

一种高灵敏度压电式麦克风

技术领域

本发明涉及一种麦克风技术领域，具体涉及一种高灵敏度压电式麦克风。

背景技术

麦克风是一种将声音信号转化为电信号的器件，广泛用于话筒、手机、PC 和车载语音识别等设备中。历经长期发展，目前在麦克风的性能指标上，更侧重于智能化、数字化以及小型化。如今压电式麦克风技术与航空航天、生物医学、消费电子、信息通信以及军工等领域结合得愈发紧密，对麦克风的可靠性和灵敏度提出了更高的要求。当前，电容式麦克风占据着主要市场份额，但压电式麦克风由于耐用、高灵敏度、低噪声和无需外接电源驱动等优点，在未来的气动声学领域将会有广泛应用。

传统的梁式压电麦克风的结构，梁的固定端设置在振动区域的外围，且在设计时没有充分考虑空气阻尼对器件性能的影响，因而会降低麦克风的灵敏度以及信噪比。因此，需采取改进悬臂梁的结构来改善麦克风的性能。

人类对声音的感知频率范围是 20Hz-20kHz，所以消费电子中的压电式麦克风的工作频率范围是 20Hz-20KHz，并且压电式麦克风器件的谐振频率一般需大于等于 $2*20\text{kHz}$ - $3*20\text{kHz}$ 。传统的梁式压电麦克风，是由声压驱动带有压电叠层的悬臂梁振动，由于正压电效应，麦克风将声音信号转化为电信号。所以，一般的压电式麦克风的灵敏度与接收声压面积有很大关系，呈正相关，只通过改变梁的结构形式，很难在缩小器件面积的同时保持麦克风器件的灵敏度。

发明内容

本发明的目的提供一种高灵敏度压电式麦克风，通过改变压电式麦克风内悬臂梁的结构形式，提高了麦克风的灵敏度，另外，解决了当麦克风器件的面积缩小时，接收声压面积会减小而造成麦克风的灵敏度降低的问题。

为实现上述目的，本发明所设计的一种高灵敏度压电式麦克风，包括具有空腔的晶圆衬底和多个具有压电叠层结构的悬臂梁，所述悬臂梁包括固定端和悬置于空腔上方的自由端，其特征在于：所述悬臂梁为一端窄另一端宽的结构，其中，较窄的一端为固定端；所述空腔的底面中心设置有固定柱，多个所述悬臂梁的固定端均连接在所述固定柱的顶面，相邻的所述悬臂梁之间均设置有间隙，且相邻悬臂梁的自由端均连接有能使悬臂梁同步振动的柔性弹

件性，其中一个所述间隙内设置有助于引出所述悬臂梁电信号的连接段。

进一步地，所述悬梁臂的形状为扇形、梯形或其它形状，组成的接收声压区域为圆形或多边形。

进一步地，所述悬臂梁呈梯形结构，其数量为四个，四个所述悬臂梁围成矩形结构。

进一步地，所述悬臂梁呈梯形结构，其数量为六个，六个所述悬臂梁围成六边形结构。

进一步地，所述晶圆衬底为 SOI 晶圆衬底，其顶面、固定柱的顶面和悬臂梁均制成单晶片的压电叠层结构，所述压电叠层结构从下至上依次为底电极、压电薄膜和顶电极。

进一步地，所述悬梁臂为单晶片结构，从下至上依次是支撑层、底电极、压电薄膜和顶电极。

进一步地，所述连接段连接固定柱上的压电叠层结构与晶圆衬底上的压电叠层结构，所述晶圆衬底顶面的外侧分别设置有助于引出底电极电信号的底引出电极和用于引出顶电极电信号的顶引出电极。

进一步地，所述底引出电极与所述顶电极之间设置有绝缘层。

进一步地，多个所述悬臂梁的底电极和顶电极均采用并联连接。

进一步地，所述柔性弹性件为具有弹性的波形结构。

进一步地，所述晶圆衬底为 Si 晶圆衬底，其顶面、固定柱的顶面和悬臂梁均制成双晶片的压电叠层结构，所述压电叠层结构从下至上依次为下电极、第一压电薄膜、中间电极、第二压电薄膜和上电极。

进一步地，所述悬梁臂为双晶片结构，从下至上依次为下电极、第一压电薄膜、中间电极、第二压电薄膜和上电极。

进一步地，所述自由端设有降低所述悬梁臂的谐振频率的质量块。

进一步地，所述质量块设置在所述悬梁臂自由端的上方、下方或端部。

进一步地，设置在所述悬梁臂自由端的上方的质量块是通过图案化沉积的材料形成。

进一步地，设置在所述悬梁臂自由端的下方的质量块是通过背腔刻蚀衬底层形成。

进一步地，所述悬梁臂为多个，且相邻两悬梁臂之间设置有间隙，各悬梁臂均包括与所述衬底固定连接的所述固定端和所述自由端，且每个自由端均设有所述质量块。

进一步地，还包括固定框架，所述固定框架设置在所述悬臂梁的外围，且所述固定框架上设有与所述悬臂梁对应的压电叠层，通过连接段上的压电叠层连接所述悬臂梁的固定端的压电叠层和所述固定框架的压电叠层，从所述固定框架上引出电信号。

本发明还提供一种高灵敏度压电式麦克风装置，包括多个串联或并联的上述的一种高灵

敏度压电式麦克风。

本发明的有益效果是：

本发明通过改变压电式麦克风内悬臂梁的结构形式，提高了麦克风的灵敏度；同时，减小了悬臂梁振动时空气阻尼的影响，提高了麦克风的信噪比。其中，扇形梁相较于梯形梁或其它形状的梁，在 MEMS 微加工工艺中更易进行应力控制，加工质量会更好；另外在接收声压面积不变时，悬臂梁的数量越多，会小幅提升麦克风器件灵敏度。

本发明通过在悬臂梁自由端设置降低悬梁臂的谐振频率的质量块，质量块影响着振动系统的刚度 k 和等效质量 m ，在单位声压的激励下，相较于不带质量块的悬梁臂，自由端带有质量块的悬梁臂有效质量会变大，通过优化质量块尺寸，悬梁臂振动的谐振频率会显著降低，另外，在振动过程中，在悬臂梁自由端的质量块存在着惯性力，使悬臂梁的挠曲程度更大，提高工作频率范围（20Hz~20kHz）内的电压输出，在缩小面积之后可保持和原有面积大小的麦克风有相同的谐振频率和灵敏度，即在保持性能不变的情况下，新结构也可缩小麦克风器件面积。

进一步地，还包括固定框架，固定框架设置在悬臂梁的外围，且固定框架上设有与悬梁臂对应的压电叠层，悬臂梁的固定端的压电叠层和固定框架的压电叠层相连接，从固定框架上引出电极。当接收声压区域的悬梁臂在外周固定，梁的面积较大端作为固定端，梁的面积较小端作为自由端，悬梁臂与固定框架直接连接，产生的电信号在固定框架上引出；当接收声压区域的悬梁臂在中心固定，梁的面积较小端作为固定端，梁的面积较大端作为自由端，有两种电信号的引出方式，一种是在中心的固定柱部分，通过 TSV 工艺，将电信号引至带有电路结构的晶圆衬底上，另一种是通过设置连接段，连接固定柱和固定框架上的压电叠层，电信号在固定框架上引出。

本发明也可以缩小单个麦克风的尺寸，在与原有麦克风的相同面积下阵列多个麦克风器件，每个器件相当于一个信号源，将其进行串联连接可叠加多个器件的产生的电信号，可显著增强麦克风灵敏度；将其进行并联连接，可减小麦克风元器件的输出阻抗，便于后续电路对麦克风元器件进行信号采集。

附图说明

图 1 为本发明具有四个悬臂梁的单晶片式麦克风的俯视图；

图 2 为本发明具有六个悬臂梁的单晶片式麦克风的俯视图；

图 3 为本发明实施例一、实施例二或实施例三的单晶片式麦克风的 A-A 剖视图；

图 4 为本发明实施例一、实施例二或实施例三的单晶片式麦克风的 B-B 剖视图；

图 5 为本发明实施例一、实施例二或实施例三的单晶片式麦克风的 C-C 剖视图；

图 6 为本发明实施例四双晶片式麦克风的剖视图；

图 7 为本发明实施例五的高灵敏度压电式麦克风的结构示意图；

图 8 为本发明实施例六的具有四个倒梯形压电悬臂梁的压电式麦克风的俯视图；

图 9 为图 8 沿 A-A 线的剖面图；

图 10 为图 8 沿 B-B 线的剖面图；

图 11 为图 8 沿 C-C 线的剖面图；

图 12 为本发明实施例七的四个串联连接的缩小尺寸的麦克风俯视图；

图 13 为本发明实施例八的四个并联连接的缩小尺寸的麦克风俯视图；

其中，图中：1-SOI 晶圆衬底，101-第一绝缘层，102-过渡层，103-第二绝缘层，104-空腔，105-SiO₂ 层，106-器件衬底层，2-单晶片悬臂梁，201-底电极，202-压电薄膜，203-顶电极，204-间隙，3-固定柱，4-连接段，5-柔性弹性件，6-底引出电极，601-第三绝缘层，7-顶引出电极，8-双晶片悬臂梁，801-下电极，802-第一压电薄膜，803-中间电极，804-第二压电薄膜，805-上电极，806-第一引出电极，807-第二引出电极，808-第四绝缘层，9-Si 晶圆衬底，10-固定框架，11-固定区域，12-面积较小端，13-面积较大端，14-接收声压区域，15-质量块，16-第一信号端，17-第二信号端。

具体实施方式

下面将结合附图对本发明的实施方案及原理作进一步的说明。

实施例一：

如图 1、图 2、图 4 和图 5 所示，一种高灵敏度压电式麦克风，包括具有空腔 104 的晶圆衬底和多个具有压电叠层结构的悬臂梁，所述悬臂梁包括固定端和悬置于空腔 104 上方的自由端，所述悬臂梁为一端窄另一端宽的结构，其中，较窄的一端为固定端；所述空腔 104 的底面中心设置有固定柱 3，多个所述悬臂梁的固定端均连接在所述固定柱 3 的顶面，相邻的所述悬臂梁之间均设置有间隙 204，且相邻悬臂梁的自由端均连接有能使悬臂梁同步振动的柔性弹性件 5，其中一个所述间隙 204 内设置有用以引出所述悬臂梁电信号的连接段 4。

如图 1 所示，在本实施例中，所述悬臂梁呈梯形结构，其数量为四个，悬臂梁的梯形结构的短边均匀地固定连接在固定柱 3 上（图中虚线所示即为固定柱 3 的俯视图），以使四个所述悬臂梁围成矩形结构，进一步地，悬臂梁可围成正方形结构。

实施例二：

如图 2 所示，在本实施例中，所述悬臂梁呈梯形结构，其数量为六个，悬臂梁的梯形结构的短边均匀地固定连接在固定柱 3 上（图中虚线所示即为固定柱 3 的俯视图），以使六个所述悬臂梁围成六边形结构。

然而应当理解，在其他的实施例中，所示压电悬臂梁的数量为任意所需的数量，其结构为任意形状，只需满足这些悬臂梁的结构为一端窄另一端宽，且其窄端均匀连接在固定柱 3 上后能使这些悬臂梁形成规则的形状。

实施例三：

以六个梯形结构的悬臂梁围成正六边形结构为例进行说明。

本实施例中，单晶片悬臂梁 2 的制作方法：

步骤一：所述晶圆衬底选用带有空腔 104 的 SOI（长在绝缘衬底上的硅）晶圆衬底，其包括第一绝缘层 101、

12 和第二绝缘层 103，第一绝缘层 101 和第二绝缘层 103 的材料均为硅，过渡层 102 的材料二氧化硅。

步骤二：在 SOI 晶圆衬底 1 的顶面和固定柱 3 的顶面通过沉积溅射等方式，生长出从下至上依次为底电极 201、压电薄膜 202 和顶电极 203 的单晶片的压电叠层结构，其中，底电极 201 的材料为钼，压电薄膜 202 的材料为氮化铝，顶电极 203 的材料为钼。

步骤三：进一步地，对顶电极 203 做图案化处理，保留靠近固定端的顶电极 203。

步骤四：在器件上表面旋涂光刻胶，需要刻蚀部位的光刻胶经曝光后清洗去除，依次刻蚀顶电极 203、压电薄膜 202、底电极 201、第二绝缘层 103、过渡层 102，形成单晶片悬臂梁 2 和相邻的单晶片悬臂梁 2 之间的间隙 204。

如图 2、图 4 所示，刻蚀后形成的六个单晶片悬臂梁 2 的梯形结构的短边固定于与其固定柱 3 的顶部，单晶片悬臂梁 2 的宽边悬空于空腔 104 的上方以形成自由端。在本实施例中，对单晶片悬臂梁 2 上的顶电极 203 作光刻处理，在所述单晶片悬臂梁 2 上只保留靠近固定端的部分顶电极 203，在发生振动时，单晶片悬臂梁 2 的应力应变主要集中在靠近固定端的部分，这一部分压电材料上下表面产生的电荷量更多，这样布置顶电极 203 可有效增加麦克风器件的信号输出。所述单晶片悬臂梁 2 的自由端相对于固定端的面积较大，与 Vesper 公司推出的麦克风产品所设置的单晶片悬臂梁 2 结构相反，在同等器件面积、同等声波强度的条件下，所述自由端所接受声波而发生振动的振幅更大，单晶片悬臂梁 2 产生更大的应力应变，输出的电信号更强，灵敏度更高。特别地，为减弱多个单晶片悬臂梁 2 振动不同步而

导致信号串扰，在相邻单晶片悬臂梁 2 的自由端之间刻蚀有柔性弹性件 5，所述柔性弹性件 5 设置在间隙 204 内，以使单晶片悬臂梁 2 能同步振动发生振动，减弱信号串扰；所述柔性弹性件 5 与单晶片悬臂梁 2 可同时通过图案化刻蚀制得。

如图 2、图 3 所示，其中右侧的一个所述间隙 204 内具有用于引出电信号的连接段 4，使其能引出单晶片悬臂梁 2 和固定柱 3 上的底电极 201 和顶电极 203 上的电信号，其结构形式如图 3 所示，选用定制的带有所需空腔 104 的 SOI 晶圆衬底 1，在刻蚀形成空腔 104 时在空腔 104 内留有所述连接段 4 结构，所述连接段 4 用于连接固定柱 3 上的压电叠层结构和 SOI 晶圆衬底 1 的压电叠层结构的外侧部分。所述 SOI 晶圆衬底 1 的顶面靠外侧分别设置有用用于引出底电极 201 电信号的底引出电极 6 和用于引出顶电极 203 电信号的顶引出电极 7，从而把电信号进行输出；单晶片悬臂梁 2 和固定柱 3 上产生的电信号通过连接段 4 引出，每个所述单晶片悬臂梁 2 的底电极 201 均与底引出电极 6 相连接，顶电极 203 均与顶引出电极 7 相连接，以使单晶片悬臂梁 2 形成并联的方式连接。其中，如图 3、图 5 所示，在引出底电极 201 和顶电极 203 的电信号时，在 SOI 晶圆衬底 1 顶面的顶电极 203 的上表面沉积第三绝缘层 601，再分别刻蚀一定深度至露出所述底电极 201 和所述顶电极 203，再沉积一层金属层，进一步把金属层光刻图案化形成顶引出电极 7 和底引出电极 6，所述第三绝缘层 601 的材料为二氧化硅，所述顶引出电极 7 和底引出电极 6 的材料可为铝、金等。

如图 4 所示，声波信号通过空气等媒介传播至麦克风处，引起单晶片悬臂梁 2 的振动，所述单晶片悬臂梁 2 中的所述压电薄膜 202 由于正压电效应，在其上下表面产生异号电荷，通过所述底电极 201 和所述顶电极 203 引出电信号。相邻单晶片悬臂梁 2 之间留有一定宽度的间隙 204，可减小单晶片悬臂梁 2 振动时空气阻尼的影响，同时减小空腔 104 中空气振动给单晶片悬臂梁 2 的振动带来的干扰，提高麦克风器件的信噪比。

实施例四：

如图 6 所示，在本实施例中，所述压电式麦克风的悬臂梁可制作成双晶片悬臂梁 8；具体地，所述压电式麦克风包括 Si 晶圆衬底 9，在所述 Si 晶圆衬底 9 的顶面由下至上通过沉积溅射等方式形成下电极 801、第一压电薄膜 802、中间电极 803、第二压电薄膜 804 和上电极 805，在通过刻蚀形成中心保留固定柱 3 的空腔 104、多个所述双晶片悬臂梁 8、相邻双晶片悬臂梁 8 之间的间隙 204 和相邻双晶片悬臂梁 8 的自由端连接的能使双晶片悬臂梁 8 同步振动的柔性弹性件 5，所述双晶片悬臂梁 8 的下电极 801 和上电极 805 均采用并联连接，其中一个所述间隙 204 内设置有用用于引出电信号的连接段 4，所述连接段 4 与所述固定柱 3 和 Si 晶圆衬底 9 通过刻蚀一体成型。在双晶片悬臂梁 8 振动的过程中，应力应变为零

的结构层称为中性轴，所述双晶片悬臂梁 8 的中性轴位于中间电极 803 中，且在中性轴的上部与下部的应力应变相反；当双晶片悬臂梁 8 发生振动时，第一压电薄膜 802 与第二压电薄膜 804 的应力应变相反，两层压电薄膜 202 的极化方向相同，与中间电极 803 相接触的第一压电薄膜 802、第二压电薄膜 804 的两个表面产生的电荷符号相同，第一压电薄膜 802 的下表面与第二压电薄膜 804 的上表面产生的电荷符号相同。由上述产生电荷的分布特点，在引出电极时，下电极 801 和上电极 805 的电信号通过第一引出电极 806 引出，中间电极 803 的电信号通过第二引出电极 807 引出，所述第二引出电极 807 下方设有与上电极 805 相隔离的第四绝缘层 808；第一引出电极 806 和第二引出电极 807 设置于 Si 晶圆衬底 9 的顶部外侧。采用所述双晶片悬臂梁 8，利用这种特性的信号叠加，可显著增加 MEMS 压电式麦克风的信号输出，提高器件灵敏度。然而应当理解，采用 Si 晶圆衬底 9 所制得的双晶片悬臂梁 8 结构，其未详尽说明之处均与 SOI 晶圆衬底 1 所制得的单晶片悬臂梁 2 结构类似。

上述技术方案能有效提高压电式麦克风的灵敏度以及信噪比，且提供的新结构制造工艺简单，与 CMOS 工艺兼容，便于微型麦克风的大批量生产。

当麦克风在缩小面积之后，谐振频率会显著升高。本发明通过在悬臂梁自由端的上方、下方或端部设置质量块 15，质量块 15 影响着振动系统的刚度 k 和等效质量 m ，通过调整质量块 15，可使振动系统的谐振频率降低到一个合适的范围，提高工作频率范围电压输出，在缩小面积之后可保持和原有面积大小相同的麦克风有相同的谐振频率和灵敏度，甚至效果更好。

实施例五：

本实施例公开了一种高灵敏度压电式麦克风的结构，如图 7 所示，包括具有背腔的 SOI 晶圆衬底 1 和固定于 SOI 晶圆衬底 1 上的单晶片悬臂梁 2，单晶片悬臂梁 2 包括与 SOI 晶圆衬底 1 固定连接的固定端和与固定端连接并悬置于背腔上方的自由端，自由端的下方设有一个质量块 15，通过调整质量块 15 的参数来降低器件的谐振频率，从而提高压电式麦克风的灵敏度。通常情况下，压电式麦克风的衬底可以选用多种衬底，SOI，Si，蓝宝石衬底都行，适用于各类结构的麦克风，可根据梁的结构形式来定衬底的类型。调整的质量块 15 的参数可以根据需要灵活地调整，所调整得质量块 15 的参数包括尺寸、形状、材料、距离固定端的距离等，最终转化成等效质量与等效距离。

根据设置质量块 15 的原理与目的，显然质量块 15 不仅可以设置在自由端的下方，也可以设置在悬梁臂自由端的上方或端部。设置在悬梁臂自由端的上方的质量块 15 可以通过图案化沉积的材料制得；设置在悬梁臂自由端的下方的质量块 15 可以通过背腔刻蚀 SOI 晶圆

衬底 1 制得。

进一步地，悬梁臂可以为单晶片结构，从下至上依次是支撑层、底电极 201、压电薄膜 202 和顶电极 203，悬梁臂也可以为双晶片结构，从下至上依次为下电极 801、第一压电薄膜 802、中间电极 803、第二压电薄膜 804 和上电极 805。

进一步地，还包括固定框架 10，固定框架 10 设置在悬臂梁的外围，且固定框架 10 上设有与悬梁臂对应的压电叠层，悬臂梁的固定端的压电叠层和固定框架 10 的压电叠层相连接，从固定框架 10 上引出悬梁臂产生的电信号。

实施例六：

本实施例中，本实施例公开了一种高灵敏度压电式麦克风的结构，包括具有背腔的 SOI 晶圆衬底 1 和固定于 SOI 晶圆衬底 1 上的单晶片悬臂梁 2，单晶片悬臂梁 2 包括与 SOI 晶圆衬底 1 固定连接的固定端和与固定端连接并悬置于背腔上方的自由端，自由端的下方设有一个质量块 15，通过调整质量块 15 的参数来降低器件的谐振频率，从而提高压电式麦克风的灵敏度。通常情况下，压电式麦克风的衬底可以选用多种衬底，SOI，Si，蓝宝石衬底都行，适用于各类结构的麦克风，可根据梁的结构形式来定衬底的类型。

根据设置质量块 15 的原理与目的，显然质量块 15 不仅可以设置在自由端的下方，也可以设置在悬梁臂自由端的上方或端部。设置在悬梁臂自由端的上方的质量块 15 可以通过图案化沉积的材料制得；设置在悬梁臂自由端的下方的质量块 15 可以通过背腔刻蚀 SOI 晶圆衬底 1 制得。

进一步地，悬梁臂为单晶片结构，从下至上依次是支撑层、底电极 201、压电薄膜 202 和顶电极 203。

进一步地，还包括固定框架 10，固定框架 10 设置在悬臂梁的外围，且固定框架 10 上设有与悬梁臂对应的压电叠层，悬臂梁的固定端的压电叠层和固定框架 10 的压电叠层相连接，从固定框架 10 上引出悬梁臂产生的电信号。

进一步地，单晶片悬梁臂 2 的形状为等腰梯形，其中支撑层厚度为 $5\mu\text{m}$ ，底电极 201 厚度为 $0.2\mu\text{m}$ 、压电薄膜 202 厚度为 $1\mu\text{m}$ 、顶电极 203 厚度为 $0.2\mu\text{m}$ ，固定端宽度为 $80\mu\text{m}$ ，自由端宽度为 $740\mu\text{m}$ ，单晶片悬梁臂 2 的长度为 $330\mu\text{m}$ ，其谐振频率在 90kHz 左右。在单晶片悬梁臂 2 的自由端下方添加一 Si 质量块 15，所述质量块 15 为下底宽度 $740\mu\text{m}$ 、上底宽度 $680\mu\text{m}$ 、高度和厚度均为 $30\mu\text{m}$ 的梯形台，新构成的压电悬臂梁谐振频率降低至 55kHz 左右，可闻声域内（ 20Hz - 20kHz ）的灵敏度提升约 2dB 。

实施例七：

本实施例公开了一种具有四个梯形悬梁臂的压电式麦克风。如图 8 所示，悬梁臂为多个，相邻悬梁臂之间会留有一定宽度的间隙 204。本实施例的悬梁臂形状选用梯形，四个梯形悬梁臂组成接收声压区域 14，接收声压区域可以为矩形或正方形。每个悬梁臂的面积较小端 12 与衬底固定连接，另一端作为自由端，每个自由端均设有质量块 15；当然也可以选用面积较大端 13 与衬底固定连接，另一端作为自由端。

本实施例的衬底选用 SOI 晶圆，包括器件衬底层 106、过渡层 102、第二绝缘层 103。SOI 晶圆衬底 1 上方为压电叠层，如图 9 所示，在 SOI 衬底 1 上沉积底电极 201，压电薄膜 202 和顶电极 203；或图案化刻蚀所述顶电极 203。对 SOI 衬底进行两次背腔刻蚀，以过渡层 102 作为第二次背腔刻蚀的停止层，分别刻蚀出质量块 15 和固定柱 3 结构。固定柱 3 在振动区域中心，需要键合衬底来固定固定柱 3，如果是固定区域 11 设置在振动区域外周，进行两次背腔刻蚀即可，不需要额外添加衬底层。衬底层以选取表面有热氧化 SiO_2 的硅片，上层为 SiO_2 层 105，下层为第一绝缘层 101，具体的，第一绝缘层 101 为硅衬底层，上层的 SiO_2 层 105 与 SOI 晶圆衬底 1 的器件衬底层 106 进行阳极键合处理，形成 Si-O 键，从而固定固定柱 3。

当声波信号通过空气等媒介传播至麦克风处，在接收声压区域 14 处引起悬臂梁的振动，压电薄膜 202 由于正压电效应，在其上下表面产生异号电荷，通过底电极 201 和顶电极 203 引出电信号。靠近固定区域 11 的所述压电薄膜 202 所受应力更大，表面极化电荷密度更大，所以图案化刻蚀顶电极 203，通过靠近固定区域 11 的顶电极 203 引出电信号。如图 10 和图 11 所示，在压电叠层上沉积一层 SiO_2 ，刻蚀通孔，沉积 Al 或 Au 层，便可以引出压电叠层的上下电极。悬臂梁自由端的压电薄膜 202 受到的横向“拉、压应力”很小，几乎不产生极化电荷，而靠近固定端的压电薄膜 202“拉、压应力”集中，所以刻蚀掉一部分顶电极 203，分开靠近固定端和自由端的顶电极 203，用靠近固定端的顶电极 203 引出电信号。

进一步地，还可以在单晶片悬臂梁 2 组成的接收声压区域 14 的外围接收声压的外围设置固定框架 10，如图 8、图 9 和图 10 所示，固定框架 10 上也有压电叠层。以本例中悬梁臂固定在接收声压区域的中心的结构为例，相邻悬梁臂的一间隙 204 之中还可以设置有连接段 4，振动区域的压电叠层和固定框架 10 上的压电叠层通过连接结构 8 上的压电叠层连接，通过连接段 4 来引出电信号。由此，麦克风的输出电信号可在固定框架 10 上引出。这种悬梁臂的结构形式，自由端的面积大，在接收声压区域面积不变的情况下，相较于外周固定的悬梁臂，同等声压使悬梁臂的挠曲程度更大，产生的电信号更大。

在引出固定框架 10 上的底电极 201 和顶电极 203 时，同样可以沉积一层第三绝缘层

601 在顶电极 203 上表面, 第三绝缘层材料可以选用 SiO_2 。在固定框架 10 上分别刻蚀一定深度的孔, 露出底电极 201 和顶电极 203, 然后沉积一层金属层, 材料可选用 Al、Au 等, 进一步经图案化刻蚀形成顶引出电极 7 和底引出电极 6。

实施例八:

本实施例公开了一种具有四个扇形悬梁臂的压电式麦克风, 本实施例的悬梁臂形状选用扇形, 四个扇形悬梁臂组成的接收声压区域为圆形, 其他结构与实施例七相同。

实施例九:

参考图 11, 四个缩小尺寸的麦克风串联连接, 与原有技术麦克风的面积相等, 悬臂梁 6 自由端的质量块 15 对器件有降低谐振频率和提高工作范围 (20Hz~20kHz) 内输出电压的作用, 通过优化质量块 15, 使单个缩小尺寸的麦克风输出性能与原有的大面积麦克风保持一致, 四个麦克风进行串联连接, 四个器件产生的电信号相互叠加后, 由第一信号端 16 和第二信号端 17 引出, 可有效增强麦克风电压灵敏度。

实施例十:

参考图 12, 在同一晶圆衬底上制造的四个缩小尺寸的麦克风, 共用底电极 201 或下电极 801, 不需在固定框架 10 上引出底电极 201 或下电极 801, 在第一信号端 16 处引出即可, 四个麦克风器件的顶电极 203 引出后相互连接至第二信号端 17, 四个器件做并联连接, 减小麦克风元器件的输出阻抗, 有利于电信号的引出。

特别地, 本发明提供的技术方案可在缩小单个麦克风元器件尺寸的情况下, 保证器件有良好的信号输出, 提高微纳制造的集成度, 通过优化质量块 15 尺寸, 在单位接收声压区域面积下, 可产生更高电信号, 提高麦克风性能。本发明选取的实施例是消费电子中的麦克风, 工作频率为 20Hz~20kHz, 在其余领域中应用的麦克风工作频率会有所调整。

以上所述仅为本发明的实施例, 并非因此限制本发明的专利范围, 凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换, 或直接或间接运用在其他相关的技术领域, 均同理包括在本发明的专利保护范围内。

- 1.一种高灵敏度压电式麦克风，包括具有空腔的晶圆衬底和多个具有压电叠层结构的悬臂梁，所述悬臂梁包括固定端和悬置于空腔上方的自由端，其特征在于：所述悬臂梁为一端窄另一端宽的结构，其中，较窄的一端为固定端；所述空腔的底面中心设置有固定柱，多个所述悬臂梁的固定端均连接在所述固定柱的顶面，相邻的所述悬臂梁之间均设置有间隙，且相邻悬臂梁的自由端均连接有能使悬臂梁同步振动的柔性弹性件，其中一个所述间隙内设置有用于引出所述悬臂梁电信号的连接段。
- 2.根据权利要求 1 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述悬臂梁的形状为扇形或梯形，组成的接收声压区域为圆形或多边形。
- 3.根据权利要求 2 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述悬臂梁呈梯形结构，其数量为四个，四个所述悬臂梁围成矩形结构。
- 4.根据权利要求 2 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述悬臂梁呈梯形结构，其数量为六个，六个所述悬臂梁围成六边形结构。
- 5.根据权利要求 2 或 3 或 4 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述晶圆衬底为 SOI 晶圆衬底，其顶面、固定柱的顶面和悬臂梁均制成单晶片的压电叠层结构，所述压电叠层结构从下至上依次为底电极、压电薄膜和顶电极。
- 6.根据权利要求 5 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述悬臂梁为单晶片结构，从下至上依次是支撑层、底电极、压电薄膜和顶电极。
- 7.根据权利要求 5 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述连接段连接固定柱上的压电叠层结构与晶圆衬底上的压电叠层结构，所述晶圆衬底顶面的外侧分别设置有用以引出底电极电信号的底引出电极和用于引出顶电极电信号的顶引出电极。
- 8.根据权利要求 7 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述底引出电极与所述顶电极之间设置有绝缘层。
- 9.根据权利要求 7 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：多个所述悬臂梁的底电极和顶电极均采用并联连接。
- 10.根据权利要求 1 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述柔性弹性件为具有弹性的波形结构。
- 11.根据权利要求 2 或 3 或 4 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述晶圆衬底为 Si 晶圆衬底，其顶面、固定柱的顶面和悬臂梁均制成双晶片的压电叠层结构，所述压电叠层结构从下至上依次为下电极、第一压电薄膜、中间电极、第二压电薄膜和上电极。
- 12.根据权利要求 11 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述悬臂梁为双晶片

结构，从下至上依次为下电极、第一压电薄膜、中间电极、第二压电薄膜和上电极。

13.根据权利要求 1 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述自由端设有降低所述悬梁臂的谐振频率的质量块。

14.根据权利要求 13 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述质量块设置在所述悬梁臂自由端的上方、下方或端部。

15.根据权利要求 14 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：设置在所述悬梁臂自由端的上方的质量块是通过图案化沉积的材料形成。

16.根据权利要求 14 所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：设置在所述悬梁臂自由端的下方的质量块是通过背腔刻蚀衬底层形成。

17.根据权利要求 13 所述的具一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：所述悬梁臂为多个，且相邻两悬梁臂之间设置有间隙，各悬梁臂均包括与所述衬底固定连接的所述固定端和所述自由端，且每个自由端均设有所述质量块。

18.根据权利要求 13 至 17 任一项所述的一种高灵敏度压电式麦克风，其特征在于：还包括固定框架，所述固定框架设置在所述悬臂梁的外围，且所述固定框架上设有与所述悬梁臂对应的压电叠层，通过连接段上的压电叠层连接所述悬臂梁的固定端的压电叠层和所述固定框架的压电叠层，从所述固定框架上引出电信号。

19.一种高灵敏度压电式麦克风装置，其特征在于：包括多个串联或并联的高灵敏度压电式麦克风，所述高灵敏度压电式麦克风为权利要求 1-18 任一项所述的一种高灵敏度压电式麦克风。