



(21) 申请号 201980076704.8

(22) 申请日 2019.11.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113165865 A

(43) 申请公布日 2021.07.23

(30) 优先权数据
2018-231681 2018.12.11 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.05.20

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/046052 2019.11.26

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/121796 JA 2020.06.18

(73) 专利权人 国立研究开发法人产业技术综合
研究所
地址 日本东京都

(72) 发明人 上原雅人 山田浩志 秋山守人
安格拉尼·斯里·阿育 平田研二

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
专利代理师 金鲜英 钟晶

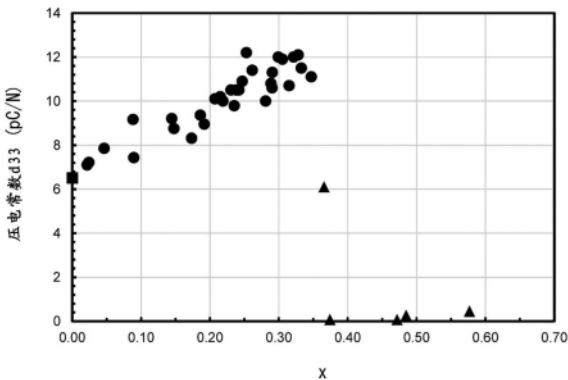
(51) Int.Cl.
B81B 3/00 (2006.01)
H10N 30/20 (2023.01)
H10N 30/30 (2023.01)
H10N 30/853 (2023.01)

(56) 对比文件
CN 104868871 A, 2015.08.26
CN 107403730 A, 2017.11.28
CN 107403731 A, 2017.11.28
CN 1706007 A, 2005.12.07
CN 1838443 A, 2006.09.27
JP 2007013096 A, 2007.01.18
US 2004135144 A1, 2004.07.15
US 2017263847 A1, 2017.09.14
审查员 薛蕾

权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称
压电体以及使用其的MEMS器件

(57) 摘要
本发明的课题在于,提供与未添加镱的氮化铝的压电体相比具有高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加了镱的氮化铝的压电体和使用其的MEMS器件。本发明的解决方法在于,由化学式 $Al_{1-x}Yb_xN$ 表示, x 的值处于大于0且小于0.37的范围,且晶格常数比 c/a 处于1.53以上且小于1.6的范围。这样的压电体具有比未添加镱的氮化铝的压电体高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 。



1.一种氮化物材料,其特征在于,由化学式 $\text{Al}_{1-x}\text{Yb}_x\text{N}$ 表示,x的值处于大于0且小于0.37的范围,且晶格常数比 c/a 处于1.53以上且小于1.6的范围,

其中,晶格常数比 c/a 是指作为纤锌矿型六方晶系晶格的单位晶格的长边 c 的长度除以短边 a 的长度时的值。

2.根据权利要求1所述的氮化物材料,其特征在于,x的值处于大于0.27且小于0.37的范围。

3. 根据权利要求2所述的氮化物材料, 其特征在于, 晶格常数比 c/a 处于1.53以上且1.555以下的范围。

4. 根据权利要求1所述的氮化物材料,其特征在于,x的值处于大于0且小于0.1的范围。

5.根据权利要求4所述的氮化物材料,其特征在于,晶格常数比 c/a 处于1.57以上且小于1.6的范围。

6. 一种压电体薄膜, 其由权利要求1~5中任一项所述的氮化物材料构成。

7.一种压电体,其特征在于,在基板上设置有权利要求6所述的压电体薄膜,在所述压电体薄膜与所述基板之间设置有至少1层的中间层。

8.根据权利要求7所述的压电体,其特征在于,所述中间层包含氮化铝、氮化镓、氮化铟、氮化钛、氮化钪、氮化镱、钼、钨、铅、钛、钆、氧化钆、铬、氮化铬、铂、金、银、铜、铝、钽、铌、钇和镍中的至少1种。

9. 根据权利要求7或8所述的压电体,其特征在于,在所述中间层与所述压电体薄膜之间还设置有扩散层,所述扩散层包含构成所述中间层的物质和构成所述压电体薄膜的物质。

10. 一种MEMS器件,其使用权利要求6所述的压电体薄膜或权利要求7~9中任一项所述的压电体。

压电体以及使用其的MEMS器件

技术领域

[0001] 本发明涉及添加了镱的氮化铝的压电体以及使用了该压电体的MEMS器件。

背景技术

[0002] 利用压电现象的器件在广泛的领域中使用,在强烈要求小型化和省电化的便携电话等便携用设备中,其使用正在扩大。作为其一例,有使用薄膜体声波谐振器(Film Bulk Acoustic Resonator;FBAR)的FBAR滤波器。

[0003] FBAR滤波器是基于使用了显示压电响应性的薄膜的厚度纵向振动模式的谐振器的滤波器,具有能够进行吉赫频带中的谐振的特性。具有这样的特性的FBAR滤波器为低损耗,并且能够在宽频带中工作,因此期待有助于便携用设备的进一步的高频对应化、小型化以及省电化。

[0004] 作为用于这样的FBAR的压电体薄膜的压电体材料,例如可举出添加了钪的氮化铝(参照专利文献1)、添加了镱的氮化铝(参照专利文献2和3)等。特别是添加了钪的氮化铝具有高压电常数,被期待用于下一代的高频滤波器。另外,期待用于压力传感器、加速度传感器、陀螺仪传感器等物理传感器、致动器、麦克风、指纹认证传感器、振动发电机等各种MEMS(micro electro mechanical system:微机电系统)设备。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开2009-10926号公报

[0008] 专利文献2:日本特开2017-201050号公报

[0009] 专利文献3:美国专利申请公开第2017/0263847号说明书

[0010] 非专利文献1:田中荣治著,“与下一代传感器关联地复习振动致动器的基础”,下一代传感器,一般社团法人下一代传感器协商会,2012年,22卷,2号,pp.14-17

发明内容

[0011] 发明所要解决的课题

[0012] 然而,钪(Sc)是昂贵的稀土类元素,由添加了钪的氮化铝(AlN)构成的压电体与由其他物质构成的压电体相比,存在制造成本变高的问题。

[0013] 另一方面,代替钪而添加有镱(Yb)的氮化铝($\text{Al}_{1-x}\text{Yb}_x\text{N}$, $0 < x < 1$)与添加有钪的氮化铝相比,通常制造成本较低。但是,在专利文献2中记载了当浓度的值(x)小于0.1时,在未添加镱的氮化铝与添加了镱的氮化铝之间,在机电耦合系数的值上看不到显著的差异。因此,在添加有浓度的值(x)小于0.1的镱的氮化铝中,存在无法制作具有充分的压电效应的压电体的问题。

[0014] 另外,记载了若浓度的值(x)超过0.27,则无法制作添加有镱的氮化铝($\text{Al}_{1-x}\text{Yb}_x\text{N}$),存在无法制作镱的浓度的值(x)高于0.27的压电体的问题。

[0015] 此外,在专利文献2中,仅使用机电耦合系数(k^2)来评价压电体薄膜的性能。但是,

如非专利文献1所记载的那样,必须以与MEMS器件的目的相应的性能指数来进行评价。例如在将压电体薄膜用作致动器、传感器时,需要对表示施加电压时产生的应变的大小的d常数、表示施加压力时产生的电压的g常数等压电常数进行评价。因此,存在不清楚专利文献2所公开的压电体薄膜是否能够实际用作传感器的问题。

[0016] 进而,在专利文献2中,使用在由铝构成的板状的靶上载置有由镱构成的粒状的靶的物体,形成添加有镱的氮化铝薄膜。在此,用于成膜之前的由镱构成的粒状的靶的表面被氧化。在该情况下,在进行成膜之前,即使要将形成于该粒状的靶的表面的氧化膜剥离,由于靶的形状不是板状,因此也无法完全除去该氧化膜,以残留有至少一部分氧化膜的状态用于成膜。该氧化膜对添加有镱的氮化铝薄膜的晶体结构(晶格常数比 c/a 等)造成影响。如果不进行氧化膜的除去,则其影响变得更大。

[0017] 详细内容将会后述,但本发明的发明人明确了实际形成镱的浓度的值(x)超过0.27的压电体,该压电体具有较高的压电常数。由此可知,专利文献2中公开的添加有镱的氮化铝与本发明的添加有镱的氮化铝的晶体结构不同。

[0018] 另外,在专利文献3中公开了如下内容:进行使用了密度泛函理论(DFT)的模拟,在镱的浓度范围为10~60%时,对添加了镱的氮化铝($Al_{1-x}Yb_xN$)施加拉伸应力(200MPa~1.5GPa),由此使压电常数增加。但是,在添加了镱的氮化铝($Al_{1-x}Yb_xN$)中,仅公开了浓度 x 为0.5的氮化铝的压电常数 d_{33} 。而且,该压电常数 d_{33} 是使用模拟结果计算出的。因此,如上述的专利文献2所公开的那样,若考虑添加到氮化铝中的镱的最大浓度 x 为0.27,则存在如下问题:不清楚是否能够实际制作镱以该浓度(0.5)添加的氮化铝($Al_{0.5}Yb_{0.5}N$)的压电体薄膜,或者即使能够制作也不清楚是否具有该压电常数的值。

[0019] 本发明鉴于上述情况,其目的在于提供一种与未添加镱的氮化铝的压电体相比具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加了镱的氮化铝的压电体和使用该压电体的MEMS器件。

[0020] 用于解决课题的方法

[0021] 本发明的发明人对上述问题持续进行了深入研究,结果发现,晶格常数比 c/a 在规定范围内的添加有镱的氮化铝具有高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} ,且发现了如下的划时代的压电体。

[0022] 用于解决上述课题的本发明的第一方式为一种压电体,其特征在于,由化学式 $Al_{1-x}Yb_xN$ 表示, x 的值大于0且小于0.37,且晶格常数比 c/a 处于1.53以上且小于1.6的范围。

[0023] 在此,“压电体”是指具有通过施加力学上的力而产生电位差的性质以及通过赋予电位差而变形的性质,即压电性(压电响应性),的物质。

[0024] 并且,“晶格常数比 c/a ”是指作为纤锌矿型等六方晶系晶格的单位晶格的棱的长度(晶格的边的长度) a 与 c 、长边 c 的长度除以短边 a 的长度时的值(比)。

[0025] 在该第一方式中,能够提供与未添加镱的氮化铝的压电体相比具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加有镱的氮化铝的压电体。

[0026] 需要说明的是, x 为0时成为不含镱的氮化铝, x 为0.37以上时,压电常数 d_{33} 低于不含镱的氮化铝。

[0027] 另外,在晶格常数比 c/a 为1.6以上的情况下,成为比未添加镱的氮化铝的压电常数 d_{33} 低的压电常数 d_{33} ,若晶格常数比 c/a 比1.53小,则成为比不含镱的氮化铝的压电常数 d_{33} 低的压电常数 d_{33} 。

[0028] 本发明的第二方式是第一方式所述的压电体,其特征在于,x的值处于大于0.27且小于0.37的范围。

[0029] 在该第二方式中,能够提供与未添加铟的氮化铝的压电体相比具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加有铟的氮化铝的压电体。

[0030] 本发明的第三方式为第二方式所述的压电体,其特征在于,晶格常数比 c/a 处于1.53以上且1.555以下的范围。

[0031] 在该第三方式中,能够提供与未添加镱的氮化铝的压电体相比具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加有镱的氮化铝的压电体。

[0032] 本发明的第四方式是第一方式所述的压电体,其特征在于,x的值处于大于0且小于0.1的范围。

[0033] 在该第四方式中,能够提供具有比未添加镱的氮化铝的压电体高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加有镱的氮化铝的压电体。

[0034] 本发明的第五方式是第四方式所述的压电体,其特征 在于,晶格常数比 c/a 处于1.57以上且小于1.6的范围。

[0035] 在该第五方式中,能够提供具有与未添加镱的氮化铝的压电体相比具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加有镱的氮化铝的压电体。

[0036] 本发明的第六方式是一种压电体,其特征在于,在基板上设置有第一~第五方式中的任意1项所述的压电体,在压电体与基板之间设置有至少1层中间层。

[0037] 在该第六方式中,由于压电体的结晶性(结晶度)提高,因此能够提供与未添加镓的氮化铝的压电体相比具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加有镓的氮化铝的压电体。

[0038] 本发明的第七方式为第六方式所述的压电体,其特征在于,中间层包含氮化铝、氮化镓、氮化铟、氮化钛、氮化钪、氮化镱、钼、钨、铅、铋、钽、钇、氧化钒、铬、氮化铬、铂、金、银、铜、铝、钼、铌、钯和镍中的至少1种。

[0039] 在该第七方式中,压电体的结晶性(结晶度)进一步提高,因此能够提供与未添加镍的氮化铝的压电体相比具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的压电体。

[0040] 本发明的第八方式为第六或第七方式所述的压电体,其特征在于,在中间层与压电体之间还设置有扩散层,该扩散层包含构成中间层的物质和构成压电体的物质。

[0041] 在该第八方式中,能够得到与第六以及第七方式相同的效果。

[0042] 本发明的第九方式是一种MEMS器件,其使用了第一~第八方式中的任意1个方式所述的压电体。

[0043] 在此,所谓“MEMS器件”,只要是微小电子设备系统就没有特别限定,例如可以举出压力传感器、加速度传感器、陀螺仪传感器等物理传感器、致动器、麦克风、指纹认证传感器、振动发电机等。

[0044] 在该第九方式中,能够提供高频对应化、小型化以及省电化的MEMS器件。特别是在MEMS器件为传感器的情况下,与以往的传感器相比,能够提供低损耗且能够在宽频带中运行的传感器。

附图说明

[0045] [图1]图1是实施方式1的压电体薄膜的概略侧视图。

- [0046] [图2]图2是示出各薄膜中的Yb的浓度、晶格常数比 c/a 、压电常数 d_{33} 的表。
- [0047] [图3]是示出实施方式1的实施例及比较例中的镱的浓度与压电常数 d_{33} 的关系的图表。
- [0048] [图4]是示出实施方式1的实施例及比较例中的晶格常数比 c/a 与压电常数 d_{33} 的关系的图表。
- [0049] [图5]图5是实施方式2的压电体薄膜的概略侧视图。

具体实施方式

[0050] 以下,参照附图,对与本发明的压电体的薄膜相关的实施方式进行说明。另外,本发明并不限于以下的实施方式,当然也可以不是薄膜状。

[0051] (实施方式1)

[0052] 图1是本实施方式的压电体薄膜的概略侧视图。如该图所示,压电体薄膜1形成在基板10上。压电体薄膜的厚度没有特别限定,优选为 $0.1 \sim 30\mu\text{m}$ 的范围, $0.1 \sim 2\mu\text{m}$ 的范围的密合性优异,特别优选。

[0053] 需说明的是,基板10只要能够在其表面上形成压电体薄膜1即可,厚度、材质等没有特别限定。作为基板10,例如可举出硅和铬镍铁合金等耐热合金、聚酰亚胺等树脂膜等。

[0054] 压电体薄膜1由化学式 $\text{Al}_{1-x}\text{Yb}_x\text{N}$ 表示,由 x 的值大于0且小于0.37、且晶格常数比 c/a 处于1.53以上且小于1.6的范围的添加了镱(Yb)的氮化铝构成。这样构成的压电体薄膜与未添加镱的氮化铝的压电体薄膜相比具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 。

[0055] 另外,在上述化学式中,优选 x 的值处于大于0.27且小于0.37的范围。这样构成的压电体薄膜1具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 。

[0056] 进而,在上述化学式中,特别优选 x 的值处于大于0.27且小于0.37的范围,且晶格常数比 c/a 处于1.53以上且1.555以下的范围。这样构成的压电体薄膜1具有特别高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 。

[0057] 另一方面,在上述化学式中,优选 x 的值处于大于0且小于0.1的范围。这样构成的压电体薄膜1即使添加的镱的量少,与未添加镱的氮化铝相比也具有高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 。

[0058] 进而,在上述化学式中,特别优选 x 的值处于大于0且小于0.1的范围,且晶格常数比 c/a 处于1.57以上且小于1.6的范围。这样构成的压电体薄膜1即使添加的镱的量少,也具有充分高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 。

[0059] 而且,使用了这些压电体膜1的传感器为低损耗,并且能够在宽频带中运行。其结果,能够使便携用设备更高频对应、小型化以及省电化。需说明的是,传感器的结构没有特别限定,能够以公知的结构制造。

[0060] 接着,对本实施方式的压电体薄膜的制造方法进行说明。压电体薄膜1与一般的压电体薄膜同样,能够使用溅射法、蒸镀法等制造方法来制造。具体而言,例如可以通过在氮气(N_2)气氛下或氮气(N_2)和氩气(Ar)混合气氛下(气体压力1Pa以下),在基板10(例如硅(Si)基板)上同时对由镱构成的靶和由铝构成的靶进行溅射处理来制造。需要说明的是,也可以使用由以预定的比率含有镱和铝的合金构成的靶。

[0061] (实施例和比较例)

[0062] 使用以下的装置及溅射靶等,在电阻率为 $0.02\Omega\text{cm}$ 的n型硅基板上制作多个厚度 $0.4\sim 1.5\mu\text{m}$ 的添加有铪的氮化铝的压电体薄膜。

[0063] 溅射装置:BC3263(ULVAC公司制)

[0064] 铪的溅射靶材(浓度:99.999%)

[0065] 铝的溅射靶材(浓度:99.999%)

[0066] 气体:氮气(纯度:99.99995%以上)与氩气(纯度:99.9999%以上)的混合气体(混合比40:60)

[0067] 基板加热温度: $300\sim 600^{\circ}\text{C}$

[0068] 成膜实验在以使溅射室内的气压成为 10^{-6} 以下的高真空的方式用真空泵降低后进行。另外,为了避免氧等杂质的混入,在靶安装之后或各成膜实验之前进行靶表面的清洁处理。

[0069] 而且,对于得到的各压电体薄膜,将铪(Yb)的浓度、晶格常数比(c/a)、 d_{33} 、相对介电常数 ϵ_r 和 g_{33} 示于图2中。在此,使用X射线衍射装置(Smart Lab,Rigaku公司制)算出晶格常数比 c/a ,使用压电计(PM300,Piezotest公司制)测定压电常数 d_{33} 及电容。由这些值算出相对介电常数 ϵ_r 、 g_{33} 。需要说明的是,Yb浓度(x)在扫描电子显微镜(日立高新技术制S-4300)内使用EDX装置(能量分散型X射线分光装置、堀场制作所制EX-420),在各试样的5处以上进行测定,采用其平均值。此时,x的误差为 ± 0.003 左右。

[0070] 另外,将示出铪的浓度x与压电常数 d_{33} 的关系的图表示于图3中,将示出晶格常数比(c/a)与压电常数 d_{33} 的关系的图表示于图4中。

[0071] 在此,四边形的标记表示未添加铪的氮化铝,圆形的标记表示实施例,三角形的标记表示比较例。

[0072] 由这些图表可知,上述化学式中的x的值大于0且小于0.37、且晶格常数比 c/a 处于1.53以上且小于1.6的范围的压电体薄膜的压电常数 d_{33} 高于未添加铪的氮化铝的压电体薄膜的压电常数。

[0073] 另外,可知上述化学式中的x的值处于大于0.27且小于0.37的范围、且晶格常数比 c/a 处于1.53以上且1.555以下的范围的压电体薄膜的压电常数 d_{33} 显示特别高的压电常数 d_{33} 。

[0074] 进而,对于x的值处于大于0且小于0.1的范围、且晶格常数比 c/a 处于1.57以上且小于1.6的范围的压电体薄膜的压电常数 d_{33} 而言,即使添加的铪的量少,也显示出充分高的压电常数 d_{33} 。

[0075] (实施方式2)

[0076] 在上述的实施方式1中,在基板上直接制作压电体薄膜,但本发明并不限于此。例如,如图5所示,也可以在基板10与压电体薄膜1A之间设置中间层20。

[0077] 在此,作为中间层20,只要能够在中间层20上形成压电体薄膜1A即可,其材料、厚度等没有特别限定。作为中间层,例如可举出由氮化铝(AlN)、氮化镓(GaN)、氮化铟(InN)、氮化钛(TiN)、氮化钪(ScN)、氮化铪(YbN)、钼(Mo)、钨(W)、铪(Hf)、钛(Ti)、钌(Ru)、氧化钌(RuO_2)、铬(Cr)、氮化铬、铂(Pt)、金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)、铝(Al)、钽(Ta)、铱(Ir)、钯(Pd)及镍(Ni)等构成的厚度 $50\sim 200\text{nm}$ 的层。

[0078] 通过在基板10上设置这样的中间层20,压电体薄膜的结晶性(结晶度)提高,因此

与未添加镱的氮化铝的压电体薄膜相比,能够形成具有更高的压电常数 d_{33} 或 g_{33} 的添加了镱的氮化铝的压电体薄膜。

[0079] (实施方式3)

[0080] 在上述的实施方式2中,在中间层上直接形成压电体薄膜,但本发明并不限于此。例如,也可以在中间层与压电体薄膜之间进一步设置包含构成中间层的物质和构成压电体薄膜的物质的扩散层。需要说明的是,扩散层例如可以通过在中间层上形成压电体薄膜后对其加热而形成。即使这样设置扩散层,也能够得到与实施方式2同样的效果。

[0081] 符号说明

[0082] 1、1A:压电体薄膜,

[0083] 10:基板,

[0084] 20:扩散层。

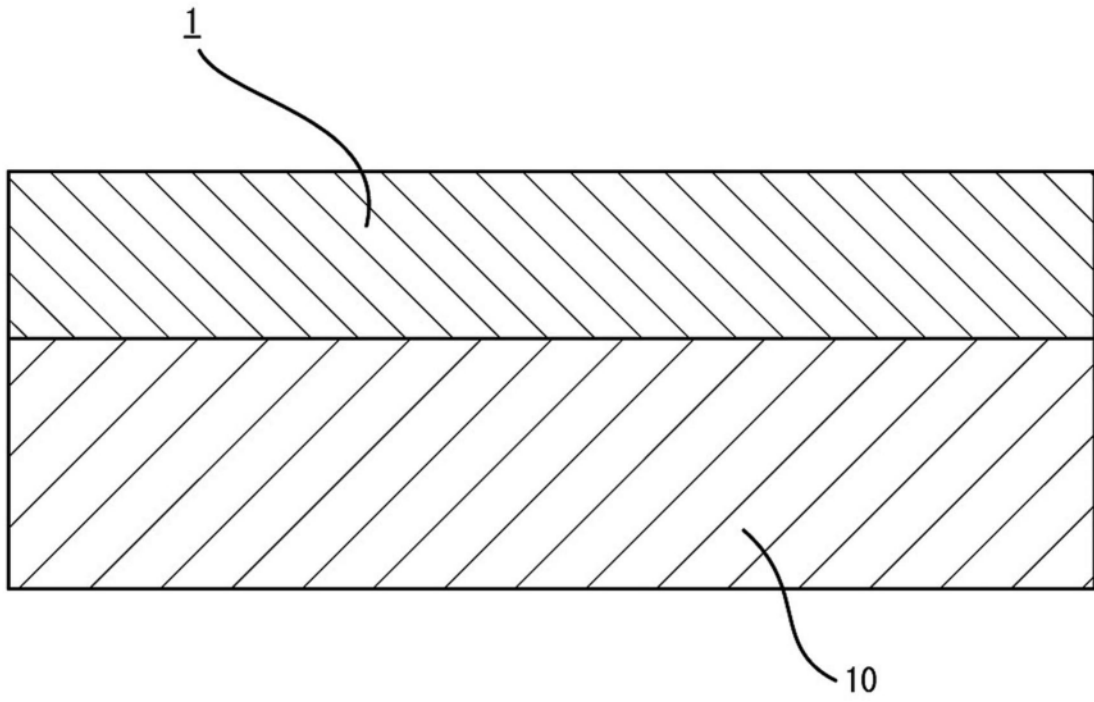


图1

	x (Yb浓度)	c/a	d33 (pC/N)	ϵ_r	g33 ($10^{-3}\text{V} \cdot \text{m/N}$)
比较例1	0.48	1.502	0.3	22.3	1.3
比较例2	0.58	1.496	0.5	39.6	1.3
比较例3	0.47	1.510	0.1	24.6	0.3
实施例1	0.14	1.579	9.2	14.2	73.1
实施例2	0.19	1.561	9.0	14.3	70.8
实施例3	0.02	1.594	7.2	9.6	85.3
实施例4	0.26	1.547	11.4	18.7	68.9
实施例5	0.31	1.536	11.9	18.9	71.0
实施例6	0.29	1.542	10.6	20.0	60.0
实施例7	0.22	1.562	10.0	14.7	76.8
实施例8	0.19	1.571	9.4	15.1	70.2
实施例9	0.24	1.547	9.8	16.0	69.1
实施例10	0.24	1.559	10.5	15.5	76.6
实施例11	0.21	1.561	10.2	15.4	75.0
实施例12	0.15	1.578	8.8	11.8	83.6
实施例13	0.21	1.561	10.1	15.7	72.5
实施例14	0.25	1.548	12.2	13.9	99.2
实施例15	0.09	1.577	9.2	10.1	102.4
实施例16	0.05	1.588	7.9	10.4	85.5
实施例17	0.32	1.535	12.0	19.3	70.3
比较例4	0.37	---	0.1	18.4	0.4
实施例18	0.24	1.549	10.5	17.4	68.3
实施例19	0.30	1.536	12.0	19.2	70.6
实施例20	0.33	1.531	12.1	20.9	65.3
实施例21	0.09	1.578	7.4	10.6	79.1
实施例22	0.17	1.564	8.3	12.4	75.8
比较例5	0.37	1.531	6.1	23.3	29.5
实施例23	0.02	1.590	7.1	8.1	98.7
实施例24	0.25	1.548	10.9	16.6	74.1
实施例25	0.29	1.564	11.3	21.2	60.1
实施例26	0.23	1.564	10.5	18.8	63.0
实施例27	0.33	1.562	11.5	28.4	45.7
实施例28	0.35	1.551	11.1	30.2	41.6
实施例29	0.29	1.571	10.8	24.2	50.4
实施例30	0.31	1.561	10.7	27.3	44.2
实施例31	0.28	1.577	10.0	22.3	50.7
比较例6	0.00	1.601	6.5	10.0	65.0

图2

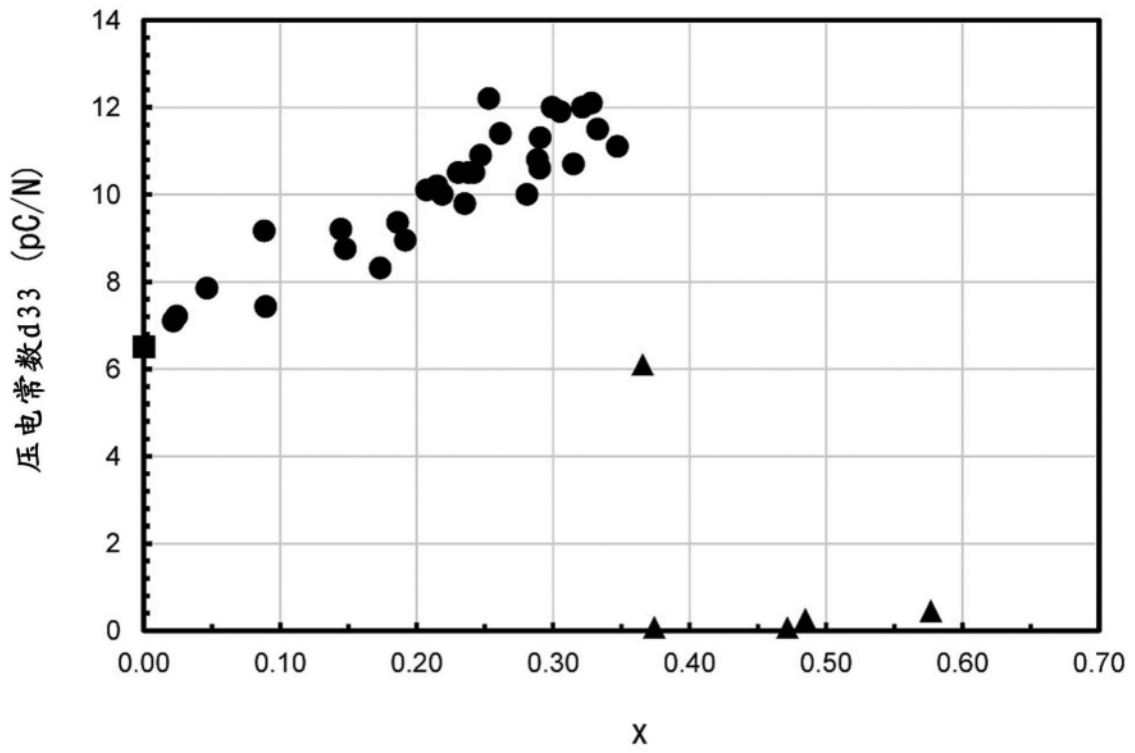


图3

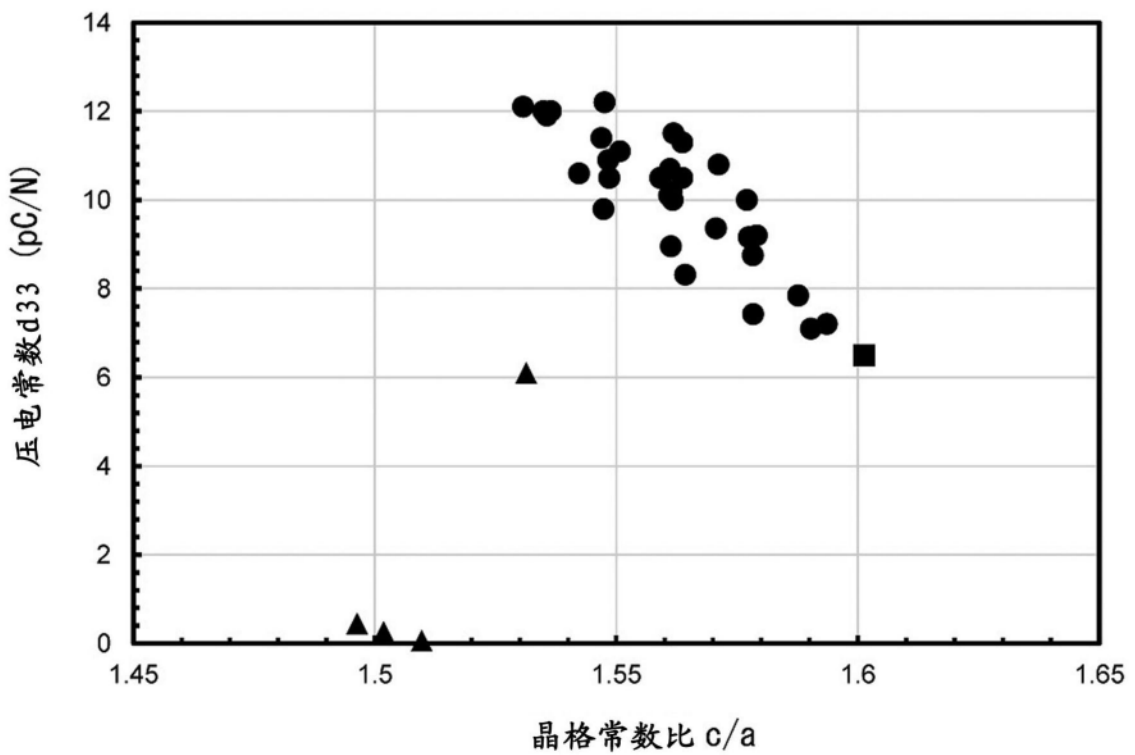


图4

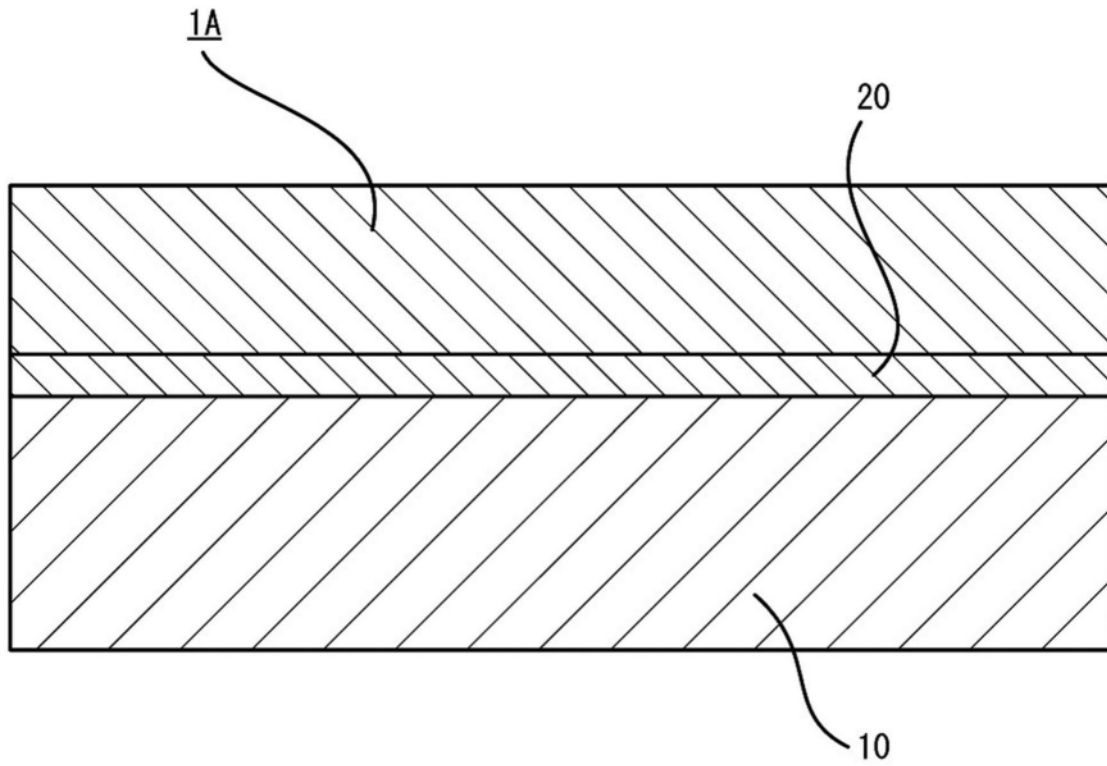


图5