

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810092398.0

[51] Int. Cl.

H01L 41/18 (2006.01)

H01L 41/09 (2006.01)

B41J 2/14 (2006.01)

[43] 公开日 2008年10月29日

[11] 公开号 CN 101295762A

[22] 申请日 2008.4.28

[21] 申请号 200810092398.0

[30] 优先权

[32] 2007.4.26 [33] JP [31] 2007-116895

[32] 2007.5.10 [33] JP [31] 2007-125595

[32] 2008.2.18 [33] JP [31] 2008-035858

[71] 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 坂下幸雄 佐佐木勉 冈本裕一

中井宗纪

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 梁晓广 陆锦华

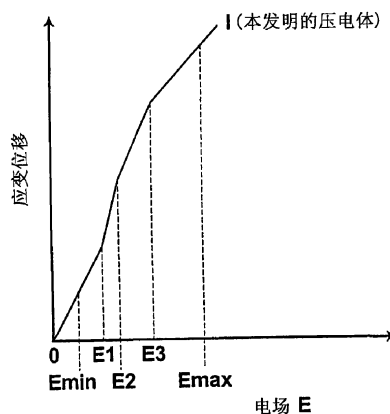
权利要求书 3 页 说明书 29 页 附图 7 页

[54] 发明名称

压电体、压电装置和液体排放设备

[57] 摘要

一种压电体(13)，含有铁电物质相，所述铁电物质相的特征为，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。优选地，所述压电体(13)应在使得最小外加电场 E_{min} 和最大外加电场 E_{max} 满足公式(1)的条件下被驱动， $E_{min} < E1 < E_{max}$ (1)，其中电场 $E1$ 表示所述铁电物质相的第一次相变开始时的电场。



1. 一种压电体，含有铁电物质相，所述铁电物质相的特征为，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。

2. 如权利要求1所述的压电体，其中所述压电体在使得最小外加电场 E_{min} 和最大外加电场 E_{max} 满足公式（1）的条件下被驱动：

$$E_{min} < E_1 < E_{max} \quad (1)$$

其中电场 E_1 表示所述铁电物质相的第一次相变开始时的电场。

3. 如权利要求2所述的压电体，其中所述压电体在使得最小外加电场 E_{min} 和最大外加电场 E_{max} 满足公式（2）的条件下被驱动：

$$E_{min} < E_1 < E_2 < E_{max} \quad (2)$$

其中电场 E_2 表示所述铁电物质相的第二次相变开始时的电场。

4. 如权利要求3所述的压电体，其中所述压电体在使得最小外加电场 E_{min} 和最大外加电场 E_{max} 满足公式（3）的条件下被驱动：

$$E_{min} < E_1 < E_2 \leq E_3 < E_{max} \quad (3)$$

其中电场 E_3 表示所述铁电物质相的第二次相变接近完全完成时的电场。

5. 如权利要求1、2、3或4所述的压电体，其中所述压电体含有选自外延薄膜、晶体取向薄膜以及颗粒取向陶瓷烧结体的体。

6. 如权利要求5所述的压电体，其中所述铁电物质相具有方向与自发极化轴的方向不同的晶体取向特征。

7. 如权利要求6所述的压电体，其中在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，在发生最后相变之后的阶段，所述铁电物质相具有

方向与自发极化轴的方向大致相同的晶体取向特征。

8. 如权利要求1、2、3或4所述的压电体，其中在没有施加电场时，所述铁电物质相为具有(100)取向的四方相，并且其特征为，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，导致所述铁电物质相依次经历成为菱形相的相变和成为具有(001)取向的四方相的相变。

9. 如权利要求1、2、3或4所述的压电体，其中所述压电体含有至少一种钙钛矿型氧化物并且可含有不可避免的杂质。

10. 如权利要求9所述的压电体，其中所述压电体含有至少一种钙钛矿型氧化物并且可含有不可避免的杂质，所述钙钛矿型氧化物由下述通式表示：

通式 ABO_3

其中A表示位于A位置的元素并且表示选自Pb、Ba、La、Sr、Bi、Li、Na、Ca、Cd、Mg、K和镧系元素的至少一种元素；

B表示位于B位置的元素并且表示选自Ti、Zr、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Mn、Sc、Co、Cu、In、Sn、Ga、Zn、Cd、Fe和Ni的至少一种元素；以及

O表示氧原子，

标准组成是使得A位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例以及B位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例每一个均为1:3，条件是A位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例以及B位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例每一个均可偏离1:3但在能够获得钙钛矿型结构的范围内。

11. 如权利要求1、2、3或4所述的压电体，其中由电场诱导导致的铁电物质相的第一次相变以及由电场诱导导致的铁电物质的第二次相变每一个都发生在-50℃至+200℃的温度范围内。

12. 一种压电装置，包括：

- i) 如权利要求1、2、3或4所述的压电体，和
- ii) 用于施加跨所述压电体的电场的电极。

13. 一种液体排放设备，包括：

- i) 如权利要求12所述的压电装置，和
- ii) 液体储存和排放构件，装备有：
 - a) 液体储存室，其中用于储存液体，和
 - b) 液体排放开口，通过所述开口液体从所述液体储存室排放到液体储存室的外部。

压电体、压电装置和液体排放设备

技术领域

本发明涉及一种含有铁电物质相的压电体，所述铁电物质相的特征为，通过施加电场可造成所述铁电物质相经历相变。本发明还涉及一种装备有所述压电体的压电装置，和一种装备有所述压电装置的液体排放设备。

背景技术

装备有压电体和电极的压电装置迄今被用作装载在喷墨型记录头上的致动器等，其中所述压电体的特征为，压电体会随着所施加的跨压电体的电场的增加和下降而膨胀和收缩，所述电极用于施加跨压电体的电场。

迄今，作为压电体材料，已知有钙钛矿型氧化物，如锆钛酸铅（PZT）。上述材料为铁电物质，其在没有施加电场时具有自发极化的特征。使用常规的压电设备时，通常，电场被施加在与铁电物质的自发极化轴匹配的方向上，因此利用了自发极化轴方向上延伸的普通电场诱导的应变（strain）。特别是，迄今被认为重要的是进行材料设计，使得施加电场的方向与自发极化轴的方向可以彼此一致（即自发极化轴=电场施加方向）。然而，在仅利用铁电物质的上述压电效应的情况下，压电装置的应变位移是有限的。因此，现在非常需要应变位移提高的压电装置。

此外，随着近些年在电子设备中进行的尺寸减小和重量减轻以及在电子设备中进行的功能增强，产生了一种减小压电装置的重量和尺寸并且增强压电装置功能的趋势。例如，在用于喷墨型记录头的压电装置，使得可以获得具有良好图像质量的图像的情况下，最近已经研

究了增强压电装置的阵列密度。此外，因为可以增强压电装置的阵列密度，最近已经研究了减小压电装置的厚度。然而，在压电装置厚度减小的情况下，如果施加跨压电装置的电压的途径与用于常规压电装置相同的话，则施加到压电体上的外加电场将会变高。因此，在这样的情况下，如果直接进行与常规压电装置装置相同的材料设计，则将不能获得足够的压电效应。

图13为显示常规压电体的电场应变特征的图。迄今已知，电场应变特征，由铁电物质的前述普通电场诱导的应变获得，可由图13中所示曲线IV来近似地表示的。曲线IV表明，对于0至某一外加电场 E_x 的外加电场范围，应变位移随外加电场的增加而线性增加。曲线IV还表明，对于高于某一外加电场 E_x 的外加电场范围，随外加电场增加，应变位移的增加明显变小，并且应变位移接近达到饱和。

迄今为止，压电装置已经使用处于0至 E_x 范围内的外加电场，在所述范围中应变位移随外加电场的增加而线性增加。（例如根据压电体的材料种类， E_x 采取约5 kV/cm至约100 kV/cm的值，并且根据压电体的材料种类，最大外加电场采取约0.1 kV/cm至约10 kV/cm的值）。然而，对于厚度减小的压电装置，在施加跨压电装置的电压的方式与用于常规压电装置相同的情况下，则施加到压电体上的外加电场变高。因此，在这类情况下，使用厚度减小的压电装置，外加电场在例如0至 E_y （其中 $E_y > E_x$ ）的范围内。在这类情况下，实际的压电常数可由图13中的虚线IV'所示的倾角来表示。具体地说，在这类情况下，实际的压电常数比外加电场范围0至 E_x 的压电常数小，并且压电装置原来具有的压电特征不能被充分利用。

考虑到上述情况，在例如日本专利3568107中已经提出了利用压电体的压电装置，所述压电体具有的特征为压电体通过施加电场经历相变而产生。日本专利3568107中公开了包括相变薄膜、电极和加热元件的压电装置，所述加热元件用于将相变薄膜的温度调节到接近居里温

度 T_c 的温度 T 下（可以参考日本专利3568107的权利要求1）。此外，在日本专利3568107中，作为相变薄膜，提到了一种薄膜，其经历了四方晶系和菱形晶系之间的转变，或经历了菱形晶系或四方晶系与立方晶系之间的转变（可以参考日本专利3568107的权利要求2）。在日本专利3568107中，描述了采用日本专利发明3568107的压电装置，比采用常规压电装置应变位移大，这能够利用铁电物质压电效应以及体积变化来获得，所述体积变化由伴随相变的晶体结构变化所致。

在日本专利3568107中，作为相变薄膜，提到了一种经历了四方晶系和菱形晶系之间的相变的薄膜，每种相组成铁电物质，并且所述薄膜经历了菱形晶系或四方晶系与立方晶系之间的相变，所述菱形晶系或四方晶系组成铁电物质，所述立方晶系组成顺电物质。然而，日本专利3568107所述的压电装置是在接近居里温度 T_c 的温度下使用的。所述居里温度 T_c 对应于铁电物质和顺电物质之间的相变温度。因此，在压电装置是在接近居里温度 T_c 的温度下使用的情况下，则所述相变薄膜将不能经历四方晶系和菱形晶系之间的相变。因此，日本专利3568107中所述压电装置将是利用铁电物质与顺电物质之间的相变的压电装置。至于利用铁电物质与顺电物质之间的相变的压电装置，因为所述顺电物质不具有自发极化特征，所以在发生相变后，将不能通过施加电场获得在极化轴方向上延伸的压电效应。

日本专利3568107中所述的压电装置的电场-应变特征可由图13中所示曲线III来近似表示。在图13中，作为易化比较的辅助手段，相变发生前的电场-应变特征，所述电场-应变特征由曲线III表示，被描述成与相变发生前的电场应变-特征相同，所述电场应变-特征由曲线IV表示，曲线IV对应于仅利用铁电物质的普通电场诱导的应变的情况。曲线III表明，至于相变发生前的外加电场范围，由于铁电物质的压电效应，应变位移随着外加电场的增加而线性增加。曲线III还表明，至于相变开始时的外加电场 E_4 到相变接近完成时的外加电场 E_5 的外加电场范围，由于伴随相变的晶体结构变化，应变位移增加。曲线III进一步

表明，至于外加电场范围高于相变外加电场 E_5 ，此时相变为顺电物质接近完成，由于不再能够获得铁电物质的压电效应，所以应变位移不随电场的进一步施加而增加。关于日本专利3568107中所述压电装置，正如压电装置仅利用铁电物质的普通电场诱导的应力的情况，如果减小了压电装置的厚度，则厚度减小的压电装置将与包括高外加电场范围的外加电场一起使用，在所述范围中基本不会获得应变位移，并且不能保持操作效率为高。

在日本专利申请2006-188765中，发明人提出了一种压电装置，包括：

具有含有第一铁电物质晶体的多晶结构的压电体，其具有的特征随着电场的施加，使得至少一部分第一铁电物质晶体经历相变成为晶系与所述第一铁电物质晶体的晶系不同的第二铁电物质晶体，

压电装置是在使得最小外加电场 E_{min} 和最大外加电场 E_{max} 满足公式（1）、优选公式（2）的条件下被驱动的：

$$E_{min} < E_4 < E_{max} \quad (1)$$

$$E_{min} < E_4 < E_5 < E_{max} \quad (2)$$

其中电场 E_4 表示从第一铁电物质晶体向第二铁电物质晶体的相变开始时的最小电场，且电场 E_5 表示从第一铁电物质晶体向第二铁电物质晶体的相变接近完全完成时的电场（可以参考日本专利申请2006-188765的权利要求1或2）。

日本专利申请2006-188765中提出的压电装置的电场-应变特征可以由图13所示的曲线II近似表示。如图13中所示，日本专利申请2006-188765中所述的压电体具有下述特征。具体地说，对于0至 E_4 的外加电场 E 的范围（即相变发生前的阶段），由于第一铁电物质晶体的压电效应获得压电应变。此外，对于 E_4 至 E_5 的外加电场 E 的范围，由于相变性质获得铁电应变。进而，对于 $E \geq E_5$ 的外加电场 E 的范围（即相变接近完全完成之后的阶段），由于第二铁电物质晶体的压电效应获得压电应变。如上文所述，使用日本专利申请2006-188765中所述的压电装

置，可获得由伴随压电体相变的晶体结构变化导致的体积变化。此外，压电体在相变发生前阶段以及相变已经发生之后的阶段均包含铁电物质。因此，在相变发生前阶段以及相变已经发生之后的阶段均能够获得所述铁电物质的压电效应。因此，能够获得比用日本专利3568107中所述压电装置大的应变位移。

在日本专利申请2006-188765中，发明人已经说明，相变发生前阶段的第一铁电物质晶体的自发极化轴方向，应优选不同于电场施加的方向。此外，发明人已经说明，电场施加的方向应特别优选与相变已经发生之后阶段的第二铁电物质晶体的自发极化轴方向大致一致（可以参考日本专利申请2006-188765的权利要求3和4）。在这类情况下，能够获得“工程化畴效应（engineered domain effect）”，并且相变有效地进行。因此，能够可靠地获得增强的应变位移。

发明内容

本发明的主要目的是提供一种压电体，其能够产生增强的压电性能。

本发明的另一个目的是提供一种压电装置，其装备有所述压电体。

本发明的另一个目的是提供一种液体排放设备，其装备有所述压电装置。

本发明提供了一种含有铁电物质相的压电体，所述铁电物质相的特征为，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相成为不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。

本发明的压电体应该优选经过改变，使得所述压电体在使最小外加电场 E_{min} 和最大外加电场 E_{max} 满足公式（1）的条件下被驱动：

$$E_{min} < E_1 < E_{max} \quad (1)$$

其中电场E1表示所述铁电物质相的第一次相变开始时的电场。

本发明的压电体应该更优选经过改变，使得所述压电体在使最小外加电场Emin和最大外加电场Emax满足公式（2）的条件下被驱动：

$$E_{\min} < E_1 < E_2 < E_{\max} \quad (2)$$

其中电场E2表示所述铁电物质相的第二次相变开始时的电场。

本发明的压电体应该特别优选经过改变，使得所述压电体在使最小外加电场Emin和最大外加电场Emax满足公式（3）的条件下被驱动：

$$E_{\min} < E_1 < E_2 \leq E_3 < E_{\max} \quad (3)$$

其中电场E3表示所述铁电物质相的第二次相变接近完全完成时的电场。

本文所用术语“铁电物质相的第二次相变接近完全完成时的电场E3”意为进一步施加更高电场时不发生进一步相变的电场。通常可能会发生的是，在跨压电体施加高于E3的电场的情况下，一部分压电物质相保持为铁电物质相的状态而不经历相变。

此外，本发明的压电体应优选经过改变，使得所述压电体含有选自外延薄膜、晶体取向薄膜以及颗粒取向的陶瓷烧结体的体。

此外，本发明的压电体应优选经过改变，使得所述铁电物质相的晶体取向特征在方向上与自发极化轴的方向不同。

此外，本发明的压电体应优选经过改变，使得在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，在发生最后相变之后的阶段，所述铁电物质相的晶体取向特征在方向上与自发极化轴的方向大致相同。

本文所用术语“晶体取向特征”意为由取向率（orientation rate）F所定义的晶体取向特征，所述取向率F是使用Lotgerling法测量的。

取向率F可由下面所示的公式 (i) 表示

$$F(\%)=(P-P_0)/(1-P_0)\times 100 \quad (i)$$

在公式 (i) 中, P表示取向面反射强度的总和与全部反射强度的总和的比例。在(001)取向的情况下, P表示(001)面反射强度 $I(001)$ 的总和 $\Sigma I(001)$ 与各个晶体面(hkl)的反射强度的 $I(hkl)$ 的总和 $\Sigma I(hkl)$ 的比例, $(\Sigma I(001)/\Sigma I(hkl))$ 。例如, 对于钙钛矿晶体, 在(001)取向的情况下, 比例P可用公式 $P=I(001)/[I(001)+I(100)+I(101)+I(110)+I(111)]$ 来计算。

此外, 在公式 (i) 中, P_0 表示已经经历了完全随机取向的样品的P。

在样品已经经历了完全随机取向 ($P=P_0$) 的情况下, 取向率F等于0%。此外, 在样品已经经历了完全取向 ($P=1$) 的情况下, 取向率F等于100%。

主要铁电物质晶体的自发极化轴显示如下。

四方晶系: $\langle 001 \rangle$

正交晶系: $\langle 110 \rangle$

菱形晶系: $\langle 111 \rangle$

本文所用术语“晶体取向特征在方向上与自发极化轴的 $\langle abc \rangle$ 方向大致相同的铁电物质相”意为 $\langle abc \rangle$ 取向的取向率F至少等于80%。

作为实例, 在没有施加电场时, 上文所述的铁电物质相可以为具有(100)取向的四方相, 并且其特征为, 在从没有施加电场时增加外加电场的情况下, 促成铁电物质相依次经历成为菱形相的相变和成为具有(001)取向的四方相的相变。

本发明的压电体优选经过改变，使得所述压电体含有至少一种钙钛矿型氧化物并且可含有不可避免的杂质。

在这些情况下，所述压电体应特别优选含有至少一种钙钛矿型氧化物并且可含有不可避免的杂质，所述钙钛矿型氧化物由下述通式表示：

通式 ABO_3

其中A表示位于A位置的元素，并且表示选自Pb、Ba、La、Sr、Bi、Li、Na、Ca、Cd、Mg、K和镧系元素的至少一种元素；

B表示位于B位置的元素，并且表示选自Ti、Zr、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Mn、Sc、Co、Cu、In、Sn、Ga、Zn、Cd、Fe和Ni的至少一种元素；

O表示氧原子，

标准组成是使得A位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例以及B位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例每一个均为1:3，条件是A位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例以及B位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例每一个均可以偏离1:3，但须在能够获得钙钛矿型结构的范围内。

此外，本发明的压电体应优选经过改变，使得由电场诱导导致的所述铁电物质相的第一次相变以及由电场诱导导致的所述铁电物质的第二次相变都是在-50°C至+200°C的温度范围内发生。

本发明还提供了一种压电装置，包括：

- i) 本发明的压电体，和
- ii) 用于施加跨压电体电场的电极。

本发明还提供了一种液体排放设备，包括：

- i) 本发明的压电装置，和
- ii) 液体储存和排放构件，装备有：

- a) 液体储存室，其中将储存液体，和
- b) 液体排放开口，通过所述开口液体将从液体储存室排放到液体储存室的外部。

本发明的压电体含有铁电物质相，所述铁电物质相的特征为，从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相发生至少两次相变（即，电场诱导的相变）。

本发明的压电体的特征为发生由铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变。因此，使用本发明的压电体时，在自发极化轴的矢量分量与电场施加的方向彼此一致时，能够获得所述铁电物质的普通电场诱导的压电应变以及由相变导致的压电应变，所述普通电场诱导的压电应变是由外加电场的增加和降低以经历在电场施加方向上的膨胀和收缩而导致的。

此外，本发明压电体的特征使得从铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。因此，使用本发明的压电体，可获得比用日本专利3568107中所述的压电体更大的相变引起的压电应变，其中所述铁电物质相与顺电物质相之间的相变发生了一次；并且可获得比用日本专利申请2006-1887657中所述压电体更大的相变引起的压电应变，其中所述铁电物质相与铁电物质相之间的相变发生了一次。因此，使用本发明的压电体，可获得比用日本专利3568107中所述压电体以及日本专利申请2006-1887657中所述压电体更高的压电性能。

本发明的压电体应优选经过改变，使得铁电物质相具有晶体取向特征。使用本发明的压电体的上述改变，能够可靠地获得所需的电场诱导的压电应变以及相变导致的压电应变。

此外，本发明的压电体应优选经过改变，使得铁电物质相的晶体取向特征在方向上与自发极化轴的方向不同。此外，本发明的压电体

应特别优选经过改变，使得从没有施加电场时增加外加电场的情况下，在发生最后一次相变之后的阶段，所述铁电物质相的晶体取向特征在方向上与自发极化轴的方向大致相同。在这样的情况下，能够容易地发生相变。同样，在这样的情况下，除了普通电场诱导的压电应变以及相变导致的压电应变外，还可获得工程化畴效应导致的压电应变等。因此，能够获得甚至进一步增强的压电性能。

附图说明

图1为示出了喷墨型记录头的主要部分（作为液体排放装置）的剖面图，所述喷墨型记录头装备有本发明压电装置的一个实施方案。

图2为示出了本发明压电体的一个实施方案的电场应变特征实例的图。

图3为示出了喷墨型记录系统的一个实例的示意图，其中采用了图1的喷墨型记录头。

图4为示出了图3的喷墨型记录系统的一部分的平面图。

图5为示出了对压电体薄膜进行的同步XRD测量的图，所述压电体薄膜是在实施例1中获得的。

图6为示出了对初始态压电体薄膜的XRD谱进行的峰分离处理的图，所述压电体薄膜是在实施例1中获得的。

图7为示出了外加电场与每个XRD峰的积分强度之间关系的图，已经获得了关于压电体薄膜的该关系，所述压电体薄膜是在实施例1中获得的。

图8为示出了如何使压电体薄膜经历相变的解释图，所述压电体薄膜是在实施例1中获得的。

图9为示出了已经获得的关于压电体薄膜的单极化-电场曲线的图，所述压电体薄膜是在实施例1中获得的。

图10为示出了对压电体薄膜进行的同步XRD测量结果的图，所述压电体薄膜是在比较实施例1中获得的。

图11为示出了对压电体薄膜进行的同步XRD测量结果的图，所述压电体薄膜是在比较实施例2中获得的。

图12为示出了PZT相图的解释图，其中绘制了实施例1以及比较实施例1和2中的Zr/(Zr+Ti)摩尔比。

图13为示出了常规压电体的电场-应变特征的图。

具体实施方式

下文将参照附图对本发明进行更加详细地描述本发明。

[压电体、压电装置和喷墨型记录头(液体排放设备)]。

下文将参照附图描述依据本发明的压电体的实施方案、装备有依据本发明实施方案的压电体的压电装置、以及装备有该压电装置的喷墨型记录头(作为本发明的液体排放设备)。图1为剖面图，示出了喷墨型记录头的主要部分(作为液体排放设备)，所述喷墨型记录头装备有依据本发明实施方案的压电装置，所述剖面图是在压电装置的厚度方向上截取的。在图1中，为了清晰，喷墨型记录头的组成元件的减小规模不同于实际减小的规模。

参考图1，压电装置1包括底板11。所述压电装置还包括底部电极12、压电体13和顶部电极14，这些元件以该顺序重叠在底板11的表面上。能够由底部电极12和顶部电极14在压电体13的厚度方向上施加电场。

对于底板11的材料没有限制。底板11的材料实例包括硅、玻璃、不锈钢(SUS)、钇稳定的氧化锆(YSZ)、蓝宝石和碳化硅。底板11还可以由层压底板组成，如SOI底板，其含有SiO₂薄膜和Si活性层，所述SiO₂薄膜和Si活性层以该顺序层压在硅底板上。

对于底部电极12的主要成分没有限制。所述底部电极12的主要成分的实例包括：金属，如Au、Pt和Ir；金属氧化物，如IrO₂、RuO₂、LaNiO₃和SrRuO₃；以及上面列举的金属和/或上面列举的金属氧化物的组合。

此外，对于顶部电极14的主要成分没有限制。顶部电极14的主要成分的实例包括上文针对底部电极12而列举的材料；通常用在半导体加工中的电极材料，如Al、Ta、Cr和Cu；以及上文针对底部电极12而列举的材料和/或上文列举的电极材料的组合。对于每个底部电极12和顶部电极14的厚度没有限制。然而，每个底部电极12和顶部电极14的厚度均优选地在50 nm-500 nm的范围内。

压电驱动器（actuator）2装备有压电装置1。所述压电驱动器2还装备有振动板16，其被固定在压电装置1的底板11的背面上，并且能够通过压电体13的膨胀和收缩而被振动。

喷墨型记录头（作为本发明的液体排放设备）3大体具有一种构造，其中墨水喷嘴（作为液体储存和排放构件）20被固定在压电驱动器2的背面上。墨水喷嘴20包括墨水室（作为液体储存室）21，其中储存墨水。墨水喷嘴20还包括墨水排放开口（作为液体排放开口）22，墨水通过所述开口从墨水室21排放到墨水室21的外部。

喷墨型记录头3的构成使得压电装置1通过改变所施加的跨压电装置1的电场来膨胀或收缩，并且因此使得控制墨水由墨水室21的排放以及由墨水室21排放的墨水量。

取代将振动板16和墨水喷头20作为独立构件固定在底板11上，可以将底板11的一部分加工形成振动板16和墨水喷嘴20。例如，在底板11是由层压底板如SOI底板构成的情况下，可以从底板11的背面一侧对底板11进行蚀刻加工以形成墨水室21，并且可以通过加工底板11来形成振动板16和墨水喷嘴20。

在该实施方案中，压电体13包含铁电物质相，所述铁电物质相的特征使得从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相成为不同晶系的铁电物质相的相变（即电场诱导的相变）至少发生

两次。

下文将就实施例来描述压电体13的压电特征，其中压电体13仅包含铁电物质相，所述铁电物质相的特征为从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相成为不同晶系的铁电物质相的相变发生两次。图2为显示压电体的前述实施例的电场-应变特征的实例的图，该特征由曲线I表示。在该实施例中，假设上文所述铁电物质相的构成使得在初始态中自发极化轴的矢量分量与电场施加的方向彼此一致。

参考图2，电场E1表示铁电物质相的第一次相变开始时的电场。同样，电场E2表示所述铁电物质相的第二次相变开始时的电场。此外，电场E3表示所述铁电物质相的第二次相变接近完全完成时的电场。E2和E3之间的关系可以为 $E2 < E3$ 或为 $E2 = E3$ 。

如图2所示，压电体13具有下述特征。具体地说，对于0至E1的外加电场E的范围（即第一次相变发生前的阶段），获得了相变前初始阶段时铁电物质相的普通电场诱导的应变。同样，对于E1至E2的外加电场E的范围，发生由于伴随第一次相变的晶体结构改变导致的体积变化所致的压电应变。此外，对于E2至E3的外加电场E的范围，原则上，发生由于伴随第二次相变的晶体结构改变导致的体积变化所致的压电应变。另外，对于 $E \geq E3$ 的外加电场E的范围（即第二次相变接近完全完成之后的阶段），获得铁电物质相在第二次相变接近完全完成之后阶段的普通电场诱导的应变。

在由相变导致压电应变的情况下，发生了伴随相变的晶体结构变化导致的体积变化。因此，在自发极化轴的矢量分量与电场施加的方向彼此一致的情况下，能够获得比铁电物质的普通电场诱导的压电应变大的压电应变，其是通过增加或减少外加电场致其经历在电场施加方向上的膨胀和收缩所导致。

使用具有图2所示特征的压电体13时，由伴随相变的晶体结构变化导致的体积变化发生两次。还有，压电体13在相变发生前阶段和相变已经发生之后的阶段均包含铁电物质。因此，能够在相变发生前阶段以及相变已经发生之后的阶段，均获得所述铁电物质的压电效应。因此，对于所有0至E1的外加电场E的范围、E1至E2的外加电场E的范围、E2至E3的外加电场E的范围以及E≥E3的外加电场E的范围，能够获得大的应变位移。

通过控制工具15控制压电体13的驱动，所述控制工具15由驱动电路等构成。压电体13应优选在使得最小外加电场E_{min}和最大外加电场E_{max}满足公式（1）的条件下被驱动：

$$E_{\min} < E_1 < E_{\max} \quad (1)$$

压电体13应更优选在使得最小外加电场E_{min}和最大外加电场E_{max}满足公式（2）的条件下被驱动：

$$E_{\min} < E_1 < E_2 < E_{\max} \quad (2)$$

压电体13应特别优选在使得最小外加电场E_{min}和最大外加电场E_{max}满足公式（3）的条件下被驱动：

$$E_{\min} < E_1 < E_2 \leq E_3 < E_{\max} \quad (3)$$

图2示出了其中压电体13在使得最小外加电场E_{min}和最大外加电场E_{max}满足上述公式（3）的条件下被驱动的情况。图2还示出了其中最最小外加电场E_{min}被设定在0至E1范围内的值的情况。所述最小外加电场E_{min}可以等于0。

如上参考相关技术所述，常规压电装置，其中不利用相变并且其中仅利用铁电物质的普通电场诱导的应变，具有下文所述特征。具体地说，如图13中曲线IV所示，对于在0至某一外加电场E_x的外加电场范围，应变位移随外加电场的增加而线性增加。还有，对于高于所述某一外加电场E_x的外加电场范围，应变位移随外加电场增加的增加明显变小，并且应变位移达到接近饱和。因此，已经以范围在0至E_x内的外

加电场使用常规压电装置，在所述范围内应变位移随外加电场的增加而线性增加。

在对本发明的压电体13与上述常规压电体之间进行比较的情况下，所述压电体具有由类似化学式表示的组成，压电体13的第一次相变在上述常规压电体的情况下，是在应变位移接近达到饱和的阶段之前开始的（具体地说，对于压电体13， E_1 取值满足 $E_1 \leq E_x$ ）。压电装置1的该实施方案是在使得最大外加电场 E_{max} ($>E_1$) 等于或高于常规压电装置的最大外加电场的情况下被驱动的，其中未利用相变并且仅利用了铁电物质的普通电场诱导的应变。因此，本发明的压电装置1也可被用于薄型压电装置，其中在跨压电体施加与常规技术水平相同的电压水平的情况下，会产生高外加电场。

压电体13具有的特征为发生由铁电物质相至不同晶系的铁电物质相的相变。因此，使用压电体13，在自发极化轴的矢量分量与电场施加的方向彼此一致的情况下，能够获得铁电物质的普通电场诱导的压电应变以及由相变导致的压电应变，所述普通电场诱导的压电应变是通过外加电场的增加或减少致其经历在电场施加方向上的膨胀和收缩而造成的。

使用日本专利3568107中描述的压电体时，其中发生了铁电物质相与顺电物质相之间的相变，普通电场诱导的压电应变不能在相变为顺电物质相发生之后的阶段获得。然而，使用压电体13，其中利用了由铁电物质相至不同晶系的铁电物质相的相变，甚至可以在已经发生相变后的阶段获得普通电场诱导的压电应变。

对于压电体13来说，含有这样的压电物质相已经足够，所述铁电物质相的特征为，由铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。在这样的情况下，能够获使用铁电物质相获得压电应变。因此，压电体13还可以含有不能经历相变的铁电物质相，即特征为铁

电物质相至铁电物质相的相变仅发生一次的铁电物质相或者特征为发生铁电物质相与顺电物质相之间相变的铁电物质相。此外，所述压电体13可以含有顺电物质相。

此外，所述压电体13的特征为由所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。因此，使用压电体13，可获得比用日本专利3568107中所述压电体大的相变引起的压电应变，其中所述铁电物质相和顺电物质相之间的相变发生一次；并且可获得比用日本专利申请2006-188765所述的压电体大的相变引起的压电应变，其中所述铁电物质相和顺电物质相之间的相变发生一次。

压电体13中所含的铁电物质相应优选具有晶体取向特征，所述铁电物质相的特征为在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。具体地说，压电体13应优选包含选自外延薄膜、晶体取向薄膜以及颗粒取向陶瓷烧结体的体。使用压电体13的上述构成时，能够可靠获得所需的电场诱导的压电应变以及由相变导致的压电应变。在考虑减小压电装置1的厚度的情况下，所述压电体13应优选包含选自外延薄膜和晶体取向薄膜的体。对于压电体13的薄膜厚度没有限制。在减小薄膜厚度的情况下，要考虑薄膜形成稳定性和压电性能，压电体13的薄膜厚度应优选在10 nm-100 μm 的范围内，更优选应在100 nm-20 μm 的范围内。

此外，压电体13中所含的铁电物质相应优选具有在方向上与自发极化轴的方向不同的晶体取向特征，所述铁电物质相的特征为，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。另外，从没有施加电场时增加外加电场的情况下，在最后的相变已经发生后的阶段，铁电物质相应特别具有在方向上与自发极化轴的方向大致相同的晶体取向特征，所述铁电物质相的特征为，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。在

这样的情况下，相变能够很容易地发生。此外，在这样的情况下，除了普通电场诱导的压电应变和相变导致的压电应变外，还可获得由工程化畴效应等导致的压电应变。因此，能够获得进一步增强的压电性能。

下文将就实例描述由工程化畴效应等导致的压电应变，其中所述压电体13具有图2所示的特征（即实施例，其中压电体13仅包含铁电物质相，所述铁电物质相的特征为，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变发生两次）。

“工程化畴效应”是这样的效应，其中在相变发生前阶段铁电物质相的自发极化轴方向和施加的电场方向被设定为彼此不同的情况下，能够可靠地获得比下述情况更大的位移量，即电场施加的方向与相变发生前阶段铁电物质相的自发极化轴方向匹配。“单晶的工程化畴效应”记载于，例如，文献“*Ultrahigh strain and piezoelectric behavior in relaxor based ferroelectric single crystals*”, S.E.Park和T.S.Shrout, *J.Appl. Phys.*, Vol. 82, Issue 4, pp. 1804-1811, 1997。

具体地说，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，具有这样的构成：其中相变发生前阶段的铁电物质相在与自发极化轴方向不同的方向上具有晶体取向特征，并且特别优选具有这样的构成：其中相变发生前阶段铁电物质相在与最后一次相变发生后阶段自发极化轴的方向大致相同的方向上具有晶体取向特征，这对于0至 E_1 的外加电场 E 的范围，利用工程化畴效应，随外加电场增加的应变位移变得比下述情况大，所述情况即电场施加方向与相变发生前阶段铁电物质相的自发极化轴方向匹配。

此外，使用上文所述的晶体取向结构，除上文所述的工程化畴效应外，还能够获得下文所述的其他效应。

具体地说，具有这样的构成：在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，其中相变发生前阶段铁电物质相在与最后相变发生后阶段自发极化轴方向大致相同的方向上具有晶体取向特征，能够最有效地进行相变。因此，第一相变和第二相变在比较低的电场下开始。此外，通常可能发生的是，在将高于外加电场 E_3 的电场（即比所述电场高的电场，在该电场下最后的相变接近完全完成）跨压电体13施加的情况下，原本能够经历相变的一部分铁电物质相保持未经历相变的状态。然而，由于相变有效进行，能够使所述铁电物质相的该部分比例保持较小，所述部分原本能经历相变并且在将高于外加电场 E_3 的电场跨压电体13施加的情况下保持未经历相变的状态。结果，对于 E_1 至 E_2 的外加电场 E 的范围，以及对于 E_2 至 E_3 的外加电场 E 的范围，能够可靠获得比下述情况更大的应变位移，所述情况即电场施加的方向与相变发生前阶段铁电物质相的自发极化轴方向匹配。

此外，在已经发生最后相变之后的阶段，电场施加方向与自发极化轴方向大致一致。因此，对于 $E \geq E_3$ 的外加电场 E 的范围（即，对于比最后的相变接近完全完成时的电场高的电场范围），可有效地产生最后相变接近完全完成后阶段铁电物质相的普通电场诱导应变，并且能够可靠获得比下述情况更大的应变位移，所述情况即电场施加的方向与相变发生前阶段铁电物质相的自发极化轴方向匹配。

至少在相变发生前阶段铁电物质相的自发极化轴方向与电场施加方向不同的情况下，能够获得上文所述的效应。在电场施加方向与最后的相变发生后阶段铁电物质相的自发极化轴方向接近的情况下，能够进一步增强上文所述的效应。

发明人已经实际制备了下文所述的压电体薄膜（可以参照下文所述的实施例1）。具体地说，在初始态（即未施加电场的状态），所制备的压电体薄膜具有一种晶相结构，所述结构包含具有（100）取向的

四方相T(a)、菱形相R和具有(001)取向的四方相T(c)的混合物,所述四方相T(a)具有与电场施加方向正交的自发极化轴,所述菱形相具有与电场施加方向斜交的自发极化轴,所述四方相T(c)具有与电场施加方向平行的自发极化轴。所制备的压电体薄膜的特征为,四方相T(a)的一部分通过施加比较低的电场导致经历向菱形相R的相变,并且通过施加比较高的电场进一步导致经历向四方相T(c)的相变,所述四方相T(c)具有(001)取向。

使用上文所述压电体时,四方相T(a)具有正交于电场施加方向的自发极化轴,四方相T(a)的特征为四方相T(a)是通过施加电场导致经历相变。四方相T(a)的自发极化轴的矢量分量与电场施加的方向彼此不一致。因此,在相变发生前阶段,不能获得四方相T(a)的普通电场诱导的应变效应。此外,在相变发生前阶段,获得了菱形相R的工程化畴效应导致的压电应力以及具有(001)取向的四方相T(c)的普通电场诱导的应变效应。

压电体13的组成可以选自各种各样的组成。作为实例,压电体13可以包含至少一种钙钛矿型氧化物并且可以包含不可避免的杂质。

在这些情况下,压电体13应优选包括含有至少一种钙钛矿型氧化物并且可含有不可避免的杂质,所述钙钛矿型氧化物由下述通式表示:

通式 ABO_3

其中A表示位于A位置的元素,并且表示选自Pb、Ba、La、Sr、Bi、Li、Na、Ca、Cd、Mg、K和镧系元素的至少一种元素;

B表示位于B位置的元素,并且表示选自Ti、Zr、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Mn、Sc、Co、Cu、In、Sn、Ga、Zn、Cd、Fe和Ni的至少一种元素; 以及

O表示氧原子,

标准组成是,A位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例以及B位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例每一个均为1:3,条件是A位元

素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例以及B位元素的总摩尔数与氧原子摩尔数的比例每一个均可偏离1:3，但在能够获得所述钙钛矿型结构的范围内。

可由上文所示通式表示的钙钛矿型氧化物的实例包括：钛酸铅、锆钛酸铅（PZT）、锆酸铅、钛酸镧铅、钛酸镧铅、锆钛酸铅铌酸镁、锆钛酸铅铌酸镍和锆钛酸铅铌酸锌；上文列举的含铅化合物的混合晶系；不含铅化合物，如钛酸钡、钛酸锶钡、钛酸铋钠、钛酸铋钾、铌酸钠、铌酸钾、铌酸锂和铁素体铋；以及上文所列举的不含铅化合物的混合晶系。

为了获得良好的电特征，压电体13应优选包含至少一种选自Mg、Ca、Sr、Ba、Bi、Nb、Ta、W和Ln的金属离子，其中Ln表示镧系元素（La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb和Lu）。

为了容易发生相变，压电体13应优选具有准同型相界（MFB）或接近MFB的组成。本文所用术语“接近MPB”意为通过电场施加以经历相变造成的区域。通常，MPB组成根据温度而改变。

基本上，压电装置1的该实施方案应优选被设计成使得可以仅通过改变外加电场来进行压电体13的相变。具体地说，应优选进行压电体13的组成选择，使得压电体13在服务环境温度下具有MPB组成。然而，必要时，可以针对装置进行温度调整，使得可以达到接近MPB的组成。在如此驱动压电1使得可实现MPB组成或接近MPB组成的情况下，能够有效地发生相变。

迄今，通常在正常温度下使用常规的压电装置并且因此在所述压电装置是在正常温度下使用的假设上来进行设计。然而，下文中有压电装置在高于正常温度的环境温度下使用的可能性（例如用在汽车引擎附近、CPU附近等，压电装置的服务环境温度可以至少为80℃）。还

有，在用于喷墨型记录头上以便减小墨水粘度的应用中，压电装置的服务环境温度可以在40°C-80°C的范围内。此外，压电装置有在低于正常温度的环境温度下使用的可能性（例如用于电冰箱）。具体地说，应当优选考虑-50°C至+200°C的服务环境温度来设计用于压电装置的材料。在该实施方案中，在考虑上文所述服务环境温度的情况下，第一相变和第二相变应优选地在-50°C至+200°C的温度下发生，所述相变是由电场诱导的。

在对装备有本发明的压电体13的压电装置1和装备有压电体的常规压电装置进行比较的情况下，所述压电体具有由类似化学式表示的组成，压电装置1的该实施方案是在使得最大外加电场 $E_{max}(>E1)$ （例如至少100 kV/cm的最大外加电场）等于或高于用于常规压电装置的最大外加电场（通常位于约0.1 kV/cm至约10 kV/cm的范围内）的情况下被驱动，其中未利用相变并且仅利用了铁电物质的普通电场的诱导应变。因此，本发明的压电装置1也可被用于薄型压电装置，其中在跨压电体施加与常规技术水平相同的电压水平的情况下，产生高外加电场。

施加到薄膜上的应力的种类包括薄膜形成时发生的应力以及薄膜与底板之间热膨胀系数不同导致的应力。通常，可以进行材料设计，使得施加到薄膜上的应力在-10 GPa至+10 GPa的范围内。

如上所述，压电体13的该实施方案包含铁电物质相，所述铁电物质相的特征为，在从没有施加电场时增加外加电场的情况下，由所述铁电物质相向不同晶系的铁电物质相的相变至少发生两次。使用压电体13的该实施方案时，可获得比用日本专利3568107所述的压电体和日本专利申请2006-188765中所述的压电体更高的压电性能。

[喷墨型记录系统]

下文参照图3和图4描述喷墨型记录系统的实例，其中采用了图1的喷墨型记录头3。图3为示出了喷墨型记录系统的一个实例的示意图，

其中采用了图1的喷墨型记录头。图4为示出了图3的喷墨型记录系统的一部分的平面图。

参照图3和图4，喷墨型记录系统100包括印刷部件102，所述部件装备有多个喷墨型记录头（下文中简称为记录头）3K、3C、3M和3Y。每个记录头3K、3C、3M和3Y均被用于一种不同的墨水颜色。喷墨型记录系统100还包括用于存放墨水组合物的墨水存放和加载部件114，其每一个均装备有记录头3K、3C、3M和3Y之一，喷墨型记录系统100还包括用于提供记录纸116的供纸部件118。喷墨型记录系统100还进一步包括去卷曲处理部件120，用于消除从供纸部件118接受的记录纸116的轧制卷曲（roll set curl）。喷墨型记录系统100还包括吸入式传送带部件122，其的定位使得正对印刷部件102的喷嘴底面（即墨水排放表面）。吸入式传送带部件122传送记录纸116，同时保持记录纸116的平坦。喷墨型记录系统100还包括印刷检测部件124，用于读出用印刷部件102进行的印刷的结果。喷墨型记录系统100还进一步包括卸纸部件126，用于将印刷记录纸（即印刷过的纸）卸出到喷墨型记录系统100的外部。

印刷部件102的记录头3K、3C、3M和3Y的每一个均由图1中所示的喷墨型记录头3构成。

在去卷曲处理部件120中，通过加热鼓130，在轧制卷曲的方向相反的方向上对记录纸116供热，由此进行去卷曲处理。

如图3中所示，在喷墨型记录系统100利用打卷的纸的情况下，切割器128位于去卷曲处理部件120之后的部位，并且所述打卷的纸被切割器128切成所需大小。切割器128由固定刀片128A和圆刀片128B组成，所述刀片128A的长度至少等于记录纸116传送途径的宽度，所述刀片128B能沿固定刀片128A移动。固定刀片128A位于记录纸116背面一侧，所述背面与记录纸116的印刷面相反。另外，圆刀片128B位于记录纸116

的印刷面一侧，传送途径介于固定刀片128A和圆刀片128B之间。在利用切割的纸张的系统的情况下，所述系统不需要装备切割器128。

记录纸116送入吸入式传送带部件122中，所述记录纸116已经过去卷曲处理并被切成所需大小。吸入式传送带部件122的结构为其中环带133穿过两个滚轴131和132。吸入式传送带部件122的构成使得吸入式传送带部件122的至少一部分可以由水平面（平面）构成，所述部分正对印刷部件102的喷嘴底面和印刷检测部件124的传感器表面。

带133的宽度比记录纸116的宽度宽。带133具有多个吸入孔（未示出），其开口在带表面上。此外，吸入室134位于带133所限定的空间内，带133穿过两个滚轴131和132。具体地说，吸入室134所处位置为面对印刷部件102的喷嘴底面和印刷检测部件124的传感器表面。利用风扇135将吸入室134内的区域排空成负压，且位于带133上的记录纸116因此是通过吸入在带133的上来支持的。

发动机（未示出）的旋转功率被传递给滚轴131和132的至少任一个，带133穿过所述滚轴。因此图3中带133顺时针转动，且在图3中由带133上支持的记录纸116被向右传递。

在无边缘印刷等的情况下，会发生墨水组合物附着到带13上记录纸116外的区域。因此，带清洁部件136位于预先确定的位置，所述位置在带133所限定空间的外侧（具体地说，在非印刷区的适当位置）。

加热扇140位于纸传送途径上印刷部件102的上游侧，所述途径由吸入式传送带部件122形成。在记录纸116被印刷之前，用加热扇140对其吹干空气，从而加热记录纸116。在印刷记录纸之前即刻这样加热记录纸116的情况下，被喷出到记录纸116上的墨水组合物能够容易地干燥。

如图4所示，印刷部件102由实线型记录头构成。具体地说，在印刷部件102中，具有对应于最大纸张宽度的线型记录头的定位使得在所述方向上延伸（即主扫描方向），所述方向与进纸方向正交。每一个记录头3K、3C、3M和3Y均由装备有（喷嘴的）多个墨水排放开口的线型记录头构成，所述开口排列的长度至少长于最大尺寸的记录纸116的一个边，以便利用喷墨型记录系统100进行处理。

对应于墨水颜色的记录头3K、3C、3M和3Y的布置，从记录纸116进纸方向的上游，依次为黑色（K）、青色（C）、品红色（M）和黄色（Y）。彩色墨水组合物分别由记录头3K、3C、3M和3Y排放，同时传递记录纸116，从而在录纸116上记录彩色图像。

印刷检测部件124可以由例如线传感器构成，用于成像由印刷部件102进行的液滴喷出（droplet jetting-out operation）操作的结果。根据线传感器已经读出的的液滴喷出图像，印刷检测部件124从而检测排放故障，如喷嘴阻塞。

干燥后部件142位于印刷检测部件124之后的部位。所述干燥后部件142可由例如用于干燥印刷图像表面的加热扇构成。在喷出到记录纸116上的墨水组合物干燥前的阶段，优选印刷表面应不与干燥构件等接触。因此，干燥后部件142应优选采用用于对印刷表面吹热空气的干燥技术。

为控制图像表面的表面光泽，加热和加压部件144位于干燥后部件142之后的部位。在加热和加压部件144中，通过压辊145对图像表面加压，同时加热图像表面，所述压辊145具有预先确定的表面凹凸图案。因此，所述凹凸图案被从压辊145传递到了图像表面上。

然后，通过纸排放部件126将已这样获得的印刷过的纸张排出。通常，已经将所要记录的常规图像（对象图像）印刷于其上的印刷纸以

及已经将测试图像印刷于其上的印刷纸应优选地被排除到不同的目的地。喷墨型记录系统100装备有分选工具（未示出），用于分选出其上已经印刷着要记录的常规图像的印刷过纸张和其上已经印刷着测试印刷图像的印刷纸，并改变彼此的纸张排放路径，以便将其上已经印刷着要记录的常规图像的印刷过纸张和其上已经印刷着测试印刷图像的印刷纸分别送入排放部件126A和排放部件126B中。

如果在印刷部件102处，要记录的常规图像和测试图像被平行印刷到一张大纸上的情况下，则可以设置切割器148，以便将印刷有测试图像的纸张区域与印刷有要记录的常规图像的纸张区域分开。

喷墨型记录系统100按上文所述方式构成。

实施例

通过下述非限制性实施例来进一步说明本发明

实施例1

用 Si 片制成底板。此外，利用溅射技术，在所述底板表面上次第形成厚度为 150 nm 的 Ir 底部电极，厚度为 5.0 μm 的掺杂 Nb 的 PZT 压电体薄膜，和厚度为 150 nm 的 Pt 顶部电极。以这种方式，可获得本发明的压电装置。所述底部电极、压电体薄膜和顶部电极的每一个均在整个底板区域上形成。设定所述压电体薄膜的组成，使得 $\text{Zr}/(\text{Zr}+\text{Ti})$ 摩尔比等于 0.52，并且使得 B 位置的 Nb 掺杂浓度等于 13 mol%。

对上文所述的压电体薄膜，进行同步 X 射线衍射（XRD）测量。图 5 示出了初始态（即未施加电场的状态）、施加 50 kV/cm 电场时的状态以及施加 100 kV/cm 电场时的状态下的 XRD 图谱。

图 12 为示出了 PZT 相图的解释图，其中画出了实施例 1 以及比较实施例 1 和 2 中的 $\text{Zr}/(\text{Zr}+\text{Ti})$ 摩尔比（mol%）。从 PZT 相图清楚显

示，实施例 1 中获得的压电体薄膜具有菱形相和四方相的 MPB 组成。

对于初始态（即未施加电场的状态）的 XRD 图谱，在 $2\theta=32.2^\circ$ 、 32.4° 和 32.6° 处共发现了三个衍射峰。推断所发现的角度递增顺序的衍射峰分别来自具有 (001) 取向（“c”轴取向）的四方相 T(c)、具有 (100) 取向的菱形相 R 以及具有 (100) 取向（“a”轴取向）的四方相 T(a)。具体地说，推断实施例 1 中获得压电体薄膜在初始态（即未施加电场的状态）含有上述三种晶相的混合物。表明当施加电场时，XRD 图变化明显并且发生了两次相变。

为了定量分析四方相 T(c)、菱形相 R 和四方相 T(a) 间的存在比例，对初始态（即未施加电场的状态）、施加 50 kV/cm 电场时的状态以及施加 100 kV/cm 电场时的状态下的每个 XRD 图谱进行峰分离处理。此外，计算每个衍射峰的积分强度。作为代表性的结果，图 6 示出了对实施例 1 获得的压电体薄膜的 XRD 图谱进行峰分离处理的结果，所述压电体薄膜处于初始态（即未施加电场的状态）。此外，图 7 示出了外加电场与每个衍射峰积分强度间的关系，已经获得了实施例 1 中获得的压电体薄膜的关系。

根据图 5 和图 7 中所示的结果，揭示了在初始态（即未施加电场的状态），四方相 T(c)、菱形相 R 和四方相 T(a) 接近等比例存在。还揭示，在施加 50 kV/cm 低电场的状态下，四方相 T(c) 的比例和四方相 T(a) 的比例下降而菱形相 R 占优势。此外，解释在施加 100 kV/cm 高电场的状态下，菱形相 R 的比例下降而具有 (001) 取向的四方相 T(c) 占优势。由于随着电场的施加产生的总积分强度几乎没有变化，可能考虑到没有发生上文所述的三种相以外的变化。根据上述结果，明确发生两次相变，顺序为具有 (100) 取向的四方相 T(a) → 菱形相 R → 具有 (001) 取向的四方相 T(c)。

图 8 为示出如何使压电体薄膜经历相变的解释图，所述压电体薄

膜是在实施例 1 中获得的。图 8 示出了晶格的形状和自发极化轴。如图 8 所示，通过施加电场导致四方相 T(a)经历向菱形相 R 的相变，所述四方相 T(a)在初始态（即未施加电场的状态）具有正交于电场施加方向的自发极化轴，所述菱形相 R 具有斜交于电场施加方向的自发极化轴；然后通过施加电场导致经历向四方相 T(c)的相变，所述四方相 T(c)具有平行于电场施加方向的自发极化轴。

在图 5 所示的 XRD 图谱中，施加电场后四方相 T(c)的衍射峰由初始态的衍射峰向小角度一侧发生了轻度移位。推测这是由于四方相 T(c)在电场施加方向上的膨胀导致的。

<极化-电场特征和压电性能>

图 9 为示出了在最大外加电场 E_{max} 被设定成各种不同值的情况下，对实施例 1 中获得的压电体薄膜得到的单极极化-电场曲线的图。如图 9 中所示，对于在最大外加电场 E_{max} 被设定成 195 kV/cm 的情况下获得的单极极化-电场曲线，在开始第一相变的电场 E_1 和开始第二相变的电场 E_2 的每一个处均发现了拐点，在所述拐点处极化-电场曲线的倾角发生显著变化。开始第一相变的电场 E_1 等于 20 kV/cm。开始第二相变的电场 E_2 等于 60 kV/cm。

介电常数 ϵ 等于 1330，剩余极化强度 P_r 等于 $11\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ，并且正电场一侧的矫顽场 E_c 等于 35 kV/cm。此外，对于 0 kV/cm 的最小外加电场 E_{min} 至 100 kV/cm 的最大外加电场 E_{max} 的范围，压电常数 d_{31} 等于 270 pm/V。

使用实施例 1 中获得压电体薄膜，甚至在施加 50 kV/cm 的低电场时也可发生相变，且相变总共发生两次。使用实施例 1 中获得压电体薄膜时，利用相变导致的压电应变、工程化畴效应导致的压电应变、四方相 T(c)在电场施加方向上的膨胀导致的压电应变，能够获得高压电常数。

比较实施例 1

以与实施例 1 中相同的方式获得用于比较的压电装置，除了可如下改变压电体薄膜的组成。

具体地说，设定所述压电体薄膜的组成，使得 $Zr/(Zr+Ti)$ 摩尔比等于 0.54，并且使得 B 位置的 Nb 掺杂浓度等于 13 mol%。

以与实施例 1 中相同的方式，对上文所述的压电体进行同步 XRD 测量。图 10 示出了对压电体薄膜进行的同步 XRD 测量的结果，所述压电体薄膜是在比较实施例 1 中获得的。对于初始态（即未施加电场的状态）的 XRD 图谱，仅发现位于 $2\theta=32.3^\circ$ 的衍射峰。根据图 12 中所示的 PZT 相图，推断衍射峰来自具有 (100) 取向的菱形相 R。甚至当施加 100 kV/cm 的电场时，XRD 未发生变化且未发生相变。

对于 0 kV/cm 的最小外加电场 E_{min} 至 100 kV/cm 的最大外加电场 E_{max} 的范围，压电常数 d_{31} 等于 140 pm/V。

比较实施例 2

以与实施例 1 中相同方式，获得用于比较的压电装置，除了如下所述改变压电体薄膜的组成。

具体地说，设定所述压电体薄膜的组成，使得 $Zr/(Zr+Ti)$ 摩尔比等于 0.45，并且使得 B 位置的 Nb 掺杂浓度等于 13 mol%。

以与实施例 1 中相同的方式，对上文所述的压电体进行同步 XRD 测量。图 11 示出了对压电体薄膜进行的同步 XRD 测量的结果，所述压电体薄膜是在比较实施例 2 中获得的。对于初始态（即未施加电场的状态）的 XRD 图谱，发现位于 $2\theta=32.0^\circ$ 和 32.7° 的衍射峰。根据图 12 中所示的 PZT 相图，推断所发现的角度递增顺序的衍射峰分别来自

于具有(001)取向(“c”轴取向)的四方相 T(c)和具有(100)取向(“a”轴取向)的四方相 T(a)。具体地说,推断比较实施例 2 中获得的压电体薄膜含有上述两种晶相的混合物。甚至当施加 50 kV/cm 的电场时,XRD 图谱未发生变化,且未发生相变。施加 100 kV/cm 的电场时,发现了来自具有(100)取向的菱形相 R 的小衍射峰($2\theta=32.4^\circ$ 处),并且发现具有(100)取向的四方相 T(a)的一部分轻度相变成了菱形相 R。

对于 0 kV/cm 的最小外加电场 E_{\min} 至 100 kV/cm 的最大外加电场 E_{\max} 的范围,压电常数 d_{31} 等于 180 pm/V。

工业实用性

本发明的压电体能够被适当地用于压电驱动器,所述压电驱动器被用在喷墨型记录头、磁记录和重放头、微电-机械系统(MEMS)装置、微量泵、超声探头等中。本发明的压电体装置还能够被适当地用于铁电存储器(FRAM)等。

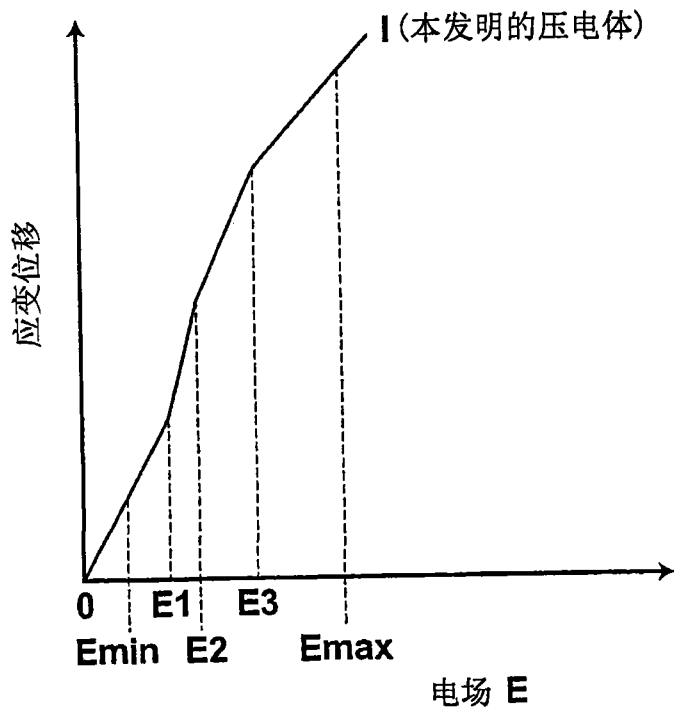
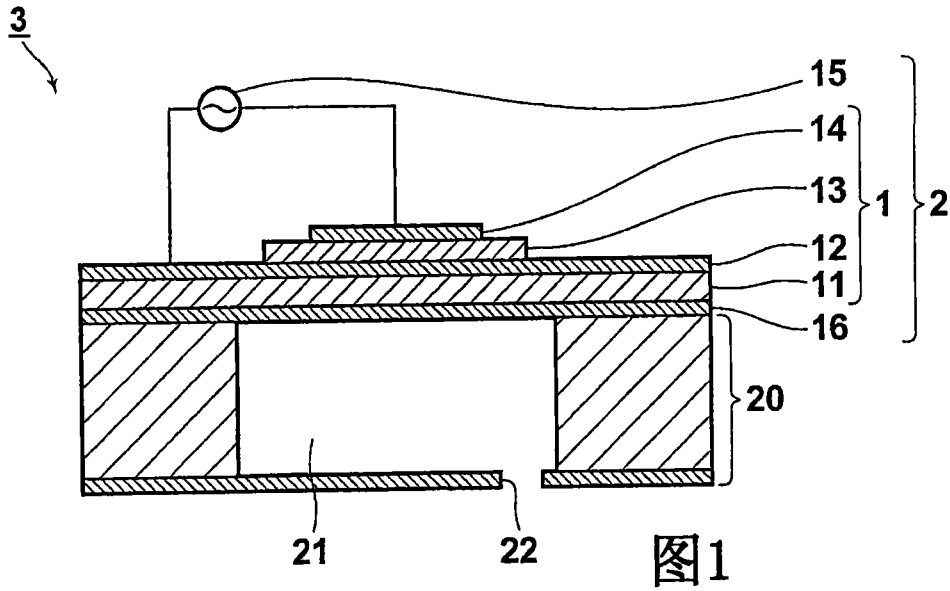


图2

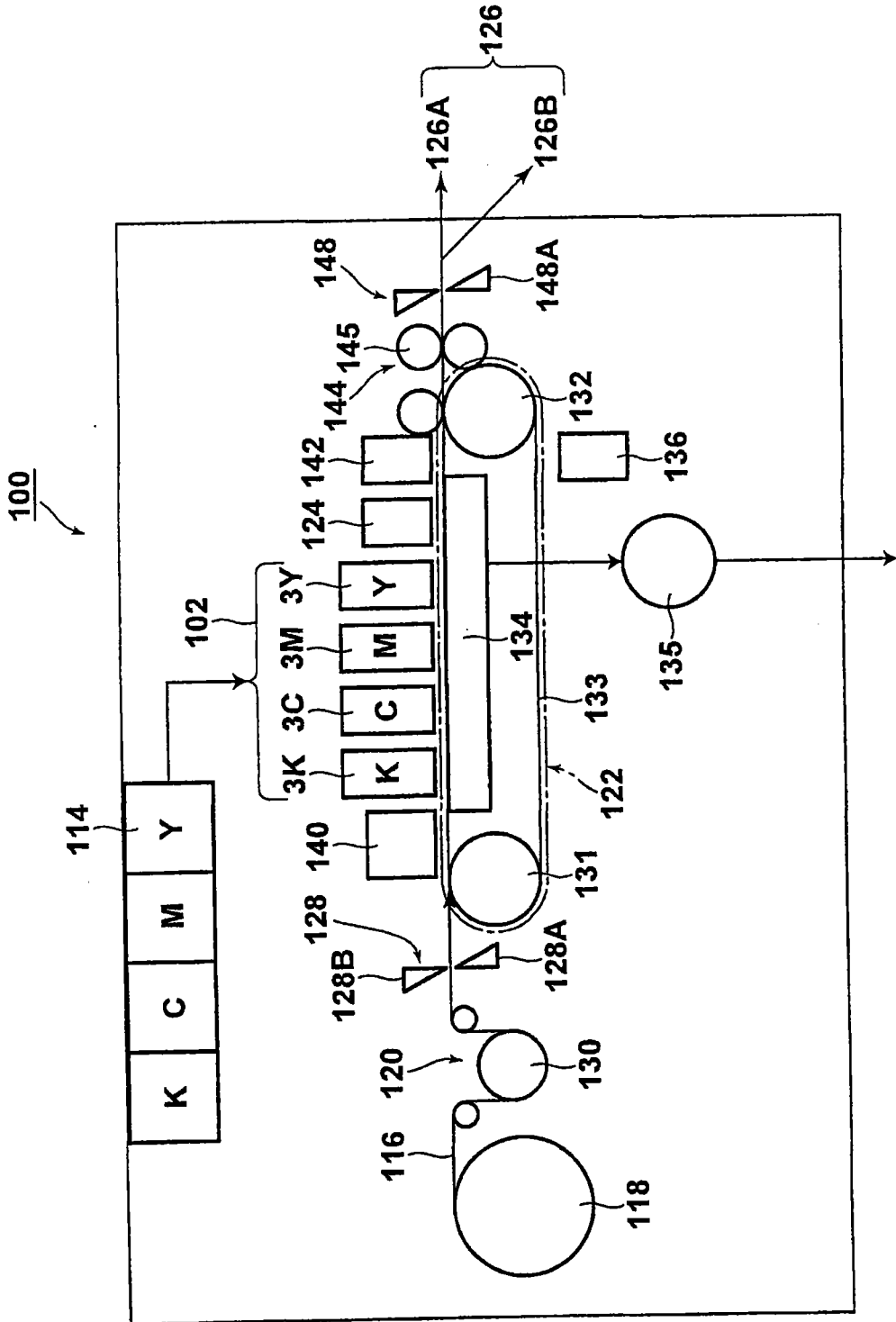


图3

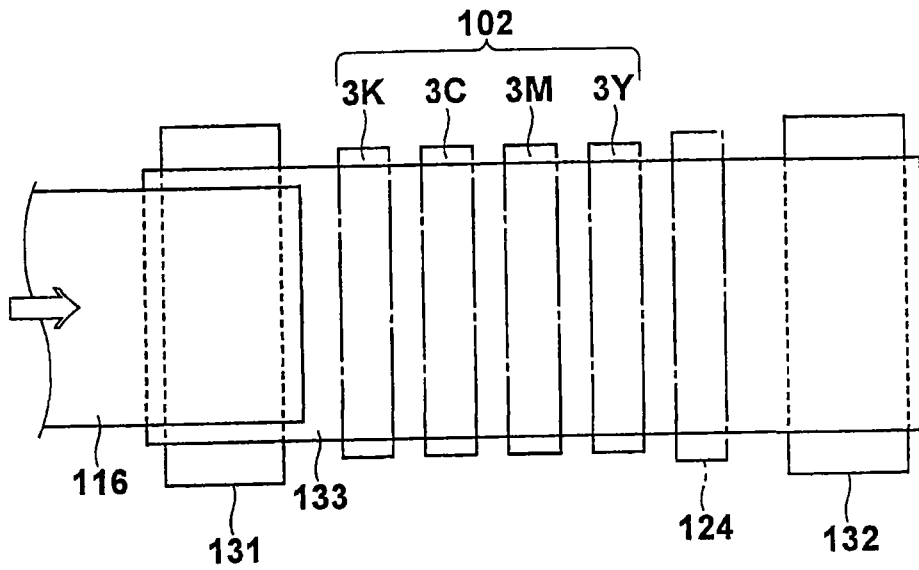


图4

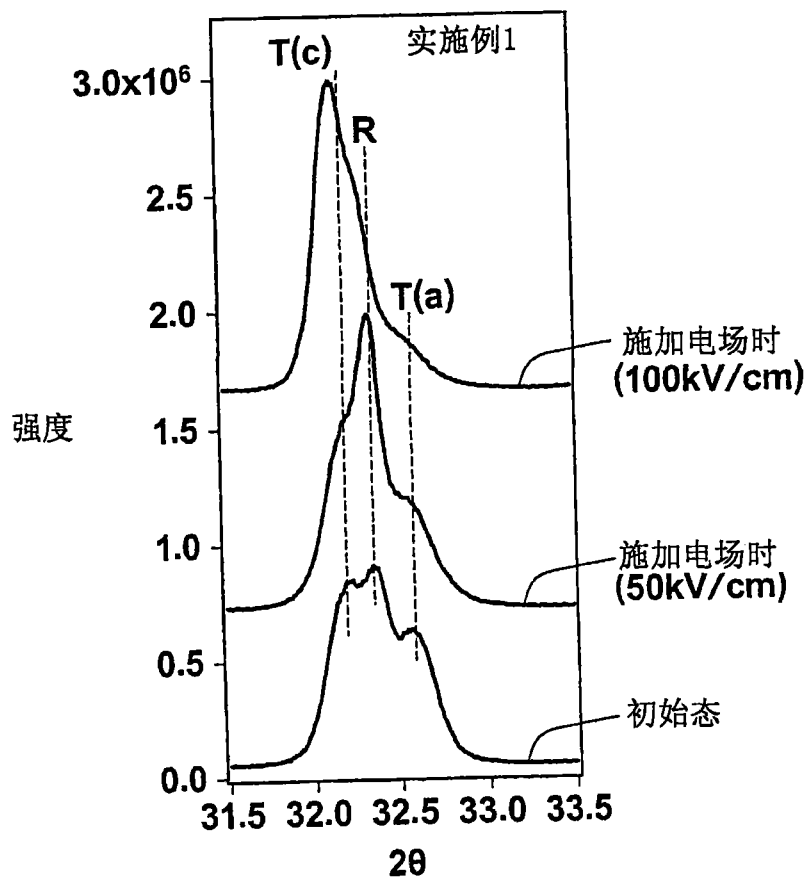


图5

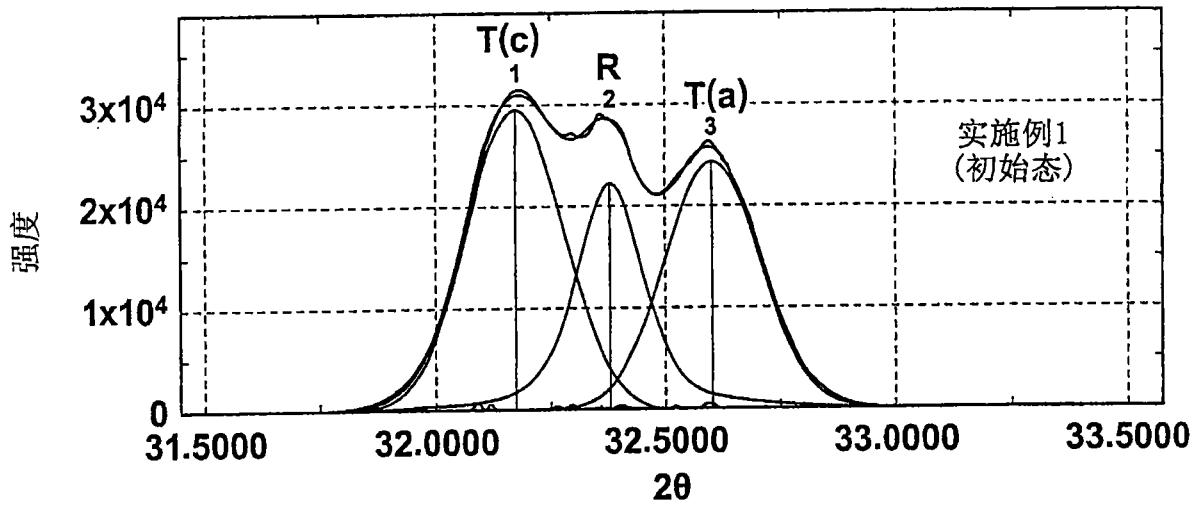


图6

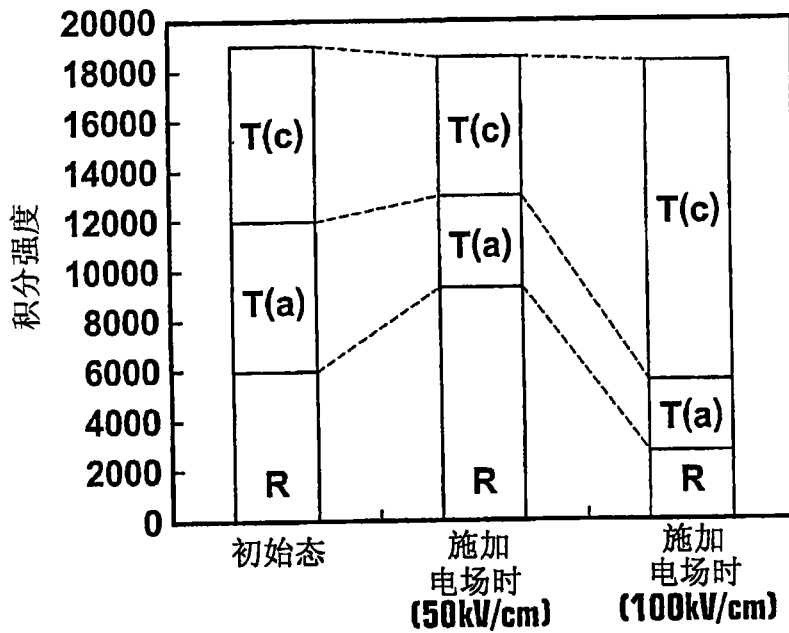


图7

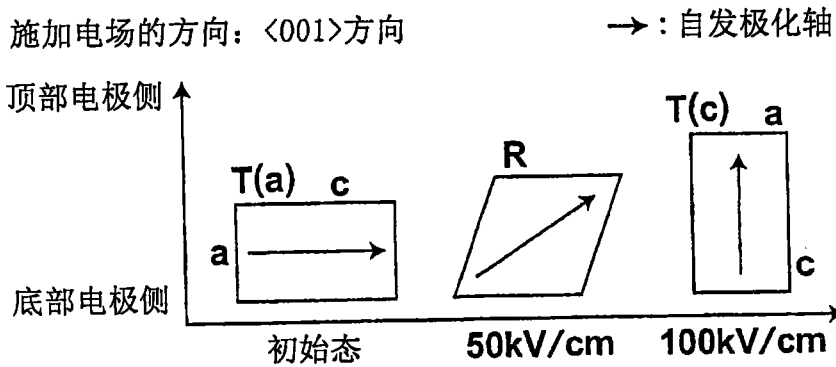


图8

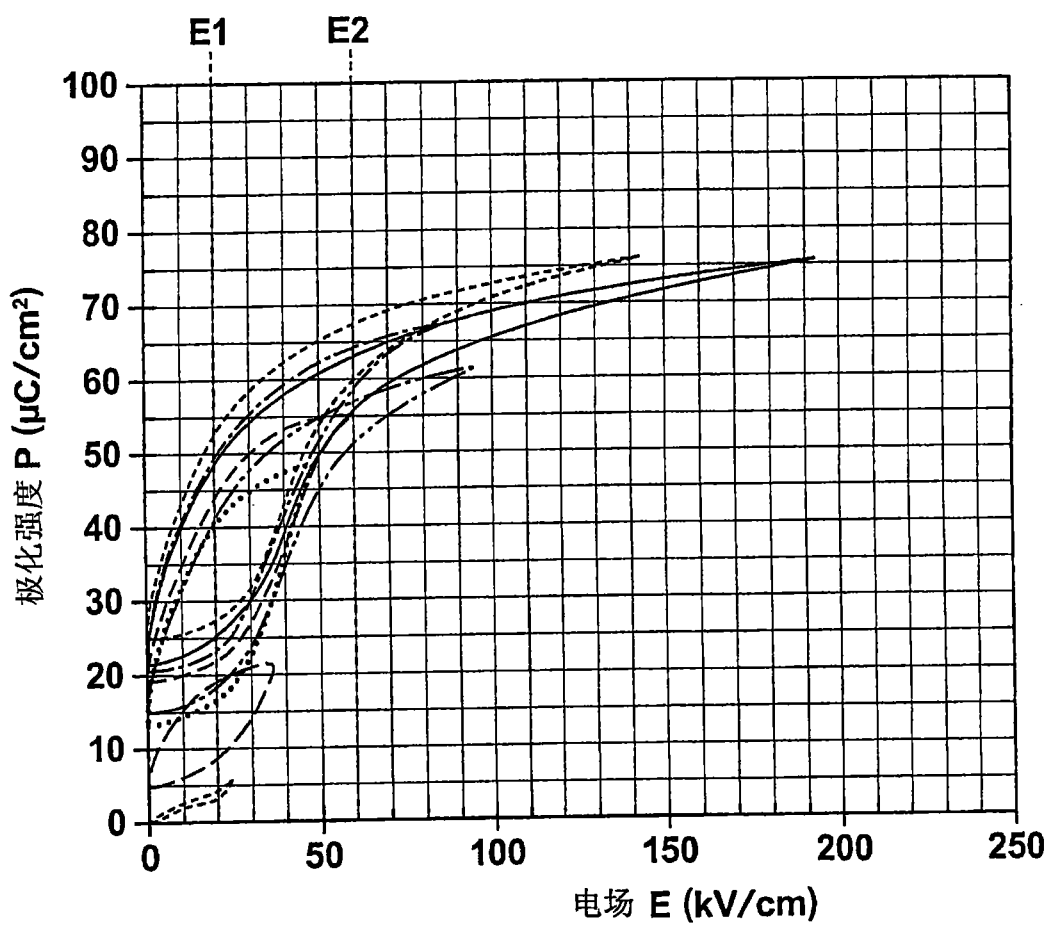
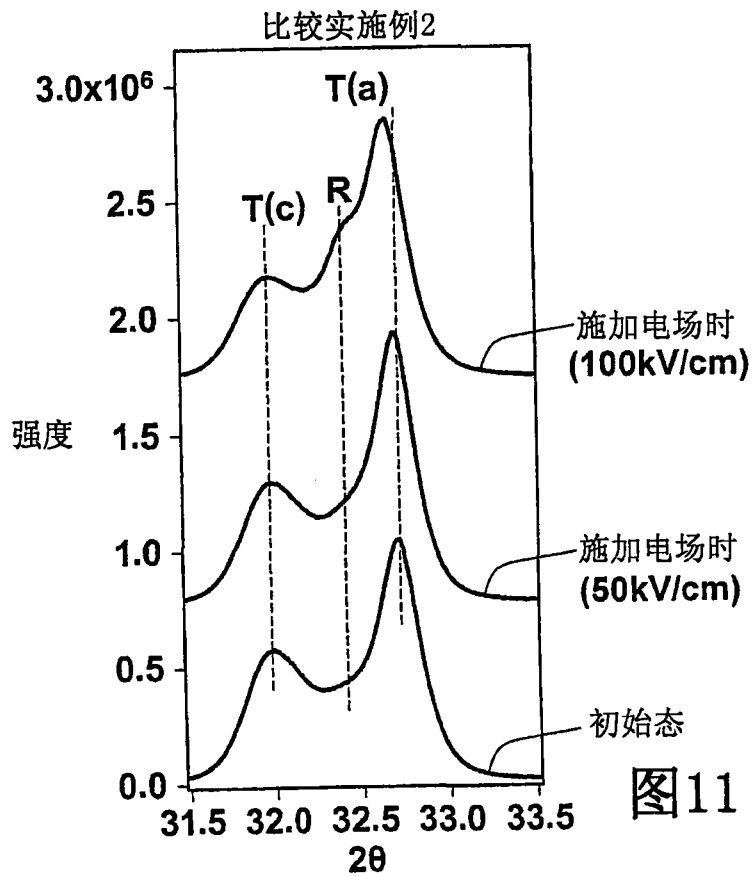
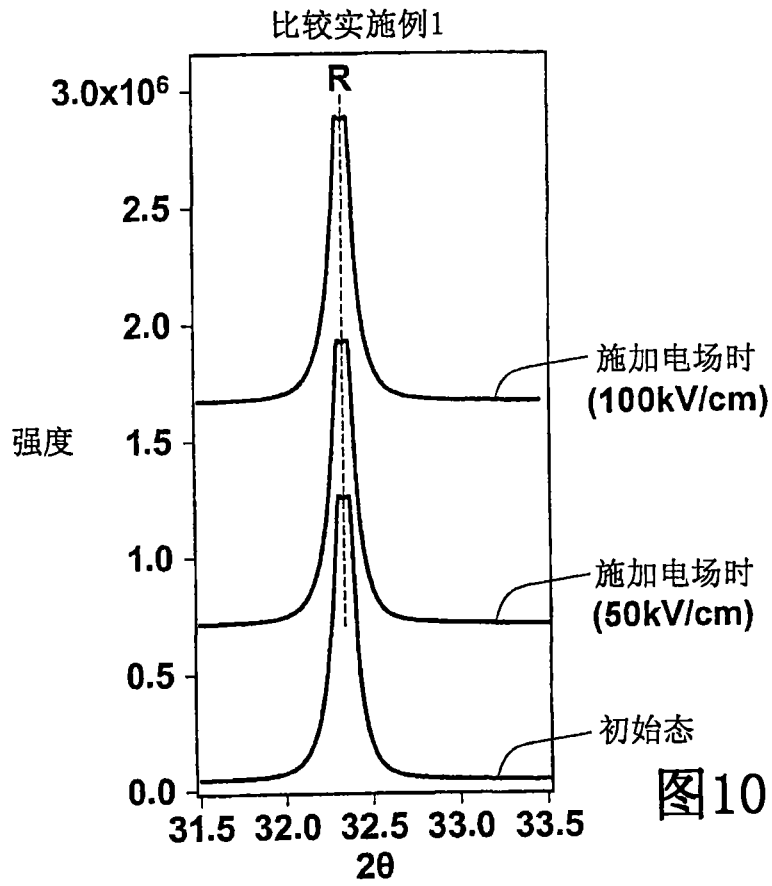


图9



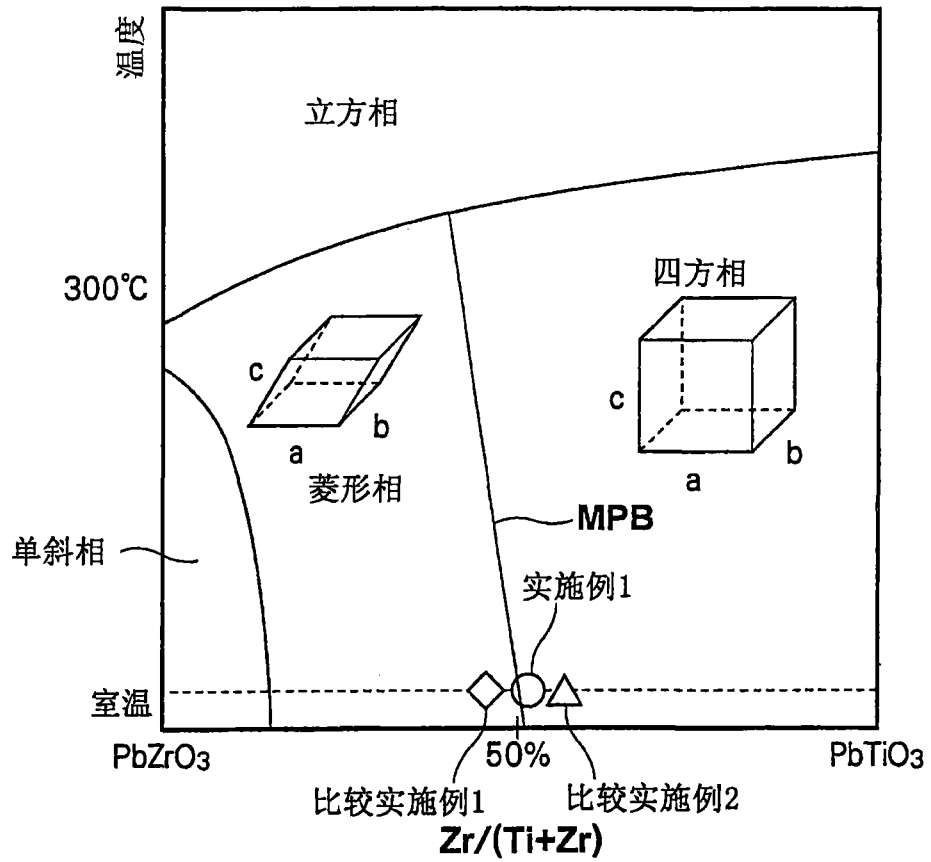


图12

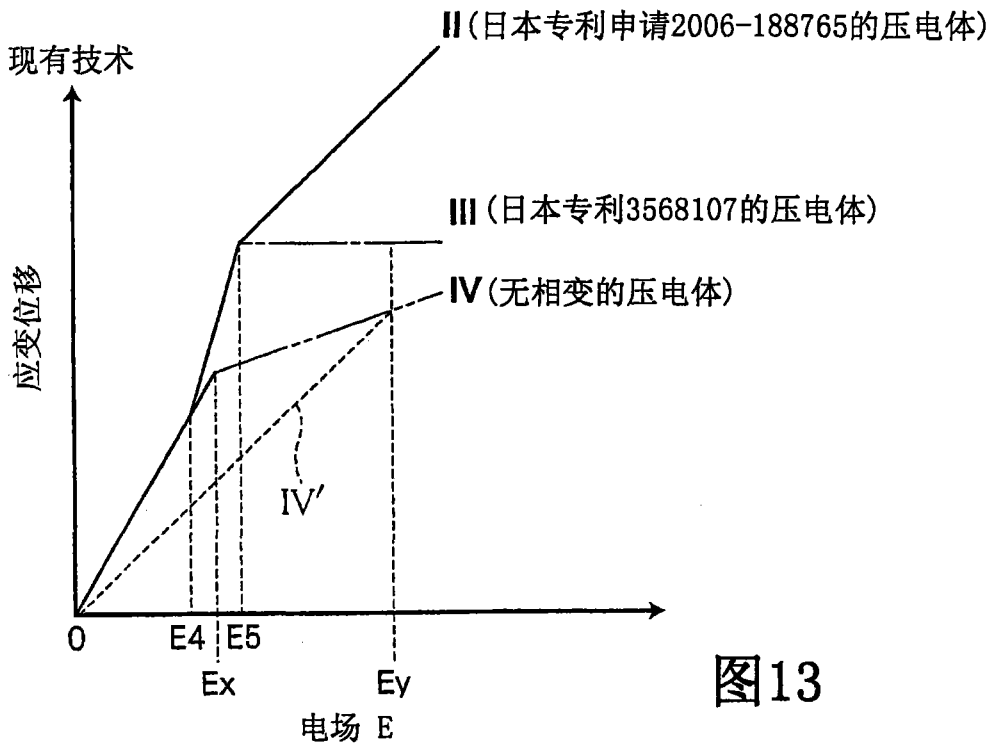


图13