



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114630718 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 23

(21) 申请号 202080076479.0

(22) 申请日 2020.10.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114630718 A

(43) 申请公布日 2022.06.14

(30) 优先权数据
19206202.4 2019.10.30 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.04.29

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/NL2020/050670 2020.10.29

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/086184 EN 2021.05.06

(73) 专利权人 荷兰应用自然科学研究组织TNO
地址 荷兰海牙

(72) 发明人 保罗·路易斯·玛莉亚·约瑟夫·

万妮尔

阿尔诺·威廉·弗雷德里克·佛尔克

希尔克·布勒·阿克曼

格温·赫尔曼纳斯·格林克

安东尼斯·玛莉亚·B·范默尔

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

专利代理师 寇毛 李维凤

(51) Int.Cl.

B06B 1/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101854866 A, 2010.10.06

US 2017/0194934 A1, 2017.07.06

US 2016/0016198 A1, 2016.01.21

审查员 梁凤

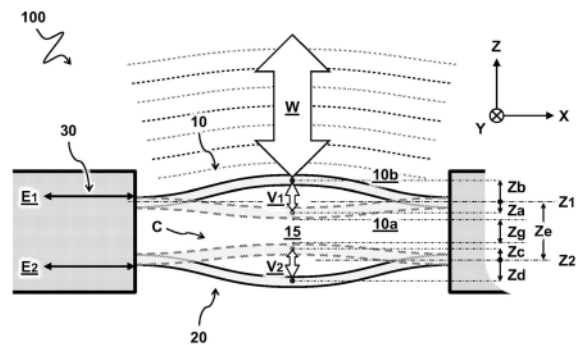
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

具有改善的带宽的膜式换能器

(57) 摘要

通过控制元件(C)改善基于膜的超声换能器的有效带宽。控制元件(C)设置在换能器的第一膜(10)的第一侧(10a)上,以增加或减小第一膜(10)朝向第一侧(10a)和/或相对的第二侧(10b)的位移幅度。这样使得第一侧(10a)与第二侧(10b)相比,在第一膜(10)的第一振动(V1)期间在第一膜(10)向第一侧的移动中引起位移不对称(Za<>Zb)。位移不对称可以导致改善的带宽。



1. 一种超声压电换能器(100),所述超声压电换能器包括:

-至少第一膜(10),所述第一膜具有第一压电层(10p),所述第一膜(10)被配置成展现出第一振动(V1)以收发超声波(W);

-电子电路(30),所述电子电路联接到所述第一膜(10)且被配置成将电信号发送给所述第一压电层(10p)或者从所述第一压电层接收电信号,所述电信号引起所述第一振动(V1)或由所述第一振动引起;以及

-控制元件(C),所述控制元件包括静电器件,所述静电器件被配置成在所述第一膜(10)的第一表面上以及在第二表面上产生静电电荷,所述第二表面在所述第一膜(10)的第一侧(10a)上与所述第一膜(10)相邻设置且与所述第一表面相对,其中所述控制元件(C)被配置成使得通过所述静电电荷的产生来在所述第一振动(V1)期间在所述第一膜(10)向所述第一侧(10a)相比于向相对的第二侧(10b)的移动中引起位移不对称。

2. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中,所述控制元件(C)包括第二膜(20),所述第二膜与第一膜平行地设置,使得在所述第一膜和所述第二膜之间具有封闭的腔部(15),其中,所述封闭的腔部(15)包含流体,当所述封闭的腔部(15)收缩时所述流体抵抗压缩,使得根据所述第一膜朝向所述第二膜(20)的位移而在所述第一膜(10)上引起非线性力,以引起所述位移不对称。

3. 根据权利要求2所述的超声压电换能器,其中,所述电子电路(30)被配置成致动所述第二膜(20)以展现出与所述第一振动(V1)反相的第二振动(V2),其中,所述第一膜和所述第二膜被配置成同时彼此分开地移动,或者朝向彼此移动,但彼此不直接接触。

4. 根据权利要求2所述的超声压电换能器,其中,至少所述第一膜(10)具有相对厚和/或刚硬的部分(10e),所述相对厚和/或刚硬的部分覆盖所述第一膜的、位于所述第一膜的中心处、占所述第一膜的总面积的50%至90%之间的子部分,其中,所述第一膜的中心比所述第一膜的边缘厚至少1.1倍,和/或所述第一膜的中心的刚度比所述第一膜的边缘的刚度高至少1.1倍。

5. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中,所述电子电路(30)被配置成将第一电信号(E1)传输到所述第一膜(10)以引起所述第一振动(V1),其中,所述电子电路(30)被配置成将不同的第二电信号(E2)传输到所述控制元件(C),以在由所述第一电信号(E1)引起的所述第一振动(V1)的相应振动周期期间动态地影响膜位移。

6. 根据权利要求2所述的超声压电换能器,其中,所述静电电荷在所述第二膜(20)上产生。

7. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中,所述静电器件被配置成产生静电电荷的交变信号,其中,静电电荷的施加与所述第一膜(10)的所述第一振动(V1)同步。

8. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中,所述静电器件被配置成包括连续信号或包括交变信号中的偏移,以用于施加所述静电电荷,其中,所述静电电荷被配置成改变至少所述第一膜(10)的平衡位置。

9. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中所述控制元件(C)包括第二压电层(10q),其中,所述电子电路(30)被配置成致动所述第二压电层(10q)以在所述第一膜的振动周期(V1)的一部分期间动态地改变所述第一膜(10)的特性,其中,第一电信号发送到所述第一压电层(10p),不同的第二电信号(E2)发送到所述第二压电层(10q)。

10. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中,所述静电电荷影响所述第一膜(10)的刚度。

11. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中,所述控制元件(C)被配置成使得方向中的朝向所述第一侧(10a)或所述第二侧(10b)的一个方向与相反方向相比,减小所述第一膜(10)沿着方向中的朝向所述第一侧或所述第二侧的该一个方向的幅度。

12. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中,所述控制元件(C)包括连接结构,所述连接结构在所述第一侧(10a)上只连接到所述第一膜(10)的中心,其中,所述连接结构允许所述第一膜(10)朝向所述第一侧(10a)的位移,但是限制所述第一膜向所述第二侧(10b)的位移。

13. 根据权利要求1所述的超声压电换能器,其中,所述第一振动(V1)具有:

- 在所述第一膜(10)的平衡位置(Z1)和所述第一膜(10)向所述第一侧(10a)的最大延伸位置之间的第一幅度(Za),以及

- 在所述平衡位置和所述第一膜(10)向所述第二侧(10b)的最大延伸位置之间的第二幅度(Zb),

- 其中,所述控制元件(C)被配置成影响所述第一膜(10)的移动,以在所述第一幅度(Za)与第二幅度(Zb)之间引起至少5%的差异。

14. 一种提高超声压电换能器的有效带宽的方法,所述方法包括:

将电信号(E1)发送到包含在所述超声压电换能器的第一膜(10)中的第一压电层(10p)或者从包含在所述超声压电换能器的第一膜中的第一压电层接收电信号,所述电信号(E1)引起所述第一膜(10)的第一振动(V1)或由所述第一膜的第一振动引起;

使用包括静电器件以在所述第一膜(10)的第一表面上以及在于所述第一膜(10)的第一侧(10a)上与所述第一膜(10)相邻设置且与所述第一表面相对的第二表面上产生静电电荷的控制元件(C)来增加或减小所述第一膜(10)朝向所述第一侧(10a)和/或相对的第二侧(10b)的位移幅度,以使得通过所述静电电荷的产生来在所述第一膜(10)的所述第一振动(V1)期间在所述第一膜(10)向所述第一侧(10a)相比于向所述第二侧(10b)的移动中引起位移不对称,从而提高有效带宽。

具有改善的带宽的膜式换能器

技术领域

[0001] 本公开涉及基于膜的超声换能器以及用于提高这种换能器的有效带宽的方法。

背景技术

[0002] 超声换能器例如超声源和/或接收器,具有各种应用,例如医学成像、流量计等。为了提高发送和/或接收效率,可使用基于谐振的超声源/接收器,例如膜。然而,当换能器仅在接近谐振才有效时,这可能限制系统的带宽和性能。例如,这种换能器的精度或成像分辨率可取决于系统带宽。

[0003] 仍然需要改善基于膜的换能器中的带宽,同时保持至少一些基于谐振的效率。

发明内容

[0004] 本公开的一些方面涉及一种超声换能器。该换能器包括至少第一膜,第一膜被配置成在其谐振频率下或接近其谐振频率时展现出第一振动,以收发(即,发送和/或接收)超声波,超声波例如(谐振地)与第一膜相互作用。电子电路被联接到第一膜且被配置成收发电信号,电信号引起第一振动或由第一振动引起。控制元件设置在第一膜的第一侧上,且配置成使得第一侧与相对的第二侧相比,在第一振动期间在第一膜的向第一侧的移动中引起位移不对称。其它或进一步的方面涉及一种提高基于膜的超声换能器的有效带宽的方法。例如,控制元件设置在换能器的第一膜的第一侧上,以增加或减小第一膜朝向第一侧和/或相对的第二侧的位移幅度,以使得第一侧与第二侧相比,在第一膜的第一振动期间在第一膜的向第一侧的移动中引起位移不对称。

[0005] 如本文所解释的,发明人发现:强制非线性位移,特别是在谐振振动期间膜向一侧移动与向另一侧移动相比之间的不对称,可改善其带宽。该不对称可例如通过在膜的振动周期期间在膜上施加不对称的力来引起。这种力可包括例如压力积累、静电力和/或物理连接。可使用各种组合来提供如本文所述的协作优点。

附图说明

[0006] 本公开的设备、系统和方法的这些和其它特征、方面和优点将从以下描述、所附的权利要求和附图中变得更好理解,在附图中:

[0007] 图1A示出了通过将两个膜竖直靠近地堆叠在一起而引起位移不对称;

[0008] 图1B示出了膜的凸起部以进一步增强效果;

[0009] 图2A示出了使用静电电荷来引起位移不对称;

[0010] 图2B示出了与第二膜组合地使用静电电荷;

[0011] 图3A至图3C示出了通过使用可折叠结构以限制沿着一个方向的移动超过阈值,来引起位移不对称;

[0012] 图4A示出了通过在第一膜上使用第二压电层以不对称地影响膜位移,来引起位移不对称;

[0013] 图4B示出了作为时间的函数的不同电信号的施加和所产生的振动;

[0014] 图5A和图5B示出了作为时间的函数的对称压力脉冲和不对称压力脉冲之间的比较和相关频谱(F)的强度。

具体实施方式

[0015] 用于描述特定实施例的术语不旨在限制本发明。如本文所使用的,单数形式“一”、“一个”和“该”还旨在包括复数形式,除非上下文另有明确指示。术语“和/或”包括一个或多个相关所列项目的任意和所有组合。应理解,术语“包括”和/或“包含”指明所叙述的特征的存在,但是不排除一个或多个其它特征的存在或添加。进一步应理解,当方法的特定步骤被称为在另一步骤之后时,该特定步骤可直接跟随所述另一步骤,或者可以在执行该特定步骤之前执行一个或多个中间步骤,除非另外指明。同样,应理解,当描述结构或部件之间的连接时,该连接可直接建立,或者通过中间结构或部件来建立,除非另外指明。

[0016] 在下文中参考附图更全面地描述本发明,在附图中示出了本发明的实施例。在附图中,为了清楚起见,可能夸大系统、部件、层和区域的绝对尺寸和相对尺寸。实施例可参考本发明的可能理想化的实施例和中间结构的示意图和/或截面图来描述。在说明书和附图中,相同的附图标记始终指代相同的元件。相对术语及其衍生物应解释为指代如随后描述的或如所讨论的附图中所示的方向。这些相对术语是为了便于描述,并不要求系统以特定方向构造或操作,除非另外说明。

[0017] 图1至图4示出了增加基于膜的超声换能器100的有效带宽。在本文描述的实施例中,超声换能器100包括至少第一膜10。例如,第一膜10配置成展现出第一振动V1(在其谐振频率下或接近其谐振频率时)以收发(即,发送和/或接收)超声波W,超声波W例如(谐振地)与第一膜10相互作用。有利地,可以在膜的一侧或两侧设置控制元件C,以在第一膜10的移动中引起位移不对称 $Z_a < > Z_b$ 。例如,与相对的第二侧10b相比,在第一振动V1期间,针对第一侧10a引起不对称。

[0018] 在一些实施例中,例如如图所示,第一膜10配置成沿着横向于第一膜10的平面XY的方向Z、以朝向第一侧和第二侧的相应幅度 Z_a, Z_b 进行振动。在一些实施例中,第一振动V1具有在第一膜10的(中心)平衡位置Z1和第一膜10向第一侧10a的最大延伸位置之间的第一幅度 Z_a 。在其它或进一步的实施例中,第一振动V1具有在平衡位置和第一膜10向第二侧10b的最大延伸位置之间不同的第二幅度 Z_b 。优选地,控制元件C配置成影响第一膜10的移动,以在第一幅度 Z_a 和第二幅度 Z_b 之间引起差异,例如,其中,该差异为至少5%,优选地至少10%,或者甚至大于20%,例如高达50%或者甚至100%(2倍)。例如,幅度表示膜中的中心点从平衡位置(不会致动膜)到相应侧(当膜由电信号E或超声波W致动时)的相应移动范围。

[0019] 在一个实施例中,控制元件C配置成使得方向中的朝向第一侧10a或第二侧10b的一个方向与相反方向相比,减少(例如,抵抗、限制和/或约束)第一膜10沿着方向中的朝向第一侧10a或第二侧10b的一个方向的移动。例如,移动范围减小至少1.05倍,1.1倍,1.2倍或更大倍数,例如高达1.5倍或甚至两倍(即,第二幅度 Z_b 比第一幅度 Z_a 高至少10%)。在一些实施例中,控制元件C只减小沿着这些方向中的一个方向的膜位移,例如通过增加阻力来减小膜位移,而沿着另一方向的效果较小或没有效果。在其它或进一步的实施例中,控制元件C可减小沿着两个方向的膜位移,但是以不同程度减小,例如沿着一个方向提供的阻力比

沿着另一方向提供的阻力更大。替代地或附加地,为了减小沿着一个方向的位移,还可以设想控制元件C例如通过主动控制来增大沿着另一方向的膜位移,如稍后将讨论的。

[0020] 优选地,电子电路30联接到第一膜10。在一个实施例中,电子电路30配置成发送引起第一振动V1的电信号E1。在另一个或进一步的实施例中,电子电路30配置成接收由第一振动V1引起的电信号E1。在一些实施例中,电子电路30包括信号产生器(未示出),信号产生器配置成产生电信号E1,电信号E1包括处于或接近第一膜10的谐振频率的一个或多个频率。在其它或进一步的实施例中,电子电路30包括信号检测器(未示出),信号检测器配置成检测电信号E1,电信号E1包括处于或接近第一膜10的谐振频率的一个或多个频率。

[0021] 虽然原则上,膜可支持不同的谐振振动,但是优选地,具有最小谐振频率的基模(例如,指定为 u_{01} 或1s)用于有效地产生或接收声波。例如,谐振频率 F_r 例如由膜材料性质中的一个或多个性质和声膜的直径确定。还可使用其它或另外的参数,例如密度、泊松(Poisson)比和杨氏模量。在一些实施例中,基频 F_r (Hz)可使用诸如膜张力 T (N/m)、密度 ρ (kg/m^2)、直径 D (m)的参数来表示。还可使用其它或另外的参数,例如膜厚度、弹性模量等。替代地或附加地,膜的基频可通过任何其它分析或数值建模来确定。在一个实施例中,通过与膜的张力和密度相关地设置特定直径 D 来确定特定谐振频率 F_r 。例如,直径 D 可以对应于如下波的谐振频率下的波长的一半:该波在膜中传播以产生驻波。

[0022] 在优选实施例中,使用压电换能器来致动膜。最优选地,压电材料作为层设置在柔性膜上。还可提供其它层,例如用于将相应电信号施加到压电层的电极层。还可设想用于施加静电电荷的电容和/或导电层,如本文所述的。这些层可通过其它或另外的电信号而带电,例如通过在相应振动的部分周期期间施加静电荷或动态施加电荷而带电。

[0023] 通过在或者大约在换能器的相应谐振频率处的载波频率来驱动换能器,可改善性能。例如,使用膜的第一谐振或接地谐振。换能器的谐振频率可以相对较高,例如大于1千赫兹,大于10千赫兹,大于100千赫兹或者甚至大于1兆赫兹。这种高频可能不适合于所有应用。例如,对于触觉应用,800赫兹以上的频率可能难以感觉到。例如,用于触觉反馈的最优频率可介于50赫兹至500赫兹之间,优选地介于100赫兹至300赫兹之间。

[0024] 在一些实施例中,电信号包括多个频率,此多个频率包括与换能器的谐振频率相对应的载波频率(尽可能好地对应);以及取决于应用的包络或调制频率。例如,触觉反馈设备可使用40kHz的载波频率,该载波频率由200Hz的调制频率进行幅度调制。还可设想使用多于两个频率,特别是一定带宽下的多个频率,该多个频率例如包括相应换能器的谐振频率。

[0025] 在一些实施例中,形成声学设备,该声学设备包括如本文所述的多个声学换能器的阵列。例如,换能器可由柔性基板上的图案化堆叠形成。在一个实施例中,堆叠包括夹在相应的底部电极层和顶部电极层之间的压电层。在一些实施例中,声学换能器的致动表面包括柔性基板的在接触区域处的一部分。在其它或进一步的实施方案中,膜可单独地附接到周围基底。

[0026] 现在,将描述各种类型的控制元件。在一些实施例中,控制元件C包括与第一膜10相邻的无源元件,例如结构元件。优选地,相邻的控制元件C与第一膜10不直接接触。例如,在第一膜10和控制元件C之间具有腔部或其它层,这可允许更平稳的相互作用。在其它或进一步的实施例中,控制元件C可以被主动地控制,例如,其中,在第一振动V1的相应周期期

间,调整控制元件C对第一膜10的影响。

[0027] 图1A示出了通过将两个膜10,20竖直靠近地堆叠在一起而引起位移不对称(这里 $Z_a < Z_b$)。在一些实施例中,例如如图所示,控制元件C包括第二膜20,第二膜20与第一膜平行地设置,使得在第一膜和第二膜之间具有(封闭的)腔部15。例如,位移不对称可由腔部15的膨胀或收缩之间的不对称引起。优选地,腔部15由流体(例如气体,例如空气)填充,当腔部根据第一膜朝向第二膜的位移来收缩从而致使在第一膜上引起非线性力时,该流体抵抗压缩。例如,当周围介质(例如空气)在膜上施加向内的压力(例如大气压力)时,腔部中的流体(例如空气)在膜上施加向外的压力。通常,当腔部收缩时向外的压力增加,当腔部膨胀时向外的压力减小。例如,当膜向内移动时,向外的压力可以非线性地增加。

[0028] 在其它或进一步的实施例中,例如如图所示,平行的膜分开设置,使得在平行的膜之间具有平衡距离 Z_e 。在优选实施例中,距离 Z_e 相对较小以具有足够的效果。例如,距离 Z_e 可与总偏转幅度 $Z_a + Z_b$ 相当,例如小于该总幅度的两倍。在另一个或进一步优选的实施例中,平行的膜按距离 Z_e 设置,在这个距离 Z_e 下,平行的膜不接触,即使在被致动时也不接触。因此,可以在平行的膜之间保持间隙距离 Z_g 。例如,(当膜未被致动时)膜之间的平衡距离 Z_e 大于向内(第一)幅度 Z_a 的两倍(即 $Z_e > 2 * Z_a$)。因此,当第二膜20的向内幅度 Z_c 与第一膜10的向内幅度 Z_a 相近时,第一膜和第二膜在经历相应的振动 V_1 、 V_2 时不会接触。

[0029] 在一些实施例中,膜的直径介于0.5毫米至0.5厘米之间,优选地介于1毫米至3毫米之间,例如2毫米。典型地,当谐振时膜的偏转幅度或总幅度小得多,例如比直径小至少10倍或100倍。例如,总幅度 $Z_a + Z_b$ 介于10纳米至100微米之间,优选地小于10微米,或者甚至小于1微米。在一个实施例中,膜之间的距离 Z_e 在介于5纳米至50微米之间的范围内,优选地小于10微米,小于5微米,或者甚至小于1微米。距离越小,非线性效果越大,例如,一直小到但优选地不包括膜开始接触时的距离(间隙距离 $Z_g = 0$)。

[0030] 在优选实施例中,第二膜20被致动以展现出与第一振动 V_1 反相的第二振动 V_2 。换句话说,相邻的膜配置成同时朝向彼此移动,或者彼此分开。如通过以这种方式移动第二膜所理解的,可显著增强膨胀/收缩腔部的效果。在其它或进一步的实施例(未示出)中,还可设想使用静态或固定层/壁代替第二膜20。例如,腔部可形成在第一膜和静态壁之间。

[0031] 图1B示出了膜的凸起部以进一步增强效果。在一些实施例中,例如如图所示,与膜的(径向)边缘相比,至少第一膜10在膜的中心处具有相对厚和/或刚硬的部分10e。例如,如图1A和图1B之间的比较所示,与膜的平面外峰位移相比,这可具有增加总移位体积的效果。例如,与图1A相比,图1B中的相对厚或刚硬的中心部分在偏转期间可具有较小的曲率(例如,相比高斯(Gaussian),形状更加呈块状),因此向内收缩的效果可以延伸到比仅在中心峰更大的区域上。

[0032] 在一些实施例中,膜的中心比边缘厚,例如厚至少1.1倍,1.2倍,1.5倍,2倍或更大倍数。在其它或进一步的实施例中,膜的中心处的材料比在边缘处的材料更刚硬,例如其抗弯刚度 $[Pa \cdot m^3]$ 和/或杨氏模量 $[Pa]$ 高出至少1.1倍,1.2倍,1.5倍,2倍或更大倍数。优选地,增厚和/或刚硬化的区域在总面积的子部分上延伸,例如子部分覆盖面积的50%至90%,优选地介于60%至80%之间。在一些实施例中,膜在至少一侧上设置有额外的层或凸起部,优选地在向内定向的第一侧10a上设置有额外的层或凸起部。如将会理解的,在一侧上具有相对于膜的中心平面偏离中心的额外材料,还可有助于位移不对称。

[0033] 图2A示出了使用静电电荷来引起位移不对称。在一些实施例中,例如如图所示,控制元件C包括静电器件(未示出),该静电器件配置成在第一膜10的表面上以及在与第一膜10相邻的另一相对表面上生成静电电荷。如将理解的,静电电荷(+,-,+,--)之间的吸引和/或排斥可以在第一膜10上带来不对称力,从而影响第一膜沿着一个方向或两个方向的位移。虽然本图示出了排斥性(类似)电荷,但是还可使用吸引力电荷,例如以沿着相反方向引起不对称。还可存在组合。

[0034] 在一些实施例中,例如如本文所示的,且类似地可应用于本文所描述的其它实施例,第一膜10包括压电层10p。例如,压电层10p联接到电子电路30,以接收和/或产生电信号E1。例如,将交变电信号施加到压电层10p,可导致压电材料的收缩/膨胀,压电材料的收缩/膨胀致动膜,或者反之亦然。

[0035] 在其它或进一步的实施例中,例如如图所示,第一膜10包括静电层10s,静电层10s例如由导电材料制成,用于施加静电电荷。优选地,如图所示,静电层10s位于第一膜10的第一侧10a上,例如面对相邻的第二静电层10t。最优选地,如图所示,静电层10s设置在第一膜10的第一侧10a上,而压电层10p可例如设置在相对的第二侧10b上。还可存在其它配置。

[0036] 在一些实施例中,静电器件配置成产生静电电荷的交变信号(AC)。例如,静电电荷的施加与膜的振动同步。在一个实施例中,交变电信号E1可用于致动第一膜10上的压电层10p,同时交变电荷施加到(单独的)静电层10s,10t以引起位移不对称。例如,电信号(静电信号)E3和/或E4可施加到相应的静电层10s,10t。优选地,静电电荷或信号E3,E4在振动膜的每个周期期间不对称地施加,例如当膜在一起时仅在周期的一半周期期间施加,或者当膜分开时在一半周期期间施加。

[0037] 在其它或进一步的实施例中,控制元件C配置成在相应的振动周期期间动态地影响膜位移。例如,动态地改变静电电荷以仅在振动周期的一部分期间施加力。在一个实施例中,静电电荷影响至少第一膜10的刚度。

[0038] 图2B示出了与第二膜组合地使用静电电荷。在一些实施例中,在第二膜20上产生静电电荷。根据前述实施例,这种组合可提供引起不对称的协作优点。替代地或附加地,通过将静电电荷与在相应膜的中心处具有相对厚和/或刚硬的部分10e的第一膜10和/或第二膜20组合,甚至可实现更进一步的效果。如将理解的,振动膜的相对平坦的部分不仅可以在腔部中提供更大位移,而且可提供更大区域,电荷可以在相对于彼此有效的距离内到达该更大区域。还可存在其它有利的组合,例如增厚部分仅位于第一膜10上。例如,这可与固定壁而非与第二膜20组合地应用于图2A中的单个膜10。

[0039] 替代地,或者除了使用交变信号(AC)来产生静电电荷之外,还可设想施加连续信号(DC)。在一些实施例中,静电器件配置成包括连续信号(DC)或者交变信号(AC)中的偏移(DC分量),以用于施加静电电荷,其中,静电电荷配置成改变至少第一膜10的平衡位置。例如,一个或多个膜上的固定或偏移的静电电荷可用于调节平衡距离,平衡距离可偏离中心。同样,与中心增厚或更刚硬的部分组合,效果可以更大,例如提供更加呈块状的偏转。

[0040] 图3A至图3C示出了通过使用可折叠结构以限制沿着一个方向的移动超过阈值,来引起位移不对称。

[0041] 在一些实施例中,例如如图所示,控制元件C包括在第一侧10a上与第一膜10的中心的(物理)连接件。例如,该连接件允许第一膜10朝向第一侧10a的(向内)位移,但是限制

第一膜10向第二侧10b的位移。在一个实施例中,通过物理连接件限制该位移超过沿着第二侧10b的方向的阈值位移,例如超过中心位置或更远位置。在一个实施例中,该连接件抵抗或基本上防止位移超过阈值。这种连接件的示例可包括例如柔性线/绳、诸如支柱的更刚硬的元件、诸如弹簧的弹性元件等。在一些实施例中,该连接件包括可折叠结构,可折叠结构配置成沿着一个方向折叠(或松弛),且对超过沿着另一方向的阈值位移进行拉紧。

[0042] 在一个实施例中,例如如图3A和图3B所示,该连接件将第一膜10连接到第二膜20(第二膜的中心)。在另一个或进一步的实施例中,例如如图3C所示,该连接件将第一膜10连接到静态层。还可设想具有连接结构的其它或进一步的实施例。

[0043] 图4A示出了通过在第一膜10上使用第二压电层10q以不对称地影响膜位移,来引起位移不对称。在一些实施例中,膜包括第一压电层10p,第一压电层用于收发与第一膜10的第一振动V1相关的电信号E1。在其它或进一步的实施例中,控制元件C包括第二压电层10q,其中,电子电路配置成致动第二压电层10q以在第一膜的振动周期V1的一部分振动周期期间动态地改变第一膜10的特性。

[0044] 图4B示出了作为时间T的函数的不同电信号E1,E2的施加和所产生的振动V1。在一些实施例中,第一电信号发送到第一压电层10p(或从第一压电层接收),且不同的第二电信号E2发送到第二压电层10q。在其它或进一步的实施例中,第二电信号E2配置成在第一振动V1的特定部分期间致动第二压电层10q。在一个实施例中,第二电信号E2在振动周期的、沿着这些方向中的一个方向的相应半个周期期间只致动该膜。例如,第二压电层被致动以抵消或减弱沿着方向之一的位移Za。以这种方式,与另一方向相比,经由第一压电层10p致动的膜所产生的压力脉冲可沿着所述一个方向变形(非线性)。优选地,第二压电层相对于第一压电层设置在膜的相对侧。例如,柔性膜材料设置在压电层10p、10q之间。

[0045] 图5A和图5B示出了作为时间(T)的函数的对称压力脉冲和不对称压力脉冲(P)之间的比较和相关频谱(F)的强度(I)。在优选实施例中,在不对称脉冲(图5B)中可增加有效带宽,例如通过强制使膜位移更加非线性,具体地通过引起位移不对称,可增加有效带宽。

[0046] 本公开的各方面可体现为提高基于膜的超声换能器的有效带宽的方法。一些实施例利用设置在膜的一侧或两侧上的控制元件C来增加或减小膜朝向该侧和/或相对侧的位移幅度。这可以在膜向任一侧的振动期间在膜的移动中引起位移不对称。

[0047] 在一些实施例中,例如在图1A和图1B中描述的,控制元件C通过流体的压力来与第二侧10b相比改变例如减小第一膜10朝向第一侧10a的位移幅度Za,其中流体通过形成于第一侧10a上的腔部中的位移而被压缩。

[0048] 在其它或进一步的实施例中,例如在图2A和图2B中描述的,控制元件C通过连续和/或交替的(动态)静电力来与第二侧10b相比改变例如减小或增加第一膜10朝向第一侧10a的位移幅度Za和/或平衡位置,或者反之亦然,其中连续和/或交替的(动态)静电力由控制元件C施加在第一膜10上。

[0049] 在其它或进一步的实施例中,例如在图3A和图3B中描述的,控制元件C通过在第一侧10a上(仅)物理连接到第一膜10的中心来与第一侧10a相比改变第一膜10朝向第二侧10b的位移幅度Zb和/或平衡位置,这允许第一膜10朝向第一侧10a的向内位移,但是限制第一膜10向第二侧10b的位移。

[0050] 在其它或进一步的实施例中,控制元件动态地影响第一膜10的力和/或刚度,例如

使用多个压电层 $10p, 10q$ 来动态地影响,压电层 $10p, 10q$ 在相应振动周期期间被不同地致动(如图4A和图4B所描述的),或者通过可变的静电力被不同地致动(如图2A和图2B所描述的)。

[0051] 为了清楚和简洁的描述,在本文中特征描述成相同或单独实施例的一部分,然而,应理解,本发明的范围可包括具有所描述的所有或一些特征的组的实施例。当然,应理解,上述实施例或过程中的任何一个可与一个或多个其它实施例或过程组合,以在寻找和匹配设计和优点方面提供甚至进一步的改进。应理解,本公开对于增加基于膜的换能器的带宽提供特定优点,且通常可应用于使用谐振换能器的任何应用。

[0052] 在解释所附的权利要求时,应理解,词语“包括”不排除除了在给定权利要求中列出的元素或动作之外的其它元素或动作的存在;在元素之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元素;权利要求中的任何附图标记不限制权利要求的范围;若干“装置”可由相同或不同的项目或所实现的结构或功能来表示;任何公开的设备或设备的部分可组合在一起或分成另外的部分,除非另外具体说明。在一项权利要求引用另一项权利要求的情况下,这可指示通过组合这两项权利要求各自的特征实现的协作优点。然而,仅仅在相互不同的权利要求中叙述某些措施的事实并不表示这些措施的组合也不能用于有利的目的。因此,本实施例可包括权利要求的所有工作组合,其中每个权利要求原则上可参考任何先前的权利要求,除非上下文明确排除。

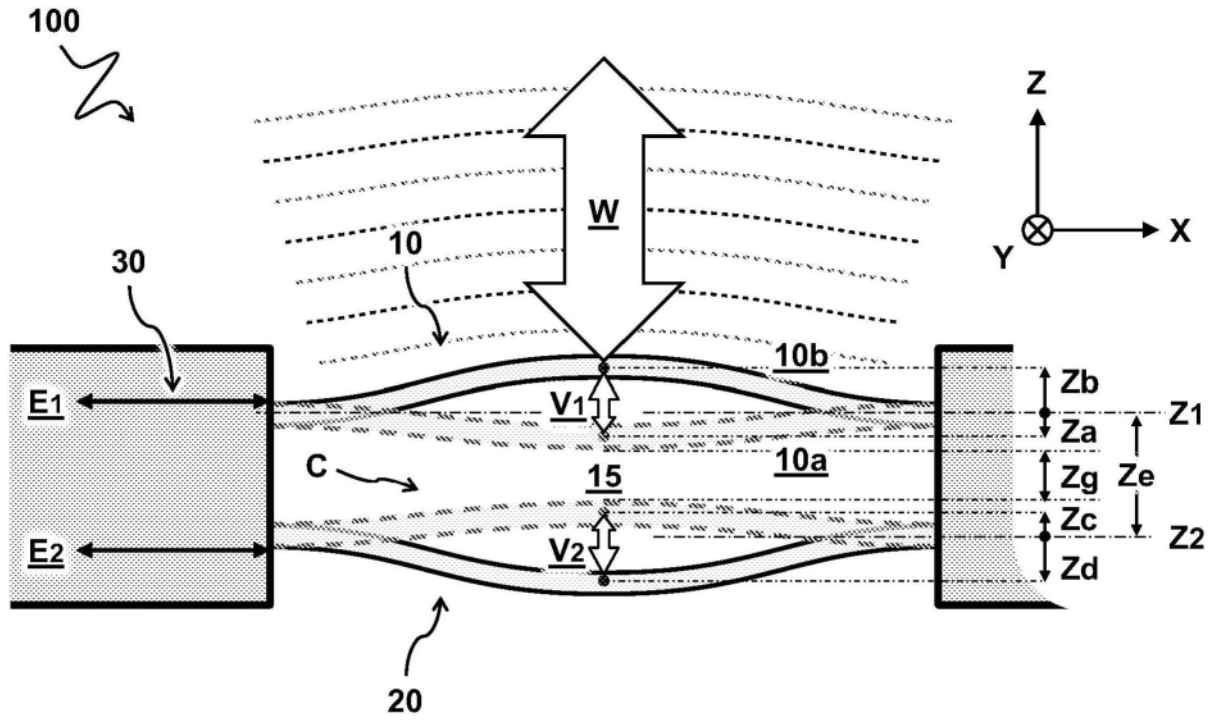


图1A

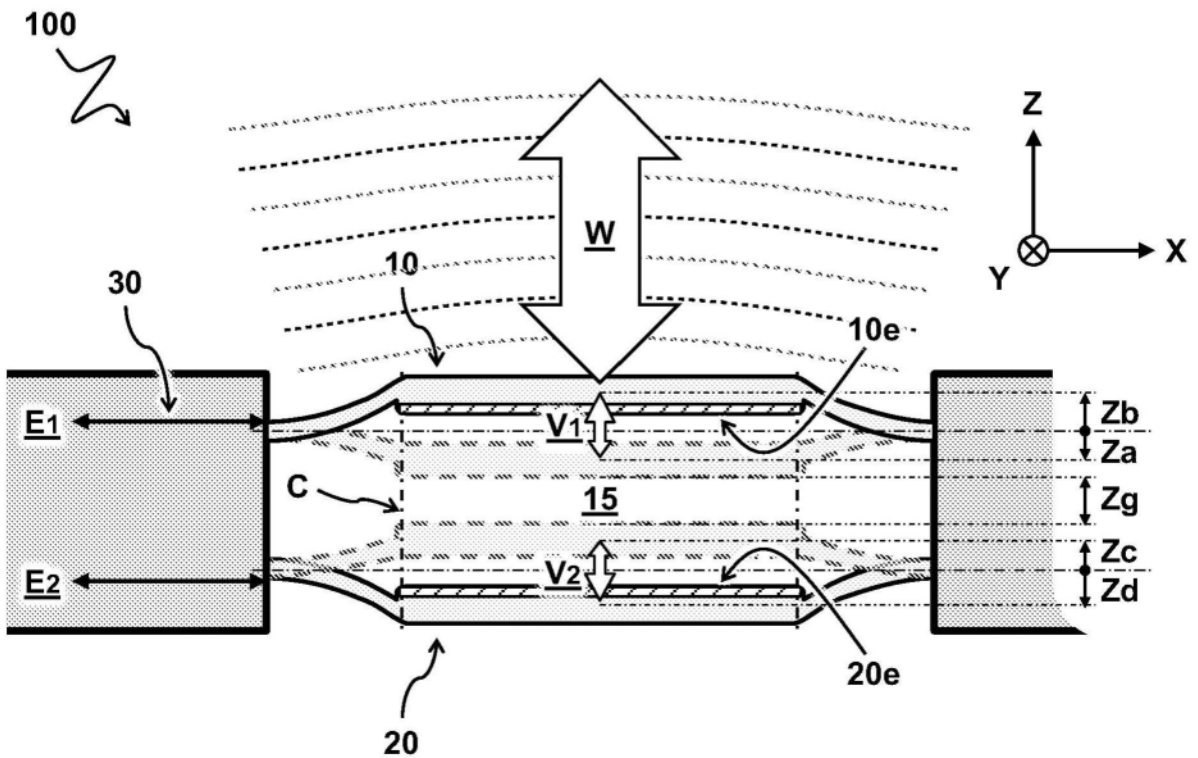


图1B

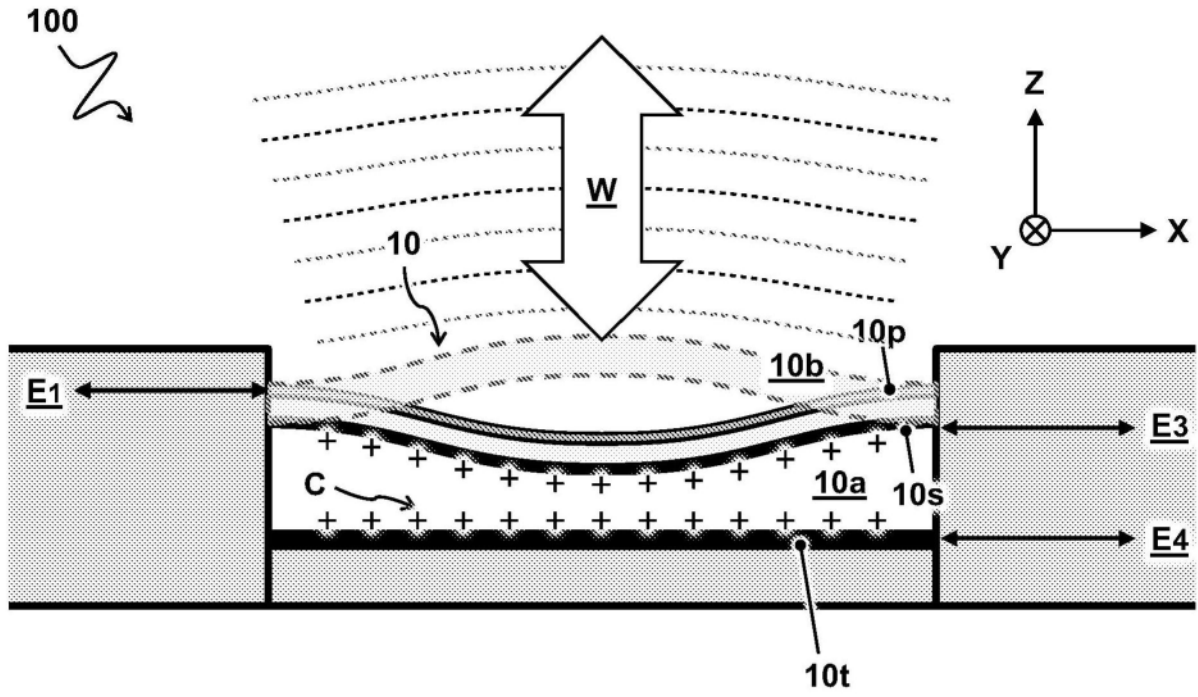


图2A

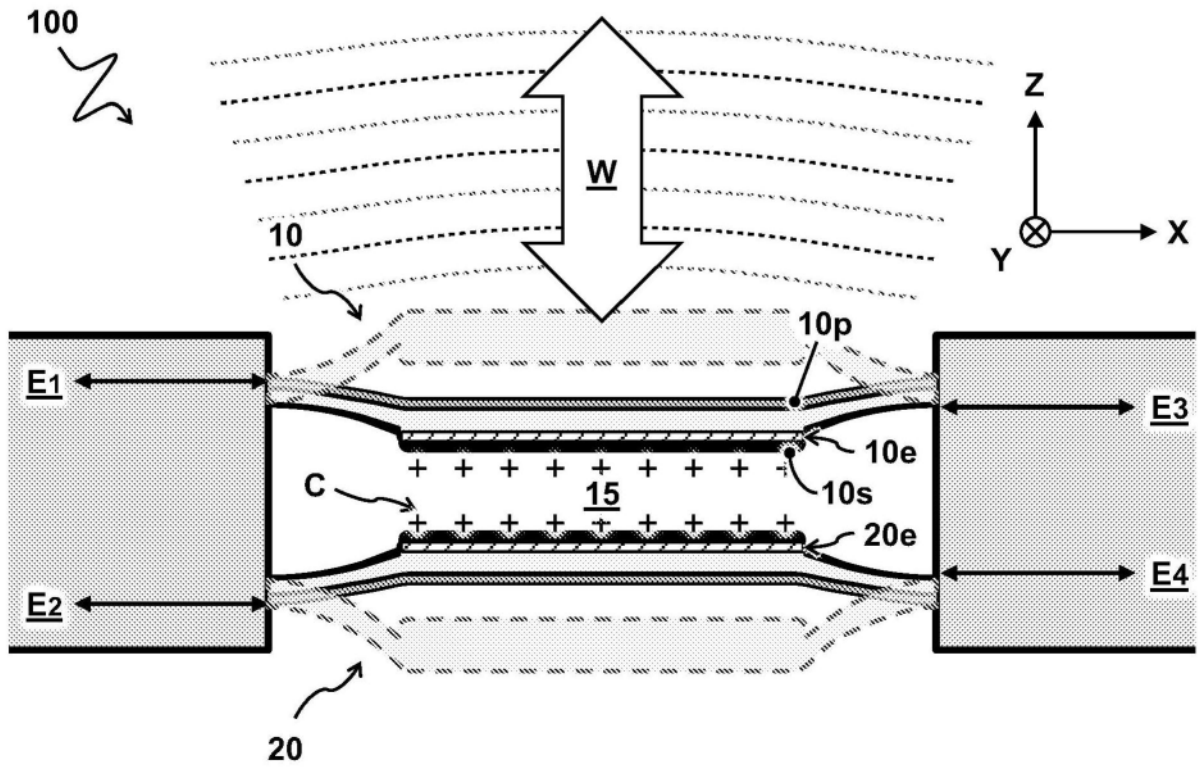


图2B

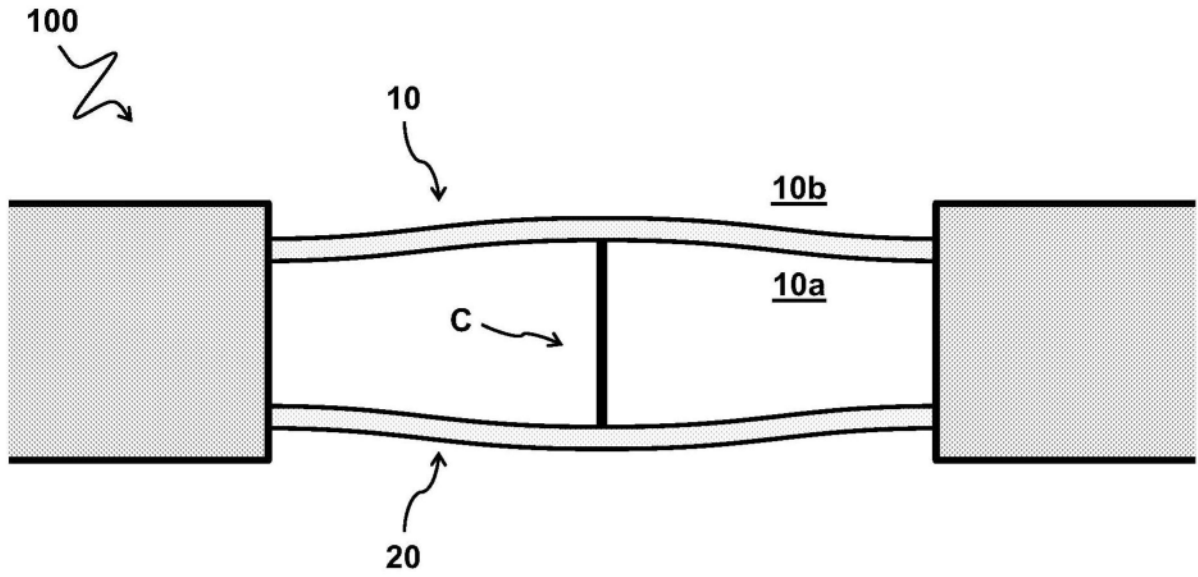


图3A

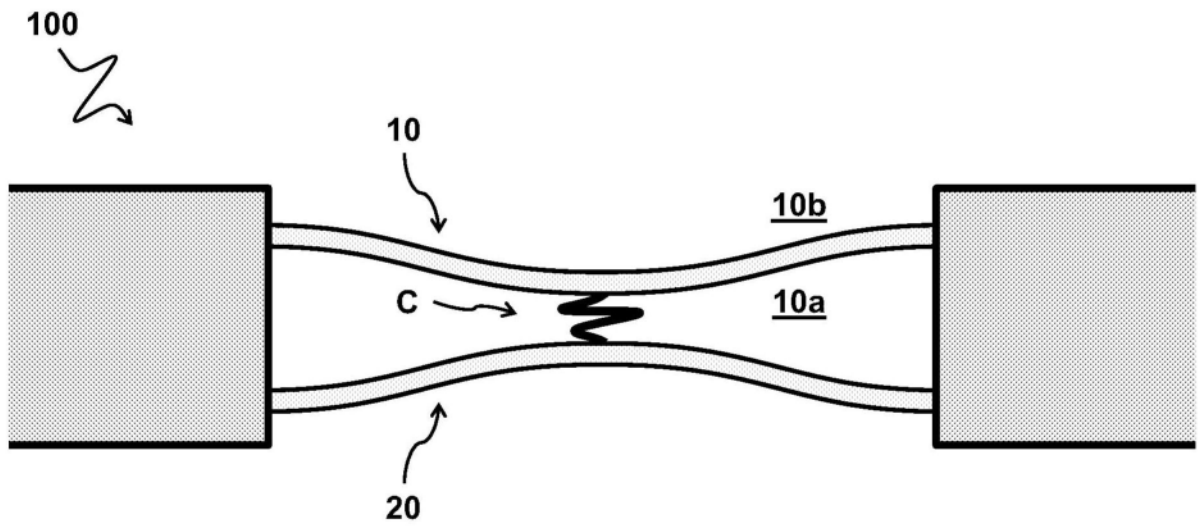


图3B

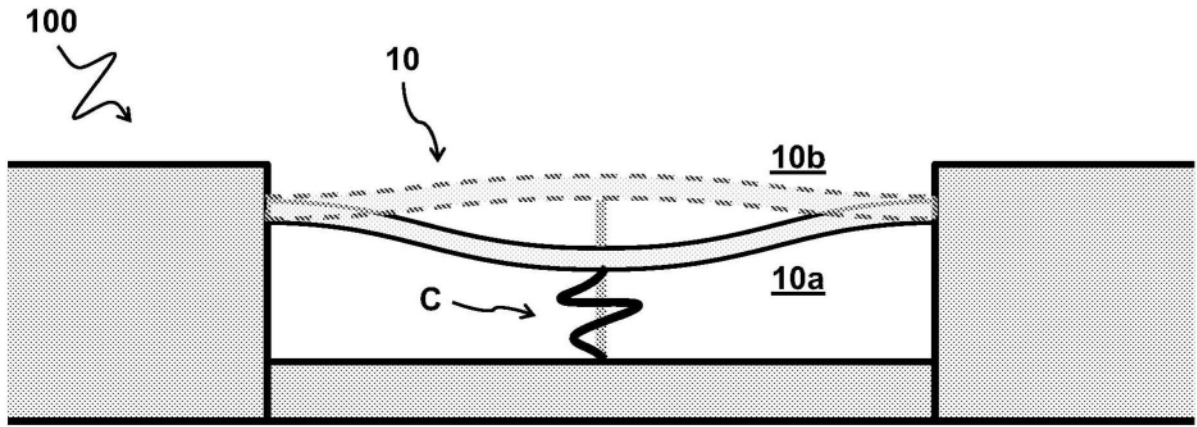


图3C

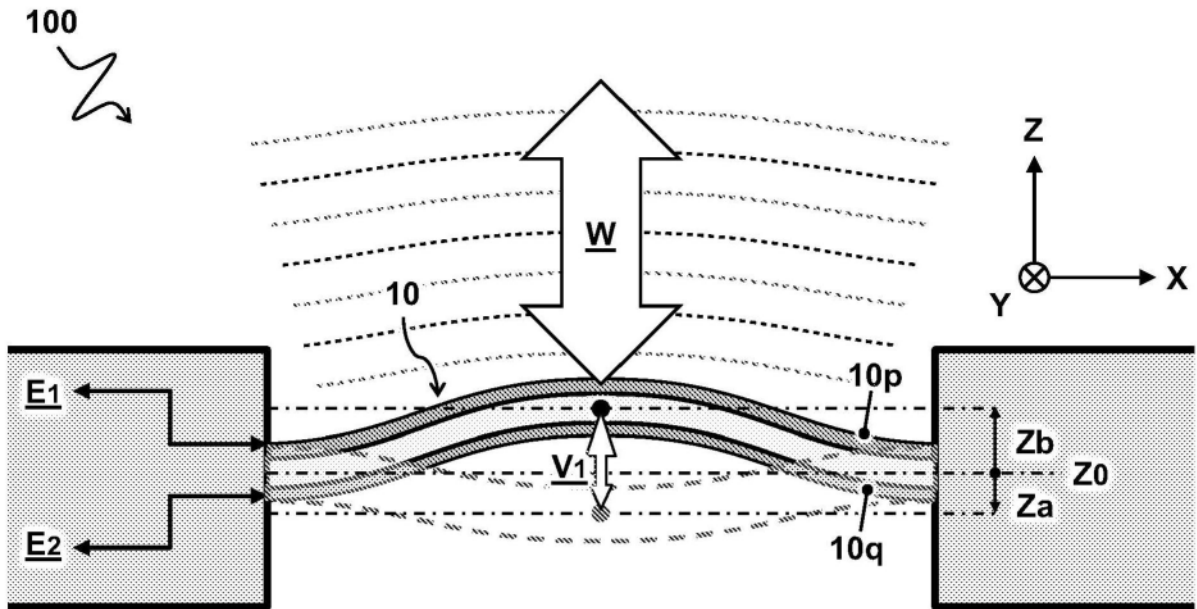


图4A

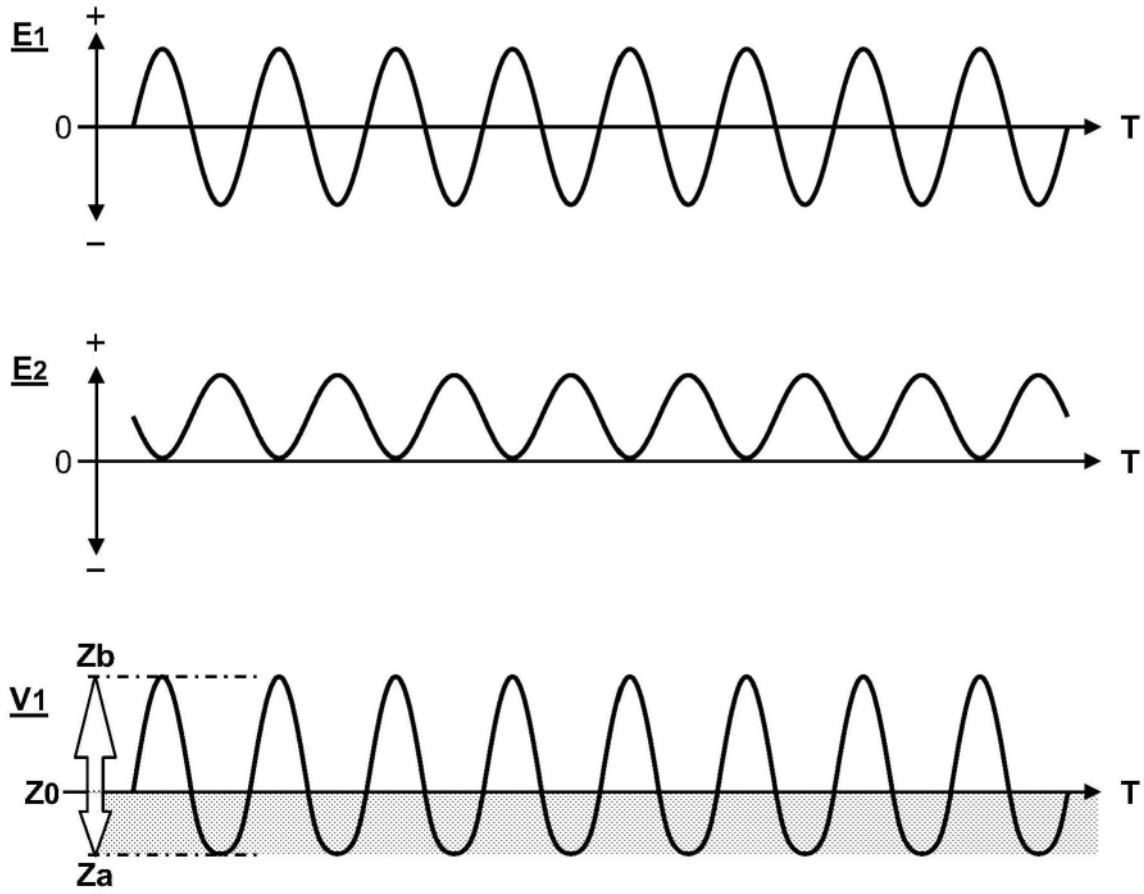


图4B

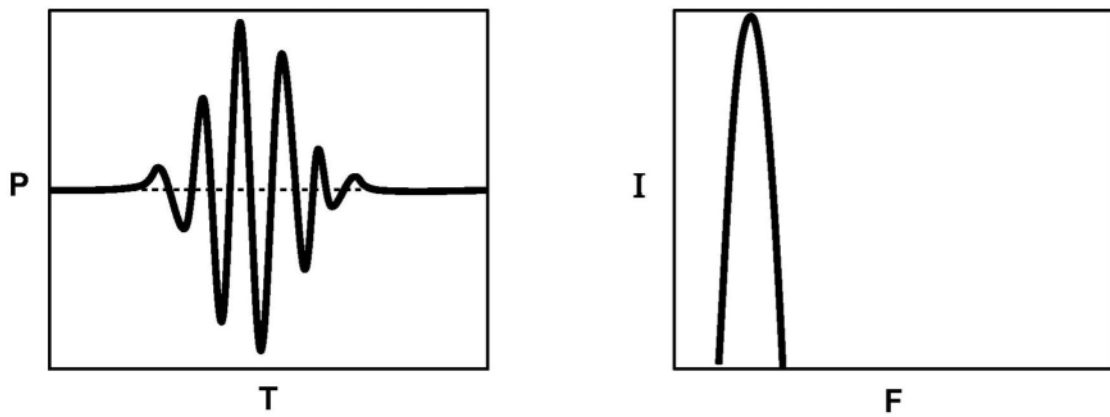


图5A

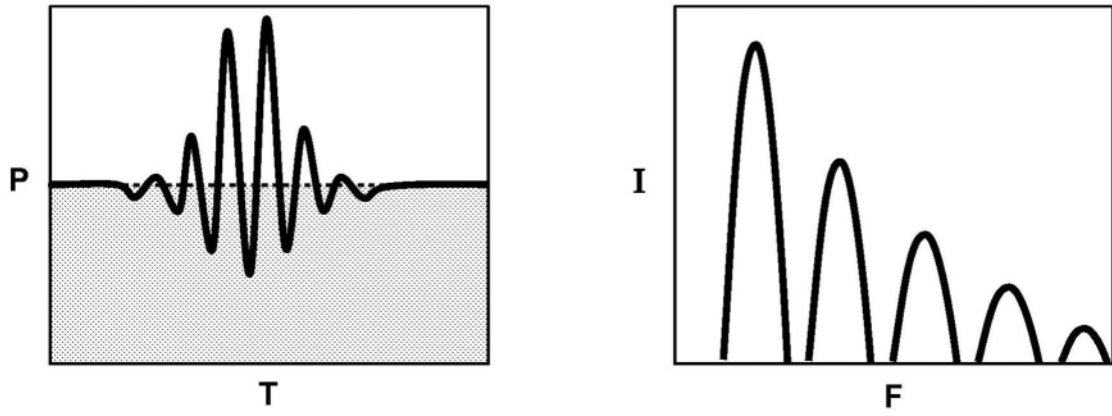


图5B