



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119546167 A

(43) 申请公布日 2025. 02. 28

(21) 申请号 202411056248.X

C04B 35/622 (2006.01)

(22) 申请日 2024.08.02

H10N 30/097 (2023.01)

(30) 优先权数据

10-2023-0115727 2023.08.31 KR

(71) 申请人 乐金显示有限公司

地址 韩国首尔

申请人 高丽大学校产学协力团

(72) 发明人 高圣煜 朴承烈 南山 金廷守

李建受 金恩智

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

专利代理师 李栋修 龚泽亮

(51) Int. Cl.

H10N 30/853 (2023.01)

C04B 35/493 (2006.01)

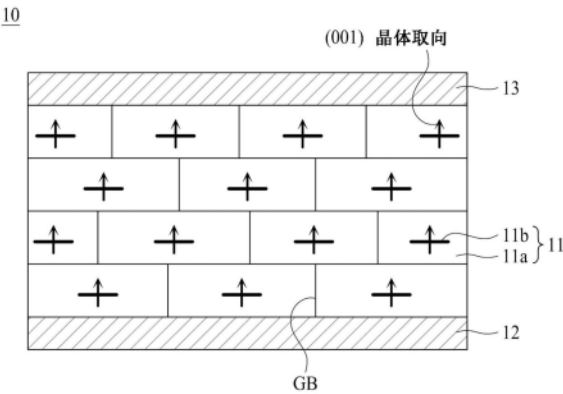
权利要求书3页 说明书26页 附图17页

(54) 发明名称

压电材料组合物、其制造方法、压电装置和包括该压电装置的设备

(57) 摘要

本发明涉及压电材料组合物、其制造方法、压电装置和包括该压电装置的设备。根据本公开的一个方面的压电材料组合物可由式1表示。[式1] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x$ 摩尔 % A + y 体积 % BaTiO_3 其中 A 是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ，并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$ ， $0.29 \leq b \leq 0.38$ ， $0.30 \leq c \leq 0.35$ ， $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。



1. 一种由式1表示的压电材料组合物,
[式1]
$$a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A} + y\text{体积}\% \text{BaTiO}_3$$

其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且
 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。
2. 根据权利要求1所述的压电材料组合物,其中所述压电材料组合物包含:
第一材料;以及
由所述第一材料围绕的第二材料。
3. 根据权利要求2所述的压电材料组合物,其中所述第一材料由式2表示,
[式2]
$$a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A}$$

其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且
 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$ 且 $0.00 \leq x \leq 3.00$ 。
4. 根据权利要求1所述的压电材料组合物,其中所述压电材料组合物的压电电荷常数为400pC/N至1,000pC/N。
5. 根据权利要求2所述的压电材料组合物,其中所述第一材料包含相对于所述压电材料组合物3摩尔%以下的 CuO 。
6. 根据权利要求5所述的压电材料组合物,其中所述第一材料包含相对于所述压电材料组合物1摩尔%至3摩尔%的 CuO 。
7. 根据权利要求6所述的压电材料组合物,其中所述第一材料包含相对于所述压电材料组合物1摩尔%至2摩尔%的 CuO 。
8. 根据权利要求2所述的压电材料组合物,其中所述第二材料包含相对于所述压电材料组合物7体积%以下的 BaTiO_3 。
9. 根据权利要求8所述的压电材料组合物,其中所述第二材料包含相对于所述压电材料组合物1体积%至7体积%的 BaTiO_3 。
10. 根据权利要求2所述的压电材料组合物,其中所述第一材料包括以(001)单一方向取向的多个晶粒,
其中所述第二材料设置在所述多个晶粒中,并且
其中所述多个晶粒通过从所述第二材料反应而生长。
11. 根据权利要求1所述的压电材料组合物,其中所述压电材料组合物的Lotgering因子为70%以上。
12. 根据权利要求1所述的压电材料组合物,其中所述压电材料组合物的相对密度为90%以上。
13. 根据权利要求1所述的压电材料组合物,其中所述压电材料组合物的介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 为2700至4000。
14. 根据权利要求1所述的压电材料组合物,其中所述压电材料组合物的机电耦合因子 k_p 为0.41至0.62。
15. 一种制造压电材料组合物的方法,所述方法包括:
将基质材料与晶种材料混合以制备浆料;

对所述浆料进行成型以制备生坯带;以及

烧结所述生坯带以制备烧结物,

其中所述烧结物由式1表示,

[式1]

$a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A} + y\text{体积}\% \text{BaTiO}_3$

其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且

$0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

16. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述基质材料由式2表示,

[式2]

$a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A}$

其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,

其中 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$ 且 $0.00 \leq x \leq 3.00$ 。

17. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述晶种材料包含 BaTiO_3 。

18. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述晶种材料以相对于所述压电材料组合物7体积%以下添加。

19. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述基质材料包含相对于所述压电材料组合物3摩尔%以下的 CuO 。

20. 根据权利要求15所述的方法, 其中将基质材料与晶种材料混合以制备浆料的步骤包括制备包括基质材料的浆料以及将晶种材料与基质材料混合。

21. 根据权利要求20所述的方法, 其中制备包括基质材料的浆料的步骤包括向基质材料中添加分散剂和溶剂来进行一次浆料研磨, 在一次浆料研磨之后, 通过进一步添加粘合剂和增塑剂来进行二次浆料研磨。

22. 根据权利要求20所述的方法, 其中将晶种材料与基质材料混合的步骤包括将晶种材料与在前一步骤中制备的包括基质材料的浆料混合并且进行三次浆料研磨和四次浆料研磨。

23. 根据权利要求15所述的方法, 其中对所述浆料进行成型以制备生坯带的步骤包括: 对浆料形式的压电材料进行流延、对流延的压电材料进行一次成型、以及对一次成型的压电材料进行二次成型。

24. 根据权利要求15所述的方法, 其中烧结所述生坯带以制备所述烧结物在 950°C 至 1250°C 的温度下进行9小时至10小时。

25. 根据权利要求24所述的方法, 其中烧结所述生坯带以制备所述烧结物在 1250°C 的温度下进行10小时。

26. 一种压电装置, 其包括:

压电装置层, 其包含压电材料组合物, 所述压电材料组合物包含第一材料和由所述第一材料围绕的第二材料;

第一电极部分, 其设置在所述压电装置层的第一表面处; 以及

第二电极部分, 其设置在与所述压电装置层的第一表面不同的第二表面处,

其中所述压电装置层由式1表示,

[式1]

$a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x$ 摩尔% A + y体积% BaTiO_3

其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且

$0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

27. 根据权利要求26所述的压电装置,其中所述第一材料包含相对于所述压电材料组合物3摩尔%以下的 CuO 。

28. 根据权利要求26所述的压电装置,其中所述第二材料包含相对于所述压电材料组合物7体积%以下的 BaTiO_3 。

29. 一种设备,其包括:

振动构件;以及

权利要求26至28中任一项所述的压电装置,所述压电装置设置在所述振动构件的后表面处。

30. 根据权利要求29所述的设备,其中所述振动构件包括以下中的一个或多个:包括被配置为显示图像的多个像素的显示面板、从显示设备投影图像的屏幕面板、发光二极管照明面板、有机发光照明面板、无机发光照明面板、标牌面板、车辆工具的内部材料、车辆工具的外部材料、车辆工具的窗、车辆工具的座椅内部材料、建筑物的天花板材料、建筑物的内部材料、建筑物的窗、飞行器的内部材料、飞行器的窗、木材、塑料、玻璃、金属、布、纤维、纸、橡胶、皮革、碳和镜子。

压电材料组合物、其制造方法、压电装置和包括该压电装置的设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2023年8月31日提交的韩国专利申请第10-2013-0115727号的优先权和权益,其通过引用并入本文,如同在本文中完全阐述。

技术领域

[0003] 本公开涉及压电材料组合物、其制造方法、压电装置和包括该压电装置的设备。

背景技术

[0004] 包含压电材料的压电装置在超声设备、图像设备、声音设备、通信设备和传感器的领域中广泛用于超声振动器、换能器和致动器。

发明内容

[0005] 本发明的发明人已经认识到,将所开发的压电材料实际应用时会出现以下问题。

[0006] 与使用线圈的动态扬声器相比,包含压电材料的压电装置能够小型化并且振动效率更高,因此可以应用于包括发光显示设备的显示设备,例如电视机(TV)。

[0007] 因此,需要具有高压电特性的材料来将包括压电装置的声音设备应用于显示设备或设备。

[0008] 本公开的一个方面旨在提供一种可具有高压电特性的压电材料组合物。

[0009] 本公开的一个方面旨在提供一种制造压电材料组合物的方法,其可以通过使用模板来对压电材料的晶粒进行取向,从而提供具有高压电特性的压电材料组合物,由此增强压电特性。

[0010] 本公开的一个方面旨在提供具有高压电特性的压电装置和包括该压电装置的设备。

[0011] 本公开的一个方面旨在提供一种具有用于开发在室温下提供两种以上晶体结构的材料的各种组合的组成的压电装置,以及一种包括具有增强的压电特性的材料的压电装置。

[0012] 本公开的附加特征、优点和方面将在随后的描述中阐述,并且部分地也将从描述中显而易见,或者可以通过实践本文提供的发明构思而获知。本公开的其他特征、优点和方面可以通过书面描述中特别指出的结构或者可从其导出的结构、其权利要求书以及附图来实现和获得。

[0013] 根据本公开的一个方面的压电材料组合物可由式1表示。

[0014] [式1]

[0015] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A} + y\text{体积}\% \text{BaTiO}_3$

[0016] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0017] 根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的方法可以包括将基质材料与晶种材料混合以制备浆料,对所述浆料进行成型以制备生坯带,以及烧结所述生坯带以制备烧结物。烧结物可由式1表示。

[0018] [式1]

[0019] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A} + y\text{体积}\% \text{BaTiO}_3$

[0020] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0021] 根据本公开的一个方面的压电装置可包括压电装置层,所述压电装置层包含压电材料组合物,所述压电材料组合物包含第一材料和由所述第一材料围绕的第二材料;第一电极部分,其设置在所述压电装置层的第一表面处;以及第二电极部分,其设置在与所述压电装置层的第一表面不同的第二表面处。压电装置层可由式1表示。

[0022] [式1]

[0023] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A} + y\text{体积}\% \text{BaTiO}_3$

[0024] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0025] 根据本公开的一个方面的设备可以包括振动构件,以及设置在所述振动构件的后表面处的压电装置。所述压电装置可包括压电装置层,所述压电装置层包含第一材料和由所述第一材料围绕的第二材料;第一电极部分,其设置在所述压电装置层的第一表面处;以及第二电极部分,其设置在与所述压电装置层的第一表面不同的第二表面处。压电装置层可由式1表示。

[0026] [式1]

[0027] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A} + y\text{体积}\% \text{BaTiO}_3$

[0028] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0029] 根据本公开的一个方面,可以提供具有高压电特性的压电材料组合物、包括该压电材料组合物的压电装置以及包括该压电装置的设备。

[0030] 根据本公开的一个方面,由于压电材料组合物具有高压电特性,因此各自包括该压电材料组合物的压电装置和设备可以用低驱动电压驱动。

[0031] 根据本公开的一个方面,制造压电材料组合物的方法可能进行低温烧结,因此可以显著减少制造压电装置的时间和成本,从而显著提高压电装置的生产率。

[0032] 根据本公开的一个方面,可以提高生产率,因此可以实现制造工艺的优化。

[0033] 其他系统、方法、特征和优点对于本领域技术人员在查看以下附图和详细描述后将是或将变得显而易见。所有这样的附加系统、方法、特征和优点旨在包括在本说明书内、落在本公开的范围内并且由所附权利要求加以保护。本节中的任何内容都不应被视为对权利要求的限制。下面结合本公开的方面来讨论其他方面和优点。

[0034] 应当理解,对本公开的前述描述和以下详细描述都是示例性和解释性的,并且旨在提供对所要求保护的本公开的进一步解释。

附图说明

[0035] 包括附图以提供对本公开的进一步理解并且附图被包含在本公开中并构成本公开的一部分,附图例示了本公开的方面,并且与说明书一起用于解释本公开的原理。

[0036] 图1是示出根据本公开的一个方面的压电装置的截面图。

[0037] 图2示出了根据本公开的一个方面的制造压电装置的方法。

[0038] 图3示出了根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的基质材料的方法。

[0039] 图4示出了根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的晶种材料的方法。

[0040] 图5示出了在制备图4的三次晶种的步骤中发生的晶粒变化。

[0041] 图6A至6C通过扫描电子显微镜 (SEM) 图像示出了在制备图5的三次晶种的步骤中发生的晶粒变化。

[0042] 图7是示出相对于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的CuO含量的X射线衍射图案的图。

[0043] 图8是示出相对于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的CuO含量的相对密度(%)、介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 、损耗因子 $\tan\delta$ 、压电电荷常数 d_{33} 和机电耦合因子 k_p 的图。

[0044] 图9A至9D示出了根据本公开的一个方面的压电材料组合物的晶种含量的X射线衍射仪 (XRD) 测量值。

[0045] 图10A至10D示出了根据本公开的另一方面的压电材料组合物的晶种含量的XRD测量值。

[0046] 图11A至11D示出了根据本公开的另一方面的压电材料组合物的晶种含量的XRD测量值。

[0047] 图12A至12D示出了根据本公开的另一方面的压电材料组合物的晶种含量的XRD测量值。

[0048] 图13示出了相对于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的BaTiO₃含量和烧结温度的Lotgering因子。

[0049] 图14是示出相对于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的相对密度(%)、介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 、损耗因子 $\tan\delta$ 、压电电荷常数 d_{33} 和机电耦合因子 k_p 的图。

[0050] 图15示出了根据本公开的一个方面的汽车声音设备。

[0051] 图16是根据本公开的一个方面的显示设备的透视图。

[0052] 图17是根据本公开的一个方面的沿着图16中的线I-I' 截取的截面图。

[0053] 图18示出了根据本公开的一个方面的图16的压电装置。

[0054] 在整个附图和详细描述中,除非另外描述,否则相同的附图标记应理解为指代相同的元件、特征和结构。为了清楚、说明和/或方便,可以夸大层、区域和元件的尺寸、长度和厚度及其描绘。

具体实施方式

[0055] 现在详细参考本公开的方面,其示例可在附图中示出。在以下描述中,当众所周知的方法、功能、结构或配置的详细描述可能不必要地使本公开的方面模糊时,为了简洁,可省略对此类已知功能或配置的详细描述。所描述的处理步骤和/或操作的进展是非限制性示例。

[0056] 步骤和/或操作的顺序不限于本文所阐述的顺序,并且可改变为以与本文所描述的顺序不同的顺序发生,除了必须以特定顺序发生的步骤和/或操作之外。在一个或多个示例中,两个连续的操作可以基本上同时进行,或者这两个操作可以根据所涉及的功能或操作以相反的顺序或不同的顺序进行。

[0057] 通过参考附图描述的示例性方面来阐明本公开的优点和特征及其实现方法。然而,本公开可以以不同的形式来实施,并且不应被解释为限于本文所阐述的示例性方面。相反,这些示例方面是示例并且被提供为使得本公开可以是彻底和完整的,以帮助本领域技术人员理解本发明构思而不限制本公开的保护范围。

[0058] 本文所公开的形状、尺寸(例如,大小、长度、宽度、高度、厚度、位置、半径、直径和面积)、比例、比率、角度、数量和元件数量等(包括附图中所示的那些)仅仅是示例,因此,本公开不限于所示的细节。本文描述为“示例”的任何实现不一定被解释为优选于或优于其他实现。然而,应当注意,附图中所示的部件的相对尺寸是本公开的一部分。

[0059] 当相对于一个或多个元件使用“包括”、“具有”、“包含”、“含有”、“构成”、“由……制成”或“由……形成”等术语时,可以添加一个或多个其他元件,除非使用诸如“仅”等术语。本公开中使用的术语仅用于描述示例方面,并且不旨在限制本公开的范围。单数形式的术语可包括复数形式,除非上下文另有明确指示。

[0060] 词语“示例性”用于表示用作示例或说明,除非另有说明。实施方式是示例实施方式。方面是示例方面。“方面”和“示例”等不应被解释为优选于或优于其他实现。方面、示例或示例方面等可以是指一个或多个方面、一个或多个示例或一个或多个示例方面等,除非另有说明。此外,术语“可以”涵盖术语“能”的所有含义。

[0061] 在一个或多个方面,除非另有明确说明,否则元件、特征或对应信息(例如,水平、范围、尺寸或大小等)被解释为包括误差或容差范围,即使在没有提供此类误差或容差范围的明确描述的情况下。误差或容差范围可由各种因素(例如,工艺因素、内部或外部影响、或噪声等)引起。在解释数值时,该值被解释为包括误差范围,除非另有明确说明。

[0062] 在描述位置关系时,当例如使用“上”、“上面”、“之上部”、“上方”、“下”、“之上”、“之下”、“下方”、“附近”、“靠近”、“邻近”、“旁边”、“紧邻”或“在或在一侧”等来描述两个部分(例如,层、膜、区域、部件或部分等)之间的位置关系时,一个或多个其他部分可以位于两个部分之间,除非使用诸如“立即(地)”、“直接(地)”或“靠近(地)”等更限制性的术语。例如,在结构被描述为位于另一结构“上”、“上面”、“之上部”、“上方”、“下”、“之上”、“之下”、“下方”、“附近”、“靠近”、“邻近”、“旁边”、“紧邻”或“在或在一侧”等的情况下,该描述应当被解释为包括结构彼此接触的情况以及一个或多个附加结构被设置或插入其间的情况。此外,术语“前”、“后”、“背部”、“左”、“右”、“顶部”、“底部”、“向下”、“向上”、“上部”、“下部”、“上”、“下”、“列”、“行”、“垂直”和“水平”等是指任意参照系。

[0063] 空间相对术语,诸如“之下”、“下方”、“下部”、“上”、“之上”和“上部”等可用于描述如附图中所示的各种元件(例如,层、膜、区域、部件或部分等)之间的相关性。空间相对术语应被理解为除了附图中描绘的取向之外还包括使用或操作中的元件的不同取向的术语。例如,如果附图中所示的元件被翻转,则被描述为在其他元件“之下”或“下方”的元件将被取向在其他元件“之上”。因此,作为示例术语的术语“之下”可以包括“之上”和“之下”的所有方向。同样,示例性术语“之上”或“上”可以包括“之上”和“之下”的两个方向。

[0064] 在描述时间关系时,当时间顺序被描述为例如“之后”、“随后”、“接下来”、“之前”、“在前”或“先于”等时,可以包括不连续或不连续的情况,因此其间可发生一个或多个其他事件,除非使用诸如“正好”、“立即(地)”或“直接(地)”等更限制性的术语。

[0065] 应当理解,尽管术语“第一”或“第二”等可以在本文中用于描述各种元件(例如,层、膜、区域、部件或部分等),但这些元件不应被这些术语限制到例如元件的任何特定顺序、优先级或数量。这些术语仅用于区分一个元件与另一元件。例如,在不脱离本公开的范围的情况下,第一元件可以被称为第二元件,并且类似地,第二元件可以被称为第一元件。此外,在不脱离本公开的范围的情况下,根据本领域技术人员的方便,可以任意地命名第一元件和第二元件等。为了简洁起见,这些元件(例如,第一元件和第二元件等)的功能或结构不受元件前面的序号或名称的限制。此外,第一元件可以包括一个或多个第一元件。类似地,第二元件等可以包括一个或多个第二元件等。

[0066] 在描述本公开的元件时,可以使用术语“第一”、“第二”、“A”、“B”、“(a)”或“(b)”等。这些术语旨在从其他元件中识别对应的元件,并且这些术语不用于定义元件的本质、序列、基础、顺序或数量。

[0067] 对于元件(例如,层、膜、区域、部件或部分等)被描述为“连接”、“联接”、“附接”或“粘附”等到另一元件的表述,该元件不仅可以直接连接、联接、附接或粘附等到另一元件,而且还可以间接连接、联接、附接或粘附等到另一元件,其中在元件之间设置或插入有一个或多个中间元件或层,除非另有说明。

[0068] 对于元件(例如,层、膜、区域、部件或部分等)与另一元件“接触”或“交叠”等的表述,该元件不仅可以与另一元件直接接触或交叠等,而且还可以与另一元件间接接触或交叠等,其中在元件之间设置或插入有一个或多个中间元件,除非另有说明。

[0069] 术语“至少一个”应被理解为包括一个或多个相关列出项的任何和所有组合。例如,“第一项、第二项或第三项中的至少一个”以及“第一项、第二项和第三项中的至少一个”的短语各自可以表示(i)由第一项、第二项和第三项中的一个或多个提供的项的组合,或者(ii)第一项、第二项和第三项中的仅一个。

[0070] 第一元件、第二元件“和/或”第三元件的表述应被理解为涵盖第一、第二和第三元件中的一个,以及第一、第二和第三元件的任何和所有组合。举例来说,A、B和/或C涵盖仅A;仅B;仅C;A、B和C中的任何(例如,A、B或C);A、B和C的一些组合(例如,A和B;A和C;或B和C);以及A、B和C的全部。此外,表达“A/B”可以理解为A和/或B。例如,表达“A/B”可以是指仅A;仅B;A或B;或A和B。

[0071] 在一个或多个方面,除非另有说明,否则为了方便,术语“之间”和“当中”可以简单地互换使用。例如,表述“在多个元件之间”可以理解为在多个元件当中。在另一示例中,表述“在多个元件当中”可以理解为在多个元件之间。在一个或多个示例中,元件的数量可以是两个。在一个或多个示例中,元件的数量可以多于两个。此外,当元件(例如,层、膜、区域、部件或部分等)被称为在至少两个元件“之间”时,该元件可以是至少两个元件之间的唯一元件,或者也可以存在一个或多个中间元件。

[0072] 在一个或多个方面,除非另有说明,否则为了方便,短语“彼此”和“相互”可以简单地互换使用。例如,表述“彼此不同”可以理解为相互不同。在另一示例中,表述“相互不同”可以理解为彼此不同。在一个或多个示例中,前述表达中涉及的元件的数量可以是两个。在

一个或多个示例中,前述表达中涉及的元件的数量可以多于两个。

[0073] 在一个或多个方面,除非另有说明,否则为了方便,短语“其中的一个或多个”和“一个以上”可以简单地互换使用。

[0074] 本公开的各种实施方式的特征可以部分地或完全地彼此联接或组合,可以技术上彼此关联,并且可以以各种方式一起操作、链接或驱动。本公开的方面可以彼此独立地实现或执行,或者可以以相互依赖或相关的关系一起实现或执行。在一个或多个方面,根据本公开的各个方面的每个设备的部件可操作地联接和配置。

[0075] 除非另有定义,否则本文使用的术语(包括技术和科学术语)具有与示例方面所属领域的普通技术人员通常理解的相同的含义。还应当理解,诸如在常用词典中定义的那些术语应被解释为具有例如与其在相关领域的上下文中的含义一致的含义,并且不应以理想化或过于正式的意义进行解释,除非本文另有明确定义。

[0076] 在以下描述中,将参考附图详细描述本公开的各个示例方面。关于每个附图的元件的附图标记,相同的元件可以在其他附图中示出,并且相同的附图标记可以指代相同的元件,除非另有说明。相同或相似的元件可以用相同的附图标记表示,即使它们在不同的附图中被描绘。

[0077] 另外,为了便于描述,附图中所示的每个元件的比例、尺寸、大小和厚度可以与实际比例、尺寸、大小和厚度不同。因此,本公开的方面不限于附图中所示的比例、尺寸、大小和厚度。

[0078] 本公开的发明人通过数次实验开发出压电材料组合物的烧结方法和模板晶粒生长(TGG)压电材料组合物的组成,从而开发出具有高压电特性的压电材料。例如,TGG可以是由晶种进行TGG的工艺。例如,非TGG可以是在不使用晶种的情况下随机进行晶粒生长过程的工艺。

[0079] 图1是示出根据本公开的一个方面的压电装置的截面图。这是示出包括通过TGG工艺制造的压电材料组合物的压电装置的截面图。

[0080] 参考图1,根据本公开的一个方面的压电装置10可包含压电材料组合物11、第一电极层12和第二电极层13。

[0081] 压电材料组合物11可以设置在第一电极层12和第二电极层13之间。压电材料组合物11可表示为下式1。

[0082] [式1]

[0083] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A} + y\text{体积}\% \text{BaTiO}_3$

[0084] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0085] 压电材料组合物11可包含配置有第一材料11a和第二材料11b的多个晶粒。配置有第一材料11a和第二材料11b的多个晶粒各自可以被晶界GB划分。第一材料11a可表示为下式2。

[0086] [式2]

[0087] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{A}$

[0088] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$ 且 $0.00 \leq x \leq 3.00$ 。

[0089] 第一材料11a可以是式1中除了第二材料11b之外的材料。例如,第一材料11a可以是式1中的除了作为第二材料11b的 BaTiO_3 之外的材料。例如,式2可以通过在式1中去除作为晶种材料的 BaTiO_3 来获得。例如,第一材料11a可以包含 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 和 NiO 中的一种。例如,当第一材料11a包含 CuO 时, CuO 可以以0摩尔%至3摩尔%添加到式1的压电材料组合物中。例如, CuO 可以以3摩尔%以下添加到式1的压电材料组合物中。例如, CuO 可以以1.0摩尔%添加到式1的压电材料组合物中。

[0090] 因此,本公开的一个方面可包含 CuO ,因此可进一步增强压电材料的可烧结性。

[0091] 此外,本公开的一个方面可包含 CuO ,从而提供能够在低温下烧结的压电材料组合物。

[0092] 第一材料11a的晶粒可以基于第二材料11b的晶体取向而生长。例如,第二材料11b的纵横比可以为5至20。例如,根据本公开的另一方面的压电材料组合物11可以包括多个第一材料11a。例如,多个第一材料11a可具有相同或基本相同的晶体取向。例如,多个第一材料11a可具有(001)晶体取向。例如,多个第一材料11a可具有以(001)取向生长的晶体结构。例如,根据本公开的一个方面的第一材料11a可以被配置为围绕第二材料11b。根据本公开的一个方面的第一材料11a可以通过下面参考图2和3描述的制备基质材料的方法来制备。

[0093] 第二材料11b可形成在第一材料11a中。第二材料11b可由第一材料11a围绕。第二材料11b可设置在第一材料11a的中心部分处。例如,中心部分可能不是在数值上精确地对应于具有一定体积的第一材料11a中的中心(或中间),而可能是包括具有一定体积的第一材料11a的中心(或中间)的一定区域。例如,中心部分可以是在具有一定体积的第一材料11a中从第一材料11a的中心延伸的区域。因此,在本公开的一个方面,即使当第二材料11b设置在偏离第一材料11a的中心(或中间)的位置时,这也可在本公开的范围内。例如,第二材料11b可设置在多个第一材料11a中的每一个中,并且在晶粒取向生长中,第二材料11b可设置在靠近作为多个第一材料11a之间的边界的晶界GB。根据本公开的一个方面的第二材料11b可以是晶种材料。例如,第二材料11b可以包含 BaTiO_3 。例如, BaTiO_3 可以以0体积%至7体积%添加到式1的压电材料组合物中。例如, BaTiO_3 可以以7体积%以下添加到式1的压电材料组合物中。例如,第二材料11b可以用作模板,使得第一材料11a在烧结工艺中以第二材料11b的晶体取向生长。例如,第一材料11a可基于第二材料11b的晶体取向而烧结。因此,多个第一材料11a的晶体取向可以以相同或基本相同的取向进行取向。根据本公开的一个方面的第二材料11b可以通过下面参考图2和4描述的制备晶种材料的方法来制备。

[0094] 第一电极层12和第二电极层13可以被配置为彼此面对,其间具有压电材料组合物11。例如,第一电极层12可以配置在压电材料组合物11的第一表面(或下表面)处,第二电极层13可以配置在压电材料组合物11的第二表面(或上表面)处。根据本公开的一个方面的压电材料组合物11可以基于分别配置在第一表面(或下表面)和第二表面(或上表面)处的第一电极层12和第二电极层13而用作压电装置10。

[0095] 图2示出了根据本公开的一个方面的制造压电装置的方法。这可表示制造参考图1的根据本公开的一个方面的包括压电材料组合物的压电装置的方法。

[0096] 参考图2,根据本公开的一个方面的制造包括压电材料组合物的压电装置的方法S100可以包括制备压电材料组合物的晶种材料和基质材料的步骤S110、将基质材料与晶种材料混合以制备浆料的步骤S120、对该浆料进行成型以制备成型元件的步骤S130、烧结该

成型元件以制备烧结材料的步骤S140以及在烧结的压电材料组合物中形成电极的步骤S150。压电材料组合物可表示为下式1。

[0097] [式1]

[0098] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_{3+x}$ 摩尔% A + y 体积% BaTiO_3

[0099] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ，并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$ ， $0.29 \leq b \leq 0.38$ ， $0.30 \leq c \leq 0.35$ ， $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0100] 首先，在制备压电材料组合物的基质材料和晶种材料的步骤S110中，基质材料可以通过在式1中去除作为晶种的 BaTiO_3 来获得，并且可以通过下述制备基质材料的方法S10制备。例如，晶种材料可具有 BaTiO_3 的组成并且可具有 $5\mu\text{m}$ 以上的尺寸，但本公开的方面不限于此。例如，基于过滤方法，晶种可具有 $5\mu\text{m}$ 以下的值。晶种的纵横比可以为5至40或10至15。晶种可以通过下述晶种的制造方法S20制备。例如，晶种材料可以以7体积%以下添加到式1的压电材料组合物中，但本公开的方面不限于此。因此，可进行制备压电材料组合物的基质材料和晶种材料的步骤S110。

[0101] 随后，方法100可以包括将基质材料与晶种材料混合以制备浆料的步骤S120。将基质材料与晶种材料混合以制备浆料的步骤S120可以包括制备包括基质材料的浆料以及将晶种材料与基质材料混合。

[0102] 制备包括基质材料的浆料的步骤可以向具有式1的组成的基质材料中添加适量的分散剂和溶剂。例如，溶剂可以包括乙醇、甲醇、异丙醇、甲基乙基酮(MEK)、甲苯和蒸馏水中的一种以上，但本公开的方面不限于此。通过向基质材料中添加适量的分散剂和溶剂，可以制备基质材料在溶剂中良好分散的浆料。根据本公开的一个方面，分散剂可以降低包括基质材料的浆料的粘度，并且可以用于将第一材料11a和第二材料11b分散在溶剂中。例如，制备浆料的步骤可以通过进行四次的研磨步骤来制备，但本公开的方面不限于研磨步骤的次数。

[0103] 例如，可以通过将适量的溶剂和分散剂添加到制备的基质材料浆料中来进行一次浆料研磨。一次浆料研磨可以是球磨。例如，一次浆料研磨可以在100rpm至150rpm的范围内进行24小时至72小时，但本公开的方面不限于此。例如，一次浆料研磨可以在100rpm至150rpm的范围内进行12小时至16小时，但本公开的方面不限于此。例如，一次浆料研磨可以是湿磨。例如，一次浆料研磨可以在将基质粉末、溶剂和分散剂与 ZrO_2 球(例如，YSZ球)一起放入尼龙或高密度聚乙烯(HDPE)等Nalgene瓶中之后，在100rpm至150rpm的范围内进行24小时至72小时，但本公开的方面不限于此。

[0104] 例如，在一次浆料研磨之后，可以通过进一步添加适量的粘合剂和增塑剂来进行二次浆料研磨。二次浆料研磨可以是球磨。例如，二次浆料研磨可以在100rpm至150rpm的范围内进行6小时至24小时。例如，二次浆料研磨可以是湿磨。例如，在将粘合剂和增塑剂添加到一次浆料研磨中之后，可以与 ZrO_2 球(例如，YSZ球)一起在100rpm至150rpm的范围内进行二次浆料研磨6小时至25小时，但本公开的方面不限于此。

[0105] 粘合剂(或粘结剂或粘剂)可以提供成型元件(或生坯带)的刚度、柔性、延展性、耐久性、韧性和平滑性。粘合剂可以包括聚乙烯醇缩丁醛(PVB)树脂、聚乙烯醇(PVA)和聚乙二醇(PEG)中的至少一种，但本公开的方面不限于此，并且可以使用压电材料组合物领域中的粘合剂。

[0106] 可以添加增塑剂以提供成型元件的弹性和塑性特性。增塑剂可以包括邻苯二甲酸酯类增塑剂、己二酸酯类增塑剂、磷酸酯类增塑剂、聚醚类增塑剂和聚酯类增塑剂中的至少一种,并且可以使用压电材料组合物领域中的增塑剂材料。

[0107] 将晶种材料与基质材料混合的步骤可以是将晶种材料与在前一步骤中制备的包括基质材料的浆料混合并且可以通过三次浆料研磨和四次浆料研磨进行。例如,三次浆料研磨可以在没有球的情况下以20rpm至30rpm的低速进行3至6小时,但本公开的方面不限于此。例如,研磨工艺可以以低于一次浆料研磨和二次浆料研磨的速度进行短时间。例如,三次浆料研磨可以通过在去除 ZrO_2 球之后添加晶种来在20rpm至30rpm的范围内进行3小时至6小时,但本公开的方面不限于此。

[0108] 例如,四次浆料研磨可以在三次浆料研磨之后进行。四次浆料研磨可以通过在500rpm至2,000rpm的范围内进行三次行星式研磨10分钟来进行,但本公开的方面不限于此。例如,四次浆料研磨可以均匀分布BT晶种材料(例如BT晶种($BaTiO_3$))。因此,根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的方法可将晶种材料与基质材料混合以均匀分布。

[0109] 本公开的一个方面还可以包括在四次浆料研磨之后的老化步骤和去除气泡和气体的脱气步骤。

[0110] 脱气步骤可以是在下述对压电材料进行成型的步骤中调节浆料以具有用于成型工艺的适当粘度并去除浆料中残留的气泡。例如,脱气步骤可以在室温下通过真空搅拌器进行调节以具有1,000cPs至3,000cPs(厘泊)的粘度,但本公开的方面不限于此。例如,脱气步骤可以在室温下通过真空搅拌器进行调节以具有1,700cPs至2,400cPs、或2,000cPs(厘泊)的粘度,但本公开的方面不限于此。因此,可去除浆料中的气泡,并且可通过挥发溶剂来调节粘度。

[0111] 老化步骤可以再次将温度调节至室温,因为当溶剂在脱气步骤中挥发时浆料被冷却。例如,在老化步骤中,可以通过搅拌器以约10rpm的低速进行短时间搅拌,但本公开的方面不限于此。因此,可配置具有浆料形式的压电材料。

[0112] 随后,对浆料进行成型(或压制成型)以制备成型元件的步骤S130可以包括通过在步骤S120中制备的基质材料和晶种材料彼此混合的浆料(或压电材料)制造具有一定体积和形状的成型元件。

[0113] 例如,对浆料(或压电材料)进行成型以制备成型元件的步骤可以包括:对压电材料进行流延、对流延的压电材料进行一次成型、以及对一次成型的压电材料进行二次成型。

[0114] 流延步骤可以通过流延装置(或刮刀)对在前一步骤中制备的基质材料与晶种材料混合的浆料进行流延。例如,在90℃以上进行流延时,由于溶剂的蒸发速度快,制造的片材可能破裂,或者可能出现空隙等缺陷。因此,流延装置的各区间的温度条件可以为30℃至小于90℃。

[0115] 可以将流延的压电材料(或片材)堆叠(或层压),然后可以在55℃至75℃下用2,500psi/cm²至4,000psi/cm²的压力压制10分钟至30分钟,但本公开的方面不限于此。例如,可以将流延的压电材料(或片材)堆叠,然后可以在60℃下用3,000psi/cm²的压力压制10分钟,但本公开的方面不限于此。

[0116] 对流延的压电材料进行一次成型的步骤可以通过温等静压(WIP)进行,并且对流延的压电材料进行二次成型的步骤可以通过冷等静压(CIP)进行,并且可用于在下述烧结

步骤中增加烧结材料的密度。此外,在根据本公开的一个方面的压电材料组合物中,WIP可以在基于堆叠和层压(例如流延)制备成型元件的情况下进行。例如,通过WIP,堆叠的压电材料可以在60℃下用3,000psi/cm²以上的压力保持和压制10分钟,但本公开的方面不限于此。

[0117] 对压电材料进行成型的步骤S130还可以包括在一次成型之后的脱脂步骤。脱脂步骤可以是去除溶剂或有机材料。脱脂步骤可将成型元件在炉中在250℃至600℃的温度范围内保持24小时至72小时,然后可以将成型元件冷却至室温,但本公开的方面不限于此。例如,在脱脂步骤中,可以基于其中使用的分散剂、粘合剂和增塑剂的种类来调节炉的温度和保持时间。

[0118] 对压电材料进行成型的步骤S130可以包括在脱脂步骤之后进行二次成型。例如,二次成型步骤可以通过CIP进行。例如,二次成型步骤可以在室温下进行,并且可以在28,000psi至30,000psi下保持压电材料8分钟至12分钟,但本公开的方面不限于此。例如,二次成型步骤可以在室温下进行,并且可以在29,000psi下保持压电材料10分钟,但本公开的方面不限于此。

[0119] 随后,烧结成型元件以制备烧结材料的步骤S140可以在一个温度区间内进行,然后可以冷却。例如,烧结温度可以在950℃至1,250℃的范围内,但本公开的方面不限于此。例如,当对成型体进行低温烧结时,低温烧结可以在900℃至930℃或700℃至800℃下进行。例如,烧结保持时间可以为2小时至8小时,但本公开的方面不限于此。

[0120] 随后,在烧结材料中形成电极的步骤S150可以在前一步骤中制备的压电材料烧结材料的第一表面以及压电材料烧结材料的与第一表面相对的第二表面上形成电极。例如,第二表面可以与第一表面不同,或者可以与第一表面相对。例如,电极可以包括金属,例如,可以通过涂覆金属(例如,Ag)来形成,但本公开的方面不限于此,并且电极可以在不限于一般电极的情况下使用。例如,可以在烧结材料中形成电极,温度可以以5℃/分钟的升温速度升高,电极可以在600℃下保持10分钟,然后可以在室温下自然冷却,并且可以在20℃至40℃的温度下施加3kV/mm的电场约20分钟,从而在电极上进行极化(polarization或poling)工艺,但本公开的方面不限于此。

[0121] 根据本公开的一个方面,制造压电材料组合物的方法可以显著减少制造压电装置的时间和成本,从而显著提高压电装置的生产率。

[0122] 根据本公开的一个方面,可以提高生产率,因此可以实现制造工艺的优化。

[0123] 图3示出了根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的基质材料的方法。这示出了上面参考图2描述的基质材料的制造方法。

[0124] 参考图3,根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的基质材料的方法可以包括对原料进行称量的步骤S11、对称量的原料进行混合的步骤S12、对混合的原料进行煅烧和合成的步骤S13以及对合成的基质材料进行研磨的步骤S14。对原料进行称量的步骤S11可以独立于制造方法进行,或可以省略。例如,根据本公开的一个或多个方面的制造基质材料的方法可以从混合具有式2的原料开始。在以下描述中,基于制造压电材料组合物的方法的条件(例如,温度、压力和时间)可不限本公开的细节。

[0125] 首先,对原料进行称量的步骤S11可以是基于摩尔比对原料进行称量,添加适量的溶剂。

[0126] 根据本公开的一个方面的基质材料可表示为下式2。

[0127] [式2]

[0128] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_{3+x}$ 摩尔%A

[0129] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ，并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$ ， $0.29 \leq b \leq 0.38$ ， $0.30 \leq c \leq 0.35$ 且 $0.00 \leq x \leq 3.00$ 。

[0130] 根据本公开的一个方面，满足式2的基质材料可以是包括(Pb,Zr,Ti)-(Pb,Ni,Nb)相并称为PZT-PNN的化合物。

[0131] 满足式2的基质材料的原料可以包括氧化铅(PbO)、氧化镍(NiO)、氧化锆(ZrO_2)、氧化钛(TiO_2)、氧化铌(Nb_2O_5)和氧化铜(CuO)。然而，本公开的方面不限于此。例如，原料可以包括包含相应正离子(例如， Pb^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Zr^{4+} 、 Ti^{4+} 和 Cu^{2+})的氧化物。例如，对原料进行称量的步骤S11可以是基于待合成的组成的摩尔比对原料进行称量，将称量的原料放入尼龙罐中，并添加适量的溶剂(例如乙醇)的工艺，但本公开的方面不限于此。例如，根据本公开的一个方面的包括PZT-PNN组合物的基质材料可以通过合成PZT组合物粉末和PNN组合物粉末、将PZT组合物粉末和PNN组合物粉末混合并对混合的组合物粉末进行煅烧来制备，但本公开的方面不限于此。

[0132] 根据本公开的一个方面的基质材料可包含CuO。例如，CuO可以以3摩尔%以下添加。例如，CuO可以以1.0摩尔%添加。因此，根据本公开的一个方面的压电材料可包含CuO，因此可能进行低温烧结且可增加压电材料的可烧结性。例如，低温烧结温度可以为950℃，但本公开的方面不限于此。

[0133] 随后，对原料进行混合的步骤S12可以通过球磨工艺对称量的原料和溶剂(乙醇)进行混合和研磨。例如，球磨工艺可以在100rpm至150rpm的范围内进行12小时至36小时，但本公开的方面不限于此。

[0134] 本公开的一个方面还可以包括在对原料进行混合的步骤S12之后分离与溶剂混合的粉末的干燥步骤。这里，干燥步骤可以将研磨的基质材料放入盘中并且可以在100℃的温度下对研磨的基质材料进行干燥，但本公开的方面不限于此。例如，干燥可以进行3小时，但本公开的方面不限于此。因此，可以去除与原料混合的乙醇。

[0135] 随后，本公开的一个方面可以包括对原料进行煅烧的步骤S13。对原料进行煅烧的步骤S13可以是对一次混合的原料进行相合成。煅烧步骤S13可以在混合完成后用研钵将干燥的化合物精细研磨，将研磨的化合物放入氧化铝坩埚中，在电炉中以5℃/分钟的升温速度升高研磨化合物的温度，在750℃至850℃下将化合物煅烧3小时至6小时，并且在室温(或常温)下将煅烧的化合物冷却或自然冷却。例如，煅烧温度可以为700℃至900℃，并且保持时间可以为1小时至6小时，但本公开的方面不限于此。因此，在本公开的一个方面，可以去除原料的碳酸盐，并且原料可以均匀地反应以形成均匀的钙钛矿相。

[0136] 随后，对煅烧结束的基质材料进行研磨的步骤S14可以是将基质材料与YSZ球和溶剂(乙醇)一起放入Nalgene瓶中并通过球磨工艺对基质材料进行研磨以形成小颗粒，但本公开的方面不限于此。

[0137] 此外，研磨步骤还可以包括在研磨步骤S14之后分离与溶剂混合的粉末的干燥步骤。这里，干燥步骤可以将研磨的基质材料放入盘中并且可以在100℃的温度下充分干燥研磨的基质材料。例如，干燥可以进行3小时，但本公开的方面不限于此。

[0138] 此外,根据本公开的一个方面,对相合成的基质材料进行研磨的步骤S14还可以包括对材料进行筛分。

[0139] 筛分步骤可以是通过40目筛过滤掉由研钵精细研磨的干燥粉末,以产生包括具有一定尺寸以下的颗粒的粉末。通过40目筛的粉末的尺寸可以为400 μm 以下,但本公开的方面不限于此。

[0140] 图4示出了根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的晶种材料的方法。这示出了在上面参考图2描述的压电材料组合物的制造方法中晶种材料的制造方法。

[0141] 参考图4,根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的晶种材料的方法可以包括对晶种材料进行一次称量的步骤S21、制备一次晶种的步骤S22、进行二次称量的步骤S23、制备二次晶种的步骤S24、进行三次称量的步骤S25以及制备三次晶种的步骤S26。例如,制备一次晶种和二次晶种的步骤可以通过熔盐法制备,制备三次晶种的步骤S26可以通过拓扑化学法制备。例如,熔盐法可以是用于制造特定纳米结构类型的粉末的工艺,并且可以是将基质组合物与原料和具有低熔点的盐基粉末混合以在高温下进行热处理的方法。盐基粉末可以在高温下熔融以用作溶剂,并且原料可以在熔融的溶剂中反应以形成具有纳米结构的粉末。例如,熔融的原料和溶剂可以在熔融状态下冷却,并且在冷却后可以通过水去除盐。因此,可以获得具有形态不受损的纳米结构的粉末。

[0142] 首先,对晶种材料进行一次称量的步骤S21可以是基于摩尔比对一次晶种材料进行称量的步骤。这里,待合成的组成可以是 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 。

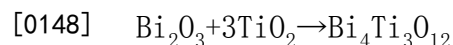
[0143] 例如,对晶种材料进行一次称量的步骤S21可以是基于待合成的组成的摩尔比对 Bi_2O_3 、 TiO_2 、 NaCl 和 KCl 进行称量并将称量的材料放入尼龙罐中的步骤。例如,在一次称量步骤S21中, NaCl 与 KCl 的比率可以为1:1,但本公开的方面不限于此。

[0144] 随后,制备一次晶种的步骤S22可以包括将称量的材料混合的步骤以及对混合的材料进行相合成的步骤。

[0145] 例如,混合步骤可以通过球磨工艺混合和研磨一次晶种材料12小时的步骤。此外,制备一次晶种的步骤S22还可以包括在混合和研磨完成后进行干燥以去除水的步骤。这里,干燥步骤可以将一次混合的晶种材料放入盘中并且可以在100 $^{\circ}\text{C}$ 至120 $^{\circ}\text{C}$ 的温度下干燥混合的晶种材料,但本公开的方面不限于此。

[0146] 例如,相合成步骤可以是将一次晶种材料混合并干燥、在1,100 $^{\circ}\text{C}$ 下将干燥的一次晶种材料煅烧6小时并且在室温(或常温)下将煅烧的一次晶种材料冷却或自然冷却的步骤,但本公开的方面不限于此。例如,可以通过去离子水(DI-水)清洗冷却的一次晶种材料。此时,可以清洗原料中包含的盐。因此,可以按照以下化学式1制造具有板状的 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 。

[0147] [化学式1]



[0149] 随后,对晶种材料进行二次称量的步骤S23可以是基于摩尔比对二次晶种材料进行称量的步骤。这里,二次晶种中待合成的组成的摩尔比可以是 $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 。

[0150] 例如,对晶种材料进行二次称量的步骤S23可以是基于待合成的组成的摩尔比对一次材料(例如 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 、 BaCO_3 、 TiO_2 、 BaCl_2 或 KCl)进行称量,并将称量的一次材料放入尼龙罐中的步骤。

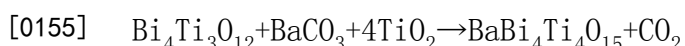
[0151] 随后,制备二次晶种的步骤可以包括将在前一步骤中称量的材料混合的步骤以及

对混合的材料进行相合成的步骤。

[0152] 例如,可以将称量的材料与溶剂混合,并且可以通过使用磁棒的搅拌进行混合。此外,制备二次晶种的步骤S24还可以包括在混合完成后进行干燥的步骤。这里,干燥步骤可以将一次混合的二次晶种材料放入盘中并在100℃至120℃的温度下进行干燥,但本公开的方面不限于此。例如,干燥可以在搅拌的同时进行3小时,但本公开的方面不限于此。

[0153] 例如,对混合的材料进行相合成的步骤可以是将一次晶种材料混合并干燥、在1,080℃下将干燥的二次晶种材料煅烧1小时并且在室温(或常温)下将煅烧的一次晶种材料冷却或自然冷却的步骤,但本公开的方面不限于此。例如,可以通过使用去离子水清洗二次晶种材料。此时,可以清洗原料中包含的盐。因此,可以按照以下化学式2制造具有板状的 $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 。

[0154] [化学式2]



[0156] 随后,三次称量步骤S25可以是放入二次晶种粉末和包含用于取代二次晶种粉末的铋(Bi)的钠(Na)的材料并且基于组成的摩尔比对该材料进行称量的步骤。这里,三次晶种的组成可以是 BaTiO_3 。因此,在下文中,三次晶种可以称为“BT晶种”。

[0157] 例如,三次称量步骤S25可以是基于待合成的组成的摩尔比对二次材料(例如, $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 BaCO_3 、 NaCl 和 KCl)进行称重,并将称量的二次材料放入尼龙罐中的步骤。

[0158] 随后,制备三次晶种的步骤S26可以包括将三次称量的材料混合的步骤以及进行拓扑化学反应的步骤。

[0159] 例如,混合步骤可以是将乙醇放入三次称量的材料中,将磁棒放入烧杯中,并以80rpm进行6小时搅拌的工艺,但本公开的方面不限于此。

[0160] 此外,制备三次晶种的步骤还可以包括将混合的二次称量材料干燥的步骤。这里,干燥步骤可以将化合物(或混合物)放入盘中并且可以在80℃至100℃的温度下将化合物干燥3小时至6小时,但本公开的方面不限于此。

[0161] 此外,温度可以以10℃/分钟的升温速度从室温升至950℃,然后可以保持3小时,然后将干燥完成的混合粉末自然冷却,但本公开的方面不限于此。

[0162] 例如,进行拓扑化学反应的步骤可以将干燥的三次晶种材料放入坩埚中并且可以在950℃下进行3小时,但本公开的方面不限于此。通过进行拓扑化学反应,二次晶种中包含的Bi可以被Na取代。这里,进行拓扑化学反应的步骤可以称为三次煅烧。制备三次晶种的步骤S26还可以包括清洗拓扑化学反应完成的三次晶种的步骤。

[0163] 例如,清洗三次晶种的步骤可以通过80℃以上的蒸馏水清洗和过滤三次晶种二至十次,以便去除在BT晶种上浸染的氯化钠(NaCl),但本公开的方面不限于此。可以通过过滤去除残留的离子 Na^+ 和 Cl^- ,并且过滤后可以在90℃至100℃的烘箱中进行干燥3小时至6小时。因此,可以按照以下化学式3制造 BaTiO_3 。 BaTiO_3 可以具有板状。

[0164] [化学式3]



[0166] 另外,在根据本公开的一个方面的制备晶种材料的方法中,即使在清洗和过滤之后,也可以用硝酸进行多次酸处理,以便去除残留在BT晶种中的 Bi^{3+} 离子和 Bi_2O_3 ,然后可以在酸处理之后用水进行中和清洗。例如,可以将硝酸放入烧杯中,可以放入BT晶种,并且可

以每10分钟进行摇动。这可重复进行10分钟至2小时,但本公开的方面不限于此。例如,可以用硝酸进行酸处理20分钟两至三次来使铋残留材料离子化,然后可以过滤。例如,氯化钠(NaCl)与氯化钾(KCl)的比率可以为1:4(摩尔),但本公开的方面不限于此。

[0167] 此外,为了去除一些残留的硝酸中和以及 Bi^{3+} 离子,可以通过蒸馏水进行清洗一至两次,然后可以通过过滤去除残留离子 Bi^{3+} 。过滤后可以在90℃至100℃的烘箱中进行干燥3小时至6小时。

[0168] 因此,可以制备根据本公开的一个方面的具有板状的 BaTiO_3 。

[0169] 图5示出了在制备图4的三次晶种的步骤中发生的晶粒变化。在图5中,在图5的左侧示出的具有 Bi_2O_2 ($\text{Bi}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$) 组成的晶体结构示出了一次晶种 ($\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$),并且在图5的中心区域示出的具有 Bi_2O_2 ($\text{BaBi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{13}$) 组成的晶体结构示出了二次晶种 ($\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$)。在图5中,在图5的右侧示出的具有 BaTiO_3 组成的晶体结构示出了三次晶种,并且可以称为BT晶种。

[0170] 参考图5,具有 Bi_2O_2 ($\text{Bi}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$) 组成的一次晶种的晶体结构可以是在 Bi_2O_2 之间配置有在 TiO_6 八面体之间设置有Bi的层的结构。此外,具有 Bi_2O_2 ($\text{BaBi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{13}$) 组成的二次晶种的晶体结构可以是在 Bi_2O_2 之间配置有在 TiO_6 八面体之间设置有钡(Ba)和铋(Bi)的层的结构。此外,具有 BaTiO_3 组成的三次晶种的晶体结构可以是 TiO_3 八面体为中心由钡(Ba)围绕的结构。

[0171] 例如,在制备三次晶种的步骤中,可以通过拓扑化学反应将二次晶种改变为三次晶种。这里,拓扑化学反应可以表示在固相化学反应中,母晶粒的取向方向和产物的晶粒取向方向在取向方向上具有不同关系但保持晶体颗粒的形状的化学反应。

[0172] 因此,如图5所示,在将二次晶种的钛(Ti)元素取代为钡(Ba)元素的过程中,在 Bi_2O_2 之间配置有在 TiO_6 八面体之间设置有Ba和Bi的层的结构可以改变为具有 BaTiO_3 组成的单一结构。

[0173] 图6A至6C示出了扫描电子显微镜(SEM)图像,在图5的制备三次晶种的步骤中发生晶粒变化。图6A显示一次晶种,图6B显示二次晶种,图6C显示三次晶种。

[0174] 参考图6A至6C,可以看出,通过制备一次晶种、二次晶种和三次晶种的步骤容易地制造具有板结构的 BaTiO_3 晶种。

[0175] 图7是示出相对于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的CuO含量的X射线衍射图案的图。在图7中,X轴表示X射线衍射的 2θ (度)值,纵轴表示相对强度。

[0176] 本公开的发明人已经测量了相对于作为上面参考图1描述的压电材料组合物的基质材料的式2中x的变化的X射线衍射图案,以便分析基于氧化铜(CuO)含量的X射线衍射图案。例如,上面参考图1描述的压电材料组合物的基质材料可以是排除晶种的基质材料,并且可以表达为非TGG压电材料组合物。非TGG可以是在没有晶种的情况下随机进行晶粒生长过程。非TGG压电材料组合物的组成可以是 $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x$ 摩尔%CuO。例如,根据本公开的一个方面的压电材料组合物被配置为 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$ 。例如,在根据本公开的一个方面的压电材料组合物中,x的值(或CuO含量)被准备为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0。例如,在根据本公开的一个方面的压电材料组合物中,各样品的烧结温度被准备为950℃,烧结时间被准备为10小时。

[0177] 参考图7,在根据本公开的一个方面的非TGG压电材料组合物中,当CuO含量(或式1

中x的值)为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0时,可以确认晶粒生长在(100)取向和(110)取向上进行。

[0178] 此外,当CuO含量(或式2中x的值)分别为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0时,可以确认压电材料组合物具有纯钙钛矿结构,没有因添加CuO而导致的晶体结构变化,并且观察到非常少量的二次相。因此,在本公开的一个方面,可以确认压电材料组合物在950℃的低温下顺利烧结。

[0179] 图8是示出相对于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的氧化铜(CuO)含量的相对密度(%)、介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 、损耗因子 $\tan\delta$ 、压电电荷常数 d_{33} 和机电耦合因子 k_p 的图。在图8中,基于组合物的CuO含量变化的各样品的组成通过与图5的非TGG组合物的样品相同的方法制备,并且x的值分别设定为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0。

[0180] 参考图8,在CuO含量分别为0.0和0.5的样品中,根据本公开的一个方面的相对密度(%)被测量为77.6%和92.2%。在CuO含量分别为1.0、1.5、2.0、2.5和3.0的所有样品中,根据本公开的一个方面的相对密度(%)表示99.4%至99.7%的值。因此,确认了随着添加CuO,烧结在低温下顺利进行,并且当添加1.0摩尔%至3.0摩尔%的CuO时,确认了烧结进行至接近100%的相对密度。

[0181] 介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 在CuO含量为0.0的样品中被测量为2069,并且在CuO含量分别为0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0的样品中表示2867至3169的值。当CuO含量分别为0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0时,介电常数被测量为2867、2792、2887、3088、3169和3140。因此,在本公开的一个方面,确认了与不添加CuO的情况相比,在添加CuO的情况下,介电常数增加更多。

[0182] 损耗因子 $\tan\delta$ 在CuO含量分别为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0的样品中具有0.02至0.05的值。在损耗因子 $\tan\delta$ 方面,与不添加CuO的情况相比,在添加CuO的情况下,介电常数稍微增加,但介电常数差异不大。此外,损耗因子 $\tan\delta$ 在CuO含量为1.0至2.5的情况下表示相似值。因此,确认了CuO含量对损耗因子 $\tan\delta$ 的影响不大。

[0183] 压电电荷常数 d_{33} 在CuO含量分别为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0的样品中表示400pC/N至550pC/N的值。压电电荷常数 d_{33} 在CuO含量分别为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0的样品中表示400pC/N、505pC/N、515pC/N、535pC/N、550pC/N、540pC/N和520pC/N的值。与CuO含量为0.0的情况相比,在CuO含量为0.5的情况下,压电电荷常数 d_{33} 增加更多。在压电电荷常数 d_{33} 方面,CuO含量增加到0.5至2.0,但随着CuO含量增加到2.5和3.0,压电电荷常数 d_{33} 再次降低。因此,在本公开的一个方面,当CuO含量为2.0时,压电电荷常数 d_{33} 最高,因此,确认了压电特性良好。

[0184] 机电耦合因子 k_p 在CuO含量分别为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0的样品中表示0.30至0.53的值。机电耦合因子 k_p 在CuO含量分别为0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5和3.0的样品中表示0.30、0.48、0.55、0.57、0.57、0.55和0.53的值。与CuO含量为0.0的情况相比,在CuO含量为0.5的情况下,机电耦合因子 k_p 增加约0.18。确认了在CuO含量为1.0至3.0的情况下,机电耦合因子 k_p 具有0.53至0.57的值。确认了在CuO含量为1.5和2.0的情况下,机电耦合因子 k_p 具有0.57的最高值。

[0185] 本公开的发明人已经通过分析相对密度(%)、损耗因子 $\tan\delta$ 、压电电荷常数 d_{33} 和机电耦合因子 k_p 来计算CuO含量的最佳条件。例如,根据本公开的一个方面,确认了在CuO含量的最佳条件为1.0至2.0的情况下,压电材料具有最佳的压电特性。

[0186] 图9A至9D示出了根据本公开的一个方面的压电材料组合物的晶种含量的X射线衍射仪(XRD)测量值。

[0187] 本发明的发明人已经测量了相对于上面参考图1描述的压电材料组合物的式1中y的变化的X射线衍射图案,以便分析基于晶种含量的X射线衍射图案。例如,上面参考图1描述的压电材料组合物可包含晶种且可表达为TGG压电材料组合物。TGG压电材料组合物的组成可以是 $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_3 + x\text{摩尔}\% \text{CuO} + y\text{体积}\% \text{BaTiO}_3$ 。例如,根据本公开的一个方面的压电材料组合物被配置为 $0.15 \leq a \leq 0.24, 0.29 \leq b \leq 0.38, 0.30 \leq c \leq 0.35, 0.00 \leq x \leq 3.00$ 。例如,在图9A至9D中,y的值(或 BaTiO_3 的含量)被设定为1。例如,在图9A至9D中,制备了烧结温度为 950°C 、 $1,050^\circ\text{C}$ 、 $1,150^\circ\text{C}$ 和 $1,250^\circ\text{C}$ 并且烧结时间为10小时的样品。这样的实验条件并不限制本公开的细节。

[0188] 参考图9A至9D,确认了压电材料组合物以钙钛矿结构合成,并且在所有样品中未观察到二次相和未反应相。

[0189] 下表1可以是示出参考图9A至9D描述的烧结温度分别为 950°C 、 $1,050^\circ\text{C}$ 、 $1,150^\circ\text{C}$ 和 $1,250^\circ\text{C}$ 的样品的Lotgering因子的表。

[0190] [表1]

[0191]	BaTiO ₃ 的(体积%)	烧结温度	Lotgering因子(%)
	1	950°C	12.7
	1	1,050°C	14.2
	1	1,150°C	27.5
	1	1,250°C	70.0

[0192] 参考表1,基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的Lotgering因子随着烧结温度增加而增加。例如,Lotgering因子表示样品的取向程度,当Lotgering因子为100%时,可以认为取向完全进行。例如,Lotgering因子 $L_f(\%)$ 可以表示为以下数学式1。

[0193] [数学式1]

$$[0194] \quad L_f(\%) = \frac{p - p_0}{1 - p_0}$$

[0195] 在数学式1中,p可表示由数学式1计算的取向程度, p_0 可表示随机取向的相同或基本相同的组成的压电材料组合物中 I_{001} 的分数。取向程度p可以计算为以下数学式2。

[0196] [数学式2]

$$[0197] \quad p = \frac{\sum I_{001}}{\sum I_{001} + \sum I_{\text{non-001}}}$$

[0198] 在数学式2中, $I_{(001)}$ 可表示以(001)表示的(001)和(002)等衍射峰,并且 $I_{\text{non-(001)}}$ 可表示不以(001)表示的(110)、(111)、(210)和(211)等衍射峰。

[0199] 根据本公开的一个方面, BaTiO_3 的含量为整个压电材料组合物的1体积%并且烧结温度为 950°C 、 $1,050^\circ\text{C}$ 、 $1,150^\circ\text{C}$ 和 $1,250^\circ\text{C}$ 的样品的Lotgering因子分别被测量为12.7%、14.2%、27.5%和70.0%。

[0200] 根据本公开的一个方面,确认了在 BaTiO_3 的含量为1体积%的条件下,随着烧结温度升高到 950°C 、 $1,050^\circ\text{C}$ 、 $1,150^\circ\text{C}$ 和 $1,250^\circ\text{C}$,Lotgering因子增加。因此,本发明的发明人确认了,在 BaTiO_3 的含量为整个压电材料组合物的1体积%的条件下,当烧结温度为 $1,250^\circ\text{C}$

℃时,样品的取向程度最佳。

[0201] 图10A至10D示出了根据本公开的另一方面的压电材料组合物的晶种含量的XRD测量值。

[0202] 图10A至10D用于分析相对于晶种含量的X射线衍射图案,并且以与图9A至9D相同的方式制备样品。然而,在图10A至10D中,y的值(或BaTiO₃的含量)被设定为3。因此,在下文中,将仅描述不同的元件。

[0203] 参考图10A至10D,确认了压电材料组合物以钙钛矿结构合成,并且在所有样品中未观察到二次相和未反应相。

[0204] 下表2可以是示出参考图10A至10D描述的烧结温度分别为950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃的样品的Lotgering因子的表。

[0205] [表2]

BaTiO ₃ 的(体积%)	烧结温度	Lotgering因子(%)
3	950℃	36.6
3	1,050℃	39.4
3	1,150℃	63.5
3	1,250℃	88.7

[0207] 参考表2,基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的Lotgering因子随着烧结温度增加而增加。

[0208] 根据本公开的一个方面,BaTiO₃的含量为整个压电材料组合物的3体积%并且烧结温度为950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃的样品的Lotgering因子分别被测量为36.6%、39.4%、63.5%和88.7%。

[0209] 根据本公开的一个方面,确认了在BaTiO₃的含量为3体积%的条件下,随着烧结温度升高到950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃,Lotgering因子增加。因此,本发明的发明人确认了,在BaTiO₃的含量为整个压电材料组合物的3体积%的条件下,当烧结温度为1,250℃时,样品的取向程度最佳。

[0210] 图11A至11D示出了根据本公开的另一方面的压电材料组合物的晶种含量的XRD测量值。

[0211] 图11A至11D用于分析相对于晶种含量的X射线衍射图案,并且以与图9A至9D相同的方式制备样品。然而,在图11A至11D中,y的值(或BaTiO₃的含量)被设定为5。因此,在下文中,将仅描述不同的元件。

[0212] 参考图11A至11D,确认了压电材料组合物以钙钛矿结构合成,并且在所有样品中未观察到二次相和未反应相。

[0213] 下表3可以是示出参考图11A至11D描述的烧结温度分别为950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃的样品的Lotgering因子的表。

[0214] [表3]

BaTiO ₃ 的(体积%)	烧结温度	Lotgering因子(%)
5	950℃	44.0
5	1,050℃	38.0
5	1,150℃	66.5

5	1,250℃	91.0
---	--------	------

[0216] 参考表3,基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的Lotgering因子随着烧结温度从950℃升高到1,050℃而稍微降低,但是随着烧结温度升高到1,150℃和1,250℃而再次增加。

[0217] 根据本公开的一个方面,BaTiO₃的含量为整个压电材料组合物的5体积%并且烧结温度为950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃的样品的Lotgering因子分别被测量为44.0%、38.0%、66.5%和91.0%。

[0218] 根据本公开的一个方面,确认了在BaTiO₃的含量为5体积%的条件下,随着烧结温度升高到950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃,Lotgering因子稍微降低。因此,本发明的发明人确认了,在BaTiO₃的含量为整个压电材料组合物的5体积%的条件下,当烧结温度为1,250℃时,样品的取向程度最佳。

[0219] 图12A至12D示出了根据本公开的另一方面的压电材料组合物的晶种含量的XRD测量值。

[0220] 图12A至12D用于分析相对于晶种含量的X射线衍射图案,并且以与图9A至9D相同的方式制备样品。然而,在图12A至12D中,y的值(或BaTiO₃的含量)被设定为7。因此,在下文中,将仅描述不同的元件。

[0221] 参考图12A至12D,确认了压电材料组合物以钙钛矿结构合成,并且在所有样品中未观察到二次相和未反应相。

[0222] 下表4可以是示出参考图12A至12D描述的烧结温度分别为950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃的样品的Lotgering因子的表。

[0223] [表4]

BaTiO ₃ 的(体积%)	烧结温度	Lotgering因子(%)
7	950℃	53.2
7	1,050℃	49.2
7	1,150℃	79.3
7	1,250℃	91.5

[0225] 参考表4,基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的Lotgering因子随着烧结温度从950℃升高到1,050℃而稍微降低,但是随着烧结温度升高到1,150℃和1,250℃而再次增加。

[0226] 根据本公开的一个方面,BaTiO₃的含量为整个压电材料组合物的7体积%并且烧结温度为950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃的样品的Lotgering因子分别被测量为53.2%、49.2%、79.3%和91.5%。

[0227] 根据本公开的一个方面,确认了在BaTiO₃的含量为7体积%的条件下,随着烧结温度升高到950℃、1,050℃、1,150℃和1,250℃,Lotgering因子稍微降低。因此,本发明的发明人确认了,在BaTiO₃的含量为整个压电材料组合物的7体积%的条件下,当烧结温度为1,250℃时,样品的取向程度最佳。

[0228] 图13示出了相对于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的BaTiO₃含量和烧结温度的Lotgering因子。

[0229] 图13用于分析相对于压电材料组合物的BaTiO₃含量和烧结温度的Lotgering因

子,以与图9A至9D相同的方式制备样品,并且y的值(或BaTiO₃的含量)被设定为整个压电材料组合物的1体积%、3体积%、5体积%和7体积%。在图13中,虚线表示y的值(或BaTiO₃的含量)为1体积%,单点划线表示y的值(或BaTiO₃的含量)为3体积%,双点划线表示y的值(或BaTiO₃的含量)为5体积%,细实线表示y的值(或BaTiO₃的含量)为7体积%。

[0230] 参考图13,基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的Lotgering因子随着烧结温度增加而增加。当烧结温度为1,250℃时,确认了在所有样品中显示70%以上的Lotgering因子。此外,根据本公开的一个方面,确认了Lotgering因子随着y的值(或BaTiO₃的含量)增加而增加。

[0231] 图14是示出相对于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的相对密度(%)、介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 、损耗因子tan δ 、压电电荷常数 d_{33} 和机电耦合因子 k_p 的图。

[0232] 图14用于分析相对于压电材料组合物的BaTiO₃含量和烧结温度的相对密度(%)、介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 、损耗因子tan δ 、压电电荷常数 d_{33} 和机电耦合因子 k_p ,并且制备了与图9A至9D相同的样品。烧结温度被设定为950℃、1,000℃、1,050℃、1,100℃、1,150℃、1,200℃和1,250℃,并且y的值(或BaTiO₃的含量)被设定为整个压电材料组合物的1体积%、3体积%、5体积%和7体积%。在图14中,横轴表示烧结温度,虚线表示y的值(或BaTiO₃的含量)为1体积%,单点划线表示y的值(或BaTiO₃的含量)为3体积%,双点划线表示y的值(或BaTiO₃的含量)为5体积%,细实线表示y的值(或BaTiO₃的含量)为7体积%。

[0233] 参考图14,基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的相对密度(%)在所有样品中表示90%以上的值。所有样品中的相对密度在950℃至1,150℃下表示95%以上的值,并且在1,150℃至1,250℃下表示90%至小于95%的值。因此,在本公开的一个方面,确认了随着添加BaTiO₃,在950℃至1,150℃的低温下进行相对密度为95%以上的烧结。因此,在根据本公开的一个方面的压电材料组合物中,确认了随着添加BaTiO₃,烧结在950℃至1,150℃的低温下顺利进行。

[0234] 基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 在所有样品中具有2,700至4,000的值。所有样品的介电常数在950℃至1,200℃的烧结温度下具有2,800至3,000的相似值。压电材料组合物的BaTiO₃的添加量为整个压电材料组合物的1体积%的样品在1,250℃的烧结温度下具有约3,500的值,但在大于1,250℃的温度下再次降低。

[0235] 在所有样品中,确认了基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的损耗因子tan δ 随着烧结温度增加而增加,然后损耗因子降低。损耗因子的值为0.01至0.04。

[0236] 在根据本公开的一个方面的压电材料组合物中,基于压电材料组合物的烧结温度的压电电荷常数 d_{33} 随着烧结温度增加而增加,然后在1,250℃的温度下降低。在BaTiO₃的含量为整个压电材料组合物的1体积%和3体积%的样品中,随着烧结温度升高到950℃至1,250℃,压电常数从405pC/N升高到790pC/N,并且压电常数在超过1,250℃的温度下降低。在BaTiO₃的含量为整个压电材料组合物的5体积%和7体积%的样品中,随着烧结温度升高到950℃至1,200℃,压电常数升高,并且压电常数值在1,250℃以上的温度下降低。各样品的压电常数在950℃至1,250℃的烧结温度下被测量为400pC/N至790pC/N的值。因此,在根据本公开的一个方面的压电材料组合物中,确认了随着添加BaTiO₃晶种,压电特性增强。

[0237] 基于根据本公开的一个方面的压电材料组合物的烧结温度的机电耦合因子 k_p 具有0.41至0.62的值。

[0238] 在根据本公开的一个方面的压电材料组合物中,基于压电材料组合物的 BaTiO_3 含量的相对密度(%)、介电常数 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 、损耗因子 $\tan\delta$ 、压电电荷常数 d_{33} 和机电耦合因子 k_p 在y的值(或 BaTiO_3 的含量)为整个压电材料组合物的1体积%、3体积%、5体积%和7体积%的所有样品中具有相似的特性。

[0239] 图15示出了根据本公开的一个方面的汽车声音设备。

[0240] 参考图15,根据本公开的一个方面的车辆声音设备可以包括声音设备500。声音设备500可以设置或配备在车辆中以向车辆800的内部空间IS输出声音S。

[0241] 车辆800可以包括内部材料(或内部装饰材料)850。在以下描述中,为了便于描述,“内部材料850”可以称为“车辆内部材料850”。

[0242] 车辆内部材料850可以包括配置车辆800的内部的所有部件,或者可以包括设置在车辆800的内部空间IS处的所有部件。例如,车辆内部材料850可以是车辆800的内部构件或内部装饰构件,但本公开的方面不限于此。

[0243] 根据本公开的一个方面的车辆内部材料850可以被配置为暴露在车辆800的内部或室内空间IS处、车辆800的内部或室内空间IS中。例如,车辆内部材料850可以被设置为覆盖在车辆800的内部空间IS处暴露的主框架(或车身)、侧框架(或侧体)、门框架(或门体)、把手框架(或转向轮毂)和座椅框架中的至少一个的一个表面(或内表面)。

[0244] 根据本公开的一个方面的车辆内部材料850可以包括仪表板、柱内部材料(或柱装饰物)、地板内部材料(或地板地毯)、车顶内部材料(或车顶内衬)、车门内部材料(或车门装饰物)、把手内部材料(或转向盖)、座椅内部材料、后部包裹内部材料(或后座搁板)、顶置控制台(或内部照明内部材料)、后视镜、手套箱和遮阳板,但本公开的方面不限于此。

[0245] 根据本公开的一个方面的车辆内部材料850可以包括金属、木材、橡胶、塑料、玻璃、纤维、布、纸、镜子、皮革和碳中的一种以上,但本公开的方面不限于此。包括塑料材料的车辆内部材料850可以通过使用热固性树脂或热塑性树脂的注塑工艺实现的注塑材料,但本公开的方面不限于此。包括纤维材料的车辆内部材料850可以包括合成纤维、碳纤维(或芳族聚酰胺纤维)和天然纤维中的一种以上,但本公开的方面不限于此。包括纤维材料的车辆内部材料850可以是织物片、针织片或无纺布,但本公开的方面不限于此。例如,包括纤维材料的内部材料20c或外表面构件可以是织物构件,但本公开的方面不限于此。例如,纸可以是锥形纸(cone paper)。例如,锥形纸可以是纸浆或泡沫塑料,但本公开的方面不限于此。包括皮革材料的车辆内部材料850可以是天然皮革或人造皮革,但本公开的方面不限于此。

[0246] 根据本公开的一个方面的车辆内部材料850可以包括平坦部分和弯曲部分中的一个或多个。例如,车辆内部材料850可以具有与相应车辆结构材料的结构相对应的结构,或者可以具有与相应车辆结构材料的结构不同的结构。

[0247] 根据本公开的一个方面,声音设备500可以设置在车辆内部材料850处。声音设备500可以使车辆内部材料850振动以基于车辆内部材料850的振动产生声音S。例如,声音设备500可直接使车辆内部材料850振动以基于车辆内部材料850的振动产生声音S。

[0248] 例如,声音设备500可配置有根据上面参考图1至14描述的本公开的一个或多个方

面的压电装置之一。

[0249] 例如,声音设备500可以被配置为使车辆内部材料850振动以向车辆800的内部或室内空间IS输出声音S。因此,车辆内部材料850可以用作声音振动板。车辆内部材料850可以是用于输出声音S的振动板、声音振动板或声音产生板。例如,车辆内部材料850的尺寸可以大于声音设备500的尺寸,但本公开的方面不限于此。

[0250] 例如,声音设备500可以设置在仪表板、柱内部材料、地板内部材料、车顶内部材料、车门内部材料、把手内部材料和座椅内部材料中的一处或多处,或者可以设置在后部包裹内部材料、顶置控制台、后视镜、手套箱和遮阳板中的一个或多个中。

[0251] 根据本公开的一个方面的声音设备500可以通过设置在车辆内部材料850处的一个或多个声音设备500中的至少一个使相应的车辆内部材料850振动,以向车辆800的内部空间IS输出包括多声道的真实声音S和/或立体声。

[0252] 图16是根据本公开的一个方面的显示设备的透视图。图17是根据本公开的一个方面的沿着图16中的线I-I' 截取的截面图。

[0253] 参考图16和图17,根据本公开的一个方面的设备可以包括振动构件100和压电装置200。

[0254] 振动构件100可以被配置为显示图像。压电装置200可以设置在振动构件100的后表面(或背面)处。例如,压电装置200可以被配置成使振动构件100振动。

[0255] 例如,振动构件100可以基于压电装置200的振动来输出声音。例如,振动构件100可以是振动物体、显示面板、振动板或前部构件,但本公开的方面不限于此。

[0256] 例如,振动构件100或振动物体可以包括以下中的一个或多个:包括被配置为显示图像的像素的显示面板、从显示设备投影图像的屏幕面板、照明面板、标牌面板、车辆内部材料、车辆玻璃窗(或车窗)、车辆外部材料、建筑物天花板材料、建筑物内部材料、建筑物玻璃窗(或建筑物窗)、飞行器内部材料、飞行器玻璃窗(或飞行器窗)、木材、塑料、玻璃、金属、布、纤维、纸、橡胶、皮革和镜子,但本公开的方面不限于此。

[0257] 在以下描述中,将描述振动构件100是显示面板100。

[0258] 显示面板100可以显示电子图像、数字图像、静态图像或视频图像。例如,显示面板100可以输出光以显示图像。显示面板100可以是曲面显示面板,或者可以是任意类型的显示面板,例如液晶显示面板、有机发光显示面板、量子点发光显示面板、微发光二极管显示面板和电泳显示面板,等等。显示面板100可以是柔性显示面板。例如,显示面板100可以是柔性发光显示面板、柔性电泳显示面板、柔性电润湿显示面板、柔性微发光二极管显示面板或柔性量子点发光显示面板,但本公开的方面不限于此。

[0259] 根据本公开的一个方面的显示面板100可以包括显示区域AA(或有效区域),其被配置为根据多个像素的驱动来显示图像。此外,显示面板100还可以包括围绕显示区域AA的非显示区域IA,但本公开的方面不限于此。

[0260] 压电装置200可以使显示面板100在显示面板100的后表面处振动,从而基于显示面板100的振动向用户(或观看者)提供声音和/或触觉反馈。压电装置200可以在显示面板100的后表面处实现,以直接使显示面板100振动。

[0261] 作为本公开的一个方面,压电装置200可以根据与由显示面板100显示的图像同步的语音信号而振动,以使显示面板100振动。作为本公开的另一方面,压电装置200可以设置

在显示面板100处,或者可以根据与施加到嵌入显示面板100中的触摸面板(或触摸传感器层)的用户触摸同步的触觉反馈信号(或触知反馈信号)而振动,以使显示面板100振动。因此,显示面板100可以基于压电装置200的振动而振动,以向用户(或观看者)提供声音和触觉反馈中的至少一个。

[0262] 根据本公开的一个方面的压电装置200可以被实现为具有与显示面板100的显示区域AA相对应的尺寸。压电装置200的尺寸可以是显示区域AA的尺寸的0.9至1.1倍,但本公开的方面不限于此。例如,压电装置200的尺寸可以与显示区域AA的尺寸相同或小于显示区域AA的尺寸。例如,压电装置200的尺寸可以与显示面板100的显示区域AA相同或大致相同,因此,压电装置200可以覆盖显示面板100的大部分区域,并且由压电装置200产生的振动可以使显示面板100的整个区域振动,因此,声音的定位性可以较高,并且可以提高用户的满意度。此外,显示面板100与压电装置200之间的接触面积(或面板覆盖率)可增大,因此显示面板100的振动区域可增大,从而改进基于显示面板100的振动而产生的中低音调声带的声音。并且,应用于大尺寸显示设备的压电装置200可以使具有大尺寸(或大面积)的整个显示面板100振动,因此可以进一步增强基于显示面板100的振动的声音的定位,从而实现改善的声音效果。因此,根据本公开的一个方面的压电装置200可设置在显示面板100的后表面处,以使显示面板100在垂直(或从前到后)方向上充分振动,从而将期望的声音输出到设备或显示设备前方的前向区域。

[0263] 根据本公开的一个方面的压电装置200可实现为膜型。由于压电装置200可实现为膜型,因此其可具有比显示面板100更薄的厚度,因此,由于压电装置200的布置而导致的显示设备的厚度可以被最小化。例如,压电装置200可使用显示面板100作为声音振动板。例如,压电装置200可以被称为使用显示面板100作为振动板的声音产生模块、振动产生设备、膜致动器、膜型压电复合致动器、膜扬声器、膜型压电扬声器或膜型压电复合扬声器,但本公开的方面不限于此。作为本公开的另一方面,压电装置200可以不设置在显示面板100的后表面处,而是可以应用于振动物体而不是显示面板。例如,振动物体可以是非显示面板、木材、金属、塑料、玻璃、布、纸、镜子、纤维、橡胶、皮革、车辆内部材料、车辆玻璃窗(或车窗)、建筑物室内天花板、建筑物玻璃窗(或建筑物窗)、建筑物内部材料、飞行器内部材料和飞行器玻璃窗(或飞行器窗)等中的一个或多个,但本公开的方面不限于此。例如,非显示面板可以是发光二极管照明面板(或设备)、有机发光照明面板(或设备)或无机发光照明面板(或设备)等,但本公开的方面不限于此。在这种情况下,振动物体可以用作振动板,并且压电装置200可以使振动物体振动以输出声音。

[0264] 根据本公开的一个方面的压电装置200还可以包括振动结构230、设置在振动结构230和显示面板100之间的连接构件210。

[0265] 根据本公开的一个方面,连接构件210可以包括至少一个基板,并且可以包括附接到基板的一个表面或两个表面的粘合剂层,或者可以被配置为单层粘合剂层。

[0266] 例如,连接构件210可以包括泡沫垫、双面泡沫垫、双面胶带、双面泡沫胶带、双面粘合剂或粘合剂等,但本公开的方面不限于此。例如,连接构件210的粘合剂层可以包括环氧类、丙烯酸类、硅酮类或聚氨酯类,但本公开的方面不限于此。

[0267] 根据本公开的一个方面的显示面板100还可以包括设置在显示面板100的后表面处的支撑构件300。

[0268] 支撑构件300可以覆盖显示面板100的后表面。例如,支撑构件300可以覆盖显示面板100的整个后表面,其间具有间隙空间GS。例如,支撑构件300可以包括玻璃材料、金属材料 and 塑料材料中的至少一种以上。例如,支撑构件300可以是后部结构或成套结构。例如,支撑构件300可以是盖底部、板底部、后盖、基部框架、金属框架、金属底盘、底盘基部或m底盘等,但本公开的方面不限于此。因此,支撑构件300可以实现为设置在显示面板100的后表面处的任意类型的框架或板状结构。

[0269] 根据本公开的一个方面的设备还可以包括中间框架400。

[0270] 中间框架400可以设置在显示面板100的后周边和支撑构件300的前周边之间。中间框架400可以分别支撑显示面板100的后周边和支撑构件300的前周边中的至少一个以上,并且可以围绕显示面板100和支撑构件300各自的侧表面中的一个或多个。中间框架400可以在显示面板100和支撑构件300之间配置间隙空间GS。中间框架400可以被称为中间机壳、中间盖或中间底盘等,但本公开的方面不限于此。

[0271] 根据本公开的一个方面的中间框架400可以包括第一支撑部分410和第二支撑部分430。

[0272] 第一支撑部分410可以设置在显示面板100的后周边和支撑构件300的前周边之间,因此可以在显示面板100和支撑构件300之间配置间隙空间GS。第一支撑部分410的前表面可以通过第一框架连接构件401联接或连接到显示面板100的后周边。第一支撑部分410的后表面可以通过第二框架连接构件403联接或连接到支撑构件300的前周边。例如,第一支撑部分710可以具有含有方形的单个图片框架结构或含有多个划分的条形的框架结构,但本公开的方面不限于此。

[0273] 第二支撑部分430可以平行于设备的厚度方向Z垂直地联接到第一支撑部分410的外表面。第二支撑部分430可以围绕显示面板100的外表面和支撑构件300的外表面中的一个或多个,从而保护显示面板100和支撑构件300各自的外表面。第一支撑部分410可以从第二支撑部分430的内表面向显示面板100和支撑构件300之间的间隙空间GS突出。

[0274] 图18示出了根据本公开的一个方面的图16的压电装置。

[0275] 参考图18,根据本公开的一个方面的压电装置200可以包括振动结构230。

[0276] 振动结构230可以包括压电装置层231、第一电极部分233和第二电极部分235。

[0277] 振动结构230可以包括设置在压电装置层231的第一表面处的第一电极部分233和设置在压电装置层231的与第一表面相对(或不同)的第二表面处的第二电极部分235。

[0278] 压电装置层231可以包括第一材料层231a和由第一材料层231a围绕的第二材料层231b。根据本公开的一个方面,一个第一材料层231a和一个第二材料层231b可以配置具有相同或基本相同的晶体方向的一个晶粒,并且可以在配置另一相邻晶粒的另一第一材料层231a和第二材料层231b彼此接触的部分处形成晶界GB。在本公开的一个或多个方面,晶体方向是附图中定义的+Z轴方向。然而,本公开的方面不限于此,并且晶体方向也可以是适用的各种方向。

[0279] 根据本公开的一个方面,第一材料层231a的晶粒可以基于第二材料层231b的晶体方向生长,因此,多个第一材料层231a可以具有相同或基本相同的晶体方向,例如可以具有(001)晶体方向,但本公开的方面不限于此。

[0280] 根据本公开的一个方面,第一电极部分233可以设置在压电装置层231的第一表面

处。第二电极部分235可以设置在压电装置层231的与第一表面相对(或不同)的第二表面处。

[0281] 第一电极部分233和第二电极部分235可以使用金属电极,例如可以使用银电极,但本公开的方面不限于此。

[0282] 此外,在图18中,振动结构230被示为单层,但可以基于压电装置的期望性能而被配置为另外堆叠。

[0283] 上述振动结构230的方面已作为示例进行了描述。根据本公开的一个方面的振动结构230不限于材料层的量和/或位置等特定结构或配置。

[0284] 根据本公开的一个方面的压电装置可以应用于(或包含于)设置在设备处的振动设备(或声音设备)。根据本公开的一个方面的设备可以应用于移动设备、视频电话、智能手表、手表电话、可穿戴设备、可折叠设备、可卷曲设备、可弯曲设备、柔性设备、弯曲设备、滑动设备、可变设备、电子组织器、电子书、便携式多媒体播放器(PMP)、个人数字助理(PDA)、MP3播放器、移动医疗装置、台式个人计算机(PC)、膝上型PC、上网本计算机、工作站、导航设备、汽车导航设备、汽车显示设备、汽车设备、剧场设备、剧场显示设备、TV、壁纸显示设备、标牌设备、游戏设备、笔记本计算机、监视器、照相机、摄像机或家用电器等。另外,根据本公开的一些方面的振动设备可以应用于(或包含于)有机发光照明设备或无机发光照明设备。当振动设备应用于(或包含于)照明设备时,照明设备可以充当照明和扬声器。另外,当本公开的振动设备应用于(或包含于)移动设备等时,振动设备可以充当扬声器、接收器和触觉装置中的一个或多个,但本公开的方面不限于此。

[0285] 下面描述根据本公开的一个或多个方面的压电材料组合物、其制造方法、压电装置以及包括该压电装置的设备。

[0286] 根据本公开的一个方面的压电材料组合物可由式1表示。

[0287] [式1]

[0288] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_{3+x}$ 摩尔%A+y体积%BaTiO₃

[0289] 其中A是Fe₂O₃、Co₂O₃、Mn₂O₃、ZnO、GeO₂、CuO或NiO,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0290] 根据本公开的一个或多个方面,压电材料组合物可包含第一材料和由所述第一材料围绕的第二材料。

[0291] 根据本公开的一个或多个方面,第一材料可由式2表示。

[0292] [式2]

[0293] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_{3+x}$ 摩尔%A

[0294] 其中A是Fe₂O₃、Co₂O₃、Mn₂O₃、ZnO、GeO₂、CuO或NiO,并且

[0295] $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$ 且 $0.00 \leq x \leq 3.00$ 。

[0296] 根据本公开的一个或多个方面,压电材料组合物的压电电荷常数可以为400pC/N至1,000pC/N。

[0297] 根据本公开的一个或多个方面,第一材料可包含相对于压电材料组合物3摩尔%以下的CuO。

[0298] 根据本公开的一个或多个方面,第二材料可包含相对于压电材料组合物7体积%以下的BaTiO₃。

[0299] 根据本公开的一个或多个方面,第一材料可包括以(001)单一方向取向的多个晶粒。第二材料可设置在多个晶粒中。多个晶粒可通过从第二材料反应而生长。

[0300] 根据本公开的一个或多个方面,压电材料组合物的Lotgering因子可以为70%以上。

[0301] 根据本公开的一个或多个方面,压电材料组合物的相对密度可以为90%以上。

[0302] 根据本公开的一个方面的制造压电材料组合物的方法可以包括将基质材料与晶种材料混合以制备浆料,对所述浆料进行成型以制备生坯带,以及烧结所述生坯带以制备烧结物。烧结物可由式1表示。

[0303] [式1]

[0304] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_{3+x}$ 摩尔%A+y体积%BaTiO₃

[0305] 其中A是Fe₂O₃、Co₂O₃、Mn₂O₃、ZnO、GeO₂、CuO或NiO,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0306] 根据本公开的一个或多个方面,基质材料可由式2表示。

[0307] [式2]

[0308] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_{3+x}$ 摩尔%A

[0309] 其中 $0.15 \leq a \leq 0.24$, $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$ 且 $0.00 \leq x \leq 3.00$ 。

[0310] 根据本公开的一个或多个方面,晶种材料可包含BaTiO₃。

[0311] 根据本公开的一个或多个方面,晶种材料可以相对于压电材料组合物7体积%以下添加。

[0312] 根据本公开的一个或多个方面,烧结生坯带以制备烧结物可在950℃至1,250℃的温度下进行9小时至10小时。

[0313] 根据本公开的一个方面的压电装置可包括压电装置层,所述压电装置层包含压电材料组合物,所述压电材料组合物包含第一材料和由所述第一材料围绕的第二材料;第一电极部分,其设置在所述压电装置层的第一表面处;以及第二电极部分,其设置在与所述压电装置层的第一表面不同的第二表面处。压电装置层可由式1表示。

[0314] [式1]

[0315] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_{3+x}$ 摩尔%A+y体积%BaTiO₃

[0316] A是Fe₂O₃、Co₂O₃、Mn₂O₃、ZnO、GeO₂、CuO或NiO,并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$,

[0317] $0.29 \leq b \leq 0.38$, $0.30 \leq c \leq 0.35$, $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0318] 根据本公开的一个或多个方面,第一材料可包含相对于压电材料组合物3摩尔%以下的CuO。

[0319] 根据本公开的一个或多个方面,第二材料可包含相对于压电材料组合物7体积%以下的BaTiO₃。

[0320] 根据本公开的一个方面的设备可包括振动构件,以及设置在所述振动构件的后表面处的压电装置。所述压电装置可包括压电装置层,所述压电装置层包含第一材料和由所述第一材料围绕的第二材料;第一电极部分,其设置在所述压电装置层的第一表面处;以及第二电极部分,其设置在与所述压电装置层的第一表面不同的第二表面处。压电装置层可由式1表示。

[0321] [式1]

[0322] $a\text{PbZrO}_3 - b\text{PbTiO}_3 - (1-a-b)\text{Pb}(\text{Ni}_c\text{Nb}_{1-c})\text{O}_{3+x}$ 摩尔% A + y 体积% BaTiO_3

[0323] 其中A是 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 GeO_2 、 CuO 或 NiO ，并且 $0.15 \leq a \leq 0.24$ ， $0.29 \leq b \leq 0.38$ ， $0.30 \leq c \leq 0.35$ ， $0.00 \leq x \leq 3.00$ 且 $0.00 \leq y \leq 7.00$ 。

[0324] 根据本公开的一个或多个方面，振动构件可包括以下中的一个或多个：包括被配置为显示图像的多个像素的显示面板、从显示设备投影图像的屏幕面板、发光二极管照明面板、有机发光照明面板、无机发光照明面板、标牌面板、车辆工具的内部材料、车辆工具的外部材料、车辆工具的窗（或玻璃窗）、车辆工具的座椅内部材料、建筑物的天花板材料、建筑物的内部材料、建筑物的窗（或玻璃窗）、飞行器的内部材料、飞行器的窗（或玻璃窗）、木材、塑料、玻璃、金属、布、纤维、纸、橡胶、皮革、碳和镜子。

[0325] 对于本领域技术人员显而易见的是，在不脱离本公开的范围的情况下，可以对本公开进行各种修改和变化。因此，本公开旨在涵盖落入所附权利要求及其等同物的范围内的本公开的修改和变化。

10

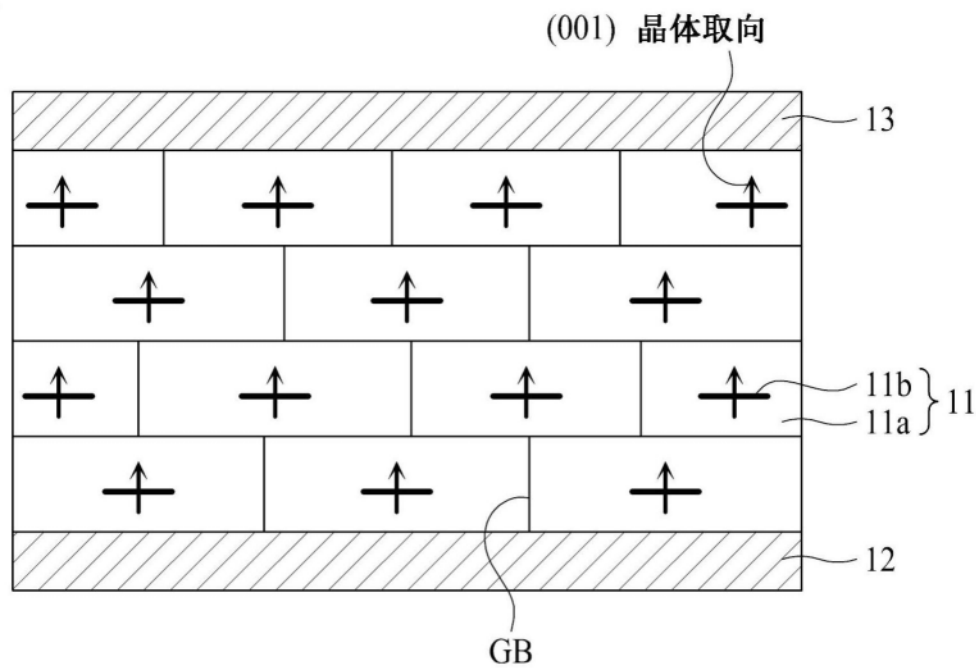


图1

S100

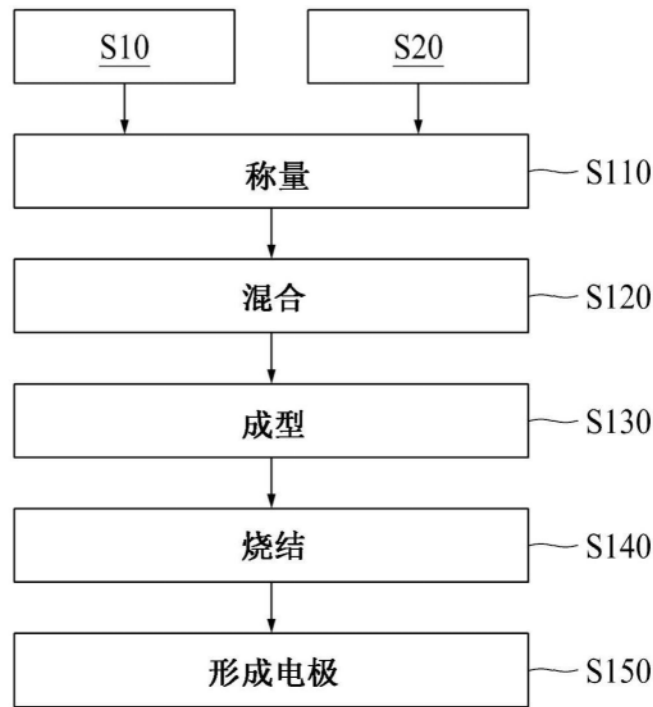


图2

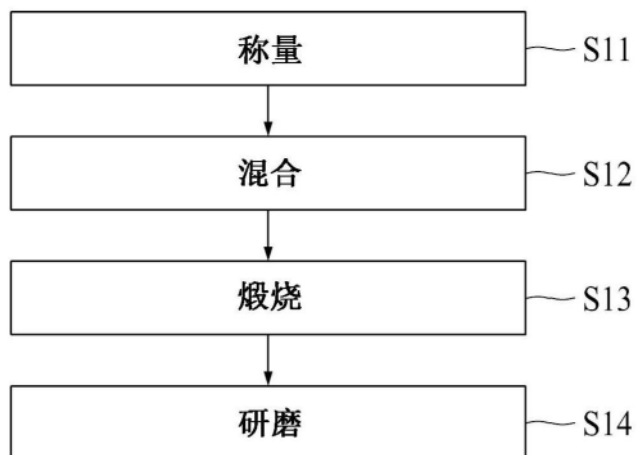
S10

图3

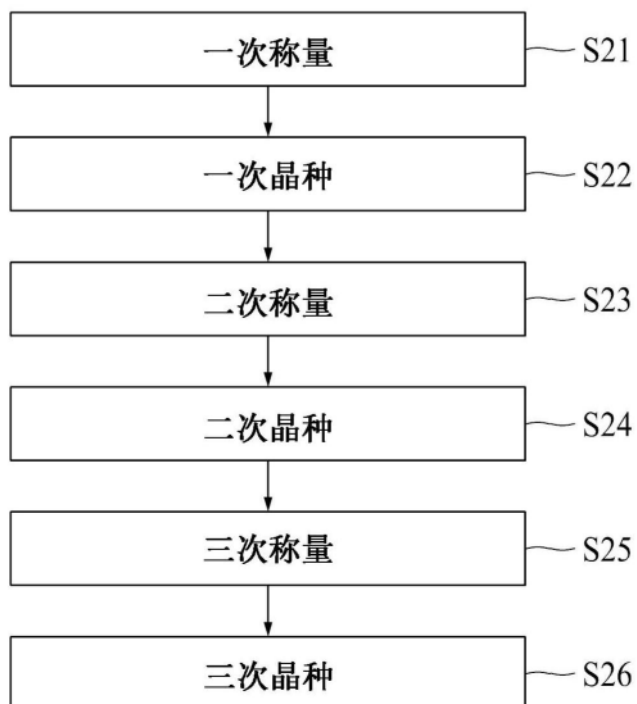
S20

图4

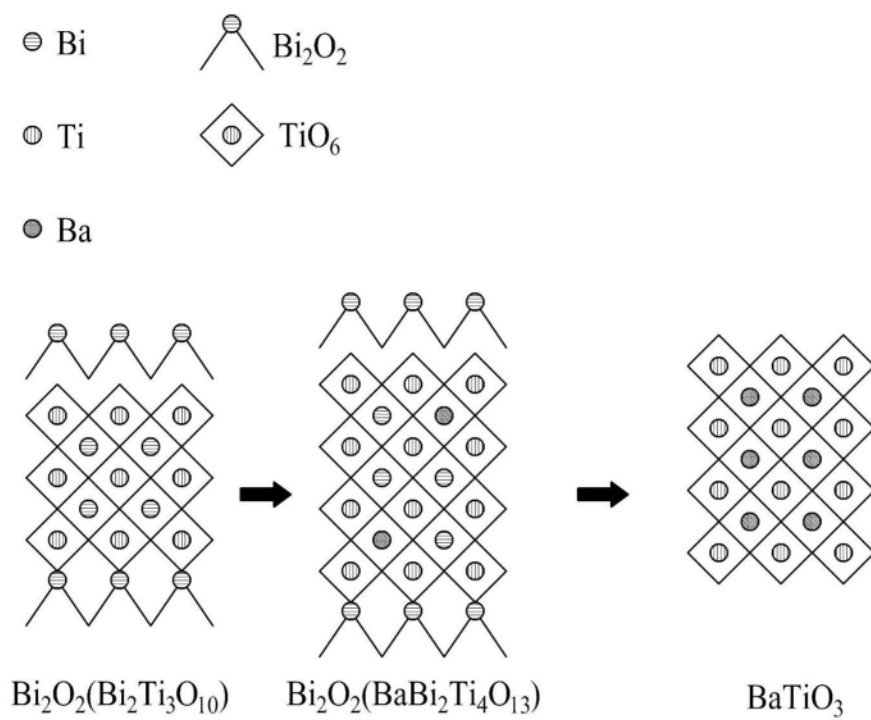


图5

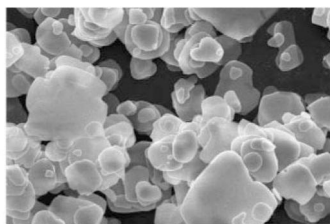


图6A

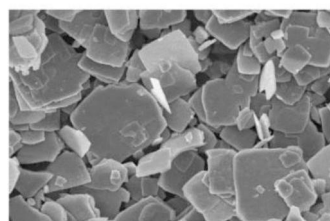


图6B

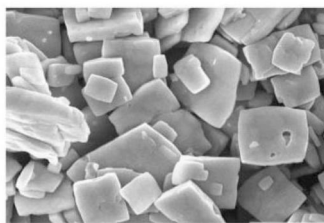


图6C

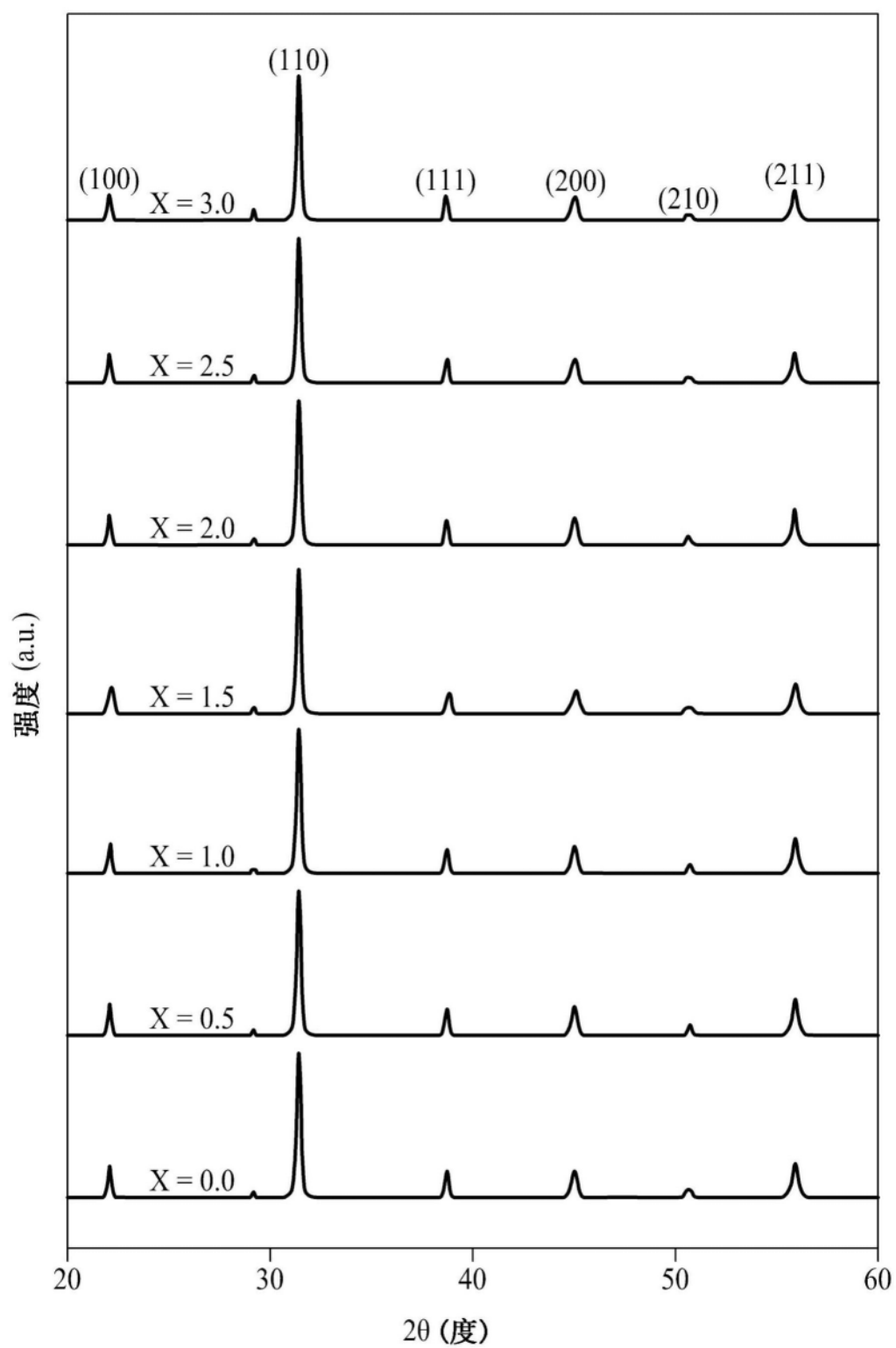


图7

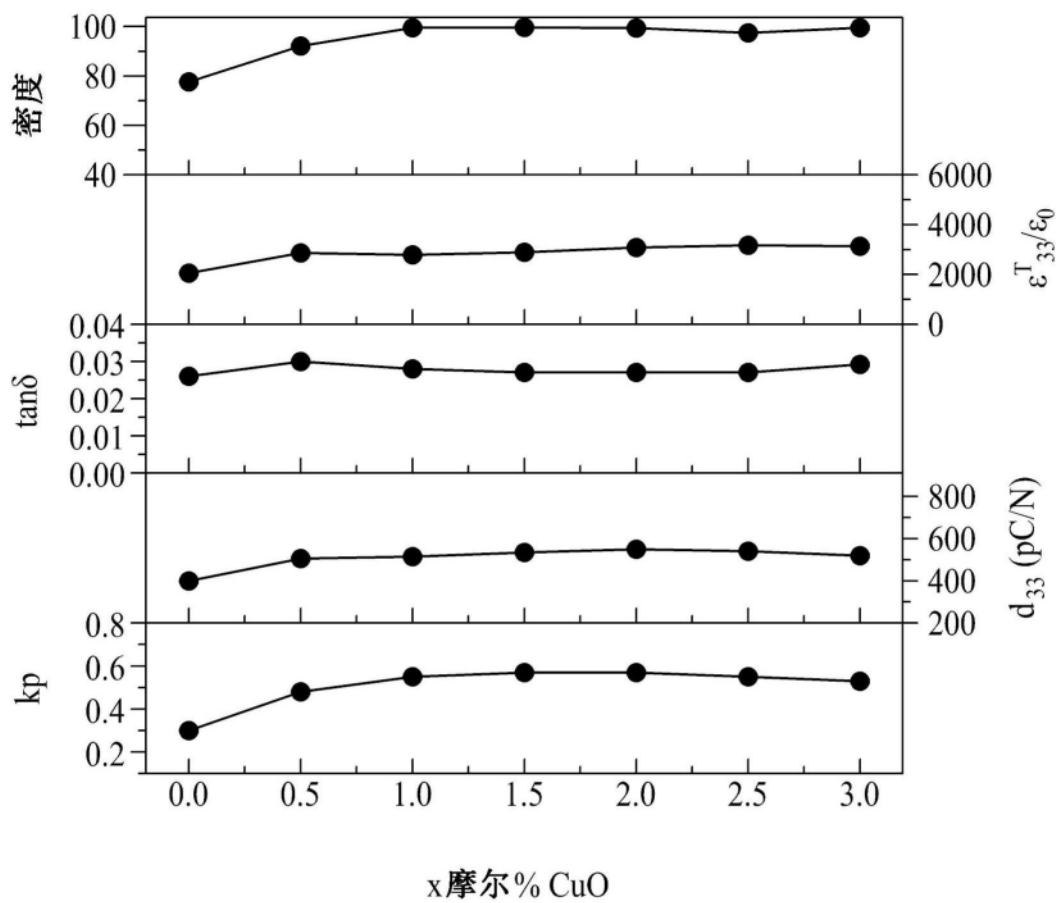


图8

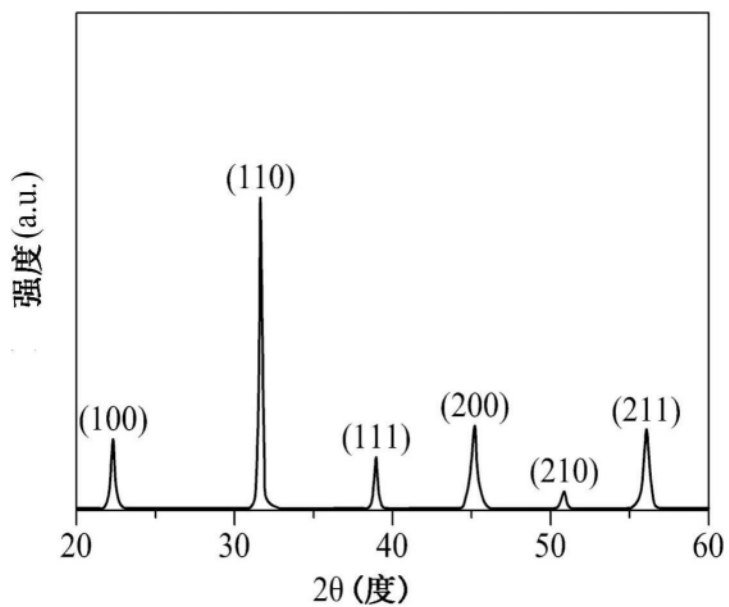


图9A

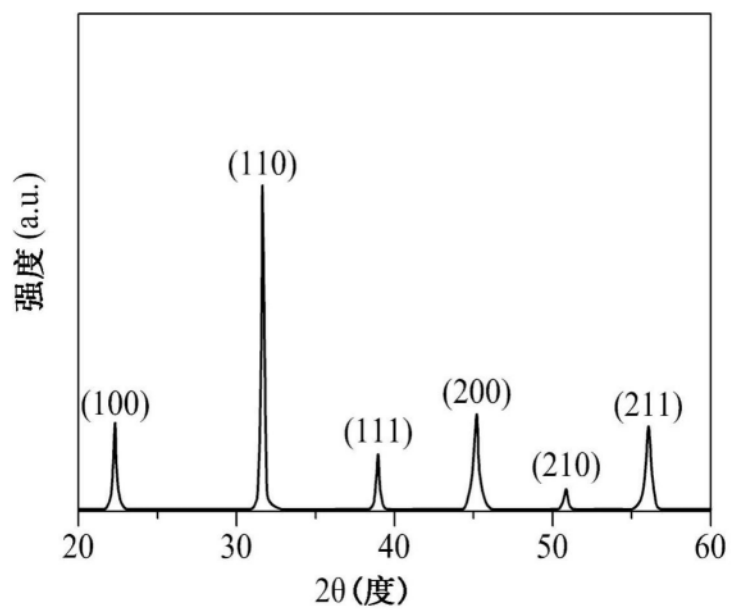


图9B

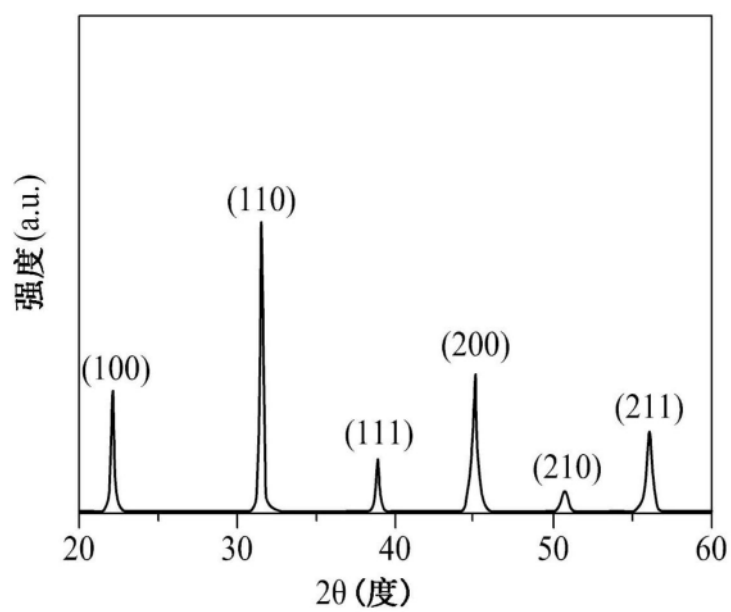


图9C

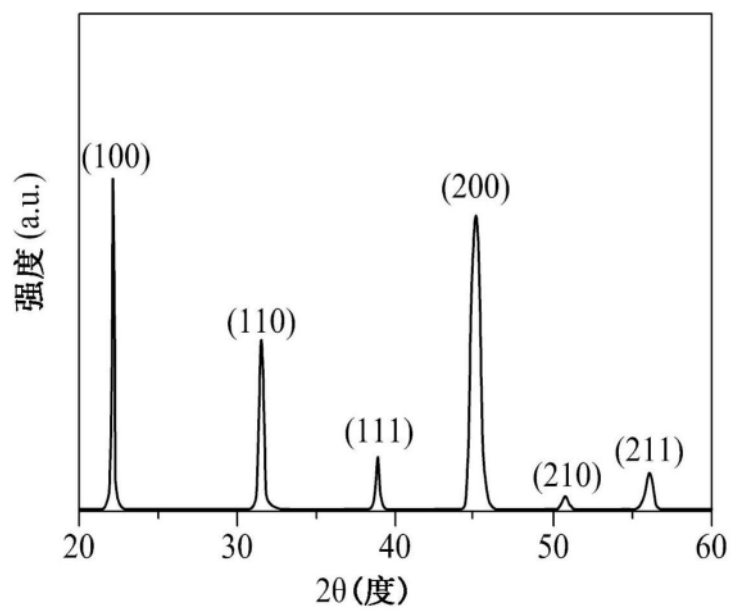


图9D

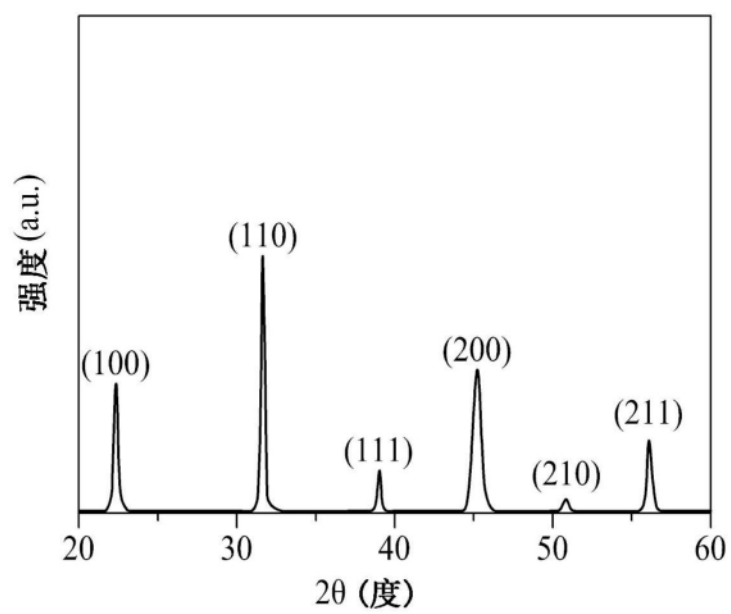


图10A

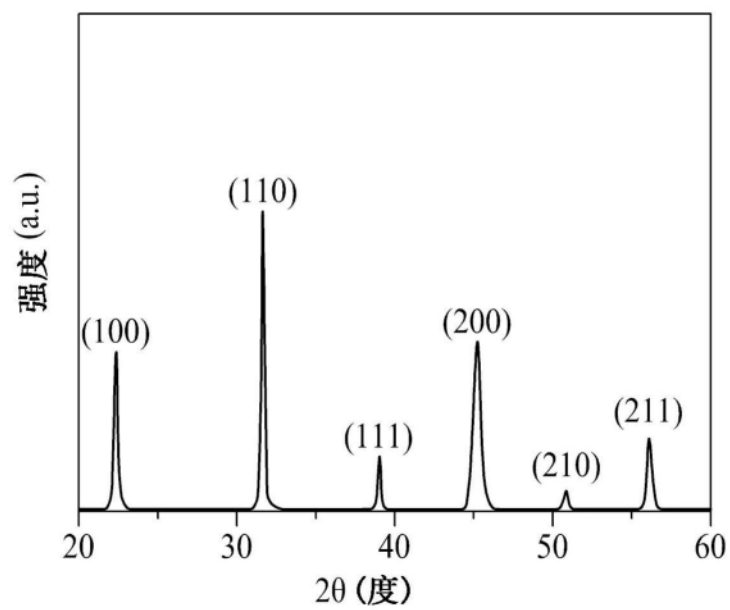


图10B

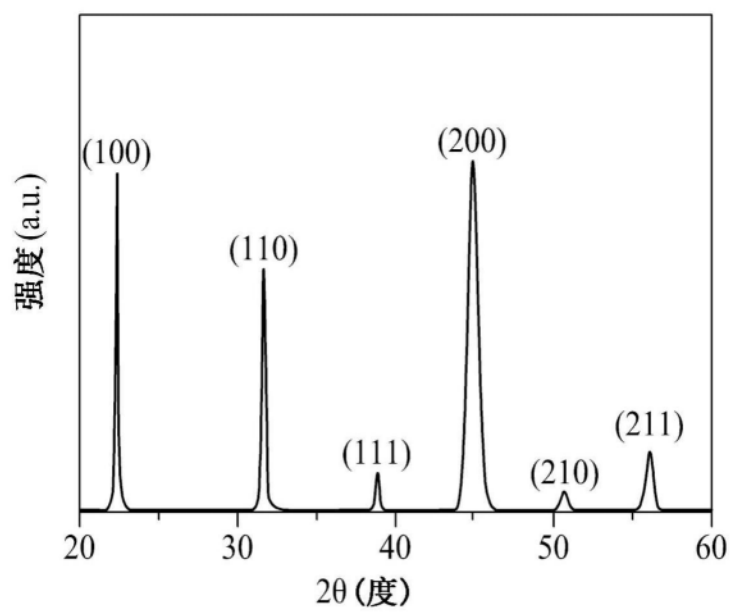


图10C

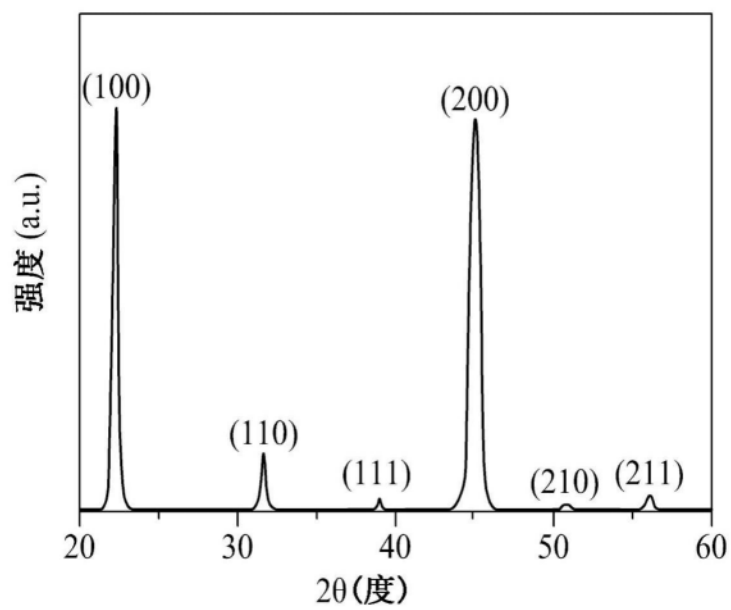


图10D

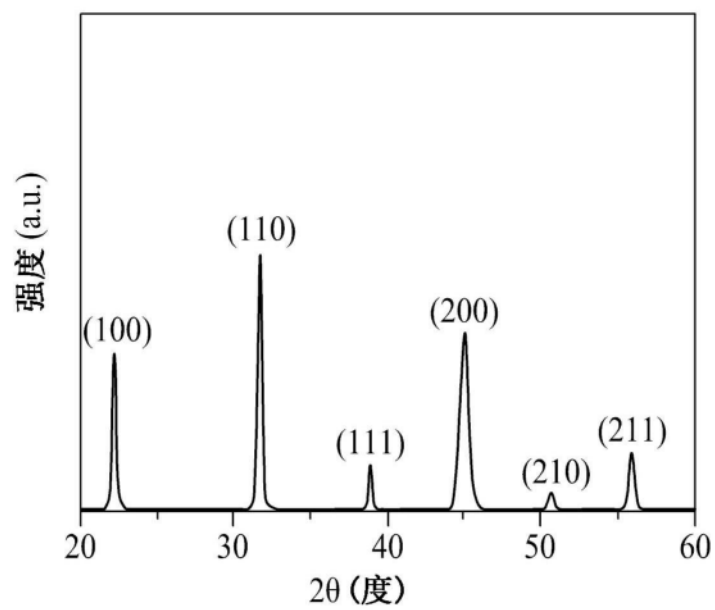


图11A

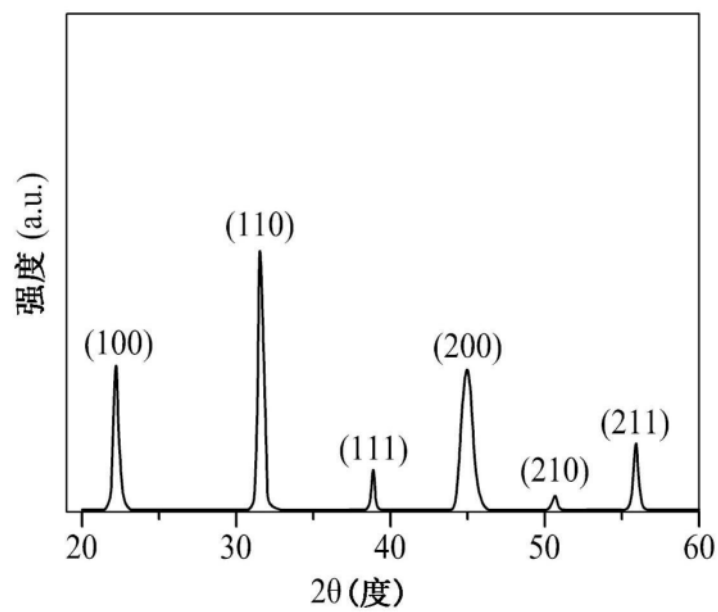


图11B

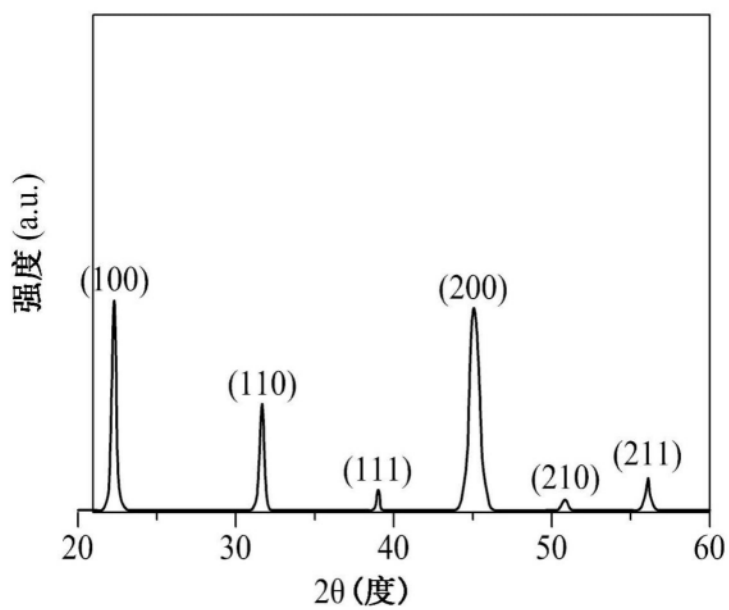


图11C

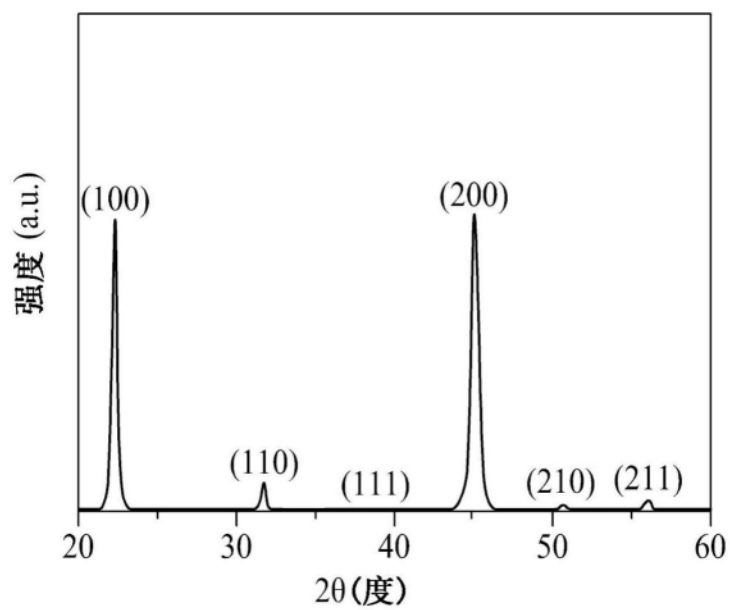


图11D

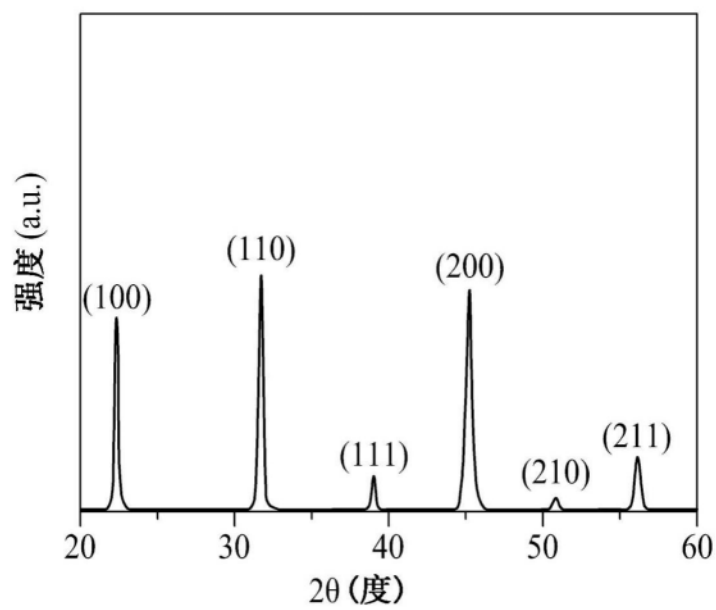


图12A

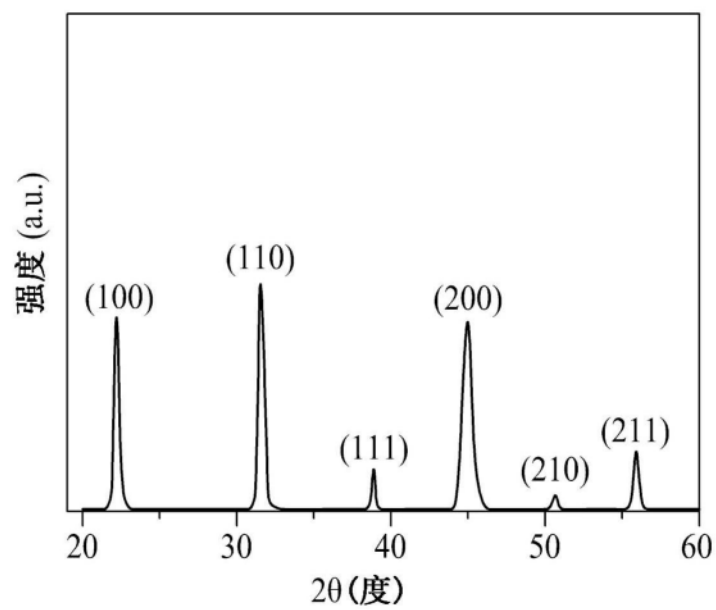


图12B

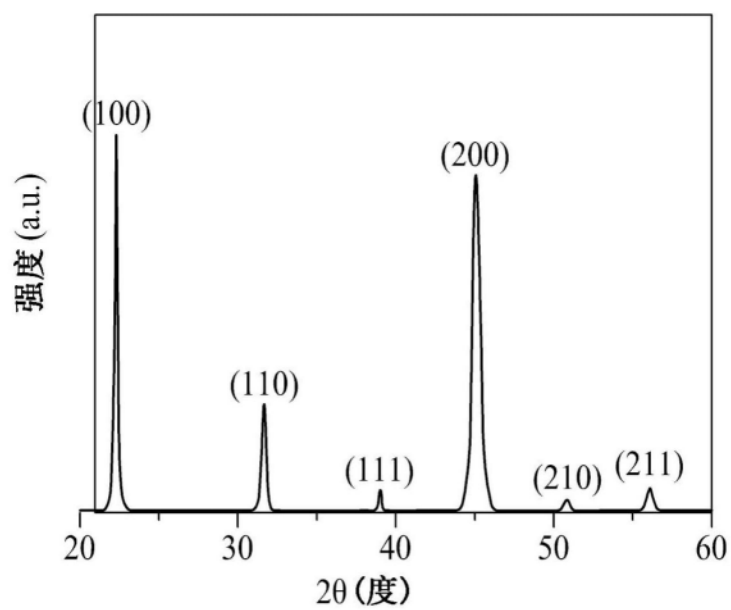


图12C

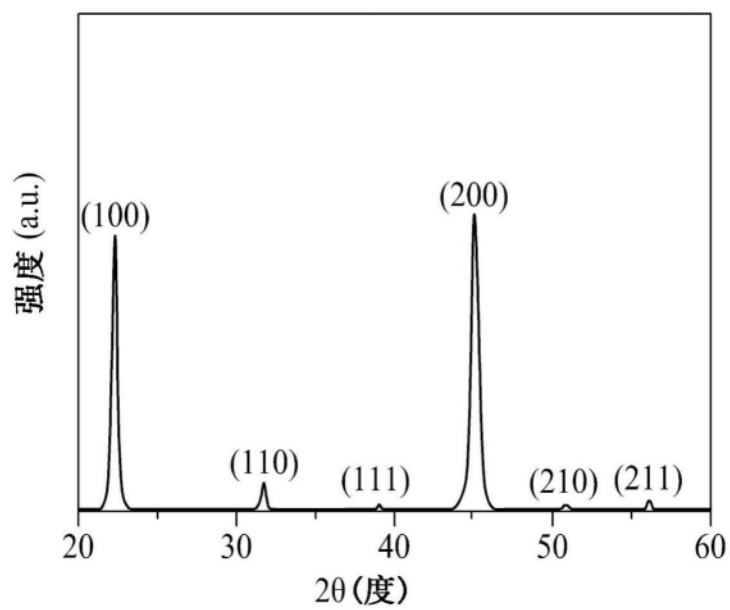


图12D

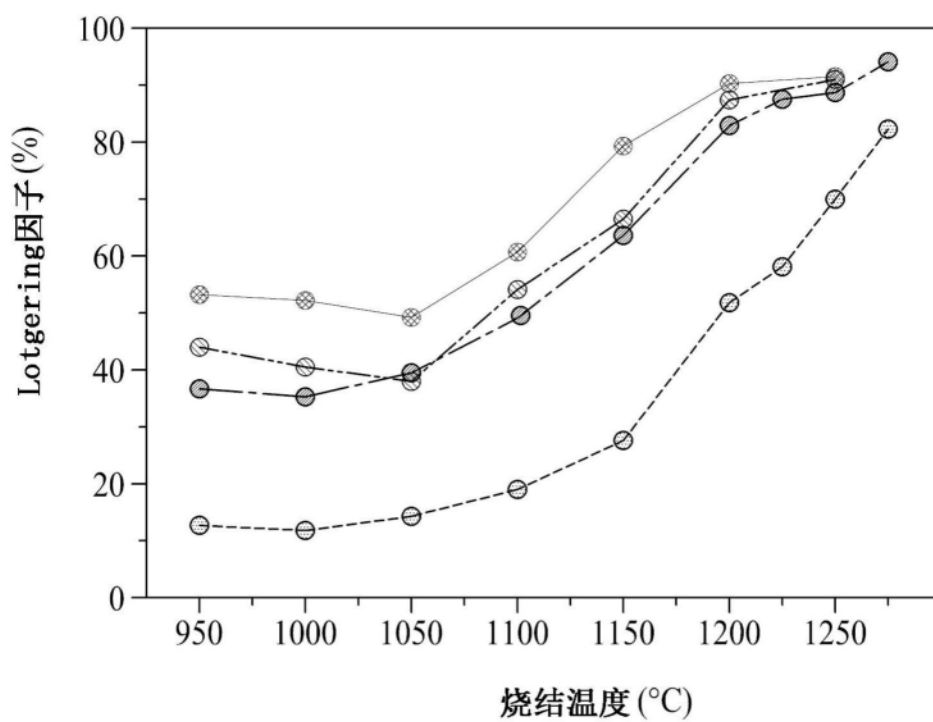


图13

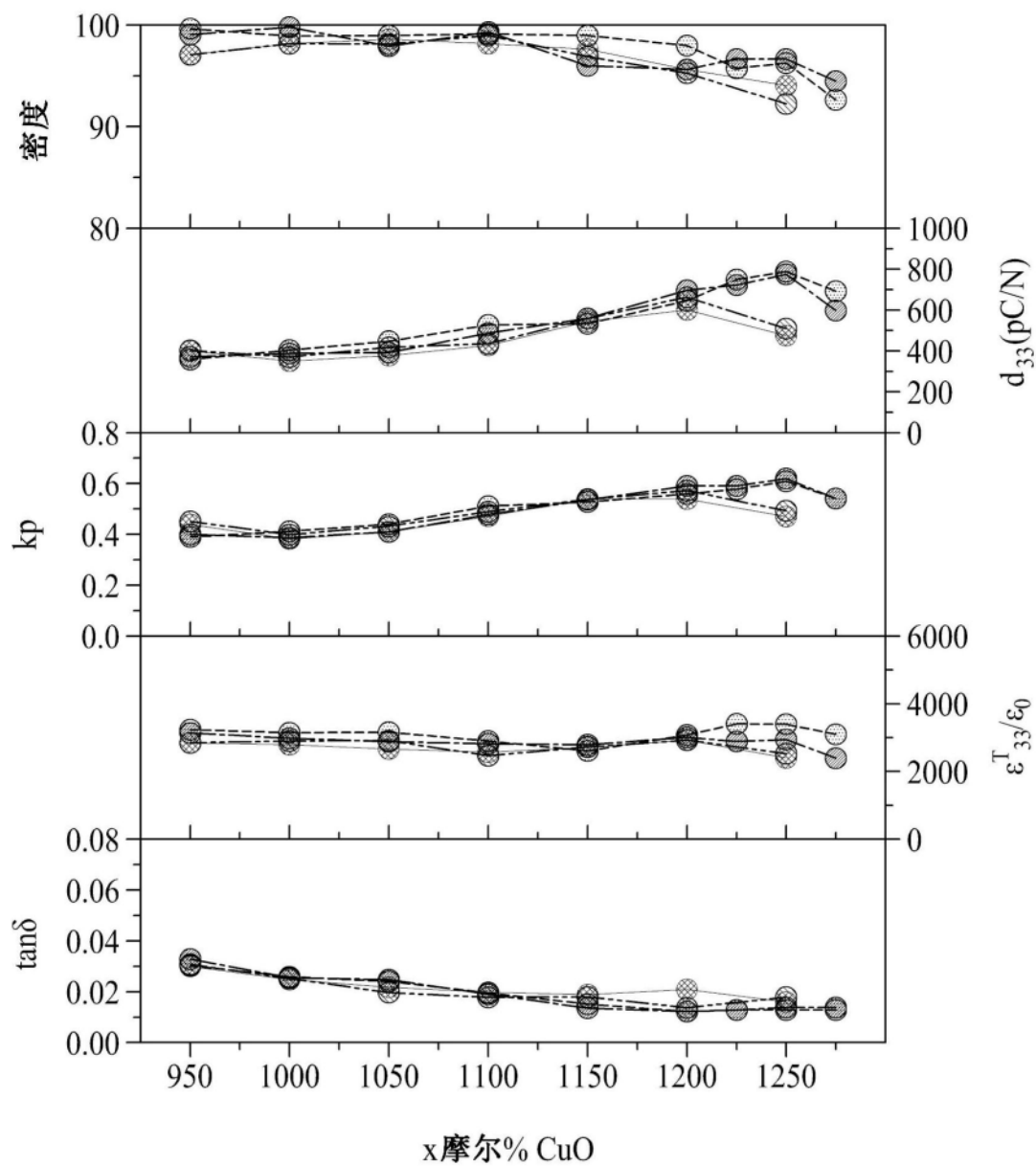


图14

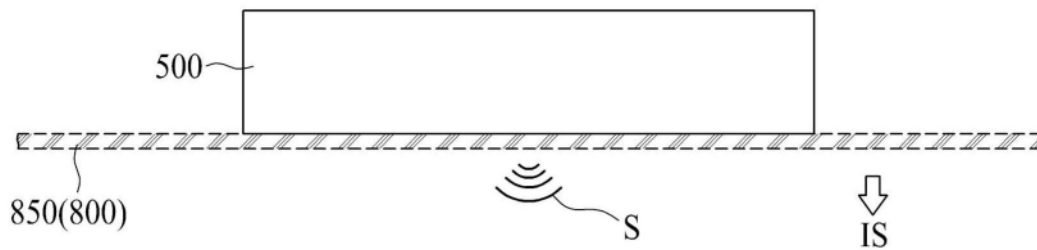


图15

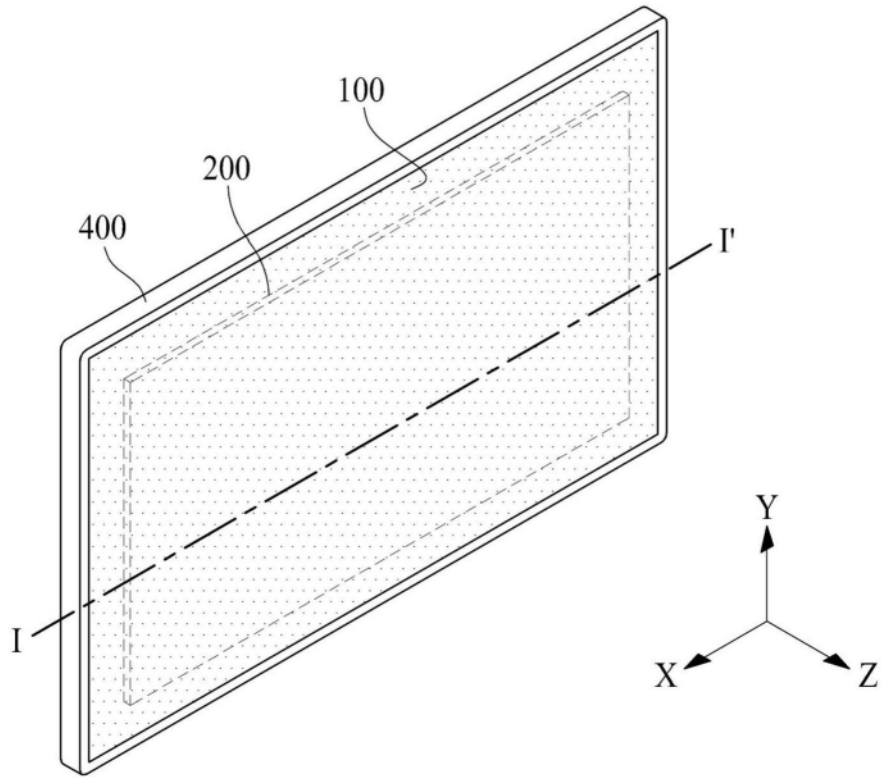


图16

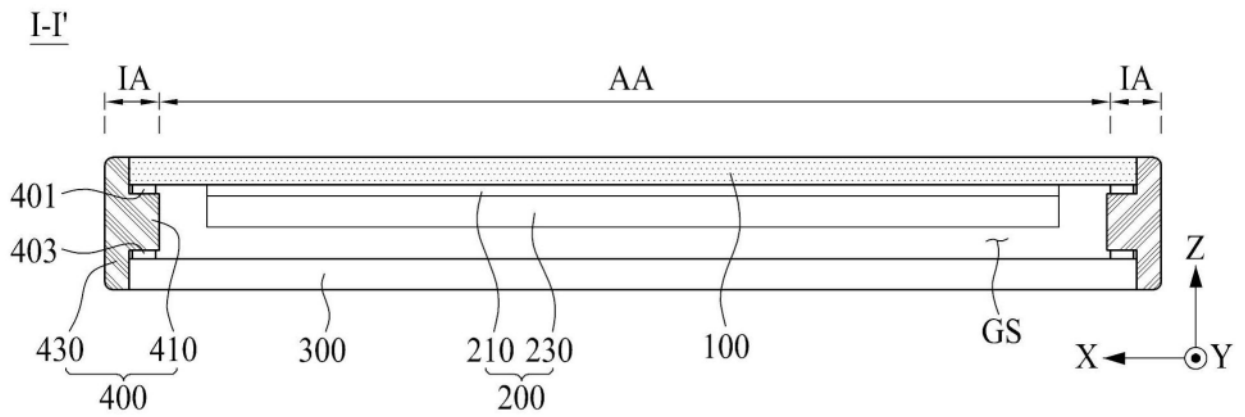


图17

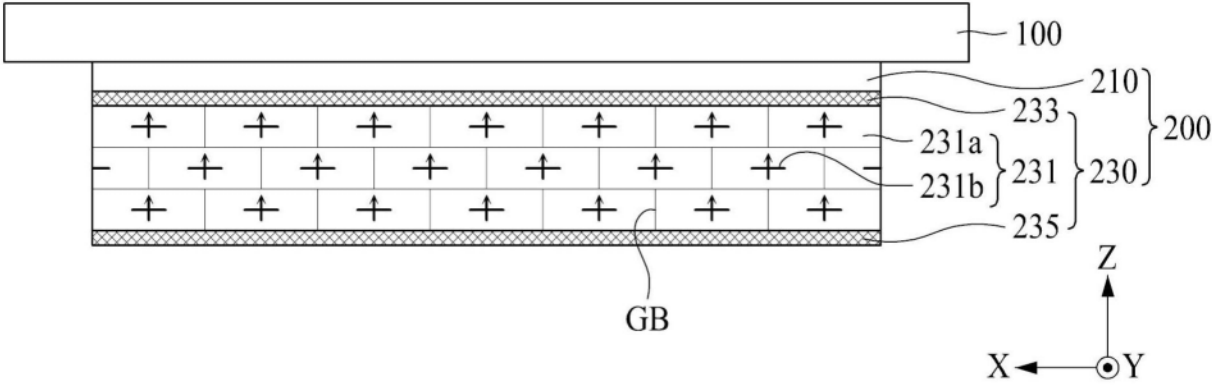


图18