



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113200511 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 16

(21) 申请号 202110367160.X

B81B 7/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.04.06

B81C 1/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113200511 A

(56) 对比文件

CN 105448697 A, 2016.03.30

CN 111540824 A, 2020.08.14

CN 111770423 A, 2020.10.13

(43) 申请公布日 2021.08.03

(73) 专利权人 杭州士兰集昕微电子有限公司

地址 310018 浙江省杭州市钱塘新区10号
大街(东)308号13幢

审查员 薛蕾

(72) 发明人 金文超 孙福河 李佳 季锋

闻永祥

(74) 专利代理机构 北京成创同维知识产权代理

有限公司 11449

专利代理师 蔡纯 杨思雨

(51) Int. Cl.

B81B 7/04 (2006.01)

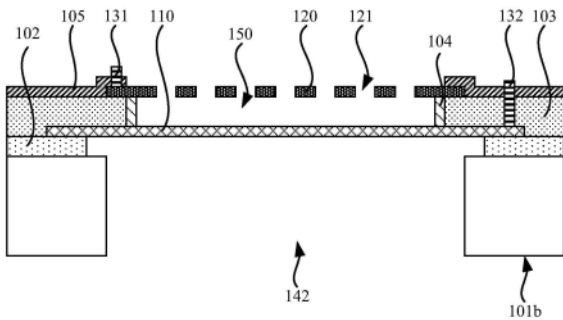
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种微机电传感器的背腔的制造方法

(57) 摘要

本申请公开了一种微机电传感器的背腔的制造方法,该背腔的制造方法包括:采用第一Bosch工艺在衬底中形成凹槽,第一Bosch工艺包括向衬底多次交替输送刻蚀气体与保护气体,衬底具有相对的正面与背面,凹槽自衬底的背面延伸至衬底中;以及采用第二Bosch工艺将凹槽继续延伸至衬底的正面,以形成贯穿衬底的背腔,第二Bosch工艺包括对衬底多次交替的输送刻蚀气体与保护气体,其中,第一Bosch工艺在向衬底输送刻蚀气体的阶段内对衬底的刻蚀速率高于第二Bosch工艺在向衬底输送刻蚀气体的阶段内对衬底的刻蚀速率。该背腔的制造方法通过两次Bosch工艺形成背腔并提高第一Bosch工艺中的刻蚀速率,从而提高了背腔的形成效率。



1. 一种微机电传感器的背腔的制造方法,包括:

采用第一Bosch工艺在衬底中形成凹槽,所述第一Bosch工艺包括向所述衬底多次交替输送刻蚀气体与保护气体,所述衬底具有相对的正面与背面,所述凹槽自所述衬底的背面延伸至所述衬底中;以及

采用第二Bosch工艺将所述凹槽继续刻蚀延伸至所述衬底的正面,以形成贯穿所述衬底的背腔,所述第二Bosch工艺包括对所述衬底多次交替的输送刻蚀气体与保护气体,

其中,所述第一Bosch工艺在向所述衬底输送刻蚀气体的阶段内对所述衬底的刻蚀速率高于所述第二Bosch工艺在向所述衬底输送刻蚀气体的阶段内对所述衬底的刻蚀速率,

采用所述第一Bosch工艺在衬底中形成的所述凹槽的深度占所述背腔深度的80~95%;所述第二Bosch工艺中的刻蚀气体对所述衬底的刻蚀深度为10~50 μm 。

2. 根据权利要求1所述的制造方法,其中,在向所述衬底输送保护气体的阶段内,所述第二Bosch工艺在单位时间内的保护气体输送量大于所述第一Bosch工艺在单位时间内的保护气体输送量。

3. 根据权利要求2所述的制造方法,其中,所述第二Bosch工艺的保护气体的输送量相对于所述第一Bosch工艺提升20%~50%。

4. 根据权利要求1所述的制造方法,其中,所述第一Bosch工艺中采用的上电极功率为1500~3000W、下电极功率为30~60W、腔体压力为20~60mT、保护气体的流量为100~200sccm、保护气体的单次通气时间为2~10s、刻蚀气体的流量为400~600sccm、刻蚀气的单次通气时间为15~50s。

5. 根据权利要求1所述的制造方法,其中,所述第二Bosch工艺中采用的上电极功率为1000~2000W、下电极功率为20~50W、腔体压力为20~60mT、保护气体的流量为100~250sccm、保护气体的单次通气时间为5~20s、刻蚀气体的流量为400~600sccm、刻蚀气体的单次通气时间为20~40s。

6. 根据权利要求1所述的制造方法,其中,所述刻蚀气体为 SF_6 ,所述保护气体为 C_4F_8 。

7. 根据权利要求1所述的制造方法,其中,在形成所述背腔之后,还包括采用氧气等离子去胶工艺去除所述背腔中的聚合物,所述聚合物由所述保护气体分解生成,所述聚合物为 CF_2 基团的长链聚合物。

8. 根据权利要求1所述的制造方法,其中,所述背腔的深度为200至600 μm 。

9. 根据权利要求1~8任一项所述的制造方法,其中,在形成所述凹槽之前,还包括在所述衬底的背面形成掩模,所述掩模暴露所述凹槽开口对应的所述衬底的背面。

10. 根据权利要求9所述的制造方法,其中,在形成所述掩模之前,还包括在所述衬底的正面形成停止层,所述第二Bosch工艺中的刻蚀气体对所述衬底的刻蚀到所述停止层停止。

11. 根据权利要求10所述的制造方法,其中,在形成所述凹槽之前,还包括:

在所述停止层上形成振膜;

形成覆盖所述振膜与所述停止层的牺牲层;

在所述牺牲层上形成背极板,以及

在所述背极板中形成多个声孔,

在形成所述背腔之后,所述制造方法还包括去除部分所述停止层与部分所述牺牲层以释放所述振膜对应于所述背腔的部分。

12. 根据权利要求1所述的制造方法, 其中, 所述背腔在所述衬底正面与背面两端一致。

一种微机电传感器的背腔的制造方法

技术领域

[0001] 本申请涉及半导体制造技术领域,更具体地,涉及一种微机电传感器的背腔的制造方法。

背景技术

[0002] 随着手机、平板等消费类电子的日益发展和更新换代,微机电传感器(电容式微硅麦克风)以其便捷、可靠等性能得到广泛的应用,进入飞速发展阶段。微机电传感器中的机械结构主要包括具有背腔的衬底、位于衬底上的振膜与背极板。

[0003] 目前,衬底中的背腔通常采用深槽刻蚀工艺形成。对于常规器件而言,深槽的深度只有几到几十微米,但微机电传感器的背腔深度往往会达到几百微米,采用传统的一步深槽刻蚀方法,其刻蚀角度难以控制,导致背腔的顶部与底部尺寸不一致。而且晶圆上的所有微机电结构背腔的刻蚀均匀性难以得到保证,导致部分微机电结构的背腔偏大,后续对应释放的振膜面积偏大,部分微机电结构的背腔偏小甚至不能完全贯穿衬底,影响振膜的释放,进而影响振膜的振动功能导致微机电传感器失效。与此同时,为了兼顾背腔顶部与底部的形貌,单片晶圆的刻蚀时间大大延长,这也势必造成深槽刻蚀产生的聚合物过多。以上这些问题严重制约了衬底的利用率和微机电传感器的产业化应用发展。

[0004] 因此,希望进一步优化微机电传感器的背腔的制造方法,以改进背腔的深槽刻蚀工艺。

发明内容

[0005] 鉴于上述问题,本发明的目的在于提供一种微机电传感器的背腔的制造方法,通过两次Bosch工艺形成背腔并提高第一Bosch工艺中的刻蚀速率,从而提高了背腔的形成效率。

[0006] 根据本发明实施例的提供的一种微机电传感器的背腔的制造方法,包括:采用第一Bosch工艺在衬底中形成凹槽,所述第一Bosch工艺包括向所述衬底多次交替输送刻蚀气体与保护气体,所述衬底具有相对的正面与背面,所述凹槽自所述衬底的背面延伸至所述衬底中;以及采用第二Bosch工艺将所述凹槽继续刻蚀延伸至所述衬底的正面,以形成贯穿所述衬底的背腔,所述第二Bosch工艺包括对所述衬底多次交替的输送刻蚀气体与保护气体,其中,所述第一Bosch工艺在向所述衬底输送刻蚀气体的阶段内对所述衬底的刻蚀速率高于所述第二Bosch工艺在向所述衬底输送刻蚀气体的阶段内对所述衬底的刻蚀速率。

[0007] 可选地,在向所述衬底输送保护气体的阶段内,所述第二Bosch工艺在单位时间内的保护气体输送量大于所述第一Bosch工艺在单位时间内的保护气体输送量。

[0008] 可选地,所述第二Bosch工艺的保护气体的输送量相对于所述第一Bosch工艺提升20%~50%。

[0009] 可选地,所述第一Bosch工艺中采用的上电极功率为1500~3000W、下电极功率为30~60W、腔体压力为20~60mT、保护气体的流量为100~200sccm、保护气体的单次通气时

间为2~10s、刻蚀气体的流量为400~600sccm、刻蚀气体的的单次通气时间为15~50s。

[0010] 可选地,所述第二Bosch工艺中采用的上电极功率为1000~2000W、下电极功率为20~50W、腔体压力为20~60mT、保护气体的流量为100~250sccm、保护气体的单次通气时间为5~20s、刻蚀气体的流量为400~600sccm、刻蚀气体的的单次通气时间为20~40s。

[0011] 可选地,所述刻蚀气体为 SF_6 ,所述保护气体为 C_4F_8 。

[0012] 可选地,在形成所述背腔之后,还包括采用氧气等离子去胶工艺去除所述背腔中的聚合物,所述聚合物由所述保护气体分解生成,其中,所述聚合物为 CF_2 基团的长链聚合物。

[0013] 可选地,采用所述第一Bosch工艺在衬底中形成的所述凹槽的深度占所述背腔深度的80~95%。

[0014] 可选地,所述背腔的深度为200至600 μm ,所述第二Bosch工艺中的刻蚀气体对所述衬底的刻蚀深度为10~50 μm 。

[0015] 可选地,在形成所述凹槽之前,还包括在所述衬底的背面形成掩模,其中,所述掩模暴露所述凹槽开口对应的所述衬底的背面。

[0016] 可选地,在形成所述掩模之前,还包括在所述衬底的正面形成停止层,其中,所述第二Bosch工艺中的刻蚀气体对所述衬底的刻蚀到所述停止层停止。

[0017] 可选地,在形成所述凹槽之前,还包括:在所述停止层上形成振膜;形成覆盖所述振膜与所述停止层的牺牲层;在所述牺牲层上形成背极板,以及在所述背极板中形成多个声孔,在形成所述背腔之后,所述制造方法还包括去除部分所述停止层与部分所述牺牲层以释放所述振膜对应于所述背腔的部分。

[0018] 根据本发明实施例提供的微机电传感器的背腔的制造方法,通过两次Bosch工艺刻蚀衬底以形成背腔,在第一Bosch工艺中先形成凹槽,之后再利用第二次Bosch工艺继续刻蚀凹槽底部,直至凹槽底部到达衬底的正面,由于第一Bosch工艺中不需要将衬底的正面与背面刻穿,因此可以提高第一Bosch工艺中的刻蚀速率,进而减少形成背腔的总体刻蚀时间,提高产能。

[0019] 在两次Bosch工艺中向衬底输送保护气体的阶段内,增加第二Bosch工艺中的保护氛围,从而在用于刻蚀更深的凹槽部位的第二Bosch工艺中加大了保护力度,使得空腔靠近衬底正面的形貌更加精确,从而进一步增加了背腔在衬底正面与背面两端的一致性。

[0020] 在形成背腔之后,通过氧气等离子去胶工艺去除两次Bosch工艺过程中在背腔中由保护气体分解生成的聚合物,从而能够有效控微机电结构中颗粒和聚合物残留,进而增加了器件的可靠性。

[0021] 本发明实施例提供的制造方法可与CMOS生产线兼容,实现低成本和大规模生产的要求。

附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对实施例的附图作简单介绍,显而易见地,下面的描述中的附图仅涉及本申请的一些实施例,而非对本申请的限制。

[0023] 图1至图10示出了本发明实施例制造微机电结构的方法在一些阶段的结构图。

具体实施方式

[0024] 以下将参照附图更详细地描述本发明。在各个附图中,相同的元件采用类似的附图标记来表示。为了清楚起见,附图中的各个部分没有按比例绘制。此外,可能未示出某些公知的部分。为了简明起见,可以在一幅图中描述经过数个步骤后获得的半导体结构。

[0025] 应当理解,在描述器件的结构时,当将一层、一个区域称为位于另一层、另一个区域“上面”或“上方”时,可以指直接位于另一层、另一个区域上面,或者在其与另一层、另一个区域之间还包含其它的层或区域。并且,如果将器件翻转,该一层、一个区域将位于另一层、另一个区域“下面”或“下方”。

[0026] 如果为了描述直接位于另一层、另一个区域上面的情形,本文将采用“直接在……上面”或“在……上面并与之邻接”等表述方式。

[0027] 在下文中描述了本发明的许多特定的细节,例如器件的结构、材料、尺寸、处理工艺和技术,以便更清楚地理解本发明。但正如本领域的技术人员能够理解的那样,可以不按照这些特定的细节来实现本发明。

[0028] 本发明可以各种形式呈现,以下将描述其中一些示例。

[0029] 图1至图10示出了本发明实施例制造微机电结构的方法在一些阶段的结构图,其中,具体涉及微机电传感器的背腔的制造方法。

[0030] 在本实施例中,衬底101具有相对的正面101a与背面101b,在衬底101正面形成停止层102,如图1所示。

[0031] 在该步骤中,例如采用热氧工艺或者化学气相沉积工艺在衬底的正面101a形成停止层102,其中,衬底101例如为<100>晶向的P型衬底硅片,衬底的正面101a为抛光面,停止层102的材料例如为氧化硅。停止层102为隔离氧化层,也是背腔深槽刻蚀的截止氧化层。

[0032] 然而本发明实施例并不限于此,本领域技术人员可以根据需要对衬底101的类型和停止层102的材料进行其他设置。

[0033] 进一步的,在停止层102上形成功能结构,如图2所示,包括:在停止层102上形成振膜110、形成覆盖振膜110与停止层102的牺牲层103、在牺牲层103中形成阻挡结构104、在牺牲层103表面形成具有多个声孔121的背极板120、形成覆盖背极板120边缘与牺牲层103边缘的绝缘层105、形成穿过绝缘层105的第一导电部131以及形成穿过绝缘层105与牺牲层103的第二导电部132,其中,第一导电部131与背极板120接触,第二导电部132与振膜110接触。

[0034] 进一步的,自衬底的背面101b对衬底101进行减薄,并在减薄后的衬底的背面101b形成掩模106,如图3所示。

[0035] 在形成掩模106的步骤中,例如先采用化学气相沉积工艺在减薄后的衬底的背面101b淀积一层二氧化硅,然后例如采用双面曝光机等光刻工艺限定出背腔的预设位置,形成刻蚀窗口,之后例如采用常规刻蚀设备将刻蚀窗口区域的二氧化硅去除,以暴露出衬底的背面101b,留在衬底的背面101b的二氧化硅作为掩模106,刻蚀窗口也会被转移到掩模106中。其中,掩模106的厚度随之后深槽刻蚀工艺形成背腔的深度变化,背腔的深度越深,掩模106的厚度越大。

[0036] 在本实施例中,功能结构、停止层102以及减薄后的衬底101的总厚度为200~600um,相对于衬底101的厚度而言,功能结构的厚度很薄,仅有几个微米。掩模106的厚度为

2~6 μm 。掩模106中的刻蚀窗口为圆形,刻蚀窗口的直径d为400~800 μm 。然而本发明实施例并不限于此,本领域技术人员可以根据需要对功能结构、停止层102以及减薄后的衬底101的总厚度、掩模106厚度、掩模106的材料、刻蚀窗口的尺寸、形状、数量进行其他设置。本发明实施例不仅适用于具有不同刻蚀窗口尺寸和刻蚀深度的单管芯,也适用于将多个单图形结构加以并联形成的双图形、四图形等多图形结构微机电传感器。

[0037] 进一步的,采用第一Bosch工艺与第二Bosch工艺在衬底101中形成背腔,下面将对两次Bosch工艺进行描述。

[0038] 在第一Bosch工艺步骤中,先朝向衬底的背面101b输送保护气体,形成覆盖掩模106与衬底的背面101b的保护层107,如图4所示。形成保护层107后,朝向衬底的背面101b输送刻蚀气体,以在衬底的背面101b形成较浅的凹槽141,如图5所示。在此过程中,保护层107覆盖在掩模106的侧壁,从而防止靠近掩模106的衬底的背面101b处出现侧掏(undercut)现象。形成较浅的凹槽141后,再次朝向衬底的背面101b输送保护气体,重新形成覆盖掩模106与凹槽141的保护层107,如图6所示。之后再次朝向衬底的背面101b输送刻蚀气体,将凹槽141的底部向停止层102的方向延伸,在此过程中,保护层107覆盖在上一次刻蚀步骤中形成的凹槽141侧壁,以维持凹槽141侧壁形貌,如图7所示。然后再次朝向衬底的背面101b输送保护气体,形成新的覆盖掩模106与凹槽141的保护层,在多次向衬底的背面101b交替输送刻蚀气体与保护气体后,凹槽141会达到预设深度,如图8所示。

[0039] 在本实施例中,刻蚀气体为 SF_6 ,保护气体为 C_4F_8 。第一Bosch工艺在向衬底101输送刻蚀气体的阶段内对衬底101的刻蚀速率为5~10 $\mu\text{m}/\text{min}$ 。第一Bosch工艺中采用的上电极功率为1500~3000W、下电极功率为30~60W、腔体压力为20~60mT、保护气体的流量为100~200sccm、保护气体的单次通气时间为2~10s、刻蚀气体的流量为400~600sccm、刻蚀气体的的单次通气时间为15~50s。采用第一Bosch工艺在衬底中形成的凹槽141的深度占背腔深度的80~95%。本实施例的第一Bosch工艺具有高刻蚀速率和低保护氛围的特点,可以有效提高刻蚀效率,降低刻蚀时间。

[0040] 在第二Bosch工艺步骤中,将凹槽继续刻蚀延伸至衬底101的正面,刻蚀到停止层102停止,以形成贯穿衬底101的凹槽142,该凹槽142在释放工艺后作为背腔,如图9所示。第二Bosch工艺包括对衬底101多次交替的输送刻蚀气体与保护气体,具体过程可以参照图6至图8的描述,此处不再赘述。其中,第一Bosch工艺在向衬底输送刻蚀气体的阶段内对衬底的刻蚀速率高于第二Bosch工艺在向衬底输送刻蚀气体的阶段内对衬底的刻蚀速率。在向衬底输送保护气体的阶段内,第二Bosch工艺在单位时间内的保护气体输送量大于第一Bosch工艺在单位时间内的保护气体输送量。

[0041] 在形成贯穿衬底101的凹槽142之后,采用氧气等离子去胶工艺去除背腔142中的聚合物,并去除掩模106。聚合物由保护气体分解生成,其中,聚合物为 CF_2 基团的长链聚合物。从而能够有效控制颗粒沾污和聚合物残留,进而增加刻蚀的可靠性。

[0042] 在本实施例中,第二Bosch工艺中采用的上电极功率为1000~2000W、下电极功率为20~50W、腔体压力为20~60mT、保护气体的流量为100~250sccm、保护气体的单次通气时间为5~20s、刻蚀气体的流量为400~600sccm、刻蚀气体的的单次通气时间为20~40s。凹槽142的深度为200至600 μm ,第二Bosch工艺对衬底101的刻蚀深度为10~50 μm 。

[0043] 本实施例中的第二Bosch工艺具有低刻蚀速率和高保护氛围的特点,可以有效的

控制凹槽142的开口直径的大小,保障深槽的刻蚀均匀性。第二bosch工艺的保护气体的输送量相对于第一bosch工艺提升约20%~50%,好的侧壁保护能够在保证刻蚀开口的均匀性的同时保证刻蚀余量。

[0044] 进一步的,去除部分停止层102与部分牺牲层103以释放振膜110对应于凹槽142的部分,形成如图10所示的微机电结构。其中,释放步骤后该凹槽142作为背腔,且背板120与振膜110之间形成间隙150。

[0045] 根据本发明实施例提供的微机电结构的制造方法采用主刻(第一Bosch工艺)和加刻(第二Bosch工艺)步骤两步刻蚀;在主刻步骤中,采用高刻蚀速率和较低保护氛围的方法刻蚀;而在加刻步骤中,采用较低刻蚀速率和较高保护氛围的方法直至刻透衬底101至停止层102。相对于单步刻蚀(仅采用一次Bosch工艺),通过该方法进行两次Bosch工艺刻蚀至衬底101正面区域的开口的均匀性能够得到有效的保障;其次,因为加刻步骤中保护氛围足,能够有效的保证整片晶圆(Wafer)的刻蚀均匀性,刻蚀窗口也得以保证,提高了硅片利用率的同时降低了整个刻蚀工艺对设备的要求;最后,因为一次Bosch工艺需要兼顾衬底101的正面与背面的背腔142开口两个位置的刻蚀情况,所以刻蚀速率不能太快,单片刻蚀时间较长,而两次Bosch工艺刻蚀没有这种顾虑,在主刻部分采用高速率刻蚀工艺方法可以有效的降低单片晶圆的刻蚀时间,提高刻蚀效率,有利于微机电传感器的产业化应用发展。同时在刻蚀过程后增加一步氧气等离子去胶工艺,能够有效控制产品的颗粒沾污和聚合物残留,增加刻蚀的可靠性。

[0046] 与仅采用一次Bosch工艺形成背腔相比,本发明中采用两次Bosch工艺刻蚀既能保证刻蚀的均匀性和刻蚀速率,又能降低对刻蚀设备要求,提高微机电传感器的产能。该方法适用范围广,可应用于具有不同刻蚀窗口尺寸和刻蚀深度的单管芯,也适用于将多个单图形结构加以并联形成的双图形、四图形等多图形结构微机电传感器,对微机电传感器产业化发展有着很大的推动作用。在刻蚀后增加一步氧气等离子去胶工艺,能够有效控制产品的颗粒沾污和聚合物残留,增加刻蚀的可靠性。本发明实施例提供的制造方法可与CMOS生产线兼容,可实现低成本和大规模生产的要求。

[0047] 以上对本发明的实施例进行了描述。但是,这些实施例仅仅是为了说明的目的,而并非为了限制本发明的范围。本发明的范围由所附权利要求及其等价物限定。不脱离本发明的范围,本领域技术人员可以做出多种替代和修改,这些替代和修改都应落在本发明的范围之内。

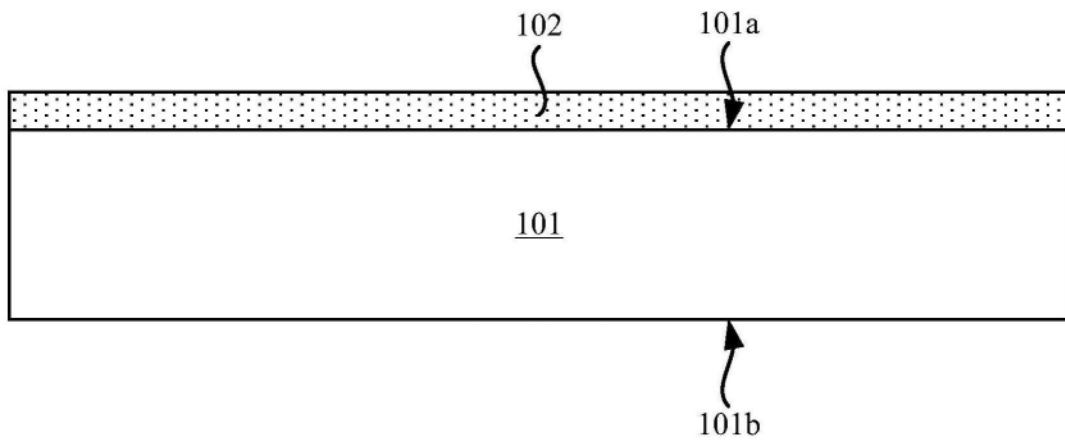


图1

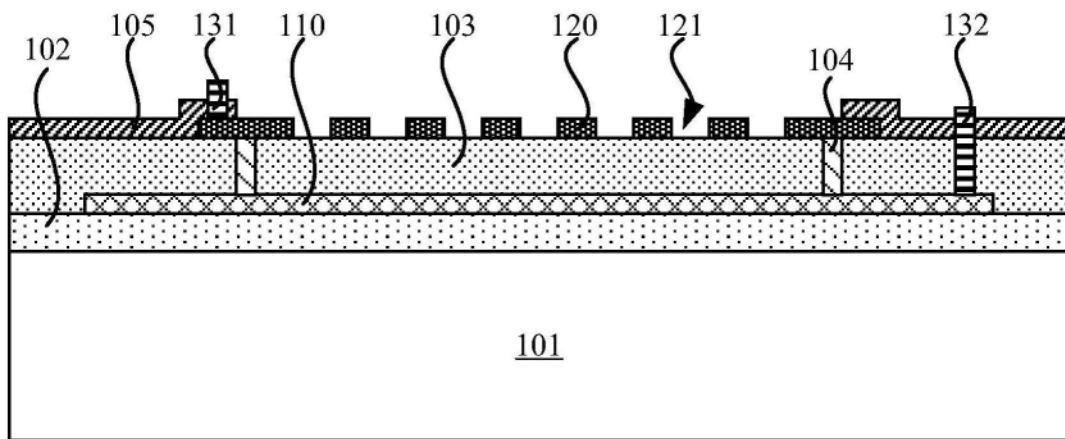


图2

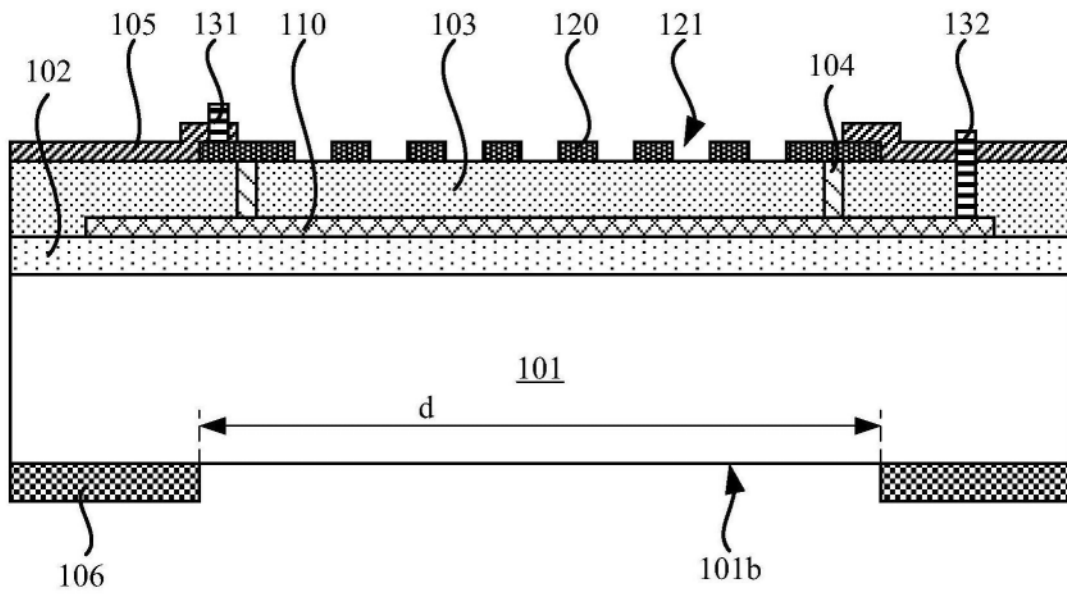


图3

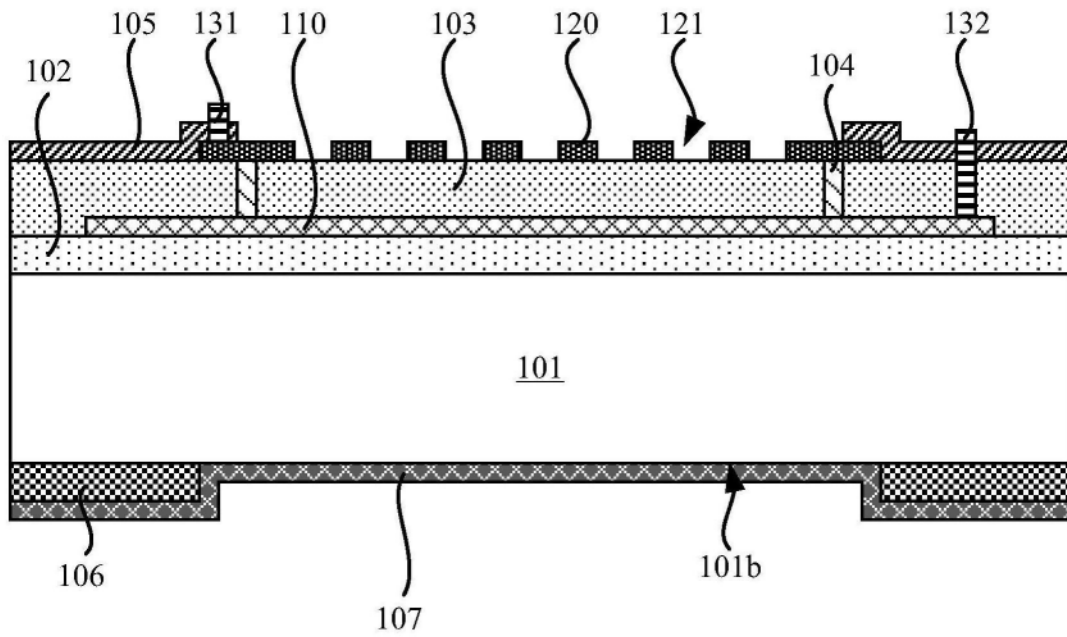


图4

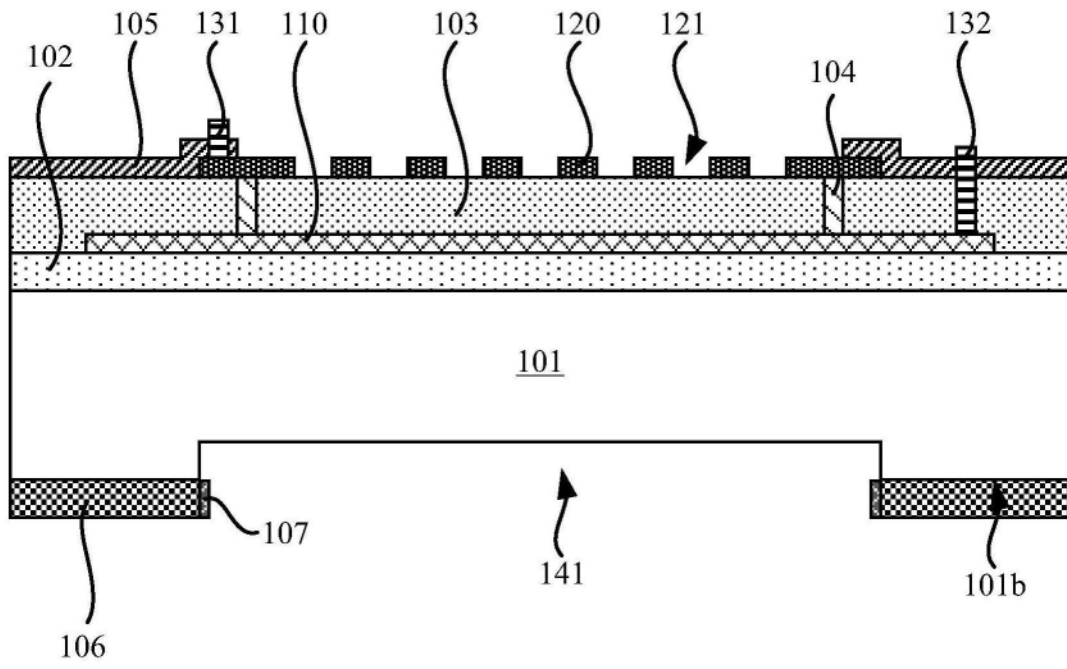


图5

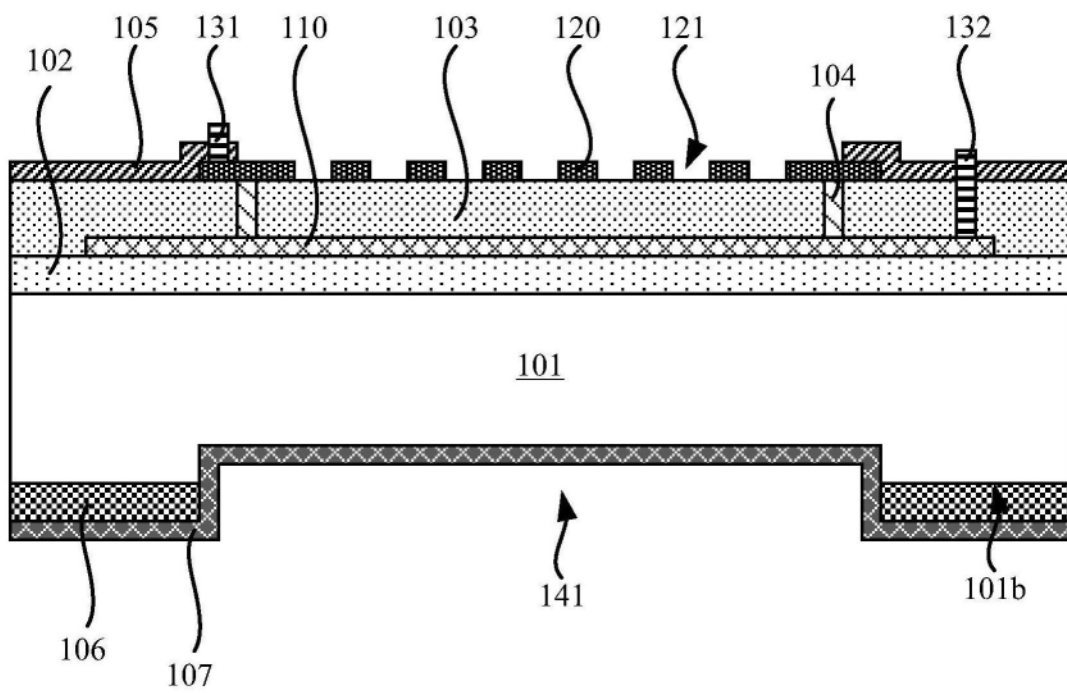


图6

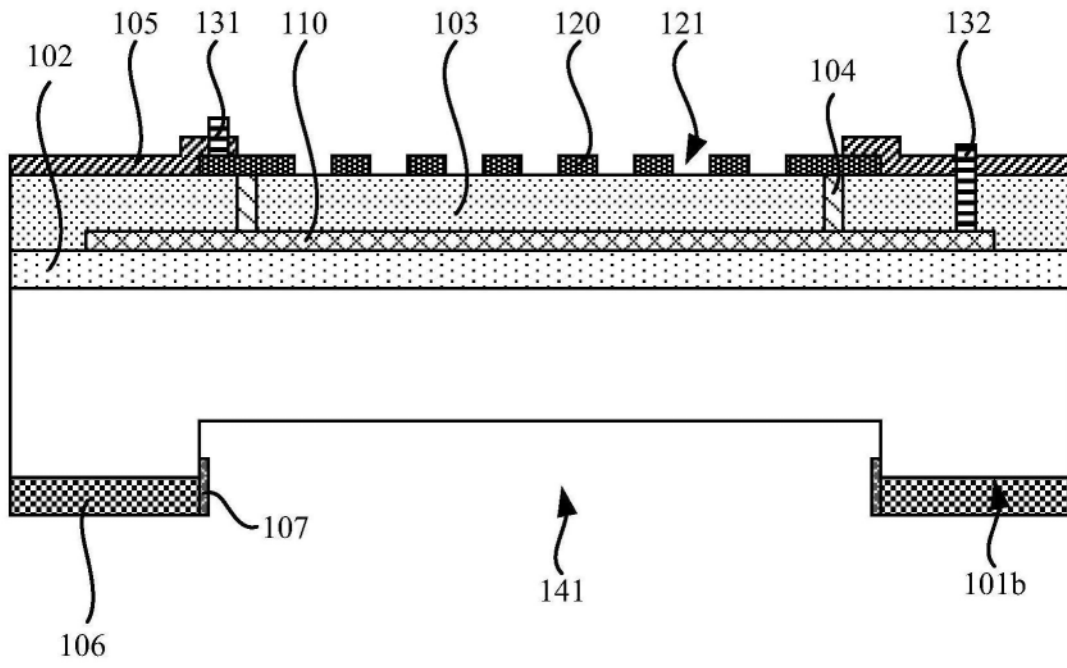


图7

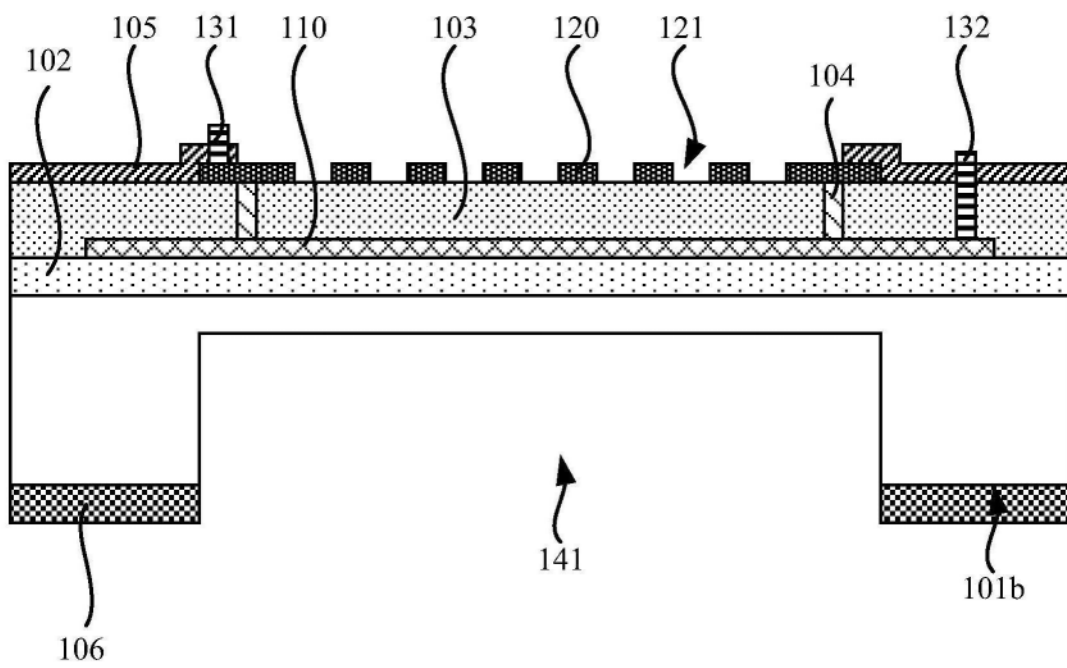


图8

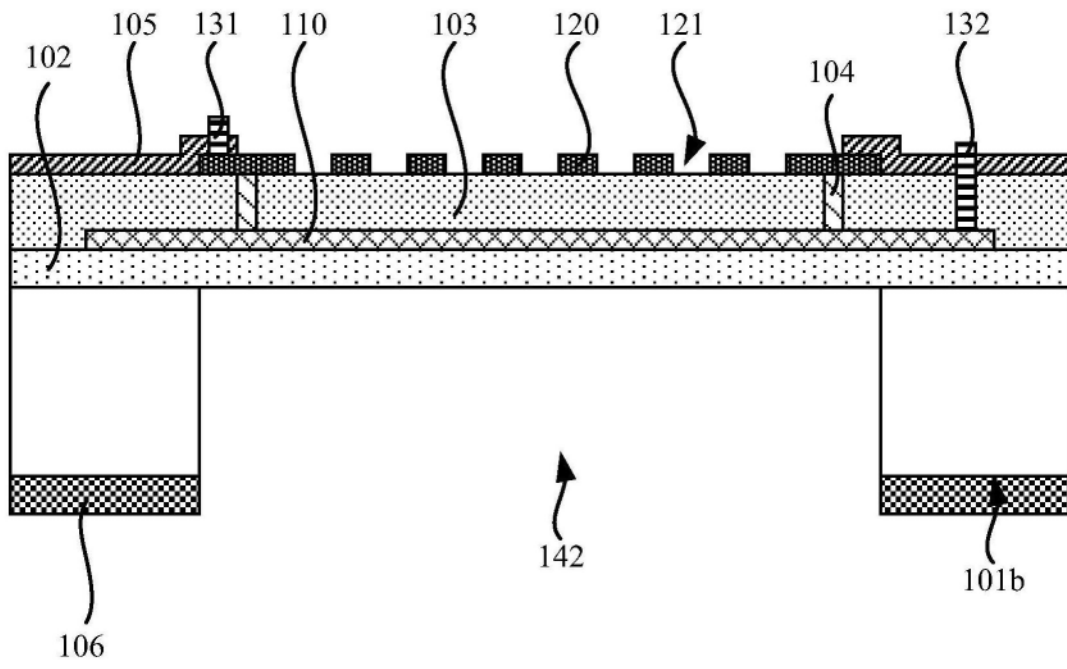


图9

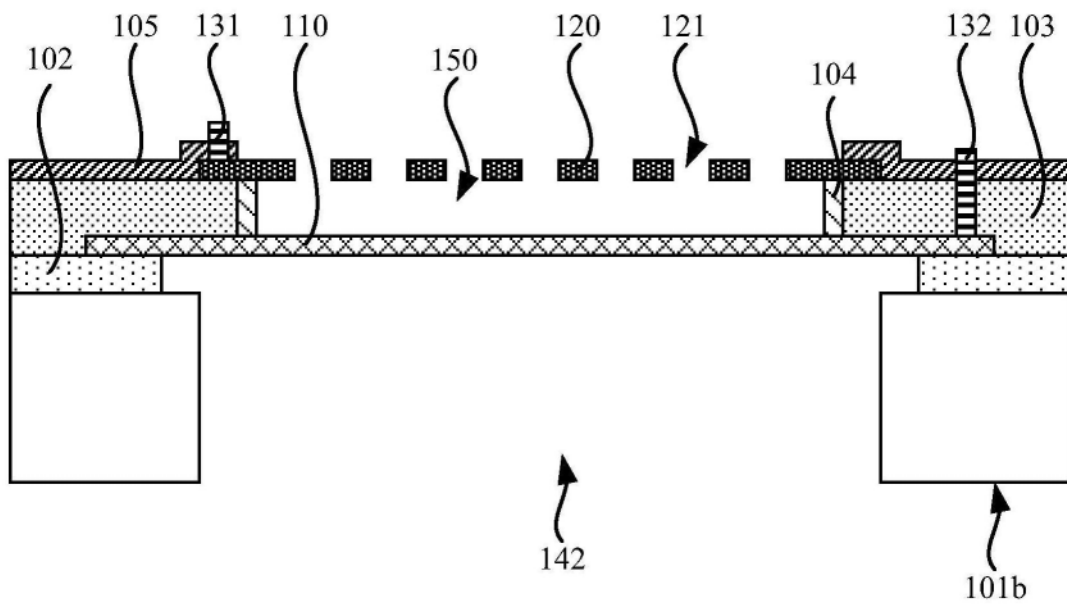


图10