



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103097041 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201180037543. 5

(22) 申请日 2011. 07. 12

(30) 优先权数据

10305849. 1 2010. 07. 30 EP

11305741. 8 2011. 06. 14 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 01. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2011/053096 2011. 07. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/014111 EN 2012. 02. 02

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 M. 克里 R. 毛茨奥克

H. M. J. 布特斯 N. M. A. 德维尔德

B. K. 斯里德哈兰奈尔 O. 旺尼科

W. F. 帕斯维尔 D. 范德拉格马特

P. 迪克森

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 初媛媛 汪扬

(51) Int. Cl.

B06B 1/06(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2009/004558 A2, 2009. 01. 08,

CN 2796747 Y, 2006. 07. 19,

WO 01/38011 A1, 2001. 05. 31,

审查员 刘健

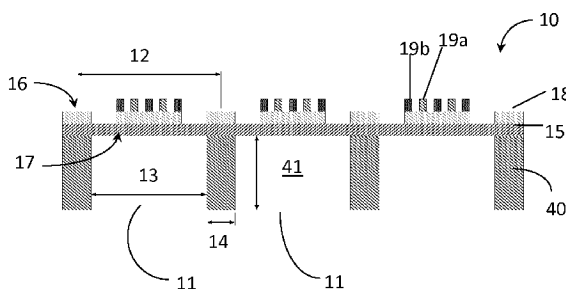
权利要求书2页 说明书14页 附图13页

(54) 发明名称

薄膜超声换能器

(57) 摘要

本发明涉及一种换能器(11),包括:隔膜(31),配置为响应于力而改变形状,所述隔膜(31)具有第一主要表面(16)和第二主要表面(17);在所述隔膜(31)的第一主要表面(16)之上形成的压电层(18),所述压电层(18)具有活性部分;与所述压电层(18)相接触的第一和第二电极(19),其中,第一和第二电极(19)之间的电场确定所述压电层(18)的机械移动;所述压电层(18)的活性部分的相邻侧上隔膜(15)的第二主要表面(17)处的支座结构(40),所述支座结构(40)的至少一部分形成与所述隔膜(31)的第二主要表面(17)垂直或至少不平行的壁,以形成位于所述活性部分之下的任何形状的沟槽(41),从而获得超声换能器,所述超声换能器在支座侧处具有与相反侧处相比高的输出压力。本发明还涉及一种形成这种换能器的方法以及一种包括这样的至少一个换能器的阵列。



1. 一种换能器(11),包括:
 - 隔膜(31),配置为响应于力而改变形状,所述隔膜(31)具有第一主要表面(16)和第二主要表面(17);
 - 在所述隔膜(31)的第一主要表面(16)之上形成的压电层(18),所述压电层(18)具有活性部分;
 - 与所述压电层(18)相接触的第一和第二电极(19),其中,第一和第二电极(19)之间的电场确定所述压电层(18)的机械移动;
 - 所述压电层(18)的活性部分的相邻侧上隔膜(31)的第二主要表面(17)处的支座结构(40),所述支座结构(40)的至少一部分形成与所述隔膜(15、31)的第二主要表面(17)垂直的壁,所述壁界定了位于所述压电层(18)的活性部分之下并具有半开口管的形状的沟槽(41),所述半开口管具有与通过所述隔膜产生并通过所述管行进的超声波的共振条件相匹配的横截面宽度 d 和横截面长度 L 。
2. 根据权利要求 1 所述的换能器,其中,所述隔膜包括位于氮化硅层之上的氧化硅层,或者,所述隔膜包括氧化硅、氮化硅、氧化硅层的叠层,所述压电层位于氧化硅层之上。
3. 根据权利要求 1 所述的换能器,还包括阻挡层,所述压电层或者电极层之一位于所述阻挡层之上。
4. 根据权利要求 1 所述的换能器,还包括诸如氮化硅或氧化硅之类的无机层、或者有机层、或者无机和有机层的组合,作为保护层。
5. 根据权利要求 1 所述的换能器,其中,沟槽(41)沿与所述第二主要表面(17)平行的方向形成具有不同尺寸的至少两个腔,使得紧邻所述隔膜(15、31)的第一腔具有比第二腔更大的容积;所述腔使得其形成亥姆霍兹共振器,从而使支座侧上的输出压力比另一侧上更高。
6. 根据权利要求 5 所述的换能器,其中,所述沟槽的第一部分是在衬底中提供的,并且所述沟槽的第二部分是在所述衬底的另一侧上的附加层中提供的,所述附加层是封装的一部分。
7. 根据权利要求 5 所述的换能器,其中,所述支座结构是在封装中实现的,其中,所述封装包括在包括以下各项的组中:塑料封装、陶瓷封装、玻璃封装、硅封装或者硅和塑料封装的组合。
8. 根据权利要求 5 所述的换能器,其中,在所述支座结构(40)上,定位有用于保护所述换能器免受机械损坏的网状物。
9. 根据权利要求 5 所述的换能器,其中,所述换能器安装在印刷电路板上,所述印刷电路板包括操作元件所在位置上的孔。
10. 根据权利要求 9 所述的换能器,其中,所述换能器在电极侧(19)上覆盖有由塑料、陶瓷、玻璃或金属中的至少一种制成的刚性体,所述刚性体包括这样的孔,该孔被布置为使得该孔不在电极侧(19)上接触到所述换能器。
11. 根据权利要求 10 所述的换能器,其中,所述刚性体包括用于超声的吸收材料。
12. 一种阵列,包括根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的至少一个换能器。
13. 根据权利要求 12 所述的阵列,还包括至少一个可听声音检测器和 / 或至少一个热电传感器。

14. 一种阵列,包括根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的多个换能器,所述多个换能器是根据对准方向而布置的,其中,在所述阵列的端部处布置至少一个非活性换能器。

15. 一种阵列,包括根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的多个换能器,其中,所述阵列是换能器的矩阵,其中,所述换能器的矩阵由非活性换能器围绕。

16. 根据权利要求 14 至 15 中任一项所述的阵列,其中,所述非活性换能器与所述阵列的其他换能器类似,并且所述非活性换能器从电控制断开。

17. 根据权利要求 14 至 15 中任一项所述的阵列,其中,非活性换能器包括用于阻挡非活性换能器的输出功率的消声装置。

18. 根据权利要求 12 至 15 中任一项所述的阵列,其中,在所述阵列的端部处布置至少一个开口(41)。

19. 一种形成换能器(11)的方法,所述方法包括:

获得具有正侧和背侧的衬底(30);

在所述衬底(30)的正侧之上形成隔膜(31);

在所述隔膜(31)之上形成压电层(18);

形成至少一个图案化的导电层,所述导电层包括与所述压电层(18)的活性部分相接触的第一和第二电极(19);

从所述背侧对所述衬底(30)进行图案化,从而在所述压电层(18)的活性部分的相邻侧上获得部分地包括与所述隔膜(31)垂直的壁的支座(40),并在所述活性部分之下提供沟槽(41),其中,对所述衬底(30)进行图案化包括对所述沟槽(41)进行尺寸调整以形成半开口管,所述半开口管具有与通过所述隔膜产生并通过所述管行进的超声波的共振条件相匹配的横截面宽度 d 和横截面长度 L 。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,还包括:在所述隔膜(31)上方形成阻挡层(32)。

21. 根据权利要求 19 所述的方法,还包括:对所述压电层进行图案化,以实现所述活性部分。

22. 根据权利要求 19 所述的方法,还包括:在从所述背侧对所述衬底进行图案化之前,使所述衬底变薄。

薄膜超声换能器

技术领域

[0001] 本发明涉及换能器的领域,并且更具体地,涉及包括薄膜超声换能器的超声换能器以及换能器阵列。本发明涉及超声换能器,其还可以用于例如在建筑物中的存在性检测以用于照明控制、用于空气调节控制、用于安全和保安、用于活动感测。换能器阵列还可以用于接近性检测,覆盖例如移动电话的例如定位、或者用于例如机器人的导航、或者用于在诸如停车辅助、避碰之类的许多应用中的距离测量,或者用于用户界面中的姿势控制或者用于流量感测、或者用于 CO₂ 感测、或者用于基于超声的跟踪或还用于包括医疗成像的超声成像。在本发明的实施例中,公开了超声换能器和换能器阵列的工艺和设计,使得能够实现展示出小尺寸、平坦、紧凑、低成本阵列上的增强的输出压力的超声薄膜换能器阵列。

背景技术

[0002] 正在发现超声换能器广泛的应用,例如用于运动和存在性检测的传感器。超声换能器是将电能转换为机械能的器件。最通常地,术语“超声换能器”用于指代经由压电现象将电能转换为超声的压电换能器。压电晶体和压电陶瓷具有以下属性:当施加电信号时,改变尺寸,从而施加交流电信号使这些压电晶体和压电陶瓷振荡。器件的共振频率取决于器件的尺寸和构造。由于当对压电晶体或陶瓷施加机械力时,压电晶体或陶瓷生成电信号,因此相同的晶体或陶瓷可以用作超声发射机和超声接收机。

[0003] WO 2009/004558 描述了一种换能器,其中,在正面衬底之上形成隔膜,并且在活性部分(active portion)以及位置上与活性部分相邻的外围部分处,在隔膜之上形成压电层。在压电层之上形成包括第一和第二电极的图案化的导电层。此外,提供了背面衬底结构,具有位于与活性部分相邻的外围部分处的支座。支座的高度大于图案化的压电层和图案化的导电层的组合高度。可以将许多换能器相连接以形成阵列。

发明内容

[0004] 本发明的实施例的目的是提供在大批量生产、低成本中实现的具有高输出压力、小尺寸且平坦紧凑的超声换能器以及换能器阵列。

[0005] 以上目的由根据本发明的方法和器件实现。

[0006] 在本发明中,已经发明超声换能器阵列的工艺和设计,使得能够实现展示出来自小尺寸、平坦、紧凑低成本阵列的增强的输出压力的超声薄膜换能器阵列。

[0007] 根据本发明的实施例的超声换能器或超声换能器阵列的特殊特征在于:器件在与衬底相连接的隔膜的那一侧上比在相反侧上展示出更高输出。所测量出的输出压力是因子 1.5 至 2.0,并在与衬底相连接的隔膜的那一侧上甚至比在相反侧上更高。

[0008] 在所附的独立和从属权利要求中阐述了本发明的特定和优选方面。在适当时并且不仅如权利要求中所明确阐述的,可以将来自从属权利要求的特征与独立权利要求的特征和其他从属权利要求的特征进行组合。

[0009] 本发明的这些和其他方面将从以下描述的实施例中显而易见并参照以下描述的

实施例而阐明。

附图说明

[0010] 图 1 示意了根据本发明的实施例的超声换能器阵列。作为选项,在电极层 19 那侧上的隔膜上方,可以施加无机材料(比如,氮化硅或氧化硅或者氧化硅和氮化硅的组合)的保护层或有机保护层或者有机和无机保护层的组合。

[0011] 图 2a 和 2b 示出了与处理器和存储器相耦合的根据本发明的实施例的超声换能器阵列的示意框图。

[0012] 图 3a、3b 和 3c 示意了根据本发明的实施例的处理超声换能器的方法。

[0013] 图 3d 是示意了作为超声换能器阵列的支座侧 40 上的角度的函数而测量的超声换能器阵列的归一化输出压力(相对于最大输出压力归一化)的曲线图。

[0014] 图 3e 是示意了作为与支座侧 40 相反那侧上的角度的函数而测量的超声换能器阵列的归一化输出压力(相对于在图 3d 中所示的支座侧 40 处测量的最大输出压力归一化)的曲线图。

[0015] 图 4 是根据本发明的实施例的经过一个换能器元件的横截面,示出了可根据本发明的实施例使用的尺寸的几何结构。

[0016] 图 5 是示意了针对换能器元件的衬底支座的高度(衬底以下的沟槽的深度)的多个值、输出压力作为频率的函数的仿真的曲线图。在具体说明衬底支座的声学效果的这些仿真中,该元件被简单地建模为无限固体隔板中的支座之间的活塞。所仿真的元件在与图 4 所示的横截面垂直的尺寸上是无限的。

[0017] 图 6 是示意了针对换能器元件的宽度的多个值、输出压力作为频率的函数的仿真的曲线图。仿真模型细节如图 5 中所示。

[0018] 图 7 是示意了在 0.8 mm 宽度的根据本发明的实施例的换能器元件的各个频率处、输出压力增强因子(隔膜的支座侧处的输出压力与另一侧处的输出压力之比)作为衬底(例如,硅)支座高度(沟槽深度)的函数的曲线图。仿真模型细节如图 5 中所示。

[0019] 图 8a 示出了遵照本发明的超声换能器阵列,其中,该换能器阵列是在塑料封装中实现的。在该特殊封装中,支座 40 部分地由 Si 实现,并部分地由封装中的塑料材料构建。在塑料封装中,可选地,可以实现吸收层。对于换能器的损坏保护,可以在封装上方应用网状物。

[0020] 图 8b 示出了遵照本发明的超声换能器阵列,其中,该换能器阵列是在塑料封装中实现的。在该特殊封装中,支座 40 以 Si 实现。在塑料封装中,可选地,可以实现吸收层。对于换能器的损坏保护,可以在封装上方应用网状物。

[0021] 为了防止封装中的超声换能器元件之间的串扰,在与支座 40 相对的每个元件之间的封装中实现分离的部件。这些分离的部件可以由无机或有机材料实现。

[0022] 图 8c 示出了遵照本发明的超声换能器阵列,其中,该换能器阵列是在陶瓷或玻璃封装中实现的。在该特殊封装中,支座 40 部分地由 Si 实现,并部分地由封装中的陶瓷或玻璃材料构建。在塑料封装中,可选地,可以实现吸收层。对于换能器的损坏保护,可以在封装上方应用网状物。

[0023] 图 8d 示出了遵照本发明的超声换能器阵列,其中,该换能器阵列是在塑料封装中

实现的。在该特殊封装中,支座 40 完全由塑料材料实现。在塑料封装中,可选地,可以实现吸收层。对于换能器的损坏保护,可以在封装上方应用网状物。

[0024] 图 9a 是根据本发明的实施例的结构化沟槽内的超声换能器的基本示意。

[0025] 图 9b 示出了遵照本发明的超声换能器阵列,其中,该换能器阵列是在塑料封装中实现的。在该特殊封装中,结构化支座 40 部分地由 Si 实现,并部分地由封装中的塑料材料构建。在塑料封装中,可替换地,可以实现吸收层。对于换能器的损坏保护,可以在封装上方应用网状物。

[0026] 图 10 是示意了在 $w=0.8$ mm 的换能器宽度的情况下作为沟槽的深度 h_1 的函数以及作为 w_1 的值的函数的图 9a 中简述的结构化沟槽的压力的曲线图。

[0027] 图 11 是包括以相同技术集成的超声换能器阵列和至少一个麦克风的根据本发明的实施例的多传感器的示意图。

[0028] 图 12 示意了根据本发明的实施例的波束转向的结果。

[0029] 图 13 是包括所集成的超声换能器阵列和至少一个热电传感器的根据本发明的实施例的多传感器的示意图。

[0030] 图 14 是根据本发明的可替换实施例的多传感器的第一示例的示意图。

[0031] 图 15A 和 15B 是根据本发明的可替换实施例的多传感器的其他示例的示意图。

[0032] 附图仅是示意性的,而非限制性的。在附图中,出于示意目的,一些元件的尺寸可以夸大而不按比例绘制。

[0033] 参照附图且在权利要求中提到的任何附图标记不应解释为限制范围。

[0034] 在不同附图中,相同附图标记指代相同或相似元件。

具体实施方式

[0035] 包括压电薄膜换能器和换能器阵列的根据本发明的实施例的传感器的各个实施例允许实现有成本效益、高效且小型的超声换能器/阵列。根据本发明的实施例的超声换能器是平坦、低廓形(low profile)超声换能器。本发明的其他实施例包括平坦、低廓形薄膜换能器阵列,其实现了对超声波束的扫描和电子转向。这种紧凑且低廓形的超声换能器或阵列可以找到各种应用,这尤其是因为这些超声换能器或阵列不需要视线,并且与红外传感器相比对烟和热不敏感。除了用于例如在建筑物中的存在性检测以用于照明控制、用于空气调节控制、用于安全和保安、用于活动感测之外,换能器阵列还可以用于接近性检测,覆盖例如移动电话中的例如定位、或者用于例如机器人的导航、或者用于在诸如停车辅助、避碰之类的许多应用中的距离测量……或者用于用户界面中的姿势控制、或者流量感测、或者 CO₂ 感测、或者基于超声的跟踪或用于包括医疗成像的超声成像。

[0036] 在示意性实施例中,如图 1 中给出的薄膜压电换能器阵列示出了根据本发明的实施例的薄膜压电换能器元件 11 的阵列 10 的横截面。阵列 10 和/或每个换能器元件 11 可以具有任何尺寸和形状。可以基于应用来选择换能器元件 11 的节距 12。为了使空中操作在空中实现低衰减,典型地,将阵列 10 设计为以 30-450 KHz 频率操作。为了以这些低频率操作,元件节距 12 大约为几百微米至几千微米。节距 12 是换能器元件 11 的宽度 13 加上将一个元件 11 与相邻元件 11 分离的间隙的宽度 14。为了使器件以 500 KHz 至 30 MHz 及更高的频率操作,根据操作频率,每个换能器元件 11 具有几百微米至几十微米或至几微米

的小得多的宽度。

[0037] 根据瑞利准则,换能器阵列的空间分辨率 L 由器件的操作频率 f 、声速 c 、器件的孔径 a 和离目标的距离 R 确定。

[0038]

$$\frac{L}{R} = \gamma \frac{\lambda}{a/2}$$

[0039] 其中, γ 是阶 1 的常数(对于圆形孔径, 1.22), 并且 $\lambda = c/f$ 。对于具有正交孔径 a_x 和 a_y 的矩形孔径, 分辨率 L_x 和 L_y 遵循相同关系, 其中 $\gamma = 1.43$ 。

[0040] 图 2a 利用根据本发明的实施例的薄膜压电换能器 11 的阵列 10 的俯视图示出了超声换能器阵列的脉冲操作的示意图。这里, 相同的超声阵列可以如图所示利用一些开关电路进行发送和接收。阵列 10 可以连接至具有关联电子装置(例如, 相移器、延迟抽头、转换器等, 如 Gualtieri 的美国专利 No. 6, 549, 487 中所述)的控制器或处理器 20, 以控制阵列 10 并处理从阵列 10 接收到的信息。存储器 21 还可以可操作地耦合至处理器 20, 以存储用于在被处理器 20 执行时控制和操作阵列系统 11 的各种数据和应用程序以及软件指令或代码。可以促动阵列 10 以使超声波束以线性方式或在 2D 扫描中进行扫描。当请求长发送时间时, 可能需要两个阵列: 一个用于发送并且另一个用于接收, 如图 2b 所示。取代两个分离阵列, 还可以将来自相同阵列 10 的两行用作发射机和接收机。

[0041] 根据本发明的实施例的换能器具有高输出压力, 可选地, 比现有技术传感器更高的输出压力。

[0042] 在一个方面, 本发明提供了换能器 11 (更特别地, 超声换能器), 包括被配置为响应于力而变形的隔膜 15, 隔膜 15 具有第一主要表面 16 和第二主要表面 17。在形成传感器之后, 部分地从表面释放隔膜 15, 以允许移动隔膜。换能器 11 还包括在隔膜 15 的第一主要表面 16 之上形成的压电层 18, 压电层 18 具有活性部分。可以对压电层 18 (如果如此期望的话) 进行图案化, 以提高性能。此外, 与压电层 18 相接触地形成第一和第二电极 19a、19b 对, 其中, 第一和第二电极 19a、19b 之间的电场与压电层 18 的位移成比例。

[0043] 根据本发明的实施例, 在压电层 18 的活性部分的相邻侧上的隔膜 15 的第二主要表面 17 处提供支座结构 40, 支座结构 40 具有与隔膜 15 的第二主要表面 17 基本上垂直的壁, 以形成位于压电层 18 的活性部分之下的沟槽 41。

[0044] 由于沟槽 41, 根据本发明的第一方面的换能器 11 在与支座结构 40 相连接的那侧处的隔膜 15 上展示出更高输出压力。

[0045] 输出压力取决于沟槽 41 的尺寸以及其他参数, 并将在以下部分中更详细描述。

[0046] 在图 1 所示的实施例中, 在压电层 18 的同一侧上提供第一和第二电极 19a、19b。在可替换实施例(未示意)中, 以及根据所使用的压电材料的类型, 可以在压电层 18 的相对侧上提供第一和第二电极 19a、19b。作为选项, 在电极层 19 那侧上的隔膜上方, 可以施加无机材料(比如, 氮化硅或氧化硅或者氧化硅和氮化硅的组合)的保护层或有机保护层或者有机和无机保护层的组合, 以防止传感器受到机械损坏。

[0047] 为了实现遵照低成本工艺的具有高输出压力的根据本发明实施例的换能器 11, 在第一步骤(图 3 (a))中, 可以将标准半导体晶片(例如, Si 晶片, 比如 Si 监视器晶片, 并且不必为绝缘体上半导体(SOI))用作衬底 30。在本发明的实施例中, 术语“衬底”可以包括

可使用或可在其上形成超声换能器的任何下层材料。在其他可替换实施例中,该“衬底”可以包括半导体衬底,例如掺杂硅、砷化镓(GaAs)、镓砷磷(GaAsP)、磷化铟(InP)、锗(Ge)或锗化硅(SiGe)衬底。此外,“衬底”还可以包括非半导体衬底,例如玻璃或陶瓷衬底。因此,术语“衬底”用于一般地定义用于位于所关注的层或部分之下的层的元件。

[0048] 在衬底 30 上,加工薄膜隔膜 31。隔膜 31 具有远离衬底 30 的第一主要表面 16 和面向衬底 30 的第二主要表面 17。薄膜隔膜 31 可以由任何合适材料制成。在特定实施例中,薄膜隔膜 31 可以是绝缘层。在特定实施例中,薄膜隔膜 31 自身可以是多层,其中例如所有层或至少外层(距衬底 30 最近和最远)是绝缘层。薄膜隔膜 31 的厚度可以使得在至少部分地从衬底 30 释放之后,隔膜 31 能够在被合适地驱动的情况下振荡。例如,薄膜隔膜 31 可以由以下层组成:例如通过 LPCVD 或 PECVD 而加工、具有例如 0.3 μm 与 2 μm 之间的预定厚度的氮化硅的第一层,在其上方具有薄氧化硅层,该薄氧化硅层可以例如具有几百微米至几微米量级的厚度。叠层还可以是多层叠层,其中,具有一百纳米至几百纳米的厚度的氧化硅的薄层位于氮化硅下面。在该氧化硅层上方,沉积氮化硅和氧化硅层。使用例如 LPCVD 工艺,在具有典型地 40-80 MPa 张力的应力水平的优化工艺中沉积具有 0.5-2.5 μm 的厚度的氮化硅膜。可以基于 TEOS LPCVD 或 PECVD 来沉积具有 0.5-1.5 μm 的厚度的氧化硅。可以应用 -20 至 -60 MPa 压缩力的典型应力值。

[0049] 衬底上的隔膜叠层还可以是氧化硅、硅和氧化硅的叠层。

[0050] 在薄膜制造中,由于沉积温度或沉积技术,薄膜通常具有残余应力。对于所提出的本发明,对层的应力的控制非常重要。更准确地说,需要控制所有层的总应力。利用下式来计算沿横向方向作用于锚的总应力,或更好地,总力 F^{lat} :

[0051]

$$\sum_{i=1}^N b^{[i]} t^{[i]} \sigma_i^{res[i]}$$

[0052] 隔膜由多个层构成。这些层是以针对与衬底(30)最近的层的 [1] 开始至针对叠层中的 N 个层的 [N] 来编号的。在公式中,上标 [i] 表示隔膜叠层的第 i 层。分别利用 $b^{[i]}$ 和 $t^{[i]}$ 来给出隔膜的宽度和厚度。注意,宽度是与图 1 所示的横截面平面垂直的隔膜的横向尺寸。 $\sigma_i^{res[i]}$ 是第 i 层的残余应力。张应力由正数表示,并且压缩应力由负数表示。

[0053] 可以注意到,图案化的层对横向力的影响随该层在隔膜上占据的面积而线性减小。

[0054] 横向力的影响在于:其改变了隔膜的有效弯曲刚度(EI_{eff})。对于隔膜中的总张应力,有效弯曲刚度提高,并且反之亦然。这可以分别由更大或更小隔膜尺寸来补偿。在隔膜理论中使用弯曲刚度来描述隔膜对抗弯曲的机械刚度。使用下式来计算有效弯曲刚度 EI_{eff} :

[0055]

$$\overline{EI}_{eff} = \overline{EI}(1 + \alpha)$$

[0056] 其中, α 是由下式给出的无量纲的横向力:

[0057]

$$\alpha = \frac{L^2 F_{lat}}{4\pi^2 EI}$$

[0058] L 表示图 1 中的元件(11) 的宽度。F_{lat} 是如以上等式中给出的横向方向上的力。EI 是在没有任何横向力的情况下隔膜叠层的弯曲刚度。因此,残余应力的效果在于:其影响了有效隔膜刚度。

[0059] 叠层的隔膜刚度由下式给出:

[0060]

$$EI = \sum_{i=1}^N E^{[i]} \left(\frac{b^{[i]} t^{[i]3}}{12} + b^{[i]} t^{[i]} (z^{[i]} - z^{neut})^2 \right)$$

[0061] 上标表示叠层中的层的数目。b^[i] 和 t^[i] 分别是第 i 层的长度和厚度。E^[i] 表示第 i 层的杨氏模量。z^[i] 是隔膜的底部与第 i 层的中心之间沿厚度方向的距离。z^{neut} 是隔膜的中性面的沿厚度方向的位置。该位置由下式确定:

[0062]

$$z^{neut} = \frac{\sum_{i=1}^N z^{[i]} E^{[i]} t^{[i]} b^{[i]}}{\sum_{i=1}^N E^{[i]} t^{[i]} b^{[i]}}$$

[0063] 符号与在前述等式中相同。

[0064] 针对氮化硅和氧化硅或者氧化硅、氮化硅、氧化硅使用例如 LPCVD 工艺,还将叠层沉积在与表面 17 相反的表面上的衬底 30 上。可以以光刻方式对该叠层进行图案化,并可以将该叠层用作用于将沟槽 41 蚀刻至例如硅衬底中的硬掩模。根据什么是对生产流程来说最方便的,该光刻步骤可以直接在隔膜沉积之后或者在该工艺中的任何其他工艺步骤之后进行。

[0065] 在隔膜 31 的第一主要表面 16 上,可以沉积阻挡层 32。在特定实施例中,可以沉积薄(例如,60 nm 至 100 nm 厚)氧化钛层。但是还可以应用任何其他阻挡层,比如 Al₂O₃、ZrO₂、HfO₂、MgO,或者这些氧化物与压电锆钛酸铅层的组合。在本发明的一些实施例中,在阻挡层 32 的上方,可以提供压电层 33,在压电层 33 的上方具有电极层 34。在可替换实施例(未示意)中,在阻挡层 32 的上方,提供了第一电极层,然后是压电层 33,并且然后是第二电极层。

[0066] 压电层 33 可以基于不同材料,比如:

[0067] - 锆钛酸铅;

[0068] - 具有和不具有掺杂的 PbZr_xTi_{1-x}O₃ (0<x<1),该掺杂可以包括 La、Mn、Fe、Sb、Sr、Ni 或这些掺杂的组合;

[0069] - 其他压电层,比如, Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ - PbTiO₃、Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ - PbTiO₃、Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O₃ - PbTiO₃、Pb(Sc_{1/3}Nb_{2/3})O₃ - PbTiO₃、

$\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_{1-x-y}(\text{Mn}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})_x\text{Ti}_y\text{O}_3$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1$)、 $\text{Pb}(\text{In}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3 - \text{PbTiO}_3$ 、 $\text{Sr}_3\text{TaGa}_3\text{Si}_{2014}$ 、 $\text{K}(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_2\text{Nb}_5\text{O}_{15}$ ($0 < x < 1$)、 $\text{Na}(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_2\text{Nb}_5\text{O}_{15}$ ($0 < x < 1$)、 BaTiO_3 、 $(\text{K}_{1-x}\text{Na}_x)\text{NbO}_3$ ($0 < x < 1$)、 $(\text{Bi}, \text{Na}, \text{K}, \text{Pb}, \text{Ba})\text{TiO}_3$ 、 $(\text{Bi}, \text{Na})\text{TiO}_3$ 、 $\text{Bi}_7\text{Ti}_4\text{NbO}_{21}$ 、 $(\text{K}_{1-x}\text{Na}_x)\text{NbO}_3 - (\text{Bi}, \text{Na}, \text{K}, \text{Pb}, \text{Ba})\text{TiO}_3$ ($0 < x < 1$)、 $a(\text{Bi}_x\text{Na}_{1-x})\text{TiO}_3 - b(\text{KNbO}_3 - c)_{1/2}(\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Sc}_2\text{O}_3)$ ($0 < x < 1, a + b + c = 1$)、 $(\text{Ba}_a\text{Sr}_b\text{Ca}_c)\text{Ti}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 < x < 1, a + b + c = 1$)、 $(\text{Ba}_a\text{Sr}_b\text{La}_c)\text{Bi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($a + b + c = 1$)、 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 、 LiNbO_3 、 $\text{La}_3\text{Ga}_5.5\text{NbO}_{5014}$ 、 $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ 、 $\text{La}_3\text{Ga}_5.5\text{TaO}_{5014}$;

[0070] - 可以应用氮化铝、或者有机聚合物(例如聚偏二氟乙烯)、或者任何其他压电薄膜材料。

[0071] 压电层可以具有几百纳米至几微米之间的厚度。根据厚度和加工,在 20 MPa 至 400 MPa 的典型张应力的情况下,镧掺杂锆钛酸铅膜可以例如具有 0.5-2 μm 的厚度。但是,当然,还可以应用具有不同残余应力的更薄或更厚的层。

[0072] 电极层 34 可以由任何合适的导电材料制成。在特定实施例中,其可以是例如 Ti+Au 的电极叠层。这种电极叠层可以沉积 50 nm 的钛和几百纳米至一微米的 Au 的厚度。这种层的典型应力值处于 100-300 MPa 张力的量级。除 Ti/Au 叠层外,电极层 34 可以由任何合适材料(例如,任何其他金属层,比如 Pt)构成,或者,可以应用合适的导电材料叠层(例如,未掺杂或掺杂有 Cu 或 Si 的 TiW/Al、未掺杂或掺杂有 Cu 或 Si 的 TiN+Al)。当然,任何其他金属也是可能的。

[0073] 在图 3b 所示的下一步骤中,对电极层 34 以及压电层 33 进行图案化(例如,以光刻方式图案化),从而形成图案化的压电膜 18 和图案化的电极 19,以实现压电薄膜超声元件的活性区域。尽管在图 3b 中示出了多个电极,但是本发明以其最简单形式可以利用两个电极工作。在设计的扩展中,移除了以下布局:其中,金属区 19 位于压电层 18 上方的每个元件的边缘处。可替换地,还可能不需要对压电层进行图案化。这样,可以在工艺中减少掩模步骤,这将使产品的成本下降。

[0074] 在该步骤之后或任何其他衬底图案化步骤之后的选项中,可以在电极层 19 那侧上的隔膜上方施加未示出的保护层。保护层可以是无机材料(比如,氮化硅或氧化硅或者氧化硅和氮化硅的组合)或有机保护层,或者可以施加有机和无机保护层的组合,以防止传感器受到机械损坏。还可以以光刻方式对该保护层进行图案化。

[0075] 为了实现自立式隔膜 18 并实现高元件密度,现在从压电薄膜超声元件的活性区域之下移除衬底材料(例如,硅)。这是在图 3c 中示意的。这是通过从硅 30 的背侧对层 31' (图 3c 未示出)进行图案化来实现的,层 31' 可以在隔膜加工期间沉积在晶片的背侧上的隔膜层。但是,层 31' 还可以是为了从背侧对 Si 进行图案化而沉积的任何其他层,无机或有机层。在本发明的特定实施例中,可以通过从背侧向下对衬底 30 进行干法蚀刻至隔膜 31 来执行对衬底材料的这种移除。可替换地,可以应用与 KOH 中的湿法蚀刻组合的主要干法蚀刻。对于蚀刻步骤干法以及湿法蚀刻,可以在晶片上方施加保护层(比如,有机层或无机层或者无机和有机层的组合),但是还可以在沟槽的侧壁处施加这些保护层。

[0076] 对衬底材料的移除使得支座结构 40 保持处于压电层 18 的活性部分的相邻侧上。支座结构 40 形成位于压电薄膜超声元件的活性部分之下的沟槽 41。在本发明的特定实施例中,移除衬底材料以形成沟槽 41 使得支座结构 40 具有作为沟槽 41 边界的与隔膜 31 的

第二主要表面基本上垂直的壁。这样,通过移除衬底材料以使得其余支座结构具有与隔膜 31 的第二主要表面基本上垂直的壁,可以在阵列 10 中彼此非常近地放置换能器元件 11。作为示例,具有几百微米至几毫米宽度的换能器元件 11 彼此分离仅几百微米。因此,与对衬底的全湿法蚀刻相比,如本发明的实施例中使用的全干法蚀刻或至少部分干法蚀刻实现了高得多的元件密度。

[0077] 在该工艺的进一步扩展中,为了实现低成本器件,在对衬底进行干法蚀刻之前,可以使例如标准监视器晶片变薄,例如降至 50–500 μm 。此后,利用全干法蚀刻或至少部分干法蚀刻来对衬底(例如, Si) 进行体型微加工。

[0078] 最后,为了实现非常高的元件密度并使用低成本工艺,还可以使用具有预定晶体取向的衬底,例如,可以使用 Si (110) 晶片,在其上方,沉积隔膜 31 和压电层 33。特别地,利用 KOH 的 Si (110) 蚀刻得到陡壁,并且这样,获得了高元件密度。

[0079] 对于其他衬底,还可以利用例如喷沙或任何其他技术,在隔膜之下移除材料。

[0080] 根据本发明的实施例的超声换能器阵列 10 或根据本发明的实施例的换能器元件 11 的有利特征在于:与相反侧(第一主要表面 16)相比,器件 11 在其与支座元件 40 相连接的第二主要表面 17 处的隔膜 31 上展示出更高输出压力。

[0081] 以下给出利用这种类型的器件实现的典型数据的示例。但是,当然,清楚可见的是所测量出的数据在很大程度上取决于器件设计和隔膜应力,并从而可以在很大程度上被修改。例如,典型地,根据图 1 和 3a 的压电薄膜阵列包括具有典型隔膜 31 的 8 个元件,典型隔膜 31 具有氧化硅 0.5 μm 和氮化硅 2 μm 和氧化硅 1 μm 的叠层。在隔膜 31 上,沉积 60 nm 的氧化钛阻挡层 32 和典型地 1.6 μm 的压电层 18 和 50 nm 的钛层和 1 μm 的 Au 层,其中,钛和金层形成金属电极 19,并具有典型地 10 μm 的宽度。典型地,金属电极 19 之间的压电薄膜 18 的宽度是 6 μm ,并且典型地,金属电极 19 在压电薄膜 18 上方形成针对每个换能器元件 11 的 16 个信号线和 17 个接地部。在压电膜 18 的两侧,典型地,在元件 11 中不存在压电膜 18 的宽度为 110 μm 。对于具有 802 μm 的沟槽 41 宽度、3 mm 的隔膜长度、400 μm 宽度的 Si 支座结构 40 和 680 μm 量级的 Si 支座高度、典型地以 70–80 KHz 操作的这种阵列,利用麦克风来测量在 Si 支座结构 40 所处的阵列侧上发送的压电薄膜阵列的超声输出压力。相对于超声换能器阵列的支座侧 40 处的输出压力被归一化的输出压力与在相反侧测量的输出压力相比更高,在因子上为 4 倍(参见图 3d 和 3e)。

[0082] 除以上给出的超声换能器阵列的尺寸外,还可以应用任何其他尺寸和形状的元素。

[0083] 对于示例隔膜,可以使用与以上示例类似的压电薄膜和电极,然而,其仅展示出 2 mm 而不是 3 mm 长度,这就得到以典型地 60–90 KHz 的频率操作且在支座侧 40 处比在相反侧也展示出更高输出压力的超声换能器阵列。

[0084] 可以如下说明在超声换能器阵列的 Si 支座侧 40 上测量的 4 倍因子的极高输出压力。每个元件 11 的边界处的支座结构 40 形成以与半开口管类似的方式工作的沟槽 41,这具有以下效果:针对特定波长范围,增强了压力输出。在特定实验中,增强因子处于 4 的量级,但更小和更大的增强在当前也是可能的,如以下报告的仿真中所示。因此,优选地,器件 11 被制成以使得针对所涉及的应用而使用元件 11 的衬底侧处的压力波(而不是在隔膜 31 的另一侧处生成的压力波)。从仿真结果中可见,压力增强因子(衬底侧处的压力与元件的

相反侧处的压力之比)在预定频率处具有峰值。这是通过在由支座结构 40 形成的管或沟槽 41 中创建驻波来解释的。针对几何结构,参见图 4。

[0085] 在沟槽 41 的开口侧处,利用 π 的相位跳变来部分地反映由振荡隔膜 31 生成的波。如果沟槽 41 的长度 L (即,与沟槽 41 的第二主要表面 17 基本上垂直的尺寸)与驻波的共振条件相匹配,则可以在较大程度上放大输出压力。共振条件由下式给出:

[0086]

$$f_n = \frac{v}{4L'}(2n-1)$$

[0087] 其中, f_n 是第 n 个共振 ($n=1,2,3,4,\dots$), v 是声速,并且 L' 是沟槽的有效声学长度。沟槽的有效声学长度 L' 被定义为:

[0088]

$$L' = L + \alpha d$$

[0089] 其中, L 是沟槽的几何长度(参见图 4),即,在对沟槽 41 进行蚀刻之前衬底 30 的厚度, d 是沟槽 41 的横截面的特性尺寸,并且 α 是取决于沟槽的横截面的几何结构的校正因子。在下表中针对不同横截面几何结构给出校正因子 α 和特性尺寸 d 的示例:

[0090]

沟槽的横截面几何结构	特性尺寸 d	校正因子 α
沿与隔膜 31 的第二主要表面基本上平行的方向具有圆形横截面的沟槽 41	沟槽的直径	0.35
沿与隔膜 31 的第二主要表面基本上平行的方向具有沟槽状横截面的沟槽 41	沟槽的宽度	0.6

[0091] 如果这里描述的共振与隔膜的共振干扰,则共振频率可能偏移。

[0092] 图 5 示意了针对支座结构 40 的高度的多个值从而针对沟槽 41 的长度 L (沟槽的深度)的多个值、沟槽 41 的输出处的压力作为隔膜 31 的振荡频率的函数的仿真。

[0093] 在这些仿真中,将换能器元件 11 的隔膜移动建模为无限固体隔板中的支座之间的活塞。所仿真的元件为 0.8 mm 宽,并且其在与图 4 的横截面垂直的尺寸上是无限的。这些仿真具体说明支座结构 40 的声学效果。可见,对于每个振荡频率,特别是在 20 kHz 与 150 kHz 之间,具有与零不同的深度的沟槽比不存在这种沟槽的情况下(50)提供更高的输出压力。

[0094] 通常,压电元件 11 的宽度等于开口 41 的特性尺寸 d 。在亥姆霍兹共振器(参见下文)的情况下,特性长度还可能更小。(半管的)共振频率 f_n 还取决于经由沟槽 41 的有效长度 L' 的元件宽度。这有 FEM 仿真例证。在图 6 中,针对元件的宽度的多个值,将声学输出压力示作频率的函数。这里,元件的宽度变化,而将沟槽的长度(即, Si 衬底的厚度)保持恒定在 0 和 0.68 mm 处。对于宽度的每个值,下曲线(61、63、65)示出了长度 0 的刚性支座的结果,并且上曲线(60、62、64)示出了长度 0.68 mm 的支座的效果。其他仿真模型细节如图 5 中所示。从图 6 中可见,沟槽 41 的宽度越大,则半管的共振频率越低。

[0095] 管的声学阻抗是管中的声学压力与经过管的流速之比。管的声学阻抗取决于管的横截面的特性尺寸 d 和管的长度 L 。

[0096] 声学压力波在管的开口端处的反射由 $(Z_2 - Z_1) / (Z_2 + Z_1)$ 给出,其中, Z_2 是管的声学阻抗,并且 Z_1 是自由空间中的声学阻抗。因此,具有较低 d 值的管导致开口端处的较大反射。作为回馈,相对压力增强峰值增大并变得更窄。这可以用于调谐共振的宽度和放大因子。应当注意,如果开口尺寸改变(特别是特性尺寸 d),则必须也调整管的长度 L 以引起有

效长度 L' 的改变。

[0097] 图 7 示意了在各个频率处、压力增强因子作为支座结构 40 高度(沟槽长度 L) 的函数。将沟槽的横截面的特性尺寸保持恒定在 $d = 0.8 \text{ mm}$ 。仿真模型细节如图 5 中所示。可见,对于每个振荡频率,可以找到沟槽 41 的最优长度,在该最优长度处,压力增强因子最大。振荡频率越高,则对应的最优长度越低。这由以下事实引起:最高的增强因子处于共振频率处或者至少接近共振频率,共振频率随长度(支座高度)而下降。

[0098] 基于来自 Si 晶片的 Si,利用支座 40,执行了以上仿真。但是,支座 40 还可以由其他无机材料(例如,玻璃、金属、陶瓷)制成,或者还可以由有机材料制成。支座还可以由材料的组合制成,其中由例如 Si 部件来构建支座 40,例如在高度上为 $50\text{--}500 \mu\text{m}$ 。为了实现支座的最优厚度,通过例如在顶部处胶合来安装聚合物或玻璃或金属或陶瓷部件。在图 8a 中示出了对封装器件中包括的这种类型的支座的绘图。如图可见,将 Si 抛光下至例如 $40\text{--}400 \mu\text{m}$ 。通过例如还包括支座 40 的胶合来应用来自例如 FR4 的聚合物封装。利用基于例如金属的薄网状物来覆盖 Si 侧以用于保护。在封装中,可替换地,可以应用吸收层。

[0099] 可替换地,支座可以完全从 Si 加工出来。在图 8b 中示出了可能封装的一个示例。此外,在该封装中,可替换地,可以应用吸收层。

[0100] 为了防止元件之间的串扰,此外,在封装中,可以包括封装中的分离部件,参见图 8b,分离部件可以由无机或有机材料或者这两者的组合制成。

[0101] 可替换地,此外,支座可以由 Si 制成,在顶部处具有陶瓷或玻璃,例如,陶瓷或玻璃也可以包括在封装中,如图 8c 所示。这里,取代塑料封装,可以应用陶瓷或玻璃封装。当然,隔膜侧上的封装还可以基于塑料。在封装中,可替换地,可以应用吸收层。

[0102] 可替换地,沟槽 40 完全由聚合物层加工出来并包括在封装中,如图 8d 示意性地示出。

[0103] 在针对所有具有高输出压力的超声换能器阵列的本发明的另一实施例中,封装在支座侧 40 上包括用于保护换能器免受机械损坏的网状物。例如,用于保护的网状物可以是具有约 $200 \text{ 微米} * 200 \mu\text{m}$ 的较大开口和 28 微米 的金属线直径的金属网状物或金属网格。此外,可以使用具有 $500 \text{ 微米} * 500 \text{ 微米}$ 的开口和 250 微米 的金属线直径的更少开口网状物。

[0104] 在本发明的另一实施例中,通过例如在印制电路板上胶合、利用支座 40 和开口 41 来安装具有换能器元件的阵列,实现超声换能器阵列的简单低成本封装。印制电路板包括管芯上的换能器元件所处的位置处的孔。为了保护阵列免受机械损坏,在支座侧 40 上的所有元件之上,在印制电路板上胶合金属网状物。在换能器阵列的电极 19 所处的相反侧,在印制电路上胶合无机或有机刚性体,该无机或有机刚性体保护电极侧 19 上的换能器元件。刚性体是塑料或陶瓷或玻璃或金属盖,在内部具有孔,使得其不在电极侧 19 上接触到超声换能器元件。刚性体可以在内部包括超声吸收材料。

[0105] 针对换能器元件的(更特别地,其隔膜的)活塞状移动执行了以上仿真。事实上,元件是压电的并具有优选操作的具体有限频带。决定该频带的参数之一是元件宽度 d 。不是在所有情况下都将优选地选择支座结构 40 的高度,使得由于支座结构而引起的频率峰值处于操作频带中。峰值的高度在很大程度上取决于频率,使得在操作频带内,在操作带外给出峰值的支座结构高度的增强因子可以与在操作带内给出峰值的支座高度的增强因子一

样大(将 100 kHz 附近的图 5 中的曲线 51 和 52 进行比较)。

[0106] 在本发明的另一实施例中,如果支座结构 80 是结构化的,则可以实现甚至更高的输出压力。在图 9a 中给出了这种结构化的示例的简述。该结构化的一部分可以不在半导体衬底 30 (例如,硅衬底)中执行,而是在封装层中执行。在图 9a 所示的特定实施例中,例如,可以在衬底中实现结构化支座结构 80 的具有高度 h_2 的部件,同时可以在封装层中实现结构化支座结构 80 的具有高度 h_1 的部件。但是,还可以是以下情况:高度 h_2 和 h_1 的这两个部件均在封装部件中或在硅部件中实现。

[0107] 在图 9b 中,示出了以下示例:其中, h_2 由 Si 制成,并且 h_1 由聚合物制成。在封装中,可替换地,可以应用吸收层。请注意,这仅是示例,并且封装的许多其他版本应当是可能的。

[0108] 在图 9a 的特定示例中,振荡元件(例如,隔膜 31)处于亥姆霍兹共振器类型的几何结构的底部处。

[0109] 在图 10 中示出:这种结构可以导致比非结构化支座 40 的增强好得多的增强。图 10 示意了如图 9a 所示的结构化沟槽 81 的压力,其中,宽度 $w = 0.8 \text{ mm}$ 。曲线 90 是在没有沟槽的情况下振荡元件的曲线。对于其他曲线,沟槽 81 的高度是 $h_1 = 2.67 \text{ mm}$ 和 $h_2 = 1.33 \text{ mm}$ 。 w_1 的值变化: $w_1 = 0.3 \text{ mm}$ (曲线 91), $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ (曲线 92) 和 $w_1 = 0.1 \text{ mm}$ (曲线 93)。通过适当选择结构尺寸,可以在选择的频率处实现较大的增强。图 10 仅是示例;可以优化结构,以在实际限制内监控期望频率处的最高增强。

[0110] 对于不同形状的隔膜或板,也存在沟槽 41 和结构化沟槽 81 增强延长隔膜或振动板中的压力的效果。在圆形隔膜或板的情况下,应用球形结构化或非结构化 41、81 是有用的。除矩形或圆形隔膜形状外,还可以使用其他形状,例如椭圆形、六边形形状等。可以类似地使用衬底和 / 或封装层来形成凹陷的壁。

[0111] 在根据本发明的具有结构化支座的换能器元件的特定实施例中,支座的侧壁是分段的,与隔膜 31 的主要表面垂直,但这不是获得压力增强所必需的。还可以考虑结构化沟槽,其中,沟槽的部分不具有与隔膜垂直的侧壁,而是具有倾斜的侧壁。

[0112] 根据图 14 所示的本发明的附加方面,超声阵列 1400 包括沿一个轴 X-X 对准的多个活性换能器元件 1401。根据实施例的该示例,在对准的元件的每一端处,该阵列还包括第一端处的第一非活性换能器元件 1402 和第二侧处的第二非活性换能器元件 1403。尽管在该示例中,每一端仅定位一个非活性换能器 1402 和 1403,但是在每一端处可以具有多个非活性换能器。阵列的该特定布置使得能够提高活性元件的输出频率的均匀性。

[0113] 应当注意,为了获得频率均匀性优点,对前述实施例的特定布置的使用不是必需的而是可以利用常规换能器元件来实现(即,没有先前说明的壁布置)。然而,应当理解,本发明的这两个方面的组合实现了展现出高输出功率和提高的频率均匀性的高质量换能器,这实现了由于均匀频率操作和高输出而引起的换能器阵列的小波束宽度,使得可以利用小对象(例如,利用手以大距离在小区域中移动鼠标的人)来实现存在性检测。这可以区分于另一对象(例如,利用手在与先前区域相邻的小区域中移动鼠标的人)。

[0114] 具有高超声输出的根据本发明的该示例的超声换能器阵列通过紧邻换能器阵列的每一侧上的操作元件使用在操作中未使用的(至少)一个附加元件,展现出操作元件的均匀操作频率。在常规阵列中,外部元件具有比内部元件的共振频率低的共振频率。因此,如

果阵列的所有元件都操作,则阵列的共振频率不均匀。通过应用非操作外部元件,所有操作元件均为阵列的内部元件并具有(几乎)相同的频率。

[0115] 在实验中已经发现外部元件具有较低共振频率的事实。在仿真中,将具有实验支座结构 40 的元件的无限阵列的共振频率和在两侧处固定的元件的共振频率进行了比较。仿真结果示出了:在这两侧处固定的元件展现出比无限阵列中的元件低 4 kHz 的共振频率。

[0116] 事实上,阵列的外部元件在一侧上具有元件之间的支座结构 40,并且另一方面,具有封装中包括的衬底部件的大块支座。该大块支座将类似于固定物。基于针对内部元件和在两侧上固定的元件的仿真,预测在仅一侧处固定的外部元件的共振频率将大致比内部元件的共振频率低 2 kHz。这与具有操作中的换能器的操作频率的高精度的超声换能器阵列的实验结果一致,如下表所示。实验的换能器阵列与图 14 所示的换能器阵列类似。该阵列包括高度 3 mm 的 8 个压电薄膜操作元件(从 2 至 9),如上所述,并在每一侧上包括在操作中未使用的高度 3 mm 的一个超声换能器元件(1 和 10)。如从数据中可见,八个操作元件以相同频率操作。在阵列的每一侧上添加附加元件的情况下,可以实现以下超声换能器阵列:其中,8 个元件具有处于 99% 精度内的操作频率。

[0117]

元件	共振频率 (kHz)
1	78.8
2	81.3
3	81.4
4	81.4
5	81.4
6	81.4
7	81.4
8	81.4
9	81.4
10	78.8

[0118] 该实施例的第一示例可以扩展至二维阵列,如图 15A 所示。在该第二示例中,阵列 1500 包括沿两个维度 X-X 和 Y-Y 布置的多个活性换能器元件 1501。这些换能器元件 1501 被多个非活性换能器元件 1502 围绕。沿方向 X-X 和 Y-Y 将这些非活性换能器元件与活性元件 1501 对准。

[0119] 在图 15B 所示的替换方案中,仅沿一个维度在活性元件周围布置非活性元件 1502。实际上,仅在四个边缘中的两个处布置非活性元件。因此,该布置允许提高活性元件 1501 的频率均匀性,而无需大量的非活性换能器元件 1502。

[0120] 在先前示例中,非活性元件 1402、1403 和 1502 可以通过不在非活性元件上提供输入电极而不操作。还可能的情况是:换能器元件的驱动器被布置为仅向活性换能器元件 1501 而不向非活性换能器元件 1502 输出功率。

[0121] 在紧接活性换能器元件的另一实施例中,将开口 41 蚀刻至支座 Si 中,以实现活性换能器的均匀频率。这样,不必加工紧邻活性换能器元件的全部非活性换能器元件,而是仅加工紧邻活性换能器元件的支座中的开口 41。

[0122] 为了进一步改进输出频率的均匀性,可能的情况是:对于每个非活性元件,提供消声材料,例如,取代在以上实施例中用于保护活性换能器元件的金属网格。因此,可以减弱非活性元件较低共振频率的影响。

[0123] 在本发明的另一方面,将具有高超声输出的根据本发明的实施例的超声换能器阵列与音频麦克风进行组合,以用于可靠的存在性检测。因此,根据本发明的该方面,可以提供麦克风的阵列,其中,元件中的一个(或多个)还具有在可听频率谱中进行检测的功能。不同传感器的这种整合(传感器融合)可以用于可靠地检测一个或多个参数。典型地,将不同类型的传感器进行组合的系统非常庞大。在本发明中,提出了新概念,其中具有与麦克风元件或麦克风阵列集成的具有高超声输出的根据本发明的实施例的集成超声传感器元件。该实施例的特殊特征在于:应用了相同技术,使得具有高输出压力的超声换能器与麦克风组合。通过将这两个特征进行组合,获得小的紧凑且更可靠的系统。此外,其将是具有较小形状因子的较不庞大的器件,这使其对产品设计者有吸引力得多。

[0124] 在本发明的这一方面,描述了多传感器元件,具有根据本发明的实施例的多个基于薄膜的超声传感器以及至少一个音频麦克风。在第一实施例中,本方面提供了基于薄膜压电换能器的解决方案。在图 11 中示意了该实施例。所示的多传感器元件 100 包括阵列 10,阵列 10 包括根据本发明的实施例的多个超声换能器 11 (在图 11 中仅示出 2 个) 以及一个音频麦克风 101。

[0125] 在图 11 所示的实施例中,800 μm 宽的元件 11 生成频率 $\sim 60\text{--}100\text{ kHz}$ 的超声。到这些元件 11 的相位延迟输入便于对超声波束进行转向。图 12 示出了使用超声换能器阵列转向约 45 度的超声波束分布图。如图 2a 中的以矩阵格式(行和列)布置的阵列元件可以沿也可呈现 2D 扫描的两个方向对波束进行转向。紧邻阵列 10,设计了具有更大隔膜尺寸的分隔元件 101 以用于以无源方式进行可听声音检测。

[0126] 尽管在附图和以上描述中详细示意和描述了本发明,但是这种示意和描述应当被视为示意性或示例性而非限制性的。本发明不限于所公开的实施例。

[0127] 在本发明的另一方面,根据本发明的实施例的超声换能器阵列是具有高输出压力的超声换能器或超声换能器阵列与薄膜热电传感器或热电传感器阵列的组合。该实施例包括具有高超声输出的至少一个压电薄膜超声换能器和 / 或压电换能器阵列与用于检测红外辐射(IR)的至少一个薄膜热电传感器和 / 或热电传感器阵列的组合。特殊特征在于:除具有高超声输出的超声器件外,还应用相同技术以集成热电传感器或传感器阵列。压电材料可以用于超声和 IR 信号的生成 / 发送和接收 / 检测。当然,还可以应用不同的压电和热电材料。

[0128] 以下示出了组合的薄膜超声和热电检测器的示意性实施例。

[0129] 图 13 示出了超声换能器和热电传感器的阵列。当然,取代在阵列中布置,组合的超声和热电换能器可以是独立的检测器或者在任何期望配置中与其他检测器一起使用。在隔膜上方加工超声和 / 或热电传感器,作为单个元件或作为元件阵列,例如,该隔膜可以是任何类型的组合中的任何类型的叠层中的氮化硅或氧化硅、或者氧化硅、氮化硅、氧化硅。当然,如该实施例和其他实施例中所述,还可以使用任何其他隔膜材料(例如 Si)或者 Si 和氧化硅(例如, SiO_2)的隔膜叠层的组合。氧氮化硅层的优势是低比热和低热导率,这增大了热电器件的热时间常量,其为温度增强 ΔT 削弱至其本底值的时间。在该示例中,在隔膜上

方加工压电层,该压电层可以是未掺杂的或者可以是 La 或 Mn 掺杂锆钛酸铅。在隔膜与压电层之间,可以应用阻挡层,参见上文。该压电层还用作紧邻超声换能器而形成和加工的热电检测器的热电传感器材料。可以对压电 / 热电层进行图案化,以防止阵列的超声换能器元件之间以及超声和热电器件或元件之间的串扰。应用上电极(与上述电极类似)。数字电极可以是钛(Ti)和金(Au)。然而,其他材料也可以用于电极,例如,提供对 IR 辐射的最优吸收的镍 / 铬(Ni/Cr)电极。对电极进行图案化,以创建超声换能器的电极并且还创建热电检测器器件的电极。每一个热电元件可以具有互相交叉的上电极。为了最高灵敏度,这些互相交叉的上电极形成两个传感器。一个传感器由红外光照明,例如,经由在传感器上方安装的透镜。第二传感器位于衬底上并且未被照明。差分信号指示红外辐射的任何改变,同时,抵消了环境温度的缓慢改变。包括了光学系统(例如,菲涅耳透镜),以优化包括信噪比的信号。为了防止参考传感器的加热,还可以在参考传感器下方的支座侧上安装保护层。

[0130] 所照明的热电元件的温度的改变导致热电元件的极化的改变,并由此还导致电荷在表面处的释放。这些电荷引起由指示运动(或温度的改变)的前置放大器读出的电压。众所周知,可以在热电元件的隔膜前方提供透镜,以接收 IR 辐射。

[0131] 对于期望操作,不同的设计是可能的。在一个版本中,两个热电元件可以是串联设计的并具有相反的极性。这种双元件布局可以用于补偿背景温度的改变,这同时对这两个元件加热。除双元件设计外,可以使用利用任何期望数目的热电元件的其他设计,例如四个元件或更多。

[0132] 可以提供另外的器件、电路和电子装置,例如在衬底中集成。可以在板上分离地安装电子装置(比如放大器),该电子装置可以是 FET(场效应晶体管),并且可以将该电子装置引线接合至包括超声换能器和热电传感器的器件。

[0133] 因此,检测器的阵列可以仅包括超声检测器、仅包括 IR 检测器或者包括使用任何期望数目的检测器或检测器的组合的超声和 IR 检测器的组合,其中,可以紧邻超声元件形成任何期望数目的红外元件,以形成组合阵列,这些组合阵列可以用于超声和红外传输、检测和成像。可以通过薄膜加工来形成这种组合超声和 IR 换能器,其中,电极可以处于压电材料的相同侧或相反侧上,与上述类似。

[0134] 本领域技术人员在实施所要求保护的发明时可以从对附图、公开内容和所附权利要求的研究中理解并实现所公开的实施例的其他变型。在权利要求中,词语“包括”并不排除其他元件或步骤,并且不定冠词“一”或“一个”并不排除多个。单个处理器或其他单元可以完成在权利要求中记载的多个项目的功能。在互不相同的从属权利要求中记载某些措施的起码事实并不表明这些措施的组合不能用于获益。

[0135] 以上描述详述了本发明的某些实施例。然而,将意识到,不论以上内容在文本中显得多么详细,都可以以许多方式实施本发明,因此,本发明不限于所公开的实施例。应当注意,在描述本发明的某些特征或方面时对特定术语的使用不应被视为意味着这里将该术语重新定义为限于包括该术语所关联的本发明的特征或方面的任何具体特性。

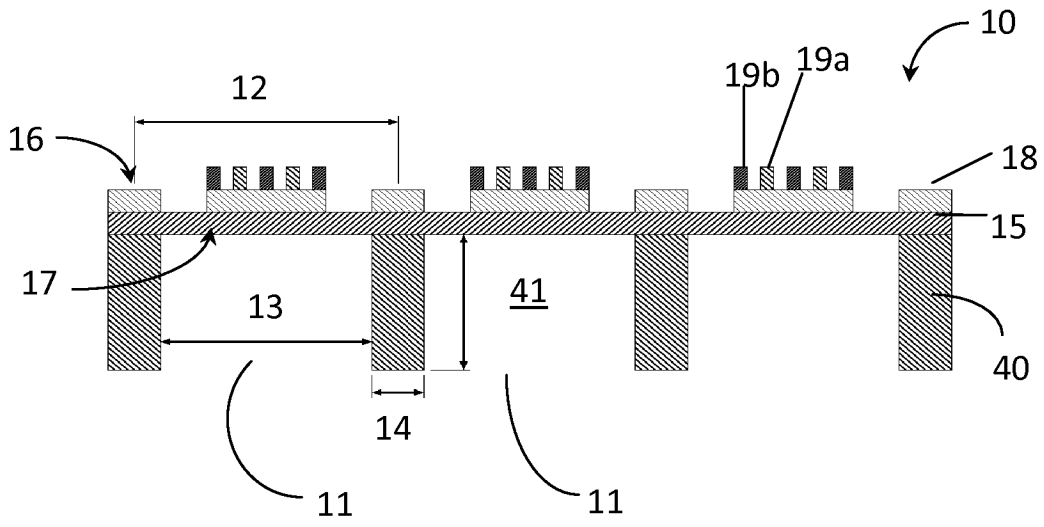


图 1

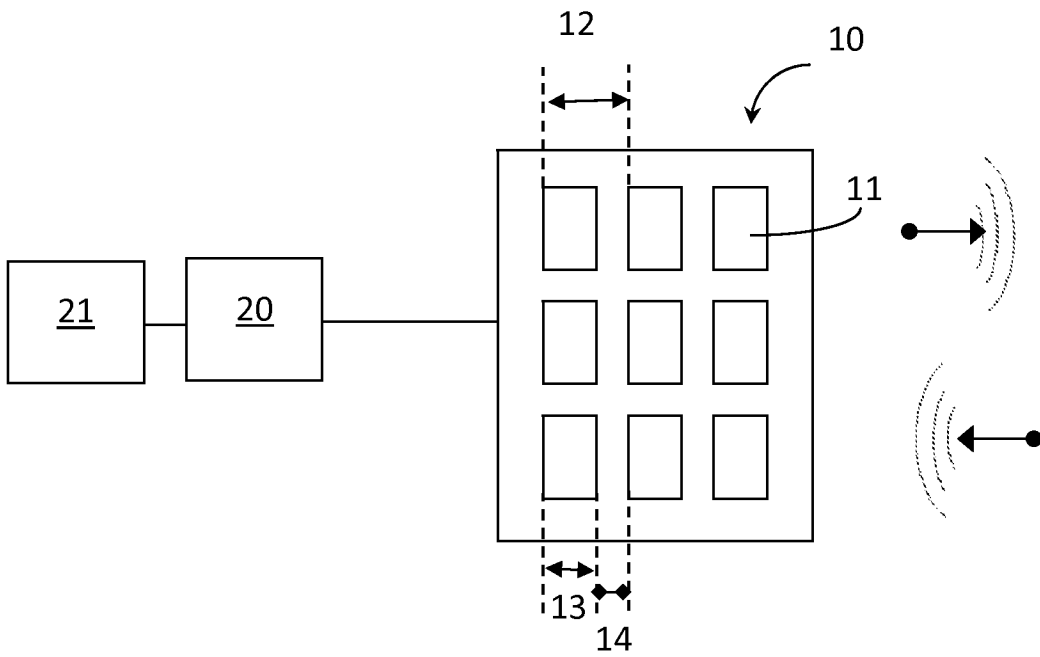


图 2a

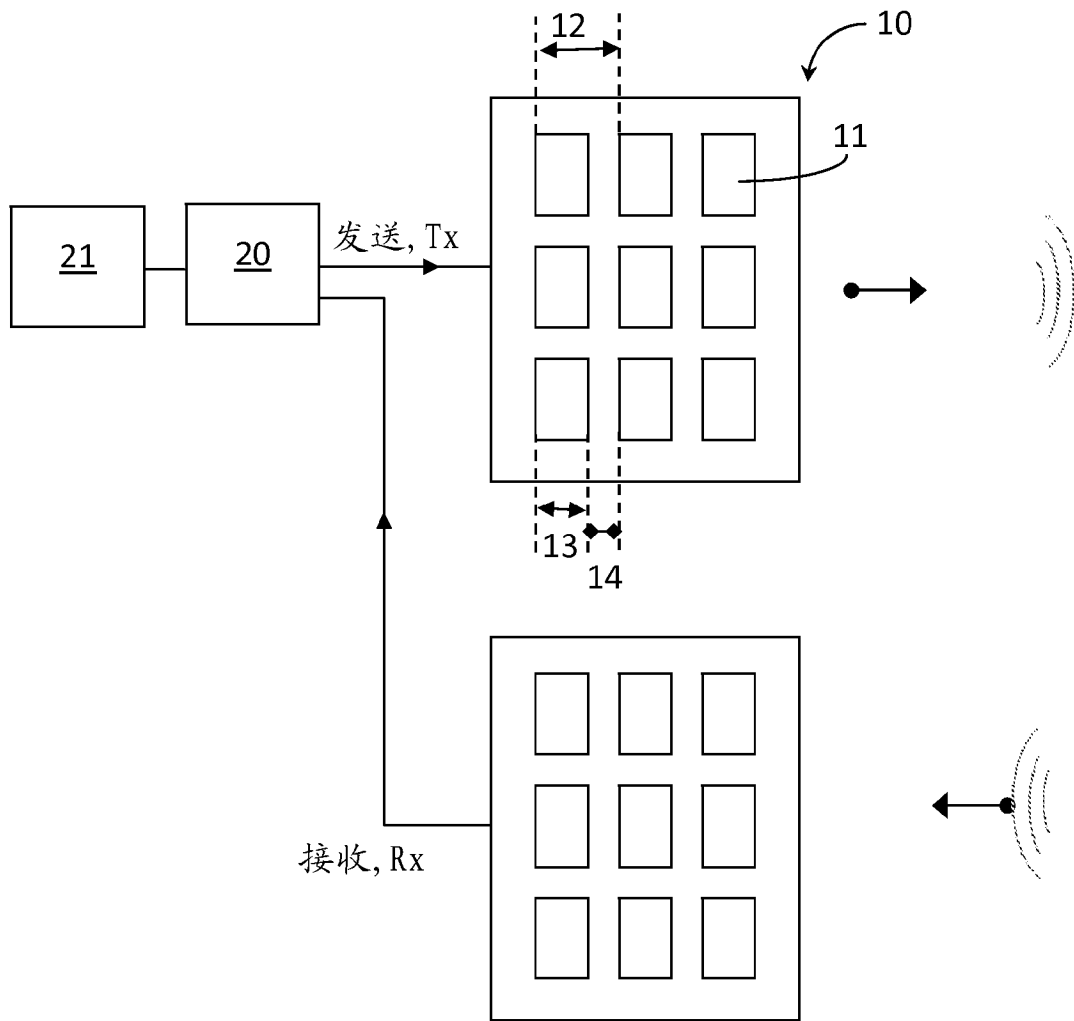


图 2b

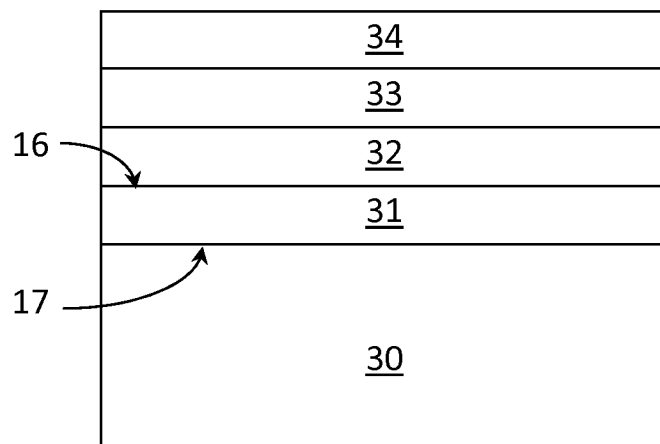


图 3a

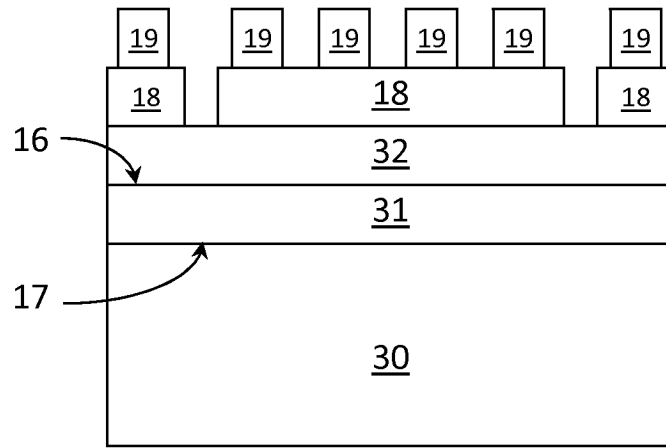


图 3b

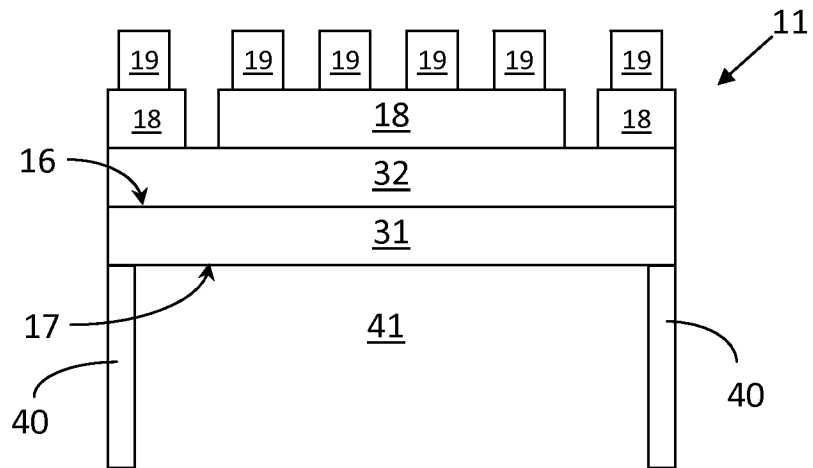
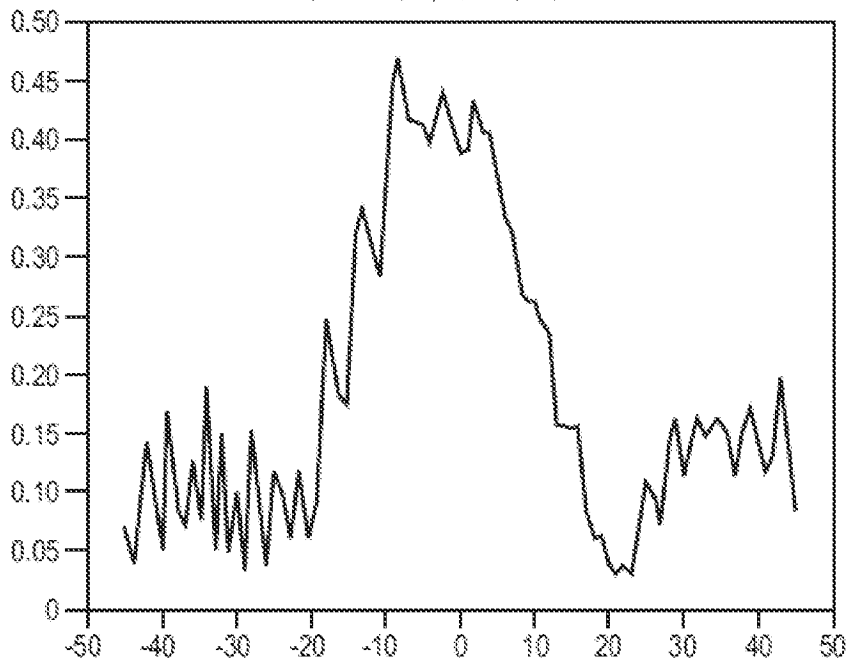


图 3c

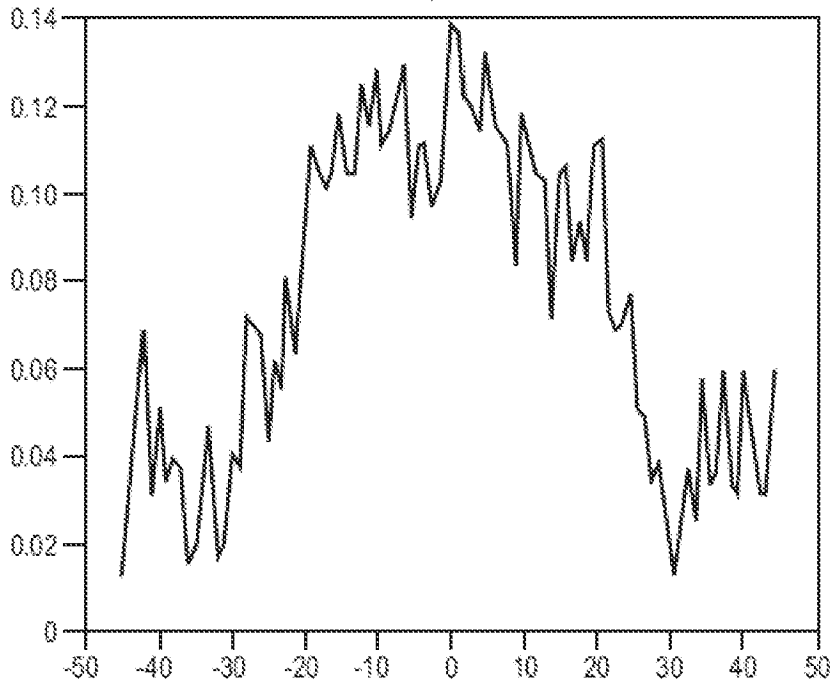
在距离70cm处利用麦克风在62 kHz处测量出的以V为单位的输出



以度为单位的角度

图 3d

在距离70cm处利用麦克风在62 kHz处测量出的以V为单位的输出



以度为单位的角度

图 3e

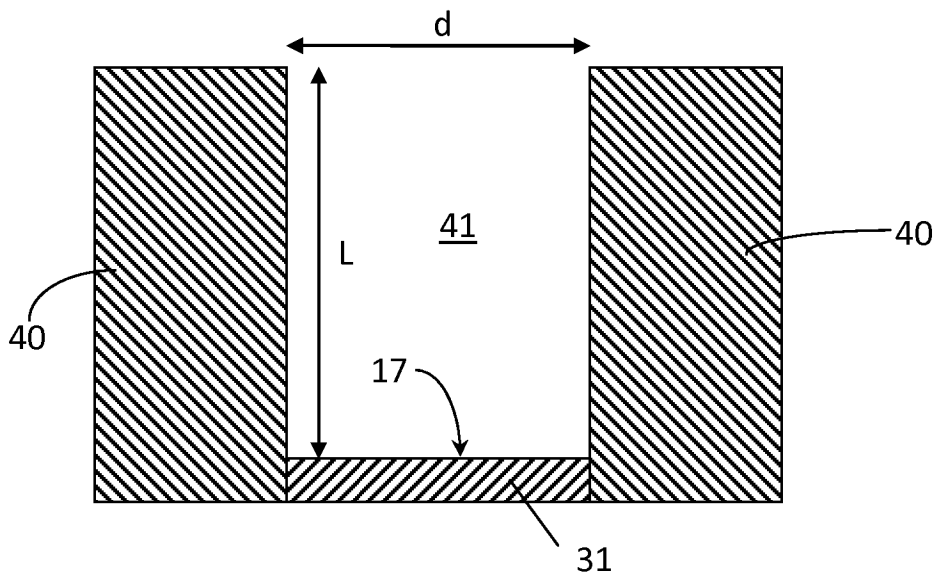


图 4

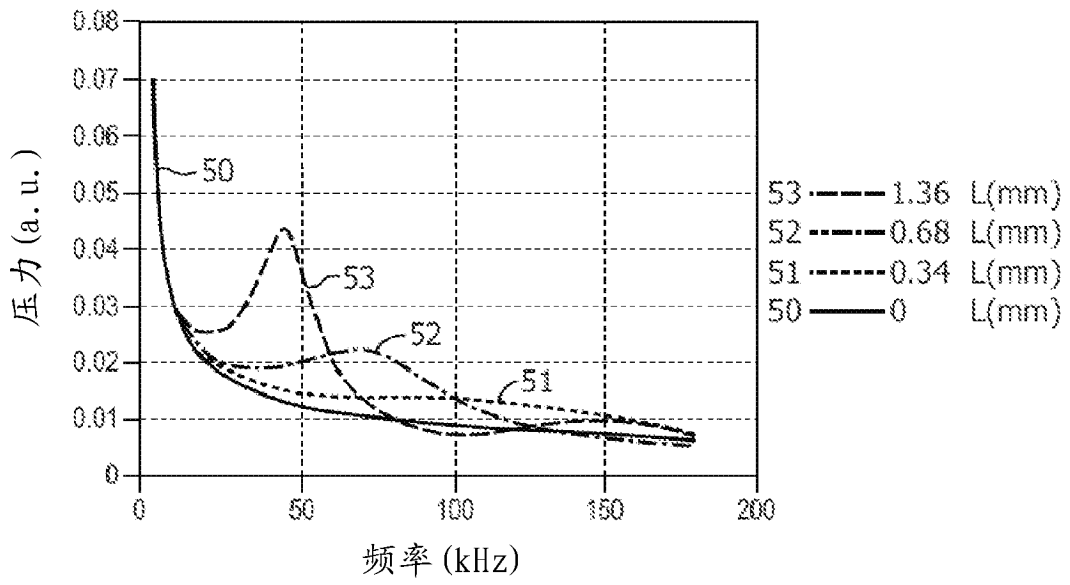


图 5

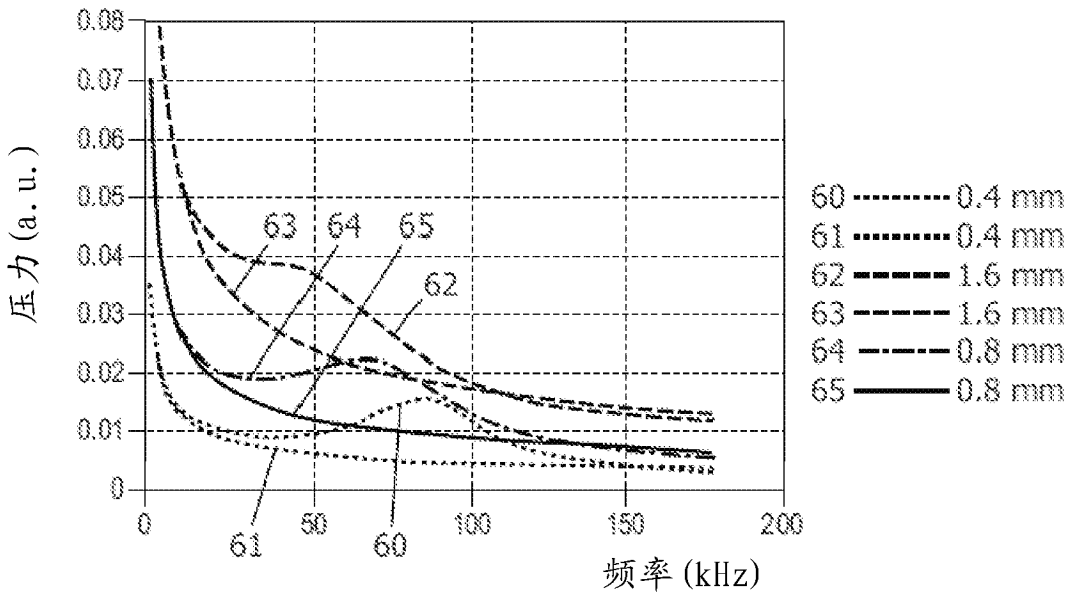


图 6

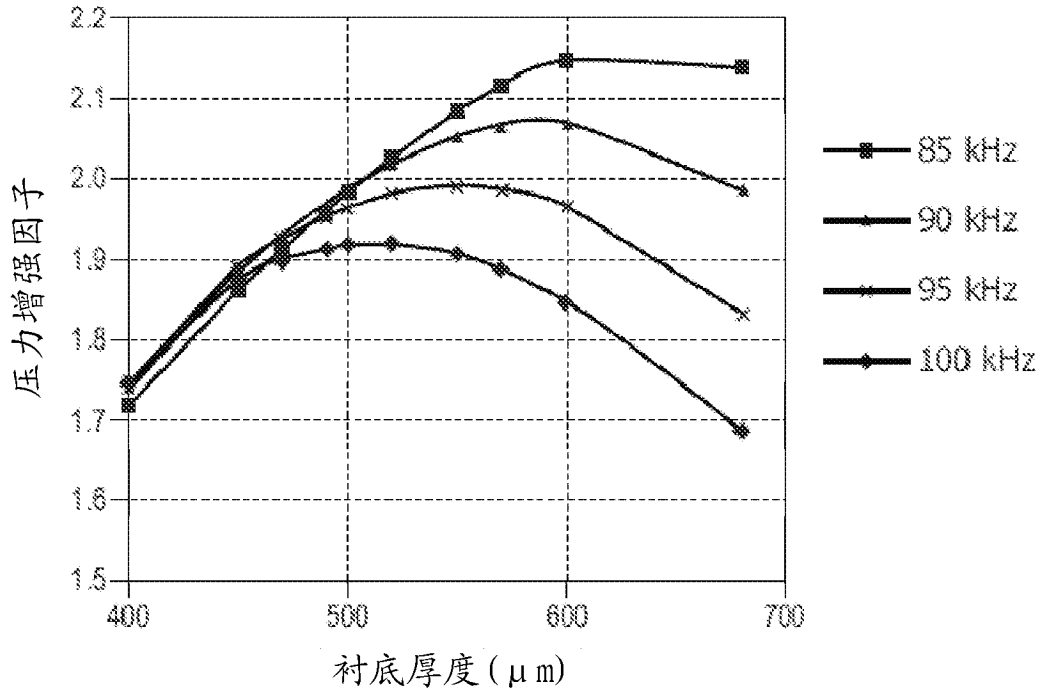


图 7

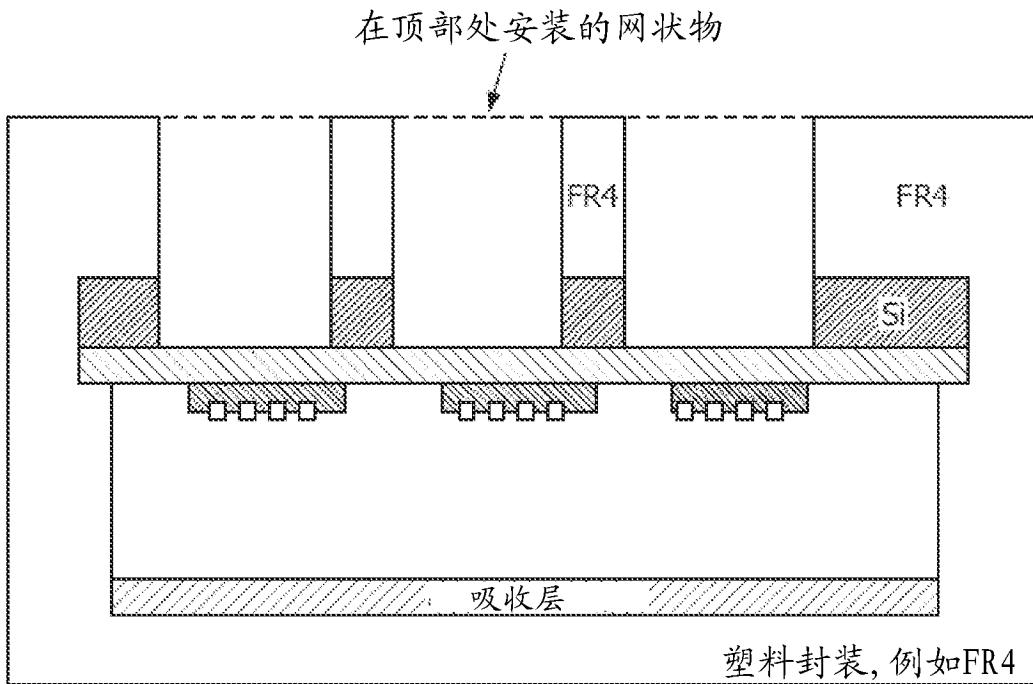


图 8a

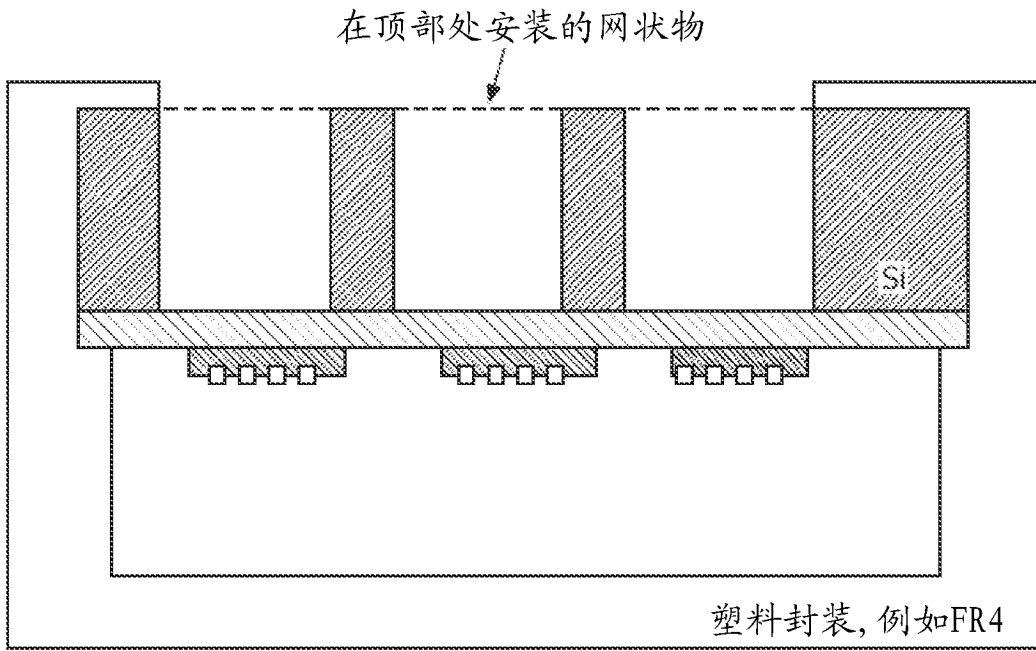


图 8b

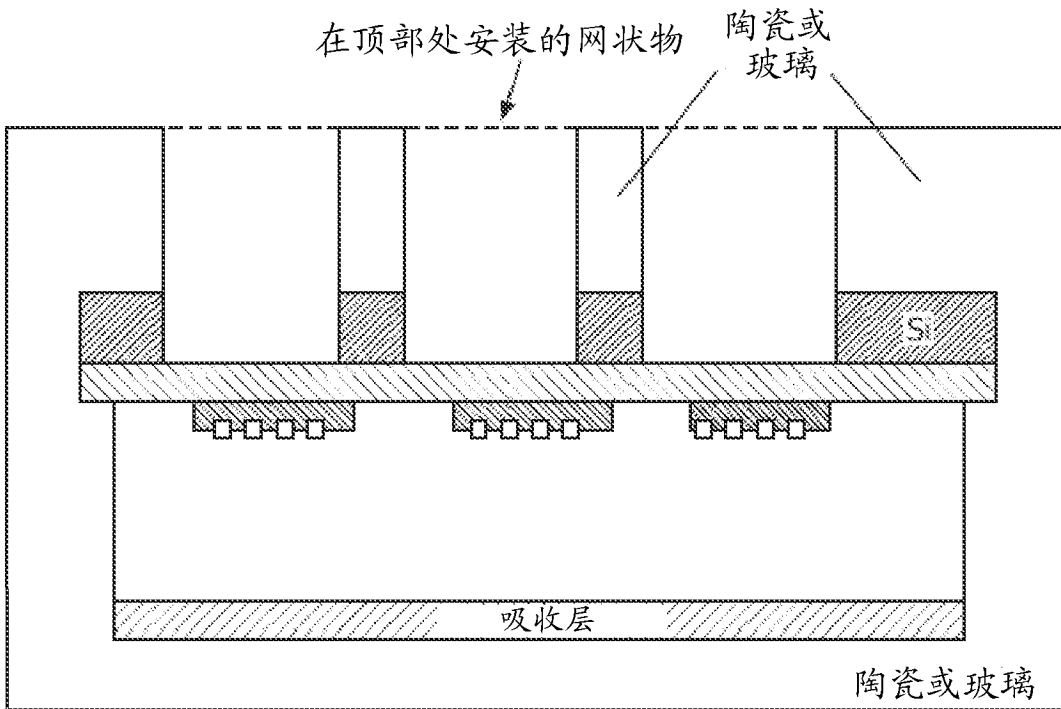


图 8c

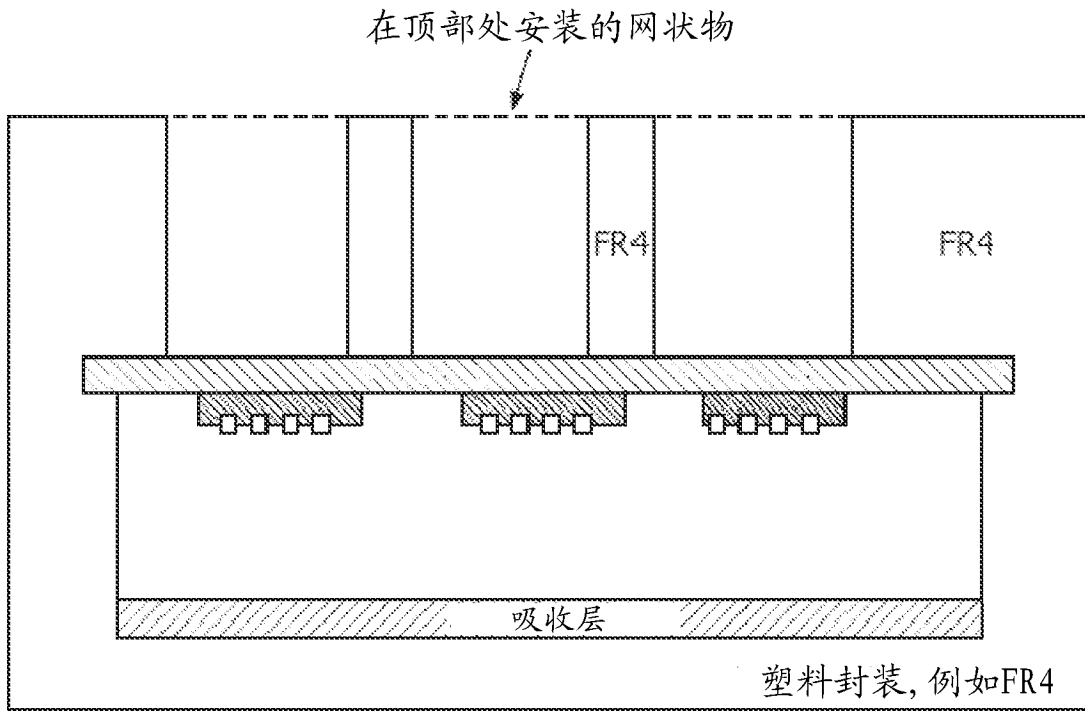


图 8d

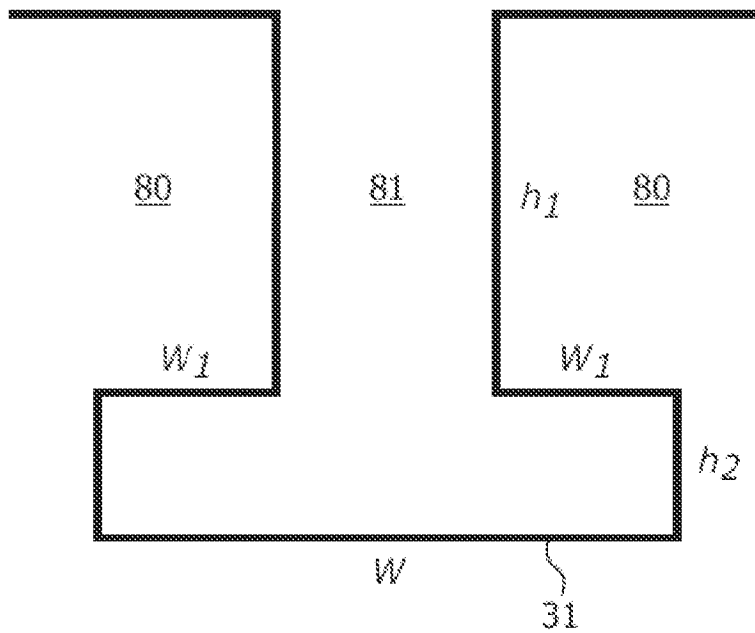


图 9a

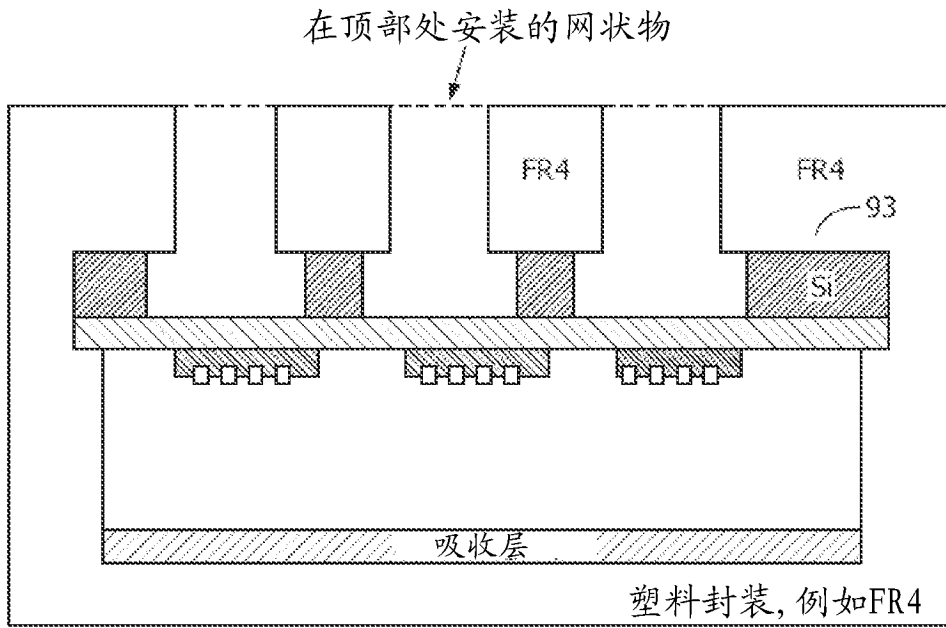


图 9b

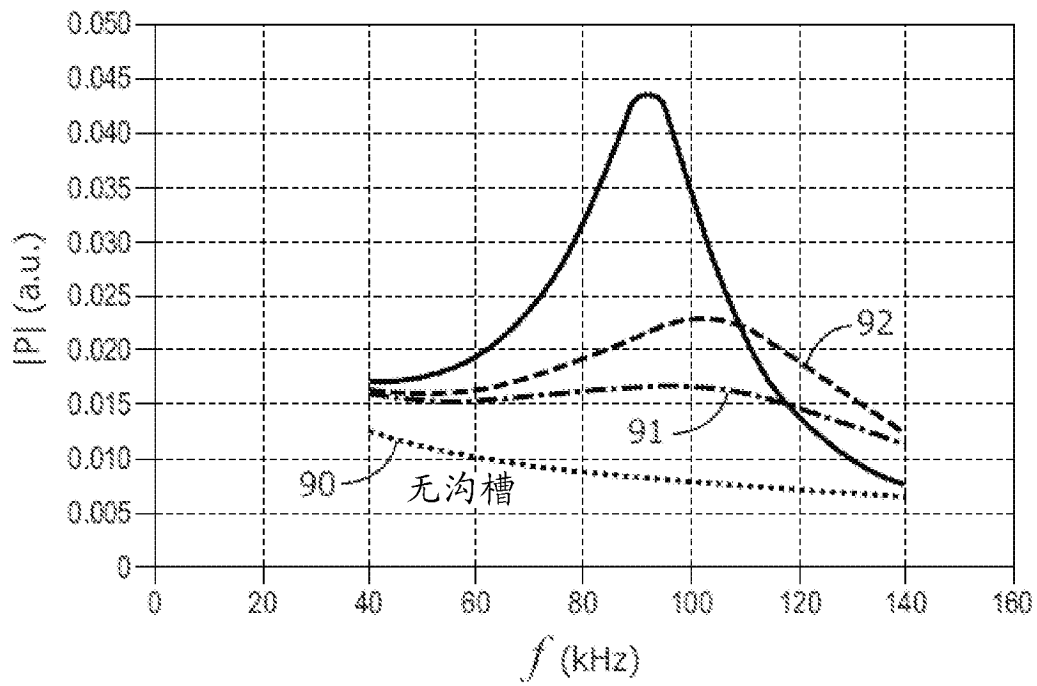


图 10

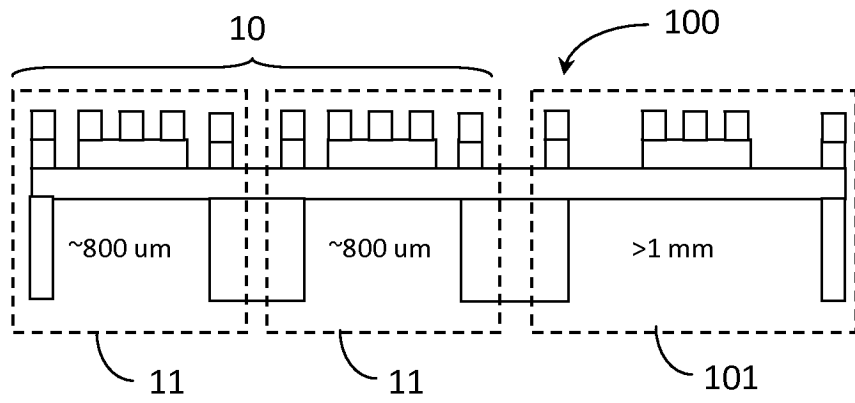


图 11

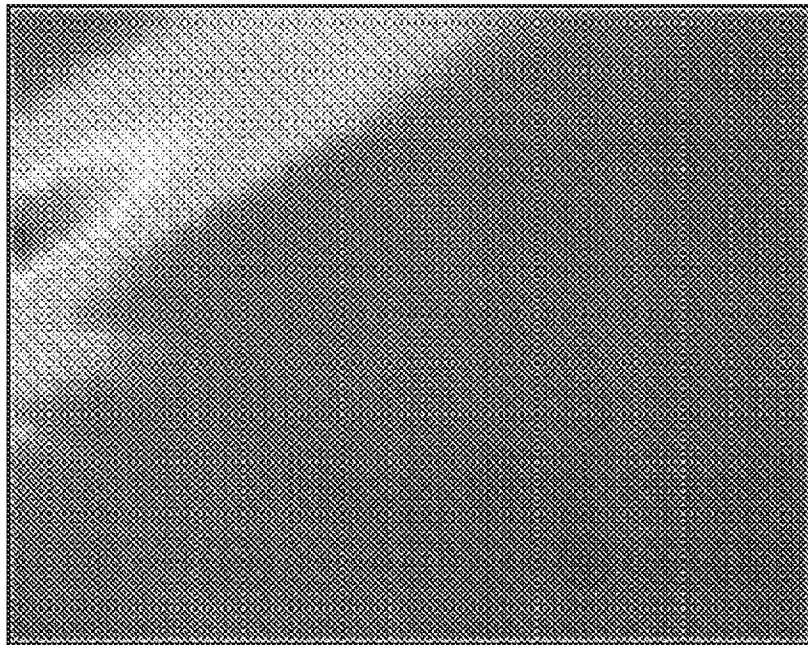


图 12

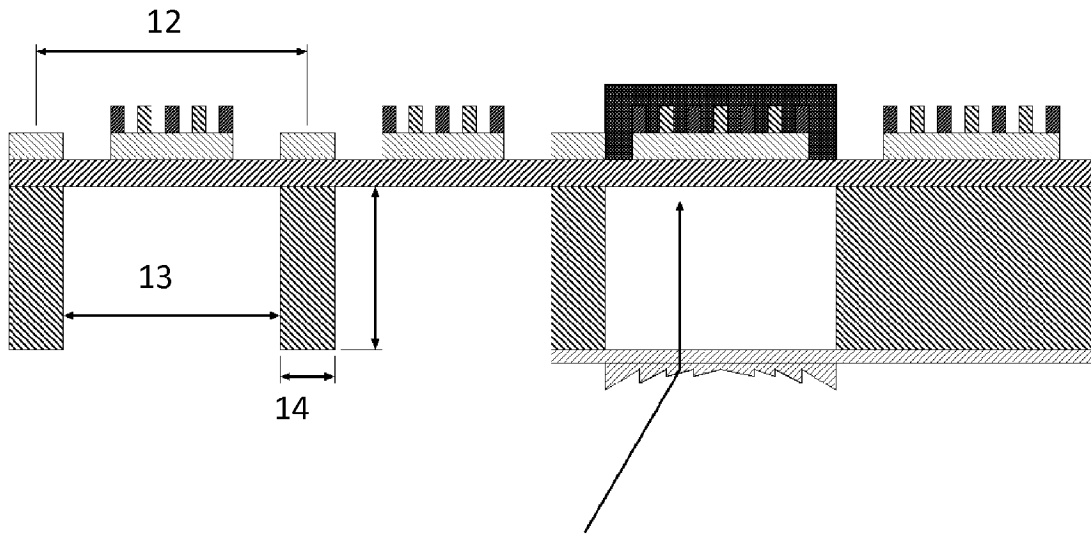


图 13

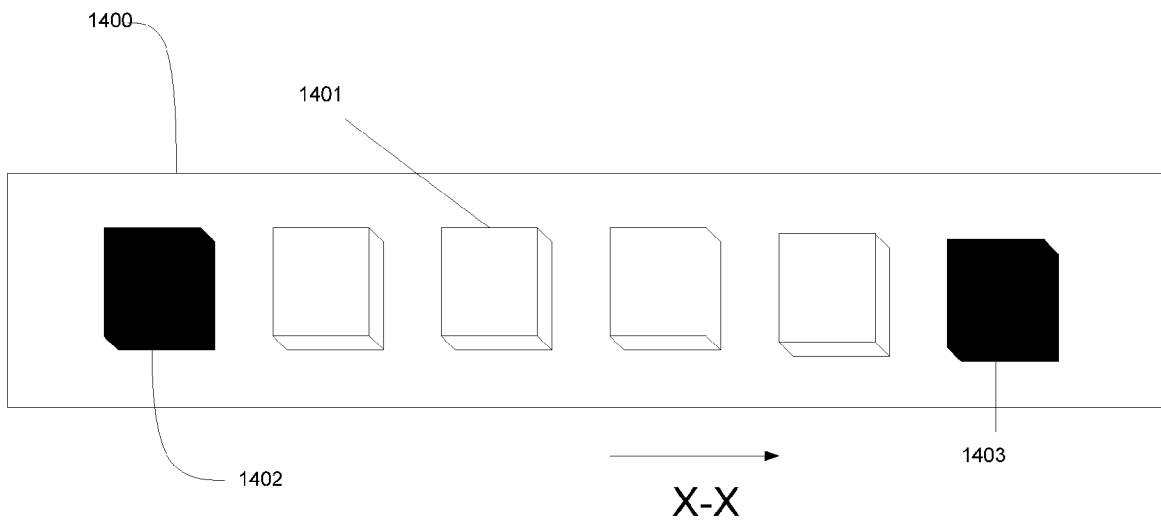


图 14

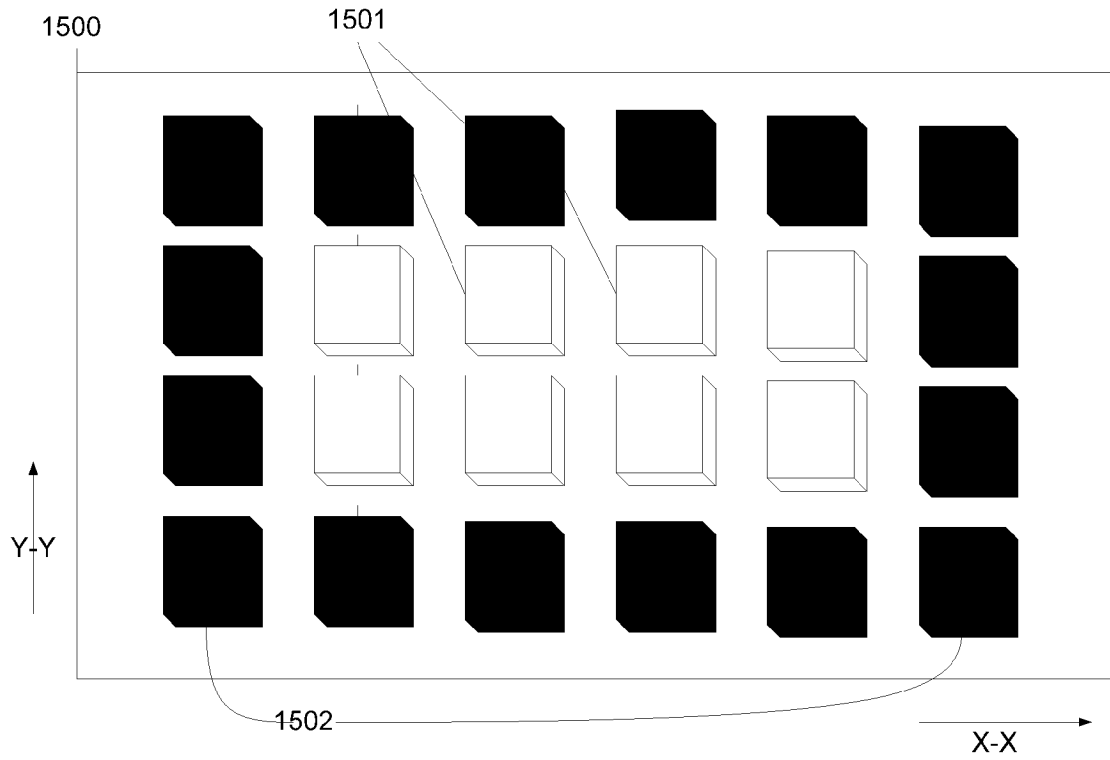


图 15a

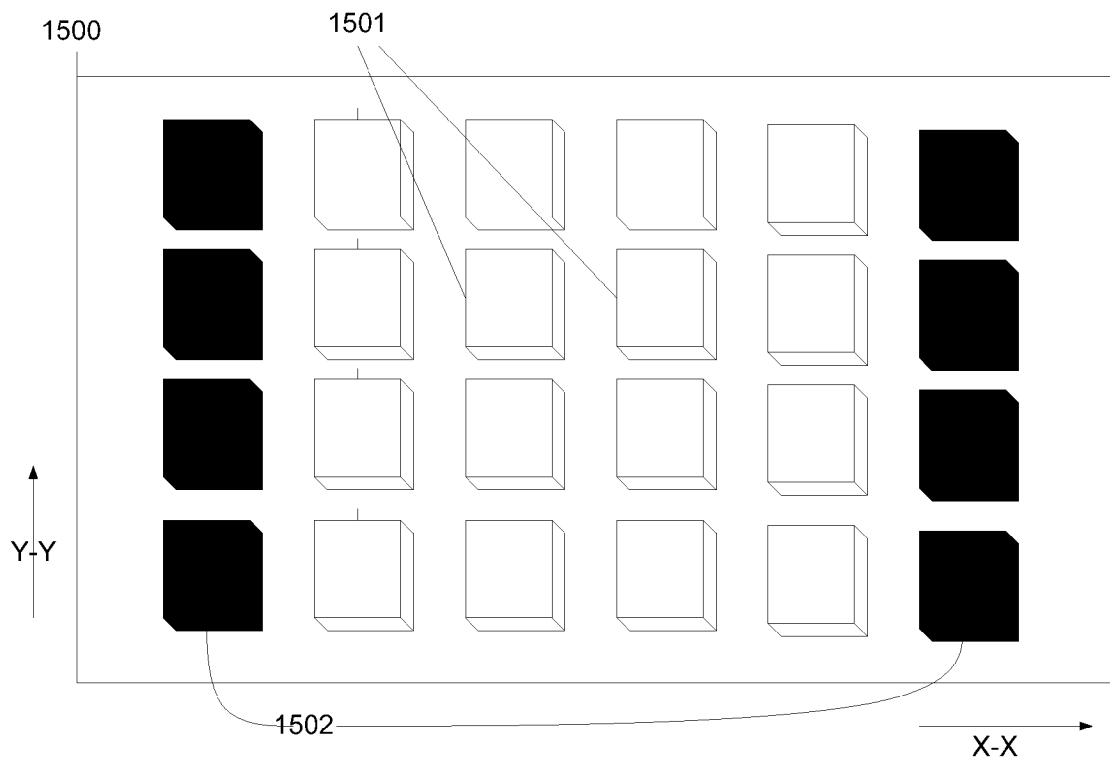


图 15b