(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115280526 A
(43)申请公布日 2022.11.01

(21)申请号 202180020130.X

(22)申请日 2021.02.25

(30)优先权数据
2020-059969 2020.03.30 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.09.09

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/007032 2021.02.25

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/199800 JA 2021.10.07

(71)申请人 富士胶片株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 香川裕介 芦川辉男 平口和男

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 张志楠 庞东成

(51)Int.Cl.
H01L 41/083(2006.01)
H04R 17/00(2006.01)
H01L 41/09(2006.01)
H01L 41/18(2006.01)
H01L 41/257(2006.01)

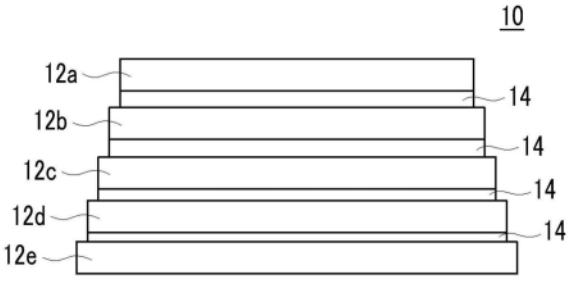
权利要求书1页 说明书20页 附图9页

(54)发明名称

层叠压电元件

(57)摘要

本发明提供一种层叠压电元件，其在层叠了多层以电极层及保护层来夹持压电体层而成的压电薄膜的层叠压电元件中，能够抑制压电薄膜之间的短路。层叠压电元件层叠2层以上的压电薄膜而成，该压电薄膜具有压电体层、夹持压电体层的2个电极层及分别覆盖电极层的2个保护层，相邻的各个压电薄膜的端边的至少一部分在面方向上位于不同位置。



CN 115280526 A

1.一种层叠压电元件,其层叠2层以上的压电薄膜而成,

该压电薄膜具有:

压电体层、

夹持所述压电体层的2个电极层、及

分别覆盖所述电极层的2个保护层,

其中,

相邻的各个所述压电薄膜的端边中的至少一部分在面方向上位于不同位置。

2.根据权利要求1所述的层叠压电元件,其中,

各所述压电薄膜具有端面包覆层,该端面包覆层覆盖所述压电薄膜的端面。

3.根据权利要求1或2所述的层叠压电元件,其中,

相邻的所述压电薄膜的端边之间的距离为0.05mm～2mm。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的层叠压电元件,其中,

所述压电体层沿厚度方向极化,

2层以上的所述压电薄膜以极化方向交替的方式层叠。

5.一种层叠压电元件,其通过折叠1次以上压电薄膜而层叠2层以上的所述压电薄膜而成,

该压电薄膜具有:

压电体层、

夹持所述压电体层的2个电极层、及

分别覆盖所述电极层的2个保护层,

相邻的各个层的端边在面方向上位于不同位置。

6.根据权利要求5所述的层叠压电元件,其中,

所述压电薄膜具有端面包覆层,该端面包覆层覆盖所述压电薄膜的与折叠方向正交的宽度方向的两个端面。

7.根据权利要求5或6所述的层叠压电元件,其中,

相邻的所述层的端边之间的最短距离为0.05mm～5mm。

层叠压电元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种层叠压电元件。

背景技术

[0002] 压电元件作为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发器(激子)而被利用于各种用途。例如,能够通过在图像显示面板、屏幕等中安装激发器以使这些振动来代替扬声器发出声音。

[0003] 然而,在柔性的图像显示装置、能够卷取的屏幕等中安装激发器的情况下,激发器本身至少在不使用时需要是柔性(可滚动)。

[0004] 作为柔性的压电元件,提出了以电极层及保护层夹持压电体层的压电薄膜。

[0005] 例如,在专利文献1中记载了一种电声转换薄膜,其具有:压电层叠体,其是具有将压电体粒子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矩阵中而成的高分子复合压电体、形成于高分子复合压电体的一个面的面积为高分子复合压电体的面积以下的上部薄膜电极、形成于上部薄膜电极的表面的面积为上部薄膜电极的面积以上的上部保护层、形成于高分子复合压电体的上部薄膜电极的相反面的面积为高分子复合压电体的面积以下的下部薄膜电极及形成于下部薄膜电极的表面的面积为下部薄膜电极的面积以上的下部保护层;用于引出上部电极的金属箔,其是层叠于上部薄膜电极的一部分,并且至少一部分位于高分子复合压电体的面方向外部;及用于引出下部电极的金属箔,其是层叠于下部薄膜电极的一部分,并且至少一部分位于高分子复合压电体的面方向外部。

[0006] 这种压电薄膜为薄膜状且弹簧常数有限,因此在用作激发器的情况下,导致输出不足。因此,可以考虑到通过层叠压电薄膜来增加弹簧常数以提高输出。

[0007] 以往技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本特开2014-209724号公报

发明内容

[0010] 发明要解决的技术课题

[0011] 以电极层及保护层夹持压电体层的压电薄膜例如通过卷对卷方式形成为长条状,然后,切割成所期望的形状。在切割时,有时会产生构成电极层的金属毛边。因此,可知如下:在层叠这种压电薄膜的情况下,各层之间的距离近,因此通过毛边而相邻的压电薄膜的电极层导致短路(short circuit)的问题。

[0012] 本发明的课题在于解决这种现有技术的问题点,并提供一种层叠压电元件,其在层叠了多层以电极层及保护层来夹持压电体层而成的压电薄膜的层叠压电元件中,能够抑制压电薄膜之间的短路。

[0013] 用于解决技术课题的手段

[0014] 为了解决这种问题,本发明具有以下结构。

[0015] [1]一种层叠压电元件，其层叠2层以上的压电薄膜而成，该压电薄膜具有压电体层、夹持压电体层的2个电极层及分别覆盖电极层的2个保护层，

[0016] 相邻的各个所述压电薄膜的端边中的至少一部分在面方向上位于不同位置。

[0017] [2]根据[1]所述的层叠压电元件，其中，

[0018] 各压电薄膜具有覆盖压电薄膜的端面的端面包覆层。

[0019] [3]根据[1]或[2]所述的层叠压电元件，其中，相邻的压电薄膜的端边之间的距离为0.05mm～2mm。

[0020] [4]根据[1]至[3]中任一项所述的层叠压电元件，其中，

[0021] 所述压电体层沿厚度方向极化，

[0022] 多个压电薄膜以极化方向交替的方式层叠。

[0023] [5]一种层叠压电元件，其通过折叠1次以上压电薄膜而层叠2层以上的压电薄膜，该压电薄膜具有压电体层、夹持压电体层的2个电极层及分别覆盖电极层的2个保护层，

[0024] 相邻的各个层的端边在面方向上位于不同位置。

[0025] [6]根据[5]所述的层叠压电元件，其中，

[0026] 压电薄膜具有覆盖压电薄膜的与折叠方向正交的宽度方向的两个端面的端面包覆层。

[0027] [7]根据[5]或[6]所述的层叠压电元件，其中，

[0028] 相邻的层的端边之间的最短距离为0.05mm～5mm。

[0029] 发明效果

[0030] 根据这种本发明，能够提供一种层叠压电元件，其在层叠了多层以电极层及保护层来夹持压电体层而成的压电薄膜的层叠压电元件中，能够抑制压电薄膜之间的短路。

附图说明

[0031] 图1是示意地表示本发明的层叠压电元件的一例的图。

[0032] 图2是示意地表示构成图1所示的层叠压电元件的压电薄膜的一例的图。

[0033] 图3是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0034] 图4是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0035] 图5是示意地表示构成本发明的层叠压电元件的压电薄膜的另一例的图。

[0036] 图6是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0037] 图7是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0038] 图8是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0039] 图9是放大层叠压电元件的一部分的图。

[0040] 图10是放大层叠压电元件的一部分的图。

[0041] 图11是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0042] 图12是用于说明压电薄膜的制作方法的一例的概念图。

[0043] 图13是用于说明压电薄膜的制作方法的一例的概念图。

[0044] 图14是用于说明压电薄膜的制作方法的一例的概念图。

[0045] 图15是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0046] 图16是图15的分解图。

[0047] 图17是表示图15的层叠压电元件所具有的压电薄膜的图。

[0048] 图18是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0049] 图19是图18的沿B-B线剖切的剖视图。

[0050] 图20是示意地表示打开了图18的层叠压电元件的状态的图。

具体实施方式

[0051] 以下,基于附图中示出的优选实施方式,对本发明的层叠压电元件详细地进行说明。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 本发明的第1实施方式的层叠压电元件

[0055] 层叠2层以上的压电薄膜而成,该压电薄膜具有压电体层、夹持压电体层的2个电极层及分别覆盖电极层的2个保护层,

[0056] 相邻的各个压电薄膜的端边在面方向上位于不同位置。

[0057] 图1中,示意地示出本发明的层叠压电元件的一例。

[0058] 图1所示的层叠压电元件10具有如下结构,即,层叠5片压电薄膜并利用黏合层(粘贴层)14粘贴了相邻的压电薄膜。各压电薄膜连接到施加使压电薄膜伸缩的驱动电压的电源(省略图示)。

[0059] 另外,图1所示的层叠压电元件10为层叠了5层压电薄膜而成的层叠压电元件,但本发明并不限定于此。即,若本发明的层叠压电元件为层叠了2层以上的压电薄膜而成的层叠压电元件,则压电薄膜的层叠数可以为2层～4层或者也可以为6层以上。对于该点,后述的层叠压电元件也相同。

[0060] 图2中,通过剖视图示意地表示压电薄膜12。另外,在图1中,由于压电薄膜12a～12e除了层叠顺序及宽度不同以外具有相同的结构,因此,在以下说明中,不需要区别压电薄膜的情况下,也总称为压电薄膜12。

[0061] 如图2所示,压电薄膜12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的一个面的第1电极层24、层叠于第1电极层24上的第1保护层28、层叠于压电体层20的另一面的第2电极层26及层叠于第2电极层26上的第2保护层30。即,压电薄膜12以2个电极层来夹持压电体层20,并且具有分别覆盖各电极层的保护层。关于压电薄膜12,在以下进行详细叙述。

[0062] 其中,在本发明的层叠压电元件中,相邻的各个压电薄膜的端边在面方向上位于不同位置。面方向是指压电薄膜的主表面的面方向。主表面是指片状物(层、膜、板状物体)的最大面。

[0063] 具体而言,图1中层叠于最上侧的压电薄膜12a与在该压电薄膜12a的下层相邻地层叠的压电薄膜12b在图中左右方向上的宽度不同,压电薄膜12的面方向即图中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言,压电薄膜12b比压电薄膜12a的宽度宽,压电薄膜12b的图中左侧的端边位于比压电薄膜12a的左侧的端边更靠左侧,并且,压电薄膜12b的图中右

侧的端边位于比压电薄膜12a的右侧的端边更靠右侧。

[0064] 并且，压电薄膜12b与在该压电薄膜12b的下层相邻地层叠的压电薄膜12c在图中左右方向上的宽度不同，压电薄膜12的面方向即图中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言，压电薄膜12c比压电薄膜12b的宽度宽，压电薄膜12c的图中左侧的端边位于比压电薄膜12b的左侧的端边更靠左侧，并且，压电薄膜12c的图中右侧的端边位于比压电薄膜12b的右侧的端边更靠右侧。

[0065] 关于压电薄膜12c与在该压电薄膜12c的下层相邻地层叠的压电薄膜12d的关系以及压电薄膜12d与在该压电薄膜12d的下层相邻地层叠的压电薄膜12e的关系，也同样地，图中左右方向上的宽度不同，压电薄膜12的面方向即图中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言，位于下层的压电薄膜12比在其上方相邻的压电薄膜12的宽度宽，位于下层的压电薄膜12的左右两端边分别位于比在上方相邻的压电薄膜12的端边更靠外侧。

[0066] 如上述，以电极层及保护层夹持压电体层的压电薄膜例如通过卷对卷工序形成为长条状，然后，切割成所期望的形状。在切割时，有时会产生构成电极层的金属毛边。因此，可知在层叠以相同的大小切割的压电薄膜的情况下，各层之间的距离变近，因此通过毛边而相邻的压电薄膜的电极层导致短路(short circuit)的问题。

[0067] 相对于此，在本发明的层叠压电元件10中，多个压电薄膜12具有相邻的压电薄膜12的各个端边在面方向上成为不同的位置的方式层叠的结构。由此，能够加长相邻的压电薄膜的电极层之间的距离，并且能够抑制电极层短路(short circuit)。

[0068] 其中，在图1中示出的例子中，虽然设为压电薄膜的大小随着从上层朝向下层而变大的结构，但是相邻的压电薄膜的端边只要在面方向上位于不同位置，则并不限定于此。

[0069] 图3是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0070] 图3所示的层叠压电元件10具有如下结构，即，层叠5片压电薄膜并利用黏合层(粘贴层)14粘贴了相邻的压电薄膜。

[0071] 图3中层叠于最上侧的压电薄膜12a与在该压电薄膜12a的下层相邻地层叠的压电薄膜12b在图中左右方向上的宽度不同，压电薄膜12的面方向即图中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言，压电薄膜12a比压电薄膜12b的宽度宽，压电薄膜12a的图中左侧的端边位于比压电薄膜12b的左侧的端边更靠左侧(外侧)，并且，压电薄膜12a的图中右侧的端边位于比压电薄膜12b的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0072] 并且，压电薄膜12b与在该压电薄膜12b的下层相邻地层叠的压电薄膜12c在图中左右方向上的宽度不同，压电薄膜12的面方向即图中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言，压电薄膜12c比压电薄膜12b的宽度宽，压电薄膜12c的图中左侧的端边位于比压电薄膜12b的左侧的端边更靠左侧(外侧)，并且，压电薄膜12c的图中右侧的端边位于比压电薄膜12b的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0073] 并且，层叠于压电薄膜12c的下层的压电薄膜12d比压电薄膜12c的宽度窄，压电薄膜12c的图中左侧的端边位于比压电薄膜12d的左侧的端边更靠左侧(外侧)，并且，压电薄膜12c的图中右侧的端边位于比压电薄膜12d的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0074] 而且，层叠于压电薄膜12d的下层的压电薄膜12e比压电薄膜12d的宽度宽，压电薄膜12e的图中左侧的端边位于比压电薄膜12d的左侧的端边更靠左侧(外侧)，并且，压电薄膜12e的图中右侧的端边位于比压电薄膜12d的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0075] 即,在图3中示出的例子中,宽度宽的压电薄膜12与宽度窄的压电薄膜12交替地层叠,宽度宽的压电薄膜12与宽度窄的压电薄膜12的左右两端边的位置不同。

[0076] 图4是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。

[0077] 图4所示的层叠压电元件10具有如下结构,即,层叠5片压电薄膜并利用黏合层(粘贴层)14粘贴了相邻的压电薄膜。

[0078] 图3中层叠于最上侧的压电薄膜12a与在该压电薄膜12a的下层相邻地层叠的压电薄膜12b在图中左右方向上的宽度不同,压电薄膜12的面方向即图中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言,压电薄膜12a比压电薄膜12b的宽度宽,压电薄膜12a的图中左侧的端边位于比压电薄膜12b的左侧的端边更靠左侧(外侧),并且,压电薄膜12a的图中右侧的端边位于比压电薄膜12b的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0079] 并且,压电薄膜12b与在该压电薄膜12b的下层相邻地层叠的压电薄膜12c在图中左右方向上的宽度不同,压电薄膜12的面方向即图中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言,压电薄膜12b比压电薄膜12c的宽度宽,压电薄膜12b的图中左侧的端边位于比压电薄膜12c的左侧的端边更靠左侧(外侧),并且,压电薄膜12b的图中右侧的端边位于比压电薄膜12c的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0080] 并且,层叠于压电薄膜12c的下层的压电薄膜12d比压电薄膜12c的宽度宽,压电薄膜12d的图中左侧的端边位于比压电薄膜12c的左侧的端边更靠左侧(外侧),并且,压电薄膜12d的图中右侧的端边位于比压电薄膜12c的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0081] 而且,层叠于压电薄膜12d的下层的压电薄膜12e比压电薄膜12d的宽度宽,压电薄膜12e的图中左侧的端边位于比压电薄膜12d的左侧的端边更靠左侧(外侧),并且,压电薄膜12e的图中右侧的端边位于比压电薄膜12d的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0082] 即,在图4中示出的例子中,压电薄膜的大小随着从层叠方向的中央朝向外侧(表面侧)而变大。

[0083] 其中,各压电薄膜12可以具有覆盖压电薄膜12的端面的端面包覆层。

[0084] 图5中,通过剖视图示意地表示压电薄膜12。

[0085] 如图5所示,压电薄膜12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的一个面的第1电极层24、层叠于第1电极层24上的第1保护层28、层叠于压电体层20的另一个面的第2电极层26、层叠于第2电极层26上的第2保护层30及覆盖以第1保护层28、第1电极层24、压电体层20、第2电极层26及第2保护层30的顺序层叠的层叠体的端面的端面包覆层32。端面包覆层32具有绝缘性。

[0086] 在图5中示出的例子中,端面包覆层32覆盖从第1保护层28的表面的一部分至层叠体的端面及第2保护层30的表面的一部分为止的区域。

[0087] 关于端面包覆层32,在以下进行详细叙述。

[0088] 通过具有绝缘性的端面包覆层32,能够更优选地抑制相邻的压电薄膜12的电极层之间的短路。

[0089] 在图6～8中示出将具有端面包覆层32的压电薄膜12以相邻的压电薄膜12的端边在面方向上位于不同位置的方式层叠的例子。

[0090] 在图6中示出的例子是除了压电薄膜12具有端面包覆层以外,以与图1中示出的例子相同地层叠压电薄膜12的例子。

[0091] 在图7中示出的例子是除了压电薄膜12具有端面包覆层以外，以与图3中示出的例子相同地层叠压电薄膜12的例子。

[0092] 在图8中示出的例子是除了压电薄膜12具有端面包覆层以外，以与图4中示出的例子相同地层叠压电薄膜12的例子。

[0093] 其中，在设为压电薄膜12具有端面包覆层32的结构的情况下，如图5所示，在端部的保护层的表面也形成端面包覆层32。因此，通过端面包覆层32而压电薄膜12成为两端部的厚度变得比中央部分厚，导致厚度产生分布。以相同的大小层叠具有这种端面包覆层的压电薄膜的情况下，层叠两端部的厚度厚的部分(形成有端面包覆层的部分)，在作为层叠压电元件而观察时，两端部的厚度与中央部分的厚度差变得更大。

[0094] 若存在这种厚度差，则产生刚性差。因此，例如，在将层叠压电体作为激发器而安装于能够卷取的屏幕等的情况下，在进行卷取时，刚性高的部分不易弯曲，因此导致在屏幕上形成压痕。

[0095] 相对于此，本发明的层叠压电元件中，相邻的各个压电薄膜的端边在面方向上位于不同位置。因此，如图6～图8所示，相邻的压电薄膜12的形成有端面包覆层32的部分在面方向上不重叠。因此，作为层叠压电元件来观察时，能够减小两端部的厚度与中央部分的厚度差，并且能够抑制产生刚性差。由此，将层叠压电体作为激发器而安装于能够卷取的屏幕等的情况下，在卷取时，能够抑制在屏幕上形成压痕。

[0096] 从能够防止短路及在形成端面包覆层时减小端部与中央部分的厚度差等观点考虑，在相邻的压电薄膜12的端边之间的面方向上的距离优选为0.05mm～5mm，更优选为0.2mm～3mm，进一步优选为0.3mm～2mm。

[0097] 另外，相邻的压电薄膜12的端边之间的面方向上的距离是与短边的拉伸方向正交的方向上的距离。即，是端面的垂线方向上的距离。

[0098] 并且，在压电薄膜的端边的至少一部分中，相邻的压电薄膜的端边在面方向上位于不同位置即可，但从防止短路的观点考虑，在压电薄膜的端边的整个区域中，优选为在面方向上位于与相邻的压电薄膜的端边不同的位置。

[0099] 并且，在相邻的压电薄膜中的至少1组中，端边在面方向上位于不同位置即可，在所有相邻的压电薄膜的组中，优选端边在面方向上位于不同位置。即，可以存在相邻的压电薄膜的端边在面方向上位于相同位置的组。

[0100] 其中，如图6～图8中示出的例子，各压电薄膜12具有端面包覆层32的结构的情况下，优选如图9所示，以从面方向观察相邻的压电薄膜12的端面包覆层32彼此时不重叠的方式设定相邻的压电薄膜12的端边之间的面方向上的距离。如后述，端面包覆层32有时是通过涂布等而形成的涂层以及有时是通过粘贴绝缘性胶带而形成的层等，在任意情况下，超出端面包覆层32的主表面的部分的面方向的长度最大为5mm左右。因此，从不使相邻的压电薄膜12的端面包覆层32彼此重叠的观点考虑，相邻的压电薄膜12的端边之间的面方向上的距离优选设为最大为5mm左右。

[0101] 并且，相邻的压电薄膜12的端面包覆层32彼此可以重叠。尤其，端面包覆层32为涂层的情况下，如图10所示，超出端面包覆层32的主表面的部分的厚度随着从压电薄膜12的端面远离而逐渐减小。这样，可以设为在端面包覆层32的厚度逐渐减小的部分与相邻的压电薄膜12的端面包覆层32重叠。

[0102] 其中，如图6～图8中示出的例子中，设为层叠有多个具有端面包覆层32的压电薄膜12的结构，即以在各压电薄膜12形成有端面包覆层32的状态层叠的结构，但并不限定于此。

[0103] 如图11所示的例子，可以设为具有覆盖层叠有多个压电薄膜12的层叠体的端面的端面包覆层32的结构。即，可以在层叠多个未形成有端面包覆层32的压电薄膜12之后，形成覆盖该层叠体的端面的端面包覆层。

[0104] 各压电薄膜的形状并无特别限定，能够设为圆形、椭圆形、矩形、多边形、非规则形状等各种形状。另外，所层叠的多个压电薄膜只要设为相邻的压电薄膜彼此在面方向的大小不同的相似形状即可。

[0105] 作为一例，这种本发明的层叠压电元件10可以用作用于通过黏合层黏合于振动板来从振动板发出声音的激发器。

[0106] 如后述，在本发明的层叠压电元件10中，构成层叠有多层的压电薄膜12的压电体层20优选将压电体粒子36分散于粘弹性矩阵34中而成。并且，设置有第1电极层24及第2电极层26，以在厚度方向上夹着压电体层20。

[0107] 若对具有这种压电体层20的压电薄膜的第1电极层24及第2电极层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(压电体层20)向厚度方向收缩。同时，由于泊松比的关系，压电薄膜也向面方向伸缩。

[0108] 该伸缩为0.01～0.1％左右。

[0109] 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。

[0110] 相对于此，压电薄膜即压电体层20在面方向上具有明显大于厚度的尺寸。因此，例如，若压电薄膜的长度为20cm，则通过施加电压，压电薄膜最大伸缩0.2mm左右。

[0111] 如上所述，在振动板中，通过黏合层粘贴有层叠压电元件10。因此，通过压电薄膜的伸缩，振动板弯曲，其结果，振动板向厚度方向振动。

[0112] 通过该厚度方向的振动，振动板发出声音。即，振动板根据施加于压电薄膜的电压(驱动电压)的大小来进行振动，并根据施加于压电薄膜的驱动电压来发出声音。

[0113] 其中，已知由PVDF等高分子材料组成的通常的压电薄膜通过在极化处理后沿单轴方向进行拉伸处理来对拉伸方向取向分子链并作为结果在拉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。

[0114] 相对于此，将压电体粒子分散于粘弹性矩阵中而成的具有高分子复合压电体的压电薄膜即使在极化处理后不进行拉伸处理也可获得较大的压电特性，因此压电特性中不具有面内各向异性，并在面方向上向所有方向各向同性地伸缩。即，压电薄膜在二维上各向同性地伸缩。层叠了在二维上这种各向同性地伸缩的压电薄膜的层叠压电元件10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，能够发出更大且优美的声音。

[0115] 如上所述，本发明的层叠压电元件为层叠了多片这种压电薄膜而成的层叠压电元件。

[0116] 因此，即使每1片的压电薄膜的刚性低且伸缩力小，但通过层叠压电薄膜，刚性变

高，作为层叠压电元件10的伸缩力变大。其结果，关于本发明的层叠压电元件10，即使振动板具有一定程度的刚性，也以较大的力使振动板充分地弯曲并使振动板充分地向厚度方向振动，从而能够使振动板发出声音。

[0117] 并且，压电体层20越厚，压电薄膜的伸缩力变得越大，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，在本发明的层叠压电元件10中，优选的压电体层20的厚度最大也只有300μm左右，因此施加于各个压电薄膜的电压小也能够充分地伸缩压电薄膜。

[0118] 另外，如上所述，在压电薄膜中，厚度方向的压电体层20的伸缩的绝对量非常小，压电薄膜的伸缩实质上仅在面方向进行。

[0119] 因此，即使所层叠的压电薄膜的极化方向相反，只要施加于第1电极层24及第2电极层26的电压的极性正确，则所有的压电薄膜沿相同方向伸缩。

[0120] 另外，作为粘贴层叠压电元件的振动板，并无限制，能够利用各种物品。

[0121] 作为振动板，作为一例，例示出树脂制的板及玻璃板等板材、招牌等广告·通知介质、桌子、白板及投影用屏幕等办公室设备及家具、有机电致发光(OLED(Organic Light Emitting Diode))显示器及液晶显示器等显示装置、控制台、A柱、天花板及保险杆等汽车等车辆的部件以及住宅的墙壁等建材等。

[0122] 以下，对压电薄膜12的详细内容进行说明。

[0123] 如图2及图5所示，压电薄膜12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的一个面的第1电极层24、层叠于第1电极层24上的第1保护层28、层叠于压电体层20的另一个面的第2电极层26及层叠于第2电极层26上的第2保护层30。即，压电薄膜12具有以第1保护层28、第1电极层24、压电体层20、第2电极层26及第2保护层30的顺序层叠的结构。如后述，作为优选方式，压电薄膜12(压电体层20)在厚度方向上被极化。将压电薄膜12的极化方向的上游侧的电极层及保护层设为第1电极层24及第1保护层28，将下游侧的电极层及保护层设为第2电极层26及第2保护层30。

[0124] 在压电薄膜12中，作为优选方式，如图2中示意地表示，压电体层20为由高分子复合压电体组成，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矩阵34中而成。另外，在本说明书中，“常温”是指0～50℃左右的温度范围。

[0125] 其中，高分子复合压电体(压电体层20)优选具备以下事项。

[0126] (i)挠性

[0127] 例如，作为可携式以如新闻或杂志那样的文件感觉缓慢弯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较硬，则产生其相对程度的较大的弯曲应力而在高分子矩阵与压电体粒子的界面产生龟裂，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，要求高分子复合压电体的损耗角正切适当大。

[0128] 综上所述，要求用作激发器的柔性的高分子复合压电体对于20Hz～20kHz的振动较硬地动作，对于数Hz以下的振动较柔软地动作。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。

[0129] 而且，优选为通过配合所贴附的对象材料(振动板)的刚性(硬度、刚度、弹簧常数)来层叠，能够简便地调节弹簧常数，此时，黏合层14越薄，越能够提高能量效率。

[0130] 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观布朗(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。该主分散产生的温度为玻璃化转变点(Tg)，粘弹性缓和机构最明显地显现。

[0131] 在高分子复合压电体(压电体层20)中，通过将玻璃化转变点在常温下的高分子材料，换言之，在常温下将具有粘弹性的高分子材料用于矩阵中，实现对于20Hz～20kHz的振动较硬地动作，对于数Hz以下的慢振动较软地动作的高分子复合压电体。尤其，在优选地发现该动作等方面，优选将频率1Hz中的玻璃化转变点在常温即0～50℃下的高分子材料用于高分子复合压电体的矩阵中。

[0132] 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高分子材料。优选为，在常温即0～50℃下，使用基于动态粘弹性试验而得的频率1Hz中的损耗角正切Tanδ的极大值为0.5以上的高分子材料。

[0133] 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矩阵与压电体粒子的界面的应力集中得到缓和，能够期待高挠性。

[0134] 并且，在常温下具有粘弹性的高分子材料优选为如下，即，基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz中的储能模量(E')在0℃下为100MPa以上，在50℃下为10MPa以下。

[0135] 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的音响振动较硬地动作。

[0136] 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，对高分子矩阵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。

[0137] 然而，另一方面，若考虑确保良好的耐湿性等，则高分子材料的相对介电常数还优选在25℃下为10以下。

[0138] 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、聚偏二氯乙烯丙烯腈、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。

[0139] 另外，这些高分子材料可以仅使用1种，也可以并用(混合)使用多种。

[0140] 使用这种在常温下具有粘弹性的高分子材料的粘弹性矩阵34根据需要可以并用多种高分子材料。

[0141] 即，以调节介电特性或机械特性等为目的，向粘弹性矩阵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。

[0142] 作为能够添加的介电性高分子材料，作为一例，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、偏二氰乙烯-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。

[0143] 其中，优选地利用具有氰乙基的高分子材料。

[0144] 并且，在压电体层20的粘弹性矩阵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。

[0145] 并且，以调节玻璃化转变点Tg为目的，除了介电性聚合物以外，也可以向粘弹性矩阵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树脂、尿素树脂、三聚氰胺树脂、醇酸树脂及云母等热固性树脂。

[0146] 而且，以提高胶黏性为目的，也可以添加松香酯、松香、萜烯、萜烯酚及石油树脂等增粘剂。

[0147] 在压电体层20的粘弹性矩阵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，但是以在粘弹性矩阵34中所占比例计优选为30质量％以下。

[0148] 由此，不损害粘弹性矩阵34中的粘弹性缓和机构便能够发现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。

[0149] 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。

[0150] 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($BaTiO_3$)、氧化锌(ZnO)及钛酸钡与铁酸铋($BiFe_3$)的固体溶液(BFBT)等。

[0151] 这种压电体粒子36的粒径并无限制，根据压电薄膜12的尺寸及层叠压电元件10的用途等适当进行选择即可。压电体粒子36的粒径优选为1～10μm。

[0152] 通过将压电体粒子36的粒径设在该范围内，在压电薄膜12能够兼顾高压电特性和柔性等方面能够获得优选的结果。

[0153] 另外，在图2中，压电体层20中的压电体粒子36均匀且具有规律性地分散于粘弹性矩阵34中，但是本发明并不限定于此。

[0154] 即，压电体层20中的压电体粒子36优选为，若均匀地被分散，则可以不规律地分散于粘弹性矩阵34中。

[0155] 在压电薄膜12中，压电体层20中的粘弹性矩阵34与压电体粒子36的量比并无限制，根据压电薄膜12的面方向的大小及厚度、层叠压电元件10的用途以及压电薄膜12中所要求的特性等可以适当进行设定。

[0156] 压电体层20中的压电体粒子36的体积分率优选为30～80％，更优选为50％以上，因此进一步优选设为50～80％。

[0157] 通过将粘弹性矩阵34与压电体粒子36的量比设在上述范围内，在能够兼顾高压电特性和柔性等方面能够获得优选的结果。

[0158] 在以上的压电薄膜12中，作为优选方式，压电体层20为将压电体粒子分散于粘弹性矩阵中而成的高分子复合压电体层，该粘弹性矩阵包含在常温下具有粘弹性的高分子材

料。然而，本发明并不限定于此，作为压电薄膜的压电体层，能够利用公知的压电元件中所使用的公知的各种压电体层。

[0159] 作为一例，可例示由聚偏二氟乙烯(PVDF)及偏二氟乙烯-四氟乙烯共聚物的上述的介电性高分子材料组成的压电体层、以及由PZT、PLZT、钛酸钡、氧化锌及BFBT等上述的压电体组成的压电体层等。

[0160] 在压电薄膜12中，压电体层20的厚度并无特别限定，根据层叠压电元件10的用途、层叠压电元件10中的压电薄膜的层叠数、压电薄膜12中所要求的特性等可以适当进行设定。

[0161] 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12以相同量伸缩而所需的电压(电位差)变大。

[0162] 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。

[0163] 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。

[0164] 如图2所示，图示例的压电薄膜12具有如下结构，即，在这种压电体层20的一个面具有第1电极层24，在其之上具有第1保护层28，在压电体层20的另一个面具有第2电极层26，在其之上具有第2保护层30而成。其中，第2电极层26与第1电极层24形成电极对。

[0165] 另外，压电薄膜12可以具有除了这些层而且还覆盖例如侧面等的压电体层20露出的区域以防止短路等的端面包覆层等。关于端面包覆层，在以下进行详细叙述。

[0166] 即，压电薄膜12具有以电极对即第1电极层24及第2电极层26夹持压电体层20的两面，并且以第1保护层28及第2保护层30夹持该层叠体而成的结构。

[0167] 如此，在压电薄膜12中，以第1电极层24及第2电极层26夹持的区域根据所施加的电压而伸缩。

[0168] 另外，如上述，第1电极层24及第1保护层28以及第2电极层26及第2保护层30根据压电体层20的极化方向而标注名称。因此，第1电极层24与第2电极层26以及第1保护层28与第2保护层30具有基本上相同的结构。

[0169] 在压电薄膜12中，第1保护层28及第2保护层30包覆第2电极层26及第1电极层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12中，由粘弹性矩阵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12设置第1保护层28及第2保护层30以弥补该情况。

[0170] 第1保护层28及第2保护层30并无限制，能够利用各种片状物，作为一例，优选地例示出各种树脂薄膜。

[0171] 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(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。

[0172] 第1保护层28及第2保护层30的厚度也并无限制。并且，第1保护层28及第2保护层30的厚度基本上相同，但是也可以不同。

[0173] 其中，若第1保护层28及第2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，去除要求机械强度或作为片状物的良好的操作性的情况，第1保护层28及第2保护层30越薄越有利。

[0174] 在压电薄膜12中，若第1保护层28及第2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。

[0175] 例如，在压电体层20的厚度为50μm且第1保护层28及第2保护层30由PET组成的情况下，第1保护层28及第2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。

[0176] 在压电薄膜12中，在压电体层20与第1保护层28之间形成第1电极层24，在压电体层20与第2保护层30之间形成第2电极层26。为了对压电体层20(压电薄膜12)施加电压而设置第1电极层24及第2电极层26。

[0177] 在本发明中，第1电极层24及第2电极层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、铬及钼等金属、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，铜、铝、金、银、铂及氧化铟锡作为第1电极层24及第2电极层26而优选地例示。

[0178] 并且，第1电极层24及第2电极层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。

[0179] 其中，根据能够确保压电薄膜12的挠性等理由，作为第1电极层24及第2电极层26，尤其可优选地利用通过真空蒸镀所成膜的铜及铝等薄膜。其中，尤其可优选地利用基于真空蒸镀而形成的铜的薄膜。

[0180] 第1电极层24及第2电极层26的厚度并无限制。并且，第1电极层24及第2电极层26的厚度基本上相同，但是也可以不同。

[0181] 其中，与上述的第1保护层28及第2保护层30同样地，若第1电极层24及第2电极层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，则第1电极层24及第2电极层26越薄越有利。

[0182] 在压电薄膜12中，若第1电极层24及第2电极层26的厚度与杨氏模量的积低于第1保护层28及第2保护层30的厚度与杨氏模量的积，则不会严重损害挠性，因此优选。

[0183] 例如，第1保护层28及第2保护层30为由PET(杨氏模量：约6.2GPa)组成的组合且第1电极层24及第2电极层26为由铜(杨氏模量：约130GPa)组成的组合的情况下，若设为第1保护层28及第2保护层30的厚度为25μm，则第1电极层24及第2电极层26的厚度优选为1.2μm以下，更优选为0.3μm以下，其中，尤其优选设为0.1μm以下。

[0184] 如上所述，压电薄膜12具有如下结构，即，以第1电极层24及第2电极层26夹持将压电体粒子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矩阵34中而成的压电体层20，进而以第1保护层28及第2保护层30夹持该层叠体而成。

[0185] 这种压电薄膜12优选在常温下具有基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz中的损耗角正切(Tanδ)的极大值，优选在常温下具有成为0.1以上的极大值。

[0186] 由此，即使压电薄膜12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矩阵与压电体粒子的

界面产生龟裂。

[0187] 压电薄膜12优选如下，即，基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz中的储能模量(E')在0℃下为10～30GPa，在50℃下为1～10GPa。

[0188] 由此，在常温下压电薄膜12在储能模量(E')中能够具有较大的频率分散。即，能够对于20Hz～20kHz的振动较硬地动作，对于数Hz以下的振动较柔软地动作。

[0189] 并且，压电薄膜12优选为如下，即，厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz中的储能模量(E')的积在0℃下为1.0×10^{6}～2.0×10^{6}N/m，在50℃下为1.0×10^{5}～1.0×10^{6}N/m。

[0190] 由此，压电薄膜12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。

[0191] 而且，压电薄膜12优选为如下，即，从动态粘弹性测定所获得的主曲线中，在25℃下、频率1kHz中的损耗角正切(Tanδ)为0.05以上。

[0192] 由此，使用了压电薄膜12的扬声器的频率特性变得平滑，也能够减小随着扬声器的曲率的变化而最低谐振频率f_0变化时的音质的变化量。

[0193] 如上述，端面包覆层32形成为覆盖以第1保护层28、第1电极层24、压电体层20、第2电极层26及第2保护层30的顺序层叠的层叠体的端面。

[0194] 在端面包覆层32的形成材料中，并无限制，只要是具有绝缘性的材料，则能够利用公知的各种材料。

[0195] 作为一例，例示出聚酰亚胺及耐热性的聚对苯二甲酸乙二酯等。

[0196] 端面包覆层32的厚度也并无限制，只要对能够防止短路的厚度进行适当设定即可。端面包覆层32的厚度(与保护层的主表面垂直的方向的厚度及与端面垂直的方向的厚度)优选为3μm～100μm。

[0197] 在本发明中，根据需要可以将端面包覆层32的水蒸气渗透率设为100g/(m^2·day)以下，并使端面包覆层32具有阻气性。通过具有这种端面包覆层32，即使在构成压电体层20的成分通过水分而变差的情况下，也能够防止压电体层20变差。

[0198] 在本发明中，若能够粘贴相邻的压电薄膜12，则能够利用各种公知的黏合层14。

[0199] 因此，黏合层14可以为由贴合时具有流动性而之后变成固态的黏合剂组成的层，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胶黏剂组成的层，还可以为由具有黏合剂与胶黏剂这两者的特征的材料组成的层。

[0200] 其中，关于本发明的层叠压电元件10，例如，通过粘贴于振动板并使所层叠的多片压电薄膜伸缩，使振动板振动而发出声音。因此，本发明的层叠压电元件10中，优选各压电薄膜的伸缩直接被传递。若在压电薄膜之间存在如缓和振动的具有粘性的物质，则会导致压电薄膜的伸缩能量的传递效率变低而导致层叠压电元件10的驱动效率降低。

[0201] 若考虑到这一点，则相比由胶黏剂组成的胶黏剂层，黏合层14优选为由可获得固态且较硬的黏合层14的黏合剂组成的黏合剂层。作为更优选的黏合层14，具体而言，可优选地例示出由聚酯系黏合剂及苯乙烯·丁二烯橡胶(SBR)系黏合剂等热塑性类型的黏合剂组成的粘贴层。

[0202] 关于黏合，与胶黏不同，在要求高黏合温度时有用。并且，热塑性类型的黏合剂兼备“相对低温、短时间及强黏合”，因此优选。

[0203] 在本发明的层叠压电元件10中，黏合层14的厚度并无限制，根据黏合层14的形成材料，可以适当设定能够显出充分的粘贴力(黏合力、胶黏力)的厚度。

[0204] 其中，关于本发明的层叠压电元件10，黏合层14越薄越提高压电体层20的伸缩能量(振动能量)的传递效果，能够提高能量效率。并且，若黏合层14厚且刚性高，则有可能会限制压电薄膜的伸缩。而且，本发明的层叠压电元件10的相邻的压电薄膜12彼此不易发生短路，因此能够使黏合层14变薄。

[0205] 若考虑到这一点，则黏合层14优选薄于压电体层20。即，在本发明的层叠压电元件10中，黏合层14优选硬且薄。

[0206] 具体而言，黏合层14的厚度为以粘贴后的厚度计优选为0.1～50μm，更优选为0.1～30μm，进一步优选为0.1～10μm。

[0207] 在本发明的层叠压电元件10中，若黏合层14的弹簧常数高，则有可能会限制压电薄膜12的伸缩。因此，黏合层14的弹簧常数优选为与压电薄膜12的弹簧常数等同或者为其以下。另外，弹簧常数为“厚度×杨氏模量”。

[0208] 具体而言，黏合层14的厚度与基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz中的储能模量(E')的积优选在0℃下为2.0×10^{6}N/m以下，在50℃下为1.0×10^{6}N/m以下。

[0209] 并且，粘贴层的基于动态粘弹性测定而得的频率1Hz中的内部损耗优选为在由胶黏剂组成的黏合层14的情况下在25℃下为1.0以下，在由黏合剂组成的黏合层14的情况下在25℃下为0.1以下。

[0210] 以下，参考图12～图14，对压电薄膜12的制造方法的一例进行说明。

[0211] 首先，如图12所示，准备第1保护层28上形成有第1电极层24的片状物11a。该片状物11a可以通过真空蒸镀、溅射及电镀等，在第1保护层28的表面上形成铜薄膜等作为第1电极层24来进行制作。

[0212] 关于第1保护层28非常薄，且操作性差时等，根据需要可以使用带隔板(临时支撑体)的第1保护层28。另外，作为隔板，能够使用厚度为25～100μm的PET等。在热压接第2电极层26及第2保护层30之后且在第1保护层28层叠任何部件之前，去除隔板即可。

[0213] 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溶解于有机溶剂，进而添加PZT粒子等压电体粒子36，搅拌并进行分散而成。以下说明中，将氰乙基化PVA等在常温下具有粘弹性的高分子材料还称作“粘弹性材料”。

[0214] 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。

[0215] 准备片状物11a且制备了涂料之后，将该涂料浇铸(casting)(涂布)于片状物11a上，蒸发并干燥有机溶剂。由此，如图13所示，制作在第1保护层28上具有第1电极层24且在第1电极层24上形成压电体层20而成的层叠体11b。

[0216] 该涂料的浇铸方法并无特别限定，能够利用斜板式涂布机(slide coater)及涂层刀(doctor knife)等所有的公知的涂布方法(涂布装置)。

[0217] 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，则可以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，通过挤压成型等而在图12所示的片状物11a上挤压成薄片状并进行冷却，由此制作如图13所示那样在第1保护层28上具有第1电极层24且在第1电极层24上形成压电体层20而成的层叠体11b。

[0218] 如上所述，在压电薄膜12中，向粘弹性矩阵34，除了氰乙基化PVA等粘弹性材料以外，还可以添加PVDF等高分子压电材料。

[0219] 向粘弹性矩阵34添加这些高分子压电材料时，溶解添加于上述涂料的高分子压电材料即可。或者，向上述的加热熔融的粘弹性材料添加需添加的高分子压电材料并进行加热熔融即可。

[0220] 在形成压电体层12之后，可以根据需要进行压延处理。压延处理可以进行1次，也可以进行多次。

[0221] 纵所周知，压延处理是指通过热压或加热辊等来加热被处理面的同时进行按压以实施平坦化等的处理。

[0222] 制作了在第1保护层28上具有第1电极层24且在第1电极层24上形成压电体层20而成的层叠体11b之后，进行压电体层20的极化处理(polarization)。

[0223] 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。

[0224] 例如，例示出对进行极化处理的对象直接施加直流电界的电场极化。另外，在进行电场极化的情况下，可以在极化处理之前形成第1电极层14，并且利用第1电极层14及第2电极层16来进行电场极化处理。

[0225] 并且，在制造本发明的压电薄膜10时，极化处理不仅向压电体层12的面方向而且向厚度方向进行极化。

[0226] 并且，准备在第2保护层30上形成有第2电极层26的片状物11c。可以通过真空蒸镀、溅射及电镀等在第2保护层30的表面上形成铜薄膜等作为第2电极层26来制作该片状物11c。

[0227] 接着，如图14所示，以将第2电极层26朝向压电体层20的方式，将片状物11c层叠于已进行压电体层20的极化处理的层叠体11b上。

[0228] 而且，以第2保护层30和第1保护层28夹持该层叠体11b与片状物11c的层叠体的方式利用热压装置或加热辊对等进行热压接。通过以上来制作压电薄膜12。

[0229] 另外，压电薄膜优选通过制作长条(大面积)的压电薄膜，并切断长条的压电薄膜以作为各个压电薄膜。因此，该情况下，构成层叠压电元件10的多片的压电薄膜的层结构(各层的厚度、材质等)均相同。

[0230] 然而，本发明并不限定于此。即，本发明的层叠压电元件能够利用各种结构，例如，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。

[0231] 而且，对在压电薄膜12的端面形成端面包覆层32的方法进行说明。

[0232] 关于对层叠体的端面形成端面包覆层32的方法，并无限制，能够利用根据端面包覆层32的形成材料的公知的形成方法(成膜方法)。

[0233] 作为一例，例示出粘贴绝缘性的胶黏带的方法、通过涂布溶解了成为端面包覆层32的材料的液体并进行干燥的方法、通过涂布加热熔融了成为端面包覆层32的材料的液体并进行固化的方法、通过将成为端面包覆层32的树脂溶解于溶剂，并通过喷雾来进行干燥的方法等。作为绝缘性的胶黏带，例示出由聚酰亚胺及聚对苯二甲酸乙二酯等组成的胶黏带。

[0234] 此时的液体的涂布方法并无限制，能够利用各种公知的方法。作为一例，可以例示

出喷涂及浸涂等。

[0235] 并且，根据形成方法，端面包覆层32容易形成至第1保护层28和/或第2保护层30的主表面。例如，在浸渍于将溶解了成为端面包覆层32的树脂的溶液中的情况下，第1保护层28及第2保护层30的主表面中的一部分也浸渍于溶液中，因此端面包覆层32形成至第1保护层28及第2保护层30的主表面。

[0236] 另外，如上述，如图11所示，在层叠2层以上的压电薄膜12之后，可以在所层叠的压电薄膜的端面形成端面包覆层32。

[0237] 其中，如上述，压电薄膜12的压电体层20优选被极化。

[0238] 压电体层20被极化的情况下，只要根据极化方向来配合施加到电极层的电压的相位，多个压电薄膜12可以层叠为极化方向相同，也可以层叠为极化方向相反。即，只要向各压电薄膜12的第1电极层24施加相同相位的电压，向第2电极层26施加相同相位的电压即可。

[0239] 优选为，多个压电薄膜12层叠为极化方向交替。即，优选相邻的压电薄膜12的极化方向彼此相反。

[0240] 将压电薄膜12层叠为压电体层20的极化方向交替的层叠压电元件10中，相邻的压电薄膜12中，第2电极层26彼此或第1电极层24彼此相对。因此，在即使相邻的压电薄膜的电极层彼此接触也不会短路(short circuit)的方面而言，为优选。

[0241] 另外，在本发明中，利用d33计(Meter)等检测压电薄膜(压电体层)的极化方向即可。

[0242] 或者，根据上述情况的电晕极化处理的处理条件，可知压电体层20的极化方向。

[0243] 在各压电薄膜12中，可以设置用于连接第1电极层24及第2电极层26和电源的电极引出部。作为电极引出部，并无限制，能够适当利用公知的电极引出部的结构。

[0244] 使用图15～图17对设置于压电薄膜12的电极引出部的一例进行说明。

[0245] 图15是示意地表示本发明的层叠压电元件的一例的图。图16是图15的分解图。图17是表示图15的层叠压电元件所具有的多个压电薄膜的图。

[0246] 在图15及图16中示出的例子中，具有层叠了5片压电薄膜的结构。各压电薄膜层叠为极化方向成为交替。在图16及图17中，在压电薄膜的第2保护层侧的面标注阴影线来示出。即，在图16中，在图16中上侧的第1层的压电薄膜12a将第1保护层28侧朝向上方层叠、第2层的压电薄膜12b将第2保护层30侧朝向上方层叠、第3层的压电薄膜12c将第1保护层28侧朝向上方层叠、第4层的压电薄膜12d将第2保护层30侧朝向上方层叠、第5层的压电薄膜12e将第1保护层28侧朝向上方层叠。

[0247] 如图16及图17所示，各压电薄膜具有长方形的主要部分及从主要部分的长边侧朝向面方向的外侧突出的2个突出部15。2个突出部15设置成从主要部分的相对向的长边分别突出。另外，在本发明中，虽然各压电薄膜的主要部分的大小不同，并且面方向上的端边的位置不同，在图15～16中省略这一点。

[0248] 如图17所示，在第1层的压电薄膜12a中，在长边侧的一个端部侧形成有突出部15。在第2层的压电薄膜12b中，从第1层的压电薄膜12a的突出部15的位置向另一个端部侧错位的位置形成有突出部15。在第3层的压电薄膜12c中，从第2层的压电薄膜12b的突出部15的位置向另一个端部侧错位的位置形成有突出部15。在第4层的压电薄膜12d中，从第3层的压

电薄膜12c的突出部15的位置向另一个端部侧错位的位置形成有突出部15。在第5层的压电薄膜12e中，从第4层的压电薄膜12d的突出部15的位置向另一个端部侧错位的位置形成有突出部15。

[0249] 在图17中示出的例子中，各压电薄膜的突出部形成于从相邻的压电薄膜的突出部的位置向突出部错位1个错位点的位置。

[0250] 并且，在各压电薄膜的一个长边侧的突出部15设置有贯穿第1保护层28的孔部28a，在孔部28a内露出第1电极层24。并且，在各压电薄膜的另一个长边侧的突出部15设置有贯穿第2保护层30的孔部30a，在孔部30a内露出第2电极层26。突出部15不与相邻的压电薄膜黏合。因此，能够在孔部28a内的第1电极层24连接配线等。以下，也将孔部28a(孔部28a内的第1电极层24)称为第1触点。同样地，能够在孔部30a内的第2电极层26连接配线等。以下，也将孔部30a(孔部30a内的第2电极层26)称为第2触点。

[0251] 即，在各压电薄膜的一个长边侧的突出部15形成有第1触点28a，并且在另一个长边侧的突出部15形成有第2触点30a。

[0252] 若层叠有这种5个压电薄膜，则如图16所示，各压电薄膜的突出部15在面方向上配置成彼此不重叠。

[0253] 并且，在各压电薄膜的一个长边侧(图16中右侧的长边侧)的突出部15中均形成有第1触点28a。如上述，第1、3、5层的压电薄膜与第2、4层的压电薄膜以相反方向层叠，因此第1触点28a形成于彼此相反侧的面。

[0254] 在形成有这些第1触点28a的5个突出部15中，从表面到背面粘贴有导电性薄膜60a。由此，各压电薄膜的第1触点28a容易电连接。

[0255] 同样地，在各压电薄膜的另一个长边侧(图16中左侧的长边侧)的突出部15中均形成有第2触点30a。如上述，第1、3、5层的压电薄膜与第2、4层的压电薄膜以相反方向层叠，因此第2触点30a形成于彼此相反侧的面。

[0256] 在形成有这些第2触点30a的5个突出部15中，从表面到背面粘贴有导电性薄膜60b。由此，各压电薄膜的第2触点30a容易电连接。

[0257] 形成于突出部15的第1保护层28的孔部28a及形成于第2保护层30的孔部30a的形状只要能够可靠地连接到电极层，则并无特别限定，能够设为圆形、椭圆形、矩形、多边形、非规则形状等各种形状。

[0258] 并且，只要能够可靠地连接到电极层，则孔部28a及孔部30a的大小也并无特别限定。圆当量直径优选为1mm～10mm，更优选为2mm～4mm。并且，优选在1个突出部存在多个孔部。

[0259] 并且，孔部(第1触点)28a及孔部(第2触点)30a的形成位置也并无特别限定，从设为能够容易连接各压电薄膜的触点彼此的观点考虑，各压电薄膜的孔部(第1触点)28a及孔部(第2触点)30a优选分别形成于主要部分的相同侧。

[0260] 作为孔部的形成方法，可以举出激光加工以及通过溶剂蚀刻及机械研磨等来去除保护层的方法等。

[0261] 作为导电性薄膜60a及60b，例如只要使用铜箔膜等由具有导电性的金属材料形成的片状物即可。并且，可以隔着银浆料等导电性涂料来连接导电性薄膜与第1触点28a、第2触点30a。

[0262] 其中，在图15～图17中示出的例子中，虽然设为各压电薄膜具有2个突出部、2个突出部15的一个中形成有第1触点28a、在另一个中形成有第2触点30a的结构，但并不限定于此。各压电薄膜也可以设为具有1个突出部且在1个突出部15形成有第1触点28a及第2触点30a的结构。并且，该情况下，面方向上的第1触点28a和第2触点30a可以为形成于重叠的位置的结构，但优选形成于不同的位置。

[0263] 并且，各压电薄膜层叠为压电体层的极化方向为相同方向的情况下，形成于压电薄膜的突出部15的第1触点28a形成为朝向一个相同面侧或形成为第2触点30a朝向另一个相同面侧。因此，在形成有突出部15的第1触点28a的一个面上粘贴有导电性薄膜，各压电薄膜的第1触点28a容易电连接。同样地，在形成有突出部15的第2触点30a的面上粘贴有其他导电性薄膜。由此，各压电薄膜的第2触点30a容易电连接。

[0264] 并且，在图15～16中示出的例子中，虽然设为各压电薄膜的所有突出部15在面方向上配置于彼此不重叠的位置的结构，但是并不限定于此，也可以具有重叠的突出部。

[0265] 或者，在图15～16中示出的例子中，虽然设为各压电薄膜的突出部在面方向上配置于彼此不重叠的位置的结构，但是并不限定于此。各压电薄膜的突出部也可以设为在面方向上从黏合部的相同位置突出而突出方向上的长度彼此不同，且各突出部的露出的区域形成触点的结构。

[0266] 并且，各压电薄膜的突出部并不限定形成于形成有突出部的主要部分的端边的宽度方向的一部分中，关于突出部，与突出方向正交的方向的宽度还可以与形成有该突出部的主要部分的端边的宽度相同。

[0267] 本发明的第2实施方式的层叠压电元件是如下层叠压电元件：

[0268] 通过折叠1次以上压电薄膜而层叠2层以上的压电薄膜而成，该压电薄膜具有压电体层、夹持压电体层的2个电极层及分别覆盖电极层的2个保护层，

[0269] 相邻的各个层的端边在面方向上位于不同位置。

[0270] 图18是示意地表示本发明的层叠压电元件的另一例的图。图19是图18的沿B-B线剖切的剖视图。图20是示意地表示打开了图18的层叠压电元件的状态的图。

[0271] 在图18中示出的层叠压电元件10b是通过折叠多次压电薄膜12L来层叠2层以上的压电薄膜而成的层叠压电元件。在图示例中，具有通过折叠4次压电薄膜12L而层叠5层压电薄膜的结构。各层之间用黏合层14粘贴。

[0272] 其中，如图20所示，关于压电薄膜12L，与折叠方向(压电薄膜12L的长度方向)正交的宽度方向根据长度方向的位置而不同。具体而言，在图20中示出的例子中，宽度宽的区域(13a、13c、13e)及宽度窄的区域(13b、13d)沿长度方向交替地形成。

[0273] 通过将这种压电薄膜12L在宽度变化的位置进行折叠，成为相邻的各个压电薄膜的端边在面方向上位于不同位置的结构。

[0274] 具体而言，如图19所示，图19中层叠于最上侧的第1层13a和与该第1层13a的下层相邻地层叠的第2层13b在图19中左右方向上的宽度不同，在面方向即在图19中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言，第1层13a比第2层13b的宽度宽、第1层13a的图中左侧的端边位于比第2层13b的左侧的端边更靠左侧(外侧)，并且，第1层13a的图中右侧的端边位于比第2层13b的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0275] 并且，第2层13b和与该第2层13b的下层相邻地层叠的第3层13c在图中左右方向上

的宽度不同，在面方向即图19中左右方向上的端边的位置不同。更具体而言，第3层13c比第2层13b的宽度宽、第3层13c的图中左侧的端边位于比第2层13b的左侧的端边更靠左侧(外侧)，并且，第3层13c的图中右侧的端边位于比第2层13b的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0276] 并且，层叠于第3层13c的下层的第4层13d比第3层13c的宽度窄，第3层13c的图中左侧的端边位于比第4层13d的左侧的端边更靠左侧(外侧)，并且，第3层13c的图中右侧的端边位于比第4层13d的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0277] 而且，在第4层13d的下层层叠的第5层13e比第4层13d的宽度宽，第5层13e的图中左侧的端边位于比第4层13d的左侧的端边更靠左侧(外侧)，并且，第5层13e的图中右侧的端边位于比第4层13d的右侧的端边更靠右侧(外侧)。

[0278] 即，在图19中示出的例子中，宽度宽的层与宽度窄的层交替地层叠，宽度宽的层和宽度窄的层的左右两端边的位置不同。

[0279] 如此，通过折叠1次以上压电薄膜来层叠2层以上的压电薄膜的层叠压电元件10b的情况下，也通过具有层叠为相邻的各个层的端边在面方向上位于不同位置的结构来能够加长相邻的压电薄膜的层的电极层之间的距离，并且能够抑制电极层短路(short circuit)。

[0280] 其中，在图19中示出的例子中，虽然设为宽度宽的层与宽度窄的层交替地层叠的结构，但是只要相邻的层的端边在面方向上位于不同位置，则并不限定于此。例如，与图1中示出的例子相同地，可以设为层的宽度随着从上层朝向下层而变大的结构。或者，与图4中示出的例子相同地，可以设为层的宽度随着从层叠方向的中央朝向外侧(表面侧)而变大的结构。

[0281] 并且，通过折叠1次以上压电薄膜来层叠2层以上的压电薄膜的层叠压电元件10b的情况下，也可以具有覆盖压电薄膜的端面的端面包覆层。

[0282] 在该情况下，端面包覆层优选覆盖压电薄膜的与折叠方向正交的宽度方向的两个端面。

[0283] 通过具有端面包覆层，能够更优选地抑制相邻的层的电极层之间的短路。

[0284] 并且，相邻的层的端边在面方向上位于不同位置，因此在形成端面包覆层的情况下，能够减小端部与中央部分的厚度差。

[0285] 从能够防止短路及在形成端面包覆层时减小端部与中央部分的厚度差等观点考虑，在相邻的压电薄膜12的端边之间的面方向上的距离优选为0.05mm～5mm，更优选为0.2mm～3mm，进一步优选为0.3mm～2mm。

[0286] 并且，在图18中示出的例子中，层叠压电元件10b虽然设为将压电薄膜12L沿长度方向折叠的结构，但是并不限定于此，也可以设为将压电薄膜12L沿短边方向折叠的结构。

[0287] 以上对本发明的层叠压电元件详细地进行了说明，但是本发明并不限定于上述例，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。

[0288] 产业上的可利用性

[0289] 作为与各种部件抵接而使其发出声音的激发器等能够优选地利用。

[0290] 符号说明

[0291] 10、10b-层叠压电元件，11a、11c-片状物，11b-层叠体，12、12a～12j、12L-压电薄膜，13a～13e-层，14-黏合层，15-突出部，20-压电体层，24-第1电极层，26-第2电极层，28-

第1保护层,28a-孔部(第1触点),30-第2保护层,30a-孔部(第2触点),34-粘弹性矩阵,36-压电体粒子,40-电晕电极,42-直流电源,60a～60b-导电性薄膜。

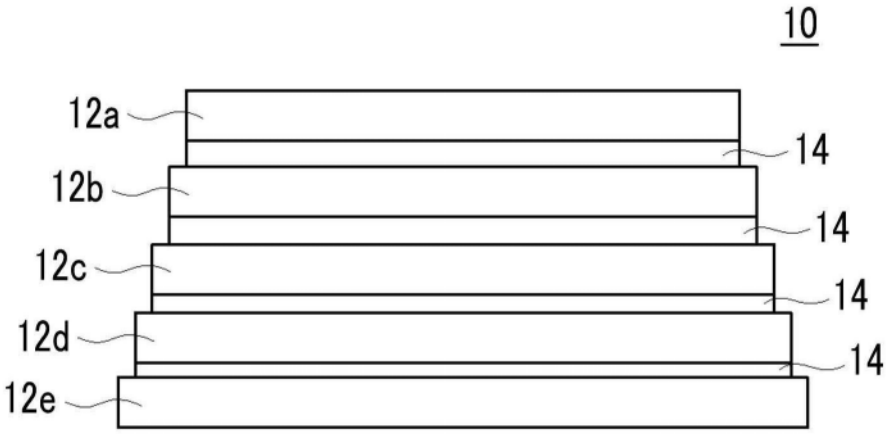

10
12a
14
12b
14
12c
14
12d
14
12e

图1

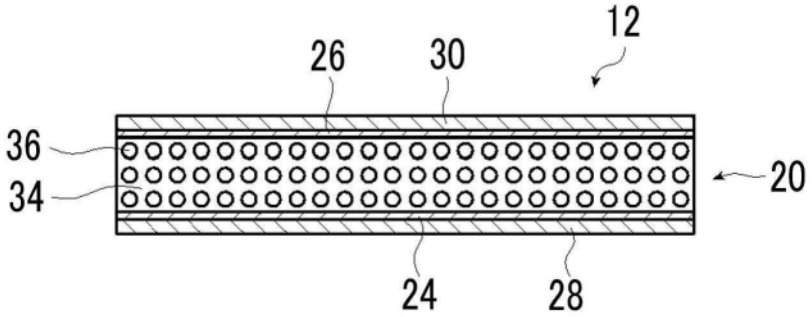

12
26
30
36
34
20
24
28

图2

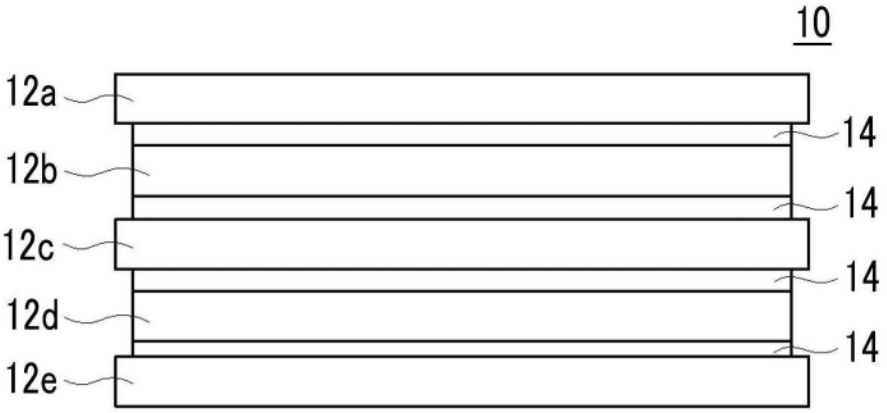

10
12a
14
12b
14
12c
14
12d
14
12e

图3

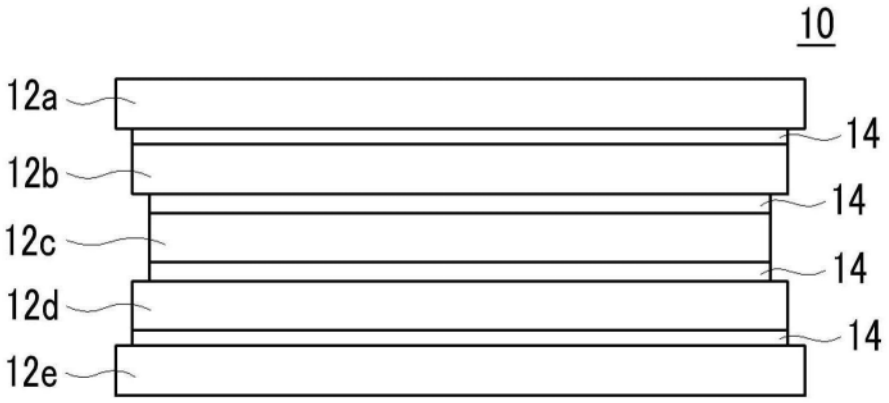

10
12a
12b
12c
12d
12e
14
14
14
14

图4

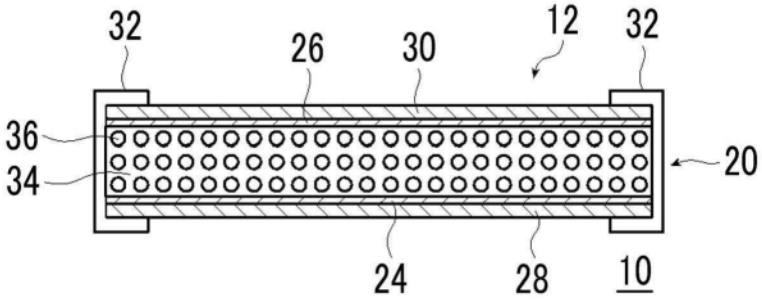

32
26
30
12
32
36
34
20
24
28
10

图5

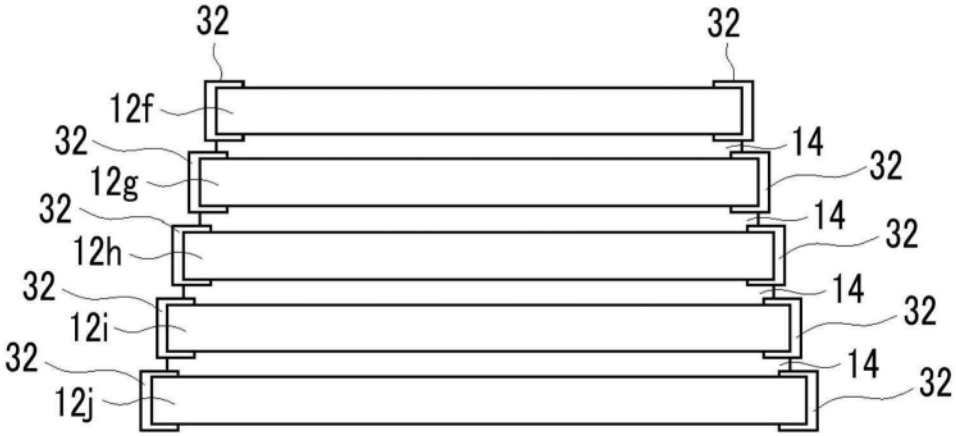

32
32
12f
32
12g
32
12h
32
12i
32
12j
14
14
14
14
32
32
32
32

图6

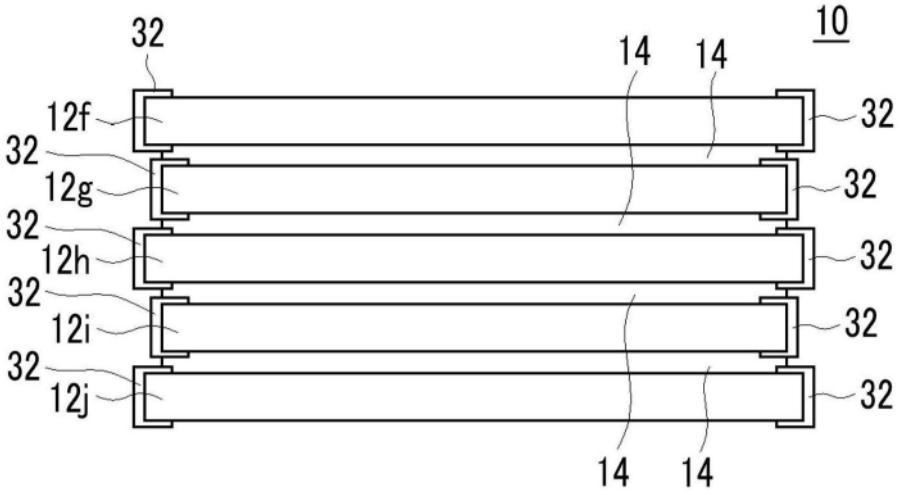

10
32
14
14
12f
32
32
12g
32
32
12h
32
32
12i
32
32
12j
32
14
14

图7

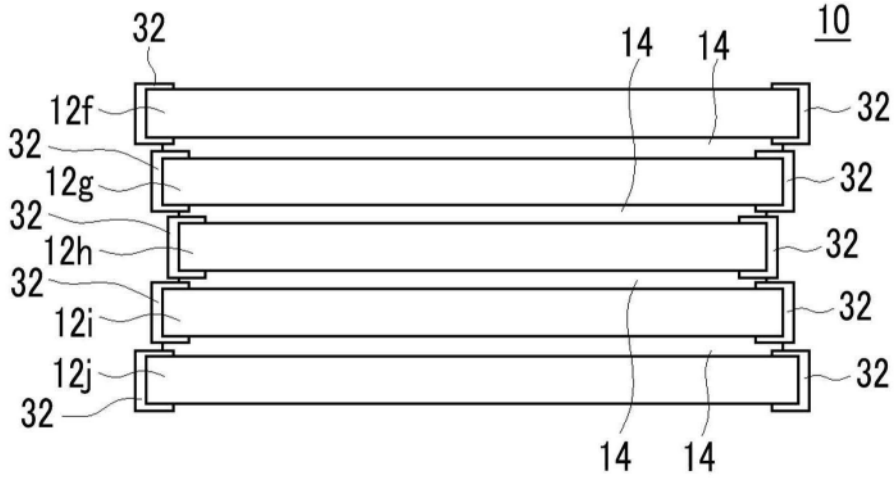

10
32
14
14
12f
32
32
12g
32
32
12h
32
32
12i
32
12j
32
32
14
14

图8

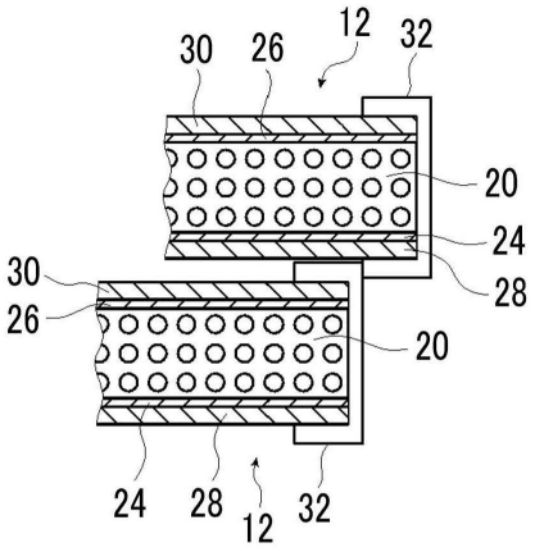

12
32
30
26
20
24
28
30
26
20
24
28
12
32

图9

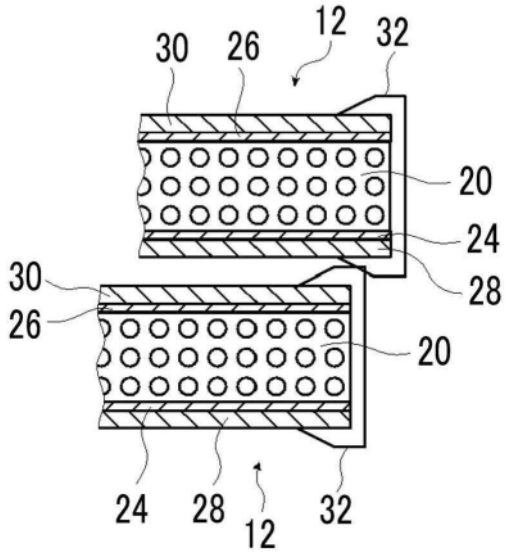

12
32
30
26
20
24
28
30
26
20
24
28
12
32

图10

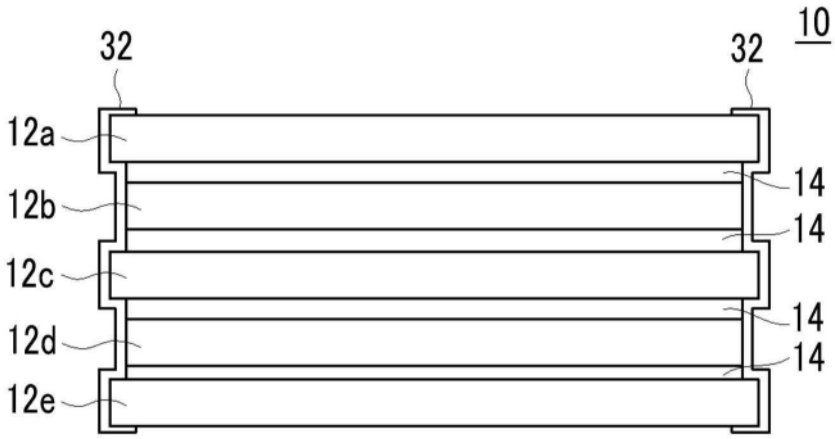


图11

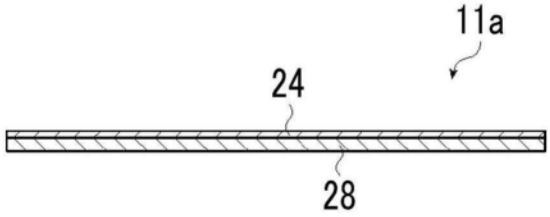


图12

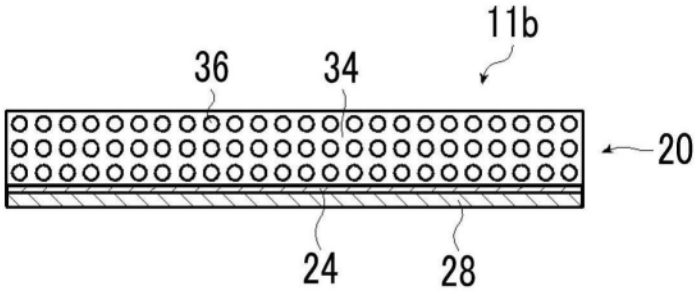


图13

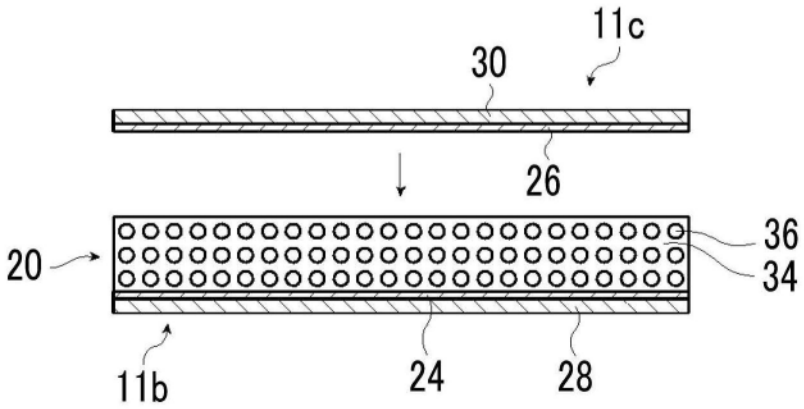


图14

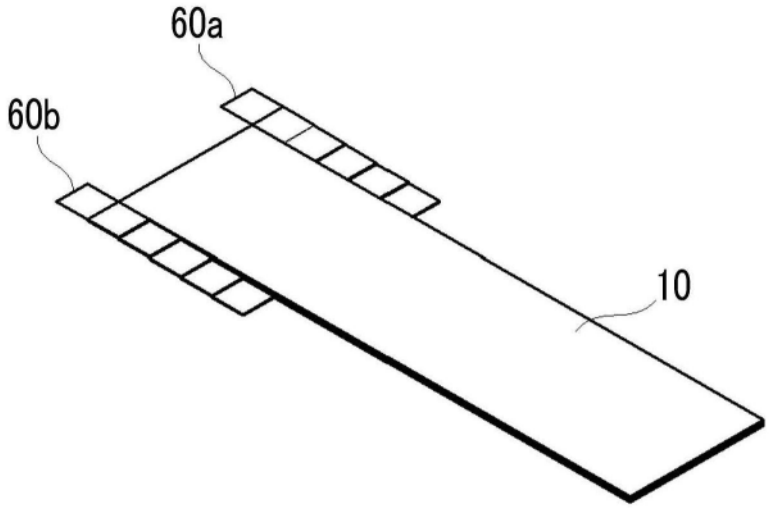


图15

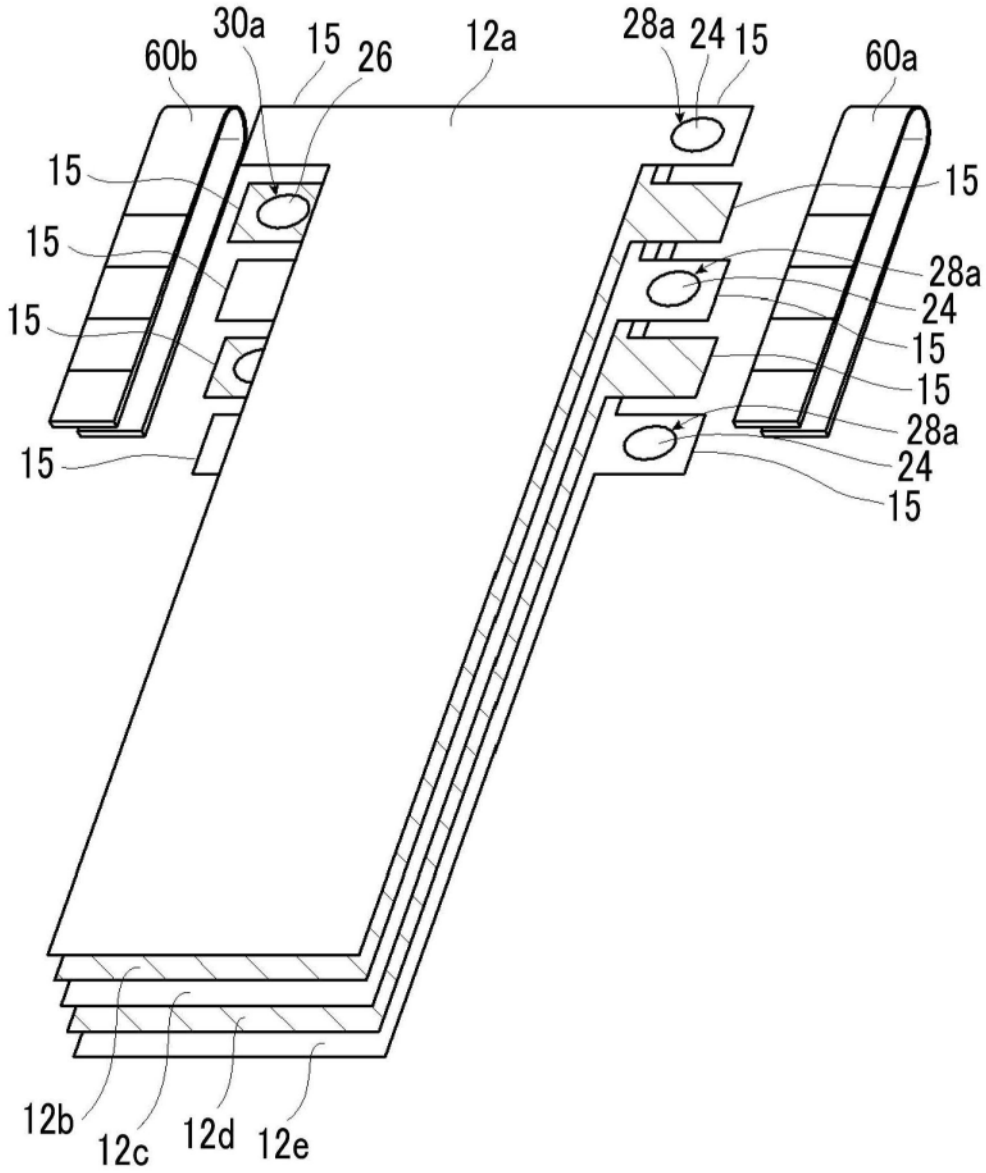

60b
30a
15
26
12a
28a
24
15
60a
15
15
15
15
15
28a
24
15
15
28a
24
15
12b
12c
12d
12e

图16

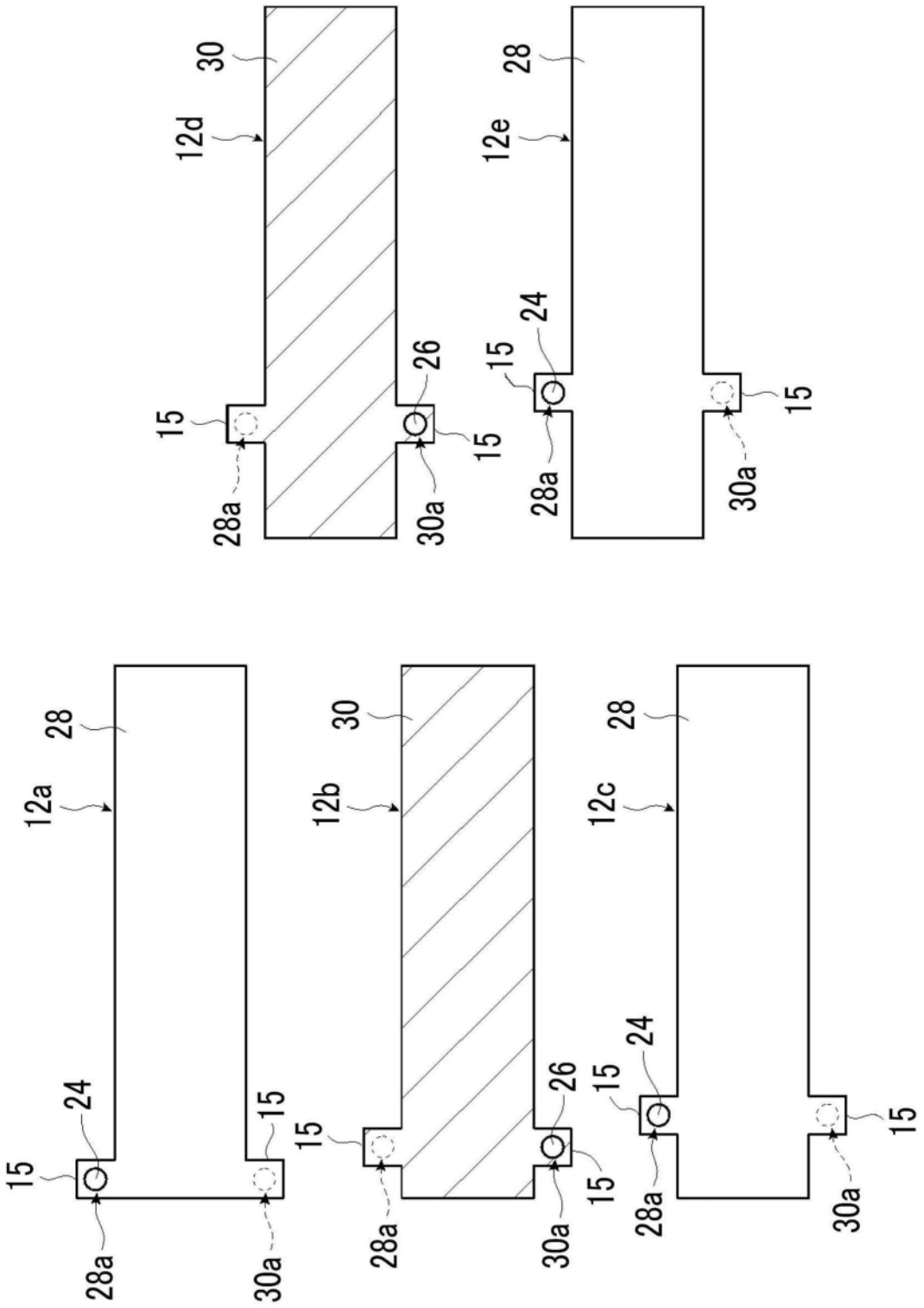

30
12d
15
28a
26
15
30a
28
12e
24
15
28a
15
30a
28
12a
24
15
28a
15
30a
30
12b
26
15
28a
15
30a
28
12c
24
15
28a
15
30a

图17

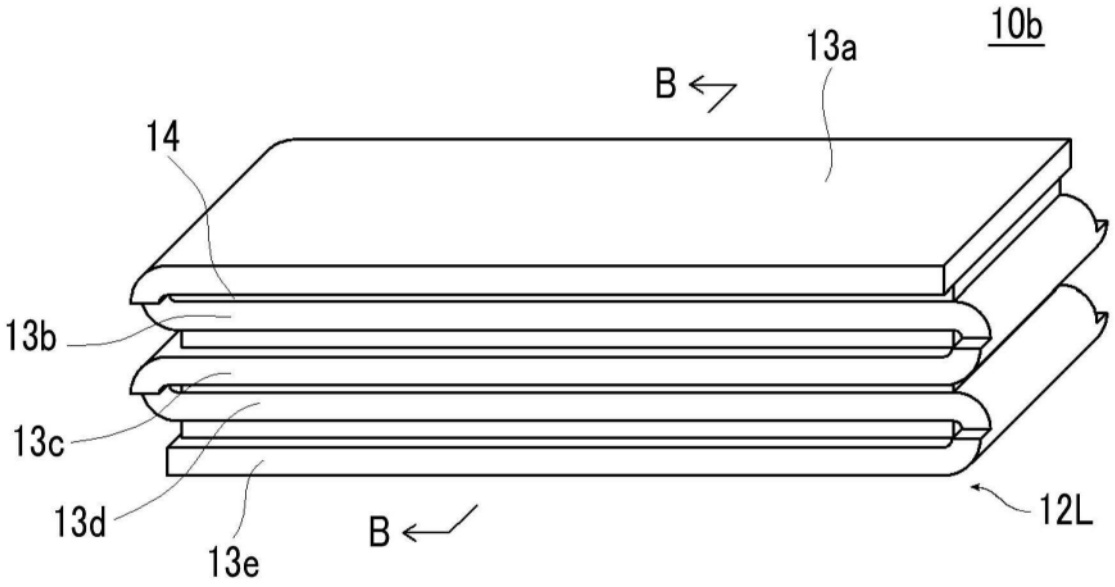

10b
13a
B
14
13b
13c
13d
13e
B
12L

图18

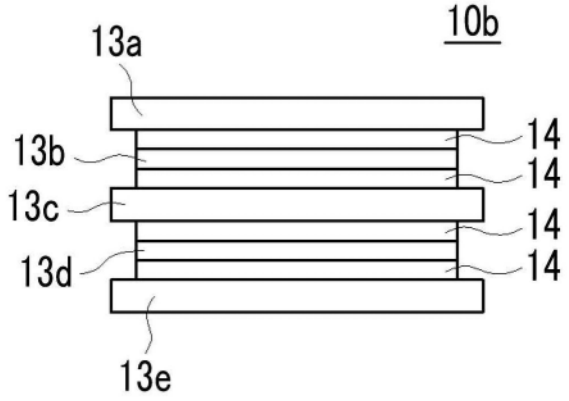

10b
13a
13b
13c
13d
13e
14
14
14
14

图19

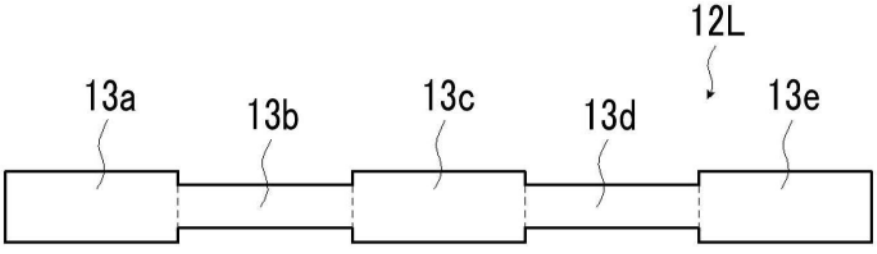

12L
13a
13b
13c
13d
13e

图20