

基于方形开环的双模滤波器设计*

景冻冻¹ 韩希军² 李国辉¹

(1. 特种光纤与光接入网省部共建重点实验室 上海大学 上海 200072; 2. 潍坊科技学院 潍坊 262700)

摘 要: 在传统方形开环谐振器的基础上,设计了一种新型的双模微带滤波器,该滤波器包含两个方形开环谐振器,在每个传统谐振器内部添加微带支路结构,通过微扰来实现频响特性的改善,由仿真结果可以看出,该设计的带内特性良好,带内波纹小于0.3 dB,通带边缘均插入了传输零点,且传输零点处的 $S_{21} < 40$ dB,截止边沿陡峭,实现了6%的相对带宽,整个滤波器的尺寸大小约为30 mm×20 mm,改进后的结构与传统结构相比降低了0.5 GHz的中心频率,相对减小了16%的面积,进一步实现了小型化。

关键词: 传输零点;微带;开环

中图分类号: TN713 **文献标识码:** A

Dual-Mode bandpass filter with open-loop

Jing Dongdong¹ Han Xijun² Li Guohui¹

(1. Key Laboratory of Specialty Fiber Optics and Optical Access Networks, Shanghai University, Shanghai 200072; 2. Weifang University of Science & Technology, Weifang 262700)

Abstract: In this paper, a new dual-mode microstrip filter based on the traditional square ring resonator is designed. The new filter consists of two square ring resonators. Each resonator has a traditional in the branch structure. The perturbation generated by resonator can greatly improve frequency response of the system. The simulation results show that the filter has a good band characteristics, band ripple is less than 0.3 dB, transmission zeros are inserted into the pass-band edge and where $S_{21} < 40$ dB, cut-off edge of the steep, achieve 6% relative bandwidth. The size of filter is about 30 mm×20 mm. The center frequency of improved structure is 0.5 GHz lower than filter with traditional structure, and the area of improved filter is reduced by 16% compared to the traditional structure. Further to realize the miniaturization.

Keywords: transmission zeros; microstrip; open-loop

0 引言

在微波通信电路中,微带线是应用最为广泛的传输线之一,因其具有易于加工,成本低,体积小,可大批量印刷生产等优点而被广泛的应用于分工器,滤波器,天线等微波器件的设计加工中。近年来,双模微带滤波器的研究受到了广泛的关注,双模滤波器具有小型化,优良频响特性的优点,并且易在通带边缘插入传输零点^[1]。因此研究双模微带滤波器有很大的现实应用意义。

1 基本原理

本文基于以上现实要求,在方形开环谐振器的基础上

设计了一个双模微带滤波器^[2],该滤波器是在传统方形开环谐振器的基础上通过改变内部结构,在开环的内部角落处添加矩形微带结构,矩形微带结构通过微扰激励实现了两个简并模式的分离,优化了滤波器的性能,将寄生通带向高频推动,同时实现了小型化。然后在此基础上设计了另外一种结构,性能更好。对于两个相邻开环微带谐振器,在闭合端具有最大的磁场能量,耦合定义为磁耦合,开路端具有最大的电场能量,定义为电耦合。混合耦合是两种耦合的叠加,可正可负,可能加强也可能抵消耦合效果,本文中的设计就是采用两个混合耦合的开环谐振器来实现的。另外方形开环谐振器的中心频率可以由两个耦合谐振器的峰值频率 f_1 和 f_2 得出,因此在固定中心频率的设

* 基金项目:该项目获上海市重点学科和上海市重点实验室项目资助(S30108,08DZ2231100)

计中需要适当的调整方形环的线长来实现制定的频率要求。

由图1可知其中输入输出带线采用抽头式微带结构^[2],这种耦合结构易在通带的高频段产生两个传输零点,抽头位置 t 影响着远离通频带的传输零点的位置, t 的变化不会影响紧邻通带的零点实现,可以通过调整 t 来调整第二个传输零点的位置进而达到抑制谐波的目的,一般情况下 t 越大,零点的情况越滞后(t 为接入点距方形开环边沿中间处的距离)。

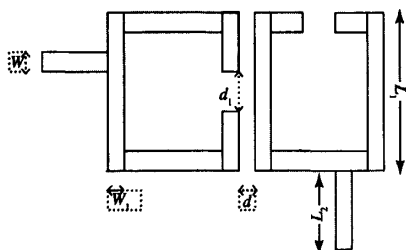


图1 传统方形开环微带滤波器结构示意图

2 滤波器设计

图1所示为传统方形开环谐振器的结构示意图^[3-9],本文设计的滤波器是在此基础上在底端角落处添加两个矩形微带线,结构示意图如图2所示。

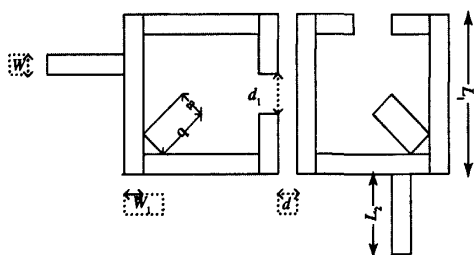


图2 改进型微带滤波器的结构示意图

设计目标:中心频率约为 $f_0 = 3.0$ GHz,带宽约为200 MHz,采用的介质板为介电常数2.65,厚度 $h = 0.8$ mm,通过利用电磁仿真软件Sonnet进行仿真,分析,优化得出如下设计尺寸:

$L_1 = 10$ mm, $L_2 = 6$ mm, $W = 2.2$ mm, $W_1 = 1$ mm, $d = 0.2$ mm, $d_1 = 0.4$ mm, $a = 1.2$ mm, $b = 3.8$ mm。

根据图3和图4可以看出:在通带边沿,第一传输零点位于 $f_1 = 2.82$ GHz处,传输损耗为-35 dB,第二传输零点位于3.46 GHz处,传输损耗为-55 dB,在离开中心频率0.5 GHz内均将插损抑制在了30 dB,且在距通频带截止边沿2 GHz内均没有出现谐波干扰现象,较好的抑制了谐波的影响,通频带内插入损耗均在1.5 dB以内。

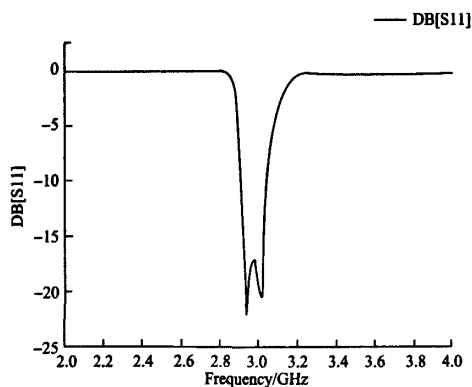


图3 软件仿真结果

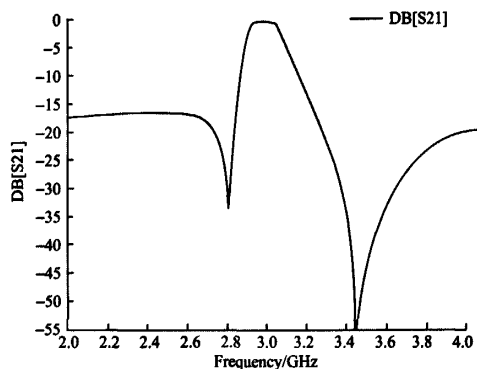


图4 仿真插损情况

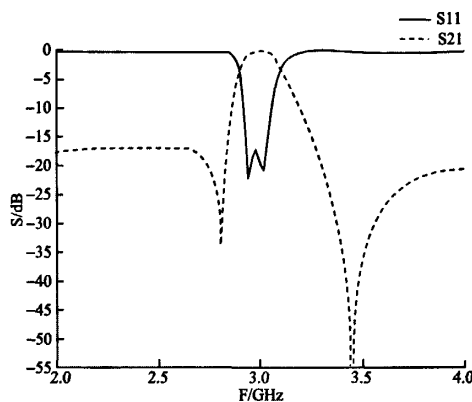


图5 仿真频响特性曲线图

在以上设计基础上,又提出了一种新的微扰方式:在开环耦合缝隙处添加微带枝节线,通过改变缝隙处的耦合特性来提高滤波器的频响性能,平面结构图如图6所示。

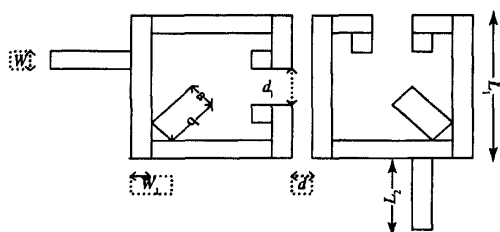


图6 改进后滤波器平面结构示意图

仿真尺寸为: $L_1=10\text{ mm}$, $L_2=6\text{ mm}$, $W=2.2\text{ mm}$, $W_1=1\text{ mm}$, $d=0.2\text{ mm}$, $d_1=0.4\text{ mm}$, $a=1.2\text{ mm}$, $b=3.8\text{ mm}$ 。

所添加的微带结构是边长为 1.6 mm 的方形微带线。仿真结果如图7所示,图5和图7比较得出,在电路尺寸基本不变的情况下中心频率下降了 0.5 GHz ,同时后者通带的截止边沿更加陡峭,后者只在内部改变布线结构并没有增加电路面积,相对实现了尺寸减小。

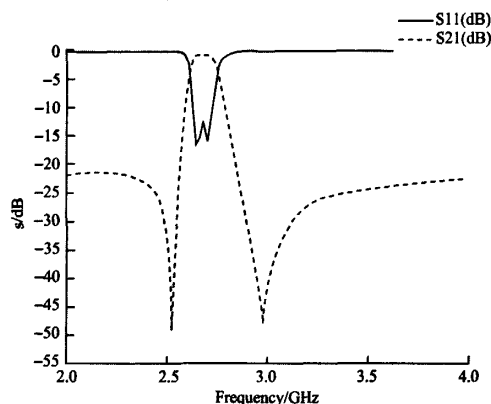


图7 改进后仿真频响特性曲线图

3 结 论

本文设计的双模滤波器,通过仿真结果可得提高了其频率选择性,同时跟其他微带结构如平行耦合、交指耦合微带结构相比也实现了小型化。满足了无线通信系统中对无源电子器件要求频响特性越来越好,尺寸小型化的现实需求。

参 考 文 献

[1] GU J ZH, ZHANG F, WANG CH, et al. Miniaturization

and harmonic suppression open-loop resonator bandpass filter with capacitive terminations [J]. Microwave Symposium Digest, 2006; 373-376.

- [2] TU W H, LI H F, MICHALSKI K A, et al. Microstrip open-loop ring bandpass filter using open stubs for harmonic suppression [J]. Microwave Symposium Digest, 2006; 357-360.
- [3] ZHANG X Y, XUE Q. Harmonic-suppressed bandpass filter based on discriminating coupling [J]. Microwave and wireless components letters, IEEE, 2009, 19: 695-697.
- [4] GRIOL A, MARTI J. Microstrip multistage coupled ring active bandpass filters with harmonic suppression [J]. 1999, 35: 575-577.
- [5] 罗源, 顾建忠, 张建, 等. 一种新型开路环谐振带通滤波器 [J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2006, 5.
- [6] GRIOL A, MIRA D, MARTI J, et al. Microstrip side-coupled ring bandpass filters with mode coupling control for harmonic suppression [J]. Electronics Letters, 2004, 40: 943-945.
- [7] MACCHIARELLA G, TAMIAZZO S. Synthesis without optimization of cascaded inline prototype filters with arbitrary transmission zeros [J]. Microwave Conference, 2005, 1.
- [8] HSIEH L H, CHANG K. Low-loss and high-selectivity bandpass filter with harmonic suppression and piezoelectric transducer tuning [J]. Electronics Letters, 2003, 39: 783-784.
- [9] 周郭飞, 李镔, 滕建辅. 微带扇形分支线在低通滤波器设计中应用 [J]. 电子测量技术, 2003(2): 50-51.

作 者 简 介

景冻冻, 女, 生于1984年, 2008年考入上海大学通信与信息工程学院, 电磁场与微波技术专业, 在读硕士, 主要研究方向为微带滤波器的频响特性优化。

李国辉, 男, 1998年毕业于中国科学院西安光学精密机械研究所并获硕士学位, 2001年于上海大学通信与信息学院获博士学位, 副教授, 主要研究方向为微波光子学与非线性理论。

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, 致力和专注于微波、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/>