



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101147422 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 200680007620. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2006. 03. 01

H04R 7/02 (2006. 01)

(30) 优先权数据

05101861. 2 2005. 03. 10 EP

(56) 对比文件

CN 1535556 A, 2004. 10. 06, 全文.

CN 1270488 A, 2000. 10. 18, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007. 09. 10

US 5162619 A, 1992. 11. 10, 全文.

CN 2119059 U, 1992. 10. 14, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2006/050633 2006. 03. 01

WO 02/054827 A2, 2002. 07. 11, 全文.

审查员 许馨

(87) PCT申请的公布数据

W02006/095280 EN 2006. 09. 14

(73) 专利权人 楼氏电子亚洲有限公司

地址 新加坡新加坡市

(72) 发明人 埃瑞奇·克莱因 埃沃德·弗华斯欧

苏珊娜·温蒂斯彻伯格

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 王波波

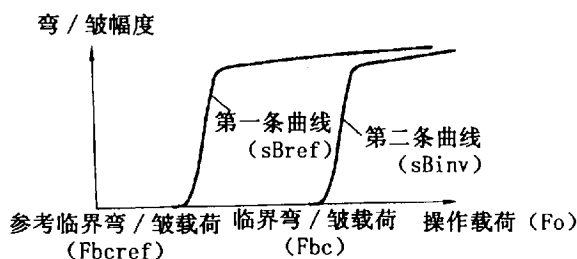
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

具有高抗弯性和 / 或高抗皱性的膜

(57) 摘要

公开了一种用于电声换能器 (1) 的膜 (2), 其中所述膜 (2) 的厚度 (d) 和所述膜 (2) 的杨氏模量 (Eavg) 以这样的方式选择 : 造成膜 (2) 发生弯和 / 或皱的临界载荷 (Fbc), 对比参考膜增加。由聚碳酸酯制成的参考膜在其移动方向 (MOV) 上与所述膜 (2) 具有相同的硬度、以及具有相同的形状和尺寸。根据对弯和 / 或皱的研究结果, 即使当在移动方向上的膜的硬度相同以及由此它们的谐振响应频率相同, 所述效果随着由相同的形状和尺寸、但不同材料制成的膜的不同临界弯 / 皱载荷出现。



1. 一种用于电声换能器 (1) 的膜 (2), 其中所述膜 (2) 的厚度 (d) 和所述横跨于厚度 (d) 的延伸方向的膜 (2) 的平均杨氏模量 (E_{avg}) 以这样的方式选择: 与由在其移动方向 (MOV) 上具有相同硬度以及形状相同、尺寸相同的聚碳酸酯制成的参考膜相比, 平均杨氏模量 (E_{avg}) 低于所述参考膜的平均杨氏模量, 且厚度 (d) 高于所述参考膜的厚度, 从而, 与所述参考膜相比, 造成膜 (2) 的至少一部分发生弯曲和 / 或皱折的临界载荷 (F_{bc}) 增加。

2. 根据权利要求 1 所述的膜 (2), 其中, 弯曲和 / 或皱折的临界载荷 (F_{bc}) 高于所述换能器 (1) 在所述膜 (2) 上的操作载荷 (F_o), 并且该操作载荷 (F_o) 高于所述参考膜的参考弯曲和 / 或皱折的临界载荷 ($F_{bc_{ref}}$)。

3. 根据权利要求 1 所述的膜 (2), 其中, 在所述电声换能器 (1) 的环境和所述电声换能器 (1) 的后腔 (V_b) 之间的压力差的绝对值高于 600Pa。

4. 根据权利要求 3 所述的膜 (2), 其中所述电声换能器 (1) 的环境与所述电声换能器 (1) 的后腔 (V_b) 间的压力差的绝对值高于 2000Pa。

5. 根据权利要求 4 所述的膜 (2), 其中所述电声换能器 (1) 的环境与所述电声换能器 (1) 的后腔 (V_b) 间的压力差的绝对值高于 6000Pa。

6. 根据权利要求 1 所述的膜 (2), 包括至少两个不同材料的层 (11, 12)。

7. 根据权利要求 6 所述的膜 (2), 包括两个由多芳基化合物或聚碳酸酯制成的外部第一层 (11) 以及由丙烯酸基底上的粘合剂制成的内部第二层 (12)。

8. 一种电声换能器, 包括根据权利要求 1-7 中任何一个所述的膜。

9. 一种电子装置, 包括根据权利要求 8 所述的电声换能器。

具有高抗弯性和 / 或高抗皱性的膜

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于电声换能器的膜、一种具有所发明的膜的电声换能器,还涉及一种具有所发明的换能器的装置。

背景技术

[0002] 对电声换能器不断增长的需求,即减小所述换能器的大小而增加声压和音质的需求,导致了一定的问题,其中,作为非常重要的部件的膜,代表了所述问题其中之一。一方面,对于良好的声音复制,应当获得膜的低谐振频率,这表明应当选择由软材料制成的薄膜。另一方面,高声压需要相对厚和硬的膜。于是,对膜存在两种相反的基本要求,这两种要求要进行平衡,并界定技术上可能实现的限制。现在具有由普通材料,例如聚碳酸酯(PC)、聚醚酰亚胺(PEI)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)或聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)等材料制成的膜的换能器已经达到了这个临界线,这个临界线将被打破。

[0003] 为了更细致地解释前述问题,现以图1作参考,图1示出了扬声器1的简化的横截面。该扬声器1包括膜2、附着于所述膜2上的线圈3、与线圈3相互作用的磁系统4、以及将前述的部件保持在一起的外壳5。膜2具有一定的厚度d,并与外壳5一起形成后腔V_b。膜2在正常情况下也包括能使其移动的褶皱,为了简洁起见,其褶皱在这里和后续的附图中被省略。

[0004] 图2示出了膜2的移动。膜2能够沿着MOV所示的方向移动。细线表示其下死点和其上死点。在MOV所示的移动方向上,测量膜2的移动距离,其中,移动的正距离s表示向上的移动,而负距离表示向下的移动。

[0005] 图3示出施加在膜2上的微分的操作载荷dF_o。未示出的线圈3迫使膜2向上移动和向下移动。对所有微分操作载荷dF_o的积分构成整体操作载荷F_o,其中所述整体操作载荷F_o将由线圈3和磁系统4之间的磁力产生。方向向上的载荷F为正,方向向下的为负。

[0006] 图4示出膜2的微分部分2dp(也可见图3中的点线圆)。由于它具有微分质量dm,向下的加速度-a造成向上的微分加速力dF_a:

$$[0007] \quad dF_a = a \cdot dm = \omega^2 \cdot s_{\max} \cdot dm = 2 \cdot \pi \cdot f^2 \cdot s_{\max} \cdot dm$$

[0008] 其中 ω 为角速度,f为膜2的频率,而且其中s_{max}为膜2的最大幅度。在微分压力dF_p施加在微分部分2dp的同时,由于假定在图4中膜2在其无负载位置的下方,于是后腔V_b被压缩,造成根据绝热气体方程的、垂直地施加在膜2上的正压力dF_p,所述绝热气体方程为:

$$[0009] \quad p \cdot V^\kappa = \text{const}$$

[0010] 其中p为压力,V为体积以及 κ 为绝热系数(对于空气在标准条件下 $\kappa = 1.402$)。因此,体积V的增加导致压力p的降低,反之亦然。于是,当膜2向上移动时,后腔V_b中的压力p下降。现在,微分压力dF_p能计算如下

$$[0011] \quad dF_p = p \cdot dA = p_0 \cdot \left(\frac{V_{b0}}{V_b} \right)^\kappa \cdot dA$$

[0012] 其中 dA 为微分部分 $2dp$ 的微分区域, $Vb0$ 和 $p0$ 分别为在膜的无负载位置处换能器 1 的后腔和其中的压力。

[0013] 微分加速度 dFa 和微分压力 dFp 都形成了微分操作载荷 dFo 。后者使得膜 2 弯曲。由膜 2 的杨氏模量 E 定义的膜的弹性, 横跨于厚度 d 的延伸方向, 起抵抗这个弯曲的作用 (也见图 7 中为所述方向定义的 E_{avg})。因此, 一定的操作载荷 Fo 导致一定的膜 2 的移动。

[0014] 图 5 现在示出随时间变化的膜 2 的移动距离和施加在膜 2 上的微分载荷 dF 。假定正弦电流流过线圈 3。因此, 膜 2 也以正弦的方式移动, 移动距离 s (细实线) 由图绘制出来。微分加速度 dFa (点划线) 也呈正弦变化, 其方向与加速度 a 的方向相反, 加速度 a 为移动距离 s 的二次微分。与微分压力 dFp (虚线) 相比, 其在膜 2 的上死点处为其负向最大值。如前所述, 微分加速度 dFa 和微分压力 dFp 都形成微分操作载荷 dFo (粗实线)。由于膜总体上相对重量较轻, 并且声压相对较高 (意即膜移动的幅度也高), 微分压力 dFp 高于微分加速度 dFa 。由于两者相位相同, 因此微分操作载荷 dFo 表现为同相负正弦图。所述微分操作载荷 dFo 应用于整个载荷上, 意即微分载荷能够在整个膜 2 上积分, 或至少在所述膜 2 的一部分上积分。

[0015] 图 6 现在示出在其无载荷位置上且在其上死点处 (细虚线) 的膜 2。只要操作载荷 Fo 低于所谓的临界弯 / 皱载荷 Fbc , 膜 2 的拱顶, 作为膜 2 在线圈 3 中的一部分, 大致保持它的形状。至少, 它向外弯曲。当操作载荷 Fo 超过临界弯 / 皱载荷 Fbc 时, 膜 2 的拱顶由于所谓的弯和 / 或皱效应 (细实线) 而向内突然断裂。

[0016] 所述操作载荷 Fo 也应用到线圈 3 外部的膜 2 的边界区域。正常情况下, 它向外弯曲, 但是在一定的载荷下, 它可能向内突然断裂。这个效应十分复杂, 并且高度依赖于膜 2 的形状。例如, 一个较高的拱顶将比一个平的拱顶弯曲的晚得多。褶皱, 在正常情况下时作为膜的一部分 (但是在这里为了简洁而省略掉), 它极大地影响这些弯曲和 / 或皱折。因此, 这种效应也能被限制于膜 2 的相对小的面积上, 例如, 如果有陡边或交叉, 它们将很影响膜 2 的力学行为。因为弯 / 皱效应的复杂性, 使用采用有限元方法的计算机仿真仅能计算何时何处弯曲 / 皱折会出现。

[0017] 容易想象, 因为前述的弯曲和 / 或皱折严重地降低换能器的声学质量, 所以在任何情况下前述的弯曲和 / 或皱折均为不希望效应。膜 2 将压缩其上方位置处换能器前面的空气, 而当膜 2 弯曲时, 它或多或少减少空气的压力。所以尽管线圈 3 中的电流为正弦形式, 声波也不再表示为正弦图。这对于目前的需要是不可接受的。

[0018] 为了更详细地解释在背景技术的第一段简短地提到的音质和声压的平衡问题, 关于谐振频率和膜的硬度 (意即它在移动方向上抵抗移动的能力或它的弹簧常数) 的基本公式现在被引用

$$[0019] \quad f_{res} = k_1 \cdot d \cdot \sqrt{E}$$

[0020] 按照第一个公式, 膜的谐振频率 f_{res} 依赖于第一形状因子 k_1 , 膜厚 d 和膜的杨氏模量 E 。既然存在降低谐振频率 f_{res} 的趋势、以便增加换能器的声学性能, 则也存在削减膜厚 d 的趋势。由于膜在移动方向上的硬度 S 正比于谐振频率的平方, 所以这种趋势导致了缺陷。

$$[0021] \quad S \propto f_{res}^2 = k_1^2 \cdot d^2 \cdot E$$

[0022] 能够容易地看到, 厚度 d 的削减与随之的谐振频率 f_{res} 的削减导致硬度 S 的减低。

接着,较低的硬度 S 导致了最大可能的声压的降低和弯曲 / 皱折的增加趋势,这是不希望的。因此能够相应地尽量增加杨氏模量 E 。但是达到相同的硬度 S (按照前面的研究因此也对弯曲 / 皱折有相同的趋势) 也表明再次到达相同的谐振频率,它导致音质的下降。这也应用于降低杨氏模量 E 和增加厚度 d 的情况。

[0023] 为了解释这个事实,给出一个简单的例子。为了提高音质,工程师将膜厚 s 减小一半。相应地,谐振频率 f_{res} 也被减半。注意硬度 S ,他意识到硬度仅有四分之一。因此,他选择了具有四倍高的杨氏模量 E 的材料来保持相同的硬度 S ,但是,再次评估谐振频率的公式,他意识到原来减半的谐振频率 f_{res} 被加倍了,于是与开始时相同。

[0024] 按照前述公式,没有能寄予希望以有所突破的材料,没有能够同时增加音质 (通过减小谐振频率 f_{res}) 和增加声压 (通过增加硬度 S) 的材料,即使选择更硬的材料也是如此。于是,已知材料已经被简单地保持,以使得正常情况下,例如聚碳酸酯 (PC)、聚醚酰亚胺 (PEI)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 或聚萘二甲酸乙二醇酯 (PEN) 已经被用于膜。

[0025] 因为这些材料仅仅允许一定的音质和声压的组合,所以它们限定了技术边界。超过出现弯曲和 / 或皱折的这个边界,意即操作载荷 F_0 超过临界弯 / 皱载荷 F_{bc} 。为了开发改进的换能器,将穿过这个边界。

发明内容

[0026] 因此,本发明的目标在于实现一种抗弯和 / 或抗皱的膜。

[0027] 这个目标通过用于电声换能器的膜来实现,其中所述膜的厚度和所述膜的横跨于它的厚度延伸方向的平均杨氏模量以这样一种方式选择:对比由在其移动方向上硬度相同、形状相同、尺寸相同的聚碳酸酯制成的参考膜,造成膜的至少一部分发生弯曲和 / 或皱折的临界载荷增加。

[0028] 令人惊奇的是,对于相同形状和尺寸但不同材料制成的膜,在不同的临界弯 / 皱载荷处出现弯 / 皱效应,即使当膜在它们的移动方向上的硬度是相同的也是如此。这些行为无法预期,使得人们不疑惑在换能器开发方面有停滞。在延展性实验和计算机仿真中,发现的是下面的公式,它表明膜在临界弯 / 皱载荷 F_{bc} 下的基本特性的影响。

$$[0029] \quad F_{bc} = k_2 \cdot d^x \cdot E$$

[0030] 临界弯 / 皱载荷 F_{bc} 依赖于第二形状因子 k_2 、膜厚 d 、为厚度 d 的指数的第三形状因子 x 以及膜的杨氏模量 E 。第一形状因子 k_1 (来自谐振频率 f_{res} 的公式)、第二形状因子 k_2 和第三形状因子 x 依赖于膜的几何形状和尺寸。由于膜的形式复杂,或多或少地不可能给出因子 k_1 、 k_2 和 x 的值的公式。它们仅能由一定的膜的计算机仿真决定。

[0031] 前述公式表示出的内容如下:以由聚碳酸酯制成的参考膜开始,由于它通常已经被用于膜,因此,因为第三形状因子 x 总是比 2 大,所以通过增加膜厚 d 和减小其杨氏模量 E 就能提高抵抗弯 / 皱的能力,而不会降低声学性能 (意即保持膜的谐振频率 f_{res} 恒定)。因此,临界弯 / 皱载荷 F_{bc} 的增加并不必然导致谐振频率 f_{res} 的增加。因为拱顶越低,弯 / 皱的趋势越大,所以增加的临界弯 / 皱载荷 F_{bc} 不仅允许更高的声压,而且还允许更平的膜的拱顶,以及更平的扬声器。

[0032] 回到我们将膜厚 d 减小一半的工程师,我们看下列内容。再次,谐振频率 f_{res} 为一半,硬度 S 仅为四分之一,但是临界弯 / 皱载荷 F_{bc} 高于仅仅四分之一,让我们仅以举例

的方式说它是三分之一。因此,他选择具有三倍高的杨氏模量 E 的材料、以保持同样的临界弯 / 皱载荷 F_{bc} 。再次评估谐振频率 f_{res} 的公式,他意识到原来为一半的谐振频率 f_{res} 增加了三次方根倍,并且因此低于开始值。

[0033] 应当注意的是,本发明也能作如下定义:一种用于电声换能器的膜,其中,所述膜厚以及所述膜的横跨于厚度延伸方向的平均杨氏模量以这样的方式选择:对比形状相同、尺寸相同以及临界载荷相同的参考膜,所述膜在其移动方向上的硬度被减小,而这种减小会使得由聚碳酸酯制成的参考膜的至少一部分发生弯曲和 / 或皱折。这里仅有的差别在于技术改进的定义方式。

[0034] 现在当平均杨氏模量低于所述参考膜的平均杨氏模量,而其厚度大于所述参考膜的厚度时,就能够获得更好的膜。在这种方式下,临界弯 / 皱载荷能够增加。除去可以直接从前述公式中得出的优点之外,还有另一个优点。较厚的膜比较薄的膜更易于生产。在熨平工艺中,一块未加工的材料延展成原始延伸量的若干倍,同时将厚度减小到很小。由于材料特性可变,因此,原始厚度和制得的膜的厚度之间的比例越高,得到相似的膜就越困难。因此,更希望有一个较低的比例以便提高膜的生产性能。本发明提供在提高音质和 / 或声压的同时使膜具有相对较大的厚度的优点。

[0035] 当临界弯 / 皱载荷高于所述换能器在所述膜上的操作载荷,并且该操作载荷高于所述参考膜的临界参考弯 / 皱载荷时,能够进一步获得更好的膜。因为操作载荷不超过临界弯 / 皱载荷,所以这个条件限定了换能器的安全操作面积。

[0036] 采用如下方式会有进一步的优势:当以变化的临界弯 / 皱载荷(硬度恒定)限定本发明,其中所述膜的所述临界弯 / 皱载荷比所述参考膜的临界弯 / 皱载荷低 20% 时;以及当以变化的硬度(临界弯 / 皱载荷恒定)限定本发明,其中所述膜的所述硬度比所述参考膜的硬度低 20% 时。在这种方式下,本发明由一定的技术改进量来定义。

[0037] 然而,本发明的另一个更好的实施例是一种膜,其中所述电声换能器的环境与所述换能器的所述后腔间的压力差的绝对值高于 600Pa (150dB)。目前的换能器,诸如在移动装置(如手机)中的扬声器等,由于空间受限,经常有非常小的后腔。这导致在换能器的环境和其后腔之间的压力差剧烈增加,这在看到绝热气体方程时能够容易想象到。因此,本发明尤其涉及具有相对小的后腔和相对高的声压(意即膜的高振幅)的换能器。本发明的另一个更好的实施例是一种膜,其中所述绝对值高于 2000Pa (160dB)。最后,具有优势的膜其所述绝对值高于 6000Pa (170dB)。

[0038] 当具有 2.5GPa 的杨氏模量的材料替代聚碳酸酯用作参考膜时,也是有优势的。由于聚碳酸酯的杨氏模量可以变化,因此要用确定值限定参考杨氏模量。

[0039] 本发明的另一个优选实施例是一种膜,包括至少两层不同的材料。为实现杨氏模量的减少,建议采用由多层不同的材料组成的所谓复合膜。具有层间带有相对软的材料相对硬的材料外层的复合膜是很通用的。通常,它们由于其良好的阻尼性能而被使用。本发明也建议用它们来防止弯曲和 / 或皱折。

[0040] 最后,当膜包括两个由多芳基化合物 (PAR) 或聚碳酸酯 (PC) 制成的外部第一层以及由丙烯酸基底上的粘合剂制成的内部第二层时,也有优势。在实验中发现,这种材料组合特别地提供了本发明的效果。本发明的目标因此也可以通过采用普通材料实现。

[0041] 本发明的目标进一步由包括本发明的膜的电声换能器实现,也通过包括本发明的

电声换能器的装置实现。本发明的膜所述的优点和优选实施例也应用于本发明的换能器和本发明的装置。

[0042] 应当注意到,尽管本发明主要参考扬声器,但是本发明总体上涉及电声换能器,意即不仅是扬声器也包括麦克风。

[0043] 本发明上面限定的方面和进一步的方面通过将在此后描述的实施例的例子而变得显而易见,并参照这些实施例的例子解释本发明。

附图说明

[0044] 在下文中,将参照实施例的例子对本发明进行更细致的描述,但本发明并不受限于此。

[0045] 图 1 示出简化的扬声器的截面;

[0046] 图 2 示出扬声器的膜的移动;

[0047] 图 3 示出施加在膜上的微分操作载荷;

[0048] 图 4 示出膜的微分部分;

[0049] 图 5 示出随时间绘出的膜的移动距离以及施加于其上的微分力;

[0050] 图 6 示出膜的弯 / 皱效应;

[0051] 图 7 示出怎样计算膜的平均杨氏模量;

[0052] 图 8 示出操作载荷上的弯 / 皱幅度。

具体实施方式

[0053] 图 7 示出怎样计算横跨于厚度 d 的延伸方向 (这里是 y 方向) 的膜 2 的平均杨氏模量。膜 2 为所谓的复合型。第一材料的两个第一外层 11 将第二材料的第二层 12 包围。例如,第一外层 11 由多芳基化合物 (PAR) 制成,并且第二内层 12 由丙烯酸基底上的粘合剂制成。

[0054] 第一层 11 具有第一厚度 d_1 ,第二层 12 具有第二厚度 d_2 。另外,第一材料具有第一杨氏模量 E_1 ,第二材料具有第二杨氏模量 E_2 。图 7 示出由膜 2 裁出的立方体,其具有整体厚度 $2 \cdot d_1 + d_2$ 、宽度 w 和长度 l 。横跨于厚度 d 的延伸方向的膜 2 的平均杨氏模量 E_{avg} 计算如下:所有三层 11、12、11 上的 y 方向上的相对延伸率 ϵ 相同。因此第一层 11 的载荷贡献能够计算作

$$[0055] \quad F_1 = \sigma_1 \cdot A_1 = \epsilon \cdot E_1 \cdot b \cdot d_1$$

[0056] 相应地,第二层 12 的载荷贡献能够计算作

$$[0057] \quad F_2 = \sigma_2 \cdot A_2 = \epsilon \cdot E_2 \cdot b \cdot d_2$$

[0058] 那么整体载荷为

$$[0059] \quad F_{tot} = 2 \cdot F_1 + F_2 = \epsilon \cdot b \cdot (2 \cdot E_1 \cdot d_1 + E_2 \cdot d_2)$$

[0060] 且整体载荷为

$$[0061] \quad F_{tot} = \sigma_{avg} \cdot A_{tot} = \epsilon \cdot E_{avg} \cdot A_{tot} = \epsilon \cdot E_{avg} \cdot b \cdot (2 \cdot d_1 + d_2)$$

[0062] 因此方程的下列结果:

$$[0063] \quad \epsilon \cdot b \cdot (2 \cdot E_1 \cdot d_1 + E_2 \cdot d_2) = \epsilon \cdot E_{avg} \cdot b \cdot (2 \cdot d_1 + d_2)$$

$$[0064] \quad E_{avg} = \frac{2 \cdot E_1 \cdot d_1 + E_2 \cdot d_2}{2 \cdot d_1 + d_2}$$

[0065] 图 8 示出随操作载荷 F_o 被绘出的弯 / 皱幅度 sB 。两条曲线被绘出, 第一条曲线 sB_{ref} 是对于由聚碳酸酯制成的参考膜, 第二条曲线 sB_{inv} 是对于本发明的膜 2。

[0066] 在一个宽范围内, 参考膜 (第一条曲线 sB_{ref}) 没有弯曲或皱折, 直到到达了参考临界弯 / 皱载荷 F_{bcref} 。操作载荷 F_o 的进一步增加导致弯 / 皱幅度 sB 的剧烈增加。图 6 中也示出了该临界点, 并示出在此处因 $F_o > F_{bc}$ 而发生的膜的向下弯折 (为易于观察, 弯 / 皱幅度 sB 的绝对值在图 8 中示出)。在这个弯折之后, 弯 / 皱幅度 sB 或多或少达到饱和, 意即操作载荷 F_o 的进一步增加并不导致弯 / 皱幅度 sB 的实质增长。

[0067] 第二条曲线 sB_{inv} 具有相似的特性, 但是它朝着更高的操作载荷 F_o 平移, 意即临界弯 / 皱载荷 F_{bc} 远高于临界弯 / 皱载荷 F_{bcref} 。因此, 膜 2 能在更高的操作载荷 F_o 下操作, 该操作载荷使声压增加。应当注意到, 在这个点上, 膜 2 和参考膜在 MOV 所示的移动方向上具有相同硬度、并且具有相同的形状、尺寸 (因此有相同的谐振频率)。

[0068] 总之, 能观察到, 至第一条曲线 sB_{ref} 的左边的面积限定了由已知材料制成的膜进行操作的现有领域中的换能器的面积。至第一条曲线 sB_{ref} 的右边的面积限定了本发明的面积。在第一条曲线 sB_{ref} 和第二条曲线 sB_{inv} 之间的面积是本发明的换能器能够进行操作的面积。如果操作载荷 F_o 超过临界弯 / 皱载荷 F_{bc} , 将再次出现降低换能器的声学性能的弯曲 / 皱折。

[0069] 最后, 应当注意到, 上述实施例的描述不是对本发明的限制, 而且本领域普通技术人员能够设计许多可替代的实施例, 而不偏离由后附的权利要求限定的本发明的范围。在这些权利要求中, 任何被放入圆括号内的参考标记不应被解释为限制这些权利要求。词语“包括”及其类似用语不排除那些在任何一条权利要求中或者作为整体说明时所列出的那些内容之外存在的元件或步骤。元件的单独引用不排除对多个这种元件的引用, 反之亦然。在列举多个装置的装置权利要求中, 多个装置能够由硬件的同一产品体现。仅有确定的措施在彼此不同的从属权利要求中陈述的事实不表示使用这些措施的组合不能体现本发明的优势。

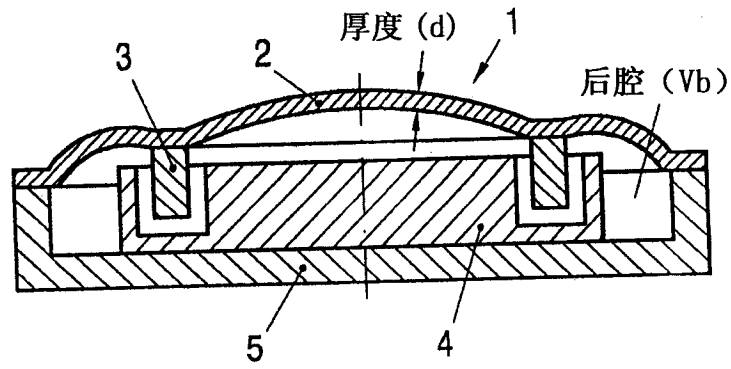


图 1

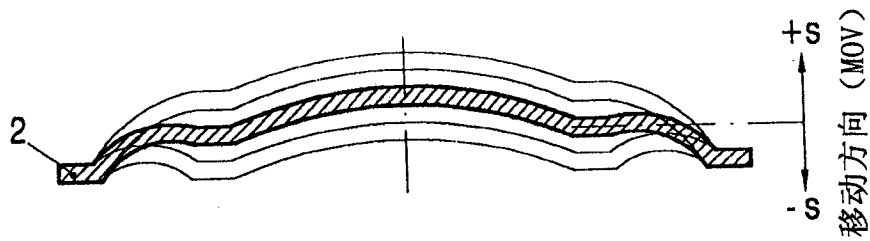


图 2

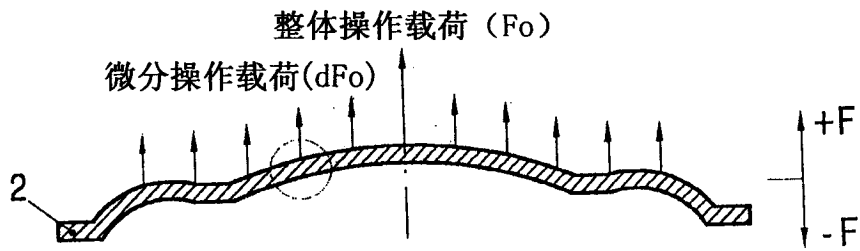


图 3

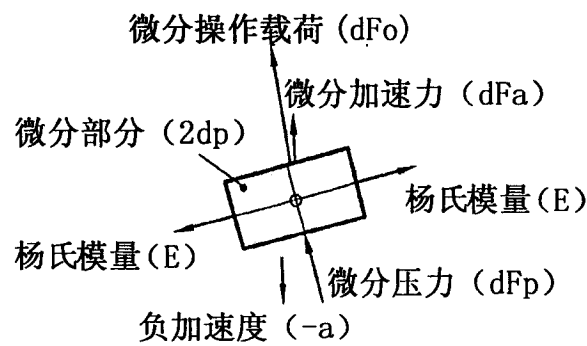


图 4

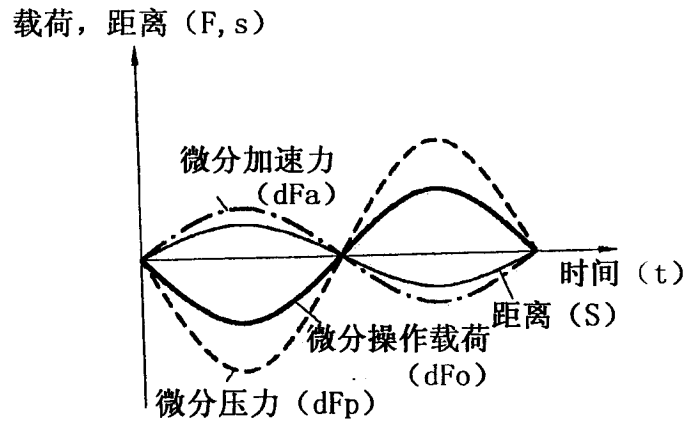


图 5

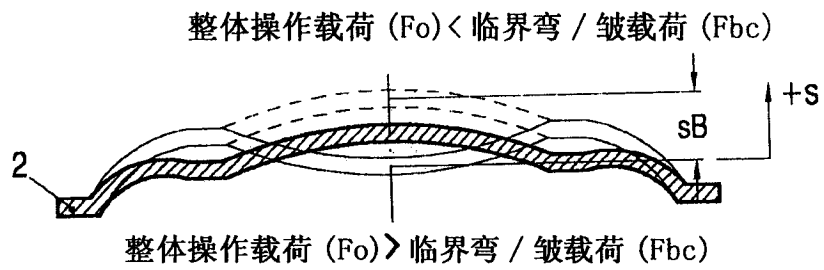


图 6

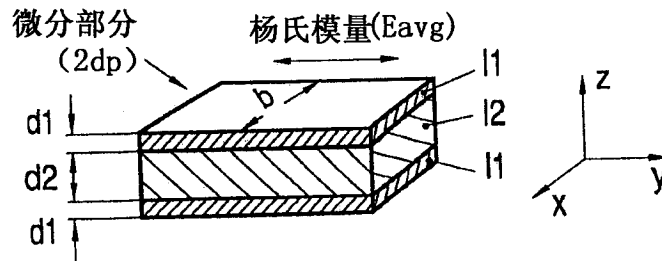


图 7

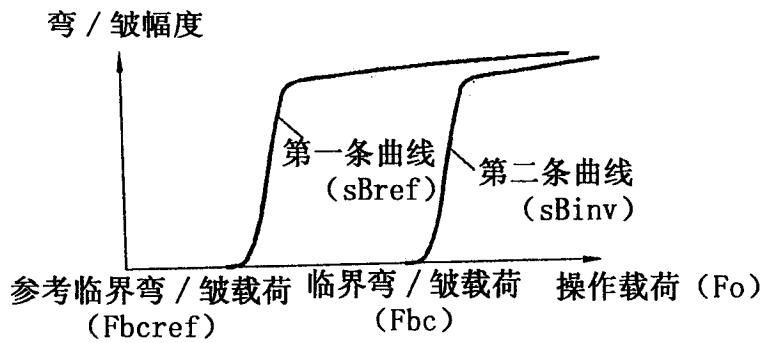


图 8