



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113508605 B

(45) 授权公告日 2023.05.09

(21) 申请号 202080018297.8

(73) 专利权人 富士胶片株式会社

(22) 申请日 2020.02.07

地址 日本东京都

(65) 同一申请的已公布的文献号

(72) 发明人 三好哲

申请公布号 CN 113508605 A

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(43) 申请公布日 2021.10.15

专利代理人 褚瑶杨 张志楠

(30) 优先权数据

(51) Int.CI.

2019-041572 2019.03.07 JP

H04R 17/00 (2006.01)

2019-149322 2019.08.16 JP

H10N 30/50 (2023.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H10N 30/85 (2023.01)

2021.09.02

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

KR 20140068121 A, 2014.06.05

PCT/JP2020/004849 2020.02.07

审查员 陈艳萍

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/179353 JA 2020.09.10

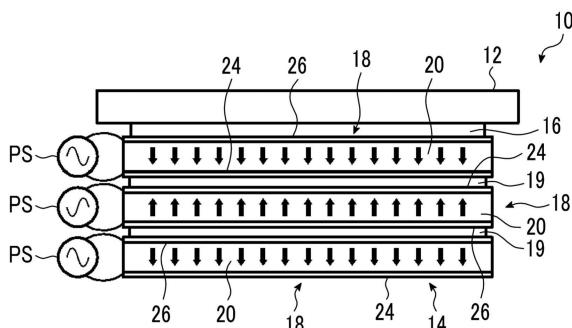
权利要求书1页 说明书25页 附图4页

(54) 发明名称

电声换能器

(57) 摘要

本发明的课题在于提供一种由振动板和激振器构成的具有良好的挠性的电声换能器。本发明通过如下解决课题，即，电声换能器具有振动板和激振器，且基于激振器的动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的损耗角正切在0~50℃的温度范围内的极大值为0.08以上，激振器的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积为振动板的厚度与杨氏模量的乘积的3倍以下。



1. 一种电声换能器，其在振动板的一侧主表面上具备激振器，所述电声换能器的特征在于，

所述激振器的基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的损耗角正切在0~50℃的温度范围内具有极大值，且所述极大值为0.08以上，进而，

所述激振器的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积为所述振动板的厚度与杨氏模量的乘积的3倍以下，

所述激振器的厚度与由动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的储能模量的乘积为所述振动板的厚度与杨氏模量的乘积的0.3倍以上，

所述激振器具备压电薄膜，该压电薄膜具有压电体层及设置在所述压电体层的两个表面上的电极层，

所述压电体层为将压电体粒子分散于包含高分子材料的基体中而成的高分子复合压电体。

2. 根据权利要求1所述的电声换能器，其中，

由所述激振器的动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的损耗角正切小于0.08。

3. 根据权利要求1所述的电声换能器，其中，

所述压电薄膜具有设置在所述电极层的表面上的保护层。

4. 根据权利要求1所述的电声换能器，其中，

所述压电薄膜不具有压电特性的面内各向异性。

5. 根据权利要求1所述的电声换能器，其中，

所述激振器具有层叠2层以上所述压电薄膜而成的层叠体。

6. 根据权利要求5所述的电声换能器，其中，

所述压电薄膜在厚度方向上极化，并且在所述层叠体中，相邻的所述压电薄膜的极化方向相反。

7. 根据权利要求5所述的电声换能器，其中，

所述层叠体通过将所述压电薄膜折叠1次以上来层叠了2层以上所述压电薄膜而成。

8. 根据权利要求5所述的电声换能器，其中，

所述层叠体具有粘贴相邻的所述压电薄膜的粘贴层。

9. 根据权利要求1或2所述的电声换能器，其具有粘贴所述振动板与所述激振器的粘贴层。

电声换能器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种使用激振器的电声换能器。

背景技术

[0002] 通过与各种物品接触并安装来使物品振动并发出声音的所谓激振器(激子)被利用于各种用途。

[0003] 例如,若在办公室,则进行演示及电话会议等时,能够通过在会议用桌子、白板及屏幕等中安装激振器来代替扬声器发出声音。若为汽车等车辆,则能够通过在控制台、A柱及天花板等中安装激振器来发出提示音、警告音及音乐等。并且,在如混合动力汽车及电动汽车那样不发出引擎声的汽车的情况下,能够通过在保险杆等中安装激振器来从保险杆等发出车辆接近通知声。

[0004] 作为在这种激振器中产生振动的可变元件,已知有线圈与磁铁的组合以及偏心马达及线性谐振马达等的振动马达等。

[0005] 这些可变元件难以薄型化。尤其,振动马达存在如下难点,即,为了增加振动力而需要增加质量体且难以进行用于调节振动程度的频率调变而响应速度慢等。

[0006] 另一方面,近年来,例如响应于与具有挠性的显示器对应的要求等,对扬声器也要求挠性。然而,由这种激振器和振动板构成的结构中,难以对应具有挠性的扬声器。

[0007] 也可以考虑,通过在具有挠性的振动板上粘贴具有挠性的激振器来作为具有挠性的扬声器。

[0008] 例如,在专利文献1中,记载有使有机电致发光显示器等具有挠性的显示器与由电极夹住聚偏二氟乙烯(PVDF:Poly Vinylidene Fluoride)等压电膜的具有挠性的扬声器一体化而成的柔性显示器。该具有挠性的扬声器能够定位成将PVDF作为激子(激振器)且将显示器作为振动板来输出声音的激振器型扬声器。

[0009] 以往技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本专利第4960765号公报

发明内容

[0012] 发明要解决的技术课题

[0013] 具有挠性的扬声器预计以各种各样的方式被使用,例如被折叠成两折、为了携带而被卷取、反复进行弯曲和伸展等。并且,也可以考虑,具有挠性的扬声器可以长时间保持被折叠的状态及被卷成圆形的状态等。

[0014] 因此,对应于各种各样的用途及状况等,对具有挠性的扬声器要求非常高的挠性。然而,目前,还未实现对应于各种各样的用途及状况等,具有充分的挠性(柔韧性)的扬声器。

[0015] 本发明的目的在于解决这种现有技术的问题点,且为提供一种具有振动板和激振

器并能够应对各种各样的用途及状况等的具有高挠性的电声换能器。

[0016] 用于解决技术课题的手段

[0017] 为了实现这种目的,本发明具有以下结构。

[0018] [1]一种电声换能器,其在振动板的一侧主表面上具备激振器,该电声换能器的特征在于,

[0019] 基于激振器的动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的损耗角正切在0~50℃的温度范围内具有极大值,且极大值为0.08以上,进而,

[0020] 激振器的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积为振动板的厚度与杨氏模量的乘积的3倍以下。

[0021] [2]根据[1]所述的电声换能器,其中,激振器的厚度与根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的储能模量的乘积为振动板的厚度与杨氏模量的乘积的0.3倍以上。

[0022] [3]根据[1]或[2]所述的电声换能器,其中,根据激振器的动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的损耗角正切小于0.08。

[0023] [4]根据[1]至[3]中任一项所述的电声换能器,其中,激振器具备具有压电体层及设置在压电体层的两个表面上的电极层的压电薄膜。

[0024] [5]根据[4]所述的电声换能器,其中,压电体层为将压电体粒子分散于包含高分子材料的基体中而成的高分子复合压电体。

[0025] [6]根据[4]或[5]所述的电声换能器,其中,压电薄膜具有设置在电极层的表面上的保护层。

[0026] [7]根据[4]至[6]中任一项所述的电声换能器,其中,压电薄膜不具有压电特性的面内各向异性。

[0027] [8]根据[4]至[7]中任一项所述的电声换能器,其中,激振器具有层叠2层以上压电薄膜而成的层叠体。

[0028] [9]根据[8]所述的电声换能器,其中,压电薄膜在厚度方向上极化,并且在层叠体中,相邻的压电薄膜的极化方向相反。

[0029] [10]根据[8]或[9]所述的电声换能器,其中,层叠体通过将压电薄膜折叠1次以上来层叠了2层以上压电薄膜而成。

[0030] [11]根据[8]至[10]中任一项所述的电声换能器,其中,层叠体具有粘贴相邻的压电薄膜的粘贴层。

[0031] [12]根据[1]至[11]中任一项所述的电声换能器,其具有粘贴振动板与激振器的粘贴层。

[0032] 发明效果

[0033] 根据这种本发明,能够提供一种具有振动板和激振器并能够应对各种各样的用途及状况等的具有高挠性的电声换能器。

附图说明

[0034] 图1是示意地表示本发明的电声换能器的一例的图。

[0035] 图2是示意地表示构成图1所示的电声换能器的激振器的压电薄膜的一例的图。

- [0036] 图3是用于说明压电薄膜的制作方法的一例的概念图。
- [0037] 图4是用于说明压电薄膜的制作方法的一例的概念图。
- [0038] 图5是用于说明压电薄膜的制作方法的一例的概念图。
- [0039] 图6是用于说明压电薄膜的制作方法的一例的概念图。
- [0040] 图7是用于说明压电薄膜的制作方法的一例的概念图。
- [0041] 图8是示意地表示本发明的电声换能器中所使用的激振器的另一例的图。
- [0042] 图9是示意地表示本发明的电声换能器中所使用的激振器的另一例的图。
- [0043] 图10是用于说明本发明的实施例的概念图。
- [0044] 图11是用于说明本发明的实施例的概念图。

具体实施方式

- [0045] 以下、基于附图所示的优选实施方式,对本发明的电声换能器进行详细说明。
- [0046] 以下所记载的构成要件的说明有时基于本发明的代表性实施方式来进行,但本发明并不限定于这些实施方式。
- [0047] 另外,本说明书中,使用“～”表示的数值范围是指包含记载于“～”的前后的数值作为下限值及上限值的范围。
- [0048] 图1中,示意地示出本发明的电声换能器的一例。
- [0049] 图1所示的电声换能器10具有激振器14及振动板12。在电声换能器10中,激振器14和振动板12通过粘贴层16粘贴。
- [0050] 电声换能器10的激振器14(后述的压电薄膜18)中连接有用于施加驱动电压的电源PS。
- [0051] 关于将在后面进行详细叙述的这种电声换能器10,通过对激振器14(压电薄膜18)施加驱动电压来使激振器14向面方向伸缩。通过该激振器14向面方向的伸缩而振动板12挠曲,其结果,振动板12向厚度方向振动。通过该厚度方向的振动,振动板12发出声音。即,振动板12按照施加于压电薄膜18的电压(驱动电压)的大小来进行振动,从而发出与施加于压电薄膜18的驱动电压相应的声音。
- [0052] 在本发明的电声换能器10中,作为优选方式,振动板12具有挠性。另外,在本发明中,具有挠性是指与通常解释中的具有挠性的含义相同,表示能够弯曲及挠曲,具体而言,表示能够弯曲和伸展而不会产生破坏及损伤。
- [0053] 振动板12优选具有挠性,且若满足与后述的激振器14的关系,则并无限制,能够利用各种片状物(板状物、薄膜)。
- [0054] 作为振动板12的一例,例示出由聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚碳酸酯(PC)、聚苯硫醚(PPS)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚醚酰亚胺(PEI)、聚酰亚胺(PI)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、三乙酰纤维素(TAC)及环状烯烃系树脂等组成的树脂薄膜、由发泡聚苯乙烯、发泡苯乙烯及发泡聚乙烯等组成的发泡塑胶、胶合板、软木板、牛皮等牛皮类、碳板、和纸等各种板纸以及在波纹状板纸的一个表面或两个表面上粘附另一板纸而成的各种纸板材料等。
- [0055] 并且,本发明的电声换能器10中,若具有挠性,则作为振动板12,也能够优选地利用有机电致发光(OLED(Organic Light Emitting Diode))显示器、液晶显示器、微型LED

(Light Emitting Diode:发光二极管)显示器、无机电致发光显示器等显示器件及投影机用屏幕等。

[0056] 在图示例的电声换能器10中,作为优选方式,这种振动板12和激振器14通过粘贴层16粘贴。

[0057] 在本发明中,若粘贴层16能够粘贴振动板12和激振器14,则能够利用各种公知的粘贴层。

[0058] 因此,粘贴层16可以为由贴合时具有流动性而之后成为固态的粘接剂组成的层,也可以为由贴合时为凝胶状(橡胶状)的柔软的固态而之后也保持凝胶状的状态的粘合剂组成的层,还可以为由具有粘接剂与粘合剂这两者的特征的材料组成的层。并且,粘贴层16可以涂布液体等具有流动性的粘贴剂而形成,也可以使用片状粘贴剂而形成。

[0059] 其中,本发明的电声换能器10中,通过使激振器14伸缩来挠曲振动板12并使其振动,从而使其发出声音。因此,本发明的电声换能器10中,优选激振器14的伸缩直接传递至振动板12。若在振动板12与激振器14之间存在如缓和振动的具有粘性的物质,则导致向振动板12的激振器14的伸缩能量的传递效率变低,从而导致降低电声换能器10的驱动效率。

[0060] 若考虑到这一点,则相比由粘合剂组成的粘合剂层,粘贴层16优选为由可获得固态且硬的粘贴层16的粘接剂组成的粘接剂层。作为更优选的粘贴层16,具体而言,可优选地示出由聚酯系粘接剂及苯乙烯·丁二烯橡胶(SBR)系粘接剂等热塑性类型的粘接剂组成的粘贴层。

[0061] 粘接与粘合不同,在要求高粘接温度时有用。并且,热塑性类型的粘接剂兼备“相对低温、短时间及强粘接”,因此优选。

[0062] 粘贴层16的厚度并无限制,只要按照粘贴层16的材料适当设定可获得充分的粘贴力(粘接力、粘合力)的厚度即可。

[0063] 其中,在本发明的电声换能器10中,粘贴层16越薄,越提高传递至振动板12的激振器14的伸缩能量(振动能量)的传递效果,从而能够提高能量效率。并且,若粘贴层16厚且刚性高,则有可能会限制激振器14的伸缩。

[0064] 若考虑到这一点,则粘贴层16优选薄。具体而言,关于粘贴层16的厚度,以粘贴后的厚度计优选为0.1~50μm,更优选0.1~30μm,进一步优选0.1~10μm。

[0065] 另外,在电声换能器10中,粘贴层16作为优选方式而设置,并不是必须的构成要件。

[0066] 因此,电声换能器10可以不具有粘贴层16而使用公知的压接方法、紧固方法及固定方法等来固定振动板12和激振器14。例如,在激振器14为矩形的情况下,可以利用如螺栓及螺帽那样的部件紧固四个角来构成电声换能器,或可以利用如螺栓及螺帽那样的部件紧固四个角和中心部来构成电声换能器。

[0067] 然而,在该情况下,从电源PS施加了驱动电压时,导致相对于振动板12激振器14独立地伸缩,根据情况,仅激振器14挠曲而激振器14的伸缩无法传递至振动板12。如此,在相对于振动板12激振器14独立地伸缩的情况下,导致基于激振器14的振动板12的振动效率降低。有可能导致无法使振动板12充分地振动。

[0068] 若考虑到这一点,则在本发明的电声换能器中,如图示例,优选振动板12和激振器14利用粘贴层16粘贴。

[0069] 如上所述,本发明的电声换能器10具有振动板12及激振器14。如上所述,激振器14用于使振动板12振动而使其输出声音。进而,在本发明中,振动板12及激振器14优选均具有挠性。

[0070] 在图示例的电声换能器10中,激振器14具有如下结构,即,层叠3片压电薄膜18并利用粘贴层19粘贴相邻的压电薄膜18。各压电薄膜18中连接有施加使压电薄膜18伸缩的驱动电压的电源PS。

[0071] 在图示例的激振器14中,压电薄膜18由电极层夹住将压电体粒子分散于包含高分子材料的基体中而成的高分子复合压电体,进而,作为优选方式,由保护层夹住。关于这种压电薄膜18,将在后面进行详细叙述。

[0072] 另外,图1所示的激振器14层叠了3层压电薄膜18而成,但是本发明并不限制于此。即,在本发明的电声换能器10中,激振器也可以仅具有1层压电薄膜18。并且,在发明的电声换能器10中激振器层叠了2层以上压电薄膜18而成的情况下,压电薄膜18的层叠数可以为2层,或者也可以为4层以上。关于这一点,后述的图8所示的激振器56及图9所示的激振器60也相同。

[0073] 在本发明的电声换能器中,激振器14并不限于层叠了压电薄膜18而成的激振器。即,在本发明的电声换能器中,激振器优选具有挠性,并且若满足后述的低频率(1Hz)中的损耗角正切及相对于振动板的弹簧常数的关系,则能够利用各种结构。

[0074] 优选激振器满足后述的高频率(1kHz)中的相对于振动板的弹簧常数的关系及损耗角正切中的一个条件,更优选满足两个条件。

[0075] 作为在满足这种条件的本发明中能够使用的激振器的一例,例示出具有1层或者层叠了2层以上在常温下具有粘弹性的粘弹性基体中由高分子复合压电体等构成的压电体层的两个表面上设置电极的压电薄膜而成的激振器及激子等。

[0076] 另外,以下在压电薄膜18中进行说明的关于压电体层内的极化方向、压电特性的面内各向异性、层叠及粘贴层以及折叠的层叠等,在这些激振器中也相同。

[0077] 在本发明的电声换能器10中,激振器14的基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的损耗角正切($\tan\delta$)在0~50℃的温度范围内具有极大值,并且0~50℃的温度范围内的极大值为0.08以上。进而,关于本发明的电声换能器10,激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量(E')的乘积为振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的3倍以下。

[0078] 优选本发明的电声换能器10的激振器14的厚度与根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的储能模量的乘积为振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的0.3倍以上。

[0079] 并且,更优选在本发明的电声换能器10中,激振器14的根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的损耗角正切小于0.08。

[0080] 本发明的电声换能器10通过具有这种结构,实现了具有优异的挠性且更优选音响特性也优异的电声换能器。

[0081] 在本发明中,关于储能模量(杨氏模量)及损耗角正切的测定(动态粘弹性测定),只要使用动态粘弹性测定仪,并使用公知的方法进行即可。作为动态粘弹性测定仪的一例,例示出SII NanoTechnology Inc.制的DMS6100粘弹性光谱仪。

[0082] 作为测定条件的一例,分别例示出测定频率为0.1~20Hz(0.1Hz、0.2Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、5Hz、10Hz及20Hz),测定温度为-20~100℃,升温速度为2℃/分钟(氮气气氛中),样品尺寸为40mm×10mm(包括夹紧区域),夹头间距为20mm。

[0083] 在具有挠性的电声换能器10中,激振器14优选具备以下条件。

[0084] (i) 挠性

[0085] 例如,作为便携式以如新闻或杂志那样的文件感觉缓慢挠曲的状态把持的情况下,从外部不断受到数Hz以下的相对缓慢且较大的弯曲变形。此时,若激振器14硬,则产生与其相应量的较大的弯曲应力,从而有可能导致破坏。因此,对激振器14要求适当的柔软性。并且,若能够将应变能作为热向外部扩散,则能够缓和应力。因此,激振器14在受到数Hz以下的相对缓慢且较大的弯曲变形时,要求损耗角正切适当大。

[0086] (ii) 音质

[0087] 电声换能器10中,以20Hz~20kHz的音频频带的频率使激振器14伸缩,并通过其伸缩的能量来振动振动板12,从而再生声音。因此,为了提高振动能量的传递效率,在音频频带的频率中对激振器14要求适当的硬度。

[0088] 激振器14的基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的损耗角正切在0~50℃的温度范围内具有0.08以上的极大值,进而,激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积为振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的3倍以下。即,激振器14的基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的损耗角正切成为0.08以上的极大值在0℃~50℃的温度范围内。另外,在本发明中,0~50℃的温度范围为常温的温度范围。

[0089] 该情况表示,在常温下针对缓慢移动的频率,激振器14柔软且损耗角正切大,即,在弯曲时弹性应变能迅速地成为热并扩散。

[0090] 本发明的电声换能器10具有挠性。因此,在不使用时,可以考虑长时间保持被折叠的状态及被卷成圆形的状态等。此时,若激振器14的损耗角正切(内部损耗)小,则基于弯曲的弹性应变能不会作为热而扩散。其结果,在压电薄膜18中产生龟裂及破坏等,并且产生层叠而粘贴的压电薄膜18彼此的剥离等。

[0091] 相对于此,本发明的电声换能器10的激振器14在常温即0~50℃的温度范围内的基于动态粘弹性试验而得的频率1Hz下的损耗角正切的极大值为0.08以上。其结果,相对于基于外力的缓慢移动,激振器14能够将基于弯曲的弹性应变能优选地作为热而扩散,因此能够防止如上述那样的损伤,即,可获得高挠性。

[0092] 激振器14的基于动态粘弹性试验而得的频率1Hz下的损耗角正切在0~50℃的温度范围内的极大值优选0.1以上,更优选0.3以上。

[0093] 另外,对在0~50℃下的基于动态粘弹性试验而得的频率1Hz下的损耗角正切的极大的上限,并无限制。若考虑到激振器14中能够使用的材料、优选的激振器14的结构等,则在0~50℃下的基于动态粘弹性试验而得的频率1Hz下的损耗角正切的极大值优选为0.8以下。

[0094] 另外,在可更优选地获得上述效果的方面考虑,激振器14在频率1Hz下的损耗角正切的最大值优选存在于0~50℃的温度范围内。

[0095] 另一方面,振动板12具有某种程度的刚性。若这种振动板12与刚性高的激振器组合,则硬且变得难以弯曲,从而电声换能器的挠性变差。

[0096] 相对于此,本发明的电声换能器10中,激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积为振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的3倍以下。即,相对于在常温下的缓慢移动,激振器14的弹簧常数为振动板12的3倍以下。

[0097] 通过具有这种结构,激振器14相对于折弯及卷成圆形等基于外力的缓慢移动,能够柔软动作,即,相对于缓慢移动,表现出良好的挠性。

[0098] 在本发明的电声换能器10中,激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积优选为振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的1倍以下,更优选为0.3倍以下。

[0099] 对激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积相对于振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的下限,并无限制。若考虑到激振器14中所使用的材料、优选的激振器14的结构等,则激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积相对于振动板12的厚度与杨氏模量的乘积优选为0.1倍以上。

[0100] 即,关于由使用者折弯及卷成圆形等基于外力的缓慢移动,本发明的电声换能器10柔软且能够将基于弯曲的弹性应变能迅速地作为热并扩散即具有优异的挠性。

[0101] 关于本发明的电声换能器10,激振器14的厚度与根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的储能模量的乘积优选为振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的0.3倍以上。即,在常温下的迅速移动中,激振器14的弹簧常数优选为振动板12的0.3倍以上。

[0102] 电声换能器10通过激振器14向面方向的伸缩来使振动板12振动,从而发出声音。因此,激振器14优选在音频频带的频率(20Hz~20kHz)中相对于振动板12具有某种程度的刚性(硬度、刚度)。

[0103] 关于本发明的电声换能器10,将激振器14的厚度与根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的储能模量的乘积设为振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的优选为0.3倍以上,更优选为0.5倍以上,进一步优选为1.0倍以上。即,相对于在常温下的迅速移动,激振器14的弹簧常数优选为振动板12的0.3倍以上,更优选为0.5倍以上,进一步优选为1.0倍以上。

[0104] 由此,在音频频带的频率中,充分地确保激振器14相对于振动板12的刚性,电声换能器10能够以高能量效率输出高声压的声音。

[0105] 对激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1kHz、25℃下的储能模量的乘积相对于振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的上限,并无限制。若考虑到激振器14中能够使用的材料、优选的激振器14的结构等,则激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1kHz、25℃下的储能模量的乘积相对于振动板12的厚度与杨氏模量的乘积优选为10倍以下。

[0106] 并且,在本发明的电声换能器10中,激振器14的根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的损耗角正切优选小于0.08。即,在常温下的迅速移动中,优选激振器14的损耗角正切小。

[0107] 如上述,电声换能器10通过激振器14向面方向的伸缩来使振动板12振动,从而发出声音。因此,优选激振器14在音频频带的频率中能量高。

[0108] 关于本发明的电声换能器10，根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的激振器14的损耗角正切优选为小于0.08，更优选为小于0.05，进一步优选为小于0.03。由此，在音频频带的频率中，基于激振器14的伸缩的热能量变得不易扩散，对振动板12提供更高的能量，从而使电声换能器10能够以高能量效率输出高声压的声音。

[0109] 另外，对于根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的激振器14的损耗角正切的下限，并无限制。若考虑到激振器14中能够使用的材料、优选的激振器14的结构等，则根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中的频率1kHz、25℃下的激振器14的损耗角正切优选为0.01以上。

[0110] 如上所述，在图示例的电声换能器10中，激振器14具有如下结构，即，层叠3片压电薄膜18并利用粘贴层19粘贴相邻的压电薄膜18。

[0111] 图2中，通过剖视图示意地表示压电薄膜18。

[0112] 如图2所示，压电薄膜18具备具有压电性的片状物即压电体层20、层叠于压电体层20的一侧表面的下部薄膜电极24、层叠于下部薄膜电极24上的下部保护层28、层叠于压电体层20的另一表面的上部薄膜电极26及层叠于上部薄膜电极26上的上部保护层30。如后述，作为优选方式，压电薄膜18在厚度方向上极化。

[0113] 另外，为了简化附图并明确地示出激振器14的结构，图1中，省略了下部保护层28及上部保护层30。

[0114] 在压电薄膜18中，作为优选方式，如图2中示意地表示，压电体层20由高分子复合压电体构成，该高分子复合压电体为将压电体粒子36分散于由在常温下具有粘弹性的高分子材料组成的粘弹性基体34中而成。另外，在本说明书中，如上所述，“常温”是指0～50℃左右的温度范围。

[0115] 其中，高分子复合压电体(压电体层20)优选具备以下条件。

[0116] (i) 挠性

[0117] 例如，作为便携式以如新闻或杂志那样的文件感觉缓慢挠曲的状态把持的情况下，从外部不断受到数Hz以下的相对缓慢且较大的弯曲变形。此时，若高分子复合压电体硬，则产生其相对程度的较大的弯曲应力而在粘弹性基体34与压电体粒子36的界面产生龟裂，最终有可能导致破坏。因此，对高分子复合压电体要求适当的柔韧性。并且，若能够将应变能作为热向外部扩散，则能够缓和应力。因此，要求高分子复合压电体的损耗角正切适当大。

[0118] 综上所述，要求用于激振器14的柔性高分子复合压电体对于20Hz～20kHz的振动表现硬的动作，对于数Hz以下的振动表现较柔软的动作。并且，要求相对于20kHz以下的所有频率的振动，高分子复合压电体的损耗角正切适当大。

[0119] 进而，优选通过配合所粘附的对象材料(振动板)的刚性来层叠，能够轻松地调节弹簧常数，此时，粘贴层19越薄，越能够提高能量效率。

[0120] 通常，高分子固体具有粘弹性缓和机构，并随着温度的上升或者频率的降低，大规模的分子运动作为储能模量(杨氏模量)的降低(缓和)或者损失弹性模量的极大化(吸收)而被观察到。其中，通过非晶质区域的分子链的微布朗(Micro Brown)运动引起的缓和被称作主分散，可观察到非常大的缓和现象。发生该主分散的温度为玻璃化转变温度(T_g)，粘弹性缓和机构最明显的显现。

[0121] 在高分子复合压电体(压电体层20)中,通过将玻璃化转变温度在常温下的高分子材料,换言之,在常温下具有粘弹性的高分子材料用于基体中,实现对于20Hz~20kHz的振动表现硬的动作,对于数Hz以下的慢振动表现较柔软的动作的高分子复合压电体。尤其,在优选地表现该动作等方面考虑,优选将频率1Hz下的玻璃化转变温度在常温即0~50℃下的高分子材料用于高分子复合压电体的基体中。

[0122] 作为在常温下具有粘弹性的高分子材料,能够利用公知的各种材料。优选高分子材料使用如下材料,即,在常温下,基于动态粘弹性试验而得的频率1Hz下的损耗角正切($\tan\delta$)的极大值为0.5以上。

[0123] 由此,高分子复合压电体通过外力而被缓慢弯曲时,最大弯曲力矩部中的高分子基体与压电体粒子的界面的应力集中得到缓和,从而能够期待高挠性。

[0124] 并且,在常温下具有粘弹性的高分子材料优选如下,即,基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的储能模量(E')在0℃下为100MPa以上,在50℃下为10MPa以下。

[0125] 由此,能够减小高分子复合压电体通过外力而被缓慢弯曲时产生的弯曲力矩的同时,能够对于20Hz~20kHz的音响振动表现硬的动作。

[0126] 并且,若在常温下具有粘弹性的高分子材料的相对介电常数在25℃下为10以上,则更优选。由此,对高分子复合压电体施加电压时,对高分子基体中的压电体粒子需要更高的电场,因此能够期待较大的变形量。

[0127] 然而,另一方面,若考虑确保良好的耐湿性等,也优选高分子材料的相对介电常数在25℃下为10以下。

[0128] 作为满足这种条件的在常温下具有粘弹性的高分子材料,例示出氰乙基化聚乙烯醇(氰乙基化PVA)、聚乙酸乙烯酯、聚偏二氯乙烯共聚物、聚苯乙烯-乙烯基聚异戊二烯嵌段共聚物、聚乙烯基甲基酮及聚甲基丙烯酸丁酯等。并且,作为这些高分子材料,也能够优选地利用Hibler5127(KURARAY CO., LTD制)等市售品。其中,作为高分子材料,优选使用具有氰乙基的材料,尤其优选使用氰乙基化PVA。

[0129] 另外,这些高分子材料可以仅使用1种,也可以同时(混合)使用多种。

[0130] 使用这种在常温下具有粘弹性的高分子材料的粘弹性基体34根据需要可以同时使用多种高分子材料。

[0131] 即,以调节介电特性或机械特性等为目的,向粘弹性基体34加入氰乙基化PVA等粘弹性材料,根据需要也可以添加其他介电性高分子材料。

[0132] 作为能够添加的介电性高分子材料的一例,例示出聚偏二氟乙烯、偏二氟乙烯-四氟乙烯共聚物、偏二氟乙烯-三氟乙烯共聚物、聚偏二氟乙烯-三氟乙烯共聚物及聚偏二氟乙烯-四氟乙烯共聚物等氟系高分子、偏二氟乙烯-乙酸乙烯酯共聚物、氰乙基纤维素、氰乙基羟基蔗糖、氰乙基羟基纤维素、氰乙基羟基普鲁兰多糖、甲基丙烯酸氰乙酯、丙烯酸氰乙酯、氰乙基羟乙基纤维素、氰乙基直链淀粉、氰乙基羟丙基纤维素、氰乙基二羟丙基纤维素、氰乙基羟丙基直链淀粉、氰乙基聚丙烯酰胺、氰乙基聚丙烯酸乙酯、氰乙基普鲁兰多糖、氰乙基聚羟基亚甲基、氰乙基缩水甘油普鲁兰多糖、氰乙基蔗糖及氰乙基山梨糖醇等具有氰基或氰乙基的聚合物以及腈橡胶或氯丁二烯橡胶等合成橡胶等。

[0133] 其中,优选地利用具有氰乙基的高分子材料。

[0134] 并且,在压电体层20的粘弹性基体34中,除了氰乙基化PVA等在常温下具有粘弹性

的材料以外所添加的介电性聚合物并不限定于1种,可以添加多种。

[0135] 并且,以调节玻璃化转变温度Tg为目的,除了介电性聚合物以外,也可以向粘弹性基体34添加氯乙烯树脂、聚乙烯、聚苯乙烯、甲基丙烯酸树脂、聚丁烯及异丁烯等热塑性树脂以及酚醛树脂、脲树脂、三聚氰胺树脂、醇酸树脂及云母等热固化性树脂。

[0136] 进而,在粘弹性基体34中,以提高粘合性为目的,也可以添加松香酯、松香、萜烯、萜烯酚及石油树脂等增粘剂。

[0137] 在压电体层20的粘弹性基体34中,添加除了氰乙基化PVA等具有粘弹性的高分子材料以外的材料时的添加量并无特别限定,但是以在粘弹性基体34中所占比例计优选为30质量%以下。

[0138] 由此,不损害粘弹性基体34中的粘弹性缓和机构便能够表现出所添加的高分子材料的特性,因此在高介电率化、耐热性的提高、与压电体粒子36及电极层的密合性提高等方面能够获得优选的结果。

[0139] 压电体粒子36由具有钙钛矿型或纤锌矿型的晶体结构的陶瓷粒子组成。

[0140] 作为构成压电体粒子36的陶瓷粒子,例如例示出锆钛酸铅(PZT)、锆钛酸铅镧(PLZT)、钛酸钡(BaTiO₃)、氧化锌(ZnO)及钛酸钡与铁酸铋(BiFe₃)的固体溶液(BFBT)等。

[0141] 这些压电体粒子36可以仅使用1种,也可以同时(混合)使用多种。

[0142] 压电体粒子36的粒径并无限制,只要根据压电薄膜18的尺寸及激振器14的用途等适当选择即可。压电体粒子36的粒径优选为1~10μm。

[0143] 通过将压电体粒子36的粒径设在该范围内,在压电薄膜18能够兼顾高压电特性和柔韧性(Flexibility)等方面能够获得优选的结果。

[0144] 另外,在图2中,压电体层20中的压电体粒子36均匀且具有规则性地分散于粘弹性基体34中,但是本发明并不限制于此。

[0145] 即,压电体层20中的压电体粒子36只要优选均匀地被分散,则可以不规则地分散于粘弹性基体34中。

[0146] 在压电薄膜18中,压电体层20中的粘弹性基体34与压电体粒子36的量比并无限制,只要根据压电薄膜18的面方向的大小及厚度、激振器14的用途以及压电薄膜18中所要求的特性等可以适当进行设定。

[0147] 压电体层20中的压电体粒子36的体积分率优选为30~80%。并且,压电体层20中的压电体粒子36的体积分率更优选为50%以上,因此,进一步优选设为50~80%。

[0148] 将粘弹性基体34与压电体粒子36的量比设在上述范围内,由此能够兼顾高压电特性和柔韧性等方面考虑是优选的。

[0149] 在压电薄膜18中,压电体层20的厚度并无特别限定,只要根据电声换能器10的用途、激振器14中的压电薄膜的层叠数、压电薄膜18中所要求的特性等适当设定即可。

[0150] 压电体层20越厚,在所谓片状物的刚度等刚性等方面越有利,但是为了使压电薄膜18以相同量伸缩而所需的电压(电位差)变大。

[0151] 压电体层20的厚度优选为10~300μm,更优选为20~200μm,进一步优选为30~150μm。

[0152] 通过将压电体层20的厚度设在上述范围内,在兼顾刚性的确保与适当的柔软性等方面能够获得优选的结果。

[0153] 如图2所示,图示例的压电薄膜18具有如下结构,即,在这种压电体层20的一表面上具有下部薄膜电极24且在其上具有下部保护层28,在压电体层20的另一表面上具有上部薄膜电极26且在其上具有上部保护层30而成。其中,上部薄膜电极26及下部薄膜电极24形成电极对。

[0154] 另外,在本发明中,下部薄膜电极24及下部保护层28以及上部薄膜电极26及上部保护层30中的上部及下部是为了便于说明压电薄膜12而结合附图来标注的名称。因此,对于压电薄膜12中的上部及下部并无技术性含义,且与实际的使用状态无关。

[0155] 除了这些层以外,压电薄膜18例如具有从上部薄膜电极26及下部薄膜电极24引出电极的电极引出部,电极引出部与电源PS连接。并且,压电薄膜18可以具有包覆压电体层20露出的区域来防止短路等的绝缘层等。

[0156] 即,压电薄膜18具有如下结构,即,由电极对即上部薄膜电极26及下部薄膜电极24夹住压电体层20的两个表面,并由下部保护层28及上部保护层30夹住该层叠体而成。

[0157] 如此,在压电薄膜18中,由上部薄膜电极26及下部薄膜电极24夹住的区域根据所施加的电压而伸缩。

[0158] 在激振器14中,压电薄膜18的下部保护层28及上部保护层30并不是必须的构成要件,而是作为优选方式而设置。

[0159] 在压电薄膜18中,下部保护层28及上部保护层30包覆上部薄膜电极26及下部薄膜电极24的同时,起到对压电体层20赋予适当的刚性和机械强度的作用。即,在压电薄膜18中,由粘弹性基体34和压电体粒子36组成的压电体层20对于缓慢弯曲变形显出非常优异的挠性,但是根据用途存在刚性或机械强度不足的情况。压电薄膜18设置下部保护层28及上部保护层30来弥补该情况。

[0160] 另外,关于图1所示的激振器14,作为优选方式,所有的压电薄膜18均具有下部保护层28及上部保护层30这两个。然而,本发明并不限制于此,可以混合具有保护层的压电薄膜与不具有保护层的压电薄膜。进而,压电薄膜具有保护层的情况下,压电薄膜可以仅具有下部保护层28,也可以仅具有上部保护层30。作为一例,若为如图1所示那样的3层结构的激振器14,则可以为如下结构,即,图中最上层的压电薄膜仅具有上部保护层30,正中间的压电薄膜不具有保护层,最下层的压电薄膜仅具有下部保护层28。

[0161] 下部保护层28及上部保护层30并无限制,能够利用各种片状物,作为一例,优选地示出各种树脂薄膜。

[0162] 其中,根据具有优异的机械特性及耐热性等理由,由聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚碳酸酯(PC)、聚苯硫醚(PPS)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚醚酰亚胺(PEI)、聚酰亚胺(PI)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、三乙酰纤维素(TAC)及环状烯烃系树脂等组成的树脂薄膜被优选地利用。

[0163] 下部保护层28及上部保护层30的厚度也并无限制。并且,下部保护层28及上部保护层30的厚度基本上相同,但是也可以不同。

[0164] 其中,若下部保护层28及上部保护层30的刚性过高,则不仅限制压电体层20的伸缩,也会损害挠性。因此,除了要求机械强度或作为片状物的良好的操作性的情况以外,下部保护层28及上部保护层30越薄越有利。

[0165] 在压电薄膜18中,若下部保护层28及上部保护层30的厚度为压电体层20的厚度的

2倍以下，则在兼顾刚性的确保与适当的柔软性等方面能够获得优选的结果。

[0166] 例如，压电体层20的厚度为50μm且下部保护层28及上部保护层30由PET组成的情况下，下部保护层28及上部保护层30的厚度优选为100μm以下，更优选为50μm以下，进一步优选为25μm以下。

[0167] 在压电薄膜18中，在压电体层20与下部保护层28之间形成下部薄膜电极24，在压电体层20与上部保护层30之间形成上部薄膜电极26。以下说明中，将下部薄膜电极24也称作下部电极24，将上部薄膜电极26也称作上部电极26。

[0168] 为了对压电体层20(压电薄膜18)施加电压而设置下部电极24及上部电极26。

[0169] 在本发明中，下部电极24及上部电极26的形成材料并无限制，能够利用各种导电体。具体而言，例示出碳、钯、铁、锡、铝、镍、铂、金、银、铜、钛、铬及钼等、这些合金、这些金属及合金的层叠体及复合体以及氧化铟锡等。其中，作为下部电极24及上部电极26优选地例示出铜、铝、金、银、铂及氧化铟锡。

[0170] 并且，下部电极24及上部电极26的形成方法也并无限制，能够利用各种基于真空蒸镀及溅射等气相沉积法(真空成膜法)或电镀而形成的膜或者粘贴由上述材料所形成的箔的方法等公知的方法。

[0171] 其中尤其，根据能够确保压电薄膜18的挠性等理由，作为下部电极24及上部电极26优选地利用通过真空蒸镀所成膜的铜及铝等薄膜。其中，尤其优选地利用基于真空蒸镀而形成的铜的薄膜。

[0172] 下部电极24及上部电极26的厚度并无限制。并且，下部电极24及上部电极26的厚度基本上相同，但是也可以不同。

[0173] 其中，与前述的下部保护层28及上部保护层30相同地，若下部电极24及上部电极26的刚性过高，则不仅限制压电体层20的伸缩，也会损害挠性。因此，若在电阻不会变得过高的范围内，则下部电极24及上部电极26越薄越有利。

[0174] 在压电薄膜18中，若下部电极24及上部电极26的厚度与杨氏模量的乘积低于下部保护层28及上部保护层30的厚度与杨氏模量的乘积，则不会严重损害挠性，因此优选。

[0175] 例如，设为下部保护层28及上部保护层30为PET(杨氏模量：约5GPa)，且下部电极24及上部电极26为铜(杨氏模量：约130GPa)。在该情况下，若设为下部保护层28及上部保护层30的厚度为25μm，则下部电极24及上部电极26的厚度优选为1.0μm以下，更优选为0.3μm以下，其中，优选设为0.1μm以下。

[0176] 如上所述，压电薄膜18具有如下结构，即，由下部电极24及上部电极26夹住将压电体粒子36分散于包含在常温下具有粘弹性的高分子材料的粘弹性基体34中而成的压电体层20，进而由下部保护层28及上部保护层30夹住该层叠体而成。

[0177] 这种压电薄膜18优选在常温下具有基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的损耗角正切($\tan\delta$)的极大值，更优选在常温下具有成为0.1以上的极大值。

[0178] 由此，即使压电薄膜18从外部不断受到数Hz以下的相对缓慢且较大的弯曲变形，也能够将应变能有效地作为热而扩散到外部，因此能够防止在高分子基体与压电体粒子的界面产生龟裂。

[0179] 压电薄膜18优选为如下，即，基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的储能模量(E')在0℃下为10～30GPa，在50℃下为1～10GPa。

[0180] 由此,在常温下压电薄膜18在储能模量中能够具有较大的频率分散。即,能够对于20Hz~20kHz的振动表现硬的动作,对于数Hz以下的振动表现较柔软的动作。

[0181] 并且,压电薄膜18优选为如下,即,厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的储能模量的乘积在0°C下为 $1.0 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^6 \text{ N/m}$,在50°C下为 $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^6 \text{ N/m}$ 。

[0182] 由此,压电薄膜18在不损害挠性及音响特性的范围内能够具备适当的刚性和机械强度。

[0183] 进而,压电薄膜18优选为如下,即,根据动态粘弹性测定所获得的主曲线中,在25°C下频率1kHz中的损耗角正切为0.05以上。

[0184] 由此,使用了压电薄膜18的扬声器的频率特性变得平滑,能够减小最低谐振频率f₀因扬声器的曲率的变化而变化时的音质的变化量。

[0185] 以下,参考图3~图7,对压电薄膜18的制造方法的一例进行说明。

[0186] 首先,如图3所示,准备下部保护层28上形成有下部电极24的片状物18a。该片状物18a只要通过真空蒸镀、溅射及电镀等,在下部保护层28的表面上形成铜薄膜等作为下部电极24来进行制作即可。

[0187] 下部保护层28非常薄,且在操作性差时等,根据需要可以使用带隔板(临时支撑体)的下部保护层28。另外,作为隔板,能够使用厚度为25~100μm的PET等。只要在对上部电极26及上部保护层30进行热压接之后且在下部保护层28上层叠任何部件之前,去除隔板即可。

[0188] 另一方面,制备如下涂料,即,将氰乙基化PVA等在常温下具有粘弹性的高分子材料(以下,也称作粘弹性材料)溶解于有机溶剂中,进而添加PZT粒子等压电体粒子36,搅拌并进行分散而成。有机溶剂并无限制,能够利用二甲基甲酰胺(DMF)、甲基乙基酮、环己酮等各种有机溶剂。

[0189] 准备片状物18a且制备涂料后,将该涂料浇铸(casting)(涂布)于片状物18a上,蒸发有机溶剂并干燥。由此,如图4所示,制作在下部保护层28上具有下部电极24且在下部电极24上形成压电体层20而成的层叠体18b。另外,下部电极24是指涂布压电体层20时的基材侧的电极,并不表示层叠体中的上下的位置关系。

[0190] 该涂料的浇铸方法并无特别限定,能够利用所有的斜板式涂布机(slide coater)及刮刀(doctor knife)等公知的方法(涂布装置)。

[0191] 另外,若粘弹性材料为如氰乙基化PVA那样能够加热熔融的物质,则制作加热熔融粘弹性材料且对其添加并分散压电体粒子36而成的熔融物,通过挤压成型等,在图3所示的片状物18a上挤压薄片状并进行冷却,由此可以制作如图4所示那样在下部保护层28上具有下部电极24且在下部电极24上形成压电体层20而成的层叠体18b。

[0192] 如上所述,在压电薄膜18中,除了氰乙基化PVA等粘弹性材料以外,也可以向粘弹性基体34添加PVDF等高分子压电材料。

[0193] 向粘弹性基体34添加这些高分子压电材料时,只要溶解添加于上述涂料的高分子压电材料即可。或者,只要向上述加热熔融的粘弹性材料添加高分子压电材料并进行加热熔融即可。

[0194] 制作了在下部保护层28上具有下部电极24且在下部电极24上形成压电体层20而

成的层叠体18b后,进行压电体层20的极化处理(polarization)。

[0195] 压电体层20的极化处理的方法并无限制,能够利用公知的方法。作为优选的极化处理的方法,例示出图5及图6所示的方法。

[0196] 该方法中,如图5及图6所示,在层叠体18b的压电体层20的上表面20a上隔开间隔g例如1mm而设置能够沿着该上表面20a移动的棒状或者线状的电晕电极40。并且,该电晕电极40及下部电极24与直流电源42连接。

[0197] 进而,加热保持层叠体18b的加热方法例如准备加热板。

[0198] 然后,在通过加热方法例如在温度100°C下加热保持压电体层20的状态下,从直流电源42向下部电极24与电晕电极40之间施加数kV例如6kV的直流电压来产生电晕放电。进而,在维持间隔g的状态下,沿着压电体层20的上表面20a移动(扫描)电晕电极40来进行压电体层20的极化处理。

[0199] 由此,压电体层20在厚度方向上极化。

[0200] 在利用这种电晕放电的极化处理(为方便起见,在下文中也称作电晕极化处理)中,电晕电极40的移动只要使用公知的棒状物的移动方法即可。

[0201] 并且,电晕极化处理中,移动电晕电极40的方法也并无限制。即,可以设置固定电晕电极40且移动层叠体18b的移动机构,使该层叠体18b移动而进行极化处理。该层叠体18b的移动也只要使用公知的片状物的移动方法即可。

[0202] 进而,电晕电极40的数量并不限定于1根,也可以使用多根电晕电极40进行电晕极化处理。

[0203] 并且,极化处理并不限制于电晕极化处理,也能够利用对进行极化处理的对象直接施加直流电场的通常的电场极化。但是,在进行该通常的电场极化的情况下,在进行极化处理之前需要形成上部电极26。

[0204] 另外,在进行该极化处理之前,可以实施使用加热辊等使压电体层20的表面平滑化的压延处理。通过实施该压延处理,后述的热压接工序可以顺利地进行。

[0205] 如此,进行层叠体18b的压电体层20的极化处理的同时,准备在上部保护层30上形成了上部电极26的片状物18c。该片状物18c只要通过真空蒸镀、溅射及电镀等,在上部保护层30的表面上形成铜薄膜等作为上部电极26来进行制作即可。

[0206] 接着,如图7所示,将上部电极26朝向压电体层20来将片状物18c层叠于已进行压电体层20的极化处理的层叠体18b上。

[0207] 进而,利用热加压装置或一对加热辊等对该层叠体18b与片状物18c的层叠体以夹住上部保护层30与下部保护层28的方式进行热压接,从而制作压电薄膜18。

[0208] 如后述,在图1所示的电声换能器10中,激振器14具有如下结构,即,层叠这种压电薄膜18并作为优选方式利用粘贴层19将其粘贴。其中,关于图示例的激振器14,作为优选方式,如图1中以标注在压电体层20的箭头所示那样,相邻的压电薄膜18中的极化方向彼此相反。

[0209] 层叠了压电陶瓷的通常的层叠陶瓷压电元件在制作了压电陶瓷的层叠体之后进行极化处理。各压电层的界面上仅存在共通电极,因此各压电层的极化方向在层叠方向上交替。

[0210] 相对于此,构成图示例的激振器14的压电薄膜18能够在层叠前的压电薄膜18的状

态下进行极化处理。如图5及图6所示,压电薄膜18优选在层叠上部电极26及上部保护层30之前,通过电晕极化处理来进行压电体层20的极化处理。

[0211] 因此,激振器14能够层叠已进行极化处理的压电薄膜18来制作。优选制作实施了极化处理的长条的压电薄膜(大面积的压电薄膜),切断并制成各个压电薄膜18之后,层叠压电薄膜18来制成激振器14。

[0212] 因此,激振器14也能够将相邻的压电薄膜18中的极化方向在层叠方向上排列,还能够如图1所示那样交替。

[0213] 图1所示的激振器14作为优选方式具有如下结构,即,使相邻的压电薄膜18的极化方向彼此相反,层叠2层以上(图示例为3层)的压电薄膜18并利用粘贴层19粘贴相邻的压电薄膜18。

[0214] 在本发明中,若能够粘贴相邻的压电薄膜18,则能够利用各种公知的粘贴层19。

[0215] 因此,粘贴层19可以为上述由粘接剂组成的层,也可以为由粘合剂组成的层,还可以为由具有粘接剂和粘合剂这两个的特征的材料组成的层。并且,粘贴层19可以涂布液体等具有流动性的粘贴剂而形成,也可以使用片状粘贴剂而形成。

[0216] 其中,激振器14通过使所层叠的多片压电薄膜18伸缩,例如如后述使振动板12振动,从而发出声音。因此,激振器14优选直接传递各压电薄膜18的伸缩。若在压电薄膜18之间存在如缓和振动的具有粘性的物质,则会导致压电薄膜18的伸缩能量的传递效率变低,从而导致激振器14的驱动效率降低。

[0217] 若考虑到这一点,则相比由粘合剂组成的粘合剂层,粘贴层19优选为由可获得固态且硬的粘贴层19的粘接剂组成的粘接剂层。作为更优选的粘贴层19,具体而言,可优选地示出由聚酯系粘接剂及苯乙烯·丁二烯橡胶(SBR)系粘接剂等热塑性类型的粘接剂组成的粘贴层。

[0218] 粘接与粘合不同,在要求高粘接温度时有用。并且,热塑性类型的粘接剂兼备“相对低温、短时间及强粘接”,因此优选。

[0219] 在激振器14中,粘贴层19的厚度并无限制,只要根据粘贴层19的形成材料适当设定能够表现出充分的粘贴力的厚度即可。

[0220] 其中,关于图示例的激振器14,粘贴层19越薄,越提高压电体层20的伸缩能量(振动能量)的传递效果,从而能够提高能量效率。并且,若粘贴层19厚且刚性高,则有可能会限制压电薄膜18的伸缩。

[0221] 若考虑到这一点,则粘贴层19优选薄于压电体层20。即,在激振器14中,粘贴层19优选硬且薄。具体而言,关于粘贴层19的厚度,以粘贴后的厚度计优选为 $0.1\sim 50\mu\text{m}$,更优选为 $0.1\sim 30\mu\text{m}$,进一步优选为 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 。

[0222] 另外,如后述,图示例的激振器14的相邻的压电薄膜的极化方向彼此相反,不会导致相邻的压电薄膜18彼此短路,因此能够使粘贴层19变薄。

[0223] 在图示例的激振器14中,若粘贴层19的弹簧常数(厚度×杨氏模量)高,则有可能限制压电薄膜18的伸缩。因此,粘贴层19的弹簧常数优选与压电薄膜18的弹簧常数相同或者为其以下。

[0224] 具体而言,粘贴层19的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的储能模量(E')的乘积优选在0℃下为 $2.0\times 10^6\text{N/m}$ 以下,在50℃下为 $1.0\times 10^6\text{N/m}$ 以下。

[0225] 并且,粘贴层的基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz下的内部损耗优选在由粘合剂组成的粘贴层19的情况下在25℃下为1.0以下,在由粘接剂组成的粘贴层19的情况下在25℃下为0.1以下。

[0226] 另外,在构成电声换能器10的激振器14中,粘贴层19作为优选方式而设置,并不是必须的构成要件。

[0227] 因此,在构成本发明的电声换能器10的激振器层叠了压电薄膜18而成的情况下,也可以不具有粘贴层19而使用公知的压接方法、紧固方法及固定方法等来层叠构成激振器的压电薄膜18并使其密合,从而构成激振器。例如,在压电薄膜18为矩形的情况下,可以利用如螺栓及螺帽那样的部件紧固四个角来构成激振器,或可以利用如螺栓及螺帽那样的部件紧固四个角和中心部来构成激振器。或者,在层叠了压电薄膜18之后,可以通过在周边部(端面)粘贴粘合胶带来固定所层叠的压电薄膜18,从而构成激振器。

[0228] 然而,在该情况下,从电源PS施加了驱动电压时,导致各个压电薄膜18独立地伸缩,根据情况,各压电薄膜18各层向相反的方向挠曲而导致形成空隙。如此,在各个压电薄膜18独立地伸缩的情况下,导致作为激振器的驱动效率降低而作为激振器整体的伸缩变小,从而有可能导致无法使所抵接的振动板等充分地振动。尤其,在各压电薄膜18各层向相反的方向挠曲而导致形成空隙的情况下,作为激振器的驱动效率大幅度降低。

[0229] 若考虑到这一点,则如图示例的激振器14那样,构成本发明的电声换能器的激振器优选具有粘贴相邻的压电薄膜18彼此的粘贴层19。

[0230] 本发明的电声换能器10中,激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积为振动板12的厚度与杨氏模量的乘积的3倍以下。即,相对于在常温下的缓慢移动,激振器14的弹簧常数为振动板12的3倍以下。

[0231] 从上述说明明确可知,对于激振器14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积,不仅是粘贴层19的厚度,粘贴层19的储能模量等的物性也有很大影响。

[0232] 另一方面,对于振动板12的厚度与杨氏模量的乘积即振动板的弹簧常数,不仅是振动板的厚度,振动板的物性也有很大影响。

[0233] 因此,本发明的电声换能器10中,优选适当选择粘贴层19的厚度及材料(种类)以及振动板12的厚度及材料以使相对于在常温下的缓慢移动,激振器14的弹簧常数成为振动板12的弹簧常数的3倍以下。换言之,在本发明的电声换能器10中,通过根据压电薄膜18的特性等适当选择粘贴层19的厚度及材料以及振动板12厚度及材料,相对于在常温下的缓慢移动,能够优选地使激振器14的弹簧常数成为振动板12的弹簧常数的3倍以下。

[0234] 如图1所示,在电声换能器10中,各压电薄膜18的下部电极24及上部电极26中连接有施加使压电薄膜18伸缩的驱动电压的电源PS。

[0235] 电源PS并无限制,可以为直流电源也可以为交流电源。并且,关于驱动电压,也要根据各压电薄膜18的压电体层20的厚度及形成材料等,将能够正确地驱动各压电薄膜18的驱动电压适当进行设定即可。

[0236] 如后述,图示例的激振器14的相邻的压电薄膜18的极化方向相反。因此,相邻的压电薄膜18中,下部电极24彼此及上部电极26彼此相对。因此,不管是交流电源还是直流电源,电源PS对相对的电极通常供给相同极性的电力。例如,图1所示的激振器14中,通常对图

中最下层的压电薄膜18的上部电极26及第2层(正中间)的压电薄膜18的上部电极26供给相同极性的电力,通常对第2层的压电薄膜18的下部电极24及图中最上层的压电薄膜18的下部电极24供给相同极性的电力。

[0237] 从下部电极24及上部电极26引出电极的方法并无限制,能够利用公知的各种方法。

[0238] 作为一例,例示出在下部电极24及上部电极26上连接铜箔等的导电体来将电极引出到外部的方法,及通过激光等在下部保护层28及上部保护层30上形成贯穿孔并对该贯穿孔填充导电性材料来将电极引出到外部的方法等。

[0239] 作为优选的电极的引出方法,例示出日本特开2014-209724号公报中所记载的方法及日本特开2016-015354号公报中所记载的方法等。

[0240] 如上所述,在图示例的电声换能器10中,激振器14具有如下结构,即,层叠2层以上的压电薄膜18并利用粘贴层19粘贴相邻的压电薄膜18彼此。

[0241] 并且,图示例的激振器14的相邻的压电薄膜18的极化方向彼此相反。即,图示例的激振器14以极化方向朝向压电薄膜18的层叠方向(厚度方向)交替的方式层叠压电薄膜18。

[0242] 如上所述,在这种激振器14上通过粘贴层16粘贴振动板12,从而构成图1所示的本发明的电声换能器10。

[0243] 激振器14层叠了2层以上的压电薄膜18而成。构成压电薄膜18的压电体层20将压电体粒子36分散于粘弹性基体34中而成。并且,以在厚度方向上夹住压电体层20的方式设置有下部电极24及上部电极26。

[0244] 若对具有这种压电体层20的压电薄膜18的下部电极24及上部电极26施加电压,则根据所施加的电压而压电体粒子36向极化方向伸缩。其结果,压电薄膜18(压电体层20)向厚度方向收缩。同时,由于泊松比的关系,压电薄膜18也向面内方向伸缩。

[0245] 该伸缩为0.01~0.1%左右。

[0246] 如上所述,压电体层20的厚度优选为10~300μm左右。因此,厚度方向的伸缩最大也只是0.3μm左右,非常小。

[0247] 相对于此,压电薄膜18即压电体层20在面方向上具有明显大于厚度的尺寸。因此,例如,若压电薄膜18的长度为20cm,则通过施加电压,压电薄膜18最大伸缩0.2mm左右。

[0248] 如上所述,振动板12通过粘贴层16粘贴于激振器14上。因此,通过压电薄膜18的伸缩来挠曲振动板12,其结果,振动板12向厚度方向振动。

[0249] 通过该厚度方向的振动,振动板12发出声音。即,振动板12根据施加于压电薄膜18的电压(驱动电压)的大小来进行振动,从而发出与施加于压电薄膜18的驱动电压相应的声音。

[0250] 其中,已知由PVDF等高分子材料组成的通常的压电薄膜在极化处理后沿单轴方向进行延伸处理,由此分子链相对于延伸方向取向并作为结果在延伸方向上可获得较大的压电特性。因此,通常的压电薄膜的压电特性中具有面内各向异性,施加了电压时的面方向的伸缩量有各向异性。

[0251] 相对于此,在图示例的电声换能器10中,构成激振器14的由将压电体粒子36分散于粘弹性基体34中而成的高分子复合压电体组成的压电薄膜18即使在极化处理后不进行延伸处理也可获得较大的压电特性,因此压电特性中没有面内各向异性,在面内方向中所

有方向上各向同性地伸缩。即，在图示例的电声换能器10中，构成激振器14的压电薄膜18在二维上各向同性地伸缩。根据层叠了这种在二维上各向同性地伸缩的压电薄膜18的激振器14，与层叠了仅向一个方向大幅度伸缩的PVDF等通常的压电薄膜的情况相比，能够以较大的力振动振动板12。其结果，振动板12能够发出更大且优美的声音。

[0252] 如上所述，图示例的激振器14层叠了多片这种压电薄膜18而成。图示例的激振器14作为优选方式进而利用粘贴层19粘贴相邻的压电薄膜18彼此。

[0253] 因此，即使每1片的压电薄膜18的刚性低且伸缩力小，通过层叠压电薄膜18，刚性也变高，作为激振器14的伸缩力也变大。其结果，即使振动板12具有某种程度的刚性，激振器14也能够以较大的力使振动板12充分地挠曲并使振动板12充分地向厚度方向振动，从而使振动板12发出声音。

[0254] 并且，压电体层20越厚，压电薄膜18的伸缩力变得越大，但是使其伸缩相同量所需的驱动电压相应地变大。其中，如上所述，在激振器14中，优选的压电体层20的厚度最大也只有300μm左右，因此即使施加于各个压电薄膜18的电压小也能够使压电薄膜18充分地伸缩。

[0255] 其中，在图示例的电声换能器10中，如上所述，激振器14的相邻的压电薄膜18的压电体层20的极化方向彼此相反。

[0256] 在压电薄膜18中，施加于压电体层20的电压的极性与极化方向相应。因此，在图1中以箭头所示的极化方向中，所施加的电压的极性使箭头所朝向的方向侧(箭头的下游侧)的电极的极性及相反的一侧(箭头的上游侧)的电极的极性在所有压电薄膜18中一致。

[0257] 在图示例中，将表示极化方向的箭头所朝向的方向侧的电极设为下部电极24，将相反的一侧的电极设为上部电极26，在所有压电薄膜18中，将上部电极26与下部电极24的极性设为相同极性。

[0258] 因此，在相邻的压电薄膜18的压电体层20的极化方向彼此相反的激振器14中，相邻的压电薄膜18中，在一侧的表面上上部电极26彼此相对，在另一表面上下部电极彼此相对。因此，图示例的激振器14中，即使相邻的压电薄膜18的电极彼此接触，也不会发生短路(Short circuit)。

[0259] 如上所述，为了以良好的能量效率伸缩激振器14，优选较薄形成粘贴层19以使粘贴层19不妨碍压电体层20的伸缩。

[0260] 相对于此，即使相邻的压电薄膜18的电极彼此接触，不会导致短路的图示例的激振器14中也可以没有粘贴层19，并且即使在作为优选方式具有粘贴层19的情况下，只要可获得所需的粘贴力，则也能够使粘贴层19变得极薄。

[0261] 因此，能够以高能量效率使激振器14伸缩。

[0262] 另外，如上所述，在压电薄膜18中，厚度方向的压电体层20的伸缩的绝对量非常小，压电薄膜18的伸缩实质上仅在面方向进行。

[0263] 因此，即使所层叠的压电薄膜18的极化方向相反，只要施加于下部电极24及上部电极26的电压的极性正确，则所有的压电薄膜18均沿相同方向伸缩。

[0264] 另外，在激振器14中，只要利用d33计(Meter)等检测压电薄膜18的极化方向即可。

[0265] 或者，根据上述时的电晕极化处理的处理条件，也可知压电薄膜18的极化方向。

[0266] 在图示例的激振器14中，优选如上所述，制作长条(大面积)的压电薄膜，将长条的

压电薄膜切断来作为各个压电薄膜18。因此,在该情况下,构成激振器14的多片压电薄膜18均相同。

[0267] 然而,本发明并不限制于此。即,在本发明的电声换能器中,激振器能够利用各种结构,例如,具有下部保护层28及上部保护层30的压电薄膜与不具有压电薄膜等,层叠了不同的层结构的压电薄膜的结构及层叠了压电体层20的厚度不同的压电薄膜的结构等。

[0268] 在图1所示的电声换能器10中,激振器14以在相邻的压电薄膜之间极化方向彼此相反的方式层叠多片压电薄膜18并作为优选方式利用粘贴层19粘贴了相邻的压电薄膜18而成。

[0269] 在本发明的电声换能器中,层叠压电薄膜而成的激振器并不限制于此,能够利用各种结构。

[0270] 图8示出其一例。另外,图8所示的激振器56使用多个与上述激振器14相同部件,因此对相同部件标注有相同符号,主要对不同部位进行说明。

[0271] 图8所示的激振器56为本发明的电声换能器中所使用的激振器的更优选方式,且通过将长条的压电薄膜18L例如向长边方向折叠1次以上、优选多次来层叠了2层以上压电薄膜18L而成。并且,与上述图1等中所示的激振器14相同,图8所示的激振器56也作为优选方式,利用粘贴层19粘贴通过折叠来层叠的压电薄膜18L。

[0272] 通过折叠并层叠在厚度方向上极化的长条的1片压电薄膜18L,在层叠方向上相邻(相对)的压电薄膜18L的极化方向如图8中以箭头所示那样成为相反的方向。

[0273] 根据该结构,激振器56能够仅使用一片长条的压电薄膜18L来构成。并且,根据该结构,用于施加驱动电压的电源PS可以仅使用1个,进而,从压电薄膜18L的电极的引出也可以仅使用1处。

[0274] 因此,根据图8所示的激振器56,减少组件件数且简化结构来提高作为压电元件(模块)的可靠性,进而能够实现降低成本。

[0275] 如图8所示的激振器56,折叠了长条的压电薄膜18L而成的激振器56中,优选向压电薄膜18L的折叠部中与压电薄膜18L抵接而插入芯棒58。

[0276] 如上所述,压电薄膜18L的下部电极24及上部电极26由金属的蒸镀膜等形成。若金属的蒸镀膜弯曲成尖角,则容易产生裂纹(龟裂)等而有可能导致电极断线。即,图8所示的激振器56中,在弯曲部的内侧中容易在电极产生裂纹等。

[0277] 相对于此,在折叠了长条的压电薄膜18L而成的激振器56中,通过在压电薄膜18L的折叠部中插入芯棒58,能够防止下部电极24及上部电极26弯曲,从而优选地防止产生断线。

[0278] 在本发明的电声换能器中,激振器可以使用具有导电性的粘贴层19。尤其,如图8所示那样折叠并层叠了长条的1片压电薄膜18L而成的激振器56中,优选地利用具有导电性的粘贴层19。

[0279] 在如图1及图8所示那样相邻的压电薄膜18的极化方向相反的激振器中,在所层叠的压电薄膜18中,对相对的电极供给相同极性的电力。因此,相对的电极之间不会发生短路。

[0280] 另一方面,如上所述,折叠并层叠了压电薄膜18L而成的激振器56在被折叠成尖角的弯曲部的内侧中容易产生电极的断线。

[0281] 因此,通过利用具有导电性的粘贴层19粘贴所层叠的压电薄膜18L,即使在弯曲部的内侧中发生电极的断线,也能够利用粘贴层19来确保导通,因此防止断线而能够大幅度提高激振器56的可靠性。

[0282] 其中,如图2所示,构成激振器56的压电薄膜18L优选以与下部电极24及上部电极26相对并夹住层叠体的方式具有下部保护层28及上部保护层30。

[0283] 在该情况下,即使使用具有导电性的粘贴层19也无法确保导电性。因此,在压电薄膜18L具有保护层的情况下,只要在所层叠的压电薄膜18L的下部电极24彼此及上部电极26彼此相对的区域中,在下部保护层28及上部保护层30中设置贯穿孔来使下部电极24及上部电极26与具有导电性的粘贴层19接触即可。优选利用银浆或导电性的粘贴剂封闭形成于下部保护层28及上部保护层30的贯穿孔,然后,利用具有导电性的粘贴层19粘贴相邻的压电薄膜18L。

[0284] 下部保护层28及上部保护层30的贯穿孔只要通过激光加工以及基于溶剂蚀刻及机械研磨等的保护层的去除等来形成即可。

[0285] 下部保护层28及上部保护层30的贯穿孔优选除了压电薄膜18L的弯曲部以外,在所层叠的压电薄膜18L的下部电极24彼此及上部电极26彼此相对的区域中可以设置一处,也可以设置多处。或者,下部保护层28及上部保护层30的贯穿孔可以规则或不规则地形成于下部保护层28及上部保护层30的整个面。

[0286] 具有导电性的粘贴层19并无限制,能够利用各种公知的粘贴层。

[0287] 关于以上的电声换能器的激振器,所层叠的压电薄膜18的极化方向在相邻的压电薄膜18中为相反的方向,但是本发明并不限制于此。

[0288] 即,在本发明的电声换能器中,如图9所示的激振器60,层叠了压电薄膜18而成的激振器的压电薄膜18(压电体层20)的极化方向可以均为相同方向。

[0289] 但是,如图9所示,所层叠的压电薄膜18的极化方向均为相同方向的激振器60中,相邻的压电薄膜18彼此中,下部电极24与上部电极26相对。因此,若不将粘贴层19形成为充分厚,则在粘贴层19的面方向的外侧的端部中,相邻的压电薄膜18的下部电极24与上部电极26接触而有可能导致短路。

[0290] 因此,如图9所示,所层叠的压电薄膜18的极化方向均为相同方向的激振器60中,无法较薄形成粘贴层19,从而相对于图1及图8所示的激振器,在能量效率方面不利。

[0291] 以上对本发明的电声换能器进行了详细地说明,但是本发明并不限于上述例,在不脱离本发明的主旨的范围内,可以进行各种改良或变更,这是理所当然的。

[0292] 实施例

[0293] 以下,举出本发明的具体的实施例,对本发明进行进一步详细地说明。

[0294] [压电薄膜的制作]

[0295] 通过上述图3~图7所示的方法,制作了如图2所示那样的压电薄膜。

[0296] 首先,以下述的组成比,将氰乙基化PVA(CR-V Shin-Etsu Chemical Co.,Ltd.制)溶解于甲基乙基酮(MEK)中。之后,以下述的组成比,将PZT粒子添加到该溶液中,并利用螺旋桨式混合器(转速2000rpm)使其分散来制备了用于形成压电体层的涂料。

[0297] • PZT粒子……1000质量份

[0298] • 氰乙基化PVA……100质量份

[0299] • MEK……600质量份

[0300] 另外,PZT粒子使用了在1000~1200℃下烧结市售的PZT原料粉之后,将其以平均粒径成为3.5μm的方式进行了分解及分级处理。

[0301] 另一方面,准备在宽度为23cm且厚度为4μm的长条的PET薄膜上真空蒸镀厚度为0.1μm的铜薄膜而成的如图3所示那样的片状物。即,在本例中,上部电极及下部电极为厚度0.1μm的铜蒸镀薄膜,上部保护层及下部保护层成为厚度4μm的PET薄膜。

[0302] 另外,工艺中,为了获得良好的操作,PET薄膜使用带厚度50μm的隔板(临时支撑体PET)的PET薄膜,且在薄膜电极及保护层的热压接之后,去除了各保护层的隔板。

[0303] 使用斜板式涂布机,在该片状物的下部电极(铜蒸镀薄膜)上涂布用于形成预先制备的压电体层的涂料。以干燥后的涂膜的膜厚成为40μm的方式涂布涂料。

[0304] 接着,利用120℃的烘箱加热干燥在片状物上涂布了涂料的物质,由此使MEK蒸发。由此,制作了如图4所示那样的PET制的下部保护层上具有铜制的下部电极且在其上形成厚度为40μm的压电体层而成的层叠体。

[0305] 通过上述图5及图6所示的电晕极化,在厚度方向上对该层叠体的压电体层进行了极化处理。另外,关于极化处理,将压电体层的温度设为100℃,且在下部电极与电晕电极之间施加6kV的直流电压而产生电晕放电来进行。

[0306] 如图7所示,在进行了极化处理的层叠体上层叠了将铜薄膜真空蒸镀于PET薄膜而成的相同片状物。

[0307] 接着,通过使用层压装置在120℃下热压接层叠体与片状物的层叠体来粘接压电体层与上部电极及下部电极,由上部电极和下部电极夹住压电体层,并由上部保护层和下部保护层夹住该层叠体。

[0308] 由此,制作了如图2所示那样的压电薄膜。

[0309] [实施例1]

[0310] 如图10中示意地表示,将所制作的压电薄膜切断成5×100cm,从而制作了长条的压电薄膜F。

[0311] 在长边方向的一侧端部中,仅剥离规定的保护层来使电极面露出,并将电极引出用的铜箔C层叠于电极面上,并设为引出电极。

[0312] 层叠于压电体层上,并如上述那样粘贴了片状物。

[0313] 接着,将热粘接片(TOYOCHEM CO., LTD.制,LIOELM TSU41SI-25DL,厚度25μm)切断成5×20cm左右,并设为热粘接片A。

[0314] 接着,如图10及图11中示意地表示,以夹住该热粘接片A的方式折叠与压电薄膜F的铜箔相反的一侧的端部,并使用热压机进行了粘接。

[0315] 如图11所示,将压电薄膜F向长边方向进行正反面反转来反复进行折叠这种压电薄膜F而夹住热粘接片A,并使用热压机进行粘接的操作。由此,将压电薄膜F折叠4次来制作了层叠了5层的如图11的下方所示那样的激振器。

[0316] 所制作的激振器的厚度为350μm。

[0317] 准备了厚度300μm的PET薄膜。

[0318] 将该PET薄膜切断成30×20cm,并设为振动板。

[0319] 对于所制作的激振器及振动板,制作1×4cm的条状试验片来进行动态粘弹性测

定，并测定了频率1Hz下的损耗角正切($\tan\delta$)、频率1kHz中的损耗角正切、频率1Hz、25℃下的储能模量(E')及频率1kHz、25℃下的储能模量。

[0320] 另外，在材料的响应具有充分地弹性的情况下，储能模量与杨氏模量一致。因此，对于振动板，根据所获得的测定数据，将频率1Hz、25℃下的振动板的储能模量设为振动板的杨氏模量。

[0321] 关于测定，使用动态粘弹性测定仪(SII NanoTechnology Inc.制、DMS6100粘弹性光谱仪)来进行。

[0322] 关于测定条件，将测定温度范围设为-20～100℃，将升温速度设为2℃/分钟(氮气气氛中)。将测定频率设为0.1Hz、0.2Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、5Hz、10Hz及20Hz。将测定模式设为拉伸测定。进而，将夹头间距设为20mm。

[0323] 其结果，在0～50℃的温度范围内，激振器在频率1Hz的损耗角正切在18℃下具有0.2的极大值(最大值)。并且，激振器在频率1kHz、25℃下的损耗角正切为0.07。

[0324] 并且，激振器在频率1Hz、25℃下的储能模量为 5.1GN/m^2 。如上述，激振器的厚度为350μm。因此，激振器的厚度与在频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积为 $350\mu\text{m} \times 5.1\text{GN/m}^2$ ，且为1.8MN/m。

[0325] 进而，根据激振器的动态粘弹性测定所获得的主曲线中的激振器在频率1kHz、25℃下的储能模量为 15.4GN/m^2 。激振器的厚度为350μm。因此，激振器的厚度与在频率1kHz、25℃下的储能模量的乘积为 $350\mu\text{m} \times 15.4\text{GN/m}^2$ ，且为5.4MN/m。

[0326] 另一方面，振动板(厚度300μm的PET薄膜)的杨氏模量为5GPa。

[0327] 振动板的厚度为300μm，因此振动板的厚度与杨氏模量的乘积即振动板的弹簧常数为1.5MN/m。

[0328] 因此，振动板的弹簧常数的3倍为4.5MN/m。并且，振动板的弹簧常数的0.3倍为0.45MN/m。

[0329] 使用热粘接片(TOYO CHEM CO., LTD.制，LIOELM TSU41SI-25DL，厚度25μm)及热压机，在30×20cm的振动板的中央粘贴激振器，从而制作了电声换能器。

[0330] [比较例1]

[0331] 准备了厚度50μm的PET薄膜。将该PET薄膜切断成30×20cm，并设为振动板。

[0332] 以与实施例1相同的方式测定了振动板的杨氏模量。其结果，振动板的杨氏模量为5GPa。

[0333] 振动板的厚度为50μm，因此振动板的厚度与杨氏模量的乘积即振动板的弹簧常数为0.25MN/m。因此，振动板的弹簧常数的3倍为0.75MN/m。

[0334] 使用了该振动板，除此以外，以与实施例1相同的方式制作了电声换能器。

[0335] [比较例2]

[0336] 将热粘接片A变更为NITTO SHINKO CORPORATION.制的FB-ML4(厚度70μm板)，除此以外，以与实施例1相同的方式制作了激振器。所制作的激振器的厚度为530μm。

[0337] 对于所制作的激振器，以与实施例1相同的方式测定了频率1Hz下的损耗角正切在0～50℃下的极大值及频率1Hz、25℃下的储能模量。

[0338] 其结果，在0～50℃的温度范围内，激振器在频率1Hz的损耗角正切在15℃下具有0.07的极大值(最大值)。

[0339] 并且,在频率1Hz、25℃下的储能模量为 4.7GN/m^2 。如上述,激振器的厚度为 $530\mu\text{m}$ 。因此,激振器的厚度与在频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积为 $530\mu\text{m} \times 4.7\text{GN/m}^2$,且为 2.5MN/m 。

[0340] 使用了该激振器,除此以外,以与实施例1相同的方式制作了电声换能器。

[0341] [比较例3]

[0342] 使用比较例2的激振器和比较例1的振动板,并以与实施例1相同的方式制作了电声换能器。

[0343] [实施例2]

[0344] 准备了厚度 $4000\mu\text{m}$ 的PET薄膜。将该PET薄膜切断成 $30 \times 20\text{cm}$,并设为振动板。

[0345] 以与实施例1相同的方式测定了振动板的杨氏模量。其结果,振动板的杨氏模量为 5GPa 。

[0346] 振动板的厚度为 $4000\mu\text{m}$,因此振动板的厚度与杨氏模量的乘积即振动板的弹簧常数为 20MN/m 。因此,振动板的弹簧常数的3倍为 60MN/m 。并且,振动板的弹簧常数的0.3倍为 6MN/m 。

[0347] 使用了该振动板,除此以外,以与实施例1相同的方式制作了电声换能器。

[0348] [评价]

[0349] 对于所制作的电声换能器,如下进行了挠性的评价。

[0350] 使用铁制的圆杆,进行了10000次以振动板的中央部成为曲率半径 5cm 的方式折叠 180° 的弯曲试验。

[0351] 将即使进行10000次的弯曲试验,也未从任一界面产生剥离的情况评价为A;

[0352] 将在1000~9999次的弯曲试验期间,从任意一个界面产生了剥离的情况评价为B;

[0353] 将到999次为止的弯曲试验期间,从任意一个界面产生了剥离的情况评价为C。

[0354] 并且,关于实施例1和实施例2的电声换能器,也进行了声压的测定。

[0355] 关于声压的测定,对电声换能器施加正弦波,在从振动板的中央沿与振动板的表面正交的方向远离 1m 的位置上配置测定麦克风来进行。

[0356] 将结果示于下述表中。

[表 1]

		激振器			振动板			评价		
损耗角正切 在 1Hz, 0~50°C 下的极大		厚度 [μm]		储能模量 [GN/m ²]	厚度*储能模量 [MN/m]		厚度 [μm]	弹簧常数 [MN/m]	挠性	声压 [dB]
温度 [°C]	极大值	1kHz, 25°C	1kHz	1Hz	1kHz	1kHz				
实施例 1	18	0.2	0.07	350	5.1	15.4	1.8	5.4	300	1.5 A 85
比较例 1	18	0.2	-	350	5.1	-	1.8	-	50	0.25 B -
比较例 2	15	0.07	-	530	4.7	-	2.5	-	300	1.5 B -
比较例 3	15	0.07	-	530	4.7	-	2.5	-	50	0.25 C -
实施例 2	18	0.2	0.07	350	5.1	15.4	1.8	5.4	4000	20 A 75

振动板的杨氏模量均为 56N/m²
振动板的弹簧常数为厚度×杨氏模量（储能模量）

[0357]

[0358] 如上述表所示, 激振器在频率1Hz下的损耗角正切在0~50°C的温度范围内具有极大, 并且该极大为0.08以上, 进而, 激振器的厚度与在频率1Hz、25°C下的储能模量的乘积为

振动板的弹簧常数(厚度×杨氏模量)的3倍以下的本发明的电声换能器具有良好的挠性。

[0359] 相对于此,激振器的厚度与在频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积超过振动板的弹簧常数的3倍的比较例1及激振器在频率1Hz下的损耗角正切在0~50℃的温度范围内具有极大,但是该极大小于0.08的比较例2的挠性差。

[0360] 进而,激振器在频率1Hz下的损耗角正切在0~50℃的温度范围内具有极大,但是该极大小于0.08,并且激振器的厚度与在频率1Hz、25℃下的储能模量的乘积超过振动板的弹簧常数的3倍的比较例3的挠性非常差。

[0361] 并且,激振器的厚度与在频率1kHz、25℃下的激振器的储能模量的乘积为振动板的弹簧常数的0.3倍以上,并且激振器在频率1kHz、25℃下的损耗角正切小于0.08的实施例1可获得高声压,且音响特性也优异。

[0362] 另一方面,与实施例1相比,激振器在频率1kHz、25℃下的损耗角正切小于0.08,但是激振器的厚度与在频率1kHz、25℃下的激振器的储能模量的乘积小于振动板的弹簧常数的0.3倍的实施例4的声压稍微低。

[0363] 作为另一实施例及比较例,并不是折叠长条的压电薄膜,而是使用切片状压电薄膜,制作了相同的电声换能器。

[0364] 即,从所制作的压电薄膜切取5片切断成5×20cm的压电薄膜。与实施例1及实施例2以及比较例1~3相同地,以夹着粘接剂片的方式层叠并粘接5片该压电薄膜,从而制作了层叠了5片压电薄膜而成的激振器。

[0365] 使用了该激振器,除此以外,以与实施例1及实施例2以及比较例1~3相同的方式粘贴振动板,从而制作了电声换能器。对于所制作的电声换能器,相同地进行了评价。另外,关于电极的引出,以相同的方式从各个压电薄膜进行了引出。

[0366] 其结果,任一电声换能器均可获得与折叠5×100cm的长条的压电薄膜来制作激振器的实施例1及实施例2以及比较例1~3几乎相同的结果。

[0367] 进而,准备25×20cm的压电薄膜,对其也交替进行正反面反转来反复折叠4次,从而制作了5×20cm的激振器。即使在该情况下,也可获得与实施例1及实施例2以及比较例1~3几乎相同的结果。

[0368] 根据以上的结果,可知本发明的效果。

[0369] 产业上的可利用性

[0370] 作为具有挠性的扬声器,能够优选地利用于各种用途中。

[0371] 符号说明

[0372] 10-电声换能器,12-振动板,14、56、60-激振器,16、19-粘贴层,18、18L-压电薄膜,18a、18c-片状物,18b-层叠体,20-压电体层,24-下部(薄膜)电极,26-上部(薄膜)电极,28-下部保护层,30-上部保护层,34-粘弹性基体,36-压电体粒子,40-电晕电极,42-直流电源,50-振动板,58-芯棒,PS-电源。

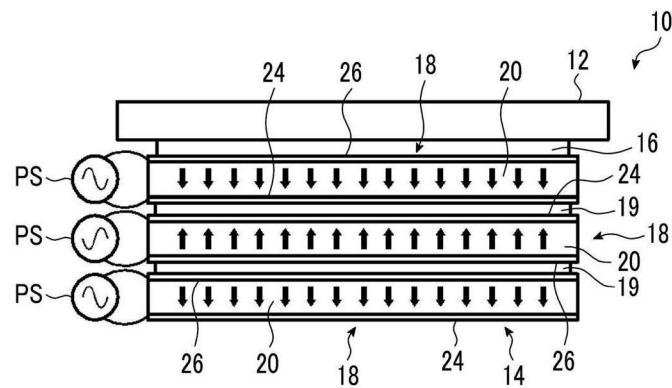


图1

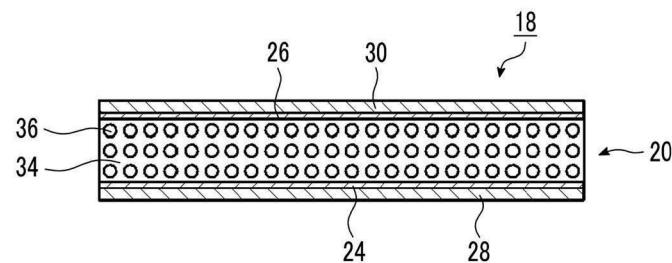


图2

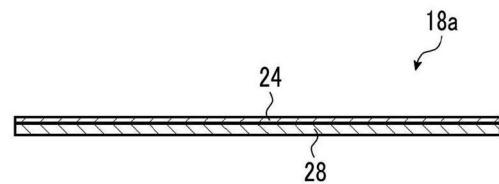


图3

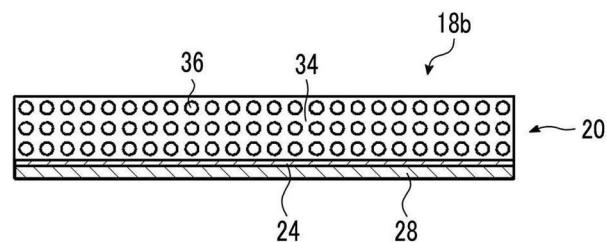


图4

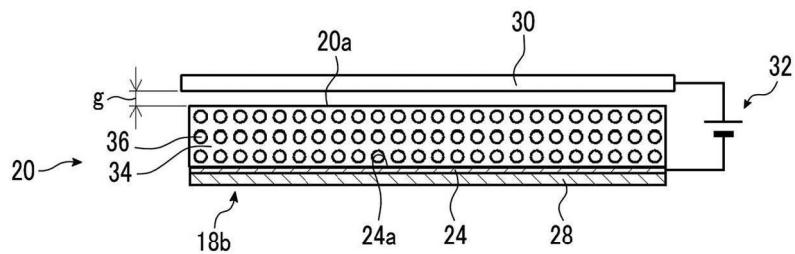


图5

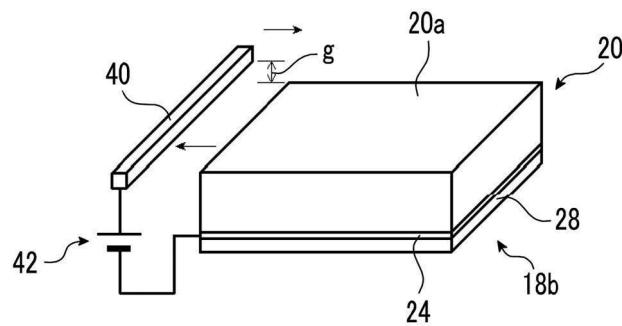


图6

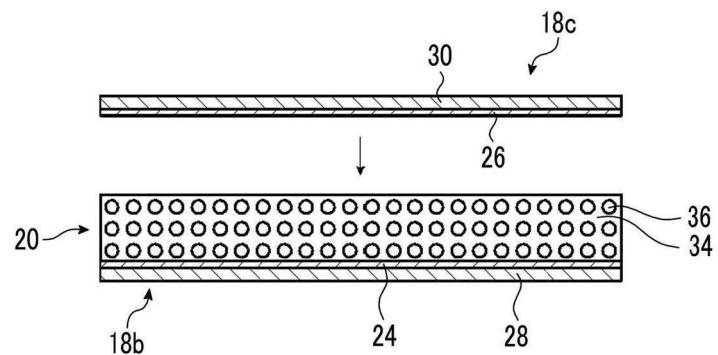


图7

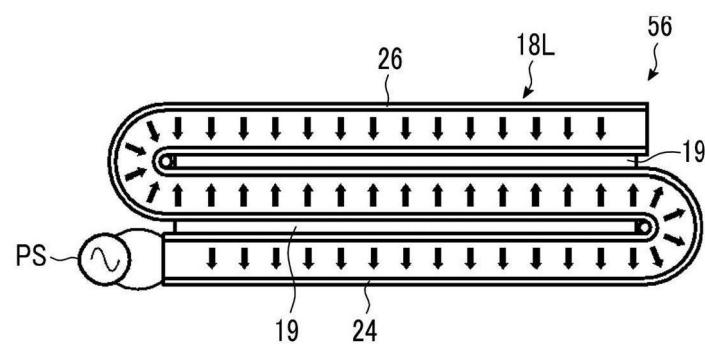


图8

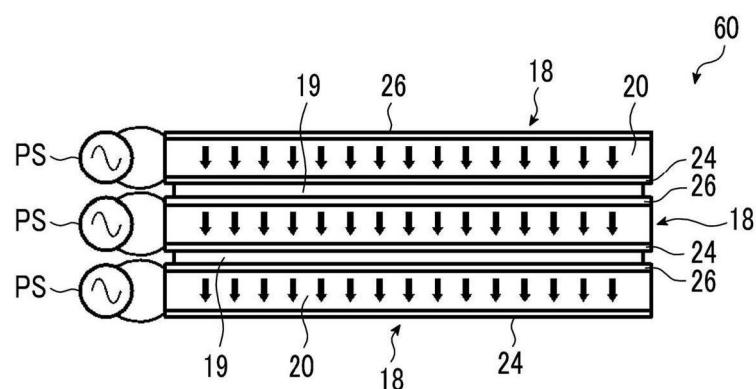


图9

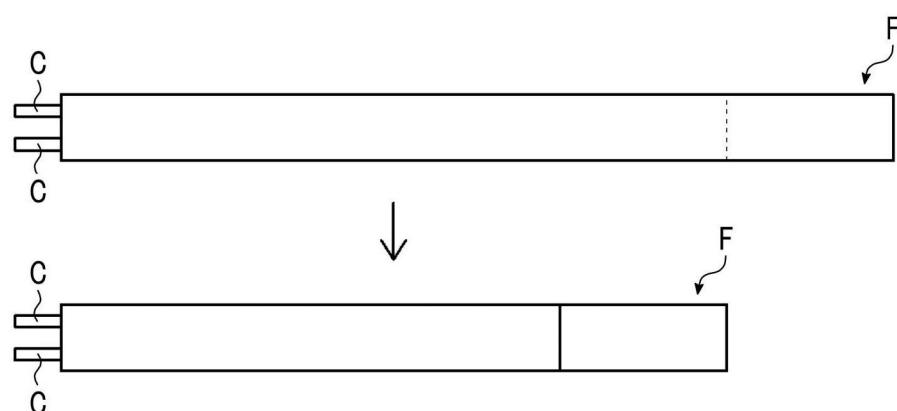


图10

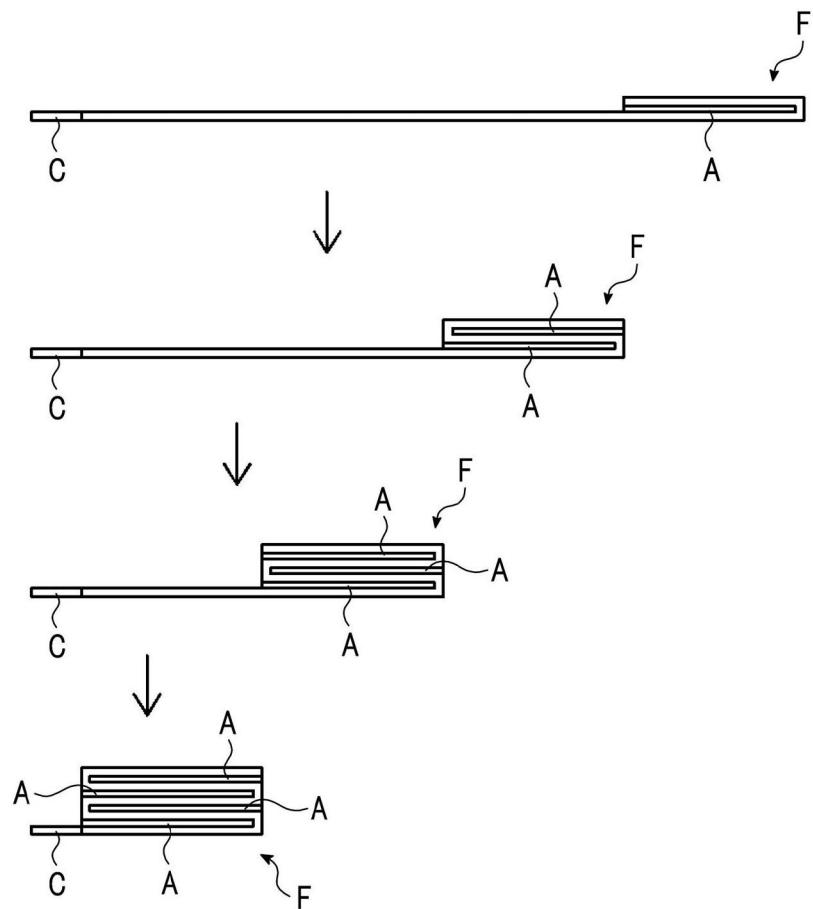


图11