

一种基于微带与槽线过渡结构的超宽带功分器

杨自强, 陈 涛, 彭 浩, 杨 涛, 刘 宇

(电子科技大学 电子工程学院, 四川 成都 611731)

摘 要:提出了一种基于微带与槽线过渡结构的超宽带 180° 型 3 dB 功分器, 采用扇形过渡结构替代传统的圆形过渡结构, 拓展了功分器的工作带宽。该功分器仿真和测试结果吻合良好, 在 3.1~10.6 GHz 频带内实现了插入损耗小于 1.5 dB, 两输出端的幅度误差小于 0.8 dB, 相位误差小于 1°, 输入端口反射系数小于 -12 dB。

关键词:功分器; 超宽带; 微带槽线过渡结构

中图分类号: TN73

文献标识码: A

Design of a UWB Power Divider Based on Microstrip/Slot-line Transition Structure

YANG Ziqiang, CHEN Tao, PENG Hao, YANG Tao, LIU Yu

(School of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: This paper present an ultra-wide-band 180° power divider based on transition between microstrip and slot-line to achieve ultra-wideband 3 dB power distribution. In order to expand the bandwidth of the power divider, the fan-shaped transition structure is used in this work instead of the traditional round transition structure. The simulation results and the measurement results are agreed well. The insertion loss of less than 1.5 dB at the frequency range of 3.1~10.6 GHz has been obtained. The amplitude balance is less than 0.8 dB and the phase balance is less than 1° between the two output ports; the reflection coefficient at the input port is less than -12 dB.

Key words: power divider; ultra-wideband; microstrip/slot-line transition

0 引言

功分器是一类非常基本的微波器件, 在微波系统中应用极为广泛^[1], 其性能好坏将决定整个微波系统的能量分配和合成效率。宽带系统和器件近年来一直是微波电路的一个研究热点, 随着超宽带微波系统的不断涌现和发展, 对超宽带功分器的需求也越来越大^[2-4]。

T 分支是一种常见的功分器结构, 它结构简单, 能用多种传输线来实现, 且具有输出端口同向或反向输出的特点。基于微带线-槽线过渡结构的 T 分支功分器, 具有工作带宽宽, 结构紧凑等优点。本文提出了一种新颖的基于微带线-槽线过渡结构的功分器电路, 采用扇形过渡结构替代传统的圆形过渡结构, 提高了功分器的输入反射系数指标, 拓宽了功分器的工作带宽。本文完成了传统结构和改进结构功分器的仿真对比, 结果表明: 本文所提出的功分器在 3.1~9.0 GHz 频段内输入反射系数指标改善了 5 dB 以上, 证明了所提出结构的有效性。在此基础上, 本文完成了功分器电路的加工和测试, 在 3.1~

10.6 GHz 带宽内实现了插入损耗小于 1.5 dB, 两输出端的幅度误差小于 0.8 dB, 相位误差小于 1°, 输入端口反射系数小于 -12 dB。

1 理论分析

图 1 为传统的基于微带槽线过渡的功分器电路 (本文称为功分器 1)。包括 2 个过渡结构, 一个是微带线-槽线过渡, 主要功能是将输入能量耦合到槽线。另一个是槽线-微带线过渡, 主要功能是将槽线

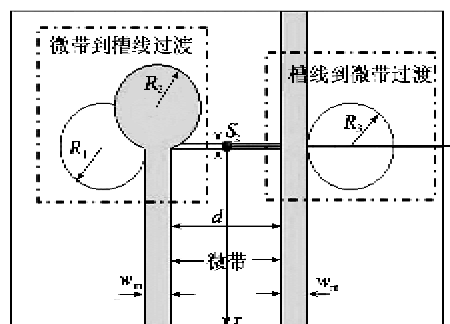


图 1 功分器 1 电路结构

收稿日期: 2012-08-03

基金项目: 中央高校基本科研业务费基金资助项目 (ZYGX2010J026), 自然科学基金青年科学基金资助项目 (61006026)

作者简介: 杨自强 (1981-), 男, 四川人, 副研究员, 博士, 主要从事微波/毫米波集成电路与系统的研究。

中能量再耦合回微带线。图中, w_m 为输入和输出微带线宽度, S 为槽线宽度, d 为两条微带线间的距离, R_1 为槽线左端圆形槽半径, R_2 为输入微带线末端圆盘的半径, R_3 为槽线右端圆形槽半径。

要实现功分器电路的超宽带特性,关键是要设计性能优良的超宽带过渡结构。在图1所示电路中,微带线-槽线过渡结构采用在微带线/槽线终端加金属圆盘/圆槽的方法实现过渡结构的超宽带特性,金属圆盘等效为一个容抗元件,圆槽等效为感抗元件,圆盘和圆槽互为互补结构,其超宽带特性在文献[5]中已得到验证。

在槽线-微带线过渡结构中,为了实现其超宽带特性,需要在槽线的末端引入感性元件进行补偿,功分器1在槽线末端引入了一个圆形槽作为感性元件。

2 功分器1设计

功分器电路的设计主要是确定 w_m 、 S 、 d 、 R_1 、 R_2 和 R_3 等参数。为实现输入、输出端口的良好匹配,输入、输出微带线特性阻抗选择为 $50\ \Omega$, 对应的 $w_m = 1.2\ \text{mm}$ 。为有效的完成微带与槽线间的模式转换, R_1 、 R_2 、 R_3 的取值约为微带线线宽的2倍。槽线宽度的选取首先要考虑其对输入端口回波损耗的影响,其次为避免制造上的困难,槽线的宽度不应太窄。在本设计中,我们选取槽线的阻抗为 $90\ \Omega$, 转换系数为 0.8, 对应的 $S = 0.2\ \text{mm}$ 。

在此基础上,我们在 HFSS 中建立了该功分器电路的模型,对上述参数进行进一步优化,在整个优化设计过程中,圆槽和微带圆盘的直径对输入反射系数 s_{11} 的影响最大,改变圆槽和圆盘的直径均不能在整个设计带宽内实现 s_{11} 小于 $-10\ \text{dB}$ 的指标,最优仿真结果如图3所示,在 $3.1 \sim 5.2\ \text{GHz}$ 频带内 $s_{11} > -10\ \text{dB}$, 最高处达到 $-5\ \text{dB}$ 。为在整个 $3.1 \sim 10.6\ \text{GHz}$ 频带内将 s_{11} 降到 $-12\ \text{dB}$ 以下,本文在该传统结构的基础上进行了改进设计。

3 功分器改进设计

本文提出的功分器电路结构如图2所示(本文称为功分器2),采用扇形槽替代传统的圆形槽。本文对功分器2进行了仿真优化,在设计中发现,影响 s_{11} 的主要因素是扇形槽半径 R_4 及扇形槽的弧角 θ 。为使扇形槽形成的感抗效应与圆槽接近,扇形槽的面积应与圆形槽面积约同,因此选取 $R_4 = 2R_3$, $\theta =$

$\pi/2$ 。在此基础上进一步优化弧角,以使 s_{11} 在整个频带内降到 $-12\ \text{dB}$ 以下,最终获得最优的 θ 值略小于 $\pi/2$ 。

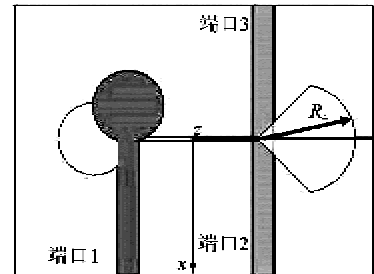


图2 功分器2电路结构

图3为功分器2的仿真结果。在 $3.1 \sim 10.6\ \text{GHz}$ 频带内, s_{11} 降到 $-15\ \text{dB}$ 以下,证明了该改进结构的有效性。图3还比较了功分器1、2的传输特性,由于功分器1的 s_{11} 参数在低频段恶化严重,导致其插入损耗在低频段明显增大,这势必会影响功分器的工作带宽,而功分器2的插入损耗在 $3.1 \sim 10.6\ \text{GHz}$ 频带内基本保持不变,具有更宽的工作带宽。

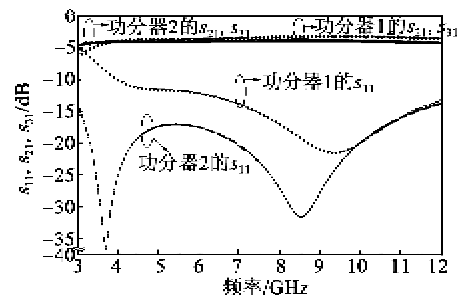


图3 功分器1、2的 s_{11} 、 s_{21} 、 s_{31} 参数对比

4 加工实测

基于以上的仿真结果,本文完成了功分器2的加工和测试。图4为功分器2的实物照片。采用 Rogers RO4003C 介质基板制作,基板介电常数为 3.38, 厚 $0.508\ \text{mm}$, 损耗角正切为 0.0023。

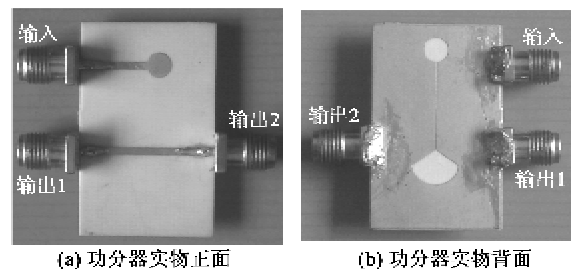


图4 功分器2的实物照片

图5为测试结果。由图5(a)可看出,该功分器在工作带宽内实现了功率分配, $s_{11} < -12\ \text{dB}$, 与

仿真结果吻合较好。图5(b)为功分器两输出端口的相位特性,在整个工作频带内相位差为 $180^\circ \pm 0.5^\circ$ 。

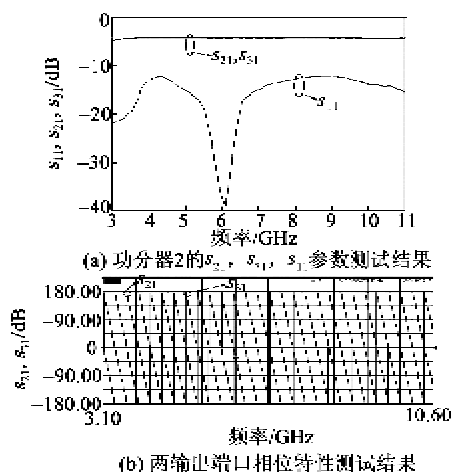


图5 测试结果

5 结束语

本文提出了一种新颖的 180° 型3 dB超宽带功分器电路,它是在某典型功分器电路结构上改进而

来,通过仿真对比,证明了本文所提结构的优越性。同时本文完成了该功分器电路的加工和测试,验证了本文所提出电路的有效性。

参考文献:

- [1] 李雨范. 微波元件原理与设计[M]. 北京:人民邮电出版社, 1982.
- [2] 钟福如, 陈凤, 田敏, 等. 超宽带1:4 Wilkinson功率分配器的设计[J]. 半导体光电, 2010, 31(5):716-722.
ZHONG Furu, CHEN Feng, TIAN Min, et al. Design of a ultra wide-band 1:4 Wilkinson power divider [J]. Semiconductor Optoelectronics, 2010, 31(5):716-722.
- [3] 何猛. 超宽带微波功分器的研制[D]. 成都:电子科技大学, 2009.
- [4] BIALKOWSKI M E, ABBOSH A M. Design of a compact UWB out-of-phase power divider[J]. IEEE Trans Microw Theory Tech, 2007, 17(4):289-291.
- [5] SHUPPERT B. Microstrip/slotline transitions: modeling and experimental investigation [J]. IEEE Trans Microwave Theory Tech, 1988, 36(8):1272-1282.

网络投稿需知

网络投稿程序(网站:www.peaotec.com):

- 1) 作者注册;
- 2) 查看投稿须知及投稿模版;
- 3) 查看并下载版权协议和保密回执,填好签字后上传;
- 4) 填写稿件信息;
- 5) 填写作者信息(邮箱、电话要准确,以便联系);
- 6) 上传稿件和附件。

注意:

- 1) 带*的内容为必填项。
- 2) 每篇文章都需要有投稿作者和通讯作者(电子信箱要准确,否则收不到回信),可以由同一人担任。如果是学生,通讯作者应该是指导教师。
- 3) 为提高稿件的外审(复审)效率,请作者推荐合适的审稿专家供编辑部参考,应写明专家的电子信箱或电话号码。
- 4) 要把所有的署名作者一一填写,因为在打印录用通知时需要把所有的作者姓名全部打印上去。
- 5) 有基金项目、专利及有关奖励的请附上,有助于录用。

稿件流程:

- 1) 作者上传的稿件成功后,会接到系统自动发送的收稿回执。
- 2) 稿件初审(合格的进入复审,不合格的退修或直接退稿)。
- 3) 复审(专家外审,一般2个月)。
- 4) 外审通过的稿件经终审合格后发录用通知和版面费通知(电子版,在作者账户的版面费管理里可下载各种通知)。
- 5) 作者请仔细阅读版面费通知,按要求寄出版面费后请一定进入网站登记发票信息,否则影响发票开出与寄出。
- 6) 稿件定义发表(一年内),作者进入账号稿件查询点击标题即可查询到稿件的状态,责任编辑会在发表前将编辑好的校样稿发至作者邮箱,请作者注意查收、校对、定稿并及时反馈到责编邮箱,如刊出前作者未将定稿发回且联系不上作者,文章将顺延发表。

稿件一经刊出,即付稿酬。期刊出版后,还将向国内外文献检索机构报送并上网,届时不再向各位作者另付稿酬。