



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111628262 A

(43)申请公布日 2020.09.04

(21)申请号 202010516435.7

(22)申请日 2020.06.09

(71)申请人 西安电子工程研究所

地址 710100 陕西省西安市长安区凤栖东路

(72)发明人 李磊 雷国忠 马云柱 张国强  
张思明 湛婷

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心  
61204

代理人 刘新琼

(51) Int. Cl.

H01P 5/16(2006.01)

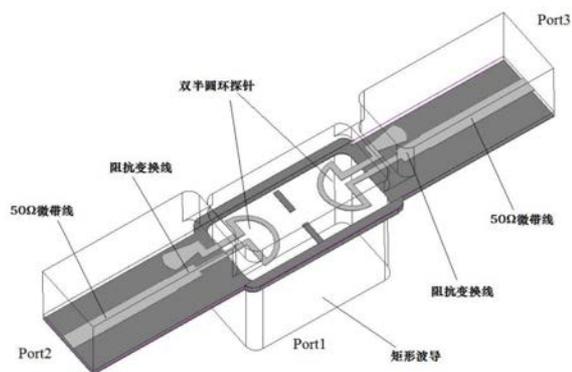
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器

## (57)摘要

一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器。本发明基于Ka波段电路特性,根据波导电磁波原理,结合环形天线理论,设计出了一款对称结构的,双半圆环磁耦合功率分配器。此功率分配器,公共端口为BJ320波导结构,分配端口为微带形式,其余通常的其他E面微带探针分配器出口位置不同,其结构紧凑,尺寸小巧,性能良好,为射频工程师提供了新的设计方式,解决现有技术中结构受限的问题。



1. 一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器,其特征在于包括3部分,其中底部为金属壳体,在金属壳体的中间位置铣削出波BJ320的矩形导腔,沿着矩形导腔的宽边方向设有微带安装槽;中间部分为微带介质板,微带介质板安装在微带安装槽里,微带介质板的顶面印制图形对称分布的磁耦合金属半圆环(1),磁耦合金属半圆环(1)的一端从圆心处沿微带方向经三级阻抗变化连接到50Ω传输线(3),直到微带端口,磁耦合金属半圆环(1)的另一端转接至四分之一波长开路线(6),微带介质板背面在波导中心处沿窄边方向并排两个金属短线,微带板背面除波导口外均印制金属地层;上部为金属壳体,沿对应微带介质板的位置开有3个槽,其中中间的槽对应波导位置,中间槽两侧设有金属墙,金属墙用以调整端口匹配度,两边的槽对称,金属墙离水平面的高度为h2,中间槽离水平面的高度为h1,两边槽离水平面的高度为h3,h2<h1<h3;上部金属壳体与底部金属壳体通过金属螺钉连接成一个整体。

2. 根据权利要求1所述的一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器,其特征在于所述的微带介质板的采用0.254mm厚、介电常数2.2的Rogers 5880板材。

3. 根据权利要求1所述的一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器,其特征在于所述的磁耦

合金属半圆环(1)的半径 $r = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt[4]{\frac{5 \times \sqrt{10\pi/8.85}}{4\pi^2 \times \sqrt{1 - (\lambda/2a)^2}}}$ ,其中, $\lambda$ 为波长, $a$ 为波导的宽边。

4. 根据权利要求1所述的一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器,其特征在于所述的微带介质板通过焊接/粘接安装在微带安装槽里。

## 一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器

### 技术领域

[0001] 本发明属电路技术领域,基于Ka波段电路特性,根据波导电磁波原理,结合环形天线理论,设计出了一款对称结构的,双半圆环磁耦合功率分配器。此功率分配器,公共端口为BJ320波导结构,分配端口为微带形式,其端口相位可同相可反相。

### 背景技术

[0002] 随着MMCI技术的快速发展,Ka波段的毫米波电路越来越多的应用平面MMIC芯片来实现各类功能的射频系统。微带电路以其电路形式多样,使用灵活,调试方便等优点,已经成为Ka波段毫米波电路设计的主流选择。波导电路则因为其Q值高,传输损耗低,屏蔽性好和功率容量大等特点,成为电路中功率合成、信号传输的主要选择。对于发射电路来说,想要同时保证高效的功率合成与分配以及合成电路小型化,通常采用微带探针与波导相结合的设计方式。传统的设计均采用两个微带探针从矩形波导宽边(并排或相向)插入,利用电耦合方式将微带电路中的TEM模式转换为波导中的TE<sub>10</sub>模式,但是缺乏直接将微带探针从矩形波导窄边插入,利用磁耦合原理实现模式转换的功率分配器形式。随着毫米波系统不断发展,毫米波电路的设计会越来越丰富,对各类型功分器的需求都会出现,本发明提出的功分器可以应用在波导宽边平行对称且间距很窄(窄到不能够排布芯片的程度)的功率合成电路,如图1所示。这种端口排布形式,若采用传统的E面探针形式,只能选用并排双探针结构,要么波导口之间的间距或排布电路的面积会大于本发明所适用的电路,不利于小型化设计。

### 发明内容

[0003] 要解决的技术问题

[0004] 为了解决结构受限的问题,针对现有设计中缺乏矩形波导窄边馈入微带探针的功率分配器形式。利用磁耦合原理,本发明提出了一种波导窄边馈入,外形尺寸小、工作带宽宽、装配容易、能够密封波导的新型的两端口功率分配器。

[0005] 技术方案

[0006] 一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器,其特征在于包括3部分,其中底部为金属壳体,在金属壳体的中间位置铣削出波BJ320的矩形导腔,沿着矩形导腔的宽边方向设有微带安装槽;中间部分为微带介质板,微带介质板安装在微带安装槽里,微带介质板的顶面印制图形对称分布的磁耦合金属半圆环,磁耦合金属半圆环的一端从圆心处沿微带方向经三级阻抗变化连接到50 $\Omega$ 传输线,直到微带端口,磁耦合金属半圆环的另一端转接至四分之一波长开路线,微带介质板背面在波导中心处沿窄边方向并排两个金属短线,微带板背面除波导口外均印制金属地层;上部为金属壳体,沿对应微带介质板的位置开有3个槽,其中中间的槽对应波导位置,中间槽两侧设有金属墙,金属墙用以调整端口匹配度,两边的槽对称,金属墙离水平面的高度为h<sub>2</sub>,中间槽离水平面的高度为h<sub>1</sub>,两边槽离水平面的高度为h<sub>3</sub>,h<sub>2</sub><h<sub>1</sub><h<sub>3</sub>;上部金属壳体与底部金属壳体通过金属螺钉连接成一个整体。

[0007] 所述的微带介质板的采用0.254mm厚、介电常数2.2的Rogers 5880板材。

[0008] 所述的磁耦合金属半圆环(1)的半径  $r = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt[4]{\frac{5 \times \sqrt{10\pi/8.85}}{4\pi^2 \times \sqrt{1 - (\lambda/2a)^2}}}$ , 其中,  $\lambda$  为波长,  $a$

为波导的宽边。

[0009] 所述的微带介质板通过焊接/粘接安装在微带安装槽里。

[0010] 有益效果

[0011] 本发明提出的一种Ka波段双半圆环磁耦合功分器,这种功分器与传统E面探针功分器电路相比,可获得更小间距的功率合成电路,有利于电路的小型化设计,也能解决波导口间距过小,器件排布困难的问题。具有如下几个特点:

[0012] [1]本发明适用于波导宽边平行排布的功率合成电路设计,有利于此型电路的小型化。

[0013] [2]半圆环形式波导微带探针的电磁场转换方式以磁耦合方式实现的。

[0014] [3]波导微带探针通过矩形波导窄边插入,电路平行于波导短路面。

[0015] [4]波导中的微带板可以密封波导口,实现对为微带电路的保护。

[0016] [5]通过对半圆环形式波导微带探针的翻转,可以实现功分器分配口的相位控制(同相/反相)。

## 附图说明

[0017] 图1此双半圆环磁耦合功分器适合的矩形波导宽边平行排布的功率合成电路。

[0018] 图2给出了此双半圆环磁耦合功分器三维模型图,从图中可以清楚的看出矩形波导腔与微带探针的组合方式,两侧为50Ω传输线,中间部分为经过阻抗变换连接的半圆环磁探针,下侧位波导合成口,上侧位波导短路面。(1-磁耦合金属半圆环,2-阻抗变换线,3-微带50Ω传输线,4-微带端口,5-矩形波导端口,6-四分之一开路线)。

[0019] 图3沿波导中心镜像对称的双半圆环磁耦合功分器的电路示意图,给出而来磁场在波导腔体和半圆环探针间的分布,二者输出同相。

[0020] 图4沿波导中心轴180°对称的双半圆环磁耦合功分器的电路示意图,给出而来磁场在波导腔体和半圆环探针间的分布,二者输出反相。

[0021] 图5双半圆环磁耦合功分器的实物样件图,金属外壳采用锻铝材料,表面采用导电氧化处理,Rogers 5880介质板微带线表面镀金,介质板通过导电胶粘接于壳体之上,两侧50Ω传输线通过锡焊与射频绝缘子连接,外侧装配2.92mm同轴接头。

[0022] 图6双半圆环磁耦合功分器的实物样件与仿真结果对比图。

## 具体实施方式

[0023] 现结合实施例、附图对本发明作进一步描述:

[0024] 本功率分配器利用环形天线原理,先设计出半圆环形式的磁耦合波导微带探针;再通过对称分布实现两个圆环的磁耦合共用,共同完成微带TEM模向矩形波导TE<sub>10</sub>模的转换,最终实现功率分配与合成的功能。当两个半圆环探针镜像对称排布时,两微带端口相位为同相分布;当两个半圆环探针为180°旋转对称排布时,两微带端口相位为反相分布。通过

调整探针排布可以适应更多的电路设计要求。

[0025] 图2给出了本磁耦合双半圆环功分器的三维模型图,从图中可以看出,此功分器由三部分组成。底部为金属壳体,铣削出波BJ320的矩形导腔和微带安装槽;中间部分为0.254mm厚的微带介质板,顶面印制图形对称分布,金属半圆环为电流环,与金属半圆环连接的平行宽边的为高阻线,一端从圆心处沿微带方向经三级阻抗变化连接到50Ω传输线,直到微带端口,另一端并排于中心处高阻线转接至四分之一波长开路线,介质板背面在波导中心处并排两个金属短线(“引向天线”),用来实现对磁力线的“导引”,微带板背面除波导口外均印制大面积金属“地”层,介质板通过焊接/粘接与地面壳体紧密连接;上部仍为金属壳体,波导对应的位置为短路面,两次的金属墙用以调整端口匹配度,经过它之后的微带线上空气腔高度可根据设计调整。粘接微带板厚的底部壳体与上部壳体通过金属螺钉紧密连接在一起。

[0026] 从图2中可以看出,微带端口连接的为50Ω微带线,其经过三级阻抗变换,提升阻抗并插入到波导之中,进而与半圆环“天线”连接,实现电磁场向波导内空间的辐射,圆环的另一端通过高阻线返回到微带传输线旁,通过四分之一开路线来等效接地。波导中心线处排放“引向天线”,实现磁场的环绕,将对称的两个半圆环“连接”起来,如图3和图4所示。封闭的环形磁场感应出电场和表面电流,最终实现出波导传输主模——TE<sub>10</sub>模。微带板通过导电胶或焊锡,粘接/焊接在金属壳体之上,中心波导处的微带板四周通过紧密粘接/焊接,可以利用微带介质板实现对波导口的物理封闭,保证不会由灰尘、水汽、杂物等进入到微带电路腔体之中,从而实现对电路的保护功能。

[0027] 设计中,各尺寸通过仿真优化可以得到,关键尺寸的初始值设置如下:半圆环距离波导窄边的距离约为四分之一宽边尺寸,微带板距离波导短路面之间的距离则应在0.05~

0.2倍的波导波长之间,半圆环半径初值可根据公式  $r = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt[4]{\frac{5 \times \sqrt{10\pi/8.85}}{4\pi^2 \times \sqrt{1 - (\lambda/2a)^2}}}$  得到。

[0028] 图2给出了这种功分器的基本结构形式,波导腔采用BJ320的标准矩形波导,内尺寸为7.112mm×3.556mm;微带板使用的是0.254mm厚、介电常数2.2的Rogers 5880板材。图5给出了实物装配图,微带板通过导电胶粘接在金属壳体之上,两侧通过射频同轴绝缘子与2.92mm的同轴连接器焊接在一起。便于实物的测试,在实际电路的使用中,可以将50Ω微带线直接与MMIC芯片或其它平面射频电路连接。

[0029] 各部分尺寸如表1所示。

[0030] 表1双半圆环磁耦合功分器各部分详细尺寸表(mm)

[0031]

w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8
0.78	0.68	0.22	0.17	0.24	0.24	0.33	0.5	1
w9	11	12	13	14	15	16	17	19
0.24	1.28	1.5	0.96	0.8	1.49	0.85	1.26	1.2
r1	r2	h1	h2	h3	a	b		
1.38	1.16	1.65	1.04	1.78	7.112	3.556		

[0032] 从图6可见,从图中可以看出实测曲线(meas\_)与仿真曲线(simu\_)的一致性很好,其从26.5~36.7GHz范围内插入损耗小于4.25dB,回波损耗优于10.2dB,微带两侧采用

2.92mm同轴连接器测试。

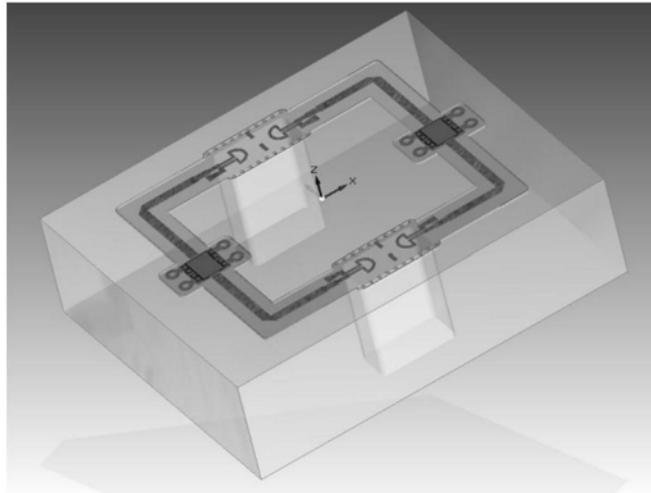


图1

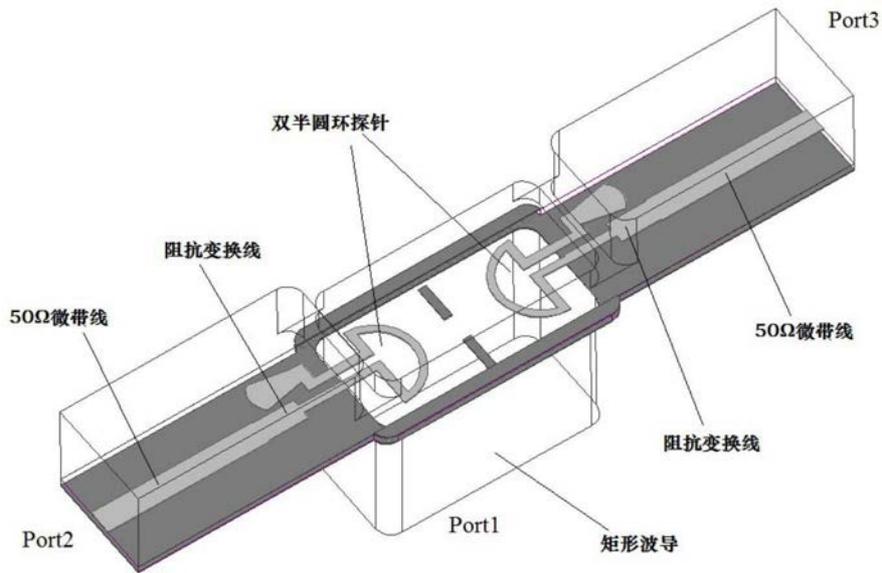


图2

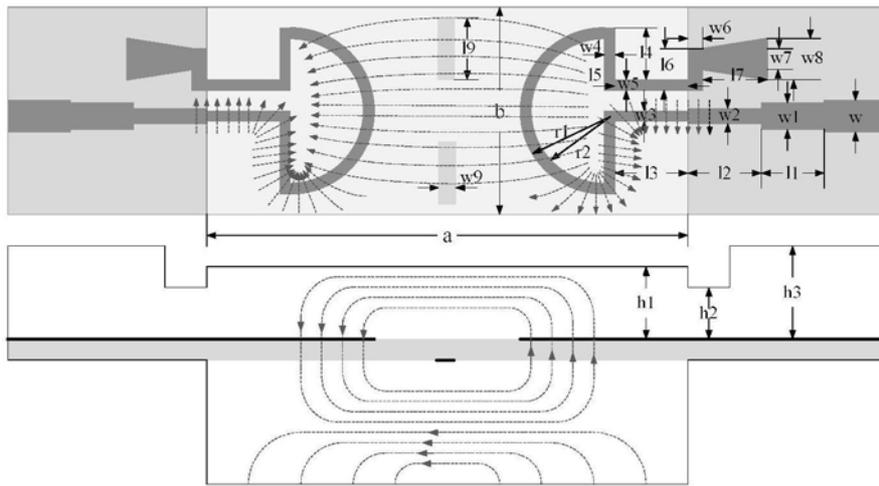


图3

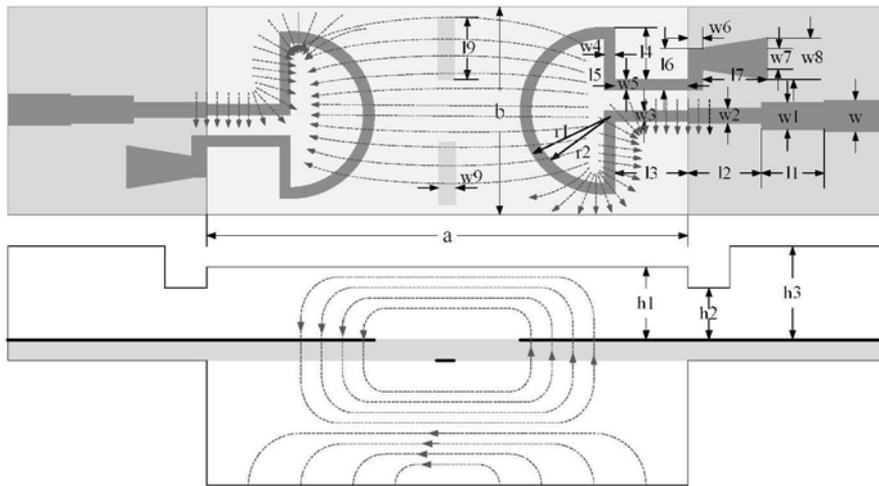


图4

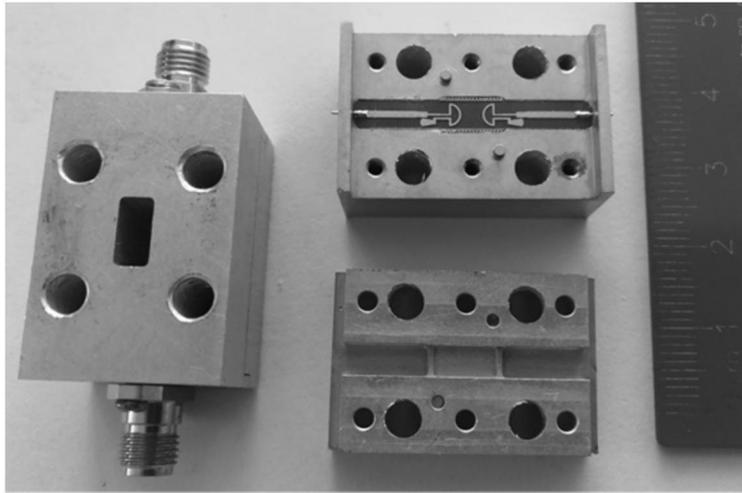


图5

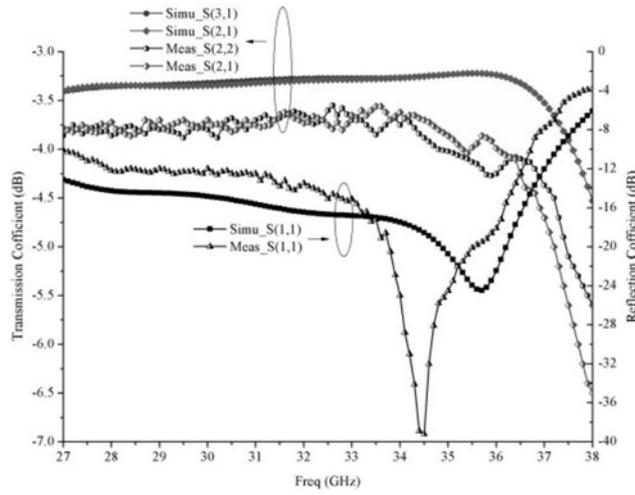


图6