



一种小型化的基片集成波导滤波器

方志华，金晓，张忠海
(杭州电子科技大学天线与微波技术研究所，浙江杭州 310018)

摘要 本文给出了一种采用 TEM-SIW 腔体结合 CSRR 结构实现的小型化微带带通滤波器，TEM-SIW-CSRR 滤波器。通过在 TEM-SIW 谐振腔上导体平面加入 CSRR 结构，可以进一步减小 TEM-SIW 腔的体积，在工作频率相同的前提下，实现更加小型化的微带滤波器。通过 HFSS 软件的仿真与优化相结合，本文给出了小型化 TEM-SIW-CSRR 滤波器的具体尺寸与仿真性能。最终加工了实际的滤波器，测试结果与仿真结果相符。

关键词 小型化基片；集成波导滤波器；滤波器的设计

中国分类号：TN713

文献标识码：A

文章编号：1671—7597 (2013) 021-061-02

1 介绍

近年来，能够集成于微波毫米波集成电路的基片集成波导滤波器(SIW 滤波器)受到越来越多的重视。这归功于其剖面低，易于同微波毫米波集成电路集成，体积小，制作方便，价格便宜的优点。

另外，基于需求的推动，近年来对 SIW 滤波器的小型化研究越来越多。主要有几种方法实现 SIW 滤波器的小型化。本文提出了一种基于 TEM-SIW 谐振腔，结合 CSRR 结构的小型化微带带通滤波器。相比经典的 SIW 谐振腔，TEM-SIW 谐振腔本身面积就比较小，所以在其上导体平面插入 CSRR 结构后，可以进一步减小其面积，得到更加小型化的 SIW 滤波器。

2 TEM-SIW 谐振腔与 CSRR 结构介绍

2.1 TEM-SIW 谐振腔

TEM-SIW 腔的组成结构以及其谐振特性如图 1 所示。将 SIW 腔的上导体面与 SIW 腔四周金属壁开路，并且在 SIW 腔的中心位置插入了一个短路过孔即可构成 TEM-SIW 谐振腔。

TEM-SIW 腔的上导体面的面积以及中心短路销钉的直径都影响会影响整个腔体的谐振频率。TEM-SIW 腔的谐振频率与短路销钉的直径以及上金属面的面积之间的关系如图 1 所示。相同的谐振频率下，相比经典的 SIW 谐振腔，TEM-SIW 腔的面积可以减小 90% 以上。

2.2 CSRR 结构

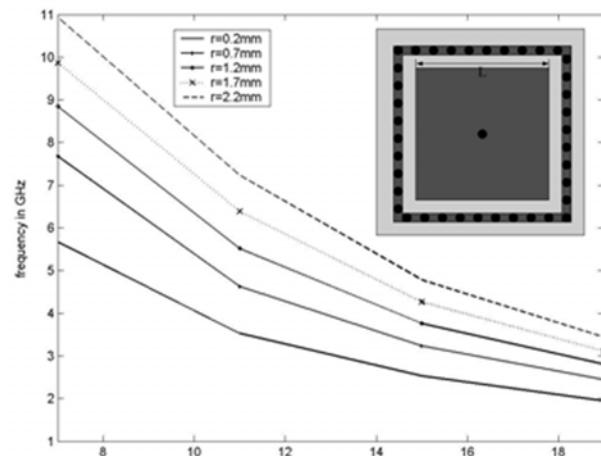


图 1 TEM-SIW 腔结构示意图以及谐振频率变化

图 2 (a) 给出了经典的 SIW 腔体中加入 CSRR 结构的示意图以及 TEM-SIW-CSRR 谐振腔结构示意图。CSRR 结构通过在经典的 SIW 腔的上导体面刻蚀一定形状的缝隙实现。这种 SIW-CSRR 谐振腔的谐振频率取决于 SIW 谐振腔的面积以及 CSRR 缝隙折合的总长度。通常情况下，CSRR 缝隙的谐振频率远小于 SIW 谐振腔的谐振频率，所以在使用 SIW-CSRR 谐振腔时，一般只关注 CSRR 缝隙的谐振频率。

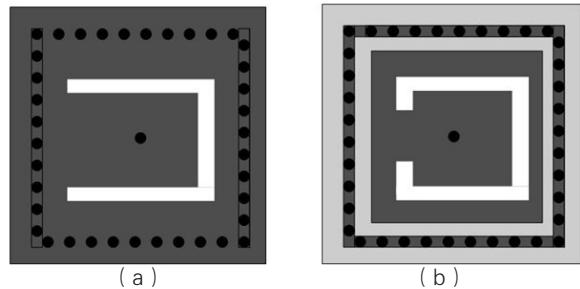


图 2 (a) 经典的 SIW 腔中插入 CSRR 结构的示意图以及 (b) TEM-SIW-CSRR 谐振腔结构示意图。

3 TEM-SIW-CSRR 滤波器的设计

本文设计了一个采用 TEM-SIW-CSRR 谐振腔的微带滤波器，TEM-SIW-CSRR 的结构示意图如图 2 (b) 所示。通过在 TEM-SIW 腔的上导体平面刻蚀一定形状和尺寸的 CSRR 结构减小 TEM-SIW 腔的体积。

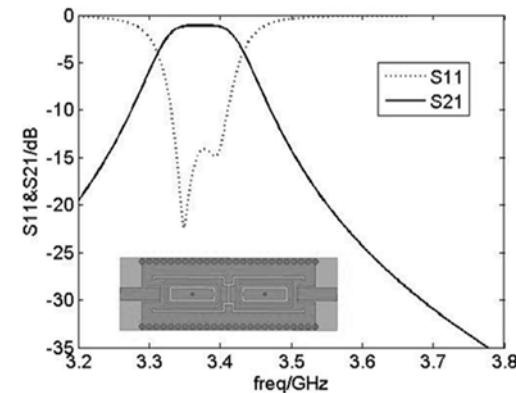
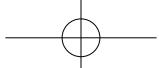


图 3 TEM-SIW-CSRR 滤波器结构示意图及其性能仿真

本文设计的 TEM-SIW-CSRR 微带滤波器采用电容缝隙耦合实现谐振腔之间的耦合，输入输出馈电采用直接导体连接的方式。滤波器电路设计所用的介质基板材料为 f4b，介电常数为 2.55，厚度 0.8 mm。金属孔的直径是 1 mm，间距 2 mm。其结构示意



图以及 HFSS 仿真结果如图 3 所示。图 3 中，深灰色部分代表金属导体面，浅灰色部分是介质基板，缝隙即为 CSRR 结构。

最终，本文根据仿真优化的尺寸加工了实际的 TEM-SIW-CSRR 微带滤波器。最后利用 RS ZVB4 对其性能进行了测试。此滤波器的尺寸仅为 22 mm*8 mm。实物图以及测试结果如图 4 所示。

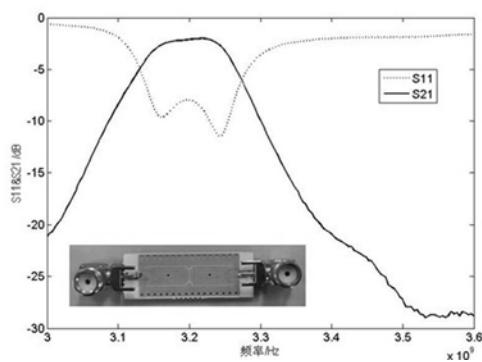


图 4 TEM-SIW-CSRR 滤波器实物图

图 4 中实测滤波器的与仿真结果有一定的差距，这是由于实际加工滤波器的介质板介电常数以及损耗与设计仿真所用的材料有误差导致的。另外测试时未加金属屏蔽盒会影响其带外隔离以及回波损耗性能。

4 结论

本文提出了一个改进型的小型化 SIW 滤波器，TEM-SIW-CSRR 滤波器。相比传统的 SIW 滤波器，这种改进型的 SIW 滤波器能够实现相比传统的 SIW 滤波器尺寸减小 90% 以上的目标。本文最后设计了一个 TEM-SIW-CSRR 滤波器，并且利用 HFSS 进行了全波仿真，加工了实物并且进行了测试，测试结果与仿真结果吻合良好。这种小型化的滤波器可以应用于小型化的集成微波电路设计中。

↑(上接第 53 页) ↑

灵活生成响应的 QoS 策略，并及时调整策略，消除威胁。

4.4 高可靠性

路由器具有高可靠性可以消除可能出现的因为网络故障而导致巨大经济损失，甚至消除严重情况下的政治及经济危机。同时，路由器的高可靠性对于关键业务的增多起着关键性作用。

4.5 高安全性

在现如今社会，网络安全问题十分重要，网络安全问题要通过多方面来现出安全隐患。路由器作为网络运行传播的基础设备，必须保证其硬件、体系、网络操作系统安全，在具备其全面的安全性同时还要保证其灵活特性，在遇到应急情况下，及时灵活地做出相应调整。路由器的安全性是其以后技术发展的重要方向之一。

4.6 易使用

在信息网络飞速发展的时代，路由器走进了大小企业和千家万户中，路由器的配置方法简单、友好直观的人机界面和业务管理系统、简单高效的故障定位手段，使得安装操作简单易学，越来越受人欢迎。

参考文献

- [1] Benjamin potelon, jean-francois favennec, cedric quendo, eric rius, Christian person, juan-carlos bohorquez. Design of a substrate integrated waveguide(SIW) filter using a novel topology of coupling. *IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS*, VOL. 18, NO. 9 SEPTEMBER 2008.
- [2] Zhang-cheng hao, wei hong, ji-xin chen, xiao-ping chen and ke wu. Compact super-wide bandpass substrate integrated waveguide(SIW) filters. *IEEE TIANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES*, VOL. 53, NO. 9, SEPTEMBER 2005.
- [3] Lin-sheng wu, xi-lang zhou, qi-fu wei, and wen-yan yin. An extended doublet substrate integrated waveguide(SIW) bandpass filter with a complementary split ring resonator(CSRR). *IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS*, VOL. 19, NO. 12, DECEMBER 2009.
- [4] Fermin mira, jordi mateu, Santiago cogollos, and Vicente E. boria. Design of ultra-wideband substrate integrated waveguide(SIW) filters in zigzag topology. *IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS*, VOL. 19, NO. 5, MAY 2009.
- [5] Walid a atia, kawthar a zaki, and ali eatia. Synthesis of general topology multiple coupled resonators filters by optimization. *IEEE MTT-S DIGEST*. 1998.
- [6] xiao-ping chen, ke wu, zhao-long li. Dual-Band and Triple-Band Substrate Integrated Waveguide Filters With Chebyshev and Quasi-Elliptic Responses. *IEEE TRANS MTT*. 2007.

作者简介

方志华 (1976-)，男，浙江金华人，杭州电子科技大学电子信息学院学院教师，研究方向：微波电路设计。

5 结束语

本文对路由器的作用、主要作用以及发展趋势进行论述，让我们深刻认识到了路由器对信息网络的重要性。随着计算机信息时代的飞速发展，大型互联网会迅速增加增多，路由技术在网络技术中越来越重要，网络通信对于路由器的性能要求越来越严格，路由技术的发展必将带动网络技术的发展。相信在不久将来，路由技术的飞速发展会把互联网带到一个新的高度，新的领域。

参考文献

- [1] 冯卫. 路由器技术在网络中的应用 [J]. 科技资讯, 2008, 13 (15): 27-29.
- [2] 李志, 杰方, 旭明. 无线Mesh网络路由器节点业务量建模与性能分析 [J]. 铁道学报, 2011, 19 (6): 39-41.
- [3] 汪漪, 孟玮, 胡成臣. 速自适应调频机制及其在NetFPGA上的实现 [J]. 计算机学报, 2012, 8 (6): 79-81.
- [4] 葛芬, 吴宁. 面向特定应用的片上网络低能耗拓扑生成方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2010, 10 (8): 58-60.

微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养，是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们推出的微波滤波器设计培训专题，有资深工程师领衔主讲，课程既有微波滤波器设计原理的详细解释，也有各种仿真分析工具的实际设计应用讲解，设计原理和设计仿真实践相结合，向大家呈现各种结构的微波滤波器的完整设计流程。旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。



微波滤波器设计培训专题视频课程

高清视频，专家授课，中文讲解，直观易学；既有微波滤波器设计原理的详细解释，也有像 ADS、CST、HFSS 各种仿真分析工具的实际设计应用讲解，旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/filter/>

更多专业培训课程：

- **HFSS 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

- **CST 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

- **天线设计专业培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>

专注于微波、射频、天线设计人才的培养

易迪拓培训

官方网址: <http://www.edatop.com>

淘宝网店: <http://shop36920890.taobao.com>