



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111755781 A

(43) 申请公布日 2020.10.09

(21) 申请号 202010632447.6

(22) 申请日 2020.07.02

(71) 申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)
西源大道2006号

(72) 发明人 游长江 张俊 殷光强 杨丹丹
焦卓凡 朱建华 肖倩

(74) 专利代理机构 成都其高专利代理事务所
(特殊普通合伙) 51244

代理人 廖曾

(51) Int.Cl.

H01P 1/20 (2006.01)

H01P 1/208 (2006.01)

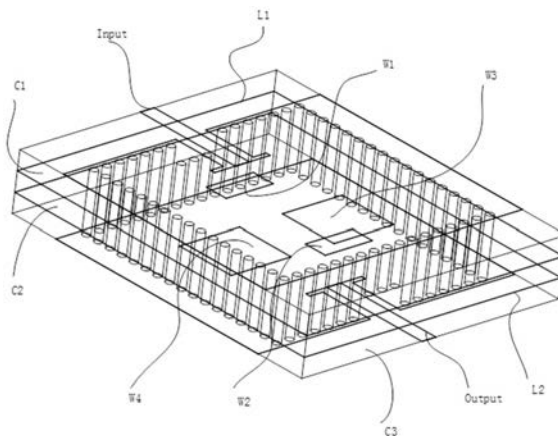
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器

(57) 摘要

本发明公开了基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,包括自上而下依次设置的顶层金属层Top、第一基片集成波导腔体C1、第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2、第三基片集成波导腔体C3及底层金属地Bottom;在顶层金属层Top的一端设置为共面波导输入端口Input,在底层金属地Bottom上相对共面波导输入端口Input的设置端设置为共面波导输出端口Output,可以很好地解决采用传统滤波器技术设计的带通滤波器已不能完全满足现代技术发展需要的问题,具有高选择性,带内损耗小,边带抑制高和尺寸小的特征。



1. 基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,其特征在于:包括自上而下依次设置的顶层金属层Top、第一基片集成波导腔体C1、第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2、第三基片集成波导腔体C3及底层金属地Bottom;在顶层金属层Top的一端设置为共面波导输入端口Input,在底层金属地Bottom上相对共面波导输入端口Input的设置端设置为共面波导输出端口Output。

2. 根据权利要求1所述的基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,其特征在于:所述顶层金属层Top、第一基片集成波导腔体C1、第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2构成一个二阶SIW滤波器;所述第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2、第三基片集成波导腔体C3及底层金属地Bottom构成另一个二阶SIW滤波器。

3. 根据权利要求2所述的基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,其特征在于:在所述第一金属耦合窗层L1和第二金属耦合窗层L2上皆分别蚀刻有两个耦合窗,两个耦合窗在腔体中心位置以中心线为对称轴呈对称设置。

4. 根据权利要求3所述的基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,其特征在于:所述第一金属耦合窗层L1上的耦合窗为矩形耦合窗,第二金属耦合窗层L2上的耦合窗为正方形耦合窗。

5. 根据权利要求2所述的基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,其特征在于:所述第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2构成两个所述二阶SIW滤波器的公用谐振器。

6. 根据权利要求2所述的基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,其特征在于:所述三阶混合电磁耦合SIW滤波器的每一个谐振器的特征阻抗为50欧姆,中心频率为12.03GHz,3-dB带宽为410MHz,相对带宽为3.4%,最小插入损耗为1.35dB,回波损耗为20dB,通带左侧与右侧传输零点分别为11GHz和12.89GHz。

7. 根据权利要求2所述的基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,其特征在于:所述第一基片集成波导腔体C1、第二基片集成波导腔体C2、第三基片集成波导腔体C3皆采用介电常数为13.3的ULF-140陶瓷材料所形成的陶瓷介质基板。

8. 根据权利要求2-7任一项所述的基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,其特征在于:两个二阶SIW滤波器之间采用垂直耦合实现级联。

基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器

技术领域

[0001] 本发明涉及小型化带通滤波器技术领域,具体地说,是基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器。

背景技术

[0002] 近年来,随着无线通信技术的迅速发展,新的通信标准层出不穷,无线通信系统要求能适用于多频段、多标准工作,导致无线通信系统的复杂度大大提升。射频滤波器是无线通信系统中选频的关键器件之一,提升射频滤波器的选择性、插入损耗等性能和使射频滤波器小型化成为了现在的研究热点。通过在谐振器间引入交叉耦合是目前最普遍在频谱中引入有限传输零点,提高带通滤波器选择性的方法。相对于传统切比雪夫滤波器,广义切比雪夫滤波器在传统切比雪夫滤波器频率响应中引入有限频率传输零点,提高广义切比雪夫滤波器的选择性。同时,制造工艺的不断发展为射频电路的设计提供了强大的支持,其中低温共烧陶瓷技术(low temperature co-fired ceramic,LTCC)在微波电路领域受到越来越多的关注,LTCC技术凭借自身的诸多优点,在军用和民用领域都获得广泛的应用。相比于其他一些封装技术,LTCC技术具有高电导率、低损耗、高介电常数和高频等特性,可内埋各种集总元器件,有利于射频电路的小型化设计。

[0003] 目前广义切比雪夫滤波器通常采用交叉耦合结构实现,但交叉耦合滤波器对谐振器数量和拓扑结构要求都比较高。与基于LTCC工艺的多层SIW滤波器相比,单层平面滤波器的尺寸都较冗余,因此,采用传统滤波器技术设计的带通滤波器已不能完全满足现代技术发展的要求,要实现尺寸紧凑、带内损耗小、边带抑制高的滤波器,亟需一种基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器以解决上述问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于设计基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,可以很好地解决采用传统滤波器技术设计的带通滤波器已不能完全满足现代技术发展需要的问题,具有高选择性,带内损耗小,边带抑制高和尺寸小的特征。

[0005] 对于单层SIW结构,磁耦合很容易实现,即去除相邻腔体公用侧壁上的部分金属立柱,即可产生磁耦合;电耦合则需要在腔体相邻处的上金属板上蚀刻空槽图案,引入传导电流以产生电容耦合。而在单层SIW结构中同时引入可控的混合电磁耦合还比较困难,但立体多层的SIW结构则比较容易实现这一点。

[0006] 根据混合电磁耦合理论,以K变换器表示的耦合系数为例,决定带宽的总耦合系数k为磁耦合系数 k_m 减去电耦合系数 k_e ,可由下式计算得到

$$[0007] \quad k = \frac{k_m - k_e}{1 - k_m k_e} = \frac{f_{odd}^2 - f_{even}^2}{f_{odd}^2 - f_{even}^2}$$

[0008] 我们可以发现磁耦合与电耦合相互抵消,当 $k=0$ 时即可在阻带上产生有限频率传

输零点：

$$[0009] \quad f_z = f_0 \sqrt{\frac{k_e}{k_m}}$$

[0010] $k_m > k_e$ 时，磁耦合占主导位置， $k > 0$ ， $f_z < f_0$ ，传输零点出现在通带左边；而当 $k_m < k_e$ 时，电耦合占优势， $k < 0$ ， $f_z > f_0$ ，传输零点出现在通带右边。

[0011] 基于以上理论基础，本发明通过下述技术方案实现：基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器，包括自上而下依次设置的顶层金属层Top、第一基片集成波导腔体C1、第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2、第三基片集成波导腔体C3及底层金属地Bottom；在顶层金属层Top的一端（整个三阶混合电磁耦合SIW滤波器的左端或右端）设置为共面波导输入端口Input，在底层金属地Bottom上相对共面波导输入端口Input的设置端（整个三阶混合电磁耦合SIW滤波器的右端或左端）设置为共面波导输出端口Output。

[0012] 进一步的为更好地实现本发明，特别采用下述设置方式：所述顶层金属层Top、第一基片集成波导腔体C1、第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2构成一个二阶SIW滤波器；所述第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2、第三基片集成波导腔体C3及底层金属地Bottom构成另一个二阶SIW滤波器。

[0013] 进一步的为更好地实现本发明，特别采用下述设置方式：在所述第一金属耦合窗层L1和第二金属耦合窗层L2上皆分别蚀刻有两个耦合窗，两个耦合窗在腔体中心位置以中心线为对称轴呈对称设置。

[0014] 进一步的为更好地实现本发明，特别采用下述设置方式：所述第一金属耦合窗层L1上的耦合窗为矩形耦合窗，即第一基片集成波导（SIW）腔体C1与第二基片集成波导（SIW）腔体C2中间放置第一金属耦合窗层L1，第一金属耦合窗层L1上蚀刻两个矩形耦合窗，两个矩形耦合窗在腔体中心位置的两侧左右对称放置；第二金属耦合窗层L2上的耦合窗为正方形耦合窗，即第二基片集成波导（SIW）腔体C2与第三基片集成波导（SIW）腔体C3中间放置第二金属耦合窗层L2，第二金属耦合窗层L2上蚀刻两个正方形耦合窗，两个正方形耦合窗在腔体中心位置的两侧前后对称放置。

[0015] 进一步的为更好地实现本发明，特别采用下述设置方式：所述第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2构成两个所述二阶SIW滤波器的公用谐振器。

[0016] 进一步的为更好地实现本发明，特别采用下述设置方式：所述三阶混合电磁耦合SIW滤波器的每一个谐振器的特征阻抗为50欧姆，中心频率为12.03GHz，3-dB带宽为410MHz，相对带宽为3.4%，最小插入损耗为1.35dB，回波损耗为20dB，通带左侧与右侧传输零点分别为11GHz和12.89GHz。

[0017] 进一步的为更好地实现本发明，特别采用下述设置方式：所述第一基片集成波导腔体C1、第二基片集成波导腔体C2、第三基片集成波导腔体C3皆采用介电常数为13.3的ULF-140陶瓷材料所形成的陶瓷介质基板，陶瓷介质基板为矩形立方体结构，三阶混合电磁耦合SIW滤波器的总体尺寸可以做到7.3mm×6mm×1.2mm，采用两个垂直耦合的二阶SIW

滤波器级联构成并共用其中一个谐振器,矩形耦合窗的长为1.1mm,宽为0.5mm,正方形耦合窗的边长为1.4mm。

[0018] 进一步的为更好地实现本发明,特别采用下述设置方式:两个二阶SIW滤波器之间采用垂直耦合实现级联。

[0019] 本发明与现有技术相比,具有以下优点及有益效果:

[0020] 本发明由两个垂直耦合的二阶SIW滤波器级联起来,并共用其中一个谐振器,利用相邻谐振器间的混合电磁耦合,分别在低阻带和高阻带产生传输零点,采用LTCC工艺实现滤波器小型化。

[0021] 本发明通过三个SIW谐振腔平行放置,每两个SIW腔体中间金属层上蚀刻两个耦合窗,两个耦合窗在腔体中心位置的两侧对称放置,两种结构开窗的区域既存在较强的电场能量又有较强的磁场能量,实现谐振器之间电耦合占优的耦合与磁耦合占优的耦合,可在带通滤波器通带的上下边带各产生一个传输零点,能满足滤波器选择性和小型化的要求。

附图说明

[0022] 图1为基于LTCC工艺的可调滤波器馈电网络的整体结构示意图。

[0023] 图2为本发明的整体分层结构示意图。

[0024] 图3为本发明的SIW腔体C1与SIW腔体C2之间的第一金属耦合窗层布局示意图。

[0025] 图4为本发明的SIW腔体C2与SIW腔体C3之间的第二金属耦合窗层布局示意图。

[0026] 图5为本发明的S参数图。

[0027] 其中,Input、共面波导输入端口;Output、共面波导输出端口;Top、顶层金属层;Bottom、底层金属地;C1、第一基片集成波导腔体;L1、第一金属耦合窗层;C2、第二基片集成波导腔体;L2、第二金属耦合窗层;C3、第三基片集成波导腔体;W1、第一耦合窗;W2、第二耦合窗;W3、第三耦合窗;W4、第四耦合窗。

具体实施方式

[0028] 下面结合实施例对本发明作进一步地详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0029] 为使本发明实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施方式中的附图,对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施方式是本发明一部分实施方式,而不是全部的实施方式。基于本发明中的实施方式,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式,都属于本发明保护的范围。因此,以下对在附图中提供的本发明的实施方式的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施方式。

[0030] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的设备或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0031] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,

除非另有明确具体的限定。

[0032] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0033] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征之“上”或之“下”可以包括第一和第二特征直接接触,也可以包括第一和第二特征不是直接接触而是通过它们之间的另外的特征接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”包括第一特征在第二特征正上方和斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”包括第一特征在第二特征正下方和斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0034] 值得注意的是:在本申请中,某些需要应用到本领域的公知技术或常规技术手段时,申请人可能存在没有在文中具体的阐述该公知技术或/和常规技术手段是一种什么样的技术手段,但不能以文中没有具体公布该技术手段,而认为本申请不符合专利法第二十六条第三款的情况。

[0035] 名词解释:

[0036] SIW:Substrate integrated waveguide的英文缩写,即为基片集成波导。

[0037] 实施例1:

[0038] 基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,可以很好地解决采用传统滤波器技术设计的带通滤波器已不能完全满足现代技术发展需要的问题,具有高选择性,带内损耗小,边带抑制高和尺寸小的特征,如图1~4所示,特别采用下述设置方式:包括自上而下依次设置的顶层金属层Top、第一基片集成波导腔体C1、第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2、第三基片集成波导腔体C3及底层金属地Bottom;在顶层金属层Top的一端(整个三阶混合电磁耦合SIW滤波器的左端或右端)设置为共面波导输入端口Input,在底层金属地Bottom上相对共面波导输入端口Input的设置端(整个三阶混合电磁耦合SIW滤波器的右端或左端)设置为共面波导输出端口Output。

[0039] 实施例2:

[0040] 本实施例是在上述实施例的基础上进一步优化,与前述技术方案相同部分在此将不再赘述,如图1-4所示,进一步的为更好地实现本发明,特别采用下述设置方式:所述顶层金属层Top、第一基片集成波导腔体C1、第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2构成一个二阶SIW滤波器;所述第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2、第三基片集成波导腔体C3及底层金属地Bottom构成另一个二阶SIW滤波器。

[0041] 实施例3:

[0042] 本实施例是在上述任一实施例的基础上进一步优化,与前述技术方案相同部分在此将不再赘述,如图1-4所示,进一步的为更好地实现本发明,特别采用下述设置方式:在所述第一金属耦合窗层L1和第二金属耦合窗层L2上皆分别蚀刻有两个耦合窗,两个耦合窗在腔体中心位置以中心线为对称轴呈对称设置;所述第一金属耦合窗层L1上的耦合窗为矩形耦合窗,即第一基片集成波导(SIW)腔体C1与第二基片集成波导(SIW)腔体C2中间放置第一金属耦合窗层L1,第一金属耦合窗层L1上蚀刻两个矩形耦合窗,两个矩形耦合窗在腔体中

心位置的两侧左右对称放置;第二金属耦合窗层L2上的耦合窗为正方形耦合窗,即第二基片集成波导(SIW)腔体C2与第三基片集成波导(SIW)腔体C3中间放置第二金属耦合窗层L2,第二金属耦合窗层L2上蚀刻两个正方形耦合窗,两个正方形耦合窗在腔体中心位置的两侧前后对称放置。

[0043] 实施例4:

[0044] 本实施例是在上述任一实施例的基础上进一步优化,与前述技术方案相同部分在此将不再赘述,如图1-4所示,进一步的为更好地实现本发明,特别采用下述设置方式:所述第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2构成两个所述二阶SIW滤波器的公用谐振器;所述三阶混合电磁耦合SIW滤波器的每一个谐振器(顶层金属层Top、第一基片集成波导腔体C1、第一金属耦合窗层L1构成一个谐振器,第一金属耦合窗层L1、第二基片集成波导腔体C2、第二金属耦合窗层L2构成公用谐振器,第二金属耦合窗层L2、第三基片集成波导腔体C3、底层金属地Bottom构成一个谐振器)的特征阻抗为50欧姆,中心频率为12.03GHz,3-dB带宽为410MHz,相对带宽为3.4%,最小插入损耗为1.35dB,回波损耗为20dB,通带左侧与右侧传输零点分别为11GHz和12.89GHz。

[0045] 实施例5:

[0046] 本实施例是在上述任一实施例的基础上进一步优化,与前述技术方案相同部分在此将不再赘述,如图1-4所示,进一步的为更好地实现本发明,特别采用下述设置方式:所述第一基片集成波导腔体C1、第二基片集成波导腔体C2、第三基片集成波导腔体C3皆采用介电常数为13.3的ULF-140陶瓷材料所形成的陶瓷介质基板,陶瓷介质基板为矩形立方体结构,三阶混合电磁耦合SIW滤波器的总体尺寸可以做到7.3mm×6mm×1.2mm,采用两个垂直耦合的二阶SIW滤波器级联构成并共用其中一个谐振器,矩形耦合窗的长为1.1mm,宽为0.5mm,正方形耦合窗的边长为1.4mm;两个二阶SIW滤波器之间采用垂直耦合实现级联。

[0047] 实施例6:

[0048] 以下实施例的描述中省略了本领域技术人员公知的某些技术特征,但不应以没有在文中直接清楚的描述,而认为该技术方案公开不充分,导致技术方案模糊不清。

[0049] 基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器,如图1所示,该基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器由两个垂直耦合的二阶SIW滤波器级联构成,包括最外层两层金属层(顶层金属层Top、底层金属地Bottom)、三个集成波导腔体(第一基片集成波导腔体C1、第二基片集成波导腔体C2、第三基片集成波导腔体C3)和两层耦合金属窗层(第一金属耦合窗层L1、第二金属耦合窗层L2),其中最顶层金属层Top的左侧作为共面波导输入端口(共面波导输入馈电端口)Input,第一基片集成波导腔体C1与第二基片集成波导腔体C2中间加一层金属耦合窗层(第一金属耦合窗层L1),在第一金属耦合窗层L1的中间有两个左右对称的矩形窗口W1和矩形窗口W2,其长为1.1mm,宽为0.5mm。第二基片集成波导腔体C2与第三基片集成波导腔体C3中间加一层金属耦合窗层(第二金属耦合窗层L2),在第二金属耦合窗层L2的中间有两个前后对称的正方形窗口W3和W4,其边长为1.4mm。最底层金属层(底层金属地Bottom)的右侧作为共面波导输出端口Output。该三阶混合电磁耦合SIW滤波器整体尺寸为7.3mm×6mm×1.2mm,采用介电常数为13.3的ULF140陶瓷粉料,其损耗角正切值为0.0005,需要说明的是实施方式中采用的介质基板材料,尺寸和形状只是一种特例,根据本发明提出的概念,可以更换为其他的材料,尺寸以及形状,例如ULF140陶瓷介质基板可以替换为其

他陶瓷介质基板,或者其他有机物介质材料;另外介质基板也可以为其他尺寸和形状,只要金属电路的结构不发生改变。

[0050] 本发明为三阶混合电磁耦合SIW滤波器,采用LTCC工艺加工,由两个垂直耦合的二阶SIW滤波器级联构成,并共用其中一个谐振器。包括最外表面两层金属层(顶层金属层Top、底层金属地Bottom)、三个基片集成波导腔体(第一基片集成波导腔体C1、第二基片集成波导腔体C2、第三基片集成波导腔体C3)和两层耦合金属窗层(第一金属耦合窗层L1、第二金属耦合窗层L2),利用相邻谐振器间的混合电磁耦合,分别在低阻带和高阻带产生传输零点,实现滤波器高选择性和小型化。

[0051] 参见图3和图4,第一耦合窗W1和第二耦合窗W2在第一金属耦合窗层L1两侧左右对称放置,第三耦合窗W3和第四耦合窗W4在第二金属耦合窗层L2前后对称放置,两种结构开窗的区域既存在较强的电场能量也有较强的磁场能量,这为混合电磁耦合实现创造了有利条件。这两种结构可分别在低阻带和高阻带产生传输零点,对图2和图3进行分析可得到,左右两侧对称开窗的谐振器磁耦合占优,前后对称开窗的谐振器电耦合占优。在不增加任何额外电极且不影响通带频率响应的情况下,在上下边带各产生一个传输零点,提高带通滤波器矩形系数和带外抑制度。

[0052] 参见图5,图示出了所述基于LTCC工艺的三阶混合电磁耦合SIW滤波器的S参数,中心频率为12.03GHz,3-dB带宽为410MHz,相对带宽为3.4%,最小插入损耗为1.35dB,回波损耗为20dB,在11GHz和12.89GHz频点处各有一个传输零点,具有良好的边带选择性。

[0053] 综上所述,该三阶混合电磁耦合SIW滤波器以更少阶数实现了双传输零点,尺寸紧凑,设计方便,具有良好的通带响应和双边带抑制特性,非常适合现代射频通信系统。

[0054] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明做任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化,均在本发明的保护范围之内。

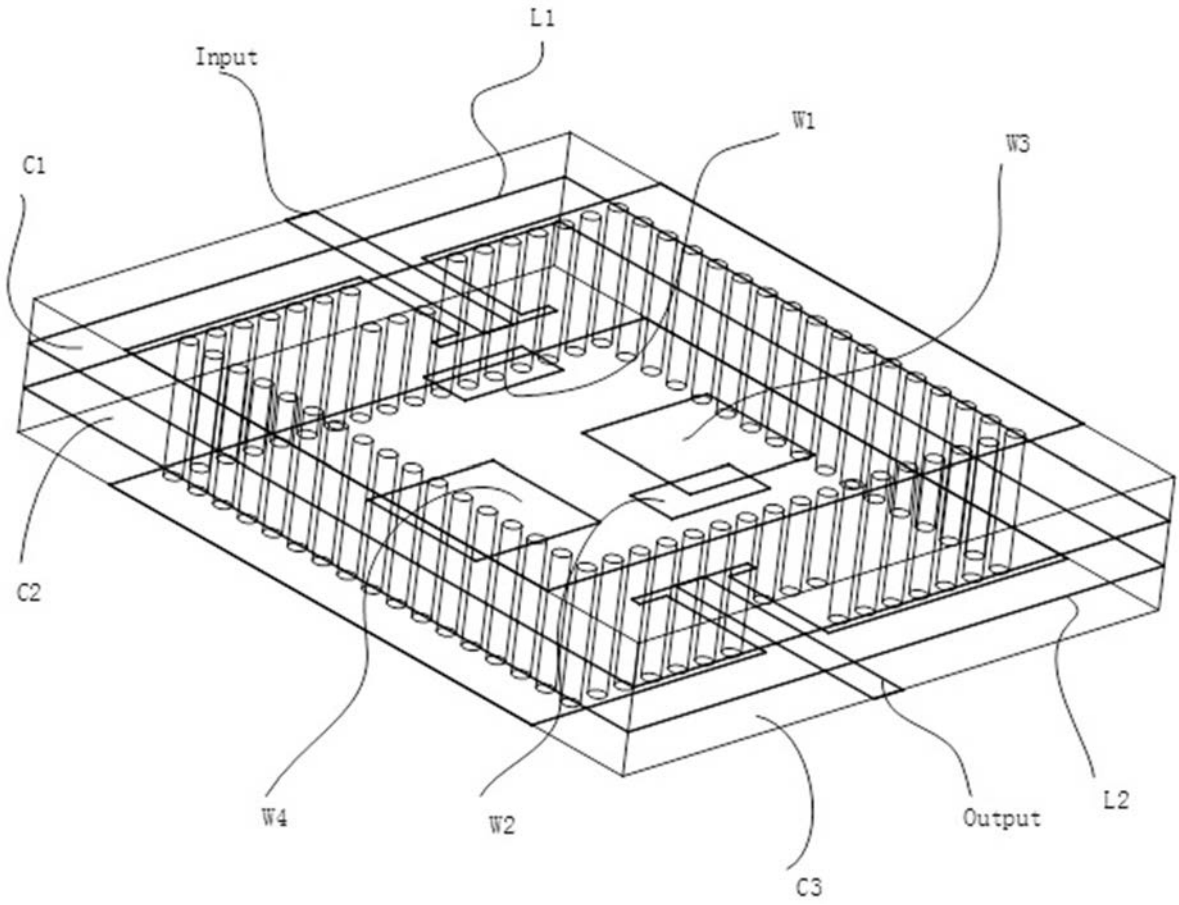


图1

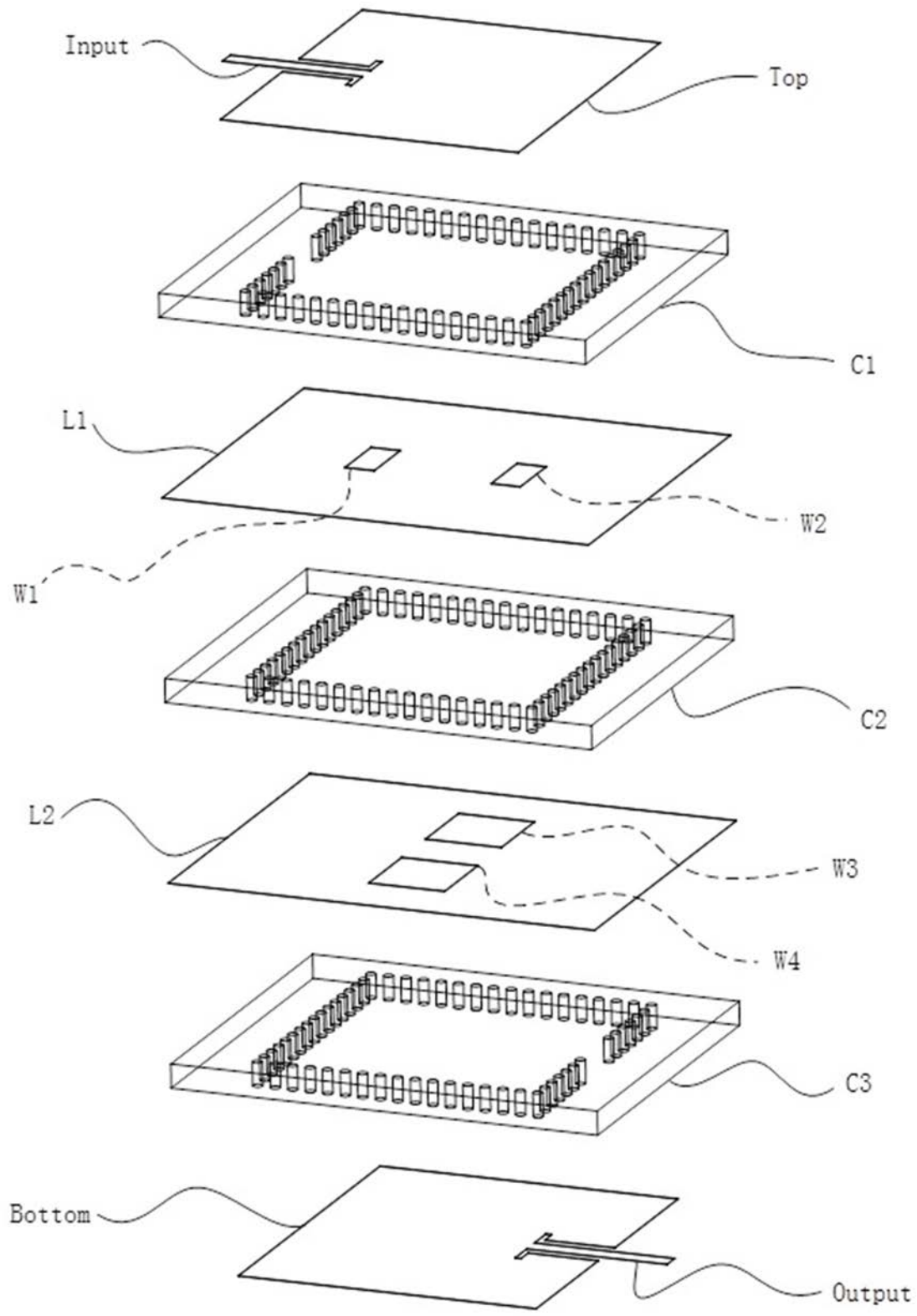


图2

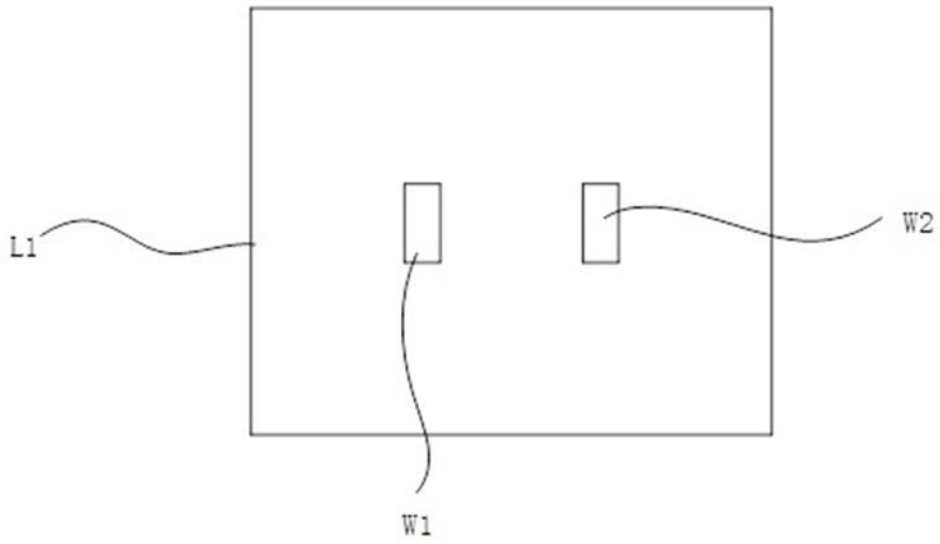


图3

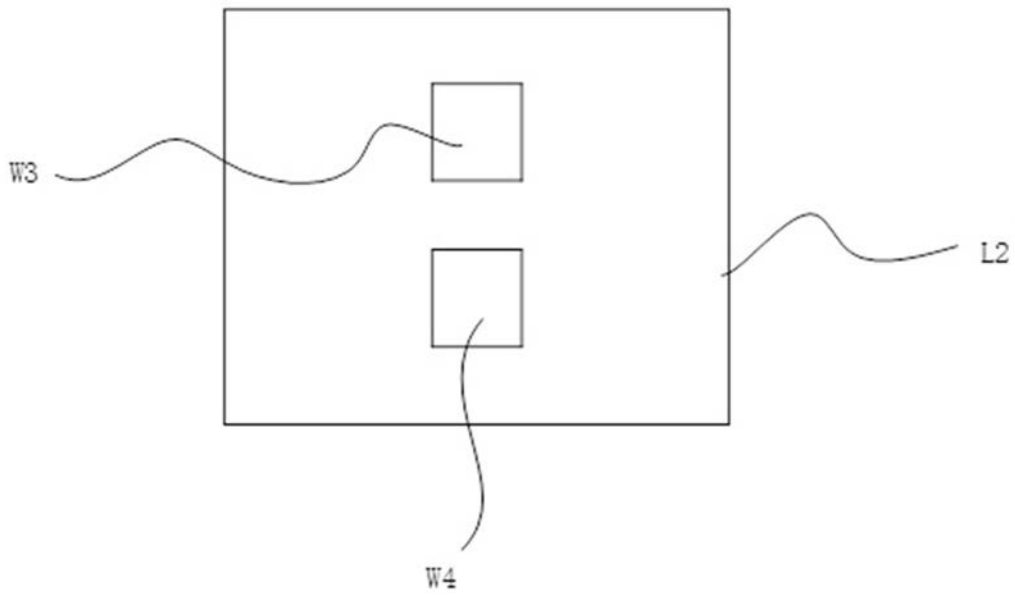


图4

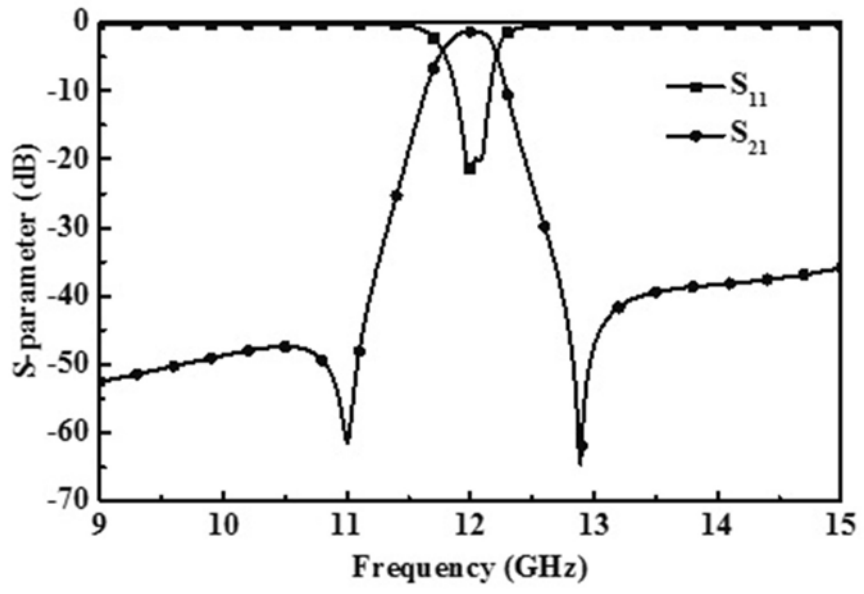


图5