



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111010112 B

(45) 授权公告日 2023. 12. 15

(21) 申请号 201910480623.6

H03H 9/58 (2006.01)

(22) 申请日 2019.06.04

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111010112 A

CN 102811031 A, 2012.12.05

CN 106533385 A, 2017.03.22

US 2014176261 A1, 2014.06.26

US 2014125202 A1, 2014.05.08

CN 101908865 A, 2010.12.08

(43) 申请公布日 2020.04.14

(73) 专利权人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

专利权人 诺思(天津)微系统有限责任公司

审查员 毛超

(72) 发明人 杨清瑞 庞慰 张孟伦

(74) 专利代理机构 北京金诚同达律师事务所

11651

专利代理师 汤雄军

(51) Int. Cl.

H03H 9/02 (2006.01)

H03H 9/56 (2006.01)

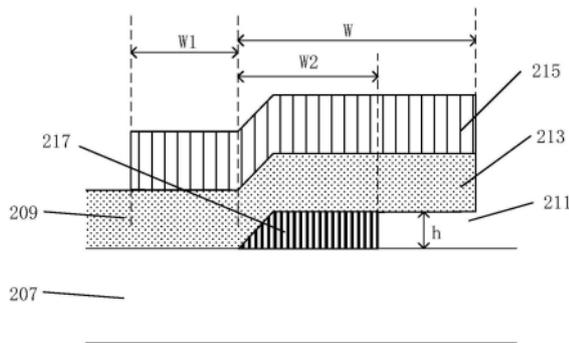
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

台阶结构的空隙被部分填充的谐振器、滤波器及电子设备

(57) 摘要

本发明涉及一种体声波谐振器,包括:基底;声学镜;底电极,设置在基底上方;顶电极,与所述底电极对置,且具有电极连接部;和压电层,设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间,其中:所述顶电极的边缘设置有悬翼结构和/或桥部结构,所述悬翼结构和/或桥部结构下方具有空隙;所述谐振器还包括填充层,所述填充层仅填充所述空隙的一部分。本发明还涉及一种具有该体声波谐振器的滤波器,以及一种具有该滤波器的电子设备。



1. 一种体声波谐振器,包括:

基底;

声学镜;

底电极,设置在基底上方;

顶电极,与所述底电极对置,且具有电极连接部;和

压电层,设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间,

其中:

所述顶电极的边缘设置有悬翼结构和/或桥部结构,所述悬翼结构和/或桥部结构下方具有空隙;

所述谐振器还包括填充层,所述填充层仅填充所述空隙的一部分;

所述谐振器还包括突起结构,所述突起结构设置在与所述悬翼结构或所述桥部结构相对应的位置;且

所述突起结构的内端处于填充层的内端的内侧,和/或所述突起结构的外端处于填充层的外端的外侧。

2. 根据权利要求1所述的谐振器,其中:

所述填充层填充所述悬翼结构或所述桥部结构下方的所述空隙的一部分。

3. 根据权利要求1所述的谐振器,其中:

所述顶电极的边缘设置有悬翼结构和桥部结构;

所述填充层填充所述悬翼结构和所述桥部结构下方的所述空隙的一部分。

4. 根据权利要求1所述的谐振器,其中:

所述填充层由介电材料形成。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的谐振器,其中:

所述填充层填充所述空隙的内侧部分;或者

所述填充层填充所述空隙的中间部分。

6. 根据权利要求5所述的谐振器,其中:

所述填充层的宽度与所述空隙的宽度的比 r 的取值范围为: $0.2 < r < 1$ 。

7. 根据权利要求6所述的谐振器,其中:

所述填充层的宽度与所述空隙的宽度的比 r 在0.25至0.75的范围内。

8. 根据权利要求7所述的谐振器,其中:

所述填充层的宽度与所述空隙的宽度的比在0.4至0.6的范围内。

9. 根据权利要求1-4中任一项所述的谐振器,其中:

所述谐振器还包括位于所述悬翼结构和/或桥部结构上侧的突起结构。

10. 根据权利要求9所述的谐振器,其中:

所述突起结构具有与顶电极接触的基础突起部以及延伸覆盖所述悬翼结构和/或桥部结构的延伸部。

11. 根据权利要求10所述的谐振器,其中:

所述基础突起部的宽度在 $0.2\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围内。

12. 根据权利要求11所述的谐振器,其中:

所述基础突起部的宽度在 $0.75\mu\text{m}$ - $6\mu\text{m}$ 的范围内。

13. 根据权利要求1-4中任一项所述的谐振器,其中:
所述谐振器还包括位于所述悬翼结构和/或桥部结构下方的突起结构,所述突起结构下方形成所述空隙。
14. 根据权利要求1-4中任一项所述的谐振器,其中:
所述悬翼结构为多台阶结构,和/或所述桥部结构的内侧为多台阶结构,所述多台阶结构下方形成所述空隙,所述空隙为台阶空隙。
15. 根据权利要求14所述的谐振器,其中:
所述填充层填充最内侧的阶层空隙。
16. 根据权利要求14所述的谐振器,其中:
所述多台阶结构包括与顶电极连接的第一台阶以及与第一台阶连接的第二台阶。
17. 根据权利要求16所述的谐振器,其中:
第一台阶的空隙高度为50A-500A。
18. 根据权利要求17所述的谐振器,其中:
第二台阶的空隙高度为500A-4000A。
19. 根据权利要求18所述的谐振器,其中:
第一台阶的宽度为0.2-7 μm ,且第二台阶的宽度为0.2-7 μm 。
20. 根据权利要求14所述的谐振器,其中:
所述谐振器包括设置于多台阶结构上方的突起结构。
21. 根据权利要求14所述的谐振器,其中:
所述谐振器包括设置于多台阶结构下方的突起结构。
22. 一种滤波器,包括根据权利要求1-21中任一项所述的体声波谐振器。
23. 一种电子设备,包括根据权利要求22所述的滤波器或者根据权利要求1-21中任一项所述的体声波谐振器。

台阶结构的空隙被部分填充的谐振器、滤波器及电子设备

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,一种具有该谐振器的滤波器,以及一种具有该滤波器的电子设备。

背景技术

[0002] 利用压电薄膜在厚度方向的纵向谐振所制成的薄膜体波谐振器,在手机通讯和高速串行数据应用等方面已经成为声表面波器件和石英晶体谐振器的一个可行的替代。射频前端体波滤波器/双工器提供优越的滤波特性,例如低插入损耗,陡峭的过渡带,较大的功率容量,较强的抗静电放电(ESD)能力。具有超低频率温度漂移的高频薄膜体波振荡器,其相位噪声低,功耗低且带宽调制范围大。除此之外,这些微型薄膜谐振器在硅衬底上使用CMOS兼容的加工工艺,这样可以降低单位成本,并有利于最终与CMOS电路集成。

[0003] 体波谐振器包括一个声学镜和两个电极,以及位于这两电极之间的被称作压电激励的压电材料层。也称底电极和顶电极为激励电极,其作用是引起谐振器各层的机械振荡。声学镜在体波谐振器和基底之间形成声学隔离,以防止声波传导至谐振器之外,造成能量损失。

[0004] 理想状态下,施加在上底电极上的交变电信号的能量只单一的转化为压电层的纵向振动模式(通常也称活塞模式)的声波能量。而在实际情况中,伴随着纵向振动模式还会产生横向振动模式的声波,横模波的存在会削弱活塞模式声波的能量,从而对器件的关键性能参数如品质因数(Q)和有效机电耦合系数($k_{t,eff}^2$)造成严重的恶化。同时,由体声波谐振器构造而成的滤波器性能也会随之下降。

[0005] 传统的体声波谐振器中在顶电极的边缘设置悬翼结构,该悬翼结构有助于抑制横向振动模式的声波。

[0006] 图1为现有技术的薄膜体声波谐振器的俯视示意图,图2为一种现有技术的、基于图1中的1B-1B截得的谐振器的剖视示意图,图3为另一种现有技术的、基于图1中的1B-1B截得的谐振器的剖视示意图。在图1-3中,体声波谐振器包括基底101、声学镜103、第一电极105、压电层107、第二电极109、单台阶结构(或悬翼结构)113、突起结构115以及空隙111。空隙111可以为空气或全部填充介质材料。

[0007] 但是,现实应用中仍存在进一步抑制横向振动模式的声波以增加谐振器的并联谐振阻抗 R_p 从而提升谐振器的Q值的需求。

发明内容

[0008] 为缓解或解决现有技术中的上述问题中的至少一个方面,提出本发明。

[0009] 根据本发明的实施例的一个方面,提出了体声波谐振器,包括:

[0010] 基底;

[0011] 声学镜;

[0012] 底电极,设置在基底上方;

- [0013] 顶电极,与所述底电极对置,且具有电极连接部;和
- [0014] 压电层,设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间,
- [0015] 其中:
- [0016] 所述顶电极的边缘设置有悬翼结构和/或桥部结构,所述悬翼结构和/或桥部结构下方具有空隙;
- [0017] 所述谐振器还包括填充层,所述填充层仅填充所述空隙的一部分。
- [0018] 可选的,所述填充层填充所述悬翼结构或所述桥部结构下方的所述空隙的一部分。
- [0019] 可选的,所述顶电极的边缘设置有悬翼结构和桥部结构;所述填充层填充所述悬翼结构和所述桥部结构下方的所述空隙的一部分。
- [0020] 可选的,所述填充层由介电材料形成。
- [0021] 可选的,所述填充层填充所述空隙的内侧部分;或者所述填充层填充所述空隙的中间部分。
- [0022] 可选的,所述填充层的宽度与所述空隙的宽度的比 r 的取值范围为: $0.2 < r < 1$ 。进一步地,所述填充层的宽度与所述空隙的宽度的比 r 在0.25至0.75的范围内,可选的,所述填充层的宽度与所述空隙的宽度的比在0.4至0.6的范围内。
- [0023] 可选的,所述谐振器还包括位于所述悬翼结构和/或桥部结构上侧的突起结构。进一步地,所述突起结构具有与顶电极接触的基础突起部以及延伸覆盖所述悬翼结构和/或桥部结构的延伸部。更进一步地,所述基础突起部的宽度在 $0.2\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围内,更进一步的,在 $0.75\mu\text{m}$ - $6\mu\text{m}$ 的范围内。
- [0024] 可选的,所述谐振器还包括位于所述悬翼结构和/或桥部结构下方的突起结构,所述突起结构下方形成所述空隙。
- [0025] 可选的,所述悬翼结构为多台阶结构,和/或所述桥部结构的内侧为多台阶结构,所述多台阶结构下方形成所述空隙,所述空隙为台阶空隙。进一步可选的,所述填充层填充最内侧的阶层空隙。
- [0026] 可选的,所述多台阶结构包括与顶电极连接的第一台阶以及与第一台阶连接的第二台阶。可选的,第一台阶的空隙高度为 50\AA - 500\AA 。可选的,第二台阶的空隙高度为 500\AA - 4000\AA 。可选的,第一台阶的宽度为 0.2 - $7\mu\text{m}$,且第二台阶的宽度为 0.2 - $7\mu\text{m}$ 。
- [0027] 可选的,所述谐振器包括设置于多台阶结构上方的突起结构。
- [0028] 可选的,所述谐振器包括设置于多台阶结构下方的突起结构。
- [0029] 根据本发明的实施例的另一方面,提出了一种滤波器,包括上述的体声波谐振器。
- [0030] 根据本发明的实施例的还一方面,提出了一种电子设备,包括上述的滤波器。

附图说明

- [0031] 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:
- [0032] 图1为现有技术的薄膜体声波谐振器的俯视示意图;
- [0033] 图2为一种现有技术的、基于图1中的1B-1B截得的谐振器的剖视示意图;
- [0034] 图3为另一种现有技术的、基于图1中的1B-1B截得的谐振器的剖视示意图;

- [0035] 图4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；
- [0036] 图5为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图4中的2B-2B线截得的体声波谐振器的剖视示意图；
- [0037] 图6为图5中的悬翼部分的局部放大图；
- [0038] 图7为示例性示出图6的结构中，空隙填充宽度与空隙总体宽度之比与谐振器的 R_p 值以及突起结构的基部宽度之间的关系的关系的曲线图；
- [0039] 图8为示例性示出图6中的结构中，在突起结构的基部宽度不变(为 $1\mu\text{m}$)的情况下，空隙填充宽度与空隙总体宽度之比与谐振器的 R_p 值之间的关系的关系的曲线图；
- [0040] 图9为根据本发明的另一个示例性实施例的、沿图4中的2B-2B线截得的体声波谐振器的剖视示意图；
- [0041] 图10为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的剖视示意图，其中填充部设置在空隙的中间部分；
- [0042] 图11为根据本发明的再一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图；
- [0043] 图12为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图11中的3B-3B线截得的体声波谐振器的剖视示意图，其中突起结构在悬翼结构的上方；
- [0044] 图13为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图11中的3B-3B线截得的体声波谐振器的剖视示意图，其中突起结构在悬翼结构的下方；
- [0045] 图14为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的顶电极的双台阶悬翼结构的局部剖视示意图；
- [0046] 图15为根据本发明的又一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图；
- [0047] 图16为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图15中的4B-4B线截得的体声波谐振器的剖视示意图，其中突起结构在桥部结构的上方；
- [0048] 图17为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图15中的4B-4B线截得的体声波谐振器的剖视示意图，其中突起结构在桥部结构的下方；
- [0049] 图18为根据本发明的还一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图；
- [0050] 图19为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图18中的5B-5B线截得的体声波谐振器的剖视示意图，其中突起结构在悬翼结构和桥部结构的上方；
- [0051] 图20为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图18中的5B-5B线截得的体声波谐振器的剖视示意图，其中突起结构在悬翼结构和桥部结构的下方。

具体实施方式

[0052] 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。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。

[0053] 下面参照图4-10描述根据本发明的一个实施例的体声波谐振器。

[0054] 图4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5为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图4中的2B-2B线截得的体声波谐振器的剖视示意图。图6为图5中的悬翼部分的局部放大图。

[0055] 在图4-6中，体声波谐振器包括基底201、声学镜203、第一电极205、压电层207、第

二电极209、单台阶结构(或悬翼结构)213、突起结构215、空隙部211以及填充部217。

[0056] 在图4-6的示例中,单台阶结构213下方包括填充部217和空隙部211。换言之,在本发明中,台阶结构下方的空隙并未被填充部完全填充。

[0057] 如图5-6所示,所述突起结构215具有与顶电极接触的基础突起部(图6中W1区间)以及延伸覆盖所述悬翼结构的延伸部(图6中W区间)。

[0058] 在可选的实施例中,所述基础突起部的宽度在 $0.2\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围内,如 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $10\mu\text{m}$,更进一步的,在 $0.75\mu\text{m}$ - $6\mu\text{m}$ 的范围内,除了可以为端点值之外,还可以为例如 $1\mu\text{m}$ 。

[0059] 如图6所示,h为单台阶213与压电层207之间的距离,W为单台阶结构213的宽度(对应于单台阶结构所形成的整个空隙的空隙宽度),W1为凸起结构215仅位于第二电极209上的部分(基础突起部)的宽度,W2为填充部217的宽度。

[0060] 图7为示例性示出图6的结构中,空隙填充宽度与空隙总体宽度之比与谐振器的 R_p 值以及突起结构的基部宽度之间的关系的曲线图。定义图7中的 $r=W2/W$,即填充部所占整个空隙宽度的比例。对不同的填充比例进行仿真,设定 $h=1000\text{\AA}$, $W=1\mu\text{m}$,并联谐振阻抗 R_p 随W1的变化如图7所示。可以看出,采取部分填充时,并联谐振阻抗 R_p 优于不填充的情况。在W1取特定范围时,部分填充的效果要优于全部填充。

[0061] 图8为示例性示出图6中的结构中,在突起结构的基部宽度不变(为 $1\mu\text{m}$)的情况下,空隙填充宽度与空隙总体宽度之比与谐振器的 R_p 值之间的关系的曲线图。在图8中,设定 $W1=1\mu\text{m}$,即图8中A区域,并联谐振阻抗 R_p 随r变化如图8所示。

[0062] 如图8所示,当 $r=0.5$ 时,即一半进行填充时, $R_p=4534.1$,与不填充相比,增大约472.2(约12%)。与全填充相比,增大约296.4(约7%)。r的取值范围可以为 $0.2 < r < 1$ 。

[0063] 图9为根据本发明的另一个示例性实施例的、沿图4中的2B-2B线截得的体声波谐振器的剖视示意图。如图9所示,突起结构215设置于单台阶结构213的下方,而填充部217则填充空隙的一部分。

[0064] 在以上的实施例中的,填充层均填充空隙的最内侧,但是,本发明不限于此,在本发明中,填充层可以设置在空隙的外侧,还可以设置在空隙的中间部分(即填充层的两侧均有间隙)。图10为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的剖视示意图,其中填充部设置在空隙的中间部分。图10中的附图标记与图5中相同。图11为根据本发明的再一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图,图12为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图11中的3B-3B线截得的体声波谐振器的剖视示意图,其中突起结构在悬翼结构的上方,图13为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图11中的3B-3B线截得的体声波谐振器的剖视示意图,其中突起结构在悬翼结构的下方。

[0065] 在图11-13中,体声波谐振器包括基底301、声学镜303、第一电极305、压电层307、第二电极309、双台阶结构(或悬翼结构)313、突起结构315、空隙部311以及填充部317。

[0066] 图11-13所示的实施例与图4-10中的实施例的区别在于,在图11-13中,顶电极的悬翼结构为双台阶结构,而非前面实施例中的单台阶结构。

[0067] 图14为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的顶电极的双台阶悬翼结构的局部剖视示意图。在图14中,307为压电层,309为顶电极,311为空隙。参见图14,第一台阶313a的空隙高度 h_1 为 50\AA - 500\AA ,除了可以为上述提到的端点外,还可以为 200\AA ;第二台

阶313b的空隙高度 h_2 可以为500A-4000A,例如可以为500A,2000A或4000A。在图14中,第一台阶的宽度 W_1 为0.2-7 μm ,且第二台阶的宽度 W_2 为0.2-7 μm ,例如两者可以为5 μm 。

[0068] 参见图12和14,所述填充层317填充最内侧的阶层空隙。这里需要指出的是,在悬翼结构或者后面提及的桥部结构的内侧设置有突起结构的情况下,阶层间隙为突起结构下方的阶层间隙。

[0069] 还需要指出的是,在本发明中,悬翼结构和/或桥部结构下方的空隙是指悬翼结构和/或桥部结构下方(包括设置有突起结构的情况下)并未被本发明中的填充层填充时的空隙。对于该空隙的宽度,不论对于桥部结构还是悬翼结构,为该空隙在谐振器的厚度方向上落在谐振器的有效区域内的部分的宽度。

[0070] 需要指出的是,在本发明中,靠近谐振器的有效区域的一侧为内侧,反之则为外侧。

[0071] 需要注意的是,在图12-14中,突起结构也可以仅仅覆盖悬翼结构的一部分。

[0072] 图15为根据本发明的又一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图;

[0073] 图16为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图15中的4B-4B线截得的体声波谐振器的剖视示意图,其中突起结构416在桥部结构414的上方;图17为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图15中的4B-4B线截得的体声波谐振器的剖视示意图,其中突起结构416在桥部结构414的下方,而且,图17中的桥部结构具有多台阶结构。

[0074] 在图15-17中,体声波谐振器包括基底401、声学镜403、第一电极405、压电层407、第二电极409、桥部结构414、突起结构416、空隙部412以及填充部418。

[0075] 参见图16和17,所述填充层418填充空隙的最内侧。

[0076] 需要注意的是,在图16-17中,突起结构也可以仅仅覆盖桥部结构的一部分。

[0077] 图18为根据本发明的又一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图;

[0078] 图19为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图18中的5B-5B线截得的体声波谐振器的剖视示意图,其中突起结构在悬翼结构和桥部结构的上方;图18为根据本发明的一个示例性实施例的、沿图18中的5B-5B线截得的体声波谐振器的剖视示意图,其中突起结构在悬翼结构和桥部结构的下方。

[0079] 在图18-20中,体声波谐振器包括基底501、声学镜503、第一电极505、压电层507、第二电极509、悬翼结构513、桥部结构514、突起结构515、突起结构516、空隙部511、空隙部512、填充部517以及填充部518。

[0080] 在图19中,桥部结构与悬翼结构均为单台阶结构。在图20中,桥部结构与悬翼结构均为多台阶结构。如本领域技术人员能够理解的,桥部结构与悬翼结构之一可以为多台阶结构。

[0081] 参见图19和20,所述填充层填充空隙的最内侧。

[0082] 同样需要指出的是,虽然在以上的实施例中的,填充层均填充空隙的最内侧,但是,本发明不限于此,在本发明中,填充层可以设置在空隙的外侧,还可以设置在空隙的中间部分(即填充层的两侧均有间隙)。

[0083] 需要指出的是,在本发明的实施例中,虽然以薄膜体声波谐振器为例进行说明,这些说明均可以适用于其他类型的体声波谐振器。

[0084] 在本发明中,各个组成部分和材料描述如下:

[0085] 顶电极和底电极,由金属材料制成,材料可选钼、钽、金、铝、镁、钨、铜,钛、铌、钽、钨、铬或以上金属的复合或其合金。

[0086] 填充部,可选非金属介电材料,如:二氧化硅、氮化硅、碳化硅、氮化铝、氧化镁、氧化铝,或其他金属氧化物或氮化物或多聚物等。

[0087] 钝化层:该层属于可选的保护层,可防止水汽、氧气或其他外界物质侵蚀谐振器。保护层可选非金属材料如二氧化硅、氮化硅、碳化硅、氮化铝、氧化镁、氧化铝,或其他金属氧化物或氮化物或多聚物等。

[0088] 压电层:氮化铝、掺杂氮化铝、氧化锌、锆钛酸铅、铌酸锂、石英、铌酸钾或钽酸锂等材料,其中掺杂ALN至少含一种稀土元素,如铈、钇、镧、铪、铈等。

[0089] 基于以上,本发明提出了一种体声波谐振器,包括:

[0090] 基底;

[0091] 声学镜;

[0092] 底电极,设置在基底上方;

[0093] 顶电极,与所述底电极对置,且具有电极连接部;和

[0094] 压电层,设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间,

[0095] 其中:

[0096] 所述顶电极的边缘设置有悬翼结构和/或桥部结构,所述悬翼结构和/或桥部结构下方具有空隙;且

[0097] 所述谐振器还包括填充层,所述填充层仅填充所述空隙的一部分。

[0098] 所述填充层可填充所述空隙的内侧部分;或者所述填充层填充所述空隙的中间部分。

[0099] 基于以上,本发明还提出了一种滤波器,包括多个上述的体声波谐振器。本发明还提出了一种电子设备,包括上述的滤波器或者上述的体声波谐振器。

[0100] 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。

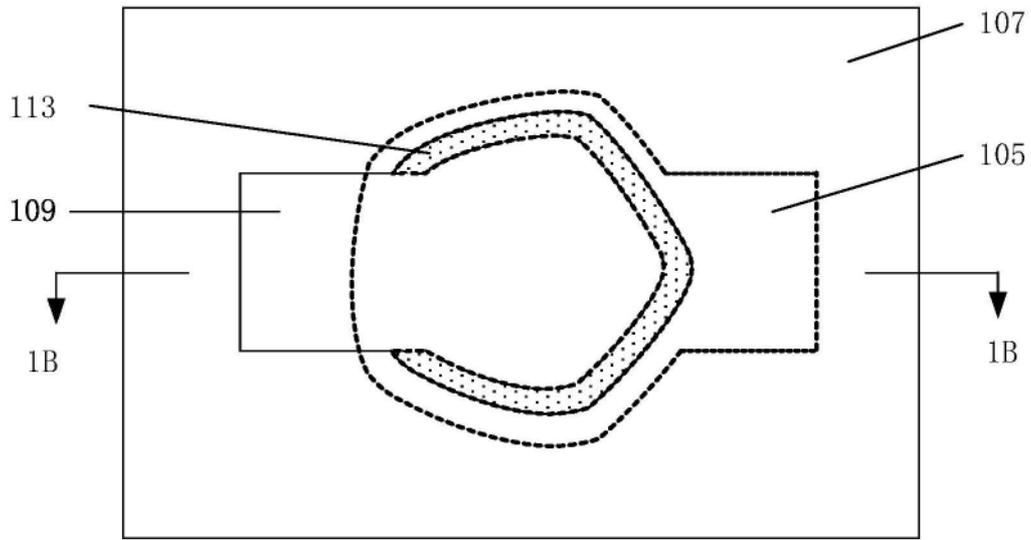


图1

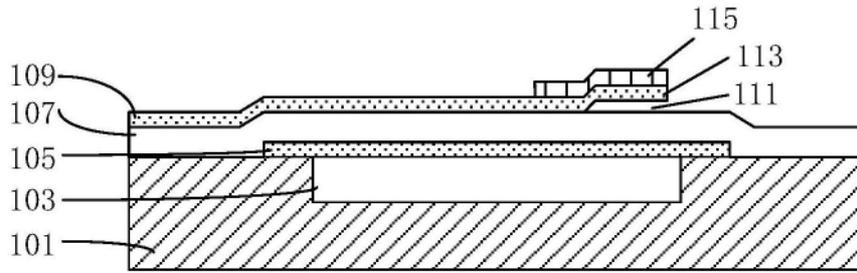


图2

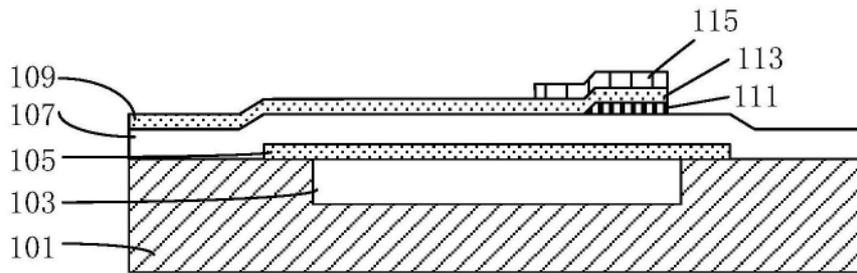


图3

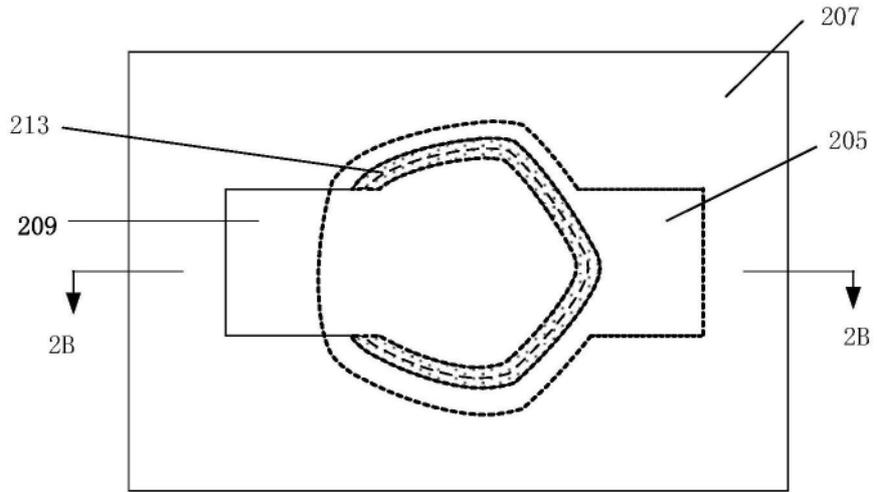


图4

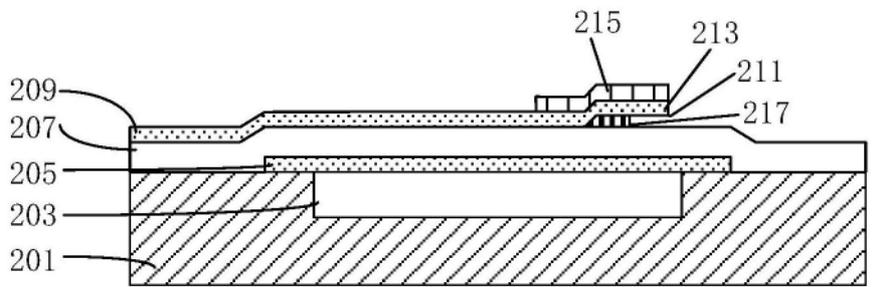


图5

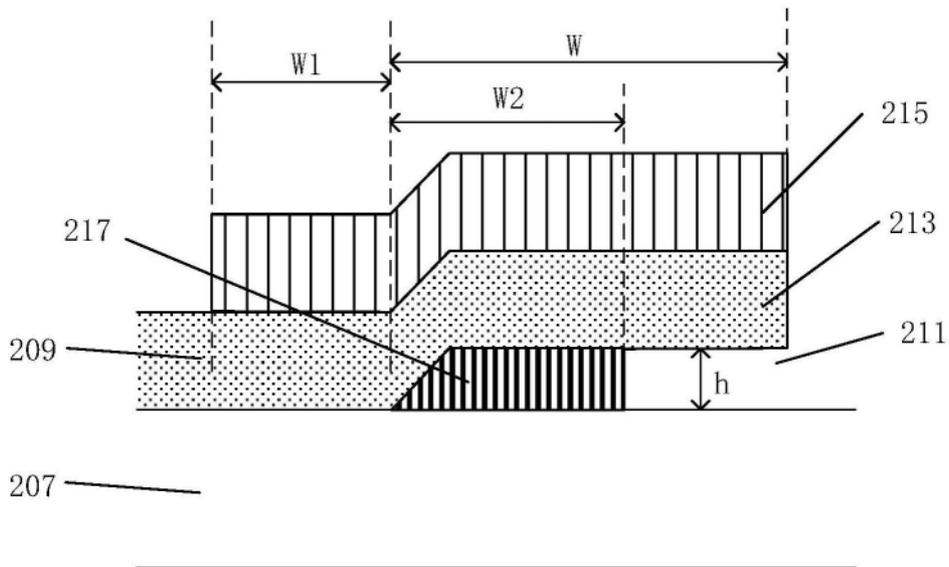


图6

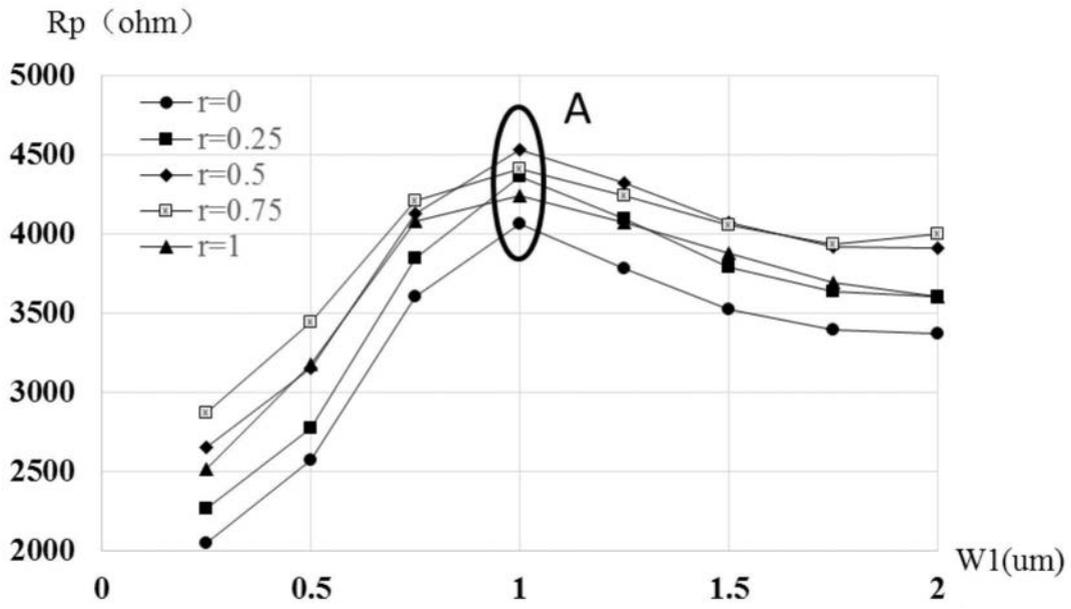


图7

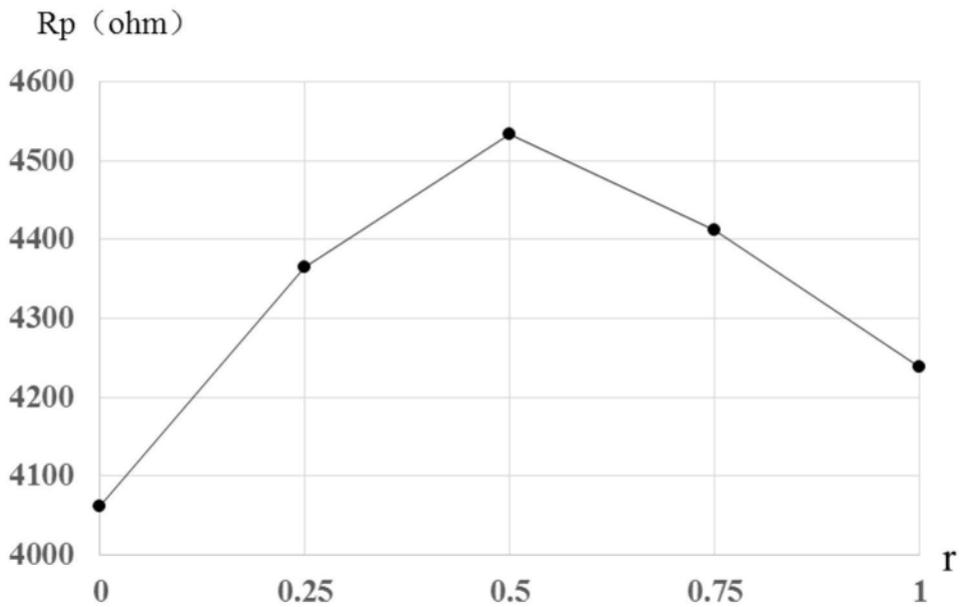


图8

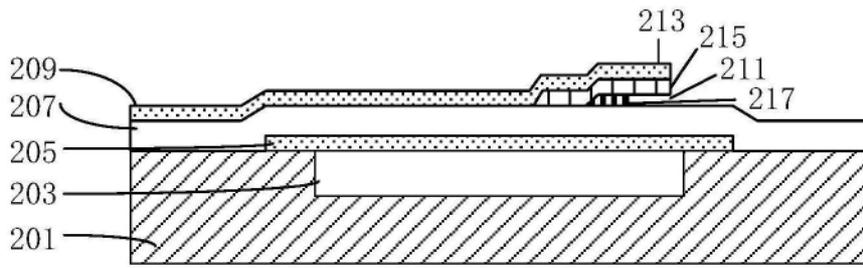


图9

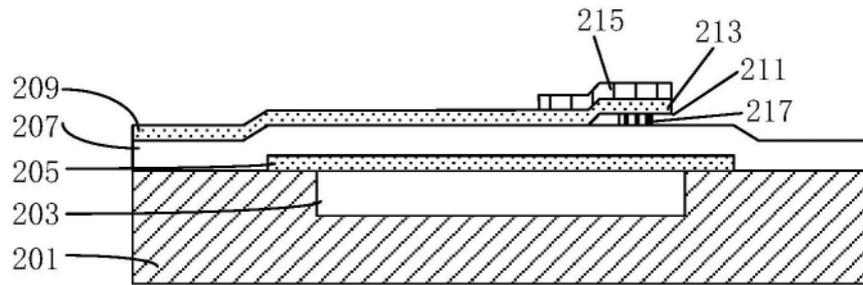


图10

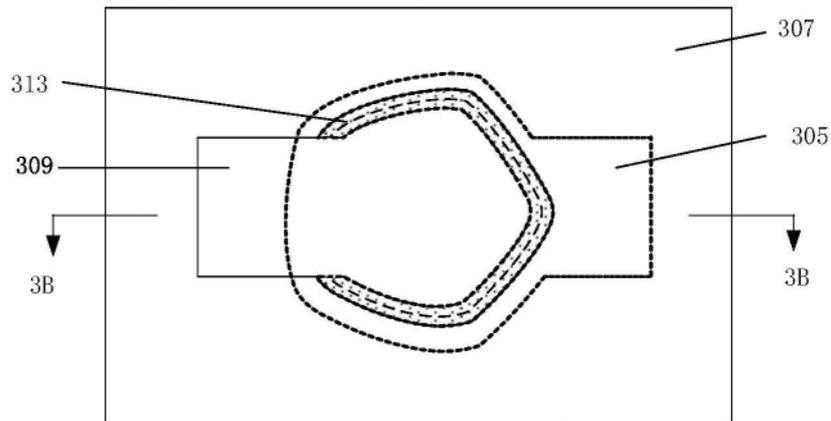


图11

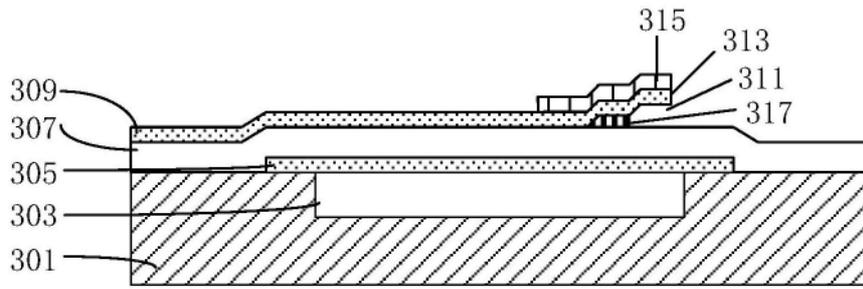


图12

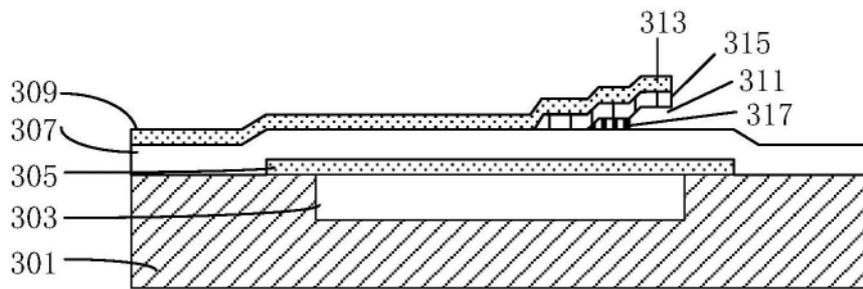


图13

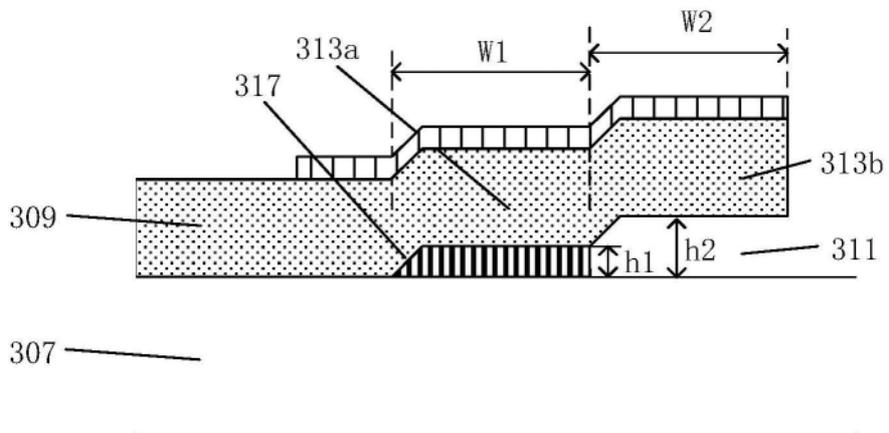


图14

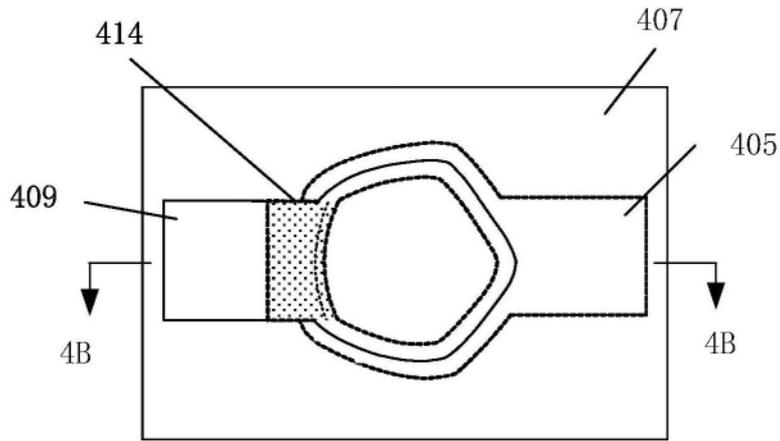


图15

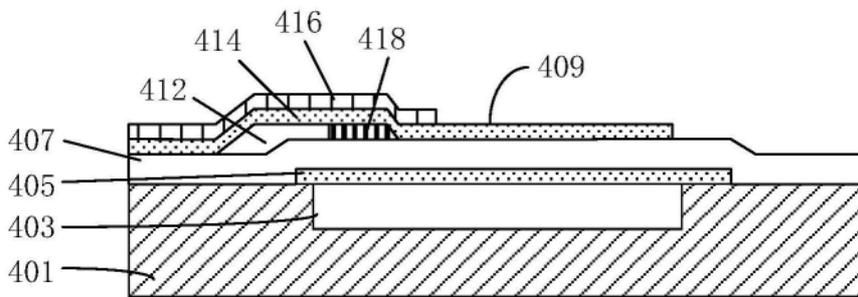


图16

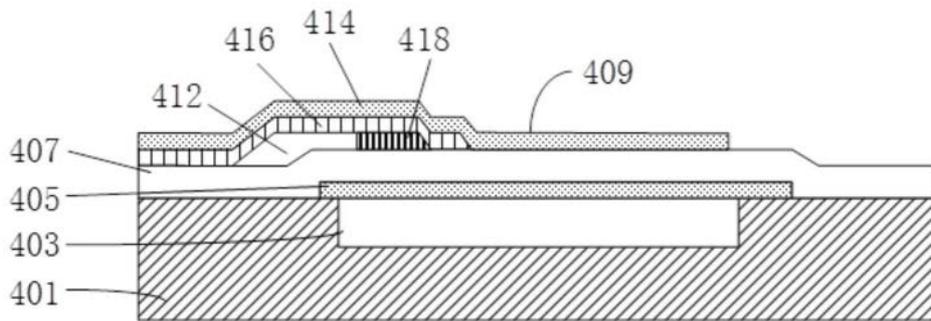


图17

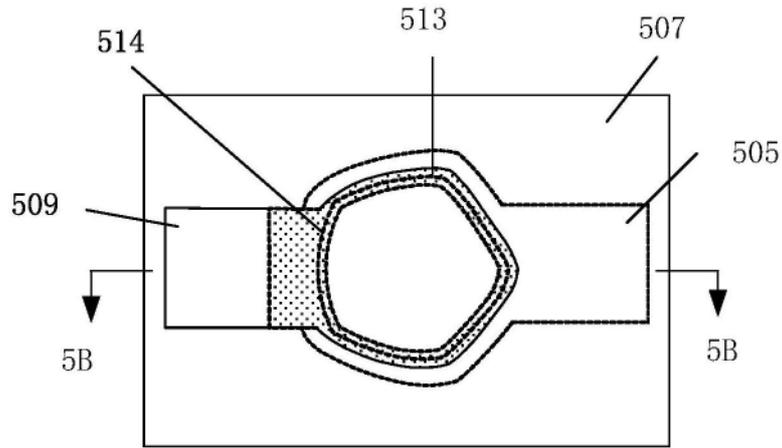


图18

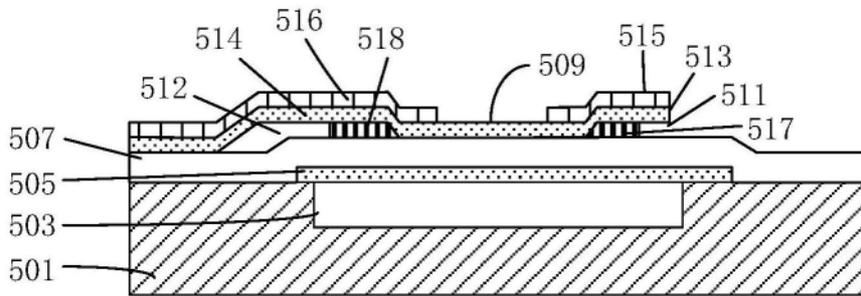


图19

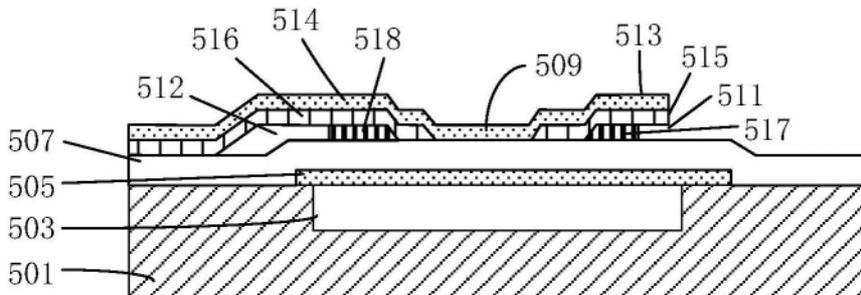


图20