



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111010121 A

(43)申请公布日 2020.04.14

(21)申请号 201910994460.3

(22)申请日 2019.10.18

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

申请人 诺思(天津)微系统有限责任公司

(72)发明人 张孟伦 庞慰 杨清瑞

(74)专利代理机构 北京金诚同达律师事务所
11651

代理人 汤雄军

(51)Int.Cl.

H03H 9/02(2006.01)

H03H 9/17(2006.01)

H03H 9/56(2006.01)

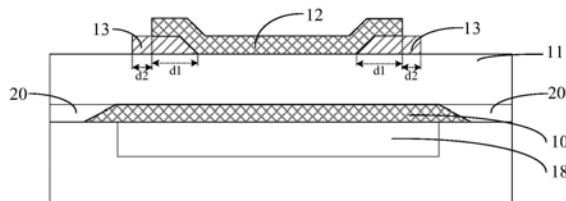
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

带不导电插入层的体声波谐振器、滤波器和电子设备

(57)摘要

本发明涉及体声波谐振器,包括:基底;声学镜;底电极;顶电极;和压电层,其中:所述顶电极边缘部分具有间隙部,所述间隙部与压电层之间在谐振器的厚度方向上存在间隙,且不导电插入层设置在所述间隙的至少一部分中。本发明还涉及滤波器与电子设备。



1. 一种体声波谐振器,包括:

基底;

声学镜;

底电极;

顶电极;和

压电层,

其中:

所述顶电极边缘部分具有间隙部,所述间隙部与压电层之间在谐振器的厚度方向上存在间隙,且不导电插入层设置在所述间隙的至少一部分中。

2. 根据权利要求1所述的谐振器,其中:

所述插入层的至少一部分的厚度与间隙的对应部分的高度相同。

3. 根据权利要求2所述的谐振器,其中:

所述间隙具有同一高度且所述插入层的厚度与所述间隙的高度相同;或者所述插入层的厚度小于所述间隙的高度。

4. 根据权利要求2所述的谐振器,其中:

所述间隙为阶梯间隙,且在谐振器的厚度方向上,所述插入层的对应部分与间隙部间隔开。

5. 根据权利要求4所述的谐振器,其中:

所述插入层位于所述阶梯间隙的内侧部分。

6. 根据权利要求1所述的谐振器,其中:

所述插入层与压电层之间还设置有刻蚀阻挡层。

7. 根据权利要求6所述的谐振器,其中:

所述刻蚀阻挡层的材料与所述顶电极的材料相同。

8. 根据权利要求1所述的谐振器,其中:

所述插入层的宽度大于所述间隙的宽度。

9. 根据权利要求1所述的谐振器,其中:

所述插入层的宽度小于所述间隙的宽度。

10. 根据权利要求9所述的谐振器,其中:

所述谐振器还设置有阻挡结构,所述阻挡结构连接在间隙部与压电层之间,且在横向上所述插入层设置在阻挡结构与顶电极之间。

11. 根据权利要求10所述的谐振器,其中:

所述阻挡结构与间隙部为一体结构。

12. 根据权利要求10所述的谐振器,其中:

所述间隙为阶梯间隙,所述插入层与压电层或顶电极在谐振器的厚度方向上间隔开,所述插入层位于所述阶梯间隙的内侧部分;或者

所述间隙为阶梯间隙,所述插入层与顶电极以及压电层在谐振器的厚度方向上连接,所述插入层位于所述阶梯间隙的内侧部分。

13. 根据权利要求1所述的谐振器,其中:

所述间隙为环形间隙,且所述插入层为环形层。

14. 根据权利要求1所述的谐振器, 其中:

所述插入层为如下材料: 二氧化硅或多晶硅或硼磷酸盐玻璃或金属氧化物或氮化硅或碳化硅。

15. 根据权利要求1所述的谐振器, 其中:

所述插入层与所述顶电极在谐振器的俯视图中的重叠区域的内侧在径向方向上与顶电极之间具有径向空隙。

16. 根据权利要求1-15中任一项所述的谐振器, 其中:

所述插入层与所述顶电极在谐振器的俯视图中的重叠区域的宽度大于 $2\mu\text{m}$ 。

17. 根据权利要求16所述的谐振器, 其中:

所述重叠区域的宽度大于 $5\mu\text{m}$ 。

18. 一种滤波器, 包括:

根据权利要求1-17中任一项所述的体声波谐振器。

19. 一种电子设备, 包括根据权利要求1-17中任一项所述的体声波谐振器, 或者根据权利要求18所述的滤波器。

带不导电插入层的体声波谐振器、滤波器和电子设备

技术领域

[0001] 本发明的实施例涉及半导体领域,尤其涉及一种体声波谐振器,一种滤波器,一种具有上述部件中的一种的电子设备。

背景技术

[0002] 薄膜体声波谐振器(Film Bulk Acoustic Resonator,简称FBAR,又称为体声波谐振器,也称BAW)作为压电器件的重要成员正在通信领域发挥着重要作用,特别是FBAR滤波器在射频滤波器领域市场占有份额越来越大,FBAR具有尺寸小(μm 级)、谐振频率高(GHz)、品质因数高(1000)、功率容量大、滚降效应好等优良特性,其滤波器正在逐步取代传统的声表面波(SAW)滤波器和陶瓷滤波器,在无线通信射频领域发挥巨大作用,其高灵敏度的优势也能应用到生物、物理、医学等传感领域。

[0003] 薄膜体声波谐振器的结构主体为由电极-压电薄膜-电极组成的“三明治”结构,即两层金属电极层之间夹一层压电材料。通过在两电极间输入正弦信号,FBAR利用逆压电效应将输入电信号转换为机械谐振,并且再利用压电效应将机械谐振转换为电信号输出。薄膜体声波谐振器主要利用压电薄膜的纵向压电系数(d_{33})产生压电效应,所以其主要工作模式为厚度方向上的纵波模式(Thickness Extensional Mode,简称TE模式)。

[0004] 理想地,薄膜体声波谐振器仅激发厚度方向(TE)模,但是除了期望的TE模式之外,还会产生横向的寄生模式,如瑞利-拉姆模是与TE模的方向相垂直的机械波。这些横向模式的波会在谐振器的边界处损失,从而导致谐振器能量损失,最终导致谐振器Q值的下降。为了抑制谐振器在边缘处横向模式声波的泄露,一般会在谐振器顶电极的边缘处增加附加结构(可以为顶电极边缘凸起的部分),从而将横向模式的声波限定在谐振器的有效区域内,提高Q值。但是当谐振器工作时,由于附加结构与顶电极相连,因此当对谐振器的顶电极和底电极施加一电压时,除了谐振器的主体部分会在压电材料的压电效应下产生主谐振之外,也会在附加结构中产生与主谐振频率不同的次谐振,从而影响滤波器相应频段的性能,如图1A所示。在图中, R_m 代表次谐振, $SW1$ 代表寄生模式,它们的峰高越大,表明损耗越大,对谐振器和滤波器性能的负面影响越大。

发明内容

[0005] 为解决或者缓解上述技术问题,在提高谐振器Q值的同时,能够有效抑制杂波的产生,提出本发明。

[0006] 根据本发明的实施例的一个方面,提出了一种体声波谐振器,包括:

[0007] 基底;

[0008] 声学镜;

[0009] 底电极;

[0010] 顶电极;和

[0011] 压电层,

[0012] 其中：

[0013] 所述顶电极边缘部分具有间隙部，所述间隙部与压电层之间在谐振器的厚度方向上存在间隙，不导电插入层设置在所述间隙的至少一部分中。

[0014] 可选的，所述插入层的至少一部分的厚度与间隙的对应部分的高度相同。可选的，所述间隙具有同一高度且所述插入层的厚度与所述间隙的高度相同；或者所述插入层的厚度小于所述间隙的高度。可选的，所述间隙为阶梯间隙，且在谐振器的厚度方向上，所述插入层的对应部分与间隙部间隔开。可选的，所述插入层位于所述阶梯间隙的内侧部分。

[0015] 可选的，所述插入层与压电层之间还设置有填充材料层。可选的，所述填充材料层的材料与所述顶电极的材料相同。

[0016] 可选的，所述插入层的宽度大于所述间隙的宽度。

[0017] 可选的，所述插入层的宽度小于所述间隙的宽度。进一步的，所述谐振器还设置有阻挡结构，所述阻挡结构连接在顶电极与压电层之间，且在横向方向上所述插入层设置在阻挡结构与顶电极之间。可选的，所述阻挡结构与间隙部为一体结构。可选的，所述间隙为阶梯间隙，所述插入层与间隙部或压电层在谐振器的厚度方向上间隔开，所述插入层位于所述阶梯间隙的内侧部分，或者所述间隙为阶梯间隙，所述插入层与顶电极以及压电层在谐振器的厚度方向上连接，所述插入层位于所述阶梯间隙的内侧部分。

[0018] 可选的，所述间隙为环形间隙，且所述插入层为环形层。

[0019] 可选的，所述插入层为如下材料中的一种：二氧化硅层或多晶硅、硼磷酸盐玻璃、金属氧化物、氮化硅、碳化硅。

[0020] 可选的，所述插入层与所述顶电极在谐振器的俯视图中的重叠区域的内侧在径向方向上与顶电极之间具有径向空隙。

[0021] 可选的，所述插入层与所述顶电极在谐振器的俯视图中的重叠区域的宽度大于 $2\mu\text{m}$ ，进一步的可以大于 $5\mu\text{m}$ 。

[0022] 根据本发明的实施例的再一方面，提出了一种滤波器，包括上述的谐振器。

[0023] 根据本发明的实施例的还一方面，提出了一种电子设备，包括上述的谐振器，或者上述的滤波器。

附图说明

[0024] 以下描述与附图可以更好地帮助理解本发明所公布的各种实施例中的这些和其他特点、优点，图中相同的附图标记始终表示相同的部件，其中：

[0025] 图1A为谐振器中次谐振及寄生模式产生频率区间的示意图；

[0026] 图1B的曲线A示意性示出位于顶电极边缘的间隙部的重叠段的宽度与谐振器的并联谐振阻抗(R_p)值之间的关系，曲线B示意性示出该重叠段的宽度与该重叠段引起的次谐振强度之间的关系，曲线C示意性示出当不导电插入层将重叠段与压电层隔离之后，该重叠段的宽度与该重叠段引起的次谐振强度之间的关系；

[0027] 图2为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图；

[0028] 图2A为根据本发明的一个示例性实施例的沿图2中的B-B线截得的截面示意图；

[0029] 图2B为根据本发明的另一个示例性实施例的沿图2中的B-B线截得的截面示意图；

[0030] 图3A为根据本发明的另一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图，其截面

位置类似于图2B；

[0031] 图3B为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图，其截面垂直于图2中的B-B线；

[0032] 图4为根据本发明的再一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图，其截面位置类似于图2B；

[0033] 图5为根据本发明的又一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图，其截面位置类似于图2B；

[0034] 图6为根据本发明的还一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图，其截面位置类似于图2B；

[0035] 图7示意性示出了顶电极边缘设置悬翼结构、设置位于顶电极边缘的凸起结构以及顶电极的间隙部下设置不导电插入层的重叠结构这三种情况下，各结构的宽度与谐振器的 R_p 值之间的关系；

[0036] 图8示意性示出了谐振器的频率-阻抗曲线，其中示出了谐振器的并联谐振频率 f_p 以及串联谐振频率 f_s ；

[0037] 图9示意性示出了谐振器的频率-阻抗曲线的实部部分，其中 Q_{sw1} 为在串联谐振器频率以下60MHz以内谐振器的平均Q值， Q_{sw2} 为在串联谐振器频率以下60MHz到250MHz以内谐振器的平均Q值；

[0038] 图10和图11分别为图5中的实施例中 Q_{sw1} 与 Q_{sw2} 和顶电极的间隙部的重叠段的宽度之间的曲线图。

具体实施方式

[0039] 下面通过实施例，并结合附图，对本发明的技术方案作进一步具体的说明。在说明书中，相同或相似的附图标号指示相同或相似的部件。下述参照附图对本发明实施方式的说明旨在对本发明的总体发明构思进行解释，而不应当理解为对本发明的一种限制。

[0040] 图1B的曲线A示意性示出位于顶电极边缘的间隙部的重叠段的宽度与谐振器的 R_p 值之间的关系，曲线B示意性示出该重叠段的宽度与该重叠段引起的次谐振强度之间的关系，曲线C示意性示出当不导电插入层将重叠段与压电层隔离之后，该重叠段的宽度与该重叠段中的次谐振强度之间的关系。

[0041] 从曲线A可以看出，谐振器的 R_p 值整体上是随重叠段的宽度的增加而增加，即重叠段的宽度越宽其 R_p 值越大；从曲线B可以看出，当重叠段的宽度越宽时，重叠段中次谐振的强度越大；从曲线C可以看出，当用不导电插入层将重叠段与压电层隔离开后，重叠段中的次谐振基本被消除。

[0042] 因此，在本发明中，通过改变谐振器顶电极边缘的结构，在将谐振器边缘处横向模式的声波限定在有效区域内的同时，能够进一步提升谐振器的Q值，还可消除或减少间隙部带来的次谐振效应，同时有效机电耦合系数也不受重叠段的影响，进而提高谐振器的性能。

[0043] 在本发明中，顶电极的间隙部为顶电极的与压电层之间存在间隙（不论是否被填充）的部分；而重叠段则是指该间隙部的在谐振器的厚度方向上与插入层重叠的区段。例如，在图2A中，d1所表示的顶电极部分为间隙部，同时也是重叠段。再如，在图3A中，d1与d2所表示的顶电极的部分为间隙部，而d1所表示的顶电极的部分为重叠段。

[0044] 图2为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图。图2所示的实施例中,为薄膜体声波谐振器的俯视图。其中10为谐振器的底电极(包括其电极连接结构),11为谐振器的压电层,12为谐振器的顶电极(包括其电极连接结构),13为位于顶电极之下的插入层,其部分位于顶电极之下,14为插入层位于顶电极之下的部分。

[0045] 图2A为根据本发明的一个示例性实施例的沿图2中的B-B线截得的截面示意图。图2A所示的实施例中,18为谐振器的声反射镜结构,其可以为在基底中刻蚀出的空腔结构或者为向上凸起的空腔结构,也可以为布拉格反射结构等声波反射形式,在图2A中为在基底中刻蚀出的空腔结构。10为底电极。11为压电层。12为顶电极。

[0046] 在本实施例中,声学镜18、底电极10、压电层11、顶电极12重叠的区域为谐振器的有效区域。顶电极位于声学镜内,顶电极边缘与声学镜边缘的距离为 d_3 , d_3 的范围为 $0-10\mu\text{m}$ 。底电极的端部距离声学镜的距离为 d_4 , d_4 的范围为 $0-10\mu\text{m}$ 。13为插入层,插入层具有第一末端(内端,在本发明中,对于所有的部件,在径向方向上或横向方向上靠近有效区域的中心的一侧为内)和第二末端(外端,在本发明中,对于所有的部件,在径向方向或者横向方向上远离有效区域的中心的一侧为外),插入层13的第二末端可与顶电极的外端边缘对齐或延伸出顶电极的外端。在本实施例中插入层的第二末端延伸出了顶电极的边缘,其延伸出的距离为 d_2 , d_2 的范围为 $0-20\mu\text{m}$ 。插入层第一末端距离顶电极外端边缘的距离为 d_1 , d_1 的宽度大于 $2\mu\text{m}$,进一步可以大于 $5\mu\text{m}$ 。

[0047] 需要专门指出的是,在本发明中,对于数值范围,不仅可以为给出的范围端点值,而且可以为该数值范围的均值或中点值。另外在本发明中,插入层可以是环形,也可以不是环形,均在本发明的保护范围之内。

[0048] 在本发明中,插入层13的材料为不导电材料,可以为:多晶硅、硼磷酸盐玻璃、金属氧化物、氮化硅、碳化硅等。

[0049] 在图2A中,谐振器的有效区域中具有第一声阻抗,在插入层与顶电极在谐振器垂直方向上重叠的区域中具有第二声阻抗。由于在重叠区域中的第二声阻抗与第一声阻抗不匹配,会使得声波在边界处传输不连续,因此在边界处,一部分声能就会耦合且反射到有效区域中,并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式,从而使得谐振器的Q值得到提高。

[0050] 同时在本实施例中,由于插入层将顶电极边缘部分与压电层隔离开来,一方面使得插入层与顶电极在厚度方向上重叠的区域所覆盖的部分压电层11中的电场强度减弱,另一方面相当于在次谐振器上串联了一个介质电容,从而使得次谐振的有效机电耦合系数减小,最终表现为次谐振强度大幅减弱;同时由于插入层隔离了顶电极边缘部分和压电层,因此大幅减弱了插入层与顶电极在厚度方向上重叠的区域对谐振器主谐振有效机电耦合系数的负面影响。

[0051] 需要指出的是,插入层13须为不导电材料才能够起到上述作用和效果;如果插入层为导电材料,虽然谐振器的Q值得到提高,但由于并没有减弱插入层与顶电极在厚度方向上重叠的区域所覆盖下的部分压电层11中的电场强度,因此无法降低寄生模式和次谐振的强度(即寄生模式和次谐振将恶化),也无法起到减弱插入层与顶电极在厚度方向上重叠的区域中对谐振器主谐振有效机电耦合系数负面影响的作用(即有效机电耦合系数将恶化)。

[0052] 另外,由图1B可知,插入层与顶电极在厚度方向上重叠区域的宽度越大,谐振器的 R_p 值越高,但是寄生模式和次谐振也会随着其宽度的变大而变大。而通过本实施例的结构

设计,即用不导电插入层将顶电极边缘部分与压电层分隔开,可以大幅降低寄生模式和次谐振的强度,因此可以采用大宽度凸起设计,在大幅度提高 R_p 值的前提下,减小次谐振及寄生模式,有利于提高滤波器全频段性能。因此,有利的,重叠段的宽度要大于 $2\mu\text{m}$,进一步可以大于 $5\mu\text{m}$ 。

[0053] 图2B为根据本发明的另一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图,其截面位置类似于图2A。图2B所示的谐振器结构与图2B所示的实施例结构类似,它们都包括谐振器的膜层结构和插入层,不同之处在于图2B位于底电极两侧边缘部分具有平坦层20,平坦层20可避免因底电极边缘粗糙、突变等因素引起的膜层断裂、压电层生长质量差等问题,有利于提高谐振器的电性能和稳定性。相应的,如图2B所示,插入层13成为平坦的。

[0054] 图3A为根据本发明的另一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图,其截面位置类似于图2B。图3A所示的谐振器结构与图2B所示的实施例结构类似,它们都包括谐振器的膜层结构和插入层,不同之处在于插入层的位置不一样。在本实施例中,插入层13的第二末端位于顶电极的外端边缘以内。插入层的第二末端距离顶电极的外端边缘为 d_2 ,其值一般为 $1\sim 2\mu\text{m}$,形成空气隙,由于空气中的声阻抗接近为零,因此能够将谐振器中的声波进一步限定在其有效区域内。插入层第一末端与第二末端之间的距离即插入层的宽度为 d_1 ,其值大于 $2\mu\text{m}$,进一步可以大于 $5\mu\text{m}$ 。

[0055] 图3B为根据本发明的另一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图,其截面位置类似与图2,但方向为沿垂直B-B的截面方向。图3B所示的谐振器结构与图3A所示的实施例结构类似,它们都包括谐振器的膜层结构和插入层,不同之处在于,在顶电极的电极连接处形成的是封闭的空气隙结构。

[0056] 如图2A、2B和3A、3B所示,所述间隙可以具有同一高度且不导电插入层的厚度与所述间隙的高度相同,需要指出的是,这里的“同一高度”也包含了因为制造工艺导致间隙的端部存在高度变化的情况,间隙的除了端部之外的部分的高度相同。但是,本发明不限于此,如图5和6所示,间隙可以是阶梯间隙(在本发明中,阶梯间隙不仅包括彼此间隔开的两个高度不同的间隙部形成的间隙,例如图6的方案,还包括两个高度不同的间隙部彼此没有被隔开,例如图5的方案);再如,间隙具有同一高度,但是插入层的厚度小于该高度;又如,插入层的厚度也可以发生变化,也为与阶梯间隙对应的阶梯结构,这些均在本发明的保护范围之内。

[0057] 在图2、2A、2B以及图3A和3B的实施例中,插入层13为环形结构,但是本发明不限于此,只要“沿所述有效区域的至少一部分,所述顶电极边缘部分的顶侧与压电层之间在谐振器的厚度方向上存在间隙,由不导电介质材料形成的插入层设置在所述间隙的至少一部分中”,均在本发明的保护范围之内。

[0058] 图4为根据本发明的又一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图,其截面位置类似于图2B。图4中,18为谐振器的声反射镜结构,其可以为在基底中刻蚀出的空腔结构或者为向上凸起的空腔结构,也可以为布拉格反射结构等声波反射形式,在图4中为在基底中刻蚀出的空腔结构;10为谐振器的底电极;11为谐振器的压电层;12为谐振器的顶电极;13为插入层,插入层的第二末端与顶电极的边缘对齐,在谐振器厚度方向上,插入层与顶电极连接且重叠的区域宽度为 d_1 ,其值大于 $2\mu\text{m}$,进一步可以大于 $5\mu\text{m}$;而插入层的另一部分通过空气隙51将其与顶电极隔开,其宽度为 d_2 ,其值一般为 $1\sim 2\mu\text{m}$ 。位于空气隙51上方的

电极部分形成悬翼结构52,由于其声阻抗与谐振器有效区域中的声阻抗不匹配,能够将谐振器中的声波进一步限定在其有效区域内。

[0059] 从图4中可以看出,在谐振器的厚度方向上,插入层13的对应部分或一部分与间隙部间隔开。

[0060] 在图4中,插入层13延伸过间隙的整个宽度,但是本发明不限于此。插入层13也可以仅位于阶梯间隙的内侧部分,或者仅仅处于间隙的部分宽度上,这些均在本发明的保护范围之内。

[0061] 图5为根据本发明的还一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图,其截面位置类似于图2B。图5所示的谐振器结构与图4所示的实施例结构类似,它们都包括谐振器的膜层结构和悬翼结构,不同之处在于:

[0062] 不导电插入层13的第二末端位于顶电极边缘的内侧,且插入层的第二末端与顶电极边缘之间为空气隙51,空气隙的宽度为一般为 $1\sim 2\mu\text{m}$ 且空气隙的高度要比插入层的厚度要大,在空气隙51的上方形形成悬翼结构52;

[0063] 图5中设置有刻蚀阻挡结构61,其宽度比较窄,典型的厚度可以为 $5\text{\AA}-100\text{\AA}$,材料可以与顶电极材料相同或者不同。刻蚀阻挡结构61的存在能够使得悬翼结构下空气隙在刻蚀形成的过程中不会对插入层13造成影响。在本实施例中,由于悬翼结构52的存在,其声阻抗与谐振器有效区域中的声阻抗不匹配,能够将谐振器中的声波进一步限定在其有效区域内。

[0064] 如图5所示,插入层13的宽度小于间隙的宽度。

[0065] 需要指出的是,在本发明中,间隙的宽度为不设置插入层时,顶电极的边缘部分与压电层之间形成的整体间隙的宽度或者是间隙宽度之和。例如,在,2A和2B中,间隙的宽度为 d_1 ,在图3A、3B和4中,间隙的宽度为 d_1 与 d_2 的和。

[0066] 在图5中,阻挡结构61连接在间隙部与压电层之间,且在横向方向上插入层13设置在阻挡结构61与顶电极之间。该阻挡结构61可以与间隙部为一体结构。

[0067] 如图5所示,所述间隙为阶梯间隙,插入层13与顶电极以及压电层11在谐振器的厚度方向上连接,插入层13位于阶梯间隙的内侧部分。

[0068] 图6为根据本发明的还一个示例性实施例的体声波谐振器的截面示意图,其截面位置类似于图2B。图6所示的谐振器结构与图5所示的实施例结构类似,它们都包括谐振器的膜层结构和悬翼结构。不同之处在于在不导电插入层13的下方和压电层11之间还有另一刻蚀阻挡结构71,其宽度比较窄,典型的厚度可以为 $5\text{\AA}-100\text{\AA}$,材料可以与顶电极材料相同或者不同。当压电层材料为氮化铝,空气隙的填充层为二氧化硅,在空气隙释放的过程中即用氢氟酸刻蚀二氧化硅的过程中,氢氟酸对穿过氮化铝对插入层造成损伤。因此在本实施例中,刻蚀阻挡结构61和71的存在能够使得顶电极下方的空气隙在刻蚀形成的过程中,不会对插入层13造成影响。

[0069] 如图6所示,所述间隙为阶梯间隙,由于设置有阻挡结构71(作为填充材料层),插入层13与压电层11在谐振器的厚度方向上间隔开,所述插入层13位于所述阶梯间隙的内侧部分。但是,本发明不限于此,例如,在图6中,阻挡结构71可以设置在插入层13的上方而后者则直接与压电层相接,这些均在本发明的保护范围之内。

[0070] 图7示意性示出了设置附加结构(可以为顶电极边缘的凸起结构)如图7右上角示意图a)中80所示、悬翼结构如图7右上角示意图b)中81所示、以及设置不导电插入层结构(其高度为 $100\text{\AA}$)其与顶电极在谐振器厚度方向的重叠区域如图7右上角示意图c)中的d区域(重叠段),所示的凸起结构的宽度、悬翼结构的宽度与重叠段的宽度这三种宽度与谐振器 R_p 之间的关系仿真结果图。从图7中可以看出,当插入层将顶电极与压电层分开后,其 R_p 值是最高的,其次为顶电极边缘设置凸起结构的情况, R_p 值最小的为设置悬翼结构。同时可以观察到,当重叠区域(即重叠段)的宽度 W 增加时,其 R_p 值逐渐升高。因此,当用不导电插入层将顶电极与压电层分开、同时增加重叠段的宽度,能够最大程度提升谐振器的 R_p 值。

[0071] 图8示意性示出了谐振器的频率-阻抗曲线,其中示出了谐振器的并联谐振频率 f_p 以及串联谐振频率 f_s 。串联谐振频率与并联谐振频率之间的距离为谐振器的机电耦合系数。图9示意性示出了谐振器的频率-阻抗曲线的实部部分,其中 Q_{sw1} 为在串联谐振器频率以下60MHz以内谐振器的平均 Q 值, Q_{sw2} 为在在串联谐振器频率以下60MHz到250MHz以内谐振器的平均 Q 值。其中, Q_{sw1} 和 Q_{sw2} 内谐振器 Q 值的变化情况,分别代表着谐振器内寄生模式和次谐振的强度, Q 值越高代表强度越弱。当 Q_{sw1} 和 Q_{sw2} 越大,表示谐振器在对应频率范围内的杂波或次谐振强度越小。

[0072] 图10和图11分别为图5中的实施例中 Q_{sw1} 与 Q_{sw2} 和凸起结构的宽度之间的曲线图。从图10、11可以看出,当用不导电插入层将顶电极与压电层分开后且重叠段的宽度 W 大于 $2\mu\text{m}$ 时,其 Q 值都比附加结构(可以为顶电极边缘的凸起部分)直接位于顶电极之上的情况要高,说明谐振器中的次谐振得到抑制、产生的杂波减少。基于以上,在用不导电插入层将顶电极与压电层分离开的情况下,能够有效减小谐振器中的次谐振,同时增加重叠段的宽度能够大幅提升谐振器中的 Q 值。

[0073] 在本发明中:

[0074] 电极组成材料可以是金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt),钌(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti)等类似金属形成。

[0075] 压电层材料可以为氮化铝(AlN)、掺杂氮化铝、氧化锌(ZnO)、锆钛酸铅(PZT)、铌酸锂(LiNbO₃)、石英(Quartz)、铌酸钾(KNbO₃)或钽酸锂(LiTaO₃)等及其为主要成分的掺杂材料等。

[0076] 不导电插入层的材料可以为:二氧化硅(SiO₂)或多晶硅或硼磷酸盐玻璃(BSG)或金属氧化物(如TeO(x))或氮化硅或碳化硅等。

[0077] 基于以上,本发明提出了如下技术方案:

[0078] 1、一种体声波谐振器,包括:

[0079] 基底;

[0080] 声学镜;

[0081] 底电极;

[0082] 顶电极;和

[0083] 压电层,

[0084] 其中:

[0085] 所述顶电极边缘部分具有间隙部,所述间隙部与压电层之间在谐振器的厚度方向上存在间隙,不导电插入层设置在所述间隙的至少一部分中。

[0086] 进一步的,所述间隙为环形间隙,且所述插入层为环形层。所述插入层可为二氧化硅层。

[0087] 所述插入层与所述顶电极在谐振器的俯视图中的重叠区域的宽度大于 $2\mu\text{m}$,进一步可以大于 $5\mu\text{m}$ 。

[0088] 2、一种滤波器,包括上述的谐振器。

[0089] 3、一种电子设备,包括上述的谐振器,或者上述的滤波器。需要指出的是,这里的电子设备,包括但不限于射频前端、滤波放大模块等中间产品,以及手机、WIFI、无人机等终端产品。

[0090] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行变化,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

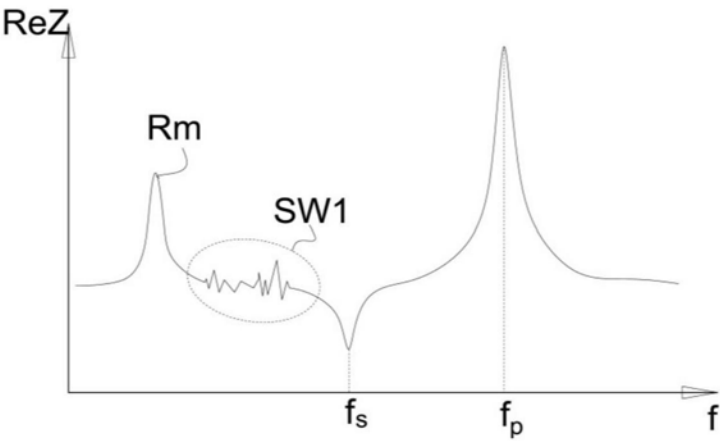


图1A

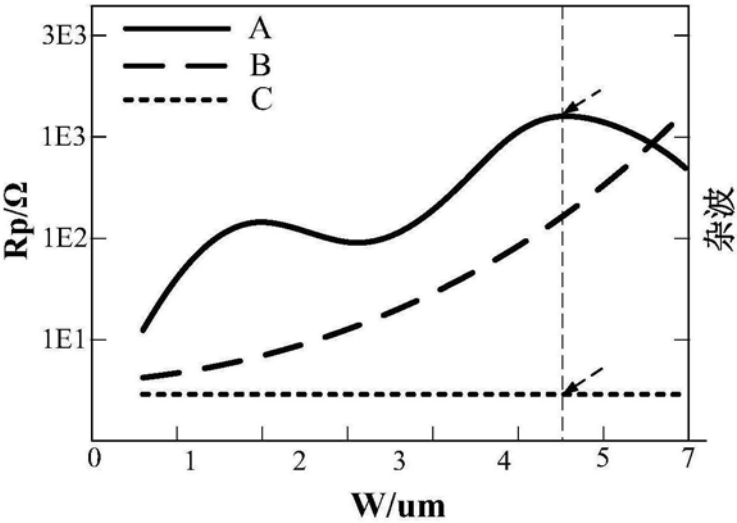


图1B

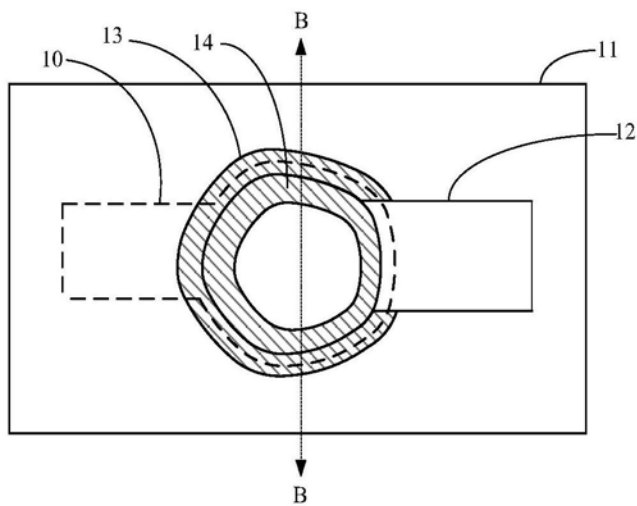


图2

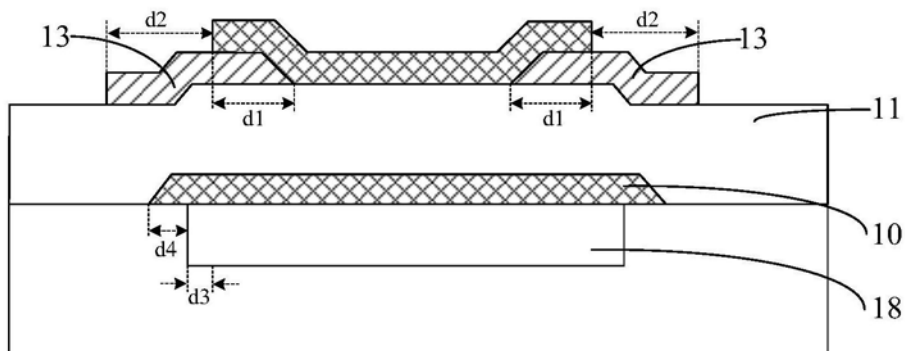


图2A

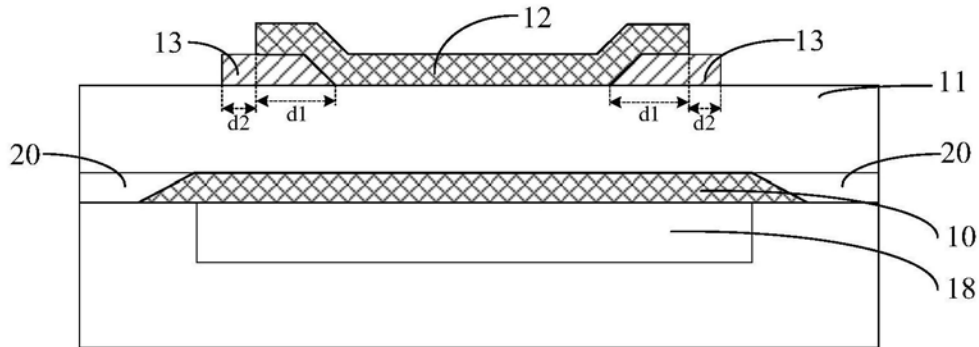


图2B

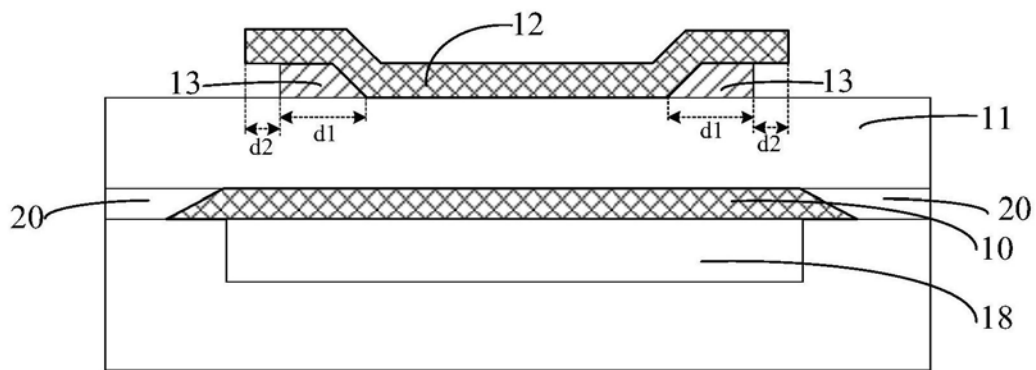


图3A

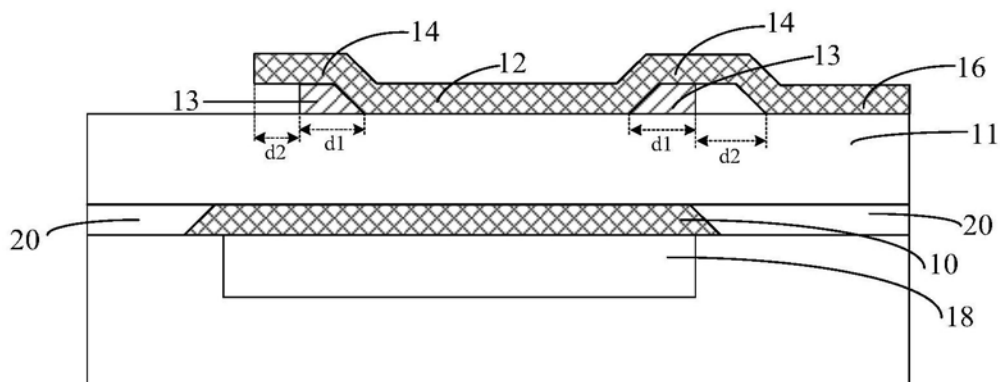


图3B

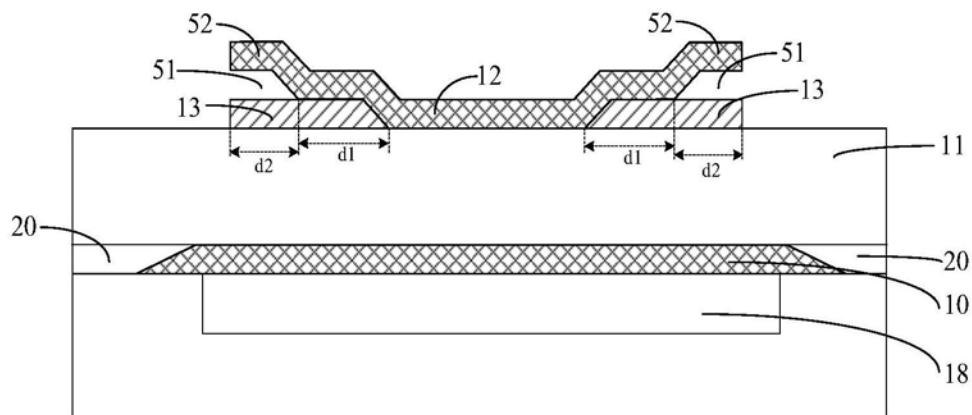


图4

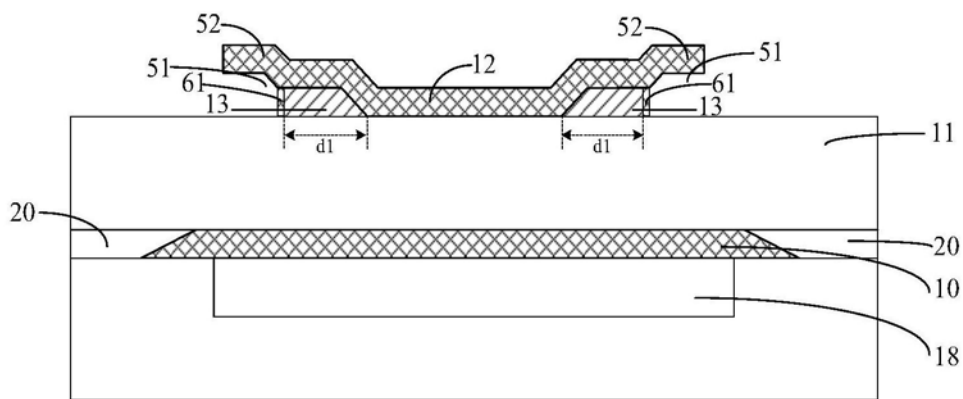


图5

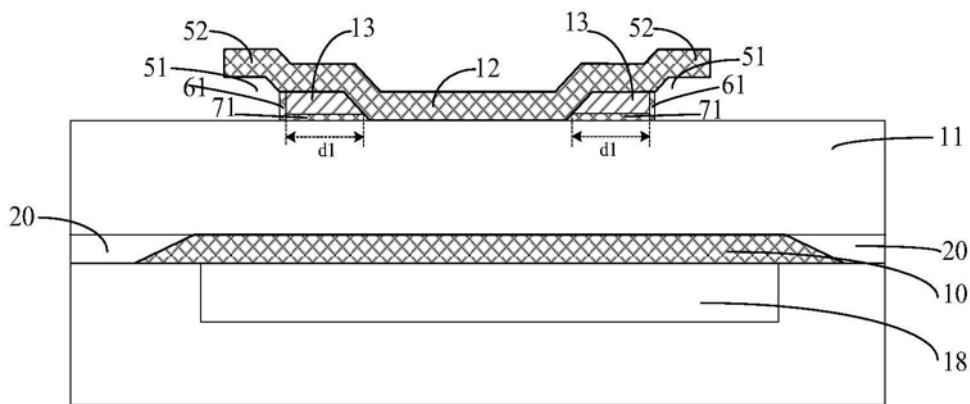


图6

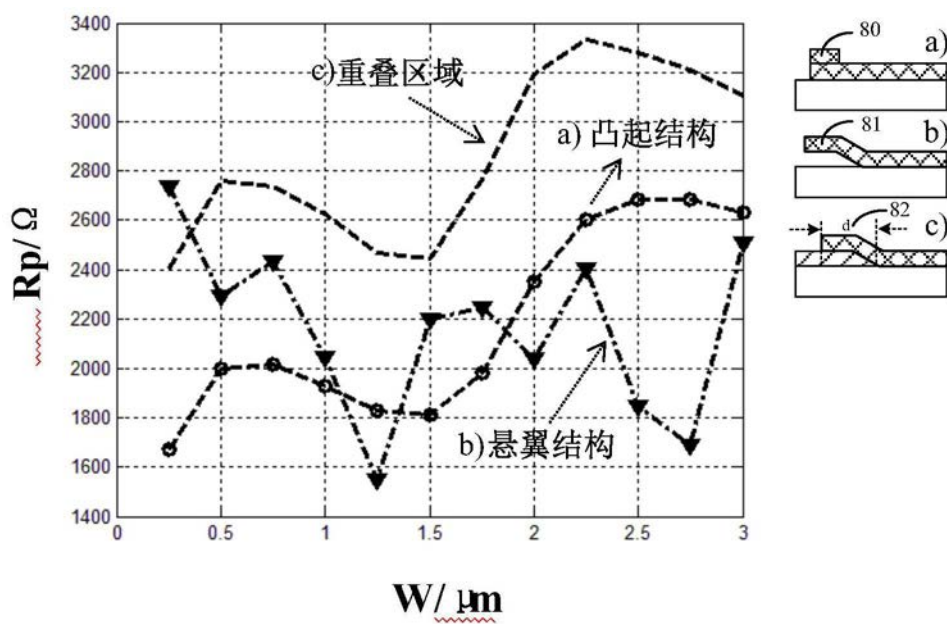


图7

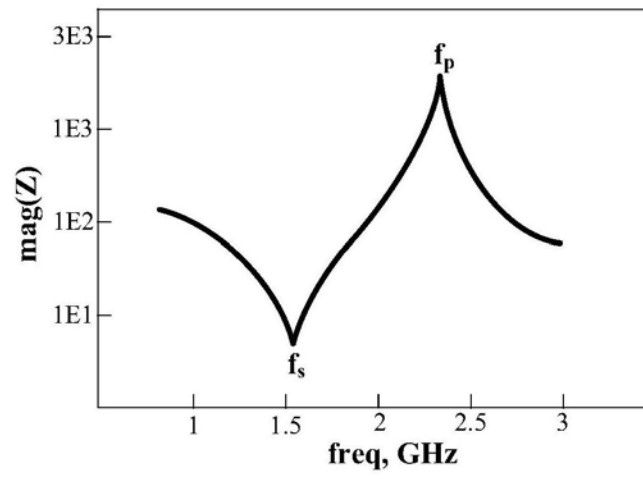


图8

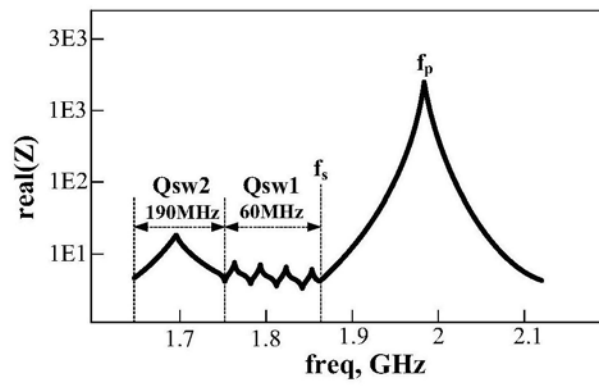


图9

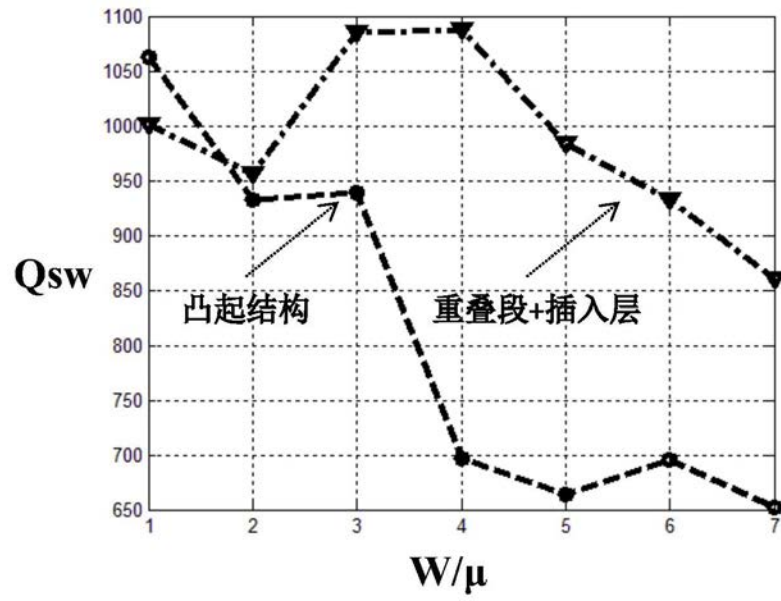


图10

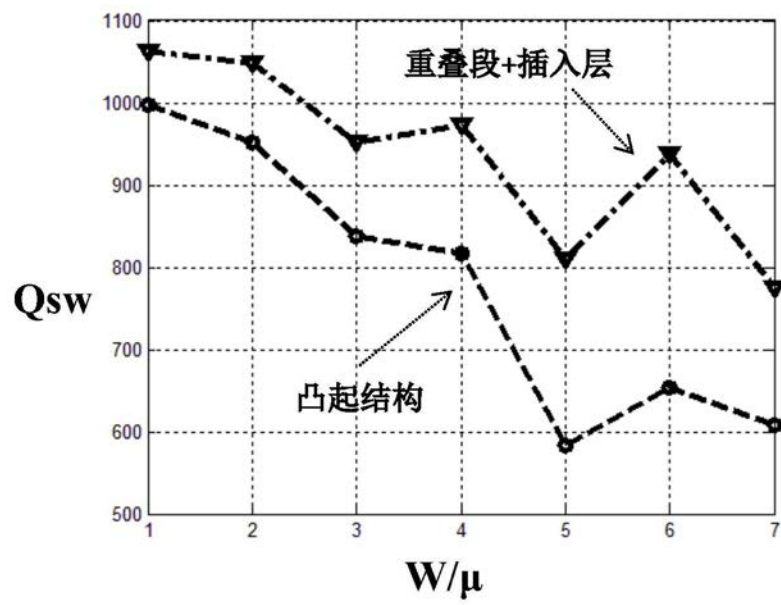


图11