



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113169727 B

(45) 授权公告日 2025. 03. 28

(21) 申请号 201980080140.5

(22) 申请日 2019.11.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113169727 A

(43) 申请公布日 2021.07.23

(30) 优先权数据
102018131054.4 2018.12.05 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.06.03

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/082682 2019.11.27

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/114849 EN 2020.06.11

(73) 专利权人 RF360新加坡私人有限公司
地址 新加坡新加坡市

(72) 发明人 E·施米德哈默

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256
专利代理师 傅远

(51) Int.Cl.
H03H 9/54 (2006.01)
H03H 9/56 (2006.01)
H03H 9/60 (2006.01)
H03H 9/64 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2003042995 A1, 2003.03.06

审查员 余祖瀚

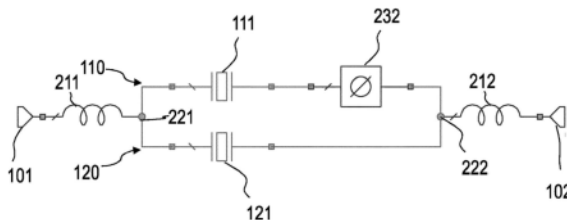
权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54) 发明名称

使用移相器并且具有宽带宽的分离式半晶格微声滤波器

(57) 摘要

一种微声RF滤波器包括第一端口和第二端口(101, 102)。第一信号路径和第二信号路径(120, 110)耦合在第一端口与第二端口之间, 并且包括对应谐振器(111, 121)。信号路径中的至少一个的谐振器是微声谐振器。信号路径之一还包括与谐振器(111)串联连接的移相器(232)。微声RF滤波器实现了由微声谐振器的谐振频率确定的宽通带。该滤波器允许灵活调整通带和阻带性能。



1. 一种微声RF滤波器,包括:
第一端口(101)和第二端口(102);
第一节点,耦合到所述第一端口;
第二节点,耦合到所述第二端口;
第一信号路径(120),耦合在所述第一节点与所述第二节点之间,所述第一信号路径包括第一谐振器(121);
第二信号路径(110),耦合在所述第一节点与所述第二节点之间,所述第二信号路径包括第二谐振器(111)和与所述第二谐振器串联连接的移相器(232),其中所述第一谐振器和所述第二谐振器(111,121)中的至少一个包括微声谐振器;
第三谐振器,其中所述第三谐振器包括附加的微声谐振器,所述附加的微声谐振器的第一端耦合到所述第二节点,并且所述附加的微声谐振器的第二端耦合到参考节点;以及
第四谐振器,耦合在所述第一端口与所述第一节点之间。
2. 根据权利要求1所述的微声RF滤波器,其中所述移相器(232)被配置为在所述RF滤波器的通带内执行 180° 的相移至少一次。
3. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中所述移相器(411)包括以下至少之一:高通Pi电路、低通Pi电路、高通Tee电路、低通Tee电路、全通电路及其组合,以实现由设置在所述第二信号路径中的至少三个元件组成的移相器。
4. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中所述移相器包括耦合在所述第一信号路径与所述第二信号路径之间的 $0^\circ/180^\circ$ 的-3dB混合电路(611)。
5. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中所述移相器包括耦合在所述第一信号路径与所述第二信号路径之间的 $0^\circ/90^\circ$ 的-3dB混合电路(711),并且所述第一信号路径和所述第二信号路径之一包括被配置为在所述RF滤波器的通带内执行 90° 的相移至少一次的移相器(721)。
6. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中所述移相器包括具有第一输出端子和第二输出端子的功率分配器(931,932)以及连接到所述第一输出端子和所述第二输出端子中的一者的高通滤波器(912)和连接到所述第一输出端子和所述第二输出端子中的另一者的低通滤波器(911)。
7. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,还包括匹配电路(211,212),所述匹配电路(211,212)连接在所述第一端口和所述第二端口(101,102)中的至少一者与所述第一信号路径和所述第二信号路径(110,120)之间以提供通带匹配。
8. 根据权利要求7所述的微声RF滤波器,其中所述匹配电路包括串联连接的电感器(311,312)和并联连接的电容器(313,314)中的至少一者。
9. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,还包括串联连接在所述第一信号路径和所述第二信号路径与所述第一端口和所述第二端口(101,102)之一之间以执行有限传输零点函数的微声谐振器(1021)和并联谐振电路(1023,1032)中的至少一者或多者。
10. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,还包括并联连接到耦合在所述第一信号路径和所述第二信号路径与用于地电位的端子(501)之间以执行有限传输零点函数的节点的微声谐振器(1031)和串联谐振电路(1022,1033)中的至少一者或多者。
11. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中至少一个附加谐振器(1131,1132)被

级联在所述第一信号路径和所述第二信号路径的每个中。

12. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,在所述第一信号路径和所述第二信号路径的每个中还级联至少一个其他附加谐振器以及在所述第二信号路径中还级联被配置为在所述RF滤波器的通带内执行 180° 的相移至少一次的附加移相器。

13. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中所述微声谐振器(1311a,1311b,1312a,1312b,1303,1304)中的一个或多个由具有相反压电极性的所述第一谐振器和所述第二谐振器的反串联级联或反并联级联组成。

14. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,包括被配置为实现微声谐振器的第一芯片和第二芯片(1420,1430),其中所述第一芯片(1430)包括谐振频率在所述RF滤波器的通带内的微声谐振器,并且所述第二芯片(1420)包括谐振频率基本高于所述通带的上边缘或基本低于所述通带的下边缘的微声谐振器。

15. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中所述第一信号路径和所述第二信号路径(120,110)的所述第一谐振器和所述第二谐振器(121,111)各自呈现谐振频率,其中所述第二信号路径(110)的所述第二谐振器(111)的所述谐振频率低于所述第一信号路径(120)的所述第一谐振器(121)的所述谐振频率,其中所述移相器(232)连接到所述第二信号路径(110)的所述第二谐振器(111)。

16. 根据权利要求15所述的微声RF滤波器,其中所述第二信号路径的所述第二谐振器(111)由提供低于所述第二谐振器(111)的所述谐振频率的损耗和/或杂散模式的微声谐振器技术来实现,并且其中所述第一信号路径的所述第一谐振器(121)由提供高于所述第一谐振器(121)的所述谐振频率的损耗和/或杂散模式的微声谐振器技术来实现。

17. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中所述RF滤波器被配置为呈现具有下通带拐角和上通带拐角的通带,其中所述第二谐振器被配置为形成所述下通带拐角并且所述第一谐振器被配置为形成所述上通带拐角,其中所述移相器(232)连接到被配置为形成所述下通带拐角的所述第二谐振器。

18. 根据权利要求17所述的微声RF滤波器,其中被配置为形成所述下通带拐角的所述第二谐振器包括呈现色散类型II的体声波谐振器,并且被配置为形成所述上通带拐角的所述第一谐振器包括呈现色散类型I的体声波谐振器。

19. 根据权利要求17所述的微声RF滤波器,其中被配置为形成所述下通带拐角的所述第二谐振器通过电容器来实现,并且被配置为形成所述上通带拐角的所述第一谐振器通过微声谐振器来实现。

20. 根据权利要求19所述的微声RF滤波器,其中所述移相器(232)连接到所述电容器。

21. 根据权利要求1或2所述的微声RF滤波器,其中所述RF滤波器被配置为呈现通带部分和带外部分,其中所述通带部分在n79频带内或在4.4GHz至5.0GHz之间,并且所述带外部分在n79频带之外或在小于4.4GHz和大于5.0GHz的频率范围内,其中所述第一谐振器和所述第二谐振器是包括钽酸锂、铌酸锂和氮化铝铪中的至少一种的压电衬底的表面声波谐振器或体声波谐振器之一。

使用移相器并且具有宽带宽的分离式半晶格微声滤波器

技术领域

[0001] 本公开涉及RF滤波器。具体地,本公开涉及一种包括微声谐振器的RF滤波器。

背景技术

[0002] RF滤波器广泛用于电子设备中以从所接收的信号中选择所需要的信号带宽。覆盖当前服务的传输频带的通信设备中的RF滤波器通常由梯形结构的表面声波谐振器或体声波谐振器组成。

[0003] 在梯型RF滤波器中,带宽主要由谐振和反谐振频率之间的距离或零极点距离确定,该零极点距离主要由谐振器的压电衬底的耦合因子确定。诸如梯形结构中的电感器等无源组件的使用可能会增加带宽,但是会以整体滤波器性能为代价,诸如带外衰减较差。其他方法涉及氮化铝压电层的钽掺杂以增加声耦合,这改善了梯型滤波器的带宽。然而,铝钽氮化物压电层的制造是复杂的,并且氮化铝中钽的量在物理上被限制为约40%。

[0004] 氮化铝或其他压电材料或衬底的其他掺杂剂可能增加物理带宽和零极点距离,其中仍然存在原理上的限制。

[0005] 诸如5G通信标准等未来宽带传输标准要求滤波器的宽通带具有良好的带外衰减,因为其他服务可能接近5G频带。例如,用于n79频带的RF滤波器需要从4.4GHz到5.0GHz的600MHz的通带宽度,其中WLAN服务位于该通带的正上方,使得当这两种服务应当同时被通信设备覆盖时,滤波器必须覆盖较宽的通带并且呈现出良好的带外衰减。这些要求对于梯型滤波器结构可能是矛盾的,因此即使使用上述方法,使用当前梯型设计也可能难以达到所有要求。另一著名的示例是n77频带,其带宽跨越从3.0GHz到4.2GHz的900MHz,并且还实现4G和5G系统的共同频带所需要的附近选择性。因此,需要一种提供宽通带和良好的带外衰减的微声RF滤波器。RF滤波器应当不太复杂,从而可以直接制造。

[0006] 本公开的目的是提供一种用于微声RF滤波器的新结构,以实现宽的通带、陡峭的滤波器裙边和良好的带外衰减。

[0007] 本公开的另一目的是提供可以用表面声波(SAW)和体声波(BAW)或膜体声波谐振器(FBAR)型谐振器的当前可用技术制造的这种微声RF滤波器。

[0008] 本公开的又一目的是提供一种较不复杂的微声RF滤波器。

发明内容

[0009] 根据本公开,一个或多个上述目的通过包括本发明权利要求1的特征的微声RF滤波器来实现。

[0010] 根据本公开的实施例,第一信号路径和第二信号路径耦合在第一端口与第二端口之间。每个信号路径包括谐振器。第一信号路径和第二信号路径中的一者还包括与谐振器串联连接的移相器。这样的电路结构采用半晶格滤波器。至少一个谐振器是微声谐振器,其中另一谐振器可以是微声谐振器或电容器。在谐振器包括微声谐振器和电容器的情况下,可以减少可能影响或污染通带行为的杂散模式或其他损耗。当微声谐振器的杂散模式和/

或损耗影响通带时,应当将微声谐振器替换为电容器。

[0011] 根据实施例,移相器被配置为执行 180° 或大约 180° 的相移。具体地,在滤波器的通带内,相移可以至少一次为 180° 。通带内的相移函数的一个以上的 180° 交叉也是可能的。例如,移相器可以在通带带宽的中心频率处执行 180° 的相移。

[0012] 移相器可以通过各种实施例来实现。在RF滤波器的通带内呈现值为 180° 的至少一个相移的任何实施例都是可能的。根据实施例,移相器可以包括高通Pi电路、低通Pi电路、高通Tee电路或低通Tee电路。移相器还可以包括其组成,以另外地对滤波器的带外特性进行整形。移相器还可以包括对应高阶电路,其中元件的数目大于3(三个)。另外,也可以使用在宽通带中提供良好插入损耗并且允许对相位进行整形的全通拓扑。也可以使用均衡器电路。任何上述移相器电路的电路表示对于本领域技术人员而言都是可用的。

[0013] 移相器也可以使用所谓的混合电路来实现。根据实施例,移相器可以包括耦合在第一信号路径与第二信号路径之间的 $0^\circ/180^\circ$ 的3dB混合电路。

[0014] 根据另一实施例,移相器可以包括耦合在第一信号路径与第二信号路径之间的 $0^\circ/90^\circ$ 的3dB混合电路以及被配置为执行 90° 或大约 90° 的相移的移相器,使得总的来说,可以实现 180° 或大约 180° 的相移。具体地,在RF滤波器的通带内,相移可以至少一次为 90° 。混合电路的 90° 相移和来自移相器电路的 90° 相移共同在第一信号路径和第二信号路径之一中形成 180° 相移。

[0015] 180° 移相器也可以被实现为与第一支路和第二支路组合的功率分配器,功率分配器在RF滤波器的通带内在第一支路和第二支路之间具有大约 180° 的相移至少一次。根据实施例,移相器可以包括具有第一输出端子和第二输出端子的功率分配器,其中高通滤波器连接到第一输出端子和第二输出端子中的一者,低通滤波器连接到第一输出端子和第二输出端子中的另一者。功率组合器的使用可能需要附加相位校正电路以在半晶格滤波器的两个支路中提供 $0^\circ/180^\circ$ 相移。

[0016] 根据实施例,匹配电路可以连接在第一端口和第二端口中的至少一者与第一信号路径和第二信号路径之间。匹配电路可以包括串联连接的电感器或串联连接的电感器以及诸如低通型滤波器等并联连接的电容器。匹配电路可以实现平坦的通带性能。当然,也可以使用示例性提及和本领域技术人员熟悉的其他匹配电路。

[0017] 此外,RF滤波器的第一端口和第二端口应当与耦合到其的外部电路相匹配。半晶格滤波器结构允许阻抗匹配电路的尺寸相对自由,从而第一端口和第二端口的阻抗匹配可以实现基本不同的阻抗。在一个实施例中,可以形成匹配电路使得第一端口和第二端口的阻抗基本不同。所提出的半晶格方法允许从滤波器的输入到输出的阻抗变换。

[0018] 半晶格滤波器结构允许相对于通带相对独立地修改阻带和通带的裙边,使得阻带衰减和滤波器裙边的形状基本不影响通带衰减。这是通过耦合到第一端口和/或第二端口的其他元件来实现的,这些元素提供有限传输零点(FTZ)函数。FTZ的放置相对独立,因此设计者可以选择将它们全部放置在滤波器的输入处,将它们全部放置在滤波器的输出处或在滤波器的输入和输出两者处。根据实施例,至少一个或多个微声谐振器或一个或多个并联谐振电路串联连接在第一路径和第二路径与第一端口和第二端口之一之间以执行有限传输零点函数。根据实施例,至少一个或多个微声谐振器或一个或多个串联谐振电路并联连接到耦合在第一信号路径和第二信号路径与第一端口和第二端口之一之间的节点以执行

有限传输零点函数。必须理解,各种FTZ的放置可能需要诸如电感器、电容器等附加元件才能在FTZ之间正确匹配。这对于本领域技术人员是众所周知的。

[0019] 还可以在第二信号路径和第三信号路径中级联谐振器和移相器以增加滤波度。根据实施例,至少一个另外的谐振器级联在第一信号路径和第三信号路径的每个中。为了扩展级联的概念,至少一个其他附加谐振器与附加移相器一起级联在第一信号路径和第三信号路径中的每个中,该附加移相器被配置为在第三信号路径中在RF滤波器的通带内执行 180° 的相移至少一次。允许级联半晶格滤波器中涉及的所有谐振器具有不同属性,诸如谐振频率、静态电容、零极点距离、制造技术等。

[0020] 根据实施例,例如,一个或多个或所有微声谐振器由第一谐振器和第二谐振器的反串联级联或第一谐振器和第二谐振器的反并联级联组成以改善滤波器的线性度。反串联和反并联级联的第一谐振器和第二谐振器相对于所施加的电场呈现与组成它们的压电材料相反的压电极性。在反串联级联中,上述第一谐振器和第二谐振器串联连接,使得上述谐振器的压电材料的极性与传播通过上述第一谐振器和第二谐振器的信号具有相反取向,例如,在某个时间戳 T_0 处的电压、电场。在反并联级联中,上述第一谐振器和第二谐振器并联连接,使得所述谐振器的压电材料的极性与传播通过所述第一谐振器和第二谐振器的信号具有相反取向,例如,在某个时间戳 T_0 处的电压、电场。

[0021] 在RF滤波器电路中,可以将元件划分为不同芯片。第一芯片可以包括谐振频率在RF滤波器的通带之内或附近的微声谐振器。第二芯片可以包括谐振频率基本高于通带的上边缘的微声谐振器,并且第三芯片可以包括谐振频率基本低于通带的下边缘的微声谐振器。谐振频率接近于RF滤波器的通带或通带的上边缘和下边缘的微声谐振器可以优选地位于第一芯片上。另外,附加芯片或滤波器叠层可以包括被实现为串联谐振电路和/或并联谐振电路的FTZ,并且可选地包括以诸如叠层、玻璃上无源器件、低温共烧陶瓷(LTCC)、任何集成无源器件(IPD)技术等任何基于衬底的技术实现的附加电感器和/或电容器。如果移相器实现所需要的电容器可以被实现为SAW衬底或BAW衬底上的片上电容器,则它们可以被包括在第一芯片中。

[0022] 作为说明性示例,RF滤波器可以被配置为呈现形成 n_{79} 频带的在4.4GHz至5.0GHz之间的范围内的通带部分。滤波器的带外部分在低于4.4GHz和高于5.0GHz的频率范围内。滤波器的微声谐振器可以仅是表面声波谐振器或仅是体声波谐振器,或者可以包括表面声波谐振器以及体声波谐振器,这些谐振器以各种技术形式实现并且以不同的名称而闻名,例如,LiTaO₃、高Q温度补偿滤波器(HQTCF)、ThinFilm-SAW、SMR-BAW、FBAR等。压电衬底可以包括钽酸锂、铌酸锂、氮化铝或氮化铝钐、或任何其他压电材料,以实现支持表面声波类型或体声波类型的微声谐振器。基于MEMS的谐振器也是可能的。根据上述实施例的使用这种压电材料和半晶格滤波器结构的谐振器能够覆盖 n_{79} 频带所需要的相对较宽的通带,并且呈现出陡峭的滤波器裙边以及带外部分的足够衰减以抑制位于紧邻 n_{79} 频带的频带中的其他RF服务。 n_{77} 频带给出了另一示例,该频带覆盖900MHz带宽(3300MHz-4200MHz),并且要求B42/B43(被包括在 n_{77} 频带内)与 n_{79} 之间的共存。所提出的半晶格方法是一种出色的解决方案,其可以通过标准的微声谐振器来满足客户的要求。

[0023] 应当理解,前面的一般描述和下面的详细描述都仅仅是示例性的,并且旨在提供概述或框架以理解权利要求的性质和特征。附图被包括以提供进一步的理解,并且被结合

在本说明书中并且构成其一部分。附图示出了一个或多个实施例,并且与说明书一起用于解释各种实施例的原理和操作。在附图的不同图中的相同元素由相同的附图标记表示。

附图说明

- [0024] 在图中:
- [0025] 图1示出了根据本公开的原理的半晶格类型的RF滤波器的示意图;
- [0026] 图2示出了使用匹配电路的半晶格类型的RF滤波器的示意图;
- [0027] 图3示出了使用其他匹配电路的半晶格类型的RF滤波器的示意图;
- [0028] 图4示出了包括移相器的原理实现的RF滤波器;
- [0029] 图5A至5I示出了图4的移相器的几个实施例的电路图;
- [0030] 图6示出了包括移相器的又一实施例的原理图的RF滤波器;
- [0031] 图7示出了包括移相器的又一实施例的RF滤波器;
- [0032] 图8示出了移相器的又一实施例的原理图;
- [0033] 图9A和9B示出了移相器的又一实施例的原理图和移相器的对应示意图;
- [0034] 图10示出了使用有限传输零电路的RF滤波器的示意图;
- [0035] 图11示出了具有级联半晶格结构的RF滤波器的示意图;
- [0036] 图12A和12B示出了用于n79频带的RF滤波器的示意图和对应传输函数;
- [0037] 图13示出了使用反串联级联的RF滤波器的示意图;以及
- [0038] 图14示出了RF滤波器的示意图,其示出了滤波器的元件的划分。

具体实施方式

[0039] 现在将在下文中参考示出本公开的实施例的附图来更全面地描述本公开。然而,本公开可以以很多不同形式来实施,并且不应当被解释为限于本文中阐述的实施例。相反,提供这些实施例是为了使本公开能够将本公开的范围完全传达给本领域技术人员。附图不一定按比例绘制,而是被配置为清楚地示出本公开。

[0040] 图1示出了RF滤波器的原理实施例。RF滤波器具有半晶格滤波器结构,该半晶格滤波器结构包括耦合在端口101与另一端口102之间的第一信号路径140和第二信号路径150。信号路径140包括一个微声谐振器141。信号路径150包括另一微声谐振器151和移相器152的串联连接。谐振器141、151可以是表面声波谐振器或体声波谐振器,其中谐振器141、151可以是相同类型或不同类型的谐振器。移相器152提供大约 180° 或 180° 的相移。在所示的RF滤波器的通带期间,移相器152可以具有 180° 的相移至少一次。因此,移相器152可以呈现一个或多个频率,在该频率处,其针对该频率的相移为 180° 。在RF滤波器的通带内的其他频率处,相移可以接近 180° ,也可以与此相差很大,因为相位坡度取决于所选择的移相器实现。 180° 的相移可以发生在通带的中心频率附近或在中心频率附近。

[0041] 图1的RF滤波器的通带由谐振器141、151的谐振频率确定。例如,微声谐振器141的谐振频率可以低于微声谐振器151。RF滤波器的通带的下通带拐角大约在谐振器141的谐振频率处,而上通带拐角大约在谐振器151的谐振频率处。应当注意,RF滤波器的通带的宽度不取决于与谐振器的谐振频率与反谐振频率之间的距离有关的谐振器的压电材料的耦合,在基于梯型结构的传统滤波器中就是这种情况。相反,半晶格类型滤波器结构的滤波器带

宽由在第一信号路径和第二信号路径中使用的谐振器的谐振频率确定。因此,可以使用谐振频率之间的差异相应较大的谐振器来形成通带带宽较大的滤波器。包括谐振器141、151和移相器152的第一信号路径140和第二信号路径150形成半晶格类型单位单元。

[0042] 可以将移相器设置在信号路径140、150中的任何一个中。虽然图1在信号路径150中示出了移相器152,但是也可以将移相器152插入与谐振器141串联连接的信号路径140中。出于实际原因,在包括谐振频率较低的谐振器的该信号路径中包括 180° 移相器是有用的。在这种情况下,移相器连接到谐振频率在大约下通带拐角处的谐振器。此外,作为另一替代方案,移相器可以位于端口101与谐振器141、151之一之间。

[0043] 图2示出了RF滤波器的另一实施例。相移器232连接到当与谐振器121相比具有较低谐振频率的谐振器111。包括谐振器111、121和移相器232的第一信号路径110和第二信号路径120形成半晶格类型单位单元的另一实施例。此外,匹配元件连接在第一信号路径110和第二信号路径120与输入/输出端口101、102之间。串联连接的电感器或线圈211连接在端口101与节点221之间,节点221结合了第一信号路径110和第二信号路径120。串联连接的电感器或线圈212连接在端口102与耦合第一信号路径110和第二信号路径120的另一节点122之间。电感器111、212与单位单元匹配以实现期望的通带性能。匹配电路211、212实现了通带的相对平坦的上部。所示的示例是匹配电路的相对简单形式。更复杂的匹配电路也很有用。

[0044] 如果微声谐振器提供高于谐振频率的杂散模式和/或其他损耗,则形成下通带拐角的特定谐振器(诸如谐振器111)可以被替换为电容器。这样可以降低左裙边的陡度,这是因为,它具有杂散模式的自由通带。如果使用体声波谐振器,则不同物理实现的应用可能是有利的。提供II型色散的BAW谐振器(SMR-BAW、FBAR)确实具有低于串联谐振频率的杂散模式,因此使其成为用于谐振器111的有吸引力的解决方案,因为该谐振器负责滤波器的下通带拐角。提供I型色散的BAW谐振器(SMR-BAW、FBAR)确实具有高于谐振频率的杂散模式,因此使其成为用于谐振器121的有吸引力的解决方案,因为该谐振器负责滤波器的上通带拐角。谐振器111的谐振频率低于谐振器121的谐振频率。谐振器111负责下通带拐角,谐振器121负责上通带拐角。在图2所示的实施例中,移相器232连接到谐振器121,使得移相器232连接到负责下通带拐角的谐振器。在这种情况下,谐振器121可以由诸如BAW谐振器等微声谐振器来实现,或者,可选地,作为电容器来实现。

[0045] 图3示出了包括用于匹配滤波器通带性能的其他可能性的RF滤波器的另一实施例。图3的RF滤波器包括分别与谐振器111和121并联连接的电感器321、322。此外,在端口101一侧,为了附加匹配目的,提供了串联电感器311和并联或并联连接的电容器313。电容器313连接在节点221与用于地电位的端子315之间。在节点102处,串联连接的电感器312连接在端口102与节点222之间。节点222还通过电容器314连接到用于地电位的端子315。电感器211、212(图2)或低通型电路311、313、312、314或并联/并联连接的电感器321、322(图3)之一可以单独使用或与任何其他元件组合使用以实现RF滤波器的通带的期望匹配。也可以使用其他匹配电路(高通)。

[0046] 图4示出了RF滤波器的实施例,其示出了代表移相器的广义的两端口器件411。器件411包括可以由链矩阵[■(A&B@C&D)]描述的两个端口412、413。端口412、413的一个端子连接到地电位。另一端子连接到信号路径110中,其中在所述端子之间生成有大约 180° 的相

移。该相移使得它在滤波器的通带内在 180° 处发生至少一次。

[0047] 图5A至5I示出了两端口移相器器件411的各种实施例。现在转向图5A,示出了低通Pi电路,其包括电感器511,该电感器511的电感器端子通过对应电容器512、513连接到用于地电位的端子501。现在转到图5B,示出了低通Tee电路。低通Tee电路包括两个串联连接的电感器521、522,其中耦合电感器521、522的节点524通过并联连接的电容器523连接到接地端子501。现在转到图5C,示出了高通Pi电路。高通Pi电路包括串联连接的电容器531,该电容器531的电容器端子通过并联连接的电感器532、533连接到接地端子501。现在转到图5D,示出了高通Tee电路。高通Tee电路包括串联连接的电容器541、542,其中耦合电容器541、542的节点544通过并联连接的电感器543连接到接地端子501。现在转到图5E,示出了两个级联的低通Pi电路的第二级级联。级联的低通Pi电路包括级联配置的图5A的两个低通Pi电路。图5E中示出的电路包括两个电感器551、552的串联连接,其中电感器551、552的端子通过并联连接的电容器553、554、555连接到接地端子501。级联的低通Pi元件的内部两个电容器被压缩到一个电容器,诸如电容器554。图5F示出了4元件高通作为具有多于三个元件的移相器的示例,但是仍然基于如图5A至5D所示的四个基本移相器单元之一。图5F的移相器基于图5C的高通Pi电路,还包括串联电容器561。图5G和5H的电路示出了形成全通的基本单元单元,其提供了几乎平坦的通带,但是仅对形成全通的相位特性进行整形。图5G和5H的电路基于高通Pi电路和低通Pi电路,分别还包括并联连接的电容器571和电感器581。图5I示出了基于高通Tee电路的桥式T形式的均衡器电路的示例,其中电感器592与串联电容器并联连接,并且提供了并联连接的电容器591。

[0048] 图5A至5I所示的上述电路中的任何一个都可以用于实现图4的两端口移相器器件411。图5A至5I的所述移相器电路中的两个或更多个可以级联以形成二阶或更高阶移相器,具体取决于RF滤波器的期望性能。更高阶移相器可能以具有移相器的更好的宽带性能,从而改善了RF滤波器的S21参数。图5A至5D的电路的级联等效于提供多于三个的元件。作为示例,图5F的电路是通过添加一个附加串联电容561来对图5C的电路进行的扩展。

[0049] 图6示出了包括被实现为具有端口612、613、614、615的四端口电路的移相器器件611的RF滤波器。端口615可以通过诸如电阻器等终端器件616连接到接地端子501。可以省略电阻器616,使得端口615直接连接到接地端子501。元件616也可以是复阻抗。替代地,可以使用包括端口612、……、614并且省略端口615的三端口器件。电路611在端口612和613之间建立 180° 的相移。

[0050] 可以使用若干示例来实现电路611。例如,电路611可以实现为将平衡信号(两个信号线包括 0° 信号线和 180° 信号线,均参考地电位GND)转换为单端信号(一个信号线,例如 0° 信号,参考地电位GND)的balun电路。也可以使用 $0^\circ/90^\circ$ 的3dB混合电路以及 90° 的附加移相器来实现balun电路。如果RF滤波器周围的电路系统已经涉及正交混合电路,则可以使用3dB混合电路,从而移相器611可以使用电路板上可用的其他电路中已经存在的这种电路。功率放大器电路可能就是这种情况。其他可能性可以使用从低通到高通的转变,该转变包括 180° 的相移,其中可以添加功率分配器,诸如3dB的Wilkinson功率分配器。在下文中更详细地描述采用一个或多个上述概念的电路611的可能实现。

[0051] 图7示出了使用3dB($0^\circ/90^\circ$)混合电路711的RF滤波器。电路711在其端子1-4之间生成 90° 的相移,因此需要附加移相器721来实现 180° 的整体相移。移相器721在所示出的RF

滤波器的通带内执行 90° 相移至少一次。作为替代实施例(未示出),电路711可以被实现为诸如balun电路等 180° 混合电路,从而可以省略 90° 移相器721。

[0052] 图8示出了图6的电路611的另一实现。图8中的电路包括端口820,具有不同链矩阵[■ (A&B@C&D)]的两个链矩阵电路811、812连接到该端口820,两个链矩阵电路811、812耦合到单独的端口821、822。在端口821和822之间提供有大约 180° 的相移。电路811可以被实现为低通滤波器,电路812可以被实现为高通滤波器,从而可以在端口821和822之间实现 180° 的相移。

[0053] 图9A和9B所示的电路是进一步详细说明图8所示概念的其他示例。图9A包括由耦合到端口920的对应[■ (A&B@C&D)]矩阵器件表示的功率分配器931、932。功率分配器931、932(诸如Wilkinson功率分配器)等可以被实现为3dB功率分配器件。在分离信号路径之一中提供有低通滤波器911,并且在另一分离信号路径中提供有高通滤波器912。连接到低通和高通滤波器911、912的输出端口921、922在它们之间呈现 180° 相移。

[0054] 图9B示出了图9A的通用移相器概念的示意性电路实现。功率分配器931、932由低通Tee电路实现,该低通Tee电路包括两个串联连接的电感器和一个并联连接的电容器,电容器耦合到两个电感器之间的节点。低通电路911包括若干串联连接的电感器,其中电感器之间的节点通过并联连接的电容器耦合到地电位。高通滤波器912包括至少三个串联连接的电容器,其中电容器之间的节点通过并联连接的电感器连接到地电位。电阻941用于匹配Wilkinson功率分配器电路系统所需要的信号线。

[0055] 图6的移相器611的其他实现也是可能的,诸如生成 180° 的相移的全通滤波器。也可以使用Marchand-balun,它包括实现宽带balun操作的传输线。但是, Marchand-balun的尺寸可能很大。

[0056] 图10示出了包括用于执行有限传输零点函数的元件的几种可能性的RF电路。通常,可以使用有限传输零(FTZ)电路元件来在通带的裙边和通带之外的阻带区域内对滤波器性能进行整形。FTZ元件可以用于在特定频率位置插入传输极点和/或使裙边更陡峭。FTZ元件可以添加在半晶格单元与输入/输出端口之间。当与传统的滤波器结构(诸如梯型滤波器)相比,FTZ元件可以对滤波器性能进行整形,而与半晶格单元和RF滤波器的通带无关。滤波器设计者可以根据电路要求相对自由地选择FTZ元件的数目和FTZ元件的类型。图10中的电路在一个电路中示出了FTZ元件的几种可能性。应当注意,基于性能要求,可以省略所示出的元件中的一个或多个。

[0057] 在图10的RF滤波器的中央部分中,示出了半晶格单元1010。在半晶格单元1010的左侧,FTZ谐振器1021串联连接在端子101与半晶格单元1010之间。并联连接的串联谐振元件1022连接在微声谐振器1021与地电位501之间。串联连接的并联谐振电路1023串联连接在端口101与谐振器1021之间。串联电感器1050表示匹配电感器。在半晶格单元1010的右侧,提供有并联连接的微声谐振器1031,微声谐振器1031连接在单元1010与地电位之间。串联连接的并联谐振电路1032连接在单元1010与端口102之间。并联连接的串联谐振电路1033连接在并联谐振电路1032与地电位之间。电感器1051表示直接连接到端口102的匹配电路。如图10所示,FTZ电路之一可以串联连接,其中该谐振器的有限传输零点函数由该谐振器的反谐振频率确定。FTZ电路的另一个可以并联或并联连接,其中该谐振器的有限传输零点函数由该谐振器的串联谐振频率确定。FTZ电路也可以像梯子一样以串联和并联的组

合进行连接。FTZ电路的数目在理论上不受限制,因此设计者可以放置与RF滤波器的规格所要求的一样多的FTZ电路。如图12A所示,也可以仅串联或仅并联连接FTZ。

[0058] 通常,RF滤波器的通带操作主要由包括匹配电路的半晶格单元1010确定,带外性能主要由FTZ元件和移相器拓扑的选择确定,其中通带和带外函数都可以使用结合图10所述的概念彼此相对独立和自由地设计。这种能力与常规梯形滤波器不同。FTZ元件可以用诸如谐振器1021、1031等微声谐振器来实现。如果FTZ的频率太高或太低,则其可以用连接到单元1010的LC谐振电路来实现。当FTZ元件的谐振频率的频率扩展太宽以致于个体谐振器不再能够在一个芯片上实现时,可以使用多个微声芯片,或者某些FTZ谐振器可以用诸如低温共烧陶瓷(LTCC)、层压板、高温共烧陶瓷(HTCC)、玻璃上无源器件(POG)或集成无源器件(IPD)等基于衬底的技术来实现。

[0059] 图11示出了包括级联的半晶格单元单元1110的RF滤波器。第二级的级联的半晶格单元单元1110包括两个级联的第一级半晶格单元单元1120、1130。第一单元单元1120包括在第一信号路径和第二信号路径中的谐振器1121、1122、和 180° 移相器1122。第二单元单元1130包括在第一信号路径和第二信号路径中的谐振器1131、1132以及属于所述单元单元的 180° 移相器1132。如图所示,来自两个单元单元1120、1130的移相器1122、1132被组合到一个单个移相器1142。仔细的设计允许设计一个电路,该电路仍与四个谐振器1121、1131、1122和1132结合提供大约 180° 相移元件1142。也可以级联附加单元单元(未示出)。所需要的移相器的数目基本是级联单元单元的数目的一半。也就是说,在非级联情况下,一个单元单元需要一个移相器。当两个单元单元级联时,仍然需要一个移相器。当三个单元单元级联时,需要两个移相器。当四个单元单元级联时,需要两个移相器,等等。个体谐振器1121、1131、1122和1132的特性可以不同。如果损耗和/或杂散模式对通带的影响太大,则也可以将一个或多个谐振器替换为电容器(如前所述)。

[0060] 图12A、12B示出了用于5G通信服务和对应传输函数的示例性n79滤波器的详细电路图。n79滤波器的基本单元单元包括半晶格类型的谐振器1211、1212。移相器1213串联连接到谐振器1211。类似于图5B,移相器1213被实现为二阶低通Tee电路。类似于图5D的二阶高通Tee电路或类似于图5F的电路也是有用的。端口1201通过匹配电感器1202和构成两个FTZ的微声谐振器1203、1204的串联连接而连接到单元单元1210。另一端口1202通过匹配电感器1205、并联连接的FTZ微声谐振器1206和串联连接的FTZ谐振器1207而连接到单元单元1210。图12B示出了图12A的滤波器的传输函数。该图示出了4.4GHz至5.0GHz之间的通带,其通带的顶部形状相对平坦。通带跨接在下通带拐角1221与上通带拐角1222之间。在通带的右侧(超出通带的上裙边和上通带拐角1222),提供了足够的衰减以抑制位于该频率范围内的WLAN服务。

[0061] 应当注意,连接到输入/输出端口1201、1202的匹配电路可以相当自由地配置,使得可以执行从一个阻抗水平到基本不同的另一阻抗水平的阻抗转换。例如,要在端口1201处提供的阻抗可以是50欧姆,并且要在端口1202处提供的阻抗可以是200欧姆。在这种情况下,必须重新配置匹配电感器1205,以实现200欧姆的阻抗(图12A中未示出),这可以由熟练的电路设计者轻松实现。由于滤波器通带是由半晶格单元1210实现的,因此电路设计者相对自由地将输入/输出端口的阻抗的尺寸确定为期望水平。具体地,可以将一个端口处的阻抗转换为另一端口的另一基本不同的阻抗,其中所得到的滤波器的S21参数保持在几乎

相同水平(几乎不变)。

[0062] 图13示出了RF滤波器电路的示意图,其中例如,谐振器以反串联级联的方式级联以提高线性度。在半晶格单元1310中,谐振器1311a、1311b串联连接,其中被包括在上述谐振器中的压电材料的极性具有反串行取向,其用对应箭头示出。与谐振器1311a相比,谐振器1311a的箭头从左至右示出,谐振器1311b的箭头从右至左示出,即,在相反方向上。实际上,压电材料的相反极性取向可以在上述谐振器的制造过程中容易地选择。当信号通过电路从谐振器1311a传播到谐振器1311b时,该信号经历压电材料的相反极性,使得谐振器1311a中的压电材料收缩与谐振器1311b的压电材料膨胀同时发生。反之亦然。谐振器的反串联级联的相同原理已经应用于FTZ元件1303和1304。

[0063] 作为另一可能性(图13中未示出),谐振器可以反并联级联方式组合,其中在该谐振器并联连接中,一个谐振器的压电材料的取向与另一谐振器的压电材料的取向相反。尽管图13的电路示出了谐振器的一阶反串联级联,但是谐振器的反串联和反并联级联的二阶和高阶也是可能的。可以应用反串联或反并联谐振器级联方案以改善滤波器的线性度。改善的线性度提高了滤波器性能,并且减少了滤波器信号中的失真。谐振器级联也增加了谐振器的有效面积,因此滤波器可以处理更多功率,从而提高了滤波器的功率耐久性。

[0064] 图14示出了在制造技术方面滤波器内器件的划分。通常,基于衬底的技术和微声谐振器技术是可用的。基于衬底的技术包括低温共烧陶瓷、层压板、高温共烧陶瓷、玻璃上无源器件(POG)、集成无源器件(IPD)。微声谐振器技术包括薄膜表面声波谐振器、体声波谐振器、具有诸如 42° 等不同切割角的诸如钽酸锂(LiTaO₃)等衬底、铌酸锂(LiNbO₃)、氮化铝钽(AlScN)、氮化铝(AlN)或任何其他压电材料。高Q温度补偿滤波器(HQTCF)也是可能的。兰姆波谐振器(AlN或AlScN上的SAW)、ThinFilm-SAW或其他微声谐振器技术可以用于此特定滤波器设计概念。

[0065] 靠近输入/输出端口的元件(诸如元件B1、B9)可以使用诸如电感器和/或电容器等分立器件来实现为集总元件,以实现匹配网络。基于衬底的技术之一与集总元件的组合也是可能的。因此,可以在电路衬底1410上实现元件B1、B9。元件B2、B8可以是谐振频率远离RF滤波器的通带的FTZ元件,从而它们可以实现为一个微声芯片1420。替代地,它们可以在基于衬底的技术内实现。FTZ元件B3、B7的谐振频率被假定为接近RF滤波器的通带,因此它们可以在不同于芯片1420的另一微声芯片1430上实现。谐振器B4、B5和移相器B6确定滤波器的通带,使得它们也与附近的FTZ元件B3、B7一起在芯片1430上实现。注意,遥远的FTZ元件B2、B8的电容器可以与附近的元件一起在微声芯片1430上实现。另外,用于实现移相器B6的电容器可以放置在微声芯片1430上。在杂散模式影响滤波器的通带的情况下,谐振器B4可以通过电容器来实现。在使用体声波器件的情况下,谐振器B4可以通过提供色散类型II的谐振器来实现,并且谐振器B5可以通过提供色散类型I的谐振器来实现。如果所使用的制造技术不允许在同一芯片上实现谐振器B4和B5,则它们也可以在不同芯片上实现。如果混合使用谐振器技术,则情况尤其如此。

[0066] 在一个实施例中,谐振器B4的谐振频率低于谐振器B5,使得谐振器B4负责下通带拐角1221并且谐振器B5负责上通带拐角1222。谐振器B4可以通过诸如提供低于谐振器B4的谐振频率的损耗和/或杂散模式的BAW技术等谐振器技术来实现。谐振器B5可以由诸如提供高于谐振器B5的谐振频率的损耗和/或杂散模式的另一BAW技术等另一谐振器技术来实现。

[0067] 总之,由于可用压电材料可能不允许所需要的宽带宽,因此常规梯形拓扑无法为诸如5G通信服务等下一代滤波器提供合适的解决方案。半晶格单位单元方法可以实现宽通带带宽,并且允许灵活地优化通带和阻带性能。半晶格滤波器结构包括 180° 移相器,针对该移相器可以使用各种设计方法。

[0068] 对于本领域技术人员将很清楚的是,在不脱离如所附权利要求书中规定的本公开的精神或范围的情况下,可以进行各种修改和变型。由于本领域技术人员而言可以想到包含本公开的精神和实质的所公开的实施例的修改、组合、子组合和变化,因此本公开应当被解释为包括在所附权利要求的范围内的所有内容。

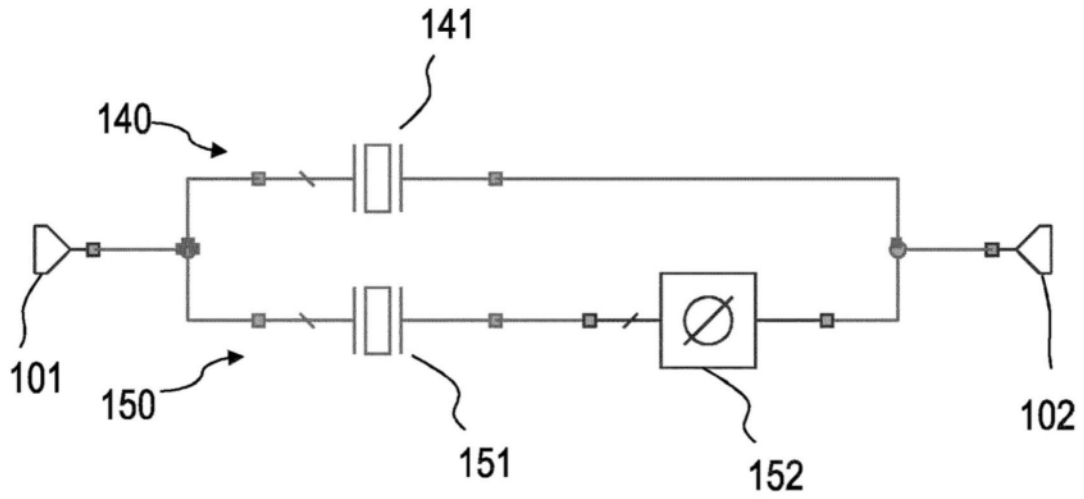


图1

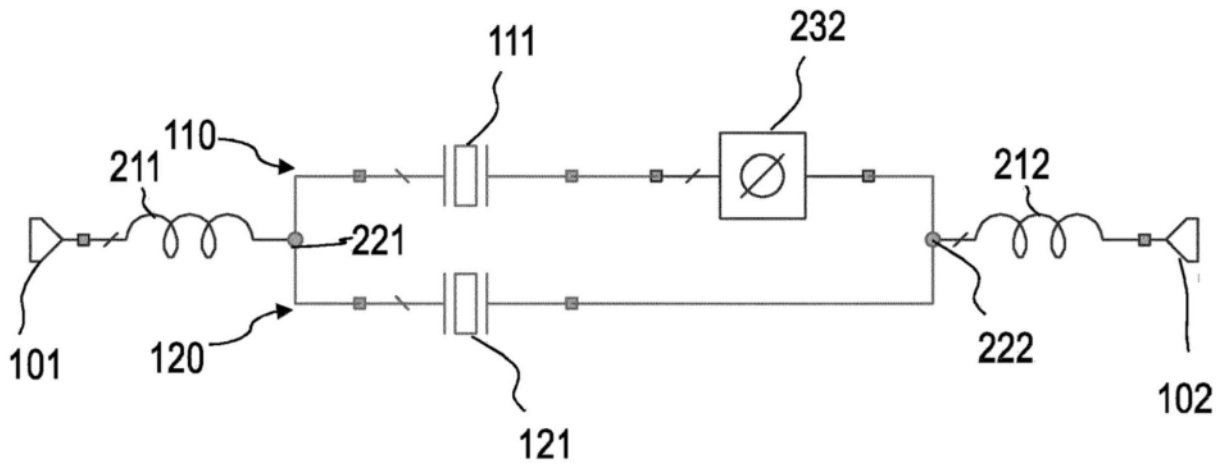


图2

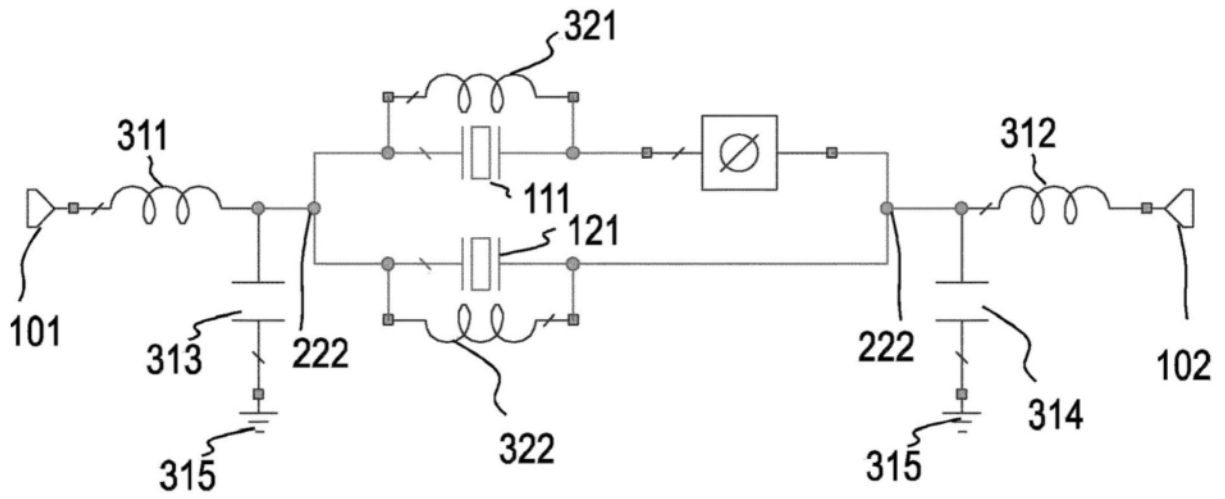


图3

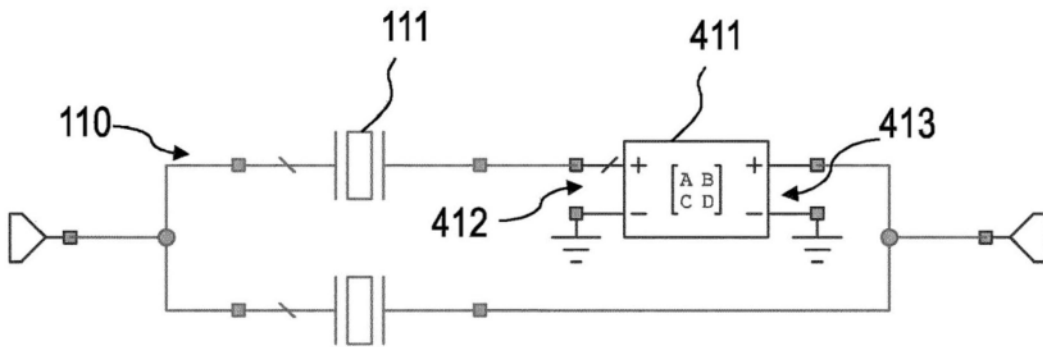


图4

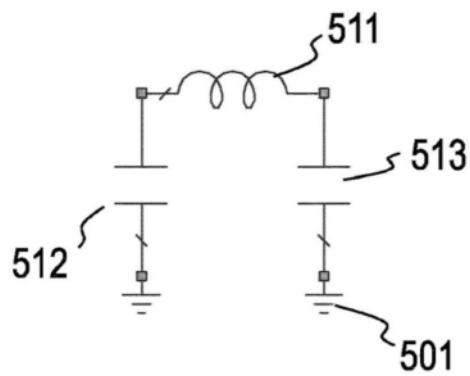


图5A

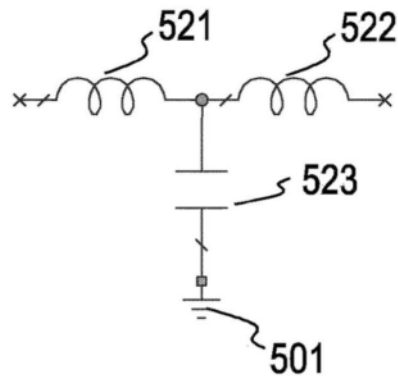


图5B

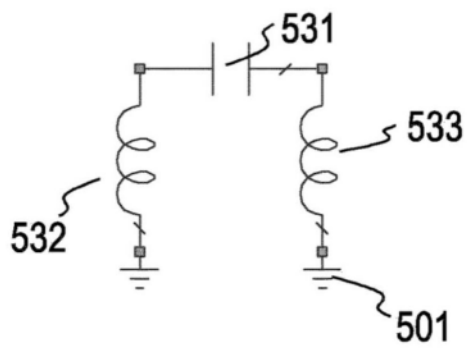


图5C

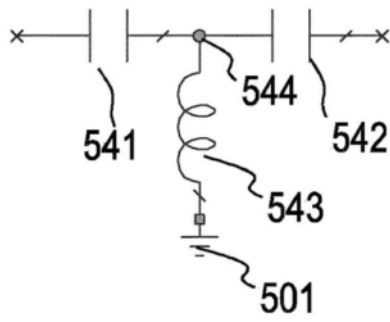


图5D

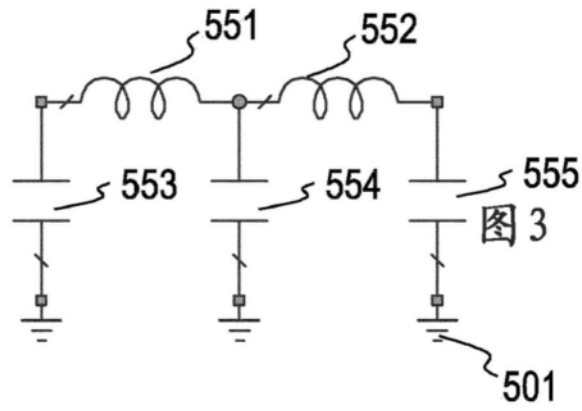


图5E

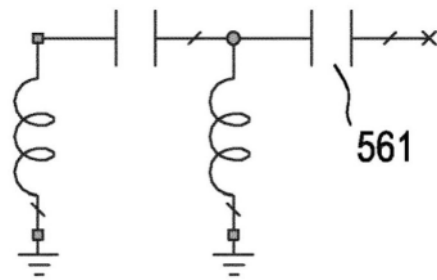


图5F

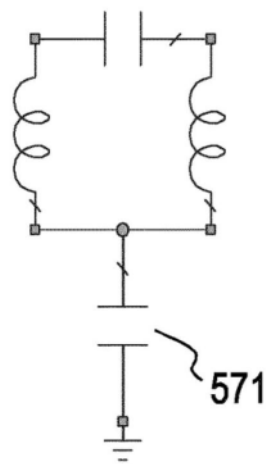


图5G

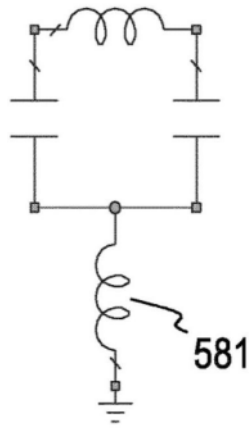


图5H

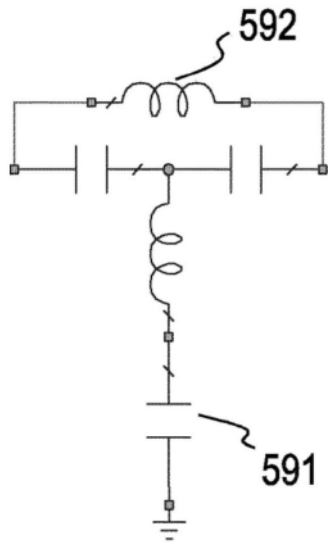


图5I

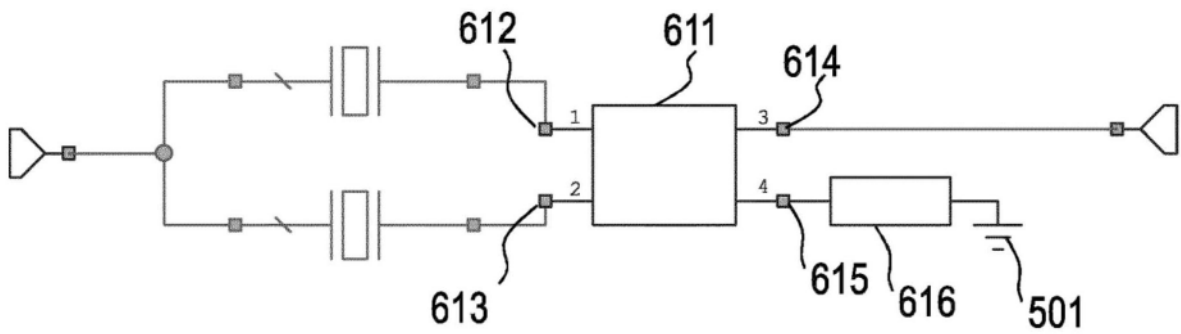


图6

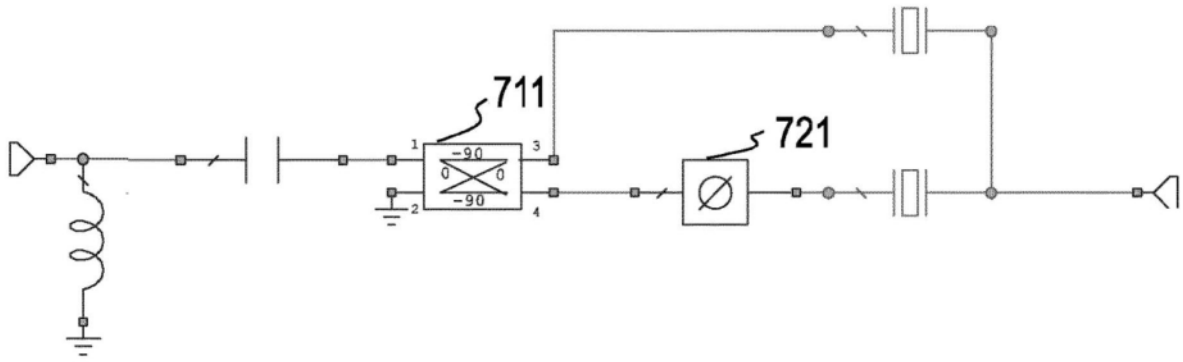


图7

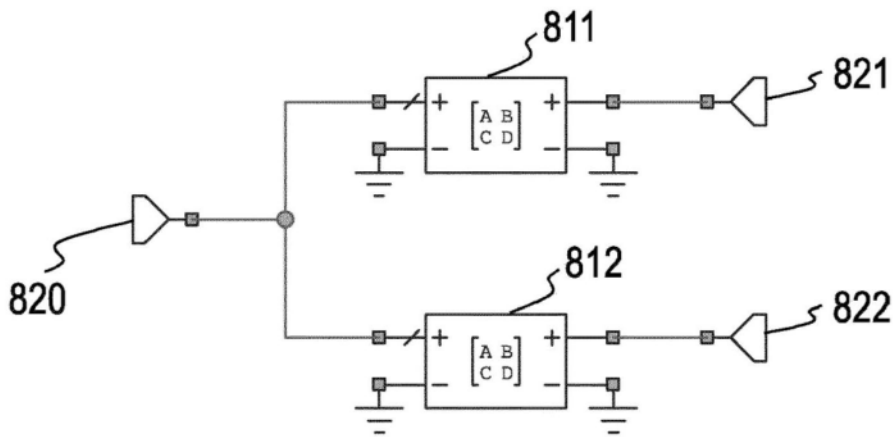


图8

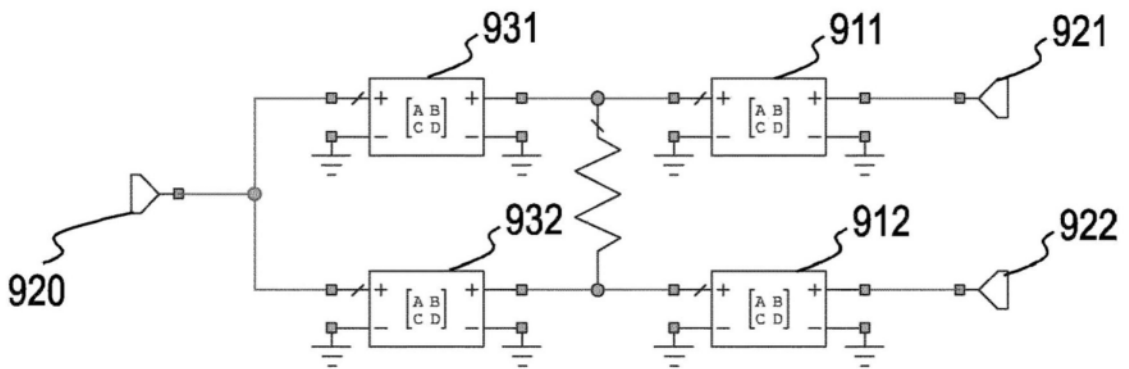


图9A

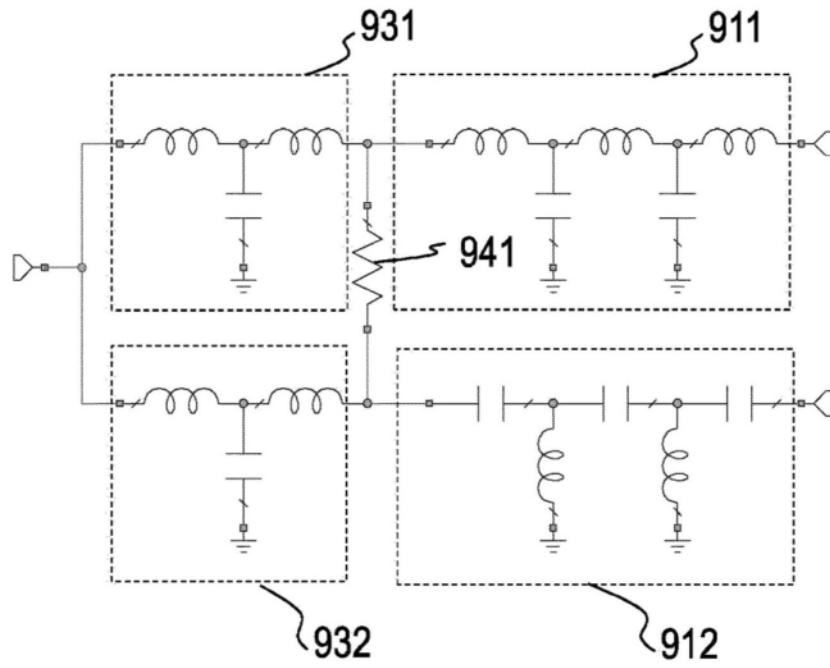


图9B

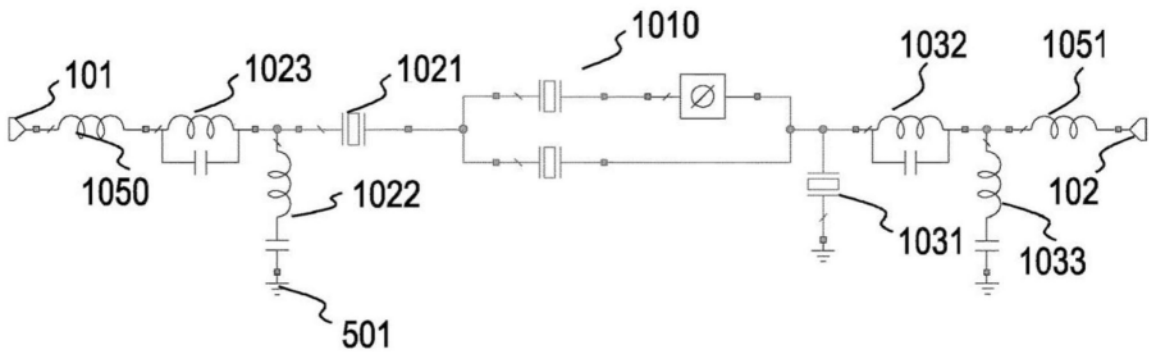


图10

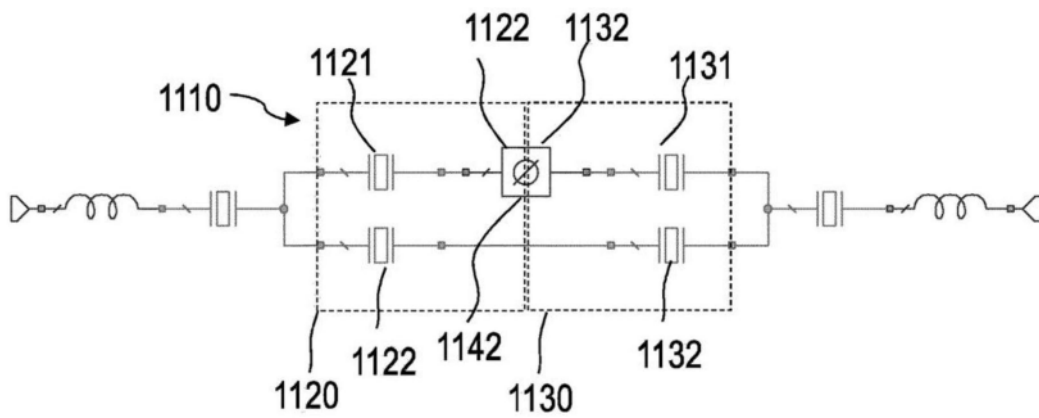


图11

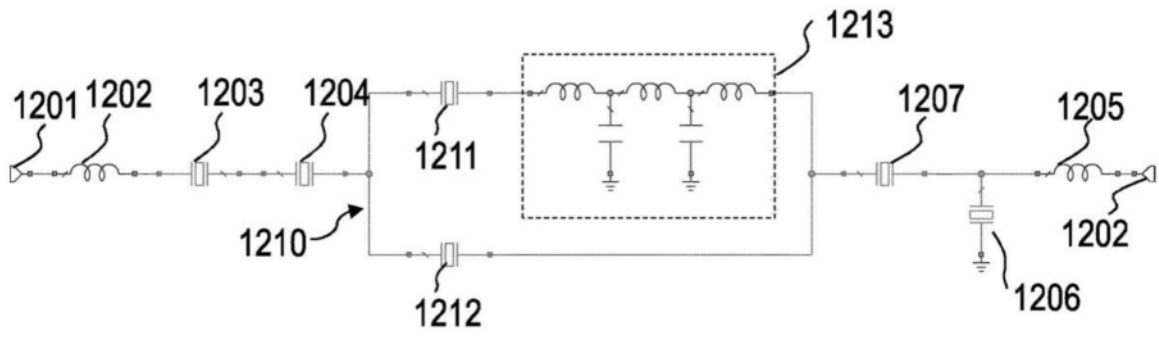


图12A

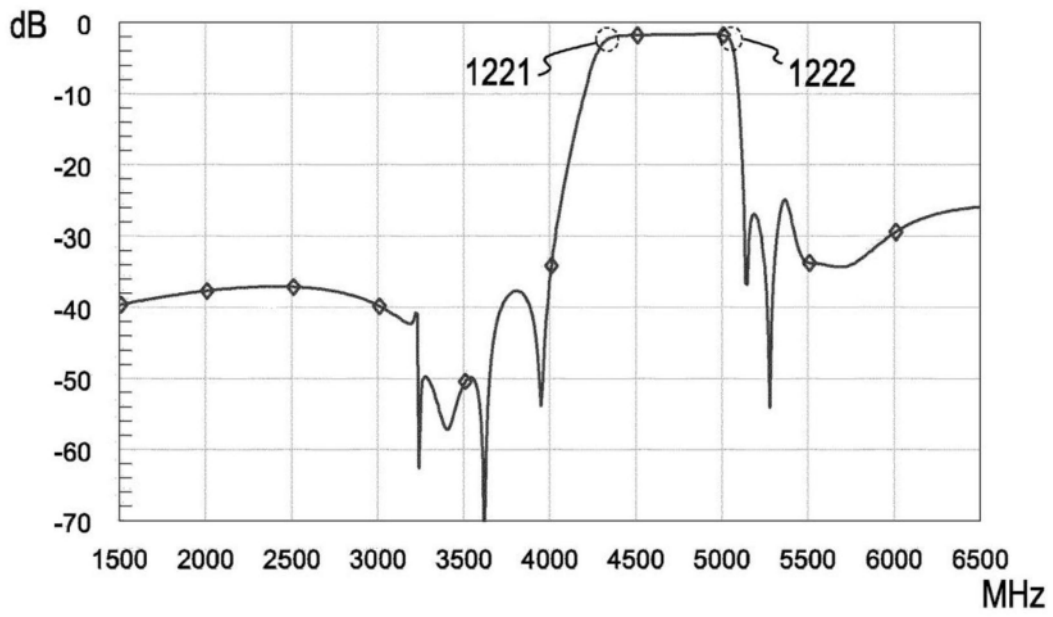


图12B

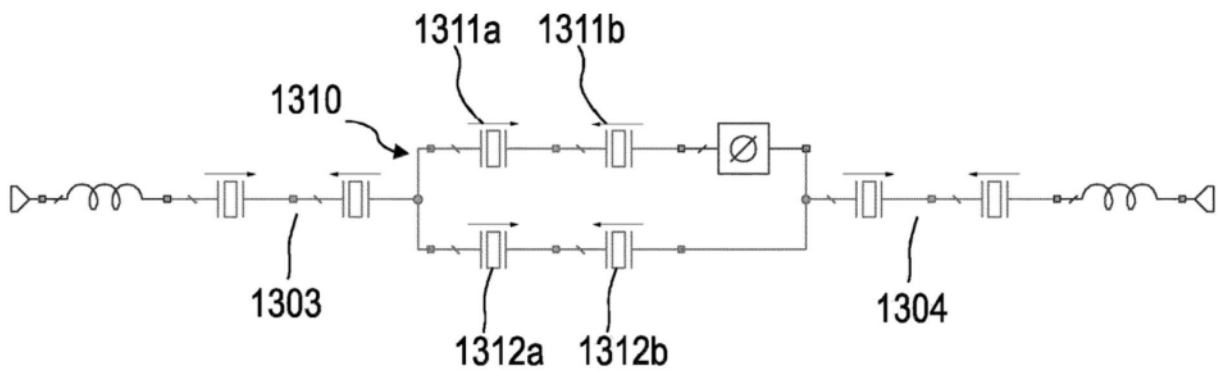


图13

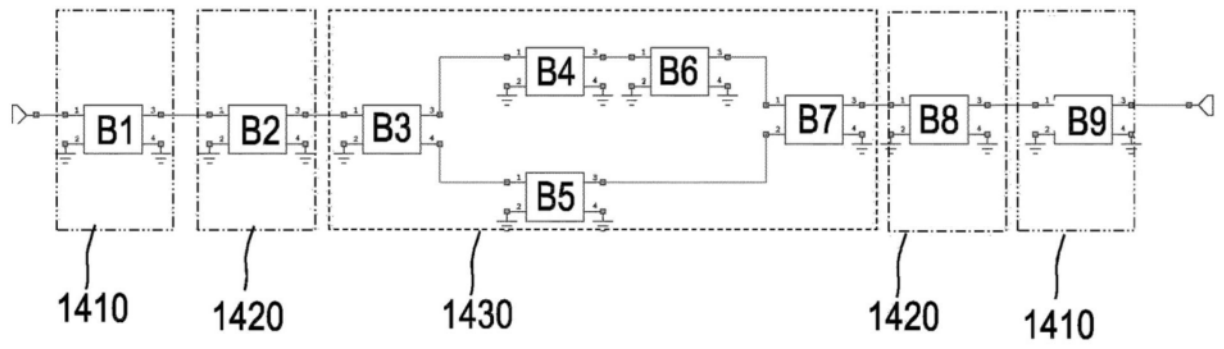


图14