



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108886660 A

(43)申请公布日 2018.11.23

(21)申请号 201780021776.3

(22)申请日 2017.07.07

(30)优先权数据

2016-189023 2016.09.28 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.09.29

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2017/024949 2017.07.07

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/061395 JA 2018.04.05

(71)申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

(72)发明人 长谷川浩章 町田俊太郎

竹崎泰一 龙崎大介

(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 张敬强 金成哲

(51)Int.Cl.

H04R 19/00(2006.01)

A61B 8/14(2006.01)

H04R 31/00(2006.01)

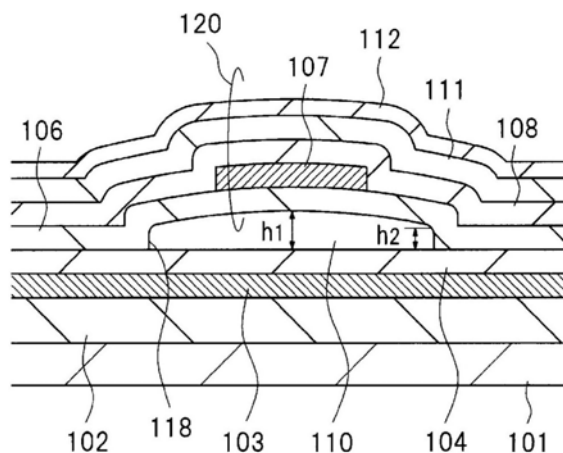
权利要求书2页 说明书8页 附图21页

(54)发明名称

超声波换能器、超声波换能器的制造方法以及超声波拍摄装置

(57)摘要

超声波换能器具有空洞部(110)和隔膜(120),空洞部(110)形成于被基板(101)上的下部电极(103)和上部电极(107)夹着的绝缘膜(104)、(106)之间,隔膜(120)由空洞部(110)的上方的绝缘膜(106、108、111、112)及上部电极(107)构成,并且在发送/接收超声波时振动。另外,空洞部(110)在将中心部的厚度设为h1且将外周部的厚度设为h2时,具有满足h1>h2>0的关系的截面形状。



1. 一种超声波换能器,其特征在于,具有:
基板;
下部电极,其形成在所述基板上;
空洞部,其设置于第一绝缘膜与第二绝缘膜之间,所述第一绝缘膜及第二绝缘膜依次形成于所述下部电极上;
上部电极,其形成于所述空洞部的上方的所述第二绝缘膜上;
第三绝缘膜及第四绝缘膜,其依次形成于所述上部电极上;以及
隔膜,其由所述空洞部上的所述第二绝缘膜、所述上部电极、所述第三绝缘膜以及第四绝缘膜构成,
所述空洞部在将中心部的厚度设为 h_1 且将外周部的厚度设为 h_2 时,具有满足 $h_1 > h_2 > 0$ 的关系的截面形状。
2. 根据权利要求1所述的超声波换能器,其特征在于,
所述空洞部的厚度从所述中心部向所述外周部曲线地单调减少。
3. 根据权利要求1所述的超声波换能器,其特征在于,
所述空洞部的厚度从所述中心部向所述外周部直线地减少。
4. 根据权利要求1所述的超声波换能器,其特征在于,
所述空洞部在所述空洞部上的所述第二绝缘膜侧具有凹部或凸部,
所述空洞部的厚度从所述中心部向所述外周部曲线地减少。
5. 根据权利要求1所述的超声波换能器,其特征在于,
所述空洞部的底面平坦。
6. 根据权利要求1所述的超声波换能器,其特征在于,
所述中心部的厚度(h_1)为所述外周部的厚度(h_2)的1.5倍以上。
7. 根据权利要求1所述的超声波换能器,其特征在于,
在俯视时,所述空洞部和所述上部电极重叠的区域的面积为所述空洞部的面积的75%以上。
8. 根据权利要求1所述的超声波换能器,其特征在于,
所述超声波换能器还具有第五绝缘膜,所述第五绝缘膜形成于所述第四绝缘膜上,并且残留应力比所述第二绝缘膜、第三绝缘膜以及第四绝缘膜高。
9. 一种超声波换能器的制造方法,其特征在于,包括:
 - (a) 工序,在基板上依次形成下部电极及第一绝缘膜;
 - (b) 工序,在所述第一绝缘膜上形成牺牲层;
 - (c) 工序,形成覆盖所述第一绝缘膜及所述牺牲层的第二绝缘膜;
 - (d) 工序,在所述第二绝缘膜上形成上部电极;
 - (e) 工序,形成覆盖所述第二绝缘膜及所述上部电极的第三绝缘膜;
 - (f) 工序,除去所述第三绝缘膜及第二绝缘膜的各一部分,形成到达所述牺牲层的表面的开口;
 - (g) 工序,通过所述开口除去所述牺牲层,由此在所述第一绝缘膜与第二绝缘膜之间形成空洞部;
 - (h) 工序,通过在所述第三绝缘膜上形成第四绝缘膜,从而在所述开口灌封所述第四绝

缘膜;以及

(i) 工序,在所述第四绝缘膜上沉积残留应力比所述第二绝缘膜、第三绝缘膜以及第四绝缘膜高的第五绝缘膜,将所述空洞部的上方的所述第二绝缘膜、所述上部电极、所述第三绝缘膜以及第四绝缘膜向上方提拉,由此使所述空洞部的中心部的厚度比沿着所述空洞部的外周部的侧壁部的厚度大。

10. 根据权利要求9所述的超声波换能器的制造方法,其特征在于,

在所述 (b) 工序形成于所述第一绝缘膜上的所述牺牲层在将所述牺牲层的中心部的厚度设为 h_1 且将所述牺牲层的外周部的厚度设为 h_2 时,具有满足 $h_1 > h_2 > 0$ 的关系的截面形状。

11. 根据权利要求10所述的超声波换能器的制造方法,其特征在于,

在所述 (g) 工序中,通过所述开口向所述牺牲层供给蚀刻液,将所述牺牲层溶解而除去。

12. 一种超声波拍摄装置,其特征在于,

具备超声波探针,所述超声波探针具有权利要求1所述的超声波换能器。

超声波换能器、超声波换能器的制造方法以及超声波拍摄装置

技术领域

[0001] 本发明涉及超声波换能器、超声波换能器的制造方法以及使用了该超声波换能器的超声波拍摄装置。

背景技术

[0002] 超声波换能器元件通过装入超声波拍摄装置的超声波探针 (probe) 内, 发送/接收超声波, 从而用于例如人体内的肿瘤的诊断、建筑物产生的龟裂的检查等之类的各种用途。

[0003] 以往, 这种超声波拍摄装置的探针使用以PZT (锆钛酸铅) 等为代表的压电陶瓷作为电声转换元件, 但近年来, 具有比压电陶瓷宽的频带特性的容量检测型的超声波换能器 (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer; 以下, 简称为CMUT) 备受瞩目, 正在进行研发。

[0004] 上述CMUT的基本的结构如下: 在下部电极与配置于其上部的上部电极之间的绝缘层设置空洞部 (空腔), 使空洞部的上部的绝缘层和上部电极作为隔膜 (也称为膜片) 发挥作用。发送超声波时, 在上部电极与下部电极之间重叠施加直流电压和交流电压, 通过此时在两电极间产生的静电力使隔膜以交流电压的频率振动。另一方面, 在接收时, 通过到达隔膜的表面的超声波的压力使隔膜振动, 将此时产生的两电极间的距离的变化作为容量变化来电检测。

[0005] 专利文献1为了解决由于被绝缘层约束的空洞部的外周部附近的隔膜比空洞部的中心部附近的隔膜难以位移的CMUT的特性, 发送/接收效率降低的课题, 公开了如下技术: 使空洞部的高度 (上下方向的距离) 从中心部向外周部曲线地单调减少, 使空洞部的高度在外周部为零。

[0006] 根据专利文献1的CMUT, 在空洞部的外周部减小电极间的距离 (插入电介质时, 以其相对介电常数为基础换算成真空而得到的等效距离), 从而能够增大电极产生的静电力, 因此, 得到能够降低为了驱动隔膜所需的驱动电压的优异的效果。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1: 国际专利公开W013/065365号小册子

发明内容

[0010] 发明所要解决的课题

[0011] 就专利文献1所公开的CMUT而言, 在以预定的电压使隔膜最大限度振动时, 不仅空洞部的中央部, 而且在空洞部的外周部, 空洞部上下的绝缘层也彼此接触, 因此, 绝缘层彼此的接触面积大, 由此, 从电极注入绝缘层的电荷的量增加。因此, 在长时间使用时, 由于被绝缘层捕获的电荷的蓄积而上下电极间的电荷被遮蔽, 具有无法进行适当的驱动、绝缘层容易产生绝缘破坏等可靠性方面的课题。

[0012] 因此,在具有如上所述的构造的CMUT中,不仅要求降低为了使隔膜振动所需的驱动电压的改良,而且要求抑制起因于从电极向绝缘层的过量的电荷注入的可靠性的降低的改良。

[0013] 根据本说明书的记载及附图,本发明的上述以及其它目的和新的特征将变得明确。

[0014] 用于解决课题的方案

[0015] 若对本申请公开的实施方式中的代表性的实施方式简单地进行说明,则如下所述。

[0016] 代表性的实施方式的CMUT包含空洞部和隔膜,上述空洞部形成于被基板上的下部电极和上部电极夹着的两层绝缘膜之间,上述隔膜由空洞部的上方的多个绝缘膜和上部电极构成,并且在发送/接收超声波时振动,空洞部在将中心部的厚度设为 h_1 且将外周部的厚度设为 h_2 时,具有满足 $h_1 > h_2 > 0$ 的关系的截面形状。

[0017] 发明效果

[0018] 根据代表性的实施方式,能够实现兼顾了驱动电压的低电压化和可靠性的CMUT。

附图说明

[0019] 图1是实施方式1的CMUT的主要部分俯视图。

[0020] 图2的(a)是图1的IIa—IIa线剖视图,(b)是图1的IIb—IIb线剖视图。

[0021] 图3的(a)、(b)是表示实施方式1的CMUT的制造方法的一个例子的主要部分剖视图。

[0022] 图4的(a)、(b)是表示接着图3的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0023] 图5的(a)、(b)是表示接着图4的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0024] 图6的(a)、(b)是表示接着图5的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0025] 图7的(a)、(b)是表示接着图6的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0026] 图8的(a)、(b)是表示接着图7的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0027] 图9的(a)、(b)是表示接着图8的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0028] 图10的(a)、(b)是表示接着图9的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0029] 图11的(a)、(b)是表示实施方式1的CMUT的制造方法的另一个例子的主要部分剖视图。

[0030] 图12的(a)、(b)是表示接着图11的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0031] 图13的(a)、(b)是表示接着图12的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0032] 图14的(a)、(b)是表示接着图13的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0033] 图15的(a)、(b)是表示接着图14的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0034] 图16的(a)、(b)是表示接着图15的CMUT的制造方法的主要部分剖视图。

[0035] 图17是说明电极面积增加对静电力的影响的具体例的图表。

[0036] 图18是说明实施方式1的CMUT的效果的图表。

[0037] 图19是表示对电场集中的具体的对策的一个例子的主要部分剖视图。

[0038] 图20是表示对电场集中的具体的对策的另一个例子的主要部分剖视图。

[0039] 图21是表示具备实施方式1的CMUT的超声波拍摄装置的外观的立体图。

[0040] 图22是表示图21所示的超声波拍摄装置的功能的块图。

具体实施方式

[0041] 以下,基于附图,对本发明的实施方式详细地进行说明。此外,在用于说明实施方式的全部图中,对具有相同功能的构件标注相同的符号,省略其重复的说明。另外,在实施方式中,除特别必要时以外,原则上不重复进行同一或同样的部分的说明。另外,在说明实施方式的附图中,为了使结构易于理解,有时即使是俯视图也添加剖面线。

[0042] (实施方式1)

[0043] 图1是表示本实施方式的CMUT的一个单元量的区域的俯视图,图2(a)是图1的IIa-IIa线剖视图,图2(b)是图1的IIb-IIb线剖视图。此外,图1主要表示上下的电极和形成于它们之间的空洞部的平面布局,省略了绝缘膜的图示。

[0044] CMUT的单元具备由单晶硅构成的形成于基板101上的绝缘膜102、形成于绝缘膜102上的下部电极103、形成于在下部电极103上的两层绝缘膜104、106、由形成于绝缘膜104与绝缘膜106之间的空隙构成的空洞部110、隔着绝缘膜106形成于空洞部110的上方的上部电极107、以及形成于上部电极107的上部的三层绝缘膜108、111、112。此外,也有时根据需要在最上层的绝缘膜112的上部设置由聚酰亚胺树脂等构成的防异物附着用的保护膜(未图示)。

[0045] 在此,绝缘膜106、108、111、112以及上部电极107中的位于空洞部110的上方的部分(图1的用两点划线M表示的边界的内侧部分)作为发送/接收超声波时振动的隔膜120发挥作用。另外,绝缘膜106、108、111、112中的包围作为隔膜120发挥作用的区域的部分(包围边界M的部分)作为支撑隔膜120的固定部发挥作用。

[0046] 在对上述绝缘膜104、106、108、111、112进行开口而形成的连接孔113的底部,露出由下部电极103的一部分构成的外部连接用的焊盘115,在对绝缘膜108、111、112进行开口而形成的连接孔114的底部露出由上部电极107的一部分构成的外部连接用的焊盘116。通过这些焊盘115、116,从外部的电源对CMUT施加直流电压及交流电压。此外,图中的符号109表示在形成空洞部110的工序(后述)形成于绝缘膜106、108的开口。

[0047] CMUT具有沿着基板101的主面的一个方向或者彼此正交的两个方向配置有多个以上述方式构成的单位单元的构造。

[0048] 设置于每个单位单元的空洞部110具有其中心部比外周部厚的截面形状。另外,在空洞部110的外周部设置有沿着该外周部而形成的侧壁部118。换言之,空洞部110在将其中心部的厚度(高度)设为 h_1 且将设置于外周部的侧壁部118的厚度(高度)设为 h_2 时,具有满足 $h_1 > h_2 > 0$ 的关系这样的截面形状。中心部的厚度(h_1)优选为外周部的厚度(h_2)的1.5倍以上。

[0049] 在图示的例子中,空洞部110的厚度从中心部向外周部曲线地单调减少,但空洞部110的截面形状并不限于于此,例如也可以为厚度从中心部向外周部大致直线地减少这样的截面形状、局部具有凹凸并且从中心部向外周部曲线地减少的截面形状。

[0050] 另外,就图示的空洞部110的截面形状而言,底面平坦且上表面为凸形,但也可以为底面为凹形且上表面平坦的截面形状。但是,若考虑制造的容易性,则优选采取图示这样的截面形状。

[0051] 另外,图示的空洞部110的俯视形状为矩形,但空洞部110的俯视形状并不限定于矩形,例如也可以为圆形、椭圆形、五边形以上的多边形(六边形、八边形)等。

[0052] 接着,使用图3~图10,对本实施方式的CMUT的制造方法的一个例子进行说明。图3~图10的(a)是沿着图1的IIa-IIa线的剖视图、(b)是沿着图1的IIb-IIb线的剖视图。

[0053] 首先,如图3所示,通过CVD(Chemical Vapor Deposition)法或热氧化法在基板101上形成膜厚500nm左右的由氧化硅膜构成的绝缘膜102后,通过溅射法在绝缘膜102的上部沉积膜厚100nm左右的铝合金膜,由此形成下部电极103。接下来,通过等离子体CVD法在下部电极103的上部沉积膜厚200nm左右的由氧化硅膜构成的绝缘膜104。

[0054] 接着,如图4所示,通过等离子体CVD法在绝缘膜104的上部沉积膜厚100nm左右的多晶硅膜后,使用光刻技术和干式蚀刻技术对多晶硅膜进行构图,由此在绝缘膜104的上部形成由多晶硅膜构成的牺牲层(虚设层)105。形成有牺牲层105的区域为在之后的工序成为空洞部110的区域,牺牲层105的膜厚相当于空洞部110的侧壁部118的厚度(h2)。

[0055] 接着,如图5所示,通过等离子体CVD法在绝缘膜104及牺牲层105的上部沉积膜厚200nm左右的由氧化硅膜构成的绝缘膜106。

[0056] 接着,如图6所示,通过溅射法在绝缘膜106的上部沉积膜厚100nm左右的铝合金膜后,使用光刻技术和干式蚀刻技术对铝合金膜进行构图,由此形成上部电极107。

[0057] 接着,如图7所示,通过等离子体CVD法在绝缘膜106及上部电极107的上部沉积膜厚200nm左右的由氧化硅膜构成的绝缘膜108后,使用光刻技术和干式蚀刻技术除去绝缘膜108、106的各一部分,形成到达牺牲层105的开口109。

[0058] 接着,如图8所示,通过开口109使氢氧化钾水溶液等湿式蚀刻液与牺牲层105的表面接触而使牺牲层105溶解。由此,在形成过牺牲层105的区域形成空洞部110。

[0059] 接着,如图9所示,通过等离子体CVD法在绝缘膜108的上部沉积膜厚500nm左右的由氧化硅膜构成的绝缘膜111。由此,在开口109的内部灌封绝缘膜111,空洞部110被封闭。

[0060] 接着,如图10所示,通过等离子体CVD法在绝缘膜111的上部沉积膜厚500nm左右的由氮化硅膜构成的绝缘膜112。构成绝缘膜112的氮化硅膜与氧化硅膜相比,膜质致密,因此,残留应力高。因此,若在由氧化硅膜构成的绝缘膜106、108、111的上部沉积由氮化硅膜构成的绝缘膜112,则绝缘膜112的残留应力作用于绝缘膜106、108、111,将空洞部110的上方的绝缘膜106、108、111向上方提拉。其结果,空洞部110成为中心部的厚度(h1)变得比沿着外周部的侧壁部118的厚度(h2)大,且满足 $h1 > h2 > 0$ 的关系的截面形状。

[0061] 然后,使用光刻技术和干式蚀刻技术在绝缘膜112、111、108、106、104形成连接孔113,在绝缘膜112、111、108形成连接孔114,由此,形成露出下部电极103的一部分而成的焊盘115和露出上部电极107的一部分而成的焊盘116。由此,图1及图2所示的CMUT完成。

[0062] 此外,构成上述的CMUT的电极材料、绝缘膜材料为优选的一个例子,并不限定于这些。作为电极材料,也能够使用铝合金以外的金属材料、例如W、Ti、TiN、Al、Cr、Pt、Au、以高浓度掺杂了杂质的多晶硅、非晶硅等。另外,也能够使用氮氧化硅膜、氧化铪膜、硅掺杂氧化铪膜等代替由氧化硅膜构成的绝缘膜。牺牲层105只要是相对于这些绝缘膜的蚀刻选择比高的材料,就不限定于多晶硅膜,也可以为例如金属膜、SOG(Spin-on-Glass)膜等。

[0063] 在上述的制造方法中,利用氮化硅膜(绝缘膜112)的残留应力使空洞部110的中心部的厚度大于外周部(侧壁部118)的厚度,但也能够使用如下所述的方法。

[0064] 首先,如图11所示,依照上述的图3的工序在基板101上依次形成绝缘膜102、下部电极103以及绝缘膜104。

[0065] 接着,如图12所示,通过等离子体CVD法在绝缘膜104的上部沉积膜厚200nm左右的多晶硅膜后,通过使用了灰度光掩模的光刻技术和干式蚀刻技术,形成具有中心部的厚度(h1)比外周部的高度(h2)厚且满足 $h1 > h2 > 0$ 的关系的截面形状的牺牲层205。

[0066] 接着,如图13所示,依照上述的图5~图7所示的工序,在绝缘膜104及牺牲层105的上部形成绝缘膜106,接下来,在绝缘膜106的上部依次形成上部电极107、绝缘膜108后,除去绝缘膜108、106的各一部分而形成到达牺牲层205的开口109。

[0067] 接着,如图14所示,依照上述的图8所示的工序,通过开口109使湿式蚀刻液与牺牲层205的表面接触而溶解牺牲层205,在形成过牺牲层205的区域形成空洞部210。

[0068] 接着,如图15所示,依照上述的图9所示的工序,在绝缘膜108的上部沉积绝缘膜111,在开口109的内部灌封绝缘膜111,由此将空洞部210封闭。

[0069] 然后,如图16所示,使用光刻技术和干式蚀刻技术在绝缘膜111、108、106、104形成连接孔213,在绝缘膜111、108形成连接孔214,由此形成焊盘215、216。

[0070] 在图11~图16所示的制造方法中,未利用氮化硅膜(绝缘膜112)的残留应力,因此,不会产生起因于应力的绝缘膜的剥离等不良情况,而且能够限定空洞部210的截面形状。

[0071] 此外,在图11~图16所示的制造方法中,也能够通过在绝缘膜111的上部沉积残留应力高的绝缘膜来更高精度地控制空洞部210的截面形状。该情况下,作为堆积于绝缘膜111的上部的绝缘膜,使用残留应力较小的绝缘膜、减薄绝缘膜的膜厚,从而与仅利用残留应力使空洞部210的截面形状变形的情况相比,能够抑制起因于应力的绝缘膜的剥离等不良情况的发生。

[0072] 接着,将具备具有如上所述的截面形状的空洞部110的本实施方式的CMUT的效果一边与现有技术比较一边说明。

[0073] 首先,对具备截面形状为矩形、即从中心部到外周部具有均匀的高度的一般的形状(以下,称为基本构造)的空洞部的CMUT的动作进行说明。

[0074] 该情况,若在上部电极与下部电极之间重叠施加直流电压和交流电压,则在两电极间作用静电力,由空洞部的上部的绝缘膜和上部电极构成的隔膜发生弹性变形,根据交流电压的频率振动,从而发送超声波。即,从CMUT发送的超声波的压力依赖于隔膜的振动振幅。另一方面,在接收的情况下,通过从外部到达隔膜的表面的超声波的压力,隔膜振动,两电极间的距离发生变化,因此,将该距离的变化作为静电容量的变化而电检测,从而接收超声波。

[0075] 根据上述动作原理,发送的超声波的压力依赖于隔膜的振动振幅。在具备具有矩形的截面形状的空洞部的CMUT的情况下,在空洞部的外周部,隔膜由固定部(绝缘膜)支撑,通过由空洞部的中心部附近的隔膜的弹性变形而产生的挠曲,产生振动振幅。由此,隔膜的振动振幅具有在空洞部的外周部为零且在空洞部的中心部最大这样的连续分布。

[0076] 在具有这样的振幅分布的CMUT中,上部电极中的空洞部的外周部附近的区域对产生静电力的贡献少。这是因为,由于空洞部的外周部附近的上下两电极在振动中也无法缩短其距离,因此,与电极间的距离(插入有电介质时,基于其相对介电常数换算成真空而得

到的等效距离)的平方成反比例的静电力成为隔膜的最大振幅点(换言之,电极间的距离最接近的点)的几分之一。

[0077] 该性质在增加发送的超声波的压力方面成为大的障碍。这是因为,为了增加超声波的压力,只要增加隔膜的最大振幅即可,即只要较高地形成空洞部即可,但在该情况下,需要补偿因电极间的距离的增加而引起的静电力的减少而使隔膜振动。

[0078] 另外,也能够通过增加占据空洞部的面积的电极的面积来增加静电力,但由于上述的理由,上部电极中的固定部附近的区域对产生静电力的贡献少,因此,其效果有限。而且,由于导致不参与振动的静电容量成分、即寄生容量的增加,因此,使发送/接收时的灵敏度降低。

[0079] 将电极面积增加对静电力的影响的具体例示于图17的图表。图表的横轴表示上部电极的面积占空洞部的面积的比例(以后,称为“电极面积比”),纵轴表示在电极间施加有固定电压时产生的静电力的大小。图表中的虚线的绘图表示理想的情况、即活塞状上下运动的平行平板产生的静电力的变化的理论值。另外,菱形的绘图表示上述的基本构造的空洞部、换言之,具有平坦的隔膜的CMUT产生的静电力的变化。

[0080] 如虚线的绘图所示,在理想的情况下,静电力与电极面积比成简单比例,且在电极面积比为100%时,成为最大。另一方面,如菱形的绘图所示,在振动振幅具有分布的CMUT中,若电极面积比超过75%,则静电力的增加缓慢,最大也停留于理想值的60%。

[0081] 如上所述,只要采用具有平坦的隔膜的基本构造的CMUT,由电极面积比的扩大而引起的静电力的提高就存在界限。为了在该限制下得到足以产生实用的声压的静电力,需要增大驱动电压。然而,高的驱动电压使施加于电极间的电场强度增加,因此,产生加速CMUT元件的破坏、特性劣化的发展等可靠性降低的大问题,因此不建议。

[0082] CMUT的破坏、特性劣化主要因空洞部的上下的绝缘膜劣化而产生。这些绝缘膜为了将下部电极和上部电极隔开防止因短路电流而引起的破坏而形成,若对这些绝缘膜施加过大的电场强度,则有可能产生绝缘破坏、从电极向绝缘膜注入电荷而绝缘膜充电的问题。在产生绝缘破坏的情况下,由于因电流增大而引起的焦耳热的产生,CMUT元件被破坏,不能使用。另外,若绝缘膜充电,则产生上下电极间的电场因绝缘膜所带有的电荷而被遮蔽,无法进行最佳的驱动的问题。

[0083] 因此,具备具有矩形的截面形状的空洞部的基本构造的CMUT难以降低为了使隔膜振动所需的驱动电压。

[0084] 另一方面,根据使空洞部的高度在空洞部的外周部为零的专利文献1的CMUT,由于两电极间的距离在空洞部的外周部附近缩短,因此,空洞部的外周部附近的区域也能够参与静电力的产生,能够以更低的驱动电压使隔膜驱动。

[0085] 然而,专利文献1所公开的那样的空洞部的高度的分布在空洞部的中心部最大,在空洞部的外周部为零的构造(作为例子,公开了第零类贝塞尔函数、圆弧函数、正弦函数)在大振幅下的超声波发送中,存在可靠性降低的问题。

[0086] 即,如专利文献1所公开的CMUT那样,外周部的高度为零的空洞部在使隔膜最大限度地振动时,不仅在空洞部的中心部,而且在外周部,空洞部上下的绝缘膜也彼此接触,因此,与上述的一般的截面形状的空洞部相比,空洞部上下的绝缘层彼此的接触面积增加。其结果,在长期使用的情况下,空洞部上下的绝缘膜容易产生充电,因此,上下电极间的电荷

因被绝缘层所捕获的电荷而被遮蔽,无法进行适当的驱动、绝缘层容易产生绝缘破坏。

[0087] 与此相对,本实施方式的CMUT的空洞部110在将在下部电极103与上部电极107之间未施加电压时的中心部的厚度设为 h_1 且将设置于外周部的侧壁部118的厚度设为 h_2 时,具有满足 $h_1 > h_2 > 0$ 的关系的截面形状。

[0088] 图18的图表表示将空洞部110做成上述那样的截面形状的情况下的静电力增大的效果。在图表中,为了比较,也示出了图17所示的数值例。即,虚线的绘图表示理想的情况、即活塞状上下运动的平行平板产生的静电力的变化的理论值,菱形的绘图表示上述的具有截面形状为矩形的空洞部的CMUT产生的静电力的变化。另外,圆形的绘图表示本实施方式的CMUT产生的静电力的变化。

[0089] 如上所述,在具有截面形状为矩形的空洞部的CMUT的情况下,若电极面积比超过75%,则静电力的增加缓慢,最大也停留于理想值的60%。与此相对,在本实施方式的CMUT的情况下,在具有截面形状为矩形的空洞部的CMUT无望静电力的增大的电极面积比75%以上,显著地产生静电力的增大,能够达到理想状态的90%。意思是,在相同电压下能够产生强的静电力,即能够以低电压产生同等的静电力。

[0090] 另外,本实施方式的CMUT由于侧壁部118附近的空洞部110具有某固定的厚度(h_2),因此,在上下电极间的绝缘膜不接触的程度位移小的状态下,在上下电极中的侧壁部118附近的区域产生大的静电力,在电极间绝缘膜可能产生接触的位移大的状态下,仅绝缘膜中的振动振幅最大的空洞部110的中心附近的区域接触。通过侧壁部118附近的空洞层具有某高度,能够限定绝缘膜的接触部,通过在接触部配置缓解电场强度的构造,能够限定于空洞部的中央部来实施对因绝缘膜接触而引起的电场集中的对策,能够抑制绝缘膜的劣化。

[0091] 作为对电场集中的具体的对策,例如考虑以下的方法。图19是通过除去下部电极103及上部电极107的至少一方中的绝缘膜104、106接触的区域的部分来抑制电场的集中的例子。另外,图20是在绝缘膜104、106接触的区域局部地加厚绝缘膜104、106的至少一方的膜厚,将电场强度降低至即使产生绝缘膜104、106的接触,电荷的蓄积也不会成为问题的程度的例子。此外,即使在采用图20的方法的情况下,在将在下部电极103与上部电极107之间未施加电压时的中心部的厚度设为 h_1' 且将设置于外周部的侧壁部118的厚度设为 h_2 时,也需要做成满足 $h_1' > h_2 > 0$ 的关系的截面形状。

[0092] 在图19的例中,在隔膜120的最大位移部除去了电极部分,但也可以在隔膜120的多个部位除去电极部分。另外,在图20的例子中,在隔膜120的最大位移部加厚了绝缘膜,但也可以在隔膜120的多个部位加厚绝缘膜。

[0093] 如上所述,根据本实施方式,能够实现兼顾了驱动电压的低电压化和长期可靠性的确保的CMUT。

[0094] (实施方式2)

[0095] 图21是表示具备上述实施方式1的CMUT的超声波拍摄装置的外观的立体图,图22是表示图21所示的超声波拍摄装置的功能块图。

[0096] 超声波拍摄装置301具备:主体305,其容纳进行超声波的发送/接收的超声波发送/接收电路、对超声波发送/接收电路接收到的回波信号进行处理而生成检查对象的超声波图像的信号处理电路等;显示部303,其与主体305连接,且显示超声波图像、用于进行与

操作者的交流的GUI;输入部304,其供操作者操作;以及超声波探针302,其经由固定于主体305的超声波探针连接部306与超声波发送/接收电路连接。

[0097] 超声波探针302是与被检体(患者)接触,在与被检体之间发送/接收超声波的装置,其具备超声波换能器307和声透镜、背衬件等,超声波换能器307具有将多个转换器元件配置成一维或二维的阵列状的构造。超声波换能器307构成为,将CMUT元件在几百~1万个左右的范围内呈一维或二维的阵列状配置。

[0098] 此外,在图21中,作为一个例子,示出了在主体305的底部具备滚动轮308的可动式的超声波拍摄装置,但本实施方式的超声波拍摄装置301能够应用于固定于检查室的超声波拍摄装置、笔记本型、箱型等便携型超声波拍摄装置、其它公知的超声波拍摄装置。

[0099] 如图22所示,超声波拍摄装置301的主体305具备超声波发送/接收部411、信号处理部412、控制部413、存储部414、电源装置415以及辅助装置416。

[0100] 超声波发送/接收部411产生用于从超声波探针302发送超声波的驱动电压、从超声波探针302接收回波信号,且具备延迟电路、滤波器、增益调整电路等。

[0101] 信号处理部412可以对接收到的回波信号进行LOG压缩、深度修正等修正、图像制作等所需的处理,且包括DSC(数字扫描变换器)、彩色多普勒电路、FFT解析部等。信号处理部412的信号处理可以为模拟信号处理及数字信号处理的任一个,一部分能够通过软件实现,另外,也可以利用ASIC(application specific integrated circuit)、FPGA(field-programmable gate array)实现。

[0102] 控制部413进行主体305的各电路、与主体305连接的设备的控制。存储部414存储信号处理、控制所需的信息、参数及处理结果。电源装置415供给超声波拍摄装置的各部分所需的电力。辅助装置416用于实现除上述的各部分以外,超声波拍摄装置301附带的功能,例如产生声音等,且可根据需要适当追加。

[0103] 本实施方式的超声波拍摄装置301使用上述实施方式1的CMUT作为超声波探针302的超声波换能器307,因此,即使与被检体(患者)接触,通过安全的低电压就能够高灵敏度地发送/接收超声波。另外,由于CMUT的长期可靠性高,因此,能够降低超声波拍摄装置301的运行成本。

[0104] 以上,基于该实施方式对由本发明人完成的发明具体地进行了说明,但本发明并不限于上述实施方式,可以在不脱离其主旨的范围内进行各种变更。

[0105] 符号说明

[0106] 101—基板,102—绝缘膜,103—下部电极,104—绝缘膜,105—牺牲层,106—绝缘膜,107—上部电极,108—绝缘膜,109—开口,110—空洞部,111—绝缘膜,112—绝缘膜,113—连接孔,114—连接孔,115—焊盘,116—焊盘,118—侧壁部,120—隔膜,205—牺牲层,210—空洞部,213—连接孔,214—连接孔,215—焊盘,216—焊盘,301—超声波拍摄装置,302—超声波探针,303—显示部,304—输入部,305—主体,306—超声波探针连接部,307—超声波换能器,308—滚动轮,411—超声波发送/接收部,412—信号处理部,413—控制部,414—存储部,415—电源装置,416—辅助装置。

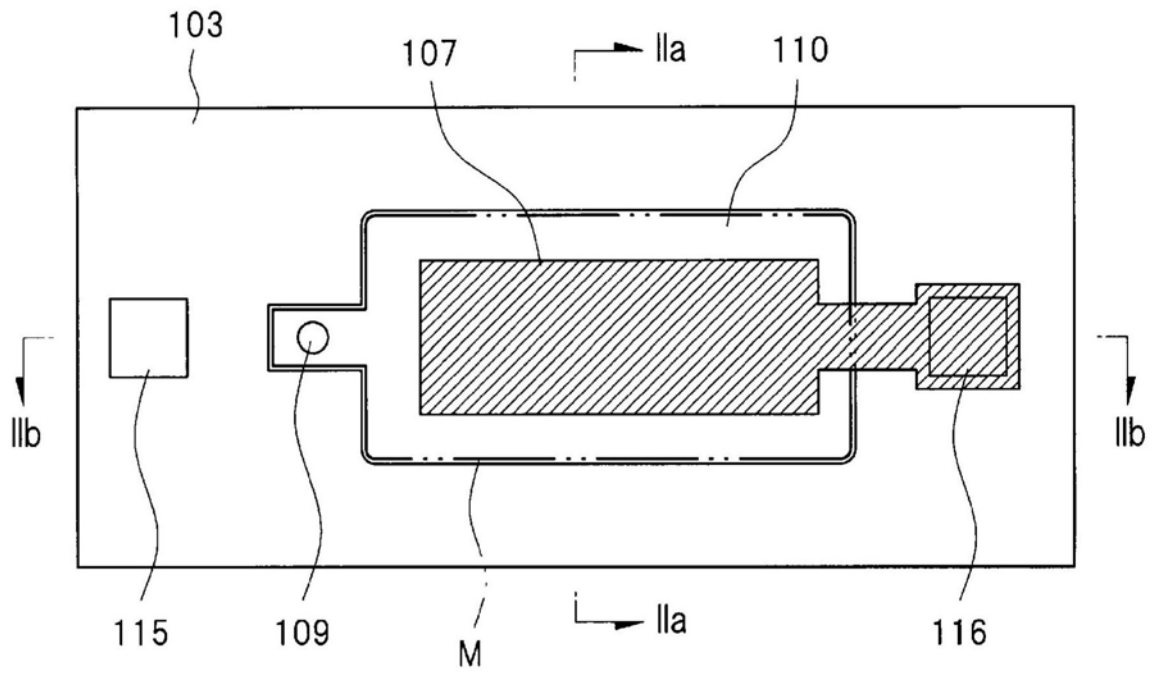
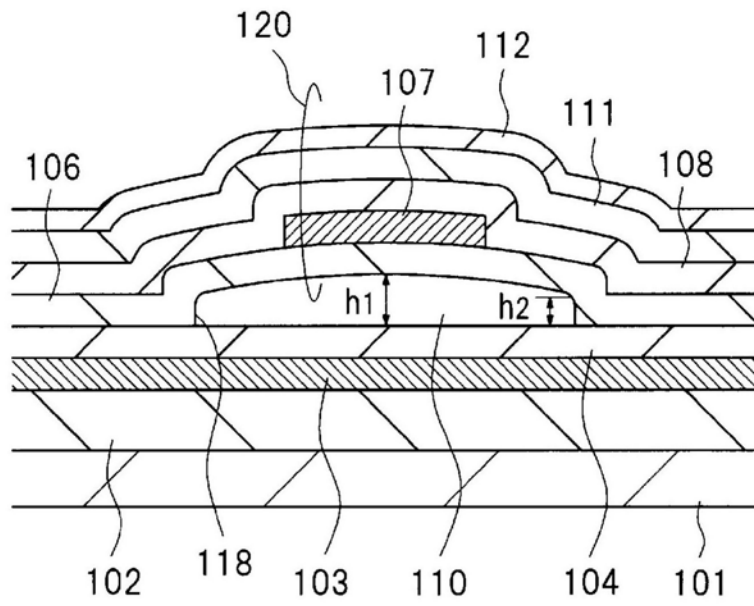


图1

(a)



(b)

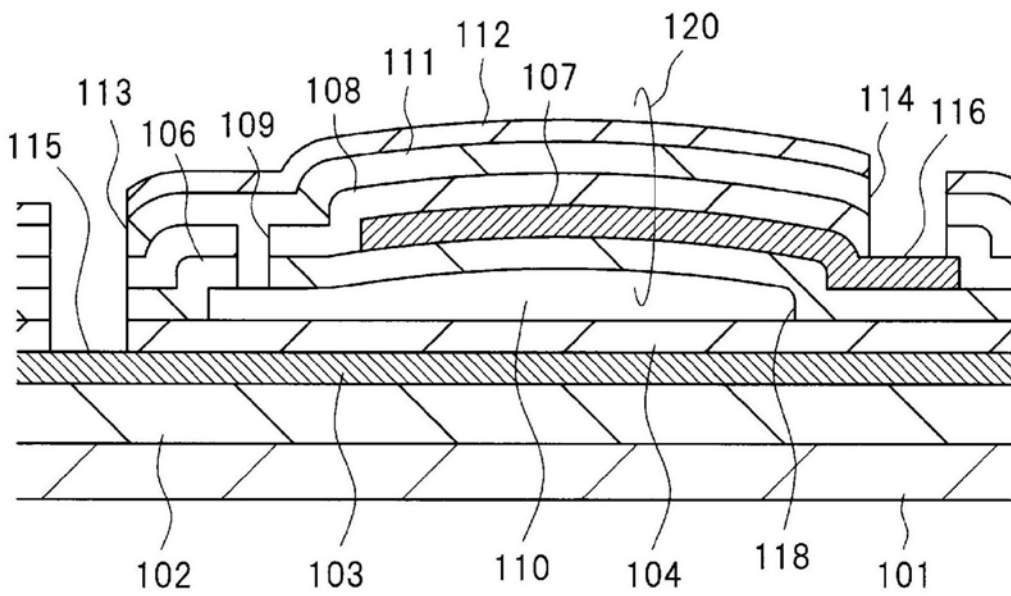
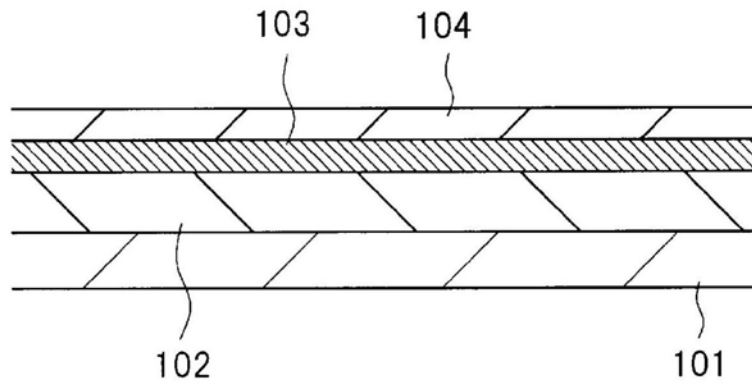


图2

(a)



(b)

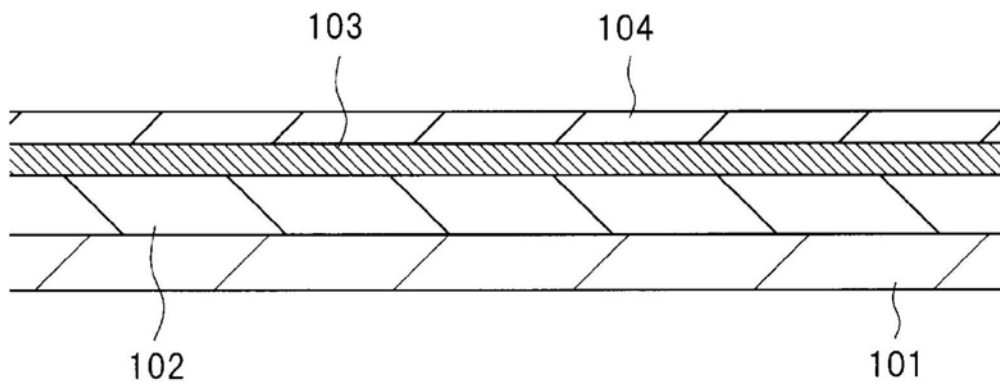
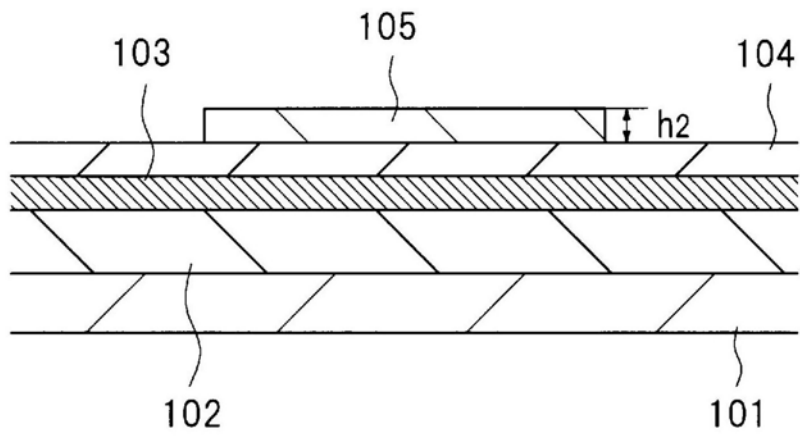


图3

(a)



(b)

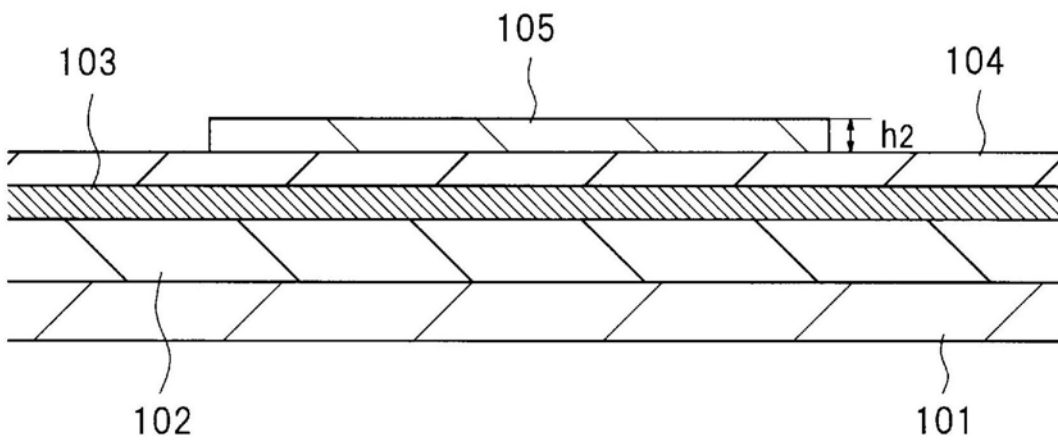
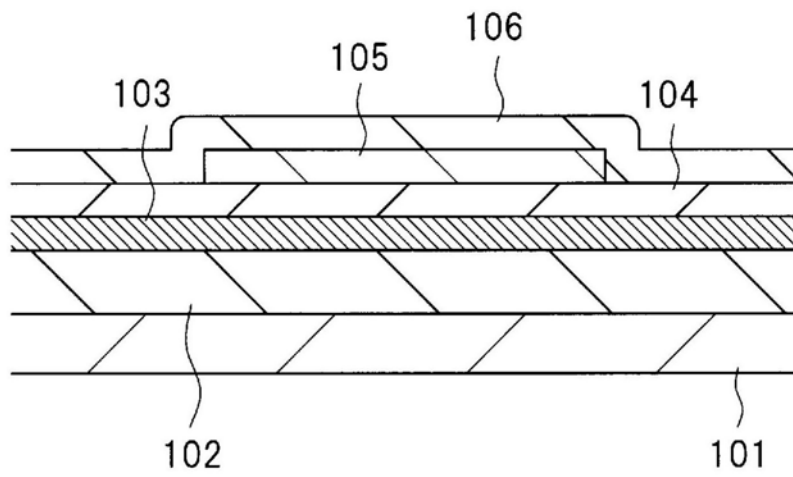


图4

(a)



(b)

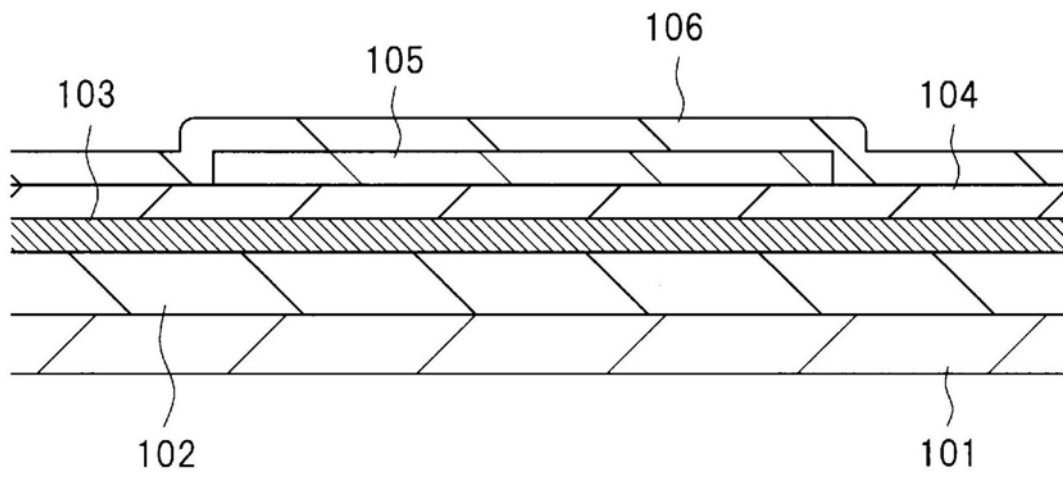
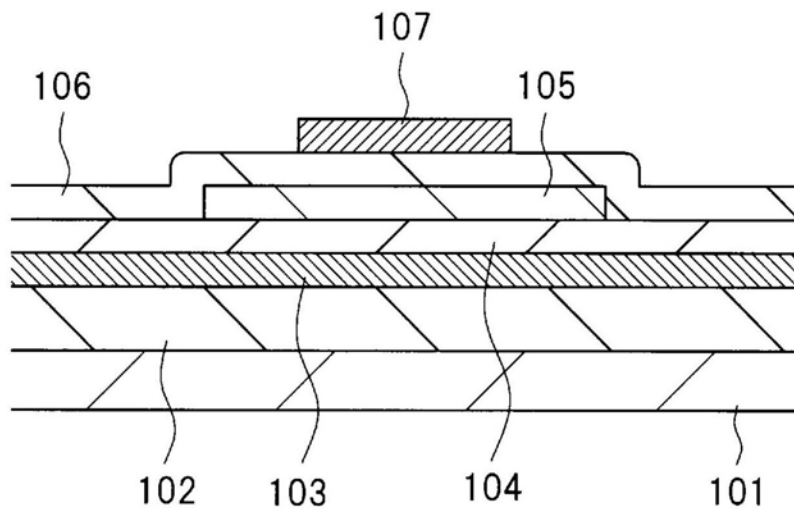


图5

(a)



(b)

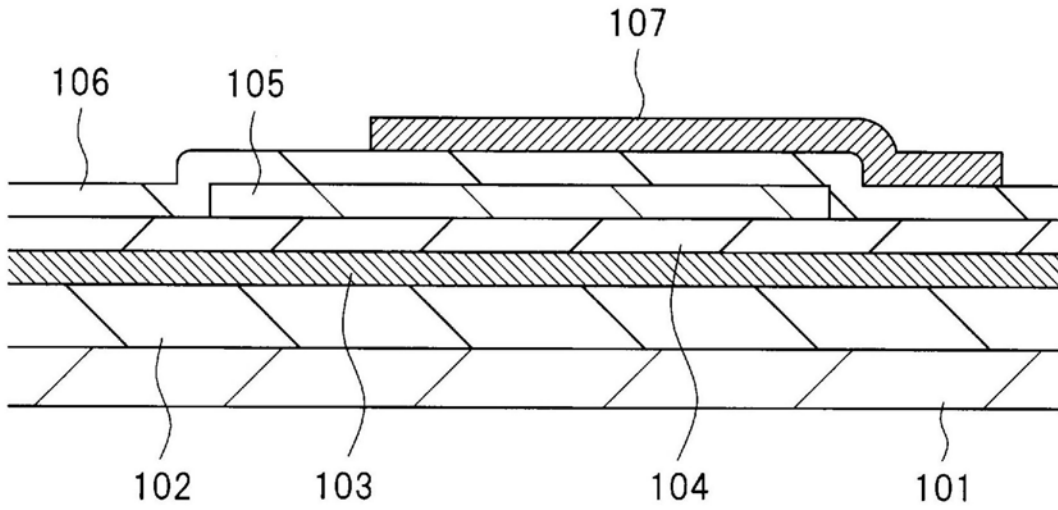
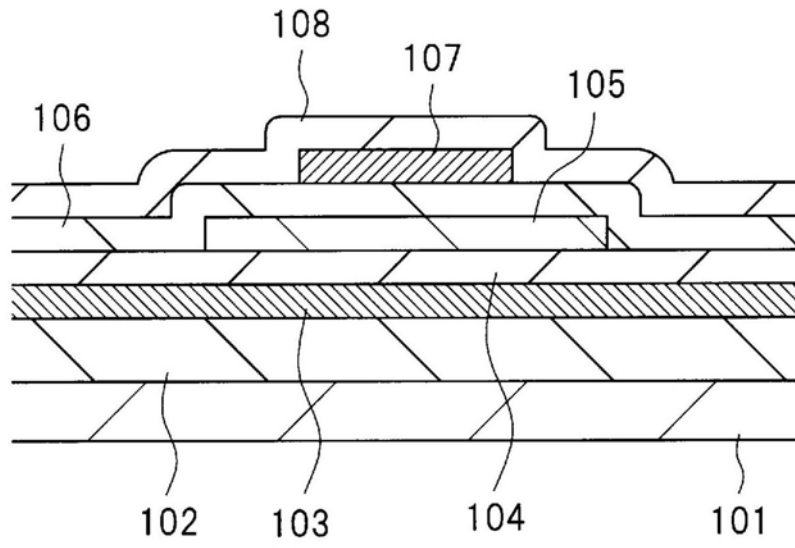


图6

(a)



(b)

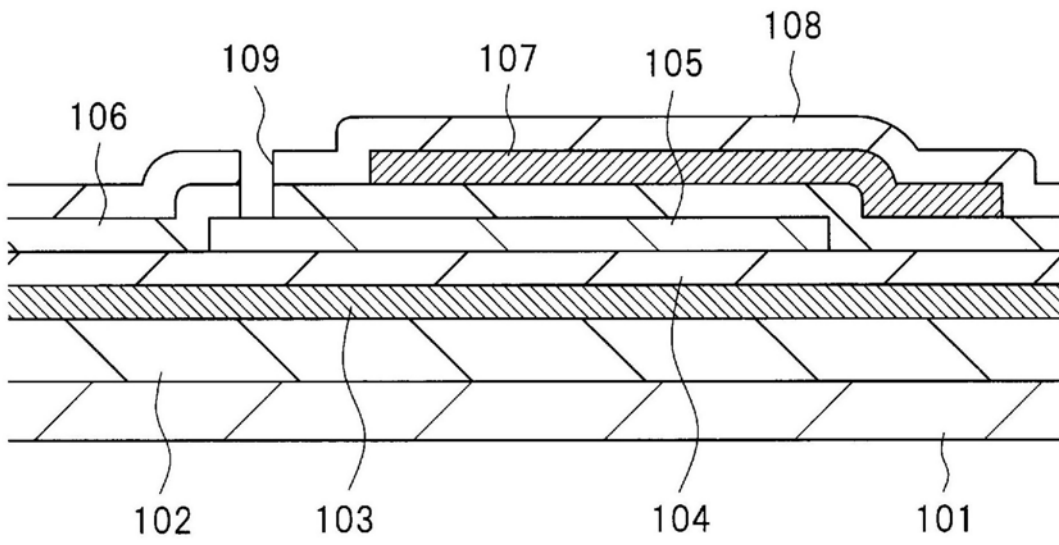
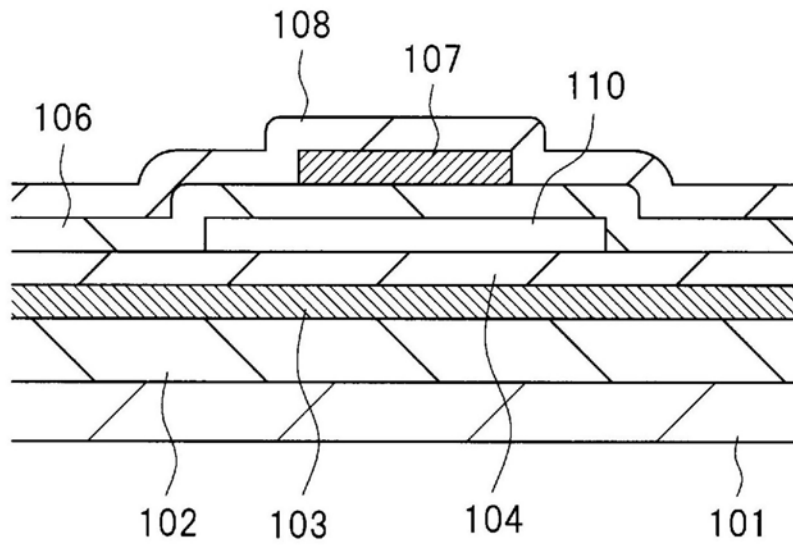


图7

(a)



(b)

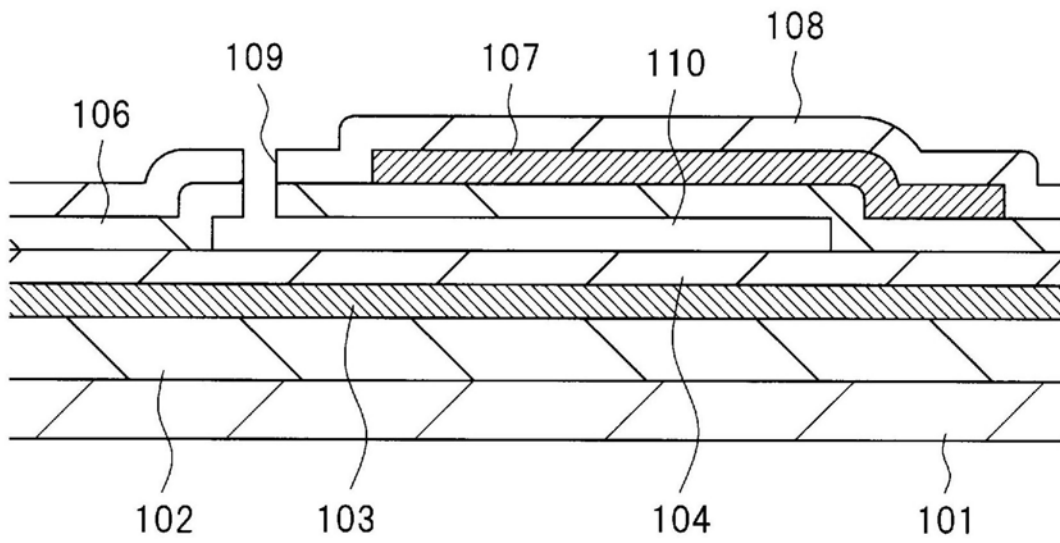
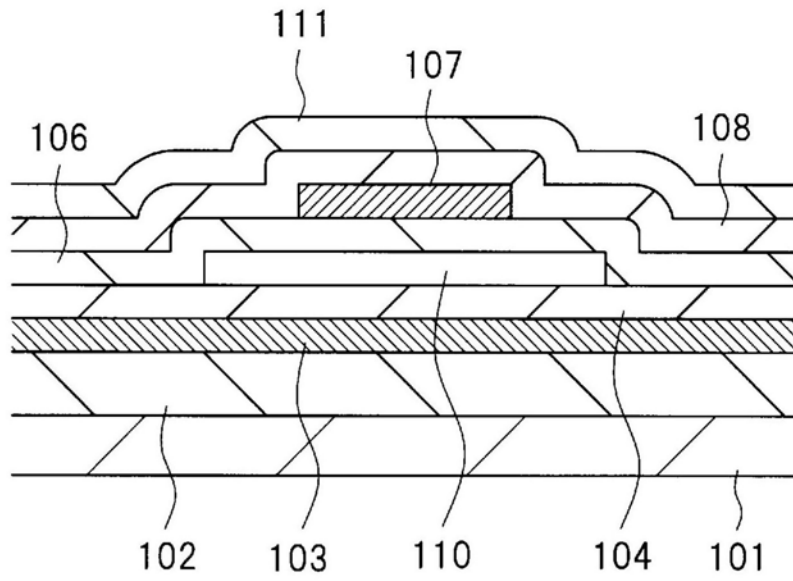


图8

(a)



(b)

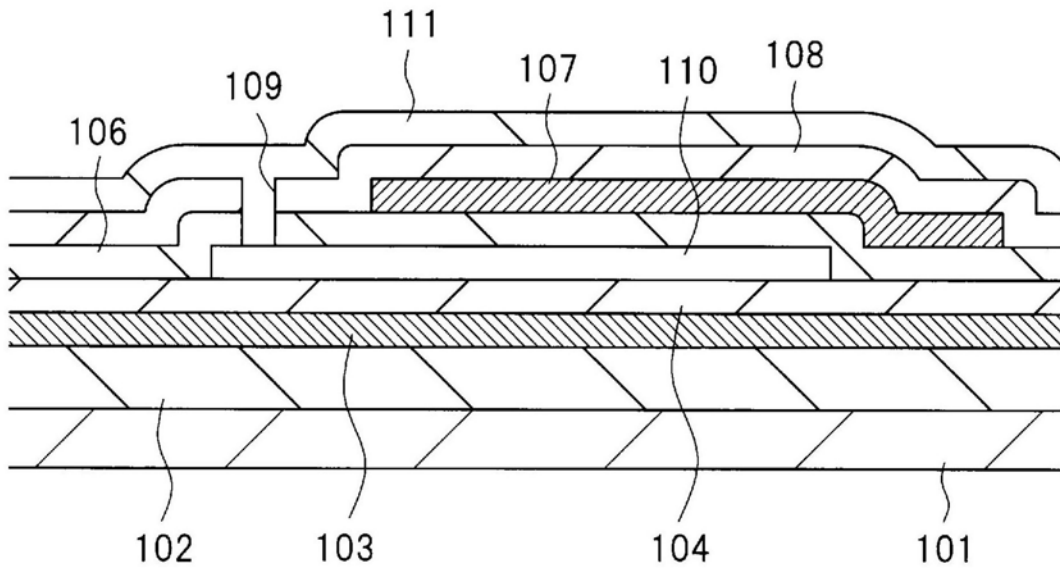
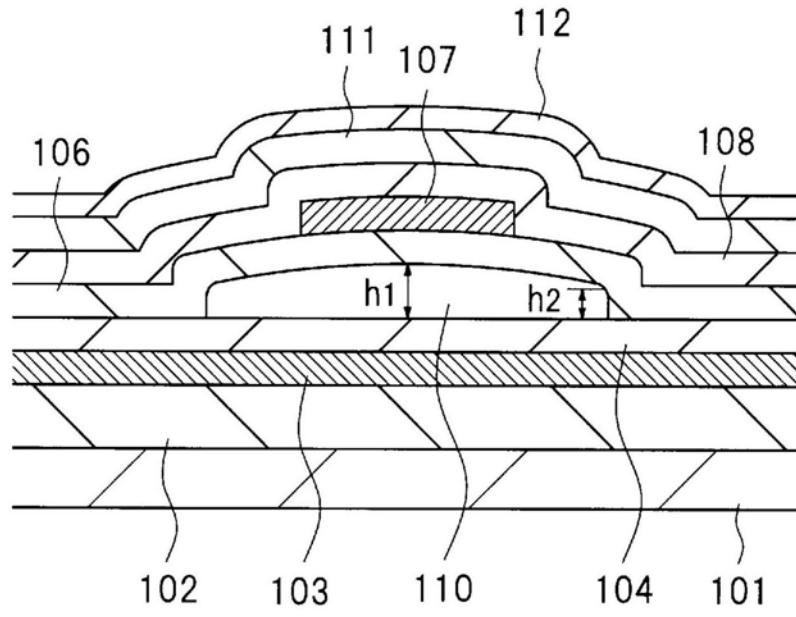


图9

(a)



(b)

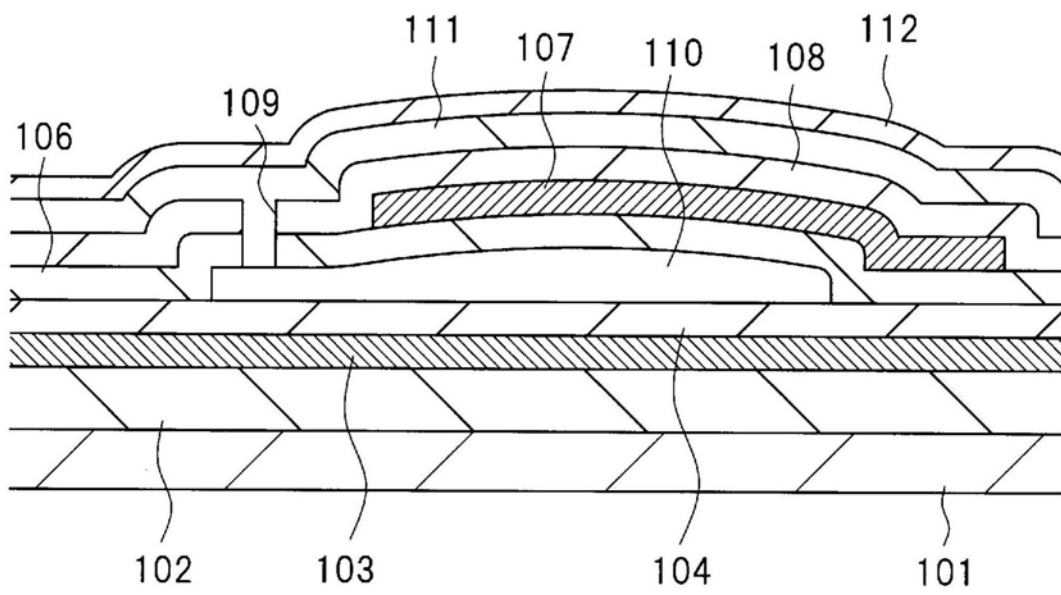
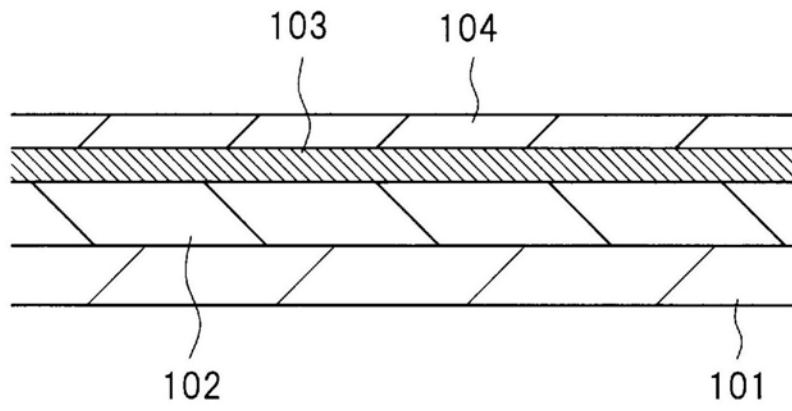


图10

(a)



(b)

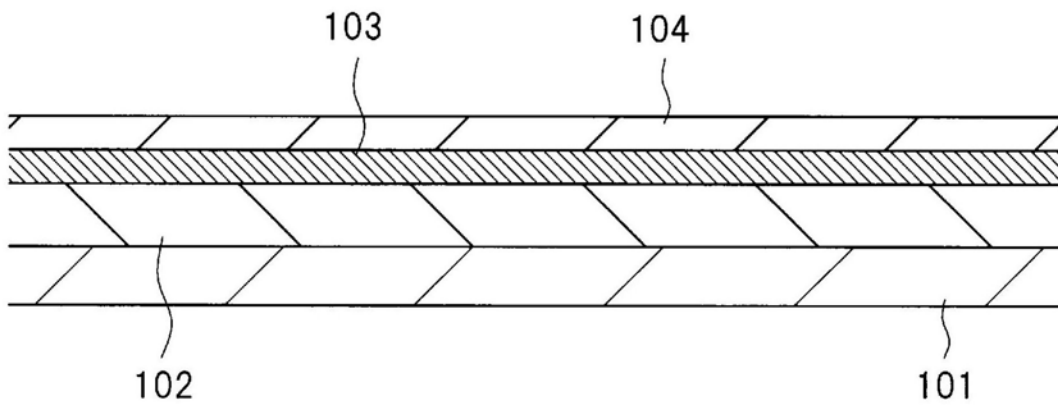
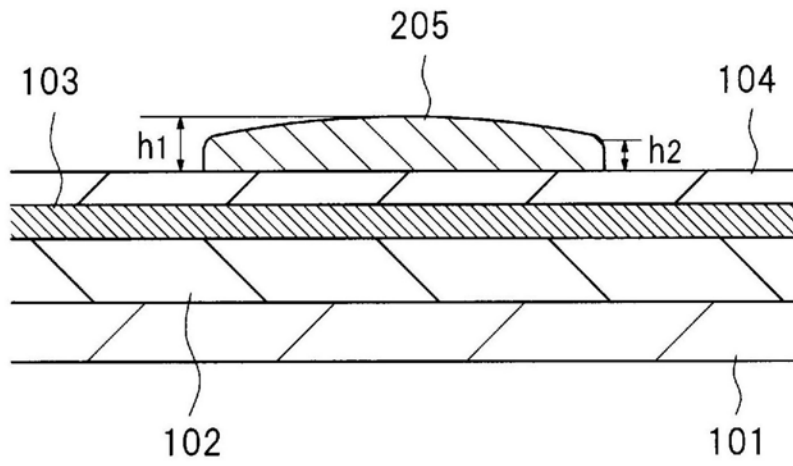


图11

(a)



(b)

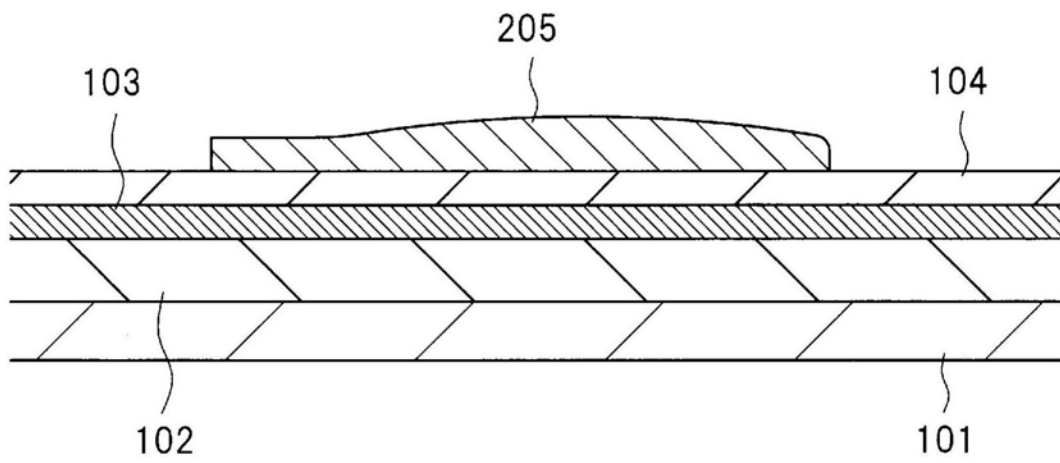
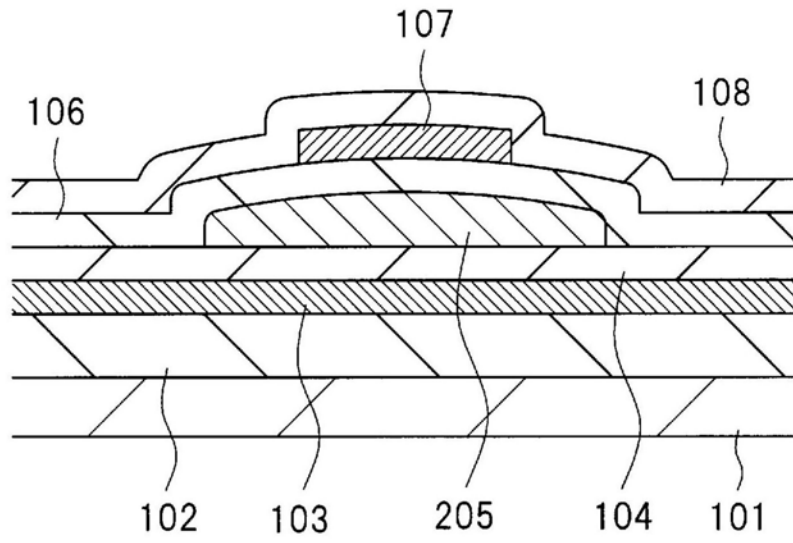


图12

(a)



(b)

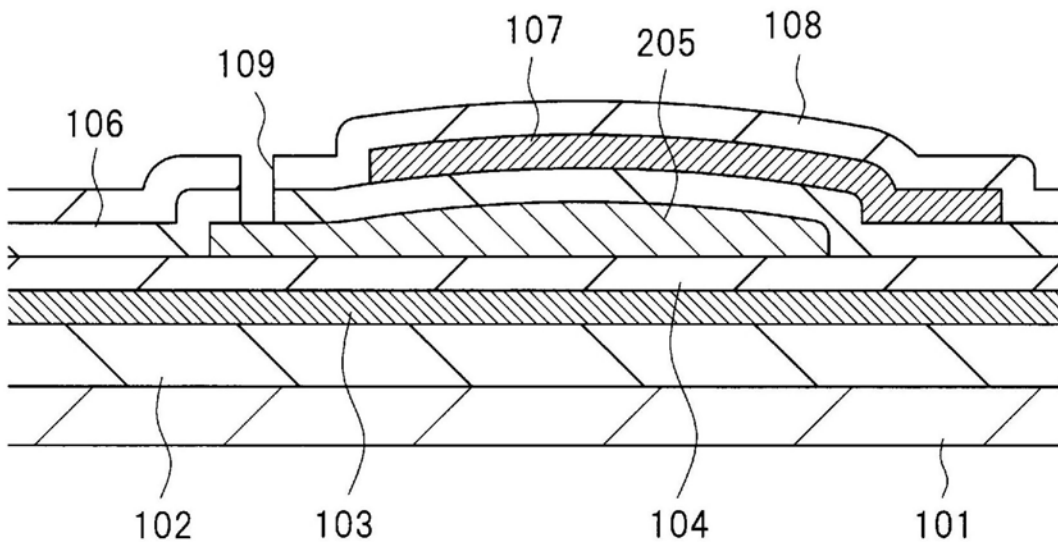
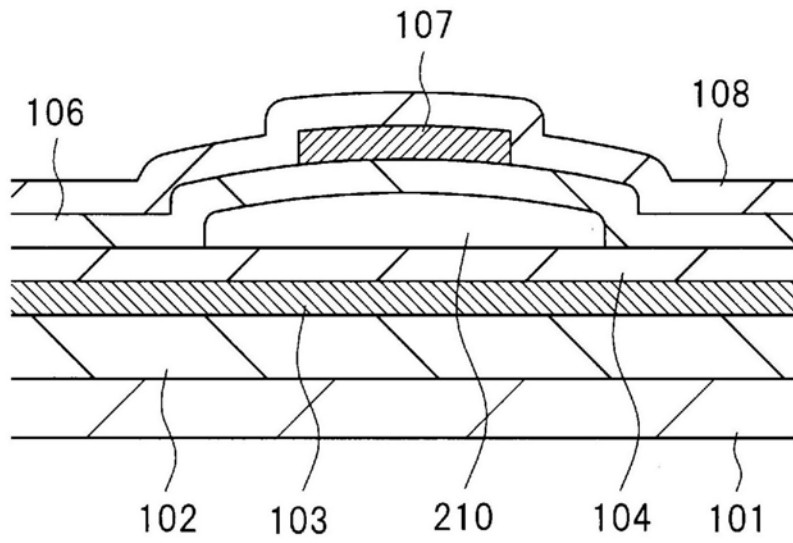


图13

(a)



(b)

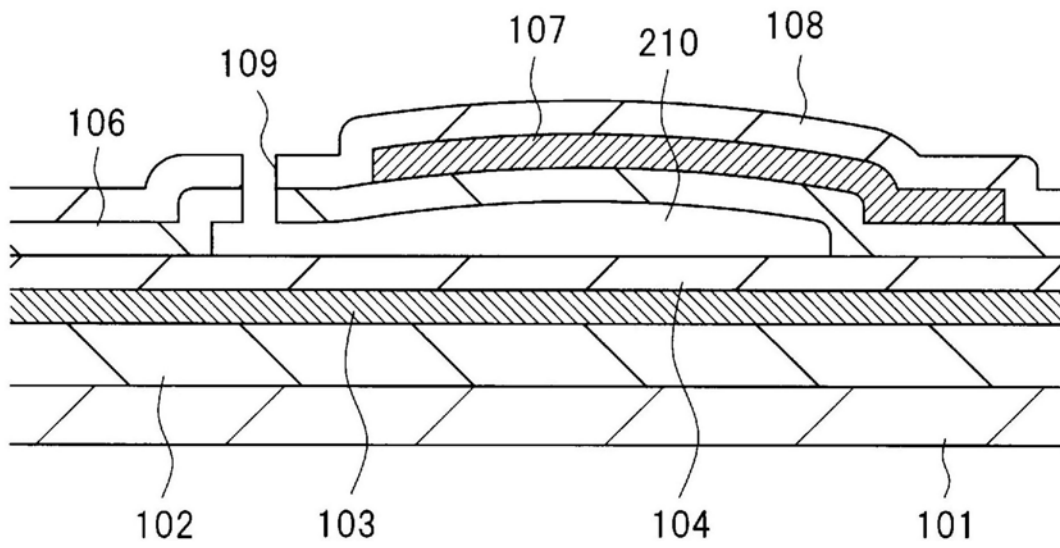
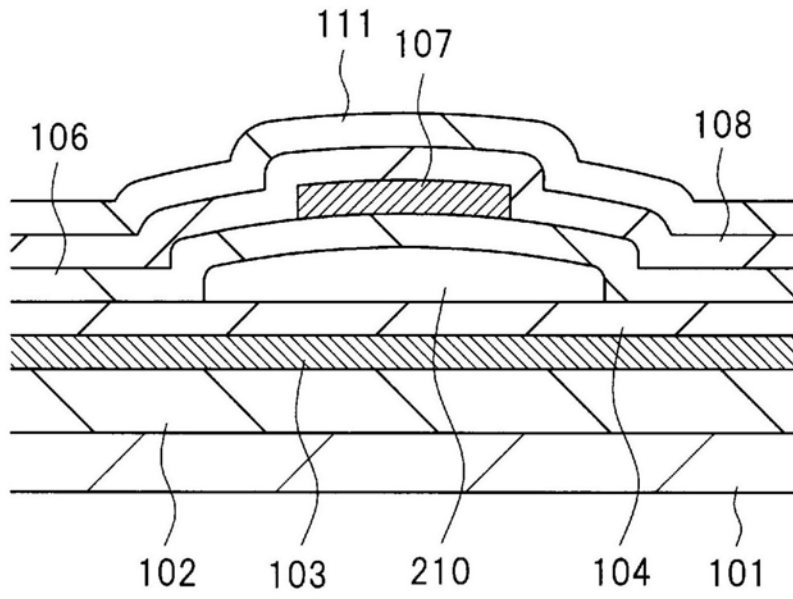


图14

(a)



(b)

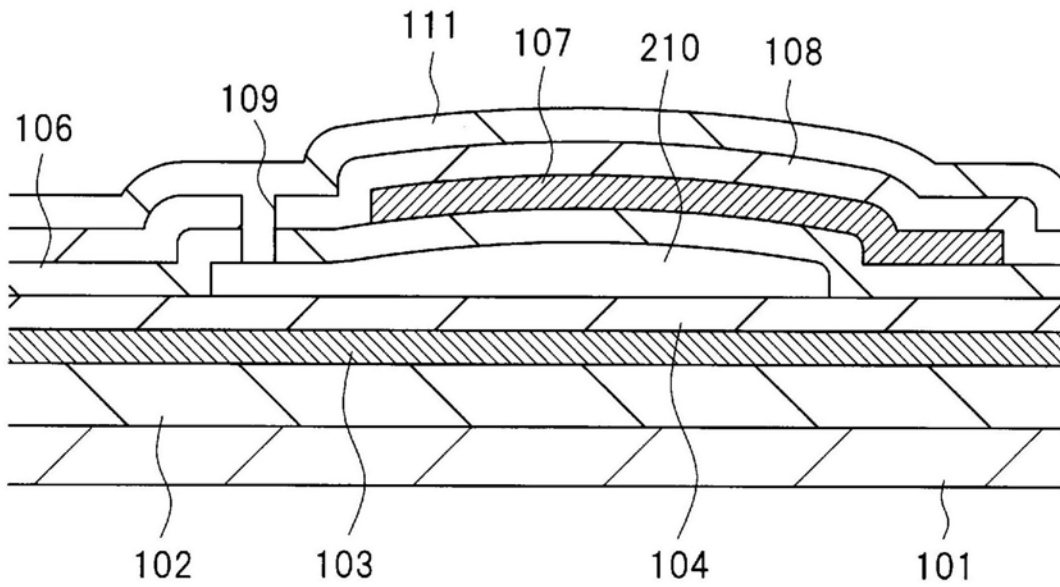
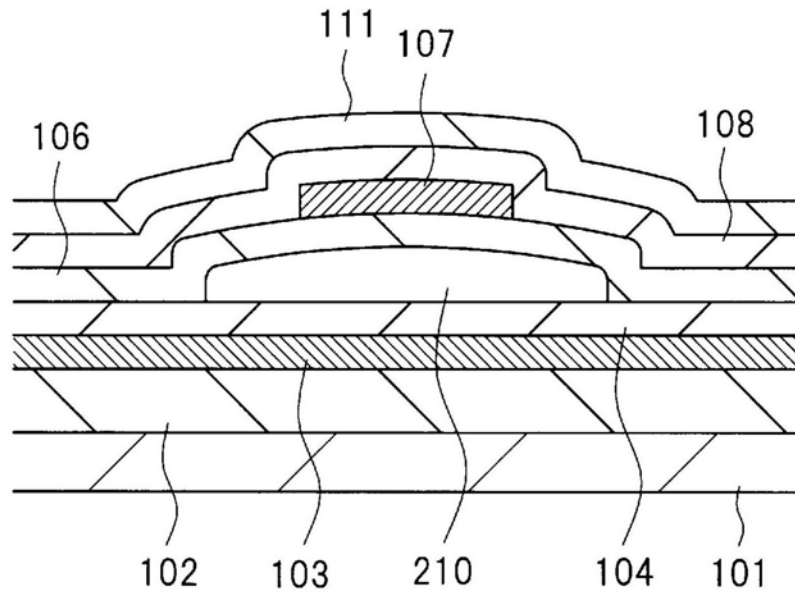


图15

(a)



(b)

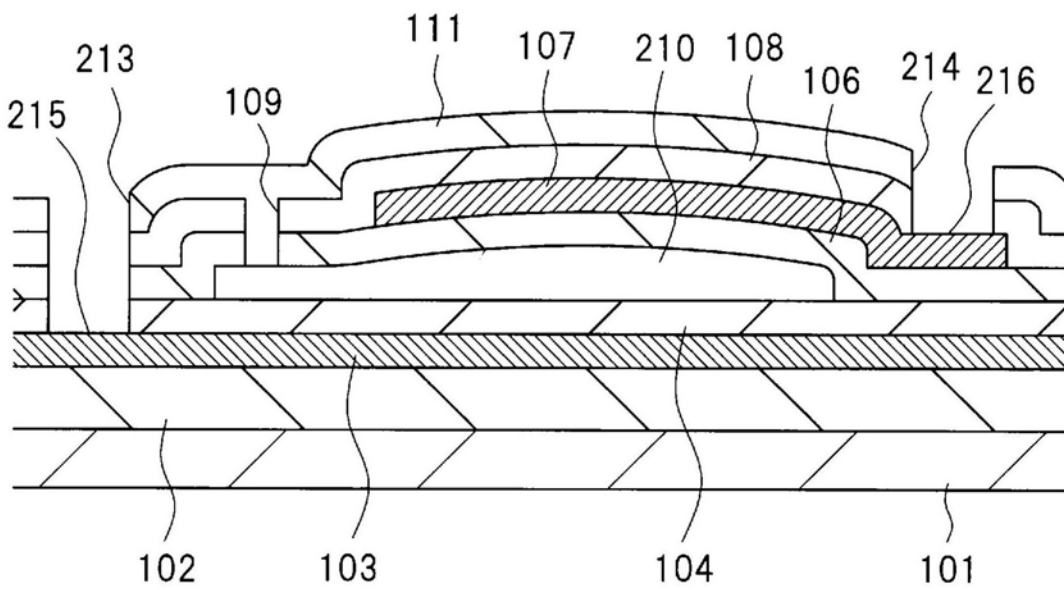


图16

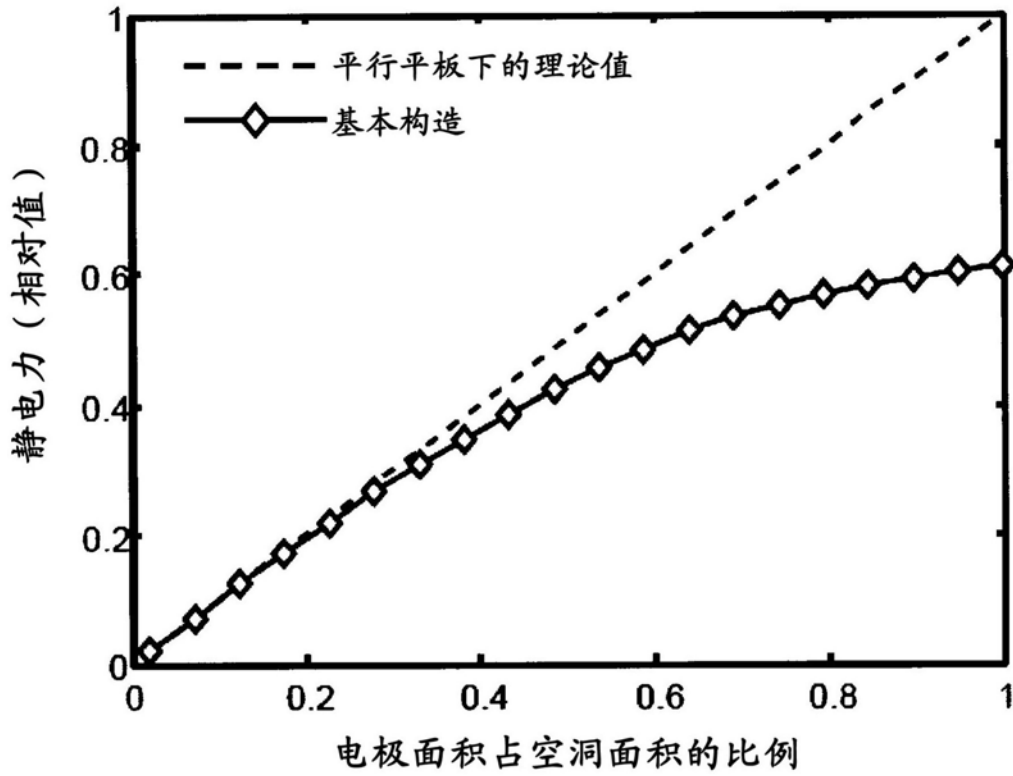


图17

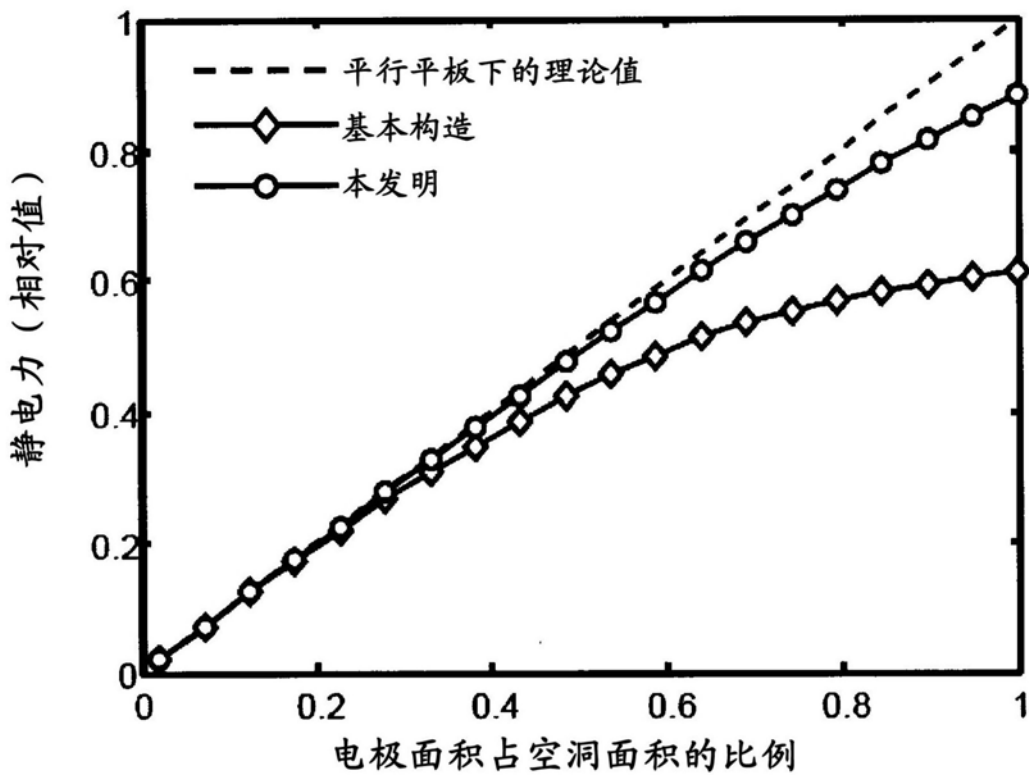


图18

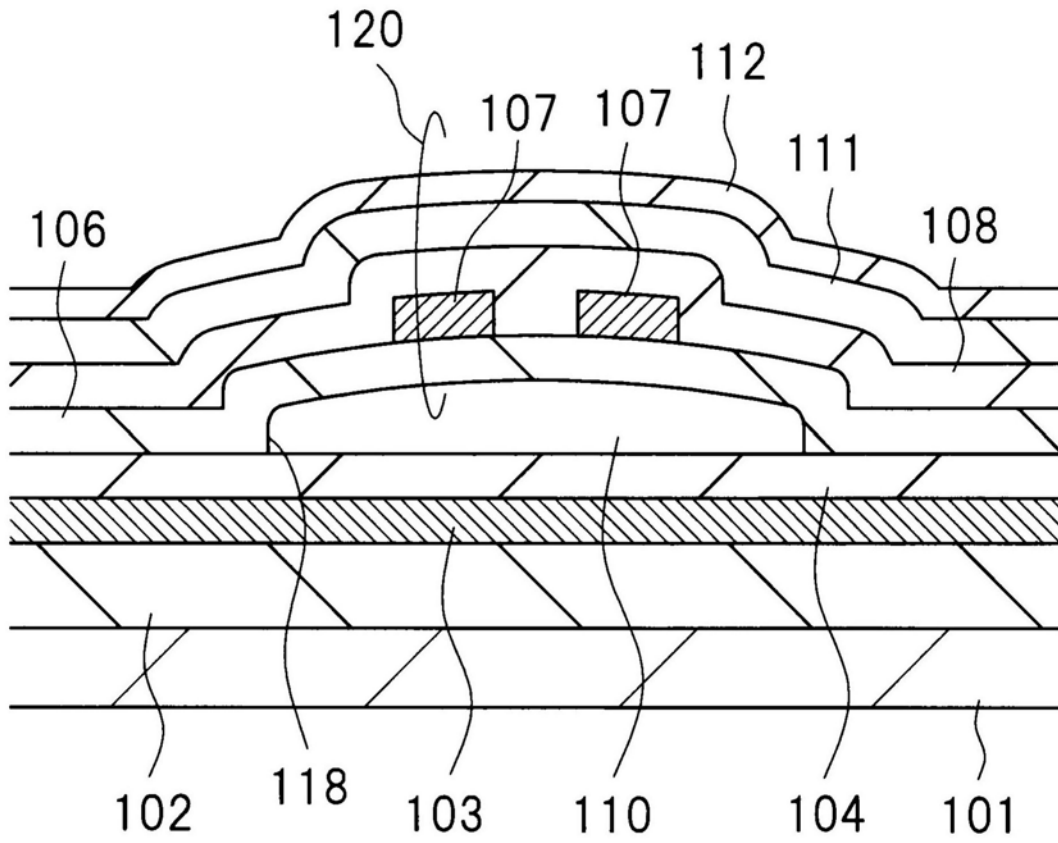


图19

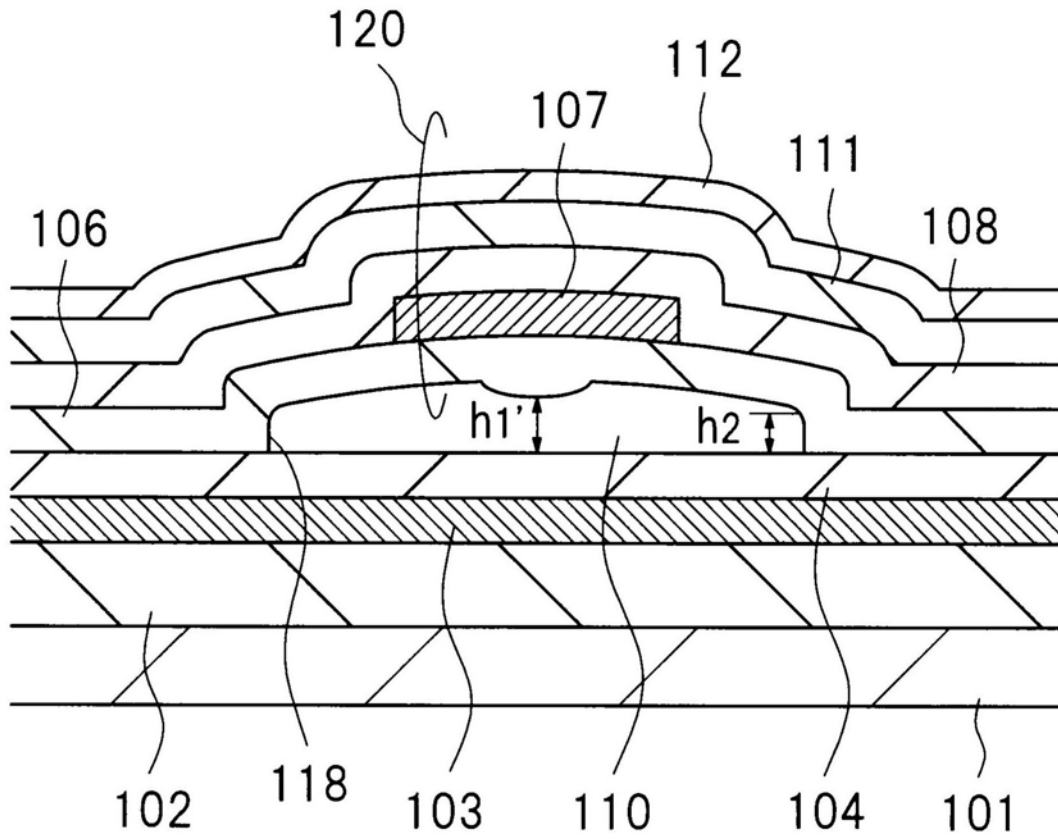


图20

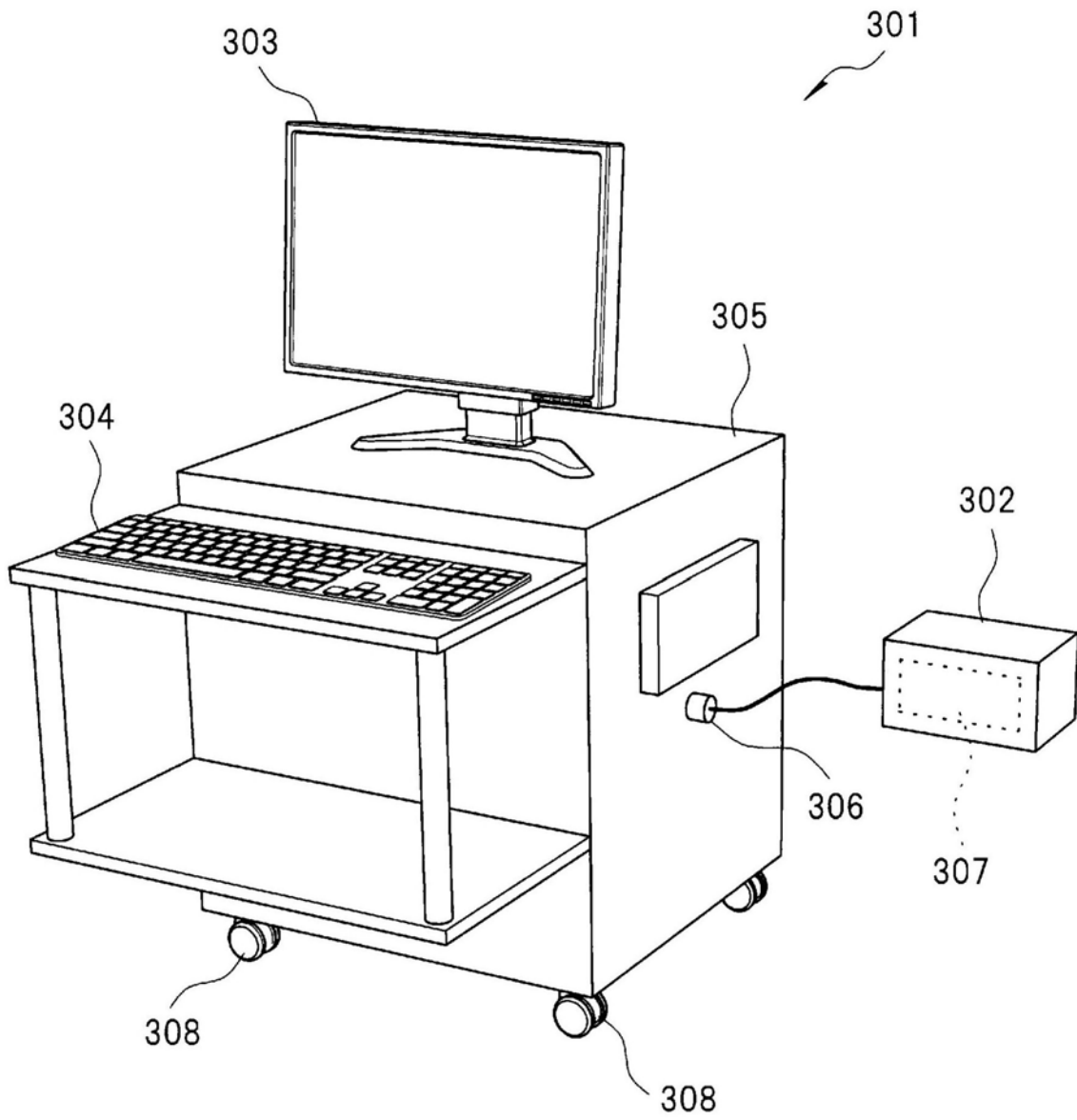


图21

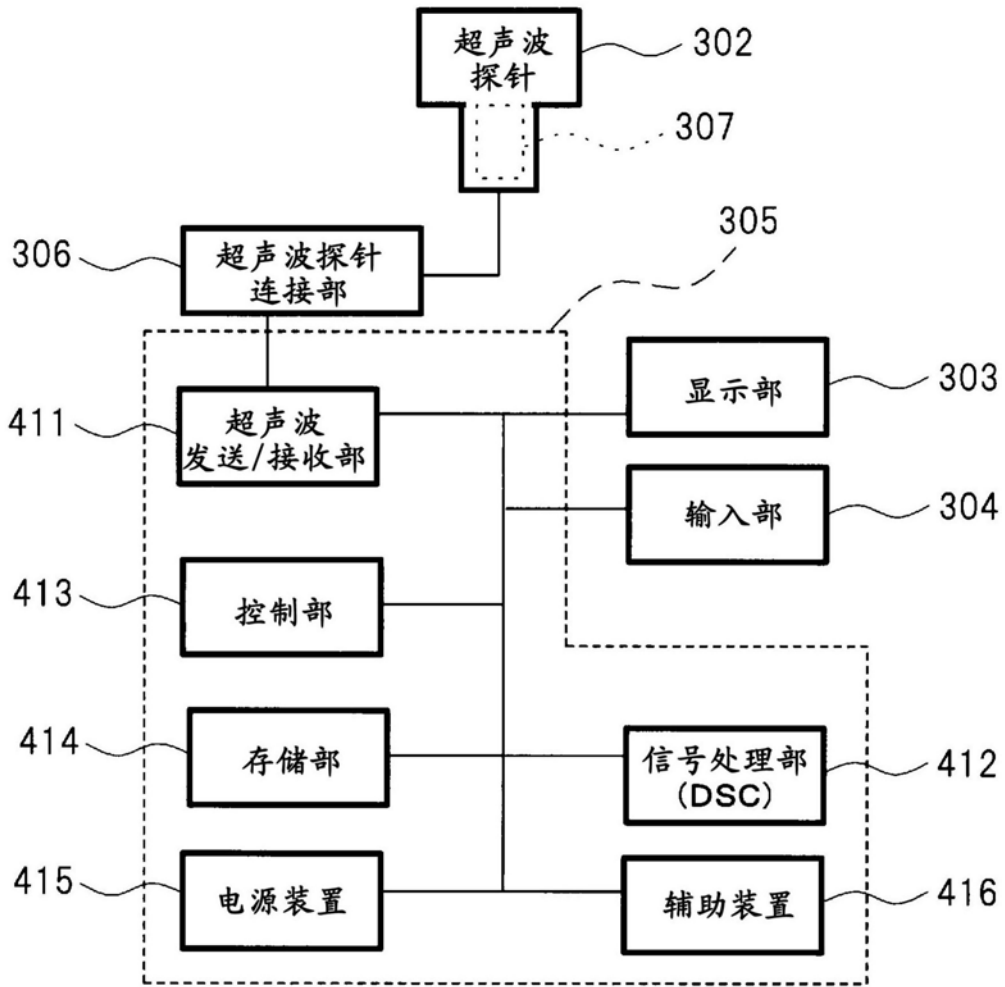


图22

专利名称(译)	超声波换能器、超声波换能器的制造方法以及超声波拍摄装置		
公开(公告)号	CN108886660A	公开(公告)日	2018-11-23
申请号	CN201780021776.3	申请日	2017-07-07
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	长谷川浩章 町田俊太郎 竹崎泰一 龙崎大介		
发明人	长谷川浩章 町田俊太郎 竹崎泰一 龙崎大介		
IPC分类号	H04R19/00 A61B8/14 H04R31/00		
CPC分类号	B06B1/0292 B06B2201/76 A61B8/4483		
代理人(译)	张敬强 金成哲		
优先权	2016189023 2016-09-28 JP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

超声波换能器具有空洞部(110)和隔膜(120)，空洞部(110)形成于被基板(101)上的下部电极(103)和上部电极(107)夹着的绝缘膜(104)、(106)之间，隔膜(120)由空洞部(110)的上方的绝缘膜(106、108、111、112)及上部电极(107)构成，并且在发送/接收超声波时振动。另外，空洞部(110)在将中心部的厚度设为 h_1 且将外周部的厚度设为 h_2 时，具有满足 $h_1 > h_2 > 0$ 的关系的截面形状。

