



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112805843 B

(45) 授权公告日 2024.06.14

(21) 申请号 201980064740.2

(22) 申请日 2019.07.31

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112805843 A

(43) 申请公布日 2021.05.14

(30) 优先权数据  
62/713,272 2018.08.01 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2021.03.31

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2019/044528 2019.07.31

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02020/028580 EN 2020.02.06

(73) 专利权人 艾科索成像公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 海星·权 布莱恩·毕考肖  
桑迪普·阿卡拉杰

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理  
有限公司 11262  
专利代理师 王红英 杨明钊

(51) Int.Cl.  
*H10N 30/80* (2023.01)  
*A61B 8/00* (2006.01)  
*B06B 1/02* (2006.01)  
*B06B 1/06* (2006.01)  
*G01N 29/24* (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2006043843 A1, 2006.03.02  
审查员 崔鑫彤

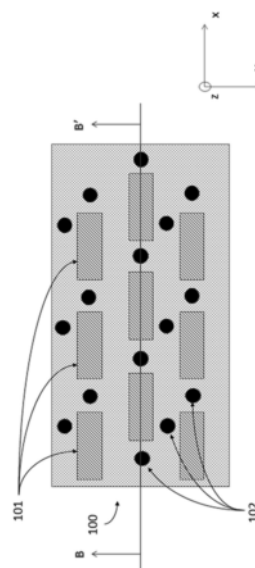
权利要求书3页 说明书10页 附图9页

## (54) 发明名称

用于集成具有混合触点的超声换能器的系统和方法

## (57) 摘要

本文公开了具有混合触点的超声换能器系统,包括:超声换能器元件,所述超声换能器元件包括基板和膜;电路;以及连接到所述超声换能器元件和所述电路的一个或多个触点,其中所述一个或多个触点是:使用一组规则进行几何设计;基于所述一组规则或第二组规则相对于所述膜进行布置,或这两者。



1. 一种具有混合触点的超声换能器系统,包括:
  - a) 超声换能器元件,所述超声换能器元件包括基板和膜;
  - b) 电路;以及
  - c) 连接到所述超声换能器元件和所述电路的一个或多个混合触点,其中所述一个或多个混合触点中的每一个混合触点能够提供电连接以及机械连接,其中,所述机械连接增强所述超声换能器系统的动力学。
2. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,其中所述超声换能器元件是微机械超声换能器(MUT)元件。
3. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,其中所述超声换能器元件是压电微机械超声换能器(pMUT)元件。
4. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,还包括:
  - a) 第二超声换能器元件,所述第二超声换能器元件包括第二基板和第二膜;
  - b) 第二电路;以及
  - c) 连接到所述第二超声换能器元件和所述第二电路的一个或多个附加触点,其中所述一个或多个附加触点是以下中的一个或多个:电触点、机械触点或混合触点。
5. 根据权利要求4所述的超声换能器系统,其中所述超声换能器元件和所述第二超声换能器元件形成具有多个附加超声换能器元件的二维阵列。
6. 根据权利要求5所述的超声换能器系统,其中所述阵列是32乘32、32乘64、32乘194、12乘128、24乘128、32乘128、64乘128、64乘32或64乘194。
7. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,其中所述电路是专用集成电路(ASIC)。
8. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,还包括仅是电触点或仅是机械触点的一个或多个触点。
9. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,其中所述一个或多个混合触点被配置为同时提供电连接和机械连接,或者当满足预定阈值条件时提供电连接但不提供机械连接。
10. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,还包括仅是电触点的至少一触点和仅是机械触点的至少一个触点。
11. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,其中,所述一个或多个混合触点包括:直径范围、高度范围、纵横比范围并且包括一个或多个形状。
12. 根据权利要求11所述的超声换能器系统,其中所述直径范围为 $5\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 。
13. 根据权利要求11所述的超声换能器系统,其中所述高度范围为 $0\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 。
14. 根据权利要求11所述的超声换能器系统,其中高度与有效直径的所述纵横比小于60:1。
15. 根据权利要求11所述的超声换能器系统,其中所述一个或多个形状来自:圆柱体、环形、立方体形、长方体形和细长形。
16. 根据权利要求1所述的超声换能器系统,还包括触点的阵列,所述触点的阵列包括以下一项或多项:一个或多个触点到所述膜的间隔范围、所述超声换能器元件内的电触点的最小数目、所述超声换能器元件内的电触点的最大数目、所述超声换能器元件内的机械触点的最小数目、所述超声换能器元件内的机械触点的最大数目、所述超声换能器元件内的混合触点的最小数目、所述超声换能器元件内的混合触点的最大数目。

17. 根据权利要求16所述的超声换能器系统,其中所述间隔范围不小于 $5\mu\text{m}$ 。
18. 根据权利要求16所述的超声换能器系统,其中电触点的所述最小数目是2个。
19. 根据权利要求16所述的超声换能器系统,其中电触点的所述最大数目是4个。
20. 根据权利要求16所述的超声换能器系统,其中机械触点的所述最小数目是2个。
21. 根据权利要求16所述的超声换能器系统,其中机械触点的所述最大数目是10个。
22. 根据权利要求16所述的超声换能器系统,还包括:
  - a) 将所述触点的阵列布置成关于所述膜的轴线对称;以及
  - b) 将所述触点的阵列布置成包围所述膜,或者其组合。
23. 一种使用混合触点改善超声换能器系统性能的方法,包括:
  - a) 获得超声换能器系统,所述超声换能器系统包括:超声换能器元件,所述超声换能器元件包括基板和膜;和连接到所述超声换能器元件的电路;
  - b) 获得一个或多个混合触点,所述一个或多个混合触点中的每一个混合触点能够提供电连接以及机械连接,其中,所述机械连接增强所述超声换能器系统的动力学;以及
  - c) 将所述一个或多个混合触点添加到所述超声换能器系统,包括:相对于所述膜布置所述一个或多个混合触点;以及将所述一个或多个混合触点连接到所述超声换能器元件和所述电路。
24. 根据权利要求23所述的方法,其中所述超声换能器元件是微机械超声换能器(MUT)元件。
25. 根据权利要求23所述的方法,其中所述超声换能器元件是压电微机械超声换能器(pMUT)元件。
26. 根据权利要求23所述的方法,其中所述超声换能器系统还包括:第二超声换能器元件,所述第二超声换能器元件包括第二基板和第二膜;第二电路;以及连接到所述第二超声换能器元件和所述第二电路的一个或多个附加触点,其中所述一个或多个附加触点是以下中的一个或更多个:电触点、机械触点或混合触点。
27. 根据权利要求26所述的方法,其中所述超声换能器元件和所述第二超声换能器元件形成具有多个附加超声换能器元件的二维阵列。
28. 根据权利要求27所述的方法,其中所述阵列是32乘32、32乘64、32乘194、12乘128、24乘128、32乘128、64乘128、64乘32或64乘194。
29. 根据权利要求23所述的方法,其中所述电路是ASIC。
30. 根据权利要求23所述的方法,其中所述一个或多个混合触点包括仅是机械触点或仅是电触点至少一个触点。
31. 根据权利要求23所述的方法,其中所述一个或多个混合触点被配置为同时提供电连接和机械连接,或者当满足预定阈值条件时提供电连接但不提供机械连接。
32. 根据权利要求31所述的方法,其中还包括至少一个电触点和至少一个机械触点。
33. 根据权利要求23所述的方法,其中,所述一个或多个混合触点包括:直径范围、高度范围、纵横比范围以及包括形状。
34. 根据权利要求33所述的方法,其中所述直径范围为 $5\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 。

35. 根据权利要求33所述的方法,其中所述高度范围为 $0\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 。

36. 根据权利要求33所述的方法,其中高度与有效直径的所述纵横比小于60:1。

37. 根据权利要求33所述的方法,其中所述形状是选自以下的一个或多个:圆柱体、环形和细长形。

38. 根据权利要求23所述的方法,还包括触点的阵列,所述触点的阵列包括以下一项或多项:一个或多个触点与所述膜的间隔范围,所述超声换能器元件内的电触点的最小数目、所述超声换能器元件内的电触点的最大数目、所述超声换能器元件内的机械触点的最小数目、所述超声换能器元件内的机械触点的最大数目、所述超声换能器元件内的混合触点的最小数目、所述超声换能器元件内的混合触点的最大数目。

39. 根据权利要求38所述的方法,其中所述间隔范围不小于 $5\mu\text{m}$ 。

40. 根据权利要求38所述的方法,其中电触点的所述最小数目是2个。

41. 根据权利要求38所述的方法,其中电触点的所述最大数目是4个。

42. 根据权利要求38所述的方法,其中机械触点的所述最小数目是2个。

43. 根据权利要求38所述的方法,其中机械触点的所述最大数目是10个。

44. 根据权利要求38所述的方法,还包括:

a) 将所述触点的阵列布置成关于所述膜的轴线对称;以及

b) 将所述触点的阵列布置成包围所述膜,

或者其组合。

## 用于集成具有混合触点的超声换能器的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2018年8月1日提交的美国临时申请号62/713,272的权益,所述申请通过引用完整并入于此。

### 背景技术

[0003] 超声换能器通常包括隔膜,形成隔膜的背衬的基板,以及连接隔膜以使信号通信能够往返于换能器的(一个或多个)触点。

[0004] 微机械超声换能器(MUT)阵列由于其在电能域与声能域之间的转换效率而在超声领域提供了巨大的机会。

### 发明内容

[0005] 与电路(例如,专用集成电路(ASIC))集成的MUT芯片,特征在于被配置成向MUT和ASIC发送信号和从MUT和ASIC接收信号的(一个或多个)电触点。此外,(一个或多个)电触点可以在决定MUT动力学时发挥次要但重要的作用,因为其用作影响MUT的临界边界条件(例如,诸如MUT如何附接到MUT阵列,MUT阵列如何锚固到ASIC,以及MUT如何连接到传输介质的机械边界条件)的机械弹簧。因此,仅使用电触点与ASIC集成的MUT可能降低MUT的稳定性并降低MUT的动态性能。

[0006] 本公开内容包括经由混合触点(hybrid contact)使得MUR集成到ASIC的系统和方法。本文的混合触点可以实现电连接以及非电连接,例如,用于增强MUT动力学(例如,MUT的压力输出幅度,表面速度和超声频率带宽)的机械连接。本文的系统和方法可以显著提高MUT的动态性能。这样的系统和方法可以利用以下一个或多个:(1)向MUT添加附加机械触点,(2)布置触点(电的和/或机械的),以及(3)修改触点的尺寸和形状(电的和/或机械的)。

[0007] 在一方面,本文公开了具有混合触点的超声换能器系统,所述超声换能器系统包括:包括基板和膜的超声换能器元件;电路;以及连接到所述超声换能器元件和所述电路的一个或多个触点,其中所述一个或多个触点是:使用一组规则进行几何设计;基于所述一组规则或第二组规则相对于所述膜进行布置,或这两者。在一些实施方式中,所述超声换能器元件是微机械超声换能器(MUT)元件。在一些实施方式中,所述超声换能器元件是压电微机械超声换能器(pMUT)元件。在一些实施方式中,所述超声换能器系统还包括:包括第二基板和第二膜的第二超声换能器元件;第二电路;以及连接到所述第二超声换能器元件和所述第二电路的一个或多个附加触点,其中所述一个或多个附加触点可选地使用一组规则进行几何设计,并且其中所述一个或多个附加触点基于所述一组规则或第二组规则相对于所述第二膜布置。在一些实施方式中,所述第一超声换能器元件和所述第二超声换能器元件形成具有多个附加超声换能器元件的阵列。在一些实施方式中,所述阵列是二维的。在一些实施方式中,所述阵列是32乘32、32乘64、32乘194、12乘128、24乘128、32乘128、64乘128、64乘32或64乘194。在一些实施方式中,所述电路是专用集成电路(ASIC)。在一些实施方式中,所述一个或多个触点包括不是混合触点的至少一个触点。在一些实施方式中,所述一个或多

个触点仅是电触点或仅是机械触点。在一些实施方式中,所述一个或多个触点是混合触点。在一些实施方式中,所述一个或多个触点包括至少一个电触点和一个机械触点。在一些实施方式中,所述一个或多个触点包括是电和机械两者的至少一个触点。在一些实施方式中,所述一组规则包括以下一项或多项:所述一个或多个触点的直径范围、高度范围、纵横比范围以及一个或多个形状。在一些实施方式中,所述直径范围为约 $5\mu\text{m}$ 至约 $100\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,所述高度范围为约 $0\mu\text{m}$ 至约 $300\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,高度与有效直径的所述纵横比小于约60:1。在一些实施方式中,所述一个或多个形状来自:圆柱体、环形、立方体形、长方体形和细长形。在一些实施方式中,所述第二组规则包括以下一项或多项:所述一个或多个触点到所述膜的间隔范围,所述超声换能器元件内的电触点的最小数目、所述超声换能器元件内的电触点的最大数目、所述超声换能器元件内的机械触点的最小数目、所述超声换能器元件内的机械触点的最大数目、所述超声换能器元件内的混合触点的最小数目、所述超声换能器元件内的混合触点的最大数目。在一些实施方式中,所述间隔范围不小于约 $5\mu\text{m}$ 。根据权利要求19所述的超声换能器系统,其中电触点的所述最小数目是2个。在一些实施方式中,电触点的所述最大数目是4个。在一些实施方式中,机械触点的所述最小数目是2个。在一些实施方式中,机械触点的所述最小数目是单个触点。在一些实施方式中,机械触点的所述最大数目是10个。在一些实施方式中,所述第二组规则包括:将所述一个或多个触点布置成关于所述膜的轴线对称;以及将所述一个或多个触点布置成包围所述膜,或者其组合。

[0008] 在另一方面,本文公开了一种使用混合触点改善超声换能器系统性能的方法,包括:获得超声换能器系统,所述超声换能器系统包括:包括基板和膜的超声换能器元件;以及连接到所述超声换能器元件的电路;获得一个或多个触点,所述一个或多个触点可选地使用一组规则进行几何设计;将所述一个或多个触点添加到所述超声换能器元件,包括:基于所述一组规则或第二组规则相对于所述膜布置所述一个或多个触点;以及将所述一个或多个触点连接到所述超声换能器元件和所述电路。

[0009] 在又一方面,本文公开了一种使用混合触点改善超声换能器系统性能的方法,包括:获得超声换能器系统,所述超声换能器系统包括:包括基板和膜的超声换能器元件;以及连接到所述超声换能器元件的电路;获得一个或多个触点,所述一个或多个触点可选地使用一组规则进行几何设计;将所述一个或多个触点添加到所述超声换能器系统,包括:基于所述一组规则或第二组规则相对于所述膜布置所述一个或多个触点;以及将所述一个或多个触点连接到所述超声换能器元件和所述电路。在一些实施方式中,所述超声换能器元件是微机械超声换能器(MUT)元件。在一些实施方式中,所述超声换能器元件是压电微机械超声换能器(pMUT)元件。在一些实施方式中,所述超声换能器系统还包括:包括第二基板和第二膜的第二超声换能器元件;第二电路;以及连接到所述第二超声换能器元件和所述第二电路的一个或多个附加触点,其中所述一个或多个附加触点可选地使用一组规则进行几何设计,并且其中所述一个或多个附加触点基于所述一组规则或第二组规则相对于所述第二膜布置。在一些实施方式中,所述第一超声换能器元件和所述第二超声换能器元件形成具有多个附加超声换能器元件的阵列。在一些实施方式中,所述阵列是二维的。在一些实施方式中,所述阵列是32乘32、32乘64、32乘194、12乘128、24乘128、32乘128、64乘128、64乘32或64乘194。在一些实施方式中,所述电路是ASIC。在一些实施方式中,所述一个或多个触点

包括不是混合触点的至少一个触点。根据权利要求34所述的方法,其中所述一个或多个触点仅是电触点或仅是机械触点。在一些实施方式中,所述一个或多个触点是混合触点。在一些实施方式中,所述一个或多个触点包括至少一个电触点和一个机械触点。在一些实施方式中,所述一个或多个触点包括是电和机械两者的至少一个触点。在一些实施方式中,所述一组规则包括以下一项或多项:所述一个或多个触点的直径范围、高度范围、纵横比范围以及形状。在一些实施方式中,所述直径范围为约 $5\mu\text{m}$ 至约 $100\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,所述高度范围为约 $0\mu\text{m}$ 至约 $300\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,所述纵横比小于约60:1。在一些实施方式中,所述形状是选自以下的一个或多个:圆柱体、环形和细长形。在一些实施方式中,所述第二组规则包括以下一项或多项:所述一个或多个触点到所述膜的间隔范围,所述超声换能器元件内的电触点的最小数目、所述超声换能器元件内的电触点的最大数目、所述超声换能器元件内的机械触点的最小数目、所述超声换能器元件内的机械触点的最大数目、所述超声换能器元件内的混合触点的最小数目、所述超声换能器元件内的混合触点的最大数目。在一些实施方式中,所述间隔范围不小于约 $5\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,电触点的所述最小数目是2个。在一些实施方式中,电触点的所述最大数量是4个。在一些实施方式中,机械触点的所述最小数目是2个。在一些实施方式中,机械触点的所述最小数目是单个触点。在一些实施方式中,机械触点的所述最大数目是10个。在一些实施方式中,所述第二组规则包括:将所述一个或多个触点布置成关于所述膜的轴线对称;将所述一个或多个触点布置成包围所述膜,或者其组合。

[0010] 通过以下详细描述,本公开内容的其他方面和优点对于本领域技术人员将变得容易理解,其中仅示出和描述了本公开内容的说明性实施方式。将会认识到,本公开内容可以具有其他和不同的实施方式,并且其多个细节可以在各种明显的方面进行修改,所有这些均不脱离本公开内容。因此,附图和描述本质上应被认为是说明性的,而不是限制性的。

## 附图说明

[0011] 专利或申请文件包含以彩色出示的至少一张附图。具有(一张或多张)彩色附图的本专利或专利申请公开的副本应要求并支付必要费用之下由专利局提供。将通过参考以下阐述了说明性实施方式和附图的详细描述来获得对本主题的特征和优点的更好地理解,在附图中:

[0012] 图1A至图1B分别示出了使用在电触点(102)中具有非对称性的电触点的集成MUT和ASIC系统的示例性实施方式的横截面图和布局图(出于清楚目的从图1B中移除了ASIC裸片(104));

[0013] 图2示出了使用混合触点并具有用于对称边界条件的附加触点的集成MUT和ASIC系统的示例性实施方式的布局图;

[0014] 图3示出了具有非对称触点的图1B的MUT阵列中的中央MUT膜的示例性动态响应和具有对称混合触点的图2的MUT阵列中的中央MUT膜的动态响应;

[0015] 图4示出了本文中的集成MUT和ASIC系统的圆柱形电触点和/或机械触点的示例性几何参数;

[0016] 图5示出了具有如图2所示的混合触点布置的集成MUT和ASIC系统的示例性性能,其中触点具有 $60\mu\text{m}$ 的直径和 $6\mu\text{m}$ 、 $16\mu\text{m}$ 和 $40\mu\text{m}$ 的三个不同高度;

[0017] 图6示出了具有如图2所示的混合触点布置的集成MUT和ASIC系统的示例性性能,其中触点在 $6\mu\text{m}$ 、 $16\mu\text{m}$ 和 $40\mu\text{m}$ 的三个不同高度具有 $50\mu\text{m}$ 的直径(左)和 $40\mu\text{m}$ 的直径(右);

[0018] 图7示出了使用图1B中的混合触点并附加混合触点的集成MUT和ASIC系统的示例性实施方式的布局图;以及

[0019] 图8示出了使用图1B中的混合触点并附加混合触点的集成MUT和ASIC系统的示例性实施方式的布局图。

### 具体实施方式

[0020] 在一些实施方式中,本文的换能器是将一个能量域中的物理变化转换成不同域中的物理变化的装置。例如,微机械超声换能器(MUT)将电变化转换为隔膜的机械振动。隔膜的这些振动会导致与隔膜相邻的任何气体、液体或固体中的压力波。相反,相邻介质中的压力波可能会引起隔膜的机械振动。隔膜振动反过来可能会导致MUT电极上的电气变化,这种变化可以被检测到。对于压电式MUT(pMUT),跨压电膜的电场将改变隔膜上的应力,这可能导致隔膜移动并随后产生压力波。来自介质的压力波撞击到pMUT上可能进而使隔膜振动并在压电膜中产生应力,这可能会在pMUT的电极上产生电荷变化。

[0021] 在某些实施方式中,本文公开了其中两个能量域之一是电的电换能器。在一些实施方式中,本文公开了为电换能器的超声换能器。例如,pMUT(压电MUT)是电换能器,因为电域是pMUT在其之间转换的能量域之一,而另一域是机械的,例如机械压力。

[0022] 本公开内容包括改变电换能器的动态行为的方法。在一些实施方式中,本文的方法适用于电换能器、超声换能器、MUT换能器、pMUT换能器或任何其他类型的换能器。在一些实施方式中,本文的方法适用于除pMUT以外的电换能器,包括但不限于电容换能器、压阻换能器、热换能器、光学换能器、放射性换能器。压阻压力换能器例如通过压阻效应将机械压力变化转换为电阻变化的改变。由于电阻变化属于电域,因此压阻压力换能器适合作为电换能器。

[0023] 某些定义

[0024] 除非另有定义,否则本文使用的所有技术术语具有与本发明所属领域的普通技术人员通常所理解的含义。

[0025] 如本文所使用的,单数形式的“一”、“一个”和“该”包括复数引用,除非上下文另外明确指出。除非另有说明,否则本文中对“或”的任何引用旨在涵盖“和/或”。

[0026] 如本文所用,术语“约”是指接近所述量约10%、5%或1%的量,包括其中的增量。

[0027] 本文的系统和方法包括与ASIC集成的MUT,其特征在于具有电触点以向/从ASIC发送/接收信号以及非电触点(例如,机械触点)以确保MUT的动态性能和可靠性。在一些实施方式中,与传统芯片设计中的触点布置不同,触点可以靠近MUT的机械敏感膜部分定位,其中膜在约1MHz至约10MHz的高频带处振动。因此,触点设计(例如,触点类型、位置、形状、大小等)可能是非常重要的,以确保MUT的动态性能和可靠性。在一些实施方式中,本文的系统和方法包括以这样的方式布置触点以增强MUT的机械性能(例如,膜的表面速度,压力输出的幅度,以及MUT的超声频率带宽),而不是简单地满足电连接和热循环可靠性。

[0028] 在一些实施方式中,本文的触点连接到附接的元件。在一些实施方式中,由触点提供的这样的连接是电的或非电的。在一些实施方式中,这样的连接是机械的。在一些实施方

式中,这样的连接仅是机械的。在一些实施方式中,本文的触点是机械的,尽管基于其位置,触点可以或可能不会影响换能器在相同水平处的机械操作。在一些实施方式中,本文的触点是混合的,例如电的和非电的。在一些实施方式中,本文的这样的混合触点实现机械和电触点。在一些实施方式中,机械触点可以用于将电信号携带作为电触点,从而使其成为混合触点。在一些实施方式中,混合触点可以被配置成同时或在不同的时间点提供多于一种连接。例如,触点可以被配置成同时提供机械和电连接,而另一触点可以被配置成在满足预定阈值条件(例如,位置阈值)时提供电连接而不是机械连接。

[0029] 在一些实施方式中,混合触点阵列包括以一维、二维或三维布置的多于一种类型的触点。在一些实施方式中,混合触点阵列包括以一维、二维或三维布置的一个或多个混合触点。在一些实施方式中,本文的触点是提供任何两种不同类型的连接(例如,电的和机械的)的混合触点。在一些实施方式中,本文的触点仅是电触点(例如,对换能器的机械操作而没有或具有最小的机械影响)和/或仅是机械触点。

[0030] 在MUT和电路(例如,ASIC)的传统集成系统中,电触点通常具有简单的形状,通常是具有设定直径和高度的近似圆柱形形状。在MUT和ASIC的传统集成系统中,裸片上的电触头的位置通常由MUT和ASIC的电气布线决定。在传统的集成系统中可能存在缺点,因为电触点通常被设计(例如,大小、形状和位置等)成实现热循环可靠性,而不考虑MUT性能。

[0031] 在一些实施方式中,这里的MUT是MUR换能器的MUR阵列(本文可互换为换能器元件),每个MUT换能器具有基板、隔膜(这里可互换为“膜”)和/或压电元件。在一些实施方式中,阵列是二维的。在MUT阵列中,每个MUT换能器充当一个像素。在一些实施方式中,阵列大小可以是可变的并且为各种应用定制。非限制性示例性阵列大小为:32乘32、32乘64、32乘194、12乘128、24乘128、32乘128、64乘128、64乘32或64乘194(列乘行或行乘列)。

[0032] 在一些实施方式中,本文的每个像素的大小是可变的,并且可以为各种应用定制。在一些实施方式中,本文的每个像素包括在约10 $\mu\text{m}$ 至约1000 $\mu\text{m}$ 或10 $\mu\text{m}$ 至1000 $\mu\text{m}$ 的范围内的宽度(x轴)和/或高度(z轴)。在一些实施方式中,本文的每个像素包括在约20 $\mu\text{m}$ 至约600 $\mu\text{m}$ 、约30 $\mu\text{m}$ 至约500 $\mu\text{m}$ 、约40 $\mu\text{m}$ 至约400 $\mu\text{m}$ 、约50 $\mu\text{m}$ 至约300 $\mu\text{m}$ 或约50 $\mu\text{m}$ 至约250 $\mu\text{m}$ 的范围内的宽度(x轴)。在一些实施方式中,本文的每个像素包括在约10 $\mu\text{m}$ 至约1000 $\mu\text{m}$ 、约20 $\mu\text{m}$ 至约950 $\mu\text{m}$ 、约30 $\mu\text{m}$ 至约900 $\mu\text{m}$ 、约40 $\mu\text{m}$ 至约850 $\mu\text{m}$ 或约50 $\mu\text{m}$ 至约800 $\mu\text{m}$ 的范围内的宽度。在一些实施方式中,像素可以在3D空间中的x、y、z和/或任何其他轴是不对称的或对称的。在一些实施方式中,像素在仰角方向上更高,并且在方位角方向上较窄。

[0033] 在一些实施方式中,本文的电触点、机械触点和/或混合触点紧邻一个或多个膜。在一些实施方式中,从电触点102或混合触点105/106至膜101的最大或最小距离大于0 $\mu\text{m}$ 、1 $\mu\text{m}$ 、2 $\mu\text{m}$ 、3 $\mu\text{m}$ 、4 $\mu\text{m}$ 、5 $\mu\text{m}$ 、6 $\mu\text{m}$ 、7 $\mu\text{m}$ 、8 $\mu\text{m}$ 、9 $\mu\text{m}$ 或10 $\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,从电触点或混合触点到膜的最大或最小距离小于200 $\mu\text{m}$ 、180 $\mu\text{m}$ 、160 $\mu\text{m}$ 、140 $\mu\text{m}$ 、120 $\mu\text{m}$ 、100 $\mu\text{m}$ 、90 $\mu\text{m}$ 、80 $\mu\text{m}$ 、70 $\mu\text{m}$ 、60 $\mu\text{m}$ 、50 $\mu\text{m}$ 、40 $\mu\text{m}$ 、30 $\mu\text{m}$ 、20 $\mu\text{m}$ 、10 $\mu\text{m}$ 或甚至更少,包括其中的增量。在一些实施方式中,从电触点或混合触点至膜的最大或最小距离在约10 $\mu\text{m}$ 至约100 $\mu\text{m}$ 或10 $\mu\text{m}$ 至100 $\mu\text{m}$ 的范围内。在一些实施方式中,从电触点或混合触点至膜的最大或最小距离在约5 $\mu\text{m}$ 至约150 $\mu\text{m}$ 或5 $\mu\text{m}$ 至150 $\mu\text{m}$ 的范围内。

[0034] 参考图1A至图1B,在特定实施方式中,MUT和ASIC的集成系统包括经由多个触点102附接或连接到ASIC裸片104的MUT裸片100。在一些实施方式中,本文的ASIC裸片104可以

是其他电路元件,诸如印刷电路板(PCB)。集成系统的横截面(在图1B中的B-B')和布局视图(在图1A中的A-A')分别在图1A和图1B中示出。在该实施方式中,MUT裸片包括换能器阵列,该换能器阵列包括膜101的阵列。这样的膜阵列的布置(例如,每行或每列的膜的数目,相邻膜之间的间隙,等等)可以是可变的,并且图1B示出了阵列的非限制性示例性布置。在该实施方式中,触点是电触点。在一些实施方式中,触点102可以被配置成提供诸如机械触点等的附加触点。在该实施方式中,一个或多个电触点102紧靠(例如,在大约10 $\mu\text{m}$ 至约100 $\mu\text{m}$ 的范围内的最大距离)机械敏感的MUT膜101。在一些实施方式中,一个或多个电触点102被配置成在MUT与ASIC之间形成临界界面。在一些实施方式中,一个或多个电触点102和/或机械触点被配置成用作MUT动力学或性能的重要边界条件。

[0035] 布置触点和/或添加附加触点

[0036] 在一些实施方式中,将附加触点添加到传统触点配置中,例如,如图1A至图1B所示。在一些实施方式中,每个添加的触点可以是电触点、机械触点或混合触点。在一些实施方式中,现有和/或附加触点(例如,机械触点)的位置被设计成增强集成MUT和ASIC系统的热稳定性、结构刚度和/或动态性能。

[0037] 参考图2,在特定实施方式中,将附加触点添加到图1B所示的触点的现有不对称配置中。在该实施方式中,机械触点105被添加到传统电触点102布置中,并且集成MUT和ASIC系统包括对称布局的触点,在x-y平面中,可选地绕在x-y平面内的x轴、y轴或任何其他轴,形成一个对称的混合触点阵列。在一些实施方式中,对称阵列包括相同几何形状的触点的对称布置,但是触点可以是不同的类型,例如,如图2所示。在一些实施方式中,对称阵列包括触点的对称布置。

[0038] 图3示出了与图2的对称混合触点布置相比,图1B的不对称触点布置的表面速度相比频率。在图3中可以看到,图2中的对称触点布置实现比图1B中的不对称触点布置高得多的最大表面速度。在一些实施方式中,MUT的优点是MUT是可配置的,以提供高于其他类型的超声换能器的膜的最大表面速度。在一些实施方式中,膜的最大表面速度与用MUT可实现的最大压力输出直接相关。因此,有利的且非常期望用MUT提供较高的最大表面速度。参考图3,图2中的对称混合触点布置/阵列可以达到比膜的最大表面速度更高的一个量级。在图2所示的相同实施方式中,机械触点可以提供增强诸如膜的表面速度等MUT动力学的附加机械支撑。例如,(一个或多个)机械触点可以向上或向下移动主频率,移动相对于主频率的谐波频率,从而影响装置的感知带宽。作为另一示例,(一个或多个)触点可以增加或减小机械阻尼,从而直接影响换能器用于其主要和谐波模式形状的带宽。

[0039] 在一些实施方式中,最大表面速度是可变的并且可以取决于具体应用。在一些实施方式中,最大表面速度在约0.01米/秒至约100米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约0.1米/秒至约10米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约2毫米/秒至约100米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约5毫米/秒至约80米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约5毫米/秒至约60米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约6毫米/秒至约50米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约6毫米/秒至约40米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约6毫米/秒至约30米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约8毫米/秒至约30米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约8毫米/秒至约20米/秒的范围内。在一

些实施方式中,最大表面速度在约8毫米/秒至约15米/秒的范围内。在一些实施方式中,最大表面速度在约10毫米/秒至约10米/秒的范围内。

[0040] 在一些实施方式中,本文的集成MUT和ASIC系统包括不同于图2所示的对称混合触点阵列。这样的不同的对称混合触点阵列被配置成通过传统的触点阵列改善MUT动力学。在一些实施方式中,对称混合触点阵列是关于MUT裸片100的x-y平面内的x轴、y轴或任何其他轴对称的。在一些实施方式中,本文的对称混合触点阵列包括关于单个MUT膜101的x-y平面内的x轴、y轴或任何其他轴对称地定位的触点。在一些实施方式中,本文的对称性包括:(一个或多个)触点的大小、形状、类型、位置或其组合。例如,关于MUT膜对称地定位的两个不同触点(例如,一个混合,一个电的)可以被认为是这样的两个触点的对称布置。

[0041] 在一些实施方式中,本文的系统和方法包括具有任意数目的膜的MUT阵列。在一些实施方式中,MUT阵列中的膜的总数在1个至15,000个的范围内。在一些实施方式中,MUT阵列中的膜的数目在250个至4,200个的范围内。

[0042] 在一些实施方式中,本文的系统和方法包括具有任意数目的触点或混合触点的MUT阵列。在一些实施方式中,MUT阵列中的触点或混合触点的数目在2个至120,000个的范围内。在一些实施方式中,MUT阵列中的触点或混合触点的数目在250个至8,500个的范围内。

[0043] 设计混合触点

[0044] 在一些实施方式中,混合触点的布置不是本文系统和方法的唯一参数。触点本身可以设计成进一步优化MUT性能。通常,触点材料可以通过集成技术设置,因此是固定的。如前所指出,在触点通常是圆柱形的情况下,触点高度(沿z轴)和直径(x-y平面)可以是用于优化的参数,如图4所示。

[0045] 在一些实施方式中,可以使用第一组规则、第二组规则或其组合来改进或优化MUT性能,用于给定的MUT设计和集成方案。对于每个触点,第一组规则可以包括:一个或多个触点的直径范围、高度范围、横截面范围、纵横比范围、形状,以及一个或多个触点的横截面形状。第二组规则可以为每个触点提供以下一种或多种:一个或多个触点到膜的间隔范围、超声换能器元件内的电触点的最小数目、超声换能器元件内的电触点的最大数目、超声换能器元件内的机械触点的最小数目、超声换能器元件内的机械触点的最大数目、超声换能器元件内的混合触点的最小数目、超声换能器元件内的混合触点的最大数目、与超声换能器元件的最大触点面积、与超声换能器元件的最小触点面积。因此,使用一个或多个这样的规则可以有助于优化MUT性能。例如,可以给出触点形状作为圆柱形,并且可以提供集成方案为经由混合触点。可以手动地、按经验、自动地,或使用机器学习算法来选择第一组规则和/或第二组规则的其他规则,以确定触点的特征,从而优化MUT性能。

[0046] 图5示出了图2中所图示的混合触点配置的MUT膜101的动态性能。在该特定实施方式中,对于相同的触点直径60 $\mu\text{m}$ ,具有三个不同高度中的最高高度(即40 $\mu\text{m}$ )的触点,与6 $\mu\text{m}$ 和16 $\mu\text{m}$ 高的触点相比,具有最佳的性能。如果触点直径调节为50 $\mu\text{m}$ ,则最佳的触点高度为16 $\mu\text{m}$ ,如图6中所图示(左)。对于40 $\mu\text{m}$ 的触点直径,最佳的触点高度为6 $\mu\text{m}$ ,如图6所示(右)。

[0047] 在一些实施方式中,本文的触点可以是除圆柱形之外的形状,以实现优化的MUT性能。三维触点形状的非限制性示例包括以下部分或全部:球形、金字塔形、棒球形、纺锤形、立方体形、长方体形、四面体形、锥体形、六角棱柱形、三角棱柱形和甜甜圈形。沿x-y平

面的触点形状的非限制性实例包括以下部分或全部：圆形、环形、风扇形、椭圆形、三角形、正方形、矩形、梯形、菱形和多边形。

[0048] 在一些实施方式中，本文的触点包括可以可变并针对不同应用定制的高度（沿z轴）。在一些实施方式中，本文的触点包括在约 $0\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 的范围内的的高度（沿z轴）。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $0\mu\text{m}$ 至 $250\mu\text{m}$ 的高度。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $0\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 的高度。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $0\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 的高度。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $1\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 的高度。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $1\mu\text{m}$ 至 $80\mu\text{m}$ 的高度。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $2\mu\text{m}$ 至 $80\mu\text{m}$ 的高度。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $2\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的高度。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $3\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的高度。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $3\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 的高度。

[0049] 在一些实施方式中，本文的触点包括可以可变并针对不同应用定制的直径（在x-y平面）。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $0\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 的直径（在x-y平面）。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $0\mu\text{m}$ 至 $250\mu\text{m}$ 的直径。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $4\mu\text{m}$ 至 $120\mu\text{m}$ 的直径。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $5\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 的直径。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $10\mu\text{m}$ 至 $90\mu\text{m}$ 的直径。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $15\mu\text{m}$ 至 $80\mu\text{m}$ 的直径。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $20\mu\text{m}$ 至 $80\mu\text{m}$ 的直径。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $25\mu\text{m}$ 至 $75\mu\text{m}$ 的直径。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $25\mu\text{m}$ 至 $70\mu\text{m}$ 的直径。在一些实施方式中，本文的触点包括约 $30\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的直径。

[0050] 在一些实施方式中，本文的触点包括可以是可变的并且针对不同应用而定制的纵横比（即高度：直径）。纵横比的非限制性示例包括但不限于：小于6:1、小于5:1、小于4:1、小于3:1或小于2:1。在一些实施方式中，纵横比小于约1:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.9:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.8:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.7:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.6:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.5:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.4:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.3:1。在一些实施方式中，纵横比小于约1.2:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.2:1。在一些实施方式中，纵横比小于约0.8:1。在一些实施方式中，纵横比小于约1.5:1。

[0051] 在一些实施方式中，本文的触点包括在x-y平面中的接触区域。在一些实施方式中，接触区域接触本文中的换能器元件和/或电路。在一些实施方式中，接触区域是垂直于z轴的横截面。在一些实施方式中，接触面积等同于直径范围为 $30\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的圆。

[0052] 在一些实施方式中，接触面积等同于直径范围为 $10\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 的圆。在一些实施方式中，接触面积等同于直径范围为 $20\mu\text{m}$ 至 $80\mu\text{m}$ 的圆。在一些实施方式中，接触面积等同于直径范围为 $30\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 的圆。在一些实施方式中，接触面积等同于直径范围为 $40\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的圆。

[0053] 在一些实施方式中，本文的每个像素包括一个或多个电触点、机械触点和/或混合触点。在一些实施方式中，每个像素包括1个至5个、1个至4个、1个至3个或1个至2个电触点。在一些实施方式中，每个像素包括1个至10个、1个至8个、1个至6个或1个至5个、1个至4个、1个至3个或1个至2个机械触点。在一些实施方式中，每个像素包括1个至10个、1个至8个、1个至6个或1个至5个、1个至4个、1个至3个或1个至2个混合触点。

[0054] 形成混合触点

[0055] 在一些实施方式中,混合触点可以不具有统一的布局形状。而是,在一些实施方式中,混合触点可以具有有助于改进MUT性能的各种形状。作为示例,图7示出了更长(例如,沿x轴)且纤长(例如,沿y轴)的增加的细长触点106。触点106可以是混合触点或机械触点。在该实施方式中,这样的细长触点提供了较大的固定边界条件,从而提高了MUT性能。作为另一示例,MUT阵列100的膜101中的一个或多个可以至少部分地被图8所图示的环形混合触点107包围。在这些实施方式中,环形触点和细长触点是混合的。在一些实施方式中,环形触点和细长触点是电的和/或机械的。

[0056] 尽管在前述描述中提供了某些实施方式和示例,但是本发明的主题超出具体公开的实施方式,延伸至其他替代实施方式和/或用途,以及其修改和等效物。因此,所附权利要求的范围不受以下描述的任何特定实施方式的限制。例如,在本文公开的任何方法或过程中,该方法或过程的动作或操作能够以任何合适的顺序执行,并且不必限于任何特定公开的顺序。能够以有助于理解某些实施方式的方式将各种操作依次描述为多个离散操作;但是,描述的顺序不应解释为意指这些操作是顺序相关的。另外,本文描述的结构、系统和/或装置可以体现为集成组件或独立组件。

[0057] 出于比较各种实施方式的目的,描述了这些实施方式的某些方面和优点。不一定通过任何特定实施方式来实现所有这样的方面或优点。因此,例如,能够以实现或优化本文所教导的一个优点或一组优点的方式执行各种实施方式,而不必实现本文也还教导或建议的其他方面或优点。

[0058] 如本文所用,A和/或B涵盖A或B及其诸如A和B等的组合中的一个或多个。将理解,尽管术语“第一”、“第二”、“第三”等可以在本文中用来描述各种元件、组件、区域和/或部分,这些元件、组件、区域和/或部分不应受到这些术语的限制。这些术语仅用于区分一个元件、组件、区域或部分与另一元件、组件、区域或部分。因此,在不脱离本公开内容的教导的情况下,以下讨论的第一元件、组件、区域或部分可以被称为第二元件、组件、区域或部分。

[0059] 本文中使用的术语仅是出于描述特定实施方式的目的,并且无意于限制本公开内容。如本文所使用的,单数形式“一”、“一个”和“该”也意图包括复数形式,除非上下文另外明确指出。还将理解,术语“包括”和/或“包含”或“含有”和/或“包罗”在本说明书中使用时,指定存在所述特征、区域、整数、步骤、操作、元件和/或组件,但不排除存在或增加一个或多个其他特征、区域、整数、步骤、操作、元件、组件和/或其群组。

[0060] 如在本说明书和权利要求书中使用的,除非另有说明,术语“约”和“大约”或“基本上”是指小于或等于 $\pm 0.1\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 3\%$ 、 $\pm 4\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 6\%$ 、 $\pm 7\%$ 、 $\pm 8\%$ 、 $\pm 9\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 11\%$ 、 $\pm 12\%$ 、 $\pm 14\%$ 、 $\pm 15\%$ 或 $\pm 20\%$ 的变化,包括其中的增量。作为非限制性示例,约100米代表95米至105米(100米的 $\pm 5\%$ )、90米至110米(100米的 $\pm 10\%$ )、或85米到115米(即100米的 $\pm 15\%$ )的范围,具体取决于实施方式。

[0061] 尽管已经在本文中示出和描述了本发明的优选实施方式,但是对于本领域技术人员而言显而易见的是,这些实施方式仅以示例的方式提供。并非旨在通过说明书中提供的特定实施例来限制本发明。尽管已经参考前述说明书描述了本发明,但是本文中的实施方式的描述和图示并不意味着以限制性的意义来解释。在不脱离本发明的情况下,本领域技术人员现在将想到许多变化、改变和替换。此外,应当理解,本发明的所有方面不限于本文所阐述的取决于各种条件和变量的具体描述、配置或相对比例。应该理解,本文所述的本发

明的实施方式的各种可替换方案可以用于实施本发明。因此,预期本发明还将涵盖任何这样的替换、修改、变化或等同方案。旨在通过所附权利要求限定本发明的范围,并且由此涵盖这些权利要求范围内的方法和结构及其等同方案。

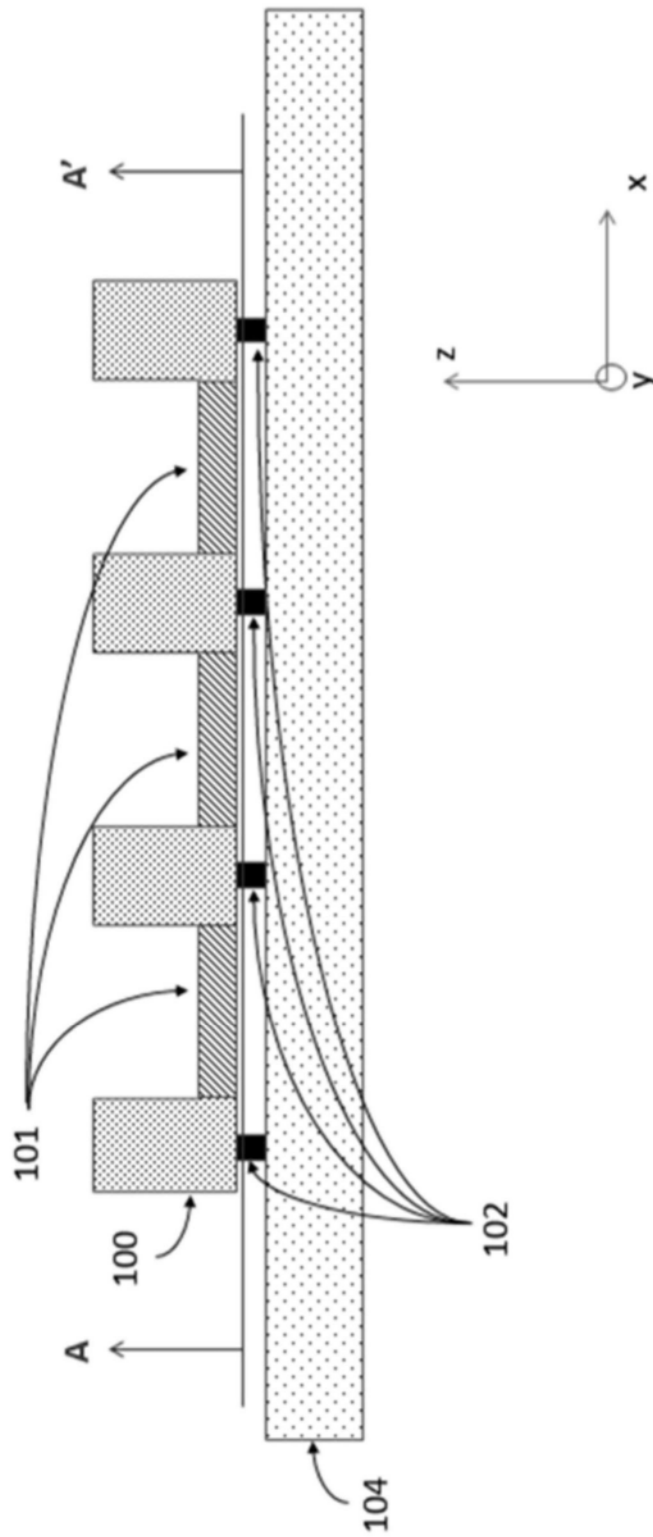


图1A

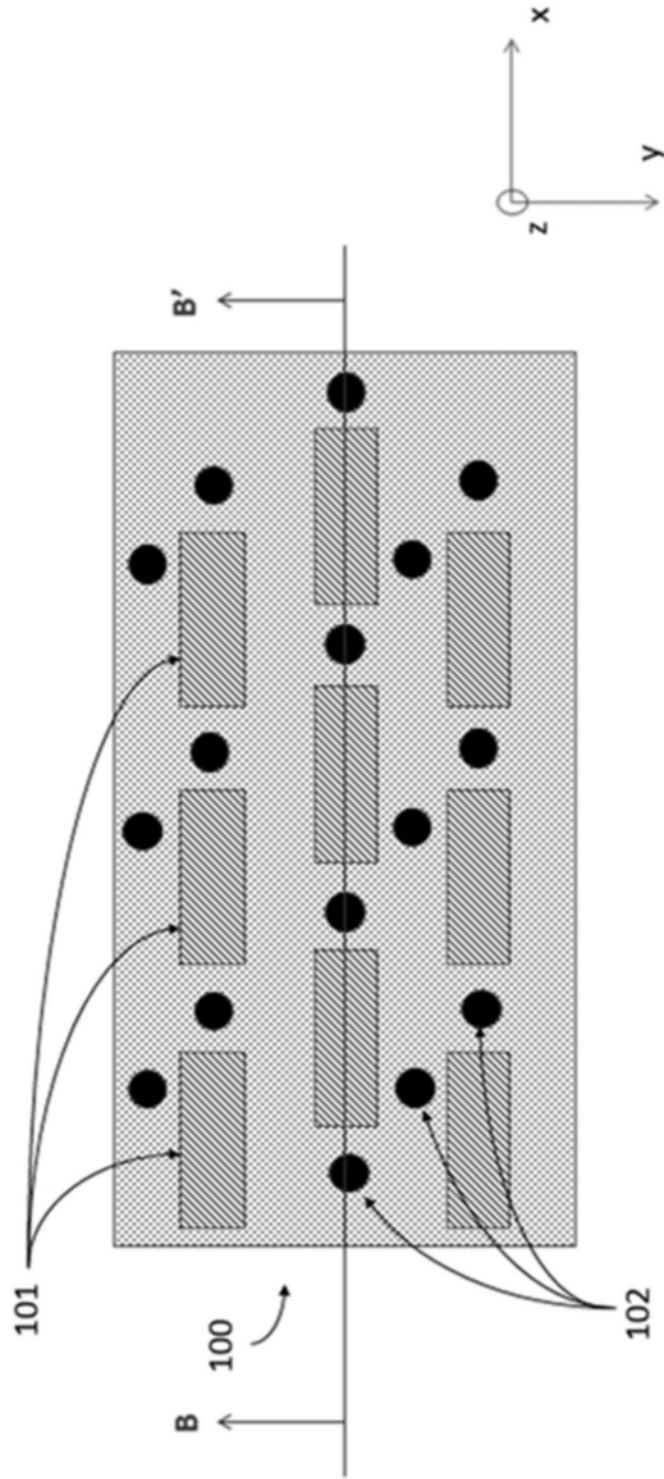


图1B

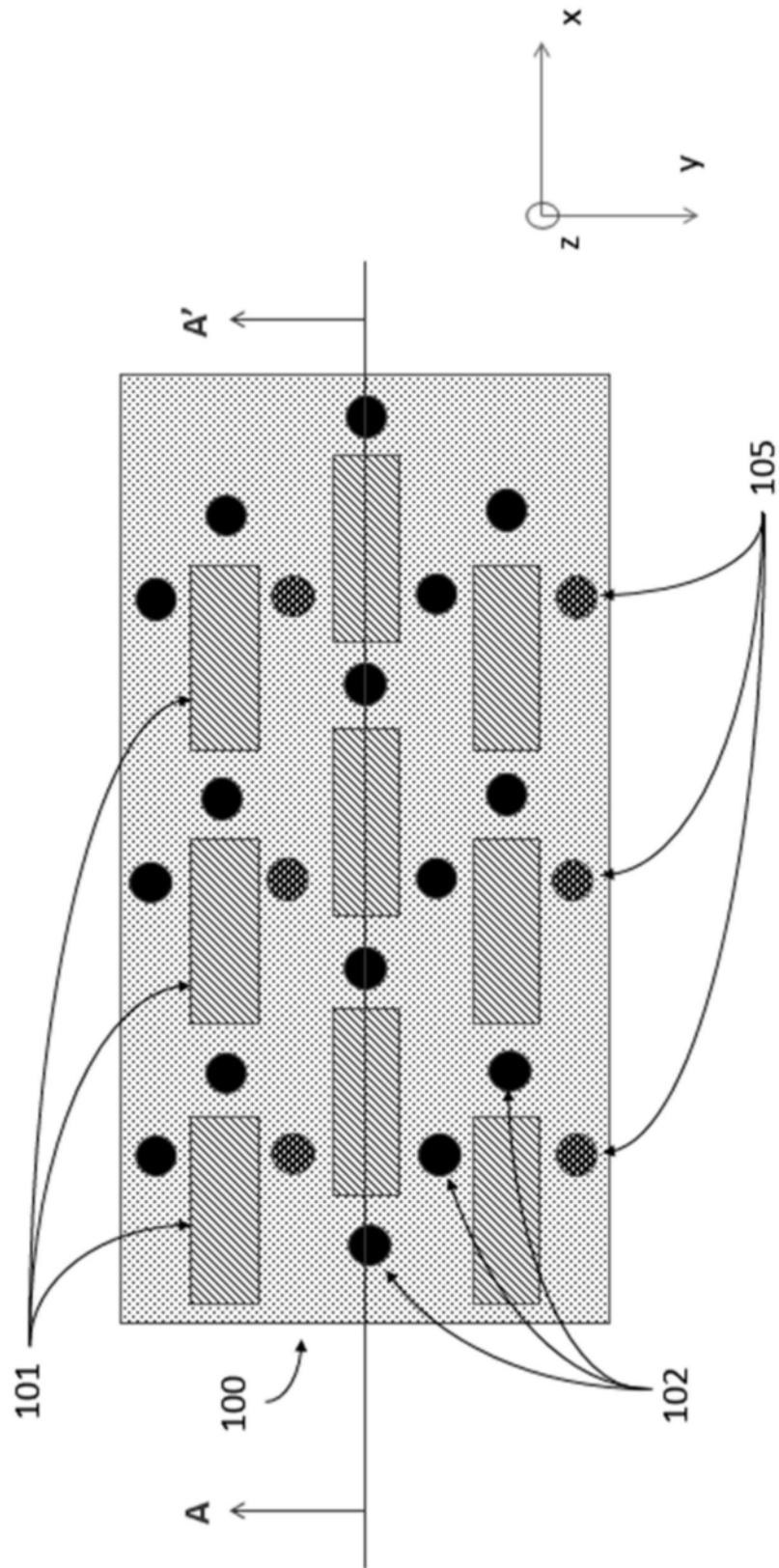


图2

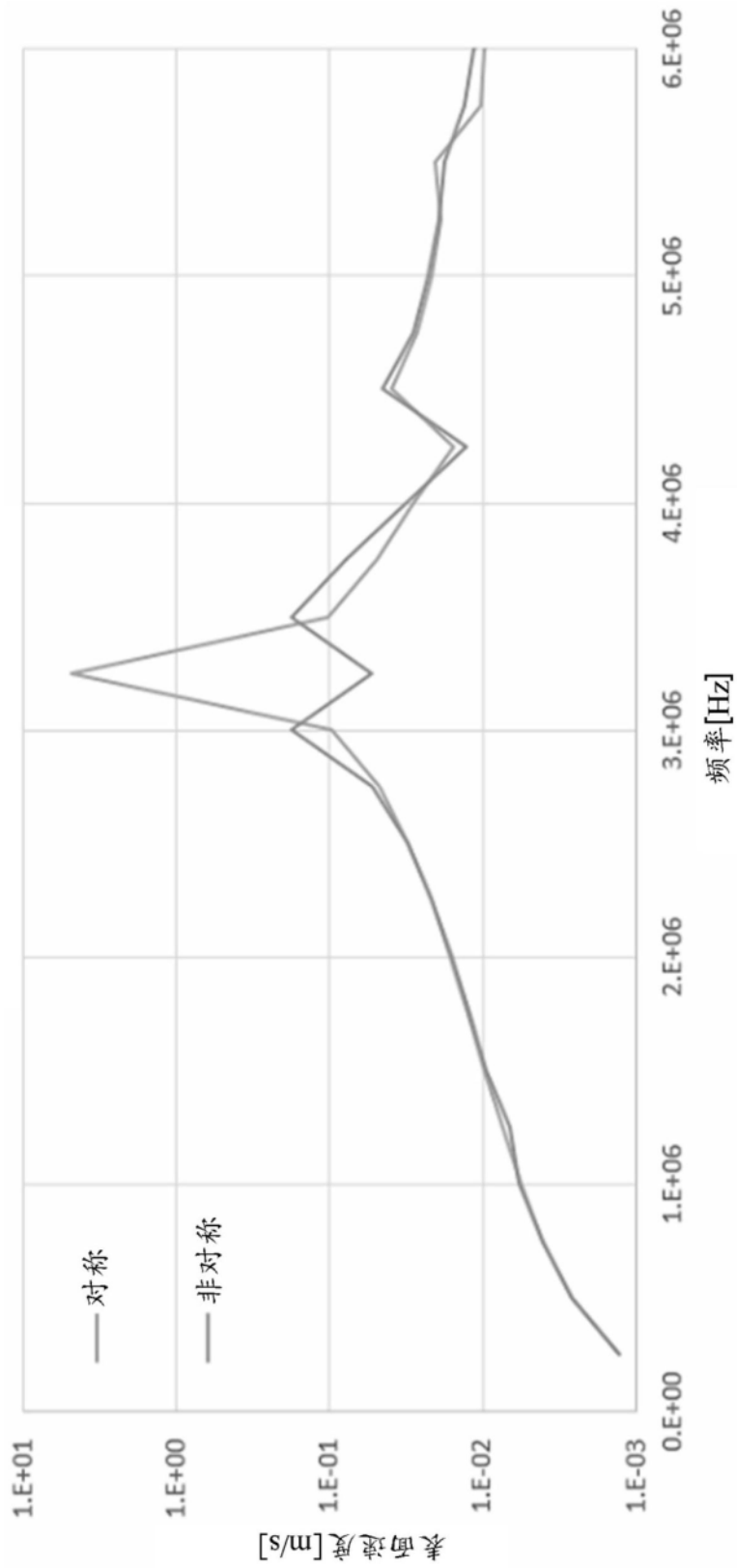


图3

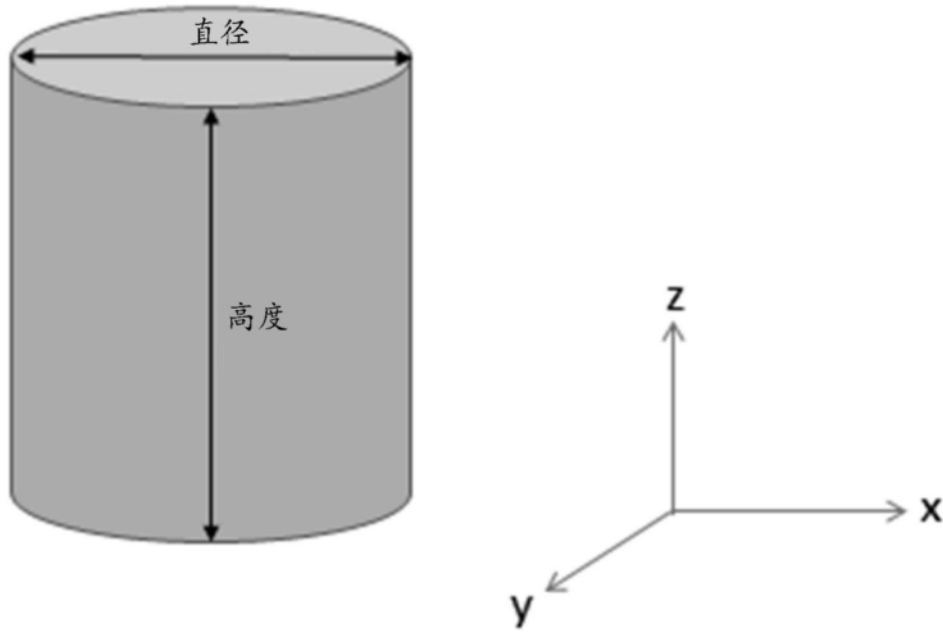


图4

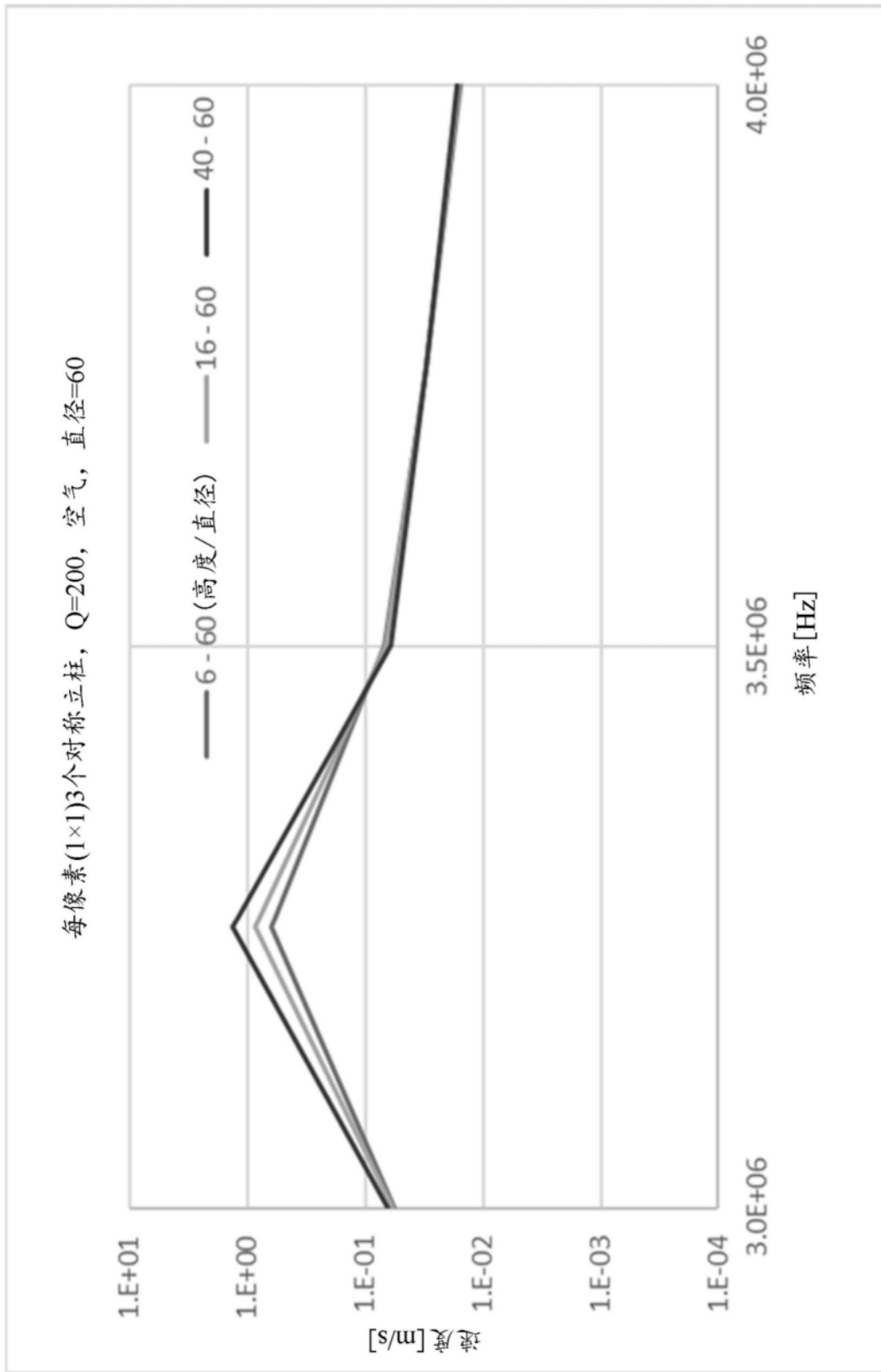


图5

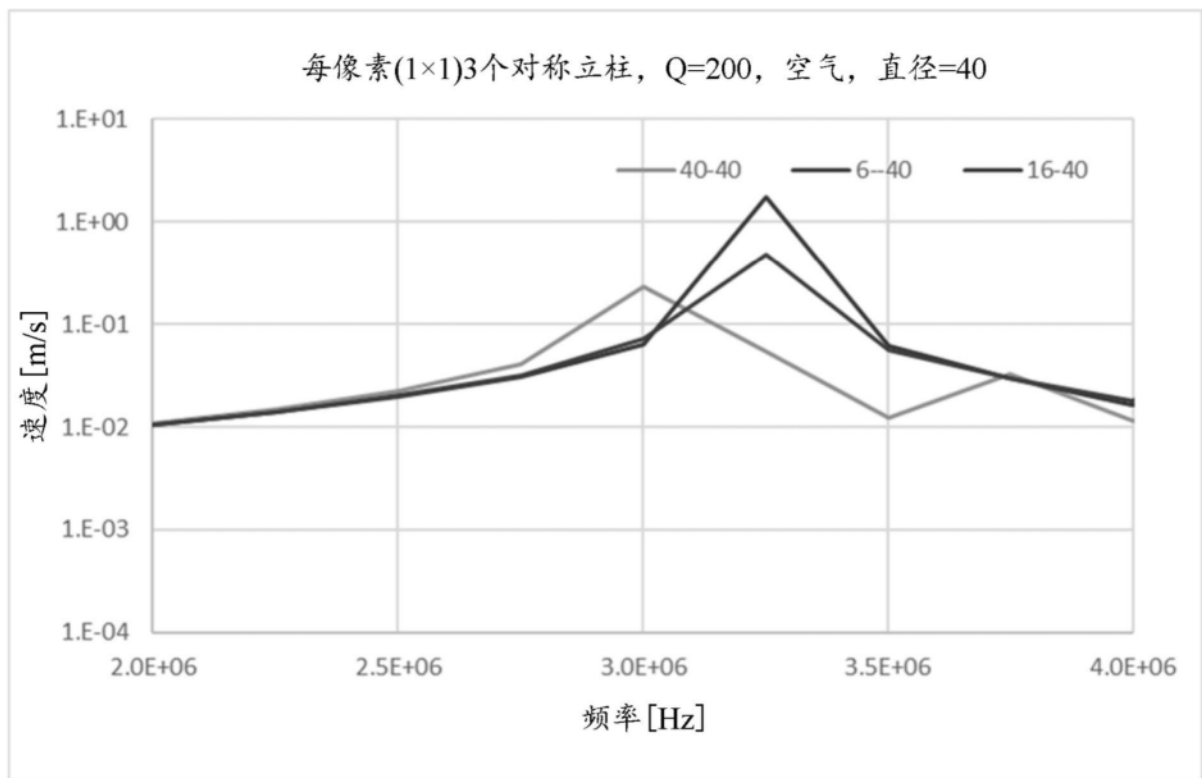
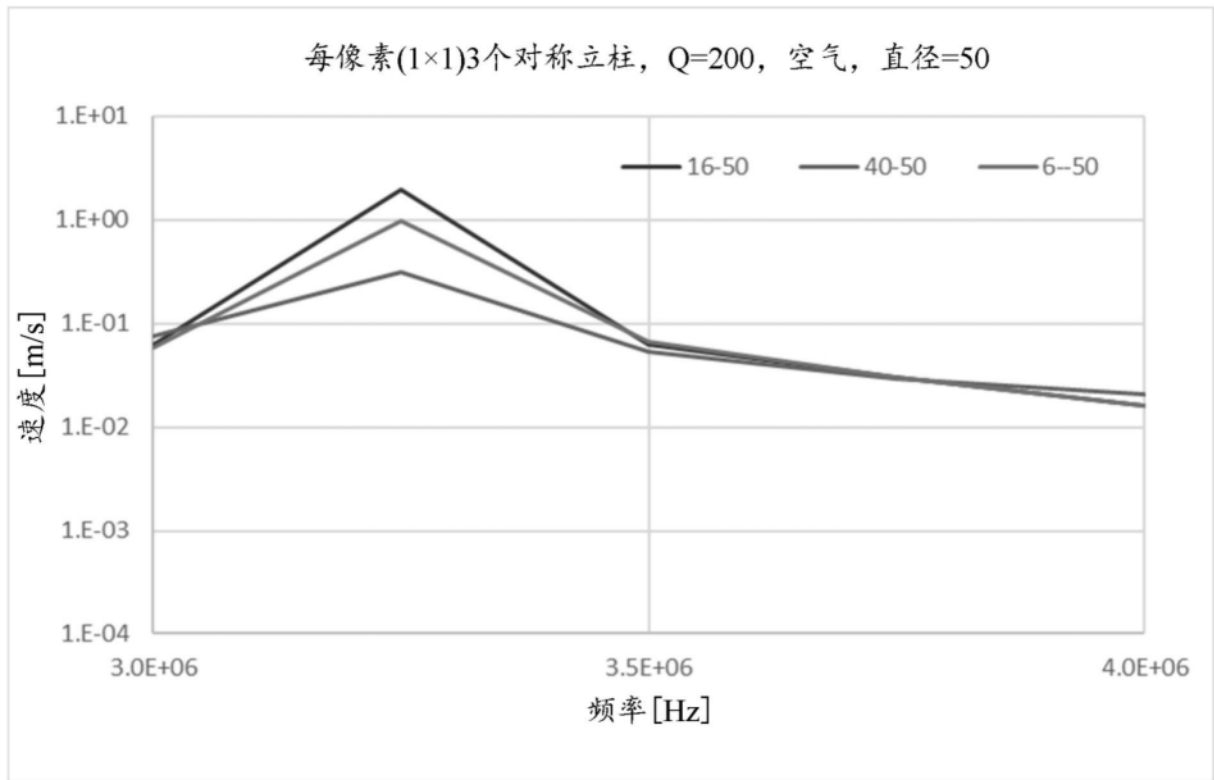


图6

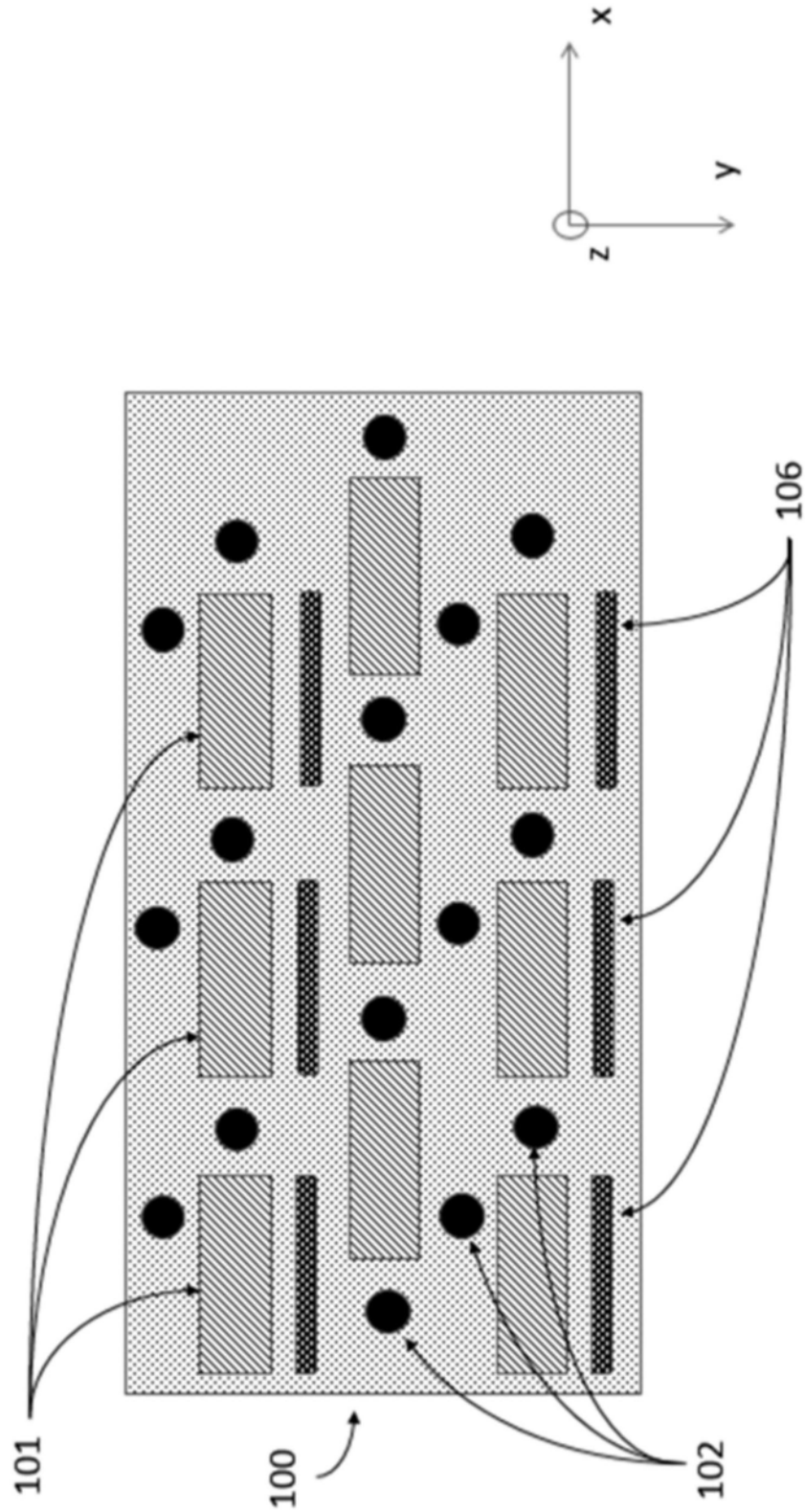


图7

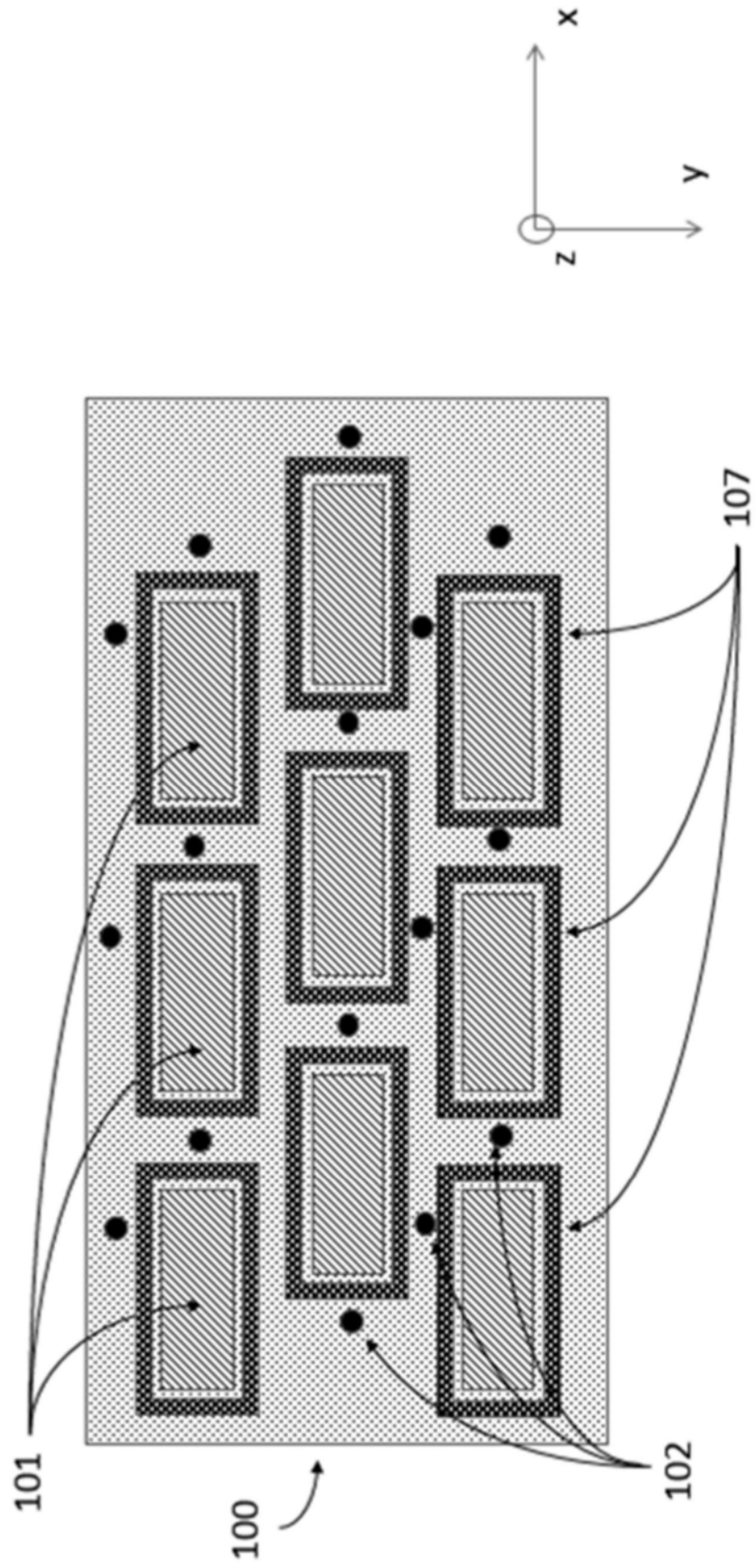


图8