



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103166596 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201310125976. 7

审查员 刘冰瑶

(22) 申请日 2013. 04. 11

(73) 专利权人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 庞慰 张孟伦 张浩

(74) 专利代理机构 北京德恒律治知识产权代理
有限公司 11409

代理人 章社果 孙征

(51) Int. Cl.

H03H 9/15(2006. 01)

H03H 9/02(2006. 01)

H03H 9/54(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1691498 A, 2005. 11. 02,

CN 102931942 A, 2013. 02. 13,

CN 1677852 A, 2005. 10. 05,

US 2007205850 A1, 2007. 09. 06,

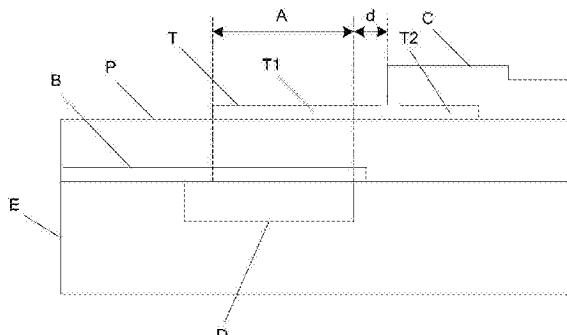
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

谐振器和滤波器

(57) 摘要

本发明公开了一种谐振器，该谐振器包括：基底；下电极层，位于基底上方；压电层，下电极层整体或部分位于压电层下方；上电极层，位于压电层上方；连接结构，位于谐振器的有效区域外，并且与下电极层和 / 或上电极层电接触。本发明通过增加连接结构，连接结构与至少一个电极层连接，能够有效降低谐振器的输入阻抗，从而有效提高谐振器和滤波器的性能（避免谐振器的 Q 值下降），并且连接结构位于在谐振器的有效区域之外，因此不会影响谐振器的正常工作。



1. 一种谐振器,其特征在于,包括:

基底;

下电极层,位于所述基底上方;

压电层,所述下电极层整体或部分位于所述压电层下方;

上电极层,位于所述压电层上方;

声反射结构,形成于所述基底中,位于所述下电极层下方;

有效区域,所述有效区域为所述上电极层、所述下电极层、所述压电层、所述声反射结构的重叠区域;

连接结构,位于所述谐振器的有效区域外,并且与所述下电极层和/或所述上电极层电接触;以及,

所述连接结构穿过压电层预设的开口,与所述下电极层电接触。

2. 根据权利要求1所述的谐振器,其特征在于,所述连接结构的整体或部分覆盖于所述上电极层上方,并与所述上电极层电接触。

3. 根据权利要求1所述的谐振器,其特征在于,所述连接结构包括第一连接结构和第二连接结构,其中,所述第一连接结构位于所述有效区域的一侧,整体或部分覆盖于所述上电极层上方,并与所述上电极层电接触;所述第二连接结构位于所述有效区域的另一侧,穿过压电层预设的开口,与所述下电极层电接触。

4. 根据权利要求2-3中任一项所述的谐振器,其特征在于,与上电极层电接触的连接结构的材料与上电极层的材料相同或不同;与下电极层电接触的连接结构的材料与下电极层的材料相同或不同。

5. 根据权利要求4所述的谐振器,其特征在于,所述连接结构的材料包括金、钨、钼、铂、钌、铱、钛钨、铝、钛、或其合金。

6. 根据权利要求1-3中任一项所述的谐振器,其特征在于,所述连接结构与所述谐振器的有效区域之间的距离大于或等于谐振频率时该谐振器中声波波长的二分之一。

7. 根据权利要求1-3中任一项所述的谐振器,其特征在于,所述连接结构与所述谐振器的有效区域之间的距离大于或等于 $0.1\mu\text{m}$ 。

8. 根据权利要求1-3中任一项所述的谐振器,其特征在于,所述连接结构的厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 。

9. 根据权利要求1-3中任一项所述的谐振器,其特征在于,所述连接结构的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 。

10. 一种滤波器,其特征在于,包括连接结构、以及并排设置的第一谐振器和第二谐振器,所述第一谐振器和第二谐振器均包括:

基底;

下电极层,位于基底上方;

压电层,位于下电极层上方;

上电极层,位于所述压电层上方;

声反射结构,形成于所述基底中,位于所述下电极层下方;

有效区域,所述有效区域为所述上电极层、所述下电极层、所述压电层、所述声反射结构的重叠区域;

其中,所述连接结构位于所述第一谐振器和所述第二谐振器的有效区域之外,并且与所述第一谐振器的下电极层、所述第一谐振器的上电极层、所述第二谐振器的下电极层、所述第二谐振器的上电极层中的至少之一电接触。

11.根据权利要求10所述的滤波器,其特征在于,所述第一谐振器和所述第二谐振器共用上电极层,所述连接结构位于所述第一谐振器和所述第二谐振器的有效区域之间、覆盖在共用的所述上电极层上方并与共用的所述上电极层电接触。

12.根据权利要求10所述的滤波器,其特征在于,所述第一谐振器包括第一上电极层,所述第二谐振器包括第二上电极层,所述连接结构位于所述第一谐振器和所述第二谐振器的有效区域之间,覆盖在所述第一上电极层与所述第二上电极层上方,并与所述第一上电极层与所述第二上电极层电接触。

13.根据权利要求11或12所述的滤波器,其特征在于,进一步包括:

第一连接结构,位于所述第一谐振器的有效区域之外远离所述第二谐振器的一侧,所述第一连接结构穿过所述第一谐振器的压电层上预设的开口与所述第一谐振器的下电极层电接触;和/或

第二连接结构,位于所述第二谐振器的有效区域之外远离所述第一谐振器的一侧,所述第二连接结构穿过所述第二谐振器的压电层上预设的开口与所述第二谐振器的下电极层电接触。

14.根据权利要求10所述的滤波器,其特征在于,所述连接结构位于所述第一谐振器和所述第二谐振器的有效区域之间,并且所述连接结构与所述第一谐振器的上电极层电接触,并且所述连接结构进一步穿过压电层预设的开口与所述第二谐振器的下电极层电接触。

15.根据权利要求14所述的滤波器,其特征在于,进一步包括:

第一连接结构,位于所述第一谐振器的有效区域之外远离所述第二谐振器的一侧,所述第一连接结构穿过所述第一谐振器的压电层上预设的开口与所述第一谐振器的下电极层电接触;和/或

第二连接结构,位于所述第二谐振器的有效区域之外远离所述第一谐振器的一侧,所述第二连接结构整体或部分覆盖于所述第二谐振器的上电极层上方并与所述第二谐振器的上电极层电接触。

16.根据权利要求10-11、14和15中任一项所述的滤波器,其特征在于,连接结构与每个谐振器的有效区域之间的距离大于或等于谐振频率时该谐振器中声波波长的二分之一。

17.根据权利要求10-11、14和15中任一项所述的滤波器,其特征在于,连接结构与每个谐振器的有效区域之间的距离大于或等于 $0.1\mu\text{m}$ 。

18.根据权利要求10-11、14和15中任一项所述的滤波器,其特征在于,所述连接结构的厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 。

19.根据权利要求10-11、14和15中任一项所述的滤波器,其特征在于,所述连接结构的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 。

谐振器和滤波器

技术领域

[0001] 本发明涉及谐振器加工领域，并且特别地，涉及一种谐振器和滤波器。

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压电体波谐振器，目前已经在高速串行数据应用等多个方面成为声表面波器件和石英晶体谐振器的可行的替代。射频前端体波压电滤波器/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)能力等。具有超低频率温度漂移的高频薄膜压电体波振荡器，其相位噪声低，功耗低且带宽调制范围大。除此之外，这些微型薄膜压电谐振器在硅衬底上使用互补式金属氧化物半导体(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] 薄膜压电谐振器包括一个声反射结构和两个电极，以及位于上下电极之间的被称作压电激励的压电层。有时也将下电极和上电极称为激励电极，其作用是引起谐振器各层的机械振荡。声反射结构在薄膜压电谐振器和基底之间形成声学隔离。

[0004] Q值是谐振器储存的总能量与谐振器通过各种途径损耗的能量的比值。薄膜压电谐振器Q值的提升有助于提高滤波器的通带插入损耗及滚降，保证薄膜压电滤波器性能。

[0005] 图1是传统的薄膜压电谐振器的截面图。声反射结构D是在基底上形成的空气腔，声波在下电极与空气腔的界面处反射，从而形成谐振结构。声反射结构还可以由其他形式的结构构成，如由基底上一系列高声阻抗层与低声阻抗层相间排列而成，它的作用是将基底的声阻抗近似转化为空气的声阻抗。通常将上电极T、压电层P、下电极B以及声反射结构D的重叠部分定义为薄膜压电谐振器的有效区域(对于包含其他结构的电极的谐振器中，有效区域是指这些电极、压电层、声反射结构的重叠部分)，如图1的A区域。通常将在有效区域之外的上电极部分称为上电极的引出部分，而将在有效区域之外的下电极部分称为下电极的引出部分。上下电极的引出部分作为压电薄膜谐振器电信号输入和输出的路径，虽然不在谐振器的有效区域内，但是对谐振器的性能有很大的影响。谐振器的上下电极通常选择声阻抗较大的材料以达到特定的性能，但声阻抗较大的材料通常具有较高的电阻率。同时，谐振器的谐振频率和上下电极的厚度相关。因此，如果上下电极的引出部分电学阻抗较大，薄膜压电谐振器的Q值将会下降。薄膜压电滤波器可以由多个薄膜压电谐振器通过电极互联的方式构成，如果谐振器电极互联的部分电学阻抗较大，滤波器的性能也将受损。

[0006] 针对相关技术中的上述问题，目前尚未提出有效的解决方案。

发明内容

[0007] 针对相关技术中谐振器的输入阻抗大导致谐振器性能受到不良影响的问题，本发明提出一种谐振器和滤波器，能够有效减小谐振器的输入阻抗，从而提升了谐振器和滤波器的性能。

[0008] 本发明的技术方案是这样实现的：

- [0009] 根据本发明的一个方面,提供了一种谐振器。
- [0010] 该谐振器包括:
- [0011] 基底;
- [0012] 下电极层,位于基底上方;
- [0013] 压电层,下电极层整体或部分位于压电层下方;
- [0014] 上电极层,位于压电层上方;
- [0015] 连接结构,位于谐振器的有效区域外,并且与下电极层和/或上电极层电接触。
- [0016] 并且,连接结构的整体或部分覆盖于上电极层上方,并与上电极层电接触。
- [0017] 此外,连接结构穿过压电层预设的开口,与下电极层电接触。
- [0018] 并且,连接结构包括第一连接结构和第二连接结构,其中,第一连接结构位于有效区域的一侧,整体或部分覆盖于上电极层上方,并与上电极层电接触;第二连接结构位于有效区域的另一侧,穿过压电层预设的开口,与下电极层电接触。
- [0019] 此外,与上电极层电接触的连接结构的材料与上电极层的材料相同或不同;与下电极层电接触的连接结构的材料与下电极层的材料相同或不同。
- [0020] 并且,连接结构的材料包括金、钨、钼、铂、钌、铱、钛钨、铝、钛、或其合金。
- [0021] 此外,该谐振器可进一步包括:
- [0022] 声反射结构,形成于衬底中,位于下电极层下方。
- [0023] 并且,连接结构与谐振器的有效区域之间的距离大于或等于谐振频率时该谐振器中声波波长的二分之一。
- [0024] 并且,连接结构与谐振器的有效区域之间的距离大于或等于0.1μm。
- [0025] 并且,连接结构的厚度为0.01μm至100μm。
- [0026] 并且,连接结构的厚度为0.1μm至10μm。
- [0027] 根据本发明的另一方面,提供了一种滤波器。
- [0028] 该滤波器包括:连接结构、以及并排设置的第一谐振器和第二谐振器。
- [0029] 其中,第一谐振器和第二谐振器均包括:
- [0030] 基底;
- [0031] 下电极层,位于基底上方;
- [0032] 压电层,位于下电极层上方;
- [0033] 上电极层,位于压电层上方;
- [0034] 其中,连接结构位于第一谐振器和第二谐振器的有效区域之外,并且与第一谐振器的下电极层、第一谐振器的上电极层、第二谐振器的下电极层、第二谐振器的上电极层中的至少之一电接触。
- [0035] 此外,第一谐振器和第二谐振器共用上电极层,连接结构位于第一谐振器和第二谐振器的有效区域之间、覆盖在共用的上电极层上方并与共用的上电极层电接触。
- [0036] 并且,第一谐振器包括第一上电极层,第二谐振器包括第二上电极层,连接结构位于第一谐振器和第二谐振器的有效区域之间,覆盖在第一上电极层与第二上电极层上方,并与第一上电极层与第二上电极层电接触。
- [0037] 此外,该滤波器进一步包括:
- [0038] 第一连接结构,位于第一谐振器的有效区域之外远离第二谐振器的一侧,第一连

接结构穿过第一谐振器的压电层上预设的开口与第一谐振器的下电极层电接触；和/或

[0039] 第二连接结构，位于第二谐振器的有效区域之外远离第一谐振器的一侧，第二连接结构穿过第二谐振器的压电层上预设的开口与第二谐振器的下电极层电接触。

[0040] 并且，连接结构位于第一谐振器和第二谐振器的有效区域之间，并且连接结构与第一谐振器的上电极层电接触，并且连接结构进一步穿过压电层预设的开口与第二谐振器的下电极层电接触。

[0041] 此外，该滤波器进一步包括：

[0042] 第一连接结构，位于第一谐振器的有效区域之外远离第二谐振器的一侧，第一连接结构穿过第一谐振器的压电层上预设的开口与第一谐振器的下电极层电接触；和/或

[0043] 第二连接结构，位于第二谐振器的有效区域之外远离第一谐振器的一侧，第二连接结构整体或部分覆盖于第二谐振器的上电极层上方并与第二谐振器的上电极层电接触。

[0044] 并且，连接结构与每个谐振器的有效区域之间的距离大于或等于谐振频率时该谐振器中声波波长的二分之一。

[0045] 并且，连接结构与每个谐振器的有效区域之间的距离大于或等于 $0.1\mu\text{m}$ 。

[0046] 并且，连接结构的厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 。

[0047] 并且，连接结构的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 。

[0048] 本发明通过增加连接结构，连接结构与至少一个电极层连接，能够有效降低谐振器的输入阻抗，从而有效提高谐振器和滤波器的性能(避免谐振器的Q值下降)，并且连接结构位于在谐振器的有效区域之外，因此不会影响谐振器的正常工作。

附图说明

[0049] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0050] 图1是相关技术中谐振器的结构图；

[0051] 图2是根据本发明一个实施例的谐振器的结构图；

[0052] 图3是根据本发明另一个实施例的谐振器的结构图；

[0053] 图4是根据本发明一个实施例的滤波器的结构图；

[0054] 图5是根据本发明另一个实施例的滤波器的结构图；

[0055] 图6是根据本发明再一个实施例的滤波器的结构图；

[0056] 图7是根据本发明一个实施例的滤波器中谐振器互连的示意图；

[0057] 图8是根据本发明另一个实施例的滤波器中谐振器互连的示意图。

具体实施方式

[0058] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

- [0059] 根据本发明的实施例,提供了一种谐振器。
- [0060] 根据本发明实施例的谐振器包括:
- [0061] 基底;
- [0062] 下电极层,位于基底上方;
- [0063] 压电层,下电极层整体或部分位于压电层下方;
- [0064] 上电极层,位于压电层上方;
- [0065] 连接结构,位于谐振器的有效区域外,并且与下电极层和/或上电极层电接触。
- [0066] 实际上,谐振器可以包括各种方式设置的电极层,而不仅限于上述的上电极层和下电极层。在其他实施例中,谐振器不仅包括下电极层和上电极层,还可以包括更多的电极层。在另一些实施例中,谐振器仅包括下电极层或上电极层。
- [0067] 在一个实施例中,连接结构的整体或部分覆盖于上电极层上方,并与上电极层电接触(后面将参照图2进行详细描述)。
- [0068] 在另一实施例中,连接结构穿过压电层预设的开口,与下电极层电接触(后面将参照图3进行详细描述)。
- [0069] 在再一实施例中,连接结构可以包括第一连接结构和第二连接结构,其中,第一连接结构位于有效区域的一侧,整体或部分覆盖于上电极层上方,并与上电极层电接触;第二连接结构位于有效区域的另一侧,穿过压电层预设的开口,与下电极层电接触。
- [0070] 可选地,与上电极层电接触的连接结构的材料与上电极层的材料相同或不同;与下电极层电接触的连接结构的材料与下电极层的材料相同或不同。
- [0071] 另外,上述谐振器可以进一步包括:
- [0072] 声反射结构,形成于衬底中,位于下电极层下方,声反射结构与上电极层和下电极层的重叠部分形成了谐振器的有效区域。
- [0073] 另外,为了避免连接结构影响谐振器的性能,连接结构与谐振器的有效区域之间的距离大于或等于谐振频率时该谐振器中声波波长的二分之一。在可选实施例中,连接结构与谐振器的有效区域之间的距离大于或等于 $0.1\mu\text{m}$ 。
- [0074] 下面将参照附图,对本发明的谐振器的多个实施例进行详细描述。
- [0075] 图2为根据本发明一个实施例的薄膜压电谐振器的结构截面图。如图2所示,根据该实施例的薄膜压电谐振器包括:基底E,声反射结构D,下电极B,压电层P,上电极T以及连接结构C。上电极T、压电层P、下电极B以及声反射结构D的重叠部分定义为薄膜压电谐振器的有效区域A。
- [0076] 上电极T包括在有效区域的部分T1和引出部分T2。连接结构C位于上电极的引出部分T2上。连接结构C的材料为低电阻率材料,如金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt),钌(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti)等类似金属或其合金,但并不局限于以上材料。连接结构C能够减小谐振器引出部分的电学阻抗,保证谐振器的Q值。
- [0077] 连接结构C与有效区域A的距离d大于 $0.1\mu\text{m}$ 。在实际的谐振器结构中,为了避免连接结构C影响谐振器的有效区域,距离d通常大于谐振频率时谐振器中声波波长的二分之一。例如,谐振器的谐振频率为2GHz时,距离d通常大于 $2\mu\text{m}$ 。如果距离d小于谐振频率时谐振器中声波波长的二分之一,连接结构C将影响谐振器的主模振动,产生多种寄生模式;主模的能量耦合到寄生模式中,谐振器的Q值下降,影响谐振器的性能。

[0078] 连接结构C的厚度范围为 $0.01\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$,适宜的厚度范围为 $0.1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 。

[0079] 连接结构C可以跨过上电极的引出部分T2与压电层接触,也可以完全在上电极T的引出部分T2之上。

[0080] 在连接结构C与上电极的引出部分T2之间以及连接结构C与压电层P之间可以加入粘附层(未在图中示出)提高粘附性,粘附层的材料包括铬(Cr)、钛(Ti)等,但并不局限于以上材料。

[0081] 上电极T和下电极B由如下金属构成,如金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt),钌(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti)等类似金属或其合金,但并不局限于以上材料。上电极的材料与连接结构C的材料可以相同,也可以不同。

[0082] 压电层P由以下材料构成,如氮化铝(AlN)、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)等材料,但不局限于以上材料。

[0083] 在图2中,声反射结构D是在基底上形成的空气腔。声反射结构还可以由其他形式的结构构成,如由基底上一系列高声阻抗层与低声阻抗层相间排列而成。

[0084] 图3是根据本发明另一施例的薄膜压电谐振器的结构截面图。如图3所示,根据该实施例的薄膜压电谐振器包括:基底E,声反射结构D,下电极B,压电层P,上电极T以及连接结构C。上电极T、压电层P、下电极B以及声反射结构D的重叠部分定义为薄膜压电谐振器的有效区域A。

[0085] 下电极B包括在有效区域的部分B1和引出部分B2。连接结构C位于下电极B的引出部分B2上。连接结构C的材料为低电阻率材料,如金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt),钌(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti)等类似金属或其合金,但并不局限于以上材料。连接结构C能够减小谐振器引出部分的电学阻抗,保证谐振器的Q值。

[0086] 连接结构C与有效区域A的距离d大于 $0.1\mu\text{m}$ 。在实际的谐振器结构中,为了避免连接结构C影响谐振器的有效区域,距离d通常大于谐振频率时谐振器中声波波长的二分之一。例如,谐振器的谐振频率为2GHz时,距离d通常大于 $2\mu\text{m}$ 。如果距离d小于谐振频率时谐振器中声波波长的二分之一,连接结构C将影响谐振器的主模振动,产生多种寄生模式;主模的能量耦合到寄生模式中,谐振器的Q值下降,影响谐振器的性能。

[0087] 连接结构C的厚度范围为 $0.01\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$,适宜的厚度范围为 $0.1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 。

[0088] 可以通过刻蚀的方法将压电层P开窗,使连接结构C与下电极B的引出部分B2相接触。连接结构C可以仅位于开窗的引出部分B2上,也可以跨过开窗于压电层P接触。

[0089] 在连接结构C与下电极B的引出部分B2之间以及连接结构C与压电层P之间可以加入粘附层(未在图中示出)提高粘附性,粘附层的材料包括铬(Cr)、钛(Ti)等,但并不局限于以上材料。

[0090] 上电极T和下电极B由如下金属构成,如金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt),钌(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti)等类似金属或其合金,但并不局限于以上材料。下电极的材料与连接结构C的材料可以相同,也可以不同。

[0091] 压电层P由以下材料构成,如氮化铝(AlN)、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)等材料,但不局限于以上材料。

[0092] 在图3中,声反射结构D是在基底上形成的空气腔。声反射结构还可以由其他形式的结构构成,如由基底上一系列高声阻抗层与低声阻抗层相间排列而成。

[0093] 应当注意,以上对谐振器各个实施例的描述仅仅用于说明和解释,本发明的保护范围并不限于此,对于具有不同电极设置方式的谐振器,同样可以设置连接结构与这些电极连接。

[0094] 根据本发明的实施例,还提供了一种滤波器,其中包括连接结构、以及并排设置的第一谐振器和第二谐振器。

[0095] 具体地,第一谐振器和第二谐振器均包括:

[0096] 基底;

[0097] 下电极层,位于基底上方;

[0098] 压电层,位于下电极层上方;

[0099] 上电极层,位于压电层上方;

[0100] 其中,连接结构位于第一谐振器和第二谐振器的有效区域之外,并且与第一谐振器的下电极层、第一谐振器的上电极层、第二谐振器的下电极层、第二谐振器的上电极层中的至少之一电接触。

[0101] 在一个实施例中,第一谐振器和第二谐振器共用上电极层,连接结构位于第一谐振器和第二谐振器的有效区域之间、覆盖在共用的上电极层上方并与共用的上电极层电接触(后面将结合图4对该实施例进行详细描述)。

[0102] 在另一实施例中,第一谐振器包括第一上电极层,第二谐振器包括第二上电极层,连接结构位于第一谐振器和第二谐振器的有效区域之间,覆盖在第一上电极层与第二上电极层上方,并与第一上电极层与第二上电极层电接触(后面将结合图5对该实施例进行详细描述)。

[0103] 并且,在可选的实施例中,滤波器除了包括上述连接结构之外,还可以进一步包括:第一连接结构,位于第一谐振器的有效区域之外远离第二谐振器的一侧,第一连接结构穿过第一谐振器的压电层上预设的开口与第一谐振器的下电极层电接触;和/或第二连接结构,位于第二谐振器的有效区域之外远离第一谐振器的一侧,第二连接结构穿过第二谐振器的压电层上预设的开口与第二谐振器的下电极层电接触。

[0104] 在再一实施例中,连接结构位于第一谐振器和第二谐振器的有效区域之间,并且连接结构与第一谐振器的上电极层电接触,并且连接结构进一步穿过压电层预设的开口与第二谐振器的下电极层电接触(后面将结合图6对该实施例进行详细描述)。

[0105] 并且,在可选的实施例中,滤波器除了包括上述连接结构之外,还可以进一步包括:第一连接结构,位于第一谐振器的有效区域之外远离第二谐振器的一侧,第一连接结构穿过第一谐振器的压电层上预设的开口与第一谐振器的下电极层电接触;和/或第二连接结构,位于第二谐振器的有效区域之外远离第一谐振器的一侧,第二连接结构整体或部分覆盖于第二谐振器的上电极层上方并与第二谐振器的上电极层电接触。

[0106] 下面将结合附图详细描述本发明的滤波器的多个实施例。

[0107] 图7示出了薄膜压电滤波器的一种基本单元。如图7所示,滤波器由串联谐振器S和并联谐振器P通过电学连接构成,并联谐振器P的谐振频率比串联谐振器S的谐振频率低。串联谐振器S的上电极T1和并联谐振器P的上电极T2连接。

[0108] 图4示出了这种滤波器基本单元的结构截面图。基本单元的结构包括:基底E,串联谐振器S,并联谐振器P以及连接结构C。串联谐振器S包括声反射结构D1,下电极B1,压电层

P1, 上电极T1; 并联谐振器P包括声反射结构D2, 下电极B2, 压电层P2, 上电极T2, 质量负载M2; 串联谐振器S的上电极T1、压电层P1、下电极B1以及声反射结构D1的重叠部分定义为串联谐振器S的有效区域A1; 并联谐振器P的上电极T2、压电层P2、下电极B2以及声反射结构D2的重叠部分定义为并联谐振器P的有效区域A2。

[0109] 串联谐振器S的上电极T1和并联谐振器P的上电极T2通过互联部分T连接。连接结构C位于引出部分T上。连接结构C的材料为低电阻率材料, 如金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt), 钇(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti)等类似金属或其合金, 但并不局限于以上材料。连接结构C能够减小滤波器基本单元互联的电学阻抗, 提高滤波器基本单元的通带插入损耗, 保证滤波器基本单元的性能。

[0110] 连接结构C与有效区域A1的距离d1以及连接结构C与有效区域A2的距离d2大于0.1 μm 。在实际的谐振器结构中, 为了避免连接结构C影响串联谐振器S和并联谐振器P的有效区域, 距离d1和d2通常大于谐振频率时谐振器中声波波长的二分之一。例如, 谐振器的谐振频率为2GHz时, 距离d1和d2通常大于2 μm 。如果距离d小于谐振频率时谐振器中声波波长的二分之一, 连接结构C将影响谐振器的主模振动, 产生多种寄生模式, 滤波器的通带平坦度下降; 主模的能量耦合到寄生模式中, 谐振器的Q值下降, 影响滤波器的性能。

[0111] 连接结构C的厚度范围为0.01 μm 至100 μm , 适宜的厚度范围为0.1 μm 至10 μm 。

[0112] 在连接结构C与互联部分T之间可以加入粘附层(未在图中示出)提高粘附性, 粘附层的材料包括铬(Cr)、钛(Ti)等, 但并不局限于以上材料。

[0113] 上电极T1、T2和下电极B1、B2以及互联部分T由如下金属构成, 如金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt), 钇(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti)等类似金属或其合金, 但并不局限于以上材料。上电极T1、T2的材料与互联部分T的材料以及连接结构C的材料可以相同, 也可以不同。

[0114] 压电层P1和P2由以下材料构成, 如氮化铝(AlN)、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)等材料, 但不局限于以上材料。

[0115] 在图4中, 声反射结构D是在基底上形成的空气腔。声反射结构还可以由其他形式的结构构成, 如由基底上一系列高声阻抗层与低声阻抗层相间排列而成。

[0116] 在图4的结构中, 并联谐振器通过在上电极之上添加质量负载降低谐振频率。在其他的实现方式中, 质量负载可以添加在其他的位置, 如上电极之下, 或者下电极之上, 或者下电极之下。

[0117] 当滤波器中串联谐振器和另一个串联谐振器互联或者并联谐振器和另一个并联谐振器互联时, 可以采取同样的方式减小互联部分的电学阻抗。

[0118] 滤波器可以由多个这样的基本单元级联而成。通过在互联部分之上加入连接结构, 能够提高滤波器的通带插入损耗, 保证滤波器的性能。同时, 解决了在滤波器的设计中互联的谐振器之间的距离难题, 为滤波器的设计提供更多的自由度。

[0119] 图5示出了图7中滤波器基本单元的结构截面图的另一种实现形式。

[0120] 图5的结构与图4的结构基本相同, 其区别在于, 图5中串联谐振器S和并联谐振器P仅通过连接结构C形成电学连接。连接结构C位于上电极T1的引出部分和上电极T2的引出部分上。连接结构C的材料为低电阻率材料, 如金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt), 钇(Ru)、铱(Ir)

(Ir)、钛钨(TiW)、铝(A1)、钛(Ti)等类似金属或其合金,但并不局限于以上材料。连接结构C能够减小滤波器基本单元互联的电学阻抗,提高滤波器基本单元的通带插入损耗,保证滤波器基本单元的性能。

[0121] 图8示出了薄膜压电滤波器的另一种基本单元。如图8所示,滤波器由串联谐振器S和并联谐振器P通过电学连接构成,并联谐振器P的谐振频率比串联谐振器S的谐振频率低。串联谐振器S的上电极T1和并联谐振器P的下电极B2连接。

[0122] 图6示出了这种滤波器基本单元的结构截面图。基本单元的结构包括:基底E,串联谐振器S,并联谐振器P以及连接结构C。串联谐振器S包括声反射结构D1,下电极B1,压电层P1,上电极T1;并联谐振器P包括声反射结构D2,下电极B2,压电层P2,上电极T2,质量负载M2;串联谐振器S的上电极T1、压电层P1、下电极B1以及声反射结构D1的重叠部分定义为串联谐振器S的有效区域A1;并联谐振器P的上电极T2、压电层P2、下电极B2以及声反射结构D2的重叠部分定义为并联谐振器P的有效区域A2。

[0123] 串联谐振器S的上电极T1和并联谐振器P的下电极B2通过连接结构C形成电学连接。连接结构C位于上电极T1的引出部分和下电极B2的引出部分上。连接结构C的材料为低电阻率材料,如金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt),钌(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(A1)、钛(Ti)等类似金属或其合金,但并不局限于以上材料。连接结构C能够减小滤波器基本单元互联的电学阻抗,提高滤波器基本单元的通带插入损耗,保证滤波器基本单元的性能。

[0124] 连接结构C与有效区域A1的距离d1以及连接结构C与有效区域A2的距离d2大于0.1 μm 。在实际的谐振器结构中,为了避免连接结构C影响串联谐振器S和并联谐振器P的有效区域,距离d1和d2通常大于谐振频率时谐振器中声波波长的二分之一。例如,谐振器的谐振频率为2GHz时,距离d1和d2通常大于2 μm 。如果距离d小于谐振频率时谐振器中声波波长的二分之一,连接结构C将影响谐振器的主模振动,产生多种寄生模式,滤波器的通带平坦度下降;主模的能量耦合到寄生模式中,谐振器的Q值下降,影响滤波器的性能。

[0125] 连接结构C的厚度范围为0.01 μm 至100 μm ,适宜的厚度范围为0.1 μm 至10 μm 。

[0126] 在连接结构C与上电极T1和下电极B2之间可以加入粘附层(未在图中示出)提高粘附性,粘附层的材料包括铬(Cr)、钛(Ti)等,但并不局限于以上材料。

[0127] 当滤波器中串联谐振器和另一个串联谐振器互联或者并联谐振器和另一个并联谐振器互联时,可以采取同样的方式减小互联部分的电学阻抗。同时,当串联谐振器的下电极T1和并联谐振器的上电极连接时,可以采取同样的方式减小互联部分的电学阻抗。

[0128] 滤波器可以由多个这样的基本单元级联而成。通过在互联部分之上加入连接结构,能够提高滤波器的通带插入损耗,保证滤波器的性能。同时,解决了在滤波器的设计中互联的谐振器之间的距离难题,为滤波器的设计提供更多的自由度。

[0129] 应当注意,以上对滤波器各个实施例的描述仅仅用于说明和解释,本发明的保护范围并不限于此,在滤波器中的谐振器具有不同电极设置方式的情况下,同样可以设置连接结构与这些电极连接,另外,对于其他具有电极结构的滤波器和滤波器,本发明的上述方案同样适用。

[0130] 本发明提出的对滤波器结构的改进不仅能够提高薄膜压电谐振器Q值以及保证薄膜压电滤波器性能,并且解决了在滤波器的设计中互联的谐振器之间的距离难题,为滤波器的设计提供更多的自由度。

[0131] 综上所述,借助于本发明的上述技术方案,通过在谐振器中增加连接结构,连接结构与至少一个电极层连接,能够有效降低谐振器的输入阻抗,从而有效提高谐振器和滤波器的性能(避免谐振器的Q值下降),并且连接结构位于在谐振器的有效区域之外,因此不会影响谐振器的正常工作。

[0132] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

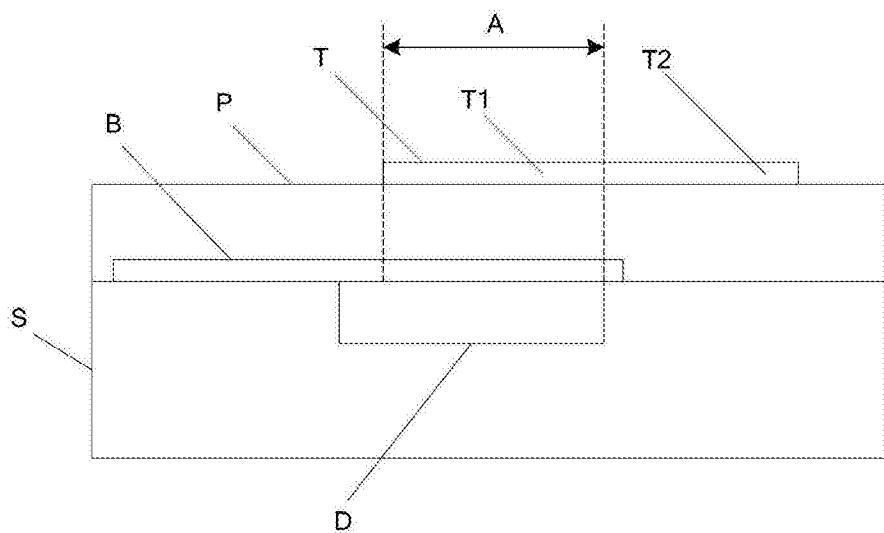


图1

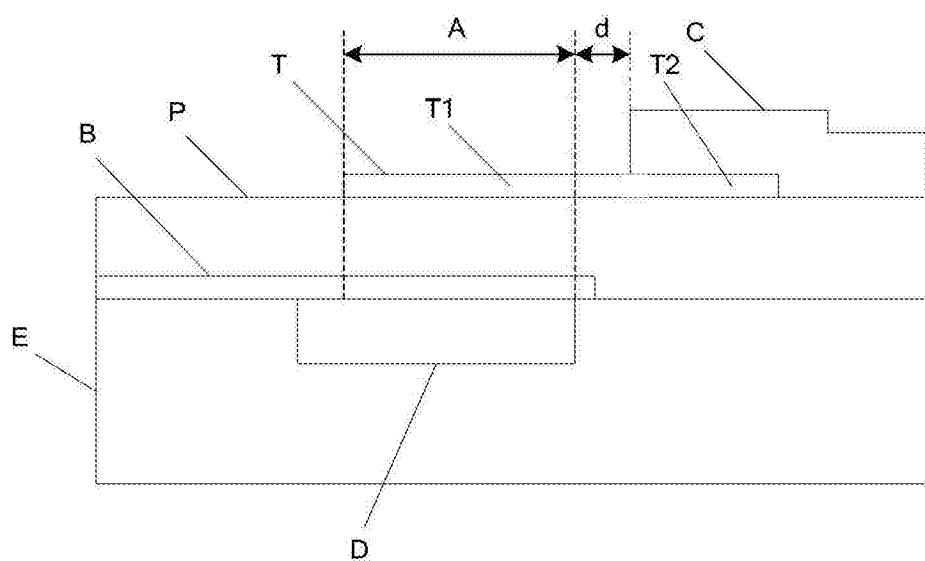


图2

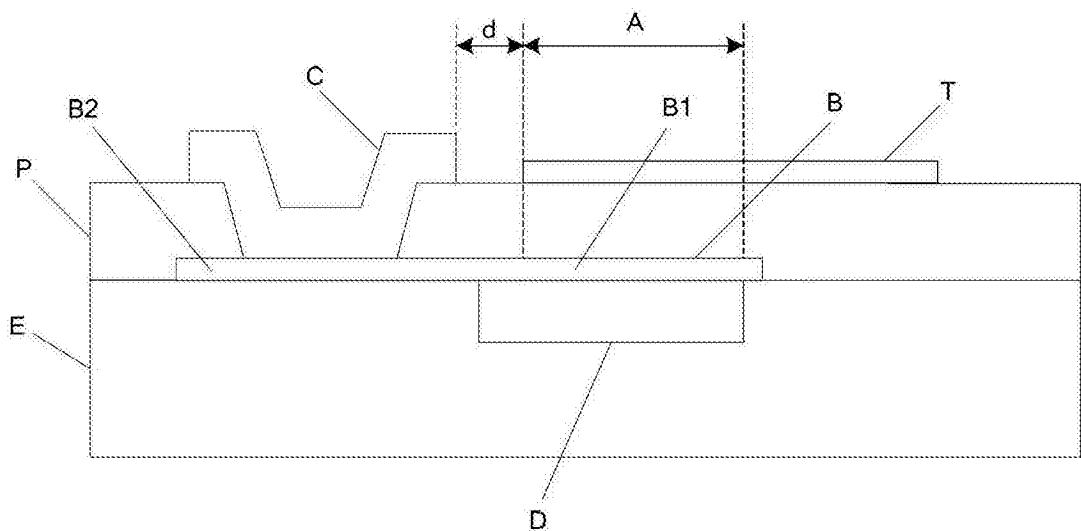


图3

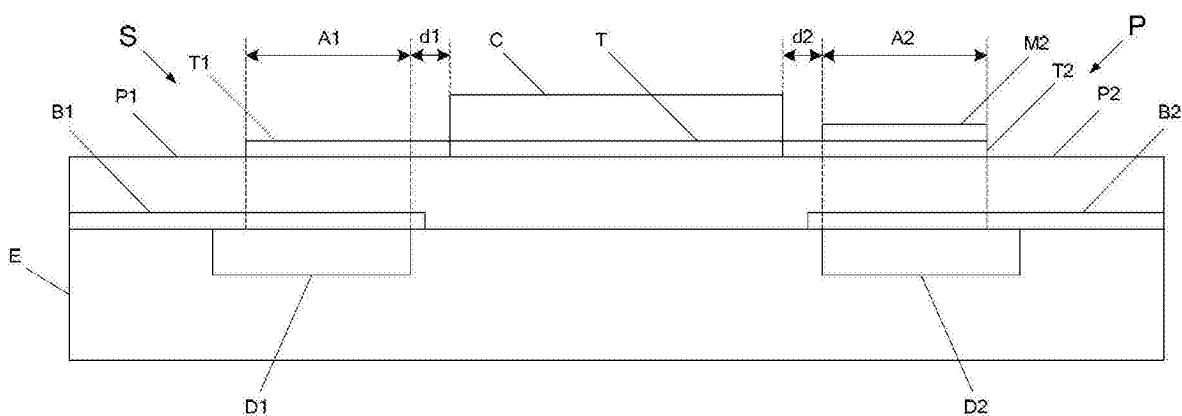


图4

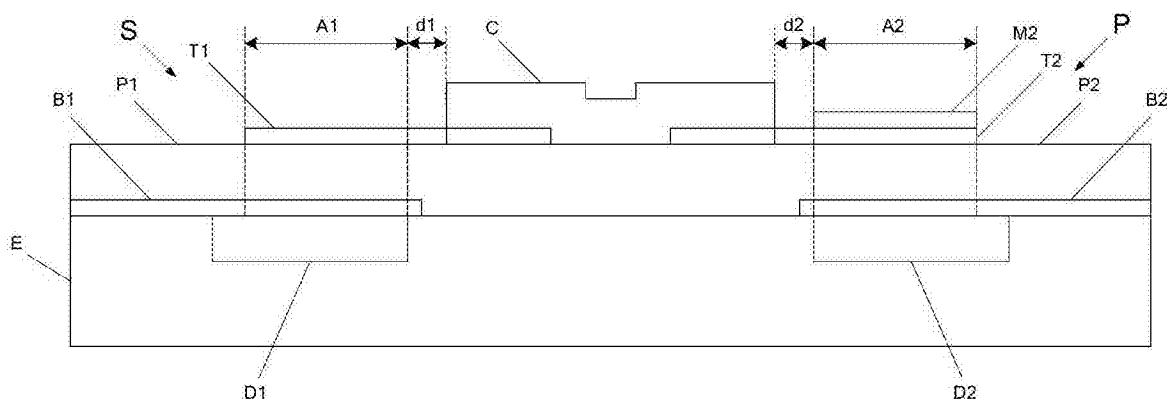


图5

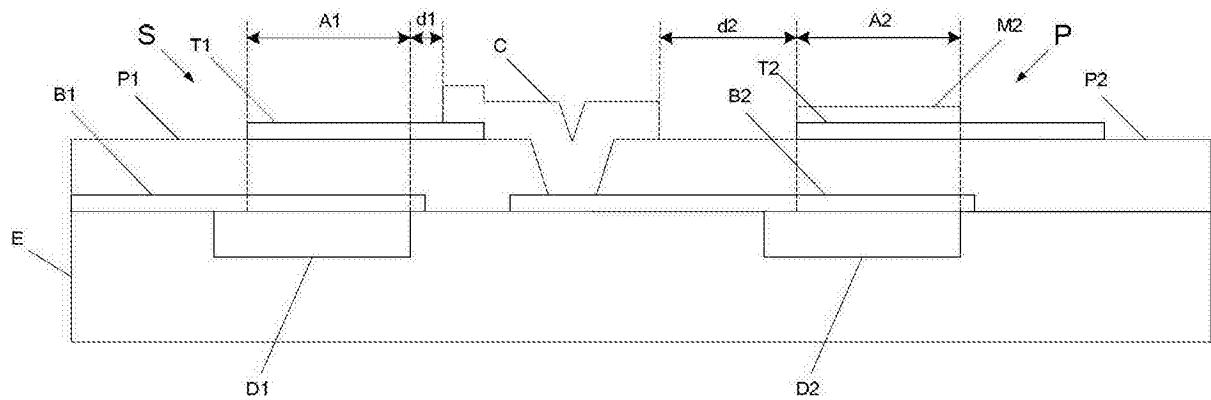


图6

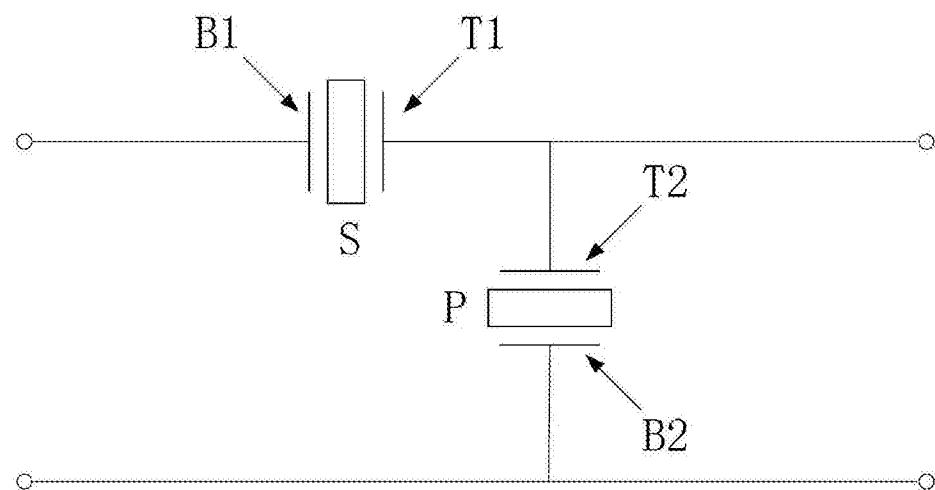


图7

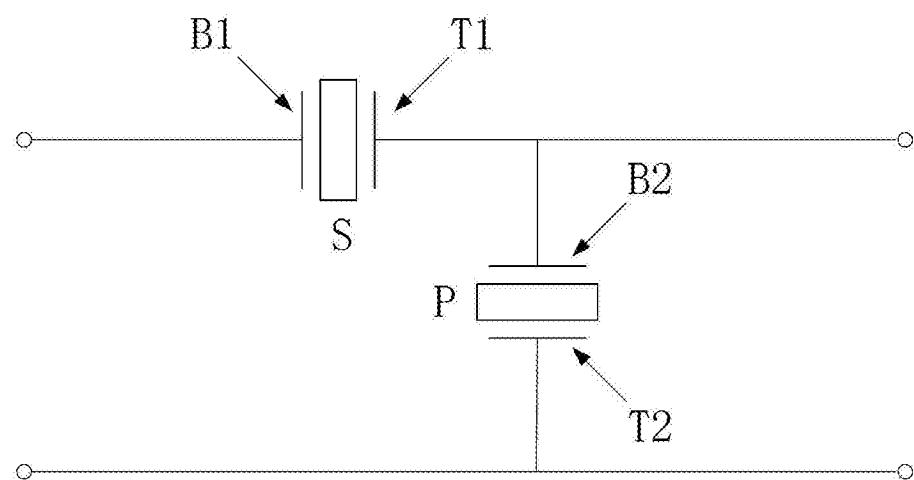


图8