

声学滤波器及其制备方法、电子设备

5 本申请要求于 2023 年 03 月 24 日提交国家知识产权局、申请号为 202310351296.0、申请名称为“声学滤波器及其制备方法、电子设备”的中国专利申请的优先权，以及 2023 年 05 月 31 日提交国家知识产权局、申请号为 202310643636.7、申请名称为“声学滤波器及其制备方法、电子设备”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

10 本申请实施例涉及信号处理技术领域，尤其涉及一种声学滤波器及其制备方法、电子设备。

背景技术

15 声表面波谐振器包括压电衬底和叉指换能器，其中，叉指换能器位于压电衬底的一侧。叉指换能器包括汇流条和叉指电极。压电衬底中的压电材料具有压电效应，可以实现电信号和声波的相互转换。通过叉指电极和压电材料相互作用激发声表面波，利用声表面波的谐振特性可以构造出射频声学滤波器。

然而，声表面波会在汇流条之间形成横向驻波，即横向模式。横向模式导致的杂模会影响声学滤波器的通带平坦性，增大声学滤波器插损。

发明内容

20 本申请实施例的目的在于提供一种声学滤波器及其制备方法、电子设备，用于改善声学滤波器内激发的横向模式所带来的影响。

为了实现上述目的，本申请实施例提供如下方案：

一方面，提供一种声学滤波器，声学滤波器包括压电衬底和位于压电衬底一侧的叉指换能器。其中，叉指换能器包括第一汇流条和第二汇流条，第一汇流条和第二汇流条沿第一方向相对设置，第一方向平行于压电衬底。叉指换能器还包括叉指电极，叉指电极包括多个第一电极指和多个第二电极指，在第一方向上，第一电极指和第二电极指相间隔且相向地设置，第一电极指和第二电极指中的一个与第一汇流条连接，另一个与第二汇流条连接；在第二方向上，第一电极指和第二电极指相间隔且交替地设置，第二方向平行于压电衬底，且第二方向垂直于第一方向。通过上述设置，第一汇流条可以同时与第一电极指和第二电极指连接，第二汇流条可以同时与第一电极指和第二电极指连接，以使第一汇流条和第二汇流条能够向第一电极指和第二电极指提供电压，第一电极指和第二电极指能够激发声表面波。

在上述设置的基础上，第一汇流条和第二汇流条之间包括沿第一方向排布的边缘区域、间隔区域、中心区域和倾斜区域，倾斜区域位于中心区域和间隔区域之间，间隔区域位于倾斜区域和边缘区域之间。第二电极指位于边缘区域。第一电极指位于边缘区域、间隔区域和中心区域的部位平行于第一方向，且位于倾斜区域的部位，同时相对于第一方向和第二方向倾斜。根据声波滤波器的慢度特性，声波滤波器中电极指的延伸方向与电极指所激发的声表面波的声速之间存在一定相关性。通过设置倾斜区域，第一电极指位于倾斜区域的部位的所激发的声表面波的声速降低，以使该部分能够形成波导，进而能够调节叉指电极在第二方向上的电荷分布，进而抑制横向模式的激发。相比于对叉指换能器的整体结构的形状进行调整，本申请实施例通过设置倾斜区域来抑制横向模式的激发，仅需调整部分第一电极指的延伸方向，进而有利于缩小谐振器的占用面积。

40 在上述设置的基础上，任一沿第一方向相间隔且相向设置的第一电极指和第二电极指中，第一电极指位于中心区域的部位，位于相对的第二电极指的第一侧。通过上述设置，同一倾斜区域内，便于使第一电极指位于倾斜区域的部位的延伸方向相同，便于降低声学滤波器的制备难度。同时，由于位于倾斜区域的部位的倾斜角度与声波滤波器的慢度特性相关，便于位于同一倾斜区域的第一电极指对横向模式的抑制效果相同。

45 在一些实施例中，第一汇流条和第二汇流条之间还包括过渡区域，过渡区域邻接于倾斜区域和间隔区域之间，第一电极指位于过渡区域的部位平行于第一方向。通过设置过渡区域，有利于

避免倾斜区域和间隔区域之间的声速发生突变，进而避免体声波散射等效效应产生，进一步避免产生其他杂散模式。

5 在一些实施例中，叉指电极位于边缘区域的部位的长度的取值范围为 $0.1\lambda \sim 3\lambda$ ，叉指电极位于过渡区域的部位的长度的取值范围为 $0.1\lambda \sim 1\lambda$ ，其中， λ 为叉指电极的周期长度。通过上述设置，本申请实施例提供的叉指换能器能够进一步抑制相对高阶的横向模式激发。

10 在一些实施例中，第一电极指位于倾斜区域的部位的宽度，大于或者等于，第一电极指位于中心区域的部位的宽度。示例性的，位于倾斜区域的第一电极指的边缘包括相对设置的第一边缘和第二边缘。其中，“宽度”是指第一边缘和第二边缘之间的距离。由于第一电极指的材质通常包括金属，当第一电极指位于倾斜区域的部分的宽度大于第一电极指位于中心区域的部分的宽度时，第一电极指的位于倾斜区域的金属化比增加，有利于进一步降低倾斜区域对应的声速，进而抑制横向模式的激发。

15 在一些实施例中，边缘区域包括沿第一方向相对设置的第一边缘区域和第二边缘区域，间隔区域包括沿第一方向相对设置的第一间隔区域和第二间隔区域，倾斜区域包括沿第一方向相对设置的第一倾斜区域和第二倾斜区域。其中，第一间隔区域位于第一边缘区域和第一倾斜区域之间，第二间隔区域位于第二边缘区域和第二倾斜区域之间。通过设置第一倾斜区域和第二倾斜区域，第一叉指电极位于第一倾斜区域和第二倾斜区域的部分所激发的声速降低，以使位于第一倾斜区域和第二倾斜区域的部分能够形成波导，进一步调节叉指电极在第二方向上的电荷分布，抑制横向模式的激发。

20 在一些实施例中，第一倾斜区域包括沿第一方向相对设置的第一边界线和第二边界线，第一电极指在第一边界线的中点和第二边界线的中点之间的连线的法线，与第二方向之间具有第一预设夹角。通过上述设置，以使第一电极指位于第一倾斜区域的部分同时相对于第一方向和第二方向倾斜。第二倾斜区域包括沿第一方向相对设置的第三边界线和第四边界线，第一电极指在第三边界线的中点和第四边界线的中点之间的连线的法线，与第二方向之间具有第二预设夹角。通过上述设置，以使第一电极指位于第二倾斜区域的部分同时相对于第一方向和第二方向倾斜。

25 在一些实施例中，第一预设夹角的取值范围为 $3^\circ \sim 20^\circ$ ，通过上述设置，以使第一电极指位于第一倾斜区域的部分能够形成波导，并抑制横向模式的激发。和/或，第二预设夹角的取值范围为 $-3^\circ \sim -20^\circ$ ，通过上述设置，以使第一电极指位于第二倾斜区域的部分能够形成波导，并抑制横向模式的激发。进一步地，对于具有对称慢度特性的声波滤波器，第一预设夹角和第二预设夹角的绝对值可以相同。

30 在一些实施例中，位于倾斜区域的第一电极指的边缘包括直线段；和/或，位于倾斜区域的第一电极指的边缘包括弧线段。

在一些实施例中，还包括负载部，负载部位于倾斜区域，且位于第一电极指背离压电衬底的一侧。通过设置负载部，有利于增加倾斜区域内第一电极指的质量负载，有利于进一步降低倾斜区域对应的声速，进一步抑制横向模式的产生。

35 在一些实施例中，负载部包括导电层，导电层在压电衬底的正投影，位于第一电极指在压电衬底的正投影，以内。示例性的，导电层的数量可以为多个，且一个导电层与一个第一电极指位于倾斜区域的部分相对应，一个导电层在压电衬底上的正投影，位于与其对应的第一电极指在压电衬底的正投影以内，以使多个导电层之间电性隔离，避免相邻的第一电极指之间出现短路。

40 在一些实施例中，负载部包括介质层，介质层平行于第二方向，第一电极指位于倾斜区域的至少部分与介质层交叠。示例性的，介质层可以为沿第二方向延伸的长条结构，由于介质层不具有导电性能，相邻的第一电极指之间具有电性隔离，进而避免相邻的第一电极指之间出现短路。同时，由于介质层为沿第二方向延伸的连续的结构，有利于降低介质层的制作难度。

45 在一些实施例中，第一汇流条和第二汇流条中的每个汇流条包括沿第一方向排布的第一汇流区域、栅格区域以及第二汇流区域，栅格区域位于第一汇流区域和第二汇流区域之间；位于栅格区域的汇流条的部位包括沿第二方向间隔设置的多个栅格。通过在汇流条中设置栅格区域，能够在汇流条的栅格区域引入新的自由度，从而调节汇流条对应的声速分布。同时，通过在汇流条中设置栅格区域，还能够改变汇流条的电荷分布，进而改变汇流条的电场分布。通过改变汇流条的

电场分布,以及对应的声速分布,能够弱化倾斜横模的激发条件,从而起到抑制倾斜横模的作用。

在一些实施例中,第一汇流条的栅格的中心线为第一中心线,第二汇流条的栅格的中心线为第二中心线,第一中心线和第二中心线均沿第一方向延伸。与第一汇流条邻接的第一电极指或第二电极指,位于边缘区域的部位的中心线,和一个第一中心线重合;与第二汇流条邻接的第一电极指或第二电极指,位于边缘区域的部位的中心线,和一个第二中心线重合。通过上述设置,有利于提高叉指换能器的规整性的同时,进一步改变汇流条的电场分布,以及对应的声速分布,进一步弱化倾斜横模的激发条件,从而起到抑制倾斜横模的作用。

在一些实施例中,第一汇流条的栅格的中心线为第一中心线,第二汇流条的栅格的中心线为第二中心线,第一中心线和第二中心线均沿第一方向延伸。第一汇流条的栅格的中心线为第一中心线,第二汇流条的栅格的中心线为第二中心线,第一中心线和第二中心线均沿第一方向延伸;沿第二方向相邻的第一电极指和第二电极指,位于一个第一中心线的两侧,且第一电极指与该中心线之间的距离等于第二电极指与该中心线之间的距离。通过上述设置,有利于提高叉指换能器的规整性的同时,进一步改变汇流条的电场分布,以及对应的声速分布,进一步弱化倾斜横模的激发条件,从而起到抑制倾斜横模的作用。

在一些实施例中,第一汇流条的栅格和第二汇流条的栅格呈对称设置。通过上述设置,有利于提高叉指换能器的规整性的同时,进一步改变汇流条的电场分布,以及对应的声速分布,进一步弱化倾斜横模的激发条件,从而起到抑制倾斜横模的作用。

在一些实施例中,第一汇流条的栅格和第二汇流条的栅格在沿第一方向上交错设置。通过上述设置,有利于提高叉指换能器的规整性的同时,进一步改变汇流条的电场分布,以及对应的声速分布,进一步弱化倾斜横模的激发条件,从而起到抑制倾斜横模的作用。

另一方面,本申请实施例还提供一种声学滤波器的制备方法,包括:提供压电衬底。形成叉指换能器,叉指换能器位于压电衬底的一侧;其中,压电衬底和位于压电衬底一侧的叉指换能器;叉指换能器包括第一汇流条和第二汇流条,第一汇流条和第二汇流条沿第一方向相对设置,第一方向平行于压电衬底。叉指换能器还包括叉指电极,叉指电极包括多个第一电极指和多个第二电极指,在第一方向上,第一电极指和第二电极指相间且相向地设置,第一电极指和第二电极指中的一个与第一汇流条连接,另一个与第二汇流条连接;在第二方向上,第一电极指和第二电极指相间且交替地设置,第二方向平行于压电衬底,且第二方向垂直于第一方向。第一汇流条和第二汇流条之间包括沿第一方向排布的边缘区域、间隔区域、中心区域和倾斜区域,倾斜区域位于中心区域和间隔区域之间,间隔区域位于倾斜区域和边缘区域之间;第二电极指位于边缘区域;第一电极指位于边缘区域、间隔区域和中心区域的部位平行于第一方向,且位于倾斜区域的部位,同时相对于第一方向和第二方向倾斜;任一沿第一方向相间且相向设置的第一电极指和第二电极指中,第一电极指位于中心区域的部位,位于相对的第二电极指的第一侧。基于本申请实施例提供的声学滤波器的制备方法形成的声学滤波器包括如上述的声学滤波器,因此具有上述的全部有益效果,在此不再赘述。

另一方面,本申请实施例还提供一种电子设备,包括上述任一实施例的声学滤波器。本申请的实施例提供的电子设备包括如上述的声学滤波器,因此具有上述的全部有益效果,在此不再赘述。

附图说明

- 图1为本申请实施例提供的一种电子设备的结构图;
图2为本申请实施例提供的一种声学滤波器的框图;
图3为本申请实施例提供的一种谐振器的结构图;
图4为本申请实施例提供的一种叉指换能器的结构图;
图5为本申请一些实施例提供的一种谐振器中的叉指换能器的结构图;
图6为图5中的谐振器的俯视图;
图7为本申请一些实施例提供的另一种谐振器中的叉指换能器的结构图;
图8为本申请实施例提供的一种叉指换能器中的压电衬底的慢度曲线图;
图9为图4中的叉指换能器与没有设置倾斜区域的叉指换能器在横向模式频率范围内的振幅

曲线图；

图 10 为图 4 中的叉指换能器与没有设置倾斜区域的叉指换能器的电导曲线图；

图 11 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 12 为图 11 中的叉指换能器对应的声速曲线图；

5 图 13 为图 4 中的叉指换能器、图 11 中的叉指换能器以及没有设置倾斜区域的叉指换能器的电导曲线图；

图 14 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 15 为图 14 中第一电极指位于倾斜区域的部位的局部放大图；

图 16 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

10 图 17 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 18 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 19 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 20 为设置有倾斜区域和栅格区域的叉指换能器、只设置有倾斜区域和的叉指换能器以及没有设置倾斜区域的叉指换能器的电导曲线图；

15 图 21 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 22 为图 21 中的叉指换能器中的压电衬底的沿第一方向 Y 的速度分布图；

图 23 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 24 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 25 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

20 图 26 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 27 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

图 28 为图 23 中的叉指换能器、图 24 中的叉指换能器、图 25 中的叉指换能器、图 26 中的叉指换能器以及图 27 中的叉指换能器的电导曲线图；

图 29 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器的结构图；

25 图 30 为本申请实施例提供的另一种声学滤波器的制备方法的步骤流程图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。

30 以下，术语“第一”、“第二”等仅用于描述方便，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”等的特征可以明示或者隐含地包括一个或者多个该特征。在本申请的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

在本申请实施例中，“示例性的”或者“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请实施例中描述为“示例性的”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用“示例性的”或“例如”等词旨在以具体方式呈现相关概念。

在本申请实施例中，例如上、下、左、右、前和后等用于解释本申请中不同部件的结构和运动的方向指示是相对的。当部件处于图中所示的位置时，这些指示是恰当的。但是，如果元件位置的说明发生变化，那么这些方向指示也将会相应地发生变化。

40 在本申请实施例中，“平行”、“垂直”、“等于”、“重合”包括所阐述的情况以及与所阐述的情况相近似的情况，该相近似的情况的范围处于可接受偏差范围内，其中所述可接受偏差范围如由本领域普通技术人员考虑到正在讨论的测量以及与特定量的测量相关的误差(即，测量系统的局限性)所确定。

45 例如，“平行”包括绝对平行和近似平行，其中近似平行的可接受偏差范围例如可以是 5° 以内偏差；“垂直”包括绝对垂直和近似垂直，其中近似垂直的可接受偏差范围例如也可以是 5° 以内偏差。“等于”包括绝对相等和近似相等，其中近似相等的可接受偏差范围内例如可以是相等的两者之间的差值小于或等于其中任一者的 5%。“重合”包括绝对重合和近似重合，其中近

似重合的可接受偏差范围内例如可以是重合的两者之间的差值小于或等于其中任一者的 5%。

应当理解的是，当层或元件被称为在另一层或基板上时，可以是该层或元件直接在另一层或基板上，或者也可以是该层或元件与另一层或基板之间存在中间层。

在本申请实施例中，参照作为理想化示例性附图的剖视图和/或平面图描述了示例性实施方式。在附图中，为了清楚，放大了层和区域的厚度。因此，可设想到由于例如制造技术和/或公差引起的相对于附图的形状的变动。因此，示例性实施方式不应解释为局限于本文示出的区域的形状，而是包括因例如制造而引起的形状偏差。例如，示为矩形的蚀刻区域通常将具有弯曲的特征。因此，附图中所示的区域本质上是示意性的，且它们的形状并非旨在示出设备的区域的实际形状，并且并非旨在限制示例性实施方式的范围。

图 1 为本申请实施例提供的一种电子设备 01 的结构图。本申请提供的电子设备 01 包括声学滤波器 02，该声学滤波器 02 可以为如下任一实施例中的声学滤波器 02。其中，该声学滤波器 02 可以为以下几种：其中一种的声学滤波器 02 可以包括声学谐振器；另一种的声学滤波器 02 可以包括纵向耦合谐振单元（coupling resonance filter, CRF）；另一种的声学滤波器 02 同时包括声学谐振器和纵向耦合谐振单元。该声学滤波器 02 的数量可以为多个，多个该声学滤波器 02 可以构成多工器。

其中，电子设备 01 可以为射频前端、滤波放大模块等中间产品，或者，电子设备 01 还可以为手机、平板电脑、无人机等终端产品。

图 2 为本申请实施例提供的一种声学滤波器 02 的框图。如图 2 所示，声学滤波器 02 可以包括至少一个第一器件 100A 和至少一个第二器件 100B。声学滤波器 02 还可以包括输入端口 IN、输出端口 OUT 以及接地端，其中，至少一个第一器件 100A 可以串联电连接于输入端口 IN 与输出端口 OUT 之间，第二器件 100B 可以电连接于第一器件 100A 与接地端之间。通过设置多个第一器件 100A，从而使声学滤波器 02 形成第一带阻；通过设置多个第二器件 100B，从而使声学滤波器 02 形成第二带阻。通过上述设置，以使声学滤波器 02 具有相应的带通，从而能使相应频段的信号通过。

例如，图 2 中示出的声学滤波器 02 可以包括三个第一器件 100A 以及两个第二器件 100B，当然，在其他的实施例中，声学滤波器 02 中第一器件 100A 和第二器件 100B 的数量可以根据实际的需要进行相应的设置。

上述第一器件 100A 和第二器件 100B 可以均为谐振器 100，其中，谐振器 100 可以为如下任一实施例中的结构。

图 3 为本申请实施例提供的一种谐振器 100 的结构图。如图 3 所示，谐振器 100 包括压电衬底 20 和位于压电衬底 20 一侧的叉指换能器 10。

压电衬底 20 包括依次层叠设置的高声速层 21、低声速层 23 以及压电层 24。其中，压电层 24 的材质可以包括铌酸锂、钽酸锂、石英、砷化镓、陶瓷或四硼酸锂中的一种或者多种的组合，本申请对此不进行限定。低声速层 23 的声速小于高声速层 21 的声速，例如：低声速层 23 的材质可以包括二氧化硅、氧化钛、氧化锆或氮氧化硅中的一种或者多种的组合，高声速层 21 的材质可以包括硅、金刚石、蓝宝石、碳化硅、氮化硅、氧化铝、石英或氮化铝中的一种或者多种的组合，本申请对此不进行限定。

在一些其他的实施例中，压电衬底 20 还可以包括功能层 22，功能层 22 可以位于低声速层 23 和高声速层 21 之间。通过设置功能层 22，有利于提高衬底整体性能，例如提升谐振器品质因数。功能层 22 的层数可以为一层或者多层。

继续参照图 3，示例性的，叉指换能器 10 可以位于压电层 24 背离低声速层 23 的一侧。其中，叉指换能器 10 的材质可以包括铝、铜、钛、金、银、铂、钨中一种或者多种的组合；或者，叉指换能器 10 的材质还可以为其他合金材料。

图 4 为本申请实施例提供的一种叉指换能器 10 的结构图。下文中的第一方向 Y 与第二方向 X 均平行于压电衬底 20，且第一方向 Y 垂直于第二方向 X。

如图 4 所示，叉指换能器 10 包括第一汇流条 101 和第二汇流条 102，第一汇流条 101 和第二汇流条 102 沿第一方向 Y 相对设置。示例性的，位于图 4 中上端的可以为第一汇流条 101，第一

汇流条 101 的形状可以大致为矩形, 第一汇流条 101 可以平行于第二方向 X; 位于图 4 中下端的可以为第二汇流条 102, 第二汇流条 102 的形状可以大致为矩形, 第二汇流条 102 可以平行于第二方向 X。

5 叉指换能器 10 还包括叉指电极, 叉指电极包括多个第一电极指 11 和多个第二电极指 12。示例性的, 第一电极指 11 的长度可以大于第二电极指 12 的长度。

在第一方向 Y 上, 第一电极指 11 和第二电极指 12 相间隔且相向地设置, 第一电极指 11 和第二电极指 12 中的一个与第一汇流条 101 连接, 另一个与第二汇流条 102 连接。示例性的, 将沿第一方向 Y 相间隔且相向设置的第一电极指 11 和第二电极指 12 称为电极指组。如图 4 中 N1 处的电极指组中, 第一电极指 11 远离第二电极指 12 的一端与第一汇流条 101 连接, 第二电极指 12 远离第一电极指 11 的一端与第二汇流条 102 连接。如图 4 中 N2 处电极指组中, 沿第一方向 Y 相对设置的第一电极指 11 和第二电极指 12, 第一电极指 11 远离第二电极指 12 的一端与第二汇流条 102 连接, 第二电极指 12 远离第一电极指 11 的一端与第一汇流条 101 连接。

10 在第二方向 X 上, 第一电极指 11 和第二电极指 12 相间隔且交替地设置。示例性的, 与第一汇流条 101 连接的第一电极指 11 和第二电极指 12, 在第二方向 X 上相间隔且交替地设置; 同时, 与第二汇流条 102 连接的第一电极指 11 和第二电极指 12, 在第二方向 X 上相间隔且交替地设置。

15 通过上述设置, 第一汇流条 101 可以同时与第一电极指 11 和第二电极指 12 连接, 第二汇流条 102 可以同时与第一电极指 11 和第二电极指 12 连接, 以使第一汇流条 101 和第二汇流条 102 能够向第一电极指 11 和第二电极指 12 提供电激励, 第一电极指 11 和第二电极指 12 能够激发声表面波。其中, 声表面波的主传播方向 M 为第二方向 X。声表面波垂直于主传播方向 M 的分量, 在第一汇流条 101 和第二汇流条 102 之间形成驻波, 即横向模式。横向模式表现在谐振器 100 的电响应方面, 会在谐振频率和反谐振频率附近出现杂散, 该杂散模式会影响通带的平坦性, 增大声学滤波器的插损。

20 图 5 为本申请一些实施例提供的一种谐振器中的叉指换能器 91 的结构图。如图 5 所示, 叉指换能器 91 包括第一汇流条 911、第二汇流条 912、第一电极指 913 和第二电极指 914, 与本申请实施例中的结构不同的是, 第一汇流条 911 和第二汇流条 912 与主传播方向 M 之间存在的夹角, 第一电极指 913 交叠的部分构成声波传播通道 915, 声波传播通道 915 与主传播方向 M 之间的夹角为预设夹角 h 。图 6 为图 5 中的谐振器的俯视图。然而, 结合图 5 和图 6 可以看出, 由于上述结构整体大致为平行四边形, 导致叉指换能器 91 在声学滤波器内的占用面积较大, 进而使得声学滤波器的空间利用率降低。

30 图 7 为本申请一些实施例提供的另一种谐振器中的叉指换能器 92 的结构图。如图 7 所示, 叉指换能器 92 包括第一汇流条 921、第二汇流条 922、第一电极指 923 和第二电极指 924, 与本申请实施例中的结构不同的是, 第一电极指 923 沿第二方向 X 交叠的部分构成声波传播通道 925, 声波传播通道 925 在第一方向 Y 上的长度为孔径长度, 孔径长度沿第二方向 X 逐渐变化。然而, 为使孔径长度增加, 谐振器整体结构的面积也会增大, 导致谐振器在声学滤波器内的占用面积较大, 进而使得声学滤波器的空间利用率降低。

35 有鉴于此, 继续参照图 4, 本申请实施例中的第一汇流条 101 和第二汇流条 102 之间包括沿第一方向 Y 排布的边缘区域 A、间隔区域 B、中心区域 D 和倾斜区域 C。如图 4 所示, 第二电极指 12 位于边缘区域 A; 第一电极指 11 位于边缘区域 A、间隔区域 B、中心区域 D 以及倾斜区域 C。

40 示例性的, 在边缘区域 A 内, 第一电极指 11 和第二电极指 12 在沿第二方向 X 上彼此交叠。在一些实施例中, 边缘区域 A 可以包括沿第一方向 Y 相对设置的第一边缘区域 A1 和第二边缘区域 A2。其中, 第一边缘区域 A1 可以与第一汇流条 101 相邻接; 第一边缘区域 A1 内, 与第一汇流条 101 连接的第二电极指 12 在沿第二方向 X 上彼此交叠。第二边缘区域 A2 可以与第二汇流条 102 相邻接; 在第二边缘区域 A2 内, 与第二汇流条 102 连接的第二电极指 12 在沿第二方向 X 上彼此交叠。

45 示例性的, 在间隔区域 B 内, 第一电极指 11 在沿第二方向 X 上彼此交叠。在一些实施例中, 间隔区域 B 可以包括第一间隔区域 B1 和第二间隔区域 B2。其中, 第一间隔区域 B1 邻接于第一

边缘区域 A1 背离第一汇流条 101 的一侧；第一间隔区域 B1 内，与第一汇流条 101 连接的第一电极指 11 在沿第二方向 X 上彼此交叠。第二间隔区域 B2 邻接于第二边缘区域 A2 背离第二汇流条 102 的一侧；第二间隔区域 B2 内，与第二汇流条 102 连接的第一电极指 11 在沿第二方向 X 上彼此交叠。

5 其中，第一电极指 11 位于间隔区域 B 的部分的长度 L1 的取值范围可以为 $0.05\lambda \sim 0.3\lambda$ ，其中， λ 为叉指电极的周期长度 P。此处，周期长度 P 是指与第一汇流条 101 相连接的、相邻的两个第一叉指电极之间的距离。例如，第一电极指 11 位于第一间隔区域 B1 的部分的长度 L1 可以为 0.05λ 、 0.175λ 或者 0.3λ ，第一电极指 11 位于第二间隔区域 B2 的部分的长度 L1 也可以为 0.05λ 、 0.175λ 或者 0.3λ 。在第一电极指 11 位于间隔区域 B 的部分的长度 L1 趋近于 0.05λ 时，
10 有利于避免声阻抗在沿第一方向 Y 上发生突变，进而避免体声波散射等效应产生，进一步避免产生其他杂散模式。

示例性的，在中心区域 D 和倾斜区域 C 内，第一电极指 11 在沿第二方向 X 上彼此交叠。其中，倾斜区域 C 位于中心区域 D 和间隔区域 B 之间，间隔区域 B 位于倾斜区域 C 和边缘区域 A 之间。通过上述设置，中心区域 D 和倾斜区域 C 位于第一间隔区域 B1 和第二间隔区域 B2 之间。
15 第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的长度 L2 的取值范围可以为 $10\lambda \sim 50\lambda$ ，其中， λ 为叉指电极的周期长度 P。此处，周期长度 P 是指与第一汇流条 101 相连接的、相邻的两个第一叉指电极之间的距离。例如，第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的长度 L2 可以为 10λ 、 30λ 或者 50λ 。

在一些实施例中，倾斜区域 C 的数量可以为一个，其中，倾斜区域 C 可以位于第一间隔区域 B1 和中心区域 D 之间，或者，倾斜区域 C 可以位于第二间隔区域 B2 和中心区域 D 之间。在一些其他的实施例中，倾斜区域 C 的数量还可以为两个，其中，一个倾斜区域 C 可以位于第一间隔区域 B1 和中心区域 D 之间，另一个倾斜区域 C 可以位于第二间隔区域 B2 和中心区域 D 之间。
20 本申请实施例对倾斜区域 C 的数量不进行具体限定。

如图 4 所示，第一电极指 11 位于边缘区域 A、间隔区域 B 和中心区域 D 的部位平行于第一方向 Y，且位于倾斜区域 C 的部位，同时相对于第一方向 Y 和第二方向 X 倾斜。示例性的，第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部分的延伸方向可以为直线，或者，第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部分的延伸方向可以为弧线，本申请实施例对此不进行限定。
25

图 8 为本申请实施例提供的一种叉指换能器 10 中的压电衬底 20 的慢度曲线图。其中，偏转角为第一电极指 11 的延伸方向的法线（例如如图 4 中的 s9）与第二方向 X 之间的夹角；慢度为第一电极指 11 所激发的声表面波的速度倒数。根据声波滤波器的慢度特性，声波滤波器中电极指的延伸方向与电极指所激发的声表面波的声速之间存在一定相关性。如图 8 所示，当第一电极指 11 的延伸方向的法线与第二方向 X 之间的夹角为 0° ，也即，第一电极指 11 的延伸方向垂直于第二方向 X 时，第一电极指 11 所激发的声表面波的声速为 S；当第一电极指 11 的延伸方向的法线与第二方向 X 之间的夹角大于 0° 且小于 90° 、或者该夹角小于 0° 且大于 -90° 时，第一电极指 11 所激发的声表面波的声速小于 S。通过设置倾斜区域 C，第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位所激发的声表面波的声速降低。
30 35

图 9 为图 4 中的叉指换能器 10 与没有设置倾斜区域的叉指换能器 10 在横向模式频率范围内的振幅曲线图。其中，图 9 中的对比例为没有设置倾斜区域的叉指换能器 10，图 9 中的本申请实施例为图 4 中的叉指换能器 10。结合图 9 可以看出，第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位所激发的声表面波的声速降低，以使该部分能够形成波导，进而能够调节叉指电极在第二方向 X 上的电荷分布，进而抑制横向模式的激发。
40

图 10 为图 4 中的叉指换能器 10 与没有设置倾斜区域的叉指换能器 10 的电导曲线图。其中，图 10 中的对比例为没有设置倾斜区域的叉指换能器 10，图 10 中的本申请实施例为图 4 中的叉指换能器 10。进一步地，结合图 10 可以看出，相比于没有设置倾斜区域的叉指换能器 10，本申请实施例提供的叉指换能器 10 的电导曲线在低阶范围内（如图中 H1 处）较为平滑。通过上述设置，
45 有利于抑制相对低阶的横向模式的激发。

继续参照图 4，任一沿第一方向 Y 相间隔且相向设置的第一电极指 11 和第二电极指 12 中，

第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位, 位于相对的第二电极指 12 的第一侧。示例性的, 图示位置中第二电极指 12 的右侧为第一侧。如上述实施例中所述, 沿第一方向 Y 相间隔且相向设置的第一电极指 11 和第二电极指 12 即为电极指组。同一组电极指组中, 第一电极指 11 位于第二电极指 12 的第一侧, 也即, 第一电极指 11 位于第二电极指 12 的右侧。通过上述设置, 同一倾斜区域 C 内, 便于使第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部分的偏转角相同, 有利于提高第一电极指 11 的规整性, 便于降低声学滤波器 02 的制备难度。同时, 如上述实施例中所述, 由于位于倾斜区域 C 的部分的倾斜角度, 与声波滤波器的慢度特性相关, 通过上述设置, 便于位于同一倾斜区域 C 的第一电极指 11 对横向模式的抑制效果相同。

当然, 在一些其他的实施例中, 第一侧还可以位于图示位置中第二电极指 12 的左侧。同一组电极指组中, 第一电极指 11 位于第二电极指 12 的第一侧, 也即, 第一电极指 11 位于第二电极指 12 的左侧。

综上所述, 本申请实施例提供的声学滤波器 02 包括的叉指换能器 10 中, 第一汇流条 101 和第二汇流条 102 之间包括沿第一方向 Y 排布的边缘区域 A、间隔区域 B、中心区域 D 和倾斜区域 C。第一电极指 11 位于边缘区域 A、间隔区域 B 和中心区域 D 的部位平行于第一方向 Y, 且位于倾斜区域 C 的部位, 同时相对于第一方向 Y 和第二方向 X 倾斜。通过设置倾斜区域 C, 第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的所激发的声表面波的声速降低, 以使该部分能够形成波导, 进而能够调节叉指电极在第二方向 X 上的电荷分布, 进而抑制横向模式的激发。相比于对叉指换能器 10 的整体结构的形状进行调整, 本申请实施例通过设置倾斜区域 C 来抑制横向模式的激发, 仅需调整部分第一电极指 11 的延伸方向, 进而有利于缩小谐振器 100 的占用面积。基于此, 任一沿第一方向 Y 相间隔且相向设置的第一电极指 11 和第二电极指 12 中, 第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位, 位于相对的第二电极指 12 的第一侧。通过上述设置, 同一倾斜区域 C 内, 便于使第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部分的延伸方向相同, 便于降低声学滤波器 02 的制备难度。同时, 由于位于倾斜区域 C 的部分的倾斜角度, 与声波滤波器的慢度特性相关, 便于位于同一倾斜区域 C 的第一电极指 11 对横向模式的抑制效果相同。

图 11 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。如图 11 所示, 第一汇流条 101 和第二汇流条 102 之间还可以包括过渡区域 E, 过渡区域 E 邻接于倾斜区域 C 和间隔区域 B 之间, 第一电极指 11 位于过渡区域 E 的部位平行于第一方向 Y。示例性的, 过渡区域 E 的数量与倾斜区域 C 的数量相同。例如, 过渡区域 E 和倾斜区域 C 的数量可以为一个, 过渡区域 E 邻接于倾斜区域 C 和第一间隔区域 B1 之间, 或者, 过渡区域 E 邻接于倾斜区域 C 和第二间隔区域 B2 之间。

图 12 为图 11 中的叉指换能器 10 对应的声速曲线图。如图 12 所示, 第一汇流条 101 对应的声速曲线为 f1 段, 第二汇流条 102 对应的声速曲线为 f2 段。位于第一边缘区域 A1 的叉指电极对应的声速区域为 a1 段, 位于第二边缘区域 A2 的叉指电极对应的声速区域为 a2 段, 且 a1 段声速小于 f1 段的声速, a2 段的声速小于 f2 段的声速。位于第一间隔区域 B1 的叉指电极对应的声速区域为 b1 段, 位于第二间隔区域 B2 的叉指电极对应的声速区域为 b2 段, b1 段声速大于 a1 段的声速, b2 段的声速大于 a2 段的声速。位于倾斜区域 C 的叉指电极对应的声速区域为 c 段, c 段声速小于 a1 段和 a2 段的声速。可见, 间隔区域 B 与倾斜区域 C 之间的声速变化较大。可以理解的是, 声速突变的叉指电极将激发其他模态的杂散声波最终恶化谐振器 100 性能。

位于过渡区域 E 的叉指电极对应的声速区域为 e 段。e 段声速小于 b1 段和 b2 段的声速, 且大于 c 段的声速。通过设置过渡区域 E, 有利于避免倾斜区域 C 和间隔区域 B 之间的声速发生突变, 进而抑制其他模态的杂散声波的影响。

继续参照图 11, 过渡区域 E 和倾斜区域 C 的数量可以为两个。间隔区域 B 可以包括沿第一方向 Y 相对设置的第一间隔区域 B1 和第二间隔区域 B2, 倾斜区域 C 可以包括沿第一方向 Y 设置的第一倾斜区域 C1 和第二倾斜区域 C2。其中, 第一间隔区域 B1 可以位于第一边缘区域 A1 和第一倾斜区域 C1 之间, 第二间隔区域 B2 可以位于第二边缘区域 A2 和第二倾斜区域 C2 之间。通过设置第一倾斜区域 C1 和第二倾斜区域 C2, 第一叉指电极位于第一倾斜区域 C1 和第二倾斜区域 C2 的部分所激发的声速降低, 以使位于第一倾斜区域 C1 和第二倾斜区域 C2 的部分能够形成波导, 进一步调节叉指电极在第二方向 X 上的电荷分布, 进一步抑制横向模式的激发。

继续参照图 12, 位于第一倾斜区域 C1 的叉指电极对应的声速区域为 c1 段, 位于第二倾斜区域 C2 的叉指电极对应的声速区域为 c2 段。c1 段声速小于 b1 段的声速, c2 段的声速小于 c2 段的声速。位于第一过渡区域 E1 的叉指电极对应的声速区域为 e1 段, 位于第二过渡区域 E2 的叉指电极对应的声速区域为 e2 段。e1 段声速小于 b1 段的声速且大于 c1 段的声速, e2 段声速小于 b2 段的声速且大于 c2 段的声速。通过设置第一过渡区域 E1 和第二过渡区域 E2, 有利于进一步避免体声波散射等效应产生, 进一步避免产生其他杂散模式。

继续参照图 11, 第一倾斜区域 C1 可以包括沿第一方向 Y 设置的第一边界线 s1 和第二边界线 s2, 第一电极指 11 在第一边界线 s1 的中点和第二边界线 s2 的中点之间的连线的法线, 与第二方向 X 之间具有第一预设夹角 q1。示例性的, 第一边界线 s1 位于第一倾斜区域 C1 和中间区域之间, 第二边界线 s2 位于第一倾斜区域 C1 和第一过渡区域 E1 之间。通过上述设置, 以使第一电极指 11 位于第一倾斜区域 C1 的部分同时相对于第一方向 Y 和第二方向 X 倾斜。

在一些实施例中, 第一预设夹角 q1 的取值范围为 $3^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 。例如, 第一预设夹角 q1 可以为 3° 、 9° 或者 20° 。通过上述设置, 以使第一电极指 11 位于第一倾斜区域 C1 的部分能够形成波导, 并抑制横向模式的激发。

相似地, 第二倾斜区域 C2 可以包括沿第一方向 Y 设置的第三边界线 s3 和第四边界线 s4, 第一电极指 11 在第三边界线 s3 的中点和第四边界线 s4 的中点之间的连线的法线, 与第二方向 X 之间具有第二预设夹角 q2。示例性的, 第三边界线 s3 位于第二倾斜区域 C2 和中间区域之间, 第四边界线 s4 位于第二倾斜区域 C2 和第二过渡区域 E2 之间。通过上述设置, 以使第一电极指 11 位于第二倾斜区域 C2 的部分同时相对于第一方向 Y 和第二方向 X 倾斜。

在一些实施例中, 第二预设夹角 q2 的取值范围为 $-3^{\circ} \sim -20^{\circ}$ 。例如, 第二预设夹角 q2 可以为 -3° 、 -9° 或者 -20° 。通过上述设置, 以使第一电极指 11 位于第二倾斜区域 C2 的部分能够形成波导, 并抑制横向模式的激发。

结合图 8 所示, 对于具有对称慢度特性的声波滤波器, 第一预设夹角 q1 和第二预设夹角 q2 的绝对值可以相同。对于慢度曲线关于 Sx 轴不对称的情况, 第一预设夹角 q1 和第二预设夹角 q2 的绝对值可以不同, 从而保持第一倾斜区 C1 和第二倾斜区 C2 声速的一致。

继续参照图 11, 第二电极指 12 位于第一边缘区域 A1 的部位的中心线 s5, 与第一电极指 11 位于第一过渡区域 E1 的部位的中心线 s6, 重合。并且, 第二电极指 12 位于第二边缘区域 A2 的部分的中心线 s7, 与第一电极指 11 位于第二过渡区域 E2 的部位的中心线 s8, 重合。通过上述设置, 由第一电极指 11 至第二电极指 12 的方向上, 避免声阻抗发生突变, 进而避免体声波散射等效应产生, 进一步避免产生其他杂散模式。

继续参照图 11, 叉指电极位于边缘区域 A 的部位的长度 L3 的取值范围可以为 $0.2\lambda \sim 3\lambda$, 叉指电极位于过渡区域 E 的部位的长度 L4 的取值范围可以为 $0.1\lambda \sim 1\lambda$, 其中, λ 为叉指电极的周期长度 P。此处, 周期长度 P 是指与第一汇流条 101 相连接的、相邻的两个第一叉指电极之间的距离。例如, 叉指电极位于边缘区域 A 的部位的长度 L3 为 0.2λ 、 1.5λ 或者 3λ , 叉指电极位于过渡区域 E 的部位的长度 L4 为 0.1λ 、 0.5λ 或者 1λ 。

例如, 叉指电极位于边缘区域 A 的部位的长度在趋近于 0.2λ , 叉指电极位于过渡区域 E 的部位的长度趋近于 0.1λ 时, 有利于减小叉指电极的占用面积; 叉指电极位于边缘区域 A 的部位的长度趋近于 3λ , 叉指电极位于过渡区域 E 的部位的长度趋近于 1λ 时, 有利于提高横向模式的抑制效果。

图 13 为图 4 中的叉指换能器 10、图 11 中的叉指换能器 10 以及没有设置倾斜区域的叉指换能器 10 的电导曲线图。图 13 中的本申请实施例 1 为图 4 中的叉指换能器 10 的电导曲线, 图 13 中的本申请实施例 2 为图 11 中的叉指换能器 10 的电导曲线, 图 13 中的对比例为没有倾斜区域的叉指换能器 10 的电导曲线。结合图 11 和图 13 可以看出, 相比于没有设置倾斜区域的叉指换能器 10, 通过设置叉指电极位于边缘区域 A 的部位的长度 L3 和叉指电极位于过渡区域 E 的部位的长度 L4, 本申请实施例提供的叉指换能器 10 的电导曲线在高阶范围内 (如图中 H2 处) 较为平滑, 有利于抑制相对高阶的横向模式的激发。

继续参照图 11, 第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位宽度, 可以等于第一电极指 11 位于

中心区域 D 的部位的宽度。示例性的, 位于倾斜区域 C 的第一电极指 11 的边缘包括相对设置的第一边缘 103 和第二边缘 104。其中, “宽度”是指第一边缘 103 和第二边缘 104 之间的距离。例如, 第一边缘 103 和第二边缘 104 可以相互平行设置, 且第一边缘 103 和第二边缘 104 邻接于过渡区域 E 和中心区域 D 之间。通过上述设置, 第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的宽度等于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的宽度。

当然, 在一些其他的实施例中, 第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的宽度, 还可以小于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的宽度。本申请实施例对第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位和位于中心区域 D 的部位之间的相对宽度不进行具体限定。

图 14 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。参照图 14, 在一些其他的实施例中, 第一边缘 103 和第二边缘 104 还可以为其他形状, 且两者之间的距离还可以大于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的宽度, 以使第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的宽度大于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的宽度。其中, 由于第一电极指 11 的材质通常包括金属, 当第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部分的宽度大于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部分的宽度时, 第一电极指 11 的位于倾斜区域 C 的金属化比增加, 有利于进一步降低倾斜区域 C 对应的声速, 进而抑制横向模式的激发。

例如, 第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的宽度的总和, 与倾斜区域 C 沿第二方向 X 的宽度的比值的取值范围可以为 0.6~0.8。例如, 第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的宽度的总和, 与倾斜区域 C 沿第二方向 X 的宽度的比值可以为 0.6、0.7 或者 0.8。通过上述设置, 有利于进一步降低倾斜区域 C 对应的声速, 进而抑制横向模式的激发。

在一些实施例中, 位于倾斜区域 C 的第一电极指 11 的边缘可以包括直线段。图 15 为图 14 中第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的局部放大图。参照图 15, 例如, 第一边缘 103 还可以包括多个直线段, 且第二边缘 104 还可以包括多个直线段, 第一边缘 103 和第二边缘 104 围设的图形可以呈多边形。

示例性的, 第一边缘 103 可以包括第一段 103a 和第二段 103b, 且第一段 103a 和第二段 103b 均为直线段; 第二边缘 104 可以包括第三段 104a 和第四段 104b, 且第三段 104a 和第四段 104b 均为直线段。其中, 第一电极指 11 位于过渡区域 E 的部分同时与第一段 103a 和第三段 104a 相连接, 第一电极指 11 位于中心区域 D 的部分同时与第二段 103b 和第四段 104b 相连接。第三段 104a 与第二段 103b 的延伸方向平行于第一方向 Y, 第一段 103a 和第四段 104b 相互平行, 且同时相对于第一方向 Y 和第二方向 X 倾斜。通过上述设置, 第一边缘 103 和第二边缘 104 围设的图形可以呈六边形, 且第一边缘 103 和第二边缘 104 之间的距离, 大于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的宽度。以使第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的宽度大于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的宽度。

如上述实施例中所述, 第一电极指 11 在第一边界线 s1 的中点和第二边界线 s2 的中点之间的连线的法线, 与第二方向 X 之间具有第一预设夹角 q1。第一电极指 11 在第三边界线 s3 的中点和第四边界线 s4 的中点之间的连线的法线, 与第二方向 X 之间具有第二预设夹角 q2。第一预设夹角 q1 和第二预设夹角 q2 的取值范围在此不再赘述。

进一步地, 位于第一倾斜区域 C1 内, 第二段 103b 和第三段 104a 的法线与第二方向 X 之间还可以具有第三预设夹角 q3。第三预设夹角 q3 的取值范围为 3° ~ 20° 。例如, 第三预设夹角 q3 可以为 3° 、 9° 或者 20° 。通过上述设置, 以使第一电极指 11 位于第一倾斜区域 C1 的部分能够形成波导, 并抑制横向模式的激发。

进一步地, 位于第二倾斜区域 C2 内, 第二段 103b 和第三段 104a 的法线与第二方向 X 之间还可以具有第四预设夹角 q4。第四预设夹角 q4 的取值范围为 -3° ~ -20° 。例如, 第四预设夹角 q4 可以为 -3° 、 -9° 或者 -20° 。通过上述设置, 以使第一电极指 11 位于第二倾斜区域 C2 的部分能够形成波导, 并抑制横向模式的激发。

当然, 在一些其他的实施例中, 第一边缘 103 和第二边缘 104 还可以为其他结构。图 16 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。参照图 16, 第一边缘 103 和第二边缘 104 还可以围设成矩形, 且相对设置的两个矩形边之间的距离大于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位

的宽度。

在一些其他的实施例中，位于倾斜区域 C 的第一电极指 11 的边缘包括弧线段。图 17 本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。参照图 17，例如，第一边缘 103 和第二边缘 104 均为弧线段，且弧线段的一端与中心区域 D 连接，弧线段的另一端与过渡区域 E 连接。

5 综上所述，本申请实施例对第一边缘 103 和第二边缘 104 的形状不进行具体限制，能够实现第一边缘 103 和第二边缘 104 之间的距离大于或者等于第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位的宽度均可。

图 18 本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图；图 19 本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。

10 参照图 18 和图 19，叉指换能器 10 还可以包括负载部 13，负载部 13 位于倾斜区域 C，且位于第一电极指 11 背离压电衬底 20 的一侧。通过设置负载部 13，有利于增加倾斜区域 C 内第一电极指 11 的质量负载，有利于进一步降低倾斜区域 C 对应的声速，进而抑制横向模式的激发。

15 参照图 18，在一些实施例中，负载部 13 可以包括导电层 13a，导电层 13a 在压电衬底 20 的正投影，位于第一电极指 11 在压电衬底 20 的正投影，以内。其中，导电层 13a 的材质可以包括金属。示例性的，导电层 13a 的数量可以为多个，且一个导电层 13a 与一个第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部分相对应，一个导电层 13a 在压电衬底 20 上的正投影，位于与其对应的第一电极指 11 在压电衬底 20 的正投影以内，以使多个导电层 13a 之间电性隔离，避免相邻的第一电极指 11 之间出现短路。

20 参照图 19，在一些其他的实施例中，负载部 13 可以包括介质层 13b，介质层 13b 平行于第二方向 X，第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的至少部分与介质层 13b 交叠。其中，介质层 13b 的材质可以包括氮化硅、氧化硅以及氮氧化硅中的一种或者多种。示例性的，介质层 13b 可以为沿第二方向 X 延伸的长条结构，由于介质层 13b 不具有导电性能，相邻的第一电极指 11 之间具有电性隔离，进而避免相邻的第一电极指 11 之间出现短路。

25 同时，由于介质层 13b 为沿第二方向 X 延伸的连续的结构，有利于降低介质层 13b 的制作难度。

基于上述结构，叉指换能器 10 在包括倾斜区域 C 的实施例中，在对横向模式起到抑制效果的同时，可能会引发不期望的杂波，这种杂波具有明显的横向分量，这种杂波的横向分量也会影响通带的平坦性，增大声学滤波器 01 的插损。为便于说明，本文将该杂波的横向分量称为倾斜横模。

30 图 20 为设置有倾斜区域 C 和栅格区域 G3 的叉指换能器 10、只设置有倾斜区域 C 的叉指换能器 10 以及没有设置倾斜区域 C 的叉指换能器 10 的电导曲线图。如图 20 所示，图 20 中的对比比例为叉指换能器 10 的没有倾斜区域 C 的电导曲线，图 20 中的本申请实施例 11 为图 4 中的叉指换能器 10 的电导曲线，在 H3 区域处，设置有倾斜区域 C 的叉指换能器 10 的电导曲线相比于没有设置倾斜区域 C 的叉指换能器 10 的电导曲线较为平滑，然而在 H4 区域处（频率大于反谐振点 Q 处，例如频率范围可以为 2000MHz~2050MHz），设置有倾斜区域 C 的叉指换能器 10 的电导曲线相比于没有设置倾斜区域 C 的叉指换能器 10 的电导曲线的波动较大，可见，设置有倾斜区域 C 的叉指换能器 10 引发了不期望的倾斜横模。

40 为了进一步抑制这种倾斜横模，本申请实施例还提供另一种叉指换能器 10。图 21 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。如图 21 所示，第一汇流条 101 和第二汇流条 102 中的每个汇流条包括沿第一方向 Y 排布的第一汇流区域 G1、栅格区域 G3 以及第二汇流区域 G2，栅格区域 G3 位于第一汇流区域 G1 和第二汇流区域 G2 之间。

45 示例性的，第一汇流条 101 位于第一汇流区域 G1 的部位可以与电极指相邻接，第一汇流条 101 位于栅格区域 G3 的部位可以邻接于第一汇流条 101 位于第一汇流区域 G1 的部位，以及第一汇流条 101 位于第二汇流区域 G2 的部位之间。相似地，第二汇流条 102 位于第一汇流区域 G1 的部位与电极指相邻接，第二汇流条 102 位于栅格区域 G3 的部位邻接于第二汇流条 102 位于第一汇流区域 G1 的部位，以及第二汇流条 102 位于第二汇流区域 G2 的部位之间。

基于上述结构，位于栅格区域 G3 的汇流条的部位包括沿第二方向 X 间隔设置的多个栅格 1001。

示例性的，栅格 1001 的截面形状可以大致为矩形，或者，在一些其他的实施例中，栅格 1001 的截面形状还可以大致包括圆形、梯形、三角形等其他形状，本申请实施例对栅格 1001 的截面形状不进行具体的限定。进一步地，本申请对栅格 1001 的数量以及尺寸不进行具体限定。其中，多个栅格 1001 例如可以为截面形状相同的结构，且多个栅格 1001 之间可以等间隔设置，有利于提高叉指换能器 10 的规整性。

当然，在一些其他的实施例中，还可以根据实际的需要，将多个栅格 1001 的设置为尺寸不同的结构，或者，多个栅格 1001 之间的间隔可以不同。

图 22 为图 21 中的叉指换能器 10 中的压电衬底的沿第一方向 Y 的声速分布图。如图 22 所示，第一汇流条 101 对应的声速曲线为 f1 段，其中，第一汇流条 101 位于第一汇流区域 G1 的部位对应的声速曲线为 f11 段，第一汇流条 101 位于栅格区域 G3 的部位对应的声速曲线为 f12 段，第一汇流条 101 位于第二汇流区域 G2 的部位对应的声速曲线为 f13 段。f12 段的声速高于 f11 段的声速，并且 f12 段的声速高于 f13 段的声速。

相似地，第二汇流条 102 对应的声速曲线为 f2 段，其中，第二汇流条 102 位于第一汇流区域 G1 的部位对应的声速曲线为 f21 段，第二汇流条 102 位于栅格区域 G3 的部位对应的声速曲线为 f22 段，第二汇流条 102 位于第二汇流区域 G2 的部位对应的声速曲线为 f23 段。f22 段的声速高于 f21 段的声速，并且 f22 段的声速高于 f23 段的声速。

可见，通过在汇流条中设置栅格区域 G3，能够在汇流条的栅格区域 G3 引入新的自由度，从而调节汇流条对应的声速分布。同时，通过在汇流条中设置栅格区域 G3，还能够改变汇流条的电荷分布，进而改变汇流条的电场分布。通过改变汇流条的电场分布，以及对应的声速分布，能够弱化倾斜横模的激发条件，从而起到抑制倾斜横模的作用。

继续参照图 20，本申请实施例 12 为图 20 中的叉指换能器 10 的电导曲线，在 H4 区域处，设置有倾斜区域 C 和栅格区域 G3 的叉指换能器 10 的电导曲线相比于只设置有倾斜区域 C 的叉指换能器 10 的电导曲线较为平滑，可见，设置有栅格区域 G3 的叉指换能器 10 能够起到抑制倾斜横模的作用。

进一步地，通过设置倾斜区域 C 和栅格区域 G3，不需要增加叉指电极的制作工序，有利于避免声波滤波器 01 的制作效率降低。

在一些实施例中，参照图 21，在第一方向 Y 上，汇流条位于第一汇流条 101 的部位的宽度 L6 的取值范围为 $0.05\lambda \sim 2\lambda$ 。例如，第一汇流条 101 位于第一汇流条 101 的部位的宽度 L6 可以为 0.05λ 、 λ 或者 2λ ，第二汇流条 102 位于第一汇流条 101 的部位的宽度 L6 也可以为 0.05λ 、 λ 或者 2λ 。

在一些实施例中，参照图 21，在第一方向 Y 上，汇流条位于栅格区域 G3 的部位的宽度 L5 的取值范围为 $0.05\lambda \sim 5\lambda$ 。例如，第一汇流条 101 位于栅格区域 G3 的部位的宽度 L5 可以为 0.05λ 、 2.5λ 或者 5λ ，第二汇流条 102 位于栅格区域 G3 的部位的宽度 L5 也可以为 0.05λ 、 2.5λ 或者 5λ 。在汇流条位于栅格区域 G3 的部位的宽度 L5 趋近于 0.05λ 时，有利于进一步弱化倾斜横模的激发条件，从而提高抑制倾斜横模的效果。在汇流条位于栅格区域 G3 的部位的宽度 L5 趋近于 5λ 时，有利于降低汇流条的制作难度，提高汇流条的制作效率。

在一些实施例中，参照图 21，在第二方向 X 上，第一汇流条 101 中，相邻的栅格 1001 之间的间距 L7 的取值范围为 $0.5\lambda \sim 2\lambda$ 。进一步地，在第二方向 X 上，第二汇流条 102 中，相邻的栅格 1001 之间的间距 L7 的取值范围为 $0.5\lambda \sim 2\lambda$ 。

进一步地，汇流条位于栅格区域 G3 的部位的金属化比的取值范围可以为 0.1~0.9。此处，“金属化比”是指汇流条位于栅格区域 G3 的部位的宽度的总和，与栅格区域 G3 沿第二方向 X 的宽度的比值。例如，第一汇流条 101 位于栅格区域 G3 的部位的金属化比可以为 0.1、0.5 或者 0.9，第二汇流条 102 位于栅格区域 G3 的部位的金属化比也可以为 0.1、0.5 或者 0.9。

再进一步地，汇流条位于栅格区域 G3 的部位的金属化比的取值范围可以为 0.3~0.7。例如，第一汇流条 101 位于栅格区域 G3 的部位的金属化比可以为 0.3、0.5 或者 0.7，第二汇流条 102 位于栅格区域 G3 的部位的金属化比也可以为 0.3、0.5 或者 0.7。

其中，当汇流条位于栅格区域 G3 的部位的金属化比趋近于 0.5 时，有利于进一步弱化倾斜横

模的激发条件,从而提高抑制倾斜横模的效果。

在一些实施例中,可以通过调节汇流条的栅格 1001 的位置,进一步弱化倾斜横模的激发条件,从而提高抑制倾斜横模的效果。

5 图 23 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。本实施例中,参照图 23,第一汇流条 101 的栅格 1001 的中心线可以为第一中心线 s11,第二汇流条 102 的栅格 1001 的中心线可以为第二中心线 s12,第一中心线 s11 和第二中心线 s12 均沿第一方向 Y 延伸。

图 24 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图;图 25 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。结合图 23、图 24 以及图 25 所示,例如,可以使汇流条的栅格 1001 正对电极指,从而进一步弱化倾斜横模的激发条件。

10 在一些实施例中,与第一汇流条 101 邻接的第一电极指 11 或第二电极指 12,位于边缘区域 A 的部位的 10 的中心线,和第一中心线 s11 重合。与第二汇流条 102 邻接的第一电极指 11 或第二电极指 12,位于边缘区域 A 的部位的 10 的中心线,和第二中心线 s12 重合。

15 如图 23 所示,与第一汇流条 101 邻接的第二电极指 12,位于边缘区域 A 的部位的 15 的中心线 s21 和一个第一中心线 s11 重合;与第二汇流条 102 邻接的第二电极指 12,位于边缘区域 A 的部位的 15 的中心线 s22 和一个第二中心线 s12 重合。示例性的,第一汇流条 101 的多个栅格 1001 可以等间隔设置,且多个栅格 1001 可以和与第一汇流条 101 邻接的多个第二电极指 12 一一对应;第二汇流条 102 的多个栅格 1001 可以等间隔设置,且多个栅格 1001 可以和与第二汇流条 102 邻接的多个第二电极指 12 一一对应。

20 进一步地,继续参照图 23,第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 在沿 20 第一方向 Y 上交错设置。示例性的,与第一汇流条 101 邻接的第二电极指 12,和与第二汇流条 102 邻接的第二电极指 12,在沿第一方向 Y 上交错设置,也即,第一中心线 s11 与第二中心线 s12 在沿第一方向 Y 上交错设置,第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 在沿第一方向 Y 上交错设置。

25 如图 24 所示,与第一汇流条 101 邻接的第一电极指 11,位于边缘区域 A 的部位的 25 的中心线 s31 和第一中心线 s11 重合;与第二汇流条 102 邻接的第一电极指 11,位于边缘区域 A 的部位的 25 的中心线 s32 和第二中心线 s12 重合。示例性的,第一汇流条 101 的多个栅格 1001 可以和,与第一汇流条 101 邻接的多个第一电极指 11 一一对应;第二汇流条 102 的多个栅格 1001 可以和,与第二汇流条 102 邻接的多个第一电极指 11 一一对应。

30 进一步地,继续参照图 24,第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 在沿 30 第一方向 Y 上交错设置。示例性的,与第一汇流条 101 邻接的第一电极指 11,和与第二汇流条 102 邻接的第一电极指 11,在沿第一方向 Y 上交错设置,也即,第一中心线 s11 与第二中心线 s12 在沿第一方向 Y 上交错设置,第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 在沿第一方向 Y 上交错设置。

35 如图 25 所示,与第一汇流条 101 邻接的第二电极指 12,位于边缘区域 A 的部位的 35 的中心线 s21 和第一中心线 s11 重合;与第二汇流条 102 邻接的第一电极指 11,位于边缘区域 A 的部位的 35 的中心线 s32 和第二中心线 s12 重合。示例性的,第一汇流条 101 的多个栅格 1001 可以和,与第一汇流条 101 邻接的多个第二电极指 12 一一对应;第二汇流条 102 的多个栅格 1001 可以和,与第二汇流条 102 邻接的多个第一电极指 11 一一对应。

40 进一步地,继续参照图 25,第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 呈对 40 称设置。示例性的,对于沿第一方向 Y 设置的第一电极指 11 和第二电极指 12,第一电极指 11 在边缘区域 A 的部位和第二电极指 12 在边缘区域 A 的部分可以对称设置,也即,第一中心线 s11 与第二中心线 s12 呈对称设置,第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 呈对称设置。

45 通过上述设置,有利于提高叉指换能器 10 的规整性的同时,进一步改变汇流条的电场分布, 45 以及对应的声速分布,进一步弱化倾斜横模的激发条件,从而起到抑制倾斜横模的作用。

图 26 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图;图 27 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。例如,参照图 26 和图 27,可以使汇流条的栅格 1001 正对沿第二

方向 X 相邻的两个电极指之间的间隙, 从而进一步弱化倾斜横模的激发条件。

如图 26 所示, 沿第二方向 X 相邻的第一电极指 11 和第二电极指 12, 位于一个第一中心线 s11 的两侧, 且第一电极指 11 与该中心线之间的距离等于第二电极指 12 与该中心线之间的距离。

5 示例性的, 沿第二方向 X 相邻的第一电极指 11 和第二电极指 12 中: 与第一汇流条 101 连接的电极指中, 第一电极指 11 位于边缘区域 A 的部位的中心线 s31 与第一中心线 s11 之间的距离 L8, 等于第二电极指 12 的中心线 s21 与第一中心线 s11 之间的距离 L9。与第二汇流条 102 连接的电极指中, 第一电极指 11 位于边缘区域 A 的部位的中心线 s32 与第二中心线 s12 之间的距离 L11, 等于第二电极指 12 的中心线 s22 与第二中心线 s12 之间的距离 L10。

10 基于上述结构, 在一些实施例中, 如图 26 所示, 第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 在沿第一方向 Y 上交错设置。示例性的, 对于第一汇流条 101 的相邻的两个栅格 1001, 第二中心线 s12 可以位于相邻的两个第一中心线 s11 之间, 进一步地, 第二中心线 s12 与其中一个第一中心线 s11 之间的距离, 可以等于第二中心线 s12 与另一个第一中心线 s11 之间的距离。

15 基于上述结构, 在一些其他的实施例中, 如图 27 所示, 第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 可以呈对称设置。示例性的, 第一汇流条 101 的多个栅格 1001 和第二汇流条 102 的多个栅格 1001 可以一一对应设置, 且栅格 1001 的第一中心线 s11 和栅格 1001 的第二中心线 s12 重合, 以使第一汇流条 101 的栅格 1001 和第二汇流条 102 的栅格 1001 对称设置。

通过上述设置, 有利于提高叉指换能器 10 的规整性的同时, 进一步改变汇流条的电场分布, 以及对应的声速分布, 进一步弱化倾斜横模的激发条件, 从而起到抑制倾斜横模的作用。

20 图 28 为图 23 中的叉指换能器 10、图 24 中的叉指换能器 10、图 25 中的叉指换能器 10、图 26 中的叉指换能器 10 以及图 27 中的叉指换能器 10 的电导曲线图。如图 28 所示, 本申请实施例 21 为图 26 中的叉指换能器 10 对应的电导曲线, 本申请实施例 22 为图 27 中的叉指换能器 10 对应的电导曲线; 本申请实施例 23 为图 23 中的叉指换能器 10 对应的电导曲线, 本申请实施例 24 为图 24 中的叉指换能器 10 对应的电导曲线, 本申请实施例 25 为图 25 中的叉指换能器 10 对应的电导曲线。在 H5 区域内, 图 26 和图 27 中的叉指换能器 10 对应的电导曲线相比于图 23、图 24、图 25 中的叉指换能器 10 对应的电导曲线较为平滑。可见, 使汇流条的栅格 1001 正对沿第二方向 X 相邻的两个电极指之间的间隙, 有利于进一步弱化倾斜横模的激发条件, 有利于进一步弱化倾斜横模的激发条件。

30 在一些其他的实施例中, 汇流条中的栅格区域 G3 还可以包括沿第一方向 Y 设置的多个栅格 1001。图 29 为本申请实施例提供的另一种叉指换能器 10 的结构图。如图 29 所示, 栅格区域 G3 可以包括沿第一方向 Y 设置的第一栅格组 1001a 和第二栅格组 1001b, 栅格区域 G3 还可以包括连接于第一栅格组 1001a 和第二栅格组 1001b 之间的栅格连接部 1001c。栅格连接部 1001c 的延伸方向例如可以沿第二方向 X 延伸。

35 其中, 第一栅格组 1001a 可以包括多个沿第二方向 X 间隔设置的栅格 1001, 第二栅格组 1001b 可以包括多个沿第二方向 X 间隔设置的栅格 1001。本申请对第一栅格组 1001a 中的多个栅格 1001 的位置和形状不作具体限定, 并且对第二栅格组 1001b 中的多个栅格 1001 的位置和形状不作具体限定。在一些实施例中, 第一栅格区域 G3 的多个栅格 1001 可以与第二栅格组 1001b 的多个栅格 1001 一一对应。或者, 在一些其他的实施例中, 第一栅格区域 G3 的多个栅格 1001 可以与第二栅格组 1001b 的多个栅格 1001 沿第二方向 X 交错设置。

40 通过上述设置, 有利于改变汇流条的电场分布, 以及对应的声速分布, 进一步弱化倾斜横模的激发条件, 从而起到抑制倾斜横模的作用。

基于上述任一实施例中的结构, 本申请实施例还提供一种声学滤波器 02 的制备方法。图 30 为本申请实施例提供的另一种声学滤波器 02 的制备方法的步骤流程图。参照图 30, 该制备方法包括:

45 S101、提供压电衬底。

其中, 压电衬底 20 的结构可以如上述实施例中所述, 在此不再赘述。

S102、形成叉指换能器, 叉指换能器位于压电衬底的一侧; 其中, 压电衬底和位于压电衬底

一侧的叉指换能器；叉指换能器包括第一汇流条和第二汇流条，第一汇流条和第二汇流条沿第一方向相对设置，第一方向平行于压电衬底；叉指换能器还包括叉指电极，叉指电极包括多个第一电极指和多个第二电极指，在第一方向上，第一电极指和第二电极指相间隔且相向地设置，第一电极指和第二电极指中的一个与第一汇流条连接，另一个与第二汇流条连接；在第二方向上，第一电极指和第二电极指相间隔且交替地设置，第二方向平行于压电衬底，且第二方向垂直于第一方向。第一汇流条和第二汇流条之间包括沿第一方向排布的边缘区域、间隔区域、中心区域和倾斜区域，倾斜区域位于中心区域和间隔区域之间，间隔区域位于倾斜区域和边缘区域之间；第二电极指位于边缘区域；第一电极指位于边缘区域、间隔区域和中心区域的部位平行于第一方向，且位于倾斜区域的部位，同时相对于第一方向和第二方向倾斜；任一沿第一方向相间隔且相向设置的第一电极指和第二电极指中，第一电极指位于中心区域的部位，位于相对的第二电极指的第一侧。

本申请实施例中，形成叉指换能器 10 的步骤可以包括：

在压电衬底 20 上涂覆正性光刻胶。其中，该正性光刻胶的厚度可以为 $1.2\ \mu\text{m}$ ，在涂覆正性光刻胶以后，先对正性光刻胶进行曝光，再进行烘烤，在烘烤完毕之后进行冷却，最后进行显影，从而形成光刻胶槽，在光刻胶槽内通过蒸发镀膜沉积金属材料，并利用湿法腐蚀(剥离工艺)去除掉多余的金属材料，从而形成图案化的叉指换能器 10。然后，在高温下用清洗液去除在压电衬底 20 上的光刻胶残留物。通过上述工艺形成叉指换能器 10 的结构可以如上述任一实施例中所述，在此不再赘述。

在一些实施例中，结合图 18 和图 19，还可以在叉指换能器 10 上形成负载部 13。例如，可以通过物理气相沉积 (Physical Vapor Deposition, PVD)、化学气相沉积 (Chemical Vapor Deposition, CVD) 等工艺，在叉指换能器 10 上沉积导电层 13a 或介质层 13b，以使形成负载部 13。综上所述，基于本申请实施例提供的声学滤波器 02 的制备方法形成的叉指换能器 10 中，第一汇流条 101 和第二汇流条 102 之间包括沿第一方向 Y 排布的边缘区域 A、间隔区域 B、中心区域 D 和倾斜区域 C。第一电极指 11 位于边缘区域 A、间隔区域 B 和中心区域 D 的部位平行于第一方向 Y，且位于倾斜区域 C 的部位，同时相对于第一方向 Y 和第二方向 X 倾斜。通过设置倾斜区域 C，第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部位的所激发的声表面波的声速降低，以使该部分能够形成波导，进而能够调节叉指电极在第二方向 X 上的电荷分布，进而抑制横向模式的激发。相比于对叉指换能器 10 的整体结构的形状进行调整，本申请实施例通过设置倾斜区域 C 来抑制横向模式的激发，仅需调整部分第一电极指 11 的延伸方向，进而有利于缩小谐振器 100 的占用面积。

基于此，任一沿第一方向 Y 相间隔且相向设置的第一电极指 11 和第二电极指 12 中，第一电极指 11 位于中心区域 D 的部位，位于相对的第二电极指 12 的第一侧。通过上述设置，同一倾斜区域 C 内，便于使第一电极指 11 位于倾斜区域 C 的部分的延伸方向相同，便于降低声学滤波器 02 的制备难度。同时，由于位于倾斜区域 C 的部分的倾斜角度，与声波滤波器的慢度特性相关，便于位于同一倾斜区域 C 的第一电极指 11 对横向模式的抑制效果相同。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请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申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种声学滤波器, 其特征在于, 包括: 压电衬底和位于所述压电衬底一侧的叉指换能器;
所述叉指换能器包括第一汇流条和第二汇流条, 所述第一汇流条和所述第二汇流条沿第一方向相对设置, 所述第一方向平行于所述压电衬底;
- 5 所述叉指换能器还包括叉指电极, 所述叉指电极包括多个第一电极指和多个第二电极指, 在所述第一方向上, 所述第一电极指和所述第二电极指相间隔且相向地设置, 所述第一电极指和所述第二电极指中的一个与所述第一汇流条连接, 另一个与所述第二汇流条连接; 在第二方向上, 所述第一电极指和所述第二电极指相间隔且交替地设置, 所述第二方向平行于所述压电衬底, 且所述第二方向垂直于所述第一方向;
- 10 所述第一汇流条和所述第二汇流条之间包括沿第一方向排布的边缘区域、间隔区域、中心区域和倾斜区域, 所述倾斜区域位于所述中心区域和所述间隔区域之间, 所述间隔区域位于所述倾斜区域和所述边缘区域之间;
所述第二电极指位于所述边缘区域;
所述第一电极指位于所述边缘区域、所述间隔区域和所述中心区域的部位平行于所述第一方向, 所述第一电极指位于所述倾斜区域的部位同时相对于所述第一方向和所述第二方向倾斜; 任一沿所述第一方向相间隔且相向设置的所述第一电极指和所述第二电极指中, 所述第一电极指位于所述中心区域的部位, 位于相对的所述第二电极指的第一侧。
- 15 2. 根据权利要求1所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一汇流条和所述第二汇流条之间还包括过渡区域, 所述过渡区域邻接于所述倾斜区域和所述间隔区域之间, 所述第一电极指位于所述过渡区域的部位平行于所述第一方向。
- 20 3. 根据权利要求2所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述叉指电极位于所述边缘区域的部位的长度的取值范围为 $0.1\lambda \sim 3\lambda$, 所述叉指电极位于所述过渡区域的部位的长度的取值范围为 $0.1\lambda \sim 1\lambda$, 其中, λ 为所述叉指电极的周期长度。
4. 根据权利要求1-3中任一项所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一电极指位于所述倾斜区域的部位的宽度, 大于或者等于, 所述第一电极指位于所述中心区域的部位的宽度。
- 25 5. 根据权利要求1-4中任一项所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述边缘区域包括沿所述第一方向相对设置的第一边缘区域和第二边缘区域, 所述间隔区域包括沿所述第一方向相对设置的第一间隔区域和第二间隔区域, 所述倾斜区域包括沿所述第一方向相对设置的第一倾斜区域和第二倾斜区域;
- 30 其中, 所述第一间隔区域位于所述第一边缘区域和所述第一倾斜区域之间, 所述第二间隔区域位于所述第二边缘区域和所述第二倾斜区域之间。
6. 根据权利要求5所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一倾斜区域包括沿所述第一方向相对设置的第一边界线 and 第二边界线, 所述第一电极指在所述第一边界线的中点和所述第二边界线的中点之间的连线的法线, 与所述第二方向之间具有第一预设夹角;
- 35 所述第二倾斜区域包括沿所述第一方向相对设置的第三边界线和第四边界线, 所述第一电极指在所述第三边界线的中点和所述第四边界线的中点之间的连线的法线, 与所述第二方向之间具有第二预设夹角。
7. 根据权利要求5或6所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一预设夹角的取值范围为 $3^\circ \sim 20^\circ$; 和/或, 所述第二预设夹角的取值范围为 $-3^\circ \sim -20^\circ$ 。
- 40 8. 根据权利要求1-7中任一项所述的声学滤波器, 其特征在于, 位于所述倾斜区域的所述第一电极指的边缘包括直线段; 和/或, 位于所述倾斜区域的所述第一电极指的边缘包括弧线段。
9. 根据权利要求1-8中任一项所述的声学滤波器, 其特征在于, 还包括负载部, 所述负载部位于所述倾斜区域, 且位于所述第一电极指背离所述压电衬底的一侧。
10. 根据权利要求9所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述负载部包括导电层, 所述导电层在所述压电衬底的正投影, 位于所述第一电极指在所述压电衬底的正投影, 以内。
- 45 11. 根据权利要求9所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述负载部包括介质层, 所述介质层平行于所述第二方向, 所述第一电极指位于所述倾斜区域的至少部分与所述介质层交叠。

12. 根据权利要求 1-11 中任一项所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一汇流条和所述第二汇流条中的每个汇流条包括沿第一方向排布的第一汇流区域、栅格区域以及第二汇流区域, 所述栅格区域位于所述第一汇流区域和所述第二汇流区域之间;

位于所述栅格区域的所述汇流条的部位包括沿所述第二方向间隔设置的多个栅格。

- 5 13. 根据权利要求 12 所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一汇流条的所述栅格的中心线为第一中心线, 所述第二汇流条的所述栅格的中心线为第二中心线, 所述第一中心线和所述第二中心线均沿所述第一方向延伸;

与所述第一汇流条邻接的所述第一电极指或所述第二电极指, 位于所述边缘区域的部位的中心线, 和一个所述第一中心线重合;

- 10 与所述第二汇流条邻接的所述第一电极指或所述第二电极指, 位于所述边缘区域的部位的中心线, 和一个所述第二中心线重合。

14. 根据权利要求 12 所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一汇流条的所述栅格的中心线为第一中心线, 所述第二汇流条的所述栅格的中心线为第二中心线, 所述第一中心线和所述第二中心线均沿所述第一方向延伸;

- 15 沿所述第二方向相邻的所述第一电极指和所述第二电极指, 位于一个第一中心线的两侧, 且所述第一电极指与该中心线之间的距离等于所述第二电极指与该中心线之间的距离。

15. 根据权利要求 13 或 14 所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一汇流条的所述栅格和所述第二汇流条的所述栅格呈对称设置。

- 20 16. 根据权利要求 13 或 14 所述的声学滤波器, 其特征在于, 所述第一汇流条的所述栅格和所述第二汇流条的所述栅格在沿所述第一方向上交错设置。

17. 一种声学滤波器的制备方法, 其特征在于, 包括:

提供压电衬底;

形成叉指换能器, 所述叉指换能器位于所述压电衬底的一侧; 其中,

- 25 所述叉指换能器包括第一汇流条和第二汇流条, 所述第一汇流条和所述第二汇流条沿第一方向相对设置;

所述叉指换能器还包括叉指电极, 所述叉指电极包括多个第一电极指和多个第二电极指, 在第一方向上, 所述第一电极指和所述第二电极指相间隔且相向地设置, 所述第一电极指和所述第二电极指中的一个与所述第一汇流条连接, 另一个与所述第二汇流条连接; 在第二方向上, 所述第一电极指和所述第二电极指相间隔且交替地设置;

- 30 所述第一汇流条和所述第二汇流条之间包括沿第一方向排布的边缘区域、间隔区域、中心区域和倾斜区域, 所述倾斜区域位于所述中心区域和所述间隔区域之间, 所述间隔区域位于所述倾斜区域和所述边缘区域之间;

所述第二电极指位于所述边缘区域, 且平行于所述第一方向;

- 35 所述第一电极指位于所述边缘区域、所述间隔区域和所述中心区域的部位平行于所述第一方向, 且位于所述倾斜区域的部位, 同时相对于所述第一方向和所述第二方向倾斜; 任一沿所述第一方向相间隔且相向设置的所述第一电极指和所述第二电极指中, 所述第一电极指位于所述中心区域的部位, 位于相对的所述第二电极指的第一侧;

所述第一方向与所述第二方向均平行于所述压电衬底, 且所述第一方向垂直于所述第二方向。

18. 一种电子设备, 其特征在于, 包括上述权利要求 1-16 中任一项所述的声学滤波器。