



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107611552 B

(45)授权公告日 2019.10.01

(21)申请号 201710834318.3

(22)申请日 2017.09.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107611552 A

(43)申请公布日 2018.01.19

(73)专利权人 重庆邮电大学

地址 400065 重庆市南岸区黄桷垭崇文路2号

(72)发明人 黄文 李佳 谭菲 王斌 罗伟

(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 赵荣之

(51)Int.Cl.

H01P 5/16(2006.01)

(56)对比文件

CN 105186089 A,2015.12.23,

CN 202217794 U,2012.05.09,

CN 106549204 A,2017.03.29,

审查员 敖杰峰

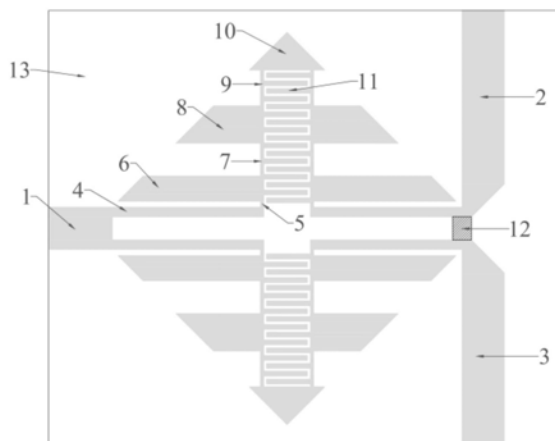
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器

(57)摘要

本发明公开了一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,包括信号输入端口、两信号输出端口,信号输入端口分别通过人工传输线分别与其中一信号输出端口相连;人工传输线包括:两均匀传输线、两下部高阻抗传输线、两下部低阻抗传输线、两中部高阻抗传输线、两中部低阻抗传输线、两上部高阻抗传输线、上部低阻抗传输线和交指电容结构;两均匀传输线、两下部高阻抗传输线、两下部低阻抗传输线、两中部高阻抗传输线、两中部低阻抗传输线、两上部高阻抗传输线、上部低阻抗传输线和一交指电容结构构成阶梯阻抗人工传输线。本发明使用阶梯阻抗人工传输线替代传统威尔金森功分器中的四分之一波长传输线,在功分器性能不变的情况下实现尺寸减小。



1. 一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,包括信号输入端口(1)、两信号输出端口(2、3)和隔离电阻(12),信号输入端口(1)分别通过一人工传输线分别与其中一信号输出端口相连;隔离电阻(12)一端连接于信号输出端口(2)与一个人工传输线的一段均匀传输线(4)的连接处,另一端连接于信号输出端口(3)与另一个对称放置的人工传输线的一段均匀传输线(4)的连接处;其特征在于:所述人工传输线为阶梯阻抗人工传输线,两阶梯阻抗人工传输线对称设置,所述阶梯阻抗人工传输线包括:

由下至上设置的两相对设置的均匀传输线(4)、两相对设置的下部高阻抗传输线(5)、两相对设置的下部低阻抗传输线(6)、两相对设置的中部高阻抗传输线(7)、两相对设置的中部低阻抗传输线(8)、两相对设置的上部高阻抗传输线(9)、一上部低阻抗传输线(10)和一交指电容结构(11);其中一均匀传输线(4)的一端与信号输入端口(1)连接,另一均匀传输线(4)的一端与信号输出端口(2、3)连接,两均匀传输线(4)的另一端分别均通过一下部高阻抗传输线(5)与一下部低阻抗传输线(6)相连,下部低阻抗传输线(6)通过一中部高阻抗传输线(7)与一中部低阻抗传输线(8)相连;中部低阻抗传输线(8)通过一上部高阻抗传输线(9)与上部低阻抗传输线(10)的底部一侧相连;交指电容结构(11)设置于两侧相对应的两段下部高阻抗传输线(5)、两段下部低阻抗传输线(6)、两段中部高阻抗传输线(7)、两段中部低阻抗传输线(8)和两段上部高阻抗传输线(9)之间。

2. 根据权利要求1所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,其特征在于:每段所述下部高阻抗传输线(5)垂直设置于一段均匀传输线(4)与一段下部低阻抗传输线(6)之间,所述中部高阻抗传输线(7)垂直设置于下部低阻抗传输线(6)与中部低阻抗传输线(8)之间,所述上部高阻抗传输线(9)垂直设置于中部低阻抗传输线(8)与上部低阻抗传输线(10)之间。

3. 根据权利要求2所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,其特征在于:每段所述均匀传输线(4)、每段下部低阻抗传输线(6)、每段中部低阻抗传输线(8)均相互平行。

4. 根据权利要求3所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,其特征在于:两均匀传输线(4)对称设置,两下部低阻抗传输线(6)对称设置,两中部低阻抗传输线(8)对称设置。

5. 根据权利要求4所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,其特征在于:所述下部低阻抗传输线(6)为直角梯形,所述中部低阻抗传输线(8)为直角梯形,所述上部低阻抗传输线(10)为等腰直角三角形。

6. 根据权利要求5所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,其特征在于:所述下部低阻抗传输线(6)的斜边、中部低阻抗传输线(8)的斜边和上部低阻抗传输线(10)的斜边在同一直线上。

7. 根据权利要求5或6所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,其特征在于:每段均匀传输线(4)的靠近交指电容(11)的一边、与之相连接的下部高阻抗传输线(5)的连接交指电容(11)的一边、下部低阻抗传输线(6)垂直的腰、中部高阻抗传输线(7)连接交指电容(11)的一边、中部低阻抗传输线(8)垂直的腰、上部高阻抗传输线(9)连接交指电容(11)的一边位于同一垂直线上。

8. 根据权利要求7所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,其

特征在于：两下部高阻抗传输线(5)之间、两下部低阻抗传输线(6)之间、两中部高阻抗传输线(7)之间、两中部低阻抗传输线(8)之间、两上部高阻抗传输线(9)之间同时设置有相互平行的若干终端开路细传输线，每一个终端开路细传输线为一个交指，所有交指组成交指电容结构(11)。

9. 根据权利要求5所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器，其特征在于：直角梯形的腰与下底所夹锐角为 45° 。

10. 根据权利要求5所述的一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器，其特征在于：信号输出端口(2、3)与隔离电阻(12)连接处设置有切角，该切角位于连接信号输出端口的传输线拐弯处。

基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器

技术领域

[0001] 本发明属于射频微波技术领域,具体涉及基于阶梯阻抗人工传输线的小型化等分威尔金森功分器。

背景技术

[0002] 功分器在射频通信电路领域具有广泛应用,主要应用于相控阵雷达系统中T/R组件的功率分配,基站系统中天线的信号分配,手机射频校准等射频系统,其作用主要是将信号按一定比例分配给各个元器件或子系统。通常有二等分,N等分和不等分功分器。威尔金森功分器是一种比较常用的无源等分功分器,具有较好的隔离度和端口匹配性。然而,随着射频通信电路朝着小型化,集成化方向的发展,传统的威尔金森等分功分器由于受到其结构中四分之一波长传输线的限制,往往具有较大的尺寸,这一缺陷在低频频段工作波长较长时表现得尤为明显,不利于射频通信系统的小型化。此外,随着射频电路集成度的提高,谐波信号对有用信号产生干扰的问题也日益凸显,所以射频通信系统的发展对于谐波信号的抑制也提出了更高的要求,谐波信号的抑制也成为了一个重要的研究内容。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器;通过阶梯阻抗人工传输线代替传统四分之一波长传输线,以实现功分器尺寸缩减而性能不变,同时使功分器具有谐波抑制功能。

[0004] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的,一种基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,包括信号输入端口1、两信号输出端口2、3和隔离电阻12,信号输入端口1分别通过一人工传输线分别与其中一信号输出端口相连;隔离电阻12连接于两信号输出端口分别与两均匀传输线4的连接处;所述人工传输线为阶梯阻抗人工传输线,两阶梯阻抗人工传输线对称设置,所述阶梯阻抗人工传输线包括:由下至上设置的两相对设置的均匀传输线4、两相对设置的下部高阻抗传输线5、两相对设置的下部低阻抗传输线6、两相对设置的中部高阻抗传输线7、两相对设置的中部低阻抗传输线8、两相对设置的上部高阻抗传输线9、一上部低阻抗传输线10和一交指电容结构11;其中一均匀传输线4的一端与信号输入端口1连接,另一均匀传输线4的一端与信号输出端口2、3连接,两均匀传输线4的另一端分别均通过一下部高阻抗传输线5与一下部低阻抗传输线6相连,下部低阻抗传输线6通过一中部高阻抗传输线7与一中部低阻抗传输线8相连;中部低阻抗传输线8通过一上部高阻抗传输线9与上部低阻抗传输线10的底部一侧相连;交指电容结构11设置于两侧相对应的高低阻抗传输线之间。

[0005] 进一步,所述下部高阻抗传输线5垂直设置于均匀传输线4与下部低阻抗传输线6之间,所述中部高阻抗传输线7垂直设置于下部低阻抗传输线6与中部低阻抗传输线8之间,所述上部高阻抗传输线9垂直设置于中部低阻抗传输线8与上部低阻抗传输线10之间。

[0006] 进一步,所述均匀传输线4、下部低阻抗传输线6、中部低阻抗传输线8两两平行设

置。

[0007] 进一步,两均匀传输线4对称设置,两下部低阻抗传输线6对称设置,两中部低阻抗传输线8对称设置。

[0008] 进一步,所述下部低阻抗传输线6为直角梯形,所述中部低阻抗传输线8为直角梯形,所述上部低阻抗传输线10为等腰直角三角形。

[0009] 进一步,所述下部低阻抗传输线6的斜边、中部低阻抗传输线8的斜边和上部低阻抗传输线10的斜边在同一直线上。

[0010] 进一步,均匀传输线4的末端所在边、下部高阻抗传输线5的一边、下部低阻抗传输线6垂直的腰、中部高阻抗传输线7的一边、中部低阻抗传输线8垂直的腰、上部高阻抗传输线9的一边位于同一水平线上。

[0011] 进一步,两下部高阻抗传输线5之间、两下部低阻抗传输线6之间、两中部高阻抗传输线7之间、两中部低阻抗传输线8之间、两上部高阻抗传输线9之间同时设置有相互平行的若干终端开路细传输线,每一个终端开路细传输线为一个交指,所有交指组成交指电容结构11。

[0012] 进一步,直角梯形的腰与下底所夹锐角为 45° 。

[0013] 进一步,信号输出端口2、3与隔离电阻12连接处设置有切角,该切角位于连接信号输出端口的传输线拐弯处。

[0014] 由于采用了上述技术方案,本发明具有如下的优点:

[0015] 本发明所提供的基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器的有益效果在于:使用阶梯阻抗人工传输线替代传统威尔金森功分器中的四分之一波长传输线,在功分器性能不变的情况下实现尺寸减小。另一方面,本发明在阶梯阻抗人工传输线中加载了交指电容结构,使功分器具有良好的谐波抑制效果。

附图说明

[0016] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述,其中:

[0017] 图1为本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器的结构示意图;

[0018] 图2为本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器的一段阶梯阻抗人工传输线结构示意图;

[0019] 图3为本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器的一段阶梯阻抗人工传输线等效电路示意图;

[0020] 图4为本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器具体实施例样品的结构尺寸标注图;

[0021] 图5为本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器的具体实施例样品的仿真S参数曲线图;

[0022] 图6为本发明实施例样品的输出端信号幅度差和相位差的仿真曲线图;

[0023] 图7为传统威尔金森等分功分器的结构示意图;

[0024] 图8为传统威尔金森功分器的仿真S参数曲线图。

具体实施方式

[0025] 以下将结合附图,对本发明的优选实施例进行详细的描述;应当理解,优选实施例仅为了说明本发明,而不是为了限制本发明的保护范围。

[0026] 本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器,为一种威尔金森功分器。如图1所示,包括介质板13,介质板13的一个表面上设有金属微带和隔离电阻12,另一个表面上设有金属地。金属微带部分包括信号输入端口1,两信号输出端口(信号第一输出端口2,信号第二输出端口3),四段均匀传输线4、四段下部高阻抗传输线5、四段下部低阻抗传输线6、四段中部高阻抗传输线7、四段中部低阻抗传输线8、四段上部高阻抗传输线9、两段上部低阻抗传输线10、两个交指电容结构11。

[0027] 信号输入端口1通过两个阶梯阻抗人工传输线分别与信号第一输出端口2,信号第二输出端口3相连。隔离电阻12连接于两信号输出端口分别与两均匀传输线4的连接处。信号第一输出端口2、信号第二输出端口3在拐弯处有切角,其切角与水平线夹角为 45° 。

[0028] 信号输入端口1用于射频信号的输入,信号第一输出端口2和信号第二输出端口3为功率二等分后的两个信号输出端口,隔离电阻12用于吸收两路信号输出时由于阻抗不匹配而产生的反射信号,以达到使两个输出端隔离的目的。

[0029] 由于两个阶梯阻抗人工传输线具有同样的结构,且两个阶梯阻抗人工传输线对称设置,因此,此处只对其中一个阶梯阻抗人工传输线进行说明。

[0030] 如图2所示,所述阶梯阻抗人工传输线包括:由下至上设置的两相对设置的均匀传输线4、两相对设置的下部高阻抗传输线5、两相对设置的下部低阻抗传输线6、两相对设置的中部高阻抗传输线7、两相对设置的中部低阻抗传输线8、两相对设置的上部高阻抗传输线9、一上部低阻抗传输线10和一设置于两侧高低阻抗传输线之间的交指电容结构11;其中一均匀传输线4的一端与信号输入端口1连接,另一均匀传输线4的一端与信号输出端口2或3连接,两均匀传输线4的另一端分别均通过一下部高阻抗传输线5与一下部低阻抗传输线6相连,下部低阻抗传输线6通过一中部高阻抗传输线7与一中部低阻抗传输线8相连;中部低阻抗传输线8通过一上部高阻抗传输线9与上部低阻抗传输线10的底部一侧相连。

[0031] 所述下部高阻抗传输线5垂直设置于均匀传输线4与下部低阻抗传输线6之间,所述中部高阻抗传输线7垂直设置于下部低阻抗传输线6与中部低阻抗传输线8之间,所述上部高阻抗传输线9垂直设置于中部低阻抗传输线8与上部低阻抗传输线10之间。所述均匀传输线4、下部低阻抗传输线6、中部低阻抗传输线8两两平行设置;两均匀传输线4对称设置,两下部低阻抗传输线6对称设置,两中部低阻抗传输线8对称设置。

[0032] 上部低阻抗传输线10的形状为等腰直角三角形,位于阶梯阻抗人工传输线顶部。下部低阻抗传输线6、中部低阻抗传输线8的形状均为直角梯形,其直角梯形的腰与下底所夹角为 45° 。

[0033] 所述下部低阻抗传输线6的斜边、中部低阻抗传输线8的斜边和上部低阻抗传输线10的斜边在同一直线上。

[0034] 均匀传输线4的末端所在边、下部高阻抗传输线5的一边、下部低阻抗传输线6垂直的腰、中部高阻抗传输线7的一边、中部低阻抗传输线8垂直的腰、上部高阻抗传输线9的一边位于同一水平线上。

[0035] 两下部高阻抗传输线5之间、两下部低阻抗传输线6之间、两中部高阻抗传输线7之

间、两中部低阻抗传输线8之间、两上部高阻抗传输线9之间同时设置有相互平行的若干终端开路细传输线,每一个终端开路细传输线为一个交指,所有交指组成交指电容结构11。

[0036] 阶梯阻抗人工传输线等效为两段四分之一波长传输线,具有 $70.7\ \Omega$ 的等效特性阻抗和 90° 电长度。构成功分器信号输入端口1和信号第一输出端口2、信号第二输出端口3的传输线特性阻抗均为 $50\ \Omega$ 。隔离电阻12阻值为 $100\ \Omega$ 。阶梯阻抗人工传输线的等效电路如图3所示。均匀传输线4等效为串联电感 L_1 与并联电容 C_1 ,下部高阻抗传输线5等效为串联电感 L_2 ,下部低阻抗传输线6等效为并联电容 C_2 ,中部高阻抗传输线7可以等效为串联电感 L_3 ,中部低阻抗传输线8可以等效为并联电容 C_3 ,上部高阻抗传输线9可以等效为串联电感 L_4 ,上部低阻抗传输线10可以等效为并联电容 C_4 。交指电容结构11可以等效为两个串联电容 C_{p1} 、 C_{p2} 。

[0037] 每段阶梯阻抗人工传输线的总的等效串联电感均为 L_t ,且满足以下关系

$$[0038] \quad L_t = 2L_1 + 2L_2 + 2L_3 + 2L_4。$$

[0039] C_t 为总的等效并联电容,且满足以下关系

$$[0040] \quad C_t = 2C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4。$$

[0041] 每段阶梯阻抗人工传输线的等效特性阻抗计算公式为 $Z_{ATL} = \sqrt{\frac{L_t}{C_t}}$ 。

[0042] 每段阶梯阻抗人工传输线的相位传播常数为

$$[0043] \quad \beta_{ATL} = \omega \sqrt{L_t \cdot C_t}$$

[0044] 其中, ω 为工作角频率。在具有 90° 电长度的情况下,与传统四分之一波长传输线相比,由于每单位长度的阶梯阻抗结构能够获得更大的等效总电感 L_t 和等效总电容 C_t ,因此相位传播常数 β_{ATL} 更大,阶梯阻抗人工传输线结构能够获得更小的物理尺寸,从而减小整个功分器尺寸。

[0045] 而加载的交指电容结构11,能够使功分器对谐波信号产生抑制作用。

[0046] 通过调节各段高低阻抗传输线的长度、宽度,可以使阶梯阻抗人工传输线得到不同的等效特性阻抗值和电长度。调节交指电容结构11的交指个数、交指长度,交指宽度,交指间距可以使功分器获得不同的谐波抑制效果。

[0047] 下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0048] 该实施例样品为工作频率 $f=0.9\text{GHz}$ 的基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器。整个微带等分功分器结构制作在国产聚四氟乙烯介质基片上,基片相对介电常数2.65,基片厚度1mm。所用隔离电阻12为0805型号的贴片电阻,其尺寸为 $2.0\text{mm} \times 1.3\text{mm}$ 。

[0049] 本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器的电路尺寸为 $29.1\text{mm} \times 27.9\text{mm}$,即 $12.6\% \lambda_g \times 12.1\% \lambda_g$, λ_g 表示 0.9GHz 时介质基板上的导波波长。

[0050] 本发明的基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器的实施例样品的具体尺寸标注如图4中所示,具体电路各部分尺寸如下表1所示:

[0051] 表1微带等分功分器样品各部分尺寸(单位:mm)

[0052]

结构名称	符号	数值
信号输入端口宽度	w_a	2.7
信号输出端口宽度	w_b	2.7

交指电容缝隙宽度	w_c	0.2
切角宽度	w_d	2.97
上部低阻抗传输线宽度	w_e	4.8
高阻抗传输线宽度	w_f	0.2
下部低阻抗传输线宽度	w_g	9.1
均匀传输线宽度	w_h	0.6
交指电容交指宽度	w_i	0.3
均匀传输线长度	l_a	9.7
信号输出端口长度	l_b	12.6
下部高阻抗传输线长度	l_c	0.4
中部高阻抗传输线长度	l_d	2.1
上部高阻抗传输线长度	l_e	2.3
下部低阻抗传输线长度	l_f	1.6
中部低阻抗传输线长度	l_g	2.4
信号输入端口长度	l_h	4
交指电容距人工传输线底部距离	l_i	0.9
交指电容交指长度	l_j	2.8

[0053] 使用仿真软件IE3D进行仿真,本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等分功分器的实施例样品仿真所得S参数曲线图如图5所示。图中 $|S_{11}|$ 表示功分器反射系数的模值, $|S_{21}|$ 、 $|S_{31}|$ 表示功分器传输系数的模值, $|S_{32}|$ 表示信号第一输出端口2到信号第二输出端口3的传输系数的模值。

[0054] 本发明实施例功分器在带宽范围0.41GHz-1.36GHz内, $|S_{11}|$ 小于-11dB,证实功分器端口的阻抗匹配情况良好。 $|S_{21}|$ 、 $|S_{31}|$ 均大于-3.478dB,证实功分器具有低损耗的特性。 $|S_{32}|$ 小于-10dB,证实两个信号输出端信号第一输出端口2、信号第二输出端口3之间具有良好的隔离度。本发明实施例样品功分器的相对带宽达到105%。

[0055] 同时,本发明实施例样品功分器在2.36GHz-6.43GHz频率范围内的 $|S_{11}|$ 大于-5dB,且在2.36GHz-4.76GHz频率范围内, $|S_{21}|$ 、 $|S_{31}|$ 均小于-10dB,在4.98GHz-6.43GHz频率范围内 $|S_{21}|$ 、 $|S_{31}|$ 均小于-20dB,表明此两个频带范围内较少功率能够输出到信号第一输出端口2、信号第二输出端口3,本实施例功分器样品在此两个频带范围内均具有良好的谐波抑制效果。在4.76GHz-4.98GHz频率范围内谐波信号的 $|S_{21}|$ 、 $|S_{31}|$ 均小于-7dB,表明功分器在此频带范围内也有一定的谐波抑制效果。

[0056] 如图6所示,在本发明功分器带宽0.41GHz-1.36GHz范围内,功分器的信号第一输出端口2、信号第二输出端口3的输出信号之间的幅度差小于0.005dB,相位差小于 0.1° ,证实本发明实施例样品输出信号达到等幅同相输出。

[0057] 如图7所示,在与实施例样品采用同样的介质基板,同样中心工作频率的情况下,传统威尔金森功分器的电路尺寸为 $46.4\text{mm} \times 30\text{mm}$,即 $20.2\% \lambda_g \times 13\% \lambda_g$, λ_g 表示0.9GHz时介质基板上的导波波长。可见,本发明的实施例样品微带小型化功分器尺寸能减少约42%的尺寸。

[0058] 如图8所示仿真的S参数曲线,传统威尔金森功分器带宽范围为0.39GHz-1.4GHz,

相对带宽为112%。本发明实施例样品具有与传统威尔金森功分器基本相同的带宽范围。如图8所示,传统威尔金森功分器在 $|S_{11}|$ 小于-10dB的带宽范围0.39GHz-1.4GHz之外存在2.01GHz-3.32GHz、3.83GHz-5.01GHz、5.54GHz-6.64GHz三个谐波信号通带,在谐波信号通带内 $|S_{11}|$ 小于-10dB, $|S_{21}|$, $|S_{31}|$ 均大于-4dB,说明三个频带范围内信号功率可以输出到信号输出端口2和信号输出端口3,表明传统威尔金森功分器不具备谐波抑制功能。

[0059] 结合附图和以上分析表明,本发明基于阶梯阻抗人工传输线的微带小型化等功分器的实施例样品与传统威尔金森功分器相比在尺寸减小42%的同时,获得与传统威尔金森功分器相似的良好性能。此外还具有传统威尔金森功分器所不具备的良好的谐波抑制效果。

[0060] 最后说明的是,以上优选实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管通过上述优选实施例已经对本发明进行了详细的描述,但本领域技术人员应当理解,可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变,而不偏离本发明权利要求书所限定的范围。

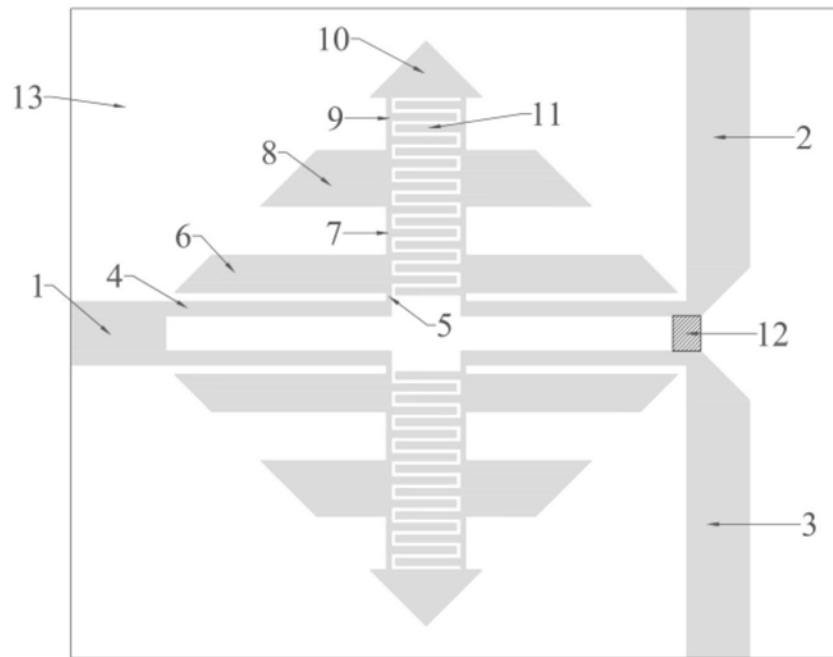


图1

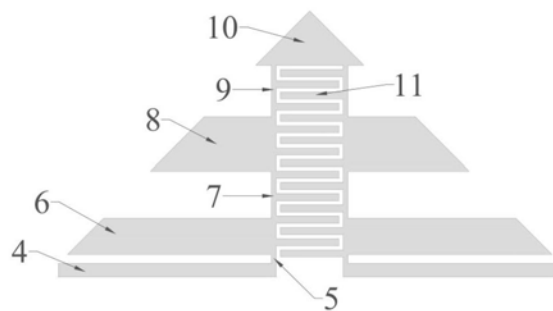


图2

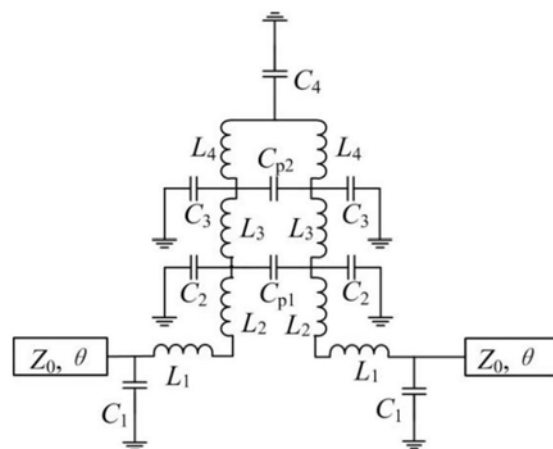


图3

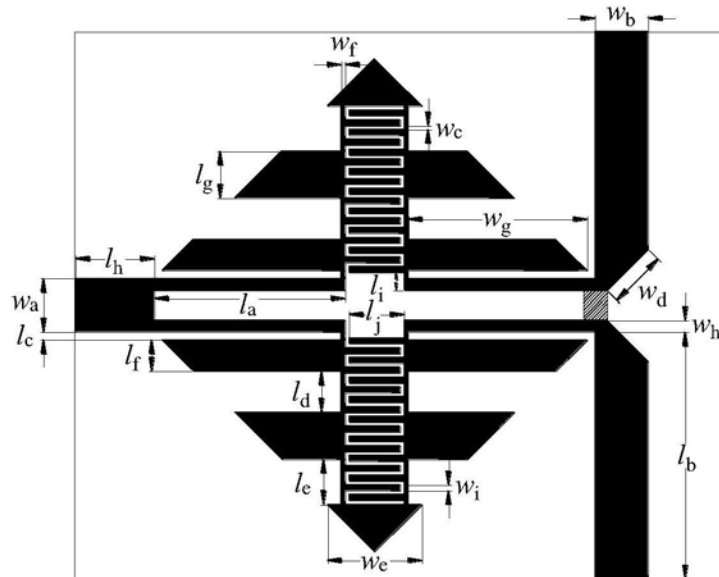


图4

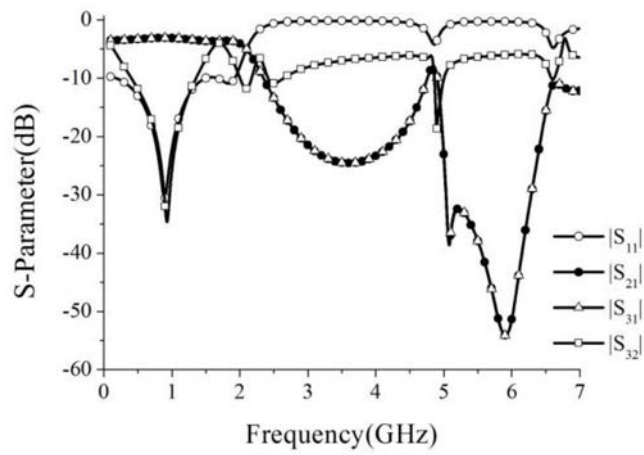


图5

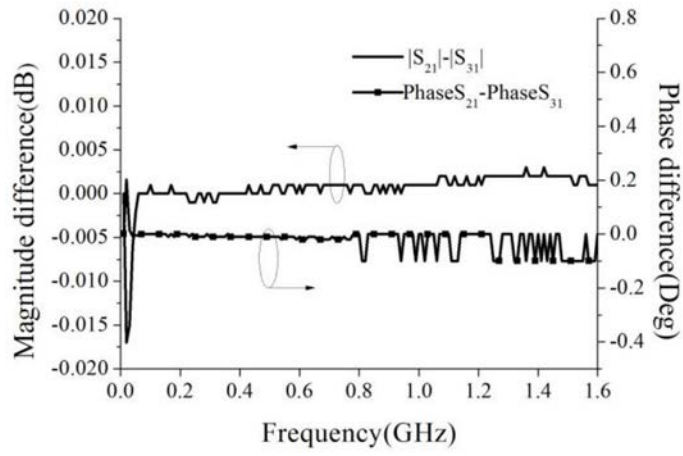


图6

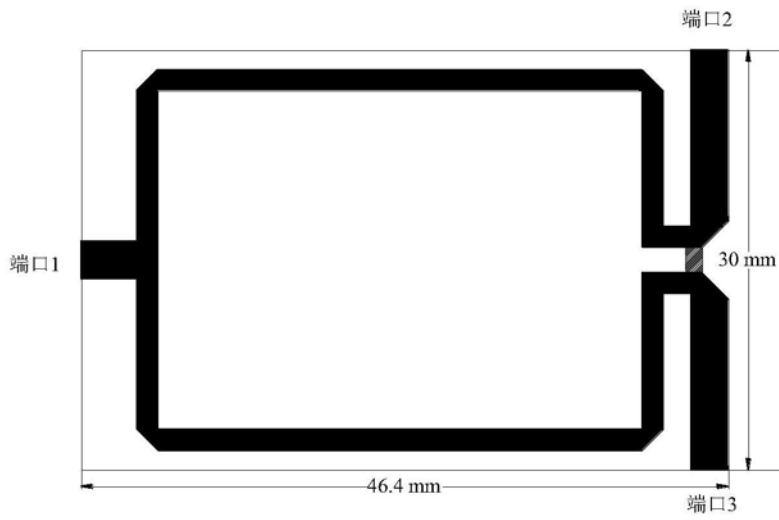


图7

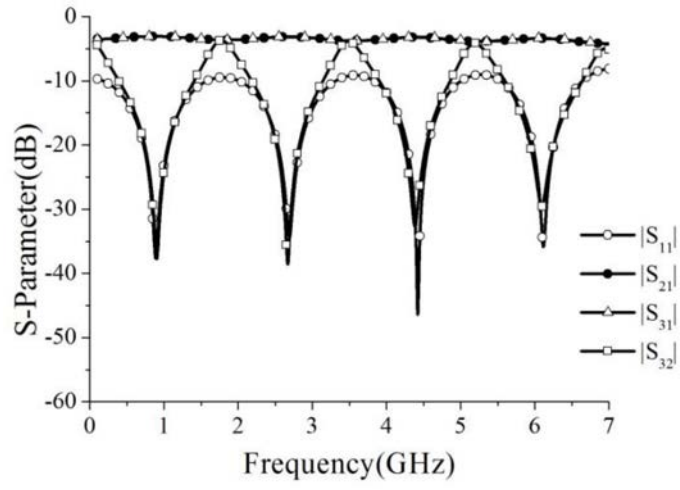


图8