能的压电单结晶由钛酸铅(PbTiO_3)和包含由 $\text{Pb}(\text{B}_1, \text{Nb})\text{O}_3$ (其中, B_1 是镁、锌、铟、铌等中的至少一种)构成的弛豫(relaxor)系铅复合钙钛矿化合物的压电单结晶构成。

[0007] 在现有技术中,示出了一种压电单结晶,该压电单结晶是具有以 $[\text{Pb}(\text{Mg}, \text{Nb})\text{O}_3]_{(1-x)} \cdot [\text{Pb}(\text{TiO}_3)]_{(x)}$ (以下,称为PMN-PT):($x=0.26$ 以上 0.29 以下)等组成的且具有铅复合钙钛矿结构的伪立方晶的单结晶;其特征是:在 25°C 下的介电常数的值为 5000 以上,且伪立方晶和正方晶之间的变态温度 T_{rt} 下的相对介电常数的值为 25°C 下的相对介电常数的 2.5 倍以上。

[0008] 作为其他的现有例,示出了铌酸铅-钛酸铅 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}, \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-Pb}(\text{TiO}_3)$ (以下,称为PZN-PT)中,当一边从相转移温度以上的高温使温度降低一边施加直流电场时,能够根据条件将区域尺寸控制在 $8\text{-}20\mu\text{m}$ 的范围内。该方法中的区域沿与电极面平行的方向形成。

发明内容

[0009] 本发明能够提供提高了介电常数和压电常数 d_{33} 的压电振动子以及压电振动子的制造方法,并且能够提供提高了灵敏度的超声波探头以及超声波探头制造方法。

附图说明

[0010] 图1是表示制造本实施方式涉及的压电振动子的步骤的流程图的一个例子的图。

[0011] 图2是表示本实施方式的实施例1涉及的压电振动子的外观的一个例子的外观图。

[0012] 图3是表示用剖面ABCD剖开图2中的压电振动子之后的剖开面中、一部分A'B'C'D'的剖面像的图。

[0013] 图4是表示在图3的剖开面A'B'C'D'中,厚度方向的凹凸分布的一个例子的图。。

[0014] 图5是将在被直流极化的PMN-PT (71/29)的压电振动子(比较例)中、与剖开面ABCD的一部分(10 μ m \times 10 μ m)A'B'C'D'相对应的部分的剖面像与凹凸的图例一起表示的图。

[0015] 图6是表示在与图3的剖开面ABCD的一部分A'B'C'D'相对应的比较例的剖开面中,厚度方向的凹凸分布的一个例子的图。

[0016] 图7是表示本实施方式的实施例3涉及的压电振动子的外观的一个例子的外观图。

[0017] 图8是表示用剖面EFGH剖开图7中的压电振动子之后的剖开面中、一部分E'F'G'H'的剖面像的图。

[0018] 图9是表示在剖开面E'F'G'H'中,厚度方向的凹凸分布的一个例子的图。

[0019] 图10是表示本实施方式的实施例4涉及的超声波探头的结构的一个例子的图。

[0020] 图11是表示示出制造本实施方式的实施例4涉及的超声波探头的步骤的流程图的一个例子的图。

[0021] 图12是将本实施方式的实施例4涉及的、将频谱与比较例的频谱一起表示的图。

[0022] 图13是将本实施方式的实施例4涉及的、基于多个通道产生的输出(灵敏度)分布与比较例的输出分布一起表示的图。

[0023] 符号说明

[0024] 1...压电振动子、10...单结晶晶片、12...前面电极、14...背面电极、20...压电振动子、21...单结晶晶片、23...前面电极、25...背面电极、100...超声波探头、102...背衬材料、104...信号用FPC、106...单结晶压电振动子、108...第1声匹配层

具体实施方式

[0025] 本实施方式涉及的超声波探头具备:单结晶压电体、第1电极、第2电极、声匹配层、以及背衬材料。单结晶压电体具有结晶方位为[100]的面亦即第1面、以及与第1面对置并且结晶方位为[100]的面亦即第2面。第1电极被设置在单结晶压电体的第1面侧上。第2电极被设置在单结晶压电体的第2面侧上。声匹配层被设置在第1电极之上。背衬材料被设置在第2电极之下。单结晶压电体沿着经过第1电极、单结晶压电体以及第2电极的第1方向被分极。包含第1方向的剖开面具有沿着第1电极或第2电极的多层形状。多层形状中的各层的厚度为0.5微米以上5微米以下。

[0026] 以下,参照附图对实施方式涉及的压电振动子的制作方法、压电振动子、阵列式超声波探头的制造方法、以及阵列式超声波探头进行说明。

[0027] 本实施方式涉及的压电振动子通过以下的方法制造。

[0028] 图1是表示制造本实施方式涉及的压电振动子的步骤的流程图。

[0029] 本实施方式涉及的压电单结晶至少包含钛酸铅(PbTiO₃)和弛豫系铅复合钙钛矿化合物(Pb(B₁,B₂)O₃):(B₁是镁、铟中的至少一种,B₂是铌)。关于上述压电单结晶的铸锭制造方法,存在溶剂法、熔融布里奇曼法、TSSC法(Top Seeded Solution Groth)、水平熔融布里奇曼法、以及CZ法(Czochralski法,直拉法)等。在本实施方式中,并不局限于上述压电单结晶的铸锭制造法。通过上述的任一项的方法,都能够制造出压电单结晶(步骤Sa1)。

[0030] 铅复合钙钛矿化合物在95℃以上150℃以下的范围内,具有从棱面体晶系到正方晶系的相转移温度(以下,称为Trt)、从棱面体晶系到单斜晶系的相转移温度(以下,称为Trm)、以及从单斜晶系到正晶系的相转移温度(以下,称为Tmt)。在相转移温度小于95℃的情况下,如下所述,介电常数、结合系数等的电气特性的温度依存特性变得显著。另外,在相转移温度为150℃以上的情况下,如下所述,无法获得所期望的介电常数。根据以上所述,优选地,相转移温度的温度范围为95℃以上150℃以下。

[0031] 具体而言,铅复合钙钛矿化合物具有67mol%以上74mol%以下的铌酸铅或铟酸铅、以及26mol%以上33mol%以下的钛酸铅。在钛酸铅相对于铅复合钙钛矿化合物的比例小于26mol%的情况下,无法得到高介电常数以及结合系数。另外,在钛酸铅相对于铅复合钙钛矿化合物的比例超过33mol%的情况下,相转移温度(Trt、Trm、Tmt)变为90℃以下,特别是,在从室温至85℃下,介电常数和结合系数的温度依存特性变得显著。根据如上所述,为了维持高介电常数和结合系数并且在室温到85℃下减小上述温度依存特性,需要将钛酸铅在铅复合钙钛矿化合物中的比例设定为26mol%以上33mol%以下。

[0032] 另外,铅复合钙钛矿化合物也可以具有铟酸铅、铌酸铅以及钛酸铅。即,铅复合钙钛矿化合物具有0mol%以上50mol%以下的铟酸铅、24mol%以上74mol%以下的铌酸铅、以及26mol%以上33mol%以下的钛酸铅,它们的总量为100mol%。即,在设 $Pb[(Mg_{1/3}Nb_{2/3})x(Nb_{1/2}Nb_{1/2})y]Ti_z]O_3$ 时, $x=0.24\sim 0.74$ 、 $y=0\sim 0.50$ 、 $z=0.26\sim 0.33$,且 $x+y=0.67\sim 0.74$,并且 $x+y+z=1$ 。

[0033] 在钛酸铅相对于铅复合钙钛矿化合物的比例小于26mol%的情况下,无法得到必要的介电常数。另外,在钛酸铅相对于铅复合钙钛矿化合物的比例超过33mol%的情况下,在从室温至80℃的温度范围下,介电常数以及结合系数的温度依存特性变得显著。即,在从室温至80℃的温度范围下,铅复合钙钛矿化合物的电气特性会变得不稳定。

[0034] 另外,在铌酸铅相对于铅复合钙钛矿化合物的比例小于24mol%的情况下,不能得到必要的介电常数。并且,在铌酸铅相对于铅复合钙钛矿化合物的比例超过74mol%的情况下,在从室温至80℃的温度范围下,介电常数以及结合系数的电气特性会变得显著。即,在从室温至80℃的温度范围下,铅复合钙钛矿化合物的电气特性会变得不稳定。另外,在铟酸铅相对于铅复合钙钛矿化合物的比例超过50mol%的情况下,铅复合钙钛矿化合物的单结晶的制作会变得很难,并且有可能难以得到由具有高均一性的3成分(铟酸铅、铌酸铅、以及钛酸铅)构成的铅复合钙钛矿化合物的单结晶。

[0035] 根据如上所述,为了维持高介电常数和结合系数并且降低从室温至85℃下的上述温度依存特性,铅复合钙钛矿化合物具有0mol%以上50mol%以下的铟酸铅、24mol%以上74mol%以下的铌酸铅、以及26mol%以上33mol%以下的钛酸铅,并且通过将铟酸铅和铌酸铅的和设定为67mol%以上74mol%以下,来使它们的总含量为100mol%。

[0036] 压电单结晶也可以还包含15mol%以下的锆酸铅。此时,压电单结晶的组成如下。

即,具有0mol%以上15mol%以下的锆酸铅、以及0mol%以上50mol%以下的铟铌酸铅、2mol%以上74mol%以下的镁铌酸铅、以及26mol%以上33mol%以下的钛酸铅,它们的总量为100mol%。即,在将锆酸铅设为 v mol%、将铟铌酸铅设为 x mol%、将镁铌酸铅设为 y mol%、将钛酸铅设为 z mol%时, $v=0\sim 0.15$ 、 $x=0.24\sim 0.74$ 、 $y=0\sim 0.50$ 、 $z=0.26\sim 0.33$,并且, $v+x+y=0.67\sim 0.74$,并且 $v+x+y+z=1$ 。

[0037] 作为结晶的方位,在超声波探头中主要使用所有的面为{100}的压电单结晶。另外,也可以在这些压电单结晶中微量地添加氧化锰等。

[0038] 为了使超声波探头的驱动中心频率为2MHz以上10MHz以下,用于医用超声波诊断装置以及超声波图像检查装置的超声波探头的压电振动子例如为0.05mm以上0.5mm以下的厚度。

[0039] 从通过上述方法获得的单结晶凝块的中央部附近,使用金刚石刀片或细绳刀将单结晶凝块分割成多个具有一定厚度的晶片(薄板)。接着,通过包装或抛光,制作厚度例如为0.05mm以上0.5mm以下并且被制造出电极的面的结晶方位为[100]的结晶板(单结晶晶片)(步骤Sa2)。

[0040] 之后,作为电极,烧付型的银或金、通过溅射法或镀金法制造出的金、白金或镍等在单结晶晶片的前面以及背面中以100nm以上5000nm以下程度的厚度形成(步骤Sa3)。以下,将设置在单结晶晶片的前面的电极称为前面电极,将设置在单结晶晶片的背面的电极称为背面电极。另外,在使用溅射法,蒸镀法,或镀金法施加电极的情况下,为了提高与单结晶基板(单结晶晶片)之间的密接性,期望施加10nm以上200nm左右的铬(Cr)、镍(Ni)、钛(Ti)、钯(Pd)等作为基极。以下,将设置有电极的单结晶晶片称为压电振动子。

[0041] 针对这个未分极的压电振动子实施下一个分极工序(步骤Sa4)。

[0042] 分极工序(步骤Sa4)中的分级电场是频率为0.1Hz以上1000Hz以下的无偏移(最大电压的绝对值和最小电压的绝对值相等)的正弦波,或者三角波的交流电场。频率小于0.1Hz的频率是无法获得后述的本申请的特征形状以及效果的频率。另外,超过1000Hz的频率使单结晶晶片产生热,其结果是,单结晶晶片容易损坏。根据如上所述,交流电场的频率有必要在0.1Hz以上1000Hz以下的范围内。该交流电场下的峰间(peak-to-peak:以下称为pp)电场为0.5kV/mm以上2.5kV/mm以下。在pp电场小于0.5kV/mm的情况下,很难得到后述的本申请的特征形状以及效果。另外,在pp电场超过2.5kV/mm的情况下,在单结晶晶片上产生热,其结果是,单结晶晶片容易损坏。根据如上所述,优选地,交流电场中的pp的电场为0.5kV/mm以上2.5kV/mm以下的范围。交流电场将以0kV/mm开始、经过1波长(1周期)之后以0kV/mm结束的过程作为1个周期。分极工序(Sa4)是针对单结晶晶片的厚度方向经由所制作出的电极、以2周期以上1000周期以下施加上述分级信号的工序。在周期小于2的情况下,难以获得后述的本申请的特征形状以及效果。并且,在超过1000周期的情况下,在单结晶晶片上产生热,其结果是,单结晶晶片容易损坏。根据如上所述,优选地,施加交流电场的周期例如为2周期以上1000周期以下的范围。另外,交流电场的施加次数(周期)也可以根据单结晶材料来确定。另外,优选地,在小于相转移温度(T_{rt} , T_{rm} , T_{mt})的温度(例如,室温)并且在一定的温度环境下实施分极工序(步骤Sa4)。

[0043] 此外,压电常数 d_{33} 的测量使用Berlincourt型的Piezo.d33Meter、ZJ-3D、Institute of Acoustics Academia Sinica,在25℃下进行测量。介电常数和介质损失的

测量使用HP4284A PrecisionLCR meter、以1kHz、1vrms的条件,在25℃下进行测量。

[0044] (实施例1)

[0045] 作为压电振动子,在镁铌酸铅-钛酸铅($\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3},\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$)的 $0.71\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3},\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-}0.29\text{PbTiO}_3$ (PMN-PT71/29)单结晶的[100]板上,通过溅射装置,形成50nm的厚度的钛电极。并且,在钛电极的上部,形成400nm厚度的金电极。使用具有10mm(短轴) \times 25mm(长轴) \times 0.35mm(厚度)的尺寸并且形成有电极的样品(压电振动子),在室温25℃下,对介电常数以及压电常数进行了评价。室温下的抗电场 E_c 是利用Sawer·Tower电路进行评价,室温下的抗电场 E_c 为0.3kV/mm。该样品通过热处理而处于未分极状态。针对该未分极样品,在20个周期施加频率1Hz、pp电场1kV/mm的正弦波之后,执行分极处理(以下,称为交流分极)。在分极处理之后24小时后,对室温介电常数 ϵ_r 和压电常数进行测量。其结果是,室温介电常数 ϵ_r 为9000,介质损失为0.3%,压电常数为2100pC/N。另外,室温介电常数和压电常数为5个样品的平均值。此时,压电单晶体的剖开面的多层形状中的各层的厚度为1.5 μm 。

[0046] 本实施方式涉及的超声波探头由具有氧化镁和氧化铌中的至少一种和氧化铌的铅复合钙钛矿化合物构成,并且具备:具有结晶方位为[100]的面亦即第1面以及与该第1面对置并且结晶方位为[100]的面亦即第2面的单结晶压电体;被设置在单结晶压电体的第1面侧上的第1电极以及被设置在单结晶压电体的第2面侧上的第2电极;被设置在第1电极之上的声匹配层;以及被设置在第2电极之下的背衬材料。单结晶压电体沿着经过第1电极、单结晶压电体以及第2电极的第1方向被分极,包含第1方向的剖开面具有沿着垂直于第1方向的第2方向的多层形状,多层形状中的各层的厚度为0.5微米以上5微米以下。

[0047] 图2是表示本实施方式的压电振动子1的外观的一个例子的外观图。在图2中,在单结晶晶片(单结晶压电体)10的结晶方位[100]面的前面(第1面)上设置有前面电极(第1电极)12。在图2中,在单结晶晶片10的结晶方位[100]面的背面(第2面)上设置有背面电极(第2电极)14。将经过前面电极12、单结晶晶片10以及背面电极14的一个方向作为厚度方向(第1方向)。在图2中,将垂直于前面电极12和背面电极14的方向作为厚度方向。即,厚度方向与单结晶晶片10的结晶方位[100]面垂直。另外,将平行于单结晶晶片10的结晶方位[100]面并且垂直于厚度方向的一个方向作为短轴方向(第2方向)。单结晶晶片10沿着厚度方向被分极。

[0048] 图3是表示使用剖面ABCD剖开图2中的压电振动子1的剖开面中、一部分A' B' C' D'剖面像的图。边AB平行于边A' B',边CD平行于边C' D',点A、点B、点C、点D分别与点A'、点B'、点C'、点D'对应。将经过前面电极12、单结晶晶片10以及背面电极14的一个方向作为厚度方向(第1方向)。在图3中,关于厚度方向,是将垂直于前面电极12和背面电极14的方向作为厚度方向。即,厚度方向垂直于单结晶晶片10的结晶方位[100]面。另外,将平行于单结晶晶片10的结晶方位[100]面并且垂直于厚度方向的一个方向作为短轴方向。单结晶晶片10沿着厚度方向被分极。具体而言,图3是将实施例1的镁铌酸铅-钛酸铅($\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3},\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$)的 $0.7\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3},\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-}0.29\text{PbTiO}_3$ (PMN-PT71/29)的压电振动子1中、剖开面ABCD的一部分(10 $\mu\text{m}\times$ 10 μm)A' B' C' D'的剖面像与凹凸的图例一起表示的图。如图3中所示,剖开面A' B' C' D'的剖开像表示平行于短轴方向的多层形状。

[0049] 在此,所谓“沿着厚度方向”包含着在剖开面中即使各层不平行于短轴方向、一个层的近似线也大体平行于厚度方向的情况。

[0050] 图4是表示在图2的剖开面A' B' C' D' 中、相对于厚度方向上的长轴方向的凹凸分布的一个例子的图。如图4所示,剖开面A' B' C' D' 具有与上述各层形状相对应的规则的凹凸形状。剖开面的凹部和凸部的长度例如为200nm。相邻的凹部彼此之间的间隔,或相邻的凸部彼此之间的间隔例如为0.5 μm 以上5 μm 以下。

[0051] 针对基于实施了交流分极的凸部彼此之间的间隔或凹部彼此之间的间隔、即多层形状中的各层的厚度的范围(0.5 μm 以上5 μm 以下)进行说明。厚度的下限(0.5 μm)与通过交流分极形成的层的厚度的下限相对应。另外,厚度的范围的上限(5 μm)为通过交流分极形成的厚度中、能够获得期望的高介电常数以及高压电常数的上限的厚度。

[0052] 各层形状中的各层的厚度的范围特别优选为0.5 μm 以上2 μm 以下,这是因为,如果各层的厚度为2 μm 以下,则尤其是介电常数和结合常数将增大,由此能够有利于灵敏度的提高。

[0053] 此外,可以考虑图3中的多层形状中的凹部与具有垂直于纸面朝下的分极方向的分极领域(区域结构)相对应,并且,图3中的多层形状中的凸部与具有垂直于纸面朝上的分极方向的分极领域(区域构造)相对应。

[0054] (比较例)

[0055] 作为比较例,将与实施例1相同构成的压电振动子从未分极的状态在通常的直流分极条件、即直流电场0.5kV/mm下进行处理时间为30分钟的分极处理。在分极处理之后24小时后,对室温介电常数 ϵ_r 和压电常数进行了测试。取5个样品的平均值, ϵ_r 平均为5600,介质损失率0.4%,压电常数平均为1450pC/N。

[0056] 图5是将被进行了直流分极的PMN-PT(71/29)的压电振动子(比较例)中,与剖开面ABCD的一部分(10 μm ×10 μm)A' B' C' D' 相对应部分的剖面像与凹凸的图例一起表示的图。如图5所示,剖开面具有楔形形状,并且沿着厚度方向不具有规则的形状(多层形状)。

[0057] 图6是表示在与图3的剖开面ABCD的一部分A' B' C' D' 对应的比较例的剖开面中,相对于厚度方向上的长轴方向的凹凸分布的一例的图。如图6所示,比较例的剖开面不具有规则性凹凸形状。

[0058] (实施例2)

[0059] 在将如实施例1所示的未分极的压电振动子沿着长轴方向一分为二、将其中的一方作为交流分极、将另一方作为直流分极由此实施分级工序时,其结果是,如同上述,进行了交流分极的一方表示高介电常数和压电常数以及低介质损失。

[0060] (实施例3)

[0061] 通过对铌酸铅-镁铌酸铅-钛酸铅 $\text{Pb}(1n_{1/2}, \text{Nb}_{1/2})\text{O}_3\text{-Pb}(\text{Mg}_{1/3}, \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ 的0.24 $\text{Pb}(1n_{1/2}, \text{Nb}_{1/2})\text{O}_3\text{-0.45Pb}(\text{Mg}_{1/3}, \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-0.31PbTiO}_3$ (P1N-PMN-PT24/45/31)的[100]板进行研磨加工,制作出外形为12mm×12mm并且厚度为0.3mm的单结晶晶片。单结晶晶片的12mm×12mm的面的结晶方位为[100](以下,称为[100]面)。通过利用湿式无电解电镀法执行钯(Pd)镀金,在[100]面上形成300nm厚度的镍(Ni),在镍上形成200nm厚度的金(Au),由此形成电极。被赋予电极的单结晶晶片(压电振动子)的外形被切断加工成5mm×5mm。被进行了切断加工的压电振动子具有大约100 $^{\circ}\text{C}$ 的相转移温度 T_{rt} 、以及大约190 $^{\circ}\text{C}$ 的居里温度。另外,该被进行了切断加工的压电振动子的抗电场 E_c 使用Sawer-Tower电路来进行测量,抗电场 E_c 为0.6kV/mm。

[0062] 在分极工序中,对被进行了切断加工的压电振动子以50Hz的频率,长达50次施加pp电场为0.8kV/mm以上2.5kV/mm以下的正弦波的交流电场。在分极工序之后,在用于交流分极的电极之间执行了在室温下将1.2kV/mm的直流电场施加5分钟的直流分极。在直流分极之后的24个小时后,对介电常数和压电常数进行了测量。其结果是,室温介电常数 ϵ_r 为9500,介质损失为0.4%,压电常数为3500pC/N。此外,室温介电常数、压电常数以及介质损失为5个样品的平均值。此时,压电单晶体的剖开面的多层形状中的各层的厚度为0.8 μ m。

[0063] 交流分极后且切断加工后的直流分极主要是以使由通过切断加工在单结晶晶片内产生的热引起的分极的变动复原(整列)为目的。因此,例如,能够使在直流分极中使用的电场小于交流分极中的pp电场,并且能够使在直流分极中使用的电场为能够复原分极的变动的电场。具体而言,在直流分极中使用的电场为0.25kV/mm以上2.5kV/mm以下。在实施例1至3中也能应用上述交流分极后的直流电场的施加。此外,优选地,当在交流分极前已经实施了直流分极(压电振动子出货时等)时,实施交流分极之前,使单结晶晶片预先处于未分极状态。另外,实施直流分极的时间依存于切断加工或由于抛光在单结晶晶片上产生的热量等,例如,在室温(20以上25 $^{\circ}$ C以下)下,实施直流分极的时间通常为1秒以上30分钟以下。

[0064] 图7是表示本实施方式的压电振动子20的外观的一例的外观图。在图7中,在单结晶晶片21的结晶方位[100]面的前面设置有前面电极23。在图7中,在单结晶晶片21的结晶方位[100]面的背面设置有背面电极25。

[0065] 图8是表示用剖面EFGH剖开图7中的压电振动子20之后的剖开面中的一部分E' F' G' H' 的剖面像的图。具体而言,图8是将在实施例3的铋铈酸铅-镁铈酸铅-钛酸铅($\text{Pb}(\text{In}_{1/2}, \text{Nb}_{1/2})\text{O}_3\text{-Pb}(\text{Mg}_{1/3}, \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$)的0.24 $\text{Pb}(\text{In}_{1/2}, \text{Nb}_{1/2})\text{O}_3\text{-0.45Pb}(\text{Mg}_{1/3}, \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-0.31PbTiO}_3$ (P1N-PMN-PT24/45/31)的压电振动子20中,剖开面EFGH的一部分的(10 μ m \times 10 μ m)E' F' G' H' 的剖面像与凹凸的图例一起表示的图。如图8所示,剖开面E' F' G' H' 具有沿着厚度方向平行于横向的多层形状。此时,压电单晶体的剖开面的多层形状中的各层厚度为0.8 μ m。

[0066] 图9是表示在图7的剖开面E' F' G' H' 中,相对于厚度方向的纵方向的凹凸分布的一例的图。边EF平行于边E' F',边GH平行于边G' H',点E、点F、点G、点H分别与点E'、点F'、点G'、点H' 相对应。将经过前面电极12、单结晶晶片10以及背面电极14的一个方向作为厚度方向(第1方向)。在图9中,厚度方向是将垂直于前面电极12和背面电极14的方向作为厚度方向。即,厚度方向垂直于单结晶晶片10的结晶方位[100]面。另外,将平行于单结晶晶片10的结晶方位[100]面并且垂直于厚度方向的一个方向作为短轴方向。单结晶晶片10沿着厚度方向被分极。

[0067] 如图9所示,剖开面E' F' G' H' 具有与上述多层形状相对应的大体规则性的凹凸形状。剖开面凹部和凸部的长度例如是200nm。相邻的凹部彼此之间的间隔或相邻的凸部彼此之间的间隔例如是0.5 μ m以上5 μ m以下。

[0068] 另外,可以考虑图8中的多层形状中的凹部与具有垂直纸面朝下的分极方向的分极领域(区域领域)相对应,并且图8中的多层形状中的凸部与具有垂直于纸面朝上的分极方向的分极领域(区域领域)相对应。

[0069] 实施例3中的介电常数和压电常数表示了后述的比较例的1.2以上2倍以下的高值。

[0070] (比较例)

[0071] 作为对比,通过针对具有与实施例3相同构成的未分极的压电振动子,长达5分钟在室温下施加直流电场1.2kV/mm,来执行直流分极,在直流分极之后24个小时后,对介电常数、介电损失以及压电常数进行了测量。

[0072] 其结果是,室温介电常数 ϵ_r 为5500,介质损失率为0.6%,压电常数为1700pC/N。此外,室温介电常数、压电常数以及介质损失率为5个样品的平均值。

[0073] 尽管未图示,但在作为分极处理被施加了直流电场的P1N-PMN-PT(24/45/31)的压电振动子(比较例)中,与剖开面EFGH的一部分($10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$)E' F' G' H' 相对应的部分的剖面像具有楔形形状,并且沿着厚度方向不具有略规则的形状(多层形状)。另外,与剖开面E' F' G' H' 相对应的剖开面的剖开面不具有大体规则的凹凸形状。

[0074] (实施例4)

[0075] 以下,参照图10对使用了经过上述分极工序制作出的压电振动子的超声波探头的结构进行说明。

[0076] 如图10所示,超声波探头100包括背衬材料102、信号用FPC(Flexible Printed Circuit)104、单结晶压电振动元件106、第1声匹配层108、第2声匹配层110、接地用FPC112、以及声透镜114。此外,在图10中,为了使说明简便,将会省略对单结晶压电振动元件1061的前面的第1、第2声匹配层以及接地用FPC的说明。

[0077] 背衬材料102是橡胶制,并且使用具有低声阻抗($A1=2\text{MRayls}$ 以上 6MRayls 以下)的材料及硬度很高的金属。信号用FPC104被设置在背衬材料102的前面侧。在信号用FPC104的前面侧配置有金属配线。单结晶压电振动元件106是通过对上述的压电振动子(设置有电极的单结晶晶片)进行抛光而制作出的。单结晶压电振动元件106具有通过在上述实施例1至3中所说明的铅复合钙钛矿化合物构成的单结晶压电体和单结晶压电体的超声波放射面侧和背面侧未图示的电极(前面电极以及背面电极)。此外,也可以在电极中的单结晶压电体侧设置基极。第1声匹配层108被设置在单结晶压电振动元件106的超声波放射面侧。第1声匹配层108具有在前面侧和背面侧未图示的电极。第2声匹配层110被设置在第1声匹配层108的前面侧。第2声匹配层110具有在前面侧和背面侧未图示的电极。接地用FPC112具有在背面侧的接地用电极。声透镜114被设置在接地用FPC112的前面侧。

[0078] 在单结晶压电体通过PMN-PT(71/29)构成的情况下,图10中的单结晶压电振动元件1061的剖面1JKL的一部分1' J' K' L' 与图2的A' B' C' D' 相对应。此时,1' J' K' L' 中的剖开面的形状与图3以及图4中的剖开面的形状相对应。另外,在单结晶压电体通过P1N-PMN-PT(24/45/31)构成的情况下,图10中的单结晶压电振动元件1061的剖面1' J' K' L' 与图7中的E' F' G' H' 相对应。此时,1' J' K' L' 中的剖开面的形状与图8以及图9中的剖开面的形状相对应。

[0079] 另外,在单结晶压电振动元件106的超声波放射面侧,不仅可以配置2层的声匹配层,还可以配置3层或4层的声匹配层。在多个声匹配层被设置在单结晶压电振动元件106的超声波放射面侧的情况下,声匹配层各自的声阻抗从单结晶压电振动元件106向声透镜114逐步地减小。在声匹配层例如为1层的情况下,单结晶压电振动元件106的正上方的第1个声匹配层(第1声匹配层)具有 25°C 下 4Mrayls 以上 7Mrayls 以下的声匹配层。在声匹配层为2层的情况下,单结晶压电振动元件106的正上方的第1个声匹配层108具有 25°C 下 5Mrayls 以上

10MRayls以下的声匹配层,第2个声匹配层(第2声匹配层110)优选使用具有2MRayls以上4MRayls以下的声匹配层阻抗的材料。

[0080] 优选地,在声匹配层为1层的情况下,第1声匹配层108例如通过向导电材料的碳、作为有机物的环氧树脂添加氧化物粒子调整了声阻抗的材料而制造出。

[0081] 优选地,在声匹配层为2层的情况下,第1声匹配层108例如由碳、含有氧化物的环氧树脂制造出,第2声匹配层110例如由环氧硅以及聚乙烯系树脂材料制造出。另外,在对声匹配层使用绝缘性的环氧材料的情况下,也可以根据需要,通过电镀法等对声匹配层表面赋予导电性。

[0082] 优选地,在声匹配层为3层的情况下,第1声匹配层108例如由玻璃材料制造出,第2声匹配层110例如由碳、在环氧树脂中充填了氧化物的材料制造出,第3声匹配层由聚乙烯系树脂材料以及硅系树脂制造出。另外,在对声匹配层使用绝缘性的材料的情况下,也可以根据需要使用溅射法以及电镀法等对声匹配层表面赋予导电性。

[0083] 图11是表示图10中所说明的超声波探头100的制造方法的流程的流程图。首先,利用在上述压电振动子的制造方法中说明的方法制作压电振动子(步骤Sb1至步骤Sb4)。将信号用FPC104和背衬材料102接合在压电振动子的背面侧(步骤Sb5)。将多个声匹配层接合在压电振动子的超声波放射面侧(步骤Sb6)。从压电振动子的超声波放射面侧到背衬材料,利用切割刀片,以规定的间隔执行抛光(步骤Sb7)。通过这种抛光,压电振动子以及多个声匹配层被分割成多个。通过该分割,在多个单结晶压电体上形成各自对应的多个通道。另外,在抛光之后,也可以利用比交流分极中的pp电场小的电场执行直流分极。另外,还存在着在通过分割产生的间隙的一部分内填充绝缘性树脂的情况。在所填充的树脂硬化之后,将声透镜接合在被进行了分割的声匹配层的前面(步骤Sb8)。

[0084] 以下对使用了通过上述制造方法制造出的超声波探头100的超声波的发送进行说明。将超声波探头100抵接于被检体。然后,在单结晶压电振动元件106的超声波放射面上的电极与单结晶压电振动元件106的超声波放射面上的电极之间施加规定的电压。通过规定电压的施加,单结晶压电振动元件106会发生共振,并产生超声波。所产生的超声波经由第1声匹配层108和第2声匹配层110、以及声透镜114,被发送到被检体。

[0085] 以下对使用了通过上述制造方法制造出的超声波探头100的超声波的接收进行说明。在被检体内产生的超声波经由声透镜114、第1声匹配层108、以及第2声匹配层110,使单结晶压电振动元件106发生振动。单结晶压电振动元件106将由超声波产生的振动转换成电气信号。针对每个通道,根据被检体的深度,电气信号被进行延迟累加。被进行了延迟累加的信号被进行包络线检波以及对数转换,并被显示为图像。另外,通过将第1声匹配层108和第2声匹配层110的声阻抗以逐渐地接近被检体的声阻抗的方式设定在单结晶压电振动元件106的声阻抗(20~30MRayls)和被检体的声阻抗(1.5MRayls)之间,从而能够提高超声波的发送接收效率。

[0086] 另外,构成通道的声匹配层并不局限于2层,也可以是3层或4层。在这种情况下,声匹配层也可以形成在接地用FPC112上。

[0087] 图12是关于具有被执行了基于交流电场的分极处理(以下,称为交流分极)的单结晶压电体的超声波探头100(实施例4),对于频率的灵敏度(以下,称为频谱)与比较例(具有被执行了基于直流电场的分极处理(直流分极)的单结晶压电体的超声波探头)的频谱一

起表示的图。如图12所示,与基于实施例4的超声波探头100有关的频谱和与基于比较例的超声波探头有关的频谱相比较,带域宽且灵敏度高。

[0088] 图13是关于具有被执行了交流分极的单结晶压电体的超声波探头100(实施例4),将基于多个通道输出(灵敏度)分布与比较例(具有被执行了直流分极的单结晶压电体的超声波探头)的输出分布一起表示的图。如图13所示,基于实施例4的超声波探头100中的多个通道的输出的不均(图13的a)小于基于比较例的超声波探头中的多个通道的输出的不均(图13的b)。而且,基于实施例4中的超声波探头100的通道输出大于比较例的超声波探头中的通道输出。即,实施例4的超声波探头100中的灵敏度平均为比较例的灵敏度的1.2倍。即,根据实施例4,与以往相比,灵敏度提高了20%。

[0089] 根据如上所述的构成以及方法,可以获得以下的效果。

[0090] 在压电单结晶元件的制作中,有必要调整精密的材料组成。另外,在不调整组成的情况下,在压电单结晶元件的制作中,需要精密的温度控制且分极所需要的时间变长。另外,对压电振动子要求压电振动子的内部以及多个压电振动子之间的介质和压电常数的均一性。

[0091] 根据本实施方式的压电振动子的制造方法,通过对具有高介电常数和高压电常数的压电振动子进行单结晶创建后的后处理(交流分极),能够以低成本很容易地并且在短时间内制作出。在通过本压电振动子制造方法制作出的压电振动子或本实施方式涉及的压电振动子中,与厚度方向相关的压电振动子的剖开面的形状具有包含规定的厚度的多层形状。并且,也可以考虑多层形状与交流分极后的区域构造相对应。

[0092] 另外,根据本实施方式的超声波探头制造方法,使用具有高介电常数和高压电常数的压电振动子,能够制作出超声波探头。通过本超声波探头制造方法制作出的超声波探头的灵敏度、或本实施方式涉及的超声波探头的灵敏度比使用了通过直流分极被分极的压电振动子的超声波探头的灵敏度提高。本实施方式涉及的超声波探头中的通道之间的特性(灵敏度、输出)的不均比使用了被执行了直流分极的压电振动子的超声波探头减小。而且,与本实施方式涉及的超声波探头有关的频率带宽比使用了被执行了直流分极的压电振动子的超声波探头的频率带宽更宽。另外,由于介质损失也减小,因此驱动超声波探头时的发热也减小。根据这些,通过使用本实施方式涉及的超声波探头,能够提高诊断性能。另外,本实施方式涉及的压电振动子的利用并不局限于实施例4的超声波探头100,例如还能够应用于声响装置(水中声波探知机)、非破坏检查装置、致动器、能量收集元件等。

[0093] 虽然说明了本发明的几个实施方式,但这些实施方式是作为例子而提示的,并不意图限定本发明的范围。这些实施方式能够以其他的各种方式进行实施,在不脱离发明的要旨的范围内,能够进行各种的省略、置换、变更。这些实施方式或其变形与包含于发明的范围或要旨中一样,包含于权利要求书记载的发明及其均等的范围中。

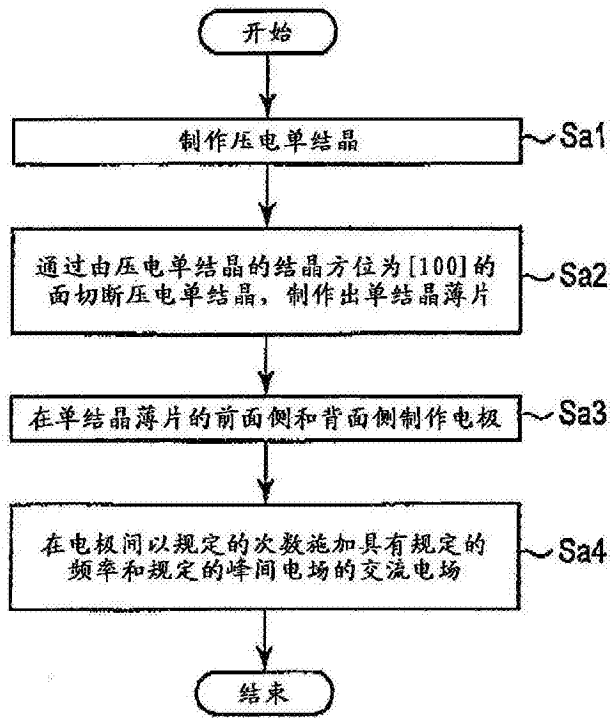


图1

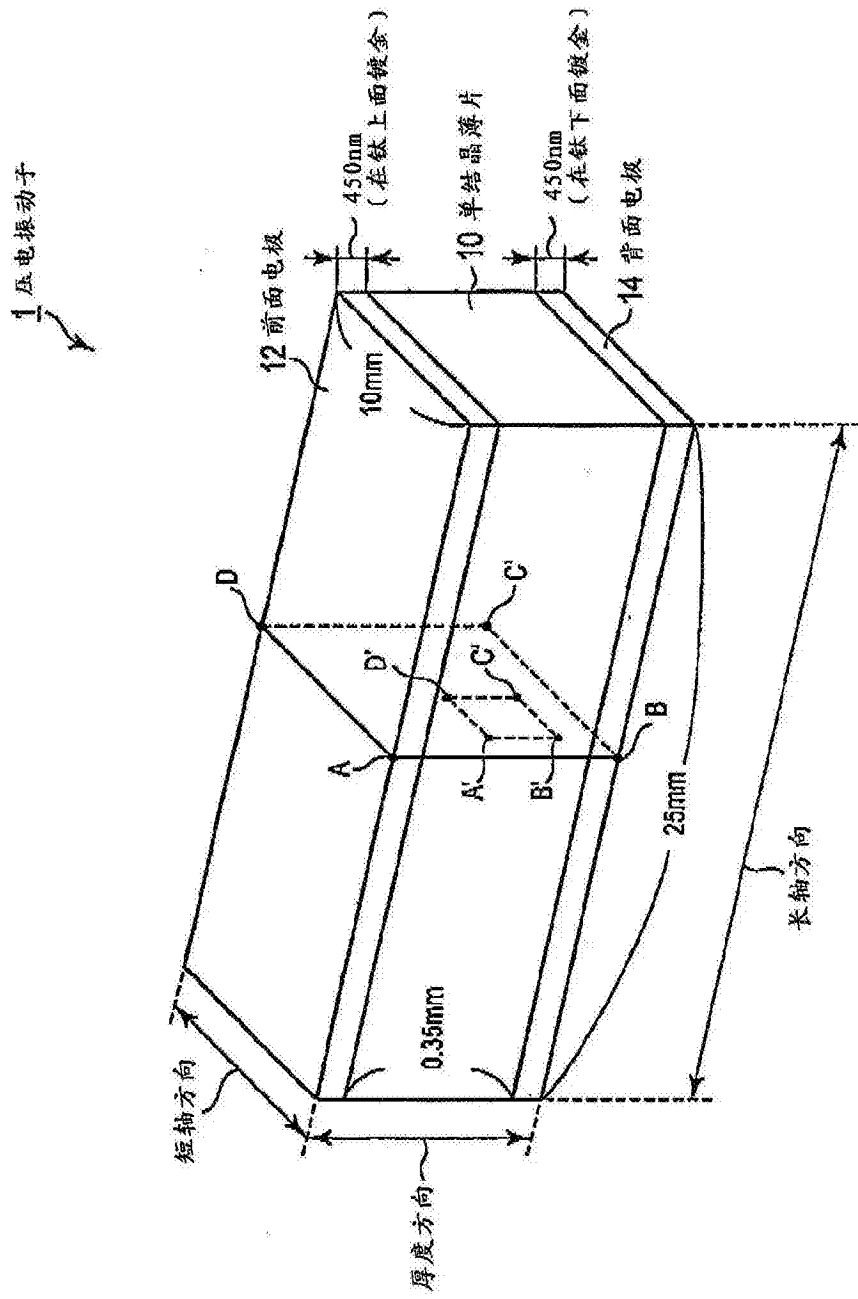


图2

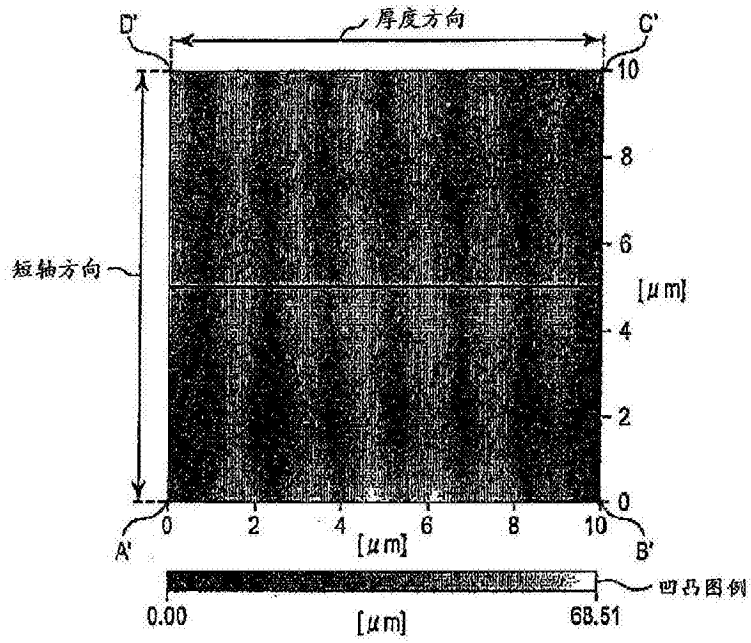


图3

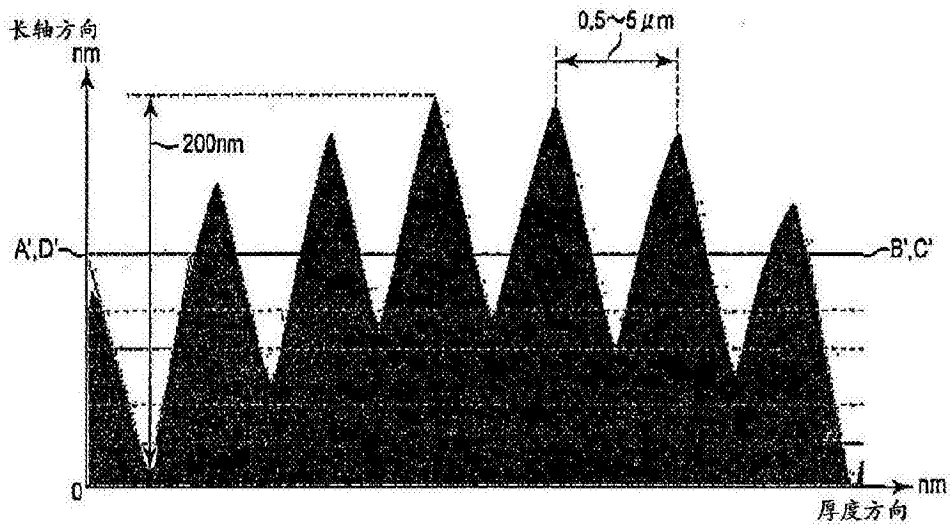


图4

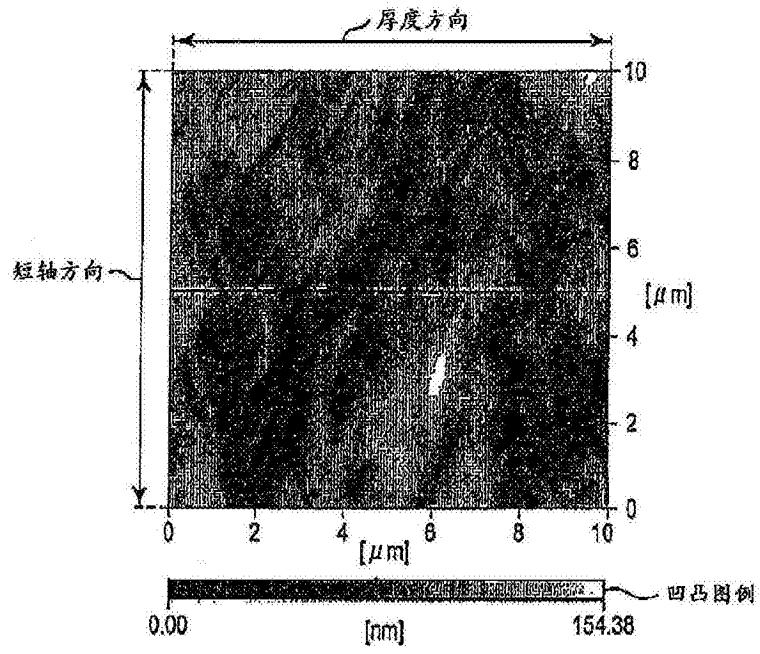


图5

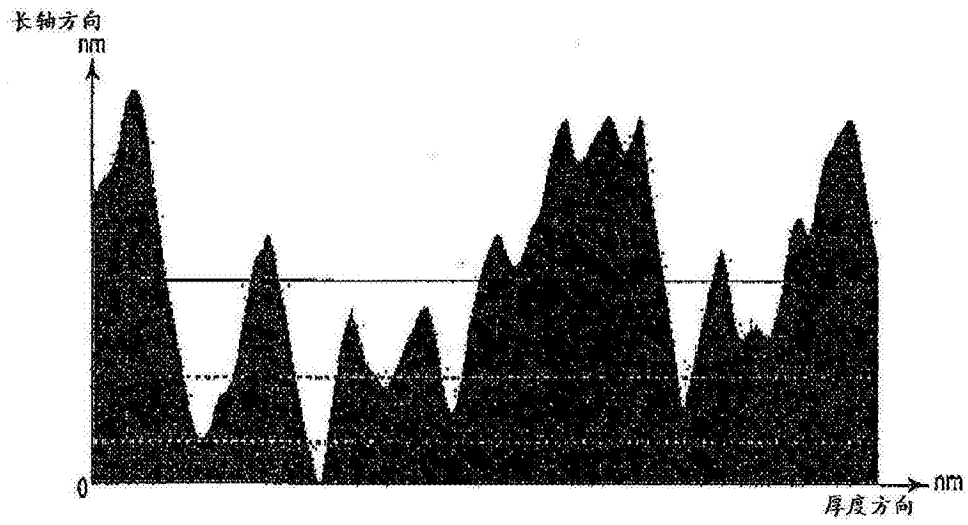


图6

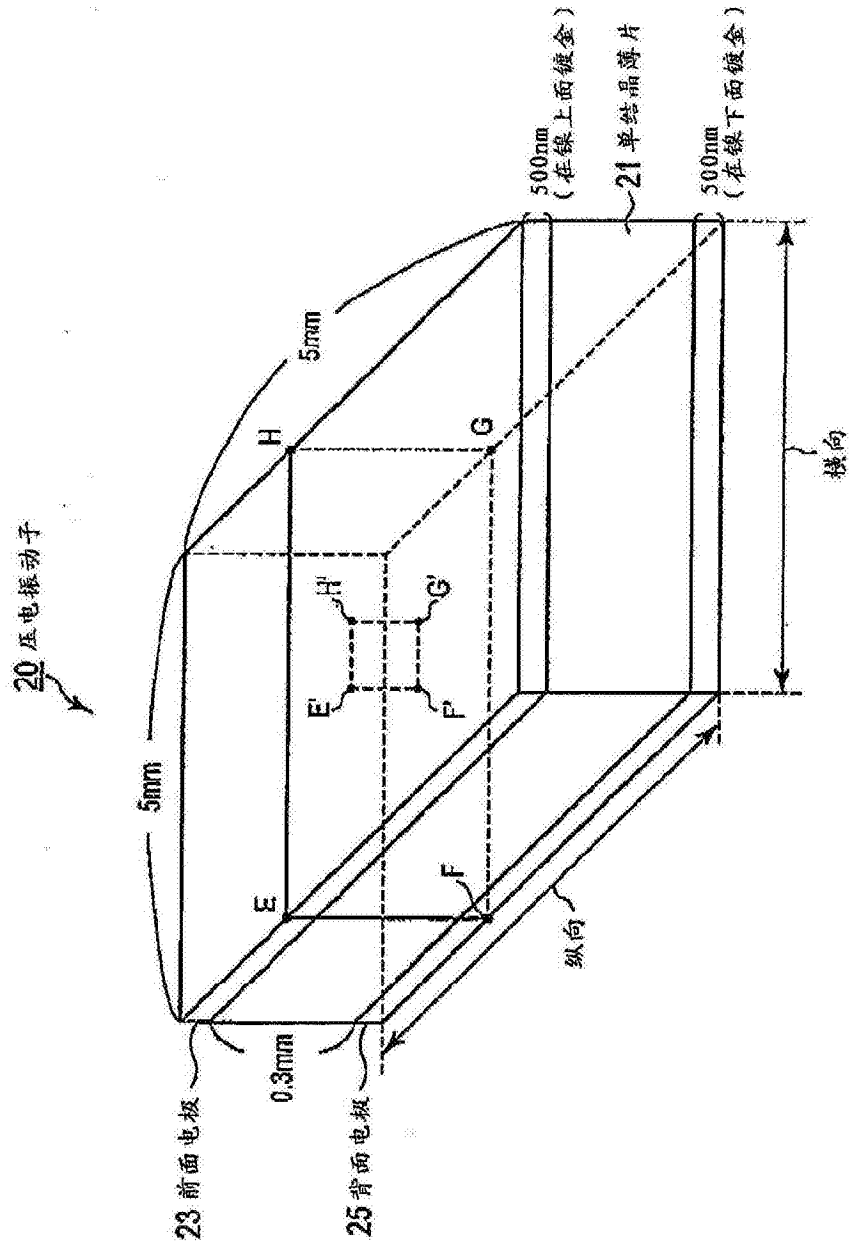


图7

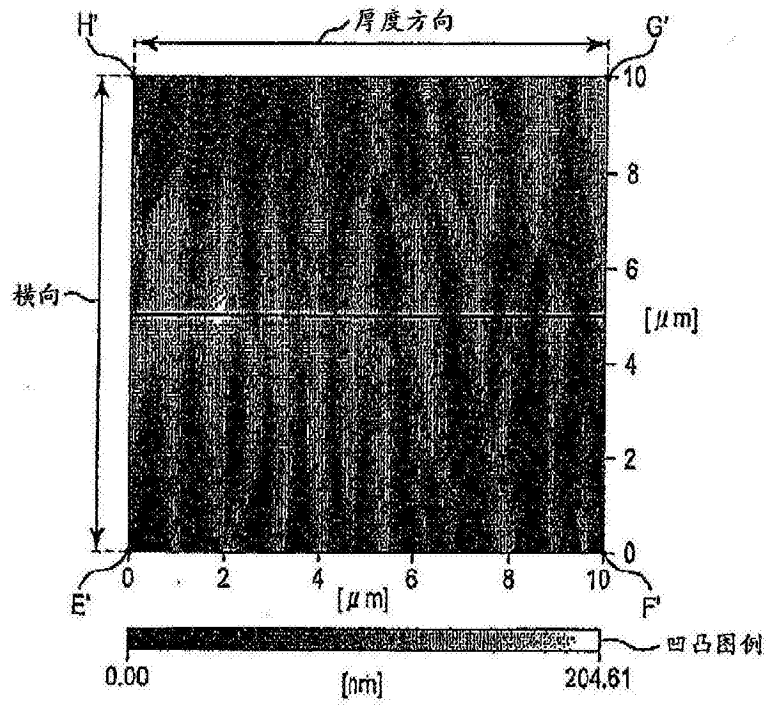


图8

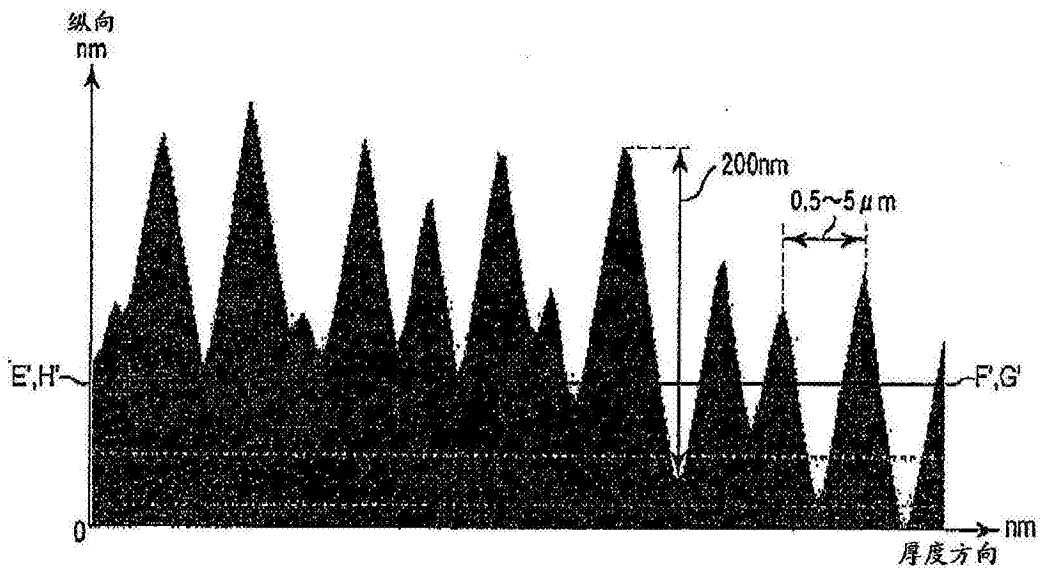


图9

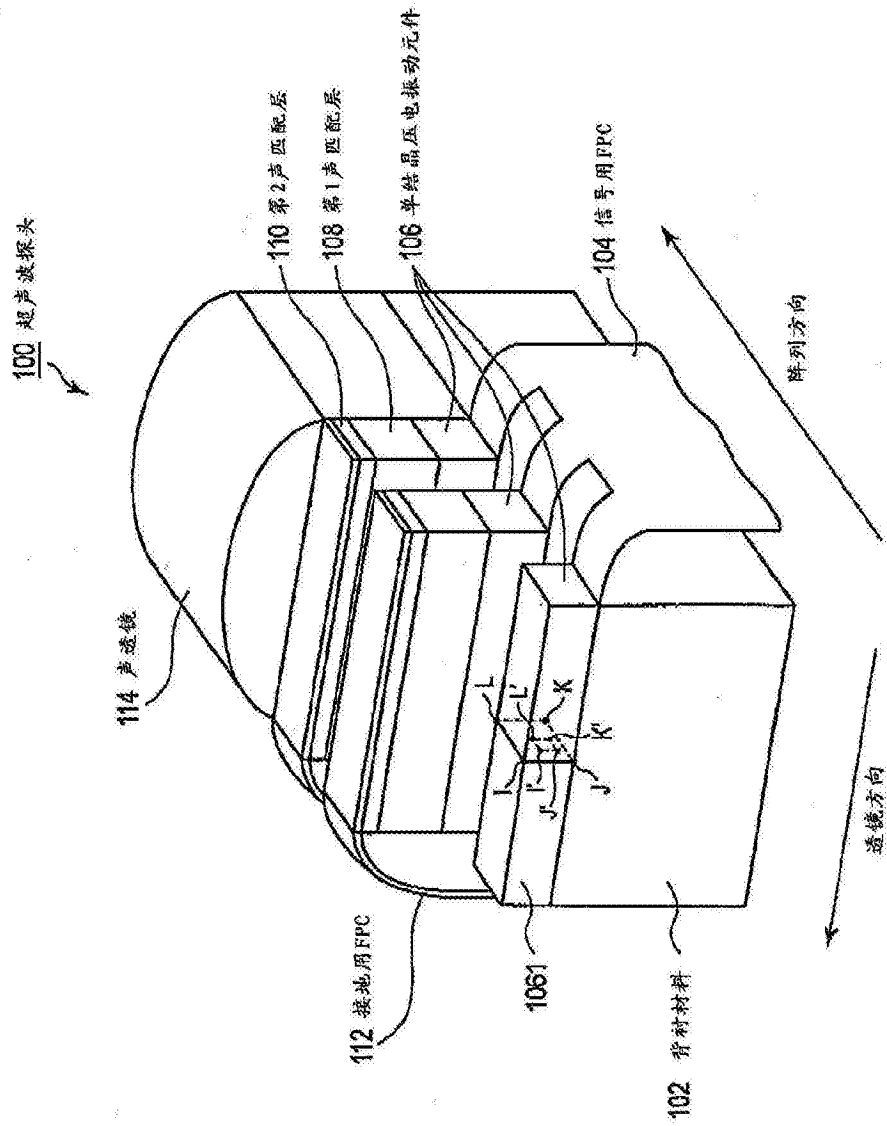


图10

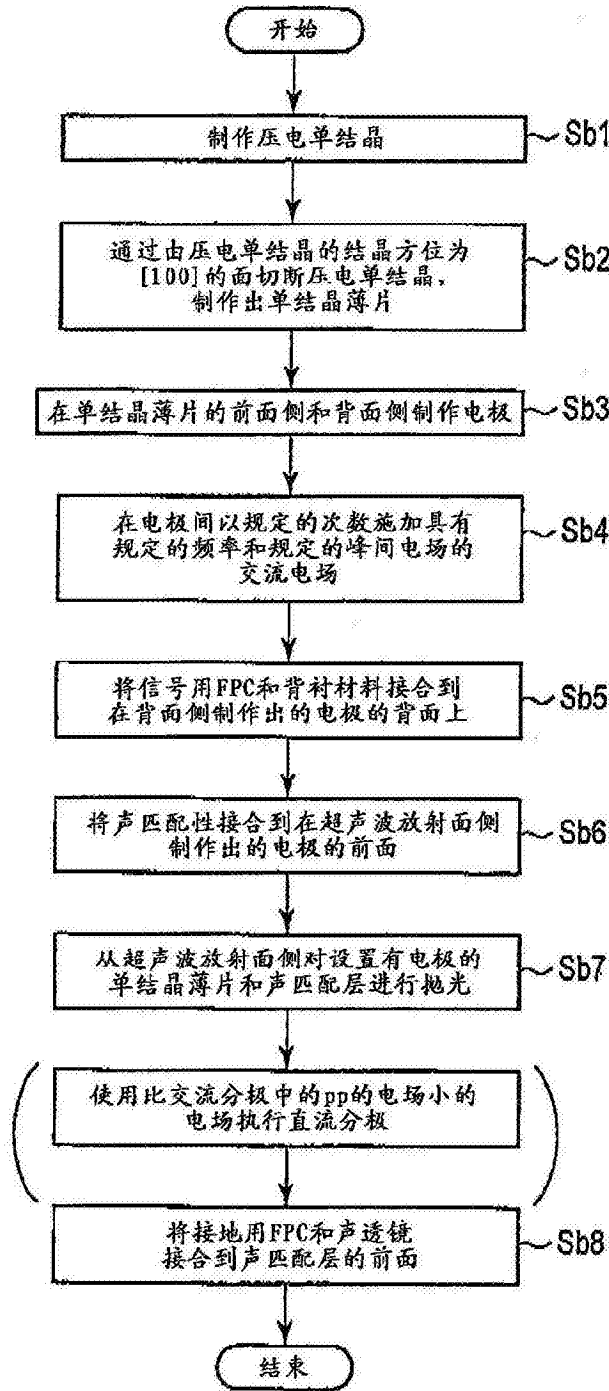


图11

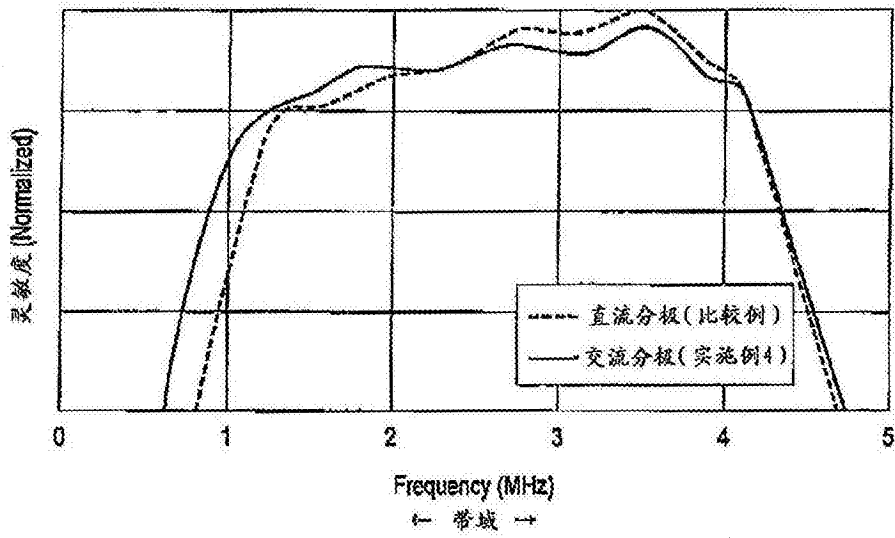


图12

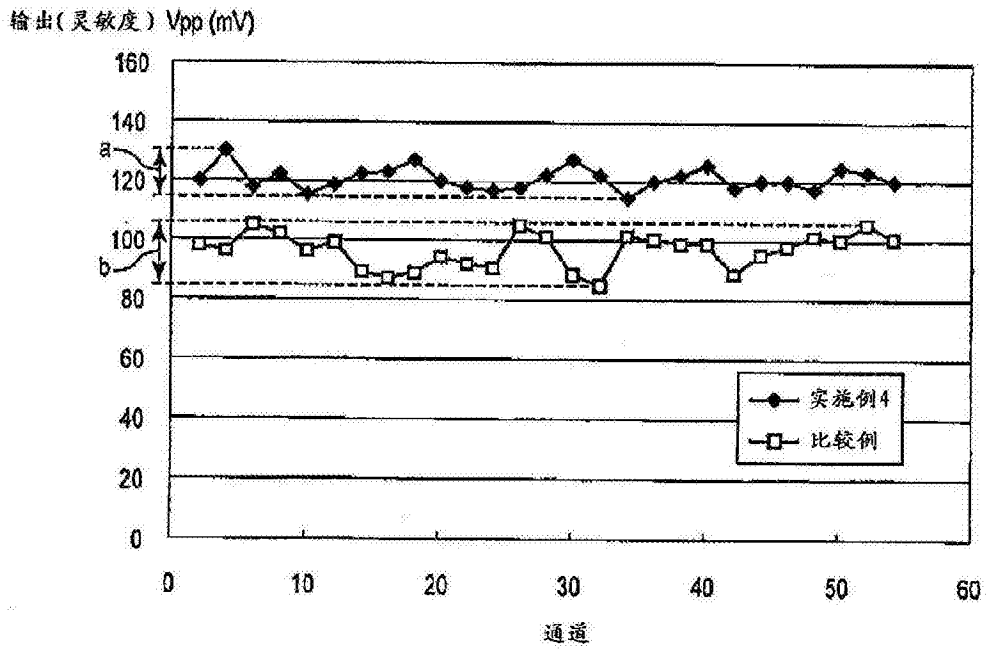


图13

专利名称(译)	超声波探头及其制造方法、以及压电振动子及其制造方法		
公开(公告)号	CN103684335B	公开(公告)日	2018-04-10
申请号	CN201310381638.X	申请日	2013-08-28
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	东芝医疗系统株式会社		
[标]发明人	山本纪子 山下洋八 细野靖晴 逸见和弘 樋口和彦		
发明人	山本纪子 山下洋八 细野靖晴 逸见和弘 樋口和彦		
IPC分类号	H03H9/145 H03H3/02 A61B8/00		
CPC分类号	H01L41/0825 B06B1/0622 B06B1/067 H01L41/18 H01L41/187 H01L41/25 H01L41/257 H01L41/338 Y10T29/42		
代理人(译)	李洋		
优先权	2012187427 2012-08-28 JP		
其他公开文献	CN103684335A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本实施方式涉及的超声波探头具备：具有结晶方位为[100]的面亦即第1面以及与所述第1面对置并且结晶方位为[100]的面亦即第2面的单结晶压电体；被设置在所述单结晶压电体的所述第1面侧的第1电极以及被设置在所述单结晶压电体的所述第2面侧的第2电极；被设置在所述第1电极之上的声匹配层；以及被设置在所述第2电极之下的背衬材料，所述单结晶压电体沿着经过所述第1电极、所述单结晶压电体和所述第2电极的第1方向被分极，包含所述第1方向的剖开面具有沿着所述第1电极或所述第2电极的多层形状，所述多层形状中的各层的厚度为0.5微米以上5微米以下。

