



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111416189 B

(45) 授权公告日 2021.10.22

(21) 申请号 201911392311.6

(22) 申请日 2019.12.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111416189 A

(43) 申请公布日 2020.07.14

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 陈海东 李虹萍 薛泉 车文荃

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍 陈伟斌

(51) Int.Cl.

H01P 5/04 (2006.01)

H01P 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109167141 A, 2019.01.08

EP 0154958 A2, 1985.09.18

US 5283540 A, 1994.02.01

CN 204809372 U, 2015.11.25

Yongle Wu等.A Modified Gysel Power
Divider of Arbitrary Power Ratio and Real
Terminated Impedances.《IEEE Microwave and
Wireless Components Letters 》.2011,第21卷
(第11期),

审查员 袁典

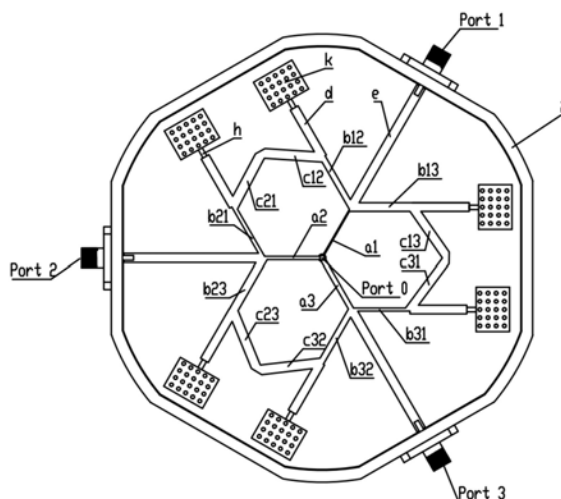
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器

(57) 摘要

本发明公开了一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,包括电路板、金属框架、转接头,电路板放置在金属框架内;电路板包括微带结构、介质基板和接地金属,微带结构附着在介质基板的上表面,接地金属附着在介质基板的下表面;转接头通过金属框架的底层和介质基板与微带结构连接。本发明的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,能够实现任意功率分配比、任意端口负载的功率分配与合成,既可作为功分器实现功率分配,也可作为合路器实现功率合成,并且克服了现有功分器只有等功率分配比、等端口负载,以及难以在一个平面内实现的缺陷。



1. 一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,其特征在于,包括电路板、金属框架(2)、转接头(1),电路板放置在金属框架(2)内;电路板包括微带结构(4)、介质基板(3)和接地金属(5),微带结构(4)附着在介质基板(3)的上表面,接地金属(5)附着在介质基板(3)的下表面;转接头(1)通过金属框架(2)的底层和介质基板(3)后与微带结构(4)连接;

所述微带结构(4)包括负载阻值为 R_{x0} 的端口Port 0、三个负载阻值为 R_{xn} 的端口Port n、三根第一级传输线(a1、a2、a3)、六根第一分支传输线(b12、b13、b21、b23、b31、b32)、六根第二分支传输线(c12、c13、c31、c32、c23、c21)、三根连接端口传输线(e)和六个接地板(k), $n=1,2,3$;所述三根第一级传输线(a1、a2、a3)一端同时连接于位于中心的端口Port 0,另一端分别通过三根连接端口传输线(e)与三个端口Port n连接;同时每两根第一分支传输线与每根第一级传输线的一端连接,每根第一分支传输线的另一端连与每根第二分支传输线的一端连接,每根第二分支传输线的另一端与相邻的第二分支传输线连接;同时每根第一分支传输线通过连接电阻传输线(d)与接地电阻(h)的一端连接,接地电阻另一端与接地板(k)连接;

所述第一级传输线(a1、a2、a3)的特性阻抗为 Z_{0m} 、第一分支传输线(b12、b13、b21、b23、b31、b32)的特性阻抗分别为 Z_{mnm} 和 Z_{nmn} 、第二分支传输线(c12、c13、c31、c32、c23、c21)的特性阻抗分别为 Z_{mn} 和 Z_{nm} 、接地电阻阻值分别为 R_{mn} 和 R_{nm} ,其中, $m=(1,2,3)$, $n=(1,2,3)$,且 $m < n$;

微带结构(4)中,每个Port n的功率分配关系 $k_1^2:k_2^2:k_3^2=P_1:P_2:P_3$,其中 P_1 、 P_2 、 P_3 分别为端口Port 1、Port 2、Port 3的输出或输入功率大小;传输线的特性阻抗值计算方式为:

$$\begin{aligned} Z_{0m} &= \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x0}R_{xm}}{K_m^2}} \\ Z_{mnm} &= \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{xm}}{K_n^2} \cdot \frac{R_{mn}R_{nm}Z_{mn}^2}{R_{mn}Z_{nm}^2 + R_{nm}Z_{mn}^2}} \\ Z_{nmn} &= \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{xn}}{K_m^2} \cdot \frac{R_{mn}R_{nm}Z_{nm}^2}{R_{mn}Z_{nm}^2 + R_{nm}Z_{mn}^2}} \\ m &= (1,2,3), \quad n = (1,2,3), \quad \text{且 } m < n \end{aligned}$$

2. 根据权利要求1所述的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,其特征在于,三根第一级传输线(a1、a2、a3)、六根第一分支传输线(b12、b13、b21、b23、b31、b32)和六根第二分支传输线(c12、c13、c31、c32、c23、c21)的长度均为工作频率下波长的四分之一。

3. 根据权利要求2所述的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,其特征在于,端口Port 0连接到端口Port 1的第一级传输线(a1)的特性阻抗为 Z_{01} ,连接到端口Port 2的第一级传输线(a2)的特性阻抗为 Z_{02} ,连接到端口Port 3的第一级传输线(a3)的特性阻抗为 Z_{03} 。

4. 根据权利要求1所述的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,其特征在于,所述每两根第一分支传输线、两个第二分支传输线,以及两个接地电阻组成一个隔离网络,分别为 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{23} 。

5. 根据权利要求4所述的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,其特征在于,隔离网络 P_{12} 中连接到端口Port 1的第一分支传输线(b12)的特性阻抗为 Z_{121} ,连接到端口Port 2的第一分支传输线(b21)的特性阻抗为 Z_{122} ;隔离网络 P_{13} 中连接到端口Port 1的第一分支传输

线(b13)的特性阻抗为 Z_{131} ,连接到端口Port 3的第一分支传输线(b31)的特性阻抗为 Z_{133} ;隔离网络 P_{23} 中连接到端口Port 2的第一分支传输线(b23)的特性阻抗为 Z_{232} ,连接到端口Port 3的第一分支传输线(b32)的特性阻抗为 Z_{233} 。

6.根据权利要求4所述的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,其特征在于,隔离网络 P_{12} 中连接到端口Port 1的第二分支传输线(c12)的特性阻抗为 Z_{12} ,连接到端口Port 2的第二分支传输线(c21)的特性阻抗为 Z_{21} ;隔离网络 P_{13} 中连接到端口Port 1的第二分支传输线(c13)的特性阻抗为 Z_{13} ,连接到端口Port 3的第二分支传输线(c31)的特性阻抗为 Z_{31} ;隔离网络 P_{23} 中连接到端口Port 2的第二分支传输线(c23)的特性阻抗为 Z_{23} ,连接到端口Port 3的第二分支传输线(c32)的特性阻抗为 Z_{32} 。

7.根据权利要求4所述的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,其特征在于,隔离网络 P_{12} 中连接到端口Port 1的接地电阻的为 R_{12} ,连接到端口Port 2的接地电阻的为 R_{21} ;隔离网络 P_{13} 中连接到端口Port 1的接地电阻的为 R_{13} ,连接到端口Port 3的接地电阻的为 R_{31} ;隔离网络 P_{23} 中连接到端口Port 2的接地电阻的为 R_{23} ,连接到端口Port 3的接地电阻的为 R_{32} 。

8.根据权利要求1所述的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,其特征在于,转接头(1)的端口Port 0通过金属框架(2)底层和介质基板(3)连接于微带结构(4)三条第一级传输线(a)的一端;端口Port n通过金属框架(2)侧壁连接于三根连接端口传输线(e)的一端,端口传输线(e)均匀分布于介质基板(3)的边缘。

一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器

技术领域

[0001] 本发明涉及电子器件技术领域,具体涉及一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器。

背景技术

[0002] 功分器是一种将一路输入信号能量分成两路或多路输出相等或不相等能量的器件,或将多路信号能量合成一路输出,此时称为合路器。功分器被广泛应用于天线馈电系统、相控阵列雷达系统等。Wilkinson型功分器是最典型的功分器之一,但是其使用的隔离电阻与地板之间的分布电容效应限制了它在高功率场合的应用,Gysel型功分器的优势在于功率容量大,可用于高功率场合。

[0003] 目前常见的Gysel型功分器多为两路输出,对于三路输出的Gysel型功分器,大都是功率平均分配,实现三路等分,且大多在结构布局上难以在一个平面上实现。例如已公开的专利CN 204809372 U提出了一种三等分Gysel型功分器/合路器,该一分三路Gysel型功分器只能实现功率平均分配,且尚未给出该结构Gysel型功分器的设计公式。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器。

[0005] 本发明至少通过如下技术方案之一实现。

[0006] 一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器,包括电路板、金属框架、转接头,电路板放置在金属框架内;电路板包括微带结构、介质基板和接地金属,微带结构附着在介质基板的上表面,接地金属附着在介质基板的下表面;转接头通过金属框架的底层和介质基板与微带结构连接。

[0007] 进一步地,微带结构包括负载阻值为 R_{x0} 的端口Port 0、三个负载阻值为 R_{xn} 的端口Port n, $n=1,2,3$ 、三根第一级传输线、六根第一分支传输线、六根第二分支传输线、三根连接端口传输线和六个接地板;所述三根第一级传输线一端同时连接于位于中心的端口Port 0,另一端分别通过三根连接端口传输线与三个端口Port n连接;同时每两根第一分支传输线与每根第一级传输线的一端连接,每根第一分支传输线的另一端与每根第二分支传输线的一端连接,每根第二分支传输线的另一端与相邻的第二分支传输线连接;同时每根第一分支传输线通过连接电阻传输线与接地电阻的一端连接,接地电阻另一端与接地板连接。

[0008] 进一步地,三根第一级传输线、六根第一分支传输线和六根第二分支传输线的长度均为工作频率下波长的四分之一。

[0009] 进一步地,端口Port 0连接到端口Port 1的第一级传输线的特性阻抗为 Z_{01} ,连接到端口Port 2的第一级传输线的特性阻抗为 Z_{02} ,连接到端口Port 3的第一级传输线的特性阻抗为 Z_{03} 。

[0010] 进一步地,所述每两根第一分支传输线、两个第二分支传输线,以及两个接地电阻组成一个隔离网络,分别为 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{23} 。

[0011] 进一步地,隔离网络 P_{12} 中连接到端口Port 1的第一分支传输线的特性阻抗为 Z_{121} ,连接到端口Port 2的第一分支传输线的特性阻抗为 Z_{122} ;隔离网络 P_{13} 中连接到端口Port 1的第一分支传输线的特性阻抗为 Z_{131} ,连接到端口Port 3的第一分支传输线的特性阻抗为 Z_{133} ;隔离网络 P_{23} 中连接到端口Port 2的第一分支传输线的特性阻抗为 Z_{232} ,连接到端口Port 3的第一分支传输线的特性阻抗为 Z_{233} 。

[0012] 进一步地,隔离网络 P_{12} 中连接到端口Port 1的第二分支传输线的特性阻抗为 Z_{12} ,连接到端口Port 2的第二分支传输线的特性阻抗为 Z_{21} ;隔离网络 P_{13} 中连接到端口Port 1的第二分支传输线的特性阻抗为 Z_{13} ,连接到端口Port 3的第二分支传输线的特性阻抗为 Z_{31} ;隔离网络 P_{23} 中连接到端口Port 2的第二分支传输线的特性阻抗为 Z_{23} ,连接到端口Port 3的第二分支传输线的特性阻抗为 Z_{32} 。

[0013] 进一步地,隔离网络 P_{12} 中连接到端口Port 1的接地电阻为 R_{12} ,连接到端口Port 2的接地电阻为 R_{21} ;隔离网络 P_{13} 中连接到端口Port 1的接地电阻为 R_{13} ,连接到端口Port 3的接地电阻为 R_{31} ;隔离网络 P_{23} 中连接到端口Port 2的接地电阻为 R_{23} ,连接到端口Port 3的接地电阻为 R_{32} 。

[0014] 进一步地,通过转接头的端口Port 0通过金属框架底层和介质基板连接于微带结构三条第一级传输线的一端;端口Port n通过金属框架侧壁连接于三根连接端口传输线的一端,端口传输线均匀分布于介质基板的边缘。

[0015] 与现有技术相比,本发明的优点为:

[0016] (1) 本发明能够实现任意功分比、任意端口阻抗的功率分配与合成,为设计三路Gysel型功分器提供了简单又有效的设计方法,克服了传统的三路Gysel功分器只有等功率分配比、等端口负载的缺陷,可以使三路不等分的Gysel型功分器每个端口都有良好的匹配,每个输出端口有良好的隔离;(2) 本发明使三路功分器结构在一个平面上实现,结构紧凑,传输线的特性阻抗动态可调范围大;(3) 本发明所涉及的三路任意功分比的Gysel型功分器可以承受高功率,适合微波的高功率分配合成应用。

附图说明

[0017] 图1是本实施例三路任意功分比Gysel型功分器的结构拓补图;

[0018] 图2是本实施例三路任意功分比Gysel型功分器的电路结构剖面示意图;

[0019] 图3是本实施例三路任意功分比Gysel型功分器的电路结构上视图;

[0020] 图4是本实施例三路不等分Gysel型功分器的端口反射系数幅值的仿真及测试结果图;

[0021] 图5是本实施例三路不等分Gysel型功分器的端口传输系数幅值的仿真及测试结果图;

[0022] 图6是本实施例三路不等分Gysel型功分器的端口隔离系数幅值的仿真及测试结果图。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述。

[0024] 如图1和图2所示,一种三路任意功分比Gysel型功分器/合路器包括包括电路板3、

金属框架2、转接头1,电路板3放置在金属框架2内;电路板3包括微带结构4、介质基板3和接地金属5,微带结构4附着在介质基板3的上表面,接地金属5附着在介质基板3的下表面;转接头1通过金属框架2的底层和介质基板3与微带结构4连接。

[0025] 如图3所示,微带结构4包括负载阻值为 R_{x0} 的端口Port 0、三个负载阻值为 R_{xn} 的端口Port n, $n=1,2,3$ 、三根第一级传输线(a1、a2、a3)、六根第一分支传输线(b12、b13、b21、b23、b31、b32)、六根第二分支传输线(c12、c13、c31、c32、c23、c21)、三根连接端口传输线e和六个接地板k。三根第一级传输线(a1、a2、a3)一端同时连接于位于中心的端口Port 0,形成三路第一级传输线,三根第一级传输线(a1、a2、a3)的另一端分别通过三根连接端口传输线e与三个端口Port n连接;同时每两根第一分支传输线与每根第一级传输线的一端连接,每根第一分支传输线的另一端连与每根第二分支传输线的一端连接,每根第二分支传输线的另一端与相邻的第二分支传输线连接;同时每根第一分支传输线通过连接电阻传输线d与接地电阻h的一端连接,接地电阻另一端与接地板k连接。

[0026] 所述端口Port 0设置在转接头1的一端,转接头1的另一端通过金属框架2的底层和介质基板3与微带结构4连接。

[0027] 通过转接头1的端口Port 0通过金属框架2底层和介质基板3连接于微带结构4三条第一级传输线的一端;端口Port n通过金属框架2侧壁连接于三根连接端口传输线的一端,端口传输线均匀分布于介质基板3的边缘

[0028] 所述每两根第一分支传输线、两个第二分支传输线,以及两个接地电阻组成一个隔离网络,本实施例形成三个隔离网络,分别为 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{23} 。

[0029] 三路任意功分比Gysel型功分器/合路器的具体执行步骤为:

[0030] 步骤1、确定功分器的工作频率f、以及每路输出端口的功率分配关系(功分比) $k_1^2:k_2^2:k_3^2=P_1:P_2:P_3$,其中 P_1 、 P_2 、 P_3 分别为输出端口Port 1、Port 2、Port 3的功率大小;

[0031] 步骤2、确定输入端口Port 0所接负载的电阻 R_{x0} 、分口Port n所接负载的电阻 R_{xn} , $n=1,2,3$;

[0032] 步骤3、确定六根第二分支传输线(c12、c13、c31、c32、c23、c21)的特性阻抗 Z_{12} 、 Z_{21} 、 Z_{13} 、 Z_{31} 、 Z_{23} 、 Z_{32} ,和六个接地电阻h的阻值 R_{12} 、 R_{21} 、 R_{13} 、 R_{31} 、 R_{23} 、 R_{32} 。

[0033] 步骤4、根据以上所确定的条件,计算功分器三根第一级传输线的特性阻抗值以及六根第一分支传输线的特性阻抗值:

$$[0034] \quad Z_{0m} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x0}R_{xm}}{K_m^2}}$$

$$[0035] \quad Z_{mmm} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{xm}}{K_n^2}} \cdot \frac{R_{mn}R_{nm}Z_{mn}^2}{R_{mn}Z_{nm}^2 + R_{nm}Z_{mn}^2}$$

$$[0036] \quad Z_{mmn} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{xn}}{K_m^2}} \cdot \frac{R_{mn}R_{nm}Z_{nm}^2}{R_{mn}Z_{nm}^2 + R_{nm}Z_{mn}^2}$$

[0037] $m=(1,2,3)$, $n=(1,2,3)$, 且 $m < n$

[0038] 步骤5、根据计算出的传输线阻抗值和所用板材特性综合出传输线线宽线长。

[0039] 本发明提供的三路任意功分比Gysel型功分器/合路器的电路板可直接印制在高

频PCB印制板上。本发明的传输线线长及线宽等根据功分器的工作频率和PCB板材的不同而不同。

[0040] 本实例为三路不等分Gysel型功分器,所用工作频点为 $f=3.5\text{GHz}$ 、输入端口Port 0和输出端口Port n的负载阻抗均为 50Ω , $n=1,2,3$ 。Port1、Port2、Port3的功率分配比为 $k_1^2:k_2^2:k_3^2=1:2:3$,高频PCB板材是Rogers 5880,介电常数2.2.厚度0.787mm。具体执行步骤为:

[0041] 步骤a1、确定功分器的工作频率 $f=3.5\text{GHz}$,以及各端口的功率分配关系: $k_1^2:k_2^2:k_3^2=1:2:3$;

[0042] 步骤a2、确定输入端口Port0所接负载的电阻值 $R_{x0}=50\Omega$,确定输出端口Port n所接负载的电阻值 $R_{xn}=50\Omega$, $n=1,2,3$;

[0043] 步骤b、确定六根第一分支传输线的特性阻抗: $Z_{12}=35\Omega$, $Z_{21}=35\Omega$, $Z_{13}=35\Omega$, $Z_{31}=35\Omega$, $Z_{23}=35\Omega$, $Z_{32}=35\Omega$;确定六个接地电阻的阻值: $R_{12}=50\Omega$, $R_{21}=50\Omega$, $R_{13}=50\Omega$, $R_{31}=50\Omega$, $R_{23}=50\Omega$, $R_{32}=50\Omega$;

[0044] 步骤d1、计算第一路至第三路的第一级传输线的特征阻抗:

$$[0045] \quad Z_{01} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x0}R_{x1}}{K_1^2}} = 122.47\Omega$$

$$[0046] \quad Z_{02} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x0}R_{x2}}{K_2^2}} = 86.6\Omega$$

$$[0047] \quad Z_{03} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x0}R_{x3}}{K_3^2}} = 70.71\Omega$$

[0048] 步骤d2、计算第一路与第二路之间隔离网络 P_{12} 中的两根第一级线的特性阻抗 Z_{121} 和 Z_{122} ,其值为:

$$[0049] \quad Z_{121} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x1}}{K_2^2} \cdot \frac{R_{12}R_{21}Z_{12}^2}{R_{12}Z_{21}^2 + R_{21}Z_{12}^2}} = 61.24\Omega$$

$$[0050] \quad Z_{122} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x2}}{K_1^2} \cdot \frac{R_{12}R_{21}Z_{21}^2}{R_{12}Z_{21}^2 + R_{21}Z_{12}^2}} = 86.6\Omega$$

[0051] 计算第一路与第三路之间隔离网络 P_{13} 中的两根第一级线的特性阻抗 Z_{131} 和 Z_{133} ,其值为:

$$[0052] \quad Z_{131} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x1}}{K_3^2} \cdot \frac{R_{13}R_{31}Z_{13}^2}{R_{13}Z_{31}^2 + R_{31}Z_{13}^2}} = 50\Omega$$

$$[0053] \quad Z_{133} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x3}}{K_1^2} \cdot \frac{R_{13}R_{31}Z_{31}^2}{R_{13}Z_{31}^2 + R_{31}Z_{13}^2}} = 86.6\Omega$$

[0054] 计算第二路与第三路之间隔离网络 P_{23} 中的两根第一级线的特性阻抗 Z_{232} 和 Z_{233} ,其值为:

$$[0055] \quad Z_{232} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x2}}{K_3^2}} \cdot \frac{R_{23}R_{32}Z_{23}^2}{R_{23}Z_{32}^2 + R_{32}Z_{23}^2} = 50\Omega$$

$$[0056] \quad Z_{233} = \sqrt{\frac{(K_1^2 + K_2^2 + K_3^2)R_{x3}}{K_2^2}} \cdot \frac{R_{23}R_{32}Z_{32}^2}{R_{23}Z_{32}^2 + R_{32}Z_{23}^2} = 61.24\Omega$$

[0057] 步骤e、根据计算出的传输线阻抗值和所用的板材特性综合出实际传输线线宽线长。

[0058] 如图4所示,端口Port n的反射系数为 $S(0,0) \sim S(3,3)$,仿真结果用 $S-S(n,n)$ 表示,测试结果 $M-S(n,n)$ 表示,从图4中可以看出,在3.3-3.7GHz范围内,一个输入端口、三个输出端口的反射系数均小于-20dB,有良好的端口匹配性。

[0059] 如图5所示,端口的传输系数为 $S(0,n)$, $n=1,2,3$,仿真结果用 $S-S(0,n)$ 表示,测试结果用 $M-S(0,n)$ 表示,从图5中可以看出,在3.3-3.7GHz范围内,三个输出端口的功率分配比大致为1:1.94:3,近似于1:2:3,有良好的功率分配特性。

[0060] 如图6所示,输出端口Port n的隔离系数为 $S(m,n)$, $(m=1,2,3;n=1,2,3, \text{且} m < n)$,仿真结果用 $S-S(m,n)$ 表示,测试结果用 $M-S(m,n)$ 表示,从图6中可以看出,在Port n,在3.3-3.7GHz范围内,三个输出端口之间的隔离系数均小于-20dB,有良好的端口隔离性。

[0061] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,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。

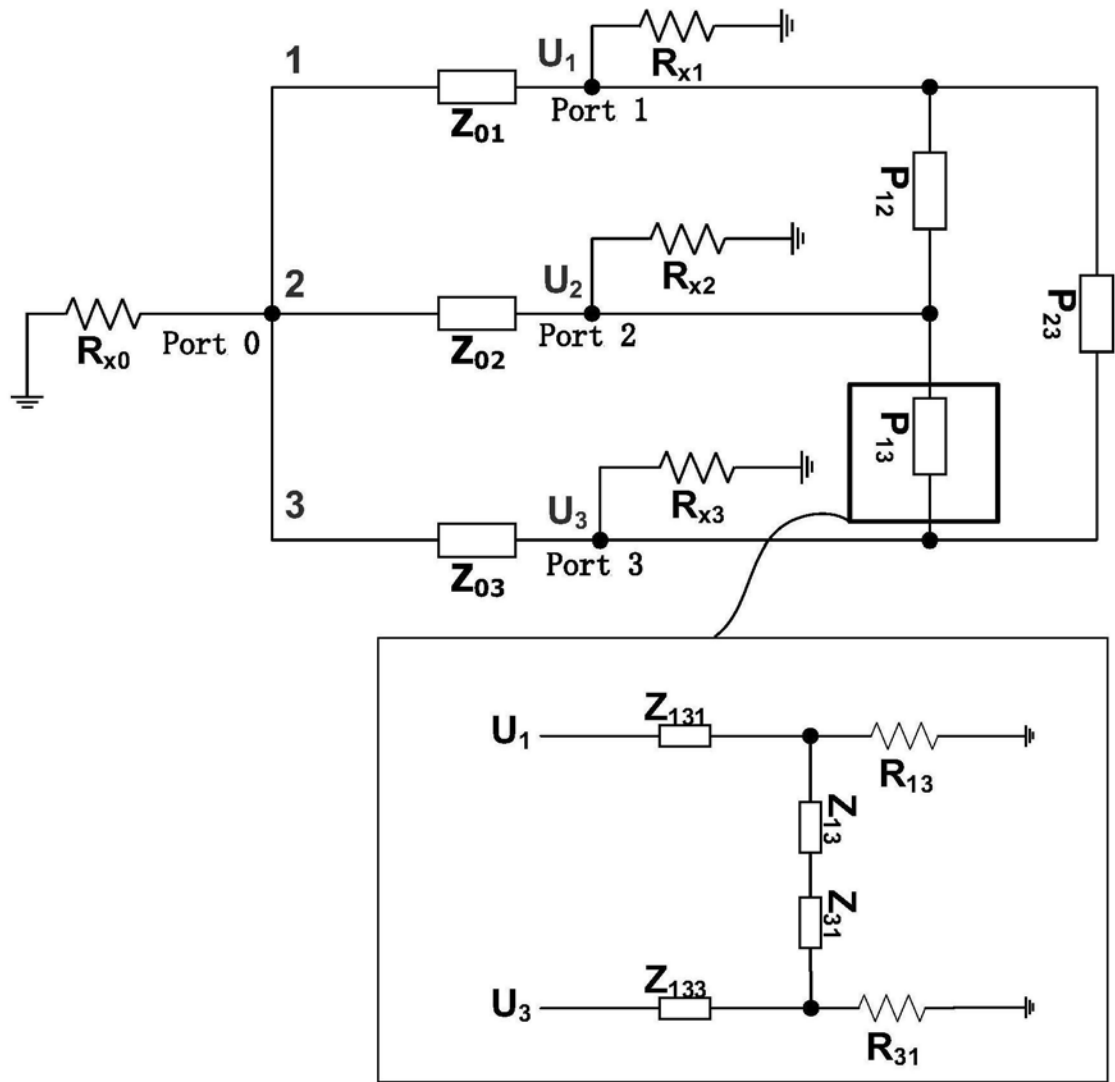


图1

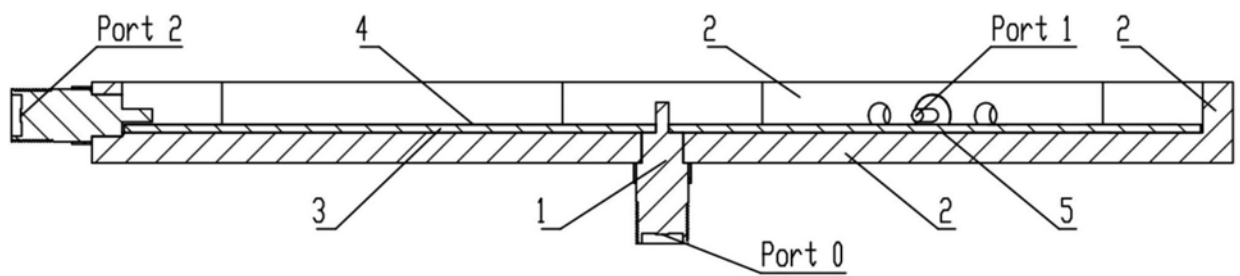


图2

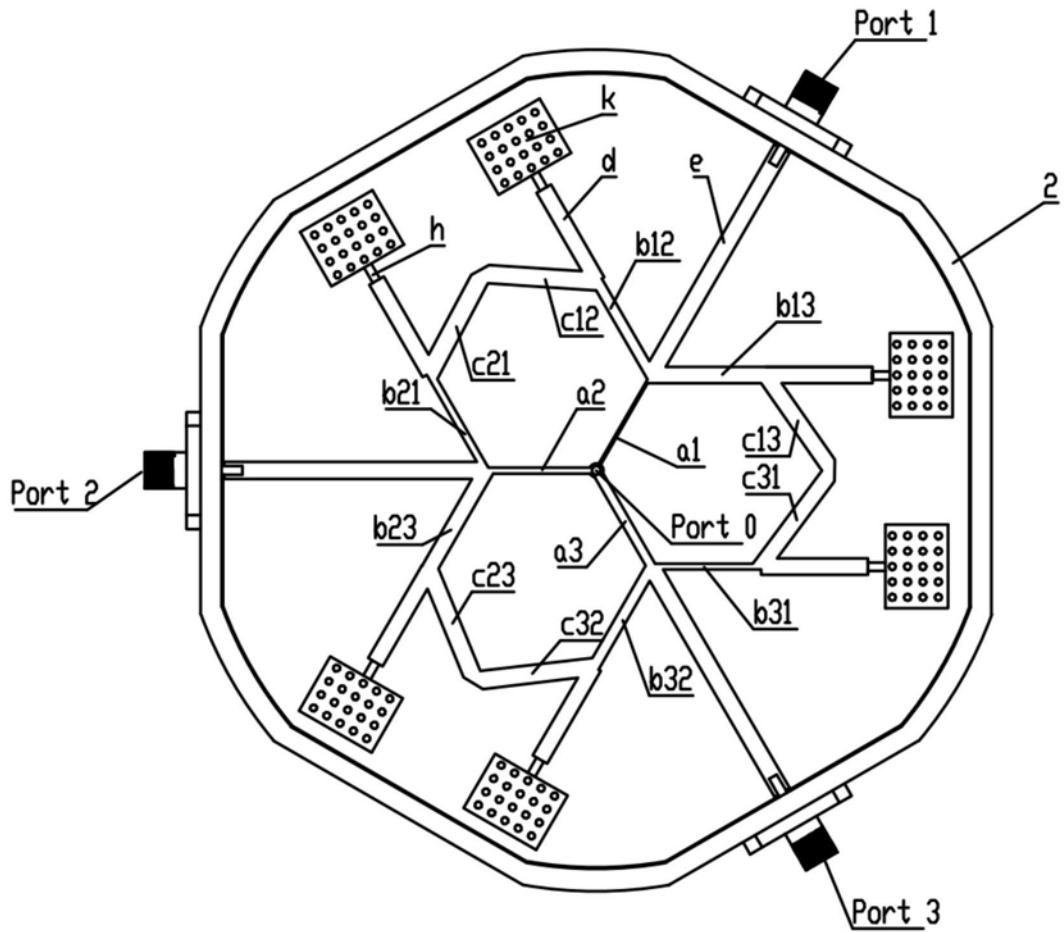


图3

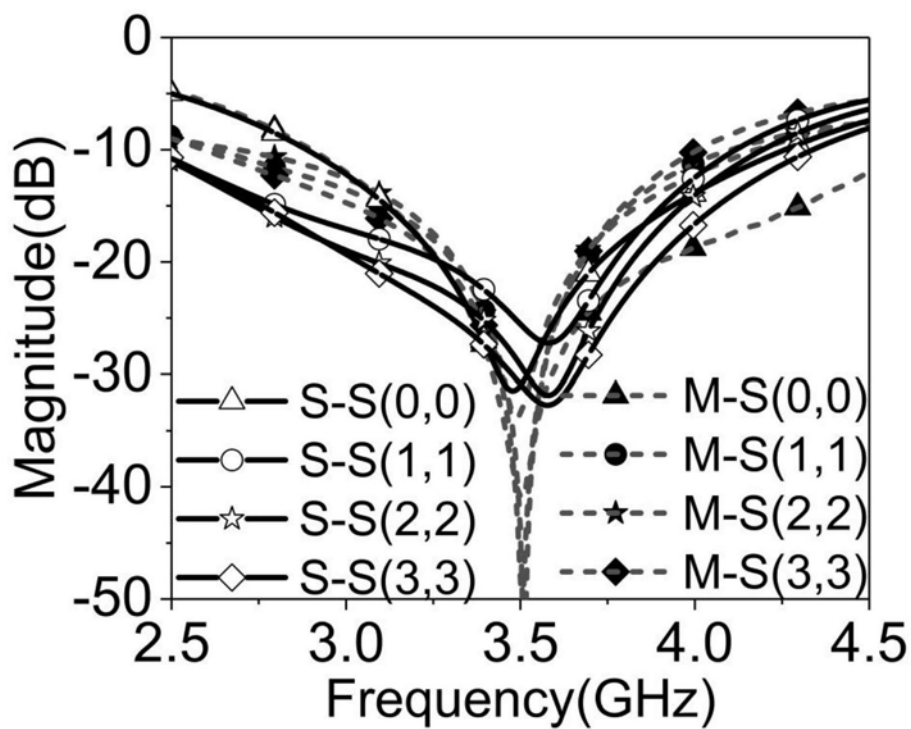


图4

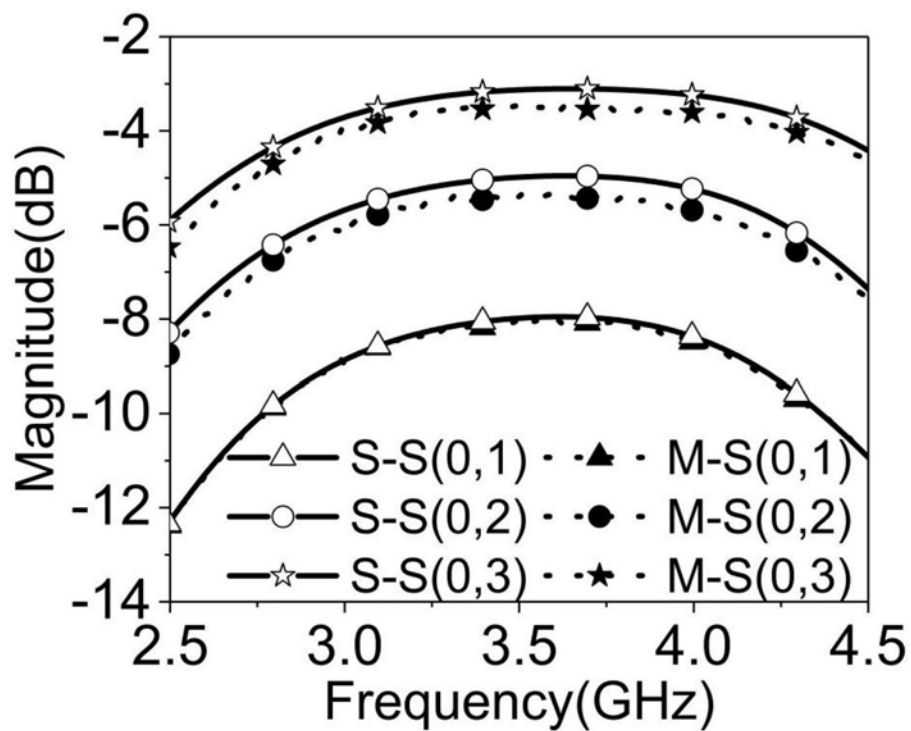


图5

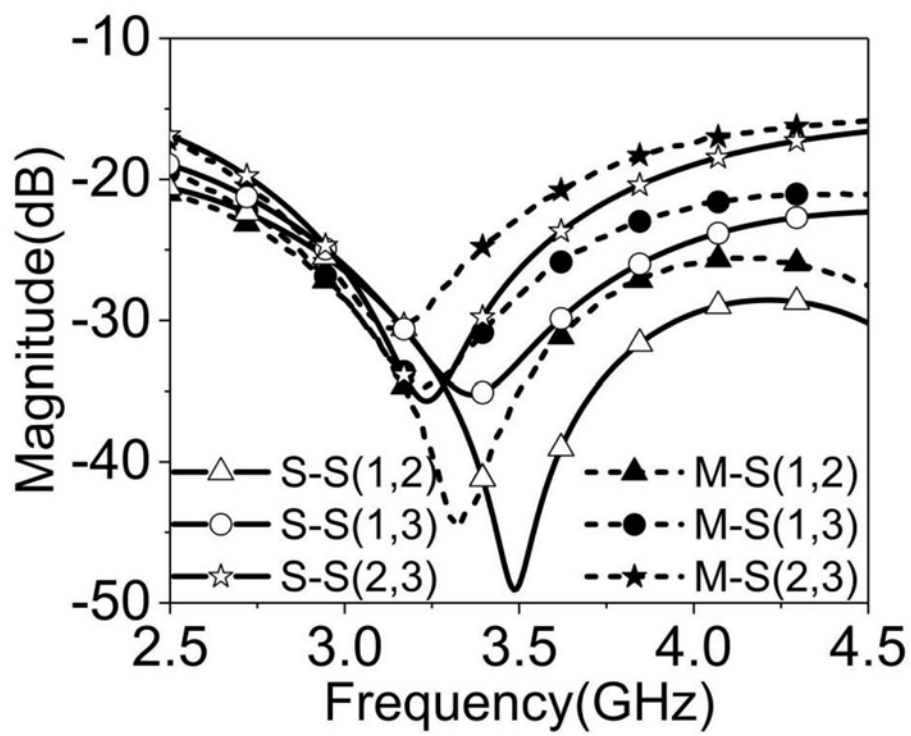


图6