



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118138971 B

(45) 授权公告日 2024.06.28

(21) 申请号 202410575304.4

(22) 申请日 2024.05.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118138971 A

(43) 申请公布日 2024.06.04

(73) 专利权人 地球山(苏州)电子科技有限公司

地址 215513 江苏省苏州市常熟经济技术开发区永嘉路99号常熟滨江国际贸易中心1幢201

(72) 发明人 刘长华 吴甲甲

(74) 专利代理机构 北京知迪知识产权代理有限公司 11628

专利代理师 王胜利

(51) Int.Cl.

H04R 9/06 (2006.01)

H04R 9/02 (2006.01)

H04R 31/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 112788510 A, 2021.05.11

CN 116996822 A, 2023.11.03

审查员 朱一雷

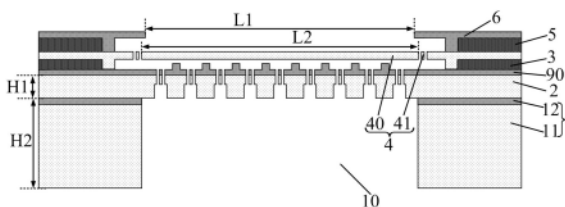
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

一种发声单元和发声单元的制作方法

(57) 摘要

本发明公开了一种发声单元和发声单元的制作方法,涉及数字式扬声器技术领域,为解决振膜仅能向靠近固定电极的方向运动,因此振膜的位移距离等于振膜的原始位置与固定电极之间的距离,导致发声单元的声压级较小的问题。所述发声单元包括:电极层设置于具有空腔的半导体基底,沿电极层的高度方向,电极层上开设有贯穿电极层的通孔,通孔与空腔连通。环形第一支撑结构设置于电极层,振膜结构设置于环形第一支撑结构。振膜结构与电极层之间具有间隙,振膜结构包括振膜和位于振膜外围的悬臂梁,振膜与通孔相对设置,环形第二支撑结构设置于振膜结构。环形振动停止层设置于环形第二支撑结构,环形振动停止层与振膜之间具有间隙,用于阻挡振膜。



1. 一种发声单元,其特征在于,包括:
 - 半导体基底,具有空腔;
 - 电极层,设置于所述半导体基底;沿所述电极层的高度方向,所述电极层上开设有至少一个通孔,所述通孔贯穿所述电极层;所述通孔与所述空腔连通且相对设置;
 - 环形第一支撑结构,设置于所述电极层;
 - 振膜结构,设置于所述环形第一支撑结构;所述振膜结构与所述电极层之间具有间隙;所述振膜结构包括振膜和位于所述振膜外围的悬臂梁,所述振膜与所述通孔相对设置;
 - 环形第二支撑结构,设置于所述振膜结构;
 - 环形振动停止层,设置于所述环形第二支撑结构;所述环形振动停止层与所述振膜之间具有间隙,所述环形振动停止层用于阻挡所述振膜。
2. 根据权利要求1所述的发声单元,其特征在于,所述环形振动停止层中相对分布且用于阻挡所述振膜的两个内壁之间的最大距离小于所述振膜相对分布的两个侧壁之间的最小距离;所述环形振动停止层不导电。
3. 根据权利要求1所述的发声单元,其特征在于,所述通孔包括沿所述电极层的高度方向连通的第一通孔和第二通孔;所述第一通孔位于所述空腔和所述第二通孔之间;
 - 所述第一通孔的宽度大于所述第二通孔的宽度;所述第一通孔的宽度方向和所述第二通孔的宽度方向均垂直于所述电极层的高度方向;和/或,所述第一通孔的深度大于所述第二通孔的深度;所述第一通孔的深度方向和所述第二通孔的深度方向均与所述电极层的高度方向一致;和/或,沿垂直于所述电极层的高度方向,一个所述通孔包括多个间隔分布的所述第二通孔。
4. 根据权利要求1所述的发声单元,其特征在于,所述发声单元还包括:
 - 多个绝缘凸起,设置于所述电极层,且朝向所述振膜;
 - 沿所述电极层的高度方向,所有所述绝缘凸起均与所述振膜之间具有间隙;
 - 沿垂直于所述电极层的高度方向,多个所述绝缘凸起间隔分布,且所述通孔与所述绝缘凸起间隔分布。
5. 根据权利要求4所述的发声单元,其特征在于,所述发声单元还包括:
 - 第一绝缘层,设置于所述电极层,所述绝缘凸起设置于所述第一绝缘层;所述通孔同时贯穿所述电极层和所述第一绝缘层。
6. 一种发声单元的制作方法,其特征在于,包括:
 - 提供一半导体基底和电极基底;所述电极基底具有相对的第一面和第二面;
 - 沿所述电极基底的高度方向,在所述电极基底的第一面开设第一通孔;所述第一通孔的深度小于所述电极基底的高度,所述第一通孔的深度方向与所述电极基底的高度方向一致;
 - 将所述电极基底的第一面设置于所述半导体基底上;
 - 沿所述电极基底的高度方向,在所述电极基底的第二面开设第二通孔,所述第一通孔和所述第二通孔连通,且第一通孔和与所述第一通孔对应的第二通孔贯穿所述电极基底;
 - 在所述电极基底的第二面和所述第二通孔内形成第一牺牲层,处理所述第一牺牲层以使所述第一牺牲层具有第一停止槽;所述第一停止槽位于所述第二通孔的外围;
 - 在所述第一牺牲层和所述第一停止槽内形成振膜结构,处理所述振膜结构以形成振膜

和位于所述振膜外围的悬臂梁,所述第一停止槽位于所述悬臂梁的外围;

在所述振膜结构上形成第二牺牲层,处理所述第二牺牲层以使所述第二牺牲层具有第二停止槽;所述第二停止槽位于所述悬臂梁的外围;

在所述第二牺牲层和所述第二停止槽内形成振动停止层,处理所述振动停止层以形成环形振动停止层;

沿所述半导体基底至所述电极基底的方向,在所述半导体基底内开设空腔,所述第一通孔与所述空腔连通且相对设置;

去除位于所述第一停止槽内的所述第一牺牲层,以使所述振膜与所述第二通孔相对设置,且所述振膜结构与所述电极基底之间具有间隙;去除位于所述第二停止槽内的所述第二牺牲层,以使所述环形振动停止层与所述振膜之间具有间隙,所述环形振动停止层用于阻挡所述振膜。

7. 根据权利要求6所述的发声单元的制作方法,其特征在于,将所述电极基底的第一面设置于所述半导体基底上后,所述发声单元的制作方法还包括:

在所述电极基底的第二面上形成多个绝缘凸起,所述绝缘凸起朝向所述振膜;沿垂直于所述电极基底的高度方向,多个所述绝缘凸起间隔分布;

在所述电极基底的第二面开设第二通孔后,所述第一通孔、所述第二通孔均与所述绝缘凸起间隔分布;

去除位于所述第一停止槽内的所述第一牺牲层后,沿所述电极基底的高度方向,所有所述绝缘凸起均与所述振膜之间具有间隙。

8. 根据权利要求7所述的发声单元的制作方法,其特征在于,在所述电极基底的第二面上形成多个绝缘凸起后,所述发声单元的制作方法还包括:

在所述电极基底和所述绝缘凸起上形成第一绝缘层;

沿所述电极基底至所述第一绝缘层的方向,在所述电极基底和所述第一绝缘层上开设第二通孔,所述第一通孔和与所述第一通孔对应的第二通孔贯穿所述电极基底和所述第一绝缘层。

9. 根据权利要求6所述的发声单元的制作方法,其特征在于,所述第一通孔的宽度大于所述第二通孔的宽度;所述第一通孔的宽度方向和所述第二通孔的宽度方向均垂直于所述电极基底的高度方向;和/或,

所述第一通孔的深度大于所述第二通孔的深度;所述第一通孔的深度方向和所述第二通孔的深度方向均与所述电极基底的高度方向一致;和/或,

沿垂直于所述电极基底的高度方向,一个所述通孔包括多个间隔分布的所述第二通孔。

10. 根据权利要求6所述的发声单元的制作方法,其特征在于,所述环形振动停止层中相对分布且用于阻挡所述振膜的两个内壁之间的最大距离小于所述振膜相对分布的两个侧壁之间的最小距离;所述环形振动停止层不导电。

一种发声单元和发声单元的制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及数字式扬声器技术领域,尤其涉及一种发声单元和发声单元的制作方法。

背景技术

[0002] 发声单元是电声领域中一种常见的电声转换器件,其在电声系统中发挥着极其重要的作用。

[0003] 现有技术中,静电式MEMS (Microelectro Mechanical Systems,微机电系统) 发声单元的核心部分包含一个极薄的振膜和一个固定电极。振膜通常由导电材料制成,振膜在电场作用下仅向靠近固定电极产生位移,从而振动发声。

[0004] 但是,由于振膜仅能向靠近固定电极的方向运动,因此振膜的位移距离等于振膜的原始位置与固定电极之间的距离,导致静电式MEMS发声单元的声压级较小。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种发声单元和发声单元的制作方法,用于提高发声单元的声压级。

[0006] 为了实现上述目的,第一方面,本发明提供了一种发声单元。该发声单元包括:半导体基底、电极层、环形第一支撑结构、振膜结构、环形第二支撑结构和环形振动停止层。半导体基底具有空腔,电极层设置于半导体基底。沿电极层的高度方向,电极层上开设有至少一个通孔,通孔贯穿电极层,通孔与空腔连通且相对设置。环形第一支撑结构设置于电极层,振膜结构设置于环形第一支撑结构。振膜结构与电极层之间具有间隙,振膜结构包括振膜和位于振膜外围的悬臂梁,振膜与通孔相对设置。环形第二支撑结构设置于振膜结构,环形振动停止层设置于环形第二支撑结构。环形振动停止层与振膜之间具有间隙,环形振动停止层用于阻挡振膜。

[0007] 本发明提供的发声单元中,振膜结构与电极层之间具有间隙,环形振动停止层与振膜之间具有间隙,环形振动停止层用于阻挡振膜。在实际使用过程中,振膜结构的振膜既可以向靠近电极层一侧移动,又可以向靠近环形振动停止层一侧移动。此时,在确保振膜结构的振膜正常工作,且振膜向靠近电极层一侧移动的距离与现有技术中振膜向靠近电极层一侧移动的距离基本一致或完全一致或增大的情况下,相比于现有技术增大了振膜的总运动位移,即增大了振膜的振动幅度,从而提高了发声单元的声压级。

[0008] 在一种实现方式中,所述环形振动停止层中相对分布且用于阻挡所述振膜的两个内壁之间的最大距离小于所述振膜相对分布的两个侧壁之间的最小距离;所述环形振动停止层不导电。

[0009] 在一种实现方式中,所述通孔包括沿所述电极层的高度方向连通的第一通孔和第二通孔;所述第一通孔位于所述空腔和所述第二通孔之间;

[0010] 所述第一通孔的宽度大于所述第二通孔的宽度;所述第一通孔的宽度方向和所述

第二通孔的宽度方向均垂直于所述电极层的高度方向;和/或,所述第一通孔的深度大于所述第二通孔的深度;所述第一通孔的深度方向和所述第二通孔的深度方向均与所述电极层的高度方向一致;和/或,沿垂直于所述电极层的高度方向,一个所述通孔包括多个间隔分布的所述第二通孔。

[0011] 在一种实现方式中,所述发声单元还包括:

[0012] 多个绝缘凸起,设置于所述电极层,且朝向所述振膜;

[0013] 沿所述电极层的高度方向,所有所述绝缘凸起均与所述振膜之间具有间隙;

[0014] 沿垂直于所述电极层的高度方向,多个所述绝缘凸起间隔分布,且所述通孔与所述绝缘凸起间隔分布。

[0015] 在一种实现方式中,上述发声单元还包括:

[0016] 第一绝缘层,设置于所述电极层,所述绝缘凸起设置于所述第一绝缘层;所述通孔同时贯穿所述电极层和所述第一绝缘层。

[0017] 第二方面,本发明还提供了一种发声单元的制作方法。该发声单元的制作方法包括:

[0018] 首先,提供一半导体基底和电极基底;电极基底具有相对的第一面和第二面;

[0019] 接下来,沿电极基底的高度方向,在电极基底的第一面开设第一通孔;第一通孔的深度小于电极基底的高度,第一通孔的深度方向与电极基底的高度方向一致;

[0020] 接下来,将电极基底的第一面设置于半导体基底上;

[0021] 接下来,沿电极基底的高度方向,在电极基底的第二面开设第二通孔,第一通孔和第二通孔连通,且第一通孔和与第一通孔对应的第二通孔贯穿电极基底;

[0022] 接下来,在电极基底的第二面和第二通孔内形成第一牺牲层,处理第一牺牲层以使第一牺牲层具有第一停止槽;第一停止槽位于第二通孔的外围;

[0023] 接下来,在第一牺牲层和第一停止槽内形成振膜结构,处理振膜结构以形成振膜和位于振膜外围的悬臂梁,第一停止槽位于悬臂梁的外围;

[0024] 接下来,在振膜结构上形成第二牺牲层,处理第二牺牲层以使第二牺牲层具有第二停止槽;第二停止槽位于悬臂梁的外围;

[0025] 接下来,在第二牺牲层和第二停止槽内形成振动停止层,处理振动停止层以形成环形振动停止层;

[0026] 接下来,沿半导体基底至电极基底的方向,在半导体基底内开设空腔,第一通孔与空腔连通且相对设置;

[0027] 接下来,去除位于第一停止槽内的第一牺牲层,以使振膜与第二通孔相对设置,且振膜结构与电极基底之间具有间隙;去除位于第二停止槽内的第二牺牲层,以使环形振动停止层与振膜之间具有间隙,环形振动停止层用于阻挡振膜。

[0028] 本发明提供的发声单元的制作方法中,振膜结构与电极基底之间具有间隙,环形振动停止层与振膜之间具有间隙,环形振动停止层用于阻挡振膜。在实际使用过程中,振膜结构的振膜既可以向靠近电极基底一侧移动,又可以向靠近环形振动停止层一侧移动。此时,在确保振膜结构的振膜正常工作,且振膜向靠近电极基底一侧移动的距离与现有技术中振膜向靠近电极层一侧移动的距离基本一致或完全一致或增大的情况下,相比于现有技术增大了振膜的总运动位移,即增大了振膜的振动幅度,从而提高了发声单元的声压级。

[0029] 在一种实现方式中,将所述电极基底的第一面设置于所述半导体基底上后,所述发声单元的制作方法还包括:

[0030] 在所述电极基底的第二面上形成多个绝缘凸起,所述绝缘凸起朝向所述振膜;沿垂直于所述电极基底的高度方向,多个所述绝缘凸起间隔分布;

[0031] 在所述电极基底的第二面开设第二通孔后,所述第一通孔、所述第二通孔均与所述绝缘凸起间隔分布;

[0032] 去除位于所述第一停止槽内的所述第一牺牲层后,沿所述电极基底的高度方向,所有所述绝缘凸起均与所述振膜之间具有间隙。

[0033] 在一种实现方式中,在所述电极基底的第二面上形成多个绝缘凸起后,所述发声单元的制作方法还包括:

[0034] 在所述电极基底和所述绝缘凸起上形成第一绝缘层;

[0035] 沿所述电极基底至所述第一绝缘层的方向,在所述电极基底和所述第一绝缘层上开设第二通孔,所述第一通孔和与所述第一通孔对应的第二通孔贯穿所述电极基底和所述第一绝缘层。

[0036] 在一种实现方式中,所述第一通孔的宽度大于所述第二通孔的宽度;所述第一通孔的宽度方向和所述第二通孔的宽度方向均垂直于所述电极基底的高度方向;和/或,

[0037] 所述第一通孔的深度大于所述第二通孔的深度;所述第一通孔的深度方向和所述第二通孔的深度方向均与所述电极基底的高度方向一致;和/或,

[0038] 沿垂直于所述电极基底的高度方向,一个所述通孔包括多个间隔分布的所述第二通孔。

[0039] 在一种实现方式中,所述环形振动停止层中相对分布且用于阻挡所述振膜的两个内壁之间的最大距离小于所述振膜相对分布的两个侧壁之间的最小距离;所述环形振动停止层不导电。

附图说明

[0040] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本发明的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0041] 图1为本发明实施例中发声单元的剖视图;

[0042] 图2为本发明实施例中图1的部分区域放大示意图;

[0043] 图3为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图一;

[0044] 图4为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图二;

[0045] 图5为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图三;

[0046] 图6为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图四;

[0047] 图7为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图五;

[0048] 图8为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图六;

[0049] 图9为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图七;

[0050] 图10为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图八;

[0051] 图11为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图九;

[0052] 图12为本发明实施例中制作发声单元时的剖视图十。

[0053] 附图标记:

[0054] 1-半导体基底,10-空腔,11-衬底,12-第二绝缘层,2-电极层,3-环形第一支撑结构,4-振膜结构,40-振膜,41-悬臂梁,5-环形第二支撑结构,6-环形振动停止层,7-通孔,70-第一通孔,71-第二通孔,8-绝缘凸起,90-第一绝缘层,91-电极基底,92-第一牺牲层,93-第一停止槽,94-第二牺牲层,95-第二停止槽。

具体实施方式

[0055] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0056] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者间接在该另一个元件上。当一个元件被称为是“连接于”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或间接连接至该另一个元件上。

[0057] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。“若干”的含义是一个或一个以上,除非另有明确具体的限定。

[0058] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0059] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0060] 扬声器这一元件已经深入渗透到了包括但不限于计算机硬件、智能手机、各种耳机产品以及物联网(IoT)装置在内的众多市场领域,近年来市场上对微缩化、性价比更高、能耗更低的扬声器解决方案需求急剧攀升,这促使着小尺寸乃至微型MEMS扬声器技术的研发和应用加速推进与发展。

[0061] 现有技术中,静电式MEMS发声单元的核心部分包含一个极薄的振膜和一个固定电极。振膜通常由导电材料制成,振膜在电场作用下仅向靠近固定电极产生位移,从而振动发声。静电式MEMS发声单元具有响应速度快、失真度低的优点,这保证了高清晰度的音频体验,但静电式MEMS扬声器要达到足够的声压级具有一定难度,并且需要较高的驱动电压。

[0062] 进一步地,现有静电式MEMS发声单元,振膜受静电力的牵引向靠近固定电极一侧位移,振膜的位移距离等于振膜的原始位置与固定电极之间的距离,导致静电式MEMS发声单元的声压级较小。

[0063] 为了解决上述技术问题,第一方面,本发明实施例提供了一种发声单元。参见图1和图2,该发声单元包括:半导体基底1、电极层2、环形第一支撑结构3、振膜结构4、环形第二

支撑结构5和环形振动停止层6。半导体基底1具有空腔10,电极层2设置于半导体基底1。沿电极层2的高度方向H1,电极层2上开设有至少一个通孔7,通孔7贯穿电极层2,通孔7与空腔10连通且相对设置。环形第一支撑结构3设置于电极层2,振膜结构4设置于环形第一支撑结构3。振膜结构4与电极层2之间具有间隙(由于振膜结构与电极层之间具有间隙,此时便于振膜向靠近电极层的方向运动),振膜结构4包括振膜40和位于振膜40外围的悬臂梁41,振膜40与通孔7相对设置。环形第二支撑结构5设置于振膜结构4,环形振动停止层6设置于环形第二支撑结构5。环形振动停止层6与振膜40之间具有间隙(由于环形振动停止层和振膜之间具有间隙,此时便于振膜向靠近环形振动停止层的方向运动),环形振动停止层6用于阻挡振膜40。

[0064] 示例性的,上述振膜的横截面可以是矩形,此时悬臂梁位于振膜的四边处。或者,上述振膜的横截面可以是五形,此时悬臂梁位于振膜的五边处。或者,上述振膜的横截面可以是六形,此时悬臂梁位于振膜的六边处。或者,上述振膜的横截面可以是圆形,此时悬臂梁位于振膜的外围。

[0065] 参见图1和图2,本发明实施例提供的发声单元中,振膜结构4与电极层2之间具有间隙,环形振动停止层6与振膜40之间具有间隙,环形振动停止层6用于阻挡振膜40。在实际使用过程中,振膜结构4的振膜40既可以向靠近电极层2一侧移动,又可以向靠近环形振动停止层6一侧移动。此时,在确保振膜结构4的振膜40正常工作,且振膜40向靠近电极层2一侧移动的距离与现有技术中振膜向靠近电极层一侧移动的距离基本一致或完全一致或增大的情况下,相比于现有技术增大了振膜40的总运动位移,即增大了振膜40的振动幅度,从而提高了发声单元的声压级。

[0066] 作为一种可能的实现方式,参见图1,上述半导体基底1可以包括衬底11和第二绝缘层12。

[0067] 示例性的,衬底的制作材料可以为多晶硅、单晶硅、硅晶片(包括切片、磨片、抛光片)、外延片、非晶硅薄膜、微晶硅薄膜等。例如,上述衬底可以为硅衬底。第二绝缘层可以是氮化硅层。

[0068] 作为一种可能的实现方式,参见图1,上述空腔10可以沿半导体基底1的高度方向H2贯穿半导体基底1,或者,仅有半导体基底1朝向电极层2的一面开设开口,以在半导体基底1内部形成空腔10。

[0069] 作为一种可能的实现方式,上述环形第一支撑结构和环形第二支撑结构的材质、尺寸可以相等也可以不相等,具体情况可以根据实际需要进行设置。

[0070] 参见图1,上述环形第一支撑结构3用于支撑固定振膜结构4,以使振膜结构4与电极层2之间具有间隙。具体的,振膜结构的端部设置在电极层上,振膜结构的中间区域悬空设置在电极层上方。此时,振膜结构的中间区域与电极层之间具有间隙,便于振膜向靠近电极层的方向运动。

[0071] 上述环形第二支撑结构5用于支撑固定环形振动停止层6,以使环形振动停止层6与振膜40之间具有间隙,从而使环形振动停止层6在不影响振膜40移动(即不影响振膜40正常工作,以确保发声单元正常发声)的情况下,阻挡振膜40使运动中的振膜40停下。具体的,上述环形振动停止层设置在振膜结构的端部,振膜结构的中间区域与环形振动停止层之间具有间隙,便于振膜向靠近环形振动停止层的方向运动。

[0072] 作为一种可能的实现方式,参见图1,环形振动停止层6中相对分布且用于阻挡振膜40的两个内壁之间的最大距离L1小于振膜40相对分布的两个侧壁之间的最小距离L2,环形振动停止层6不导电。

[0073] 示例性的,上述环形振动停止层的形状可以是圆环形、方环形、椭圆环形或其他形状,环形第一支撑结构和环形第二支撑结构的形状同理。至于环形振动停止层的制作材料可以根据实际情况进行选择,只要可以实现阻挡振膜的作用,不导电即可。

[0074] 作为一种可能的实现方式,关于振膜结构的其他详细内容可以参见现有技术,在此不做详细描述。

[0075] 作为一种可能的实现方式,上述电极层与半导体基底键合。进一步地,上述电极层上开设的通孔的数量可以根据实际情况进行设置,例如,通孔可以是一个、两个、三个或更多个。

[0076] 当电极层上开设多个通孔时,多个通孔可以呈阵列分布、线性分布、环形分布或矩形分布等。每个通孔的形貌也可根据实际需求进行设定,通孔可以为圆形通孔或方形通孔或椭圆形通孔。

[0077] 作为一种可能的实现方式,参见图1和图2,通孔7包括沿电极层2的高度方向H1连通的第一通孔70和第二通孔71,第一通孔70位于空腔10和第二通孔71之间。

[0078] 第一通孔70的宽度W1大于第二通孔71的宽度W2,第一通孔70的宽度方向和第二通孔71的宽度方向均垂直于电极层2的高度方向。示例性的,第一通孔70的宽度大于或等于 $3\mu\text{m}$ 且小于或等于 $10\mu\text{m}$ 。例如,第一通孔70的宽度可以是 $3\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $7\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $9\mu\text{m}$ 或 $10\mu\text{m}$ 等。

[0079] 采用上述技术方案的情况下,第二通孔71尺寸较小便于第一牺牲层92填充,降低了工艺难度,第一通孔70尺寸较大可以保证空气流通的阻尼较小,从而降低振膜40振动的阻力。进一步地,还可以解决振膜40和电极层2之间的间距过大的问题,从而减小驱动电压,降低功率和能耗。

[0080] 第一通孔70的深度大于第二通孔71的深度,第一通孔70的深度方向和第二通孔71的深度方向均与电极层2的高度方向一致。示例性的,第一通孔70的深度大于或等于 $10\mu\text{m}$ 且小于或等于 $50\mu\text{m}$ 。例如,第一通孔70的深度可以是 $10\mu\text{m}$ 、 $14\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $26\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $34\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ 或 $50\mu\text{m}$ 等。

[0081] 在同一通孔内,位于第一通孔70上方的第二通孔71的数量可以是一个、两个或多个。示例性的,沿垂直于电极层2的高度方向,一个通孔包括多个间隔分布的第二通孔71。例如,沿电极层的长度方向或者沿水平方向,一个通孔包括多个间隔分布的第二通孔。

[0082] 作为一种可能的实现方式,参见图1和图2,发声单元还包括:多个绝缘凸起8。多个绝缘凸起8设置于电极层2,且朝向振膜40。沿电极层2的高度方向H1,所有绝缘凸起8均与振膜40之间具有间隙。沿垂直于电极层2的高度方向,多个绝缘凸起8间隔分布,且通孔7与绝缘凸起8间隔分布。例如,沿电极层的长度方向或者沿水平方向,多个绝缘凸起8间隔分布。

[0083] 采用上述技术方案的情况下,绝缘凸起8不仅可以防止振膜40和电极层2粘结到一起,还可以避免振膜40和电极层2发生短路,以确保发声单元正常工作。

[0084] 示例性的,上述绝缘凸起的制作材料可以是氮化硅。至于上述绝缘凸起的尺寸,相邻两个绝缘凸起之间的间距可以根据实际情况进行设置,在此不做具体限定。

[0085] 作为一种可能的实现方式,上述发声单元包括多个通孔,沿垂直于电极层的高度方向(例如电极层的长度方向),通孔与绝缘凸起交替且间隔分布。

[0086] 在一种可选方式中,参见图1和图2,上述发声单元还包括:第一绝缘层90。第一绝缘层90设置于电极层2,绝缘凸起8设置于第一绝缘层90,通孔7同时贯穿电极层2和第一绝缘层90。

[0087] 采用上述技术方案的情况下,第一绝缘层90不仅可以进一步防止振膜40和电极层2粘结到一起,还可以进一步避免振膜40和电极层2发生短路,以确保发声单元正常工作。

[0088] 示例性的,上述第一绝缘层的制作材料可以是氮化硅。至于上述第一绝缘层的尺寸可以根据实际情况进行设置,在此不做具体限定。

[0089] 第二方面,本发明实施例还提供了一种发声单元的制作方法。该发声单元的制作方法包括:

[0090] 首先,参见图3和图4,提供一半导体基底1和电极基底91;电极基底91具有相对的第一面和第二面;

[0091] 示例性的,上述半导体基底可以包括衬底和第二绝缘层。衬底的制作材料可以为多晶硅、单晶硅、硅晶片(包括切片、磨片、抛光片)、外延片、非晶硅薄膜、微晶硅薄膜等。例如,上述衬底可以为硅衬底。第二绝缘层可以是氮化硅层。上述电极基底的制作材料可以为多晶硅、单晶硅、硅晶片(包括切片、磨片、抛光片)、外延片、非晶硅薄膜、微晶硅薄膜等。例如,上述电极基底可以为硅电极基底。

[0092] 具体的,参见图3和图4,提供一衬底11,在衬底11的表面制作第二绝缘层12。接着,提供一电极基底91。结合第一方面提供的发声单元,此处的电极基底91用于形成第一方面中发声单元的电极层。基于此,应注意图2至图12中部分结构的标号虽与附图1中标号不一致,是为了便于理解在实际制作发声单元时各个结构的形成过程,但是采用上述制作方法最终形成的结构为附图1显示的结构。

[0093] 接下来,参见图4,沿电极基底91的高度方向,在电极基底91的第一面开设第一通孔70;第一通孔70的深度小于电极基底91的高度,第一通孔70的深度方向与电极基底91的高度方向一致;

[0094] 示例性的,在电极基底的第一面开设多个第一通孔,多个第一通孔可以呈阵列分布、线性分布、环形分布或矩形分布等。每个第一通孔的形貌也可根据实际需求进行设定,第一通孔可以为圆形第一通孔或方形第一通孔或椭圆形第一通孔。

[0095] 具体的,对电极基底91的第一面进行光刻、刻蚀,以在电极基底91的第一面形成阵列分布的多个第一通孔70。

[0096] 接下来,参见图5,将电极基底91的第一面设置于半导体基底1上;

[0097] 示例性的,将开设有第一通孔70的电极基底91的第一面与半导体基底1所包括的第二绝缘层12键合;

[0098] 应注意,若电极基底的高度等于后期实际制作的第一方面描述的发声单元所包括的电极层的高度,则不再对电极基底的高度进行减薄处理或增厚处理。若电极基底的高度大于后期实际制作的第一方面描述的发声单元所包括的电极层的高度,则处理电极基底91的第二面,以将电极基底91减薄到实际需要的高度。应注意,上述第一通孔的深度始终小于减薄后的电极基底的高度。即最开始在电极基底的第一面开设第一通孔时,第一通孔的深

度需要小于第一方面描述的发声单元所包括的电极层的高度。

[0099] 在一种可选的方式中,参见图6,在电极基底91的第二面上形成多个绝缘凸起8;

[0100] 示例性的,在电极基底91的第二面上沉积第三绝缘层,并通过光刻、刻蚀工艺处理第三绝缘层,以在电极基底91的第二面上形成多个绝缘凸起8。沿垂直于电极基底91的高度方向,多个绝缘凸起8间隔分布。例如,沿电极基底的长度方向或者沿水平方向,多个绝缘凸起间隔分布。上述绝缘凸起的制作材料可以是氮化硅。至于上述绝缘凸起的尺寸,相邻两个绝缘凸起之间的间距可以根据实际情况进行设置,在此不做具体限定。

[0101] 在一种可选的方式中,参见图6,在电极基底91和绝缘凸起8上形成第一绝缘层90;上述第一绝缘层90完全覆盖电极基底91和绝缘凸起8。

[0102] 接下来,参见图7,沿电极基底91至第一绝缘层90的方向,在电极基底91和第一绝缘层90上开设第二通孔71,第一通孔70和与其对应的第二通孔71贯穿电极基底91和第一绝缘层90。第一通孔和与其对应的第二通孔连通。上述第一绝缘层的制作材料可以是氮化硅。至于上述第一绝缘层的尺寸可以根据实际情况进行设置,在此不做具体限定。

[0103] 应注意,若没有形成第一绝缘层90和/或绝缘凸起8,则沿电极基底91的高度方向,在电极基底91的第二面开设第二通孔71,且第一通孔70和第二通孔71连通;沿电极基底91的高度方向,第一通孔70和与其对应的第二通孔71贯穿电极基底91。

[0104] 示例性的,当在电极基底和第一绝缘层上通过光刻、刻蚀工艺形成多个第二通孔时,多个第二通孔可以呈阵列分布、线性分布、环形分布或矩形分布等。每个第二通孔的形貌也可根据实际需求进行设定,第二通孔可以为圆形第二通孔或方形第二通孔或椭圆形第二通孔。

[0105] 作为一种可能的实现方式,参见图7,上述第一通孔70的宽度大于第二通孔71的宽度,第一通孔70的宽度方向和第二通孔71的宽度方向均垂直于电极层2的高度方向。示例性的,第一通孔70的宽度大于或等于 $3\mu\text{m}$ 且小于或等于 $10\mu\text{m}$ 。例如,第一通孔70的宽度可以是 $3\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $7\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $9\mu\text{m}$ 或 $10\mu\text{m}$ 等。

[0106] 第一通孔70的深度大于第二通孔71的深度,第一通孔70的深度方向和第二通孔71的深度方向均与电极层2的高度方向一致。示例性的,第一通孔70的深度大于或等于 $10\mu\text{m}$ 且小于或等于 $50\mu\text{m}$ 。例如,第一通孔70的宽度可以是 $10\mu\text{m}$ 、 $14\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $26\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $34\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ 或 $50\mu\text{m}$ 等。

[0107] 在同一通孔内,位于第一通孔70上方的第二通孔71的数量可以是一个、两个或多个。示例性的,沿垂直于电极层2的高度方向,一个通孔包括多个间隔分布的第二通孔71。例如,沿电极层的长度方向或者沿水平方向,一个通孔包括多个间隔分布的第二通孔。

[0108] 接下来,参见图7和图8,在电极基底91的第二面和第二通孔71内形成第一牺牲层92,处理第一牺牲层92以使第一牺牲层92具有第一停止槽93;第一停止槽93位于第二通孔71的外围;

[0109] 示例性的,在电极基底91的第二面和第二通孔71内沉积第一牺牲材料,以形成第一牺牲层92。接着,通过光刻、刻蚀工艺处理第一牺牲层92,以形成环形的第一停止槽93。

[0110] 应注意,当在电极基底91上形成绝缘凸起8和第一绝缘层90时,也在绝缘凸起8和第一绝缘层90上形成第一牺牲层92,通过光刻、刻蚀工艺处理第一牺牲层92,以形成环形的第一停止槽93。上述环形可以是圆环形、方环形、椭圆环形或其他形状。进一步地,上述第一

牺牲层92只要可以将第二通孔71封闭即可,在此不考虑第一牺牲层92位于第二通孔71内的深度。

[0111] 作为一种可能的实现方式,结合前文描述,当第一通孔70的宽度大于第二通孔71的宽度时,第二通孔71尺寸较小便于第一牺牲层92填充,降低了工艺难度,第一通孔70尺寸较大可以保证空气流通的阻尼较小,从而降低振膜40振动的阻力。进一步地,还可以解决振膜40和电极层2之间的间距过大的问题,从而减小驱动电压,降低功率和能耗。

[0112] 应理解,结合第一方面提供的发声单元,此处的第一牺牲层92用于形成第一方面中发声单元的环形第一支撑结构3。

[0113] 接下来,参见图8和图9,在第一牺牲层92和第一停止槽93内形成振膜结构4,处理振膜结构4以形成振膜40和位于振膜40外围的悬臂梁41,第一停止槽93位于悬臂梁41的外围;上述振膜结构4具有良好的导电性。

[0114] 示例性的,在第一牺牲层92和第一停止槽93上沉积材料,以形成振膜结构4。接着,通过光刻、刻蚀工艺处理振膜结构4,以形成狭缝,从而形成振膜40和位于振膜40外围的悬臂梁41。上述狭缝贯穿振膜结构4,且连通到第一牺牲层92。第一停止槽93与振膜40之间的距离可以根据实际情况进行设置,在此不做具体限定,只要可以确保振膜结构4正常工作即可。上述悬臂梁41位于第一停止槽93和靠近悬臂梁41的第二通孔71之间。

[0115] 接下来,参见图9和图10,在振膜结构4上形成第二牺牲层94,处理第二牺牲层94以使第二牺牲层94具有第二停止槽95;第二停止槽95位于悬臂梁41的外围;

[0116] 示例性的,在振膜结构4上沉积第二牺牲材料,以形成第二牺牲层94。接着,通过光刻、刻蚀工艺处理第二牺牲层94,以形成环形的第二停止槽95。应理解,结合第一方面提供的发声单元,此处的第二牺牲层94用于形成第一方面中发声单元的环形第二支撑结构5。

[0117] 接下来,参见图11,在第二牺牲层94和第二停止槽95内形成振动停止层,处理振动停止层以形成环形振动停止层6;

[0118] 示例性的,在第二牺牲层94和第二停止槽95内沉积材料,以形成振动停止层。接着,通过光刻、刻蚀工艺处理振动停止层以形成环形振动停止层6。

[0119] 接下来,参见图12,沿半导体基底1至电极基底91的方向,在半导体基底1内开设空腔10,第一通孔70与空腔10连通且相对设置;

[0120] 示例性的,翻转上述已经形成的结构,通过光刻、刻蚀工艺处理半导体基底1。具体的,去除部分衬底11和第二绝缘层12,以在半导体基底1内开设空腔10。

[0121] 应注意,上述空腔可以沿半导体基底至电极基底的方向贯穿半导体基底,或者,仅有半导体基底朝向电极基底的一面开设开口,以在半导体基底内部形成空腔(此时可以将完全贯穿半导体基底的空腔的底部封闭,以形成开设在半导体基底内部的“槽”)。

[0122] 接下来,参见图12和图1,去除位于第一停止槽93内的第一牺牲层92,以使振膜40与第二通孔71相对设置,且振膜结构与电极基底之间具有间隙;去除位于第二停止槽95内的第二牺牲层94,以使环形振动停止层6与振膜40之间具有间隙(由于环形振动停止层6与振膜40之间具有间隙,此时便于振膜向靠近环形振动停止层的方向运动),环形振动停止层6用于阻挡振膜40。

[0123] 示例性的,再次翻转上述已经形成的结构,使用释放工艺,去除被第一停止槽93包围的第一牺牲层92,以使振膜40与第二通孔71相对设置,且振膜结构与电极基底之间具有

间隙。去除被第二停止槽95包围的第二牺牲层94,以使环形振动停止层6与振膜40之间具有间隙。

[0124] 上述环形振动停止层6中相对分布且用于阻挡振膜40的两个内壁超出狭缝位置。作为一种可能的实现方式,环形振动停止层6中相对分布且用于阻挡振膜40的两个内壁之间的最大距离L1小于振膜40相对分布的两个侧壁之间的最小距离L2;环形振动停止层6不导电。

[0125] 结合前文描述,当形成有绝缘凸起8后,绝缘凸起8朝向振膜40。去除位于第一停止槽内的第一牺牲层后,沿电极基底91的高度方向,所有绝缘凸起8均与振膜40之间具有间隙。在电极基底的第二面开设第二通孔后,沿垂直于电极基底91的高度方向,第一通孔70、第二通孔71均与绝缘凸起8间隔分布。进一步地,当形成有绝缘凸起8时,绝缘凸起8不仅可以防止振膜40和电极基底91粘结到一起,还可以避免振膜40和电极基底91发生短路,以确保发声单元正常工作。再进一步地,当形成有第一绝缘层90时,第一绝缘层90不仅可以进一步防止振膜40和电极层2粘结到一起,还可以进一步避免振膜40和电极层2发生短路,以确保发声单元正常工作。

[0126] 本发明实施例提供的发声单元的制作方法中,振膜结构4与电极基底91之间具有间隙,环形振动停止层6与振膜40之间具有间隙,环形振动停止层6用于阻挡振膜40。在实际使用过程中,振膜结构4的振膜40既可以向靠近电极基底91一侧移动,又可以向靠近环形振动停止层6一侧移动。此时,在确保振膜结构4的振膜40正常工作,且振膜40向靠近电极基底91一侧移动的距离与现有技术中振膜40向靠近电极层2一侧移动的距离基本一致或完全一致或增大的情况下,相比于现有技术增大了振膜40的总运动位移,即增大了振膜40的振动幅度,从而提高了发声单元的声压级。示例性的,在完成第一牺牲层92和第二牺牲层94的释放后,施加相吸的静电力,振膜40向靠近电极基底91一侧移动,位移大小记为位移1。施加相斥的静电力,振膜40向靠近环形振动停止层6一侧移动,位移大小记为位移2。此时,振膜40的总位移等于位移1加位移2。

[0127] 在上述实施方式的描述中,具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0128] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

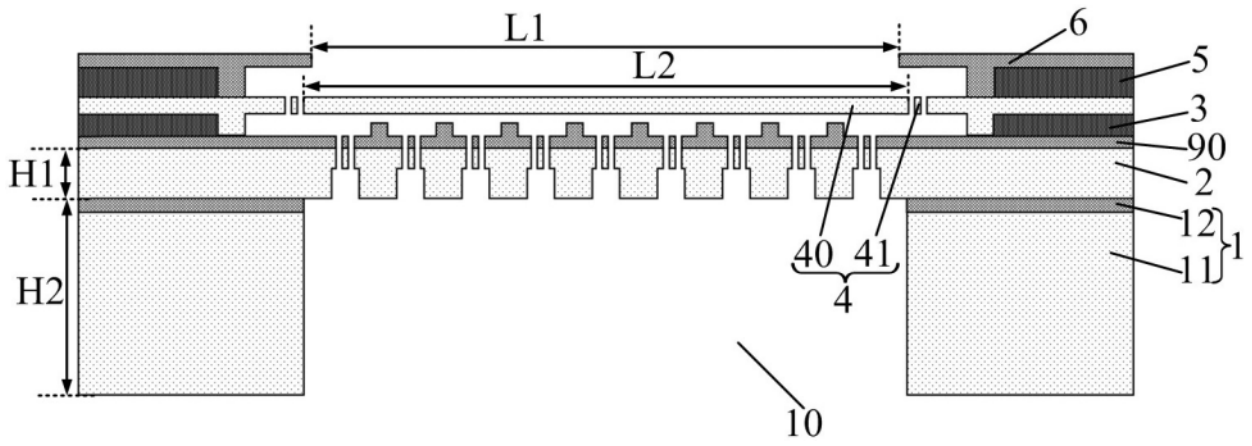


图 1

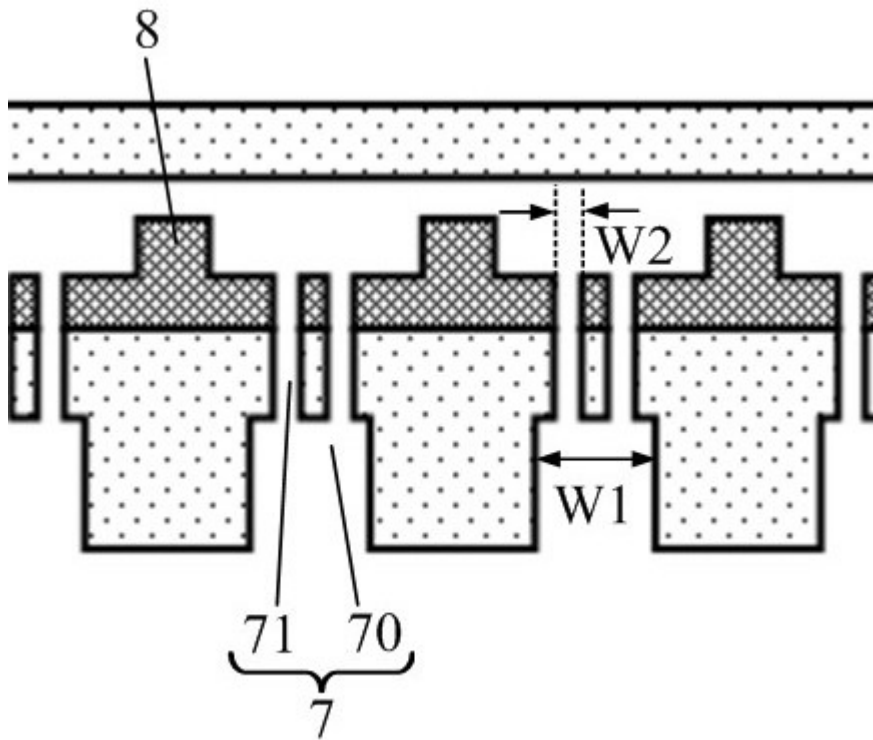


图 2

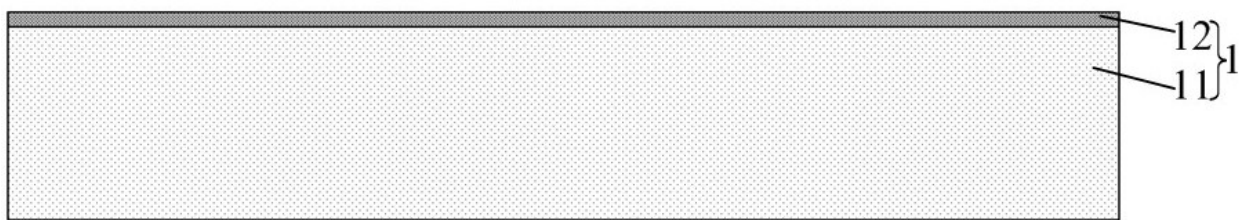


图 3

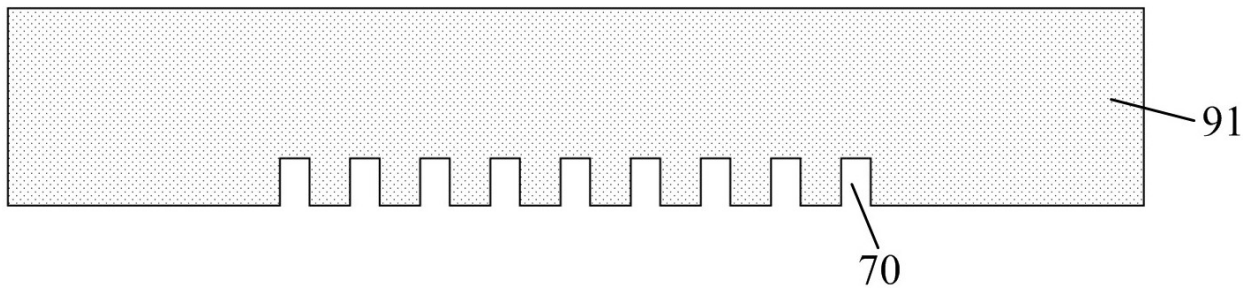


图 4

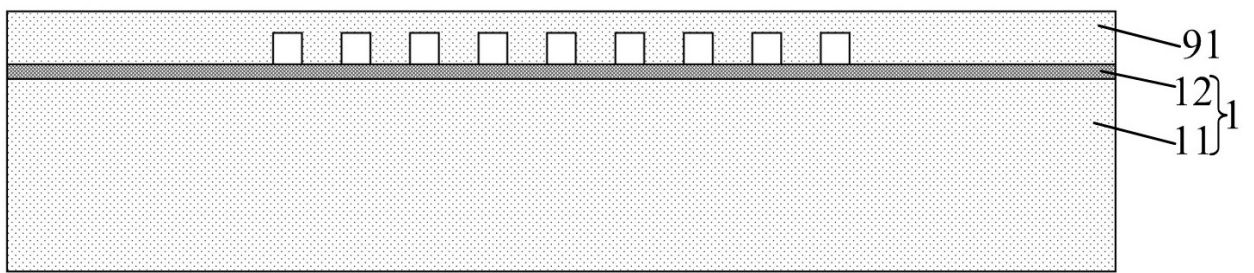


图 5

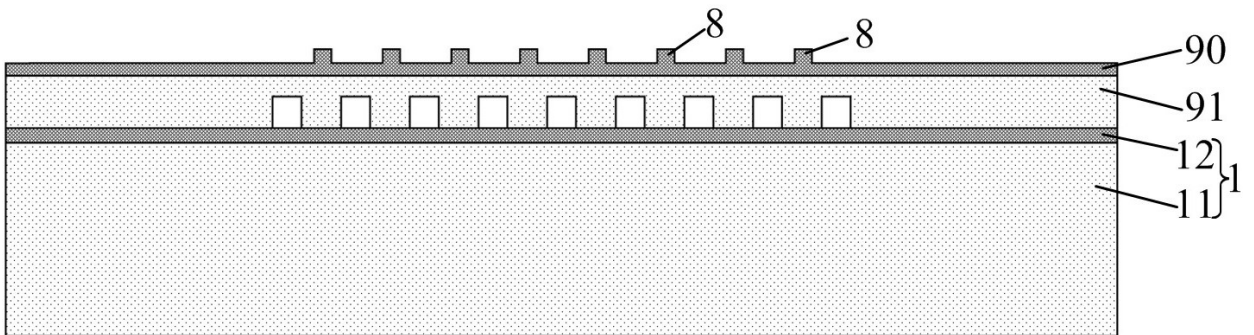


图 6

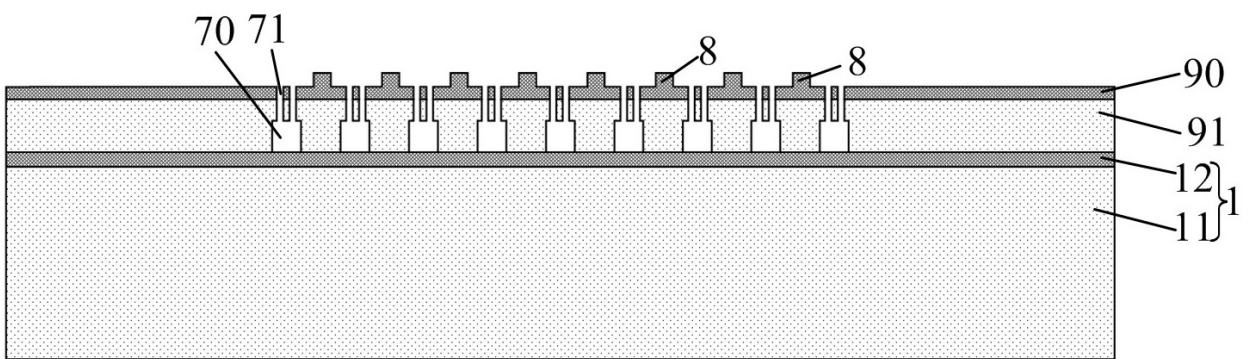


图 7

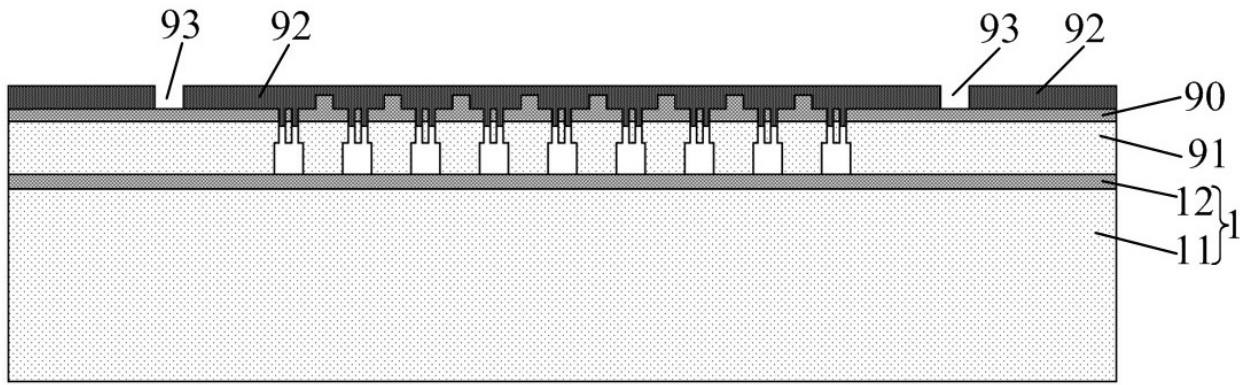


图 8

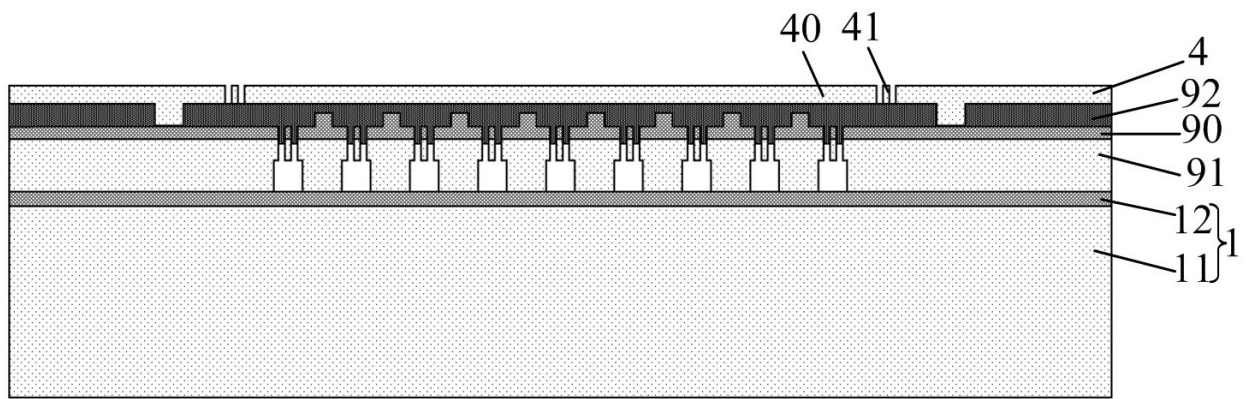


图 9

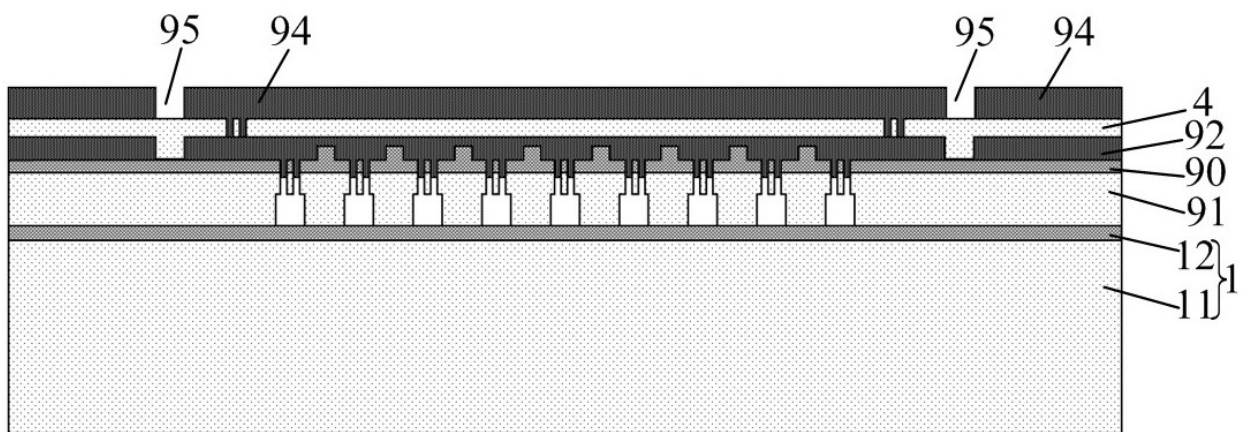


图 10

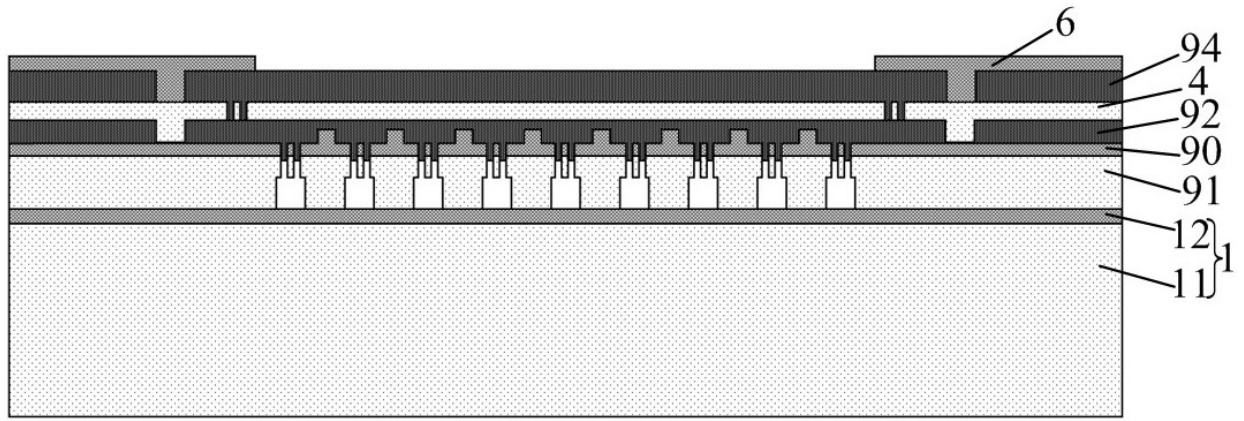


图 11

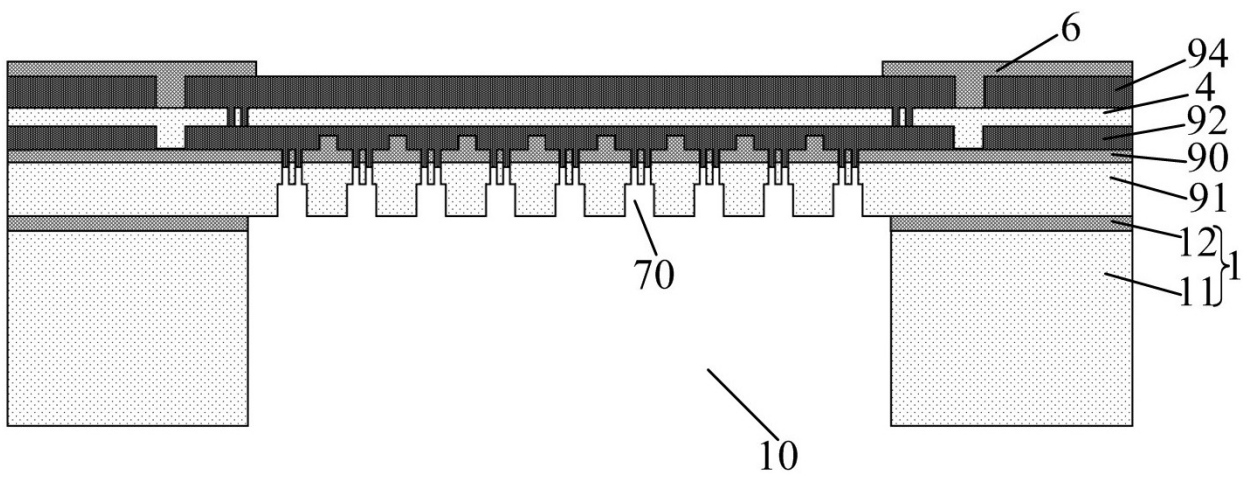


图 12