



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120130022 A

(43) 申请公布日 2025. 06. 10

(21) 申请号 202380074958.2
(22) 申请日 2023.10.06
(30) 优先权数据
2022-170049 2022.10.24 JP
(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.04.24
(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/036462 2023.10.06
(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/090171 JA 2024.05.02
(71) 申请人 佳能株式会社
地址 日本东京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72) 发明人 渡边隆之 上林彰

(74) 专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293
专利代理师 迟军 高华丽

(51) Int.Cl.
H02N 2/04 (2006.01)
G02B 7/04 (2021.01)
H10N 30/20 (2023.01)
H10N 30/853 (2023.01)
H10N 30/87 (2023.01)
G03B 30/00 (2021.01)

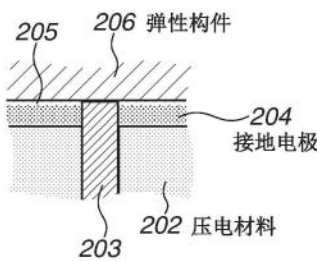
权利要求书2页 说明书14页 附图8页

(54) 发明名称

振动型致动器、光学设备和电子设备

(57) 摘要

本发明提供了一种振动型致动器,其中充分地确保了压电元件和弹性体之间的电接触。为了解决以上问题,解决上述问题的振动致动器的特征在于,构成压电元件的板状的压电材料具有沿压电材料厚度方向贯穿的通孔和填充在通孔中的通孔电极,通孔电极具有从通孔的朝向弹性体开口的第一开口突出的突出部,与通孔电极导通的接地电极配设在压电材料的第一开口侧的表面上,并且通孔电极与弹性体电连接。



1. 一种振动型致动器,其包括:
振动构件,其包括导电的弹性构件和压电元件;
接触构件,其被构造为与弹性构件接触,振动构件和接触构件由于振动构件的振动而相对移动,
其中,压电元件中包括的板状的压电材料具有沿压电材料厚度方向贯穿的通孔,并且包括填充通孔的通孔电极;
其中,通孔电极具有从通孔的开口于弹性构件侧的第一开口部突出的突出部;
其中,在压电材料的第一开口部侧的表面上配设与通孔电极电连接的接地电极,并且
其中,通孔电极与弹性构件电连接。
2. 根据权利要求1所述的振动型致动器,其中,通孔电极从通孔的第一开口部突出10微米以下。
3. 根据权利要求2所述的振动型致动器,其中,接地电极配设在弹性构件与通孔电极之间。
4. 根据权利要求3所述的振动型致动器,其中,非驱动相电极配设在压电材料的与通孔的第一开口部相对的第二开口部一侧的表面上。
5. 根据权利要求4所述的振动型致动器,其中,压电材料是矩形的。
6. 根据权利要求4所述的振动型致动器,其中,弹性构件是矩形的。
7. 根据权利要求4所述的振动型致动器,其中,弹性构件是环形的。
8. 根据权利要求4所述的振动型致动器,其中,在压电元件中配设与非驱动相电极相邻的第一表面电极和第二表面电极,并且当压电材料中的配设有第一电极和第二电极的区域分别为第一区域和第二区域时,振子形成第一区域和第二区域均膨胀或收缩的第一弯曲振动模式,或者在第一区域膨胀或收缩时第二区域收缩或膨胀的第二弯曲振动模式。
9. 根据权利要求4所述的振动型致动器,其中,弹性构件使用粘结材料粘合到配设有接地电极的表面上,并且非驱动相电极中的至少一个经由通孔电极和接地电极电连接到弹性构件。
10. 根据权利要求4所述的振动型致动器,其中,弹性构件是马氏体不锈钢。
11. 根据权利要求9所述的振动型致动器,其中,通孔电极包含铂作为主要成分,并且第一电极、第二电极、接地电极和非驱动相电极包含银作为主要成分。
12. 根据权利要求9所述的振动型致动器,其中,粘结材料是绝缘材料。
13. 根据权利要求2所述的振动型致动器,其中,压电材料中所含的铅含量小于1000ppm。
14. 根据权利要求13所述的振动型致动器,其中,压电材料包含钛酸钡基材料。
15. 根据权利要求14所述的振动型致动器,其中,压电材料包含钛酸钡钙锆。
16. 根据权利要求4所述的振动型致动器,其中,配设在压电元件中的通孔电极的数量为一个。
17. 一种电子设备,其包括:
构件;以及
配设在所述构件上的根据权利要求2所述的振动型致动器。
18. 一种光学设备,其包括:

驱动单元中的根据权利要求2所述的振动型致动器;以及
光学元件和图像传感器中的至少一者。

振动型致动器、光学设备和电子设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括超声波电机的振动型致动器。

背景技术

[0002] 振动型致动器包括振子,其被构造为通过向诸如压电元件的电机能转换元件施加交流电压来激发粘合到压电元件上的弹性构件中的振动。振动型致动器用作超声波电机,其利用在振子中激发的振动的驱动力使与振子压力接触的接触构件和该振子相对移动。

[0003] 专利文献1论述了一种用于振动型致动器的振子的制造方法。在专利文献1的示例中,论述了将弹性构件(在专利文献1中描述为振动板)和馈电构件粘合到压电元件、将弹性构件接地并对压电陶瓷进行极化处理的工序。然而,在使用专利文献1中论述的振子的制造方法制造的振子中,由于压电元件和弹性构件之间的电接触不充分,有时会发生极化故障,并且需要进一步提高振动型致动器的产率。

[0004] 引用列表

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开第2017-184233号公报

发明内容

[0007] 技术问题

[0008] 本申请的发明提供了一种振动型致动器,其中充分地确保了压电元件和弹性构件之间的电接触。

[0009] 解决问题的方案

[0010] 解决上述问题的振动型致动器包括:振动构件,其包括导电的弹性构件和压电元件;接触构件,其被构造为与弹性构件接触,振动构件和接触构件由于振动构件的振动而相对移动,其中,压电元件中包括的板状的压电材料具有沿压电材料厚度方向贯穿的通孔,并且包括填充通孔的通孔电极;其中通孔电极具有从通孔的开口于弹性构件侧的第一开口部突出的突出部;其中在压电材料的第一开口部侧的表面上配设与通孔电极电连接的接地电极,并且其中,通孔电极与弹性构件电连接。

[0011] 本发明的有益效果

[0012] 根据本发明,可以提供一种振动型致动器,其中充分地确保了压电元件和弹性构件之间的电接触。结果,能够进一步提高振动型致动器的产率。

附图说明

[0013] [图1A]图1A是示出使用环形压电材料或矩形压电材料的本发明的振动型致动器的概略结构的侧视图。

[0014] [图1B]图1B是示出使用环形压电材料或矩形压电材料的本发明的振动型致动器的概略结构的透视图。

[0015] [图1C]图1C是示出使用环形压电材料或矩形压电材料的本发明的振动型致动器的概略结构的后视图。

[0016] [图1D]图1D是示出使用环形压电材料或矩形压电材料的本发明的振动型致动器的概略结构的侧视图。

[0017] [图1E]图1E是示出使用环形压电材料或矩形压电材料的本发明的振动型致动器的概略结构的透视图。

[0018] [图1F]图1F是示出使用环形压电材料或矩形压电材料的本发明的振动型致动器的概略结构的后视图。

[0019] [图2A]图2A是示出研磨处理前的压电材料的通孔附近的剖面结构的图。

[0020] [图2B]图2B是示出弹性构件粘合之后的压电材料的通孔附近的剖面结构的图(接地电极厚度<突出量)。

[0021] [图2C]图2C是示出弹性构件粘合之后的压电材料的通孔附近的剖面结构的图(接地电极厚度>突出量)。

[0022] [图2D]图2D是示出比较例的图,该比较例示出了压电材料的通孔附近的剖面结构。

[0023] [图3A]图3A是示出馈电构件粘合表面并示出环形压电元件的概略结构的图。

[0024] [图3B]图3B是示出弹性构件粘合表面并示出环形压电元件的概略结构的图。

[0025] [图4A]图4A是示出馈电构件粘合表面并示出矩形压电元件的概略结构的图。

[0026] [图4B]图4B是示出弹性构件粘合表面并示出矩形压电元件的概略结构的图。

[0027] [图4C]图4C是示出馈电构件粘合表面并示出矩形压电元件的概略结构的图。

[0028] [图4D]图4D是示出弹性构件粘合表面并示出矩形压电元件的概略结构的图。

[0029] [图5A]图5A是示出由包括矩形压电材料的本发明的振子产生的两种振动模式(模式A)的图。

[0030] [图5B]图5B是示出由包括矩形压电材料的本发明的振子产生的两种振动模式(模式B)的图。

[0031] [图6]图6是示出本发明的光学设备的概略结构的图。

具体实施方式

[0032] 本发明的振动型致动器包括:振动构件,该振动构件包括导电的弹性构件和配设在弹性构件上的压电元件;以及与弹性构件接触的接触构件,并且,振动构件和接触构件由于振动构件的振动而彼此相对移动。压电元件中包括的板状压电材料具有沿压电材料厚度方向贯穿的通孔,并包括填充通孔的通孔电极。通孔电极具有从通孔的第一开口部突出的突出部,并且在压电材料的第一开口部侧的表面上配设与通孔电连接的接地电极。另外,通孔电极和弹性构件电连接。

[0033] (振动型致动器)

[0034] 图1A至图1F例示了本发明的振动型致动器的概略结构。

[0035] 在图1A至图1F中例示的振动型致动器中,使用环形压电材料和矩形压电材料。本发明的振动型致动器100包括振子102和接触构件104,在该振子中,依次布置电极101、压电材料102和弹性构件103,该接触构件104与弹性构件103接触。弹性构件103和压电材料102

经由粘合部105粘合。

[0036] 弹性构件103具有突起部106,并且突起部106与接触构件104被构造为压力接触。接触构件104可以是相对于振子110可移动的构件,并且不限于与振子110直接接触的构件,而可以是经由其他构件与振子110间接接触的构件。也就是说,“接触构件”是指与振动构件接触并由于振动构件中产生的振动而相对于振动构件移动的构件。接触构件与振动构件之间的接触不限于在接触构件与振动构件之间不插入其他构件的直接接触。只要接触构件由于振动构件中产生的振动而相对于振动构件移动,接触构件和振动构件之间的接触可以是在接触构件和振动构件之间插入有其他构件的间接接触。“其他构件”不限于独立于接触构件和振动构件的构件(例如,含有烧结体的高摩擦材料)。“其他构件”可以是在接触构件或振动构件上通过电镀或氮化处理形成的表面处理部。

[0037] (压电元件)

[0038] 压电元件中所包括的压电材料102包括不具有晶体取向的压电陶瓷(烧结体)、晶体取向陶瓷和压电单晶。压电材料的厚度被加工成具有落在约0.3至0.5mm范围内的设计值。

[0039] 在压电材料102中配设至少一个沿厚度方向贯穿的通孔和填充该通孔的通孔电极。为了产生对称振动,可以在压电材料中对称地布置通孔,或者可以采用针对一个接地电极仅配设一个通孔的构造,以降低元件的制造成本。

[0040] 为了抑制压电元件中的振动干扰并同时获得足够的导电性,通孔的直径优选在50至200微米的范围内。

[0041] 图2A至图2D例示了本发明的振动型致动器所需的压电材料中配设的通孔的剖面的概略结构。为了使压电元件的表面平坦化并调整通孔电极的突出部的厚度(突出量或高度),对配设有通孔电极的压电材料的表面进行研磨处理。研磨处理后,在通孔的弹性构件侧上开口的第一开口部中形成通孔电极的突出部。

[0042] 由于突出部的突出量,即从压电材料的表面到通孔电极的尖端的高度,随着研磨处理中使用的介质(例如碳化硅)的粒度而变化,因此可以基于介质的粒度来调整突出量。例如,随着介质的粒度变大,突出量变小。图2A示出了这样的状态,其中,填充被配设在压电材料202中的通孔的通孔电极203从在压电元件的弹性构件侧上开口的第一开口部突出,并且以通孔电极203突出与由虚线夹在中间的厚度相对应的量的方式进行研磨处理。图2A示出了进行研磨处理之前的状态,其中高度方向被夸大以示出通孔电极的突出。通过研磨处理,去除了通孔电极203的、两条虚线中的上部虚线上方的部分。

[0043] 通孔电极203的由虚线夹在中间的突出部201的突出量优选为0.5微米以上且小于10微米。当突出部201突出的突出量为10微米以下时,粘合层的厚度可以设置为10微米以下,并且振动型致动器的振动效率可以维持在足够令人满意的状态。另一方面,当突出量为10微米以上时,由于粘合层的厚度大于10微米,因此可以显著地降低振动型致动器的振动效率。此外,弹性构件相对于压电材料表面的倾斜度增大,并且接触构件的移动速度可以随着行进方向而变化。

[0044] 突出量进一步优选为5微米以下。这是因为,当突出量为5微米以下时,粘合层的厚度变成薄于5微米,并且振动型致动器的振动效率可以维持在更令人满意的状态。

[0045] 除了廉价的银以外,银钯和铂也可以用于通孔电极。在压电材料与通孔电极共烧

的情况下,通孔电极材料在压电材料的烧成工序期间中不发生熔融。因此,取决于压电材料的烧成温度来选择通孔电极材料,并且在烧成温度超过1300°C的情况下,使用以铂为主要成分的电极材料。主要成分是指重量百分比浓度为90%以上。也可以在压电材料烧成后,在通孔内形成通孔电极。

[0046] 图2B是示出如下状态的放大的剖面图:在压电材料中配设的通孔被通孔电极203填充之后,在其上进行研磨处理,形成接地电极204,并经由粘合层205将弹性构件206与压电元件粘合。

[0047] 研磨处理后配设的接地电极204与通孔电极203在压电材料的第一开口部侧的表面上接触,并相互电连接。图2B示出了如下情况:接地电极204的厚度小于通孔电极203的突出量,并且通孔电极203与弹性构件206接触并且它们相互电连接。通过经由在压电材料202上配设的接地电极204表面上涂布的粘合层205按压弹性构件206和压电材料202,构成粘合层的材料从接地电极204和弹性构件206之间渗出并被去除。通孔电极的突出部和弹性构件因此直接接触并相互电连接。

[0048] 在接地电极的厚度足够大于突出量的情况下,通孔电极203被接地电极覆盖,并且接地电极在突出部上形成凸部。在本示例性实施例中,如图2C所示,构造可以是这样的:接地电极的凸部与弹性构件接触,并且接地电极与弹性构件电连接。通孔电极的突出量可以用接地电极的凸部的高度来代替。请注意,通过检测通孔电极的突出部的顶部与弹性构件206之间的接地电极的构成元素,可以确认通孔电极被接地电极覆盖。

[0049] 弹性构件103和压电材料102经由粘合层205粘合。粘结剂的类型没有特别限制,但是,优选的是固化时间短并且在高温高湿环境下还稳定的强度极佳的环氧树脂。一般的环氧树脂是绝缘性的。

[0050] 在压电元件不包含突出部的情况下,当为了将接地电极与弹性构件电连接而增加将接地电极与弹性构件粘合的压力时,粘合层的厚度明显变薄,并且粘合层部分消失。因此,弹性构件和压电元件的粘合强度降低,并且在振动型致动器的操作期间中发生剥离,导致操作故障。另一方面,与本示例性实施例不同,当弹性构件与接地电极之间配设粘合层而不配设通孔电极的突出部时,弹性构件与接地电极之间不电连接(图2D)。因此,振动型致动器会因极化故障而发生操作故障,并且产率可能降低。

[0051] 在上述通孔电极203的突出部的周围,根据突出量在接地电极与弹性构件之间配设空隙。该空隙用作用于保持包含绝缘材料的粘结材料的空间,并且通过形成粘合层,可以增加压电元件与弹性构件的粘合强度。通过具有突出部的通孔电极,可以在不牺牲压电元件与弹性构件的粘合强度的情况下获得接地电极与弹性构件之间的电连接。

[0052] 下面将参照图3A和图3B具体地描述使用环形压电材料的环形压电元件的概况。在使用环形压电材料的情况下,压电材料包括沿圆周方向划分的驱动相电极101e和非驱动相电极101f(图3A)。驱动相电极在圆周方向上的长度为驱动频率的波长 λ 的1/2。非驱动相电极在圆周方向上的长度为驱动频率的波长 λ 的1/4。驱动相电极和非驱动相电极的数量根据在环形压电材料中激发的行波的数量而变化。与各驱动相电极相对应的压电材料经过了利用与相邻区域不同的极性的电压的极化处理。

[0053] 在面对电极101e和101f的表面上配设环形接地电极101g(图3B)。与驱动相电极101e配设在相同的表面上的至少一个非驱动相电极经由通孔电极101t与接地电极101g电

连接。

[0054] 在压电材料的同一表面上形成第一电极、第二电极以及经由通孔电极与接地电极电连接的非驱动相电极,由此馈电构件的形状可以具有平面的简单结构。

[0055] 驱动相电极被奇数个非驱动相电极隔开。通过将弹性构件粘合到压电元件上,随后在驱动相电极101e与弹性构件之间施加高电压,对环形压电材料进行极化处理。随后,以使被非驱动相电极隔开的两个驱动相电极组中的各驱动相电极组短路的方式配设第一电极101a和第二电极101b。在低于压电材料的去极化温度的温度下形成第一电极101a和第二电极101b。第一电极101a和第二电极101b用于驱动使用环形压电材料的振动型致动器。

[0056] 下面将参照图4A至图4D来具体描述使用矩形压电材料的矩形压电元件的概况。在图4A和图4B中,配设一个通孔电极。通孔电极在各图中由黑点指示,图4A和图4B中的黑点指示从同一通孔的一个开口部和与该一个开口部相对的另一个开口部可见的通孔电极203的顶部。

[0057] 对于矩形压电元件,在各图中的压电材料102的中心线沿图面的横向绘制的情况下,尽管通孔电极的布置相对于中心线不是线对称的,但是与包括多个通孔电极的压电元件相比,制造成本较低。

[0058] 另一方面,如图4C和图4D所示,为了进一步提高振动构件产生的振动波的振动质量,可以采用通孔电极相对于中心线基本线对称地布置的构造。图4C和图4D示出了配设两个通孔电极的矩形压电元件。通过配设两个通孔电极,电极的布置变为线对称,并且压电元件产生的振动的对称性增强。

[0059] 在矩形压电材料中,配设第一电极101a、第二电极101b和非驱动相电极101f(图4A和图4C)。第一电极101a和第二电极101b经过了利用相同极性的电压的极化处理,并用于驱动使用矩形压电材料的振动型致动器。

[0060] 矩形接地电极101g配设在面对第一电极101a和第二电极101b的表面上。与驱动相电极101a和101b配设在相同表面上的至少一个非驱动相电极101f经由通孔电极101t与接地电极101g电连接(图4B和图4D)。

[0061] 在压电材料表面上形成的表面电极,即通孔电极之外的驱动相电极、非驱动相电极、接地电极、第一电极以及第二电极,均由厚度为0.3至10 μm 的金属膜制成。其材料没有特别限制,但通常使用银、银钯或金。以廉价的银为主要成分的电极是最优选的。当表面电极的厚度小于5微米时,压电元件的振动效率的干扰受到抑制,这是优选的。

[0062] (弹性构件)

[0063] 本发明的弹性构件具有导电性,且与接地电极电连接。因此,在对压电材料进行极化处理时,能够将弹性构件用作电极。在对图3A和图3B所示的环形压电材料进行极化处理的情况下,向驱动相电极101e和非驱动相电极101f中未与接地电极101g电连接的电极施加电压,以使弹性构件接地。在对图4A至图4D所示的矩形压电材料进行极化处理的情况下,向第一电极101a和第二电极101b施加电压,以使弹性构件接地。

[0064] 考虑到作为弹性构件的特性和可加工性,弹性构件103优选由金属制成。可以例示铝、黄铜和不锈钢,作为可用在弹性构件103中的金属。在不锈钢中,马氏体不锈钢是优选的,而SUS420J2是最优选的(室温下的电阻率为55 $\mu\Omega\text{cm}$)。弹性构件具有与接触构件接触的突起部106。在为了提高突起部的耐磨性而对弹性构件进行淬火处理的情况下,通过在真空

中进行淬火处理,可以防止增大电阻的氧化膜的形成。经过了真空淬火处理的SUS420J2具有高硬度,并且适合于本发明的通过与弹性构件的摩擦来驱动接触构件的振动型致动器。

[0065] 当与矩形压电材料粘合的弹性构件的厚度在0.2至0.35mm范围内时,弹性构件可兼具刚度和弹性,且易于成型,这是优选的。

[0066] 从刚性的观点来看,接触构件104优选由不锈钢制成。在不锈钢中,马氏体不锈钢是优选的,而SUS420J2是最优选的。由于接触构件104与弹性构件103摩擦接触,所以接触构件104需要具有高耐磨性,并且对表面进行氮化处理。通过压力接触产生摩擦力作用在突起部106与接触构件104之间。由于压电材料102产生的振动,突起部106的尖端椭圆振动,并且能够产生用于驱动接触构件104的驱动力(推力)。接触构件是通常称为滑块或转子的构件。

[0067] (使用环形压电材料的振动型致动器的驱动)

[0068] 在环形压电元件中,由于与驱动相电极接触的相邻压电材料以不同的极性被极化,所以当对驱动相电极101e施加相同极性的电场时,该区域内的压电材料的膨胀和收缩极性以 $\lambda/2$ 的间距交替反转。当对第一电极101a施加交流电压时,在振子的整个圆周周围产生波长为 λ 的第一驻波。当对第二电极101b施加交流电压时,类似地产生第二驻波,但波的位置相对于第一驻波在圆周方向上旋转移动了 $\lambda/4$ 。另一方面,对第一电极和第二电极施加频率相同且时间相位差为 $\pi/2$ 的两种交流电压。由于第一驻波和第二驻波组合,所以在振子中产生沿整个圆周在圆周方向上行进的弯曲振动(振幅垂直于振子表面的振动)的行波(沿环形环的波数为n,波长为 λ)。

[0069] 当产生弯曲振动的行波(以下有时简称为“弯曲振动波”)时,振子中所包括的振动板的表面上的各点都会进行椭圆运动。因此,与该表面接触的移动物体通过受到来自振动板的圆周方向的摩擦力(驱动力)而旋转。通过切换施加到第一电极和第二电极的交流电压之间的相位差的正负,可以反转其旋转方向。另外,可以基于施加到第一电极和第二电极的交流电压的频率或振幅来控制旋转速度。

[0070] (使用矩形压电材料的振动型致动器的驱动)

[0071] 图5A和图5B示出由包括矩形压电材料的本发明的振子产生的两种振动模式。配设第一电极和第二电极的区域分别称为第一区域和第二区域。振动型致动器的结构如图1A、图1E和图1F所示。

[0072] *模式A

[0073] 当第一区域和第二区域都膨胀或收缩时,产生第一弯曲振动模式(模式A)。当施加到第一电极101a和第二电极101b的交流电压 V_A 和 V_B 之间的相位差为 0° 且频率在模式A的共振频率附近时,模式A被激发得最强烈。模式A是一阶面外振动模式,在该模式中两个节点(振幅最小的位置)大致平行于振子110的长边出现。弹性构件的突起部106布置在与模式A的波腹(振幅最大的位置)相对应的位置附近。因此,各突起部106的端面通过振动模式A沿Z方向往复运动。

[0074] *模式B

[0075] 当第二区域在第一区域膨胀或收缩时收缩或膨胀时,产生第二弯曲振动模式(模式B)。当施加到第一电极101a和第二电极101b的交流电压 V_A 和 V_B 之间的相位差为 180° 且频率在模式B的共振频率附近时,模式B被激发得最强烈。模式B是二阶面外振动模式,在该模式中三个节点大致平行于振子110的短边出现。弹性构件的突起部106布置在与模式B的节

点相对应的位置附近。因此,各突起部106的端面通过振动模式B沿X方向往复运动。

[0076] 在包括矩形压电元件的振动型致动器100中,当交流电压 V_A 和 V_B 之间的相位差为0至 $\pm 180^\circ$ 时,同时激发模式A和模式B,并在弹性构件的突起部106中激发椭圆振动。

[0077] 振子由配设在从矩形形状的矩形部108的端部突出的支撑部107上的嵌合孔支撑。为了使振子小型化,可以省略支撑部107,而保持弹性构件的矩形部108。

[0078] (压电材料的组成)

[0079] 压电材料中所含的铅含量优选小于1000ppm。

[0080] 尤其是,从高压电常数和相对易于制造的角度来看,压电材料的主要成分优选为钛酸钡基材料。这里,钛酸钡基材料包括钛酸钡(BaTiO_3)、钛酸钡钙($(\text{Ba}, \text{Ca})\text{TiO}_3$)、锆钛酸钡($(\text{Ba}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$)和钛酸钡钙锆($(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$)。钛酸钡基材料还包括诸如铌酸钠-钛酸钡($\text{NaNbO}_3\text{-BaTiO}_3$)、钛酸铋钠-钛酸钡($(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$)和钛酸铋钾-钛酸钡($(\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$)的组合物。然后,压电材料是指以这样的组合物为主要成分的材料。在这些材料中,从实现压电材料的压电常数和机械品质因数的角度来看,以下材料是优选的。更具体地,优选含有钛酸钡钙锆($(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$)或铌酸钠-钛酸钡($(1-x)\text{NaNbO}_{3-x}\text{BaTiO}_3$, $x=0.1$ 至 0.15)作为主要成分。作为除主要成分以外的元素,优选含有锰或铋。主要成分是指材料重量百分比为90%以上的情况。

[0081] 此外,压电材料中的铅含量优选为1000ppm以下,环境负荷小。通常,含铅的锆钛酸铅($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$)被广泛用于压电设备。因此,已经指出,有可能例如,当压电元件被丢弃并暴露于酸雨中或留在恶劣环境中时,传统压电材料中的铅成分可能会溶解到土壤中并危害生态系统。因此,本发明的压电材料优选是铅含量小于1000ppm的钛酸钡基压电材料。铅含量可以通过例如ICP发射光谱法来测量。

[0082] 压电材料的主要成分优选为钛酸钡钙锆(以下称为BCTZ)。当BCTZ为主要成分时,通过调整Ca或Zr的量,可以根据预期用途调整BCTZ的压电性。还可以减少昂贵的铋的使用量。

[0083] 优选的是,压电材料为包含Mn和具有包含Ba、Ca、Ti和Zr的钙钛矿型结构的氧化物的压电材料,其中,表示Ca与Ba和Ca之和的摩尔比的 x 为 $0.02 \leq x \leq 0.30$,表示Zr与Ti和Zr之和的摩尔比的 y 为 $0.020 \leq y \leq 0.095$ 且 $y \leq x$,表示Ba和Ca的摩尔量与Ti和Zr的摩尔量之间的比例的 α 为 $0.9955 \leq \alpha \leq 1.01$,并且,相对于100重量份的氧化物,Mn的含量以金属当量计为0.02重量份以上且1.0重量份以下。

[0084] 这种压电材料可以用下面的通式(1)来表示:

[0085] $(\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x)_\alpha(\text{Ti}_{1-y}\text{Zr}_y)\text{O}_3$ (1)。

[0086] 然而,请注意,优选的是,下式所表示的钙钛矿型金属氧化物为主要成分:

[0087] $0.986 \leq \alpha \leq 1.100$,

[0088] $0.02 \leq x \leq 0.30$, 且

[0089] $0.02 \leq y \leq 0.095$,

[0090] 并且,相对于100重量份的金属氧化物,压电材料中所含的除主要成分以外的金属成分的含量以金属当量计优选为1重量份以下。

[0091] 尤其是,金属氧化物中含有Mn,并且,相对于100重量份的金属氧化物,Mn的含量以金属当量计优选为0.02重量份以上且0.40重量份以下。如果包含该范围内的Mn,则绝缘特

性和机械品质因数 Q_m 会提高。这里,机械品质因数 Q_m 是指示在压电材料作为振子进行评价时由于振动而产生的弹性损失的因子,并且机械品质因数的大小在阻抗测量中被观察为共振曲线的锐度。也就是说,机械品质因数 Q_m 是指示振子共振锐度的常数。当机械品质因数 Q_m 大时,压电材料的应变量在共振频率附近变大,并且压电材料可以被有效地振动。

[0092] 通式(1)所表示的金属氧化物是指位于钙钛矿结构的A位的金属元素为Ba和Ca,位于钙钛矿结构的B位的金属元素为Ti和Zr。然而,一些Ba和Ca可能位于B位。类似地,一些Ti和Zr可能位于A位。

[0093] 通式(1)中的B位处元素与氧元素的摩尔比为1至3。然而,即使摩尔比稍有偏差,但是该金属氧化物也包含在本发明的范围内,只要该金属氧化物具有钙钛矿结构作为主相即可。

[0094] 金属氧化物是否具有钙钛矿结构可以通过例如通过X射线衍射或电子衍射的结构分析来确定。

[0095] 在通式(1)中,指示A位处Ca的摩尔比的 x 在 $0.02 \leq x \leq 0.30$ 的范围内。当在该范围内,钙钛矿型钛酸钡中的一些Ba被Ca取代时,斜方晶体和四方晶体之间的相变温度移至低温侧,并且因此可以在振动型致动器的驱动温度范围内获得稳定的压电振动。然而,当 x 大于0.30时,压电材料的压电常数可能变得不足,并且振动型致动器的性能可能变得不足。另一方面,当 x 小于0.02时,介电损耗($\tan\delta$)可能会增加。当介电损耗增加时,在通过向压电材料施加电压来驱动振动型致动器时产生的热可能会增加,电机驱动效率可能会降低,并且功耗可能会增加。

[0096] 在通式(1)中,指示B位处Zr的摩尔比的 y 在 $0.02 \leq y \leq 0.1$ 的范围内。当 y 大于0.1时, T_d 变成低于 80°C ,这是较低的,并且可使用振动型致动器的温度范围变成低于 80°C ,这不是优选的。

[0097] 在本说明书中, T_d 是指,将压电材料从室温加热到 T_d 并在进行极化处理后经过一周的时间再次冷却到室温后所获得的压电常数,与加热之前所获得的压电常数相比,下降10%以上的温度当中的最低温度。

[0098] 此外,在通式(1)中,表示A位处Ba和Ca的摩尔量与B位处Ti和Zr的摩尔量之比的 α 优选在 $0.9955 \leq \alpha \leq 1.010$ 的范围内。当 α 小于0.9955时,压电材料中所含的晶粒容易发生异常晶粒生长,并且压电材料的机械强度降低。另一方面,当 α 大于1.010时,压电材料不致密化,并且绝缘特性变得非常低。

[0099] 测量压电材料的组成的手段没有特别限制。该手段包括X射线荧光分析、ICP发射光谱法和原子吸收光谱法。无论使用哪种测量手段,都可以计算出压电材料中所含元素的重量比和组成比。

[0100] 指示Mn含量的金属当量涉及通过X射线荧光分析(XRF)、ICP发射光谱法、原子吸收光谱法等,计算从压电材料中测量的Ba、Ca、Ti、Zr以及Mn中各金属的含量。根据这些含量,通式(1)表示的金属氧化物中所含的元素被换算成氧化物当量。以使用MN的重量与设为100的金属氧化物的总重量的比例而获得的值来表示。

[0101] 当Mn含量小于0.02重量份时,驱动振动型致动器所需的极化处理效果可能变得不足。另一方面,当Mn的含量大于0.40重量份时,压电材料的压电特性可能变得不足,或者可能出现不具有压电特性的六方晶体结构的晶体。Mn不限于金属Mn;无论其形式如何,只要Mn

作为Mn成分包含在压电材料中即可。例如,Mn可以溶解在B位,或者可以包含在晶粒边界。从绝缘特性和易于烧结的角度来看,Mn更优选地溶解在B位。

[0102] 压电材料以金属当量计优选含有0.042重量份以上且0.850重量份以下的Bi。

[0103] 相对于100重量份的由通式(1)表示的金属氧化物,压电材料以金属当量计可以含有0.85重量份以下的量的Bi。金属氧化物中的Bi含量可以通过例如ICP发射光谱法测量。Bi可以存在于陶瓷压电材料的晶粒边界处,或者可以溶解在 $(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 的钙钛矿型结构中。当Bi存在于晶粒边界处时,粒子之间的摩擦减小,并且机械品质因数增加。另一方面,当Bi被带入形成钙钛矿结构的固溶体中时,相变温度降低。因此,压电常数的温度依赖性变得更低,并且机械品质因数进一步提高。如果Bi被带入固溶体的位置在A位,则与Mn的电荷平衡得到改善,这是优选的。

[0104] 压电材料可以含有除通式(1)中包含的元素、Mn和Bi之外的成分(下文中称为附加成分),只要特性不变即可。相对于100重量份的由通式(1)表示的金属氧化物,附加成分的总量优选小于1.2重量份。当附加成分超过1.2重量份时,压电材料的压电特性和绝缘特性可能会劣化。 $(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 的居里温度在85°C以上且126°C以下的范围内。

[0105] 本发明的振动型致动器包括与包含压电材料和电极的压电元件粘合的馈电构件。

[0106] 从尺寸精度高、易于定位的角度来看,优选使用柔性印刷电路板(以下称为FPC)作为馈电构件。作为其材料,聚酰亚胺是优选的。FPC和压电元件的粘合方法没有特别限制,但是优选的是使用各向异性导电糊(ACP)或各向异性导电膜(ACF),其键合紧密度高并且电连接可靠性高。通过FPC进行的馈电,可以在不妨碍压电元件振动的情况下馈电。FPC至少与第一电极和第二电极连接,并且可以与非驱动相电极连接。

[0107] (压电元件的制造方法)

[0108] 下面介绍压电元件的制造方法。首先,通过片材成形法将压电材料的原料粉末成形,以制作厚度为30至200微米的生片。接下来,考虑烧成期间的收缩和切割时的切割余量来确定形成通孔的位置,并且通过使用例如直径为150微米的冲头对生片进行冲孔来形成通孔。

[0109] 在通孔中印刷通孔电极用的糊剂。如上所述,选择在烧成处理期间不会熔化的耐热材料作为通孔电极材料。例如,由于上述 $(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 需要至少1300°C的烧成温度,因此对于通孔电极,使用含铂为主要成分的材料。在上述 $\text{NaNbO}_3\text{-BaTiO}_3$ 中,由于烧成温度为1200至1260°C,因此针对通孔电极,使用Ag-Pd(例如0.5Ag-0.5Pd)。

[0110] 在通孔内印刷电极并干燥后,考虑到烧成时的收缩和研磨处理中的切割余量,对所需数量的生片进行层叠并压合。在层叠生片时,对通孔进行定位,以使通孔电极在层叠方向上不会断开。

[0111] 将层叠且压合而形成的构件烧成,并进行研磨处理,以调整压电材料的厚度。通孔电极的突出量随着当时的研磨条件而变化。突出量随着诸如磨料的粒度(晶粒尺寸)、工件的负荷以及表面板的旋转次数的研磨条件而变化,但最主要的还是取决于粒度。粒度越小,突出量越大。

[0112] 对压电材料进行研磨处理后,对表面电极进行印刷和烘烤。将配设有表面电极的压电材料切割成各个元件片。例如,本发明的矩形压电元件的尺寸为9mm×6mm,厚度为0.3至0.45mm。

[0113] (振子的制造方法)

[0114] 作为本发明的振动型致动器中所包括的振子的制造方法,通过以下工序制造该振子。首先,进行在温度T1下使用粘结剂粘合压电元件和弹性构件的工序,以及在温度T2下粘合压电元件和馈电构件的工序。然后,依次进行通过在电极与弹性构件之间施加电压而在温度T3下进行极化处理的工序,从而制造振子。温度T1、T2、T3满足 $T1 > T3$ 和 $T2 > T3$ 的关系。

[0115] 通过使用通孔电极突出的压电元件,可以经由弹性构件向压电材料施加用于极化处理的电压,同时通过在压电元件和弹性构件之间连续插入粘结剂来增强粘合强度。通过这种方法,即使在去极化温度低于粘合温度的压电材料的情况下,也可以以高产率制造振动型致动器。

[0116] (电子设备)

[0117] 本发明的电子设备包括上述振动型致动器、与振动型致动器的接触构件连接的构件以及构件位置检测器(例如,编码器)。电子设备可以通过检测构件的位置并操作振动型致动器直到构件到达目标位置来精确控制构件的位置。

[0118] (光学设备)

[0119] 本发明的光学设备是在驱动单元中包括上述振动型致动器并且还包括光学元件和图像传感器中的至少一者的光学设备。

[0120] 图5A和图5B是示出本发明的光学设备(镜筒设备的聚焦透镜单元)的示例性实施例的示意图。在图5A和图5B中,类似于图1D,包括矩形压电材料的振子110与接触构件(滑块)104压力接触。馈电构件507与包括第一区域和第二区域的表面的这一侧连接。当通过未示出的电压输入单元经由馈电构件507将所需电压施加到振子110时,在未示出的弹性构件的突起部中产生椭圆运动。保持构件501与振子110粘合并且被构造为不产生不必要的振动。移动壳体502通过用螺钉503固定到保持构件501上而与振子110集成。本发明的电子设备由这些构件形成。通过将移动壳体502附接到导向构件504上,本发明的电子设备可以沿着导向构件504在两个方向(向前方向和向后方向)上直线移动。

[0121] 接下来,将描述用作镜筒设备的聚焦透镜的透镜506(光学构件)。透镜506固定在透镜保持构件505上,并且具有与振动型致动器的移动方向平行的光轴(未示出)。与振动型致动器类似,透镜保持构件505通过在下文描述的两个导向构件504上直线移动来进行焦点对准(聚焦操作)。两个导向构件504是通过将移动壳体502和透镜保持构件505相互配合而使移动壳体502和透镜保持构件505能够直线移动的构件。通过这样的构造,移动壳体502和透镜保持构件505可以在导向构件504上直线移动。

[0122] 连结构件510是将振动型致动器产生的驱动力传递至透镜保持构件505且被装配并附接到透镜保持构件505的构件。通过这种构造,透镜保持构件505变为可与移动壳体502一起沿两个导向构件504在两个方向上平滑移动。

[0123] 配设传感器508,以通过读取附接在透镜保持构件505侧面部分的刻度尺509的位置信息,来检测透镜保持构件505在导向构件504上的位置。如上所述,镜筒设备的聚焦透镜单元通过合并上述构件而形成。

[0124] 在以上描述中,将单镜头反光照相机的镜筒设备作为光学设备进行了描述,但是本发明可应用于包括振动型致动器在内的多种光学设备,诸如,镜头和照相机主体集成在一起的紧凑型照相机以及电子静态照相机,而与照相机的类型无关。

[0125] 作为振动型致动器的另一种构造,多个振子可以与一个共用的接触构件接触,并且该接触构件可以被布置为由于多个振子的振动而相对于多个振子相对地移动。

[0126] 作为本发明的振动型致动器的应用示例,考虑应用于医疗领域或工程领域。具体地,还可以构造线驱动致动器,该线驱动致动器包括细长构件、通过细长构件插入并固定在细长构件的一部分上的线、以及驱动该线的上述振动型致动器,其中通过驱动该线而使细长构件弯曲。

[0127] 示例

[0128] 接下来,将使用示例来描述本发明的振动型致动器,但本发明不受以下示例的限制。

[0129] 首先,按照上述压电元件的制造方法,制备通孔电极具有突出部的压电元件。表1指示压电材料研磨处理中使用的介质的粒度与通孔电极的突出量之间的关系。

[0130] [表1]

[0131]	样品编号	压电材料	通孔电极材料	中等粒度	突出量 (μm)
	样品1	(Ba,Ca) (Ti,Zr)O ₃	Pt	4000	1-3
	样品2	(Ba,Ca) (Ti,Zr)O ₃	Pt	2000	3-5
	样品3	(Ba,Ca) (Ti,Zr)O ₃	Pt	1000	5-10
	样品4	NaNbO ₃ -BaTiO ₃	5Ag-5Pd	4000	1-3

[0132] (示例1)

[0133] 具有通孔电极的 (Ba,Ca) (Ti,Zr)O₃ 的环形构件在1340℃下烧成。使用4000粒度的碳化硅粉末调整获得的烧结体,使得压电材料的厚度变成0.5mm。此时,通孔电极的突出量为1至3微米。此外,将内径和外径研磨以形成外径为62×内径为54mm的环形。

[0134] 在成形的压电材料102的一个表面上形成图3A所示的驱动相电极101e和非驱动相电极101f。在连续形成三个非驱动相电极的图3A的示例中,驱动相电极101e和非驱动相电极101f被印刷,使得中间的非驱动相电极和通孔粘合。因此,图3B所示的安装电极101g经由通孔电极101t与非驱动相电极101f其中之一电连接。通过丝网印刷方法形成的表面电极被干燥,然后在600至850℃下进行灼烧处理。灼烧后的银表面电极的厚度为6微米。

[0135] 接下来,将粘结剂涂布在由SUS420J2制成的弹性构件103上,并将弹性构件103与形成有电极的压电材料102压合。使用定位工具将环形压电材料和环形弹性构件以圆心彼此重合的方式布置。接下来,进行热处理以固化导电粘结剂部分。将弹性构件被压合至的压电材料加热至温度T1=160℃,保持180秒,然后冷却至室温,并且将弹性构件与压电元件粘合。弹性构件与环形压电元件的至少一个非驱动相电连接。

[0136] 接下来,将涂布有ACP的FPC热压粘合到在压电材料中配设的电极上。热压粘合条件是温度为T2=140℃并且保持时间为20秒。随后,将作为弹性构件的SUS420J2接地,并通过向相邻的驱动相电极101e交替施加不同极性的电压来进行极化处理。在极化处理中,使与电源连接的多个外部电极与驱动相电极101e和与安装的电极101t电连接且在驱动相电极101f当中的要用作传感器的电极接触。随后,在加热至T3=100℃后,施加相当于2kV/mm的电场30分钟。随后,在维持施加的电场的同时,冷却至40℃持续40分钟,然后结束电压施加。随后,印刷并干燥第一电极101a和第二电极101b以获得振子。在干燥处理中,为防止压电材料的去极化,将压电材料的温度保持在低于80℃的温度。通过使获得的振子与由

SUS420J2制成的接触构件(转子)压力接触来制备振动型致动器。

[0137] (示例2)

[0138] 将配设有通孔电极的(Ba,Ca)(Ti,Zr)O₃的板状构件在1340℃下烧成。通孔电极的组成为铂。使用4000粒度的碳化硅粉末调整获得的烧结体,使得压电材料的厚度变成0.4mm。此时,通孔电极的突出量为1至3微米。将图4A所示的第一电极101a、第二电极101b和非驱动相电极101f印刷在厚度经调整的板状压电材料102的一个表面上,并干燥。接下来,将安装的电极101g印刷在压电材料的相反表面上,并干燥。在600至850℃下灼烧表面电极。灼烧后的银表面电极的厚度为3微米。将接地电极101g经由通孔电极101t与非驱动相电极101t电连接。随后,使用切割设备将形成有表面电极的压电材料切成8.9mm×5.7mm的片,并且获得如图4A所示的矩形压电元件。

[0139] 接下来,将环氧基热固性粘结剂涂布于图1E所示的由SUS420J2制成的弹性构件103上,并将弹性构件103压合到形成有电极的压电材料102上。接下来,进行热处理以固化粘结剂。将弹性构件被压合至的压电材料加热至温度T1=160℃,保持180秒,然后冷却至室温,并且将弹性构件与压电元件粘合。粘合后,将弹性构件电连接至矩形压电元件的非驱动相。

[0140] 接下来,将涂布有ACP的FPC热压粘合于压电材料中配设的非驱动相电极,以制备振子。热压粘合条件是温度为T2=140℃并且保持时间为20秒。随后,将作为弹性构件的SUS420J2接地,并且通过对第一电极101a和第二电极101b施加相同极性的电压来进行极化处理。在极化处理中,使与电源连接的两个外部电极与第一电极101a和第二电极101b接触。随后,在加热至T3=100℃后,施加相当于2kV/mm的电场30分钟。随后,在维持施加的电场的同时,冷却至40℃持续40分钟,然后结束电压施加。通过使所获得的振子与由SUS420J2制成的接触构件(转子)压力接触来制备振动型致动器。

[0141] (示例3)

[0142] 除了在烧结体的研磨中使用2000粒度的碳化硅粉末之外,使用与示例2相同的方法制备振动型致动器。通孔电极的突出量为3至5微米。

[0143] (示例4)

[0144] 除了在烧结体的研磨中使用1000粒度的碳化硅粉末之外,使用与示例2相同的方法制备振动型致动器。通孔电极的突出量为5至10微米。

[0145] (示例5)

[0146] 将配设有通孔电极的0.88NaNbO₃-0.12BaTiO₃的板状构件在1260℃下烧成。通孔电极的组成是5Ag-5Pd,其中银和钯以1:1的摩尔比混合。使用4000粒度的碳化硅粉末调整所获得的烧结体,使得压电材料的厚度变成0.35mm。此时,通孔电极的突出量为1至3微米。在厚度经调整的板状压电材料102的一个表面上印刷图4C所示的第一电极101a和第二电极101b以及图4D所示的非驱动相电极101f,并干燥。接下来,将安装的电极101g印刷在压电材料的相反表面上,并干燥。将表面电极在600至850℃下灼烧。接地电极101g经由通孔电极101t与非驱动相电极101t电连接。随后,使用切割设备将形成有表面电极的压电材料切成8.5mm×5.7mm的片,并且获得如图4C所示的矩形压电元件。

[0147] 接下来,将环氧基热固性粘结剂涂布于图1E所示的由SUS420J2制成的弹性构件103上,并将弹性构件103压合到形成有电极的0.88NaNbO₃-0.12BaTiO₃的压电材料102上。接

下来,进行热处理以固化粘结剂。将弹性构件被压合至的压电材料加热至温度 $T1=160^{\circ}\text{C}$,保持180秒,然后冷却至室温,并且将弹性构件与压电元件粘合。粘合后,将弹性构件与矩形压电元件的非驱动相101f电连接。

[0148] 接下来,将涂布有ACP的FPC热压粘合于压电材料中配设的非驱动相电极,以制备振子。热压粘合条件是温度为 $T2=140^{\circ}\text{C}$ 并且保持时间为20秒。随后,将作为弹性构件的SUS420J2接地,并且通过对第一电极101a和第二电极101b施加相同极性的电压来进行极化处理。在极化处理中,使与电源连接的两个外部电极与第一电极101a和第二电极101b接触。随后,在加热至 $T3=150^{\circ}\text{C}$ 后,施加相当于 2kV/mm 的电场30分钟。随后,在维持施加的电场的同时,冷却至 40°C 持续40分钟,然后结束电压施加。通过使所获得的振子与由SUS420J2制成的接触构件(转子)压力接触来制备振动型致动器。

[0149] (振动型致动器的评价和制造方法及评价)

[0150] 通过针对示例2至示例4中的各个制作5个振动型致动器,并对第一电极和第二电极施加振幅为 120Vpp 的交流电压,来进行驱动测试。此时第一电极与第二电极之间的电压相位差为 -90° 和 90° 。

[0151] 当交流电压的频率从高于振动模式A和振动模式B的共振频率的频率向共振频率扫描时,接触构件沿与交流电压的相位差相对应的方向被驱动,达到最大速度后停止。为方便起见,将相位差为 -90° 和 90° 时的行进方向分别称为向后方向和向前方向。使用传感器测量振子的最大速度和在速度达到最大速度时的频率。根据驱动电路中流动的电流来计算低于最大速度的某个额定速度下的功率(额定功率)。

[0152] 示例2和示例3的振动型致动器的额定功率比示例4的振动型致动器的额定功率低约10%,并且基本上相等。通过进行连续往复运动来评价耐久性性能,并且示例2至示例4的振动型致动器的驱动性能在测试后没有明显劣化。

[0153] (比较例1)

[0154] 制备厚度为约130微米的 $(\text{Ba,Ca})(\text{Ti,Zr})\text{O}_3$ 的生片。使用冲头在生片上形成通孔后,将生片层叠、压合并再在 1340°C 下烧成,而无需印刷通孔电极。使用4000粒度的碳化硅粉末调整所获得的烧结体,使得压电材料的厚度变为0.4毫米。将图4A所示的第一电极101a、第二电极101b和非驱动相电极101f印刷在厚度经调整的板状压电材料102的一个表面上,并干燥。接下来,将安装的电极101g印刷在压电材料的相反表面上,并干燥。通过对表面电极的这些印刷工序,电极填充通孔。将表面电极和通孔电极在 600 至 850°C 下灼烧。通孔电极的突出量为0微米以下。将接地电极101g经由通孔电极101t与非驱动相电极101t电连接。随后,使用切割设备将形成有表面电极的压电材料切成 $8.9\text{mm}\times 5.7\text{mm}$ 的片,并且获得如图4A所示的矩形压电元件。

[0155] 接下来,将环氧基热固性粘结剂涂布于图1E所示的由SUS420J2制成的弹性构件103上,并将弹性构件103压合到形成有电极的压电材料102上。接下来,进行热处理以固化粘结剂。将弹性构件被压合至的压电材料加热至温度 $T1=160^{\circ}\text{C}$,保持180秒,然后冷却至室温,并且使弹性构件与压电元件粘合。粘合后,包括矩形压电元件的非驱动相与弹性构件不电连接的振子。

[0156] (示例6)

[0157] 通过将示例2中制备的振动型致动器机械连接到光学构件来制备图6所示的光学

设备。通过基于提供给包括传感器和刻度尺的编码器的位置信息来控制施加到压电材料的交流电压,可以准确地将振动型致动器和与振动型致动器连接的光学构件驱动到目标位置。在光学设备中,确认光学透镜连接到振动型致动器,并且提供自动对焦功能。

[0158] 在本发明的使用通孔电极具有突出部的压电元件的振动型致动器中,弹性构件与接地电极电连接。因此,在通过将弹性构件接地对压电材料进行极化处理的工艺中不会发生极化故障,并且可以高产率制造振动型致动器。

[0159] 工业实用性

[0160] 本发明的振动型致动器可用于各种用途,诸如驱动摄像装置(光学设备)的透镜或图像传感器、旋转驱动复印机的感光鼓以及驱动平台。虽然在本说明书中描述了单个振动型致动器,但是多个振动型致动器可以呈环状布置,以可旋转地驱动环形接触构件。

[0161] 本发明不限于上述示例性实施例,并且在不脱离本发明的精神和范围的情况下可以进行各种改变和修改。因此,为了公开本发明的范围,附上权利要求书。

[0162] 本申请要求2022年10月24日提交的日本专利申请第2022-170049号的权益,其全部内容通过引用并入本文。

[0163] 附图标记列表

[0164] 100 振动型致动器

[0165] 101 电极

[0166] 101a 第一电极

[0167] 101b 第二电极

[0168] 101e 驱动相电极

[0169] 101f 非驱动相电极

[0170] 101g 接地电极

[0171] 101t 通孔电极

[0172] 102 压电材料

[0173] 103 弹性构件

[0174] 104 接触构件

[0175] 105 导电粘合部

[0176] 106 突起部

[0177] 107 支撑部

[0178] 108 矩形部

[0179] 110 振子

[0180] 201 突出部

[0181] 202 压电材料

[0182] 203 通孔电极

[0183] 204 接地电极

[0184] 205 粘合层

[0185] 206 弹性构件

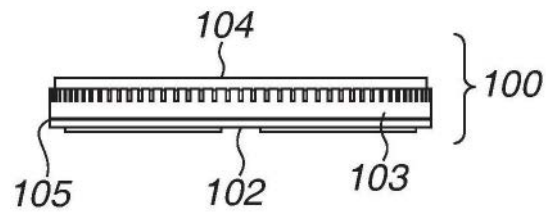


图1A

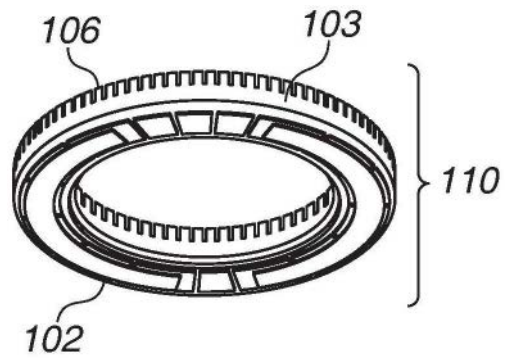


图1B

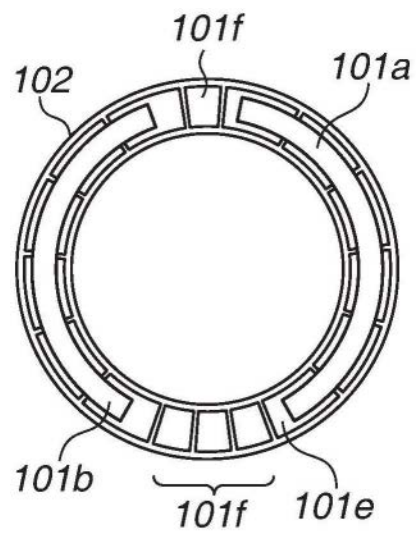


图1C

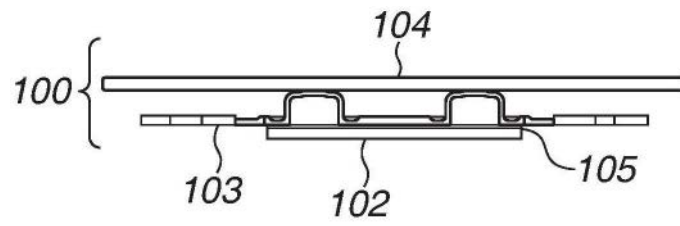


图1D

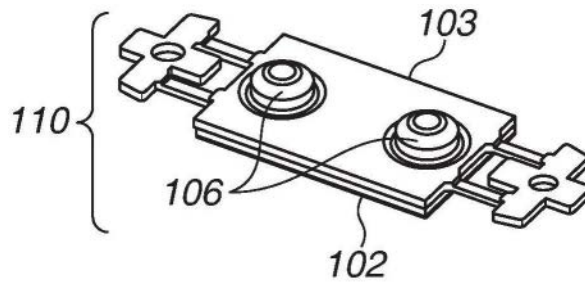


图1E

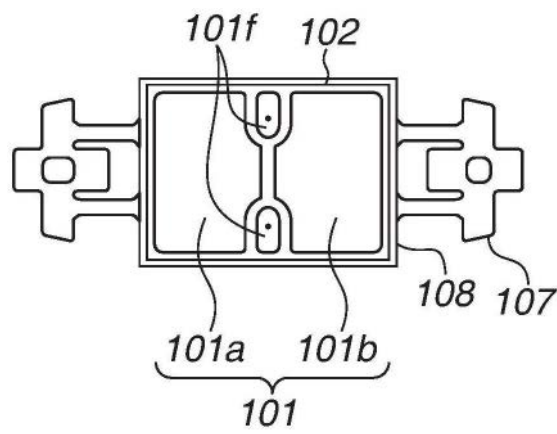


图1F

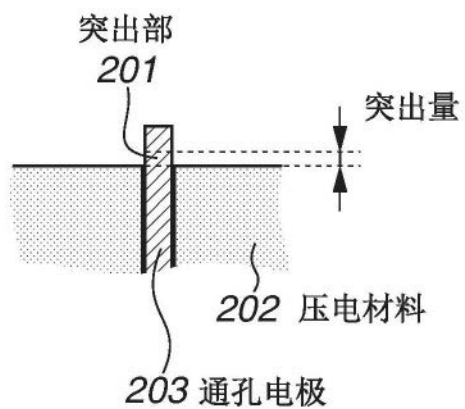


图2A

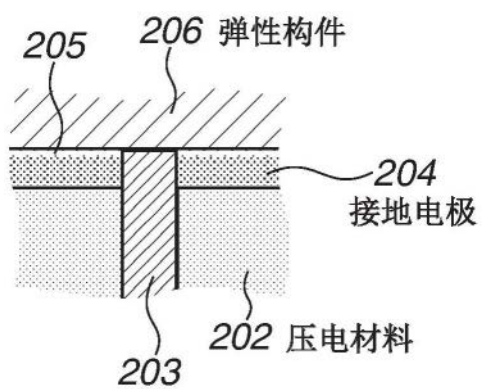


图2B

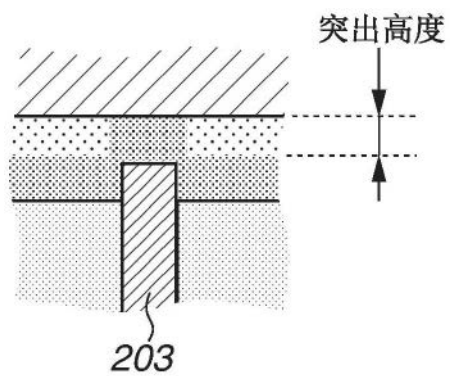


图2C

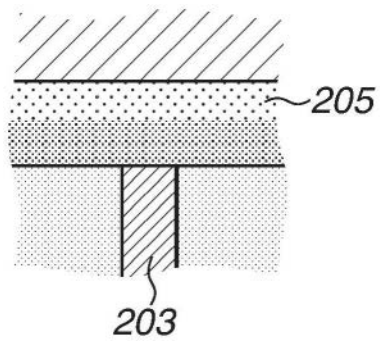


图2D

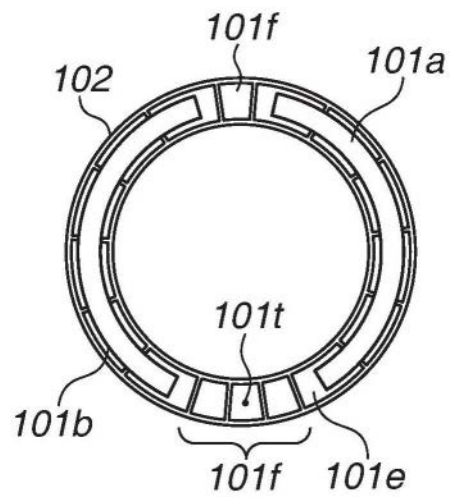


图3A

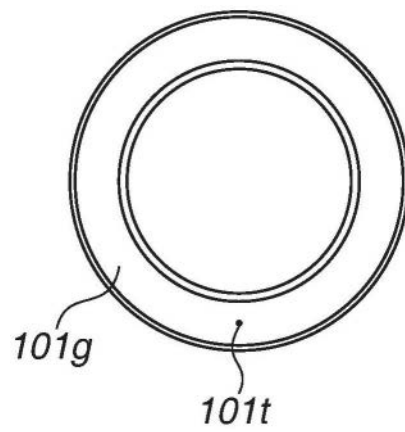


图3B

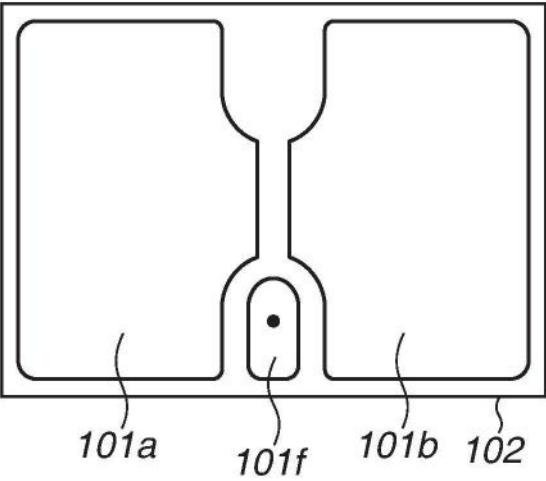


图4A

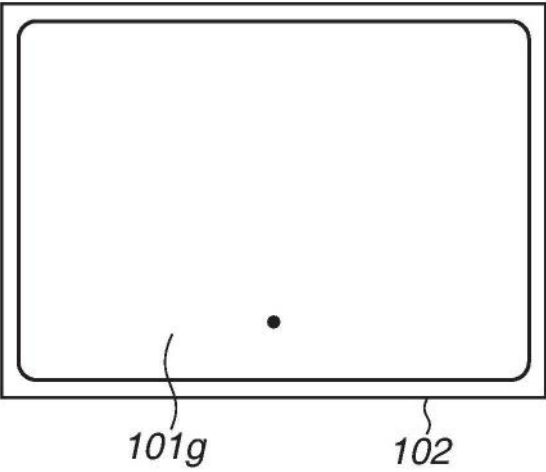


图4B

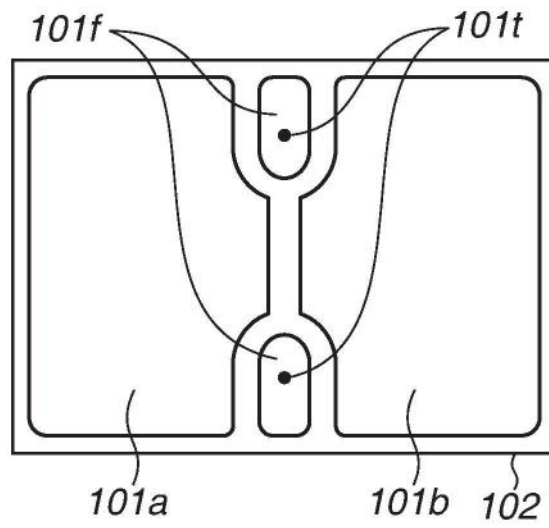


图4C

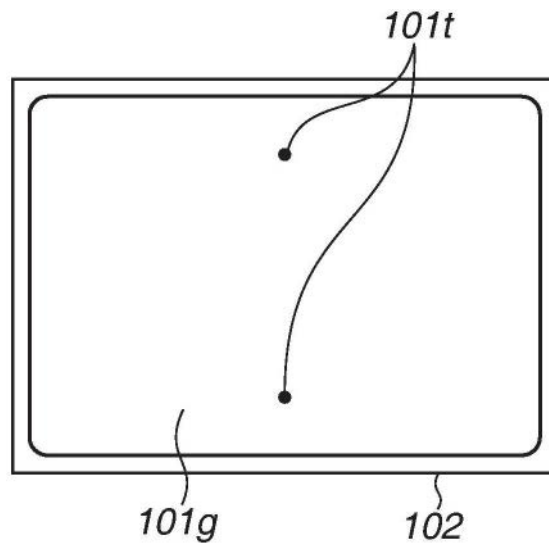
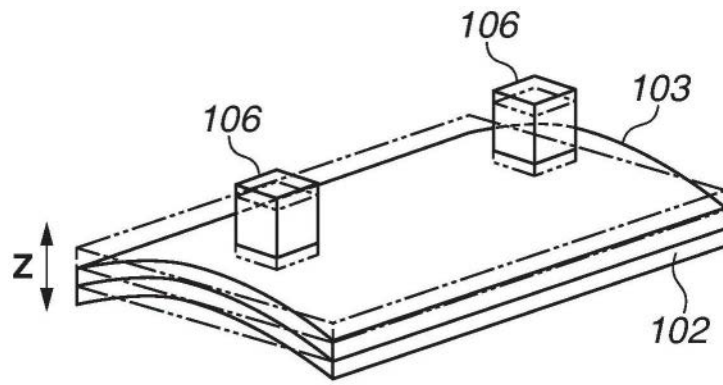
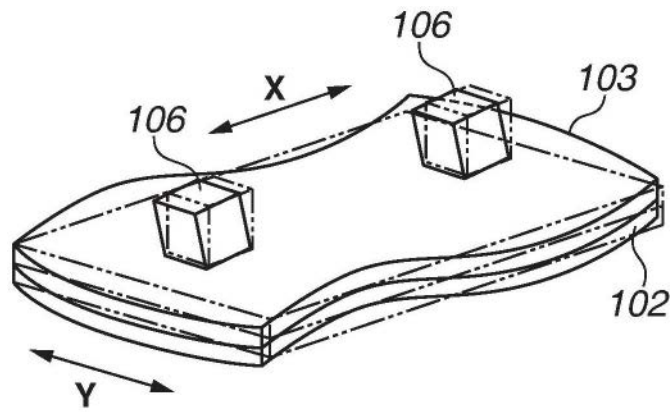


图4D



模式A

图5A



模式B

图5B

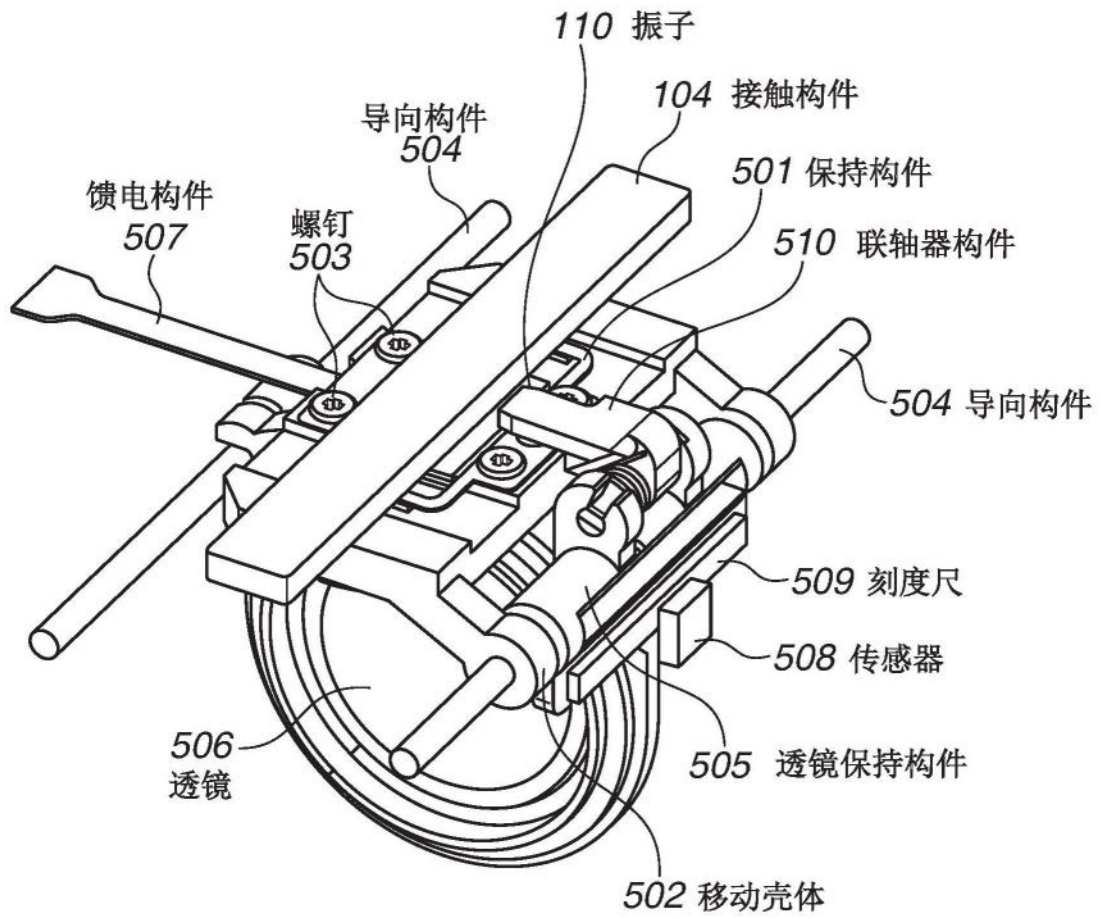


图6