(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114978092 A
(43)申请公布日 2022.08.30

(21)申请号 202210163790.X

(22)申请日 2022.02.22

(30)优先权数据
17/182,988 2021.02.23 US

(71)申请人 QORVO美国公司
地址 美国北卡罗来纳

(72)发明人 杰弗里·D·加利波
凯利·M·莱亚尔

(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
专利代理师 陈华成

(51)Int.Cl.
H03H 9/17(2006.01)
H03H 9/54(2006.01)
H03H 3/02(2006.01)

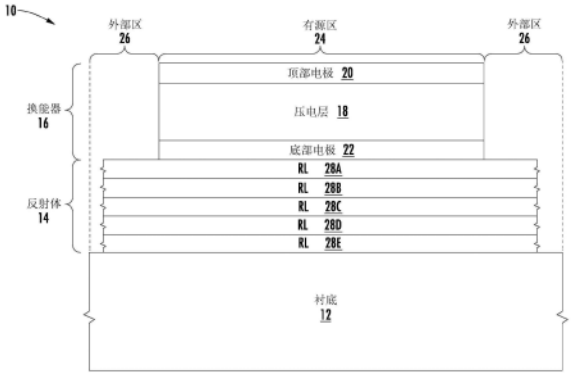
权利要求书2页 说明书8页 附图13页

(54)发明名称

堆叠到集成无源装置上的体声波谐振器

(57)摘要

本申请涉及堆叠到集成无源装置上的体声波谐振器。公开一种体声波(BAW)辅助滤波器结构,具有堆叠到集成无源装置(IPD)上的BAW谐振器。在本文公开的示例性方面中,所述BAW滤波器结构包含换能器,具有电极和所述电极之间的压电层。所述IPD电耦合到所述BAW谐振器且提供高频率的操作。在此配置中,所述BAW辅助滤波器结构具有低插入损耗且减缓归因于所述BAW谐振器堆叠到所述IPD上的电学紧密近程而导致的电气长度寄生损耗。此外,所述BAW辅助滤波器结构能够对高频率进行滤波,且提供改进的滤波器性能和滤波器转移函数的设计中的较大灵活性。



CN 114978092 A

1.一种体声波辅助滤波器结构,包括:

至少一个集成无源装置,包含电路;

至少一个体声波谐振器,在所述集成无源装置上方且包括:

衬底;

至少一个换能器,在所述衬底上方,所述至少一个换能器包括:

第一电极;

第二电极;以及

压电层,在所述第一电极和所述第二电极之间,且其中,所述至少一个集成无源装置的所述电路电耦合到所述体声波谐振器。

2.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述至少一个集成无源装置包括玻璃集成无源装置。

3.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述至少一个集成无源装置包括椭圆滤波器。

4.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述至少一个集成无源装置包括高通滤波器或低通滤波器中的至少一个。

5.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述集成无源装置包括串联电容器。

6.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述集成无源装置包括分路LC振荡电路。

7.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述集成无源装置包括串联电容器和分路LC振荡电路。

8.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述集成无源装置包括用于电耦合到所述至少一个体声波谐振器的导电着陆垫。

9.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述至少一个体声波谐振器包括用于电耦合到所述集成无源装置的柱。

10.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,

其中,所述集成无源装置包括导电着陆垫;

其中,所述至少一个体声波谐振器包括与所述集成无源装置的所述导电着陆垫对准且电耦合到所述导电着陆垫的柱。

11.根据权利要求1所述的体声波辅助滤波器结构,其中,所述集成无源装置被配置成接收RF信号输入,且所述至少一个体声波谐振器在所述RF信号输入的下游的两个或更多个接合部处电耦合到所述集成无源装置。

12.一种制造体声波辅助滤波器结构的方法,包括:

将至少一个体声波谐振器堆叠在所述至少一个集成无源装置上方,所述体声波谐振器包括衬底、所述衬底上方的至少一个换能器,所述至少一个换能器包括第一电极、第二电极,以及所述第一电极和所述第二电极之间的压电层;以及

将所述至少一个体声波谐振器电耦合到所述至少一个集成无源装置的所述电路。

13.根据权利要求12所述的方法,其中,所述至少一个集成无源装置包括玻璃集成无源装置。

14.根据权利要求12所述的方法,其中,所述集成无源装置包括串联电容器。

15.根据权利要求12所述的方法,其中,所述集成无源装置包括分路LC振荡电路。

16.根据权利要求12所述的方法,其中,所述集成无源装置包括串联电容器和分路LC振荡电路。

17.根据权利要求12所述的方法,其中,所述集成无源装置包括用于电耦合到所述至少一个体声波谐振器的导电着陆垫。

18.根据权利要求12所述的方法,其中,所述至少一个体声波谐振器包括用于电耦合到所述集成无源装置的柱。

19.根据权利要求12所述的方法,

其中,所述集成无源装置包括导电着陆垫;

其中,所述至少一个体声波谐振器包括与所述集成无源装置的所述导电着陆垫对准且电耦合到所述导电着陆垫的柱。

20.根据权利要求12所述的方法,其中,所述集成无源装置被配置成接收RF信号输入,且所述至少一个体声波谐振器在所述RF信号输入的下游的两个或更多个接合部处电耦合到所述集成无源装置。

堆叠到集成无源装置上的体声波谐振器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种体声波(BAW)辅助滤波器结构,其具有堆叠到集成无源装置上的至少一个BAW谐振器以实现高频率处理。

背景技术

[0002] 声谐振器,且具体来说体声波(BAW)谐振器,在许多高频率通信应用中使用。确切地说,常常在滤波器网络中采用BAW谐振器,其在高于1.5GHz的频率下操作且需要平缓通带,在通带的上端和下端处具有格外陡的滤波器裙边和平方肩,且提供通带外部的极佳排斥。基于BAW的滤波器还具有相对低的插入损耗,其大小随着操作频率增加而趋向于减小,且在宽温度范围内相对稳定。如此,基于BAW的滤波器是许多第三代(3G)、第四代(4G)和第五代(5G)无线装置的首选滤波器。大部分这些无线装置支持同一无线装置上的蜂窝、无线保真(Wi-Fi)、蓝牙和/或近场通信,且因此,提出了极具挑战性的滤波需求。虽然这些需求不断地增加无线装置的复杂性,但始终需要改进BAW谐振器和基于BAW的滤波器的性能以及减小与其相关联的成本和大小。

[0003] 当前,基于BAW的滤波器难以在约6GHz以上对信号进行滤波。确切地说,通常,随着频率增加,损耗也增加。利用基于BAW的滤波器在高频率下滤波仍具有挑战性。

发明内容

[0004] 本公开的实施例是针对一种体声波(BAW)辅助滤波器结构,其具有堆叠到集成无源装置(IPD)上的BAW谐振器。在本文公开的示例性方面中,BAW滤波器结构包含换能器,其具有电极和所述电极之间的压电层。IPD电耦合到BAW谐振器且提供高频率的操作。在此配置中,BAW辅助滤波器结构具有低插入损耗且减缓归因于BAW谐振器堆叠到IPD上的电学紧密近程而导致的电气长度寄生损耗。此外,BAW辅助滤波器结构能够对高频率进行滤波,且提供改进的滤波器性能和滤波器转移函数的设计中的较大灵活性。

[0005] 本公开的一个实施例涉及一种体声波(BAW)辅助滤波器结构,其包含层压物。BAW辅助滤波器结构进一步包含在所述层压物上方的至少一个集成无源装置(IPD)。所述至少一个IPD包含电路。BAW辅助滤波器结构进一步包含在IPD上方的至少一个BAW谐振器,其包含衬底。所述至少一个BAW谐振器进一步包含在衬底上方的至少一个换能器。所述至少一个换能器包含第一电极、第二电极,以及第一电极和第二电极之间的压电层。所述至少一个IPD的电路电耦合到BAW谐振器。

[0006] 本公开的另一实施例涉及一种制造体声波(BAW)辅助滤波器结构的方法,其包含将至少一个集成无源装置(IPD)定位在层压物上方。所述方法进一步包含将至少一个BAW谐振器堆叠在所述至少一个IPD上方,所述BAW谐振器包括衬底、衬底上方的至少一个换能器。所述至少一个换能器包含第一电极、第二电极,以及第一电极和第二电极之间的压电层。所述方法进一步包含将所述至少一个BAW谐振器电耦合到所述至少一个IPD的电路。

[0007] 所属领域的技术人员在结合附图阅读优选实施例的以下详细描述之后将了解本

公开的范围并且认识到本公开的另外的方面。

附图说明

[0008] 附图并入在本说明书中并且形成本说明书的一部分，其示出了本公开的若干方面，并且与描述内容一起用以阐释本公开的原理。

[0009] 图1示出常规体声波(BAW)谐振器。

[0010] 图2是针对理想的BAW谐振器的基于频率响应的阻抗的量值和相位作为频率的函数的曲线图。

[0011] 图3A至图3C是各种BAW谐振器配置的相位响应的曲线图。

[0012] 图4示出具有界限环的常规BAW谐振器。

[0013] 图5A是常规梯形网络的示意图。

[0014] 图5B和图5C是图5A的常规梯形网络中的BAW谐振器的频率响应以及图5A的常规梯形网络的频率响应的曲线图。

[0015] 图6A至图6E是图5C中标出的频率点1、2、3、4和5处图5A的梯形网络的等效电路。

[0016] 图7是具有堆叠到集成无源装置(IPD)上的BAW谐振器的BAW辅助滤波器结构的横截面侧视图。

[0017] 图8是图7的BAW辅助滤波器结构的示例性实施例的透视图。

[0018] 图9是示出图7和图8的BAW辅助滤波器结构的BAW谐振器和IPD之间的电滤波器电路的分叉的电路图。

[0019] 图10是示出图7至图9的BAW辅助滤波器结构相比于无IPD的BAW滤波器结构的性能改进的曲线图。

[0020] 图11是用于制造图7至图10的BAW辅助滤波器结构的步骤的流程图。

具体实施方式

[0021] 下文阐述的实施例表示使所属领域的技术人员能够实践实施例的必要信息，并且说明实践实施例的最佳模式。在根据附图阅读以下描述时，所属领域的技术人员将理解本公开的概念并且将认识到本文中未特别提出的这些概念的应用。应理解，这些概念和应用落在本公开和所附权利要求书的范围内。

[0022] 应理解，尽管本文中可以使用术语第一、第二等来描述各种元件，但是这些元件不应受到这些术语的限制。这些术语仅用于将一个元件与另一元件相区分。举例来说，在不脱离本公开的范围的情况下，第一元件可以被称为第二元件，并且类似地，第二元件可以被称为第一元件。如本文所使用，术语“和/或”包含相关联列举项中的一个或多个的任何和所有组合。

[0023] 还应理解，当元件被称为“连接”或“耦合”到另一元件时，其可以直接地连接或耦合到所述另一元件，或者可以存在中间元件。相比之下，当元件被称为“直接地连接”或“直接地耦合”到另一元件时，不存在中间元件。

[0024] 应理解，尽管本文中可使用术语“上部”、“下部”、“底部”、“中间”、“中部”、“顶部”等来描述各个元件，但这些元件不应受这些术语限制。这些术语仅用于将一个元件与另一元件相区分。举例来说，在不脱离本公开的范围的情况下，第一元件可被称为“上部”元件，

且类似地，第二元件可被称为“上部”元件，这取决于这些元件的相对定向。

[0025] 本文所使用的术语仅出于描述特定实施例的目的并且不希望限制本公开。如本文中所使用，单数形式“一”、“一个”及“所述”意图也包含复数形式，除非上下文另外清楚地指示。应进一步理解，当在本文中使用时，术语“包括”和/或“包含”指定所陈述的特征、整体、步骤、操作、元件和/或组件的存在，但不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元件、组件和/或其群组的存在或添加。

[0026] 除非另外限定，否则本文所使用的所有术语(包含技术术语和科技术语)具有本公开所属领域的一般技术人员通常所理解的相同含义。应进一步理解，本文所使用的术语应被解释为具有与其在本说明书和相关领域的上下文中的含义一致的含义，并且除非本文中明确地如此定义，否则将不会在理想化的或过度正式的意义上进行解释。

[0027] 本公开的实施例是针对一种体声波(BAW)辅助滤波器结构，其具有堆叠到集成无源装置(IPD)上的BAW谐振器。在本文公开的示例性方面中，BAW滤波器结构包含换能器，其具有电极和所述电极之间的压电层。IPD电耦合到BAW谐振器且提供高频率的操作。在此配置中，BAW辅助滤波器结构具有低插入损耗且减缓归因于BAW谐振器堆叠到IPD上的电学紧密近程而导致的电气长度寄生损耗。此外，BAW辅助滤波器结构能够对高频率进行滤波，且提供改进的滤波器性能和滤波器转移函数的设计中的较大灵活性。

[0028] 在深入研究这些概念的细节之前，提供BAW谐振器和采用BAW谐振器的滤波器的概要。BAW谐振器在许多高频率滤波器应用中使用。图1中示出示例性BAW谐振器10。BAW谐振器10是牢固安装谐振器(solidly mounted resonator，SMR)型BAW谐振器10，且通常包含衬底12、安装在衬底12上方的反射体14，和安装在反射体14上方的换能器16。换能器16置于反射体14上且包含压电层18，所述压电层夹在顶部电极20和底部电极22之间。顶部电极和底部电极20、22可由钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt)或类似材料形成，且压电层18可由氮化铝(AlN)、氧化锌(ZnO)或其它适当的压电材料形成。尽管在图1中展示为包含单个层，但压电层18、顶部电极20和/或底部电极22可包含相同材料的多个层、其中至少两个层为不同材料的多个层，或其中每一层为不同材料的多个层。

[0029] BAW谐振器10划分成有源区24和外部区26。有源区24通常对应于BAW谐振器10的其中顶部电极和底部电极20、22重叠的区段，且还包含重叠的顶部电极和底部电极20、22下方的层。外部区26对应于BAW谐振器10的环绕有源区24的区段。

[0030] 对于BAW谐振器10，跨顶部电极20和底部电极22施加电信号激励压电层18中的声波。这些声波主要竖直地传播。BAW谐振器设计中的主要目标是将这些竖直传播的声波约束在换能器16中。向上行进的声波通过顶部电极20的顶部表面处的空气-金属边界而反射回到换能器16中。向下行进的声波通过反射体14或通过空气腔室反射回到换能器16中，所述空气腔室刚好设置在膜BAW谐振器(FBAR)中的换能器下方。

[0031] 反射体14通常由反射体层(RL)28A到28E的堆叠(大体称为反射体层28)形成，所述反射体层的材料组成交替以在邻近反射体层28的接合部处产生显著的反射系数。通常，反射体层28A到28E在例如钨(W)和二氧化硅(SiO2)等具有高和低声阻抗的材料之间交替。虽然图1中示出仅五个反射体层28A到28E，但反射体层28的数目和反射体14的结构将在设计之间变化。

[0032] 图2中提供针对相对理想的BAW谐振器10的电阻抗的量值(Z)和相位(Φ)作为频率

(GHz)的函数。电阻抗的量值(Z)由实线示出,而电阻抗的相位(Φ)由虚线示出。BAW谐振器10的独特特征是,其具有谐振频率和反谐振频率两者。谐振频率通常被称作串联谐振频率(fs),且反谐振频率通常被称作并联谐振频率(fp)。当BAW谐振器10的阻抗或电抗的量值接近零时,发生串联谐振频率(fs)。当BAW谐振器10的阻抗或电抗的量值在显著高水平下达到峰值时,发生并联谐振频率(fp)。一般来说,串联谐振频率(fs)是压电层18的厚度以及底部电极和顶部电极20、22的质量的函数。

[0033] 对于相位,BAW谐振器10充当电感,其提供串联谐振频率(fs)和并联谐振频率(fp)之间的90°相移。相比之下,BAW谐振器10充当电容,其提供串联谐振频率(fs)下方和并联谐振频率(fp)上方的-90°相移。BAW谐振器10在串联谐振频率(fs)下呈现极低的接近零的电阻,且在并联谐振频率(fp)下呈现极高的电阻。BAW谐振器10的电性质适于实现相对短频率范围内的极高质量因数(Q)电感,这已经被证明在高频率滤波器网络中是非常有益的,尤其是在约1.8GHz和1.8GHz以上的频率下操作的高频率滤波器网络。

[0034] 令人遗憾的是,图2的相位(Φ)曲线表示理想相位曲线。实际上,接近此理想具有挑战性。图1的BAW谐振器10的典型相位曲线在图3A中示出。代替于平滑曲线,图3A的相位曲线包含串联谐振频率(fs)下方、串联谐振频率(fs)和并联谐振频率(fp)之间,以及并联谐振频率(fp)上方的纹波。纹波是杂散模的结果,杂散模是由相应频率中发生的杂散谐振所导致的。虽然BAW谐振器10中的声波的绝大部分竖直地传播,但换能器16周围的各种边界条件导致横向(水平)声波传播,这被称作横向驻波。这些横向驻波的存在减小与BAW谐振器10相关联的潜在质量因数(Q)。

[0035] 如图4中所示出,界限(BO)环30形成于顶部电极20上或内以抑制某些杂散模。被BO环30抑制的杂散模是串联谐振频率(fs)上方的杂散模,如由图3B的相位曲线中的圆圈A和B突出显示。圆圈A展示驻留在串联谐振频率(fs)和并联谐振频率(fp)之间的相位曲线的通带中的纹波及因此杂散模的抑制。圆圈B展示并联谐振频率(fp)上方的纹波及因此杂散模的抑制。值得注意的是,刚好在并联谐振频率(fp)下方的通带的上肩中的杂散模和通带上方的杂散模被抑制,如串联谐振频率(fs)和并联谐振频率(fp)之间以及并联谐振频率(fp)上方的平滑或大体上无纹波相位曲线所证明。

[0036] BO环30对应于在有源区24的周边附近延伸的顶部电极20的部分的质量负载。BO环30可对应于顶部电极20的加厚部分或适当材料的额外层在顶部电极20上方的施加。BAW谐振器10的包含BO环30且驻留在BO环30下方的部分被称作BO区32。相应地,BO区32对应于有源区24的外部周界部分且驻留在有源区24内部。

[0037] 虽然BO环30有效地抑制串联谐振频率(fs)上方的杂散模,但BO环30对串联谐振频率(fs)下方的杂散模具有极少影响或无影响,如图3B中所展示。被称作变迹法(apodization)的技术常常用于抑制降到串联谐振频率(fs)以下的杂散模。

[0038] 变迹法用以避免或至少显著减少BAW谐振器10中或至少其换能器16中的任何横向对称性。横向对称性对应于换能器16的覆盖面积,且避免横向对称性对应于避免与覆盖面积的侧部相关联的对称性。举例来说,可挑选对应于五边形而非正方形或矩形的覆盖面积。避免对称性帮助减少横向驻波在换能器16中的存在。图3C的圆圈C示出变迹法的效果,其中串联谐振频率(fs)下方的杂散模得到抑制。假定不提供BO环30,图3C中可容易地看到,变迹法未能抑制串联谐振频率(fs)上方的那些杂散模。如此,典型的BAW谐振器10采用变迹法和

BO环30两者。

[0039] 如上所述，BAW谐振器10常常用于在高频率下操作且需要高Q值的滤波器网络中。图5A中示出基本梯形网络40。梯形网络40包含两个串联谐振器B_{SER}和两个分路谐振器B_{SH}，其布置于传统梯形配置中。通常，串联谐振器B_{SER}具有相同或类似的第一频率响应，且分路谐振器B_{SH}具有相同或类似的第二频率响应，所述第二频率响应不同于所述第一频率响应，如图5B中所展示。在许多应用中，分路谐振器B_{SH}是串联谐振器B_{SER}的失谐型式。因此，串联谐振器B_{SER}和分路谐振器B_{SH}的频率响应通常非常类似但相对于彼此移位，使得分路谐振器的并联谐振频率($f_{P,SH}$)近似于串联谐振器B_{SER}的串联谐振频率($f_{S,SER}$)。应注意，分路谐振器B_{SH}的串联谐振频率($f_{S,SH}$)小于串联谐振器B_{SER}的串联谐振频率($f_{S,SER}$)。分路谐振器B_{SH}的并联谐振频率($f_{P,SH}$)小于串联谐振器B_{SER}的并联谐振频率($f_{P,SER}$)。

[0040] 图5C与图5B相关联且示出梯形网络40的响应。分路谐振器B_{SH}的串联谐振频率($f_{S,SH}$)对应于通带的裙边的低侧(相位2)，且串联谐振器B_{SER}的并联谐振频率($f_{P,SER}$)对应于通带的裙边的高侧(相位4)。大体上对准的串联谐振器B_{SER}的串联谐振频率($f_{S,SER}$)和分路谐振器B_{SH}的并联谐振频率($f_{P,SH}$)落在通带内。

[0041] 图6A到图6E提供梯形网络40的响应的五个相位的等效电路。在第一相位(相位1，图5C、图6A)期间，梯形网络40用以使输入信号衰减。随着接近分路谐振器B_{SH}的串联谐振频率($f_{S,SH}$)，分路谐振器B_{SH}的阻抗突然地下降，使得分路谐振器B_{SH}基本上在分路谐振器的串联谐振频率($f_{S,SH}$)下提供到接地的短路(相位2，图5C、图6B)。在分路谐振器B_{SH}的串联谐振频率($f_{S,SH}$)下(相位2)，基本上从梯形网络40的输出阻挡输入信号。

[0042] 在分路谐振器B_{SH}的串联谐振频率($f_{S,SH}$)和串联谐振器B_{SER}的并联谐振频率($f_{P,SER}$)之间，这对应于通带，输入信号以相对极少衰减或无衰减传递到输出(相位3，图5C、图6C)。在通带内，串联谐振器B_{SER}展现相对低的阻抗，而分路谐振器B_{SH}展现相对高的阻抗，其中二者的组合产生平缓通带，具有陡的低侧和高侧裙边。随着接近串联谐振器B_{SER}的并联谐振频率($f_{P,SER}$)，串联谐振器B_{SER}的阻抗变得极高，使得串联谐振器B_{SER}基本上在串联谐振器的并联谐振频率($f_{P,SER}$)下本身展现为开口(相位4，图5C、图6D)。在串联谐振器B_{SER}的并联谐振频率($f_{P,SER}$)下(相位4)，再次基本上从梯形网络40的输出阻挡输入信号。在最后相位(相位5，图5C、图6E)期间，梯形网络40用以以与相位1中所提供类似的方式使输入信号衰减。随着通过串联谐振器B_{SER}的并联谐振频率($f_{P,SER}$)，串联谐振器B_{SER}的阻抗减小，且分路谐振器B_{SH}的阻抗正规化。因此，梯形网络40用以提供分路谐振器B_{SH}的串联谐振频率($f_{S,SH}$)和串联谐振器B_{SER}的并联谐振频率($f_{P,SER}$)之间的高Q通带。梯形网络40在分路谐振器B_{SH}的串联谐振频率($f_{S,SH}$)和串联谐振器的并联谐振频率($f_{P,SER}$)两者下提供极高衰减。梯形网络40提供分路谐振器B_{SH}的串联谐振频率($f_{S,SH}$)下方和串联谐振器B_{SER}的并联谐振频率($f_{P,SER}$)上方的良好衰减。

[0043] 已经提供了BAW谐振器和采用BAW谐振器的滤波器的概要，图7至图11论述BAW辅助滤波器结构的细节。

[0044] 图7是具有堆叠到集成无源装置(IPD)54上的BAW滤波器结构52(也可被称作BAW裸片)的BAW辅助滤波器结构50的横截面侧视图。BAW滤波器结构52包含一个或多个BAW谐振器10(见图1)。确切地说，BAW辅助滤波器结构50包含基础层56、基础层56上方的IPD 54，和IPD 54上方的BAW谐振器52。在某些实施例中，基础层56包含层压物(例如，射频(RF)层压物)或

印刷电路板(PCB)。此外,在某些实施例中,BAW辅助滤波器结构包含覆盖BAW滤波器结构52、IPD 54和/或基础层56的至少一部分的覆盖件58(例如,塑料覆盖件)。

[0045] 如上所述,BAW滤波器结构52的每一BAW谐振器10包含衬底12和衬底12上方的换能器16。换能器16包含顶部电极20、底部电极22,以及顶部电极20和底部电极22之间的压电层18。BAW滤波器结构52的BAW谐振器10可共享共同衬底12、顶部电极20、底部电极22和/或压电层18。此外,BAW滤波器结构52包含用于电耦合到IPD 54的导电柱60。在某些实施例中,BAW滤波器结构52包含BAW牢固安装谐振器(SMR)。在某些实施例中,BAW滤波器结构52制造于包含硅载体晶片的裸片上,具有多个BAW谐振器10(例如,BAW-SMR谐振器),其中所述裸片进一步包含导电柱60(例如,铜柱)。

[0046] IPD 54包含电耦合到BAW滤波器结构52的电路。在某些实施例中,IPD 54包含被配置成电耦合到BAW滤波器结构52的导电着陆垫62(也可被称作导电通孔)。确切地说,IPD 54的导电着陆垫62(例如,铜着陆垫)与BAW滤波器结构52的导电柱60对准且接触(例如,焊料接合)。在某些实施例中,IPD 54包含玻璃IPD;然而,可使用其它高Q材料。在某些实施例中,IPD 54包含制造于感光成孔(photo defined)且可蚀刻玻璃的裸片上的LC元件(电感器和电容器元件)。

[0047] 在某些实施例中,BAW滤波器结构52倒装到IPD 54上以形成堆叠裸片64。可容易地接达BAW滤波器结构52(例如,其BAW谐振器10)和/或IPD 54的内部电节点,从而允许滤波器拓扑的灵活性。堆叠裸片64可接着焊接(也可被称作焊料接合)到基础层56,例如层压物(例如,射频(RF)层压物)或印刷电路板(PCB)。

[0048] BAW滤波器结构52和IPD 54的堆叠裸片64能够应付比BAW谐振器10原本本身能够应付的频率更高的频率(例如,6GHz以上)。确切地说,将BAW滤波器结构52堆叠到IPD 54上减少从BAW滤波器结构52到IPD 54的传输线,这增加了Q。相应地,BAW辅助滤波器结构50能够在高Q下对高频率进行滤波。在某些实施例中,堆叠裸片64(例如,BAW滤波器结构52和/或IPD 54)包含椭圆滤波器。椭圆滤波器是具有通带和阻带两者中的均衡纹波行为的信号处理滤波器。每一带区中纹波的量可独立地调整。在某些实施例中,IPD 54为通带滤波器,包含高通滤波器或低通滤波器(例如,高通椭圆滤波器、低通椭圆滤波器等)。

[0049] 图8是图7的BAW辅助滤波器结构的示例性实施例的透视图。确切地说,如上文所论述,BAW滤波器结构52堆叠到IPD 54上以形成堆叠裸片64。如上所述,BAW滤波器结构52包含与IPD 54的导电着陆垫62(见图7)对准且电耦合到所述导电着陆垫的导电柱60(见图7)。IPD 54被配置成接收RF信号输入66(例如,在输入平面波导处)且发送RF信号输出68(例如,在输出平面波导处)。BAW滤波器结构52在RF信号输入66的下游(RF信号输入66和RF信号输出68之间)的两个或更多个接合部70(1)-70(3)处电耦合到IPD 54。确切地说,BAW滤波器结构52包含分别在接合部70(1)-70(3)中的每一个处电耦合的BAW谐振器10(1)-10(3)。

[0050] 在某些实施例中,BAW滤波器结构52的BAW谐振器10(1)-10(3)是与分路LC振荡电路72(1)、72(2)(包含电感器和电容器)电连通的分路BAW谐振器10(1)-10(3)。BAW谐振器10(1)-10(3)各自分别形成BAW谐振器分支74(1)-74(3)。分路BAW谐振器10(1)-10(3)和/或分路LC振荡电路72(1)、72(2)被配置成创建电流的低电阻路径。

[0051] IPD包含BAW谐振器分支74(1)-74(3)中的每一个之间的串联电容器76(1)-76(4)(例如,高Q电容器)。串联电容器76(1)-76(4)耦合RF输入66和RF输出68之间的能量。

[0052] 在某些实施例中，IPD 54包含通孔(例如，穿过玻璃的通孔)，其使得RF信号能够从IPD 54的顶部传播到IPD 54的底部。此外，通孔为电感器传导热量和/或提供高Q。

[0053] 图9是示出图7和图8的BAW辅助滤波器结构50BAW滤波器结构52和IPD 54之间的电滤波器电路的分叉的电路图。

[0054] 如上所述，BAW滤波器结构52堆叠到IPD 54上以形成堆叠裸片64。IPD 54被配置成接收RF信号输入66，且BAW滤波器结构52在RF信号输入66的下游的三个接合部70(1)-70(3)处电耦合到IPD 54。换句话说，导电着陆垫62(见图7)到柱60(见图7)的耦合位于接合部70(1)-70(3)中的每一个处。此外，BAW滤波器结构52的BAW谐振器10是与设置在IPD 54中的分路LC振荡电路72(1)、72(2)(包含电感器和电容器)电连通的分路BAW谐振器。IPD 54包含BAW谐振器分支74(1)-74(3)中的每一个之间的串联电容器76(1)-76(4)。

[0055] 所得信号路径涉及输入RF信号66传播到第一接合部70(1)，其中第一信号部分传播穿过第一BAW谐振器分支74(1)到接地，且剩余主信号部分传播穿过第一串联电容器76(1)。第二信号部分接着传播穿过第一分路LC振荡电路72(1)，且剩余主信号部分传播穿过第二串联电容器76(2)。第三信号部分接着传播穿过第二BAW谐振器分支74(2)到接地，且剩余主信号部分传播穿过第三串联电容器76(3)。第四信号部分接着传播穿过第二分路LC振荡电路72(2)，且剩余主信号部分传播穿过第四串联电容器76(4)。第五信号部分接着传播穿过第三BAW谐振器分支74(3)到接地，且剩余主信号部分作为输出RF信号68传播。

[0056] 因此，BAW辅助滤波器结构具有低插入损耗。确切地说，玻璃IPD 54的高Q电感器和电容器结构可在设计中利用且有效地分布于滤波器网络的内部节点中且归因于堆叠而在电学上紧密接近高Q BAW谐振器10。BAW辅助滤波器结构具有高频率的操作。确切地说，玻璃IPD 54和三维电感器结构的高自谐振(SRF)特性可在设计拓扑中利用，从而产生高频率滤波器(例如，6GHz以上)。

[0057] BAW辅助滤波器结构50具有转移函数有用性。确切地说，已借助于裸片堆叠和短互连长度实现电气长度寄生缓解。RF接地和RF接地耦合在其中互连的电气长度显著影响滤波器RF转移函数的高频率方案中变为主导。

[0058] BAW辅助滤波器结构52提供灵活的滤波器拓扑，因为裸片堆叠允许滤波器转移函数的设计中的较大灵活性。BAW滤波器结构实现高通和低通准椭圆形滤波器拓扑和较宽的可实现的带宽。这相比于BAW谐振器的其它带通梯形结构的带宽局限性是一个优点，在BAW谐振器的其它带通梯形结构中，存在声谐振器固有的固定阻抗特性，其中分路和串联谐振依据声耦合因数(k2eff)而固定。

[0059] 图10是示出图7至图9的BAW辅助滤波器结构相比于无IPD的BAW滤波器结构的性能改进的曲线图。确切地说，曲线图示出转移函数，其说明BAW滤波器结构78相对于类似阶次LC高通滤波器80的宽带宽和高频率操作。如所示出，BAW辅助滤波器结构提供具有较宽带宽的更陡裙边。在某些实施例中，BAW辅助滤波器结构具有15-25％之间的分数带宽。在某些实施例中，分数带宽在18-22％之间。在某些实施例中，分数带宽为约21％。BAW辅助滤波器结构提供低损耗和较陡过渡。

[0060] 图11是用于制造图7至图10的BAW辅助滤波器结构的步骤的流程图。步骤1100包含将至少一个BAW谐振器堆叠在IPD上方。BAW谐振器包含衬底、至少一个换能器，所述至少一个换能器包括第一电极、第二电极，以及第一电极和第二电极之间的压电层。步骤1102包含

将所述至少一个BAW谐振器电耦合到IPD。

[0061] 在某些实施例中,所述至少一个IPD包含玻璃IPD。在某些实施例中,IPD包含串联电容器。在某些实施例中,IPD包含分路LC振荡电路。在某些实施例中,IPD包含串联电容器和分路LC振荡电路。在某些实施例中,IPD包含用于电耦合到所述至少一个BAW谐振器的导电着陆垫。在某些实施例中,所述至少一个BAW谐振器包括用于电耦合到IPD的柱。在某些实施例中,IPD包括导电着陆垫,且所述至少一个BAW谐振器包含与IPD的导电着陆垫对准且电耦合到所述导电着陆垫的柱。在某些实施例中,IPD被配置成接收RF信号输入,且所述至少一个BAW谐振器在RF信号输入的下游的两个或更多个接合部处电耦合到IPD。

[0062] 所属领域的技术人员将认识到对本公开的优选实施例的改进和修改。所有此类改进和修改都认为是在本文公开的概念和所附权利要求书的范围内。

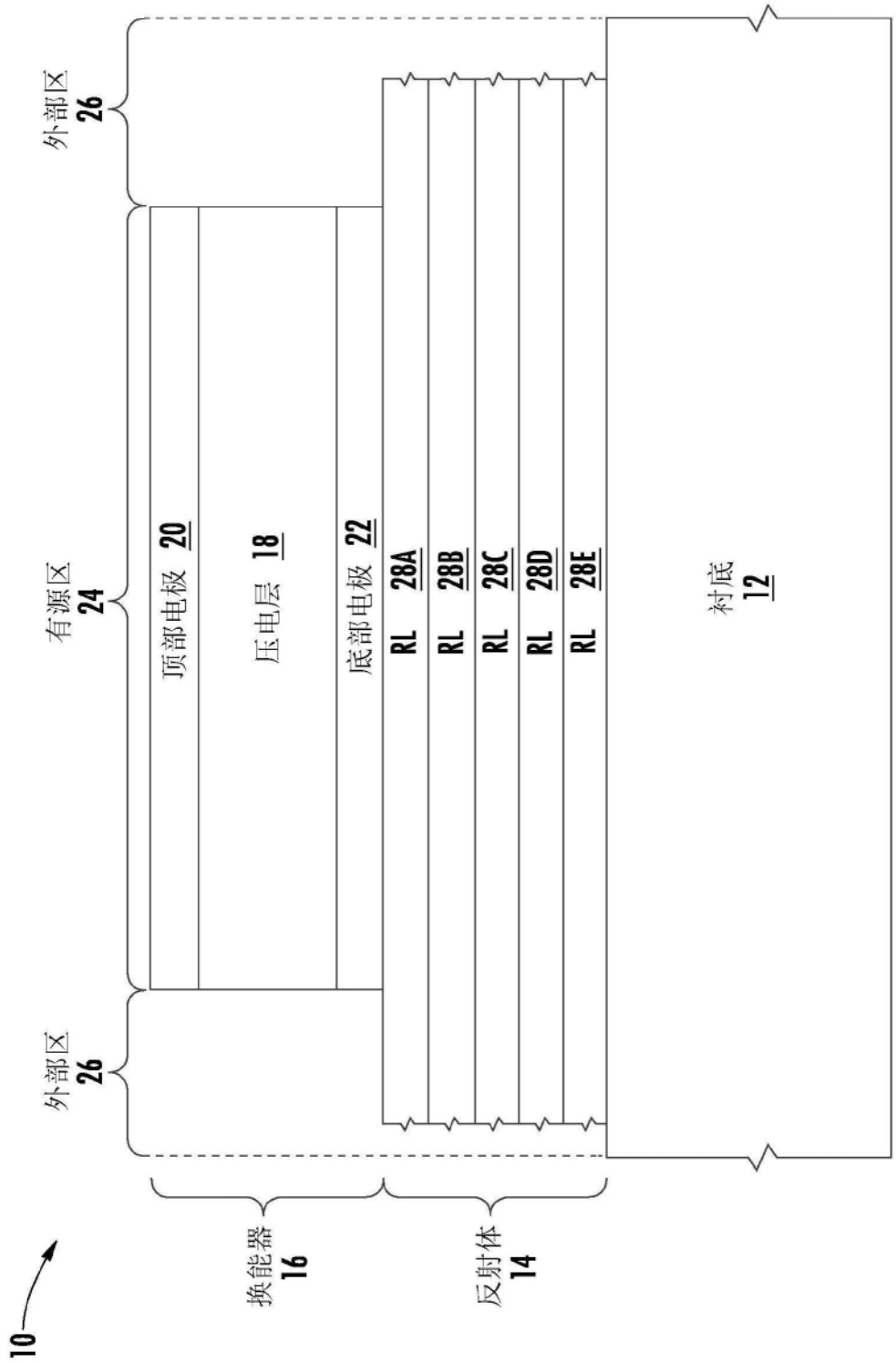

外部区
26
有源区
24
外部区
26
顶部电极 20
压电层 18
底部电极 22
RL 28A
RL 28B
RL 28C
RL 28D
RL 28E
衬底
12
换能器
16
反射体
14
10

图1

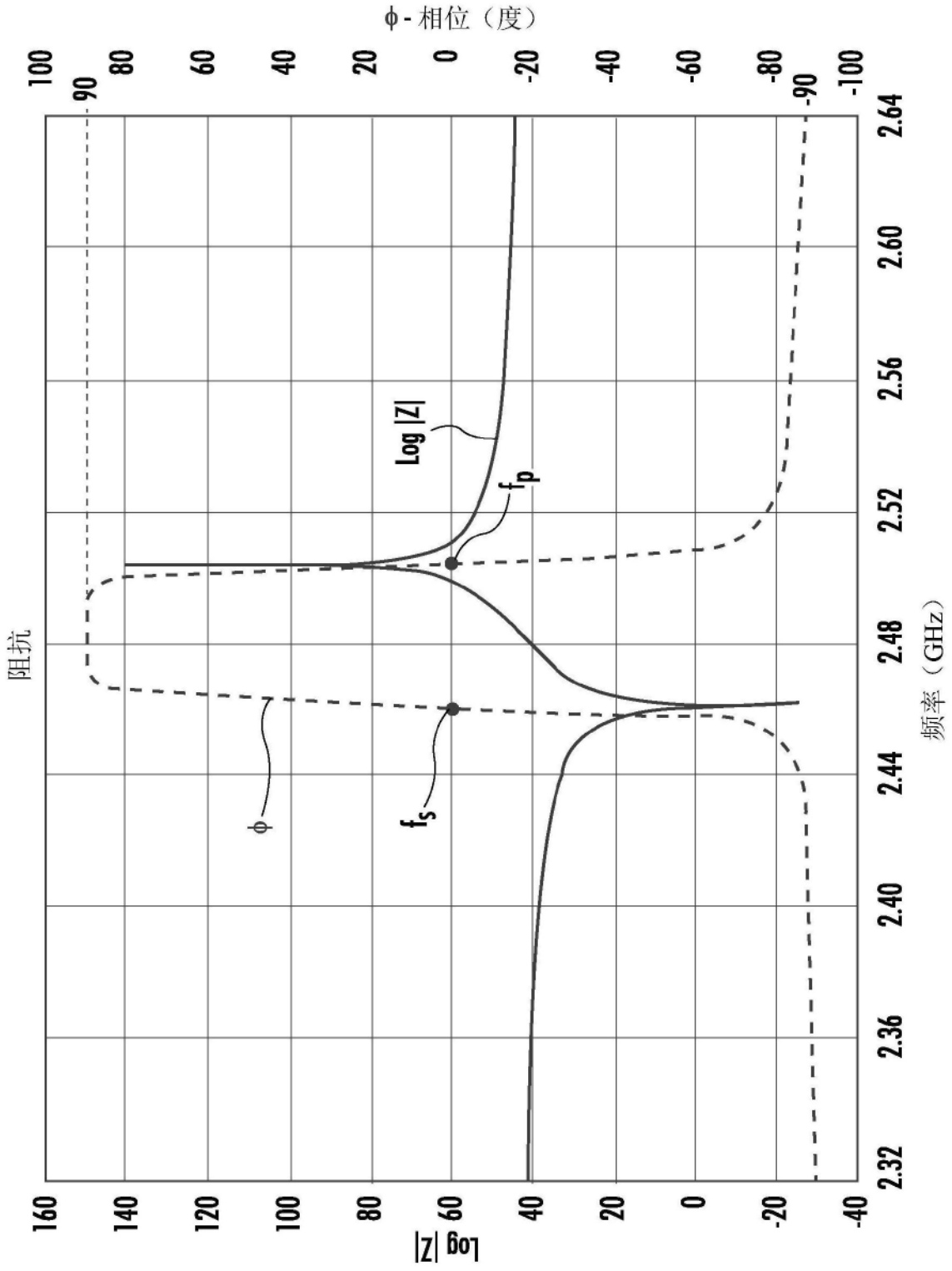

ϕ - 相位（度）
100
90
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
-90
-100
Log |Z|
f_p
f_s
ϕ
阻抗
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
Log |Z|
2.64
2.60
2.56
2.52
2.48
2.44
2.40
2.36
2.32
频率（GHz）

图2

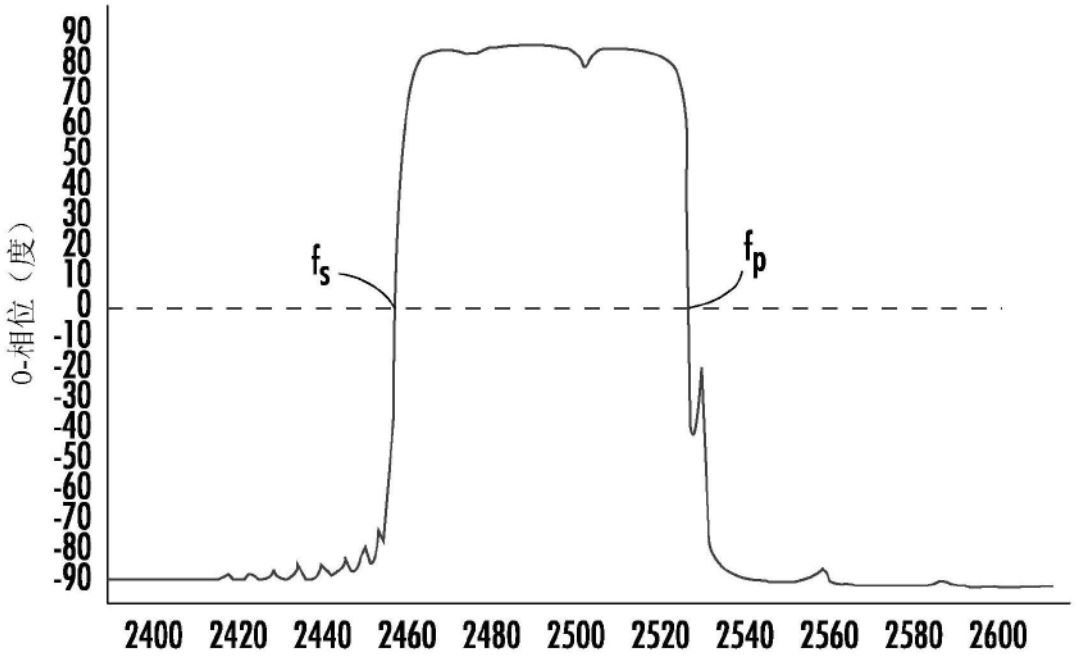

0-相位（度）
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
f_s
f_p
2400
2420
2440
2460
2480
2500
2520
2540
2560
2580
2600

图3A

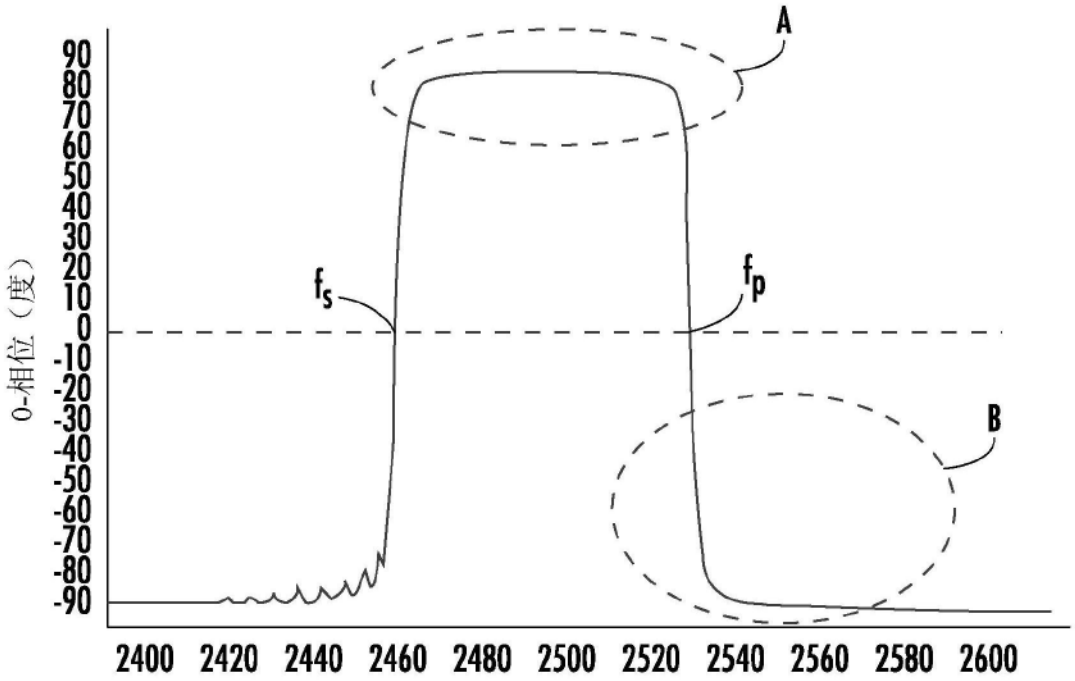

A
B
0-相位（度）
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
f_s
f_p
2400
2420
2440
2460
2480
2500
2520
2540
2560
2580
2600

图3B

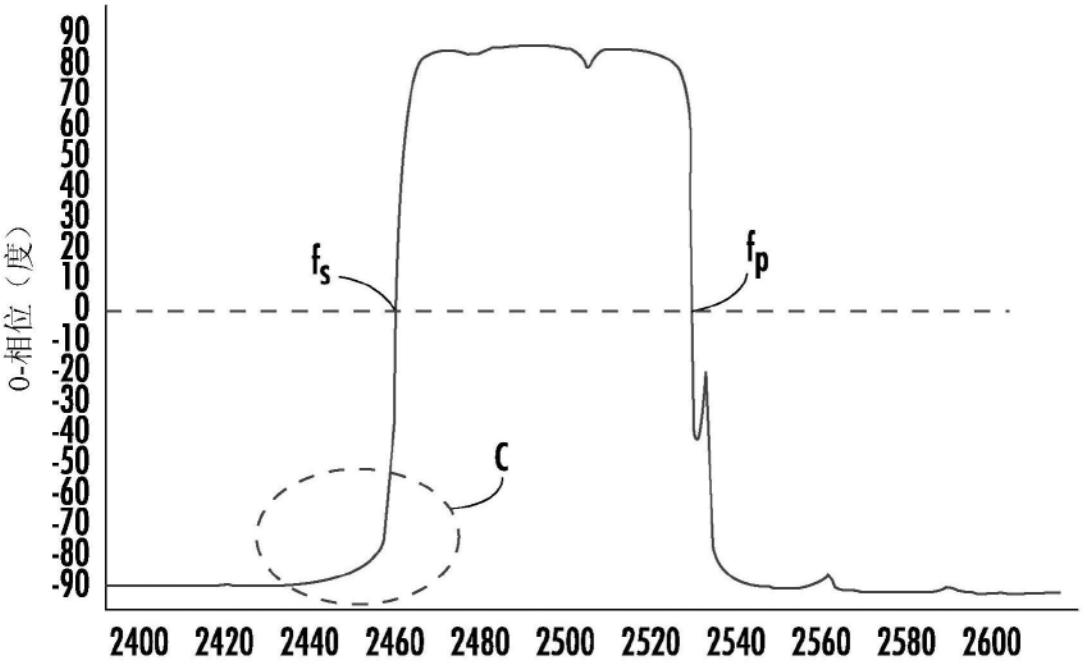

0-相位（度）
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
f_s
f_p
C
2400
2420
2440
2460
2480
2500
2520
2540
2560
2580
2600

图3C

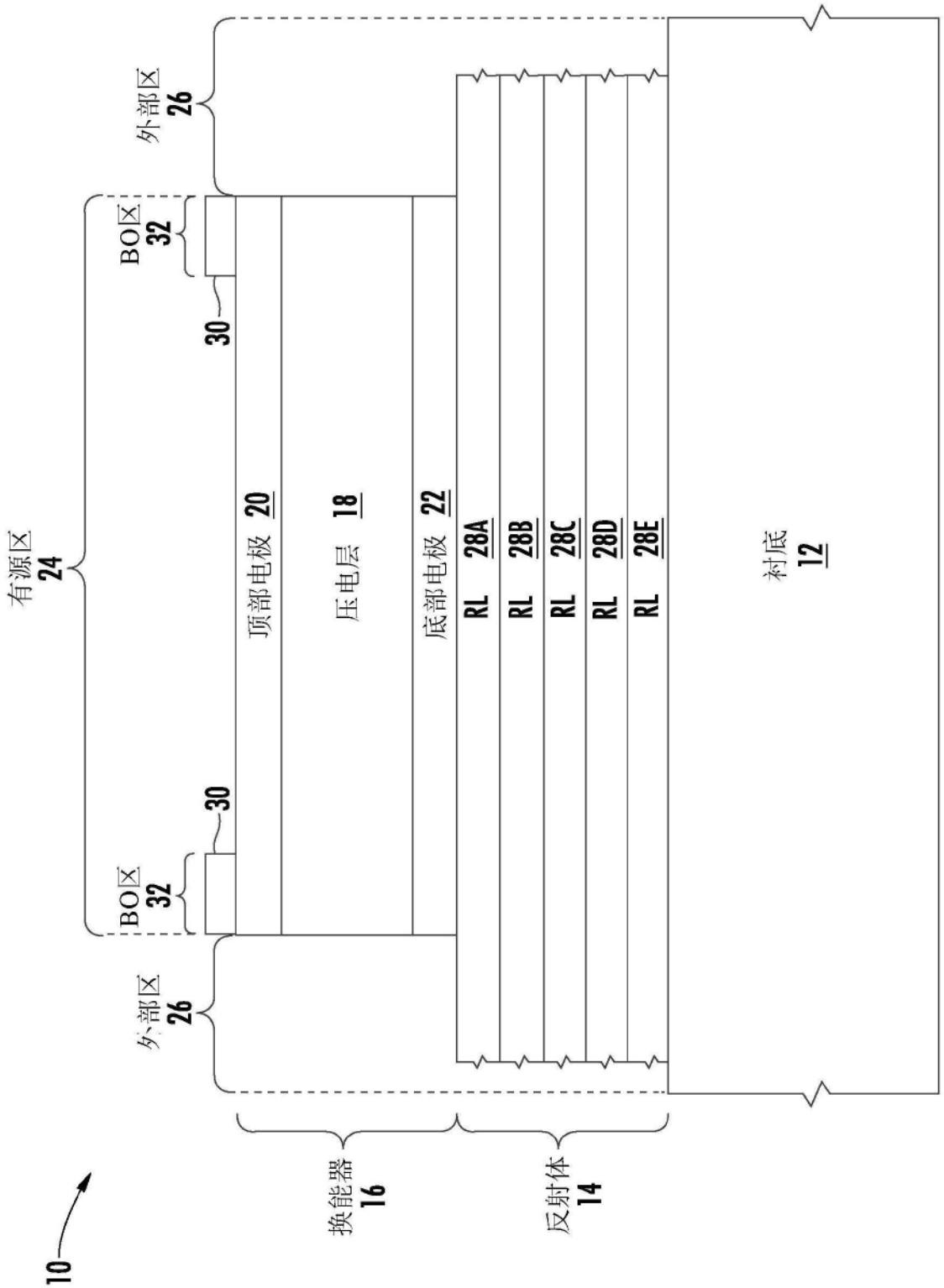

外部区
26
BO区
32
30
有源区
24
顶部电极 20
压电层 18
底部电极 22
RL 28A
RL 28B
RL 28C
RL 28D
RL 28E
衬底
12
BO区
32
30
外部区
26
换能器
16
反射体
14
10

图4

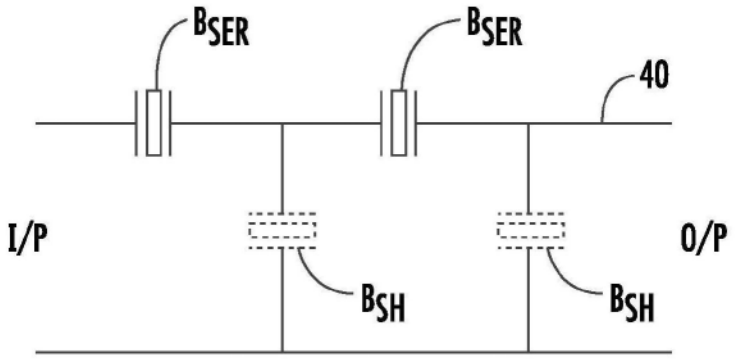

BSER
BSER
40
I/P
O/P
BSH
BSH

图5A

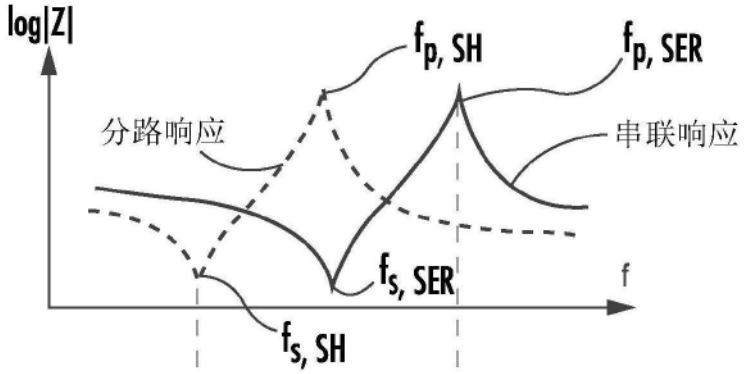

log|Z|
fp, SH
fp, SER
分路响应
串联响应
fs, SER
f
fs, SH

图5B

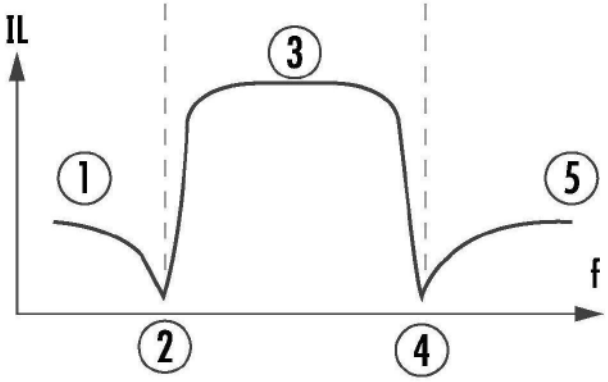

IL
3
1
5
f
2
4

图5C

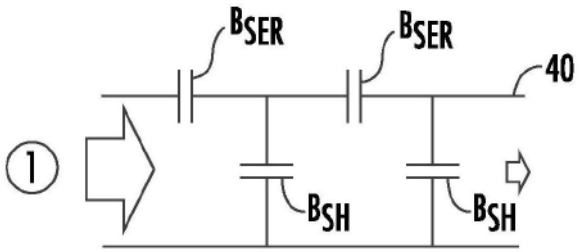


图6A

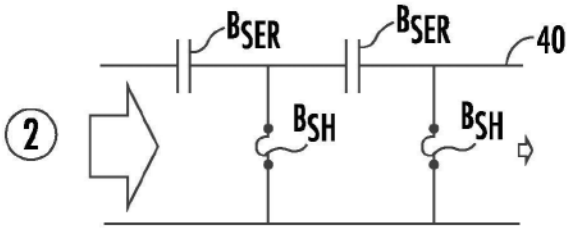


图6B

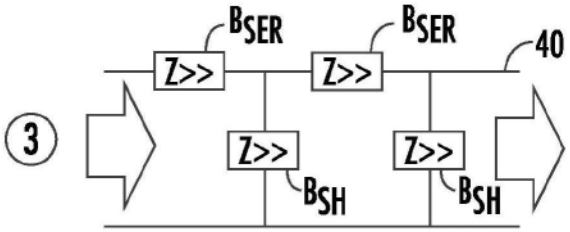


图6C

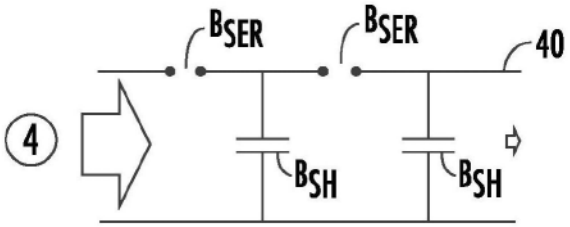


图6D

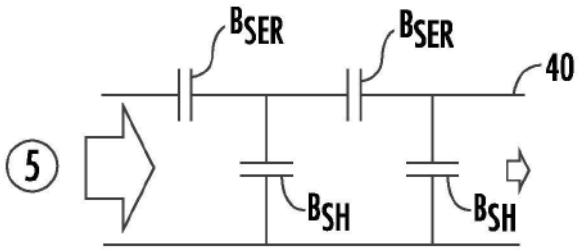


图6E

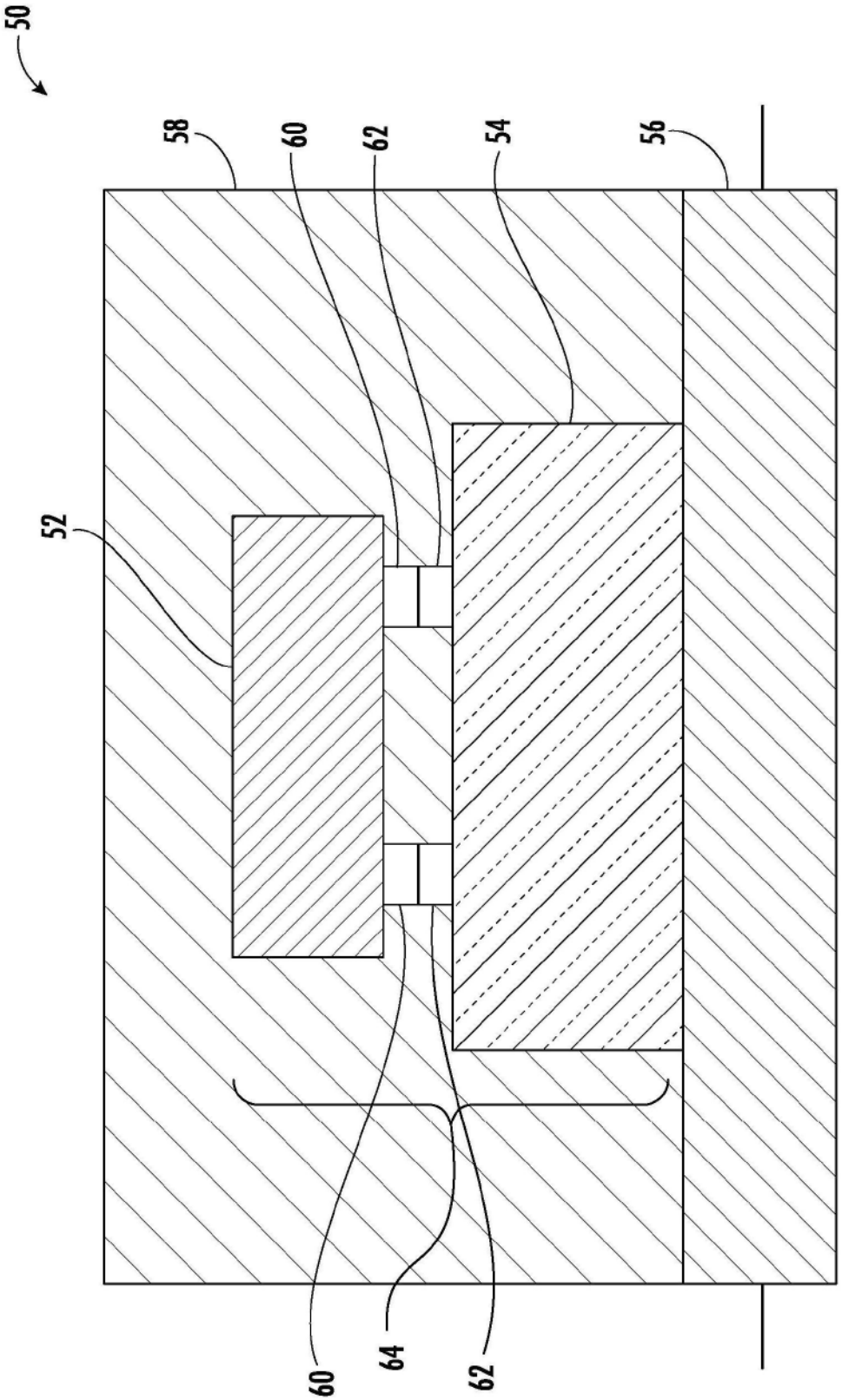


图7

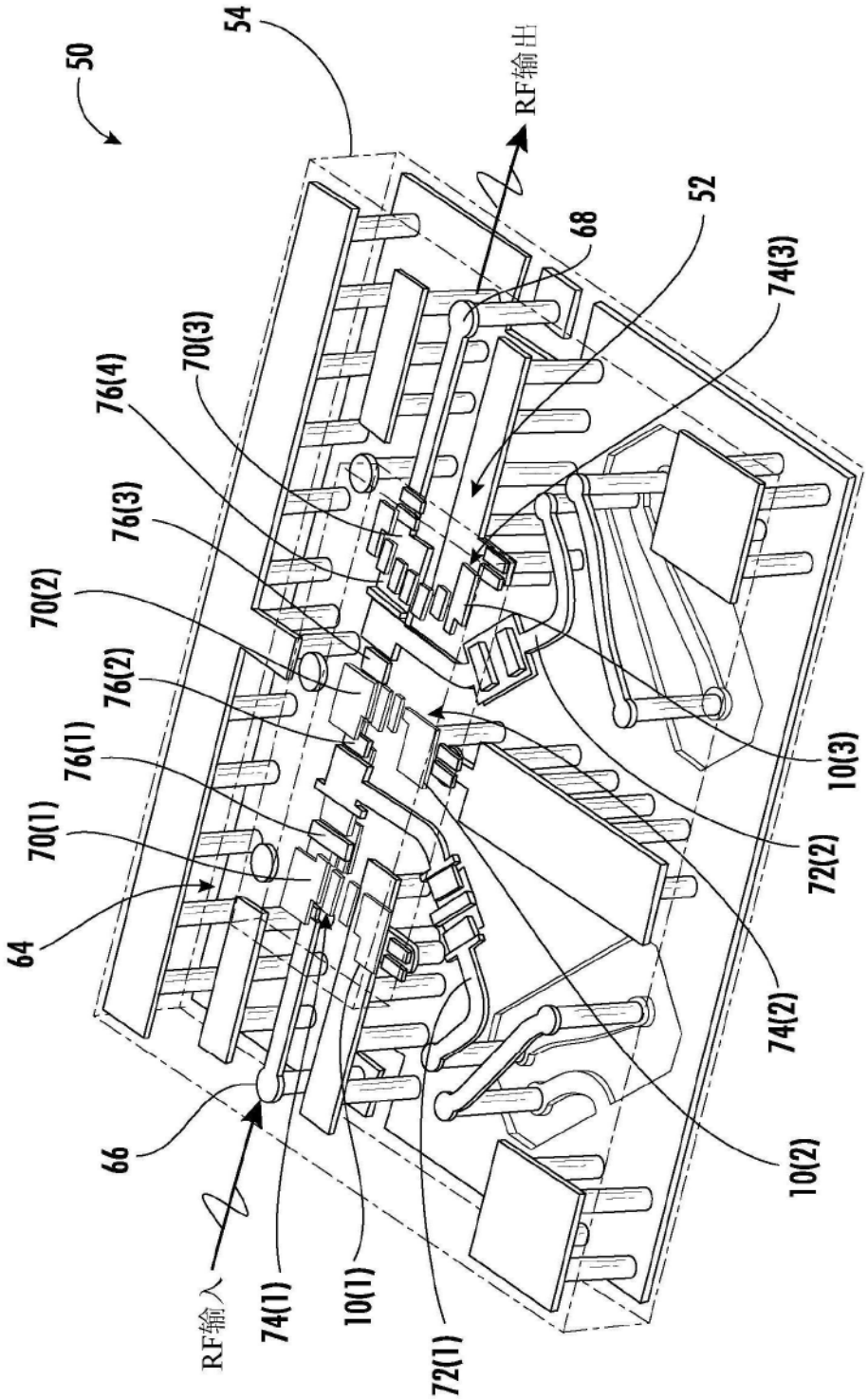

50
54
RF输出
68
52
74(3)
70(3)
76(4)
76(3)
70(2)
76(2)
76(1)
70(1)
64
66
RF输入
74(1)
10(1)
72(1)
10(2)
74(2)
72(2)
10(3)

图8

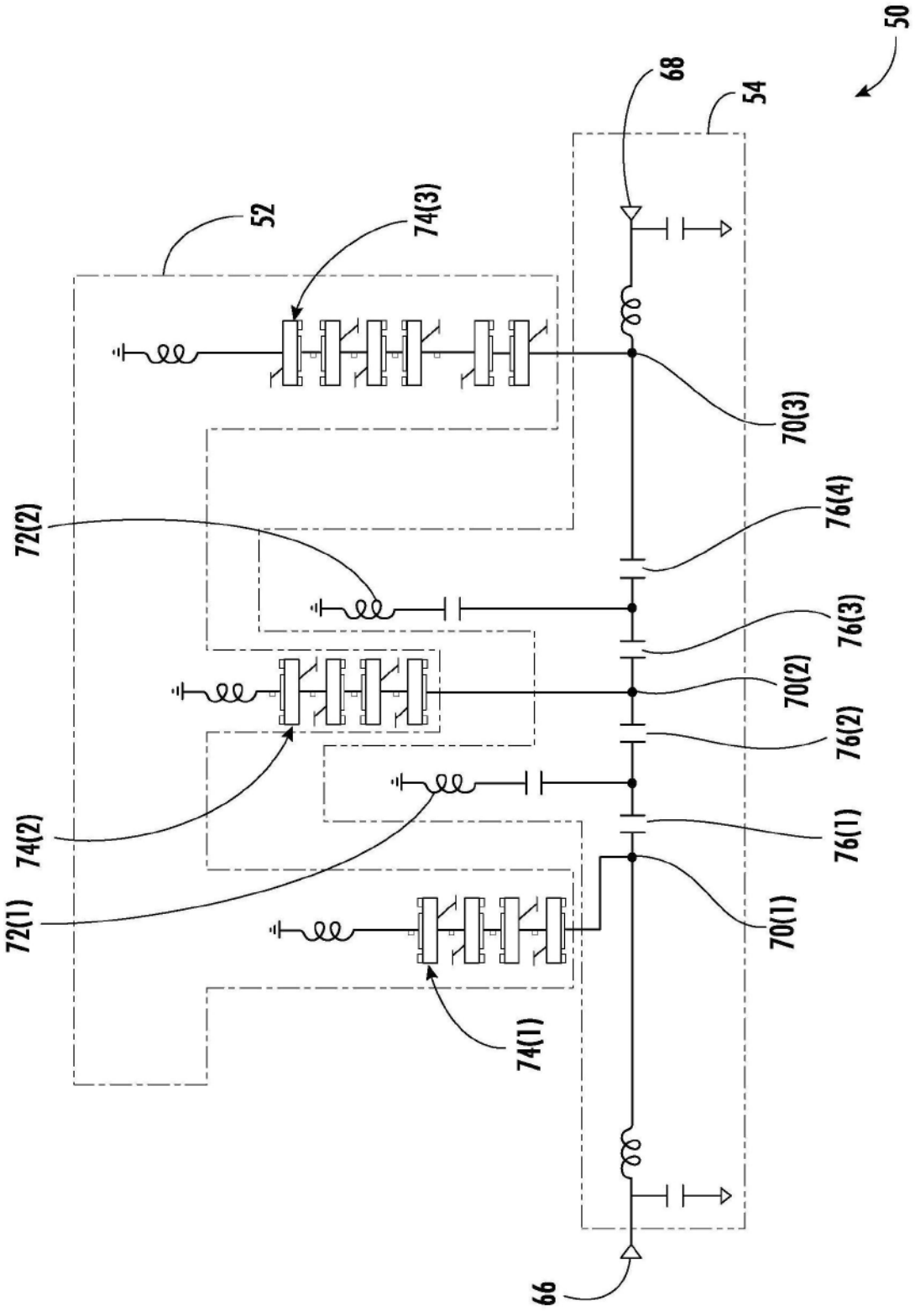


图9

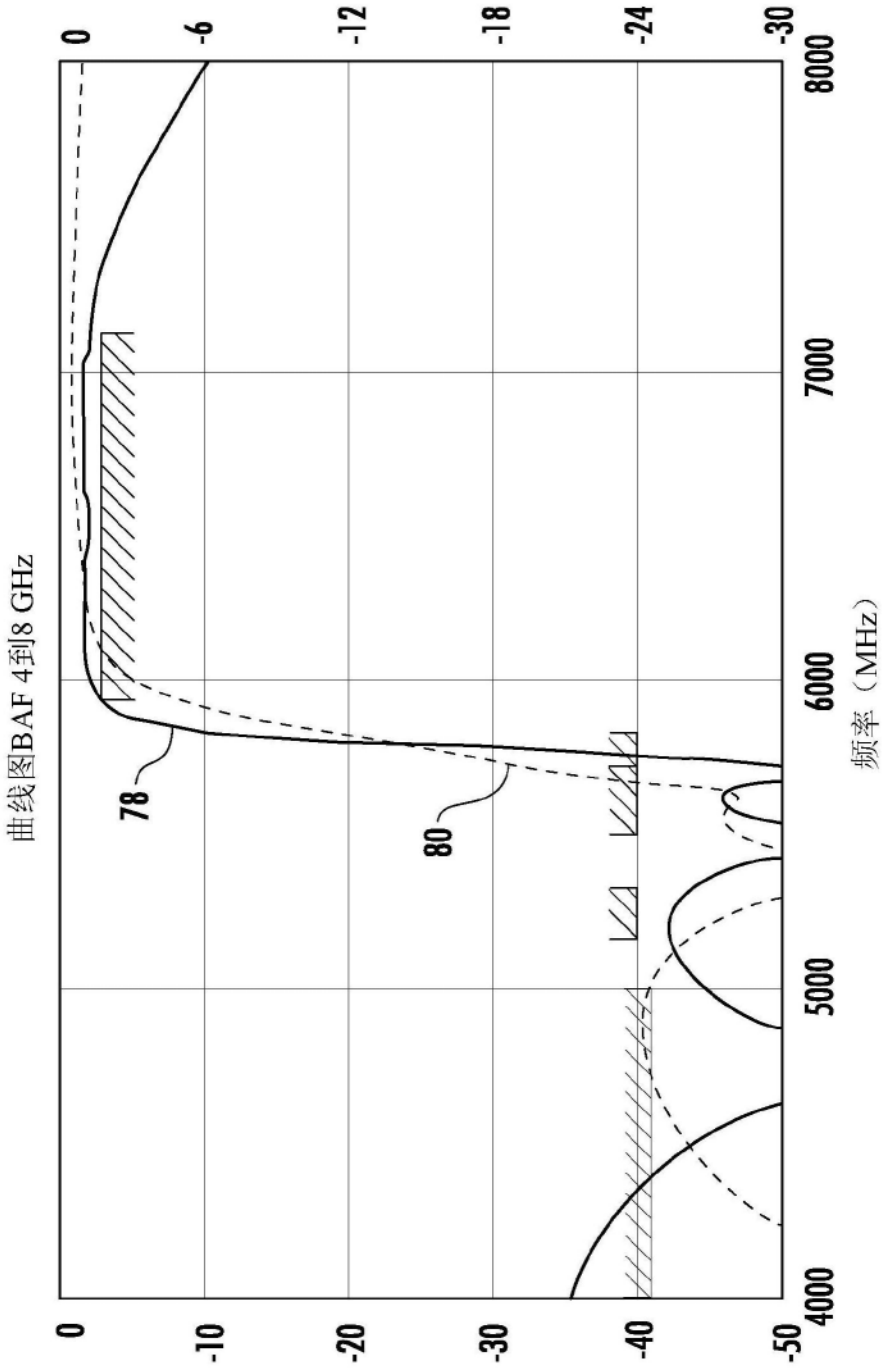

曲线图BAF 4到8 GHz
0
-6
-12
-18
-24
-30
0
-10
-20
-30
-40
-50
8000
7000
6000
5000
4000
频率（MHz）
78
80

图10

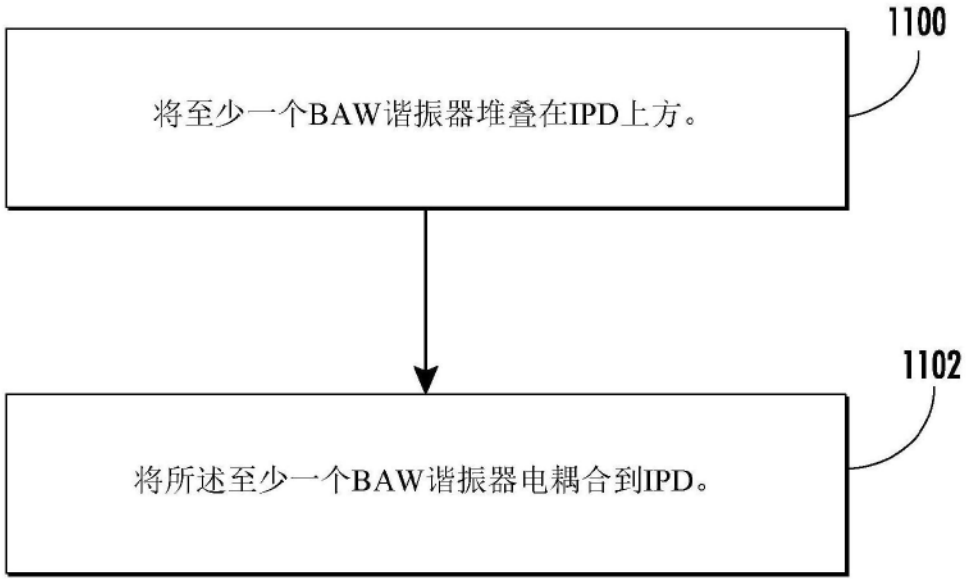


图11