



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108348217 A

(43)申请公布日 2018.07.31

(21)申请号 201680063958.2

(22)申请日 2016.11.02

(30)优先权数据

15192480.0 2015.11.02 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.05.02

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2016/076316 2016.11.02

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/076843 EN 2017.05.11

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 H-P·勒布尔 A·W·格伦兰德

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 蔡洪贵

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

B06B 1/02(2006.01)

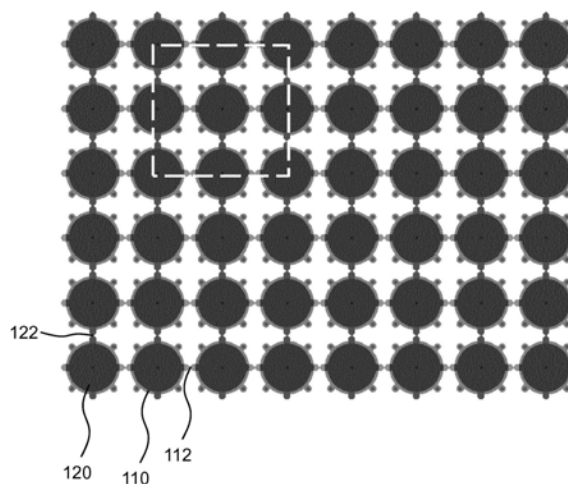
权利要求书1页 说明书12页 附图10页

(54)发明名称

超声换能器阵列、探头和系统

(57)摘要

本发明提供一种超声换能器阵列,包括多个CMUT(电容式微加工超声换能器)单元(100),每一CMUT单元包括承载第一电极布置结构的第一电极(110)的衬底(300),该衬底与包括第二电极布置结构的第二电极(120)的柔性膜片在空间上间隔开一间隙(130),所述第一电极和所述第二电极中的至少一个通过至少一个电介质层(311、313)与所述间隙电绝缘,其中所述第一电极布置结构和所述第二电极布置结构中的至少一个被分割成通过各自的熔丝部分(112、122)互连的多个区段。本发明还公开包括此类超声换能器阵列的一种超声探头和一种超声系统。



1. 一种超声换能器阵列, 包括:

多个CMUT (电容式微加工超声换能器) 单元 (100), 每一CMUT单元包括承载第一电极布置结构的第一电极 (110) 的衬底 (300), 其中所述衬底的至少一部分与包括第二电极布置结构的第二电极 (120) 的柔性膜片在空间上间隔开一间隙 (130), 且所述第一电极和所述第二电极中的至少一个通过至少一个电介质层 (311、313) 与所述间隙电绝缘, 其中所述第一电极布置结构和所述第二电极布置结构中的至少一个被分割成通过各自的熔丝部分 (112、122) 互连的多个区段, 其中:

所述第一电极布置结构包括多行第一电极 (110), 每一行中的所述第一电极通过各自的熔丝部分 (112) 互连; 且

所述第二电极布置结构包括多列第二电极 (120), 每一列中的所述第二电极通过各自的熔丝部分 (122) 互连, 其中每一行和每一列都是可单独寻址的。

2. 根据权利要求1所述的超声换能器阵列, 其中, 每一熔丝部分 (112、122) 具有不超过 $1 \Omega/\square$ 的薄层电阻。

3. 根据权利要求1或2所述的超声换能器阵列, 其中, 所述至少一个电介质层包括在所述间隙 (130) 和所述第一电极 (110) 之间的第一电介质层 (311) 以及在所述间隙和所述第二电极 (120) 之间的第二电介质层 (142、313)。

4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的超声换能器阵列, 其中, 每一熔丝部分 (112、122) 是带状的。

5. 根据权利要求1至3中的任一项所述的超声换能器阵列, 其中, 每一熔丝部分 (112、122) 是蝴蝶结状的。

6. 一种超声探头 (50), 包括根据权利要求1至5中的任一项所述的超声换能器阵列。

7. 一种超声系统 (1), 包括根据权利要求1至5中的任一项所述的超声换能器阵列或根据权利要求6所述的超声探头 (50), 所述超声系统进一步包括导电性地联接到所述第一电极布置结构和所述第二电极布置结构的电源。

8. 根据权利要求7所述的超声系统 (1), 其中, 所述超声系统是超声诊断成像系统或超声治疗系统。

超声换能器阵列、探头和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声换能器阵列,其包括多个CMUT(电容式微加工超声换能器)单元,每一CMUT单元包括承载第一电极布置结构的第一电极的衬底,其中该衬底的至少一部分与包括第二电极布置结构的第二电极的柔性膜片在空间上间隔开一间隙,第一电极和第二电极中的至少一个通过至少一个电介质层与所述间隙绝缘。

[0002] 本发明进一步涉及一种包括此类超声换能器阵列的超声探头。

[0003] 本发明还进一步涉及一种包括此类超声换能器阵列和/或超声探头的超声系统。

背景技术

[0004] 电容式微加工超声换能器(CMUT)装置作为感测设备(例如,成像设备)范围内的传感器得到迅速地普及。这是因为CMUT装置可提供优良的带宽和声学阻抗特性,这使其优于(例如)压电换能器。

[0005] CMUT膜片的振动可通过施加压力(例如,使用超声)触发或可被电诱发。通常借助于集成电路(IC)(例如,专用集成电路(ASIC))电连接至CMUT装置有助于该装置的发射和接收两种模式。在接收模式中,膜片位置的改变致使电容的改变,这种改变可以通过电子方式寄存。在发射模式中,施加电信号致使膜片振动。

[0006] CMUT装置通常利用所施加的偏压电压操作。CMUT可在所谓的塌陷模式中操作,在这种模式中所施加的偏压电压被提高到超过塌陷电压以限制膜片并约束其抵靠衬底的部分,使得仅衬底的一部分与柔性膜片在空间上间隔开。CMUT装置的操作频率通过膜片的材料和物理性质(诸如,刚度)和腔室的尺寸来表征。偏压电压和CMUT装置的应用也影响操作模式。CMUT装置通常被用在用于超声成像应用的设备中以及其中CMUT装置被用以检测流体或空气压力的其它应用中。压力致使膜片偏转,该偏转被以电子方式感测为电容变化。因此可得出压力读数。

[0007] 图1示意性地绘示出常规CMUT装置的俯视图且图2示意性地绘示出沿着常规CMUT装置的图1中的线A-A'的横截面。CMUT装置可在该装置的CMUT区域10中包括多个CMUT单元100(例如,CMUT阵列),且可另外包括多个互连件200,该多个互连件可包括多个布线线路205,并且可位于该装置的互连区域20内。CMUT区域10和互连区域20之间的边界在图2中由竖直虚线指示。互连件200通常提供至导电触点210(诸如,CMUT装置内部的接合垫)的互连。此类导电触点可提供至外部空间的连接或可被用于利于CMUT装置的不同元件之间(例如,不同CMUT单元100之间,CMUT单元100和信号处理元件之间等等)的互连。

[0008] 每一CMUT单元100通常包括通过腔室130与第二电极120间隔开的第一电极110。第二电极120通常被嵌置在由一个或多个电绝缘层或电介质层制成的膜片140内。常规CMUT设计具有层厚度约为1-2微米的膜片140,该膜片可通过常用的制造方法(例如,等离子体增强化学气相沉积(PECVD))进行加工。然而,在需要CMUT单元100于低频下操作的情况下,膜片的直径D可能需要超过100微米,这可导致膜片140的厚度增加,例如,大于3微米。

[0009] 在一些设计中,第二电极120被嵌置在膜片140中,即夹在距离相对薄的电介质层

部分142和相对厚的电介质层部分144之间而远离腔室130,以防止在包括第二电极120的膜片140朝向第一电极110变形时在第一电极110和第二电极120之间短路。另外或替代性地,第一电极110可由相对薄的电介质层(未示出)来保护,以防止在包括第二电极120的膜片140朝向第一电极110变形时在第一电极110和第二电极120之间短路。

[0010] 在一些应用领域中,CMUT单元100可在所谓的塌陷模式中操作,其中膜片140与CMUT单元的底层(衬底)永久接触且被迫在此塌陷状态中共振。这例如可增加CMUT单元100的灵敏度和发射功率。

[0011] 当在塌陷模式中操作时,CMUT单元100必须经受在底部电极110和顶部电极120之间的约为数MV/cm(例如,2-6MV/cm)的高电场。在CMUT中使用的保护性电介质层可以是例如通过PECVD或提供良好的阶梯覆盖率(step coverage)的其它适合的薄膜沉积技术制成的SiO₂。然而,电极通常并非完全光滑,例如可具有相对大的表面粗糙度或在电极的薄膜沉积期间颗粒可能存在于电极接收表面上。而且,保护性电介质层中可能存在缺陷。因此,难以实现可靠的高击穿电场。然而,这需要稳健的CMUT阵列,其中所有的CMUT单元100应同样具有高击穿场,或至少具有变化不超过可接受公差击穿场。

发明内容

[0012] 本发明试图提供一种可靠地表现出高击穿电场的超声换能器阵列。

[0013] 本发明另外试图提供一种包括此类超声换能器阵列的超声探头。

[0014] 本发明还另外试图提供一种包括此类超声探头或超声换能器阵列的超声系统。

[0015] 根据一方面,提供一种超声换能器阵列,包括多个CMUT(电容式微加工超声换能器)单元,每一CMUT单元包括承载第一电极布置结构的第一电极的衬底,其中该衬底的至少一部分与包括第二电极布置结构的第二电极的柔性膜片在空间上间隔开一间隙,第一电极和第二电极中的至少一个通过至少一个电介质层与该间隙电绝缘,其中第一电极布置结构和第二电极布置结构中的至少一个被分割成通过各自的熔丝部分互连的多个区段,其中第一电极布置结构包括多行第一电极,每一行中的第一电极通过各自的熔丝部分互连;且第二电极布置结构包括多列第二电极,每一列中的第二电极通过各自的熔丝部分互连,且每一行和每一列都是可单独寻址的。

[0016] 将熔丝部分包括在超声换能器阵列的电极布置结构中确保在电极布置结构的区段中的一个内发生局部短路时,由于与该短路相关联的局部高电流将致使将该区段与电极布置结构的其余部分分隔开的熔丝部分熔断,所以该区段与电极布置结构的其余部分隔离,从而使发生短路的区段与电极布置结构的其余部分隔离。因此,由于短路与电极布置结构的其余部分电隔离,所以电极布置结构的其余部分可保持功能性且被保护以免受局部短路的损坏。每一CMUT单元能通过选择适当的行和列按照无源矩阵型寻址方案单独寻址。在CMUT单元中的一个失效时,通过使将失效的CMUT单元连接到在相关行和列中的其相邻单元的熔丝部分损毁,仅使相关联的行和列不能操作,使得超声换能器阵列的其余部分可保持操作性。

[0017] 在一实施例中,每一熔丝部分具有不超过1 Ω / $\square$ 的薄层电阻。这确保在电极布置结构的正常操作期间,电流将流经这些熔丝部分,而在发生短路时,这些熔丝部分将熔断,例如烧穿等,以便使包括短路的区段不能操作。导电迹线形成的网格可表现出约为0.1 Ω /

□的典型薄层电阻,其中每一熔丝部分具有超过导电迹线形成的网格的典型薄层电阻的薄层电阻。

[0018] 该至少一个电介质层可包括在间隙和第一电极之间的第一电介质层以及在间隙和第二电极之间的第二电介质层,以便进一步改善CMUT单元防范短路发生的鲁棒性。

[0019] 熔丝部分可具有将允许熔丝部分在电极布置结构的任何其它区域之前失效的任何适合的形状,例如其中熔丝部分与电极布置结构的连接有熔丝部分的部分相比具有较小宽度的形状。举例来说,每一熔丝部分可以是带状的,其中熔丝部分可被成形为导电迹线,该导电迹线与其中放置熔丝部分的导电迹线相比具有较小宽度,或可以是蝴蝶结状的,即,限定电极布置结构的导电迹线中的窄点(pinch point)。

[0020] 根据另一方面,提供一种包括上述实施例中的任一个的超声换能器阵列的超声探头。此类超声探头受益于由于如上文所解释的超声换能器阵列中的短路未必导致整个阵列突然失效而增加的鲁棒性和使用寿命。

[0021] 根据又一方面,提供一种包括前述实施例中的任一个的超声换能器阵列或超声探头的超声系统,该超声系统进一步包括导电性地联接到第一电极布置结构和第二电极布置结构的电源。此类超声系统可以是超声诊断成像系统,在此情况下,该系统通常适应于发射成像脉冲和接收成像脉冲回波,或可以是超声治疗系统,在此情况下,该系统可适于发射高能超声脉冲序列,例如,以摧毁患者的受损或病变组织。

附图说明

[0022] 通过参照附图的非限制性示例的方式更详细地描述本发明的实施例,其中:

[0023] 图1示意性地绘示出已知CMUT换能器阵列的俯视图;

[0024] 图2示意性地绘示出已知CMUT换能器阵列的横截面;

[0025] 图3示意性地绘示出根据一实施例的制造CMUT阵列的方法;

[0026] 图4示意性地绘示出根据一实施例的CMUT换能器阵列的俯视图;

[0027] 图5更详细地、示意性地绘示出图4的CMUT换能器阵列的若干方面;

[0028] 图6示意性地绘示出根据另一方面的CMUT换能器阵列的俯视图;

[0029] 图7更详细地、示意性地绘示出图6的CMUT换能器阵列的一方面;

[0030] 图8更详细地、示意性地绘示出图6的CMUT换能器阵列的另一方面;和

[0031] 图9示意性地绘示出根据一示例实施例的超声系统。

具体实施方式

[0032] 应理解,附图仅是示意性的且未按比例绘制。还应理解,在整个附图中使用相同的附图标记来指示相同或类似的部件。

[0033] 图3示意性地绘示出CMUT换能器阵列制造方法的非限制性示例实施例。该方法在步骤(a)中以提供衬底300开始,该衬底可以是任何适合的衬底,例如硅衬底、绝缘体上硅衬底、硅锗衬底、氮化镓衬底等等。基于硅的衬底可例如被用于CMOS制造工艺中。衬底300可包括若干结构,例如半导体装置、使半导体装置和/或CMUT单元互连的金属化堆叠体、在金属化堆叠体上的钝化堆叠体等等。衬底300可(例如)是在其层压堆叠体(例如,钝化和/或平面化堆叠体)上包括CMUT单元100的专用集成电路(ASIC)的衬底,其中CMUT单元100可通过金

属化堆叠体连接到衬底300上的信号处理电路。此类衬底300的提供本身是公知的且属于熟练技术人员的常规技能,因此,仅为了简明起见不进一步详细论述适合的衬底300的提供。

[0034] 在衬底300上形成第一电极110,该电极可由任何适合的导电材料(例如,金属或金属合金、经掺杂的半导体材料(例如,经掺杂的多晶硅)、(半)导电氧化物)等等形成。例如,尤其有利的是使用易于在所选择的制造技术中获得的金属,因为这需要制造流程的最小重新设计,从成本角度来说这是有吸引力的。举例来说,在CMOS工艺中,可使用导电材料(例如,Al、W、Cu、Ti、TiN等等)以及这些材料的组合形成第一电极110。

[0035] 根据本发明的一实施例,形成第一电极110会在衬底300上形成第一电极布置结构的一部分,该第一电极布置结构包括CMUT单元100的相应的第一电极110。如下文将更详细地解释,第一电极布置结构被分割成通过各自的熔丝部分电互连的多个区域,该熔丝部分被设计成在第一电极布置结构的连接区域遭遇短路时熔断,使得与该短路相关联的局部高电流无法扩展到第一电极布置结构的相邻区段,从而保护这些相邻区段免于被这些高电流损坏。熔丝区域可通过将第一电极布置结构的对应部分适当地设定尺寸来形成。这例如可简单地通过应用被用于沉积或图案化用以形成第一电极布置结构的导电材料的对应掩模设计来实现。

[0036] 同时,可在衬底300上形成导电触点210,该导电触点可例如通过图案化用以形成一个或多个第一电极110和一个或多个接合垫的沉积金属或金属合金层由与包括第一电极110的第一电极布置结构相同的材料制成。导电触点210未必是接合垫,而是可采取任何适合的形状,例如,在导电触点210将提供用于如先前所述的(内部)I/O布线目的的触点的情况下。在接合垫210被设置于不同层中(例如,衬底300的金属化堆叠体的顶层(未示出)中、如稍后更详细地解释的限定包括第二电极120的第二电极布置结构的层中,等等)的情况下,可从该步骤省略导电触点210的形成。

[0037] 随后,第一电极110、(任选的)导电触点210和衬底300可任选地由电绝缘材料层311覆盖。这在步骤(b)中示出。电绝缘层在本申请中还被称为电介质层。此类电介质层311例如可被用于使第一电极110与其反电极120(见下文)电绝缘,以减小在CMUT装置的操作期间电极之间短路的风险。另外,电介质层311可被用于在移除牺牲材料以在第一电极110上形成腔室期间保护第一电极110和衬底300免受损坏。

[0038] 虽然电介质层311被示为覆盖整个衬底表面300,但同样可以提供其中仅衬底300的某些部分与第一电极110一起被电介质层311覆盖的图案化的电介质层311。任何适合的电介质材料可用于保护第一电极110和衬底300,例如,选自以下的一种或多种材料:氮化硅(Si_3N_4)、氧化硅(SiO_2)、氧化铝(Al_2O_3)、氧化铪(HfO_2)等,但应强调的是,适合的电介质材料不限于这些示例材料。另外,上述电介质材料形成的混合物或层压体可用于保护第一电极110。由于可以任何适合的方式(例如,使用适合的沉积技术,诸如LAD、(PE)ALD、PLD、PVD、LPCVD和PECVD)形成此类电介质层311,所以为简明起见,将不进一步详细解释其形成。

[0039] 在步骤(c)中,例如通过适合的沉积技术在包括第一电极110和任选的电介质层311的衬底300上形成牺牲材料。牺牲材料被图案化以形成将从中形成腔室的第一部分312,且可另外包括充当移除牺牲材料所穿过的通道的第二部分312'。牺牲材料的第一部分312和第二部分312'的与将形成的腔室的间隙高度相对应的高度通常在100-1000nm的范围内,但应理解,也可设想到在该范围之外的数值。

[0040] 在一实施例中,第一部分312被沉积成具有作为第二部分312'的数个齿状突出部(例如,2-8个此类突出部)的圆形部分。在步骤(c')中示出此类牺牲材料部分的俯视图,其中仅通过非限制性示例方式示出此类突出部中的四个。齿状的第二部分312'通常被用作在待形成的膜片外侧的腔室进入平台,通过该腔室进入平台可提供至第一部分312的进入以用于打开或释放腔室。应理解,第一部分312和第二部分312'通常被形成相同的厚度或高度,其中膜片被形成在齿状的第二部分312'之间朝向衬底300延伸。在本申请的多幅图中,第二部分312'被示为具有不同的厚度,以便指示出这一方面,即CMUT装置的膜片在齿状的第二部分312'之间朝向衬底300延伸的方面。这不应被解释为第一部分312和第二部分312'实际上具有不同的厚度。

[0041] 原则上,可使用任何适合的牺牲材料,但出于装置性能的原因,优选使用可在后续蚀刻步骤中有效地移除的牺牲材料。例如,可设想到使用诸如Al、Cr和Mo、Ti和(Ti)W的金属或诸如非晶硅或氧化硅的非金属。诸如Al、非晶硅和氧化硅的材料例如可在CMOS工艺中容易获得,且这些材料中的Al可通过蚀刻尤其有效地移除。可以任何适合的方式(例如,使用适合的沉积和图案化技术)形成图案化的牺牲材料,且为简明起见将不进一步详细解释其形成。

[0042] 应理解,第一部分312的直径限定待形成的CMUT单元100的腔室的直径。在一实施例中,该直径在20-500微米的范围内、更优选地在50-300微米的范围内选择,但应理解,也可设想到更大的直径,例如高达1000微米的直径。

[0043] 在步骤(d)中,待形成的膜片的第一电介质层313被沉积在牺牲材料的第一部分312和第二部分312'以及电介质层311(如果存在的话)的暴露部分上。由于第一电介质层313和电介质层311两者都暴露于用于移除牺牲层的蚀刻配方,所以第一电介质层313和电介质层311可由相同的材料形成,不过第一电介质层313和电介质层311当然也可以分别使用不同的材料。在一实施例中,第一电介质层313和电介质层311各自包括由任何适合的电介质材料形成的至少一个层,诸如氧化硅层(例如SiO₂)、氮化硅层(例如Si₃N₄等)、氧化铝(Al₂O₃)层、氧化铪(HfO₂)层等。对技术人员来说,许多其它适合的电介质层材料将是明显的。第一电介质层313可被形成为层压堆叠体,例如氧化物-氮化物堆叠体或氧化物-氮化物-氧化物堆叠体。类似地,任选的电介质层311可被形成为此类堆叠体。需要重申的是,任何适合的电介质材料可用于任选的电介质层311和第一电介质层313。另外,上述电介质材料的混合物或层压体可被用于这些电介质层。

[0044] 在形成第一电介质层313之后,如在步骤(e)中所示在第一电介质层313上形成包括第二电极120的第二电极布置结构,使得每一第二电极120都被定向为与第一电极110相对。第二电极布置结构优选地由与第一电极布置结构相同的导电材料形成,但应理解,第二电极布置结构和第一电极布置结构替代性地可由不同的材料形成。第二电极布置结构可例如由任何适合的导电材料(诸如,Al、W、Cu、Ti、TiN等,以及此类材料的组合)形成。第二电极布置结构可使用公知的技术形成,仅为了简明起见不再进一步解释这些技术。第一电极布置结构和第二电极120可被形成为任何适合的厚度,例如200-700nm的厚度。

[0045] 在本发明的一实施例中,第二电极布置结构被分割成通过各自的熔丝部分电互连的多个区域,该熔丝部分被设计成在第二电极布置结构的连接区域遭遇短路时熔断,使得与该短路相关联的局部高电流无法扩展到第二电极布置结构的相邻区段,从而保护这些相

邻区段免于被这些高电流损坏。熔丝区域可通过将第二电极布置结构的对应部分适当地设定尺寸来形成。这例如可通过应用对应的掩模设计来实现,该掩模设计被用于沉积或图案化被用于形成第二电极布置结构的导电材料。第一电极布置结构和第二电极布置结构两者都可包括将每一布置结构分割成多个区段的此类熔丝部分。替代性地,第一电极布置结构和第二电极布置结构中的仅一个可包括此类熔丝部分。

[0046] 在形成第二电极120之后,该方法如在步骤(f)中所示继续进行,在该步骤中形成第二电介质层315。在任选的实施例中,第二电介质层315被形成第一厚度 t_1 ,该第一厚度超过牺牲材料的在第一电极110和第二电极120之间的第一部分312的厚度,使得在形成腔室130时,腔室间隙的高度 g 显著地小于厚度 t_1 ,即 $g/t_1 \ll 1$ 。优选地, $t_1 \geq 5g$ 。这样确保在步骤(g)中腔室130的释放(即,通过形成通路或通孔316以及移除牺牲材料的第一部分312和第二部分312')期间,该膜片在腔室释放步骤期间表现出优良的膜片鲁棒性,这是由于在移除牺牲材料以形成腔室130的阶段, $g \ll t_1$ 。此外,因为在腔室130释放之前形成(例如沉积)第二电介质层315,所以获得具有优良平整度特性的膜片,这是因为牺牲材料的存在防止第一电介质层313在形成第二电介质层315期间变形。

[0047] 随后,如在步骤(g)中所示,通过使用适合的蚀刻配方形成通路或通孔316以在第一电极110和第二电极120之间形成嵌置在CMUT装置的膜片140的第一电介质层313和第二电介质层315之间的腔室130,来移除牺牲材料的第一部分312和第二部分312'。用于此类常规牺牲材料的适合的蚀刻配方本身是公知的且技术人员将不难使用其公知常识来选择适当的蚀刻配方。

[0048] 在步骤(h)中密封通路或通孔316期间,通过在通路或通孔316中形成包括插塞318的另外的电介质层317,进一步增加包括膜片140的电介质层堆叠体的厚度。另外的电介质层317可显著地薄于第二电介质层315。另外的电介质层317可被形成是腔室130的高度的至少两倍的厚度,以有效地密封通路或通孔316。

[0049] 在此强调,步骤(a)-(h)示意性地绘示出在衬底300上形成一个或多个CMUT单元100的有利但非限制性的示例。对于技术人员来说,许多替代性的途径将是明显的。尤其是,应注意,以下步骤并不特定于在步骤(a)-(h)中示出的实施例,且可适用于其中电介质层堆叠体包括其中限定CMUT装置的膜片140的CMUT区域10以及覆盖CMUT装置的接合垫200的互连区域20的任何CMUT制造工艺。

[0050] 显著的工艺变化在于可以任何适合的方式使用任何适合的材料(例如通过沉积和图案化专用密封层(诸如金属或电介质层)以形成插塞318)来密封通路或通孔316。此外,应注意,可例如在形成第二电介质层315之前,在CMUT制造工艺的任何适合时刻释放腔室130。另一显著的工艺变化在于第一电极110和/或第二电极120可通过或不通过电介质层与腔室130间隔开,这是典型的设计选择。如先前所提及,电介质层(即电绝缘层)可设置于第一电极110和/或第二电极120上以防止在CMUT单元100的操作期间第一电极110和第二电极120之间的直接接触。膜片140可以任何适合的方式例如由单个电介质层而非电介质层堆叠体等形成。此类工艺选择落入技术人员的常规技能范围内,且因而仅为简明起见将不再详细地明确提及。

[0051] 此外,应注意,接合垫200(如果存在的话)可以以本身为本领域技术人员公知的任何适合的方式形成。这与本发明的教导不是特别相关,因而仅为了简明起见不再进一步详

细描述。

[0052] 而且,应理解,单独的CMUT单元100的替代性设计当然同样是可行的。CMUT单元100的设计与本发明的教导不是特别相关,且可设想到该单元的任何适合的设计;举例来说,其中中间电极位于底部电极110和腔室130之间的3电极CMUT单元100同样是可行的。此类3电极CMUT单元例如可被设想到提供通过分离的电极的刺激和偏压电压,例如,以减小膜片粘到CMUT单元的底部的风险。

[0053] 在此应另外注意的是,虽然在各实施例中未示出,但应理解,根据实施例制造的CMUT单元100可包括附加的电路元件,其可集成于衬底300上或可设置于单独的衬底上并与来自根据本发明的实施例制造的晶片的CMUT装置中的一个或多个一起集成到单个封装中。此类附加电路可以是用于控制一个或多个CMUT单元100和/或处理由一个或多个CMUT单元100产生的信号以例如控制一个或多个CMUT单元100的发射和/或接收模式的IC,例如ASIC。对于技术人员来说,CMUT单元100和/或包括此类单元的超声换能器阵列的其它适合的实施例将是直接明显的。

[0054] 此外应注意,在上述制造工艺中,在制造过程期间加工的晶片可包含单个裸片,即单个装置,在此情况下,衬底300对应于晶片;或多个裸片,该多个裸片在该装置的制造过程完成之后可以任何适合的方式单片化(例如,切片),在此情况下,衬底300对应于晶片的一部分。互连区域200整体上可在衬底和/或晶片的周边。

[0055] 虽然任选的电介质层311和第一电介质层313提供了第一电极110和第二电极120之间的电绝缘,但很难排除在CMUT单元100的使用寿命期间(尤其是在此类CMUT单元在塌陷模式中操作的情况下)这些电极之间短路的发生。在塌陷模式中,在CMUT单元100的整个操作周期期间通常使用超过CMUT单元100的塌陷阈值电压的偏压电压将CMUT单元100的膜片130推在衬底300上。膜片130和衬底300之间的接触面积的大小通常受偏压电压的幅值支配。塌陷的膜片130的共振频率是该接触面积的函数,该形状可被如下利用:在超声换能器阵列的发射模式中,通过使用对具有对应于塌陷的膜片130的共振频率的频率的塌陷CMUT单元100的刺激(例如,作为对偏压电压的调制)来利用,或在超声换能器阵列的接收模式中,通过控制塌陷的膜片130和衬底300之间的接触面积来利用,使得塌陷的膜片130的共振频率对应于将由塌陷的CMUT单元100在其接收模式中接收的脉冲回波的中心频率。以此方式,可优化超声换能器阵列中的CMUT单元100的输出压力和接收灵敏度。

[0056] 施加于膜片130的塌陷应力可导致在超声换能器阵列的使用寿命期间使超声换能器阵列的CMUT单元100中的第一电极110和第二电极120电隔离的电介质层中出现缺陷。此类缺陷可导致在第一电极110和第二电极120之间短路。此类缺陷的其它来源可以是使第一电极110与第二电极120电隔离的电介质层中的针孔,或例如由于沉积技术中的限制或由于电极材料上的污染物(例如,阻止电介质层对电极进行满意的阶梯覆盖的微粒或颗粒)引起的电介质层对电极的不完全阶梯覆盖。此类缺陷可导致CMUT单元100以及与CMUT单元100导电接触的相邻CMUT单元的电击穿(例如穿过第一和/或第二电极布置结构)。这可导致超声换能器阵列的相当大的部分突然失效,从而使该阵列不再适用。

[0057] 本发明的实施例试图使超声换能器阵列的特定位置中(即,尤其是CMUT单元100中)的短路与该阵列的其余部分电隔离,使得超声换能器阵列以令人满意的方式保持可操作,就是说,超声换能器阵列的围绕着包括短路的区域的区域保持不受此短路的影响。由于

典型的超声换能器阵列包括数百或数千个CMUT单元100,这可与显示装置中的像素损失相比,其中单个像素(或在这里是单个CMUT单元100或一组CMUT单元100)的损失不影响装置(在这里是超声换能器阵列)的总体性能。

[0058] 图4示意性地绘示出超声换能器阵列的第一实施例的俯视图,其中包括第一电极110的第一电极布置结构被布置成多行第一电极110,其中在单行内,每一第一电极110通过熔丝部分112电连接到该行中的相邻的第一电极110,且包括第二电极120的第二电极布置结构被布置成多列第二电极120,其中在单列内,每一第二电极120通过熔丝部分122电连接到该列中的相邻的第二电极110。熔丝部分112、122将第一电极布置结构和第二电极布置结构分别分割成通过这些熔丝部分电互连的多个区域或区段。

[0059] 在本申请的上下文中,对行和列的提及只是强调如下事实:在第一电极布置结构中,第一电极110在第一方向上分组,且在第二电极布置结构中,第二电极120在垂直于第一方向延伸的第二方向上分组。对行和列的提及不应被解释为意指具体的方向必然是水平或竖直的。在此上下文中,第一电极110按列分组且第二电极120按行分组同样是可行的。

[0060] 图5示意性地绘示出超声换能器阵列的在图4中以虚线框标出的部分的放大图。如可在图5中更清楚地所见,第二电极布置结构的相应列中的较暗的第二电极120通过熔丝部分122互连,该熔丝部分在此处被示为使第二电极布置结构的列中的相邻第二电极120互连的导电迹线121中的窄点。第一电极布置结构的相应行中的通常位于如上文所解释的第二电极120下方的较浅的第一电极110通过熔丝部分112互连,该熔丝部分在此处被示为使第一电极布置结构的行中的相邻第一电极110互连的导电迹线111中的窄点。熔丝部分112、122优选地具有不超过 $1\ \Omega/\square$ 的薄层电阻,使得熔丝部分112、122不会显著地增加电极布置结构的总电阻,例如,因为可能存在许多并联的电流路径。

[0061] 在操作期间,如果CMUT单元100中的一个遭遇短路,那么CMUT单元100的第一电极110和第二电极120之间的增加的电流将致使熔丝112、122烧穿,从而使该CMUT单元100与其相邻的CMUT单元(即互连的第一电极110的行中相邻的CMUT单元和互连的第二电极120的列中相邻CMUT单元)电绝缘。这使这些行和列不能操作,而超声换能器阵列的剩余行和列保持可操作,使得仍可使用超声换能器阵列的大部分。

[0062] 在图4和5中,熔丝部分112和122分别位于导电迹线111、121内并形成这些导电迹线内的窄点。应理解,此类‘蝴蝶结’状的设计仅是非限制性示例;可设想到任何适合的熔丝部分设计,诸如如下设计:每一熔丝部分被成形为另外的导电迹线,该另外的导电迹线与熔丝部分112、122所在的导电迹线111、121相比具有较小宽度,以在导电迹线111、121内提供较高电阻部分。

[0063] 熔丝部分112和122可具有任何适合的尺寸,以便使熔丝部分具有预期的薄层电阻(例如,不超过 $1\ \Omega/\square$ 的薄层电阻,例如介于 $0.1-1\ \Omega/\square$ 之间的薄层电阻)。熔丝部分112和122可被设定尺寸为尽可能小,例如具有在特定光刻工艺中可得到的最小尺寸。通过非限制性示例,熔丝部分112、122可各自具有长度为 $0.5\ \mu\text{m}$ 且宽度为 $1\ \mu\text{m}$ 的尺寸。

[0064] 在图4和5中,第一电极布置结构和第二电极布置结构中的每一个通过各自的熔丝部分112、122被分割成多个区域。然而,这仅是非限制性示例且第一电极布置结构和第二电极布置结构中的仅一个以此方式进行分割同样是可行的。

[0065] 图6示意性地绘示出根据替代性发明的实施例,其中超声换能器阵列的第一电极

布置结构和第二电极布置结构通过各自的熔丝部分112、122被分割成多个区段或区域。图7和图8示意性地绘示出图6中的虚线区域的放大图。在此实施例中,熔丝部分112被布置在每一个第一电极110内且熔丝部分122被布置在每一个第二电极120内,以将这些电极分割成多个电极区域,使得在CMUT单元100内发生短路时仅使电极的一部分无法发挥功能。这具有如下优点:即使CMUT单元100含有短路也仍然可使用,这是因为换能器区域的大部分保持操作性。熔丝部分112、122可被布置在限定形成电极的导电迹线形成的网格的导电迹线(例如,导电迹线121)内。熔丝部分112、122可位于此类导电迹线的接合点或交叉点处,使得由导电迹线定界的电极区域(例如,由导电迹线121定界的第二电极区域123)可通过熔断导电迹线121的接合点处的熔丝部分122而与电极的其余部分电隔离。多个平行导电迹线界定电极,这些导电迹线中的熔丝部分对电极的总电阻率具有有限的影响。由于多个平行的导电迹线限定电极,所以这些导电迹线中的熔丝部分对电极的总电阻率具有有限的影响。

[0066] 在图6-8中,第一电极110和第二电极120中的每一个可通过各自的熔丝部分112、122被分割成多个区域。然而,这仅是非限制性示例且第一电极布置结构和第二电极布置结构中的仅一个以此方式进行分割同样是可行的。

[0067] 根据本发明的实施例的一个或多个CMUT换能器阵列可有利地并入到感测设备(诸如,压力感测设备)中,尤其是医学成像设备(例如,超声成像设备)中,其中基于CMUT的感测元件的集成可显著地改进该设备的成像分辨率,例如改进在研究中的受试者的身体(例如哺乳动物身体,诸如人体)中的小型物体(例如,异常物,诸如肿瘤)的可检测性。在一实施例中,此类设备可包括根据本发明的实施例的包括多个CMUT单元100的CMUT换能器阵列。CMUT单元100中的每一个可以是可单独寻址的。替代性地,一起形成声学元件的CMUT单元100的适当群组可在群组层级上是可单独寻址的。CMUT单元100或CMUT单元100群组可布置成矩阵。在另一实施例中,若干CMUT换能器阵列(例如CMUT裸片)可安装(例如铺设)在承载件上,其中多个CMUT换能器阵列一起限定较大的传感器区域。此类设备可例如包括分布于一个或多个CMUT换能器阵列上的数百或数千个(可单独寻址的)CMUT单元100。举例来说,此类感测设备可包括超声探头,该超声探头包括根据本发明的一实施例的一个或多个CMUT换能器阵列。

[0068] 参照图9,以框图形式示出具有根据本发明的一实施例的CMUT单元100阵列(即超声换能器阵列)的超声系统的示例实施例。如下所述的超声系统的部件中的至少一些可集成在此类超声系统的本身公知的控制接口中。此类控制接口可通过连接线缆(未示出)联接到探头50或包括根据一实施例的至少一个超声换能器阵列的其它适合的装置。

[0069] 在图9中,IC裸片上的CMUT换能器单元100的阵列被设置为用于发射超声波且任选地用于接收回波信息的超声探头50的一部分。该换能器阵列可以是能够在2D平面或三维空间中进行扫描以用于3D成像的换能器元件的一维或二维阵列。该超声系统可以是通常被配置成接收回波信息的超声诊断成像系统,或可以是其中输送超声脉冲以用于特定条件的治疗的超声治疗系统,在此情况下,超声系统可能不需要接收器能力。在以下部分中将描述超声诊断成像系统。技术人员将立即认识到可在超声治疗系统中省略超声诊断成像系统中的哪些整体。

[0070] 换能器阵列被联接到探头50中的微波束形成器12,例如安装在IC裸片的集成的插入区域上,该微波束形成器控制CMUT阵列单元100对信号的发射和接收。微波束形成器能够

将换能器元件的群组或“拼片”接收的信号至少部分地成束,例如在美国专利US 5,997,479 (Savord等人)、US 6,013,032 (Savord) 和US 6,623,432 (Powers等人) 中所描述。

[0071] 微波束形成器12通过探头线缆(例如,同轴导线)联接到发射/接收(T/R)开关16,该开关在发射和接收之间进行切换并当微波束形成器不存在或不使用且换能器阵列直接由主系统波束形成器20操作时保护主波束形成器20免受高能发射信号的影响。通过T/R开关16联接到微波束形成器和主系统波束形成器20的换能器控制器18指导超声波束在微波束形成器12的控制下从换能器阵列发射,该换能器控制器接收来自用户接口或控制面板38的用户操作的输入。由换能器控制器18控制的功能中的一个使波束偏转和聚焦的方向。波束可从(正交于)换能器阵列笔直向前或以用于较宽视野的不同角度偏转。换能器控制器18可被联接以控制用于CMUT阵列的DC偏压控制45。例如,DC偏压控制45设置施加于超声换能器阵列的CMUT单元100的DC偏压电压。

[0072] 由微波束形成器12产生的部分成束的信号被转送到主波束形成器20,在此来自换能器元件的单独拼片的部分成束的信号被组合成完全成束的信号。举例来说,主波束形成器20可具有128个通道,其中每一通道接收来自数十或数百个CMUT换能器单元112(参见图1-3)或压电元件形成的拼片的部分成束的信号。以此方式,换能器阵列的数千个换能器元件接收的信号可有效地促成单个成束信号。

[0073] 成束信号被联接到信号处理器22。信号处理器22可以各种方式处理接收的回波信号,诸如带通滤波、抽选(decimation)、I和Q分量分离以及谐波信号分离,其用以分离线性和非线性信号以便能够对从组织和微泡返回的非线性(基频的较高谐波)回波信号进行识别。

[0074] 信号处理器22任选地可执行附加的信号增强,例如散斑减少、信号复合以及噪声消除。信号处理器22中的带通滤波器可以是跟踪滤波器,其通带在从增加的深度接收回波信号时从较高频带滑动到较低频带,从而拒收来自较大深度的较高频率下的噪声,其中这些频率不含解剖学信息。

[0075] 被处理信号被联接到B模式处理器26且任选地联接到多普勒处理器28。B模式处理器26将对接收的超声信号进行振幅检测,以用于对身体中的结构(诸如,身体中的器官和脉管的组织)成像。身体结构的B模式图像可以以谐波图像模式或基波图像模式或这两者的组合形成,例如在美国专利US 6,283,919 (Roundhill等人) 和US 6,458,083 (Jago等人) 中所描述。

[0076] 多普勒处理器28(如果存在的话)处理来自组织移动和血流的时间相异信号,以用于检测物质的运动,诸如图像场中的血细胞的流动。多普勒处理器28通常包括壁滤波器,该壁滤波器具有可设置成使从身体中的选定类型的物质返回的回波通过和/或拒绝的参数。例如,壁滤波器可被设置成具有使来自较高速度物质的相对低振幅的信号通过,同时拒绝来自较低或零速度物质的相对强信号的通带特性。

[0077] 这种通带特性将使来自流动血液的信号通过,同时拒绝来自附近静止或缓慢移动的物体(诸如,心脏的壁)的信号。对于被称为组织多普勒成像、检测和绘示组织运动来说,相反的特性将使来自心脏的移动组织的信号通过,同时拒绝血流信号。多普勒处理器28接收和处理来自图像场中的不同点的时间上不连续的回波信号序列、被称为群集的来自特定点的回波序列。在相对短时间间隔内快速连续地接收的回波群集可被用于估算流动血液的

多普勒频移,其中多普勒频率与速度的对应性指示血流速度。在较长时段内接收的回波群集用以估算较慢流动的血液或缓慢移动的组织的速度。

[0078] B模式(和多普勒)处理器28产生的结构和运动信号被联接到扫描变换器32和多平面重定格式器44。扫描变换器32将回波信号按空间关系布置,回波信号根据该空间关系以期望的图像格式被接收。例如,扫描变换器32可将回波信号布置成二维(2D)扇形格式,或金字塔形三维(3D)图像。

[0079] 扫描变换器32可用与图像场中的点处的运动(具有其多普勒估算的速度)相对应的颜色覆盖在B模式结构图像上,以产生绘示图像场中的组织和血流运动的彩色多普勒图像。多平面重定格式器44将从身体的体积区域中的共同平面中的点接收的回波变换成该平面的超声图像,例如在美国专利US 6,443,896 (Detmer)中所描述的。体积呈现器42将3D数据集的回波信号变换成如从给定参考点观察的投影3D图像,例如在美国专利6,530,885 (Entrekin等人)中所描述的。

[0080] 2D或3D图像被从扫描变换器32、多平面重定格式器44和体积呈现器42联接到图像处理处理器30以便进一步增强、缓冲和暂时存储,以用于显示在图像显示器40上。除用于成像之外,由多普勒处理器28产生的血流数值和B模式处理器26产生的组织结构信息被联接到量化处理器34。量化处理器产生不同流动条件(诸如血流的体积速率)以及结构测量值(例如器官大小和胎龄)的量度。量化处理器可从用户控制面板38(诸如图像的解剖结构中的将进行测量的点)接收输入。

[0081] 来自量化处理器的输出数据被联接到图形处理器36,以利用显示器40上的图像再现测量结果的图形和数值。图形处理器36还可产生图形叠加以与超声图像一起显示。这些图形叠加可含有标准识别信息,诸如患者姓名、图像的日期与时间、成像参数等等。出于这些目的,图形处理器从用户接口38接收输入,诸如患者姓名。

[0082] 用户接口还联接到发射控制器18以控制超声信号从换能器阵列的产生且因而控制换能器阵列和超声系统产生的图像。用户接口还联接到多平面重定格式器44以用于选择和多个多平面重定格式(MPR)图像的平面,该多平面重定格式器可用于执行MPR图像的图像场中的量化测量。

[0083] 技术人员将理解,超声诊断成像系统的上述实施例旨在提供此类超声诊断成像系统的非限制性示例。技术人员将立即认识到,在不脱离本发明的教导的情况下,超声诊断成像系统的架构的若干变体是可行的。例如,也如在上述实施例中所示,可省略微波束形成器12和/或多普勒处理器28,超声探头50可不具有3D成像能力等等。对于技术人员来说其它变体将是明显的。

[0084] 本申请的一些方面可概括为以下各项:

[0085] 项1:一种超声换能器阵列,包括多个CMUT(电容式微加工超声换能器)单元(100),每一CMUT单元包括承载第一电极布置结构的第一电极(110)的衬底(300),其中该衬底的至少一部分与包括第二电极布置结构的第二电极(120)的柔性膜片在空间上隔一间隙(130),第一电极和第二电极中的至少一个通过至少一个电介质层(311、313)与所述间隙电绝缘,其中第一电极布置结构和第二电极布置结构中的至少一个被分割成通过各自的熔丝部分(112、122)互连多个区段,其中每一第一电极(110)或第二电极(120)是包括导电迹线(111、121)形成的网格的图案化电极,每个导电迹线包括至少一个熔丝部分(112、122)。第

一电极和第二电极两者可以此方式被图案化。以此方式,超声换能器阵列的CMUT单元的每一电极可被分割成多个区段,以便提供使故障区段(即,已形成短路的区段)与电极的其余部分电隔离,使得尽管CMUT单元中存在短路但电极仍保持可操作。每一熔丝部分可位于所述网格的交叉点处。

[0086] 项2:如项1所述的超声换能器阵列,其中,每一熔丝部分(112、122)位于所述网格的交叉点处。

[0087] 项3:如项1或2所述的超声换能器阵列,其中每一第一电极(110)和每一第二电极(120)是包括所述导电迹线(111、121)形成的网格的图案化电极。

[0088] 应注意,上述实施例图示说明而非限制本发明,且本领域的技术人员将能在不脱离所附权利要求的范围的情况下设计出多个替代性实施例。在权利要求中,置于括号内的任何附图标记不应解释为限制权利要求。词语“包括”并不排除除了权利要求中列出的那些元件或步骤以外的元件或步骤的存在。放在元件之前的词语“一”或“一个”不排除多个此类元件的存在。本发明可借助于包括若干相异元件的硬件实施。在列举若干模块的装置权利要求中,这些模块中的数个可通过同一个硬件来体现。在相互不同的从属权利要求中记载某些措施的仅有事实并不表明不能有利地使用这些措施的组合。

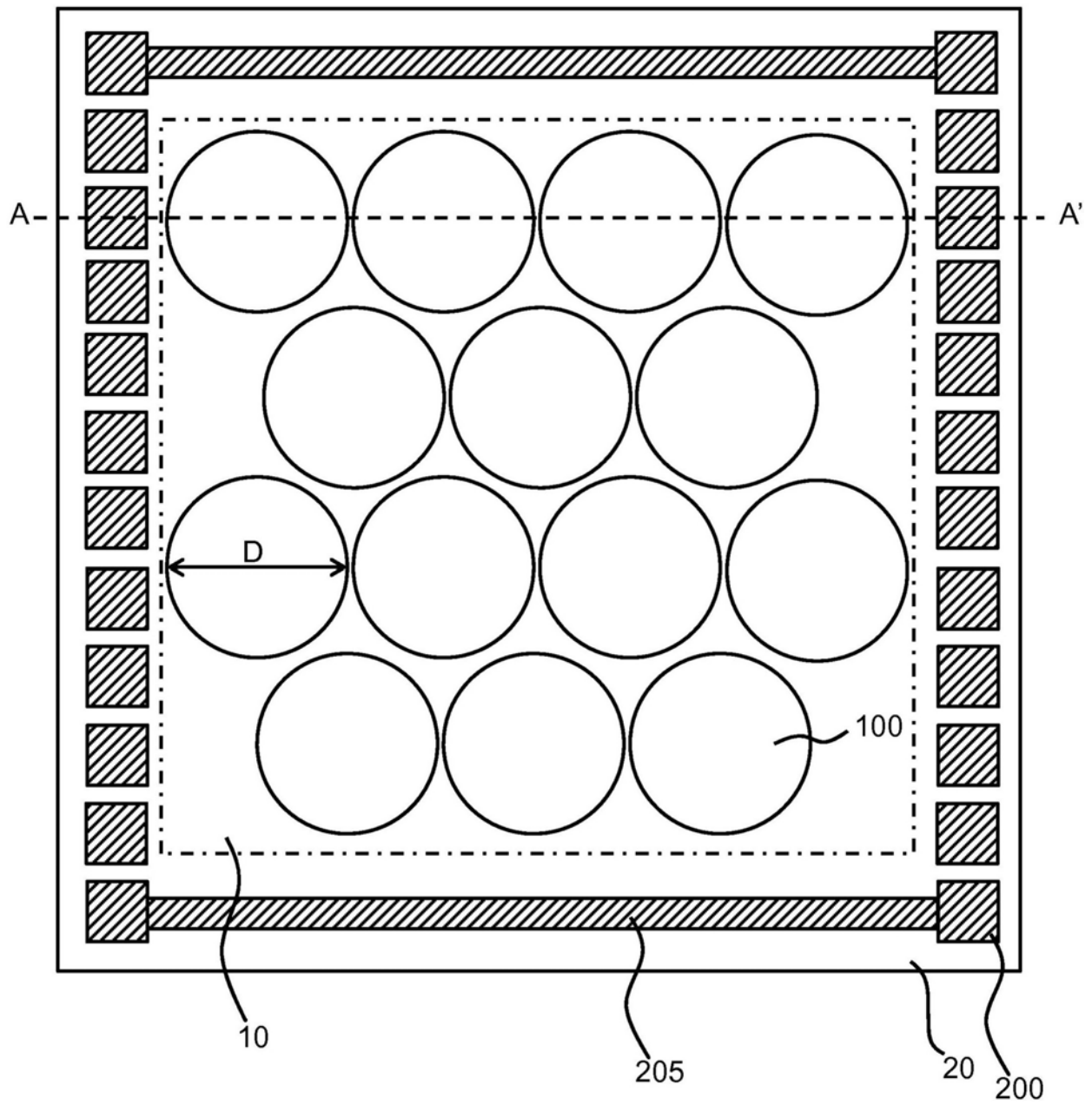


图1 (现有技术)

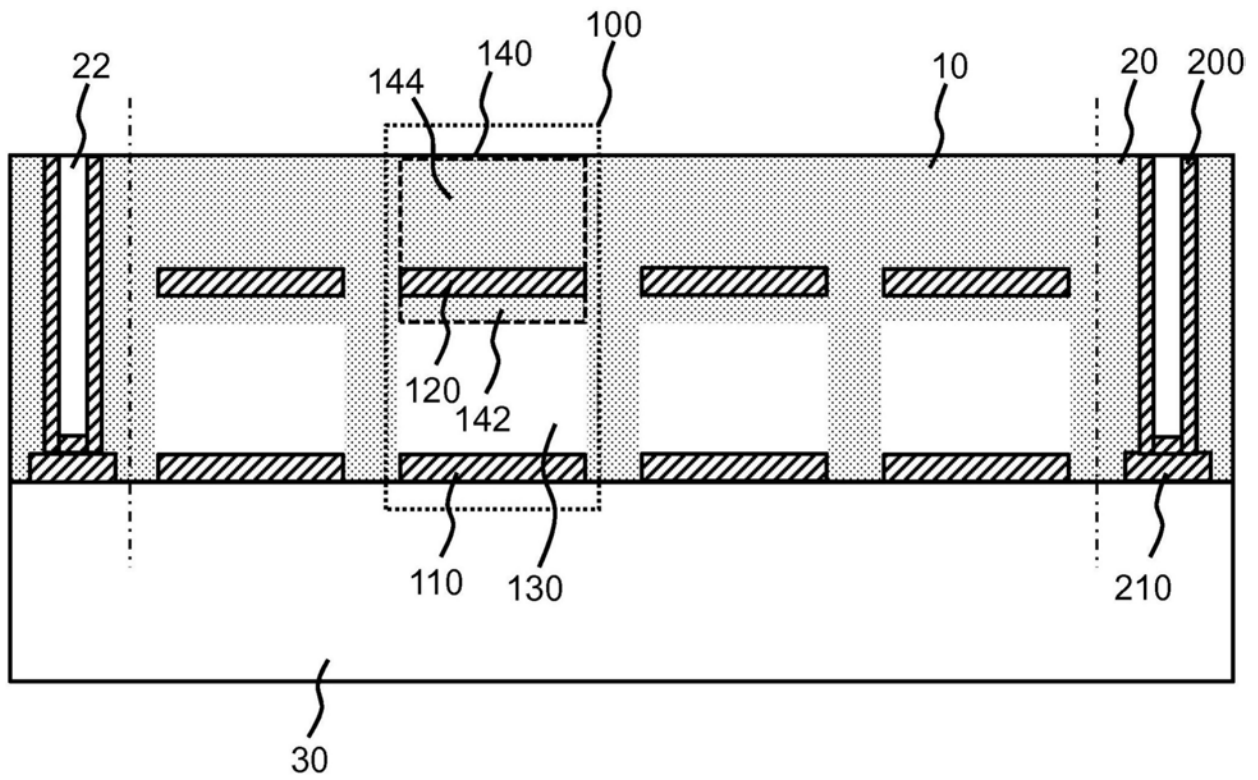


图2(现有技术)

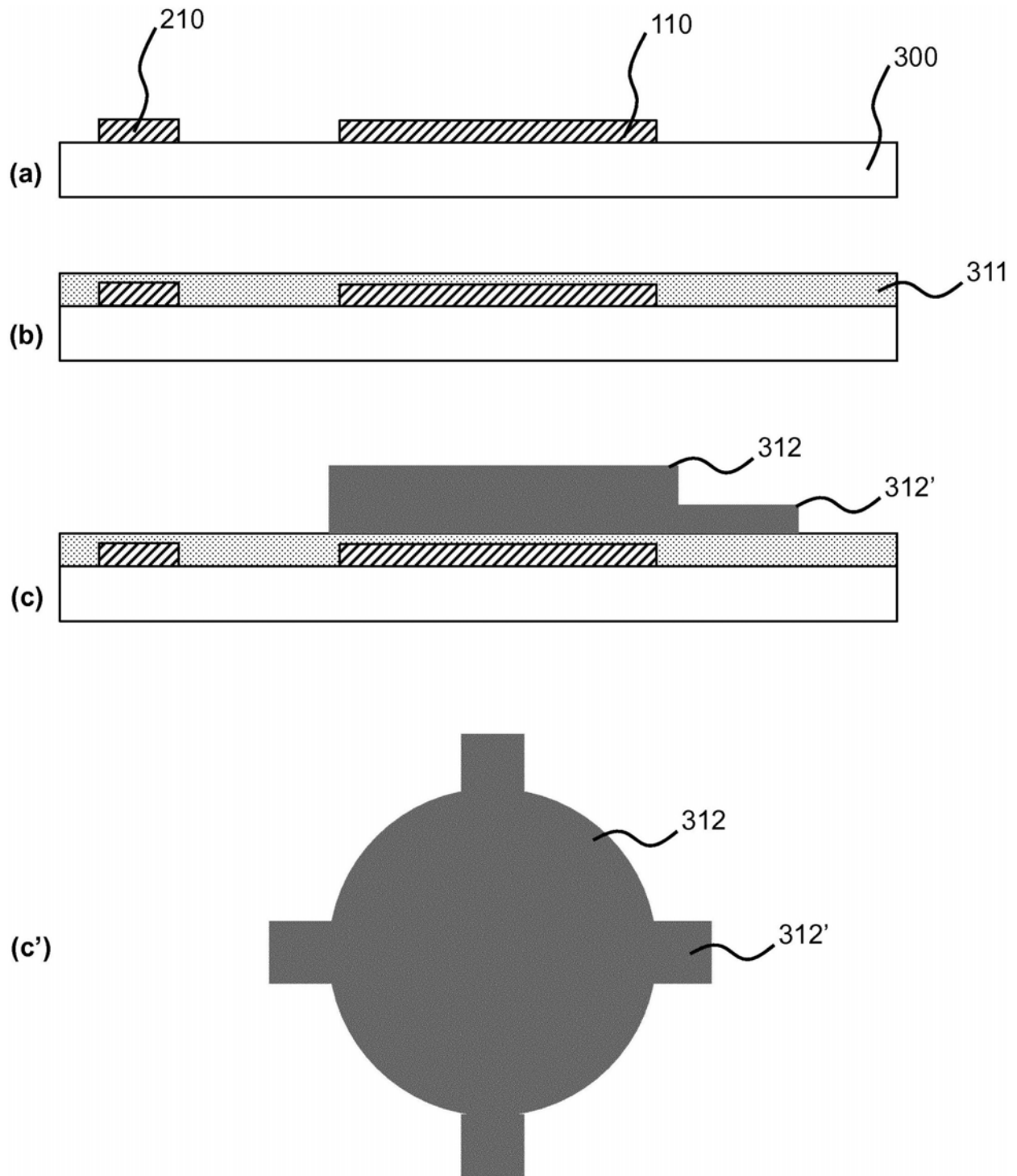


图3

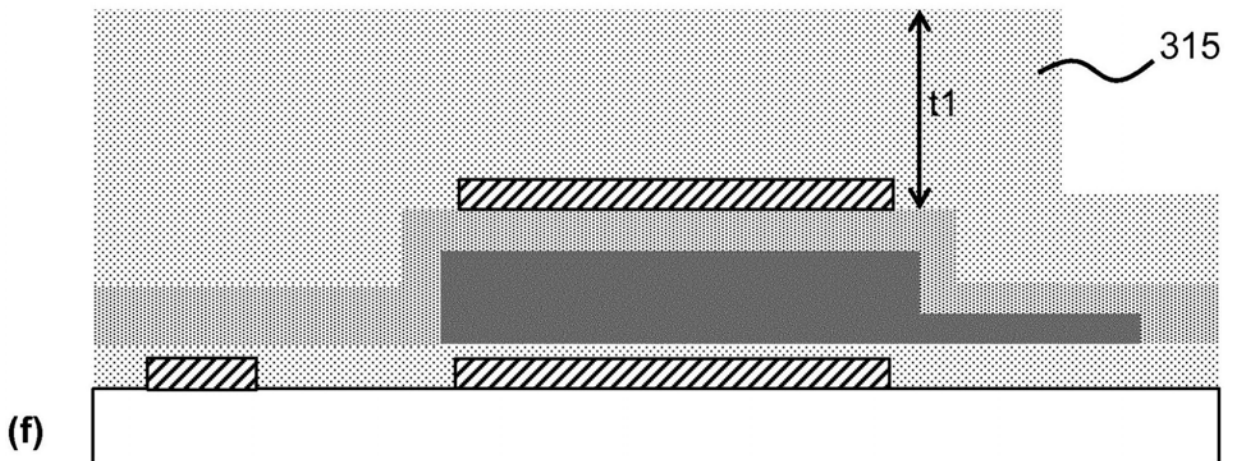
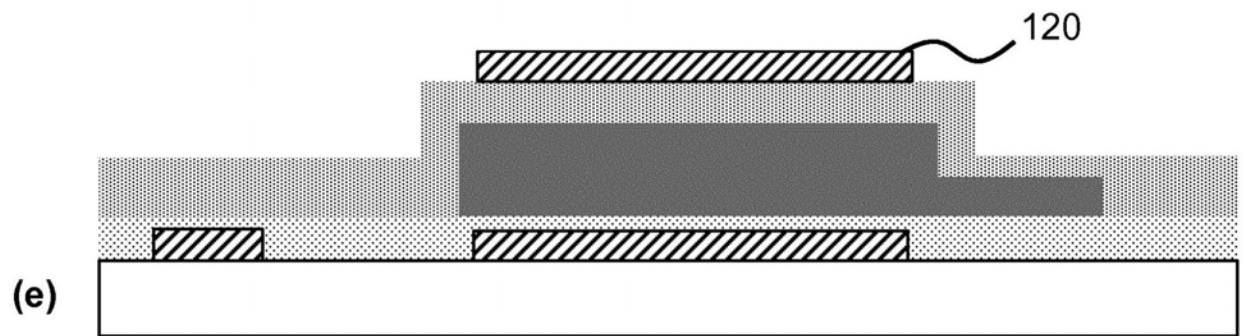
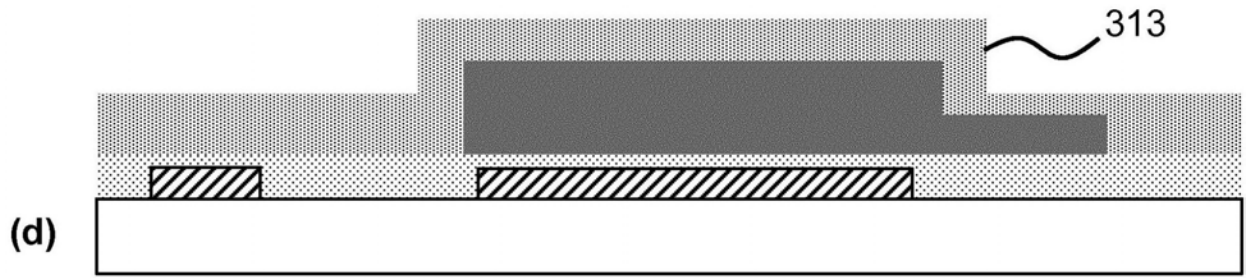


图3(接续)

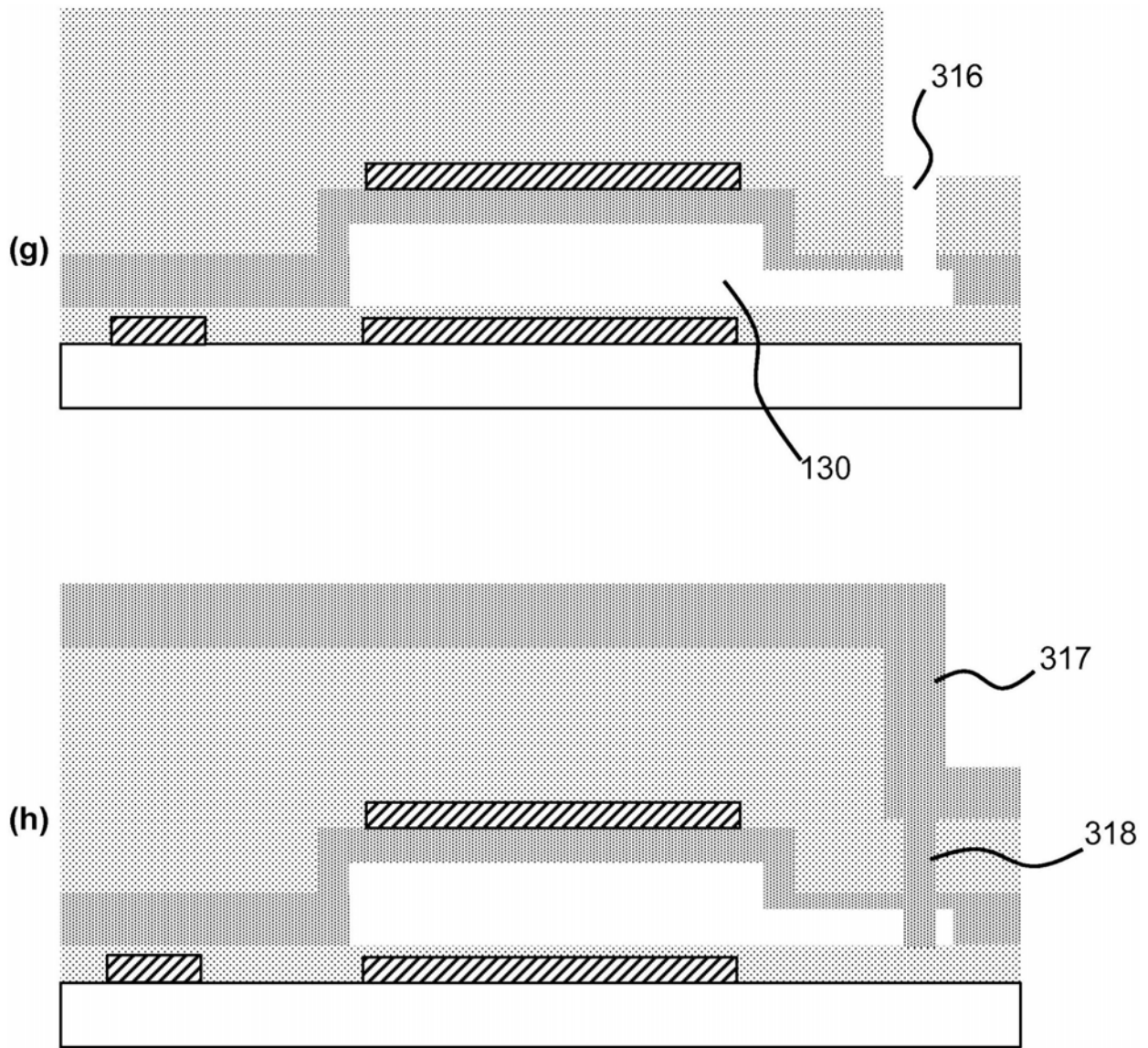


图3(接续)

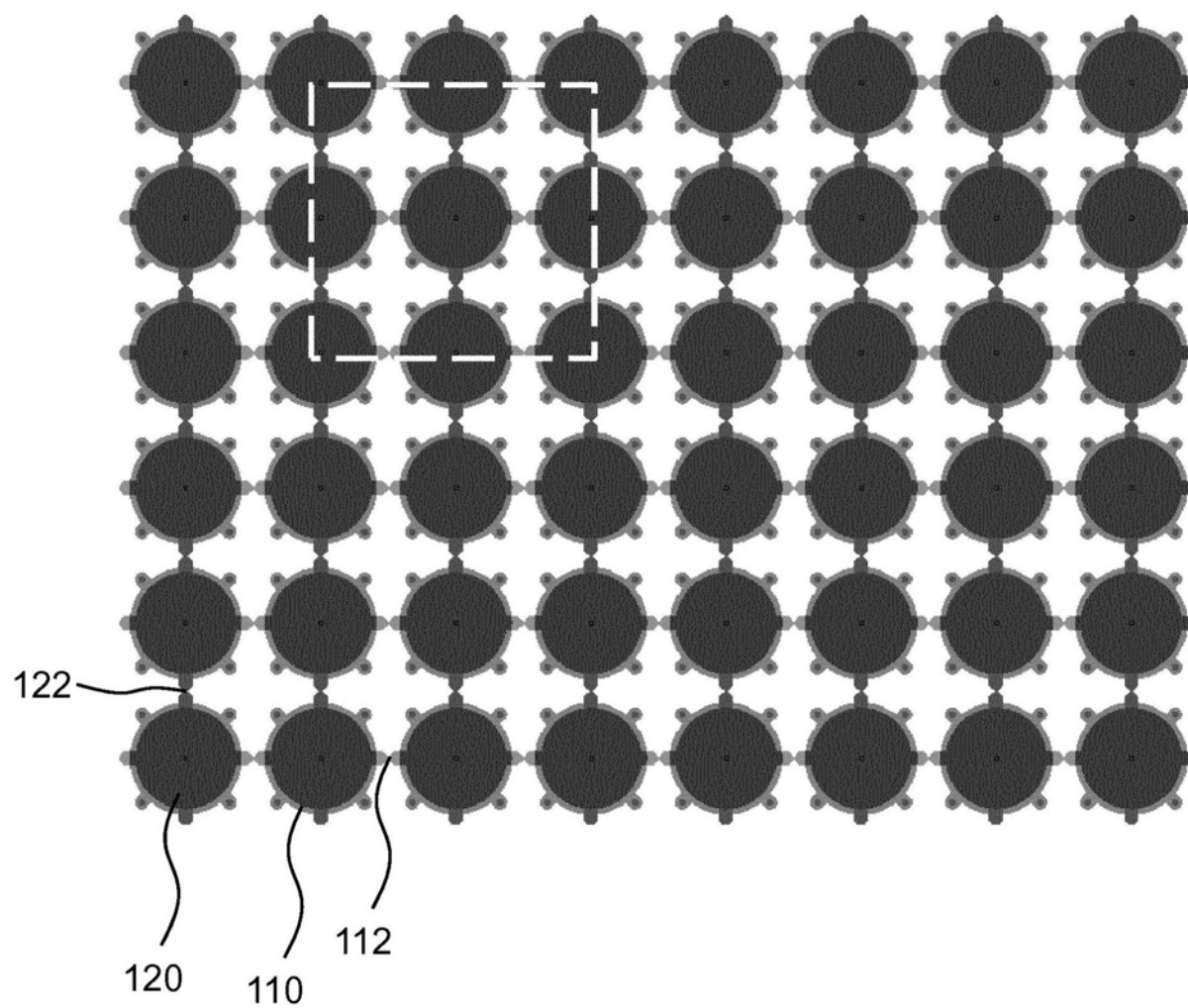


图4

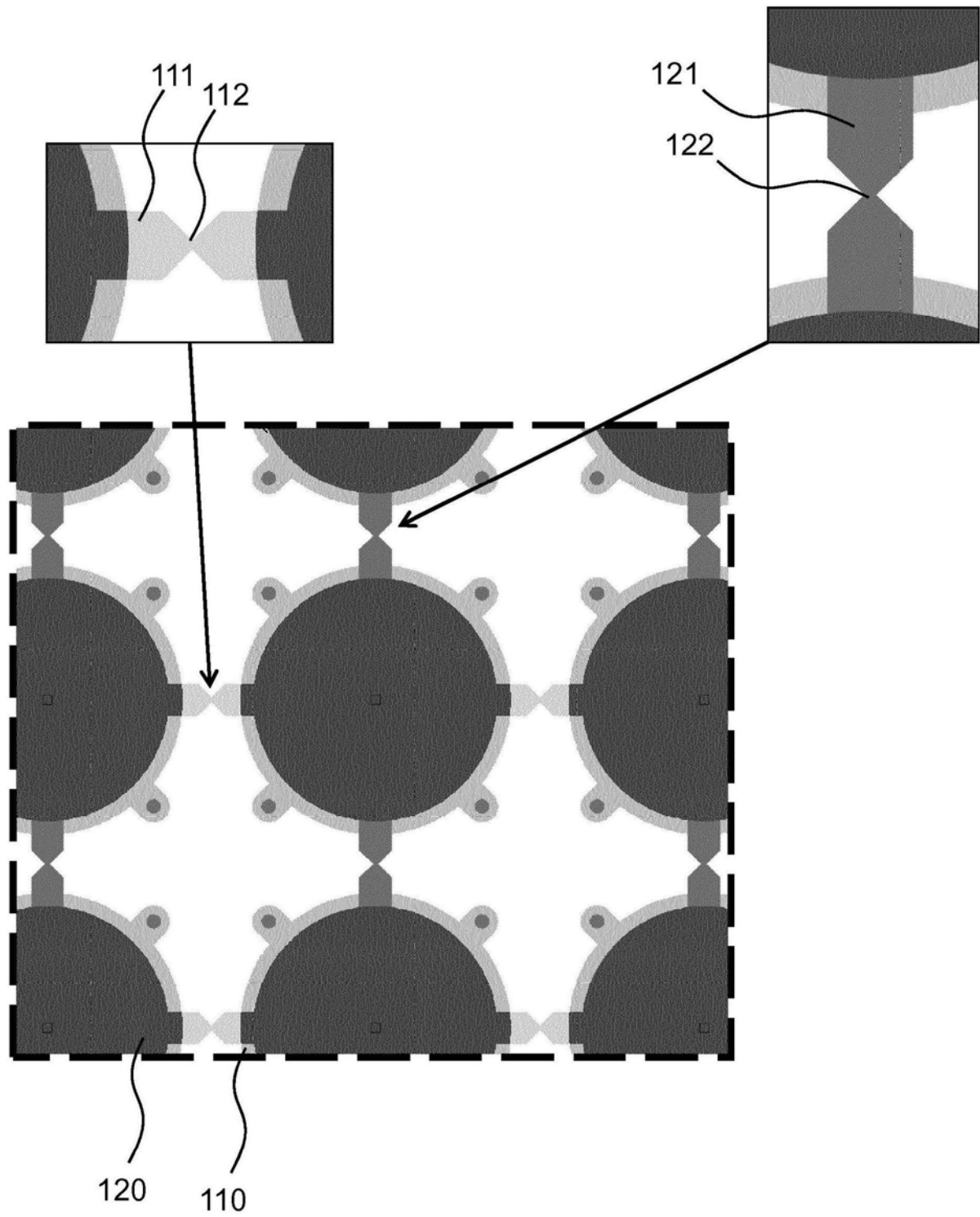


图5

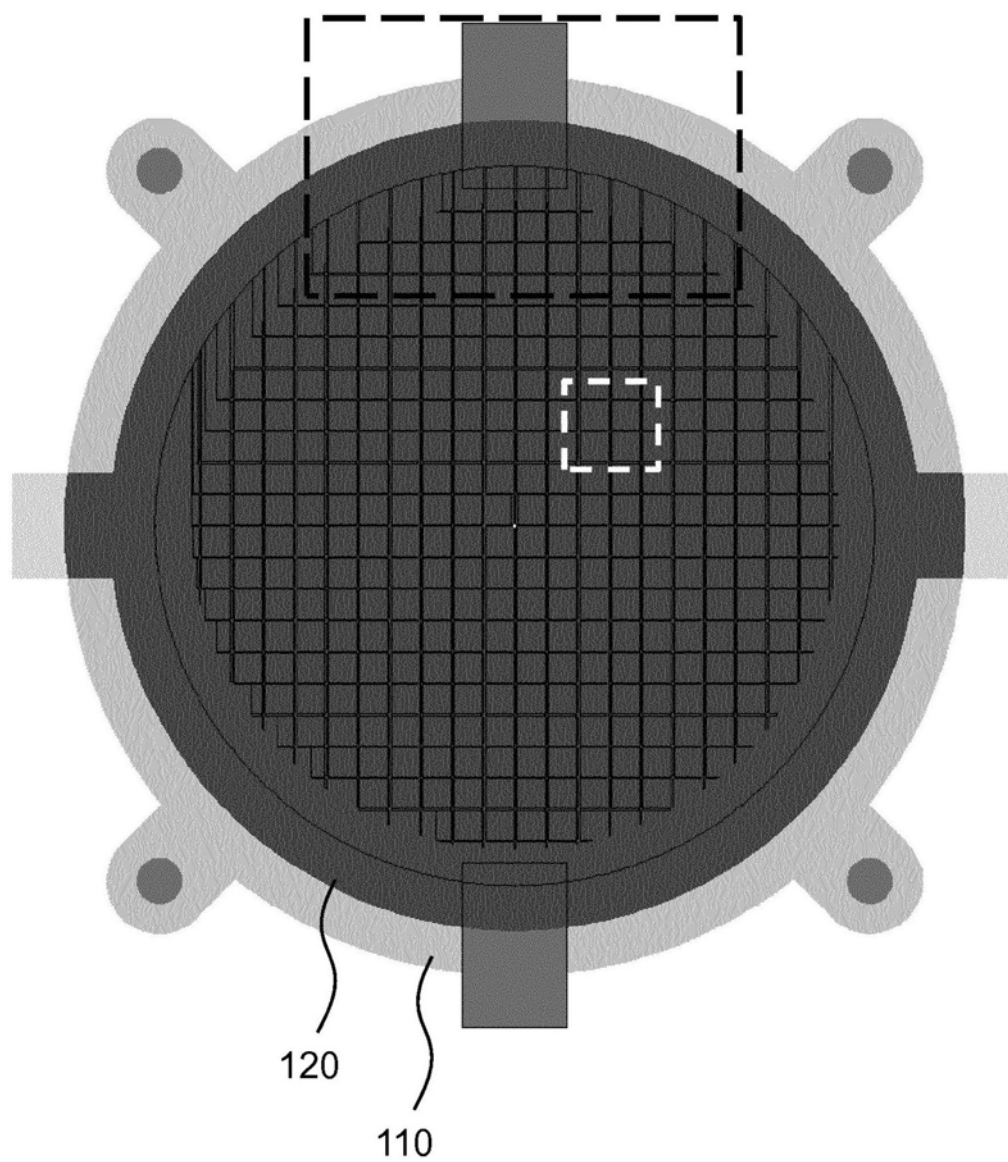


图6

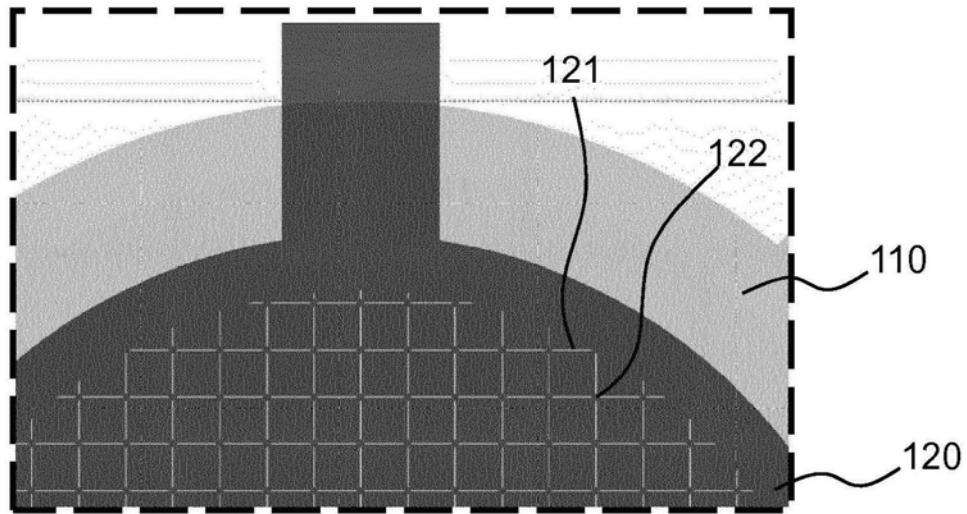


图7

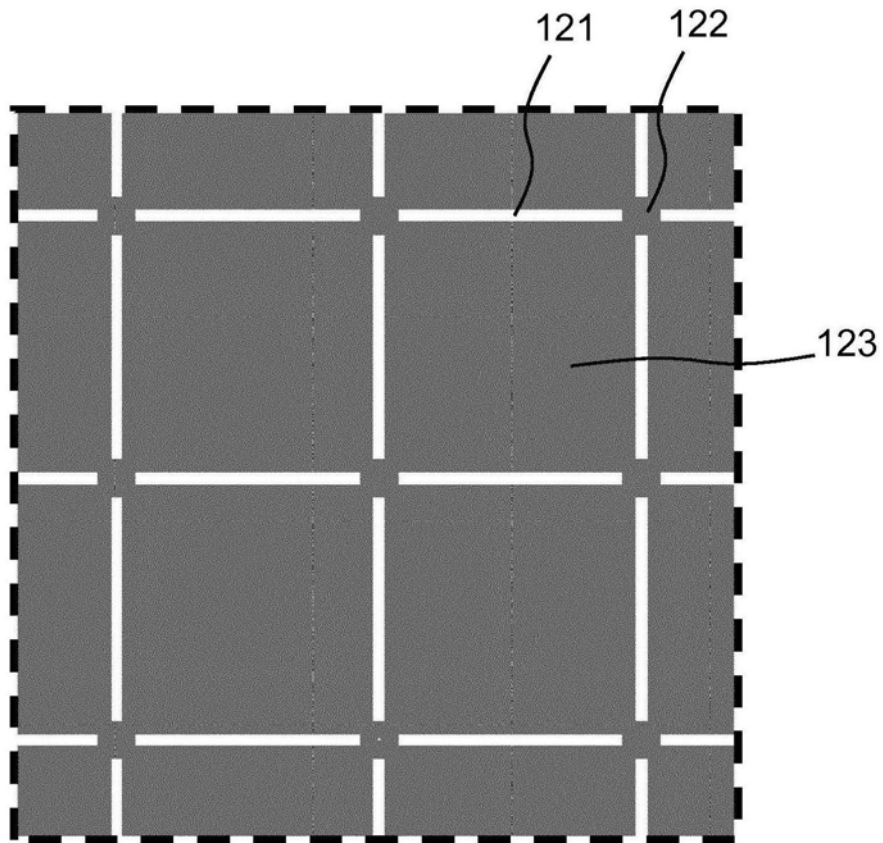


图8

专利名称(译)	超声换能器阵列、探头和系统		
公开(公告)号	CN108348217A	公开(公告)日	2018-07-31
申请号	CN201680063958.2	申请日	2016-11-02
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
[标]发明人	H P 勒布尔 AW格伦兰德		
发明人	H-P·勒布尔 A·W·格伦兰德		
IPC分类号	A61B8/00 B06B1/02		
CPC分类号	A61B8/4494 A61B8/4483 B06B1/0215 B06B1/0292 B06B2201/40 B06B2201/51 B06B2201/76		
代理人(译)	蔡洪贵		
优先权	2015192480 2015-11-02 EP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种超声换能器阵列，包括多个CMUT(电容式微加工超声换能器)单元(100)，每一CMUT单元包括承载第一电极布置结构的第一电极(110)的衬底(300)，该衬底与包括第二电极布置结构的第二电极(120)的柔性膜片在空间上间隔开一间隙(130)，所述第一电极和所述第二电极中的至少一个通过至少一个电介质层(311、313)与所述间隙电绝缘，其中所述第一电极布置结构和所述第二电极布置结构中的至少一个被分割成通过各自的熔丝部分(112、122)互连的多个区段。本发明还公开包括此类超声换能器阵列的一种超声探头和一种超声系统。

