



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103350064 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 16

(21) 申请号 201310065801. 1

(22) 申请日 2008. 01. 23

(30) 优先权数据

2007-118896 2007. 04. 27 JP

(62) 分案原申请数据

200880013778. 9 2008. 01. 23

(71) 申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

申请人 株式会社日立医药

(72) 发明人 池田贞一郎 田中宏树

町田俊太郎

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限

公司 11243

代理人 曾贤伟 杨继平

(51) Int. Cl.

B06B 1/02 (2006. 01)

A61B 8/00 (2006. 01)

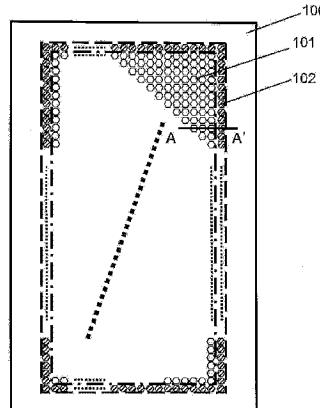
权利要求书1页 说明书12页 附图8页

(54) 发明名称

静电容量式传感器以及超声波摄像装置

(57) 摘要

本发明公开了一种静电容量式传感器以及超声波摄像装置。对 cMUT 元件阵列赋予均一并且稳定的特性，实现声学特性的提高。在元件(102)中追加设置用于切断元件的移位、振动以及信号收发的信号切断部，该元件(102)位于作为能够进行通常的收发的传感器而被设计并制造的、cMUT 元件的二维阵列(101)的最外周部或端部的位置。



1. 一种使用细微加工技术制造的静电容量式传感器，其特征在于，
具有：

多个元件，它们各自具备底部、壁部、与所述底部相向并由所述壁部支撑的膜部、设置在所述底部上的第一电极、以及设置在所述膜部上的第二电极，作为元件阵列实质上二维排列；

信号处理部，其控制所述元件的信号的发送接收；以及

信号切断单元，其对于配置在所述元件阵列边缘部的元件组，切断所述信号处理部与该元件组之间的信号传递，

其中，所述信号切断单元是阻碍所述元件组与所述信号处理部的电气连接的单元。

2. 根据权利要求 1 所述的静电容量式传感器，其特征在于，

所述信号切断单元，在对所述第一电极施加了直流的偏置电压的状态下，切断所述信号处理部与所述元件组之间的信号传递。

3. 根据权利要求 1 所述的静电容量式传感器，其特征在于，

所述信号切断单元是将所述第二电极连接到接地电位的单元。

4. 根据权利要求 3 所述的静电容量式传感器，其特征在于，

所述第一电极在多个所述元件间共通地形成，所述第二电极在每个所述元件分离而形成。

5. 一种超声波摄像装置，其具有：

超声波探头，其向检测体发送超声波，接收从检测体反射的回波信号；

发送波束形成单元，其为了向所述检测体发送而向所述超声波探头提供发送波束信号；

接收波束形成单元，其对从所述检测体接收到的回波信号进行信号处理，处理为接收波束信号；

图像处理单元，其对所述信号处理后的接收波束信号进行包括各种滤波、包络线信号检测、扫描变换的图像处理；以及

图像显示单元，其把图像处理后的接收波束信号作为超声波图像来显示，

所述超声波摄像装置的特征在于，

所述超声波探头是权利要求 1 所述的静电容量式传感器。

6. 根据权利要求 5 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述信号切断单元，在对所述第一电极施加了直流的偏置电压的状态下，切断所述信号处理部与所述元件组之间的信号传递。

7. 根据权利要求 5 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述信号切断单元是将所述第二电极连接到接地电位的单元。

8. 根据权利要求 7 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述第一电极在多个所述元件间共通地形成，所述第二电极在每个所述元件分离而形成。

静电容量式传感器以及超声波摄像装置

[0001] 本申请是 2008 年 1 月 23 日提出的、申请号为 200880013778.9、名称为“超声波传感器以及超声波摄像装置”的发明申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及超声波传感器，尤其涉及使用了膜片式超声波传感器的超声波探头的稳定化方法以及稳定化构造。

背景技术

[0003] 目前，在超声波探头等中使用的超声波传感器大多使用例如 PZT(lead zirconate titanate : 铌酸钛酸铅)等陶瓷系的压电体的压电效应以及逆压电效应，来进行超声波的发送以及接收。

[0004] 到目前为止，在几乎所有的超声波传感器中使用 PZT 元件来作为传感器的振子，但是为了替代这些压电式传感器，实现更高效率并且宽频带的传感器阵列，近年来正在研究使用基于标准的硅加工技术的硅表面或体硅(bulk)的微米单位的细微加工技术而制造的静电容量式传感器(cMUT : Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer)。静电容量式传感器通常具有通过支柱固定细微的(例如直径为 50 μm 的)振动膜的周围的构造，通过对在振动膜内以及下部基板内设置的电极施加电压，作为电声变换器来进行动作。

[0005] 关于 cMUT，根据其构造可知，根据 cMUT 膜部的支撑强度、膜部周围的机械 / 电气 / 构造的边界条件来决定膜部的最终构造，此外，该最终构造的偏差程度对于作为超声波传感器的 cMUT 的动作可靠性、传感器的收发灵敏度这样的声学特性造成较大影响。在专利文献 1 中公开了通过在硅层等中掺杂锗等应力缓解剂，来缓解 cMUT 上部电极绝缘膜的残留应力的技术。

[0006] 专利文献 1 :特开 2006-186999 号公报

发明内容

[0007] 在由多个 cMUT 元件(由具有上部电极的膜部、膜部的支撑部、具有下部电极的壁部所构成的元件)构成的二维元件阵列中，希望提高作为传感器的动作可靠性，以及实现均匀并且稳定的收发灵敏度特性。

[0008] 作为 cMUT 元件的不均一性之一，具有由于构成传感器的 cMUT 的二维排列方式而不可避免地产生的、由边界条件导致的元件的构造不均一性。因为 cMUT 元件并非构成具有无限大小的传感器，所以可知不可避免地存在位于边界部的元件。例如若是长方形的二维阵列，可知存在位于长方形的端部或者角部的元件。这些存在于端部、角部等传感器边界的元件，由于存在于这样的位置上，所以产生传感器内的 cMUT 元件的不均一性，此外作为结果使动作可靠性降低。在上述专利文献 1 中，该课题也未得到解决。

[0009] 因此，本发明的目的在于提供一种技术，其降低由于存在位于边界的元件而产生的传感器内的 cMUT 元件的不均一性，消除 cMUT 传感器的动作可靠性的降低以及对于声学

特性的不良影响。

[0010] 为了解决上述课题,在本发明中,在构成超声波传感器的实质上二维排列的元件阵列中,使位于阵列边缘的不均一地制造的元件为非活性,仅把均一地制造的元件阵列作为超声波传感器来使用。

[0011] 具体地说,把构成超声波传感器的元件组分成两组。第一元件组是具备底部、壁部、设置在底部上的第一电极、与底部相向并由壁部支撑的膜部、以及设置在膜部上的第二电极的元件组。第一元件组同时与对信号的收发进行控制的信号处理部连接。然后,对于位于元件阵列最外周、包围第一元件组而配置的第二元件组追加切断与信号处理部之间的信号交换的信号切断单元。信号切断单元是 a)实质填充元件的膜部和底部之间的空间,可以抑制元件的实质的移位的、以气体或液体或者固体为材料的填充部件,或者是 b)阻碍元件和信号处理部之间的电气连接的单元。

[0012] 第二元件组可以是以包围构成超声波传感器的第一元件组的更外周的方式追加配置的元件组。此时,第二元件组可以为具有壁部、底部以及膜部的元件组,即不具有电极的元件组。此外,第二元件组可以实质地填充元件的膜部和底部之间的空间。

[0013] 并且,根据本发明,还同时提供 1)具有在二维元件阵列的最外周的元件中设置了信号切断部的超声波传感器的超声波摄像装置、以及 2)具有在二维元件阵列的最外周包围该外周地配置了具有壁部、底部以及膜部的元件组、即没有电极部的元件组的超声波传感器的超声波摄像装置。

[0014] 根据本发明,超声波传感器中的构成二维元件阵列的 cMUT 元件进行均一并且稳定地动作。因此,最终引起与超声波摄像装置连接,作为超声波探头用传感器使用时的动作可靠性提高,以及收发灵敏度增加这样的声学特性的提高。

附图说明

[0015] 图 1 是作为超声波传感器使用的 cMUT 的芯片的平面图。

[0016] 图 2 是作为超声波传感器使用的 cMUT 的芯片的截面图。

[0017] 图 3 是本发明一个实施例的超声波传感器的截面图。

[0018] 图 4 是本发明一个实施例的超声波传感器的截面图。

[0019] 图 5 是本发明一个实施例的超声波传感器的截面图。

[0020] 图 6 是本发明一个实施例的超声波传感器的截面图。

[0021] 图 7 表示 cMUT 芯片的元件阵列的二维排列的一例。

[0022] 图 8 是表示 cMUT 元件的构造的概要图。

[0023] 图 9 表示每个元件的崩溃电压的分布。

[0024] 图 10 表示每个元件的崩溃电压的分布。

[0025] 图 11 表示静电容量相对于偏置电压的关系。

[0026] 图 12 表示将低电压判定为崩溃电压时的、发送・接收灵敏度的差的仿真结果。

[0027] 图 13 是超声波摄像装置的概要图。

[0028] 符号说明

[0029] 100 cMUT 芯片、101 第一元件组、102 第二元件组、201 半导体基板、202 壁部、203 底部、204 膜部、205 第一电极、206 第二电极、207 信号处理部、208 位于最外周部的元件、209

最外周部的相邻的位置、210 图像显示部、301 通常的元件组、302 填充部件、303 附加了填充部件的元件组、304 壁部、305 底部、306 膜部、307 第一电极、308 第二电极、309 信号处理部、310 图像显示部、401 通常的元件组、402 最外周部的元件组、403 信号处理部、404 连接阻碍电路、405 半导体基板、406 图像显示部、501 半导体基板、502 通常的元件组、503 第一壁部、504 第一底部、505 第一膜部、506 第一电极、507 第二电极、508 追加的元件组、509 第二壁部、510 第二底部、511 第二膜部、512 信号处理部、513 图像显示部、514 信号传递电路、601 半导体基板、602 通常的元件组、603 追加的元件组、604 壁部、605 底部、606 膜部、607 信号处理部、608 填充部件、609 图像显示部、610 信号传递电路、700 半导体基板、701y 轴方向的电极引出部、702 x 轴方向的电极引出部、703 一个通道、704 一个块、705 cMUT 元件、800 半导体基板、801 壁部、802 底部、803 膜部、804 第一电极、805 第二电极、806 真空间隙、900 某一个通道、901 电极引出部、902 不具有边界部的块、903 具有边界部的块、1200 发送灵敏度、1201 接收灵敏度、1301 超声波探头、1302 超声波摄像装置、1303 图像显示部、1304 发送波波束形成单元、1305 D/A 转换器、1306 A/D 转换器、1307 接收波波束形成单元、1308 图像处理部

具体实施方式

[0030] 以下参照附图说明本发明的实施方式。图 1 是作为超声波传感器使用的 cMUT 的芯片(在内部二维排列了 cMUT 的元件组的芯片,以下称为 cMUT 芯片)100 的平面图。在传感器中排列了具有约 $50 \mu m$ 左右的直径的元件组 101 以及 102。在图 1 中,设为元件的中心位于在整体为长方形的区域中设定的正交格子的格子点的配置,但对于元件组的排列方式没有制约,排列的整体形状例如可以是圆形,还可以是椭圆形。此外,元件组中的元件的相互位置关系,例如可以是在正交格子的格子点上排列元件的位置关系,也可以是交错格子状的位置关系。

[0031] 例如,假设由具有 $50 \mu m$ 的直径的 cMUT 元件构成 $10mm \times 50mm$ 的传感器,则在图 1 中 cMUT 芯片 100 中二维排列的元件组 101 以及元件组 102 的总数大约达到 10 万个。这些达到 10 万个的元件组在同一驱动条件下可以如何偏差较小地进行均一的动作,对于作为传感器的发送灵敏度、接收灵敏度的性能造成很大影响,并且决定了将传感器作为超声波摄像装置的超声波探头使用时的最终的画质。

[0032] 图 1 还说明了在本发明的优选实施例中,基本元件的二维排列的概念。在本发明中实现的元件排列的典型为以下的 a)、b) 两种。

[0033] 首先,使用图 1 说明第一种元件排列 a)。如图 1 所示,将构成 cMUT 芯片的全部 cMUT 元件分为两组。其中一组是作为超声波传感器进行发送以及接收的第一元件组 101。另一组是 cMUT 元件组的最外周的元件组,是位于包围元件组 101 的场所的第二元件组 102。构成元件组 101 的一个一个的元件具有壁部、底部、设置在底部的第一电极、与底面相向的膜部、设置在膜部上的第二电极。将这些元件二维排列,作为元件阵列。此外,准备了对元件组 101 中的元件的信号的收发进行控制的信号处理部。然后,构成元件组 102 的一个一个的元件具有基本上与元件组 101 中的元件相同的构造,此外,与元件组 101 同样地设置了信号处理部。并且,在元件组 102 中设置了构造方面或者电气方面或者系统方面的信号切断部,用于在与该信号处理部之间切断发送信号以及 / 或者接收信号的传递,不对元件造成移位

或振动、或者不进行发送以及 / 或者接收。

[0034] 如果对所述 a) 的排列进行简要说明，则是在位于作为能够进行通常的收发的传感器而设计制造的 cMUT 元件的二维阵列的最外周部或者端部的元件中追加设置了用于切断元件的移位、振动、信号的收发的信号切断部的排列。第二元件组在图 1 中成为最外周的一列，但第二元件组只要实质地包围第一元件组即可，例如可以是元件阵列中的最外周的两列。

[0035] 然后，使用图 1 说明第二种元件排列 b)。在该排列中，第一元件组 101 是为了作为超声波传感器进行发送以及接收而设计的元件组。构成第一元件组 101 的元件各自具备第一壁部、第一底部、与第一底部相向的膜部、设置在第一底部上的第一电极、设置在第一膜部上的第二电极，实质上作为元件阵列而被二维排列。此外，还同时具有对第一元件组的信号的收发进行控制的信号处理部。第二元件组 102 具有和第一元件组 101 不同的构造。构成第二元件组的元件各自具备第二壁部、第二底部、与第二底部相向的第二膜部。即，第二元件组 102 与所述第一元件组不同，是在各个元件中不具有电极部的构造。如图 1 所示，包围第一元件组 101 地追加排列第二元件组 102。第二元件组在图 1 中成为最外周的一列，但第二元件组只要实质包围第一元件组即可，例如可以是元件阵列中的最外周的两列。

[0036] 如果对所述 b) 的排列进行简要说明，则是对通常作为传感器使用的 cMUT 元件的二维阵列的最外周部的更外侧进行包围，来排列了追加的元件组的排列，此外，追加的元件组是在其元件的构造中不包含电极部的元件组。

[0037] 如图 1 所示，通过采用所述 a) 或 b) 的排列，实现了超声波传感器的二维阵列的最外周部的元件实质上不移位、或者不振动，或者不进行发送以及 / 或者接收的二维阵列排列的超声波传感器。

[0038] 如上所述，由于微米级的半导体成膜工艺的不均一性，存在于端部、角部等二维排列的边界的元件，在制造后呈现出与其他元件不同的构造或电气 / 机械强度的不均一性。通过采用所述 a) 或者 b) 的排列，可以减小这些边界部元件的不均一性引起的元件之间的偏差，只将均一的元件作为超声波传感器的构成元素来使用。

[0039] 以下使用图 2 ~ 图 6 详细说明本发明的优选实施例。首先，使用图 2 说明通常的 cMUT 元件的截面构造。然后，使用图 3 以及图 4 说明与上述排列 a) 对应的实施例。并且，使用图 5 以及图 6 说明与上述排列 b) 对应的实施例。在图 2 ~ 图 6 中，通过图 1 所示的 A-A' 截面图来进行说明。图 1 的 A-A' 截面成为超声波传感器的二维阵列端部四个元件的截面。

[0040] 使用图 7 ~ 图 12 在后面详细叙述通过本发明减小元件之间的偏差的理由、以及使用图 3 ~ 图 6 说明的本发明的实施例所实现的效果。

[0041] 图 2 表示图 1 的 A-A' 截面 200，表示了作为通常的传感器的二维元件阵列中的元件而使用的 cMUT 元件的截面构造。在此，为了简便，使用图 2 详细说明所述 a) 以及 b) 双方中的第一元件组 101 的截面构造。

[0042] 构成所述 a) 以及 b) 中的第一元件组的排列的通常的 cMUT 元件（以下，有时记载为通常的元件组）的全部元件形成同一构造。即，在图 2 中，成为在半导体基板 201 上各自具有用于支撑元件的构造的壁部 202、底部 203、与底部相向并由壁部 202 支撑的膜部 204，在底部上设置的第一电极 205、在膜部 204 上设置的第二电极 206 的构造。还具有对各个元

件的信号的收发进行控制的信号处理部 207。

[0043] 在此,由通常 cMUT 元件构成的二维阵列中的、位于端部或者角部这样的最外周部的元件 208 当然可以通过与其他元件相同的构造来进行设计。但是,位于二维阵列边界的元件,由于工艺上的微米级的不均一性,因此如上所述,即使希望通过同一构造进行制造来设计元件,也不会成为相同的构造。

[0044] 在本发明的优选实施例中,在图 2 中的作为通常的传感器而工作的最外周部的元件 208 的相邻位置 209,配置不进行 cMUT 元件那样的移位、振动,或者不进行发送以及 / 或者接收的伪元件组。该伪元件组在所述 a) 以及 b) 中进行了说明,与图 1 所示的第二元件组 102 对应。

[0045] 通过在位置 209 配置伪元件,伪元件自动地成为边界部的元件。即,即使进行与其他元件组完全相同的设计,作为半导体工艺的不均一性的结果,使通过与设计值不同的构造制造的边界部的元件不具有作为传感器而进行收发的元件的功能。如此,可以只把没有偏差的均一制造的元件作为超声波传感器的构成要素来使用。

[0046] 在作为超声波摄像装置的超声波探头而使用 cMUT 元件阵列时,把在信号处理部 207 中处理后的接收信号发送到图像显示部 210,作为超声波图像进行显示。

[0047] 图 3 表示使用了所述 a) 的排列的超声波传感器的一例,表示图 1 的 A-A' 截面 300。在图 3 中表示了通常的元件组 301、最外周部的元件组 303。最外周部的元件组 303 具有对通常的元件组 301 的构造附加了填充部件 302 的构造。此外,通过将通常的元件组 301 和最外周部的元件组 302 双方合并来构成实质上二维排列了多个元件的元件阵列。通常的元件组 301 与在图 2 中说明的通常 cMUT 元件的构造相同。即,成为以下结构:在半导体基板上各自具有用于支撑元件的构造的壁部 304、底部 305、与底部相向并由壁部 304 支撑的膜部 306、在底部上设置的第一电极 307、在膜部上设置的第二电极 308。还具有对各个元件的信号的收发进行控制的信号处理部 309。通常的元件组 301 对应于图 1 中的第一元件组 101。具有对通常的元件组 301 的构造附加了填充部件 302 的构造的元件组 303 对应于图 1 中的第二元件组 102。

[0048] 填充部件 302 填充元件组 303 的底部 305 和膜部 306 之间的空间。填充部件 302 实质上填充元件的底部 305 和膜部 306 之间的空间,只要能够抑制膜部 306 移位或者振动,无论什么种类的材料都可以,可以为气体或者液体或者固体。

[0049] 通常通过半导体工艺,经由向硅基板上的成膜工序来制造 cMUT。因此,填充部件也优选使用在通常的半导体工艺中使用的材料,例如氧化硅、氮化硅等材料。并且,填充部件 302 优选与构成膜部 306 以及 / 或者底部 305 的部件为同一材质。通常,由壁部 304、底部 305 以及膜部 306 包围的空间,从在膜部上开的孔进行湿法蚀刻(wet etch)来除去内部的抗蚀剂(resist)。在此,例如在设计时的掩膜的状态下,预先只将元件组 303 设计成通过氧化硅等材质填充后的形状并进行成膜是优选的制造方法之一。此外,如果不用于湿法蚀刻的孔,则抗蚀剂成为填充部件,成为优选的制造方法之一。并且,从用于湿法蚀刻的孔,在由壁部 304、底部 305 以及膜部 306 包围的空间中封入高压氮或硅油等高粘度液体也是优选的制造方法之一。

[0050] 在以下的全部实施例中,作为 cMUT 元件的制造方法的优选方式之一,列举出通常的半导体工艺。此外,构成 cMUT 元件的优选材质是在通常的半导体工艺中一般使用的材

质,例如氧化硅、氮化硅。

[0051] 附加填充部件 302 作为元件组 303 中的信号切断部。即,通过用填充部件 302 填充元件内的空间,实质地抑制膜部 306 移位、振动这样的运动,结果,切断信号处理部 309 和元件组 303 之间的发送信号以及 / 或者接收信号的传递。由此,位于二维的元件阵列的边界部,并制造成与通常的元件组 301 不同形状的元件组 303 切断发送信号的发送以及接收信号的接收。

[0052] 根据以上所述,通过在元件阵列的端部的列中配置的元件组 303 中填充填充部件 302 来作为信号切断部,可以防止传感器的位于二维元件阵列边界的元件与信号处理部 309 之间交换与其他的元件不同的发送以及 / 或者接收信号这样的不良情况,可以使 cMUT 元件阵列作为超声波传感器的均一的元件组来发挥功能。

[0053] 此外,作为本发明的优选实施例之一,实现了一种超声波摄像装置,该超声波摄像装置使用具有参照图 3 说明的元件构造以及二维排列的超声波传感器来作为超声波探头。此时,在信号处理部 309 中处理后的接收信号被送到图像显示部 310,作为超声波图像在图像显示部 310 中进行显示。

[0054] 图 4 说明使用了所述 a) 的排列的超声波传感器的又一实施例,表示图 1 的 A-A' 截面 400。本实施例的传感器与图 3 相同,具有通常的元件组 401 和最外周部的元件组 402。此外,通过将通常的元件组 401 和最外周部的元件组 402 双方合并,构成实质上二维配置了多个元件的元件阵列。此外,通常的元件组 401 和最外周部的元件组 402 与图 3 相同,各自具备壁部、底部、与底部相向并由壁部支撑的膜部、在底部上设置的第一电极、在膜部上设置的第二电极。并且具有对各个元件的信号的收发进行控制的信号处理部 403。并且,在最外周部的元件组 402 中设置了阻碍信号处理部 403 与最外周部的元件组 402 之间的电气连接的连接阻碍电路 404。图 4 中的通常的元件组 401 对应于图 1 中的第一元件组 101。最外周部的元件组 402 对应于图 1 中的第二元件组 102。

[0055] 连接阻碍电路 404 是阻碍最外周元件组 402 与信号处理部 403 之间的电气通信的电路,只要是通过被动的布线断开或者主动的开关切换来实现的电气信号的阻碍等,阻碍元件组 402 与信号处理部 403 之间的电气通信,则可以是任何的电路。cMUT 传感器阵列有时在基板 405 内混合设置了信号处理电路,将该信号处理电路内的开关电路等考虑为一个单元。此外,在作为超声波探头使用时,有时在探头内设置有进行收发信号的一部分信号处理的电路,把在该探头内部的电路内设置的开关电路等考虑为一个单元。并且,在把超声波探头与超声波摄像装置连接来使用时,在超声波摄像装置主体中设置有放大器、信号调制器、信号发生器等电路,还可以把在该主体内部的电路内设置的开关电路考虑为一个单元。由此,即使连接阻碍电路 404 在位于元件组 402 后级的上述任意电路中,也不用管连接阻碍电路的设置场所。

[0056] 附加连接阻碍电路 404,作为元件组 402 中的信号切断部。即,通过使用连接阻碍电路 404 阻碍元件组 402 与信号处理部 403 之间的电气连接,阻碍从信号处理部对元件组 402 发送的元件的发送信号的传递,或者阻碍从元件组 402 对信号处理部发送的接收信号的传递。即,连接阻碍电路 404 阻碍最外周部的元件组 402 用于进行其膜部的移位或振动的电信号的传递,从物理上防止了最外周部的元件组 402 作为超声波传感器发出发送信号。或者,连接阻碍电路 404,在最外周部的元件组 402 的膜部接受接收声压,进行移位或振

动等运动时,阻碍从元件组 402 对信号处理部发送的接收信号的传递。

[0057] 通过对在元件阵列的端部的列中配置的元件组 402 设置连接阻碍电路 404 来作为信号切断部,可以防止位于传感器的二维元件阵列边界的元件向信号处理部 403 传递与其他元件不同的收发信号的不良情况,可以使 cMUT 元件阵列作为超声波传感器的均一的元件组发挥功能。

[0058] 此外,作为本发明的优选实施例之一,可以实现把具有参照图 4 说明的元件构造以及二维排列的超声波传感器作为超声波探头使用的超声波摄像装置。此时,把在信号处理部 403 中处理后的接收信号发送给图像显示部 406,作为超声波图像在图像显示部 406 中显示。

[0059] 图 5 说明使用所述 b) 的排列的超声波传感器的一个实施例,表示图 1 的 A-A' 截面。在本实施例中,在半导体基板 501 上具备通常的元件组 502。通常的元件组 502 与图 2~图 4 所示的通常的元件组相同。即,在半导体基板 501 上各自具备用于支撑元件的构造的第一壁部 503、第一底部 504、与第一底部相向并由第一壁部 503 支撑的第一膜部 505、设置在第一底部上的第一电极 506、设置在第一膜部上的第二电极 507,实质上二维排列这些多个元件来构成元件阵列。在此,在本实施例中,具备包围通常的元件组 502 的外周而排列的追加的元件组 508。追加的元件组 508 各自具备第二壁部 509、第二底部 510、与第二底部相向并由第二壁部 509 支撑的第二膜部 511。并且,在本实施例中,具备对通常的元件组 502 的信号的收发进行控制的信号处理部 512。

[0060] 在本实施例中,将通常的元件组 502 和追加的元件组 508 合并,重新形成具有实质的二维排列的元件阵列。并且,在该新的元件阵列中,最外周部的元件组是追加的元件组 508。此外,追加的元件组 508 除了不存在于通常的元件组 502 中存在的第一电极 506 和第二电极 507 之外,与元件组 502 在构造上相同。图 5 中的通常的元件组 502 对应于图 1 中的第一元件组 101。追加的元件组 508 对应于图 1 中的第二元件组 102。

[0061] 因为构成追加的元件组 508 的各个元件不具有电极,所以无法对元件组 508 传递用于使膜部 511 移位或者振动的电信号。并且,膜部 511 无法通过来自外部的接收声压,把进行移位或者进行振动而产生的信号传递到元件的后面。即,追加的元件组 508 无法作为超声波传感器使用。此外,在图 3、图 4 的实施例中所记载的、针对追加的元件组 508 的直到信号处理部为止的信号传递电路 514 可以存在或者不存在。例如,为了设计上的方便,在使除了没有电极以外的掩膜布局与通常的元件组 502 相同较为理想时,可以与通常的元件组 502 同样地具备信号传递电路。此时,因为在追加的元件组底部、膜部也不存在电极,所以可知膜部无法将用于发送的振动和接收的振动传递到后面。并且,在信号传递电路 514 中可以具备图 4 的实施例中的信号阻碍电路。

[0062] 通过包围由通常的元件组 502 形成的实质的二维阵列的外周来追加追加的元件组 508,构成新的二维阵列,作为其最外周部的元件组排列追加的元件组 508。

[0063] 通过包围通常的元件组 502 来排列追加的元件组 508,可以防止传感器的位于二维元件阵列边界的元件发出与其他的元件不同的发送信号的不良情况、以及接收与其他的元件不同的接收信号的不良情况,可以使 cMUT 元件阵列作为超声波传感器,作为均一的元件组发挥功能。

[0064] 此外,作为本发明的优选实施例之一,可以实现把具有参照图 5 说明的元件构造

以及二维排列的超声波传感器作为超声波探头来使用的超声波摄像装置。此时,把在信号处理部 512 中处理后的接收信号发送给图像显示部 513,作为超声波图像在图像显示部 513 中显示。

[0065] 图 6 说明使用所述 b) 的排列的超声波传感器中的又一个实施例,表示图 1 的 A-A' 截面 600。本实施例的传感器的基本构造与图 5 几乎相同,在半导体基板 601 上具备通常的元件组 602 和包围通常的元件组 602 的外周排列的追加的元件组 603。通常的元件组 602 与图 5 相同,各自具备用于支撑元件的构造的第一壁部、第一底部、与第一底部相向并由第一壁部支撑的第一膜部、设置在第一底部上的第一电极、设置在第一膜部上的第二电极,实质上二维排列这些多个元件来构成元件阵列。追加的元件组 603 各自具备壁部 604、底部 605、与底部相向并由壁部 604 支撑的膜部 606。并且,在本实施例中,具备对通常的元件组 602 的信号的收发进行控制的信号处理部 608。

[0066] 通过填充部件 607 填充追加的元件组 603 的底部 605 和膜部 606 之间的空间。填充部件 607 实质上填充元件的底部 605 和膜部 606 之间的空间,只要能够抑制膜部 606 移位或者振动,无论什么种类的材料都可以,可以为气体或者液体或者固体。优选与图 3 的实施例相同,填充部件 607 与构成膜部 606 或者底部 605 的部件为同一材质,可以使用在通常的半导体工艺中一般使用的材质,例如氧化硅、氮化硅等。

[0067] 在本实施例中,与在图 5 中说明的实施例相同,通过使通常的元件组 602 和追加的元件组 603 合并,形成具有实质的二维排列的元件阵列。并且,在该新的元件阵列中,位于最外周部的元件组成为追加的元件组 603。图 6 中的通常的元件组 602 对应于图 1 中的第一元件组 101,追加的元件组 603 对应于图 1 中的第二元件组 102。

[0068] 因为构成追加的元件组 603 的各个元件不具有电极,所以无法对元件组 603 传递用于使膜部 606 移位或者振动的电信号。并且,膜部 606 无法通过来自外部的接收声压,把进行移位或者振动而产生的信号传递到元件的后面。即,追加的元件组 603 无法作为超声波传感器使用。此外,在图 3、图 4 的实施例中所记载的、针对追加的元件组 603 的直到信号处理部为止的信号传递电路 610 可以存在或者不存在。例如,为了设计上的方便,在使除了没有电极以外的掩膜布局与通常的元件组 602 相同较为理想时,可以与通常的元件组 502 同样地具备信号传递电路。此时,因为在追加的元件组底部、膜部中不存在电极,所以可知膜部无法将用于发送的振动和接收的振动传递到后面。并且,在信号传递电路 610 中可以具备图 4 的实施例中的信号阻碍电路。

[0069] 并且,在本实施例中,通过使用填充剂 607 实质地填充追加的元件组 603 的底部 605 与膜部 606 之间的空间,抑制了膜部实质地进行移位或者振动。因此,特别是在接收到来自外部的声压信号时,可以防止由于追加的元件组 603 的膜部 606 进行不必要的移位或者振动而产生二次的声波,从而对相邻的通常的元件造成次生的移位或振动的不良情况,兼具可以将追加的元件组 603 的存在对通常的元件组 602 造成的声学方面的副作用抑制到最小限度的特征。

[0070] 在本实施例中,与在图 5 中说明的实施例相同地,通过包围由通常的元件组 602 所形成的实质的二维阵列的外周来追加追加的元件组 603,作为新的二维阵列的最外周部的元件组,排列追加的元件组 603。

[0071] 通过包围通常的元件组 602 来排列追加的元件组 603,可以防止传感器的位于二

维元件阵列边界的元件发出与其他的元件不同的发送信号的不良情况、以及接收与其他的元件不同的接收信号的不良情况,可以将 cMUT 元件阵列作为超声波传感器,在稳定并且把偏差抑制到最小限度的状态下进行使用。

[0072] 此外,可以实现把具有参照图 6 说明的元件构造以及二维排列的超声波传感器作为超声波探头使用的超声波摄像装置。此时,把在信号处理部 608 中处理后的接收信号发送给图像显示部 609,作为超声波图像在图像显示部 609 中显示。

[0073] 以下,使用图 7 ~ 图 12 详细说明上述图 3 ~ 图 6 中所示的本发明的实施例带来的效果。

[0074] 图 7 表示了作为超声波传感器使用的 cMUT 芯片的元件阵列的二维排列的一例。为了简化图 7 的说明,将图 7 的纸面右侧方向设为 x 轴,将纸面上侧方向设为 y 轴,把从纸面背侧向表面侧贯穿纸面的方向设为 z 轴。

[0075] 在图 7 中,在半导体基板 700 上具备 y 轴方向的电极引出部 701 以及 x 轴方向的电极引出部 702。x 以及 y 方向的电极引出部,分别是给予可变的电位的电极或接地电极中的某一个。在图 7 中准备了 n 个 y 轴方向的电极引出部 701。

[0076] 例如,在将 cMUT 芯片作为一维的超声波传感器使用时,通过将 n 个电极引出部电连接地绑在一起,在 y 轴方向上形成某一个通道 703。准备与 x 轴方向的电极引出部数相同数量的通道。例如在准备了 100 个 x 轴方向的电极引出部 702 时,实现了由被独立驱动的 100 个通道形成的二维元件阵列所构成的、一维超声波传感器阵列。

[0077] 把在图 7 中一侧的一个电极 701 和另一侧的一个电极 702 的各个交点上存在的一组元件称为块。在图 7 中表示挑出 cMUT 芯片状的一个块 704 的示意图。在一个块中,在 x 轴方向上存在 1 个 cMUT 元件,在 y 轴方向上存在 m 个 cMUT 元件,总共存在 $1 \times m$ 个 cMUT 元件。 $1 \times m$ 个 cMUT 元件组是全部具有同一电极引出部的一个组,形成作为传感器在同一条件下被驱动的元件排列的最小单位。

[0078] 如上所述,因为例如通过 $1 \times m$ 个元件构成的块来形成作为超声波传感器的 cMUT,所以位于二维元件阵列的端部或者角部这样的边界部的元件的影响无法忽视而变得显著。详细地说,在某个通道 703 中,位于边界部的元件的数量仅为端部的 2×1 个。由此,在一个通道中, $2 \times 1 / (1 \times m \times n) = 2 / (m \times n)$ 是位于边界部的元件的数量。例如,在构成一个块的元件为 $1=4, m=6$,构成一个通道的块数量 $n=20$ 时,在一个通道的全部的元件中,仅有 $1/60$ 的元件成为边界部的元件。

[0079] 但是,实际上在同一条件下使用构成块的 $1 \times m$ 个元件,作为传感器进行接收以及发送的单位为一个块。即,此时在块内具有边界部元件的块在通道中通常为两个,并且通道内的块的数量为 n 个,所以受到边界部的元件的影响的块的比例为 $2/n$ 。即,在构成一个通道的块数 $n=20$ 时,受到边界部的影响的块的比例为 $2/20=1/10$,即,在全部的块中,数量达 10% 的块表现出与其他块不同的举动。因此,消除边界的影响,以全部的块实现同一举动,关系到减小作为超声波传感器的发送灵敏度、接收灵敏度的偏差,实现稳定的工作,并且关系到大幅度地改善最终在超声波摄像装置中得到的图像的画质。

[0080] 然后,在图 8 中说明 cMUT 元件的构造,并且在图 9 ~ 图 12 中说明由于边界部分的存在而产生的影响对于作为超声波传感器的发送灵敏度以及接收灵敏度多么显著,最终说明本发明的实施例对超声波传感器的收发灵敏度的偏差降低以及稳定化的效果。

[0081] 在此,使用图 8 说明 cMUT 元件的间隙厚度和崩溃电压。图 8 表示一般的 cMUT 元件的概要图。cMUT 元件在半导体基板 800 上,以作为支撑构造的部分的壁部 801、底部 802、与底部相向的膜部 803、设置在底部 802 上的第一电极 804 以及设置在膜部上的第二电极 805 作为基本的构成要素。

[0082] 元件的间隙厚度对应于图 8 中的长度 d_2 。通过在第一电极 804 和第二电极 805 之间施加交流电流,在初期具有长度 d_2 的元件的间隙部的静电力发生变化,膜部 803 进行机械振动。由于该作用,cMUT 元件可以作为超声波传感器向外部发射发送声压。相反地,在声压振幅从外部到来时,通过声压振幅使膜部 803 振动,振动导致的位移使电极 804 以及 805 所构成的电容器的静电容量变化。此时,如果预先对上下电极之间施加偏置电压,则作为与声压振幅对应的接收信号,流过与静电容量的变化相伴的电流。由此,cMUT 元件起到作为超声波传感器进行接收的效果。在此,元件的间隙厚度 d_2 实际上对应于膜部 803 能够如何地进行移位,即对应于膜部向下部电极一侧的可动长度的最大值,成为决定膜部的位移允许量或交流电流的电压振幅的极限的指标。

[0083] 此外,为了简便可以将 cMUT 元件考虑为如上所述具有静电容量的电容器。此时,作为电容器的静电容量的大小也和间隙厚度 d_2 一样,是决定 cMUT 元件的特性的重要的量。参照图 8 可知,在电极 804、805 之间,不仅存在厚度为长度 d_2 的间隙,还存在具有 d_1 长度的膜部 803 的一部分以及具有 d_3 长度的底部 802 的一部分。因此,当还加入这些 d_1 、 d_3 部分的静电容量来考虑合成容量时,有效间隙厚度 d_{eff} 成为

$$[0084] d_{\text{eff}} = (d_1 + d_3) / \epsilon + d_2$$

[0085] 在此,所谓有效间隙厚度,是在假设 d_1 、 d_2 、 d_3 的长度的范围全部为真空时的、等价的间隙的厚度。使用该有效间隙厚度,按照

$$[0086] C = (\epsilon_0 \times A) / d_{\text{eff}}$$

[0087] 来给出 cMUT 元件的静电容量 C。 ϵ 是在设 d_1 部分和 d_2 部分为同一材料时的该材料的相对介电常数, ϵ_0 是真空的介电常数, A 是膜部 803 的有效面积。

[0088] 为了决定在将实际制作出的 cMUT 元件作为超声波传感器使用时的偏置电压、交流驱动电压的振幅的上限,重要的是得知制造出的 cMUT 元件的实际的有效间隙厚度 d_{eff} 的值,此外还要得知 cMUT 元件的静电容量的大小 C。为此,有时利用 cMUT 元件的崩溃电压 V_c 。所谓崩溃电压,是指准静态地在电极 804 和 805 之间施加逐渐增大的正电位差时,偏离稳定点,膜部 803 瞬间接触底部 802 时的电压,在将膜有效地看作平行平板时,崩溃电压 V_c 通过

$$[0089] V_c = \{(8 \times d_{\text{eff}}^3 \times k) / (27A \times \epsilon_0)\}^{0.5}$$

[0090] 来表示。在此, k 为膜部 803 的有效刚性, A 为膜部 803 的有效面积。通过测量该崩溃电压 V_c ,可以估计有效间隙厚度 d_{eff} 、元件的静电容量 C,可以将该崩溃电压 V_c 作为决定 cMUT 元件的使用条件,即决定直流偏置电压、交流驱动电压的指标。

[0091] 在此,位于边界附近的元件的影响成为问题。即,位于边界附近的元件与其他元件相比,崩溃电压 V_c 或间隙厚度 d_2 以及有效间隙厚度 d_{eff} 的大小不同,对决定 cMUT 元件的使用条件造成较大的影响,结果,使作为超声波传感器的发送、接收的灵敏度显著降低。以下使用图 9 ~ 图 12 详细叙述该影响。

[0092] 图 9、图 10 表示了对以 cMUT 元件构成的超声波传感器中的、构成某一个通道 900 的块 902 以及 903 缓缓地施加直流的偏置电压时的、每个元件的崩溃电压的分布。横轴表示

所施加的偏置电压,纵轴表示在该直流偏置电压下达到崩溃电压 V_c 的元件的个数(频度)。

[0093] 图 9 表示在具有边界部的块 903 中的边界部的元件中,由于制造后的构造不均一性而产生的局部的电场强度分布的不均一性或者端部的应力偏向的朝向是使崩溃电压减小的方向的情况。即,表示了与不具有边界部的块 902 相比,具有边界部的块 903 具有低的崩溃电压 V_c 的情况。图 10 与图 9 的情况相反,是在具有边界部的块 903 中的边界部的元件中,由于制造后的不均一性而产生的局部的电场强度分布的不均一性或端部的应力偏向的朝向是使崩溃电压上升的方向的情况。即,表示了与不具有边界部的块 902 相比,具有边界部的块 903 具有高的崩溃电压 V_c 情况。图 9、图 10 的图表中的实线 904、实线 1001 表示不具有边界部的块 902 的崩溃电压的频度。此外,虚线 905、虚线 1002 表示具有边界部的块 903 的崩溃电压的频度。

[0094] 图 11 表示传感器内的元件呈现了图 9、图 10 那样的崩溃电压的频度分布时的、静电容量相对于偏置电压的关系。图 11 的实线 1100 对应于全部的元件呈现几乎相同的崩溃电压时,即取得图 9、图 10 中的实线 904、1001 的频度分布时的结果。图 11 的点划线 1101 对应于在图 9 中,边界的元件与除此之外的元件相比呈现较低的崩溃电压时(虚线 905)结果。图 11 的虚线 1102 对应于在图 10 中,边界的元件呈现高的崩溃电压时(虚线 1002)的结果。

[0095] 在图 7 中已经说明了在一维阵列的超声波传感器具有由 n 个块构成的通道时,以 $2/n$ 的比例表现边界部的元件的影响。另一方面,实际的边界部的元件例如在上述的例子中仅具有 $2/(n \times m)$ 的数量。由此,边界条件的元件的影响被扩大为实际影响的 m 倍,有时成为无法忽略的差。该影响例如在图 11 所示那样的、对应于偏置电压的静电容量的测量值中显著。在此,在如图 9 那样边界部的元件与其他元件相比呈现低的崩溃电压时,与全部的元件呈现几乎相同的崩溃电压时的转折点电压 V_0 相比,表示较低的转折点电压 V_1 ,相反地,在如图 10 那样边界部的元件与其他元件相比呈现高的崩溃电压时,与上述 V_0 相比表示较高的转折点电压 V_2 。

[0096] 在图 11 中明确的结果正是表示以下的事实。即,尽管几乎所有的元件呈现 V_0 的崩溃电压,但测量结果却像图 11 所示的 V_1 、 V_2 那样,作为崩溃电压出现比看到的 V_0 小或者大的电压。该事实对于作为最终的超声波传感器的 cMUT 的使用条件产生以下的弊端。即,1)在边界部的元件的崩溃电压看上去低时,即便大部分的元件距离崩溃电压还具有余裕时,也将 V_1 判定为崩溃电压。2)在边界部的元件的崩溃电压看上去高时,即便边界部以外的几乎所有的元件在偏置电压超过了 V_0 的时刻达到了崩溃,也将高于 V_0 的电压 V_2 判定为崩溃电压。

[0097] 图 12 是所述 1) 的情况,即,表示把低电压判定为崩溃电压时的发送、接收灵敏度之差的仿真结果。图 12 (a) 是 cMUT 元件的发送灵敏度的计算结果的图表,图 12 (b) 是 cMUT 元件的接收灵敏度的计算结果的图表,横轴表示频率,纵轴表示由分贝(dB)表示的灵敏度的大小。在图 12 (a)、图 12 (b) 的双方中,浅色线 1202 以及 1204 表示没有较低地估计崩溃电压地,决定了驱动时的偏置电压时的灵敏度,深色线 1203 以及 1205 表示较低地估计崩溃电压时的灵敏度。根据计算结果,在较低地估计崩溃电压时,成为以下的结果:作为传感器的灵敏度,发送以及接收灵敏度都大幅降低,发送和接收灵敏度分别降低 2dB 左右。发送和接收总共灵敏度大约降低 4dB,这样的灵敏度差(偏差)在应用超声波传感器方面是

无法忽略的。

[0098] 如图 7 ~ 图 12 所示, 放任由半导体工艺导致的、二维阵列排列的边界部的元件的电气、机械、构造方面的不均一性, 将会使作为超声波传感器的 cMUT 的性能显著降低。因此, 如图 3 ~ 图 6 所示, 作为保证超声波传感器的收发灵敏度的均一性以及偏差较小地稳定地进行工作的技术, 消除形成超声波传感器的 cMUT 元件所引起的二维阵列的边界部或外周部的不均一性是有效的。

[0099] 图 13 是将本发明的超声波传感器作为超声波探头使用的超声波摄像装置的概要图。超声波探头 1301 向患者体内发送超声波, 并接收从患者体内反射的回波信号。将接收信号传递到超声波摄像装置主体 1302。此外, 接收信号在超声波探头 1301 或者在超声波摄像装置主体 1302 或者在双方中, 在经过信号处理后, 在图像显示部 1303 中显示超声波图像。详细地说, 例如在超声波摄像装置主体 1302 中的发送波波束形成单元 1304 中生成发送波束的信号, 在经过 D/A 转换器 1305 后发送到超声波探头 1301, 从探头发出超声波。探头 1301 在接收到来自体内的回波信号后, 向摄像装置主体 1302 传递信号。在摄像装置主体中经过 A/D 转换器后, 通过接收波波束形成单元 1307, 被传递到图像处理部 1308。在图像处理部 1308 中进行各种滤波、包络线信号检测、扫描变换等各种图像处理。最终在图像显示部 1303 中显示超声波图像。在此, 在超声波探头 1301 的进行收发的头部 1309 中安装 cMUT 元件阵列, 构成该元件阵列的元件组具有在图 3 至图 6 中说明的任意一种构造。

[0100] 最后, 在本发明中使用的元件的构造以及排列, 为二维元件阵列, 这不仅在超声波传感器进行发送和接收双方时, 在只进行接收时也是实施方式的优选形态之一。即, 即使作为具有在图 3 至图 6 中说明的排列以及构造的、二维元件阵列式的被动传感器来使用, 也是优选的实施方式之一。

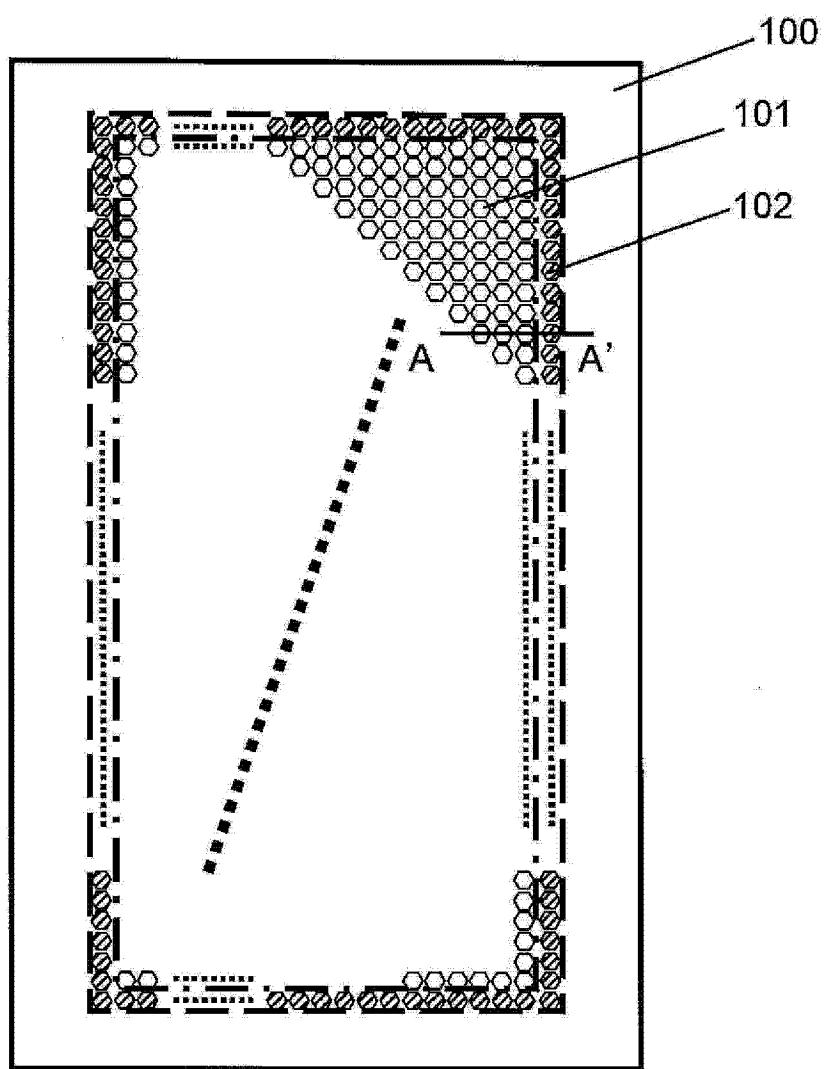


图 1

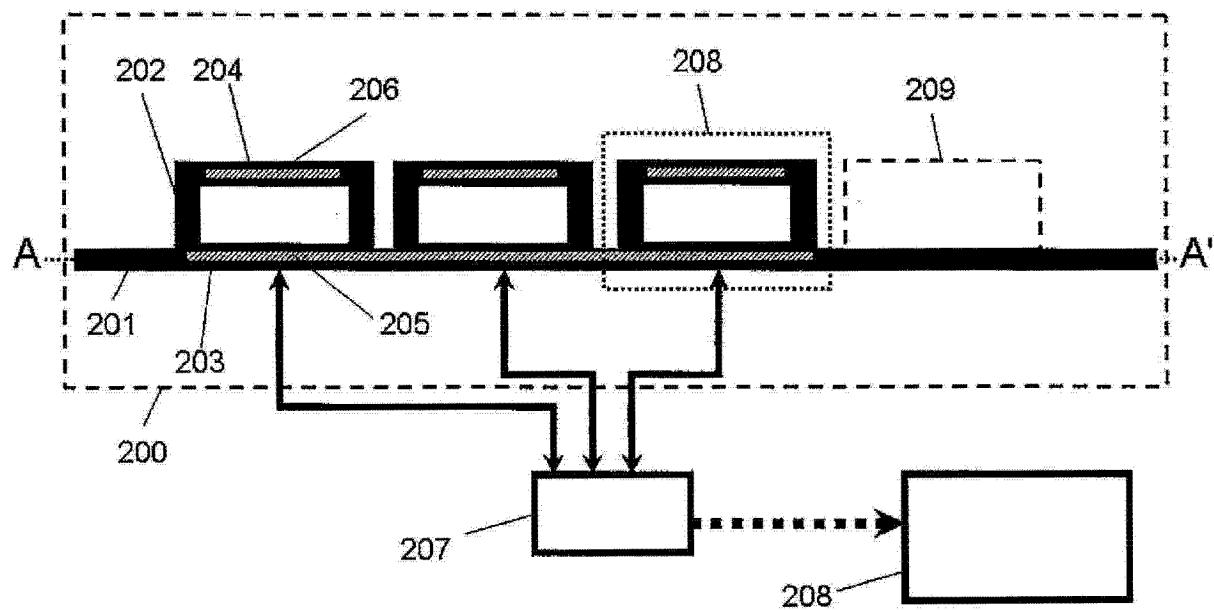


图 2

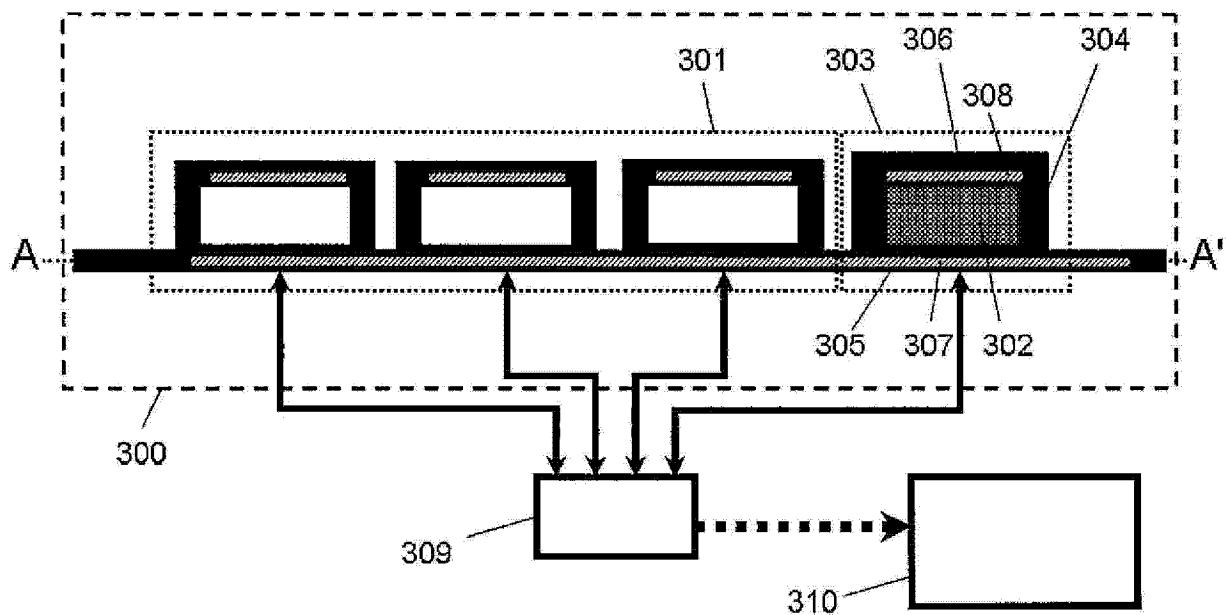


图 3

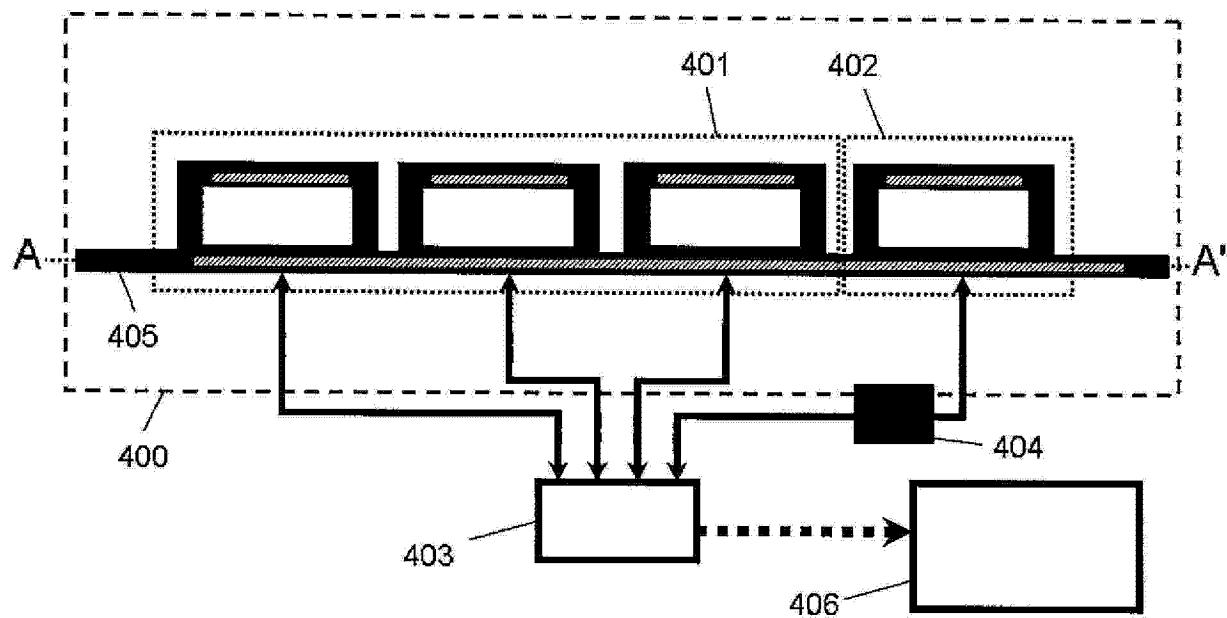


图 4

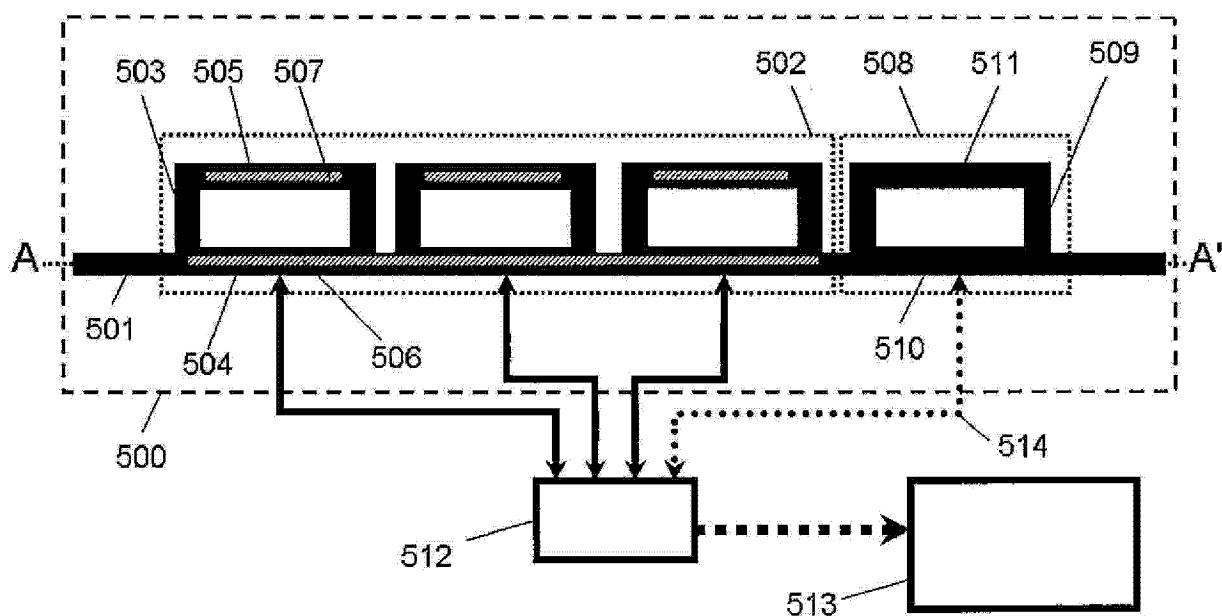


图 5

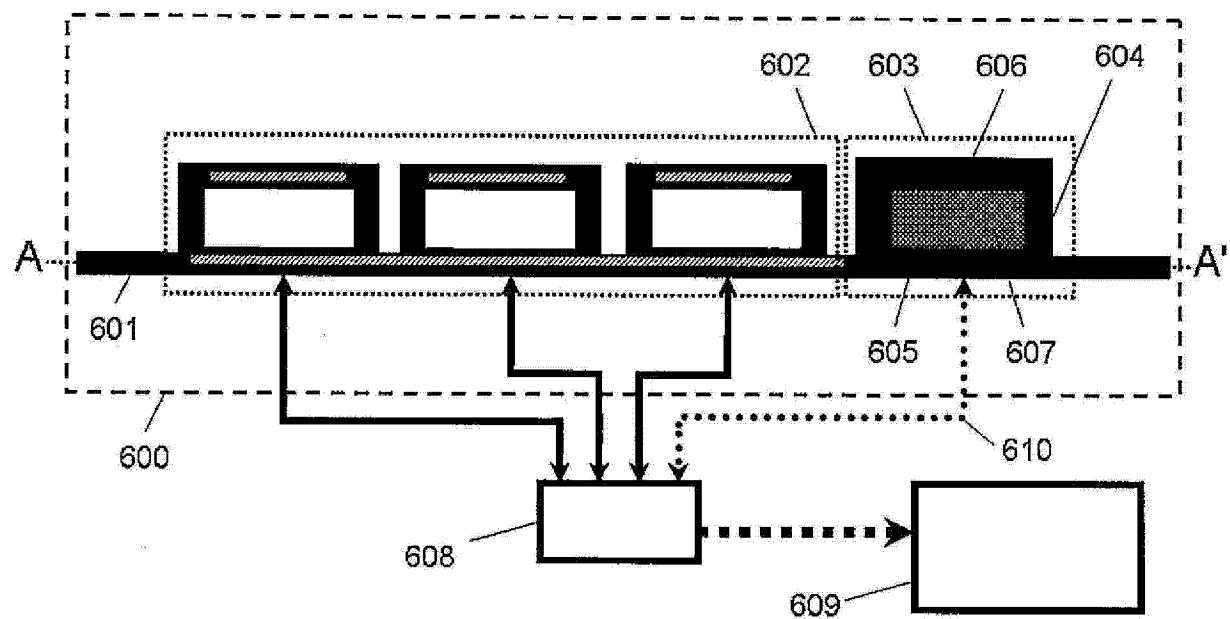


图 6

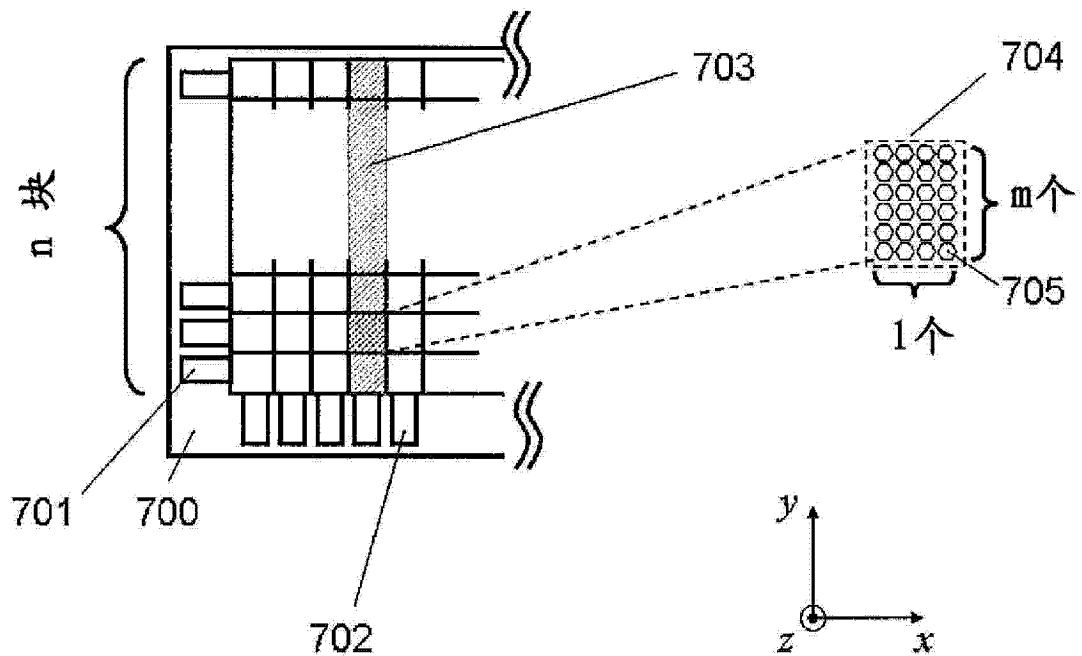


图 7

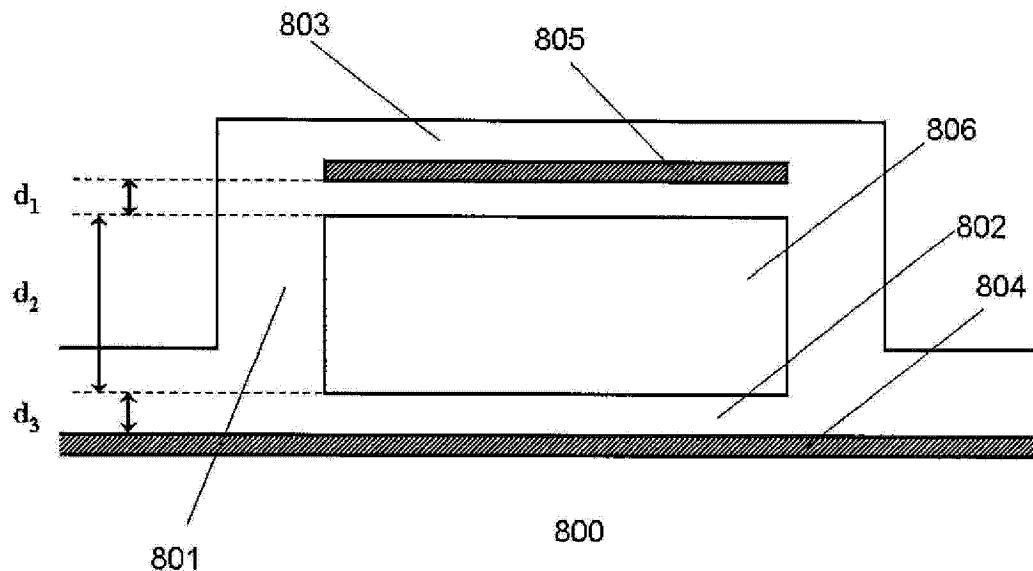


图 8

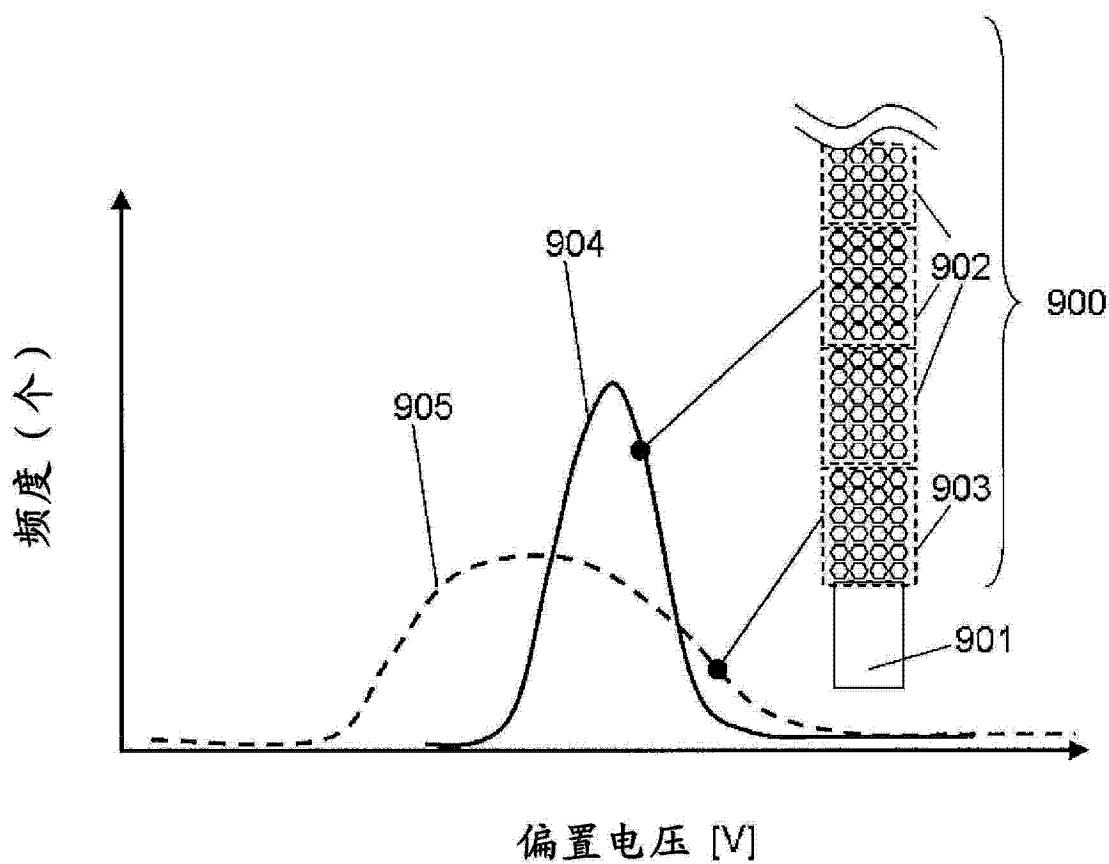


图 9

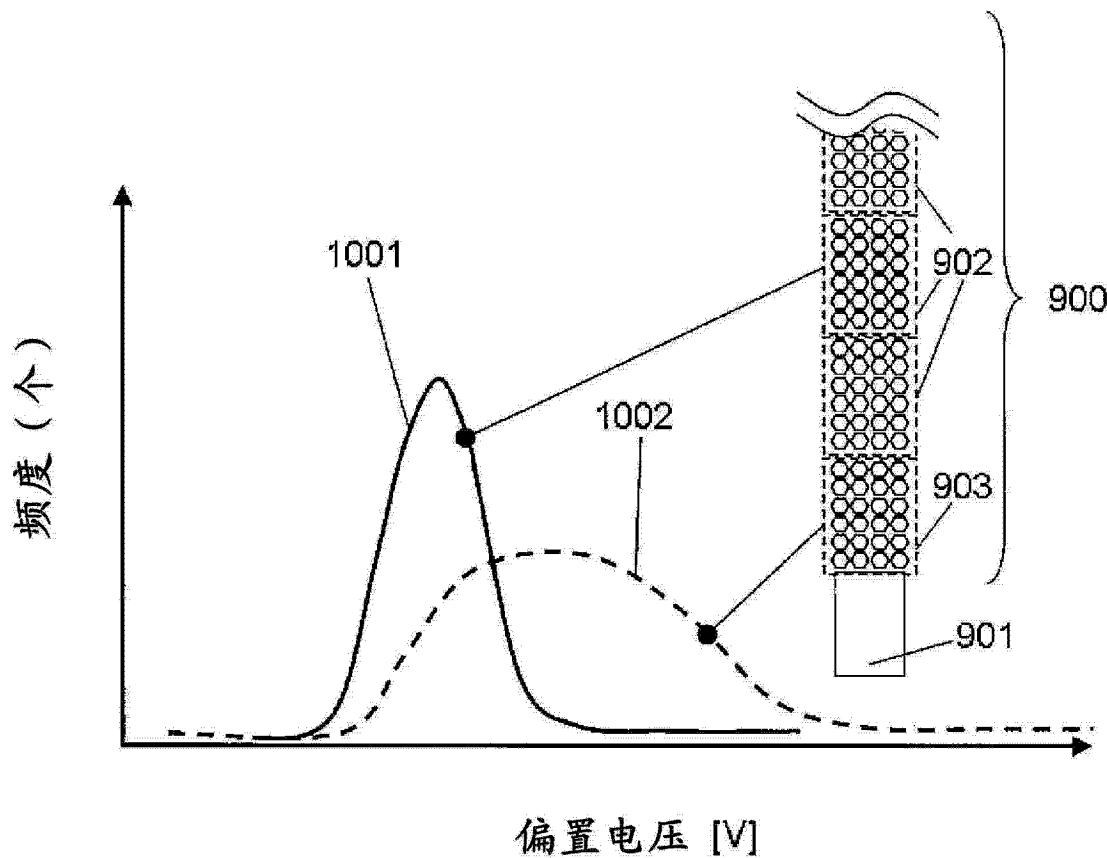


图 10

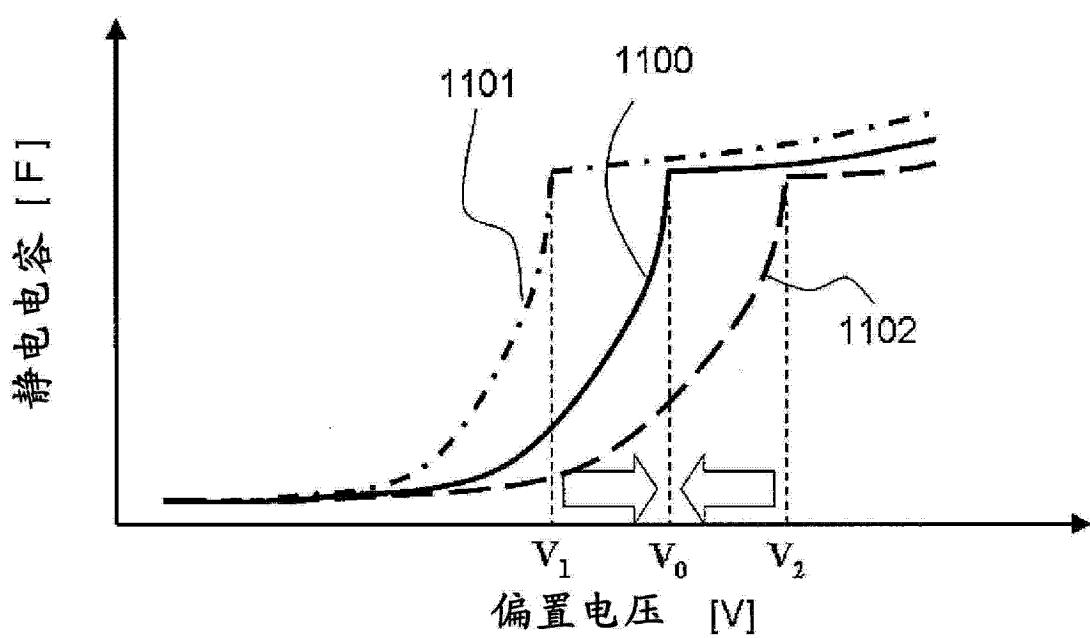


图 11

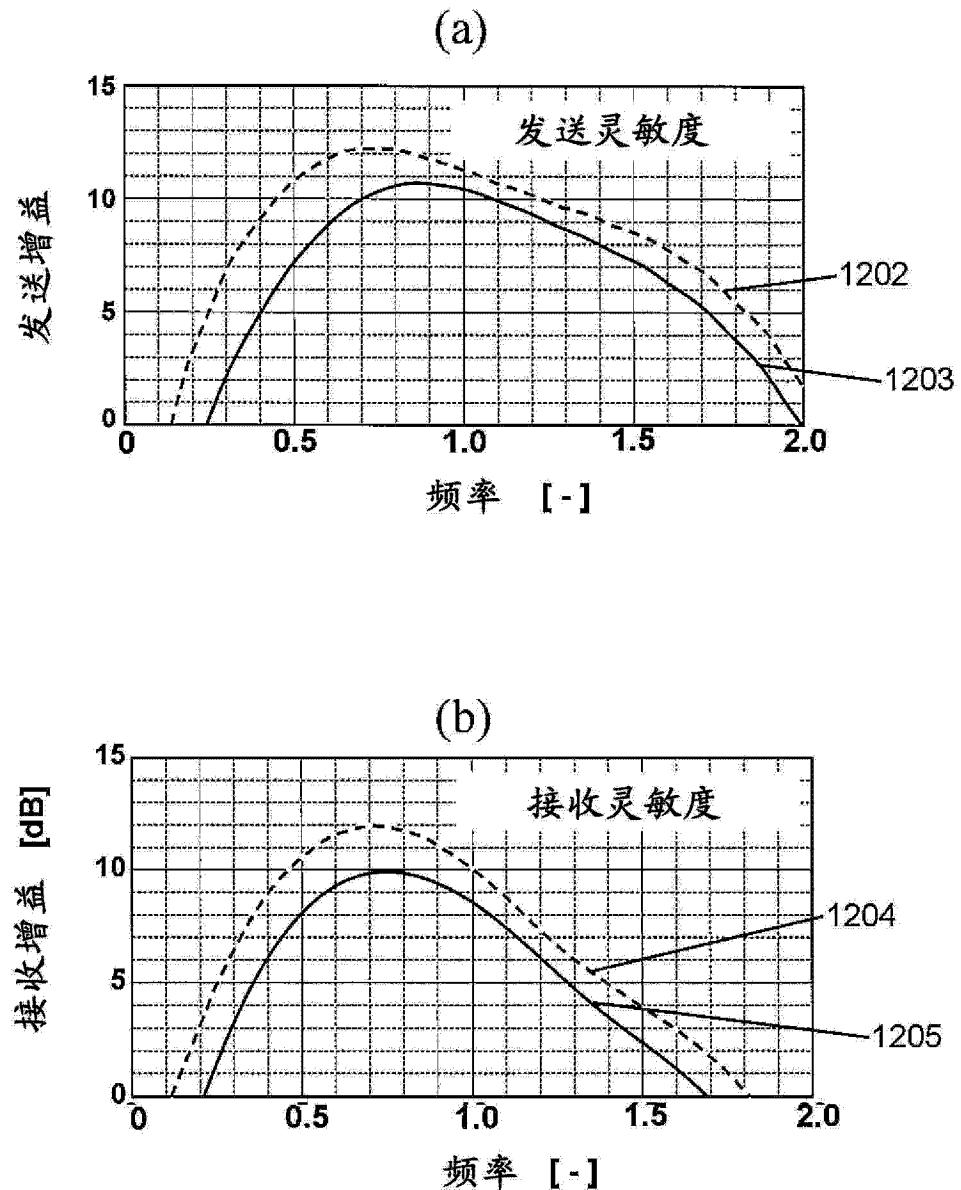


图 12

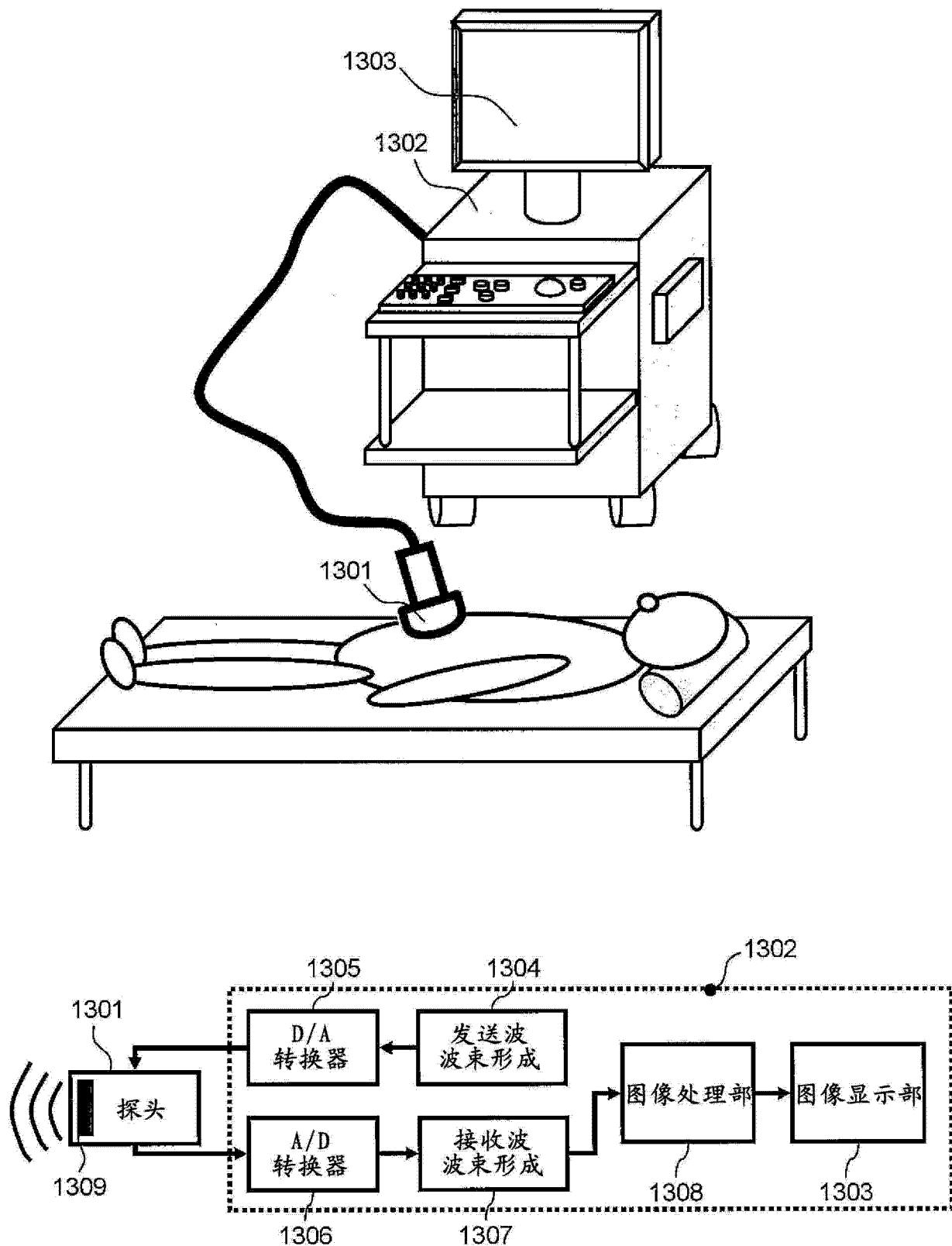


图 13

专利名称(译)	静电容量式传感器以及超声波摄像装置		
公开(公告)号	CN103350064A	公开(公告)日	2013-10-16
申请号	CN201310065801.1	申请日	2008-01-23
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 株式会社日立医药		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 株式会社日立医药		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 株式会社日立医药		
[标]发明人	池田贞一郎 田中宏树 町田俊太郎		
发明人	池田贞一郎 田中宏树 町田俊太郎		
IPC分类号	B06B1/02 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4483 A61B8/00 B06B1/0292 A61B2562/028		
代理人(译)	杨继平		
优先权	2007118896 2007-04-27 JP		
其他公开文献	CN103350064B		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

本发明公开了一种静电容量式传感器以及超声波摄像装置。对cMUT元件阵列赋予均一并且稳定的特性，实现声学特性的提高。在元件(102)中追加设置用于切断元件的移位、振动以及信号收发的信号切断部，该元件(102)位于作为能够进行通常的收发的传感器而被设计并制造的、cMUT元件的二维阵列(101)的最外周部或端部的位置。

