



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103348501 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 09

(21) 申请号 201380000444. 9

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

(22) 申请日 2013. 01. 16

代理人 龙淳

(30) 优先权数据

2012-021424 2012. 02. 03 JP

(51) Int. Cl.

H01L 41/187(2006. 01)

2012-047637 2012. 03. 05 JP

B41J 2/045(2006. 01)

2012-048761 2012. 03. 06 JP

B41J 2/055(2006. 01)

2012-050053 2012. 03. 07 JP

G01C 19/5628(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

H01L 41/09(2006. 01)

2013. 07. 03

H01L 41/107(2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

H01L 41/39(2006. 01)

PCT/JP2013/000145 2013. 01. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02013/114794 JA 2013. 08. 08

(71) 申请人 松下电器产业株式会社

权利要求书4页 说明书27页 附图19页

地址 日本大阪府

(72) 发明人 田中良明 张替贵圣 足立秀明

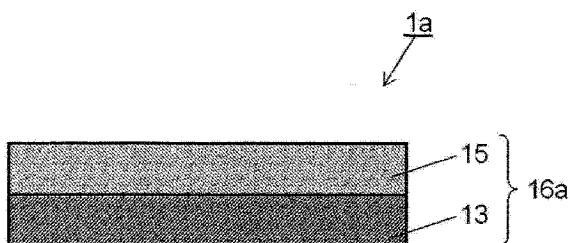
藤井映志

(54) 发明名称

压电体膜、喷墨头、使用喷墨头形成图像的方法、角速度传感器、使用角速度传感器测定角速度的方法、压电发电元件以及使用压电发电元件的发电方法

(57) 摘要

本发明提供一种具有高结晶取向性、低介质损耗、高极化消失温度、高压电常数以及施加电场与变形量之间的高线性的非铅压电体膜。本发明是具备以下部分的压电体膜。本发明的压电体膜包括：仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层；和仅具有(001)面取向的 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_{3-\alpha}\text{BiQO}_3$ 层。上述 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_{3-\alpha}\text{BiQO}_3$ 层形成在上述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层上。Q表示Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5}或者Mg_{0.5}Ti_{0.5}。x表示0.01以上0.05以下的值。y表示0.05以上0.20以下的值。 α 表示0.20以上0.50以下的值。



1. 一种压电体膜,其特征在于,包括:

仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层;和

仅具有(001)面取向的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层,

其中,所述 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层形成在所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层上,

Q 表示 $\text{Fe}、\text{Co}、\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 或者 $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$,

x 表示0.01以上0.05以下的值,

y 表示0.05以上0.20以下的值,

α 表示0.20以上0.50以下的值。

2. 如权利要求1所述的压电体膜,其特征在于:

所述 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层与所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层接触。

3. 如权利要求1所述的压电体膜,其特征在于:

所述 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层包含 Mn 。

4. 一种喷墨头,其特征在于,包括:

具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜;

与所述压电体膜接合的振动层;和

具有容纳墨液的压力室,并且与所述振动层的接合所述压电体膜的面的相反侧的面接合的压力室部件,

所述振动层与所述压电体膜接合,使得所述振动层与基于压电效应的所述压电体膜的变形对应地在该振动层的膜厚方向上发生位移,

所述振动层与所述压力室部件相互接合,使得与所述振动层的位移对应地所述压力室的容积发生变化,并且与所述压力室的容积的变化对应地喷出所述压力室内的墨液,

所述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层,

所述压电体层是 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层,

所述 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层形成在所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层上,

Q 表示 $\text{Fe}、\text{Co}、\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 或者 $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$,

x 表示0.01以上0.05以下的值,

y 表示0.05以上0.20以下的值,

α 表示0.20以上0.50以下的值。

5. 如权利要求4所述的喷墨头,其特征在于:

所述 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层与所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层接触。

6. 如权利要求4所述的喷墨头,其特征在于:

所述 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层包含 Mn 。

7. 一种使用喷墨头形成图像的方法,其特征在于,包括:

准备所述喷墨头的工序(a),

所述喷墨头包括:

具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜;

与所述压电体膜接合的振动层;和

具有容纳墨液的压力室,并且与所述振动层的接合所述压电体膜的面的相反侧的面接合的压力室部件,

其中,所述振动层与所述压电体膜接合,使得所述振动层与基于压电效应的所述压电体膜的变形对应地在该振动层的膜厚方向上发生位移,

所述振动层与所述压力室部件相互接合,使得与所述振动层的位移对应地所述压力室的容积发生变化,并且与所述压力室的容积的变化对应地喷出所述压力室内的墨液,

所述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层,

所述压电体层是(1- α) (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层,

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层形成在所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层上,

Q 表示 Fe、Co、 $\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 或者 $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$,

x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,

y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,

α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值;

和通过经由所述第一电极和第二电极对所述压电体层施加电压,基于压电效应,使所述振动层在该层的膜厚方向上发生位移,使得所述压力室的容积变化,利用该位移从所述压力室喷出墨液的工序(b)。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于:

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层与所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层接触。

9. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于:

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层包含 Mn。

10. 一种角速度传感器,其特征在于,包括:

具有振动部的基板;和

与所述振动部接合,并且具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜,

所述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层,

所述压电体层是(1- α) (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层,

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层形成在所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层上,

Q 表示 Fe、Co、 $\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 或者 $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$,

x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,

y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,

α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值,

从所述第一电极和第二电极中选择的一方的电极由电极组构成,该电极组包括:将使所述振动部振荡的驱动电压施加于所述压电体层的驱动电极;和用于对由于施加于振荡中的所述振动部的角速度而在所述振动部产生的变形进行测定的传感电极。

11. 如权利要求 10 所述的角速度传感器,其特征在于:

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层与所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层接触。

12. 如权利要求 10 所述的角速度传感器,其特征在于:

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) $\text{TiO}_3-\alpha\text{BiQO}_3$ 层包含 Mn。

13. 一种使用角速度传感器测定角速度的方法,其特征在于,包括:

准备所述角速度传感器的工序(a),

所述角速度传感器包括:

具有振动部的基板;和

与所述振动部接合，并且具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜，
所述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层，
所述压电体层是 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层，
所述 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层形成在所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层上，
 Q 表示 $\text{Fe}, \text{Co}, \text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 或者 $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ ，
 x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值，
 y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值，
 α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值，
从所述第一电极和第二电极中选择的一方的电极由电极组构成，该电极组包括驱动电极和传感电极；
将驱动电压经由从所述第一电极和第二电极中选择的另一方的电极和所述驱动电极施加于所述压电体层，由此使所述振动部振荡的工序(b)；和
利用所述另一方的电极和所述传感电极，对由于施加于振荡中的所述振动部的角速度而在所述振动部产生的变形进行测定，由此获得施加的所述角速度的值的工序(c)。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于：

所述 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层与所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层接触。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于：

所述 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层包含 Mn 。

16. 一种压电发电元件，其特征在于，包括：

具有振动部的基板；和

与所述振动部接合，并且具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜，
其中，所述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层，
所述压电体层是 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层，
所述 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层形成在所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层上，
 Q 表示 $\text{Fe}, \text{Co}, \text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 或者 $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ ，
 x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值，
 y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值，
 α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值。

17. 如权利要求 16 所述的压电发电元件，其特征在于：

所述 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层与所述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层接触。

18. 如权利要求 16 所述的压电发电元件，其特征在于：

所述 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层包含 Mn 。

19. 一种使用压电发电元件产生电力的方法，其特征在于，包括：

准备所述压电发电元件的工序(a)，

所述压电发电元件包括：

具有振动部的基板；和

与所述振动部接合，并且具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜，
其中，所述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层，
所述压电体层是 $(1-\alpha)$ ($\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba}$) $\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层，

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层形成在所述 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层上，

Q 表示 Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5} 或者 Mg_{0.5}Ti_{0.5}，

x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值，

y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值，

α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值；

和通过向所述振动部施加振动，利用所述第一电极和第二电极获得电力的工序(b)。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于：

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层与所述 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层接触。

21. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于：

所述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层包含 Mn。

压电体膜、喷墨头、使用喷墨头形成图像的方法、角速度传感器、使用角速度传感器测定角速度的方法、压电发电元件以及使用压电发电元件的发电方法

技术领域

[0001] 本发明涉及具有压电体层的压电体膜。而且，本发明还涉及具有该压电体膜的喷墨头和使用该喷墨头形成图像的方法、具有该压电体膜的角速度传感器和使用该传感器测定角速度的方法、以及具有该压电体膜的压电发电元件和使用该元件的发电方法。

背景技术

[0002] 目前，正在研发将钙钛矿复合氧化物 $[(Bi, Na)_{1-\beta} Ba_\beta] TiO_3$ (以下称作“NBT — BT”) 用作非铅(lead — free) 强介质材料。

[0003] 专利文献 1 以及非专利文献 1 公开了，NBT — BT 层具有含有 $3 \sim 15\%$ 的钡摩尔比 β ($= [Ba / (Bi+Na+Ba)]$) 的结晶相界(Morphotropic Phase Boundary, MPB 准同型相界)附近组成的情况下，NBT — BT 层具有高压电性能。

[0004] 专利文献 2 以及非专利文献 2 公开了将钙钛矿复合氧化物 NBT — BT 组合于钙钛矿氧化物 $BiFeO_3$ 的 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 。在 $180^\circ C$ 的回流焊温度下也能维持 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 的压电性能。

[0005] 非专利文献 3 公开了将钙钛矿复合氧化物 NBT — BT 组合于钙钛矿氧化物 $BiCoO_3$ 的 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha BiCoO_3$ 。在 $180^\circ C$ 的回流焊温度下也能维持 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha BiCoO_3$ 的压电性能。

[0006] 非专利文献 4 公开了将钙钛矿复合氧化物 NBT — BT 组合于钙钛矿氧化物 $Bi (Zn_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 的 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha Bi (Zn_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 。在 $180^\circ C$ 的回流焊温度下也能维持 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha Bi (Zn_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 的压电性能。

[0007] 非专利文献 5 公开了将钙钛矿复合氧化物 NBT — BT 组合于钙钛矿氧化物 $Bi (Mg_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 的 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha Bi (Mg_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 。在 $180^\circ C$ 的回流焊温度下也能维持 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha Bi (Mg_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 的压电性能。

[0008] $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 、 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha BiCoO_3$ 、 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha Bi (Zn_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 、以及 $(1-\alpha)$ $(Bi, Na, Ba) TiO_3 - \alpha Bi (Mg_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 有望作为能够取代 PZT 的非铅强介质材料。但是，这些非铅强介质材料具有比 PZT 低的压电性能。

[0009] 在基板与压电体膜之间夹着缓冲层，能够提高压电体膜的压电性能。缓冲层也称作界面层或取向控制层。专利文献 3 和专利文献 4 公开了缓冲层，其包括压电体膜所含有的元素的至少一种。

[0010] 含有 $(Bi, Na, Ba) TiO_3$ 、 $BiFeO_3$ 、 $BiCoO_3$ 、 $Bi (Zn_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 或者 $Bi (Mg_{0.5} Ti_{0.5}) O_3$ 的强介质材料具有高的介质损耗。介质损耗高的情况下，强介质性能和压电性能明显降低。

[0011] 专利文献 5 公开一种形成在 $LaNiO_3$ 层上的 NBT — BT 层。

[0012] 现有技术文献

- [0013] 专利文献
- [0014] 专利文献 1 :日本特公平 4 — 60073 号公报
- [0015] 专利文献 2 :日本专利第 4140796 号公报
- [0016] 专利文献 3 :日本特开 2007 — 266346 号公报
- [0017] 专利文献 4 :日本特开 2007 — 019302 号公报
- [0018] 专利文献 5 :国际公开第 2010/084711 号
- [0019] 专利文献 6 :国际公开第 2010/047049 号
- [0020] 专利文献 7 :美国专利第 7870787 号说明书
- [0021] 专利文献 8 :中国专利申请公开第 101981718 号说明书
- [0022] 非专利文献
- [0023] 非专利文献1 :T. Takenaka et al., Japanese Journal of Applied Physics, Vol . 30, No. 9B, (1991), pp. 2236 — 2239
- [0024] 非 专 利 文 献 2 :E. V. Ramana et al., Solid State Sciences, Vol. 12, (2010), pp. 956 — 962
- [0025] 非 专 利 文 献 3 :C. Zhou et al., Journal of Material Science, Vol. 44, (2009), pp. 3833 — 3840
- [0026] 非专利文献4 :S-T. Zhang et al., Journal of Applied Physics, Vol. 107, (2010), 114110, 4pp.
- [0027] 非专利文献5 :P. Jarupoom et al., Applied Physics Letters, Vol. 99, (2011), 1 529013pp.
- [0028] 非专利文献6 :Journal of the American Ceramic Society93[4] (2010) 1108 — 1113

发明内容

- [0029] 发明所要解决的课题
- [0030] 本发明的目的在于,提供一种具有高结晶取向性、低介质损耗、高极化消失温度、高压电常数、和施加电场与变形量之间的高线性的非铅压电体膜。
- [0031] 本发明的其它目的在于,提供具有上述非铅压电体膜的喷墨头、角速度传感器和压电发电元件。本发明的又一其它目的在于,提供使用上述喷墨头形成图像的方法、使用上述角速度传感器测定角速度的方法以及使用上述压电发电元件的发电方法。
- [0032] 用于解决课题的方法
- [0033] 本发明提供一种压电体膜,其包括 :
- [0034] 仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层 ;和
- [0035] 仅具有(001)面取向的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层,
- [0036] 其中,上述 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiQO}_3$ 层形成在上述 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层上,
- [0037] Q 表示 Fe、Co、 $\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 或者 $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$,
- [0038] x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,
- [0039] y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,
- [0040] α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值。

- [0041] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层能够与 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层接触。
- [0042] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层能够包含 Mn。
- [0043] 本发明提供一种喷墨头,其包括:
- [0044] 具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜;
- [0045] 与上述压电体膜接合的振动层;和
- [0046] 具有容纳墨液的压力室,并且与上述振动层的接合上述压电体膜的面的相反侧的面接合的压力室部件,
- [0047] 上述振动层与上述压电体膜接合,使得上述振动层与基于压电效应的上述压电体膜的变形对应地在该振动层的膜厚方向上发生位移,
- [0048] 上述振动层与上述压力室部件相互接合,使得与上述振动层的位移对应地上述压力室的容积发生变化,并且与上述压力室的容积的变化对应地喷出上述压力室内的墨液,
- [0049] 上述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层,
- [0050] 上述压电体层是(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层,
- [0051] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层形成在上述 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层上,
- [0052] Q 表示 Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5} 或者 Mg_{0.5}Ti_{0.5},
- [0053] x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,
- [0054] y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,
- [0055] α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值。
- [0056] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层能够与 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层接触。
- [0057] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层能够包含 Mn。
- [0058] 本发明提供一种使用喷墨头形成图像的方法,其包括:
- [0059] 准备上述喷墨头的工序(a),
- [0060] 上述喷墨头包括:
- [0061] 具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜;
- [0062] 与上述压电体膜接合的振动层;和
- [0063] 具有容纳墨液的压力室,并且与上述振动层的接合上述压电体膜的面的相反侧的面接合的压力室部件,
- [0064] 其中,上述振动层与上述压电体膜接合,使得上述振动层与基于压电效应的上述压电体膜的变形对应地在该振动层的膜厚方向上发生位移,
- [0065] 上述振动层与上述压力室部件相互接合,使得与上述振动层的位移对应地上述压力室的容积发生变化,并且与上述压力室的容积的变化对应地喷出上述压力室内的墨液,
- [0066] 上述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层,
- [0067] 上述压电体层是(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层,
- [0068] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层形成在上述 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层上,
- [0069] Q 表示 Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5} 或者 Mg_{0.5}Ti_{0.5},
- [0070] x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,
- [0071] y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,
- [0072] α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值;
- [0073] 和通过经由上述第一电极和第二电极对上述压电体层施加电压,基于压电效应,

使上述振动层在该层的膜厚方向上发生位移,使得上述压力室的容积变化,利用该位移从上述压力室喷出墨液的工序(b)。

- [0074] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层能够与 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层接触。
- [0075] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层能够包含 Mn。
- [0076] 本发明提供一种角速度传感器,其包括:
- [0077] 具有振动部的基板;和
- [0078] 与上述振动部接合,并且具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜,
- [0079] 上述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层,
- [0080] 上述压电体层是(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层,
- [0081] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层形成在上述 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层上,
- [0082] Q 表示 Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5} 或者 Mg_{0.5}Ti_{0.5},
- [0083] x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,
- [0084] y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,
- [0085] α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值,
- [0086] 从上述第一电极和第二电极中选择的一方的电极由电极组构成,该电极组包括:将使上述振动部振荡的驱动电压施加于上述压电体层的驱动电极;和用于对由于施加于振荡中的上述振动部的角速度而在上述振动部产生的变形进行测定的传感电极。
- [0087] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层能够与 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层接触。
- [0088] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层能够包含 Mn。
- [0089] 本发明提供一种使用角速度传感器测定角速度的方法,其包括:
- [0090] 准备上述角速度传感器的工序(a),
- [0091] 上述角速度传感器包括:
- [0092] 具有振动部的基板;和
- [0093] 与上述振动部接合,并且具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜,
- [0094] 上述第一电极具备仅具有(001)面取向的 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层,
- [0095] 上述压电体层是(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层,
- [0096] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) $TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层形成在上述 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层上,
- [0097] Q 表示 Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5} 或者 Mg_{0.5}Ti_{0.5},
- [0098] x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,
- [0099] y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,
- [0100] α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值,
- [0101] 从上述第一电极和第二电极中选择的一方的电极由电极组构成,该电极组包括驱动电极和传感电极;
- [0102] 将驱动电压经由从上述第一电极和第二电极中选择的另一方的电极和上述驱动电极施加于上述压电体层,由此使上述振动部振荡的工序(b);和
- [0103] 利用上述另一方的电极和上述传感电极,对由于施加于振荡中的上述振动部的角速度而在上述振动部产生的变形进行测定,由此获得施加的上述角速度的值的工序(c)。

- [0104] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层能够与 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层接触。
- [0105] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层能够包含 Mn。
- [0106] 本发明提供一种压电发电元件,其包括:
- [0107] 具有振动部的基板;和
- [0108] 与上述振动部接合,并且具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜,
- [0109] 其中,上述第一电极具备仅具有(001)面取向的 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层,
- [0110] 上述压电体层是(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层,
- [0111] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层形成在上述 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层上,
- [0112] Q 表示 Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5} 或者 Mg_{0.5}Ti_{0.5},
- [0113] x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,
- [0114] y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,
- [0115] α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值。
- [0116] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层能够与 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层接触。
- [0117] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层能够包含 Mn。
- [0118] 本发明提供一种使用压电发电元件产生电力的方法,其包括:
- [0119] 准备上述压电发电元件的工序(a),
- [0120] 上述压电发电元件包括:
- [0121] 具有振动部的基板;和
- [0122] 与上述振动部接合,并且具有被第一电极和第二电极夹着的压电体层的压电体膜,
- [0123] 其中,上述第一电极具备仅具有(001)面取向的 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层,
- [0124] 上述压电体层是(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层,
- [0125] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层形成在上述 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层上,
- [0126] Q 表示 Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5} 或者 Mg_{0.5}Ti_{0.5},
- [0127] x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值,
- [0128] y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值,
- [0129] α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值;
- [0130] 和通过向上述振动部施加振动,利用上述第一电极和第二电极获得电力的工序(b)。
- [0131] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层能够与 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层接触。
- [0132] 上述(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiQO₃ 层能够包含 Mn。
- [0133] 发明效果
- [0134] 本发明提供具有高结晶取向性、低介质损耗、高极化消失温度、高压电常数以及高线性的非铅压电体膜和其制造方法。
- [0135] 本发明提供具备上述非铅压电体膜的喷墨头和使用它形成图像的方法。
- [0136] 本发明提供具备上述非铅压电体膜的角速度传感器和使用它测定角速度的方法。
- [0137] 本发明提供具备上述非铅压电体膜的压电发电元件和使用它发电的方法。

附图说明

- [0138] 图 1A 是实施方式的压电体膜的截面图。
- [0139] 图 1B 是图 1A 所示的压电体膜的变形例。
- [0140] 图 1C 是图 1A 所示的压电体膜的变形例。
- [0141] 图 1D 是图 1A 所示的压电体膜的变形例。
- [0142] 图 1E 是图 1A 所示的压电体膜的变形例。
- [0143] 图 2A 是实施例 A1 ~ 实施例 A9 和比较例 A1 ~ 比较例 A6 的压电体膜的 X 射线衍射图。
- [0144] 图 2B 是实施例 A1、实施例 A10 ~ 实施例 A16、比较例 A7 和比较例 A8 的压电体膜的 X 射线衍射图。
- [0145] 图 2C 是实施例 A1 和比较例 A1 的压电体膜的 P — E 磁滞曲线。
- [0146] 图 3A 是实施例 B1 ~ 实施例 B9 和比较例 B1 ~ 比较例 B6 的压电体膜的 X 射线衍射图。
- [0147] 图 3B 是实施例 B1、实施例 B10 ~ 实施例 B16、比较例 B7 和比较例 B8 的压电体膜的 X 射线衍射图。
- [0148] 图 3C 是实施例 B1 和比较例 B1 的压电体膜的 P — E 磁滞曲线。
- [0149] 图 4A 是实施例 C1 ~ 实施例 C9 和比较例 C1 ~ 比较例 C6 的压电体膜的 X 射线衍射图。
- [0150] 图 4B 是实施例 C1、实施例 C10 ~ 实施例 C16、比较例 C7 和比较例 C8 的压电体膜的 X 射线衍射图。
- [0151] 图 4C 是实施例 C1 和比较例 C1 的压电体膜的 P — E 磁滞曲线。
- [0152] 图 5A 是实施例 D1 ~ 实施例 D9 和比较例 D1 ~ 比较例 D6 的压电体膜的 X 射线衍射图。
- [0153] 图 5B 是实施例 D1、实施例 D10 ~ 实施例 D16、比较例 7 和比较例 8 的压电体膜的 X 射线衍射图。
- [0154] 图 5C 是实施例 1 和比较例 1 的压电体膜的 P — E 磁滞曲线。
- [0155] 图 6A 是一般的压电体材料的电场 — 变形量特性的图表。
- [0156] 图 6B 是图 6A 的部分放大图。
- [0157] 图 7 是示意性地表示本发明的喷墨头的一个例子、部分地表示该喷墨头的截面的立体图。
- [0158] 图 8 是示意性地表示图 7 所示的喷墨头中的包括压力室部件和致动器部的主要部分、部分地表示该主要部分的截面的分解立体图。
- [0159] 图 9 是示意性地表示图 7 所示的喷墨头中的包括压力室部件和致动器部的主要部分的一个例子的截面图。
- [0160] 图 10 是示意性地表示本发明的角速度传感器的一个例子的立体图。
- [0161] 图 11 是表示图 10 所示的角速度传感器的截面 E1 的截面图。
- [0162] 图 12 是示意性地表示本发明的压电发电元件的一个例子的立体图。
- [0163] 图 13 是表示图 12 所示的压电发电元件的截面 F1 的截面图。

具体实施方式

[0164] 下面,参照附图说明本发明的实施方式。在以下的说明中,相同的部件标注相同的符号。由此,能够省略重复的说明。

[0165] [用语的定义]

[0166] 本说明书中所使用的用语按照以下方式来定义。

[0167] 用语“线性”是指施加电场与变形量之间的线性。优选线性高。“线性高”是指,变形量与施加电场成比例。

[0168] 用语“施加电场”是指,施加于压电体层的电场。

[0169] 用语“变形量”是指,由施加电场产生的压电体层的变形量。

[0170] 下面说明变形量与施加电场之间的关系。

[0171] 为了实现能够测定正确的角速度的角速度传感器、能够喷出正确量的墨液的喷墨头、和能够通过正压电效应发电的压电发电元件,变形量需要与电场成比例。即,变形量 b 和电场 a 需要满足以下的等式 1。

[0172] $b = c_1 a \dots \dots$ 等式 1 (c_1 是常数)

[0173] 本说明书中所使用的用语“比例”是指, a 和 b 的值满足上述等式 1。即,用语“比例”是指一次函数。用语“比例”不包括二次函数。

[0174] 图 6A 表示一般的压电体材料的电场一变形量特性的图表。图 6B 表示图 6A 的部分放大图。

[0175] 如图 6B 所示,点 A 处的切线的斜率与点 B 处的切线的斜率实质上相同。“实质上相同”是指,由式子:点 A 处的切线的斜率 / 点 B 处的切线的斜率所表示的比率是 0.8 以上 1.2 以下。此处是指变形量 b 与电场 a 成比例。点 A 和点 B 的施加电场例如分别是 $3V/\mu m$ 和 $10V/\mu m$ 。

[0176] 另一方面,点 C 处的切线具有比点 A 和点 B 处的切线小的斜率。

[0177] 在变形量 b 和电场 a 具有非一次函数的关系的情况下,测定正确的角速度、喷出正确量的墨液和利用正压电效应发电变得困难。在能够测定正确的角速度的角速度传感器、能够喷出正确量的墨液的喷墨头和能够利用正压电效应发电的压电发电元件中,变形量 b 与电场 a 之间不希望存在非一次函数的关系。

[0178] 用语“温度 T_d ”是指因包含在压电体层中的极化(分极, polarization)通过加热压电体层而完全消失时的温度。即,在比温度 T_d 高的温度下,压电体层完全失去极化。没有极化的压电体层不能作为压电体层起作用。从回流焊的观点出发,温度 T_d 优选为 $180^\circ C$ 以上。

[0179] [压电体膜]

[0180] 图 1A 表示实施方式的压电体膜。图 1A 所示的压电体膜 1a 具有叠层构造 16a。该叠层构造 16a 具有:仅具有(001)面取向的 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13;和仅具有(001)面取向的 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15。

[0181] $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 仅具有(001)面取向。换言之, $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 不具有(001)面以外的面取向。例如, $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 不具有(110)面取向。参照后述的比较例 1 和比较例 2。

[0182] 同样, $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 也仅具有(001)面取向。

[0183] 文字 Q 表示 Fe、Co、Zn_{0.5}Ti_{0.5}、或者 Mg_{0.5}Ti_{0.5}。

[0184] 文字 x 表示 0.01 以上 0.05 以下的值。在 x 的值低于 0.01 的情况下，结晶取向性、极化消失温度、压电常数和线性较低。而且，介质损耗高。参照后述的比较例 A1、比较例 A3、比较例 B1、比较例 B3、比较例 C1、比较例 C3、比较例 D1 和比较例 D3。

[0185] 如果 x 的值超过 0.05，则结晶取向性、极化消失温度、压电常数和线性低。而且，介质损耗高。参照后述的比较例 A4、比较例 B4、比较例 C4 和比较例 D4。

[0186] y 表示 0.05 以上 0.20 以下的值。在 y 的值低于 0.05 的情况下，结晶取向性、极化消失温度、压电常数和线性低。而且，介质损耗高。参照后述的比较例 A1、比较例 A2、比较例 A5、比较例 B1、比较例 B2、比较例 B5、比较例 C1、比较例 C2、比较例 C5、比较例 D1、比较例 D2 和比较例 D5。

[0187] 在 y 的值超过 0.20 的情况下，结晶取向性、极化消失温度、压电常数和线性低。而且，介质损耗高。参照后述的比较例 A6、比较例 B6、比较例 C6 和比较例 D6。

[0188] α 表示 0.20 以上 0.50 以下的值。在 α 的值低于 0.20 的情况下，结晶取向性、极化消失温度、压电常数和线性低。而且，介质损耗高。参照后述的比较例 A7、比较例 B7、比较例 C7 和比较例 D7。

[0189] 在 α 的值超过 0.50 的情况下，结晶取向性、极化消失温度、压电常数和线性低。而且，介质损耗高。参照后述的比较例 A8、比较例 B8、比较例 C8 和比较例 D8。

[0190] 叠层的这些层优选相互接触。 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 作为压电体层发挥作用。 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 具有小漏电流、高结晶性和高(001)面取向性。因此，尽管 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 不含铅，也具有高极化消失温度、低介质损耗和高压电性能。 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 具有与 PZT 层同样的压电性能。而且， $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 的变形量与施加电场成比例。

[0191] LaNiO₃ 层具有由化学式 AB₃ 表示的钙钛矿的结晶构造。该结晶构造的晶格常数是 0.384nm (伪立方晶, pseudocubic)。因此，Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 与 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 具有良好的晶格匹配性。Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 不论位于其下的层的组成和结晶构造如何，都具有(001)取向。例如，在具有大为不同的晶格常数(0.543nm)的单晶硅基板上，能够形成具有(001)取向的 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13。在不锈钢等的金属构成的基板、玻璃等的非晶质材料构成的基板和陶瓷基板上，也能形成具有(001)取向的 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13。

[0192] Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 能够包含微量的杂质。典型的杂质是置换 La 的稀土元素。

[0193] Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 能够在层方向上具有均匀的组成。代替该结构，Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 能够具有在层方向上 x 的值有倾向性的组成。即，与 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 接触的 Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 的一个表面的 x 的值能够与另一表面的 x 的值不同。Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 也作为用于形成 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 的缓冲层发挥作用，因此，在这些层接触的面上，需要满足不等式 $0.01 \leq x \leq 0.05$ 。

[0194] Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 是导电性氧化物层。Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 能够作为用于对 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiQO_3$ 层 15 施加电压的电极层发挥作用。

[0195] Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 能够通过典型的溅射法形成。Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x} 层 13 也能通过脉冲激光沉积法(PLD 法)、化学气相生长法(CVD 法)、溶胶凝胶法和气溶胶沉积法(AD

法)等的薄膜形成方法形成。

[0196] 表示镍酸镧·钠的含氧量的“ $3-x$ ”能够包括误差。例如,如果 $x = 0.05$,则 $3-0.05 = 2.95$ 。但是,钠的量是 0.05 的情况下,镍酸镧钠的含氧量并非完全与 2.95 一致。

[0197] 根据压电体层和界面层所具有的晶格常数的类似性或者组成的类似性,预测适合于形成具有高结晶取向性、低介质损耗、高极化消失温度、高压电常数、高线性的压电体层的界面层的组成是困难的。即,因仅通过设置具有与压电体层的晶格常数或组成类似的晶格常数或组成的界面层,无法得到上述优选的压电体层。其原因在于,构成(Bi, Na, Ba) TiO_3 -Bi ($Mg_{0.5}Ti_{0.5}$) O_3 这样的多元复合氧化物的各元素(氧除外)具有不同的蒸汽压,因此,一般难以形成具有良好的结晶性和良好的取向性、由复合氧化物构成的薄膜。本发明人发现,设置在 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 上的 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 具有高结晶取向性、低介质损耗、高极化消失温度、高压电常数、而且具有高线性。

[0198] $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 的厚度没有限制。只要该厚度是数个晶格单位(大约 2 纳米)以上,就能够形成具有高结晶取向性、低介质损耗、高极化消失温度、高压电常数、施加电压一变形量的高线性的 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15。

[0199] $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 的厚度也没有限制。厚度例如是 0.5 微米以上 10 微米以下。

[0200] $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 具有由化学式 ABO_3 表示的钙钛矿的结晶构造。位置 A 是 Bi、Na 和 Ba。位置 B 是 Ti 和 Co。 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 能够包含微量的杂质。该杂质典型的能够是置换位置 A 中的 Na 的 Li 和 K 以及置换 Ba 的 Sr 和 Ca。该杂质典型的能够是置换位置 B 中的 Ti 的 Zr。其它的杂质例如能够是 Mn、Co、Al、Ga、Nb 和 Ta。几个杂质能够提高 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 的结晶性和压电性能。

[0201] $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 典型地能够通过溅射法形成。 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 例如也能够通过 PLD 法、CVD 法、溶胶凝胶法、AD 法等的薄膜形成方法形成。

[0202] 图 1B 表示图 1A 所示的压电体膜的变形例。图 1B 所示的压电体膜 1b 具有叠层构造 16b。叠层构造 16b 在图 1A 所示的叠层构造 16a 上添加金属电极层 12。叠层构造 16b 中, $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 形成在金属电极层 12 上。具体而言,叠层构造 16b 依次具有金属电极层 12、 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 和 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15。

[0203] 金属电极层 12 的材料的例子有铂、钯、金等的金属;氧化镍、氧化钌、氧化铱、钌酸锶等的氧化物导电体。金属电极层 12 能够由两种以上的这些材料构成。金属电极层 12 优选具有低电阻和高耐热性。因此,金属电极层 12 优选为铂层。铂层能够具有(111)取向。

[0204] 换言之,本实施方式的压电体膜还可以包括铂层。 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 能够形成在铂层上。

[0205] 金属电极层 12 能够作为与 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 一起对 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 施加电压的电极层起作用。换言之,电极层是由 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 和金属电极层 12 构成的叠层体。

[0206] 图 1B 所示的压电体膜 1b 能够通过在金属电极层 12 上依次形成 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 和 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) $TiO_3-\alpha BiQO_3$ 层 15 而制造得到。

[0207] 图1C表示图1A所示的压电体膜的变形例。图1C所示的压电体膜1c具有叠层构造16c。叠层构造16c在图1A所示的叠层构造16a上增加导电层17。导电层17形成在(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15上。具体而言，叠层构造16c依次具有Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13、(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15和导电层17。

[0208] 压电体膜1c中，在Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13与导电层17之间，夹着(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15。Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13和导电层17分别能够作为对(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15施加电压的第一电极层和第二电极层发挥作用。

[0209] 导电层17由具有导电性的材料构成。该材料的例子有具有低电阻的金属。该材料能够是NiO、RuO₂、IrO₃、SrRuO₃和LaNiO₃等的氧化物导电体。导电层17能够由两种以上的这些材料构成。在导电层17与(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15之间设置金属层，能够提高两者的紧贴性。金属层的材料的例子有钛。该材料能够是钽、铁、钴、镍或者铬。金属层能够由两种以上的这些材料构成。能够根据导电层17和(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15之间的紧贴性省略金属层。

[0210] 图1C所示的压电体膜1c能够通过在Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13上依次形成(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15和导电层17制造得到。导电层17例如能够通过溅射法、PLD法、CVD法、溶胶凝胶法和AD法等的薄膜形成方法形成。

[0211] 图1D表示图1A所示的压电体膜的变形例。图1D所示的压电体膜1d具有叠层构造16d。叠层构造16d中在图1A所示的叠层构造16a上进一步增加金属电极层12和导电层17。叠层构造16d中，Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13形成在金属电极层12上。导电层17形成在(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15上。具体而言，叠层构造16d依次具有金属电极层12、Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13、(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15和导电层17。

[0212] 金属电极层12与Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13一同能够作为对压电体层即(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15施加电压的电极层发挥作用。换言之，电极层是Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13和金属电极层12的叠层体。压电体膜1d中，在Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13与导电层17之间，还夹着(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15。Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13和导电层17能够分别作为对(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15施加电压的第一电极层和第二电极层发挥作用。

[0213] 图1D所示的压电体膜16d能够通过在金属电极层12上依次形成Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13、(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15和导电层17制造得到。

[0214] 如图1E所示，压电体膜1e还包括基板11。Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13隔着金属电极层12形成在基板11上。

[0215] 在图1E所示的压电体膜1e中，图1D所示的叠层构造16d形成在基板11上。

[0216] 基板11能够是硅基板。优选单晶硅基板。

[0217] 在基板11与叠层构造16d之间、更准确地来讲，在基板11与Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13之间设置金属层，能够提高它们之间的紧贴性。但是，金属层需要有导电性。金属层的材料的例子能够是Ti、Ta、Fe、Co、Ni或者Cr。优选Ti。金属层能够使用2种以上的材料。能够根据基板11与叠层构造16d之间的紧贴性而省略金属层。

[0218] 图1E所示的压电体膜1e能够通过在基板11上依次形成金属电极层12、Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}层13、(1-a)(Bi, Na, Ba)TiO₃- α BiQO₃层15和导电层17制造得到。

[0219] (实施例)

[0220] 以下的实施例更详细地说明本发明。

[0221] 以下的实施例由实验例 A ($Q = Fe$)、实验例 B ($Q = Co$)、实验例 C ($Q = Zn_{0.5}Ti_{0.5}$) 和实验例 D ($Q = Mg_{0.5}Ti_{0.5}$) 构成。

[0222] (实验例 A : $Q = Fe$)

[0223] (实施例 A1)

[0224] 在实施例 A1 中, 制作图 1E 所示的压电体膜。x、y 和 α 的值分别是 0.03、0.10 和 0.20。按照以下的方式制作压电体膜。

[0225] 具有(111)面取向的铂层(厚度:100 纳米)通过 RF 磁控管溅射形成于具有(100)面取向的单晶硅基板的表面。该铂层作为金属电极层 12 发挥作用。

[0226] 以下阐述铂层的溅射条件。

[0227] 靶:金属铂

[0228] 气体氛围:氩气

[0229] RF 功率:15W

[0230] 基板温度:300°C

[0231] 在形成铂层之前, 钛层(厚度:2.5 纳米)形成于单晶硅基板的表面, 提高单晶硅基板与铂层之间的紧贴性。除了代替金属 Pt 使用金属 Ti 作为靶之外, 钛层在与铂层的溅射条件相同的条件下形成。

[0232] 接着, 具有(001)面取向的 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 (厚度:200 纳米)通过 RF 磁控管溅射形成于铂层的表面。

[0233] 下面, 阐述 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 的溅射条件。

[0234] 靶:上述的组成

[0235] 气体氛围:氩气和氧气的混合气体(Ar/O_2 的流量比:80/20)

[0236] RF 功率:100W

[0237] 基板温度:300°C

[0238] 采用能量分散型 X 射线分光法(SEM-EDX)和波长分散型 X 射线微量分析仪(WDS)分析所形成的 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 的组成。在组成分析中, 分析氧这样的轻元素的精度差, 因此轻元素的正确的定量困难。但是能够确认, 包含在所制作的 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 中的 Na、La 和 Ni 具有与目标相同的组成。

[0239] 接着, 在 $Na_xLa_{1-x+y}Ni_{1-y}O_{3-x}$ 层 13 的表面, 采用 RF 磁控管溅射法形成 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 层 15 (厚度:2.7 微米)。该 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 层 15 具有 MPB 附近的组成。

[0240] 下面, 阐述 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 层 15 的溅射条件。

[0241] 靶:上述的组成

[0242] 气体氛围:氩气和氧气的混合气体(Ar/O_2 的流量比:50/50)

[0243] RF 功率:170W

[0244] 基板温度:650°C

[0245] 根据 X 射线衍射解析所形成的 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 层 15 的结晶构造。X 射线衍射是通过从 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 层 15 之上射入 X 射线来进行

的。图 2A 表示其结果。在以后的比较例中,也适用该 X 射线衍射法。

[0246] 图 2A 表示 X 射线衍射图的结果。除了来源于硅基板和铂层的反射峰外,仅观察到来源于具有(001)面取向的(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的反射峰。(001)反射峰的强度为 18,431cps 这样的非常高的值。图 2A 所示的图表表示,实施例 A1 的(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 具有极高的(001)面取向性。

[0247] 接着,图中的来源于(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的(001)反射峰的半值宽度通过摇摆曲线测定求出。摇摆曲线测定是通过在作为测定对象的反射峰的衍射角 2θ 固定检测器(detector)的状态下,扫描 X 射线向试样的入射角 ω 而进行的。所测定的半值宽度与结晶轴相对于与膜的主面垂直的方向的倾斜的程度对应。半值宽度越小,结晶性越高。所测定的半值宽度是 2.0° 这样非常小的值。这意味着实施例 A1 的(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 具有极高的结晶性。在以后的比较例中,应用该摇摆曲线测定法。

[0248] 接着,金层(厚度 100nm)通过蒸镀形成于(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的表面。金层与导电层 17 对应。这样就制作出了实施例 A1 的压电体膜。

[0249] 使用铂层和金层,评价(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的强介电特性和压电性能。图 2C 表示实施例 A1 的(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的 P-E 磁滞曲线。

[0250] 如图 2C 所示,能够确认,当向(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 施加的电压增大时,(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 表现出良好的强介电特性。使用阻抗分析仪测定 1kHz 时的介电损耗(以下称作“ $\tan \delta$ ”)。(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的 $\tan \delta$ 是 2.4%。这意味着(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的漏电流小。

[0251] (1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的极化消失温度(以下称作“温度 Td”)按照以下的方法来测定。

[0252] 将(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 放入恒温槽中。在温度升高的同时,测定(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的 P-E 磁滞曲线。

[0253] 温度 Td 是根据非专利文献 6 测定的。

[0254] 实施例 A1 的(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的温度 Td 是 185°C 这样高的值。这意味着,在回流焊温度(180°C)下也能够维持(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的压电特性。

[0255] (1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的压电性能按照以下的方式来评价。将(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 切成宽度 2mm,加工成悬臂状。接着,在铂层与金层之间施加电位差,利用在这两层之间产生的电场使悬臂位移。所得到的位移量由激光位移计测定。

[0256] 表 1 和表 2 表示这些结果。

[0257] 接下来,将测定出的位移量转换成压电常数 d₃₁。低电场(3V/微米)中的实施例 A1 的(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的压电常数 d₃₁(3V/微米)是 -81pC/N。

[0258] 高电场(10V/微米)中的实施例 A1 的(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的压电常数 d₃₁(10V/微米)是 -80pC/N。

[0259] 实施例 A1 的(1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃- α BiFeO₃ 层 15 的线性是根据压电常数 d₃₁

(3V/微米)和压电常数 d_{31} (10V/微米)的比来估计得出的。在实施例 A1 中,该比值是 1.01。这意味着位移量与施加电场成比例。

- [0260] (实施例 A2)
- [0261] 除 $x = 0.01$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 1。
- [0262] (实施例 A3)
- [0263] 除 $x = 0.05$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 1。
- [0264] (实施例 A4)
- [0265] 除 $x = 0.03$ 且 $y = 0.05$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 1。
- [0266] (实施例 A5)
- [0267] 除 $x = 0.03$ 且 $y = 0.20$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 1。
- [0268] (实施例 A6)
- [0269] 除 $x = 0.01$ 且 $y = 0.05$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 1。
- [0270] (实施例 A7)
- [0271] 除 $x = 0.01$ 且 $y = 0.20$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 1。
- [0272] (实施例 A8)
- [0273] 除 $x = 0.05$ 且 $y = 0.05$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 1。
- [0274] (实施例 A9)
- [0275] 除 $x = 0.05$ 且 $y = 0.20$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 1。
- [0276] (实施例 A10)
- [0277] 除 $\alpha = 0.30$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 2。
- [0278] (实施例 A11)
- [0279] 除 $\alpha = 0.40$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 2。
- [0280] (实施例 A12)
- [0281] 除 $\alpha = 0.50$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 2。
- [0282] (实施例 A13)
- [0283] 除 $x = 0.01$, $y = 0.05$, 和 $\alpha = 0.50$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 2。
- [0284] (实施例 A14)
- [0285] 除 $x = 0.01$, $y = 0.20$, 和 $\alpha = 0.50$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 2。
- [0286] (实施例 A15)
- [0287] 除 $x = 0.05$, $y = 0.05$, 和 $\alpha = 0.50$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 2。
- [0288] (实施例 A16)
- [0289] 除 $x = 0.05$, $y = 0.20$, 和 $\alpha = 0.50$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。结果表示于表 2。
- [0290] (比较例 A1)
- [0291] 除 $x = 0.0$ 且 $y = 0.0$ 外,进行与实施例 A1 同样的实验。
- [0292] 在比较例 A1 中,也尝试评价 $(1-\alpha)(Bi, Na, Ba)TiO_3 - \alpha BiFeO_3$ 层 15 的强介电特

性和压电性能。但是,压电体膜中的漏电流非常大,因此难以正确地测定P—E磁滞曲线(参照图2C)。

[0293] 比较例A1的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiFeO}_3$ 层15的 $\tan \delta$ 是38%。比较例A1的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiFeO}_3$ 层15具有这样大的漏电流,因此,难以求出正确的温度 T_d 和正确的压电常数 d_{31} 的值。推测的温度 T_d 大约是151°C。低电场(3伏/微米)和高电场(10V/微米)中的推测出的压电常数 d_{31} 分别大约是-16pC/N和-30pC/N。

[0294] (比较例A2)

[0295] 除 $x = 0.03$, $y = 0$ 外,进行与实施例A1同样的实验。

[0296] 在比较例A2中,也观察到来源于具有(001)面取向的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiFeO}_3$ 层15的反射峰。但是,也观察到来源于 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiFeO}_3$ 层15中的其它结晶取向(110)的反射峰。

[0297] $d_{31}(3V/\text{微米})/d_{31}(10V/\text{微米}) = 0.66$,位移量不与施加电场成比例。

[0298] (比较例A3)

[0299] 除 $x = 0.0$ 且 $y = 0.10$ 外,进行与实施例A1同样的实验。

[0300] (比较例A4)

[0301] 除 $x = 0.08$ 且 $y = 0.10$ 外,进行与实施例A1同样的实验。

[0302] (比较例A5)

[0303] 除 $x = 0.03$ 且 $y = 0.01$ 外,进行与实施例A1同样的实验。

[0304] (比较例A6)

[0305] 除 $x = 0.03$ 且 $y = 0.25$ 外,进行与实施例A1同样的实验。

[0306] (比较例A7)

[0307] 除 $\alpha = 0.10$ 外,进行与实施例A1同样的实验。

[0308] (比较例A8)

[0309] 除 $\alpha = 0.60$ 外,进行与实施例A1同样的实验。

[0310] [表1]

[0311]

	x	y	α	面取向方向	(001) 峰 值强度 (cps)	半值宽度 (°)
实施例 A1	0.03	0.10	0.20	仅 (001)	18,431	2.0
实施例 A2	0.01	0.10	0.20	仅 (001)	11,616	2.4
实施例 A3	0.05	0.10	0.20	仅 (001)	13,293	2.3
实施例 A4	0.03	0.05	0.20	仅 (001)	12,170	2.4
实施例 A5	0.03	0.20	0.20	仅 (001)	10,080	2.5
实施例 A6	0.01	0.05	0.20	仅 (001)	9,197	2.8
实施例 A7	0.01	0.20	0.20	仅 (001)	8,737	2.6
实施例 A8	0.05	0.05	0.20	仅 (001)	9,241	2.7
实施例 A9	0.05	0.20	0.20	仅 (001)	9,030	2.1
实施例 A10	0.03	0.10	0.30	仅 (001)	17,565	2.4
实施例 A11	0.03	0.10	0.40	仅 (001)	16,604	2.3
实施例 A12	0.03	0.10	0.50	仅 (001)	14,664	2.1
实施例 A13	0.01	0.05	0.50	仅 (001)	8,155	2.8
实施例 A14	0.01	0.20	0.50	仅 (001)	8,031	2.9
实施例 A15	0.05	0.05	0.50	仅 (001)	8,509	2.7
实施例 A16	0.05	0.20	0.50	仅 (001)	8,078	2.8
比较例 A1	0	0	0.20	(001) 和 (110)	1,864	3.3
比较例 A2	0.03	0	0.20	(001) 和 (110)	2,030	3.2
比较例 A3	0	0.10	0.20	仅 (001)	6,249	2.8
比较例 A4	0.08	0.10	0.20	仅 (001)	4,048	3.1
比较例 A5	0.03	0.01	0.20	仅 (001)	5,057	3.2
比较例 A6	0.03	0.25	0.20	仅 (001)	5,361	3.0
比较例 A7	0.03	0.10	0.10	仅 (001)	8,377	2.7
比较例 A8	0.03	0.10	0.60	仅 (001)	5,036	3.1

[0312] [表 2]

[0313]

	介电损耗 ($\tan \delta$)	极化消失 温度 Td ($^{\circ}\text{C}$)	d_{31} (3 伏/ μm)	d_{31} (10 伏/ μm)	d_{31} (3 伏/ μm) / d_{31} (10 伏/ μm)
实施例 A1	2.4%	185	-81pC/N	-80pC/N	1.01
实施例 A2	3.8%	183	-74	-78	0.95
实施例 A3	4.2%	184	-84	-79	1.06
实施例 A4	3.6%	184	-73	-78	0.93
实施例 A5	4.0%	182	-75	-77	0.97
实施例 A6	4.5%	181	-70	-76	0.92
实施例 A7	4.6%	180	-72	-75	0.96
实施例 A8	4.3%	183	-72	-75	0.96
实施例 A9	4.5%	182	-78	-76	1.03
实施例 A10	2.8%	206	-78	-78	1.00
实施例 A11	3.2%	223	-74	-75	0.98
实施例 A12	3.4%	241	-71	-73	0.97
实施例 A13	5.0%	235	-67	-70	0.95
实施例 A14	5.2%	236	-68	-70	0.97
实施例 A15	4.8%	239	-70	-71	0.98
实施例 A16	5.0%	240	-69	-70	0.99
比较例 A1	38%	151	-16	-30	0.53
比较例 A2	35%	155	-21	-32	0.66
比较例 A3	15%	156	-24	-38	0.62
比较例 A4	20%	153	-18	-30	0.61
比较例 A5	17%	158	-28	-39	0.73
比较例 A6	16%	160	-28	-40	0.70
比较例 A7	11%	130	-39	-55	0.71
比较例 A8	19%	175	-20	-34	0.60

[0314] 由表 1 和表 2 可知, 形成在仅具有(001) 面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层 13 上的仅具有(001) 面取向的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiFeO}_3$ 层 15 ($0.01 \leq x \leq 0.05, 0.05 \leq y \leq 0.20$, 且 $0.20 \leq \alpha \leq 0.50$) 具有高结晶取向性、低介电损耗、高极化消失温度、高压电常数和高线性。

[0315] 由实施例 A2、实施例 A6、实施例 A7、实施例 A13、实施例 A14、比较例 1 和比较例 A3 能够明确, x 需要为 0.01 以上。

[0316] 由实施例A3、实施例A8、实施例A9、实施例A15、实施例A16和比较例A4能够明确， x 需要为0.05以下。

[0317] 由实施例A4、实施例A6、实施例A13、实施例A15、比较例A1、比较例A2和比较例A5能够明确， y 需要为0.05以上。

[0318] 由实施例A5、实施例A7、实施例A9、实施例A14、实施例A16和比较例A6能够明确， y 需要为0.20以下。

[0319] 由实施例A1～实施例A9和比较例A7能够明确， α 需要为0.20以上。

[0320] 由实施例A12～实施例A16和比较例A8能够明确， α 需要为0.50以下。

[0321] (实验例B:Q = Co)

[0322] 除了作为Q使用Co来代替Fe外，进行与实验例A同样的实验。

[0323] 表3和表4表示其结果。

[0324] [表3]

[0325]

	x	y	α	面取向方向	(001) 峰 值强度 (cps)	半值宽度 (°)
实施例 B1	0.03	0.10	0.20	仅 (001)	17,885	2.2
实施例 B2	0.01	0.10	0.20	仅 (001)	11,621	2.6
实施例 B3	0.05	0.10	0.20	仅 (001)	12,498	2.5
实施例 B4	0.03	0.05	0.20	仅 (001)	11,849	2.6
实施例 B5	0.03	0.20	0.20	仅 (001)	10,053	2.9
实施例 B6	0.01	0.05	0.20	仅 (001)	8,963	3.2
实施例 B7	0.01	0.20	0.20	仅 (001)	8,477	2.9
实施例 B8	0.05	0.05	0.20	仅 (001)	9,091	3.0
实施例 B9	0.05	0.20	0.20	仅 (001)	9,141	2.2
实施例 B10	0.03	0.10	0.30	仅 (001)	17,321	2.6
实施例 B11	0.03	0.10	0.40	仅 (001)	16,751	2.5
实施例 B12	0.03	0.10	0.50	仅 (001)	14,370	2.3
实施例 B13	0.01	0.05	0.50	仅 (001)	7,995	3.2
实施例 B14	0.01	0.20	0.50	仅 (001)	7,873	3.2
实施例 B15	0.05	0.05	0.50	仅 (001)	8,382	3.0
实施例 B16	0.05	0.20	0.50	仅 (001)	7,964	3.0
比较例 B1	0	0	0.20	(001) 和 (110)	1,819	3.5
比较例 B2	0.03	0	0.20	(001) 和 (110)	1,996	3.6
比较例 B3	0	0.10	0.20	仅 (001)	6,063	3.1
比较例 B4	0.08	0.10	0.20	仅 (001)	3,962	3.3
比较例 B5	0.03	0.01	0.20	仅 (001)	4,915	3.5
比较例 B6	0.03	0.25	0.20	仅 (001)	5,201	3.2
比较例 B7	0.03	0.10	0.10	仅 (001)	8,210	3.0
比较例 B8	0.03	0.10	0.60	仅 (001)	4,953	3.2

[0326] [表 4]

[0327]

	介电损耗 ($\tan \delta$)	极化消失温 度 Td (°C)	d_{31} (3 伏/ μ m)	d_{31} (10 伏/ μ m)	d_{31} (3 伏/ μ m) / d_{31} (10 伏/ μ m)
实施例 B1	2.8%	188	-79pC/N	-79pC/N	1.00
实施例 B2	4.1%	186	-72	-77	0.94
实施例 B3	4.5%	186	-79	-78	1.01
实施例 B4	3.9%	187	-70	-76	0.92
实施例 B5	4.3%	186	-72	-77	0.94
实施例 B6	4.8%	184	-68	-75	0.91
实施例 B7	4.7%	182	-67	-73	0.92
实施例 B8	4.5%	185	-66	-72	0.92
实施例 B9	4.8%	184	-73	-74	0.99
实施例 B10	3.2%	210	-75	-77	0.97
实施例 B11	3.5%	227	-72	-74	0.97
实施例 B12	3.9%	248	-67	-71	0.94
实施例 B13	5.3%	236	-63	-69	0.91
实施例 B14	5.5%	238	-65	-68	0.96
实施例 B15	5.3%	242	-67	-70	0.96
实施例 B16	5.2%	243	-66	-68	0.97
比较例 B1	46%	152	-14	-28	0.50
比较例 B2	38%	156	-20	-31	0.65
比较例 B3	17%	159	-22	-37	0.59
比较例 B4	26%	156	-17	-29	0.59
比较例 B5	21%	159	-27	-38	0.71
比较例 B6	17%	163	-25	-37	0.68
比较例 B7	15%	131	-35	-52	0.67
比较例 B8	25%	177	-18	-32	0.56

[0328] 由表 3 和表 4 可知, 与表 1 和表 2 的情况同样, 形成在仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层 13 上的仅具有(001)面取向的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{BiCoO}_3$ 层 15 ($0.01 \leq x \leq 0.05, 0.05 \leq y \leq 0.20$, 且 $0.20 \leq \alpha \leq 0.50$) 具有高结晶取向性、低介电损耗、高极化消失温度、高压电常数和高线性。

[0329] (实验例 C: $Q = \text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$)

[0330] 除作为 Q 使用 $\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 来代替 Fe 外, 进行与实验例 A 同样的实验。

[0331] 表 5 和表 6 表示其结果。

[0332] [表 5]

[0333]

	x	y	α	面取向方向	(001) 峰 值强度 (cps)	半值宽度 (°)
实施例 C1	0.03	0.10	0.20	仅 (001)	18,187	2.1
实施例 C2	0.01	0.10	0.20	仅 (001)	11,611	2.4
实施例 C3	0.05	0.10	0.20	仅 (001)	12,598	2.4
实施例 C4	0.03	0.05	0.20	仅 (001)	12,160	2.5
实施例 C5	0.03	0.20	0.20	仅 (001)	10,059	2.6
实施例 C6	0.01	0.05	0.20	仅 (001)	9,080	3.0
实施例 C7	0.01	0.20	0.20	仅 (001)	8,615	2.7
实施例 C8	0.05	0.05	0.20	仅 (001)	9,288	2.7
实施例 C9	0.05	0.20	0.20	仅 (001)	9,156	2.1
实施例 C10	0.03	0.10	0.30	仅 (001)	17,342	2.5
实施例 C11	0.03	0.10	0.40	仅 (001)	16,718	2.3
实施例 C12	0.03	0.10	0.50	仅 (001)	14,617	2.2
实施例 C13	0.01	0.05	0.50	仅 (001)	8,098	2.9
实施例 C14	0.01	0.20	0.50	仅 (001)	7,925	3.0
实施例 C15	0.05	0.05	0.50	仅 (001)	8,492	2.7
实施例 C16	0.05	0.20	0.50	仅 (001)	7,901	2.9
比较例 C1	0	0	0.20	(001) 和 (110)	1,851	3.4
比较例 C2	0.03	0	0.20	(001) 和 (110)	2,015	3.3
比较例 C3	0	0.10	0.20	仅 (001)	6,106	3.0
比较例 C4	0.08	0.10	0.20	仅 (001)	4,516	3.0
比较例 C5	0.03	0.01	0.20	仅 (001)	4,968	3.3
比较例 C6	0.03	0.25	0.20	仅 (001)	5,367	3.0
比较例 C7	0.03	0.10	0.10	仅 (001)	8,239	2.8
比较例 C8	0.03	0.10	0.60	仅 (001)	5,012	3.2

[0334] [表 6]

[0335]

	介电损耗 ($\tan \delta$)	极化消失 温度 Td ($^{\circ}\text{C}$)	d_{31} (3 伏/ μm)	d_{31} (10 伏/ μm)	d_{31} (3 伏/ μm) / d_{31} (10 伏/ μm)
实施例 C1	2.1%	186	-80pC/N	-80pC/N	1.00
实施例 C2	3.6%	184	-74	-78	0.95
实施例 C3	4.1%	183	-81	-79	1.03
实施例 C4	3.5%	185	-72	-77	0.94
实施例 C5	3.8%	183	-74	-77	0.96
实施例 C6	4.4%	183	-70	-76	0.92
实施例 C7	4.4%	180	-70	-74	0.95
实施例 C8	4.2%	182	-73	-76	0.96
实施例 C9	4.0%	183	-78	-76	1.03
实施例 C10	2.6%	209	-76	-77	0.99
实施例 C11	3.0%	225	-73	-75	0.97
实施例 C12	3.2%	243	-68	-72	0.94
实施例 C13	4.8%	235	-64	-69	0.93
实施例 C14	4.9%	236	-66	-69	0.96
实施例 C15	4.7%	241	-68	-71	0.96
实施例 C16	5.0%	243	-65	-68	0.96
比较例 C1	37%	151	-15	-29	0.52
比较例 C2	33%	156	-20	-31	0.65
比较例 C3	14%	157	-23	-38	0.61
比较例 C4	15%	154	-21	-32	0.66
比较例 C5	16%	157	-28	-39	0.72
比较例 C6	15%	163	-27	-39	0.69
比较例 C7	10%	131	-36	-53	0.68
比较例 C8	27%	176	-19	-33	0.58

[0336] 由表 5 和表 6 能够明确,与表 1 和表 2 的情况同样,形成在仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层 13 上的仅具有(001)面取向的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{Bi}(\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ 层 15 ($0.01 \leq x \leq 0.05$, $0.05 \leq y \leq 0.20$, 且 $0.20 \leq \alpha \leq 0.50$) 具有高结晶取向性、低介电损耗、高极化消失温度、高压电常数和高线性。

[0337] (实验例 D : Q = $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$)

[0338] 除作为 Q 使用 $\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}$ 来代替 Fe 外,进行与实验例 A 同样的实验。

[0339] 表 7 和表 8 表示其结果。

[0340] [表 7]

[0341]

	x	y	α	面取向方向	(001) 峰 值强度 (cps)	半值宽度 (°)
实施例 D1	0.03	0.10	0.20	仅 (001)	18,039	2.2
实施例 D2	0.01	0.10	0.20	仅 (001)	11,585	2.4
实施例 D3	0.05	0.10	0.20	仅 (001)	12,527	2.4
实施例 D4	0.03	0.05	0.20	仅 (001)	12,010	2.6
实施例 D5	0.03	0.20	0.20	仅 (001)	10,008	2.7
实施例 D6	0.01	0.05	0.20	仅 (001)	8,955	3.0
实施例 D7	0.01	0.20	0.20	仅 (001)	8,567	2.8
实施例 D8	0.05	0.05	0.20	仅 (001)	9,123	2.7
实施例 D9	0.05	0.20	0.20	仅 (001)	9,106	2.2
实施例 D10	0.03	0.10	0.30	仅 (001)	17,335	2.5
实施例 D11	0.03	0.10	0.40	仅 (001)	16,709	2.3
实施例 D12	0.03	0.10	0.50	仅 (001)	14,575	2.3
实施例 D13	0.01	0.05	0.50	仅 (001)	7,988	2.9
实施例 D14	0.01	0.20	0.50	仅 (001)	7,906	3.1
实施例 D15	0.05	0.05	0.50	仅 (001)	8,487	2.8
实施例 D16	0.05	0.20	0.50	仅 (001)	7,854	2.9
比较例 D1	0	0	0.20	(001) 和 (110)	1,840	3.5
比较例 D2	0.03	0	0.20	(001) 和 (110)	1,989	3.4
比较例 D3	0	0.10	0.20	仅 (001)	6,098	3.1
比较例 D4	0.08	0.10	0.20	仅 (001)	4,485	3.1
比较例 D5	0.03	0.01	0.20	仅 (001)	4,970	3.2
比较例 D6	0.03	0.25	0.20	仅 (001)	5,401	2.9
比较例 D7	0.03	0.10	0.10	仅 (001)	8,182	2.9
比较例 D8	0.03	0.10	0.60	仅 (001)	4,944	3.3

[0342] [表 8]

[0343]

	介电损耗 ($\tan \delta$)	极化消失 温度 Td (°C)	d_{31} (3 伏/ μ m)	d_{31} (10 伏/ μ m)	d_{31} (3 伏/ μ m) / d_{31} (10 伏/ μ m)
实施例 D1	2.2%	187	-81pC/N	-79pC/N	1.02
实施例 D2	3.5%	185	-75	-78	0.96
实施例 D3	4.0%	184	-81	-77	1.05
实施例 D4	3.4%	186	-72	-76	0.95
实施例 D5	3.8%	185	-75	-77	0.97
实施例 D6	4.3%	183	-70	-75	0.93
实施例 D7	4.4%	181	-69	-72	0.96
实施例 D8	4.3%	185	-71	-74	0.96
实施例 D9	4.2%	183	-77	-75	1.02
实施例 D10	2.5%	210	-76	-77	0.99
实施例 D11	3.1%	226	-73	-74	0.98
实施例 D12	3.2%	246	-67	-70	0.96
实施例 D13	4.7%	236	-65	-69	0.94
实施例 D14	4.8%	237	-64	-67	0.96
实施例 D15	4.6%	241	-69	-71	0.97
实施例 D16	4.9%	242	-66	-67	0.98
比较例 D1	38%	151	-15	-28	0.52
比较例 D2	32%	155	-20	-30	0.66
比较例 D3	15%	158	-24	-38	0.63
比较例 D4	15%	156	-20	-31	0.63
比较例 D5	17%	159	-27	-38	0.72
比较例 D6	15%	163	-27	-38	0.71
比较例 D7	12%	132	-37	-53	0.70
比较例 D8	28%	176	-20	-33	0.60

[0344] 由表 7 和表 8 能够明确,与表 1 和表 2 的情况同样,形成在仅具有(001)面取向的 $\text{Na}_x\text{La}_{1-x+y}\text{Ni}_{1-y}\text{O}_{3-x}$ 层 13 上的仅具有(001)面取向的 $(1-\alpha)(\text{Bi}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiO}_3 - \alpha \text{Bi}(\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ 层 15 ($0.01 \leq x \leq 0.05$, $0.05 \leq y \leq 0.20$, 且 $0.20 \leq \alpha \leq 0.50$) 具有高结晶取向性、低介电损耗、高极化消失温度、高压电常数和高线性。

[0345] 以下,说明具备上述的压电体膜的本发明的喷墨头、角速度传感器和压电发电元件。详细情况参照专利文献 6。专利文献 7 和专利文献 8 分别是与专利文献 6 对应的美国

专利公报和中国公开公报。

[0346] [喷墨头]

[0347] 下面,参照图 7 ~ 图 9,说明本发明的喷墨头。

[0348] 图 7 表示本发明的喷墨头的一个方式。图 8 是表示图 7 所示的喷墨头 100 中的包括压力室部件和致动器部的主要部分的分解图。

[0349] 图 7 和图 8 中的符号 A 表示压力室部件。压力室部件 A 具备在其厚度方向(图的上下方向)上贯通的贯通孔 101。图 8 所示的贯通孔 101 是在压力室部件 A 的厚度方向上截断的该贯通孔 101 的一部分。符号 B 表示具备压电体膜和振动层的致动器部。符号 C 表示具备共通液室 105 和墨液流路 107 的墨液流路部件 C。压力室部件 A、致动器部 B 和墨液流路部件 C 按照压力室部件 A 被致动器部 B 和墨液流路部件 C 夹着的方式相互接合。在压力室部件 A、致动器部 B 和墨液流路部件 C 相互接合的状态下,贯通孔 101 形成容纳从共通液室 105 供给的墨液的压力室 102。

[0350] 致动器部 B 所具备的压电体膜和振动层在俯视时与压力室 102 重叠。图 7 和图 8 中的符号 103 表示作为压电体膜的一部分的个别电极层。如图 7 所示,喷墨头 100 具备在俯视时交错状设置的 2 个以上的个别电极层 103 即压电体膜。

[0351] 墨液流路部件 C 具备俯视时条状设置的 2 个以上的共通液室 105。在图 7 和图 8 中,各个共通液室 105 在俯视时与 2 个以上的力量室 102 重叠。共通液室 105 向喷墨头 100 中的墨液供给方向(图 7 中的箭头方向)延伸。墨液流路部件 C 具备:将共通液室 105 内的墨液供给至力量室 102 的供给口 106;和从喷嘴孔 108 喷出力量室 102 内的墨液的墨液流路 107。通常,一个供给孔 106 和一个喷嘴孔 108 与一个力量室 102 对应。喷嘴孔 108 形成于喷嘴板 D。喷嘴板 D 按照与力量室部件 A 一同夹着墨液流路部件 C 的方式,与墨液流路部件 C 接合。

[0352] 图 7 中的符号 E 表示 IC 芯片。IC 芯片 E 通过接合线 BW 与在致动器部 B 的表面露出的个别电极层 103 电连接。为了使图 7 更明了,图 7 仅表示了一部分接合线 BW。

[0353] 图 8 表示包括力量室部件 A 和致动器部 B 的主要部分的结构。图 9 表示力量室部件 A 和致动器部 B 的与墨液供给方向(图 7 中的箭头方向)正交的截面。致动器部 B 具备压电体膜 104(104a ~ 104d),该压电体膜 104(104a ~ 104d)具有被第一电极(个别电极层 103)和第二电极(共通电极层 112)夹着的压电体层 15。一个个别电极层 103 与一个压电体膜 104a ~ 104d 对应。共通电极层 112 是压电体膜 104a ~ 104d 共用的电极。

[0354] 按照被图 9 中的虚线包围的方式,上述的压电体膜 104 设置于喷墨头内部。该压电体膜是在题为“压电体膜”的项目中所说明的压电体膜。

[0355] [使用喷墨头的图像形成方法]

[0356] 形成本发明的图像的方法包括:在上述本发明的喷墨头中,经由第一电极和第二电极(即个别电极层和共通电极层)对压电体层施加电压,通过压电效应使振动层在该层的膜厚方向发生位移,改变力量室的容积的工序;和利用该位移从力量室喷出墨液的工序。

[0357] 在改变纸等的图像形成对象物与喷墨头之间的相对位置的同时,改变施加于压电体层的电压,控制从喷墨头喷出墨液的喷出时间和喷出量,由此,在对象物的表面形成图像。在本说明书中所使用的用语“图像”包括文字。换言之,根据形成本发明的图像的方法,在纸等的印刷对象物上印刷文字、图案、图形等。该方法能够进行具有高表现力的印刷。

[0358] [角速度传感器]

[0359] 图 10 表示本发明的角速度传感器的一个例子。图 11 表示图 10 所示的角速度传感器 21a 的截面 E1。图 10 所示的角速度传感器 21a 是所谓的音叉型角速度传感器。它能够用于车辆用导航装置和电子静像摄相机的抖动修正传感器。

[0360] 图 10 所示的角速度传感器 21a 包括：具有振动部 200b 的基板 200；和与振动部 200b 接合的压电体膜 208。

[0361] 基板 200 包括：固定部 200a；和从固定部 200a 向规定的方向延伸的一对臂（振动部 200b）。振动部 200b 延伸的方向与角速度传感器 21 所测定的角速度的旋转中心轴 L 延伸的方向相同。具体而言，该方向在图 10 中是 Y 方向。从基板 200 的厚度方向（图 10 中的 Z 方向）看，基板 200 具有包括 2 根臂（振动部 200b）的音叉的形状。

[0362] 构成基板 200 的材料没有限定。该材料例如是 Si、玻璃、陶瓷、金属。基板 200 能够是单晶硅基板。只要能够实现作为角速度传感器 21a 的功能，基板 200 的厚度没有限定。更具体地来讲，基板 200 的厚度是 0.1mm 以上 0.8mm 以下。固定部 200a 的厚度能够与振动部 200b 的厚度不同。

[0363] 压电体膜 208 与振动部 200b 接合。该压电体膜 208 是在题为“压电体膜”的项目中所说明的压电体膜。如图 10 和图 11 所示，该压电体膜 208 具备第一电极 13(202)、压电体膜 15 和第二电极 17(205)。

[0364] 第二电极 205 具备包括驱动电极 206 和传感电极 207 的电极组。驱动电极 206 对压电体层 15 施加使振动部 200b 振荡的驱动电压。传感电极 207 对由于施加于振动部 200b 的角速度而在振动部 200b 产生的变形进行测定。振动部 200b 的振荡方向通常是其宽度方向（图 10 中的 X 方向）。更具体地来讲，在图 10 所示的角速度传感器中，一对驱动电极 206 在振动部 200b 的宽度方向的两端部，沿着振动部 200b 的长度方向（图 10 的 Y 方向）设置。一根驱动电极 206 能够设置于振动部 200b 的宽度方向的一个端部。在图 10 所示的角速度传感器中，传感电极 207 沿着振动部 200b 的长度方向设置，且被夹在一对驱动电极 206 之间。多个传感电极 207 能够设置在振动部 200b 上。由传感电极 207 测定的振动部 200b 的变形通常是其厚度方向（图 10 中的 Z 方向）的挠曲。

[0365] 在本发明的角速度传感器中，从第一电极和第二电极中选择的一方的电极能够由包括驱动电极和传感电极的电极组构成。在图 10 所示的角速度传感器 21a 中，第二电极 205 由该电极组构成。与该角速度传感器不同，第一电极 202 也能够由该电极组构成。

[0366] 连接端子 202a、206a 和 207a 分别形成于第一电极 202 的端部、驱动电极 206 的端部和传感电极 207 的端部。各连接端子的形状和位置并没有限定。在图 10 中，连接端子设置在固定部 200a 上。

[0367] 在图 10 所示的角速度传感器中，压电体膜 208 与振动部 200b 和固定部 200a 这两者接合。但是，只要压电体膜 208 能够使振动部 200b 振荡，且能够利用压电体膜 208 来测定在振动部 200b 产生的变形，压电体膜 208 的接合状态就没有限定。例如，压电体膜 208 能够仅与振动部 200b 接合。

[0368] 本发明的角速度传感器能够具有 2 个以上由一对振动部 200b 构成的振动部组。这样的角速度传感器能够测定多个旋转中心轴的角速度，能够作为双轴或者三轴的角速度传感器发挥作用。图 10 所示的角速度传感器具有由一对振动部 200b 构成的一个振动部组。

[0369] [角速度传感器的角速度测定方法]

[0370] 本发明的测定角速度的方法使用本发明的角速度传感器，具有：对压电体层施加驱动电压，使基板的振动部振荡的工序；和通过对由于施加于振荡中的振动部的角速度而在振动部产生的变形进行测定，获得该角速度的值的工序。在第一电极和第二电极中的不用作驱动电极和传感电极的电极（另一方的电极）与驱动电机之间施加驱动电压，对压电体层施加驱动电压。另一方的电极和传感电极对由于角速度在振荡中的振动部产生的变形进行测定。

[0371] 以下，说明使用图 10 所示的角速度传感器 21a 的角速度的测定方法。与振动部 200b 的固有振动共振的频率的驱动电压，通过第一电极 202 和驱动电极 206 被施加于压电体层 15，使振动部 200b 振荡。驱动电压例如能够通过将第一电极 202 接地且改变驱动电极 206 的电位来施加（换言之，驱动电压是第一电极 202 与驱动电机 206 之间的电位差）。角速度传感器 21a 具有排列成音叉的形状的一对振动部 200b。通常，在一对振动部 200b 各自所具有的各个驱动电极 206 上，分别施加正负相反的电压。由此，能够使各个振动部 200b 以在相互相反的方向振动的模式（相对于图 10 所示的旋转中心轴 L 对称地振动的模式）振荡。在图 10 所示的角速度传感器 21a 中，振动部 200b 在其宽度方向（X 方向）振荡。即使仅使一对振动部 200b 的一方振荡，也能测定角速度。但是，为了进行高精度的测定，优选以向相互相反的方向振动的模式使两方的振动部 200b 振荡。

[0372] 在对振动部 200b 振荡的角速度传感器 21a 施加相对于其旋转中心轴 L 的角速度 ω 时，各个振动部 200b 由于科里奥利力而向厚度方向（Z 方向）挠曲。在一对振动部 200b 以在相互相反的方向振动的模式振荡的情况下，各个振动部 200b 向相互相反的方向挠曲相同的变化量。与该挠曲相对应地，与振动部 200b 接合的压电体层 15 也挠曲，在第一电极 202 与传感电极 207 之间，产生与压电体层 15 的挠曲对应的、即与产生的科里奥利力对应的电位差。通过测定该电位差的大小，能够测定施加于角速度传感器 21a 的角速度 ω 。

[0373] 在科里奥利力 F_c 与角速度 ω 之间，以下的关系成立：

[0374] $F_c = 2mv\omega$

[0375] 此处，v 是振荡中的振动部 200b 中的速度。m 是振动部 200b 的质量。如该式所示，能够根据科里奥利力 F_c 算出角速度 ω 。

[0376] [压电发电元件]

[0377] 图 12 表示本发明的压电发电元件的一个例子。图 13 表示图 12 所示的压电发电元件 22a 的截面 F1。压电发电元件 22a 是将从外部施加的机械振动转换成电能的元件。压电发电元件 22a 适用于基于包含于车辆和机械的动力振动和行驶振动以及步行时产生的振动的各种振动来发电的独立的电源装置。

[0378] 图 12 所示的压电发电元件 22a 具备：具有振动部 300b 的基板 300；和与振动部 300b 接合的压电体膜 308。

[0379] 基板 300 具有：固定部 300a；和由从固定部 300a 向规定的方向伸出的梁形成的振动部 300b。构成固定部 300a 的材料能够与构成振动部 300b 的材料相同。但是，这些材料也可以互不相同。由互不相同的材料构成的固定部 300a 能够与振动部 300b 接合。

[0380] 构成基板 300 的材料没有限定。该材料例如是 Si、玻璃、陶瓷、金属。基板 300 能够是单晶硅基板。基板 300 例如具有 0.1mm 以上 0.8mm 以下的厚度。固定部 300a 能够具

有与振动部 300b 的厚度不同的厚度。能够调整振动部 300b 的厚度,使得能够改变振动部 300b 的共振频率以高效地进行发电。

[0381] 负重 306 与振动部 300b 接合。负重 306 调整振动部 300b 的共振频率。负重 306 例如是 Ni 的蒸镀薄膜。负重 306 的材料、形状和质量以及负重 306 所接合的位置,能够根据所要求的振动部 300b 的共振频率来调整。负重 306 能够省略。在振动部 300b 的共振频率不被调整的情况下,不需要负重 306。

[0382] 压电体膜 308 与振动部 300b 接合。该压电体膜 308 是在题为“压电体膜”的项目中所说明的压电体膜。如图 12 和图 13 所示,该压电体膜 308 包括:第一电极 13 (302)、压电体膜 15 和第二电极 17 (305)。

[0383] 在图 12 所示的压电发电元件中,第一电极 302 的一部分露出。该一部分能够发挥连接端子 302a 的功能。

[0384] 在图 12 所示的压电发电元件中,压电体膜 308 能够与振动部 300b 和固定部 300a 这两者接合。压电体膜 308 能够仅与振动部 300b 接合。

[0385] 在本发明的压电发电元件中,通过具有多个振动部 300b,能够增大所产生的电量。通过改变各个振动部 300b 所具有的共振频率,能够应对具有广频率成分的机械振动。

[0386] [使用压电发电元件的发电方法]

[0387] 通过对上述本发明的压电发电元件施加振动,能够利用第一电极和第二电极获得电力。

[0388] 当从外部向压电发电元件 22a 施加机械振动时,振动部 300b 开始相对于固定部 300a 上下挠曲的振动。该振动在压电体层 15 产生由压电效应引起的电动势。这样,在夹持压电体层 15 的第一电极 302 与第二电极 305 之间产生电位差。压电体层 15 所具有的压电性能越高,在第一电极与第二电极之间产生的电位差越大。特别是在振动部 300b 的共振频率接近从外部施加于元件的机械振动的频率的情况下,振动部 300b 的振幅增大,由此发电特性提高。因此,优选利用负重 306 进行调整,使得振动部 300b 的共振频率接近从外部施加于元件的机械振动的频率。

[0389] 工业上的可利用性

[0390] 具备 $(1-\alpha)$ (Bi, Na, Ba) TiO₃ - α BiQO₃ 层 15 的压电体膜能够用于喷墨头、角速度传感器和压电发电元件。

[0391] 附图标记说明

[0392] 11 基板

[0393] 12 金属电极层

[0394] 13Na_xLa_{1-x+y} Ni_{1-y}O_{3-x} 层(第一电极)

[0395] 15 (1- α) (Bi, Na, Ba) TiO₃ - α BiQO₃ 层 15

[0396] 17 导电层(第二电极)

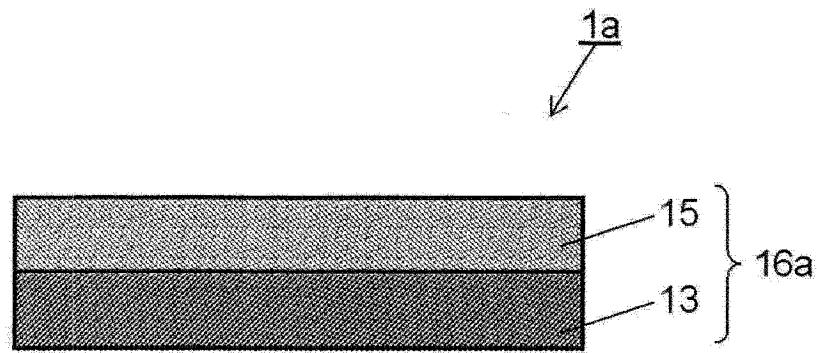


图 1A

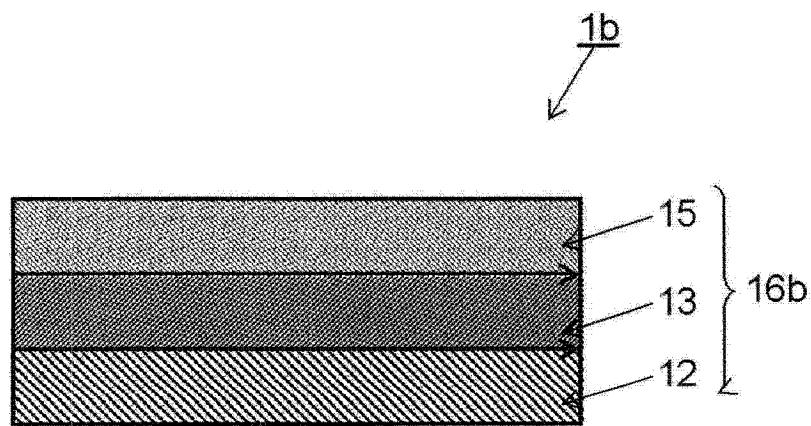


图 1B

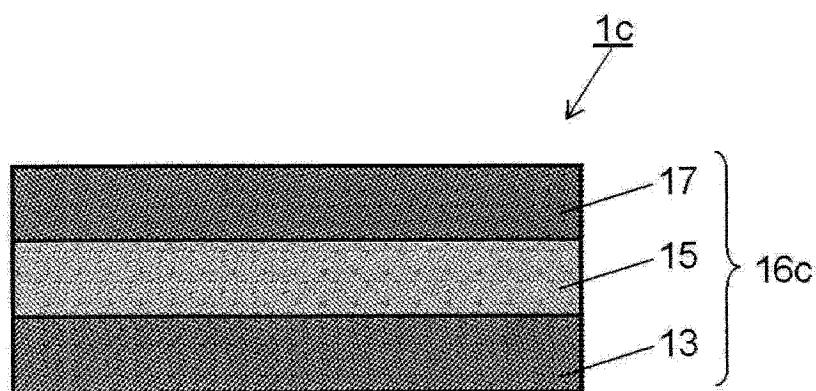


图 1C

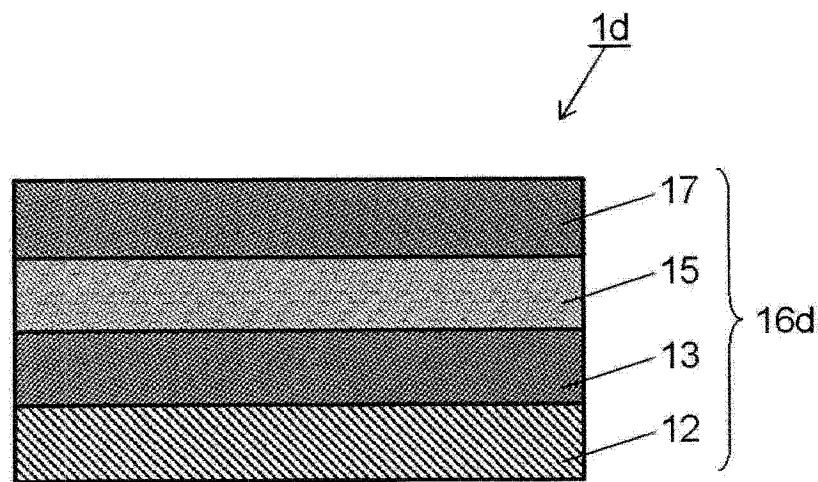


图 1D

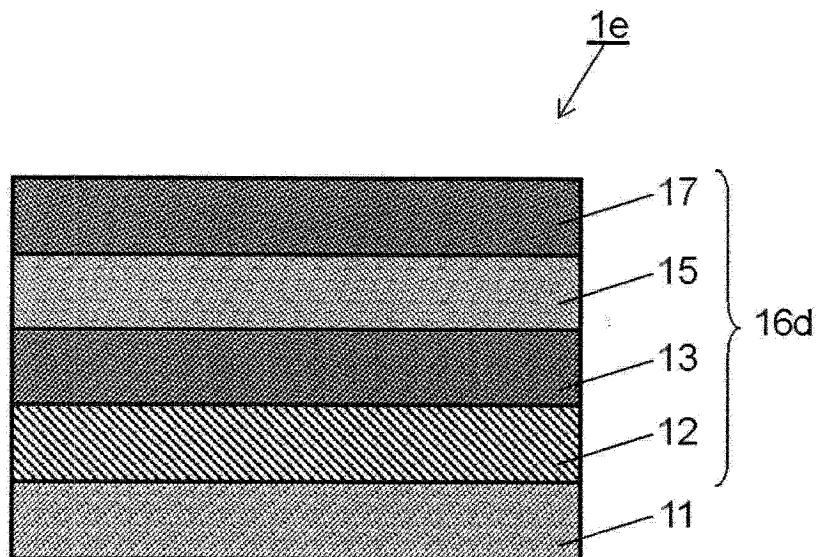


图 1E

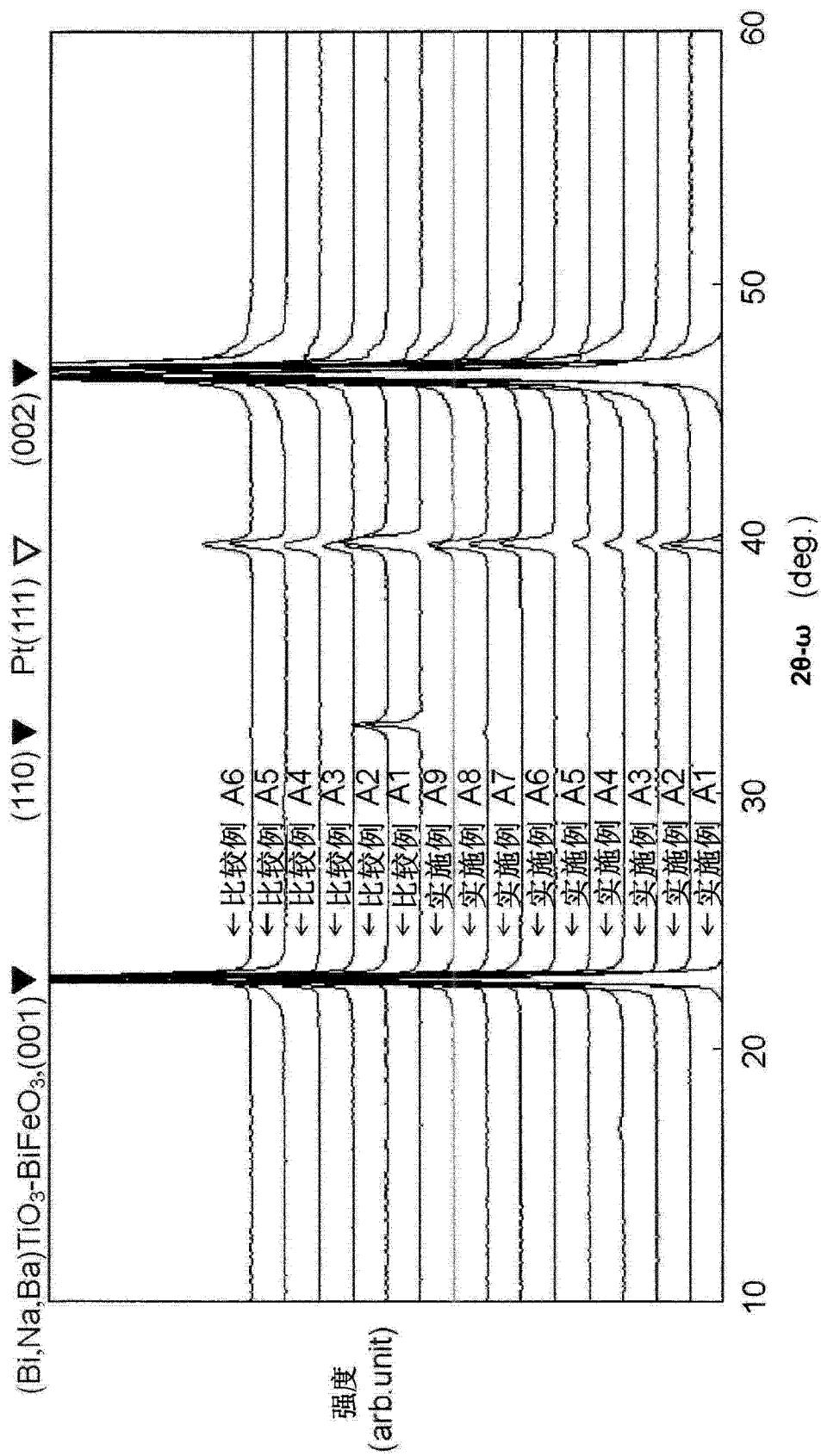


图 2A

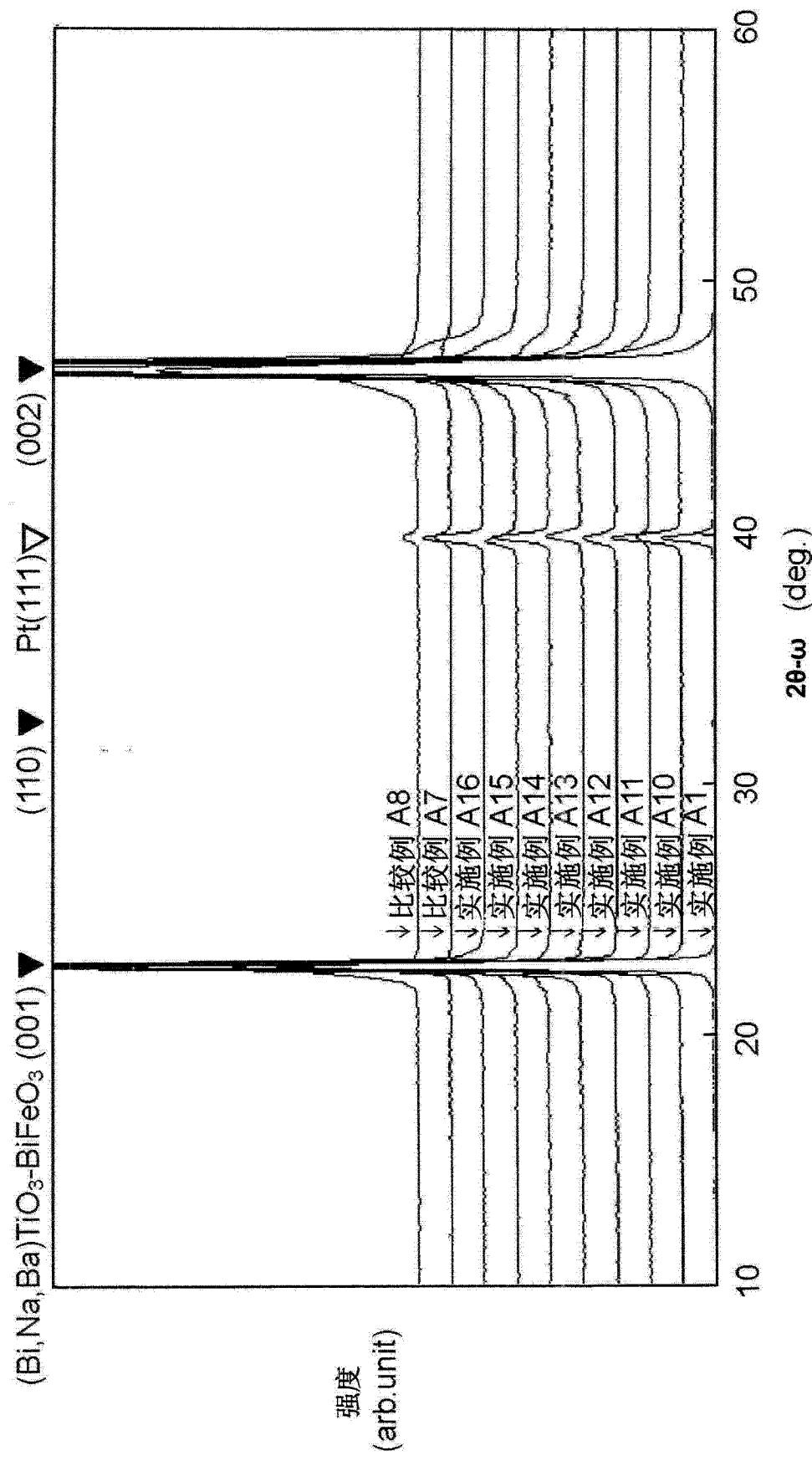


图 2B

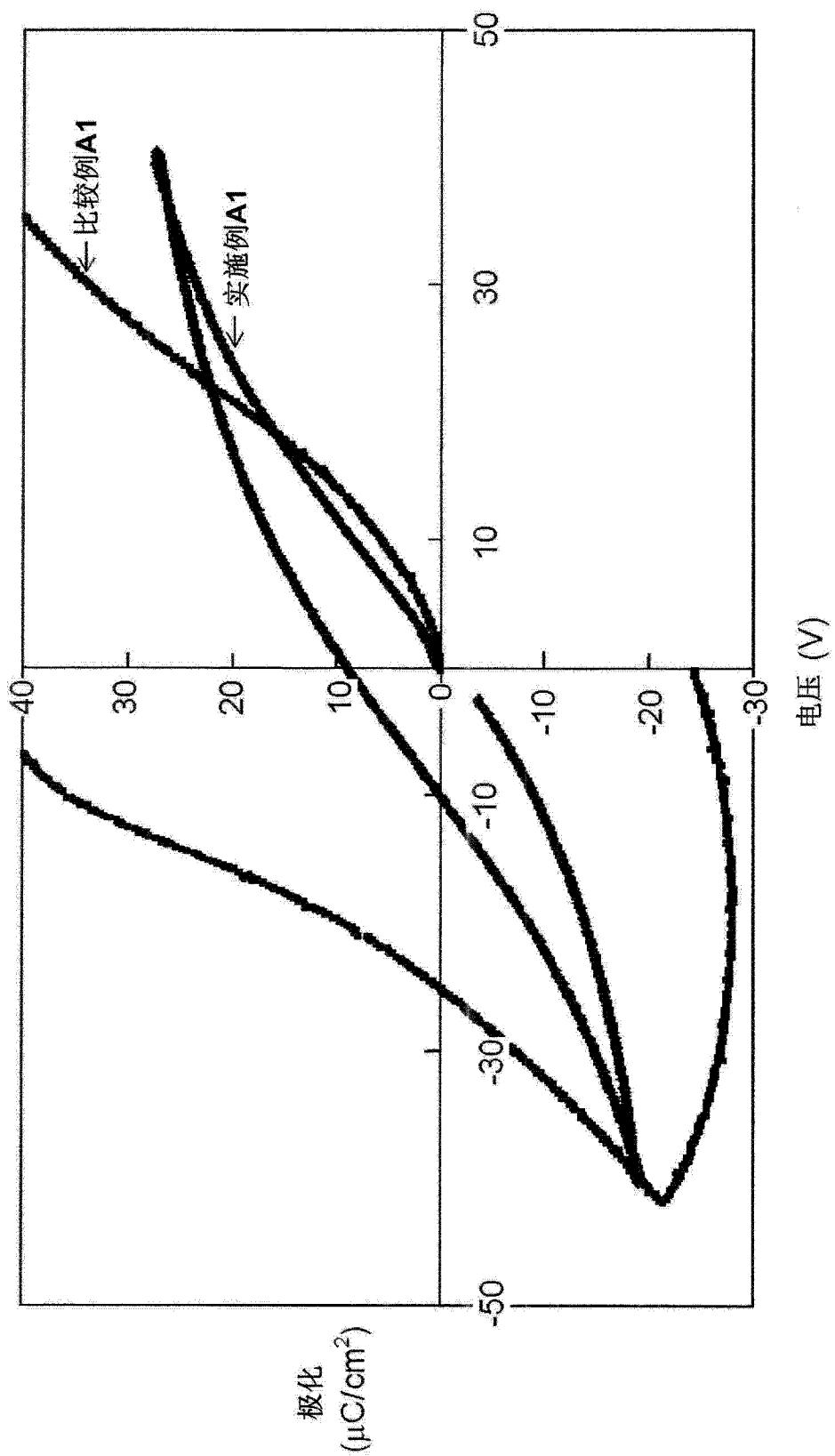


图 2C

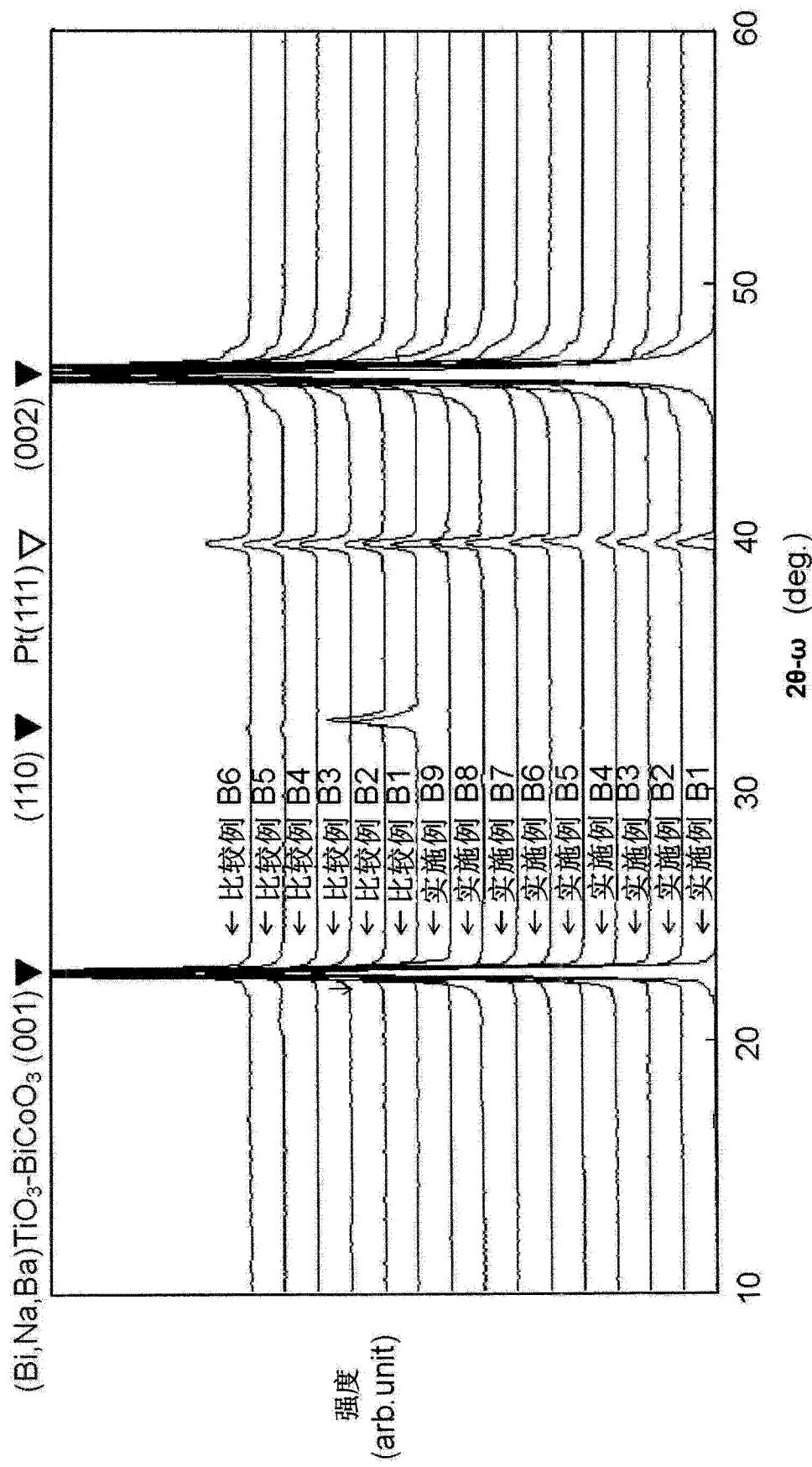


图 3A

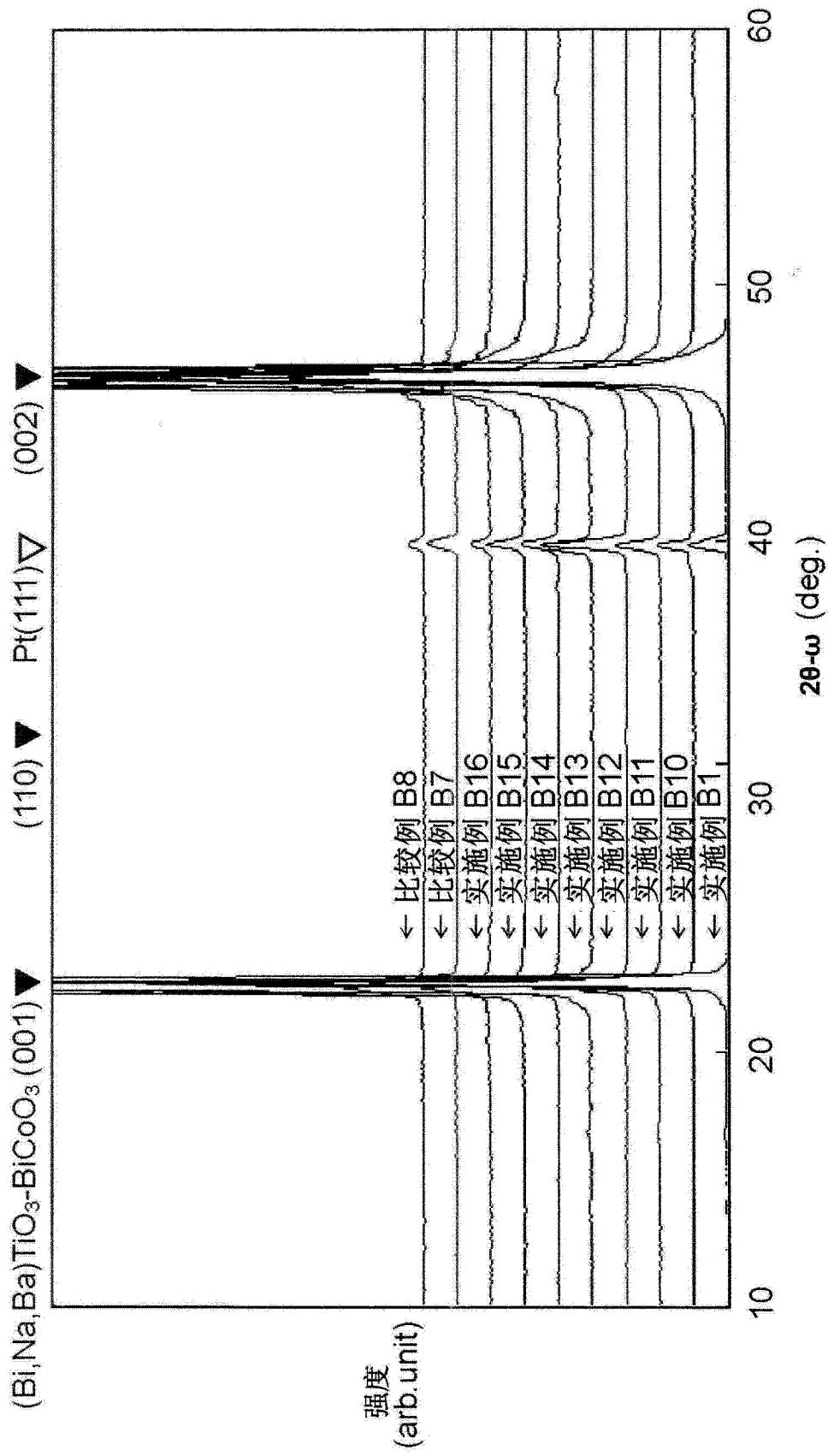


图 3B

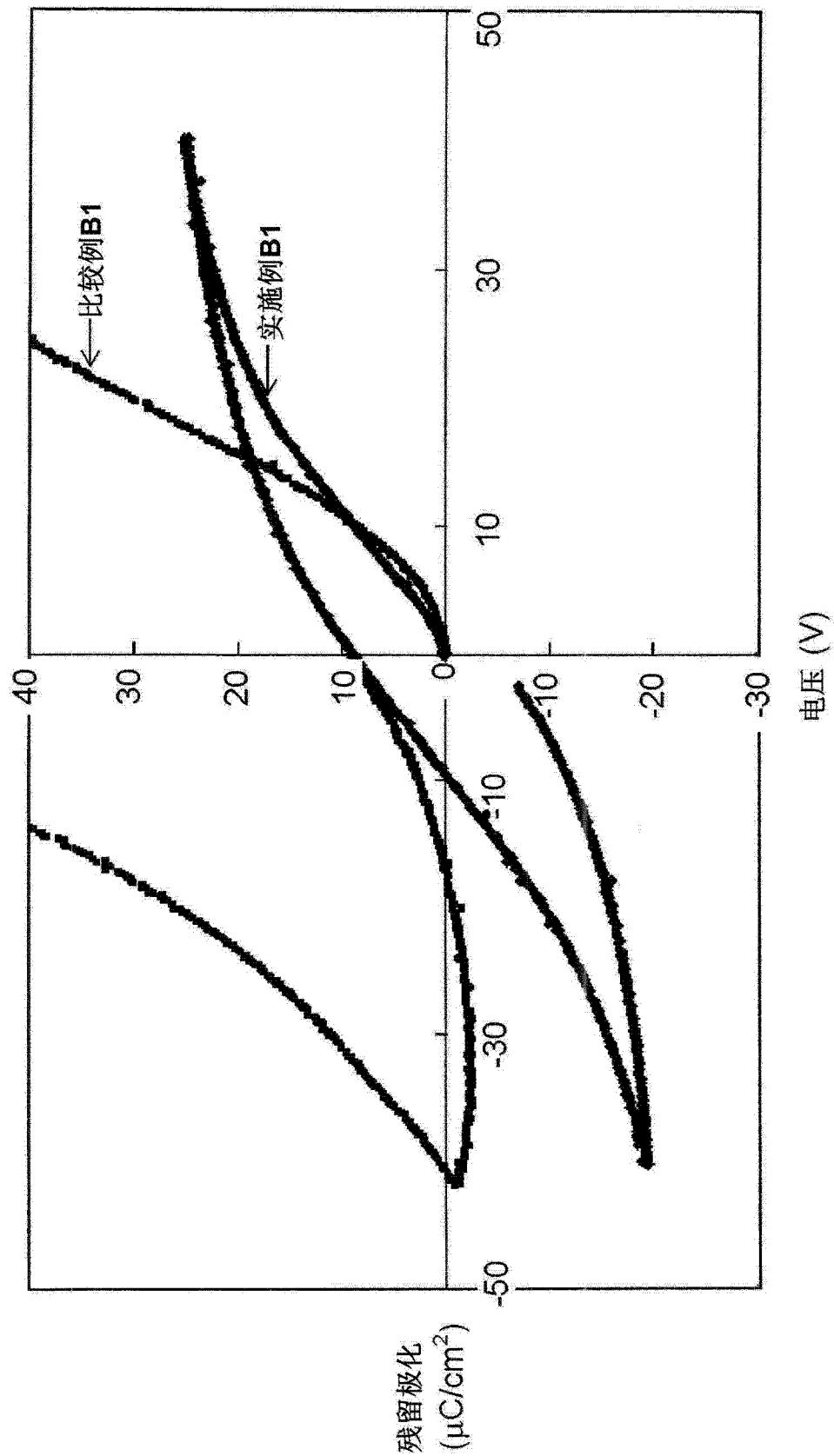


图 3C

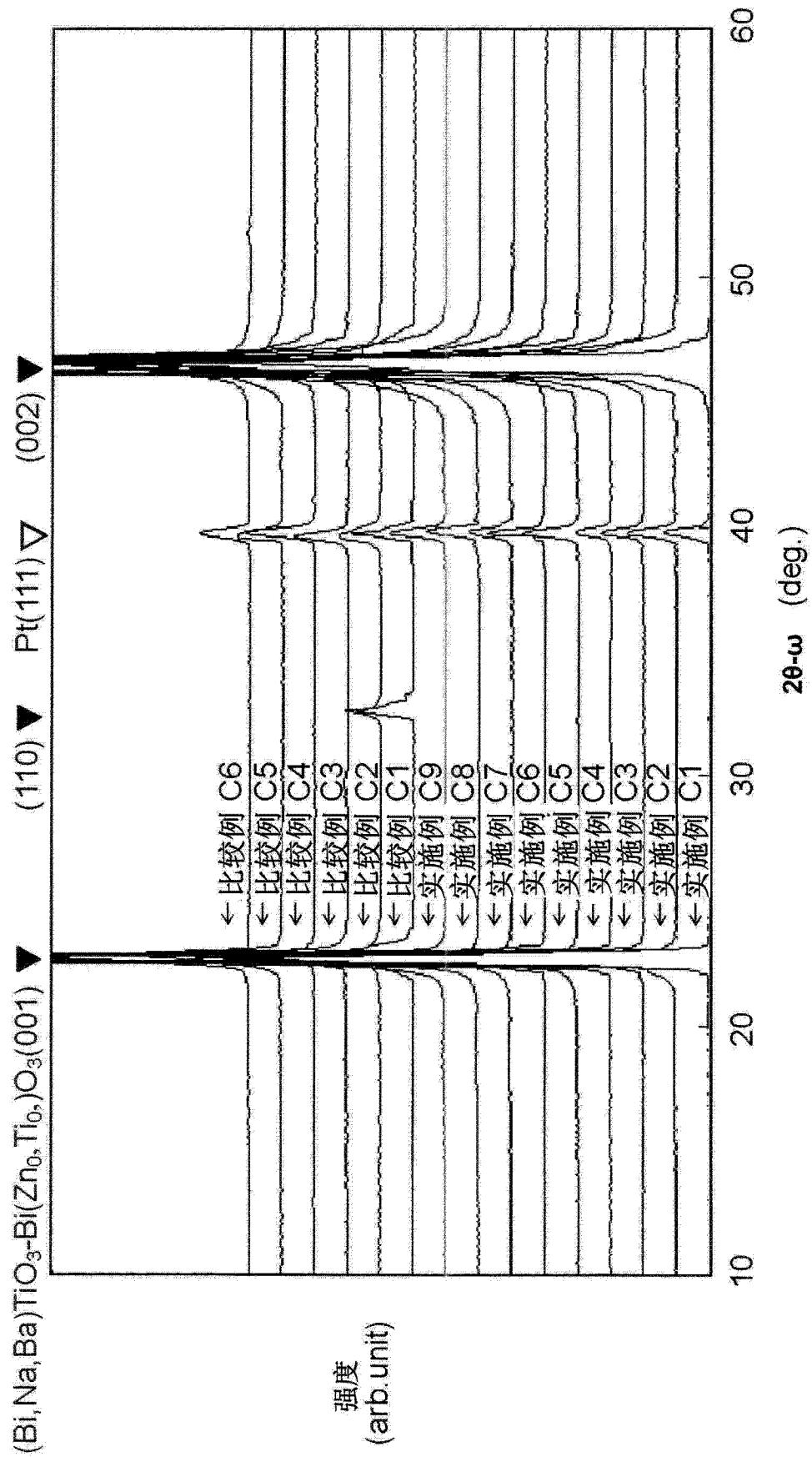


图 4A

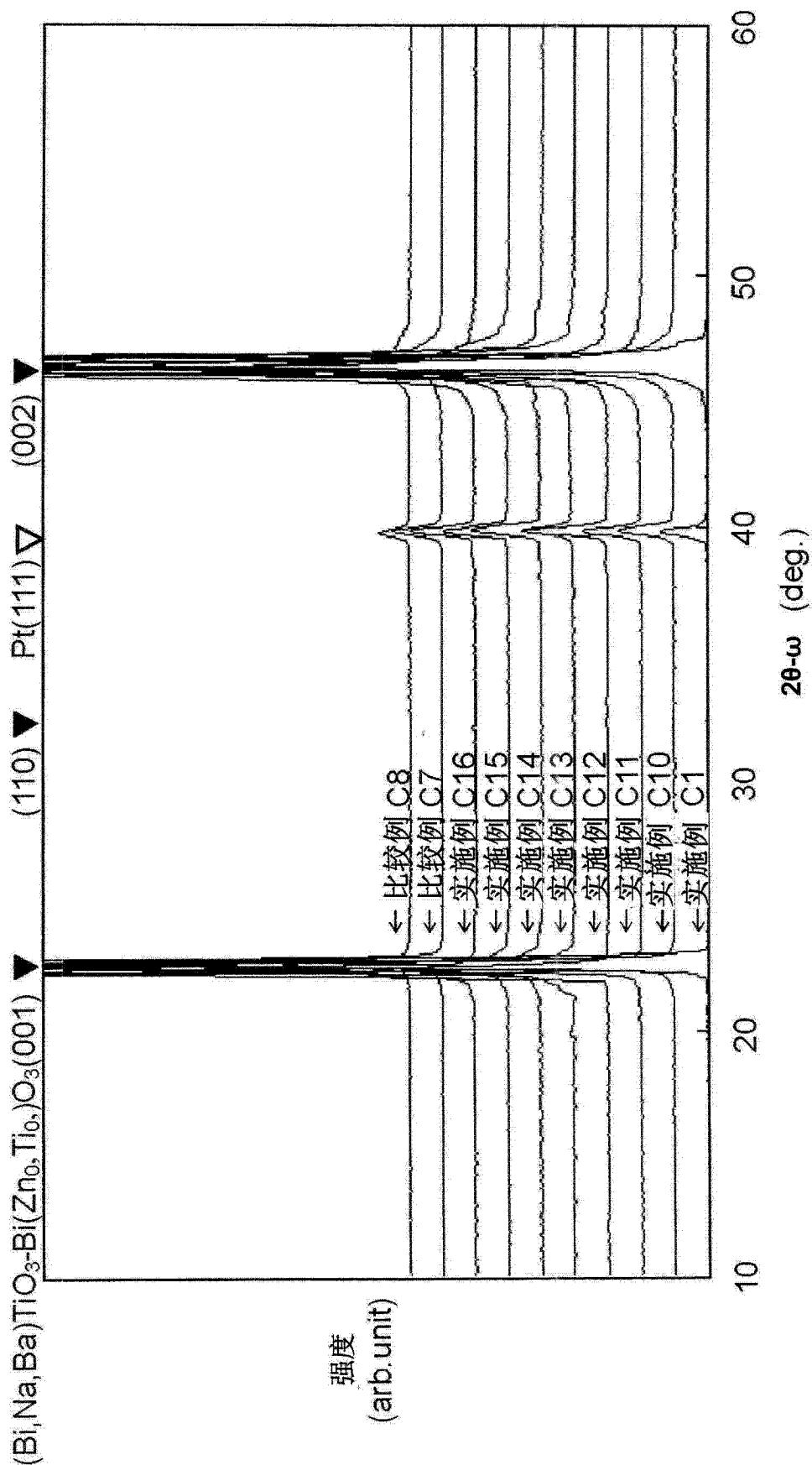


图 4B

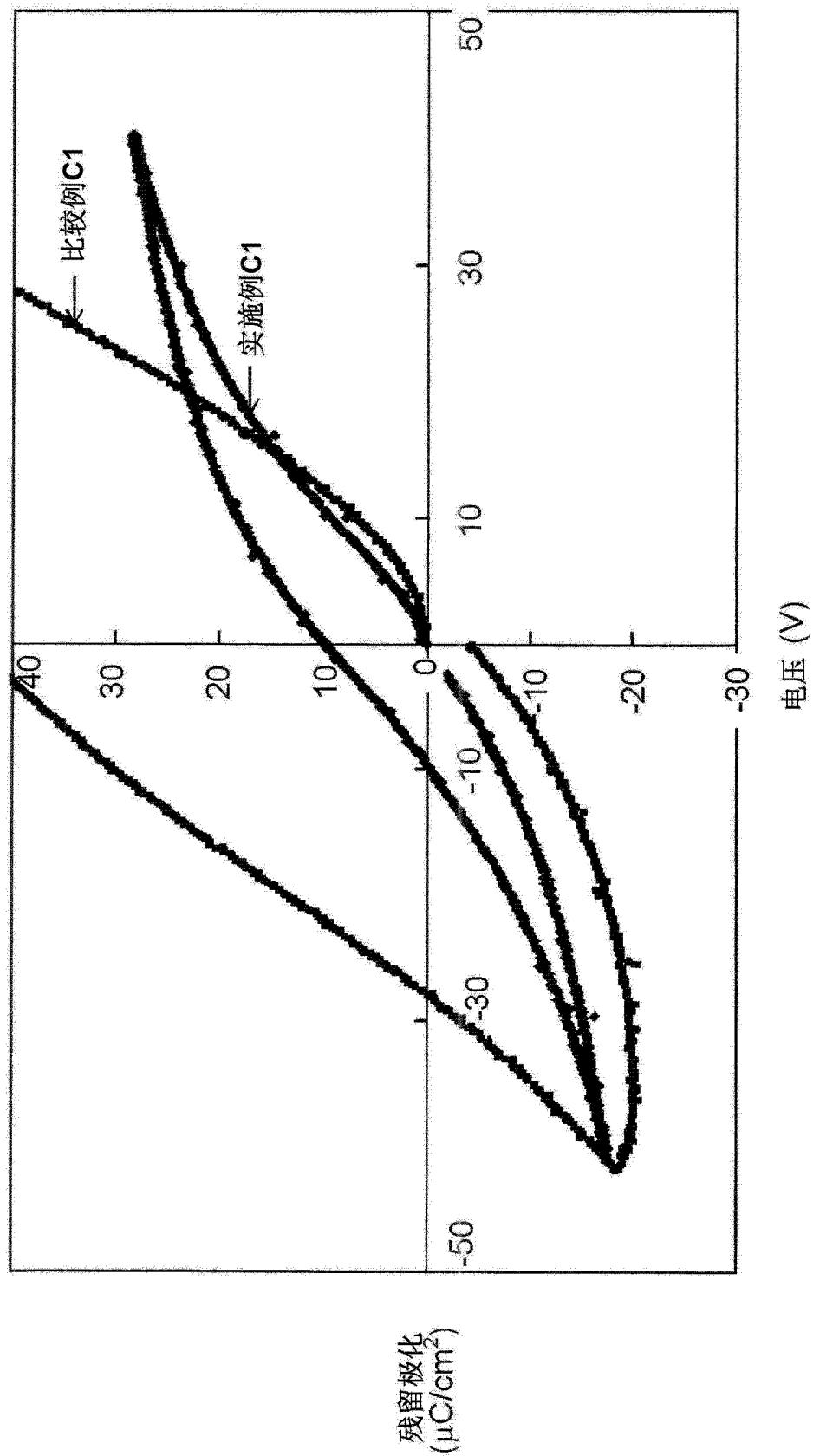


图 4C

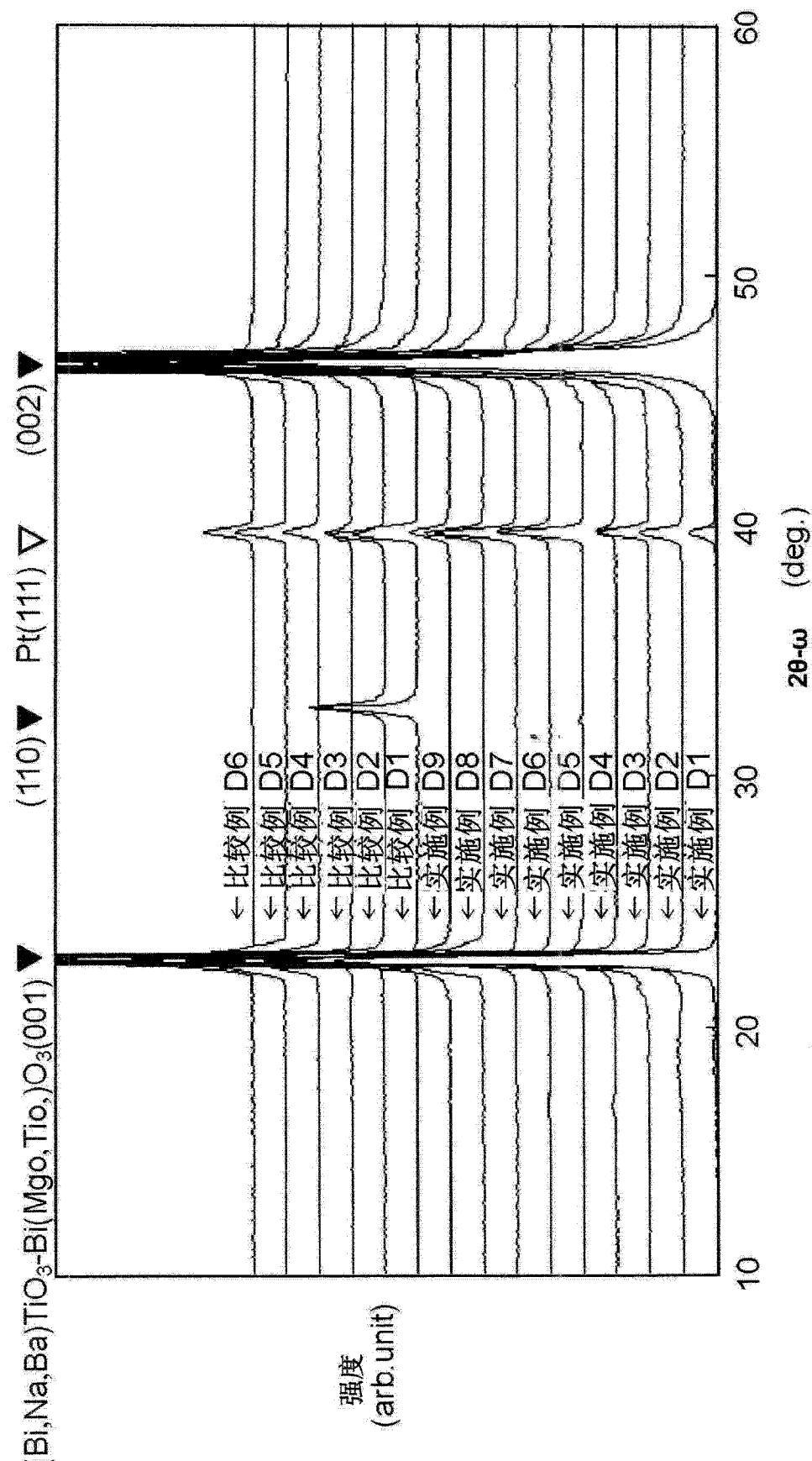


图 5A

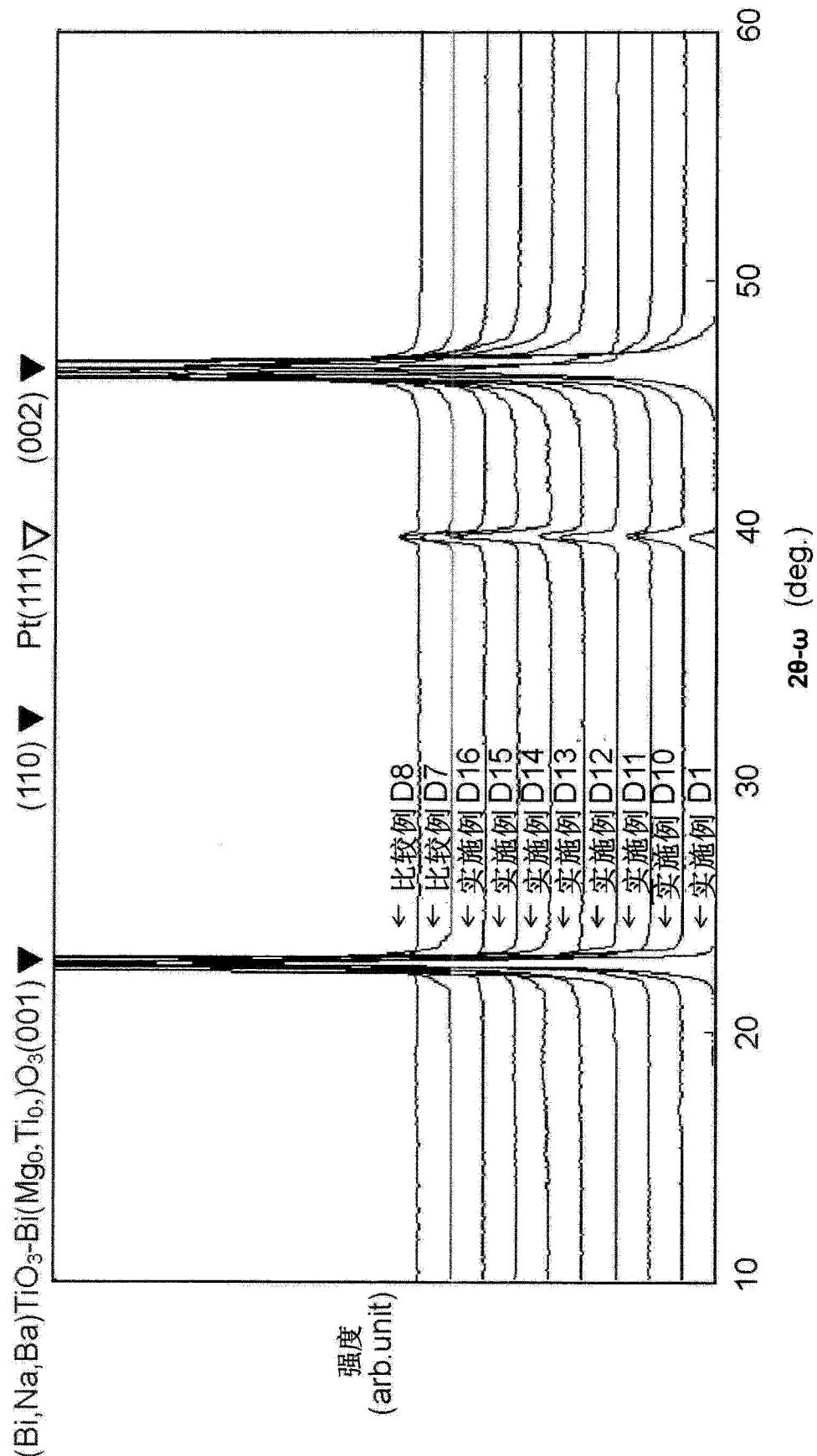


图 5B

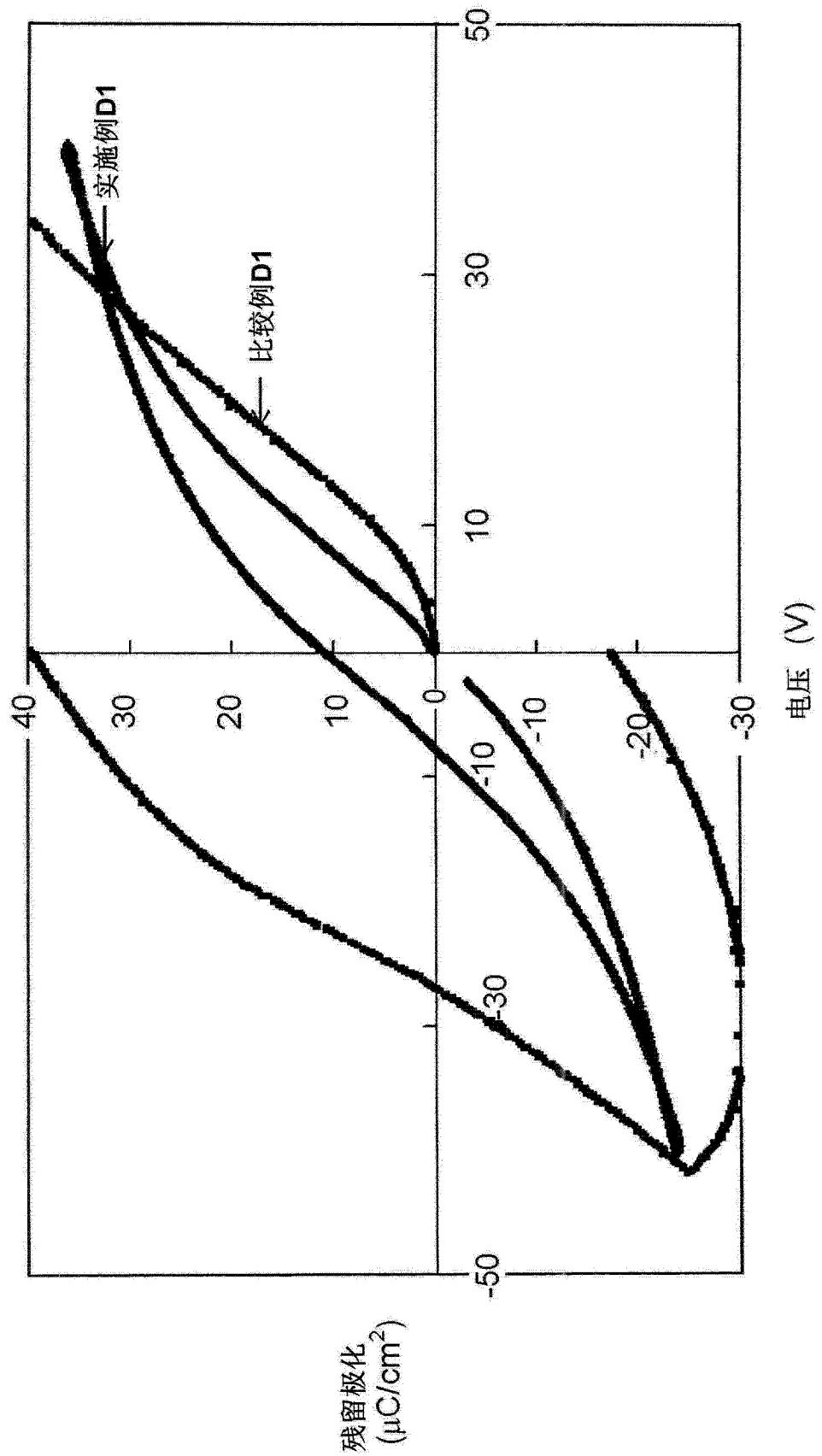


图 5C

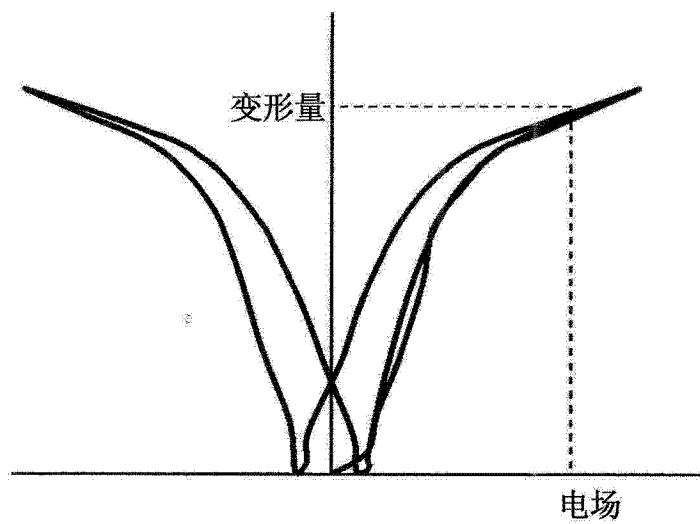


图 6A

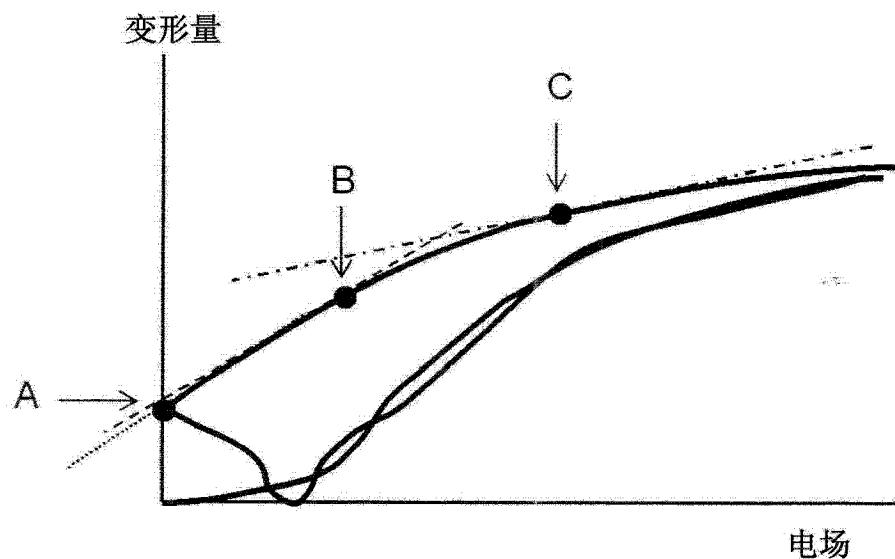


图 6B

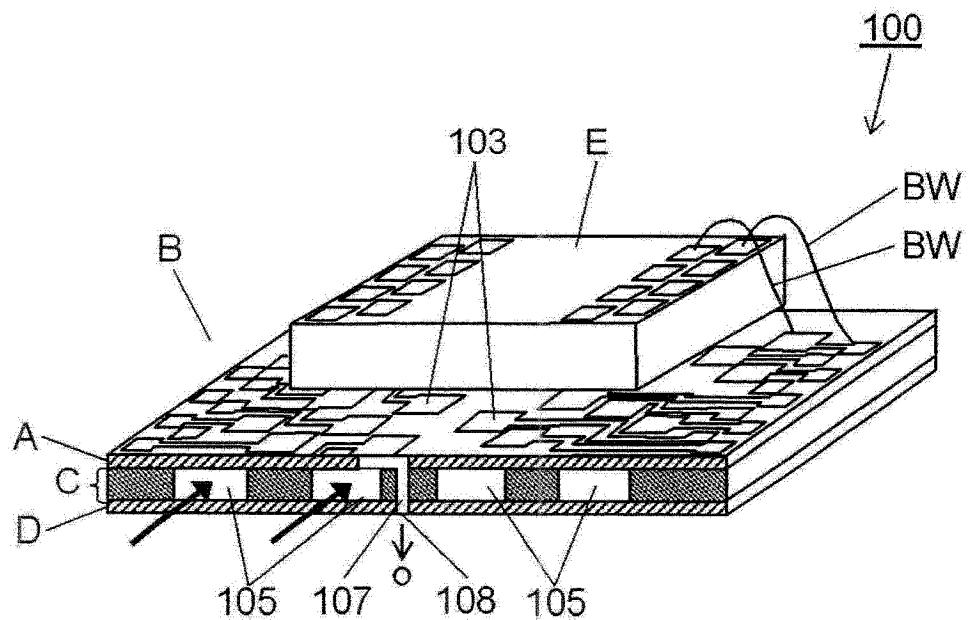


图 7

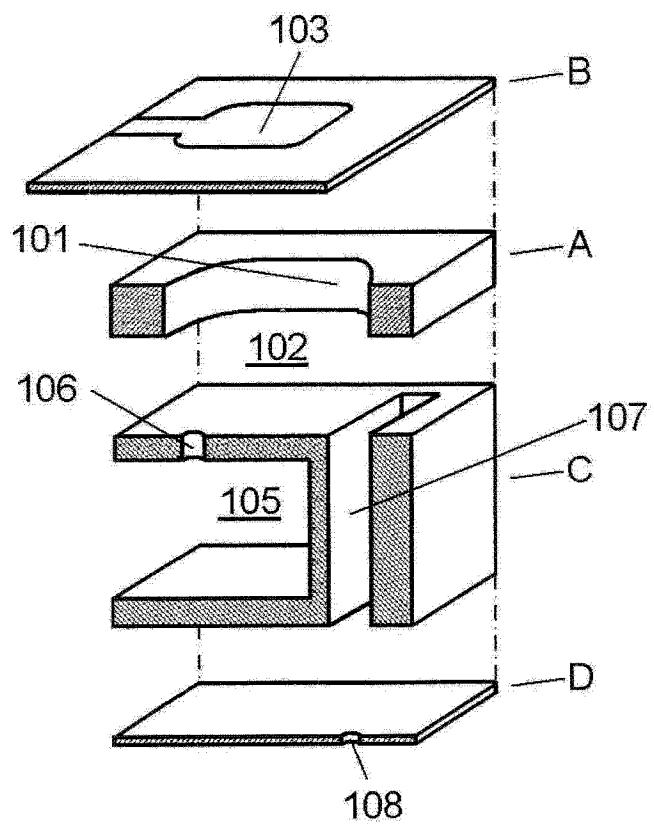


图 8

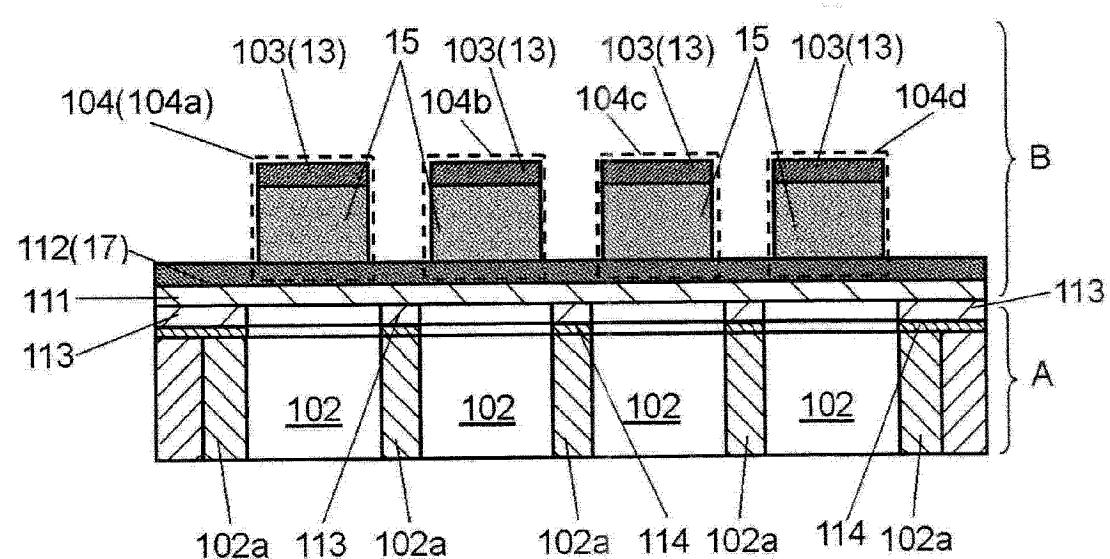


图 9

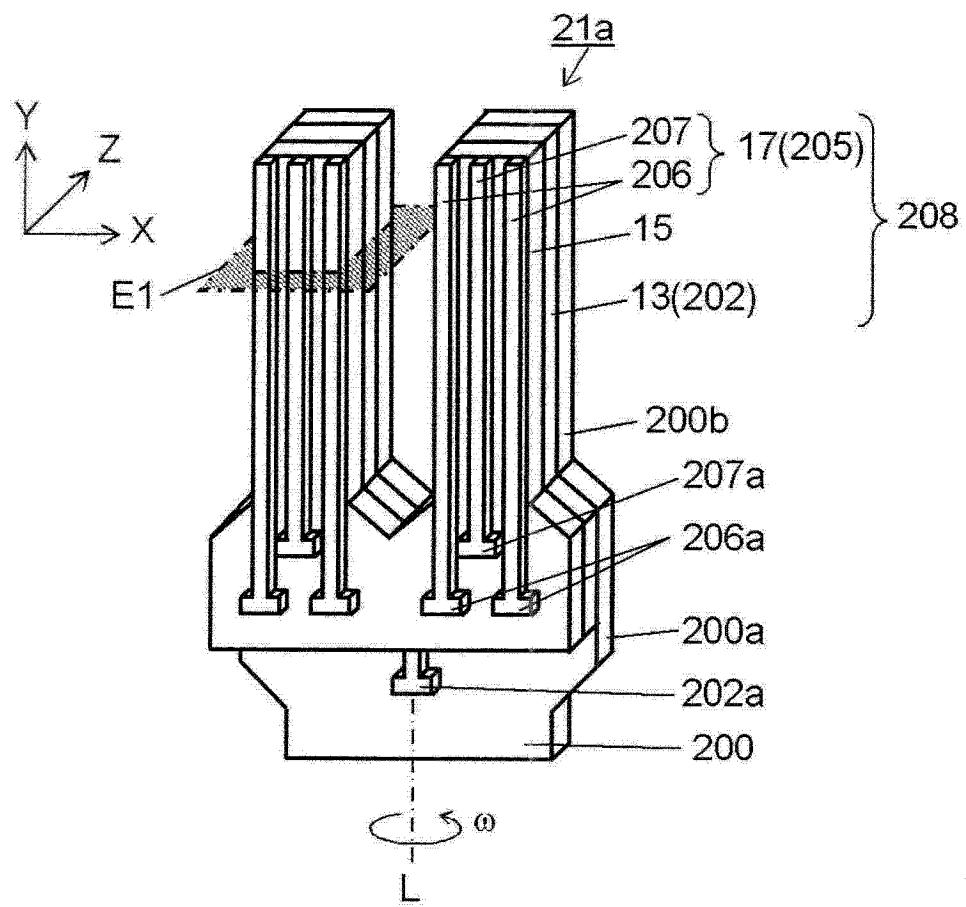


图 10

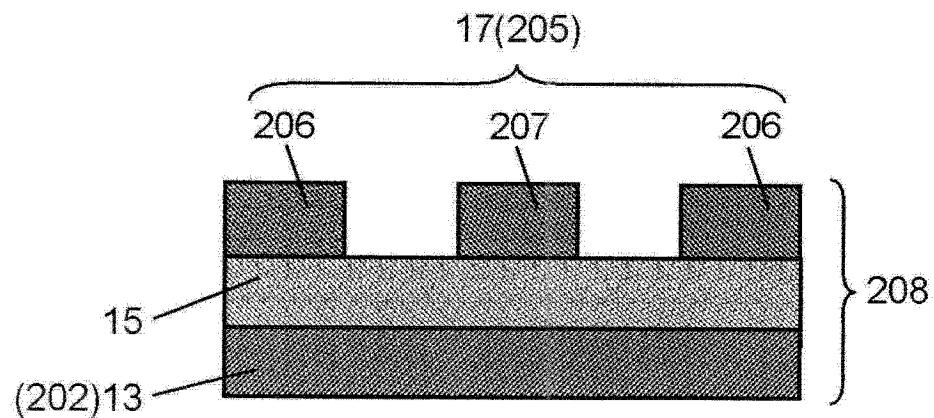


图 11

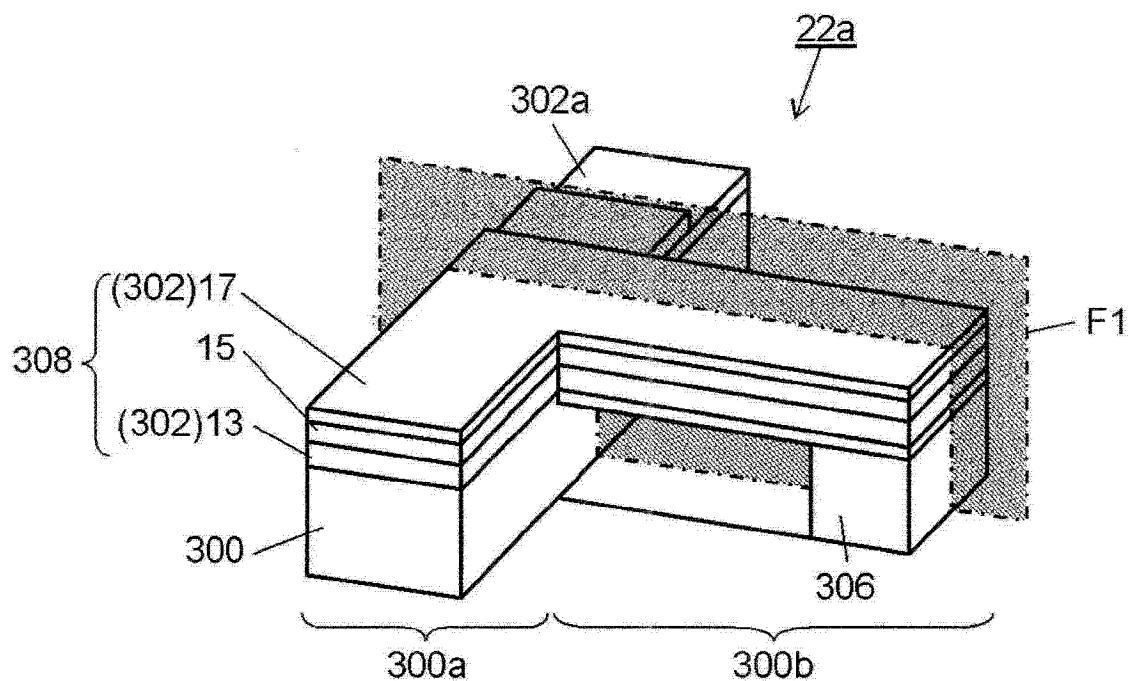


图 12

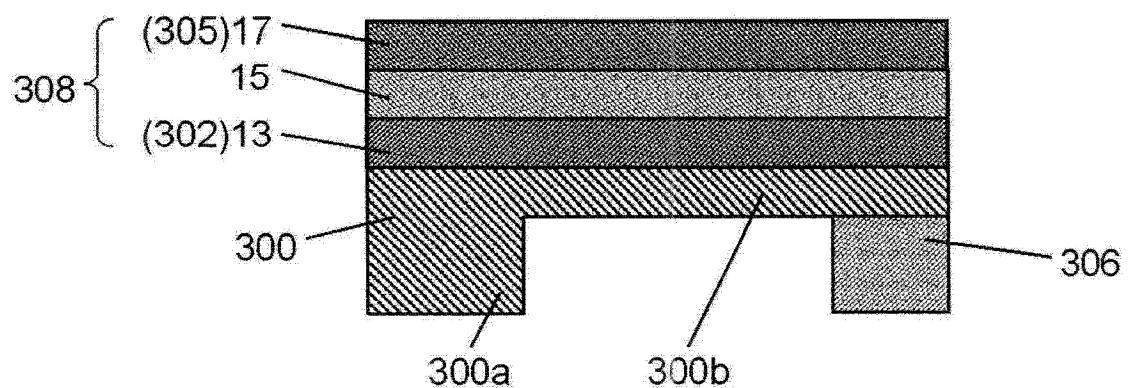


图 13