

# 一种新型小型化K波段带通滤波器的设计

彭文超 张勇

(电子科技大学电子工程学院，成都 610054)

82852865@163.com

**摘要：**本文介绍了一种新型的小型化 k 波段带通滤波器，基于多路径传输原理，此滤波器在频率的高端产生了一个传输零点，因而有很好的阻带抑制特性和矩形度。该滤波器结构紧凑，外型尺寸为  $11 \times 8.6 \text{ mm}^2$ ，同时具有很好的通带特性，通带内回波损耗大于 20dB。

**关键词：**带通滤波器，k 波段，小型化

## The design of a new kind compact size K band Bandpass Filter

Wenchao Peng, Yong Zhang

(School of Electronic engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054)

**Abstract:** A new kind compact size k band bandpass filter with a transmission zero in the upper band is proposed in this paper. The filter has the advantages of compact size and sharp cutoff frequency response. It also has good passband characteristics, and the return loss is more than 20dB. The proposed filter occupies a very small size of  $11 \times 8.6 \text{ mm}^2$ .

**Keywords:** Bandpass filter, k band, compact size

### 1 引言

微波滤波器是通信系统中抑制谐波和干扰的重要部件，其指标影响整机的性能。通常，k波段的带通滤波器都采用波导形式，有插损小，Q值高的优点，但是外形尺寸大，不容易直接集成在收发机的盒子中；其次，在设计中也有采用平面形式的带通滤波器，但报道较少，虽然其体积相对较小，但是其插损较大，矩形度差。常见的微带带通滤波器结构有平行耦合、端耦合、发夹式、梳状型和交指型<sup>[1]</sup>等，这些结构都是通过耦合线实现的。在以上各种结构的滤波器电路中，平行耦合结构<sup>[2]</sup>由于其纵向长度大约只有端耦合长度的一半，且耦合缝更宽，在综合设计得到所要求的原型滤波器参数时有比较大的结构灵活度，适应的频带范围也较宽，但其输入输出不在一条直线上。同时为了得到很好的频率选择特性必须增加滤波器的级数，如此以来就增加了插入损耗和滤波器的体积，端耦合尺寸太大，发夹式、梳状型和交指型等结构对工艺要求高，且不适合用在毫米波波段。因此研究高性能小型化的k波段带通滤波器具有重要的意义。

本文介绍了一种基于多径传输而产生传输零点的小型化带通滤波器。通过在频率的高端引入一个传输零点从而改善了该滤波器的阻带抑制特性

和过渡带特性。闭合的三角形谐振单元的使用大大地减小了该滤波器的尺寸。

### 2 滤波器设计

图1为该滤波器的基本谐振单元，选取闭合的三角形作为基本的谐振单元，通过合理的放置谐振单元的位置可以有效的减小滤波器的体积。由于是闭环谐振所以每个谐振单元的总长度约为波导波长的整数倍<sup>[3]</sup>。

$$l = n\lambda g \quad (1)$$

其中  $\lambda g$  为波导波长， $l$  为谐振单元的周长。

如图1所示，我们选择厚度为 0.254mm，介电常数为 2.2 的 RT/Duroid5880 介质基片。通过使用三维场仿真软件 HFSS，利用本征模求解，得到  $l$  为 12.5mm 时对应的谐振频率为 20.5GHz，为我们要求设计的频率。于是我们选取了四个这样的谐振单元构成了结构紧凑的滤波电路，每个谐振单元的周长为 12.5mm 左右，如图2 所示，输入输出端口为标准的 50 欧姆微带线。

对于此种结构滤波器，两个端口之间的信号传输有 3 条路径：1-2；1-3-2；1-4-2。由于场分量在中心区域比较集中，因此 1-2 在中心区域通过电容间隙耦合为主要传输路径。对图2 所示直接抽头式结构的滤波器用 HFSS 进行仿真我们得到如图3 所示的仿

真结果。采用直接抽头式时该滤波器矩形度差，其仿真结果相当于一个3级的平行耦合线带通滤波器。

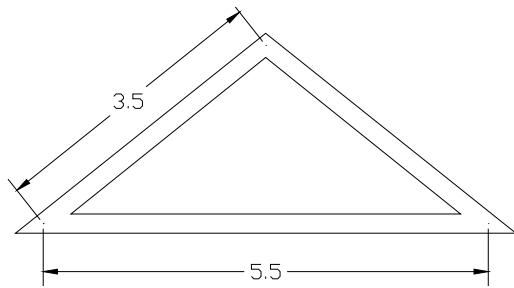


图1 基本谐振单元

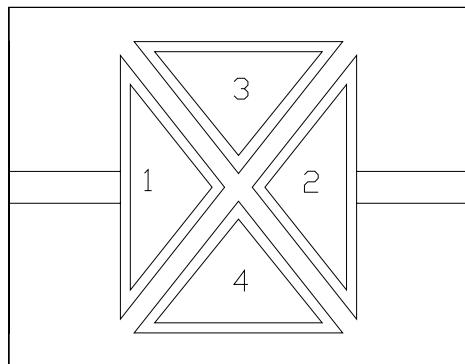


图2 直接抽头滤波器结构示意图

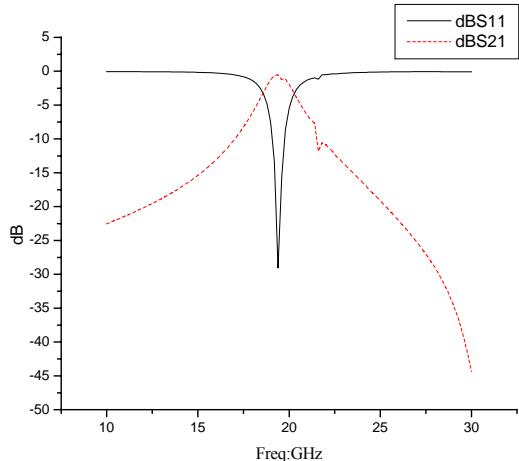


图3 直接抽头式滤波器仿真结果

对图3所示滤波器结构进行改进，我们提出了一种电容耦合抽头<sup>[4]</sup>形式的结构，如图4所示。在输入端50欧姆微带线的末端连接一个长度为中心频率半波长的谐振单元，再通过一个电容耦合把信号耦合到第一个三角形谐振单元上。由于半波长谐振单元两端的场分量比较强<sup>[5]</sup>，因此分布在第一个三角形谐振单元两角的场分量加强，即传输路径1-3-2和1-4-2耦合系数增大，耦合电容C1和C3加大。如此以来，两个端口之间有三条主要的传输路径，调

节各条传输路径的耦合量，使得信号从一端口经不同的路径到达二端口时相位在某个频率点上反向，即产生了一个传输零点。调节这个传输零点的位置可以有效的改善该滤波器的矩形度。观察图4发现，我们对半波长谐振器进行了一小段弯折处理，这是为了不改变其固有谐振频率的情况下调节它与第一个三角行谐振单元之间的耦合量。

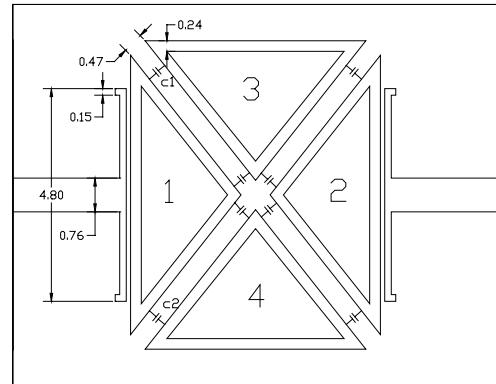


图4 电容耦合抽头式滤波器结构示意图

### 3 结果

按照图4所示的结构，在三维电磁场仿真软件HFSS里建立仿真模型并进行优化得到如图5所示的仿真结果。该滤波器具有很好的结构对称性，可以很方便的进行建模和优化，优化后得到其主要尺寸如图4所示。其耦合缝宽为0.47mm，易于加工，避免了为减小插入损耗而采取紧耦合从而带来加工困难的问题。

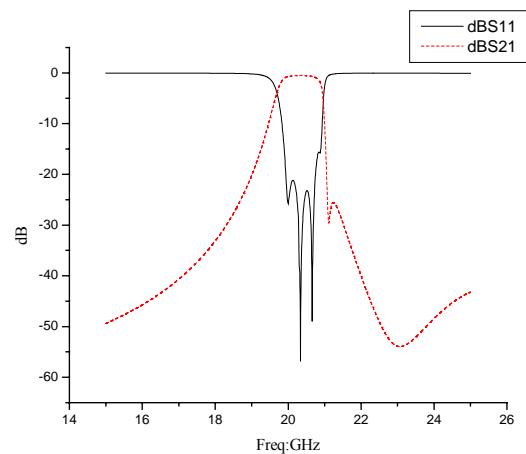


图5 电容耦合抽头式滤波器仿真结果

仿真结果显示此种新型结构的滤波器中心频率为20.3GHz，带宽1GHz，带内插损小于0.6dB，回波损耗大于21dB，下边带过渡段在2GHz带宽范围内衰减30dB，而在上边带则有一个传输零点。其总

体尺寸为 $11 \times 8.6 \text{mm}^2$ 。

#### 4 结论

本文提出了一种可以应用于毫米波波段的高性能小型化带通滤波器结构。这种新型的微带三角形耦合带通滤波器基于多径传输原理，通过引入半波长电容耦合谐振器和调整三角形谐振器之间的耦合距离，我们得到了很好的滤波器响应曲线。此种微带三角形耦合滤波器具有高性能、小尺寸、轻重量、低成本、易于制作等优点，可以很方便的用到毫米波集成电路之中，具有非常重要的实际应用价值。

#### 参考文献

- [1] Ralph levy, Richard V Snyder, George Mattheae, Design

of Microwave Filters. IEEE Trans. MTT. 2002

- [2] Ralph levy, Seymours cohn, A History of Microwave Filter Research, Design and Development. IEEE Trans. MTT, 1984
- [3] Sheng Sun, Lei Zhu, Wideband Microstrip Ring Resonator Bandpass Filters Under Multiple Resonances, IEEE Trans. MTT, 2007
- [4] Si-Weng Fok, Pedro Cheong, Kam-Weng Tam, Rui P. Martins, A Novel Microstrip Square-Loop Dual-Mode Bandpass Filter With Simultaneous Size Reduction and Spurious Response Suppression, IEEE Trans. MTT, 2006
- [5] Samsul Haimi Dahlan, Mazlina Esa, Design of Folded HalfWave Resonator, Digital Object Identifier, 2005

作者简介：彭文超，男，在读硕士，主要研究领域为微波毫米波混合集成电路，微波毫米波通信系统等。张勇，男，博士、副教授，主要研究领域为微波毫米波混合集成电路，亚毫米波技术等。

## 微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训([www.edatop.com](http://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>