(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111545438 B
(45)授权公告日 2021.10.22

(21)申请号 202010078743.6
(22)申请日 2020.02.03
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111545438 A
(43)申请公布日 2020.08.18
(30)优先权数据
10-2019-0011480 2019.01.29 KR
(73)专利权人 韩国科学技术研究院
地址 韩国首尔
专利权人 仁荷大学校产学协力团
首尔大学医学院
(72)发明人 李炳喆 崔里诺 李活
(74)专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司 11327
代理人 姜虎 陈英俊
(51)Int.Cl.
B06B 1/06(2006.01)
(56)对比文件
CN 104923467 A,2015.09.23
CN 109092649 A,2018.12.28
CN 103958079 A,2014.07.30
US 2002135273 A1,2002.09.26
CN 101578686 A,2009.11.11
CN 1492994 A,2004.04.28
审查员 程诗

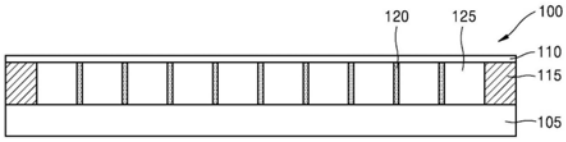
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54)发明名称

静电电容式微机械超声换能器

(57)摘要

本发明涉及静电电容式微机械超声换能器(CMUT),其包括:基板;上部电极,与所述基板隔开配置;绝缘性的支撑部,结合于所述基板与所述上部电极的边缘部之间,以便固定并支撑所述上部电极的边缘部,并且在所述基板与所述上部电极之间限定出空隙;多个纳米柱,其两端固定并结合于所述空隙内的所述基板及所述上部电极上,当对所述上部电极施加电源时,所述多个纳米柱能够沿长度方向压缩及拉伸,以使所述上部电极至少进行上下移动。



CN 111545438 B

1.一种静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,包括:

基板;

上部电极,与所述基板隔开配置;

绝缘性的支撑部,结合于所述基板与所述上部电极的边缘部之间,以便固定并支撑所述上部电极的边缘部,并且在所述基板与所述上部电极之间限定出空隙;以及

多个纳米柱,其两端固定并结合于所述空隙内的所述基板及所述上部电极上,当对所述上部电极施加电源时,所述多个纳米柱能够通过电容耦合的静电力沿长度方向压缩及拉伸,以使所述上部电极至少进行上下移动。

2.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述多个纳米柱分别包括位于与所述基板接触的下部的下部加强部,所述下部加强部的截面积大于躯体部的截面积,以提高与所述基板的结合力。

3.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述多个纳米柱分别包括位于与所述基板接触的上部的上部加强部,所述上部加强部的截面积大于躯体部的截面积,以提高与所述上部电极的结合力。

4.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述多个纳米柱分别包括:

纳米尺寸的躯体部,在所述基板与所述上部电极之间沿长度方向延伸;

上部加强部,位于与所述基板接触的上部,其截面积大于所述躯体部的截面积,以提高与所述上部电极的结合力;以及

下部加强部,位于与所述基板接触的下部,其截面积大于所述躯体部的截面积,以提高与所述基板的结合力。

5.根据权利要求4所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述上部加强部的截面积在从所述躯体部到所述上部电极的方向上逐渐变大,

所述下部加强部的截面积在从所述躯体部到所述基板的方向上逐渐变大。

6.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述多个纳米柱分别包括不同材质的多个单晶物质的多层结构,以便调节其拉伸率与压缩率之比。

7.根据权利要求6所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述多个单晶物质至少包括在收到电信号时能够振动的压电物质。

8.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述多个纳米柱具有多种直径尺寸,以所述上部电极为基准,配置于中心部的至少一个第一纳米柱的直径尺寸比配置于边缘部的至少一个第二纳米柱的直径尺寸更大。

9.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

以所述上部电极为基准,中心部的所述多个纳米柱的密度大于边缘部的所述多个纳米柱的密度。

10.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

进一步包括凸出部,所述凸出部位于所述基板上,与所述上部电极隔开,并隔开地包围所述多个纳米柱的下部,

所述基板由导电性物质形成且用作下部电极,所述凸出部及所述多个纳米柱通过蚀刻

所述基板而形成。

11.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

进一步包括下板部,所述下板部位于所述空隙内的所述基板上,与所述上部电极隔开,并隔开地包围所述多个纳米柱的至少下部,

所述基板由绝缘性物质形成,所述下板部由导电性物质形成且用作下部电极。

12.根据权利要求11所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述上部电极包括与所述支撑部及所述多个纳米柱结合的纳米板部,

所述静电电容式微机械超声换能器进一步包括位于所述纳米板部上的上板加强部。

13.根据权利要求12所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述上板加强部包括与所述多个纳米柱交错配置的多个槽或多个孔,

当对所述纳米板部与所述基板之间施加电源时,所述纳米板部整体由于所述多个纳米柱而以第一频率进行动作,位于所述多个槽或所述多个孔的下部的所述纳米板部的一部分以第二频率进行动作。

14.根据权利要求13所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述第一频率与所述第二频率彼此不同。

15.根据权利要求1所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述基板包括半导体晶片及形成于所述半导体晶片的集成电路,

所述多个纳米柱利用半导体工艺以单片方式形成在所述基板上。

16.一种静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,包括:

绝缘性的第一基板;

导电性的第二基板,配置于所述第一基板上,包括多个贯通孔,用作下部电极;

上部电极,与所述第二基板隔开配置;

绝缘性的支撑部,在所述第一基板上朝向所述第二基板的上方延伸,并且固定并支撑所述上部电极的边缘部,以便在所述第一基板与所述上部电极之间限定出空隙;以及

多个纳米柱,其两端在所述空隙内贯通所述多个贯通孔并固定结合于所述第一基板及所述上部电极,当对所述上部电极与所述下部电极之间施加电源时,所述多个纳米柱能够通过电容耦合的静电力沿长度方向拉伸及压缩,以使所述上部电极至少进行上下移动。

17.根据权利要求16所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述上部电极包括纳米板部,

所述静电电容式微机械超声换能器进一步包括位于所述纳米板部上的上板加强部。

18.根据权利要求17所述的静电电容式微机械超声换能器,其特征在于,

所述上板加强部包括与所述多个纳米柱交错配置的多个槽或多个孔,

当对所述纳米板部与所述第二基板之间施加电源时,所述纳米板部整体由于所述多个纳米柱而以第一频率进行动作,位于所述多个槽或所述多个孔的下部的所述纳米板部的一部分以与所述第一频率不同的第二频率进行动作。

静电电容式微机械超声换能器

技术领域

[0001] 本发明涉及超声装置,尤其是涉及静电电容式微机械超声换能器(Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer,CMUT)。

背景技术

[0002] 超声换能器(或超声波换能器)是将电信号转换为超声信号或将超声信号转换为电信号的装置。以往较多地使用利用压电材料处理超声信号的压电型微机械超声换能器(Piezoelectric Micromachined Ultrasonic Transducer,PMUT),但最近正在对能够扩大动作频率范围和换能器的带宽并能够通过半导体工艺集成化的静电电容式微机械超声换能器(CMUT)进行研究。

[0003] 然而,在静电电容式微机械超声换能器(CMUT)中,因其在电极之间受限的空隙高度和受限的电压,导致能够发生的平均位移小,因此难以具备高收发灵敏度。即,在现有的静电电容式微机械超声换能器的结构中,移动单元的密度低,但是由于移动单元的边缘被固定,所以仅在中心部具有较大位移,并且在周边部的位移小,因此平均位移小。当为了提高这种平均位移而提高空隙时,需要提供较高电压,但这也存在困难。进一步地,为了提高这种静电电容式微机械超声换能器的应用性,还需要多重频率动作。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] (专利文献0001)韩国公开专利公报10-2017-0029497(2017.03.15)

[0007] (专利文献0002)韩国公开专利公报10-2018-0030777(2018.03.26)

发明内容

[0008] 技术问题

[0009] 本发明用于解决包括如上所述的问题的多种问题,其目的在于提供一种静电电容式微机械超声换能器(CMUT),其能够通过提高平均位移来提高收发灵敏度。另外,本发明的目的在于提供能够使用多重频率的静电电容式微机械超声换能器。但这种技术问题为示例性的,本发明的范围不限于此。

[0010] 技术方案

[0011] 本发明的一方面的静电电容式微机械超声换能器包括:基板;上部电极,与所述基板隔开配置;绝缘性的支撑部,结合于所述基板与所述上部电极的边缘部之间,以便固定并支撑所述上部电极的边缘部,并且在所述基板与所述上部电极之间限定出空隙;以及多个纳米柱,其两端固定并结合于所述空隙内的所述基板及所述上部电极上,当对所述上部电极施加电源时,所述多个纳米柱能够沿长度方向压缩及拉伸,以使所述上部电极至少进行上下移动。

[0012] 在所述静电电容式微机械超声换能器中,所述多个纳米柱可分别包括位于与所述基板接触的下部的下部加强部,所述下部加强部的截面积大于躯体部的截面积,以提高与

所述基板的结合力。

[0013] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述多个纳米柱可分别包括位于与所述基板接触的上部的上部加强部，所述上部加强部的截面积大于躯体部的截面积，以提高与所述上部电极的结合力。

[0014] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述多个纳米柱可分别包括：纳米尺寸的躯体部，在所述基板与所述上部电极之间沿长度方向延伸；上部加强部，位于与所述基板接触的上部，其截面积大于所述躯体部的截面积，以提高与所述上部电极的结合力；以及下部加强部，位于与所述基板接触的下部，其截面积大于所述躯体部的截面积，以提高与所述基板的结合力。

[0015] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述上部加强部的截面积在能够在从所述躯体部到所述上部电极的方向上逐渐变大，且所述下部加强部的截面积能够在从所述躯体部到所述基板的方向上逐渐变大。

[0016] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述多个纳米柱可分别包括不同材质的多个单晶物质的多层结构，以便调节其拉伸率与压缩率之比。

[0017] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述多种单晶物质可至少包括在收到电信号时能够振动的压电物质。

[0018] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述多个纳米柱可具有多种直径尺寸，以所述上部电极为基准，配置于中心部的至少一个第一纳米柱的直径尺寸比配置于边缘部的至少一个第二纳米柱的直径尺寸更大。

[0019] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，以所述上部电极为基准，中心部的所述多个纳米柱的密度可以大于边缘部的所述多个纳米柱的密度。

[0020] 所述静电电容式微机械超声换能器可进一步包括凸出部，所述凸出部位于所述基板上，与所述上部电极隔开，并隔开地包围所述多个纳米柱的下部，所述基板可由导电性物质形成且用作下部电极，所述凸出部及所述多个纳米柱通过蚀刻所述基板而形成。

[0021] 所述静电电容式微机械超声换能器可进一步包括下板部，所述下板部位于所述空隙内的所述基板上，与所述上部电极隔开，并隔开地包围所述多个纳米柱的至少下部，所述基板可由绝缘性物质形成，所述下板部由导电性物质形成且用作下部电极。

[0022] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述上部电极可包括与所述支撑部及所述多个纳米柱结合的纳米板部，所述静电电容式微机械超声换能器可进一步包括位于所述纳米板部上的上板加强部。

[0023] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述上板加强部可包括与所述多个纳米柱交错配置的多个槽或多个孔，当对所述纳米板部与所述基板之间施加电源时，所述纳米板部整体由于所述多个纳米柱而以第一频率进行动作，位于所述多个槽或所述多个孔的下部的所述纳米板部的一部分以第二频率进行动作。

[0024] 本发明的另一方面的静电电容式微机械超声换能器可包括：绝缘性的第一基板；导电性的第二基板，配置于所述第一基板上，包括多个贯通孔，用作下部电极；上部电极，与所述第二基板隔开配置；绝缘性的支撑部，在所述第一基板上朝向所述第二基板的上方延伸，并且固定并支撑所述上部电极的边缘部，以便在所述第一基板与所述上部电极之间限定出空隙；多个纳米柱，其两端在所述空隙内贯通所述多个贯通孔并固定结合于所述第一

基板及所述上部电极，当对所述上部电极与所述下部电极之间施加电源时，多个纳米柱能够沿长度方向拉伸及压缩，以使所述上部电极至少进行上下移动。

[0025] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述上部电极包括纳米板部，静电电容式微机械超声换能器可进一步包括位于所述纳米板部上的上板加强部。

[0026] 在所述静电电容式微机械超声换能器中，所述上板加强部可包括与所述多个纳米柱交错配置的多个槽或多个孔，当对所述纳米板部与所述第二基板之间施加电源时，所述纳米板部整体由于所述多个纳米柱而以第一频率进行动作，位于所述多个槽或所述多个孔的下部的所述纳米板部的一部分以与所述第一频率不同的第二频率进行动作。

[0027] 有益效果

[0028] 根据如上所述的本发明的多个实施例，在静电电容式微机械超声换能器中，能够通过扩大电极之间的平均位移来提高收发灵敏度。进一步地，本发明的部分实施例的静电电容式微机械超声换能器能够在多重频率下进行动作，当在进行医学成像时，无需按照每个身体部位变更静电电容式微机械超声换能器，只需利用一个或少数静电电容式微机械超声换能器进行成像。当然，本发明的范围不限于这种效果。

附图说明

[0029] 图1是示出本发明的一实施例的静电电容式微机械超声换能器的概略剖面图。

[0030] 图2是图1的静电电容式微机械超声换能器的概略俯视图。

[0031] 图3是示出图1的静电电容式微机械超声换能器的概略动作的剖面图。

[0032] 图4a至图4d是示出本发明的其他实施例的静电电容式微机械超声换能器的剖面图。

[0033] 图5是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器的概略剖面图。

[0034] 图6是图5的静电电容式微机械超声换能器的概略俯视图。

[0035] 图7是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器的概略剖面图。

[0036] 图8是图7的静电电容式微机械超声换能器的概略俯视图。

[0037] 图9是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器的概略剖面图。

[0038] 图10是示出图9的静电电容式微机械超声换能器的概略动作的剖面图。

[0039] 图11是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器的概略剖面图。

[0040] 图12是示出图11的静电电容式微机械超声换能器的概略动作的剖面图。

[0041] 图13是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器的概略剖面图。

[0042] 图14是示出图13的静电电容式微机械超声换能器的概略动作的剖面图。

[0043] 图15是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器的概略剖面图。

[0044] 图16是图15的静电电容式微机械超声换能器的概略俯视图。

[0045] 图17及图18是示出图15的静电电容式微机械超声换能器的动作的概略剖面图。

[0046] 图19是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器的概略剖面图。

[0047] 附图标记：

[0048] 100、100a～100k：静电电容式微机械超声换能器

[0049] 105：基板

[0050] 110：电极

[0051] 115:支撑部

[0052] 120、120a、120b、120c、120d:纳米柱

具体实施方式

[0053] 以下,参照附图,对本发明的多个优选实施例进行详细说明。

[0054] 提供本发明的多个实施例,以便向本领域技术人员更加完整地说明本发明,下述实施例能够变形为其他多种形态,且本发明的范围不限于下述实施例。相反,提供这些实施例,以便更加充实且完整地公开,并向本领域技术人员完整地传递本发明的思想。另外,为了方便且清楚地说明,放大了附图中各层的厚度及尺寸。

[0055] 图1是示出本发明的一实施例的静电电容式微机械超声换能器(CMUT)100的概略剖面图。图2是图1的静电电容式微机械超声换能器100的概略俯视图。

[0056] 参照图1及图2,静电电容式微机械超声换能器100可包括基板105、上部电极110、支撑部115以及多个纳米柱120。

[0057] 基板105具有导电性,能够用作上部电极110的相对电极,例如下部电极。例如,基板105可包括半导体物质,例如硅、锗、硅-锗等。这种半导体物质能够被掺杂为n型或p型,以具备导电性。进一步地,基板105还能够按照预定厚度加工半导体晶片而成。

[0058] 上部电极110可与基板105隔开配置。例如,上部电极110能够以与基板105隔开预定距离的方式被支撑部115支撑。上部电极110可以是导电板,并且能够在静电电容式微机械超声换能器100中用作移动板(moving plate)。例如,上部电极110可以是预定厚度的导电层,例如,金属化层或半导体层。这种半导体层能够被掺杂为n型或p型,以具备导电性。

[0059] 支撑部115可由绝缘性物质形成,用于固定并支撑上部电极110的边缘部。例如,支撑部115能够以沿上部电极110的边缘部环绕一圈的环(Loop)结构形成并且结合于基板105和上部电极110的边缘部。由此,能够在基板105与上部电极110之间限定出空隙125。这种空隙125通过基板105、上部电极110以及支撑部115密闭而成,与外部空间隔绝。例如,当空隙125在真空氛围下形成时,空隙125还能够被密闭并保持真空状态。

[0060] 多个纳米柱120的两端能够固定并结合于空隙125内的基板105及上部电极110。例如,上部电极110可以是另一基板上的半导体层,并且在具有多个纳米柱120和支撑部115的基板105上限定出空隙125的状态下被接合,从而与多个纳米柱120及支撑部115结合。作为另一例,也能够在上部电极110形成于多个纳米柱120及支撑部115上之后,通过湿蚀刻等方法去除空隙125内的牺牲物质,从而形成空隙125。

[0061] 多个纳米柱120可在空隙125内彼此隔开预定间隔。能够按照目的,均匀地或不均匀地设置多个纳米柱120之间的间隔。例如,多个纳米柱120能够考虑其支撑力适当地进行配置,以使上部电极110不弯曲并平行地移动。根据这种结构,只有上部电极110的边缘被支撑部115固定,暴露于空隙125的剩余面积全体部分实际上能够与多个纳米柱120一同进行上下位移,从而能够比以往大幅提高平均位移。

[0062] 如图3所示,当对上部电极110施加电源50时,多个纳米柱120能够沿长度方向压缩及拉伸,以使上部电极110至少进行上下移动。即,多个纳米柱120能够起弹簧的作用,使上部电极110在其边缘部被固定的状态下进行上下移动。例如,多个纳米柱120可由半导体物质形成。据悉,半导体单晶在大块结构中具有较低的拉伸率及压缩率,但是具有纳米级的直

径的单晶丝能够压缩及拉伸至接近理论阈值的约20％。

[0063] 多个纳米柱120可以形成为纳米级的多种形状。例如，多个纳米柱120可呈圆柱、椭圆柱、棱柱(三棱柱、四棱柱、五棱柱等)等形状，或形成为在这种形状结构中内侧局部为空的结构。例如，当如后者在多个纳米柱120的内侧形成有孔时，能够减少横向的限制，从而提供更大的拉伸率和压缩率。例如，这种多个纳米柱120可通过利用半导体工艺，例如，光刻工艺及蚀刻工艺等加工半导体晶片而形成。

[0064] 例如，多个纳米柱120可由单一半导体单晶物质形成。例如，多个纳米柱120能够在与基板105以相同的物质形成为一体的状态下，通过图案化而形成。作为另一例，多个纳米柱120可包括不同材质的多个单晶物质的多层结构，以便能够调节其拉伸率与压缩率之比。此时，多种单晶物质可包含硅(Si)、锗(Ge)、碳化硅(SiC)、压电物质等。压电物质为在收到电信号时能够振动，而在受到振动时能够发出电信号的物质，可包括PMN-PT、PMN-PZT、ZnO等。例如，多个纳米柱120能够使用至少一种压电物质，从而除静电力之外，同时利用基于压电物质的拉伸及压缩，因此能够扩大静电电容式微机械超声换能器100的动作频率范围。

[0065] 如图3所示，当对上部电极110与基板105之间施加电源50，例如，预定频率范围的RF电源时，通过基于两者之间电容耦合的静电力，多个纳米柱120在被压缩及拉伸的同时，发生振动，从而发送超声波。相反地，当被物体反射的超声波从外部入射到静电电容式微机械超声换能器100时，多个纳米柱120能够被压缩及拉伸，同时上部电极110移动，改变静电电容，从而接收超声振动。

[0066] 在部分实施例中，基板105可包括半导体晶片及形成于半导体晶片的集成电路(IC，Integrated Circuit)。另外，多个纳米柱120能够利用半导体工艺以单片(monolithic)方式形成在这种基板105上。即，能够在半导体晶片上形成集成电路(IC)，并利用半导体工艺(例如，蒸镀、蚀刻工艺)在其上部形成多个纳米柱120。上部电极110能够利用接合工艺形成于多个纳米柱120上。

[0067] 根据本实施例的静电电容式微机械超声换能器100，与以往不同的是，能够使用上部电极110的大部分面积来获得位移，因此能够扩大平均位移量，从而能够大幅提高超声信号的收发灵敏度。进一步地，能够使多个纳米柱120的材料多层结构化，从而扩大可利用的频率范围。

[0068] 图4a至图4d是示出本发明的其他实施例的静电电容式微机械超声换能器的剖面图。本实施例的多个静电电容式微机械超声换能器100a、100b、100c、100d为对上述的图1至图3的静电电容式微机械超声换能器100中的一部分构成进行变形而得到的，因此省略重复说明。

[0069] 参照图4a，多个纳米柱120a可分别包括躯体部1201和下部加强部1202。例如，躯体部1201为在基板105与上部电极110之间沿长度方向延伸的纳米尺寸的结构，下部加强部1202位于与所述基板105接触的下部且其截面积大于躯体部1201的截面积，以提高与基板105的结合力。这种结构能够在为了形成多个纳米柱120a而对基板105进行蚀刻时，防止因下部弱化而导致多个纳米柱120a从下层，例如基板105分离。

[0070] 参照图4b，多个纳米柱120b可包括躯体部1201、下部加强部1202以及上部加强部1203。例如，下部加强部1202可位于与基板105接触的下部且其截面积大于躯体部1201的截面积，以提高与基板105的结合力，上部加强部1203可位于与上部电极110接触的上部且其

截面积大于躯体部1201的截面积，以提高与上部电极110的结合力。因此，多个纳米柱120b能够牢固地结合于其上下侧的上部电极110及基板105，因此，即便多个纳米柱120a反复被压缩及拉伸，也能够防止多个纳米柱120b从其上下层分离。

[0071] 参照图4c，多个纳米柱120c可包括躯体部1201、下部加强部1202c以及上部加强部1203c。下部加强部1202c的截面积可在从躯体部1201到基板105的方向上按照线形逐渐变大，上部加强部1203c的截面积能够在从躯体部1201到上部电极110的方向上按照线形逐渐变大。因此，躯体部1201能够与下部加强部1202c及上部加强部1203c平滑地连接。这种结构能够利用干蚀刻而形成。

[0072] 参照图4d，多个纳米柱120c可包括躯体部1201、下部加强部1202d以及上部加强部1203d。下部加强部1202d的截面积能够在从躯体部1201到基板105的方向上按照曲线逐渐变大，上部加强部1203d的截面积能够在从躯体部1201到上部电极110的方向上按照曲线逐渐变大。因此，躯体部1201能够与下部加强部1202c及上部加强部1203c平滑地连接。这种结构能够利用湿蚀刻而形成。

[0073] 图5是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器100e的概略剖面图，图6是图5的静电电容式微机械超声换能器100e的概略俯视图。本实施例的静电电容式微机械超声换能器100e是通过对图1至图3的静电电容式微机械超声换能器100的变形结构，因此省略重复说明。

[0074] 参照图5，在静电电容式微机械超声换能器100e中，多个纳米柱120能够具有多种直径尺寸。例如，当以基板105或上部电极110为基准时，在其中心部与边缘部，多个纳米柱120的直径可以不同。例如，以上部电极110为基准，配置于其中心部的至少一个第一纳米柱120-1的直径尺寸能够比配置于边缘部的至少一个第二纳米柱120-2的的直径尺寸更大。进一步地，以上部电极110为基准，多个纳米柱120的直径可从中心部到边缘部逐渐或阶段性地减小。

[0075] 在上部电极110中，其边缘部被支撑部115固定并支撑，所以在中心部支撑力相对较弱，因此，能够通过相对增加配置于中心部的纳米柱120-1的直径尺寸来提高其刚性。

[0076] 另一方面，在本实施例的静电电容式微机械超声换能器100e中，多个纳米柱120能够变形为具备图4a至图4d的多个纳米柱120a、120b、120c、120d的结构。

[0077] 图7是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器100f的概略剖面图，图8是图7的静电电容式微机械超声换能器100f的概略俯视图。本实施例的静电电容式微机械超声换能器100f为图1至图3的静电电容式微机械超声换能器100的变形结构，因此省略重复说明。

[0078] 参照图7及图8，在静电电容式微机械超声换能器100f中，以基板105或上部电极110为基准，中心部的多个纳米柱120的密度可大于边缘部的多个纳米柱120的密度。例如，以上部电极110为基准，配置其中心部的第三纳米柱120-3的密度能够比位于边缘部的第四纳米柱120-4的密度更大。进一步地，以上部电极110为基准，多个纳米柱120的密度能够从中心部到边缘部逐渐或阶段性地变小。

[0079] 能够相对提高配置于支撑力相对较弱的中心部的纳米柱120-3的配置密度，以提高其支撑力，从而使上部电极110不弯曲并平行地运动。

[0080] 另一方面，在本实施例的静电电容式微机械超声换能器100f中，多个纳米柱120能

够变形为具备图4a至图4d的多个纳米柱120a、120b、120c、120d的结构。

[0081] 图9是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器100g的概略剖面图，图10是示出图9的静电电容式微机械超声换能器100g的概略动作的剖面图。本实施例的静电电容式微机械超声换能器100f是图1至图3的静电电容式微机械超声换能器100的变形结构，因此省略重复说明。

[0082] 参照图9及图10，静电电容式微机械超声换能器100g可进一步包括凸出部130，所述凸出部130位于基板105上。例如，凸出部130能够以与上部电极110隔开并包围多个纳米柱120的至少下部的方式配置于基板105上。例如，凸出部130及多个纳米柱120能够与基板以相同的物质形成，例如，能够通过对单一基板105进行蚀刻而形成。

[0083] 根据这种结构，能够使多个纳米柱120的高度实际上与图1的静电电容式微机械超声换能器100保持相同，即，能够在实际上保持空隙125的高度的同时，减小上部电极110与用作下部电极的一部分的凸出部130之间的距离，从而调节静电电容值。在这种结构中，当对上部电极110与基板105之间施加电源50时，能够在上部电极110与基板105及上部电极110与凸出部130之间形成电容耦合，同时以压缩多个纳米柱120的方式移动上部电极110。

[0084] 另一方面，在本实施例的静电电容式微机械超声换能器100g中，多个纳米柱120能够变形为具备图4a至图4d的多个纳米柱120a、120b、120c、120d的结构或进一步变形为具备图5至图8的多个纳米柱120的直径配置或密度配置。

[0085] 图11是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器100h的概略剖面图，图12是示出图11的静电电容式微机械超声换能器100h的概略动作的剖面图。本实施例的静电电容式微机械超声换能器100h为对图1至图3的静电电容式微机械超声换能器100和图9及图10的静电电容式微机械超声换能器100g中的一部分构成进行变形而得到的，因此省略重复说明。

[0086] 参照图11及图12，基板105a可由绝缘性物质形成，下板部135可位于基板105a上。下板部135能够在空隙125内的基板105a上与上部电极110a隔开，并隔开地包围多个纳米柱120的至少下部。例如，下板部135可由导电性物质形成，并且用作下部电极，包括多个贯通孔137。下板部135可以由例如半导体物质形成，可以例如通过对半导体晶片进行蚀刻而形成。例如，上部电极110a可以是具有纳米尺寸的厚度的纳米板部，在本实施例中，上部电极也可被称为纳米板部110a。

[0087] 根据静电电容式微机械超声换能器100h，能够通过分离多个纳米柱120与下部电极即下板部135，减小寄生电容(parasitic capacitance)。进一步地，根据这种结构，能够与下板部135独立地调节多个纳米柱120的长度，即空隙125的高度，并能够与多个纳米柱120的高度独立地调节下板部135与上部电极110之间的空隙。

[0088] 另一方面，考虑到其功能和形成过程，也可以将基板105a称为绝缘性的第一基板，并将下板部135称为导电性的第二基板。观察这种结构，第二基板能配置于第一基板上并用作下部电极。上部电极110能够与第二基板隔开配置。支撑部115在第一基板上朝向第二基板的上方延伸，并且固定并支撑上部电极110的边缘部，以便在第一基板与上部电极110之间限定出空隙。多个纳米柱120的两端在空隙125内贯通多个贯通孔137并固定结合于第一基板及上部电极110，当对上部电极110与下部电极之间施加电源时，能够沿长度方向拉伸及压缩，以使上部电极110至少进行上下移动。

[0089] 另一方面，在本实施例的静电电容式微机械超声换能器100h中，多个纳米柱120能够变形为具备图4a至图4d的多个纳米柱120a、120b、120c、120d的结构或进一步变形为具备图5至图8的多个纳米柱120的直径配置或密度配置。

[0090] 图13是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器100i的概略剖面图，图14是示出图13的静电电容式微机械超声换能器100i的概略动作的剖面图。本实施例的静电电容式微机械超声换能器100i为对上述图11至图12的静电电容式微机械超声换能器100h附加一部分构成而得到的，因此省略重复说明。

[0091] 参照图13及图14，能够在用作上部电极的纳米板部110a上进一步附加上板加强部140。上板加强部140能够对纳米板部110a进行结构上的加强，从而防止纳米板部110a在通过多个纳米柱120而进行上下移动时发生弯曲。根据这种结构，纳米板部110a的边缘部能够被支撑部115固定并支撑，并通过上板加强部140进行结构上的加强，从而在平坦地展开的状态下，上下平行运动。

[0092] 图15是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器100j的概略剖面图，图16是图15的静电电容式微机械超声换能器100j的概略俯视图。本实施例的静电电容式微机械超声换能器100j为对图13至图14的静电电容式微机械超声换能器100i的一部分构成进行变形而得到的，因此省略重复说明。

[0093] 参照图15及图16，在静电电容式微机械超声换能器100j中，上板加强部140a可包括多个孔142。当俯视上板加强部140a时，多个孔142能够与多个纳米柱120交错地配置。因此，从纳米板部110a的多个孔142暴露的部分能够与多个纳米柱120的弹簧运动分离地进行振动。多个孔142可以形成为圆形、椭圆形、多边形或空心形状等多种形态。

[0094] 如图17所示，当对纳米板部110a与下板部135之间施加第一频率的电源时，纳米板部110a整体能够由于多个纳米柱120而以第一频率进行动作。即，随着多个纳米柱120被压缩及拉伸，与多个纳米柱120结合的纳米板部110a能够与上板加强部140a一同进行上下移动。另一方面，当对纳米板部110a与下板部135之间施加第二频率的电源时，从纳米板部110a的多个孔142暴露的部分能够以第二频率进行动作。第一频率与第二频率的移动主体不同，因此在这一点上基本彼此不同，但能够通过设计使其彼此相同。

[0095] 另一方面，如图18所示，在第二频率范围内，从纳米板部110a的多个孔142暴露的部分能够在多个纳米柱120不动作的状态下，独立于多个纳米柱120的移动，独立以第二频率进行动作。

[0096] 因此，静电电容式微机械超声换能器100j能够以第一频率和第二频率在多重频率下进行动作。进一步地，能够通过调节第一频率与第二频率之间的间隔来实现由这些频率合成的宽带宽频率动作。进一步地，也能够通过变更上板加强部140a的结构和形状来实现在两个以上的频率下的动作。以往在进行医学成像时，因每个身体部位的动作频率不同，使用了频率动作范围不同的多个静电电容式微机械超声换能器，然而根据本实施例的静电电容式微机械超声换能器100j，能够在宽带宽下进行多重频率动作，因此，能够通过设置电路所需的动作频率来利用一个或少数静电电容式微机械超声换能器100j拍摄身体部位。

[0097] 图19是示出本发明的另一实施例的静电电容式微机械超声换能器100k的概略剖面图。本实施例的静电电容式微机械超声换能器100k为对图15至图18的静电电容式微机械超声换能器100j的一部分构成进行变形而得到的，因此省略重复说明。

[0098] 参照图19，在静电电容式微机械超声换能器100k中，上板加强部140b可包括多个槽144。当俯视上板加强部140b时，多个槽144能够与多个纳米柱120交错地配置。以使纳米板部110a的多个槽144底面下侧部分以预定厚度以下变薄的方式，多个槽144的深度能够以预定深度以上形成，从而使其下部的纳米板部110a移动。因此，纳米板部110a的多个槽144下侧部分能够与多个纳米柱120的弹簧运动分离地进行振动。多个槽144可以形成为圆形、椭圆形、多边形或空心形状等多种形态。

[0099] 参照附图所示的实施例对本发明进行了说明，但这仅是示例性的，本领域技术人员理解能够由此导出多种变形及等同的其他实施例。因此，本发明真正的技术保护范围应当由所附权利要求书的技术思想限定。

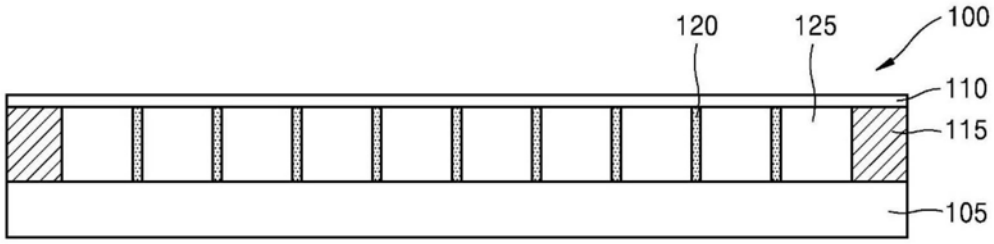


图1

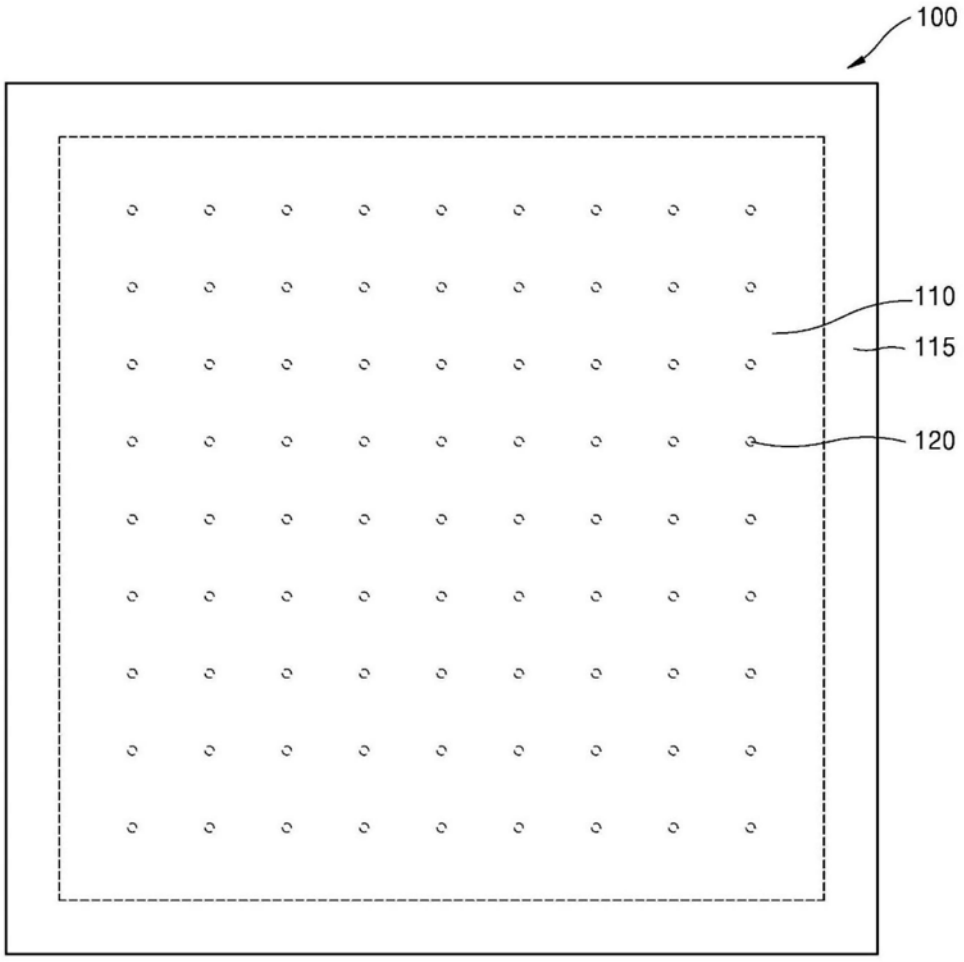


图2

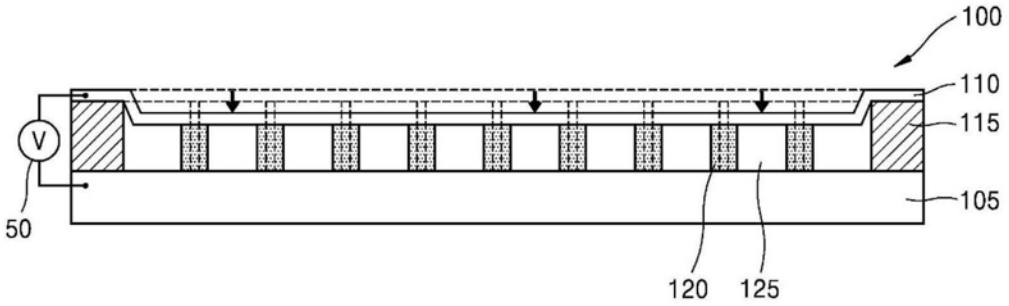


图3

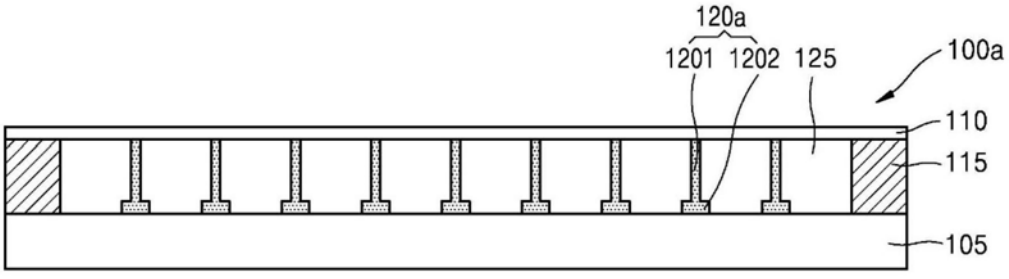


图4a

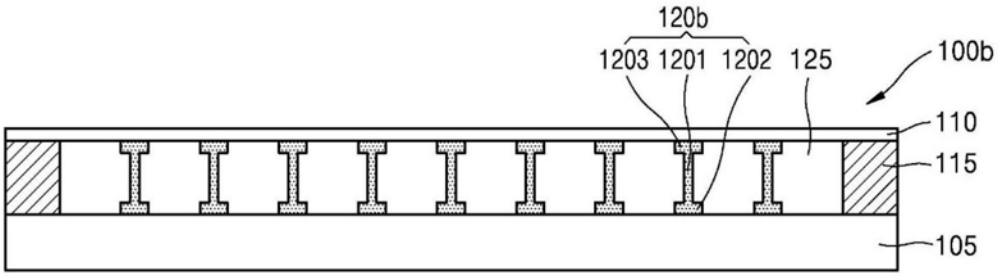


图4b

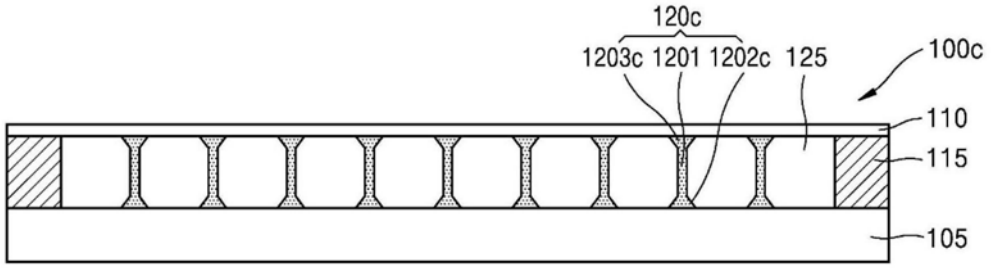


图4c

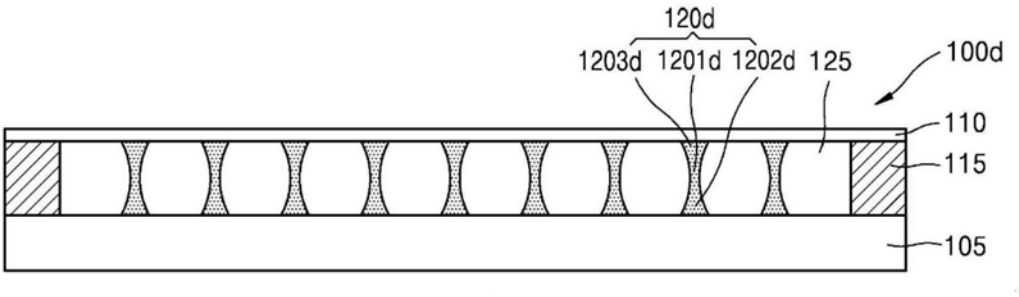

120d
1203d
1201d
1202d
125
100d
110
115
105

图4d

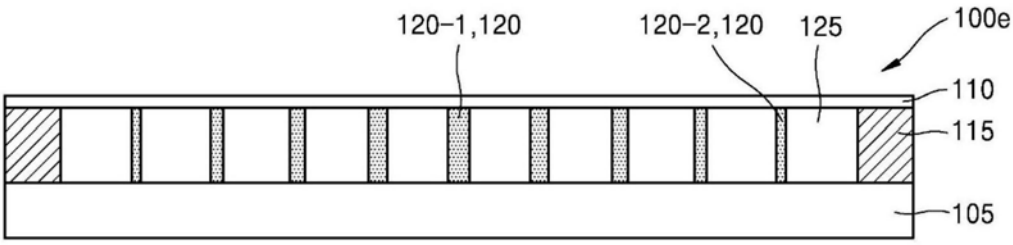

120-1,120
120-2,120
125
100e
110
115
105

图5

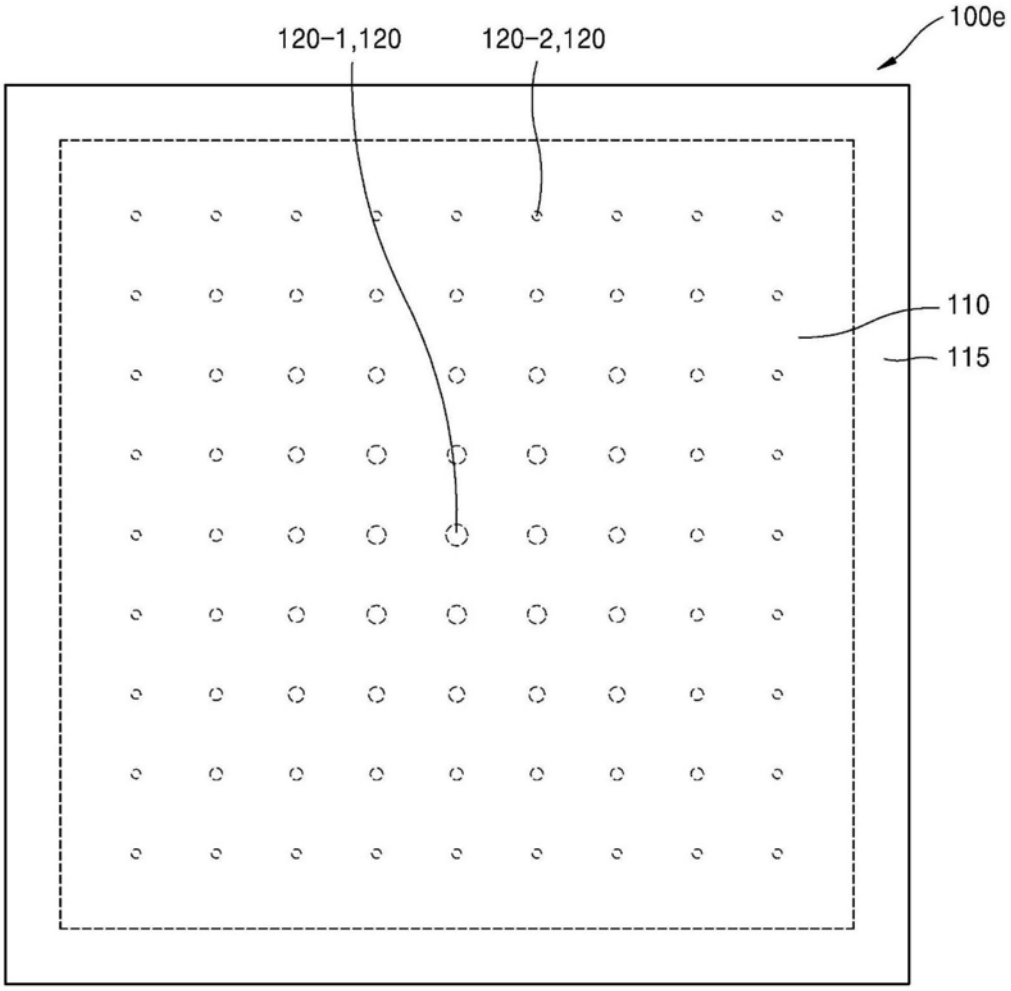

120-1,120
120-2,120
100e
110
115

图6

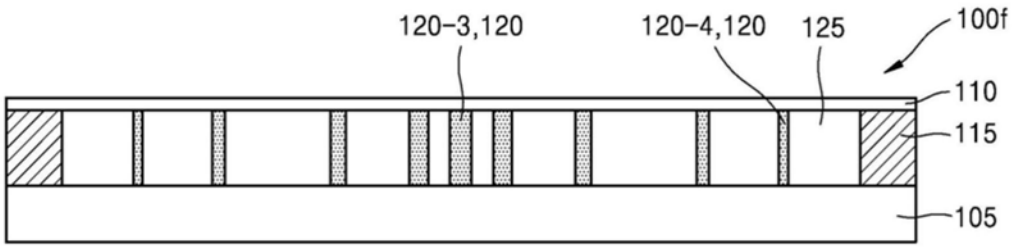

120-3,120
120-4,120
125
100f
110
115
105

图7

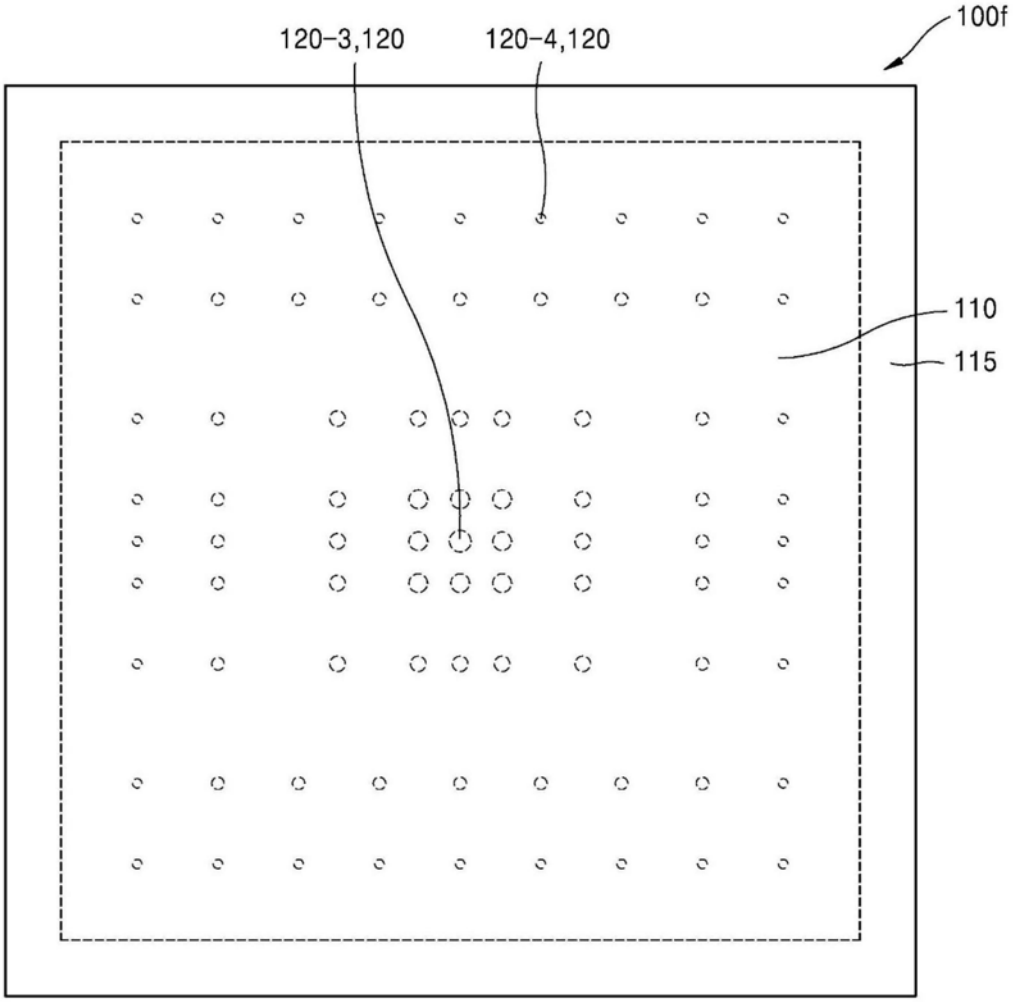


图8

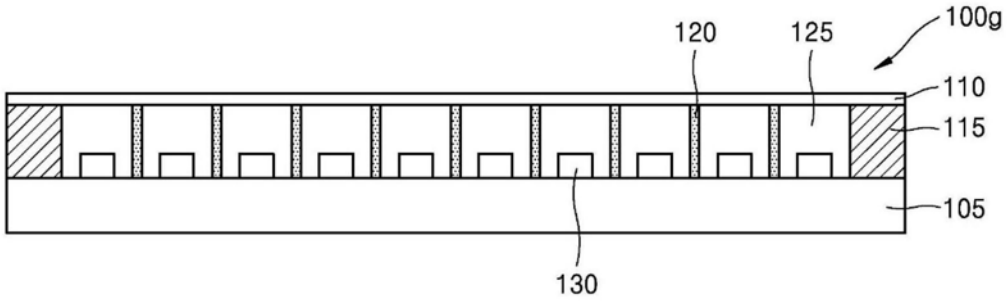


图9

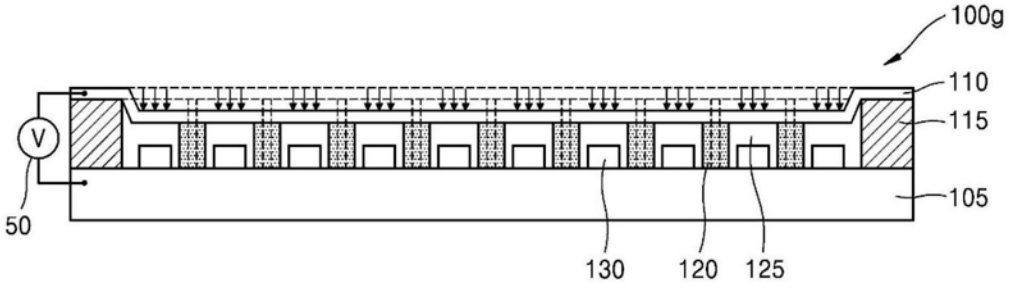


图10

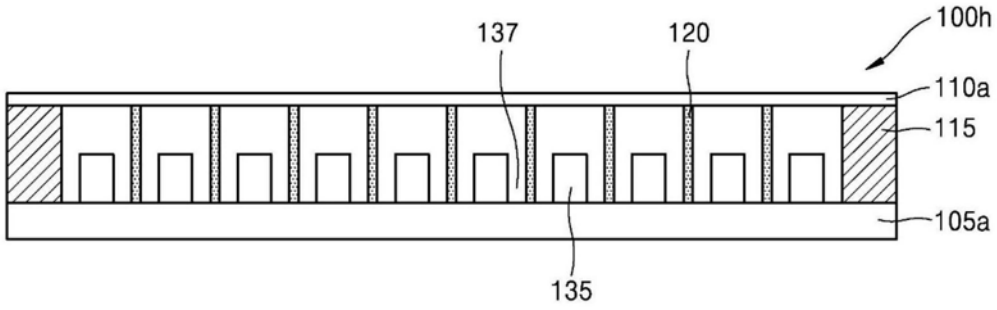


图11

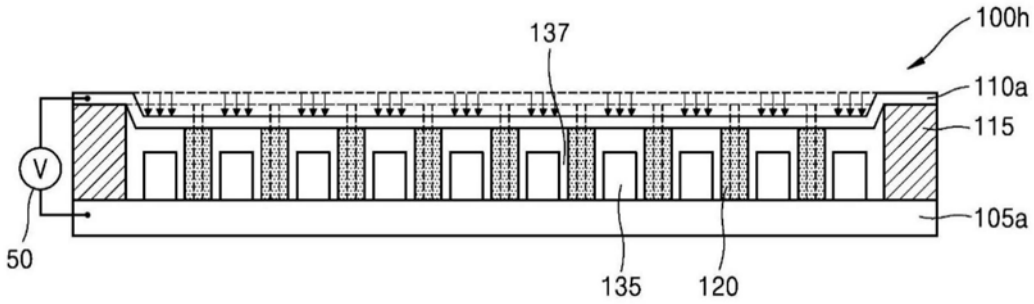


图12

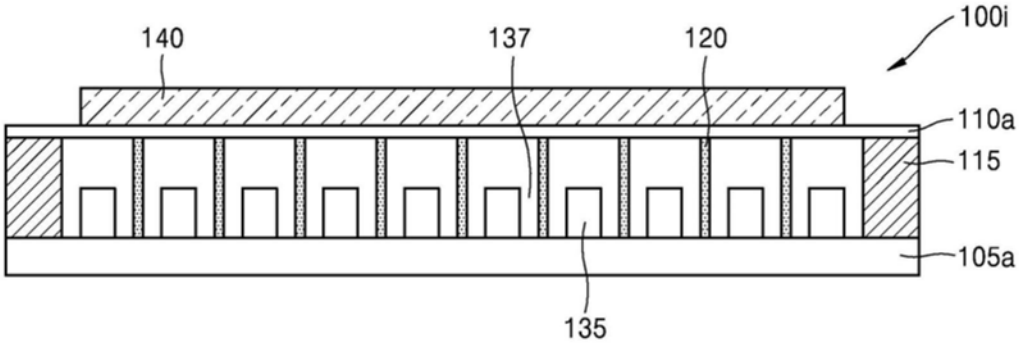


图13

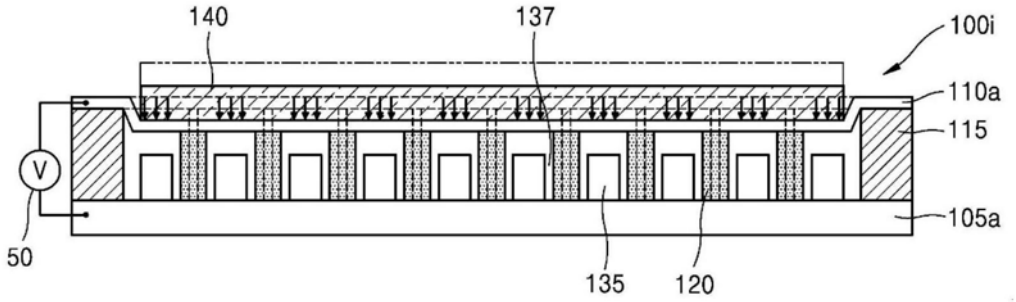

140
137
100i
110a
115
V
105a
50
135
120

图14

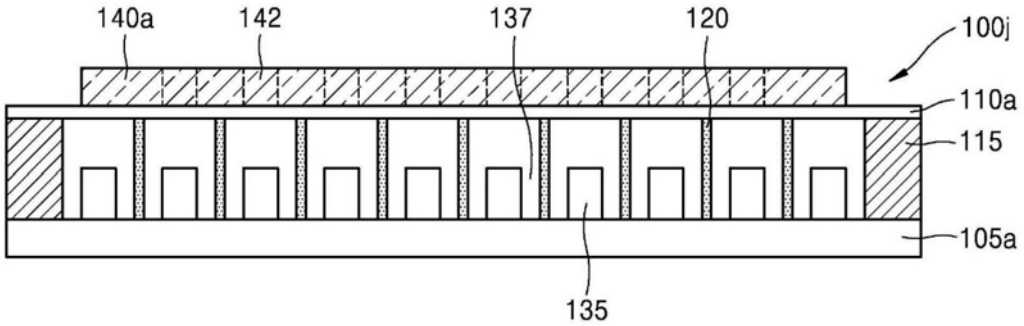

140a
142
137
120
100j
110a
115
105a
135

图15

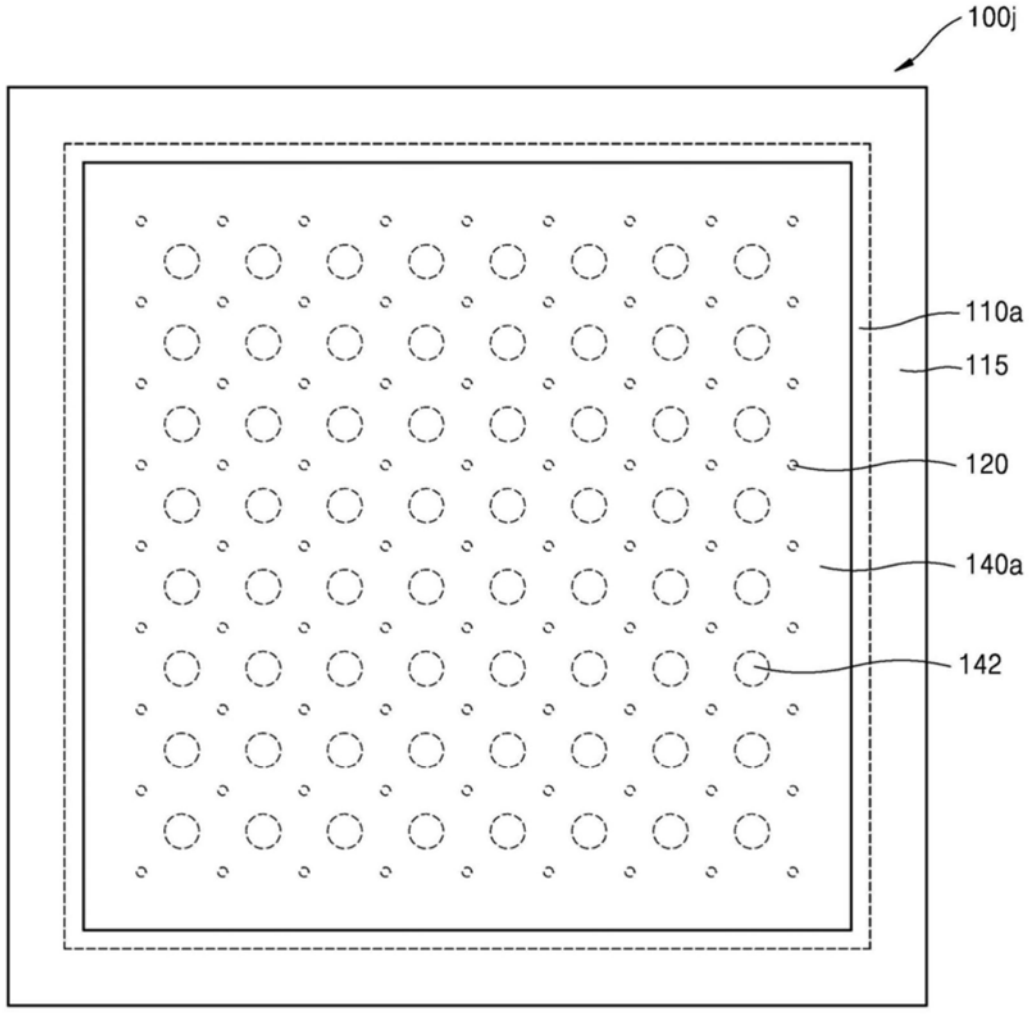

100j
110a
115
120
140a
142

图16

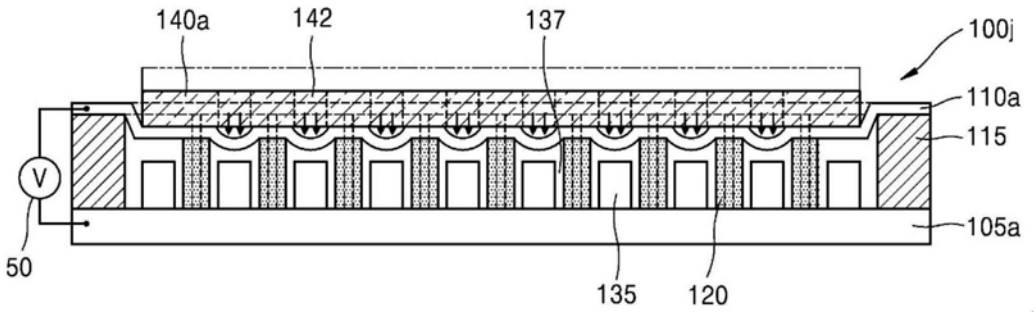

140a
142
137
100j
110a
115
105a
V
50
135
120

图17

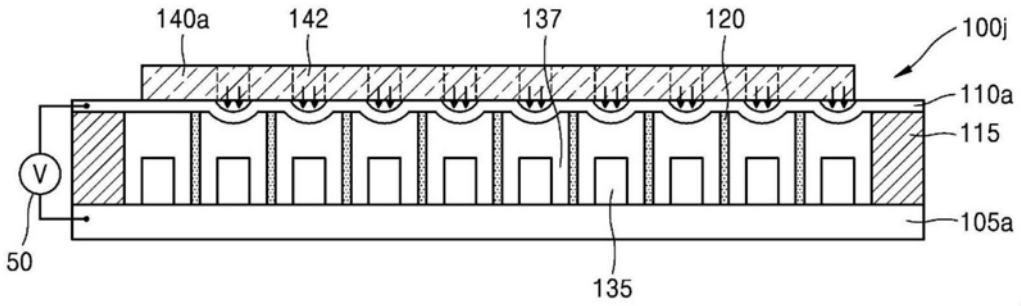

140a
142
137
120
100j
110a
115
105a
V
50
135

图18

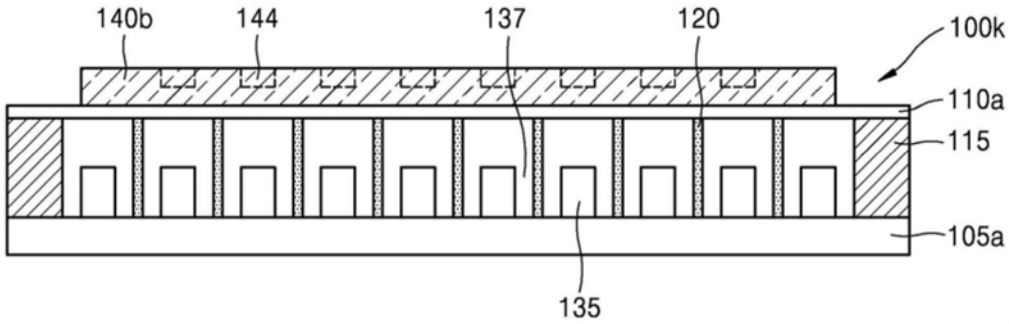

140b
144
137
120
100k
110a
115
105a
135

图19