

一种体声波谐振器、声学滤波器及电子设备

技术领域

5 本申请涉及半导体技术领域，尤其涉及一种体声波谐振器、声学滤波器及电子设备。

背景技术

随着移动通讯水平的发展及人们对通讯速度要求的不断提高，越来越多的频带被应用于移动通讯系统。其中，声学滤波器是移动通讯系统中的一个重要部件。

10 现有的声学滤波器是提升通信质量的瓶颈，随着更多通信模式和通信场景的落地，声学滤波性能面临更大的挑战，提升声学滤波器的性能是目前声学滤波器的研究重点和难点。

发明内容

15 本申请的实施例提供一种体声波谐振器、声学滤波器及电子设备，可以提升声学滤波器的性能。

为达到上述目的，本申请采用如下技术方案：

20 第一方面，提供一种体声波谐振器，该体声波谐振器包括压电材料层、叉指换能器和介质层；其中，叉指换能器设置于压电材料层上，叉指换能器包括相对设置的第一汇流条和第二汇流条、多个第一电极指、以及多个第二电极指；多个第一电极指沿第一汇流条延伸方向，依次从第一汇流条向第二汇流条突出；多个第二电极指沿第二汇流条延伸方向，依次从第二汇流条向第一汇流条突出；其中，多个第一电极指和多个第二电极指在第一汇流条和第二汇流条之间依次交错排布；介质层覆盖压电材料层以及叉指换能器，介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度有高低起伏，介质层中厚度有高低起伏的部分用于抑制声波传播时高阶模式的激发。

25 在本申请中，由于体声波谐振器中的介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度有高低起伏，因而声波在第一电极指和第二电极指之间传播时，介质层中厚度有高低起伏的部分可以破坏声波传播的周期性，改变声波传输特性，从而可以抑制声波传播时高阶模式的激发，这样一来，可以使得体声波谐振器的主模式被激发，高阶杂散模式得到抑制，减小或避免了杂散谐振，有利于提高声学滤波器的性能，且有利于声学滤波器的设计。

30 在一种可能的实施方式中，沿多个第一电极指和多个第二电极指依次交错排布的方向，介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度先减小后增加。由于介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度先减小后增加，因此介质层中厚度先减小后增加的部分可以破坏声波传播的周期性，从而抑制声波传播时高阶模式的激发，减小或避免了杂散谐振，进而有利于提高声学滤波器的性能，且有利于声学滤波器的设计。在此基础上，由于介质层中厚度有高低起伏的部分的厚度按照一定的规律分布，因而可以提高体声波谐振器的主模式机电耦

合系数，且可以简化介质层的设计难度。此外，可以根据需要选择介质层的厚度变化规律，从而可以提高介质层的设计自由度。

5 在一种可能的实施方式中，沿多个第一电极指和多个第二电极指依次交错排布的方向，介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度先增大后减小。由于介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度先增大后减小，因此介质层中厚度先增大后减小的部分可以破坏声波传播的周期性，从而抑制声波传播时高阶模式的激发，减小或避免了杂散谐振，进而有利于提高声学滤波器的性能，且有利于声学滤波器的设计。在此基础上，由于介质层中厚度有高低起伏的部分的厚度按照一定的规律分布，因而可以提高体声波谐振器的主模式机电耦合系数，且可以简化介质层的设计难度。此外，可以根据需要选择介质层的厚度变化规律，从而可以提高介质层的设计自由度。

15 在一种可能的实施方式中，介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分包括沿多个第一电极指和多个第二电极指依次交错排布的方向，依次排列的多个区域，每个区域的厚度沿多个第一电极指和多个第二电极指依次交错排布的方向，先减小后增大，或者，先增大后减小。由于介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的每个区域的厚度先减小后增大，或者，先增大后减小，因此这多个区域的介质层可以破坏声波传播的周期性，从而抑制声波传播时高阶模式的激发，减小或避免了杂散谐振，进而有利于提高声学滤波器的性能，且有利于声学滤波器的设计。在此基础上，由于介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的每个区域的厚度按照一定的规律分布，因而可以提高体声波谐振器的主模式机电耦合系数，且可以简化介质层的设计难度。此外，可以根据需要选择介质层的厚度变化规律，从而可以提高介质层的设计自由度。

25 在一种可能的实施方式中，介质层位于第一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度变化规律，和，介质层位于第二对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度变化规律不相同。这样可以进一步破坏声波传播时的周期性，进而进一步抑制声波传播时高阶模式的激发，更有利于减小或避免杂散谐振。此外，还可以进一步丰富体声波谐振器的设计自由度。

30 在一种可能的实施方式中，第一对相邻的第一电极指和第二电极指，和，第二对相邻的第一电极指和第二电极指共用一个第一电极指或第二电极指，即第一对相邻的第一电极指和第二电极指，与第二对相邻的第一电极指和第二电极指相邻设置。

35 在一种可能的实施方式中，体声波谐振器还包括：基底，基底设置在压电材料层远离叉指换能器的一侧，基底围成环状。基底可以起支撑作用，用于支撑压电材料层、叉指换能器和介质层。在此基础上，由于基底围成环状，这样可以形成一个空腔结构，在声波传播过程中，空腔结构可以将能量集中在压电材料层，从而可以提高体声波谐振器的品质因数。此外，在体声波谐振器中设置基底也可以实现工艺兼容，例如可以通过基底实现声学滤波器与其它电子元器件例如集成电路器件的绑定。

在一种可能的实施方式中，体声波谐振器还包括：层叠设置的基底和反射层；反射层设置于基底和压电材料层之间；其中，反射层包括层叠交替设置的第一声阻抗层和第二声阻抗层；第一声阻抗层的声阻抗和第二声阻抗层的声阻抗不同。由于反射层

可以将声波反射向压电材料层，从而在声波传播过程中，可以将能量集中在压电材料层，这样可以提高体声波谐振器的品质因数。在此基础上，体声波谐振器中的基底用于起其支撑作用，用于支撑反射层、压电材料层、叉指换能器和介质层。此外，体声波谐振器中的基底也可以实现工艺兼容，例如可以通过基底实现声学滤波器与其它电子器件例如 IC 器件的绑定。

在一种可能的实施方式中，基底的材料包括硅、碳化硅、金刚石、蓝宝石或氮化铝中的一种或多种。

在一种可能的实施方式中，介质层的材料包括氧化硅、氮化硅、氮氧化硅或氧化铝中的一种或多种。

10 第二方面，提供一种声学滤波器，该声学滤波器包括多个级联的体声波谐振器；其中，体声波谐振器为上述第一方面提供的体声波谐振器。由于声学滤波器具有与上述第一方面提供的体声波谐振器相同的技术效果，因而可以参考上述第一方面的相关描述，此处不再赘述。

15 第三方面，提供一种电子设备，该电子设备包括声学滤波器、处理器和印刷电路板，声学滤波器和处理器均设置在印刷电路板上；其中，声学滤波器为上述第二方面提供的声学滤波器。由于电子设备具有与上述第一方面提供的体声波谐振器相同的技术效果，因而可以参考上述第一方面的相关描述，此处不再赘述。

附图说明

- 图 1 为本申请的实施例提供的一种电子设备的结构示意图；
- 20 图 2 为本申请的实施例提供的一种声学滤波器的结构示意图；
- 图 3a 为本申请的实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 3b 为图 3a 中沿 AA 向的剖面示意图；
- 图 4 为本申请的实施例提供的一种叉指换能器的结构示意图；
- 图 5a 为本申请的另一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 25 图 5b 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 6 为相关技术提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 7 为图 6 所示的体声波谐振器对应的导纳曲线图；
- 图 8 为图 3b 所示的体声波谐振器对应的导纳曲线图；
- 图 9 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 30 图 10a 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 10b 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 11a 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 11b 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 12 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 35 图 13 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 14 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 15 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图；
- 图 16 为本申请的实施例提供的一种基底的结构示意图；
- 图 17 为本申请的又一实施例提供的一种体声波谐振器的结构示意图。

附图标记: 1-电子设备; 10-声学滤波器; 11-盖板; 12-显示屏; 13-中框; 14-后壳; 100-体声波谐振器; 101-压电材料层; 102-叉指换能器; 103-介质层; 104-基底; 105-反射层; 131-承载板; 132-边框; 1021a-第一汇流条; 1021b-第一电极指; 1022a-第二汇流条; 1022b-第二电极指; 1031a-区域; 1051-第一声阻抗层; 1052-第二声阻抗层。

5 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。

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更多个该特征。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。本申请实施例中被描述为“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, “和/或”, 描述关联对象的关联关系, 表示可以存在三种关系, 例如, A 和/或 B, 可以表示: 单独存在 A, 同时存在 A 和 B, 单独存在 B 的情况, 其中 A, B 可以是单数或者复数。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

本申请的实施例提供一种电子设备, 该电子设备例如可以为手机(mobile phone)、平板电脑(pad)、个人数字助理(personal digital assistant, PDA)、电视、智能穿戴产品(例如, 智能手表、智能手环)、虚拟现实(virtual reality, VR)终端设备、增强现实(augmented reality, AR)终端设备、充电家用小型电器(例如豆浆机、扫地机器人)、无人机、雷达、航空航天设备和车载设备等不同类型的用户设备或者终端设备, 本申请实施例对电子设备的具体形式不作特殊限制。

以下为了方便说明, 以电子设备为手机为例进行举例说明。如图 1 所示, 电子设备 1 主要包括盖板 11、显示屏 12、中框 13 以及后壳 14。后壳 14 和显示屏 12 分别位于中框 13 的两侧, 且中框 13 和显示屏 12 设置于后壳 14 内, 盖板 11 设置在显示屏 12 远离中框 13 的一侧, 显示屏 12 的显示面朝向盖板 11。

上述显示屏 12 可以是液晶显示屏(liquid crystal display, LCD), 在此情况下, 液晶显示屏包括液晶显示面板和背光模组, 液晶显示面板设置在盖板 11 和背光模组之间, 背光模组用于为液晶显示面板提供光源。上述显示屏 12 也可以为有机发光二极管(organic light emitting diode, OLED)显示屏。由于 OLED 显示屏为自发光显示屏, 因而无需设置背光模组。

上述中框 13 包括承载板 131 以及绕承载板 131 一周的边框 132。上述电子设备 1 还可以包括印刷电路板(printed circuit boards, PCB)、电池、摄像头等电子元器件, 印刷电路板、电池、摄像头等电子元器件可以设置在承载板 131 上。

上述电子设备 1 还可以包括设置于 PCB 上的系统级芯片(system on chip, SOC)、射频芯片等, PCB 用于承载系统级芯片、射频芯片等, 且与系统级芯片、射频芯片等电连接。其中, 射频芯片可以包括声学滤波器、处理器等部分。处理器用于对各种信

号进行处理，声学滤波器是射频信号处理的重要部分，用于通过特定频率的信号，让其他频率的信号受阻。

本申请的实施例提供一种声学滤波器，该声学滤波器可以应用于上述的电子设备 1 中，例如应用于电子设备 1 中的射频芯片中，本申请实施例提供的声学滤波器例如
5 可以为低通声学滤波器、高通声学滤波器、带通声学滤波器、带阻声学滤波器或有源声学滤波器等。

Ladder 型声学滤波器是当前声学滤波器普遍采用的拓扑结构，本申请实施例提供的声学滤波器为 Ladder 型声学滤波器，如图 2 所示，本申请的实施例提供的声学滤波器 10 包括多个级联的体声波（bulk acoustic wave, BAW）谐振器 100，这多个体声波
10 谐振器 100 可以具有不同的谐振频率，且可以通过串并联的方式级联在一起。参考图 2，在多个体声波谐振器 100 通过串并联的方式级联在一起时，图 2 还示意出了声学滤波器 10 的信号输入端 Vin、信号输出端 Vout 以及接地端 GND。

此处，由具有不同谐振频率的串并联谐振器级联构成的声学滤波器具有通带插损小、带外陡峭度高及功率耐受性强等优点。

15 本申请实施例还提供一种体声波谐振器，该体声波谐振器 100 可以应用于上述的声学滤波器 10 中，以下通过几个实施例对体声波谐振器的 100 的结构进行示例性说明。

实施例一

在本实施例一中，如图 3a 和图 3b 所示，该体声波谐振器 100 包括：压电材料层 101、叉指换能器（interdigital transducer, IDT）102 和介质层 103。

20 图 3a 为体声波谐振器 100 的俯视结构示意图，图 3b 为图 3a 中沿 AA 向的剖面示意图。

此处，压电材料层 101 的材料例如可以包括 LiNbO_3 （铌酸锂）、 LiTaO_3 （钽酸锂）等中的一种或多种。

应当理解到，压电材料层 101 的作用是通过将电能转化为声波形式的机械能来产生逆压电效应。由于本申请实施例提供的谐振器是体声波谐振器，对于体声波谐振器，
25 声波主要在压电材料层 101 中传播，相对于声表面波（surface acoustic wave, SAW）谐振器，体声波谐振器中压电材料层 101 的厚度较小，在本申请实施例中，压电材料层 101 的厚度例如可以为 $(0, 2]\mu\text{m}$ ，即压电材料层 101 的厚度大于零，小于或等于 $2\mu\text{m}$ 。

参考图 3b，上述的叉指换能器 102 设置于压电材料层 101 上，如图 4 所示，叉指换能器 102 包括相对设置的第一汇流条（busbar）1021a 和第二汇流条 1022a、多个第一电极指（IDT electrode）1021b、以及多个第二电极指 1022b；多个第一电极指 1021b
30 沿第一汇流条 1021a 延伸方向，依次从第一汇流条 1021a 向第二汇流条 1022a 突出；多个第二电极指 1022b 沿第二汇流条 1022a 延伸方向，依次从第二汇流条 1022a 向第一汇流条 1021a 突出；其中，多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 在第一汇流条 1021a 和第二汇流条 1022a 之间依次交错排布，且第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间不接触。
35

上述“多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 在第一汇流条 1021a 和第二汇流条 1022a 之间依次交错排布”指的是：在第一汇流条 1021a 和第二汇流条 1022a 之间，一个第一电极指 1021b、一个第二电极指 1022b、一个第一电极指 1021b、一个

第二电极指 1022b、一个第一电极指 1021b、一个第二电极指 1022b 等等依次设置。

对于叉指换能器 102 中第一电极指 1021b 的数量、以及第二电极指 1022b 的数量不进行限定，可以根据需要进行设置。多个第一电极指 1021b 可以是等间距排布，也可以是非等间距排布。同样的，多个第二电极指 1022b 可以是等间距排布，也可以是非等间距排布。以第一电极指 1021b 为例，多个第一电极指 1021b 非等间距排布指的是至少一对相邻的第一电极指 1021b 之间的间距与另一对相邻的第一电极指 1021b 之间的间距不相同。

此外，多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布，可以是相邻第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的间距均相同；也可以是多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的间距不完全相同，即至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的间距与另一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的间距不相同。

需要说明的是，第一汇流条 1021a、第一电极指 1021b、第二汇流条 1022a 和第二电极指 1022b 可以同时制作；也可以先制作第一汇流条 1021a 和第一电极指 1021b，再制作第二汇流条 1022a 和第二电极指 1022b；或者，先制作第二汇流条 1022a 和第二电极指 1022b，再制作第一汇流条 1021a 和第一电极指 1021b。

另外，叉指换能器 102 的材料例如可以为 Al（铝）、Mo（钼）、W（钨）、Ru（钌）、Cu（铜）和 Pt（铂）中的一种或多种。

请继续参考图 3b，上述介质层 103 覆盖压电材料层 101 以及叉指换能器 102，介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度有高低起伏，介质层 103 中厚度有高低起伏的部分用于抑制声波传播时高阶模式的激发。如图 3b 所示，介质层 103 位于一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间，且厚度有高低起伏的部分用 1031 标示。

上述介质层 103 的材料例如可以包括氧化硅（SiO_x）、氮化硅（SiN_x）、氮氧化硅（SiO_xN_y）或氧化铝（Al₂O₃）中的一种或多种。

需要说明的是，可以是一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度有高低起伏；也可以是多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度有高低起伏。

此处，对于介质层 103 位于一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度有高低起伏的理解，可以认为位于一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的全部的厚度都有高低起伏；也可以认为位于一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的部分的厚度有高低起伏，部分的厚度不变。在此基础上，介质层 103 位于一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度有高低起伏，高低起伏的部分可以是连续的一个整体，也可以包括间断的多个子部分。

在此基础上，介质层 103 除了包括位于相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分外，还包括位于第一电极指 1021b 或第二电极指 1022b 上方的部分，在图 3b 中，介质层 103 中位于第一电极指 1021b 或第二电极指 1022b 上方的部分用 1032 示意，位于第一电极指 1021b 或第二电极指 1022b 上方的部分 1032 与第一电极

指 1021b 或第二电极指 1022b 在垂直于压电材料层 101 的方向上重叠。

此处,位于第一电极指 1021b 或第二电极指 1022b 上方的部分 1032 的厚度可以是完全相同的,即厚度没有高低起伏;也可以是位于第一电极指 1021b 或第二电极指 1022b 上方的部分 1032 的厚度有高低起伏。应当理解到,在一些示例中,如图 5a 所示,介质层 103 位于每对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度都有高低起伏。在另一些示例中,如图 5b 所示,介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度有高低起伏,且介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度没有高低起伏,即介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度是相同的。如图 5b 所示,介质层 103 位于一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间,且厚度没有高低起伏的部分用 1033 标示。

此处,可以是一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度没有高低起伏;也可以是多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度没有高低起伏。

随着移动通讯水平的发展及人们对通讯速度要求的不断提高,越来越多的频带被应用于移动通讯系统。作为 5G 通讯系统的重要频段, N77 及 N79 具有工作频率高、带宽大等特点,特别是 N77 频段,其工作频带为 3300MHz~4200MHz,带宽比为 24%。由于 Ladder 型滤波器具有通带插损小、带外陡峭度高及功率耐受性强等优点,因而当前 3GHz 以下频段滤波器主要采用由声表面波(surface acoustic wave, SAW)谐振器、薄膜体声波谐振器(film bulk acoustic resonator, FBAR)、或者固装型体声波谐振器(solidly mounted resonator, SMR)级联构成的 Ladder 型拓扑结构。鉴于 N77 频段带宽比为 24%,构成 Ladder 滤波器的谐振器需具有 25%以上的机电耦合系数才可满足其带宽需求。然而,当前的声表面波谐振器、薄膜体声波谐振器、以及固装型体声波谐振器均无法满足上述要求。而本申请实施例提供的体声波谐振器为激励式薄膜体声谐振器(excited film bulk acoustic resonator, XBAR),本申请实施例提供的体声波谐振器通过在压电材料层 101 上激发 A1 Lamb(兰姆)波,从而可以使得体声波谐振器 100 具有 25%机电耦合系数,因此可以满足 N77 频段的要求。

图 6 为相关技术提供的一种 XBAR 谐振器,如图 6 所示,该 XBAR 谐振器包括压电材料层 101、叉指换能器 102 和介质层 103,叉指换能器 102 设置在压电材料层 101 上,叉指换能器 102 的结构可以参考上述,此处不再赘述,介质层 103 覆盖叉指换能器 102,位于相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度没有高低起伏,即厚度相同。图 6 提供的体声波谐振器 100 通过在压电材料层 101 上激发 A1Lamb 波,虽然可以使体声波谐振器 100 具有 25%的机电耦合系数,能够满足 N77 频段的要求,但是图 6 提供的体声波谐振器 100 由于存在其他体波模式及 A1 高阶模式,导致杂散模式严重,严重制约声学滤波器 10 的设计及性能。声学滤波器 10 中的体声波谐振器 100 在制备完成后,常利用矢量网络分析仪测试得到体声波谐振器 100 的导纳(admittance)曲线,导纳曲线可以用于表征体声波谐振器 100 的各种指标。

图 7 为图 6 所示的体声波谐振器 100 对应的导纳曲线,图 7 中横坐标表示频率,纵坐标表示导纳。参考图 7,该体声波谐振器 100 的谐振频率和反谐振频率分别为

3960MHz 和 4940MHz。参考图 7 还可以看出, 体声波谐振器 100 除了包括主谐振外, 还存在其他杂散谐振, 例如, 在频率为 5160MHz 处存在杂散谐振, 图 7 中还示意出了主模式及杂散模式对应的位移场分布图, 由位移场分布图可以看出, 主模式为 A1 Lamb 模式, 即低阶模式, 图 7 中频率为 5160MHz 处存在杂散模式是由于声波在第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间形成的高阶模式导致的, 而杂散谐振会严重影响声学滤波器 10 的性能, 并制约声学滤波器 10 的设计。通过图 7 中杂散模式对应的位移场的分布图可以看出, 第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间形成的高阶模式是由于声波在第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间恒定的传输特性区域传播时满足高阶谐振条件而激发的。

而在本实施例一中, 由于体声波谐振器 100 中的介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度有高低起伏, 因而声波在第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间传播时, 介质层 103 中厚度有高低起伏的部分可以破坏传播的周期性, 改变声波传输特性, 从而可以抑制声波传播时高阶模式的激发, 这样一来, 可以使得体声波谐振器 100 的主模式被激发, 高阶杂散模式得到抑制, 减小或避免了杂散谐振, 有利于提高声学滤波器 10 的性能, 且有利于声学滤波器 10 的设计。

图 8 为本申请实施例中图 3b 提供的体声波谐振器 100 对应的导纳曲线, 图 8 中横坐标表示频率, 纵坐标表示导纳。参考图 8, 该体声波谐振器 100 的谐振频率和反谐振频率分别为 3960MHz 和 4940MHz。对比图 7 和图 8 可以看出, 图 8 所示的导纳曲线除了主模式外没有其他杂散谐振。图 8 中还示意出了主模式以及图 7 中杂散谐振频点对应的位移场分布图, 由图 8 中的位移场的分布图可以看出, 图 3b 提供的体声波谐振器 100 中仅有主模式被激发, 高阶杂散模式得到抑制。

在此基础上, 需要说明的是, 在介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度有高低起伏的情况下, 介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度可以按照一定的变化规律分布, 也可以是无规律分布。在介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度按照一定的变化规律分布的情况下, 以下提供示例性地提供几种实现方式。

第一种实现方式: 如图 3b 所示, 沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度先减小后增加。

第二种实现方式: 如图 9 所示, 沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度先增大后减小。

第三种实现方式, 如图 10a 所示, 介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分包括沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 依次排列的多个区域 1031a, 每个区域 1031a 的厚度沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 先减小后增大。

第四种实现方式, 如图 10b 所示, 介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指

1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分包括沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向,依次排列的多个区域 1031a,每个区域 1031a 的厚度沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向,先增大后减小。

5 在第三种实现方式和第四种实现方式中,介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分包括的区域 1031a 的数量可以根据需要进行设置。图 10a 和图 10b 以介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分包括两个区域 1031a 为例进行示意。

需要说明的是,对于上述第一种、第二种、第三种和第四种实现方式,介质层 103 10 中厚度有高低起伏的部分远离压电材料层 101 的表面可以由多个平面构成;也可以由多个弧面构成;当然还可以由至少一个平面和至少一个弧面构成。以第一种实现方式为例,图 3b 中介质层 103 中厚度有高低起伏的部分远离压电材料层 101 的表面由多个平面构成;图 11a 中介质层 103 中厚度有高低起伏的部分远离压电材料层 101 的表面由多个弧面构成;图 11b 中介质层 103 中厚度有高低起伏的部分远离压电材料层 101 15 的表面由至少一个平面和至少一个弧面构成。

此外,在介质层 103 中厚度有高低起伏的部分远离压电材料层 101 的表面包括弧面的情况下,该弧面可以向远离压电材料层 101 的方向凸起,也可以向靠近压电材料层 101 的方向凹陷。图 11a 和图 11b 以弧面向靠近压电材料层 101 的方向凹陷为例进行示意。

20 当介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度变化规律采用上述第一种、第二种、第三种或第四种实现方式时,由于介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度有高低起伏,因此介质层 103 中厚度发生变化的部分可以破坏声波传播的周期性,从而抑制声波传播时高阶模式的激发,减小或避免了杂散谐振,进而有利于提高声学 25 滤波器 10 的性能,且有利于声学滤波器 10 的设计。在此基础上,由于介质层 103 中厚度发生变化的部分的厚度按照一定的规律分布,因而可以提高体声波谐振器 100 的主模式机电耦合系数,且可以简化介质层 103 的设计难度。此外,可以根据需要选取第一种、第二种、第三种或第四种实现方式,从而可以提高介质层 103 的设计自由度。

30 当介质层 103 位于至少一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度的变化具有一定的规律时,在设计介质层 103 时,可以以体声波谐振器 101 中的某一点为原点,介质层 103 的某一位置处厚度是沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向,该位置处到原点的距离 x 的函数,即 $f_h=f(x)$,其中, f_h 为介质层 103 的某一位置处的厚度。

35 在介质层 103 位于多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度有高低起伏的情况下,在一些示例中,多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度变化规律相同,例如,如图 12 所示,介质层 103 位于相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分 1031 的厚度变化规律,与,介质层 103 位于相邻的第一电极指 1021b' 和第二电极指 1022b 之间的部分 1031' 的厚度变化规律相同,介质层 103 位于相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b

之间的部分 1031 的厚度变化规律和介质层 103 位于相邻的第一电极指 1021b' 和第二电极指 1022b 之间的部分 1031' 的厚度变化规律都是沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 先减小后增大。

5 在多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度变换规律相同的情况下, 可以简化介质层 103 的制作工艺, 进而可以简化体声波谐振器 100 的制作工艺。

10 在另一些示例中, 多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度变化规律不完全相同。应当理解到, “多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度变化规律不完全相同”, 可以是多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度变化规律都不相同, 也可以是有些相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度变化规律相同, 有些相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度变化规律不相同。在多对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的介质层 103 的厚度变化规律不完全相同的情况下, 介质层 103 位于第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度变化规律, 和, 介质层 103 位于第二对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度变化规律不相同。

20 例如, 如图 13 所示, 介质层 103 位于第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分即图 13 中的 1031 的厚度变化规律为沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 介质层 103 位于第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分即图 13 中的 1031 的厚度先减小后增大; 介质层 103 位于第二对相邻的第一电极指 1021b' 和第二电极指 1022b 之间的部分即图 13 中的 1031' 的厚度变化规律为沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 介质层 103 位于第二对相邻的第一电极指 1021b' 和第二电极指 1022b 之间的部分即图 13 中的 1031' 的厚度先增大后减小。

25 又例如, 如图 14 所示, 介质层 103 位于第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分即图 14 中的 1031 的厚度变化规律为沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 介质层 103 位于第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分即图 14 中 1031 的厚度先减小后增大; 介质层 103 位于第二对相邻的第一电极指 1021b' 和第二电极指 1022b 之间的部分即图 14 中的 1031' 包括沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 依次排列的多个区域 1031a, 每个区域 1031a 的厚度沿多个第一电极指 1021b 和多个第二电极指 1022b 依次交错排布的方向, 先减小后增大。

30 在介质层 103 位于第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度变化规律, 和, 介质层 103 位于第二对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间的部分的厚度变化规律不相同的情况下, 可以进一步破坏声波传播时的周期性, 进而进一步抑制声波传播时高阶模式的激发, 更有利于减小或避免杂散谐振。此外, 还可以进一步丰富体声波谐振器 100 的设计自由度。

在此基础上, 可以是第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b, 和,

- 第二对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间共用一个第一电极指 1021b 或第二电极指 1022b, 即上述第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b, 与上述第二对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 相邻设置。也可以是上述第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b, 与上述第二对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 之间未共用第一电极指 1021b 或第二电极指 1022b, 即上述第一对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b, 与上述第二对相邻的第一电极指 1021b 和第二电极指 1022b 不是相邻设置。

实施例二

- 10 实施例二和实施例一的区别之处在于, 实施例二相对于实施例一增加了基底。

- 实施例二提供的体声波谐振器 100 包括: 压电材料层 101、叉指换能器 102、介质层 103 以及基底, 压电材料层 101、叉指换能器 102 和介质层 103 固定于基底上。其中, 压电材料层 101、叉指换能器 102 以及介质层 103 可以参考上述实施例一中的相关描述, 实施例二中不再重复介绍, 实施例二仅对与实施例一不相同的部分进行介绍, 即仅对基底进行介绍。

- 15 在本实施例二中, 如图 15 所示, 上述体声波谐振器 100 还包括: 基底 104, 基底 104 设置在压电材料层 101 远离叉指换能器 102 的一侧, 如图 16 所示, 基底 104 围成环状。图 15 为体声波谐振器 100 的剖面图, 图 16 为基底 104 的俯视图。

- 20 此处, 基底 104 围成的环状例如可以为圆环状、方环状、其它规则形状或不规则形状的环状。可以理解的是, 可以根据压电材料层 101 的边界围成的图形的形状设计环状的具体形状。

- 在一些示例中, 基底 104 的材料为高声速材料, 高声速材料例如可以包括硅(Si)、碳化硅(SiC)、金刚石(diamond)、蓝宝石(sapphire)、氮化铝(AlN)等中的一种或多种。

- 25 在体声波谐振器 100 中设置基底 104, 基底 104 可以起支撑作用, 用于支撑压电材料层 101、叉指换能器 102 和介质层 103。在此基础上, 由于基底 104 围成环状, 这样可以形成一个空腔结构, 在声波传播过程中, 空腔结构可以将能量集中在压电材料层 101, 从而可以提高体声波谐振器 100 的品质因数。此外, 在体声波谐振器 100 中设置基底 104 也可以实现工艺兼容, 例如可以通过基底 104 实现声学滤波器 10 与其它
30 电子元器件例如集成电路(integrated circuit, IC)器件的绑定(bonding)。

实施例三

- 实施例三与实施例一的区别之处在于, 实施例三相对于实施例一增加了基底和反射层。

- 35 实施例三提供的体声波谐振器 100 包括: 压电材料层 101、叉指换能器 102、介质层 103、基底以及反射层, 压电材料层 101、叉指换能器 102 和介质层 103 固定于基底和反射层上。其中, 压电材料层 101、叉指换能器 102 以及介质层 103 可以参考上述实施例一中的相关描述, 实施例三中不再重复介绍, 实施例三仅对与实施例一不相同的部分进行介绍, 即仅对基底和反射层进行介绍。

在本实施例三中，如图 17 所示，上述体声波谐振器 100 还包括：层叠设置的基底 104 和反射层 105；反射层 105 设置于基底 104 和压电材料层 101 之间；其中，反射层 105 包括层叠交替设置的第一声阻抗层 1051 和第二声阻抗层 1052；第一声阻抗层 1051 的声阻抗和第二声阻抗层 1052 的声阻抗不同。

5 此处，对于反射层 105 中第一声阻抗层 1051 和第二声阻抗层 1052 的设置层数不
进行限定，可以根据需要进行设置。第一声阻抗层 1051 的层数和第二声阻抗层 1052
的层数可以相同，也可以不相同。另外，反射层 105 中最靠近压电材料层 101 的可以是
是第一声阻抗层 1051，也可以是第二声阻抗层 1052，同样的，反射层 105 中最靠近基
底 104 的可以是第一声阻抗层 1051，也可以是第二声阻抗层 1052。

10 此外，可以是第一声阻抗层 1051 的声阻抗大于第二声阻抗层 1052 的声阻抗；也
可以是第二声阻抗层 1052 的声阻抗大于第一声阻抗层 1051 的声阻抗。

在一些示例中，基底 104 的材料为高声速材料，高声速材料例如可以包括硅、碳化硅、金刚石、蓝宝石、氮化铝等中的一种或多种。

15 在本实施例三中，体声波谐振器 100 包括反射层 105，由于反射层 105 可以将声
波反射向压电材料层 101，从而在声波传播过程中，可以将能量集中在压电材料层 101，
这样可以提高体声波谐振器 100 的品质因数。在此基础上，体声波谐振器 100 中的基
底 104 用于起其支撑作用，用于支撑反射层 105、压电材料层 101、叉指换能器 102
和介质层 103。此外，体声波谐振器 100 中的基底 104 也可以实现工艺兼容，例如可
以通过基底 104 实现声学滤波器 10 与其它电子元器件例如 IC 器件的绑定。

20 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. 一种体声波谐振器，其特征在于，包括：压电材料层，叉指换能器和介质层，其中，所述叉指换能器设置于所述压电材料层上，所述叉指换能器包括：

相对设置的第一汇流条和第二汇流条；

5 多个第一电极指，所述多个第一电极指沿第一汇流条延伸方向，依次从所述第一汇流条向所述第二汇流条突出；以及

多个第二电极指，所述多个第二电极指沿所述第二汇流条延伸方向，依次从所述第二汇流条向所述第一汇流条突出；

10 其中，所述多个第一电极指和所述多个第二电极指在所述第一汇流条和所述第二汇流条之间依次交错排布；

所述介质层覆盖所述压电材料层以及所述叉指换能器，所述介质层位于至少一对相邻的第一电极指和第二电极指之间的部分的厚度有高低起伏。

2. 根据权利要求 1 所述的体声波谐振器，其特征在于，沿所述多个第一电极指和所述多个第二电极指依次交错排布的方向，所述介质层位于至少一对相邻的所述第一电极指和所述第二电极指之间的部分的厚度先减小后增加。

3. 根据权利要求 1 所述的体声波谐振器，其特征在于，沿所述多个第一电极指和所述多个第二电极指依次交错排布的方向，所述介质层位于至少一对相邻的所述第一电极指和所述第二电极指之间的部分的厚度先增大后减小。

20 4. 根据权利要求 1 所述的体声波谐振器，其特征在于，所述介质层位于至少一对相邻的所述第一电极指和所述第二电极指之间的部分包括沿所述多个第一电极指和所述多个第二电极指依次交错排布的方向，依次排列的多个区域，每个区域的厚度沿所述多个第一电极指和所述多个第二电极指依次交错排布的方向，先减小后增大，或者，先增大后减小。

25 5. 根据权利要求 2-4 任一项所述的体声波谐振器，其特征在于，所述介质层位于第一对相邻的所述第一电极指和所述第二电极指之间的部分的厚度变化规律，和，所述介质层位于第二对相邻的所述第一电极指和所述第二电极指之间的部分的厚度变化规律不相同。

30 6. 根据权利要求 5 所述的体声波谐振器，其特征在于，所述第一对相邻的所述第一电极指和所述第二电极指，和，所述第二对相邻的所述第一电极指和所述第二电极指共用一个所述第一电极指或所述第二电极指。

7. 根据权利要求 1-6 任一项所述的体声波谐振器，其特征在于，所述体声波谐振器还包括：基底，所述基底设置在所述压电材料层远离所述叉指换能器的一侧，所述基底围成环状。

35 8. 根据权利要求 1-6 任一项所述的体声波谐振器，其特征在于，所述体声波谐振器还包括：层叠设置的基底和反射层；所述反射层设置于所述基底和所述压电材料层之间；

其中，所述反射层包括层叠交替设置的第一声阻抗层和第二声阻抗层；所述第一声阻抗层的声阻抗和所述第二声阻抗层的声阻抗不同。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的体声波谐振器，其特征在于，所述基底的材料包括

硅、碳化硅、金刚石、蓝宝石或氮化铝中的一种或多种。

10. 根据权利要求 1-9 任一项所述的体声波谐振器，其特征在于，所述介质层的材料包括氧化硅、氮化硅、氮氧化硅或氧化铝中的一种或多种。

11. 一种声学滤波器，其特征在于，包括多个级联的体声波谐振器；其中，所述
5 体声波谐振器为如权利要求 1-10 任一项所述的体声波谐振器。

12. 一种电子设备，其特征在于，包括声学滤波器、处理器和印刷电路板，所述声学滤波器和所述处理器均设置在所述印刷电路板上；

其中，所述声学滤波器为如权利要求 11 所述的声学滤波器。