



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103534612 A

(43) 申请公布日 2014. 01. 22

(21) 申请号 201280016682. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 02. 07

G01V 1/18(2006. 01)

(30) 优先权数据

G01P 15/09(2006. 01)

61/462656 2011. 02. 07 US

G01P 15/12(2006. 01)

61/462617 2011. 02. 07 US

G01P 15/18(2013. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 09. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/024173 2012. 02. 07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/109266 EN 2012. 08. 16

(71) 申请人 离子地球物理学公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 K. K. 邓

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 原绍辉 胡斌

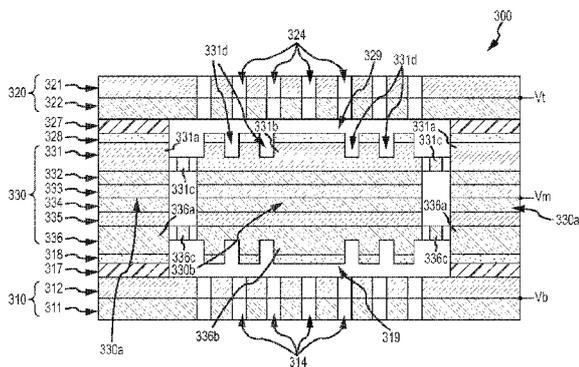
权利要求书3页 说明书11页 附图13页

(54) 发明名称

用于感测水下信号的方法和设备

(57) 摘要

本发明公开了用于形成换能器的方法、设备和系统。换能器可包括由第一薄板材料形成的底板,由第二薄板材料形成的顶板,以及中部。中部包括:由第三薄板材料形成的中上元件,中上元件具有中上框架,中上质量体,和用于将中上质量体附连到中上框架上的多个中上附连构件。中部还可包括由第四薄板材料形成的中央元件,中央元件具有中央框架和中央质量体。



1. 一种形成换能器的方法,包括以下行为:
 - 由第一薄板材料形成底板;
 - 由第二薄板材料形成顶板;
 - 形成中部,包括中上元件和中央元件,
 - 包括以下行为:
 - 由第三薄板材料形成所述中上元件,所述中上元件包括中上框架,中上质量体,和用于将所述中上质量体附连到所述中上框架上的多个中上附连构件;
 - 由第四薄板材料形成所述中央元件,所述中央元件包括中央框架和中央质量体;
 - 将所述中上质量体和所述中央质量体联接在一起以形成组合质量体;以及
 - 将所述中上框架和所述中央框架联接在一起以形成组合框架;
 - 将所述组合框架联接到所述顶板,从而使得第一电容设置于所述组合质量体与所述顶板之间;以及
 - 将所述组合框架联接到所述底板,从而使得第二电容设置于所述组合质量体与所述底板之间。
2. 根据权利要求1所述的方法,其还包括以下行为:
 - 由第五薄板材料形成所述中下元件,所述中下元件包括中下框架,中下质量体,和用于将所述中下质量体附连到所述中下框架上的多个中下附连构件;
 - 结合所述中下质量体、所述中央质量体和所述中上质量体以形成所述组合质量体;以及
 - 结合所述中下框架、所述中央框架和所述中上框架以形成组合框架。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一薄板、第二薄板和第三薄板包括金属材料。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述金属材料包括不锈钢。
5. 根据权利要求1所述的方法,其还包括以下行为:
 - 由所述第一薄板材料形成多个底板;
 - 由所述第二薄板材料形成多个顶板;以及
 - 由所述第三薄板材料形成多个中部。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述中上附连构件在所述组合质量体与所述组合框架之间提供相对移动。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述底板由多个薄板材料形成。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,通过将所述多个薄板材料结合在一起形成所述底板。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述结合包括热结合。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述顶板由多个第二薄板材料形成。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,通过将所述多个第二薄板材料结合在一起形成所述顶板。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述组合框架提供用于所述换能器的壳体的至少部分。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述组合框架的第一表面通过第一电介质层联

接到所述顶板,并且所述组合框架的第二表面通过第二电介质层联接到所述底板。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中,通过向所述框架的所述第一表面和第二表面镀以电介质材料来形成所述第一电介质层和第二电介质层。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其中,所述组合质量体也镀以所述电介质材料。

16. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,第一电介质层和第二电介质层分别形成于所述顶板和底板上。

17. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,通过在所述第一薄板材料上蚀刻多个第一穿孔来形成所述底板,并且通过在所述第二薄板材料上蚀刻多个第二穿孔来形成所述顶板。

18. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述顶板和底板具有大约 1 厘米的直径。

19. 一种换能器,包括:

由第一薄板材料形成的底板;

由第二薄板材料形成的顶板;

中部,所述中部包括:

由第三薄板材料形成的中上元件,所述中上元件包括中上框架,中上质量体,和用于将所述中上质量体附连到所述中上框架上的多个中上附连构件;

由第四薄板材料形成的中央元件,所述中央元件包括中央框架和中央质量体;

其中所述中上质量体和所述中央质量体联接在一起以形成组合质量体,将所述中上框架和所述中央框架联接在一起以形成组合框架;将所述组合框架联接到所述顶板从而使所述第一电容设置于所述组合质量体与所述顶板之间;以及将所述组合框架联接到所述底板从而使第二电容设置于所述组合质量体与所述底板之间。

20. 根据权利要求 19 所述的换能器,其中,所述底板、所述顶板和所述中板一起形成第一加速度计,还包括第二加速度计和第三加速度计,所述第一加速度计、第二加速度计和第三加速度计安装于外壳中并且一起形成矢量传感器。

21. 一种形成换能器的方法,包括以下行为:

由第一薄板材料形成底板;

由第二薄板材料形成顶板;

由第三薄板材料形成中部,所述中部包括:

框架,具有第一表面和第二表面;

质量体,具有第一表面和第二表面;以及

将所述质量体联接到所述框架上的多个附连构件;

将所述框架的第一表面联接到所述顶板从而使所述第一电容设置于所述质量体与所述顶板之间;以及

将所述框架的第二表面联接到所述底板从而使第二电容设置于所述质量体与所述底板之间。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,所述质量体的第一表面基本上平行于所述框架的第一表面;以及,所述质量体的第二表面基本上平行于所述框架的第二表面。

23. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,所述质量体的所述第一表面基本上平行于所述顶板并且所述质量体的第二表面基本上平行于所述底板。

24. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,所述中部由所述多个薄板材料形成。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,其中,由所述多个薄板材料中的至少两个形成附连构件。

26. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,所述框架为周边框架。

27. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,通过在所述第三薄板材料中蚀刻多个孔口而形成所述中部,所述多个孔口限定所述多个附连构件。

28. 根据权利要求 27 所述的方法,其中,所述蚀刻包括光化学加工。

29. 根据权利要求 27 所述的方法,其中,通过所述第三薄板材料上蚀刻多个凹槽而形成所述中部。

30. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,所述多个附连构件包括至少三个蛇形支承臂。

31. 一种方法,包括以下行为:

批量印刷导电底板;

在所述底板周边上批量印刷第一非导电层;

在所述第一非导电层上批量印刷中部,所述中部包括:

联接到所述底板的第一周边上的框架;

质量体;以及

将所述质量体联接到所述框架上的多个附连构件;

在所述框架上批量印刷第二非导电层;以及

在所述第二非导电层上批量印刷导电顶板,

其中第一电容设置于所述导电底板与所述质量体之间,并且第二电容设置于所述导电顶板与所述质量体之间。

32. 根据权利要求 31 所述的方法,其中,所述印刷行为并不包括任何蚀刻。

33. 根据权利要求 31 所述的方法,其中,所述中部包括导电层。

34. 根据权利要求 33 所述的方法,其中,所述中部包括两个导电层和一种非导电中间层。

35. 根据权利要求 33 所述的方法,其中,所述多个附连构件包括 3D 弹簧。

36. 根据权利要求 33 所述的方法,其中,所述批量印刷行为中的至少一个包括印刷一种绝缘通孔。

用于感测水下信号的方法和设备

[0001] 本专利合作条约专利申请要求保护在 2011 年 2 月 7 日提交的名称为“An Underwater Vector Sensor by Using Batch Fabricated Precision Capacitive Accelerometer”的美国临时申请 No. 61/462, 617 的优先权和在 2011 年 2 月 7 日提交的名称为“Underwater Vector Sensor by Using Piezoelectric Flexible Shear Mode Sensor”美国临时申请 No. 61 /462, 656 的优先权, 这些专利申请以其全文引用的方式结合到本文中。

技术领域

[0002] 本公开大体而言涉及换能器, 并且更特定而言涉及用于感测水下信号例如声信号的换能器。

背景技术

[0003] 例如油气等石化产品在社会中普遍存在并且从汽油到儿童玩具随处可见。因此, 对于油气的需求仍然很高。为了满足这种高需求, 重要的是找到地球中的油气储备。科学家和工程师执行“勘测”, 利用地震和其它波勘探技术等来找到地球中的油气储层。这些地震勘探技术常常包括利用地震能源(例如, 炸药、气枪、振动器等)控制地震能量到地球内的发射并且利用一个或多个接收器(其可各包括一个或多个用作传感器的换能器, 例如加速度计、水听器等)监视地球对于地震源的响应。通过在勘测期间观察由接收器所检测的反射地震信号, 可采集与反射的信号有关的地球物理数据并且这些信号可用于形成指示勘测位置附近的地球组成的图像。

[0004] 常规接收器可包括一个或多个换能器, 用作加速度计以测量振动、粒子运动、加速度等。例如, 三维接收器可包括三个正交定向的换能器。每个换能器可例如为微机电(MEMS)电容加速度计。MEMS 电容加速度计制造起来较为复杂并且昂贵, 这归因于所用的硅制造和加工技术, 以及气密地密封 MEMS 部件所需的复杂的封装。而且可需要对 MEMS 部件做出精致的电连接, 这可能较难并且并非总是成功的。另外, 大部分 MEMS 电容加速度计具有相对较小的质量, 这不利于需要相对较高敏感度、低噪音换能器的应用。因此, 需要廉价并且相对容易制造的相对较高敏感度、低噪音的换能器。

附图说明

[0005] 图 1 示出了拖曳地震源和多个地震接收器的船只的侧视图, 地震源和多个地震接收器定位于在船只后方拖曳的拖缆上。

[0006] 图 2 示出了换能器的一实施例的截面图。

[0007] 图 3A 示出了换能器的另一实施例的截面图。

[0008] 图 3B 示出了换能器的另一实施例的截面图。

[0009] 图 3C 示出了换能器的另一实施例的截面图。

[0010] 图 4 示出了换能器的另一实施例的局部分解透视图。

- [0011] 图 5 示出了用于制造换能器的方法的一实施例。
- [0012] 图 6A 至图 6E 示出了在制造换能器的制造过程中的行为。
- [0013] 图 7 示出了用于制造图 6A 至图 6E 所示的换能器的方法。
- [0014] 图 8 示出了封装的地震接收器的一实施例的截面图。
- [0015] 图 9 示出了计算机系统的一实施例,计算机系统能够存储和 / 或处理从一个或多个换能器接收的航行和地震数据,例如以确定主体在至少一个方向分量中的声加速度。

具体实施方式

[0016] 在下文中描述了换能器,其可由普遍易得并且能用于感测水下声信号和其它应用的材料以低成本制成。本文所描述的换能器可包括相对较大的质量,并且具有可相对于重力的两种方位的任一方位。

[0017] 图 1 示出了在船只 1 的后方的拖缆上拖曳源 102 和若干接收器 103 的船只 101 的侧视图。如图所示,接收器 103 可定位于水面略下方。为了易于讨论,图 1 所描绘的实施例示出了源和接收器由同一船只拖曳,但其它组合也是可能的。例如,在其它实施例中,源和 / 或接收器可由单独船只拖曳和 / 或可实施于陆基采集系统中。在另外的实施例中,源和 / 或接收器可为固定的,而另一个在船只后方拖曳。在其它的实施例中,接收器 103 可定位于水中更深处,例如通过使用拖缆转向装置,例如可购自 ION Geophysical Corporation 的 DigiBIRD® 和 DigiFIN® 商标的转向装置。在其它实施例中,也可使用多个源。而且,可使用任何类型的(多个)源或(多个)接收器,包括例如一维、二维或三维源或接收器。

[0018] 在操作期间,源 102 可发射地震能量(例如,利用气枪),其能在地球 104 的各个部分反射并且可由接收器 103 收回(如由图 1 中的传播地震波所示)。如将在下文中进一步展开描述,每个接收器 103 可包括一个或多个换能器(在图 1 中并未具体地示出),用作加速度计以测量反射的地震能量的量值和方向。接收器还可包括其它传感器和 / 或传送装置,例如压力传感器或麦克风。在接收器 103 处接收并处理的信号可提供适用于确定反射信号的位置附近的地球 104 的各个部分的组成的数据,这些部分可包括油和 / 或气储层 105。如果在储层 105 中的油和 / 或气随着时间耗尽,那么在与第一勘测基本上相同位置所进行的随后勘测可指示这种耗尽的各种性质,例如:减小的孔隙压力、油 / 水的迁移和 / 或气 / 水接触、声阻抗降低等。

[0019] 图 2 示出了可在图 1 所示的接收器 103 中用作例如单轴线电容加速度计的换能器 200 的一实施例的截面图(并且在某些实施例中其可与其它换能器 200 组合以形成三轴线加速度计或矢量传感器),但图 2 所示的换能器 200 也可用于其它应用中。换能器 200 包括由第一薄板材料形成的底板 210 和由第二薄板材料形成的顶板 220。如更详细地描述的那样,多个底板 210 可在第一薄板材料上形成为阵列并且多个顶板 220 可在第二薄板材料上形成为阵列。

[0020] 用来形成底板 210 的第一薄板材料在某些实施例中可为金属材料,例如不锈钢、铝、铜等。其也可包括多种类型金属的合金。在其它实施例中,第一薄板材料可为陶瓷材料,其在至少一个表面上被涂布或镀以金属或其它导电层。在某些实施例中,第一薄板材料并非为半导体材料,例如硅。由第一薄板材料形成的底板 210 可为许多不同形状之一,例如大体上圆形、大体上正方形、八边形、不对称的形状等。底板 210 的直径在某些实施例中可

为大约 1cm,但在其它实施例中,其可更小或更大。

[0021] 用来形成顶板 220 的第二薄板材料在某些实施例中可为与第一薄板材料相同类型的材料,但在其它实施例中,其可为不同类型的材料。通常,第二薄板材料可为金属、陶瓷等。由第二薄板材料形成的顶板 220 可为许多不同形状之一,例如大体上圆形、大体上正方形、八边形、不对称形状等。在某些实施例中,顶板 220 可与底板 210 形状相同。顶板的直径在某些实施例中可为大约 1cm,但在其它实施例中,其可更小或更大。

[0022] 第一薄板材料和第二薄板材料中的每一个的厚度可例如在 0.001" 与 0.040" 之间,但在某些实施例中,厚度可大于或小于 0.001" 和 0.040"。

[0023] 换能器 200 还包括例如由第三薄板材料形成的中部 230。第三薄板材料在某些实施例中可为与第一薄板材料和第二薄板材料相同类型的材料,但在其它实施例中,其可为不同类型的材料。一般而言,第三薄板材料可为金属、陶瓷(其可被镀以或涂布金属层)等。

[0024] 中部 230 包括框架 230a、质量体 230b 和多个附连构件 230c,多个附连构件 230c 将质量体 230b 联接到框架 230a 并且可提供在质量体 230b 与框架 230a 之间的相对移动。附连构件 230c 在某些实施例中可充当弹簧。一般而言,中部 230 可包括 2 个、3 个、4 个、6 个、8 个或任何其它数量的附连构件 230c。另外,在某些实施方式中,附连构件 230c 的数量可为奇数,例如 3、5、7 等。在某些实施例中,框架 230a、质量体 230b 和多个附连构件 230c 可由相同薄板材料(例如,第三薄板材料)形成,第三薄板材料若为导电的,可允许框架电联接到质量体。如更详细地描述的那样,多个中部 230 可在第三薄板材料上形成为阵列。

[0025] 中部 230,包括框架 230a、质量体 230b 和附连构件 230c,可个别地和总体上为许多不同形状中的任何形状。例如,中部 230 的框架 230a 的形状可类似于顶板 220 和 / 或底板 210,并且质量体 230b 的形状可类似于但小于顶板 220 和 / 或底板 210。在某些实施例中,顶部薄板 220 和底部薄板 210、框架 230a 和质量体 230b 可全都为大体上圆形。附连构件 230c 在某些实施例中可例如为蛇形支承臂。中部 230 (包括框架 230a、附连构件 230c 和质量体 230b) 的总直径在某些实施例中可为大约 1cm,但在其它实施例中,其可更小或更大。而且,中部 230 的厚度可例如在 0.001" 与 0.080" 之间,但在某些实施例中,厚度可大于或小于 0.001" 和 0.080"。

[0026] 中部 230 的框架 230 联接到顶板 220 和底板 210。例如,框架 230a 可通过第一联接层 227 联接到顶板 220,并且框架 230a 可通过第二联接层 217 联接到底板 210。第一联接层 227 和第二联接层 217 可包括非导电层,例如电介质层。联接层 227、217 可额外地或替代地包括帮助将中部 230 联接到顶板 220 和底板 210 的结合剂或粘合剂。

[0027] 在某些实施例中,框架 230a 的第一表面可联接到顶板 220 使得第一电容 229 设置于质量体 230b 与顶板 220 之间,并且框架 230a 的第二表面可联接到底板 210 使得第二电容 219 设置于质量体 230b 与底板 210 之间。电容 219、229 可由于在质量体 230b 与相应顶板 220 和底板 210 之间的相应电容间隙造成,如果例如,第一联接层 227 和第二联接层 217 在中部 230 与顶板 220 和底板 210 之间设置电介质层。一般而言,第一联接层 227 和第二联接层 217 的厚度可限定电容间隙的高度,其可例如在 2 微米与 50 微米之间,但在某些实施例中,高度可大于或小于 2 和 50 微米。

[0028] 可设置到顶板 220 的第一电连接 V_t ,并且可设置到中部 230 的质量体 230b 的第二电连接 V_m ,并且可设置到底板 210 的第三电连接 V_b 。如果顶板 220、中部 230 和底板 210

中的每一个由导电薄板材料(例如,不锈钢)制成,可通过将连接线钎焊或焊接到相应顶板 220、中部 230 的框架 230a(其可电联接到质量体 230b,如上文所描述的那样)和底板 210 来做出电连接 V_t 、 V_m 和 V_b 。在其它实施例中,连接 V_t 、 V_m 和 V_b 可形成为板 210、220 和 230 本身的延伸部。如果电压电位施加到电连接 V_t 和 V_b 的两端,在电连接 V_m 上测量的电压可与质量体 230b 与顶板 220 和底板 210 之间的距离成比例,因为第一电容 229 和第二电容 219 共用共同节点(即,质量体 230b)。

[0029] 图 2 所示的换能器 200 可测量由于质量体 230b 相对于顶板 220 和底板 210 移动所造成的加速度。例如,当换能器 200 在方向 D 上加速时,质量体 230b 可更靠近底板 210 并且进一步远离顶板 220 移动(与换能器 200 静止时质量体 230b 的位置相比)。质量体 230b 的移动可造成在电连接 V_m 上测量的电压随着质量体 230b 离其静止位置的位移而线性变化,这种电压变化可用于确定换能器 200 的加速度变化率。在电连接 V_m 上测量的电压可提供给用于处理的电路,例如低噪音电压放大器、高通滤波器、低通滤波器等。在某些实施例中,处理可帮助从测量的信号移除 DC 偏移,并且也可以或替代地帮助移除噪音等。而且,处理电路可用于使换能器 200 在给定方向电偏压以适应重力。例如,如果换能器 200 被实施为使得中部质量体 230b 相对于重力偏离底板 210 和顶板 220,那么顶部电容 219 和底部电容 229 可不同,并且电位可施加到电容以抵消这种偏移。

[0030] 中部 230 的框架 230a 可形成用于换能器 200 的壳体的至少一部分。顶板 220 和底板 210 在某些实施例中也可形成用于换能器 200 的壳体的一部分。因为框架 230a 形成用于换能器的壳体的至少一部分,并且因为可通过将连接线钎焊到顶板 220、中部 230 的框架 230a 和底板 210 来做出电连接 V_t 、 V_m 和 V_b ,在换能器安装或者用于特定应用之前,换能器 200 可不需要额外封装(例如,真空封装、气密封装、电连接封装等)。换言之,顶板 220、中部 230 和底板 210 可一体地包括用于换能器 200 的结构和电气封装。因此,与需要单独结构和 / 或电气封装的常规换能器相比,可降低制造成本。

[0031] 图 3A 示出了换能器 300 的第二实施例的截面图,其在某些实施例中可类似于图 2 所示的换能器 200。图 3 所示的换能器 300 包括底板 310、顶板 320 和中部 330。

[0032] 顶板 320 可由一种或多种薄板材料形成并且底板 310 也可由一种或多种薄板材料形成。如在下文中更详细地描述,多个顶板 320 可一起形成为阵列,并且多个底板 310 可一起形成为阵列。如图 3A 所示,顶板 320 可由两个薄板材料 321、322 形成,并且底板 310 也由两个薄板材料 311、312 形成。如在下文中更详细地描述,形成顶板 320 的两个薄板 321、322 可通过例如热扩散结合等过程而联接在一起,并且形成底板 310 的两个薄板 311、312 在某些实施例中可类似地联接。当然,顶板 320 和底板 310 可由少于两个薄板(例如,单个薄板)形成或者可由多于两个薄板形成,取决于实际实施方式。

[0033] 顶板 320 也可具有在用来形成它的一个或多个薄板材料 321、322 中形成的一个或多个穿孔 324。同样,底板 310 可在用来形成它的一个或多个薄板材料 311、312 中具有一个或多个穿孔 314。当质量体 330b(在下文更详细地描述)相对于顶板 320 和底板 310 移动时,穿孔 314、324 可减小空气阻尼。穿孔 314、324 可帮助减小空气阻尼,因为当质量体 330b 相对于顶板 320 和底板 310 移动时它们提供使空气通过的通路。穿孔 314、324 也可由于静电边缘效应而增强换能器 300 的电容敏感度。由边缘效应所引入的额外电容可为 5% 至 20%,视具体设计而定。但是,在某些实施例中,顶板和 / 或底板可不具有任何穿孔。

[0034] 中部 330 可由一个或多个薄板材料形成。例如,如图 3A 所示,中部 330 包括由薄板材料形成的中上元件 331、各由薄板材料形成的多个中央元件 332、333、334、335 和由薄板材料形成的中下元件 336。

[0035] 中上元件 331 包括框架 331a、质量体 331b 和多个附连构件 331c,附连构件 331c 将质量体 331b 联接到框架 331a 并且其提供在质量体 331b 与框架 331a 之间的相对移动。一般而言,中上元件 331 可包括多个附连构件 331c。框架 331a、质量体 331b 和多个附连构件 331c 可由相同的薄板材料(多个薄板)形成,其可为导电的并且由此经由附连构件 331c 将框架 331a 联接到质量体 331b。在某些但并非全部实施例中,中上元件 331 也可包括凹槽 331d,凹槽 331d 可通过蚀刻(例如,化学光刻蚀刻)而形成。凹槽 331d 可帮助减小空气阻尼,因为当质量体 330b 相对于顶板 320 和底板 310 移动时它们可提供用于使空气通过的通路。作为凹槽 331d 的替代或补充,中上元件 331 的框架 331a 可包括侧通风开口(未图示),当质量体 330b 相对于顶板 320 和底板 310 移动时空气能通过侧通风开口。

[0036] 中下元件 336 包括框架 336a、质量体 336b 和多个附连构件 336c,附连构件 336c 将质量体 336b 联接到框架 336a 并且可提供在质量体 336b 与框架 336a 之间的相对移动。一般而言,中下元件 336 可包括多个附连构件 336c。应意识到虽然附连构件 336c 和 / 或 331c 在图 3A 的截面图中示出为成对实施,即,在每一侧两个,不存在配对的其它实施例也是可能的。例如,在某些实施例中,中上元件 331 可包括单个附连构件 331c,而中下元件 336 可包括一对附连构件 336c,或反之亦然。框架 336a、质量体 336b 和多个附连构件 336c 可由相同薄板(或多个薄板)材料形成,其可为导电的并且由此经由附连构件 336c 将框架 336a 联接到质量体 336b。在某些实施例中但并非在所有实施例中,中下元件 336 也可包括凹槽。凹槽可帮助减小空气阻尼,因为在质量体 330b 相对于顶板 320 和底板 310 移动时,它们可提供用于使空气通过的通路。作为凹槽的替代或补充,中下元件 336 的框架 336a 可提供侧通风开口(未图示),当质量体 330b 相对于顶板 320 和底板 310 移动时,空气可通过侧通风开口。

[0037] 中央元件 332、333、334、335 中的每一个包括框架和质量体。图 3A 所示的中央元件 332、333、334、335 并不包括将质量体联接到框架的附连构件。但是,在其它实施例中,中央元件 332、333、334、335 中的一个或多个可各包括一个或多个附连构件(未图示)。中央元件 332、333、334、335 中每一个的框架和质量体可由相同的薄板材料(或多个薄板)形成,其在某些实施例中可为导电的。应认识到中央元件 332、333、334、335 中的每一个可使用不同类型的材料制成,其可允许质量体 330b 具有不同的动态特征。

[0038] 中上元件的框架 331a、中央元件中每一个的框架和中下元件的框架 336a 可全都联接在一起(如在下文中更详细地描述),并且可一起形成中部 330 的框架 330a。同样,中上元件的质量体 331b、中央元件中每一个的质量体和质量体 336b 可联接在一起(如在下文中更详细地描述)并且可一起形成中部 330 的质量体 330b。

[0039] 中部 330 的框架 330a 联接到顶板 320 和底板 310。如图 3 所示,框架 330a 通过电介质层 328 和结合层 327 联接到顶板 320。电介质层 328 可为非导电和 / 或绝缘材料(例如,聚对二甲苯),并且结合层 327 可包括例如粘合剂或结合剂。而且,如图 3A 所示,电介质层 328 可覆盖中上元件 331 的质量体 331b 的至少部分,例如并非凹槽 331d 的部分。在其它实施例中,电介质层 328 也可覆盖凹槽 331d 和 / 或附连构件 331c。电介质层 328 可用于

防止中上元件 331 的质量体 331b 触碰顶板 320 并且由此防止在它们之间的导电路径。电介质层 328 也可用于使顶板 320 脱离中部的框架 320a 使得在它们之间并不存在导电路径并且以便在顶板 320 与质量体 330b 之间形成电容 329。一般而言,电介质层 328 和结合层 327 的厚度可决定在顶板 320 与质量体 330b 之间的电容 329 间隙的厚度。

[0040] 中部 330 的框架 330a 也通过电介质层 318 和结合层 317 而联接到底板 310。电介质层 318 可为非导电和 / 或绝缘材料(例如聚对二甲苯)并且结合层 317 可包括例如粘合剂或结合剂。而且,如图 3A 所示,电介质层 318 可覆盖中下元件 331 的质量体 336b 的至少部分,例如并非凹槽的部分。在其它实施例中,电介质层 318 也可覆盖凹槽和 / 或附连构件 336c。电介质层 318 可用于防止中下元件 336 的质量体 336b 触碰顶板 320 并且因此在它们之间提供导电路径。电介质层 318 也可用于使底板 310 脱离中部的框架 330a 使得它们之间不存在导电路径并且以便在底板 310 与质量体 330b 之间形成电容 319。一般而言,电介质层 318 和结合层 317 的厚度可决定在底板 310 与质量体 330b 之间的电容 319 间隙的厚度。应认识到尽管图示的实施例示出电容 319、329 在电容间隙和 / 或结合层 317、327 的厚度方面基本上对称,电容 319、329 不对称的其它实施例也是可能的。

[0041] 图 3B 示出了换能器 300 的第三实施例的截面图,其可类似于图 3A 所示的换能器 300,除了图 3B 所示的换能器 300 具有分别直接联接到顶板 320 和底板 310 而不是中上元件 331 和中下元件 336 的电介质层 328、318。如图 3B 所示,电介质层 328、318 可覆盖顶板 320 和底板 310 的表面以便防止质量体 331b、336b 触碰相应顶板 320 和底板 310 并且也使框架 330a 脱离顶板 320 和底板 310。

[0042] 图 3C 示出了换能器 300 的第三实施例的截面图,其也可类似于图 3A 所示的换能器 300,除了图 3C 所示的换能器 300 包括定位于中央元件 333、334 二者之间的电介质层 338。以此方式,两个电容 329、319 可彼此脱离。因此,可向中部 330 做出两个电连接 V_{m1} 和 V_{m2} 以便能测量来自换能器 300 的电信号。

[0043] 图 4 示出了换能器 400 的第四实施例的分解透视图,其可类似于图 3A 所示的换能器 300。图 4 所示的换能器 400 可包括由两个薄板 421、422 形成的顶板 420、由两个薄板 411、412 形成的底板 410、由中上元件 431 形成的中部 430、中央元件 432 和中下元件 436。也在图 4A 和图 4B 中示出的中部 430 也可包括电介质层 428、418。顶板 420 可通过结合层 427 联接到中部 430 并且底板 410 可通过另一结合层 417 联接到中部 430。

[0044] 如图 4 所示,顶板 420 和底板 410 大体上为圆形,并且各包括多个穿孔 424、414。顶板 420 和底板 410 也可包括多个孔口 426、416,紧固件可穿过多个孔口 426、416 放置以便将换能器 400 固定到外壳或安装结构上。而且,如图 4 所示,中部 430 大体上为圆形并且限定多个开口,开口可接纳穿过顶板和底板的孔口 426、416 放置的紧固件。中部 430 的质量体也可大体上为圆形,并且中部 430 的八个附连构件为弯曲的并且大体上为蛇形。

[0045] 尽管图 2 至图 4B 示出了换能器的几个实施例 200、300、400,在本公开的精神内,许多其它实施例也是可能的。例如,尽管图 3A 和图 3B 示出换能器 300 具有中上元件 331 和中下元件 336,在某些实施例中换能器可包括中上元件但不包括中下元件,或者可包括中下元件但不包括中上元件。而且,换能器可不包括,包括一个或多个中央元件(图 3A 至图 3C 各示出换能器具有四个中央元件 332、333、334、335,而图 4 示出了具有单个中央元件 432 的换能器 400)。而且,如上文所提到的那样,中上元件、中央元件和 / 或中下元件中的任一个

或多个可包括一个或多个附连构件,即使图 3 和图 4B 仅示出了中上元件和中下元件具有附连构件。

[0046] 一般而言,中部的数量、厚度、大小和组成可取决于换能器所用于的特定应用。例如,如果需要质量体很大,更多的中央元件可包括于中部以增加质量体的重量。而且,较重类型的材料可用于中央元件(以便增加质量体的重量),而更轻,更柔类型的材料可用于中上元件和 / 或中下元件(以便提供更有弹性的附连构件)。另外,上电容和下电容可不对称地加权从而使得在上下方向中相同的移动可导致不同的电容测量。除了不同大小的质量体之外,附连构件的形状、厚度、宽度等可根据具体应用而改变。例如,质量体的大小和附连构件的设计可根据目标频率或频率范围而不同。

[0047] 图 5 示出了可用于制造换能器,例如上文所描述的换能器 100、200、300、400 的操作 500。一般而言,可执行操作 500 以制造单个换能器,但操作 500 也可用于批量生产制造过程,其中,例如可由单个薄板或多个薄板材料的单个堆叠(如将在下文中详细描述)来形成多个底板,可由单个薄板或多个薄板材料的单个堆叠(如将在下文中详细描述)来形成多个顶板,和 / 或可由单个薄板或多个薄板材料的单个堆叠(如将在下文中详细描述)来形成多个中部。这样的批量生产过程可允许同时制造大量换能器,从而进一步降低了制造成本。例如,单个薄板或多个薄板材料的单个堆叠可为大约 11 英寸宽 × 17 英寸长,可用于同时形成数百个顶板 / 底板 / 中部。当然,单个薄板或多个薄板材料的单个堆叠可更小或更大并且为任何形状,其所形成的顶板 / 底板 / 中部的数量可取决于顶板 / 底板 / 中部的大小。应意识到在某些实施方式中操作 500 中的两个或更多个可基本上同时执行。

[0048] 始于操作 505,形成底板(或者如上文所描述,可在批量生产过程中一起形成多个底板)。如上文所描述的那样,底板可由一个或多个薄板材料形成。在其由多个薄板材料形成的那些情况下,多个薄板材料可联接在一起,例如通过结合或者粘合过程。例如,多个薄板材料可堆叠和对准并且在高温压力下放置以便在多个薄板材料之间形成热扩散结合。如上文所描述的那样,一个或多个薄板材料可为金属和 / 或陶瓷等。在例如用于形成底板的薄板材料之一为陶瓷的某些情况下,导电层可沉积在陶瓷上以便形成电容板。在操作 510 中,可蚀刻或以其它方式修改底板。例如,穿孔(例如,在图 3A 中在上文所示的穿孔 314)可形成于底板中。可通过光化学加工、激光切割 / 钻孔、水射流切割、微加工等来蚀刻出穿孔。或者,用于形成底板的薄板材料可被“预成型”,例如薄板材料可如下文结合图 6 和图 7 所描述那样被批量印刷(volume print)。

[0049] 在操作 515 中,形成顶板(或者如上文所描述的那样,可在批量生产过程中一起形成多个顶板)。如上文所描述的那样,顶板可由一个或多个薄板材料形成。在其由多个薄板材料形成的那些情况下,多个薄板才可联接在一起,例如通过结合或粘合过程。例如,多个薄板材料可堆叠并且对准并且在高温压力下放置以便在多个薄板材料之间形成热扩散结合。如上文所描述的那样,一个或多个薄板材料可为金属和 / 或陶瓷等。在例如用于形成顶板的薄板材料之一为陶瓷的某些情况下,导电层可沉积在陶瓷上以便形成电容板。在操作 520 中,可蚀刻或另外修改顶板。例如,穿孔(例如,在图 3A 中在上文所示的穿孔 324)可形成于顶板中。可通过光化学加工、激光切割 / 钻孔、水射流切割、微加工等来蚀刻出穿孔。或者,用于形成顶板的薄板材料可被“预成型”,例如薄板材料可如下文结合图 6 和图 7 所描述那样被批量印刷。

[0050] 在操作 525 和 530,可例如通过蚀刻中部元件来形成中部。通过蚀刻而做出的孔口可限定附连构件、质量体和 / 或框架。为了形成例如图 3A 所示的换能器 300,例如,可蚀刻中上元件和中下元件以限定其相应附连构件、质量体和框架,并且然后可蚀刻一个或多个中央元件以限定其相应质量体和框架。在某些实施例中,可在中上元件和 / 或中下元件内蚀刻凹槽(例如,如在上文中在图 3A 中所描述的凹槽 331d)。在某些实施例中,蚀刻可留有舌片,舌片将质量体连接到用于中央元件和 / 或中上元件和中下元件的框架。舌片可在初始制造阶段保持质量体联接到相应框架并且可在随后例如通过非接触切割技术诸如激光切割、水射流切割等断开连接。在某些实施例中,舌片可相对较窄以允许随后相对快速地断开连接。继续参考图 3A 和图 5,可在操作 530 中通过将中部元件联接在一起而形成换能器 300 的中部。例如,中上元件、(多个)中央部分和 / 或中下元件可堆叠和对准并且在高温高压下放置以便在这些元件之间形成热扩散结合。

[0051] 在操作 535 中,电介质涂层可施加到顶板、底板和中部中的一个或多个上。例如,参考图 3A,例如聚对二甲苯的电介质涂层可施加到中部,而参考图 3B,电介质涂层可施加到顶板和底板。一般而言,可以以许多不同方式,例如通过化学气相沉积、全向沉积、沉积浴、阳极氧化工艺(对于特定类型的材料而言)等来施加电介质层。还应当指出的是在操作 535 中施加的电介质涂层可替代地在操作 500 中更早或更晚地施加。例如,可在蚀刻凹槽(例如 331d)之前和 / 或形成中部或顶板或底板之前施加电介质涂层。

[0052] 在操作 540 中,中部可联接到顶板和底板。例如,粘合剂层可定位于中部与顶板和底板中的每一个之间。顶板、第一粘合剂层、中部、第二粘合剂层和底板可堆叠并对准并且在高温高压下放置以将中部元件联接到顶板和底板。

[0053] 为了批量生产,在操作 550 中,可例如通过激光切割、水射流切割等从更大的换能器阵列切割出个别换能器。

[0054] 现参考图 6A 至图 6E 和图 7,将描述制造类似于上文所描述的换能器 100、200、300、400 的换能器 600 的另一方法。一般而言,图 6A 至图 6E 示出了可批量印刷的多个层,而图 7 示出了可用于批量印刷过程的操作 700。如本文所用的批量印刷指 3D 印刷,其中,导电和非导电材料可以逐层制造方法来沉积。在批量印刷期间,填料材料可用于填充在成品中将为空隙的区域。在操作 700 中每一个期间或者在操作 700 中每一个之间,可需要对一种或多种批量印刷材料进行处理,例如焚烧或固化。

[0055] 参考图 6A,在操作 705 中,可对底部导电板 610 进行批量印刷。参考图 6B,在操作 710 中,第一非导电层 617 可围绕导电底板 610 的周边进行批量印刷。参考图 6C,中部 630 可批量印刷于第一非导电层 617,包括框架 630a、质量体 630b 和多个附件构件 630c 的中部 630 上。参考图 6D,第二非导电层 627 围绕中部 630 的周边进行批量印刷。参考图 6E,导电顶板 620 可在第二非导电层 627 上进行批量印刷。层 610、617、630、627、620 中的每一个在某些实施例中包括多个更薄的层。例如,每个层可包括几个到数百更薄的层,其中在某些实施例中每个更薄的层例如在 $5\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 之间,但在某些实施例中更薄的层当然可比 $5\mu\text{m}$ 和 $500\mu\text{m}$ 更薄或更厚。而且,更薄层中的每一个和 / 或层 610、617、630、627、620 中的每一个可包括结合材料以帮助将层 610、617、630、627、620 的表面联接在一起。

[0056] 由于批量印刷涉及逐层印刷或沉积材料,在其它制造方法中较难的多种特征可被批量印刷。例如,附连构件可被制成为 3D 弹簧状结构(而不是 2D 蛇形结构),其可允许形成

更有弹性或者在其它方面不同的附连构件。而且,导电通孔可穿过一个或多个层批量印刷以允许特定电连接(例如,电连接可直接在质量体上做出而不是通过中部的框架间接地做出)。而且,由于批量印刷仅在需要的位置对材料进行批量印刷(在成品中将为空隙的区域中并不印刷结构材料,替代地,填料材料可“印刷”或者可在印刷之前设置),可不需要蚀刻或其它后来的修改。

[0057] 尽管图 6A 至图 7 示出了通过批量印刷来制造换能器或换能器阵列的方法,可通过批量印刷来制造许多不同类型的换能器。仅作为几个示例,可在中部(参看图 3C)内印刷额外电介质层,和 / 或凹槽可形成于中部的顶部或底部。许多其它特征可或不包括于批量印刷的换能器中。

[0058] 图 8 示出了封装的地震接收器 800 的一实施例,其包括多个换能器 802、804、806,这些换能器可一起用作三轴线加速度计。换能器 802、804、806 可类似于在先前关于之前实施例所描述的那些。如图所示,换能器 802、804、806 中的每一个可安装到封闭的外壳 808 上,封闭的外壳 808 包含全部换能器 802、804、806。此外,接收器 800 还可包括诸如下列的部件:水听器 810 或者被配置成测量声压的其它感测装置,以及电子调节器 812,诸如电压测量装置或者放大器,其联接到换能器 802、804、806。在某些实施例中,外壳 808 可完全或部分地由泡沫材料 814 或不向接收器 800 添加显著重量的其它低密度材料覆盖。在一实施例中,泡沫材料 814 可为复合泡沫塑料。

[0059] 如图所示,换能器 802、804、806 可各被配置成感测在不同方向 803、805、807 上施加的声粒子加速度。例如,换能器 802、804、806 可定向成使得它们基本上彼此正交。在一实施例中,换能器 802、804、806 可基本上彼此正交,使得换能器 802、804、806 可感测在 X 方向 803、Y 方向 805 和 Z 方向 807 上的声粒子加速度,如图 8 所示。在其它实施例中,换能器 802、804、806 可相对于彼此以其它角度定向。

[0060] 在某些实施方式中,接收器 800 可在外壳内包括相对大量的空隙空间以影响浮力。例如,在一特定实施例中,接收器 800 的等效密度可小于或等于水密度的大约五(5)倍使得接收器 900 能遵循声粒子速度。接收器 800 的浮力还可由包围外壳 808 的泡沫 814 进一步增加。此外,如图所示,接收器 800 可具有小于或等于声波的上限频率波长 L_2 的大约一半的长度 L_1 。

[0061] 在操作期间,接收器 800 可由在水中移动的声波移位,使得接收器 800 遵循声波的移动。换能器 802、804、806 各可被配置成在接收器 800 在水中在一个方向分量 803、805 或 807 (例如, X、Y 或 Z) 上移动时感测接收器 800 的声加速度量(即,速度)。其它实施例可包括更多或更少的换能器 802、804、806 使得接收器 800 能感测在更多或更少方向上的声加速度。

[0062] 图 9 示出了能够处理来自一个或多个换能器或接收器的数据以确定例如主体在至少一个方向分量上的声加速度的计算机系统 935 的实施例。(多个)换能器可类似于上文所描述和上文所示的实施例中的任何实施例。在某些实施例中,计算机系统 935 可为在船只 101 (在图 1 中示出)上的个人计算机和 / 或手持电子装置。在其它实施例中,计算机系统 935 可为企业级计算机的实施方式,例如在陆基计算机系统中在企业内的一个或多个刀片式服务器。键盘 940 和鼠标 941 可经由系统总线 948 联接到计算机系统 935。键盘 940 和鼠标 941,在一示例中,可将使用者输入引入到计算机系统 935 并且将使用者输入传送到

处理器 943。可使用其它合适输入装置,作为鼠标 941 和键盘 940 的补充或替代。联接到系统总线 948 的输入 / 输出单元 949 (I/O)表示这样的 I/O 元件为打印机,音频 / 视频(A/V) I/O 等。

[0063] 计算机 935 还可包括视频存储器 944、主存储器 945 和大容量存储装置 942,全都与键盘 940、鼠标 941 和处理器 943 一起联接到系统总线 948。大容量存储装置 942 可包括固定的介质和可移除的介质,例如磁性、光学或磁光储存系统和任何其它可用的大容量储存技术。总线 948 可包括例如用于对视频存储器 944 或主存储器 945 寻址的地址线。

[0064] 系统总线 948 还可包括用于在诸如处理器 943、主存储器 945、视频存储器 944 和大容量存储装置 942 等部件之间和之中转移数据的数据总线。视频存储器 944 可为双端口视频随机存取存储器。视频存储器 944 的一个端口,在一示例中联接到视频放大器 946,视频放大器 946 用于驱动监视器 947。监视器 947 可为适合于显示图形图像的任何类型的监视器,例如阴极射线管监视器(CRT)、平板或液晶显示器(LCD)监视器或任何其它合适数据呈现装置。

[0065] 计算机系统包括处理器 943,其可为任何合适的微处理器或微计算机。计算机系统 935 也可包括联接到总线 948 的通信接口 950。通信接口 950 经由网络链路提供双向数据通信联接。例如,通信接口 950 可为卫星链路、局域网(LAN)卡、电缆调制解调器和 / 或无线接口。在任何这样的实施方式中,通信接口 950 发送和接收电、电磁或光学信号,其承载表示各种类型信息的数字数据流。

[0066] 由计算机系统 935 接收的代码可由处理器 943 执行,因为代码被接收和 / 或存储于大容量储存装置 942 或者其它非易失性存储装置中用于在后来执行。以此方式,计算机系统 935 可得到呈多种形式的程序代码。程序代码可实施于任何形式的计算机程序产品中,例如被配置成存储或运输计算机可读代码或数据或者计算机可读代码或数据可嵌入于其中的介质。计算机程序产品的示例包括 CD-ROM 盘、ROM 卡、软盘、磁带、计算机硬盘驱动、网络上的服务器以及固态存储装置。无论计算机系统 735 的实际实施方式如何,数据处理系统可执行允许使用重复性和其它度量来过滤的操作。

[0067] 虽然主要关于检测地震能量说明了上文所描述的实施例,本领域技术人员将意识到这些实施例也可用于其它目的。例如,所公开的换能器可用于测量车辆加速度,车辆、机器、建筑物、过程控制系统、安全设施的振动等。此外,所公开的换能器可用于智能手机、数字音频播放器和利用换能器来确定装置相对于使用者的方位的其它电子装置中。本领域技术人员还将意识到所公开的换能器可具有与其它类型的换能器相关联的很多种应用,包括(但不限于)在工程设计、生物学、工业、医药、运输、航行和重力测定中的应用。而且,本领域技术人员将意识到,如上文所描述,本文所描述的换能器可用作传感器,但它们也可或替代地用作促动器,其中施加电压以便促动中部的质量体。

[0068] 参考本发明的特定实施例描述了根据本公开的设备和相关联的方法以便说明操作原理。因此上文的描述仅出于说明目的并且无限制意义。鉴于本文的教导内容,所描述的实施例的各种修改或更改将对于本领域技术人员显然。例如,根据本公开的教导,本领域技术人员能设计出许多系统、布置和方法,尽管其并未明确地示出或在本文中描述,实施所描述的原理并且因此在本公开的精神和范围内。因此,预期所公开的实施例的所有这样的更改、变型和修改在由所附权利要求所限定的本发明的范围内。

[0069] 此外,在本文中直接或间接地陈述的方法中,以一种可能的操作次序描述了各种步骤和操作,但本领域技术人员应认识到步骤和操作可重新排列、替换或排除,而未必偏离所公开的实施例的精神和范围。

[0070] 所有相对和方向指代(包括:上部、下部、向上、向下、上行、下行、左、右、顶部、底部、侧部、上方、下方、前、中、后、竖直、水平、中部等)仅以举例说明的方式给出以辅助读者理解本文所描述的特定实施例。它们不应被理解为要求或限制,特别是在位置、方位或发明使用方面。连接指代(例如,附连、联接、连接、联结、接合等)应被广义地理解并且可包括在元件连接之间的中间构件和元件之间的相对移动。因此,连接指代未必推断出两个元件直接连接和相对于彼此固定,除非在权利要求中具体地陈述。

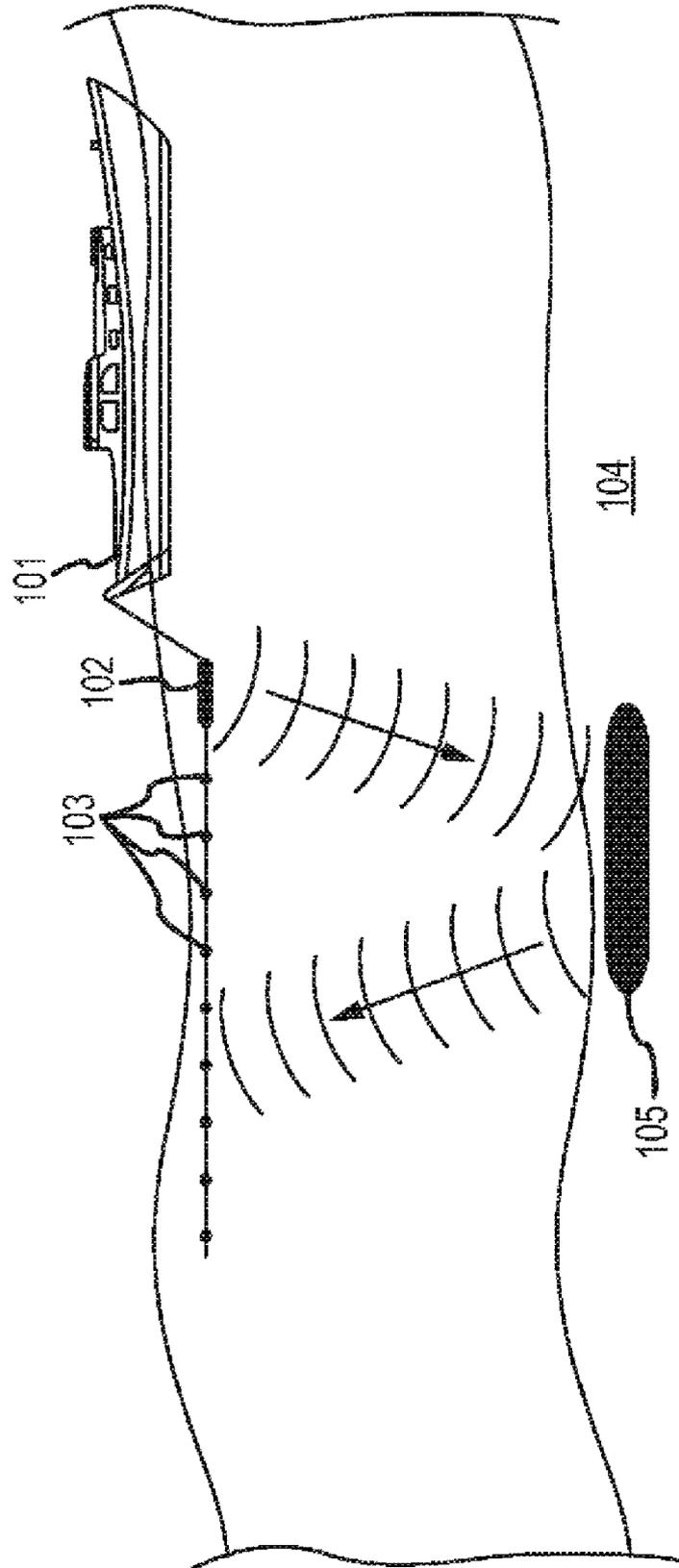


图 1

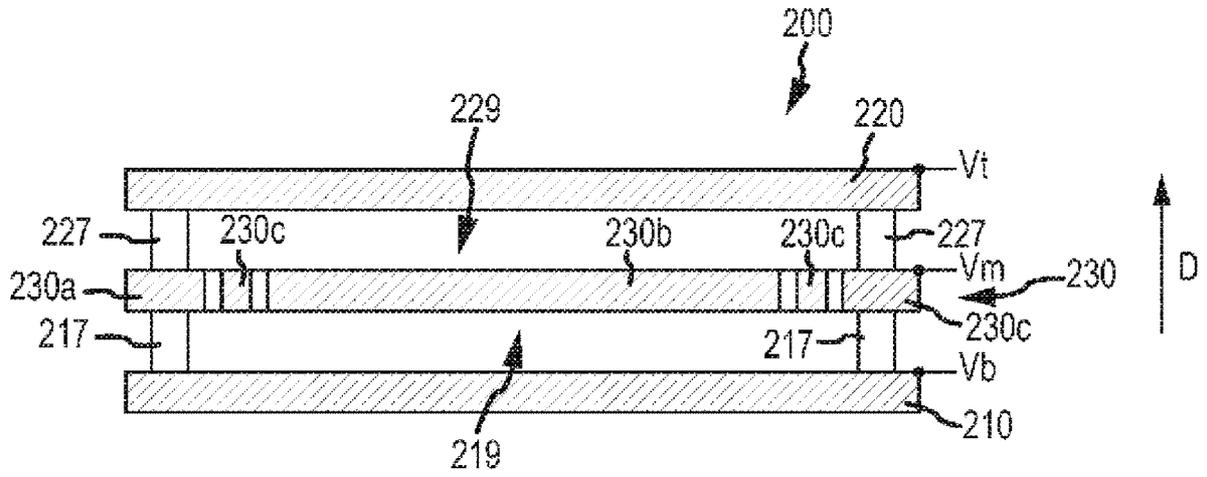


图 2

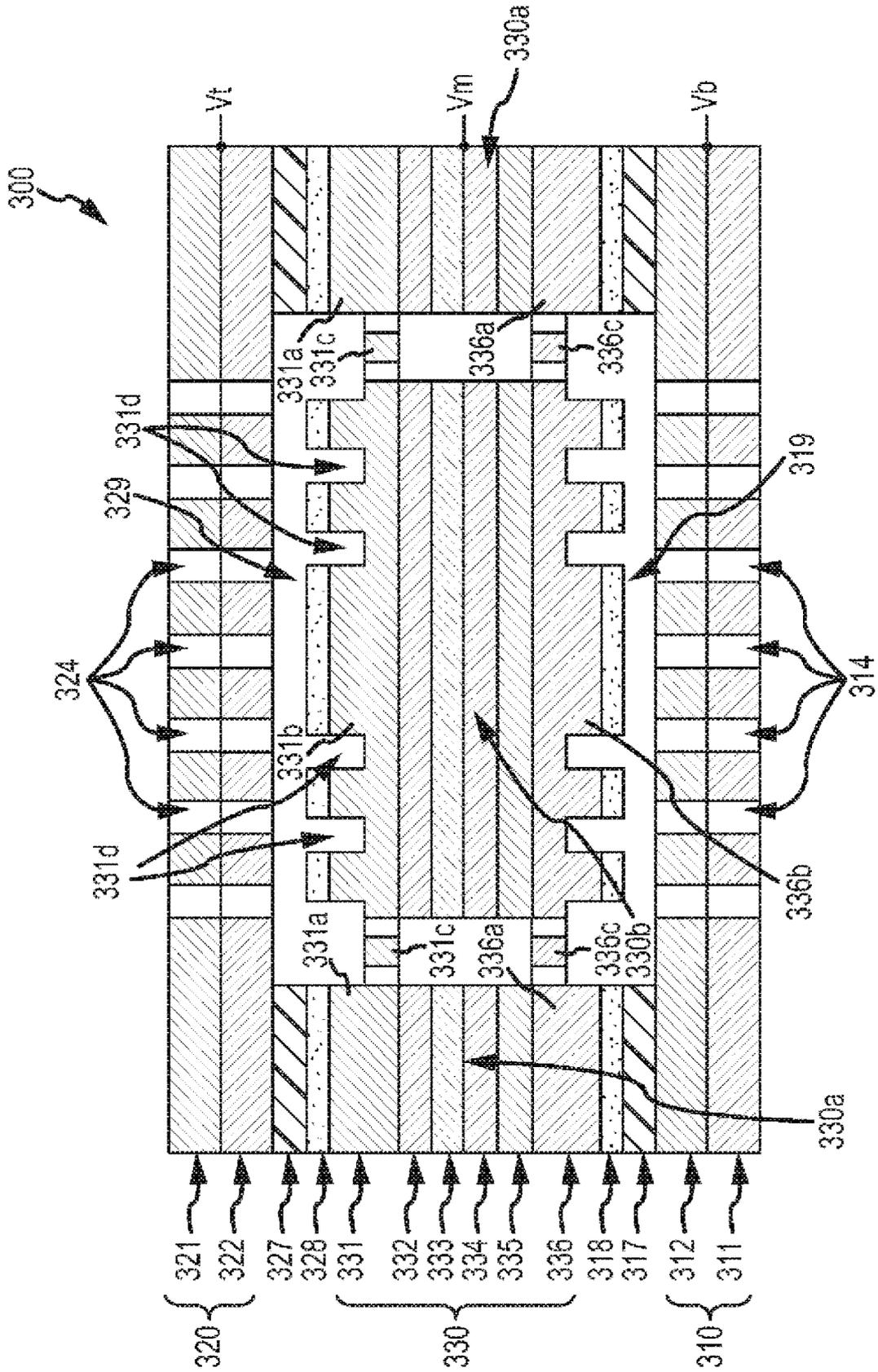


图 3A

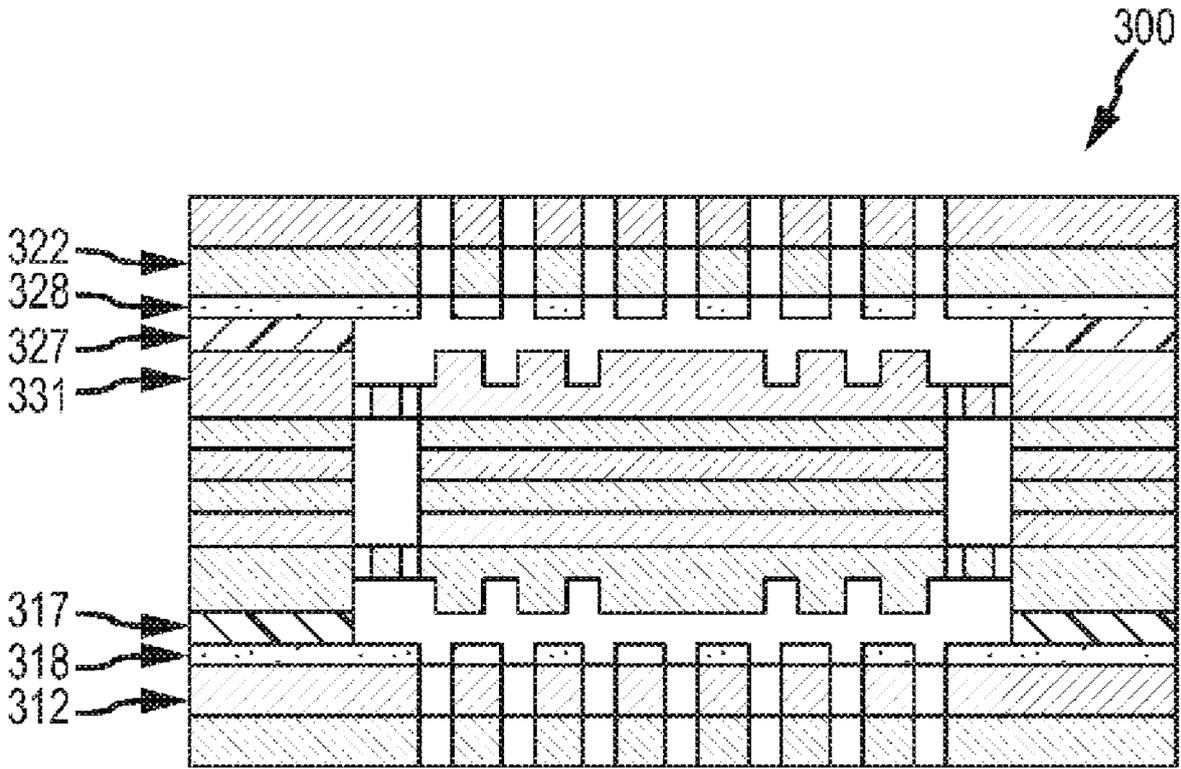


图 3B

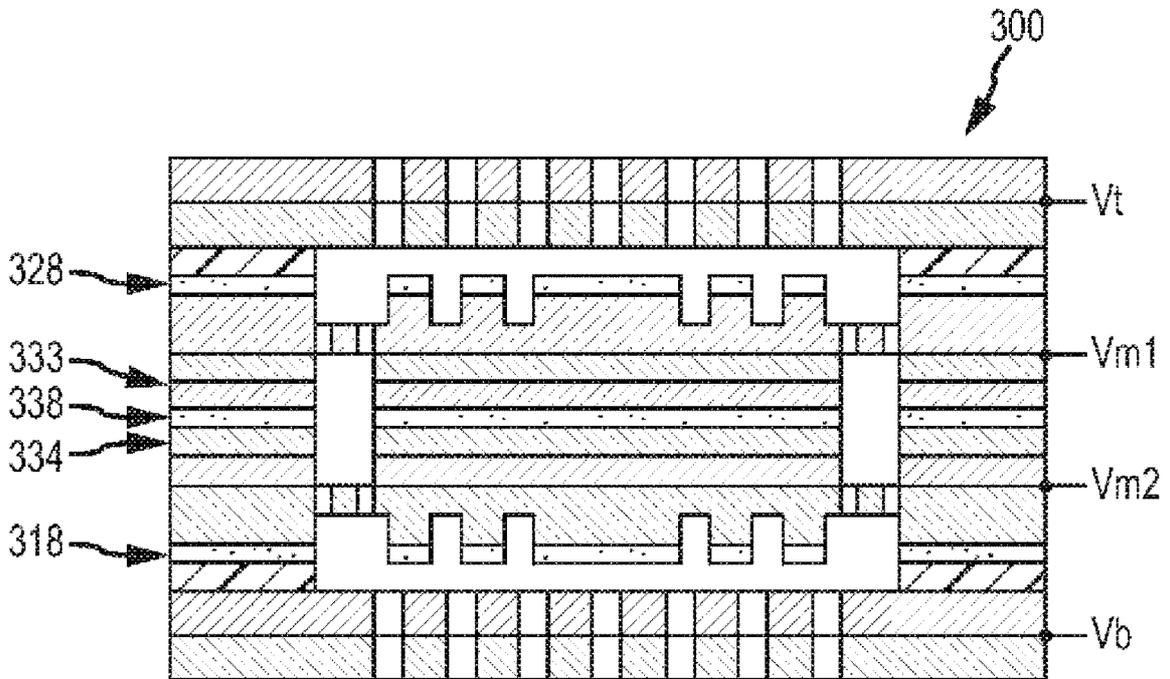


图 3C

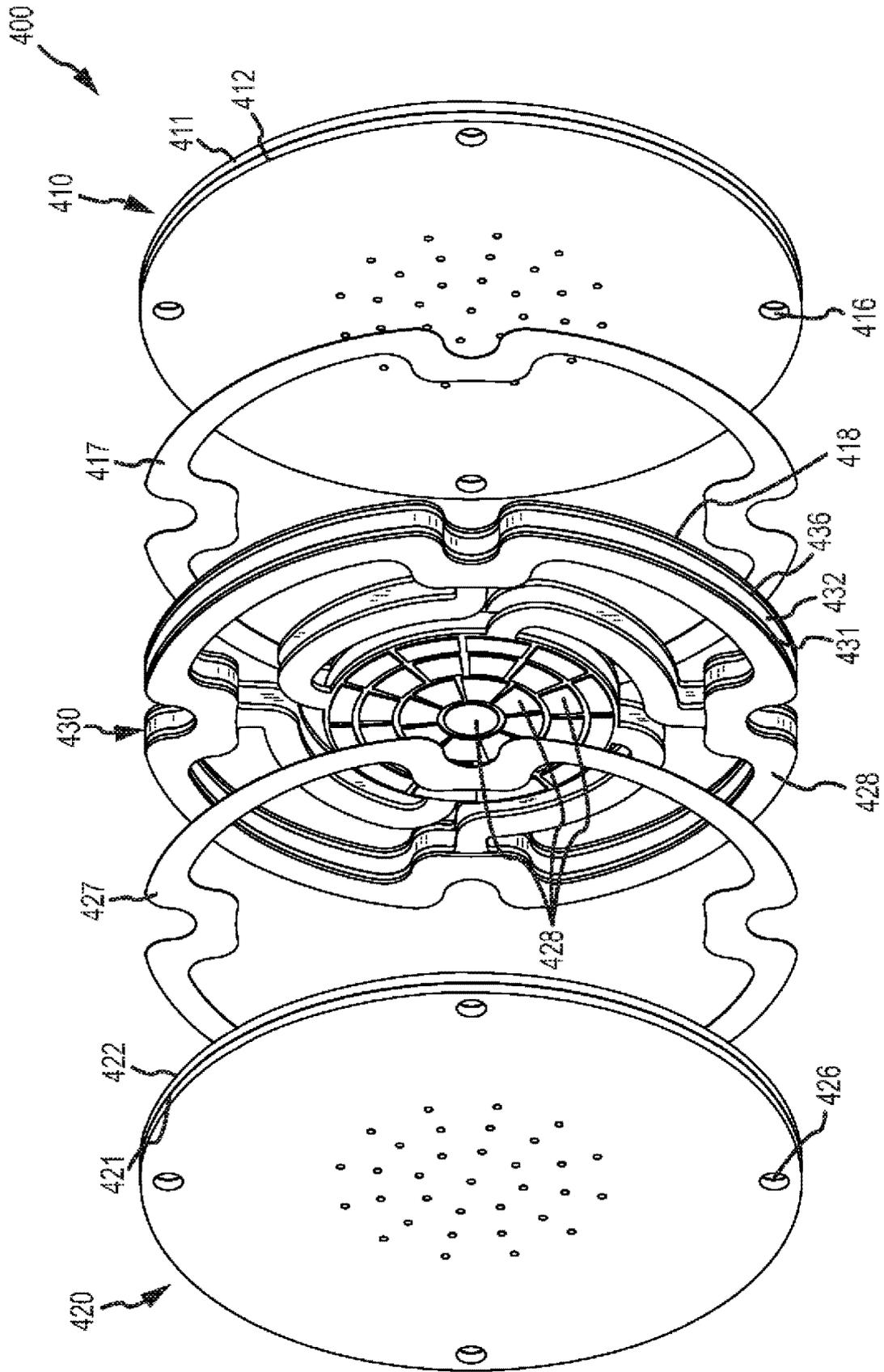


图 4

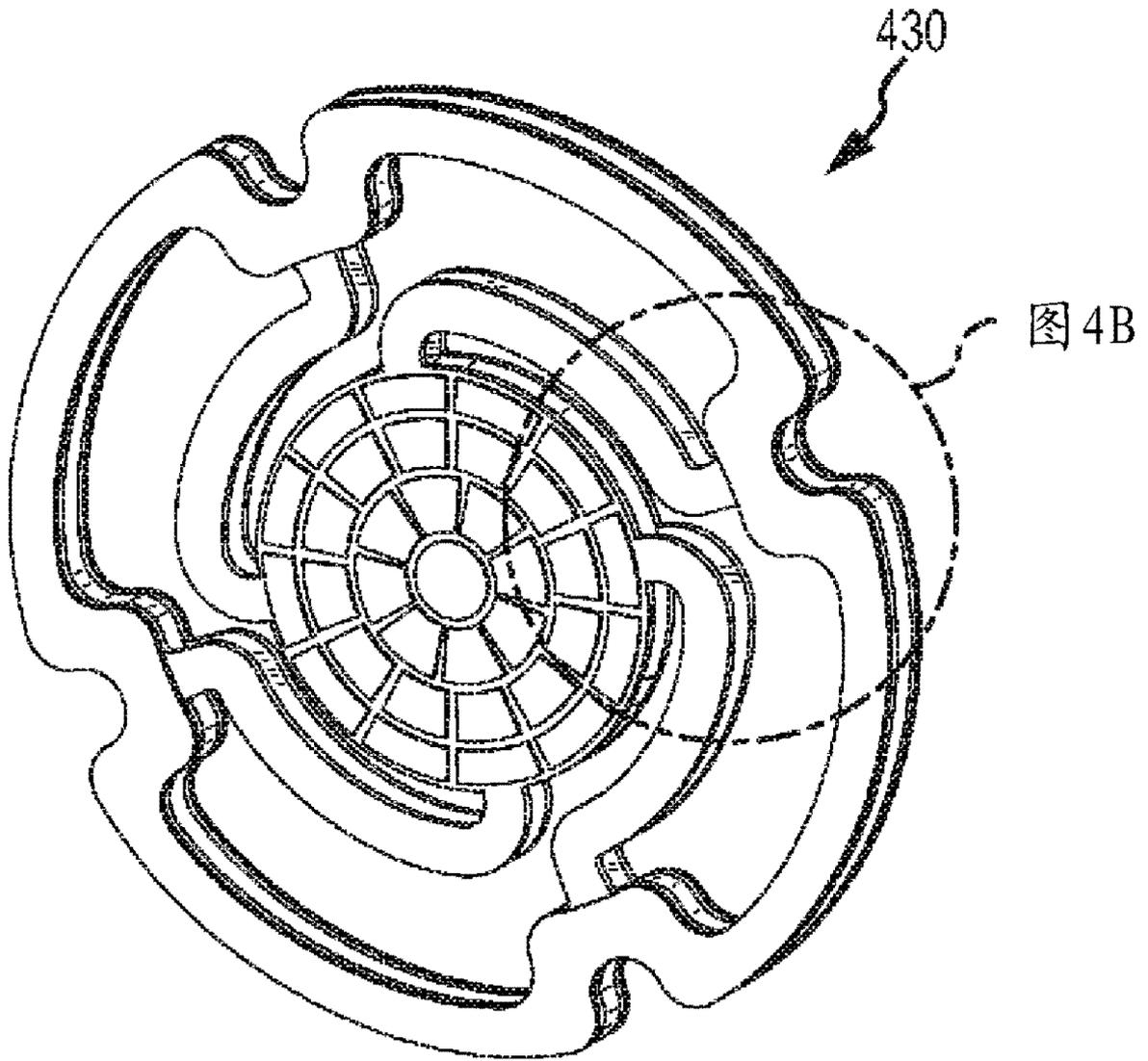


图 4A

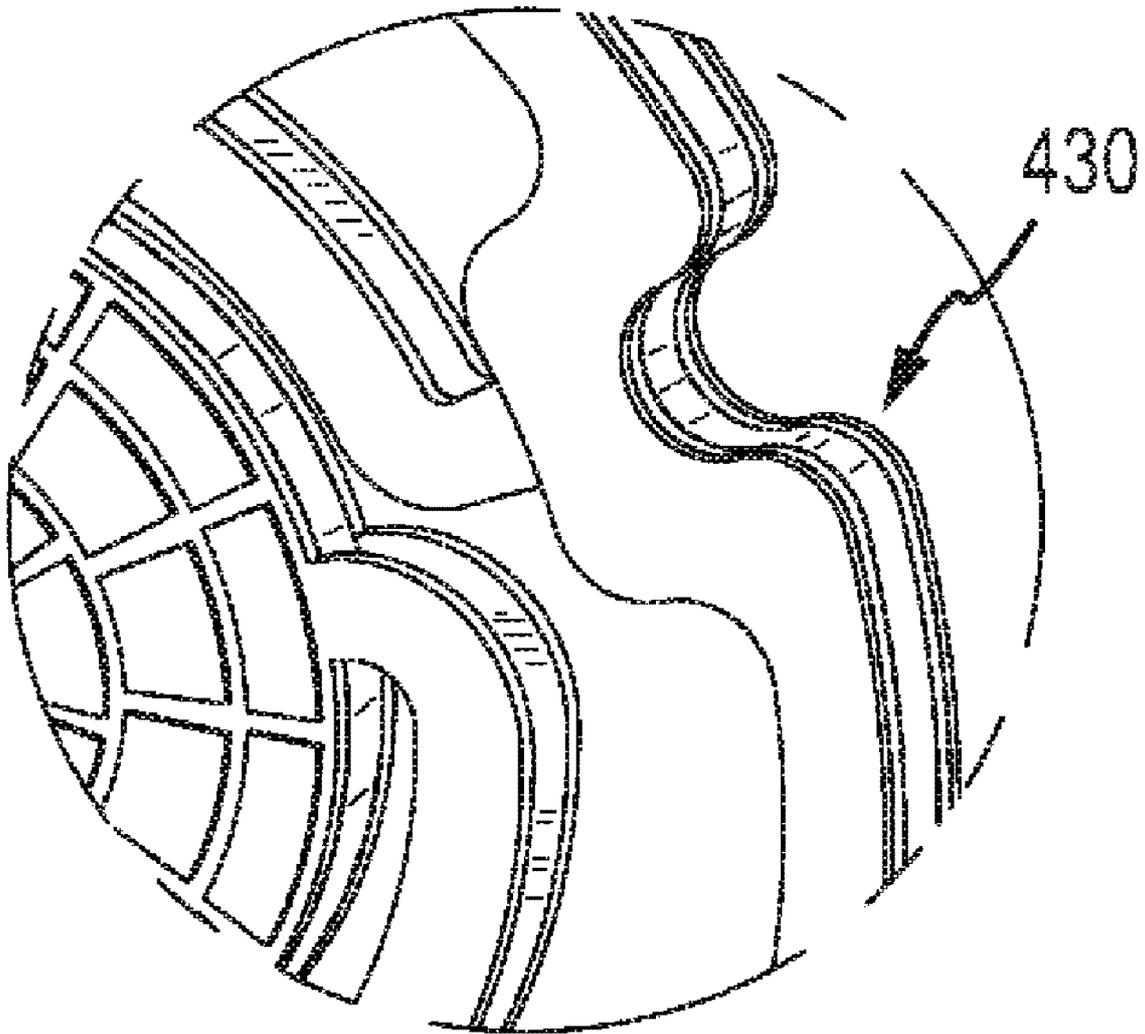


图 4B

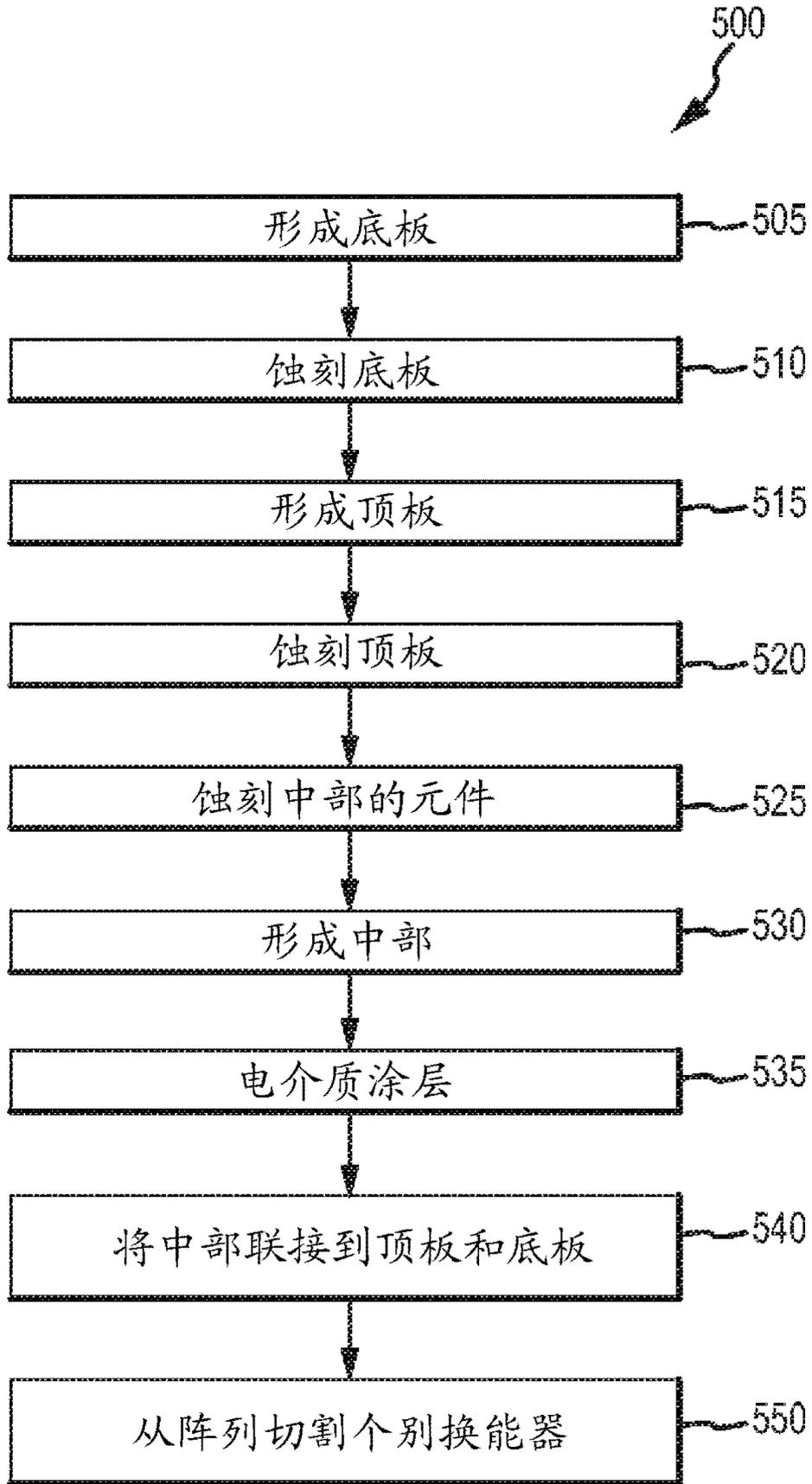


图 5

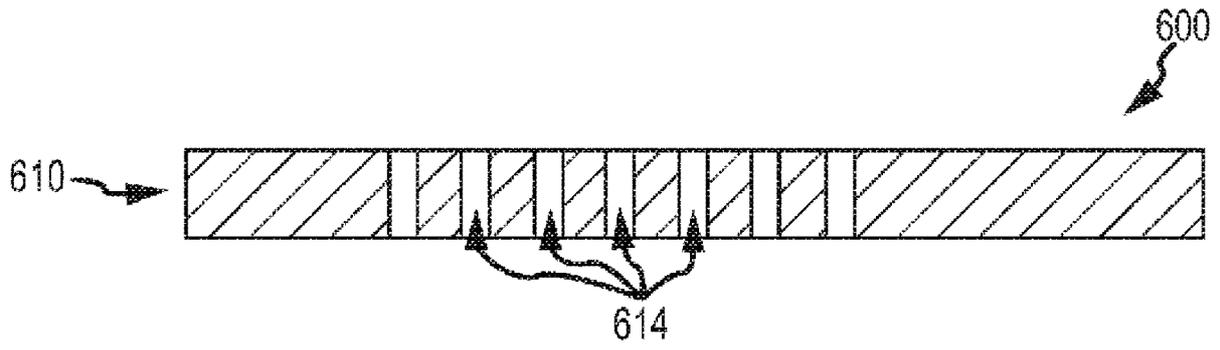


图 6A

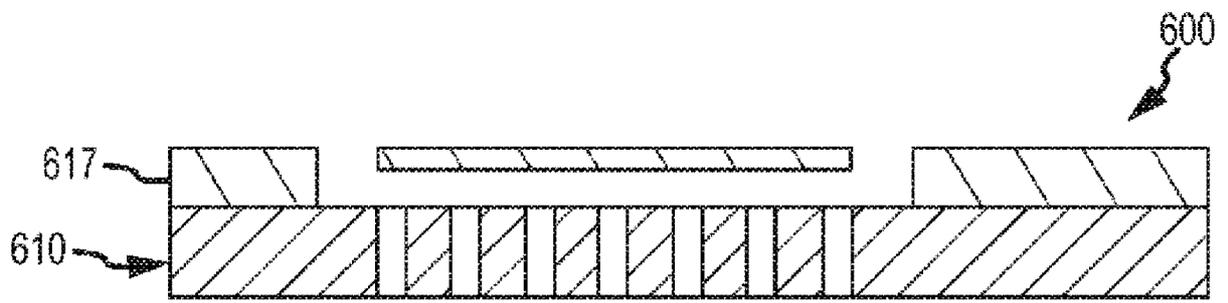


图 6B

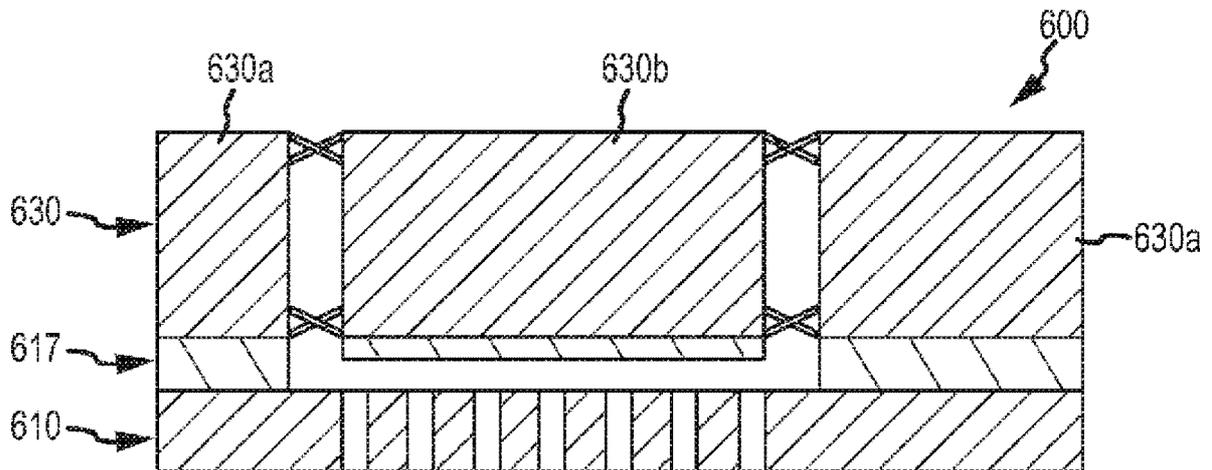


图 6C

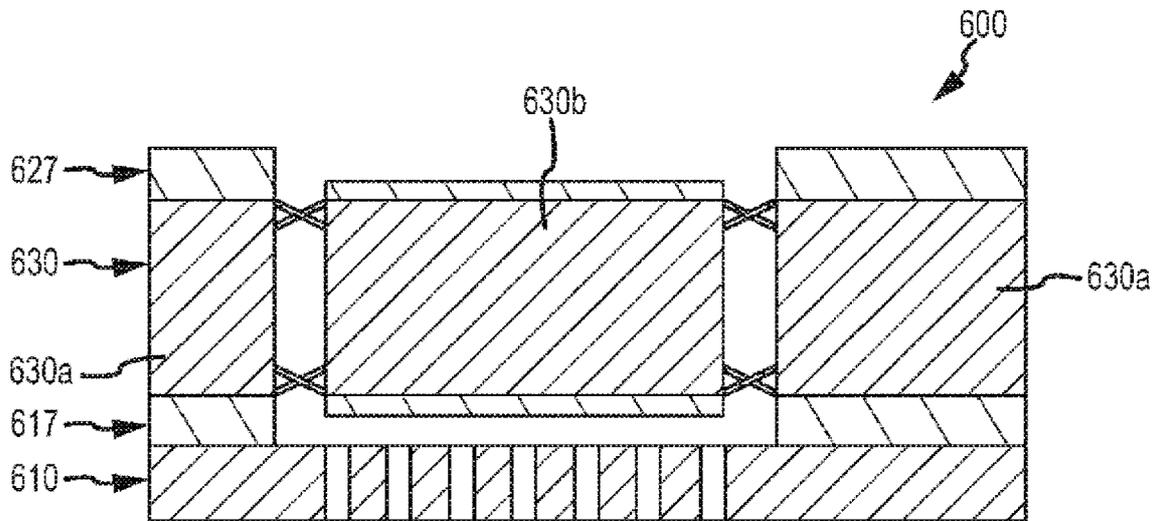


图 6D

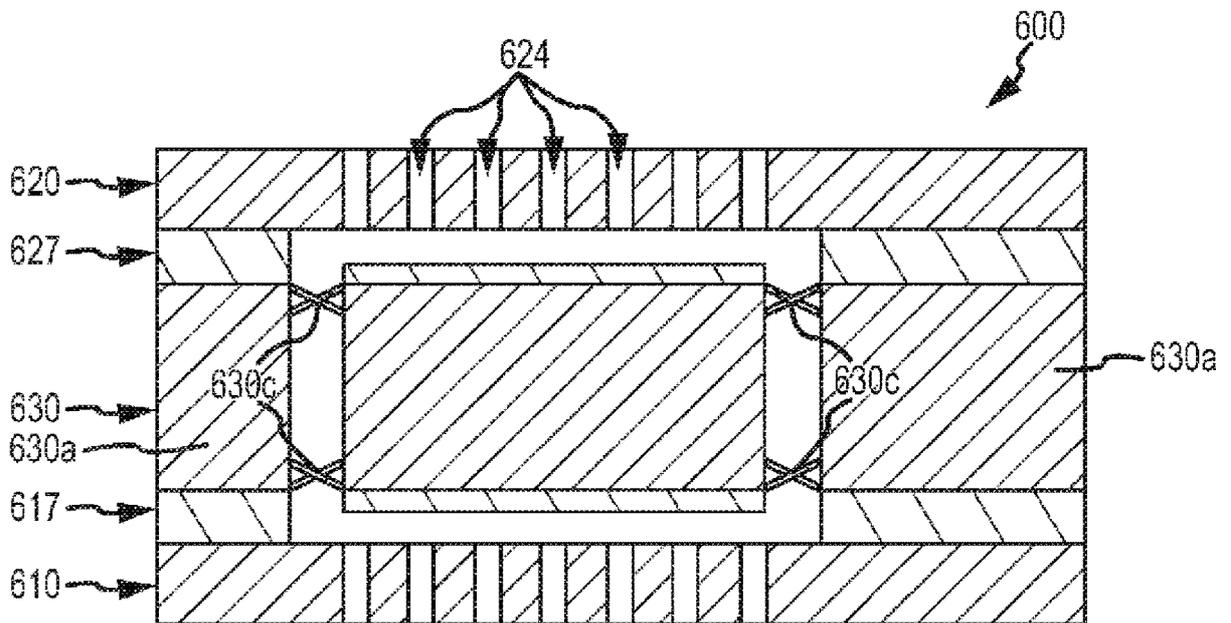


图 6E

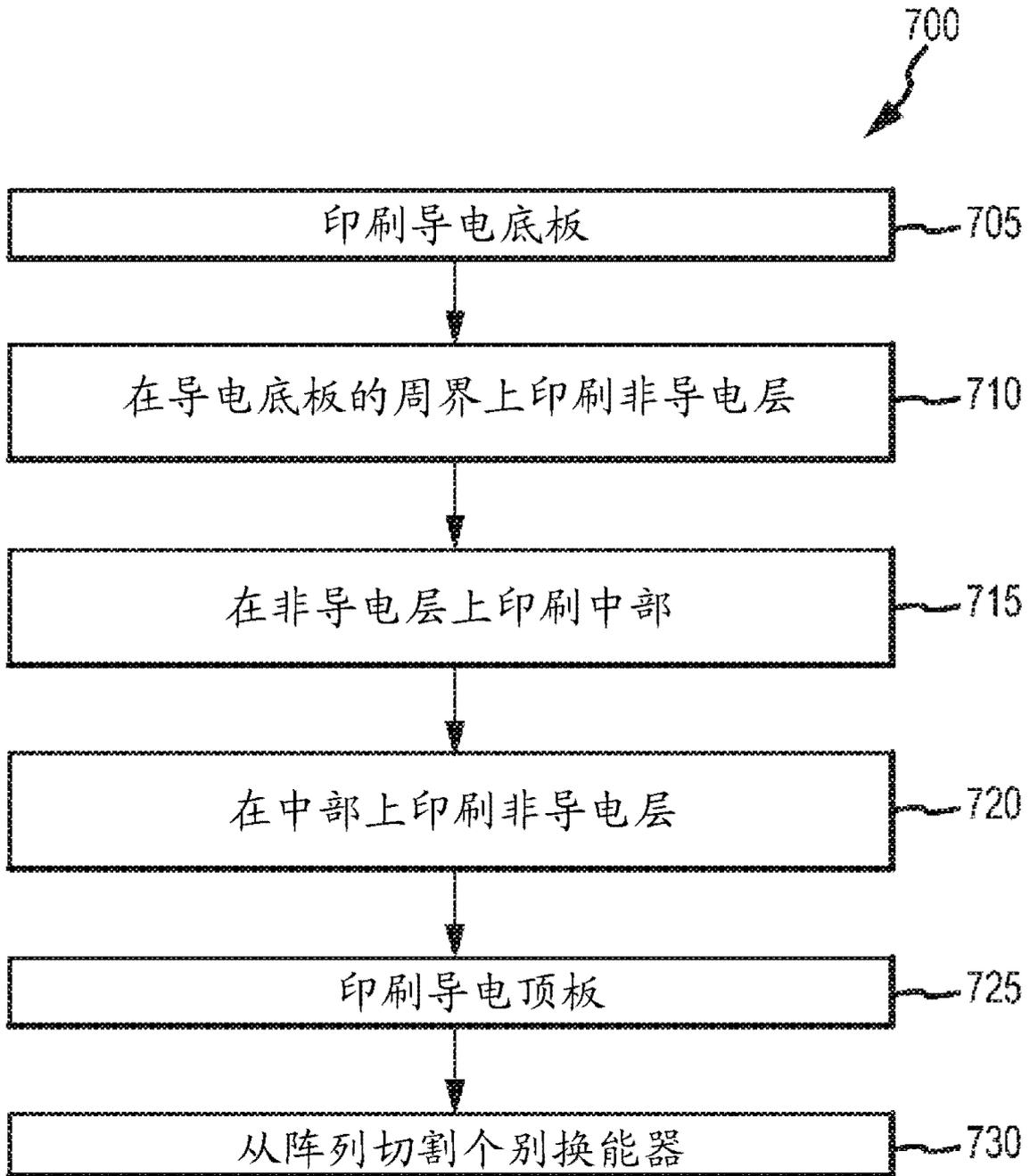


图 7

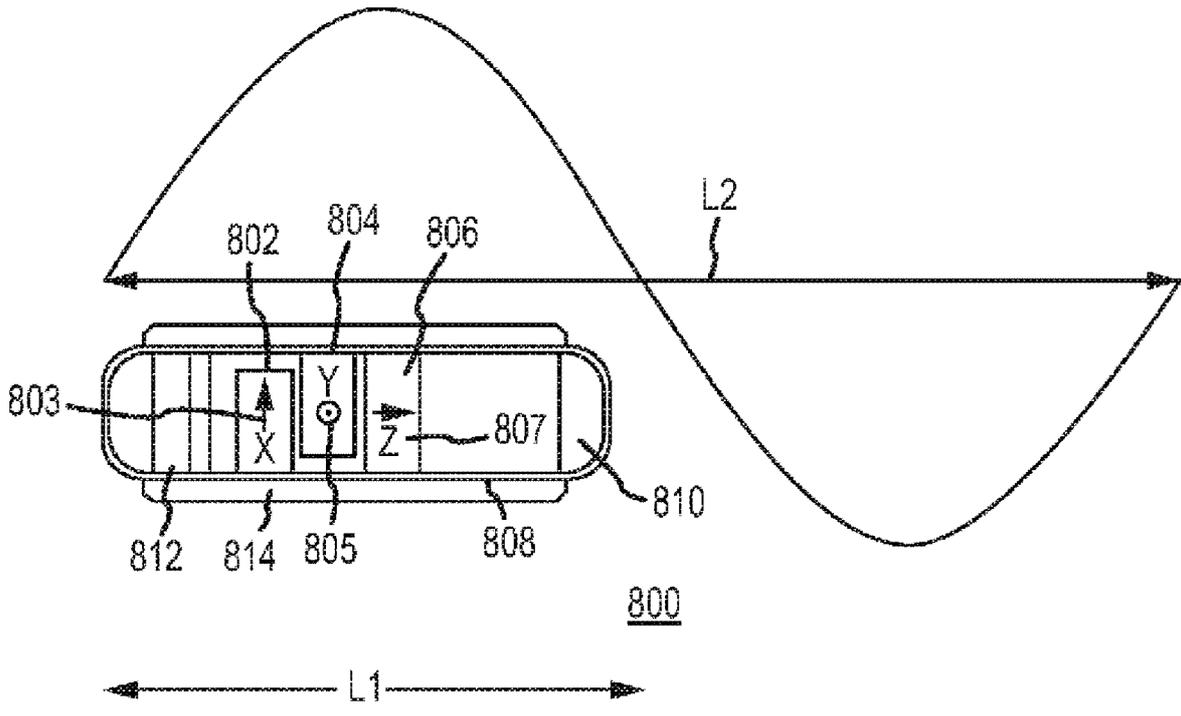


图 8

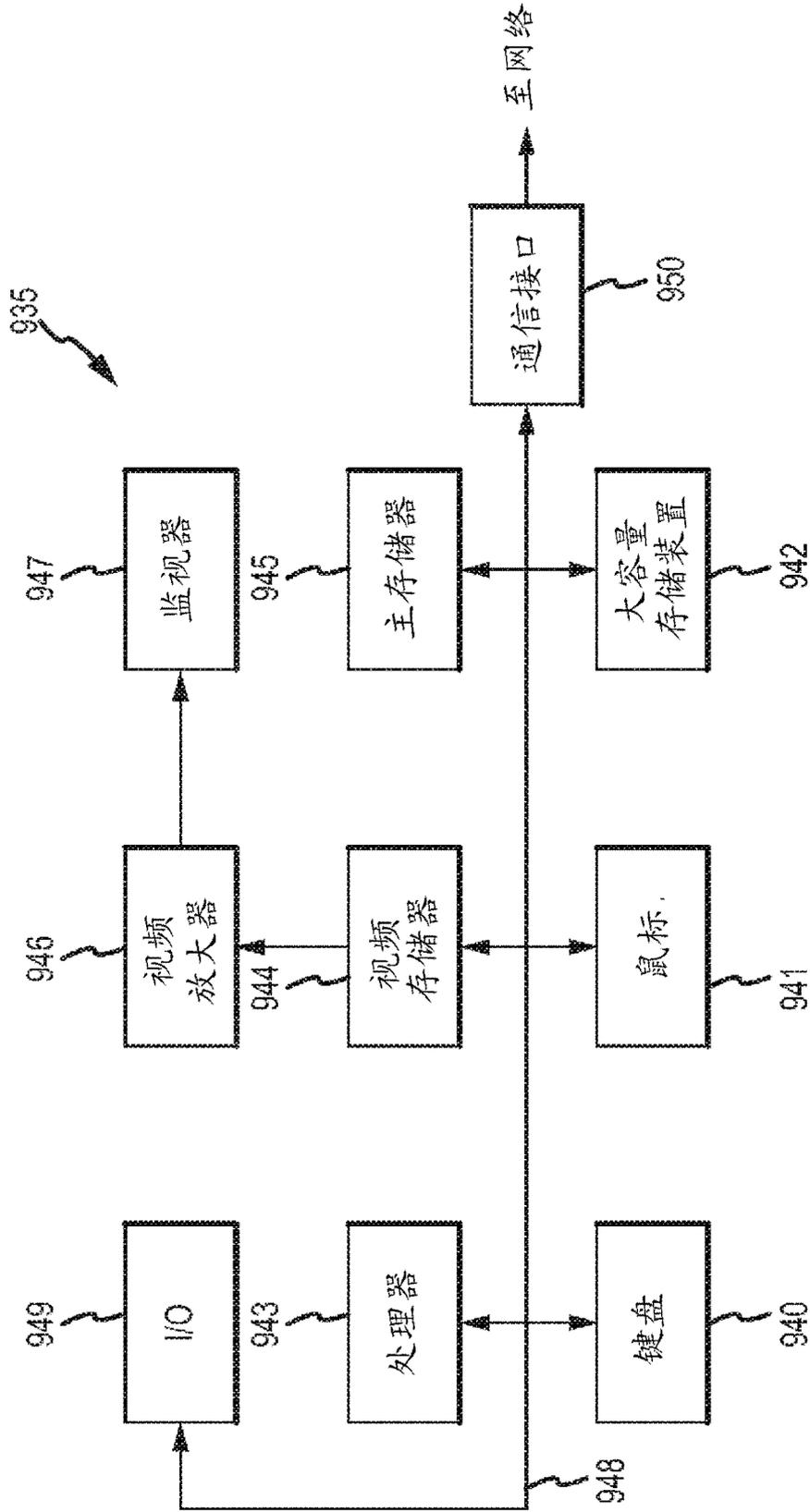


图 9