



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105122488 B

(45)授权公告日 2018.01.26

(21)申请号 201480014925.X

(22)申请日 2014.03.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105122488 A

(43)申请公布日 2015.12.02

(30)优先权数据

61/781,159 2013.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.09.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/028552 2014.03.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/152987 EN 2014.09.25

(73)专利权人 火山公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 P·D·科尔

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 李光颖 王英

(51)Int.Cl.

H01L 41/23(2013.01)

H01L 41/332(2013.01)

(56)对比文件

US 2011/0090289 A1, 2011.04.21,

US 5488954 A, 1996.02.06,

JP 特开2009-244235 A, 2009.10.22,

CN 101754077 A, 2010.06.23,

US 2005/0200241 A1, 2005.09.15,

EP 1902789 A1, 2008.03.26,

审查员 王朝政

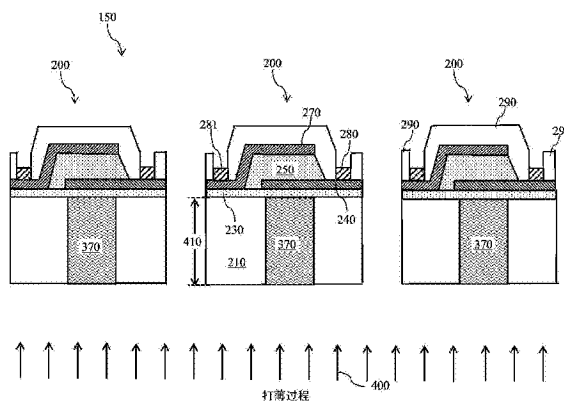
权利要求书2页 说明书9页 附图11页

(54)发明名称

晶片级换能器涂覆和方法

(57)摘要

一种制造微型超声换能器的方法包括接收晶片,在所述晶片上形成多个微型超声换能器。微型超声换能器的每个包括:换能器膜,其含有压电材料;以及第一接合盘和第二接合盘,每个被电耦合到换能器膜。从晶片的前侧在多个微型超声换能器上共形地沉积保护层。执行第一蚀刻过程以形成从前侧延伸到晶片中的多个第一沟槽。第一沟槽被蚀刻通过保护层。第一沟槽被设置在相邻的微型超声换能器之间。执行第二蚀刻过程以去除保护层的设置在第一接合盘和第二接合盘上的部分,由此暴露出第一接合盘和第二接合盘。



1. 一种微型超声换能器,包括:

基底,其具有第一侧和与所述第一侧相对的第二侧;

井,其被设置在所述基底中,所述井被填充有背衬材料;

换能器膜,其被设置在所述基底的所述第一侧上并在所述井上,所述换能器膜含有压电层;

第一导电层,其被设置在所述换能器膜上;

第二导电层,其被设置在所述换能器膜的下面;

第一接合盘,其被设置在所述基底的所述第一侧上的所述第一导电层上;

第二接合盘,其被设置在所述基底的所述第一侧上的所述第二导电层上;以及

保护层,其被共形地设置在所述换能器膜、所述第一导电层和所述第二导电层上并与所述换能器膜、所述第一导电层和所述第二导电层接触,但不在所述基底的所述第二侧、所述第一接合盘和所述第二接合盘上。

2. 根据权利要求1所述的微型超声换能器,其中,所述保护层含有电绝缘并且呈现声阻抗的材料,所述声阻抗介于所述换能器膜的声阻抗与所述微型超声换能器周围的介质的声阻抗之间的中间。

3. 根据权利要求1所述的微型超声换能器,其中,所述保护层含有聚对二甲苯。

4. 根据权利要求1所述的微型超声换能器,其中,所述保护层具有在所述换能器的标称中心频率处的波长的约四分之一的厚度。

5. 根据权利要求1所述的微型超声换能器,其中,所述保护层的侧壁是与所述基底的侧壁共平面的。

6. 根据权利要求1所述的微型超声换能器,其中,所述背衬材料含有环氧树脂。

7. 根据权利要求1所述的微型超声换能器,其中,所述压电层含有聚偏二氟乙烯(PVDF)、聚(偏二氟乙烯-三氟乙烯)(P(VDF-TrFE))、或聚(偏二氟乙烯-四氟乙烯)(P(VDF-TFE))。

8. 一种制造微型超声换能器的方法,所述方法包括:

接收晶片,在所述晶片上形成多个微型超声换能器,所述微型超声换能器每个包括:

换能器膜,其含有压电材料;

第一导电层,其被设置在所述换能器膜上;

第二导电层,其被设置在所述换能器膜的下面;

第一接合盘,其被设置在所述第一导电层上;以及

第二接合盘,其被设置在所述第二导电层上;

从所述晶片的前侧将保护层共形地沉积在所述多个微型超声换能器上,使得所述保护层被共形地设置在所述换能器膜、所述第一导电层和所述第二导电层上并与所述换能器膜、所述第一导电层和所述第二导电层接触;

执行第一蚀刻过程以形成多个第一沟槽,所述多个第一沟槽从所述前侧延伸到所述晶片中,其中,所述第一沟槽被蚀刻通过所述保护层,并且其中,所述第一沟槽被设置在相邻微型超声换能器之间;并且

执行第二蚀刻过程以去除所述保护层的被设置在所述第一接合盘和所述第二接合盘上的部分,由此暴露出所述第一接合盘和所述第二接合盘。

9. 根据权利要求8所述的方法,还包括:
从所述晶片的背侧蚀刻多个第二沟槽,其中,所述第二沟槽每个与所述换能器膜的各自一个对齐;
利用背衬材料来填充所述第二沟槽中的每个;并且
从所述背侧打薄所述晶片。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述的填充所述第二沟槽包括利用环氧树脂来填充所述第二沟槽。
11. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述的将所述保护层共形地沉积包括沉积聚对二甲苯材料作为所述保护层。
12. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述的将所述保护层共形地沉积包括化学气相沉积过程。
13. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述第一蚀刻过程包括深度反应离子蚀刻过程。
14. 根据权利要求8所述的方法,还包括:在所述的将所述保护层共形地沉积之前,覆盖所述晶片的所述背侧。
15. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述压电层含有聚偏二氟乙烯 (PVDF)、聚(偏二氟乙烯-三氟乙烯) (P(VDF-TrFE))、或聚(偏二氟乙烯-四氟乙烯) (P(VDF-TFE))。

晶片级换能器涂覆和方法

技术领域

[0001] 本公开总体涉及血管内超声 (IVUS) 成像, 并且具体涉及到要在 IVUS 导管中用于 IVUS 成像的多个超声换能器的保护层的晶片水平的涂层。

背景技术

[0002] 血管内超声 (IVUS) 成像被广泛使用在介入性心脏病学中作为用于评估人体内的血管 (例如动脉) 的诊断工具, 以确定治疗的需要、引导介入、和/或评估其有效性。IVUS 成像系统使用超声回波来形成感兴趣的血管的横截面图像。典型地, IVUS 成像使用 IVUS 导管上的换能器, 所述换能器既发射超声信号 (波) 又接收反射的超声信号。所发射的超声信号 (常常被称为超声脉冲) 容易地经过大多数组织和血液, 但是所发射的超声信号在由组织结构 (例如血管壁的各个层)、红细胞和其他感兴趣的特征引起的阻抗不连续处被部分地反射。借助于患者接口模块而被连接到 IVUS 导管的 IVUS 成像系统处理接收到的超声信号 (常常被称为超声回波) 以产生 IVUS 导管被定位在其中的血管的横截面图像。

[0003] 用于 IVUS 成像的一个优选类型的超声换能器是压电微机械超声换能器 (PMUT), 所述压电微机械超声换能器是微机电系统 (MEMS) 设备, 典型地在硅晶片基底上大被批量地制造。MEMS 制造技术被用于在单个硅晶片基底上生产数千个 PMUT。典型地, 可以通过将压电聚合物沉积到微机械硅基底上来形成 PMUT。硅基底也可以包括电子电路, 所述电子电路被用于将电接口提供到换能器。备选地, 与 PMUT 相关联的电子电路可以被包含在单独的专用集成电路 (ASIC) 中, 所述专用集成电路紧密接近 PMUT 设备被定位并且通过电引线连接。具有其相关联的电子电路 (被包括在同一基底上或被定位在单独的相邻 ASIC 上)、具有附接长度的电缆的 PMUT MEMS 设备基于其包括被耦合到长尾状电缆的某球形换能器组件的配置而被称为蝌蚪组件。当前, PMUT 蝌蚪组件被涂有聚对二甲苯以隔绝前电极和其他电连接与流体 (例如盐水和血液) 的接触。这是不方便的, 因为将大量蝌蚪组件引入到聚对二甲苯隔室中并保护附接电缆不被涂覆是复杂的。

[0004] 因此, 尽管在蝌蚪阶段将保护层涂覆在换能器组件上的常规晶片制造技术和方法总体上适合于其预期目的, 但它们并不在每个方面中都完全令人满意。

发明内容

[0005] 血管内超声 (IVUS) 成像被用于帮助评估人体里面的医学状况。IVUS 导管可以包括压电微机械超声换能器 PMUT。作为其操作的部分, 超声换能器具有电极, 所述电极被用于将电信号施加到所述换能器。为了保护所述换能器免于流体并且使所述电信号与周围介质 (例如血液或盐水) 隔绝, 在晶片制造过程期间, 而不是在稍后的蝌蚪组件阶段时, 可以在换能器的前侧上形成保护涂层。该保护涂层可以包括聚对二甲苯材料, 所述聚对二甲苯材料是使用化学气相沉积过程而被沉积的。

[0006] 本公开提供了在血管内超声 (IVUS) 成像中使用的超声换能器的各种实施例。示范性超声换能器是在晶片基底 (典型地是硅晶片) 上制造的压电微机械超声换能器。该示范性

换能器包括基底,所述基底具有第一侧和与所述第一侧相对的第二侧。换能器膜被设置在所述基底的所述第一侧上。所述换能器膜含有压电层。保护层被共形地设置在所述换能器膜上,但不在所述基底的所述第二侧上。并被设置在所述基底的所述第二侧中、基本延伸通过所述基底、与所述换能器膜对齐、并且在所述换能器膜的背侧处终止。

[0007] 示范性超声换能器包括具有第一侧和与所述第一侧相对的第二侧的基底。并被设置在所述基底中。所述并被填充有背衬材料。换能器膜被设置在所述基底的所述第一侧上。所述换能器膜含有压电层。第一导电层被设置在所述换能器膜上。第二导电层被设置在所述换能器膜以下。第一接合盘被设置在所述第一导电层上。第二接合盘被设置在所述第二导电层上。保护层被设置在所述换能器膜上并且在所述第一导电层和所述第二导电层上。所述保护层含有凹槽,所述凹槽暴露出所述第一结合盘和所述第二接合盘。并被设置在所述基底的所述第二侧中,基本延伸通过所述基底、与所述换能器膜对齐、并且在所述换能器膜的背侧处终止。

[0008] 本公开还提供了一种制造微型超声换能器的方法。所述方法包括接收晶片,在所述晶片上形成多个微型超声换能器。所述微型超声换能器每个包括:换能器膜,其含有压电材料;第一接合盘和第二接合盘,每个被电耦合到所述换能器膜。从所述晶片的前侧将保护层共形地沉积在所述多个微型超声换能器上。执行第一蚀刻过程以形成多个第一沟槽,所述多个第一沟槽从所述前侧延伸到所述晶片中。所述第一沟槽被蚀刻通过所述保护层并深入到所述基底中,并且所述第一沟槽被设置在相邻的微型超声换能器之间。执行第二蚀刻过程以去除所述保护层的被设置在所述第一接合盘和所述第二接合盘上的部分,由此暴露出所述第一接合盘和所述第二接合盘。

[0009] 前述的总体说明和以下的详细说明两者本质上是示范性和解释性的,并且旨在提供对本公开的理解,而不限本公开的范围。在这方面,本领域的技术人员根据以下的详细说明将意识到本公开的额外的方面、特征和优势。

附图说明

[0010] 通过结合附图阅读以下详细说明,可以最好地理解本公开的各方面。应当强调,根据工业中的标准实践,各个特征不是按比例绘制的。实际上,为了清楚地讨论,可以任意地增大或减小各个特征的尺寸。另外,本公开可以在各个范例中重复参考数字和/或字母。这种重复是出于简单和清楚的目的,而本身不指示所讨论的各个实施例和/或配置之间的关系。

[0011] 图1是根据本公开的各个方面的血管内超声 (IVUS) 成像系统的示意性图示。

[0012] 图2是根据本公开的各个方面的含有多个换能器的晶片的部分的示意性俯视图。

[0013] 图3-图10是根据本公开的各个方面的在制造的不同阶段时的超声换能器的示意性横截面侧视图。

[0014] 图11是根据本公开的各个方面的在换能器上执行对保护层的晶片水平涂覆的方法的流程图。

具体实施方式

[0015] 出于促进对本公开的原理的理解的目的,现在将参考在附图中图示的实施例,并

且特定的语言将被用于描述所述实施例。然而应当理解,不旨在限制本公开的范围。如本领域的技术人员将想到的,本公开充分预期并包括对所描述的设备、系统和方法的任何变更和进一步修改,以及本公开的原理的任何进一步应用。例如,本公开提供了关于心血管成像来描述的超声成像系统,然而,应当理解,这样的描述不旨在限制于该应用。在一些实施例中,所述超声成像系统包括血管内成像系统。所述成像系统同样很适合于要求在小腔内成像的任何应用。具体而言,充分预期关于一个实施例来描述的特征、部件和/或步骤可以与关于本公开的其他实施例描述的特征、部件和/或步骤组合。然而,出于简洁的目的,将不单独地描述这些组合中的很多迭代。

[0016] 存在现今常用的两种类型的IVUS导管:固态的和旋转的。示范性的固态IVUS导管使用在导管的圆周周围分布并且连接到电子电路的换能器阵列(典型的为64)。电路从用于发射超声信号和接收反射的超声信号的阵列中选择换能器。通过逐步通过发射-接收换能器对的序列,固态导管能够将经机械扫描的换能器元件的作用进行合成,而不移动部件。由于没有旋转机械元件,因此换能器阵列能够放置为与有最小的血管创伤风险的血液和血管组织直接接触,并且能够利用简单的电缆和标准可分离电连接器来将固态扫描器直接连线到成像系统。

[0017] 示范性的旋转IVUS导管包括单个超声换能器,所述单个超声换能器被定位在柔性传动轴的端部,所述柔性传动轴在被插入感兴趣血管中的鞘里面自旋。换能器典型地被取向为使得超声信号总体上垂直于导管的轴传播。在典型的旋转IVUS导管中,液体填充(例如盐水填充)的鞘保护血管组织免于自旋的换能器和柔性传动轴,而允许超声信号从换能器自由传播到组织中并返回。当传动轴旋转(例如30转每秒)时,利用高电压脉冲周期性地激励换能器以发射超声的短突发。超声信号从换能器发射,在一般垂直于传动轴的旋转的轴的方向上通过液体填充的鞘和鞘壁。同一换能器接着听从各个组织结构反射的返回超声信号,并且成像系统根据在换能器的单转期间出现的几百个这些超声脉冲/回波采集序列的序列来汇编(assemble)血管横截面的二维图像。

[0018] 图1是根据本公开的各个方面的IVUS成像系统100的示意性图示。IVUS成像系统100包括IVUS导管102,所述IVUS导管102经由患者接口模块(PIM)104被耦合到IVUS控制系统106。控制系统106被耦合到监视器108,所述监视器108显示IVUS图像,例如由IVUS系统100生成的图像。

[0019] 在一些实施例中,IVUS导管102是旋转IVUS导管,其可以类似于Volcano公司提供的**Revolution[®]**旋转IVUS成像导管和/或在美国专利NO.5243988和美国专利No.5546948中公开的旋转IVUS导管,通过引用将两者整体并入本文。导管102包括长柔性导管鞘110(具有近端部分114和远端部分116),所述长柔性导管鞘110被成形并配置用于插入血管的内腔(未示出)中。导管102的纵轴LA在近端部分114与远端部分116之间延伸。导管102是柔性的,使得其在使用期间能够适于血管的弯曲。在这方面,在图1中图示的弯曲配置是出于示范性目的,并且不限制其他实施例中导管102可以弯曲的方式。一般地,导管102可以被配置为在使用时不呈现任何期望的直线或弧形型的线。

[0020] 旋转成像核112在鞘110内延伸。成像核112具有近端部分118和远端部分120,其中,所述近端部分118被设置在鞘110的近端部分114内,所述远端部分120被设置在鞘110的远端部分116内。在IVUS成像系统100的操作期间,鞘110的远端部分116和成像核112的远端

部分120被插入感兴趣血管中。导管102的可用长度(例如能够被插入患者中,具体为感兴趣血管中的部分)能够是任何适合的长度,并且能够取决于应用而改变。鞘110的近端部分114和成像核112的近端部分118被连接到接口模块104。近端部分114、118适合导管集总器(hub)124,所述导管集总器124被可移除地连接到患者接口模块104。导管集总器124促进并支撑可旋转接口,所述可旋转接口提供在导管102与患者接口模块104之间的电气和机械耦合。

[0021] 成像核112的远端部分120包括换能器组件122。成像核112被配置为旋转的(通过使用马达或其他旋转设备)以获得血管的图像。换能器组件122能够是用于使血管(具体是血管中的狭窄)可视化的任何适合的类型。在描绘的实施例中,换能器组件122包括压电微机械超声换能器(PMUT)和相关联的电路,例如专用集成电路(ASIC)。在IVUS导管中使用的示范性PMUT可以包括聚合物压电膜,例如在美国专利No.6641540中公开的,通过引用将其整体并入本文。PMUT换能器能够为在径向方向上的最优分辨率提供大于100%的带宽,并为最优方位角和高度分辨率提供球形聚焦孔径。换能器组件122也可以包括外壳,所述外壳具有设置在其中的PMUT换能器和相关联的电路,其中,所述外壳具有开口,由PMUT生成的超声信号可以行进通过所述开口。备选地,换能器组件122包括电容性微机械超声换能器(CMUT)。

[0022] 图2是晶片150的部分的简化示意性俯视图。晶片150含有形成在基底(例如硅基底)上的多个压电微机械超声换能器200。换能器200被布置成多个水平行。每个换能器200由各自的沟槽300部分地包围或环绕。于2013年12月13日提交的标题为“Layout and Method of Singulating Miniature Ultrasonic Transducers”美国专利申请13/105902中更详细地描述了PMUT 200,通过引用将其公开内容整体并入本文。根据本公开的各个方面,在晶片制造过程中,保护薄膜或层可以被涂覆在晶片150的前表面上。下面参考图3-图10来讨论该晶片水平的涂敷过程。

[0023] 更详细地,图3-图10是晶片150的部分的示意性零碎横截面侧视图。图3-图10中的每个与根据本公开的各个方面的制造的不同阶段相对应。为了清楚,图3-图10已经被简化以更好地理解本公开的创造性概念。另外,由于对超声换能器200中的全部都执行相同的制造过程,因此出于简单和清楚的目的,下面的讨论将仅集中在换能器200中的若干上(例如如图3-图9所示的三个换能器200)。

[0024] PMUT 200能够被包括在图1的IVUS成像系统100中,例如在被包括在IVUS导管102中的换能器组件122中。换能器200具有小尺寸,并且提供高分辨率,使得其很适合于血管内成像。在一些实施例中,PMUT 200具有大约500微米的尺寸,能够以在约20MHz至80MHz之间的范围中的频率来操作,并且能够在提供高达10mm的深度穿透的同时提供好于50微米的分辨率。另外,换能器200的压电膜优选地被偏转以形成基本为球形的抑制,从而来创建聚焦孔径。超声波束名义上聚焦在球形偏转的弯曲的中心处,并且在聚焦区中的超声波束宽度被最小化,由此提供高分辨率的超声图像。下面更详细地讨论超声换能器200和其制造的各个方面。

[0025] 在描绘的实施例中,超声换能器200是压电微机械超声换能器(PMUT)。在其他实施例中,换能器200可以包括备选类型的换能器。额外的特征能够被添加到超声换能器200中,并且对于超声换能器200的额外的实施例,下面描述的特征中的一些能够被代替或消除。

[0026] 如图3所示,换能器200包括基底210。基底210具有表面212和与表面212相对的表面214。表面212也可以被称为前表面或前侧,并且表面214也可以被称为背表面或背侧。在描绘的实施例中,基底210是硅基底。在备选实施例中,取决于PMUT换能器200的设计要求,基底210可以由另一适合的材料组成。

[0027] 基底210的初始厚度220是在表面212与表面214之间测得的。在一些实施例中,初始厚度220在从约200微米(μm)到约600 μm 的范围中。

[0028] 在基底210的表面212上形成介电层230。介电层230可以通过本领域已知的适合的方法形成的,例如热氧化、化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、原子层沉积(ALD)、或它们的组合。介电层230可以含有氧化物和/或氮化物材料,例如二氧化硅、氮化硅或氧氮化硅。介电层230为要在其上形成的层提供支撑表面。介电层230也提供与可以略导电的下层的基底(在硅的情况下)的电绝缘。

[0029] 在介电层230上形成导电层240。导电层240可以通过适合的沉积处理来形成的,例如蒸发、溅镀、电镀等。在图示的实施例中,导电层240是由一个或多个金属部件的堆叠组成的。例如,金属堆叠可以包括钛、钨、铬、金和/或铝部件。利用被用于去除导电层240的不想要的部分的剥离或蚀刻使用诸如光刻法的技术来使导电层240形成图样。为了简单,图3图示了仅已经形成图样之后的导电层240。

[0030] 在介电层230和导电层240上形成压电薄膜250。在各个实施例中,压电薄膜250可以包括压电材料,例如聚偏二氟乙烯(PVDF)或其共聚物、具有三氟乙烯的P(VDF-TrFE)、或具有四氟乙烯的P(VDF-TFE)。备选地,可以使用聚合物,例如P(VDF-CTFE)或P(VDF-CFE)。在图示的实施例中,在压电薄膜250中使用的压电材料含有P(VDF-TrFE)。

[0031] 压电薄膜250形成图样以实现期望的形状,例如图3示出的形状。在形成图样的过程中去除压电薄膜250的不想要的部分。结果,暴露出介电层230和导电层240的部分。在本实施例中,以这样的方式蚀刻压电薄膜250以形成斜面来允许针对要形成的顶电极的沉积。斜面本身可以显示为在图3的横截面视图中示出的梯形侧壁。还应当理解,在一些实施例中,可以在压电薄膜250与导电层240之间形成粘合促进层(本文中未图示),使得压电薄膜250更可能粘住导电层240。

[0032] 使用本领域已知的适合的沉积过程来在压电薄膜250上形成导电层270(即顶电极)。在图示的实施例中,导电层270是由一个或多个金属部件的堆叠组成的。例如,金属堆叠可以包括钛、钨、铬、金和/或铝部件。利用被用于去除导电层270的不想要部分的剥离或蚀刻使用诸如光刻法的技术来使导电层270形成图样。为了简单,图3图示了仅已经形成图样之后的导电层270。导电层240和270以及压电层250可以共同地组成换能器膜。备选地,换能器膜也可以包括被直接设置在导电层240和270以及压电层250下面的介电层的部分。

[0033] 然后形成接合盘280-281(也被称为导电触点或盘金属)。在导电层上形成接合盘280,并且将接合盘280电耦合到导电层240,并且在导电层270上形成接合盘281,并且将接合盘281电耦合到导电层270。可以通过在导电层240和270上沉积金属层并接着在光刻过程中使金属层形成图样来形成接合盘280-281。结果,形成接合盘280-281。接合盘280-281可以用作换能器200的电极。通过这些电极(即接合盘280-281),可以在换能器200与诸如电子电路(本文中未图示)的外部设备之间建立电连接。电子电路能够激励换能器膜,使得其生成声波,尤其是在超声范围中的声波。

[0034] 现在参考图4,晶片150的背侧214被覆盖有材料285,所述材料285可以包括胶带或在以后的过程中能够被容易地去除的另一类型的牺牲材料。此后,在整个晶片150上共形地涂覆保护层290。由于在图4中仅图示了晶片150的部分,因此保护层290被示为被涂覆在晶片的前侧212和背侧214上(即本文中未图示晶片150的侧边和涂覆在其上的保护层290),但是应当理解,在晶片水平上进行了保护层290的涂覆。

[0035] 保护层290用于两个目的。首先,其提供对诸如血液或盐水的流体的电绝缘。第二,其提供在换能器200的膜与周围介质(典型地是盐水或血液)之间匹配的声阻抗。因此,本文中保护层290包括电绝缘并展现介于换能器膜的声阻抗与周围介质(盐水)的声阻抗之间的中间的声阻抗。在一些实施例中,保护层290包括化学气相沉积聚(对苯二甲)聚合物(下文称为其商品名聚对二甲苯)。

[0036] 共形涂覆意味着保护层290被涂覆在其能够达到的每个表面上并具有均等或均匀的厚度。换言之,保护层290将遵循被设置在晶片150的前侧212和背侧214上的各个部件的横截面外形或轮廓。由于背侧214是平坦的(并且材料285是平坦的),因此在背侧214中在材料285上形成的保护层290的部分也是平坦的或具有平坦表面。然而,由于在晶片150的前侧212上形成的PMUT换能器200不与基底210的前表面共平面,因此保护层290遵循PMUT换能器200的部件(例如接合盘280-281、导电层240和270、以及压电薄膜250)的上升和下落。应当理解,出于简单的原因,在本文的附图中可能并未精确地图示保护层290的共形涂覆特性。

[0037] 保护层290具有到处均匀的厚度295。在一些实施例中,保护层290具有刚刚足以提供电绝缘的厚度295,例如大约2微米至5微米。在其他实施例中,保护层290具有被选择为提供电绝缘和声匹配两者的厚度295,在这种情况下,厚度295可以为在换能器中心频率处的声波长的大约四分之一,例如针对具有40MHz中心频率的换能器为大约13微米。

[0038] 现在参考图5,晶片150的背侧214上的材料285(见图4)已经与在其上形成的保护层290一起被去除。从前侧212执行第一蚀刻过程以在基底210中蚀刻多个沟槽300。可以通过干法蚀刻过程,例如深度反应离子蚀刻(DRIE)过程,来形成沟槽300。例如在图2的俯视图示出的,沟槽300中的每个部分地包围或环绕换能器中的各自的一个。在图2的横截面视图中,仅示出了沟槽300A-300B。应当理解,沟槽300A和300B实际上是包围换能器200中的一个的单个连续沟槽的部分,即使在图5的横截面视图中它们表现为两个沟槽,。在本实施例中,沟槽300具有在从约80 μ m到约100 μ m范围中的沟槽深度310。当然,在备选实施例中,深度310可以具有不同的值。

[0039] 应当理解,在蚀刻沟槽300之前,可以在前侧212上提供光学掩膜以覆盖保护层290的不应当被蚀刻的部分。光学掩膜含有开口,所述开口被设置在相邻的PMUT换能器200之间,并且通过这些开口来蚀刻沟槽300。出于简单的原因,本文中未图示光学掩膜。

[0040] 现在参考图6,执行另一蚀刻过程以通过去除保护层290的覆在接合盘280-281上的部分来暴露出接合盘280-281。对保护层290的部分的去除形成了在接合盘280-281中的每个上的凹槽或开口305。还可以首先在执行蚀刻过程之前在晶片的前侧212上提供另一光学掩膜,其中,光学掩膜含有与接合盘280-281竖直对齐的开口。光学掩膜防止在其下设置的保护层290被蚀刻,同时允许其通过光学掩膜中的开口暴露的部分通过蚀刻过程而被去除。在完成蚀刻过程之后,接合盘280-281被暴露,并且准备用于线接合。

[0041] 应当理解,尽管图4-图6示出了在形成凹槽305之前形成的沟槽300,但该具体顺序

不重要。换言之,在其他实施例中,可以在形成沟槽300之前来形成凹槽305。

[0042] 由于本文中蚀刻被用于引入开口(例如沟槽300和凹槽305),因此在本文中,保护层290的侧边(例如沟槽300或凹槽305的侧壁)将展现被用于形成开口的具体蚀刻过程的特性。对于可以采用的各种蚀刻方法,这些特性是不同的,并且例如不同于本文中的通过机械锯切过程形成的开口。

[0043] 现在参考图7,从背侧214在基底210中形成多个开口350。在换能器200中的一个的膜下(或与其竖直对齐)形成每个开口350。开口350也可以被称为井、空隙或凹槽。在图示的实施例中,开口350被形成直到介电层230。换言之,介电层230的部分通过开口350暴露到背侧214。然而,应当理解,在其他实施例中,开口350可以向上通过介电层230并且在导电层240(即底电极)处停止。在一些实施例中,通过诸如深度反应离子蚀刻(DRIE)过程的蚀刻过程来形成开口350。每个开口350与换能器200的孔径相对应。

[0044] 应当理解,尽管本实施例涉及在从背侧214形成开口350之前从前侧212形成沟槽300,但在其他实施例中这些过程可以是相反的。换言之,在其他实施例中,可以在沟槽300之前可以形成开口350。

[0045] 现在参考图8,开口350被填充有用背衬材料370。在背衬材料370硬化以形成固态背衬之前,并且在背衬材料仍然是液体时,膜可以被偏转以形成球形碗状弯曲,以便创建聚焦换能器孔径。为了简单,在图8中没有描绘偏转过程。一旦背衬材料370已经硬化,则填充开口350的背衬材料370保持膜偏转,并且其也使从压电薄膜250的后面露出到背衬材料370中的任何声波减弱。更详细地,背衬材料370物理地接触介电层230的底表面(或背侧表面)(或在开口350中已经去除了介电层230的实施例中为导电层240的背表面)。因此,背衬材料370的一个功能是其帮助将换能器膜360锁定到位置,使得维持其形状(例如弧形形状)。背衬材料370还含有声衰减材料,所述声衰减材料能够吸收由换能器膜360生成的、传播到背衬材料370中的声波。例如当在图1的换能器组件122中包括超声换能器200时,这样的声波(或声能量)包括从换能器组件的结构和界面反射的波。

[0046] 设置在开口350上的层(即换能器膜)还被偏转以形成凹表面。换言之,介电层230的通过开口350暴露的部分以及换能器膜的设置在介电层230的部分上的部分朝向背侧214弯曲。因此,形成弧形形状的换能器膜360。为了简单,不针对图5的所有换能器200来图示弧形形状的换能器膜,但是应当理解,每个换能器200可以被成形为(或类似于)在图9中示出的换能器200。在Dylan Van Hoven于2012年12月21日提交的标题为“Method and Apparatus For Shaping Transducer Membrane”、代理人案号为44744.1094的临时美国专利申请61/745344中公开了对换能器膜进行成形的额外细节,在此通过引用将其内容整体并入本文。

[0047] 现在参考图10,从背侧214执行打薄过程400以减少基底210的厚度。在一些实施例中,削磨、抛光或蚀刻过程或其组合可以被用于从背侧214去除基底210(在适用的实施例中,以及背衬材料370)的部分。执行打薄过程400直到基底210达到期望的厚度410。厚度410不大于沟槽300的深度310(在图5中示出)。在一些实施例中,执行打薄过程400之后的基底210的厚度410小于80 μm ,例如约75 μm 。

[0048] 根据本公开的各个方面的对保护层290的共形晶片水平涂覆提供了优势。然而,应当理解,不同实施例可以提供不同的优势,本文不必讨论所有的优势,并且没有哪个具体优

势是所有实施例都要求的。一个优势是晶片水平涂覆较容易执行并且花费较少时间。在传统PMUT换能器制造过程中,在换能器被分割(singulate)并且形成独立的蝌蚪组件之后应用保护涂覆(例如聚对二甲苯涂覆)。这是不方便的,因为将大量的蝌蚪换能器组件引入到聚对二甲苯(或类似的)涂覆隔室中并保护附接的四芯线缆免于被涂覆是复杂和耗时的。相比之下,在分割发生之前,在晶片水平上执行本文中所讨论的晶片水平涂覆,在一个简单步骤中同时涂覆数千个换能器。

[0049] 另一优势是本文中所描述的蚀刻过程减少了保护涂覆剥落的可能性。根据常规涂覆方法,保护材料被应用在换能器组件的所有表面上,包括其背表面上。由于行进到换能器的背面的声音将从覆盖换能器的背侧的保护层弹开,这引起问题。为了缓解该问题,已经采用了特定的方法,其中,首先可以将粘合掩膜材料应用到换能器的背侧,并且在对前表面和背表面上的保护层进行涂覆之后,切割设备(例如剃刀片)可以被用于将粘合掩膜材料与在其上形成的保护层一起切掉。这是极其仔细的处理。此外,保护层的常用材料(聚对二甲苯)关于自身具有极好的粘合属性,但对于其他材料没有这么好。保护层在背侧上被切掉引入保护层的切割边,其易于剥落,尤其是在对它们施加应力的情况下。例如,切割过程本身可以引入应力,这可以不注意地引发保护层剥落的过程。与此相反,在本文中可以通过蚀刻过程(例如反应离子蚀刻)来限定保护层的边。这种干法蚀刻过程发生在分子级上,并且将最小的应力引入保护层,由此减少保护层剥落的可能性。

[0050] 另一优势是本文中的蚀刻过程减少了保护涂覆被剥落的可能性。根据常规涂覆方法,保护材料被应用在换能器组件的所有表面上,包括其背表面。由于行进到换能器的被面的声音将从覆盖换能器的背侧的保护层弹开,这引起问题。为了解决该问题,已经采用了特定的方法,其中,首先可以在换能器的背侧上形成粘合材料,并且在对前表面和背表面上的保护层进行涂覆之后,切割设备(例如剃刀片)可以被用于将粘合材料与在其上形成的保护层一起切掉。这是极其仔细的处理。此外,保护层的常用材料(聚对二甲苯)关于自身具有较好的粘合属性,但对于其他材料没有这么好。保护层在背侧上被切掉可以引入保护层的切割边,其易于剥落,尤其是在对它们施加应力的情况下。例如,切割过程本身可以引入应力,这可以不注意地引发保护层剥落的过程。相比之下,在本文中可以通过蚀刻过程(例如反应离子蚀刻)来限定保护层的边。干法蚀刻过程发生在分子水平上,这将最小的应力引入保护层,由此减少保护层剥落的可能性。

[0051] 对保护层290的晶片水平应用的另一优势是,其对下面的层的边进行封装,有助于防止在换能器制造和组装的稍后阶段期间那些下面的层的剥落。例如,如果导电层240和270的边未被强力地接合到周围的层,则它们可以遭受剥落。类似地,压电薄膜250也可以遭受剥落。由于热处理、膜偏转或设备操作,可以由在换能器制造的稍后阶段期间遇到的应力来引起剥落。在存在根据本发明的保护层290的情况下,对下面的层的边进行封装将有助于防止这些层剥落。

[0052] 图11是制造微型超声换能器的方法500的流程图。方法500包括接收晶片的步骤510,在所述晶片上形成多个微型超声换能器。微型超声换能器的每个包括:换能器膜,其含有压电材料;第一接合盘和第二接合盘,每个被电耦合到换能器膜。在一些实施例中,压电材料包括聚偏二氟乙烯(PVDF)、被标为P(VDF-TrFE)的具有三氟乙烯的偏二氟乙烯的共聚物、或被标为P(VDF-TFE)的具有四氟乙烯的偏二氟乙烯的共聚物。

[0053] 方法500包括从晶片的前侧在多个微型超声换能器上共形地沉积保护层的步骤520。在一些实施例中,保护层含有聚对二甲苯材料。在一些实施例中,在化学气相沉积过程中沉积保护层。

[0054] 方法500包括执行第一蚀刻过程以形成多个第一沟槽的步骤530,所述多个第一沟槽从前侧延伸到晶片中,其中,第一沟槽被蚀刻通过保护层并深入到基底中,并且其中,第一沟槽被设置在相邻的微型超声换能器之间。在一些实施例中,第一蚀刻过程包括深度反应离子蚀刻(DRIE)过程。

[0055] 方法500包括执行第二蚀刻过程以去除保护层的设置在第一接合盘和第二接合盘上的部分,由此暴露出第一接合盘和第二接合盘的步骤540。

[0056] 应当理解,可以在步骤510-540之前、期间或之后执行额外的制造步骤来完成对换能器的制造。例如,方法500可以包括在共形地沉积保护层的步骤520之前的覆盖晶片的背侧的步骤。在一些实施例中,方法500还可以包括以下步骤:从晶片的背侧蚀刻多个第二沟槽,其中,所述第二沟槽的每个与换能器膜的各自的一个对齐;利用背衬材料(例如环氧树脂)来填充第二沟槽中的每个,并且在环氧树脂硬化之前使换能器膜偏转;以及从背侧打薄晶片。也可以执行其他的制造步骤,但出于简单的原因,在本文中也没有讨论这些额外的制造步骤。

[0057] 本领域技术人员将认识到,能够以各种方式来修改以上所描述的装置、系统和方法。因此,本领域一般技术人员将意识到,本公开所包括的实施例不限于以上所描述的具体示范性实施例。在这方面,尽管已经示出并描述了说明性实施例,当在前述的公开中预期广泛范围的修改、改变和替代。应当理解,可以做出对前述的这样的变化,而不脱离本公开的范围。因此,广泛地并且以与本公开一致的方式来解释权利要求是恰当的。

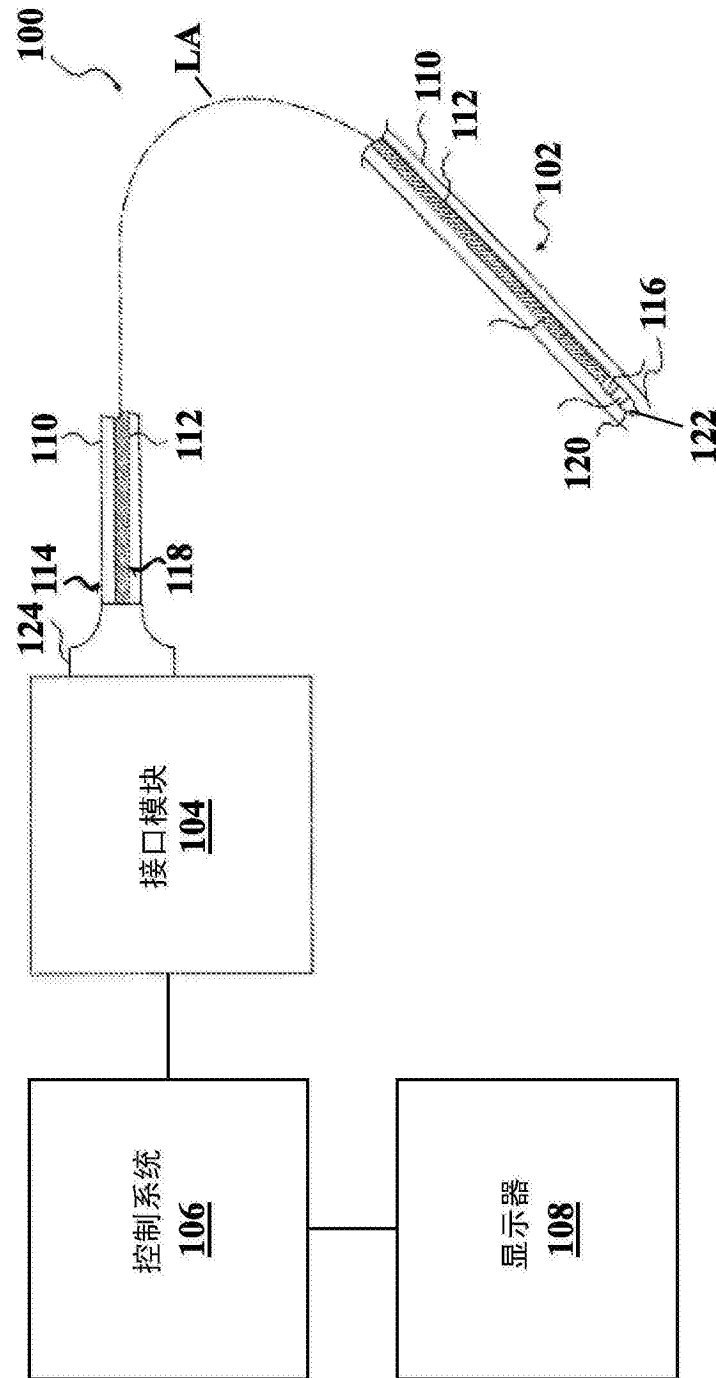


图1

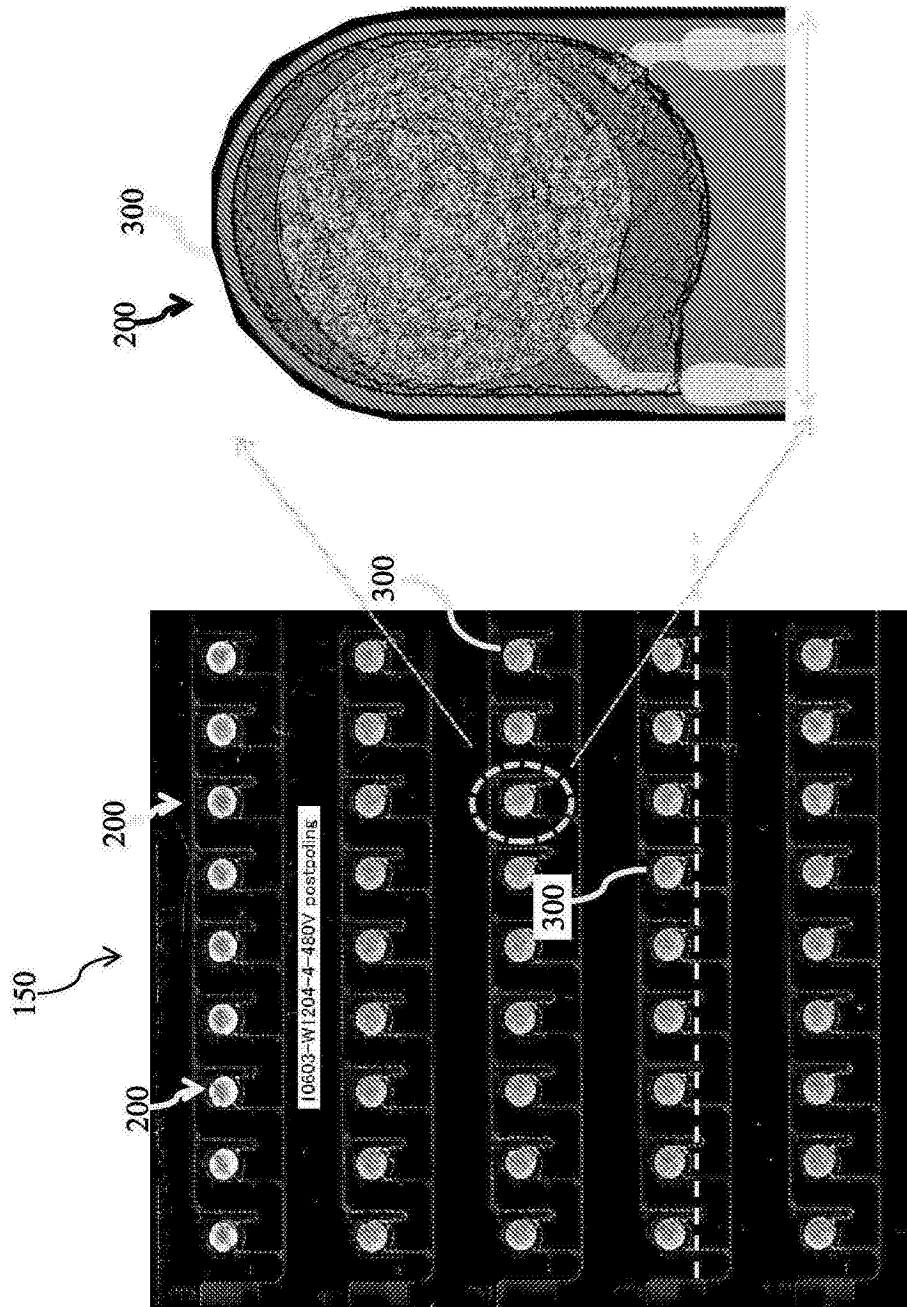


图2

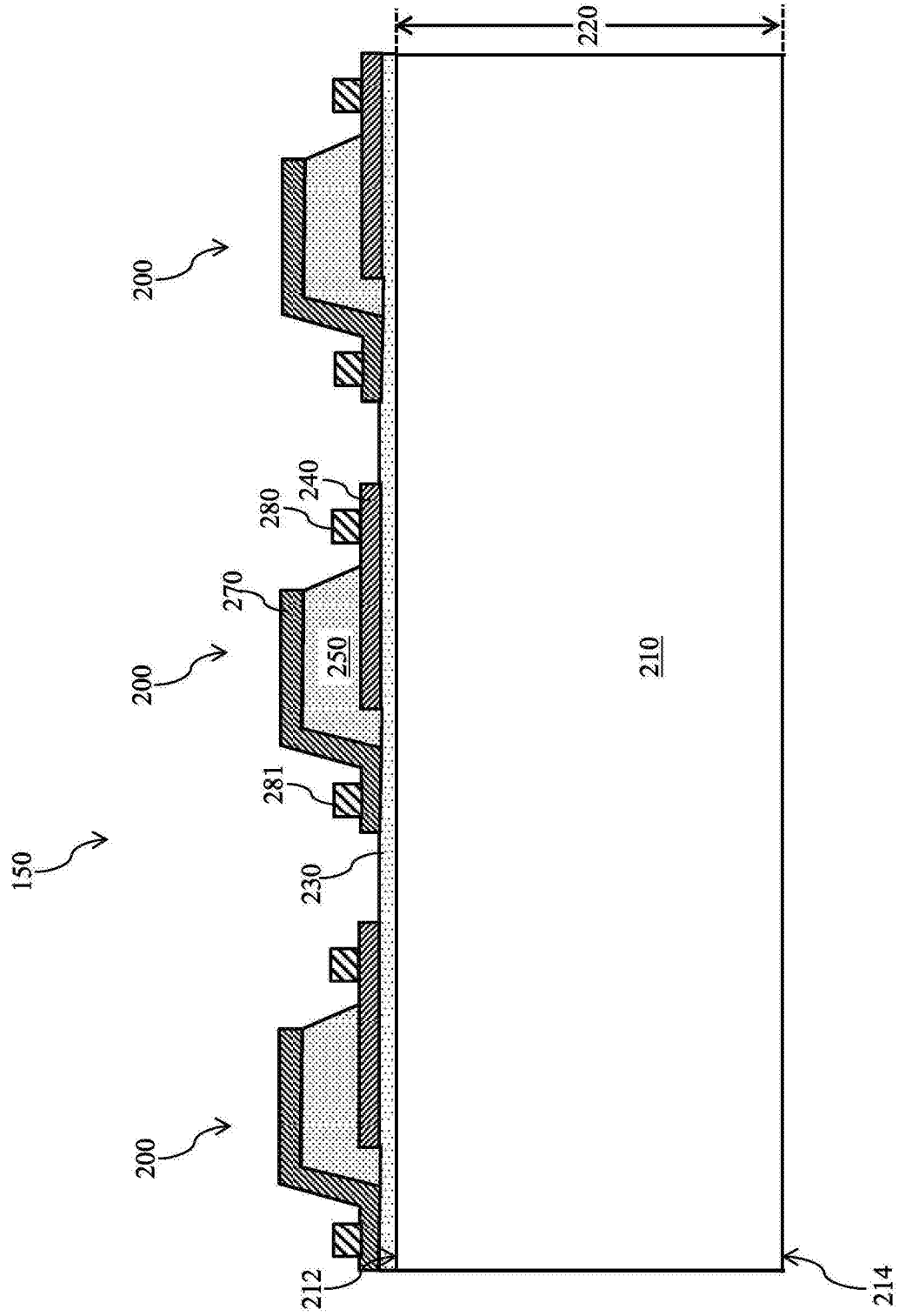


图3

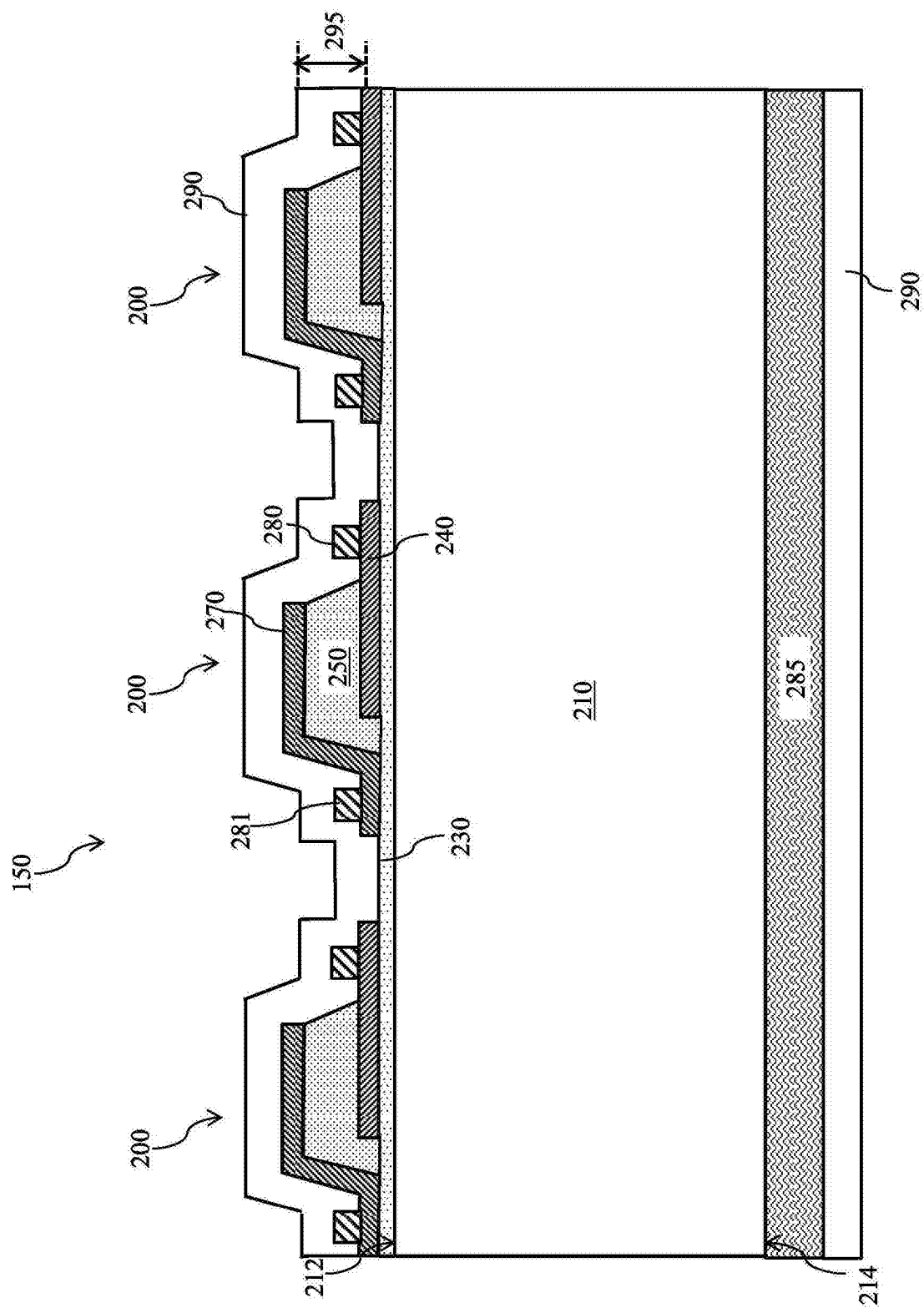


图4

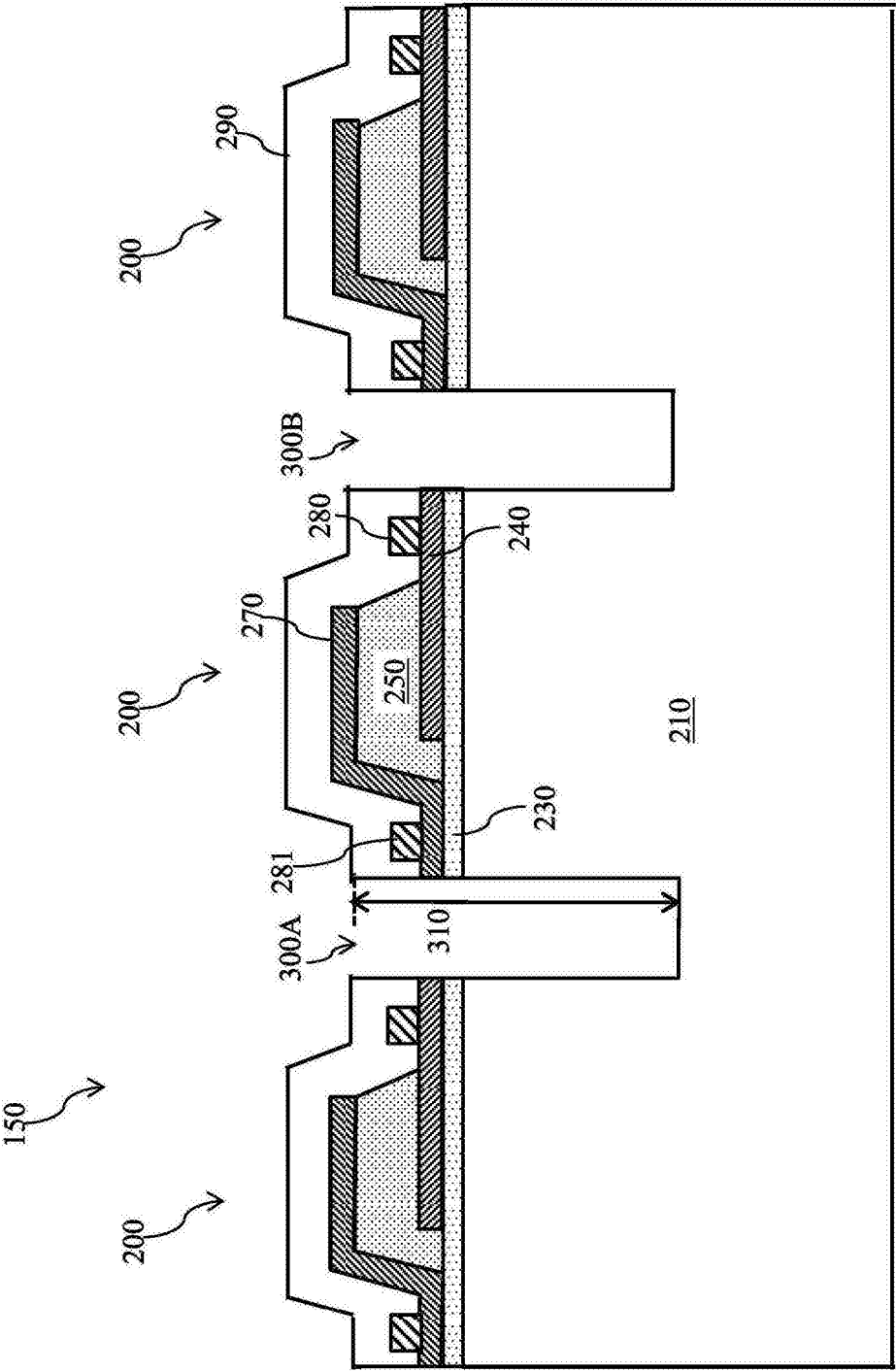


图5

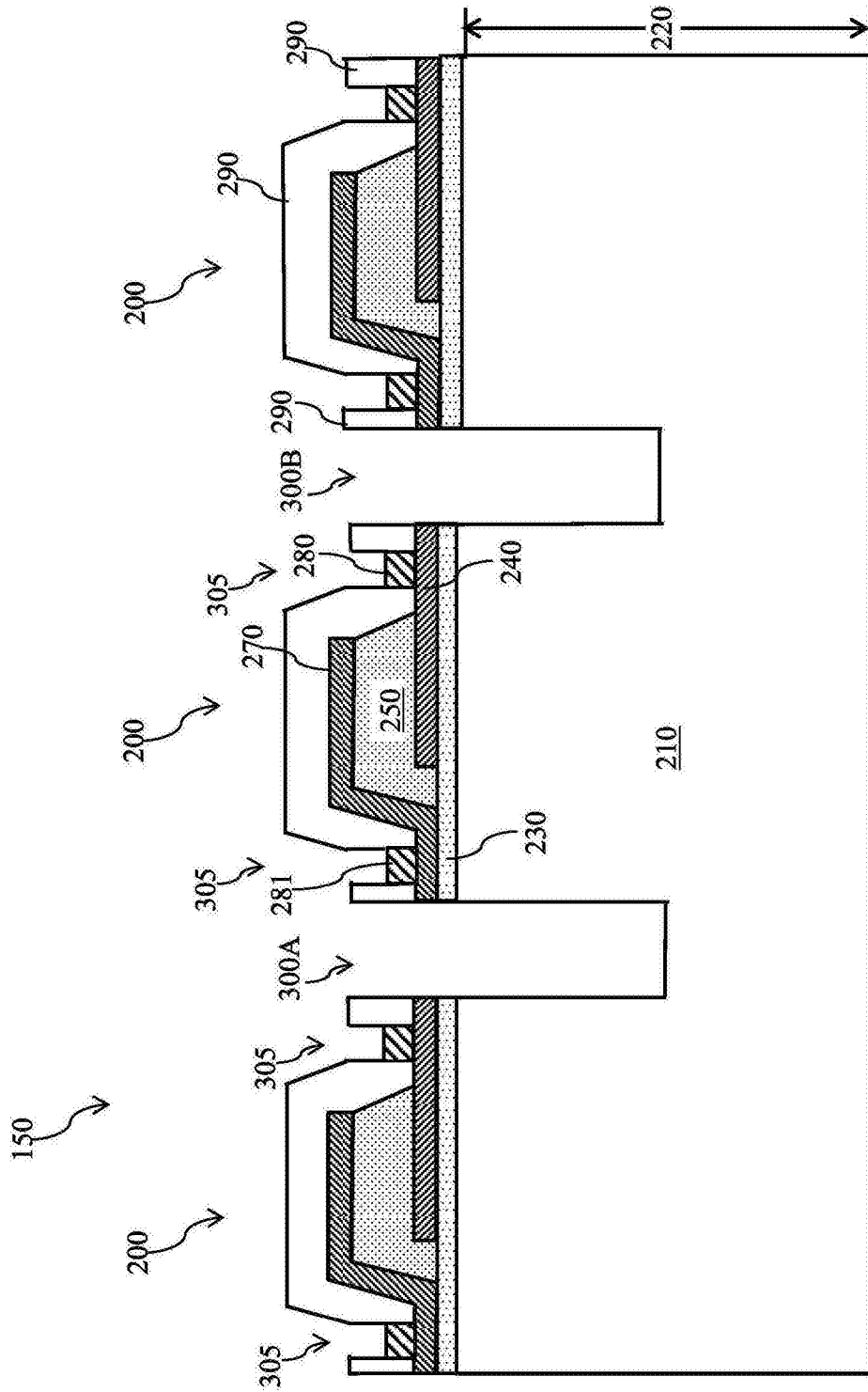


图6

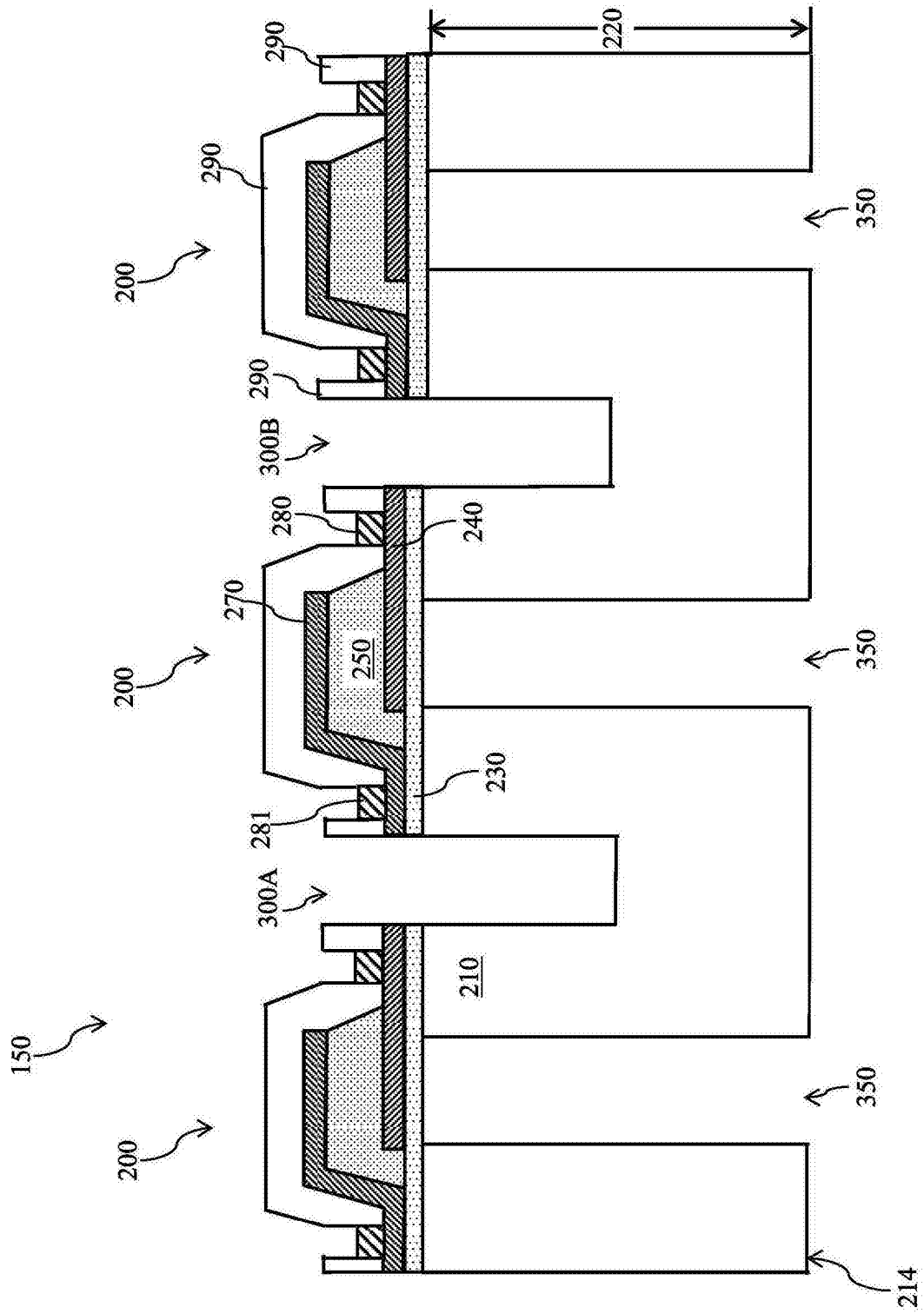


图7

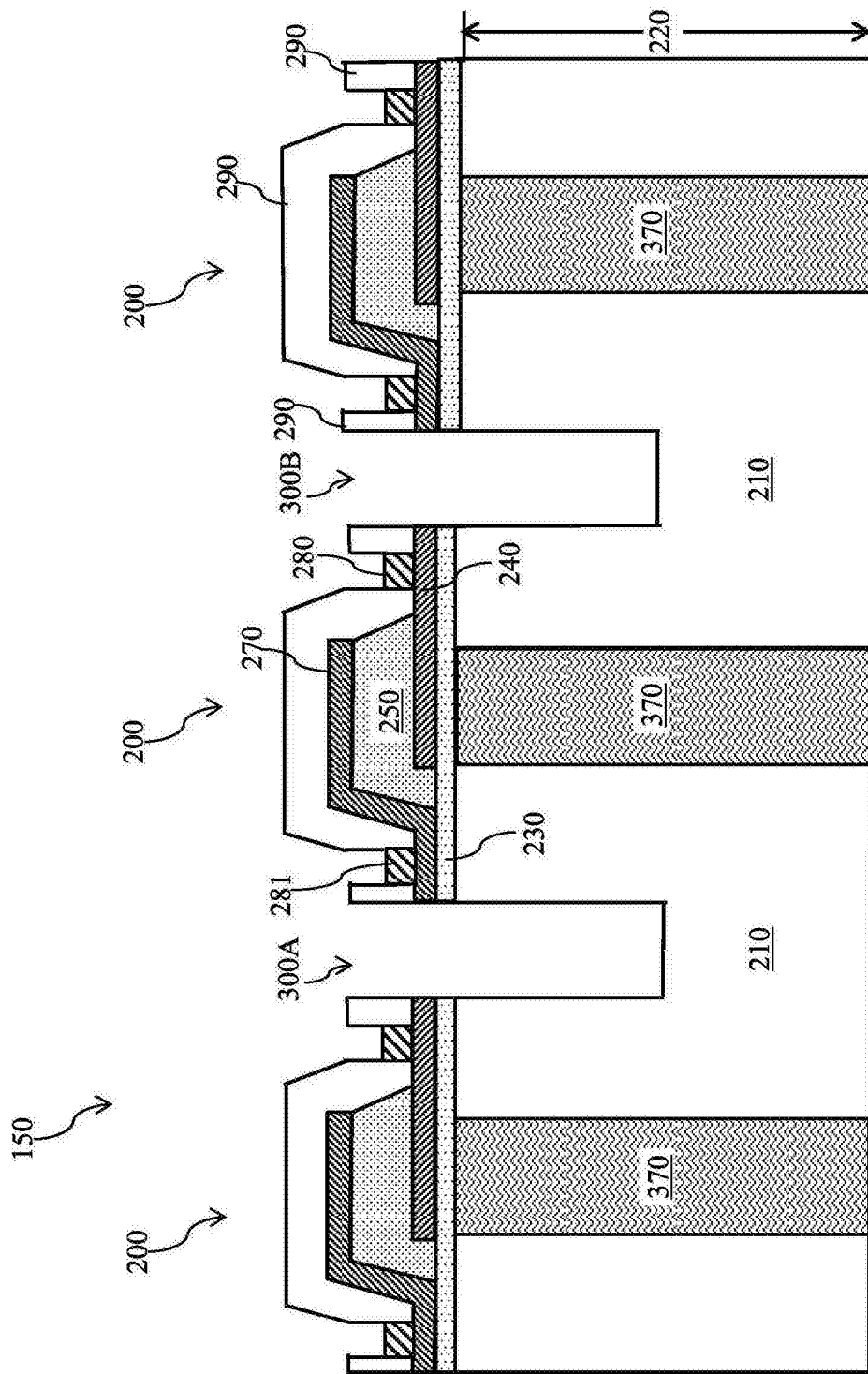


图8

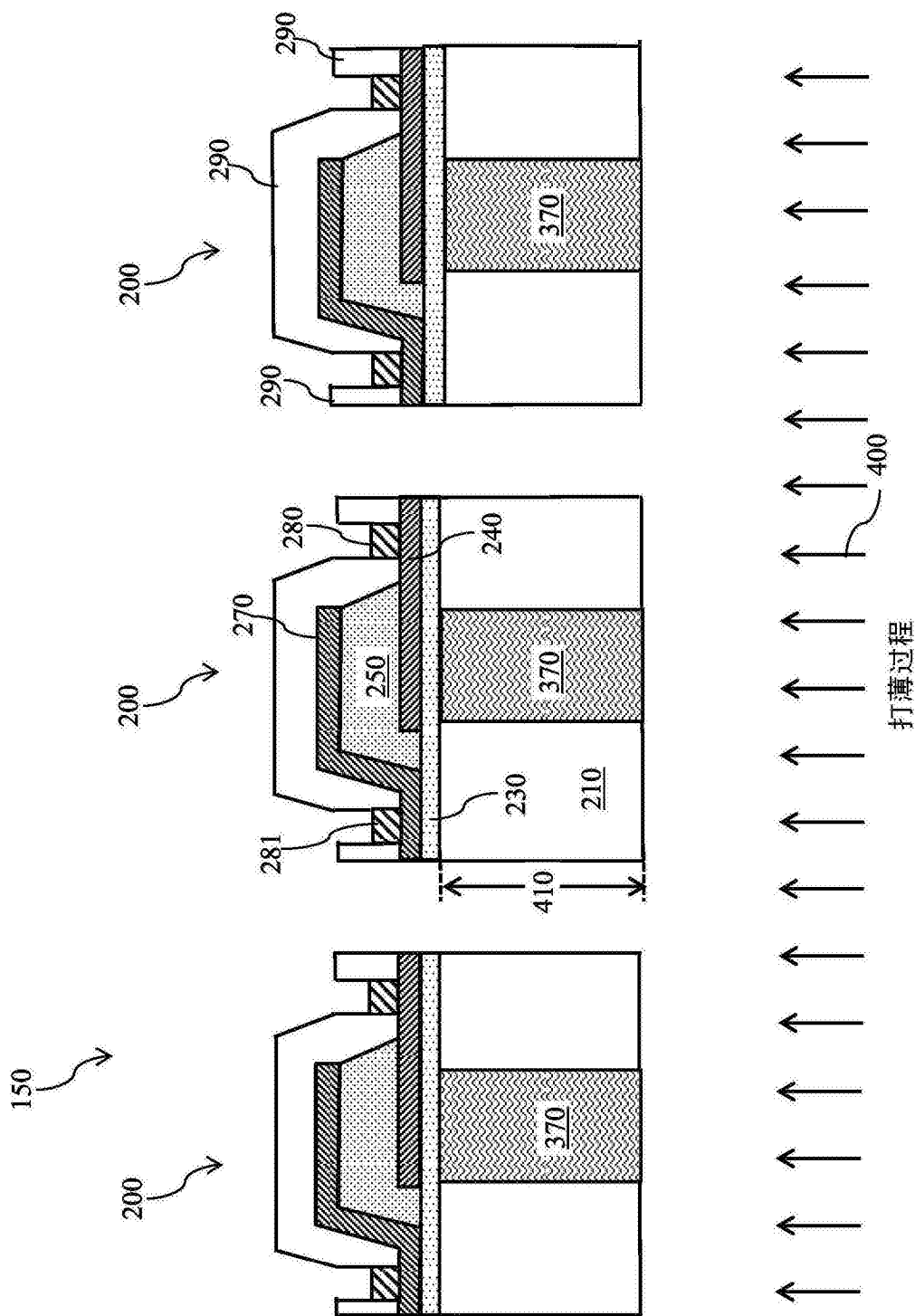


图10

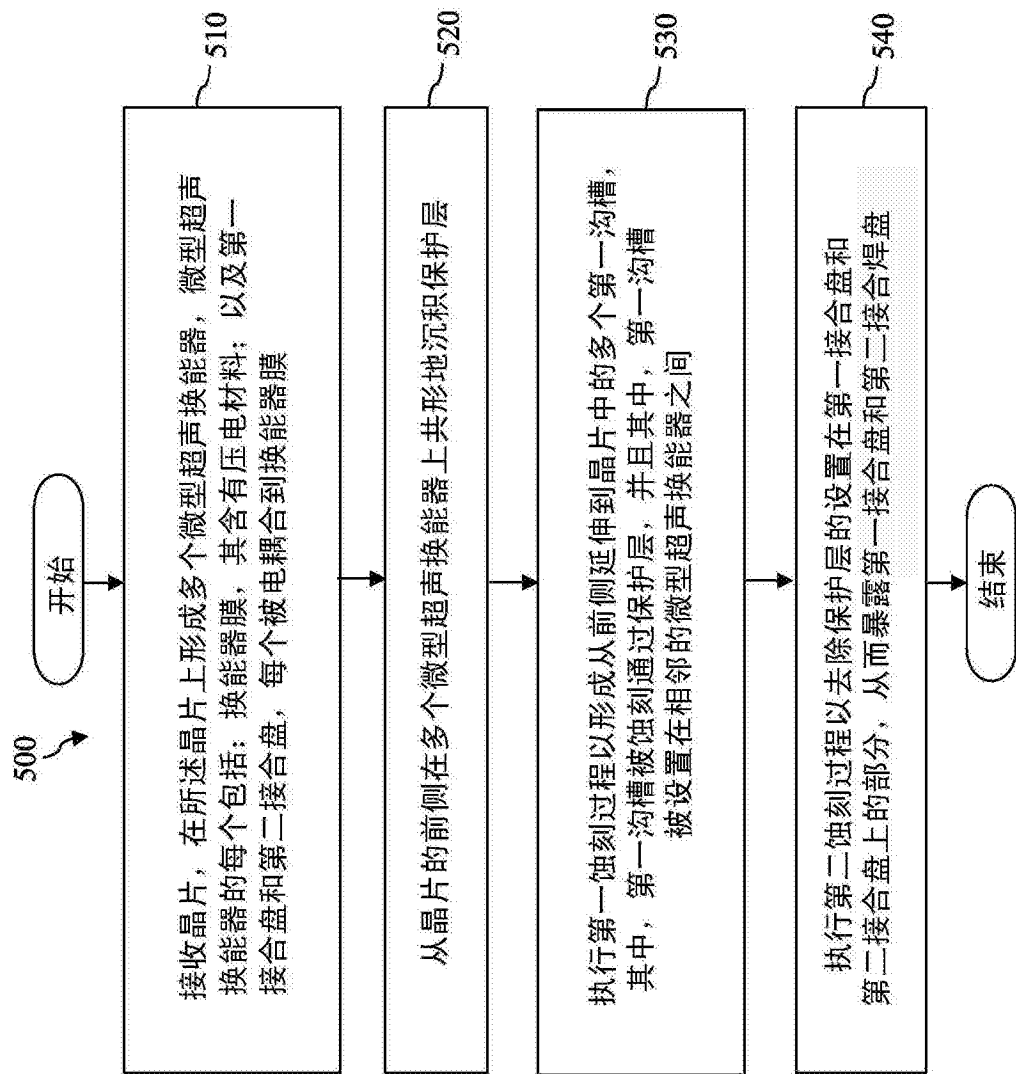


图11