

文章编号:1004-2474(2016)06-0865-03

# 一种新型单块双频带通介质滤波器

吴呈龙,唐晋生,陈彦铮,林文斌

(西南交通大学 电磁场与微波技术研究所,四川 成都 610031)

**摘要:**为了得到质量小、品质因数(Q)值高和低温漂系数低的小型双频带通滤波器,提出了一种基于单块小型介质滤波器的设计方案。该滤波器由介质腔体和矩形介质谐振器组合而成,谐振器和腔体由同种材料构成,腔体内部不需要其他固定谐振器的措施,腔体外表面镀上一层金属银。通过有限元模拟软件对滤波器结构进行仿真优化,得到滤波器的两个中心频率分别为 3.18 GHz 和 3.78 GHz,两个频带的 3 dB 带宽分别为 60 MHz 和 23 MHz,在中心频率处回波损耗均低于 -30 dB。

**关键词:**双频带通滤波器;有限元模拟;小型介质滤波器;介质谐振器

**中图分类号:**TN713 **文献标识码:**A

## A Novel Monoblock Dual Band-Pass Dielectric Filter

WU Chenglong, TANG Jinsheng, CHEN Yanzheng, LIN Wenbin

(Institute of Electromagnetic Field and Microwave Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** A new type of dual frequency dielectric band-pass filter is proposed for achieving light weight, higher Q value and low temperature drift coefficients. The filter consists of dielectric cavity and dielectric resonators which are made of the same material. There's no need of measures to fix the resonators in the cavity and the surface of the cavity is coated with a layer of silver. The two central frequencies of the proposed filter are 3.18 GHz and 3.78 GHz respectively, and 3 dB bandwidths are 60 MHz and 23 MHz respectively, and the return loss at the center frequency is less than -30 dB.

**Key words:** dual-band filter; finite element simulation; small filter; dielectric resonator

### 0 引言

随着信息产业和无线通信业务的不断发展,可利用的频带日趋紧张,频谱资源匮乏问题日益严重,分配到不同的通信系统的频率间隔愈来愈密。为了能够充分利用现有的频谱和资源,在通信系统中设置能同时在多个通信频段工作是有效途径之一<sup>[1]</sup>。同时,双通带滤波器可以取代两个单一通带滤波器,从而减少设备的体积以及降低生产成本<sup>[2]</sup>。目前,有多种方法可以实现双频滤波器。其中最简单的方法是将两个不同频带的滤波器进行一定的组合<sup>[3]</sup>;但像这种由组合而成的双频滤波器体积较大,且需要连接额外网络,操作复杂。虽然使用阶梯阻抗谐振器和微带线来实现的双频带通滤波器<sup>[4-5]</sup>的结构简单,体积相对较小,但其品质因数(Q)值低,插入损耗大,难以承受大功率而不能被广泛应用。

Pidhurska Tetiana 等<sup>[6]</sup>提出通过矩形介质谐振器实现双频滤波器,但由于介质谐振器在一个封闭的金属里,使得滤波器质量较大且温漂系数相对较差,同时,介质谐振器和金属腔体之间还需要额外的复杂固定装置,让其在实际运用中受限。目前也有少量学者提出单块陶瓷介质滤波器<sup>[7-8]</sup>,但大多数滤波器都是单频带,并不能很好地解决频谱资源匮乏的问题。

本文提出的新型双频带通介质滤波器,采用结构简单的矩形介质谐振器,其介质腔体和两个长方体的介质谐振器一体成型。介质腔体外表面采取镀银的方式。由于腔体和介质是同一种陶瓷材料,所以内部不需要复杂的安装过程,金属盖板通过紧固螺钉或者玻璃胶水固定在介质腔体上,盖板上设有输入、输出的 SMA 接口,同时,盖板上还设有可调节

收稿日期:2016-06-11

作者简介:吴呈龙(1991-),男,安徽合肥人,硕士生,主要从事微波介质陶瓷滤波器的研究。通信作者:林文斌(1970-),男,福建人,教授,博士生导师,主要从事微波介质滤波器和介质谐振器天线的研究。

耦合量的耦合螺杆,可通过耦合杆进行微调,避免了调试滤波器时反复拆盖来调整谐振器之间的耦合量,从而减小了调试量。设计出的滤波器具有结构简单,调试方便,适合大量生产,可承受大功率。该滤波器可用于无线基站内的通信设备上。

## 1 双频带通介质滤波器的设计

### 1.1 滤波器的结构及其工作原理

单块介质滤波器的基本结构如图1(a)所示,该滤波器的介质腔体和介质谐振器(DR)均由正切损耗( $\tan \delta$ )为 $5 \times 10^{-4}$ ,相对介电常数( $\epsilon_r$ )为20.5的陶瓷材料构成。腔体和谐振器一体成型,其中介质谐振器的尺寸为 $14 \text{ mm} \times 6.4 \text{ mm} \times 6.4 \text{ mm}$ 。介质腔体的尺寸为 $52 \text{ mm} \times 28 \text{ mm} \times 13 \text{ mm}$ ,介质腔体表面采取镀银措施。与传统金属腔体相比,其内部不需要有固定介质谐振器的装置。金属盖板通过紧固螺钉或者玻璃胶水固定在介质腔体上,金属盖板上设有输入/输出信号的SMA端口以及调节耦合量的耦合螺杆。

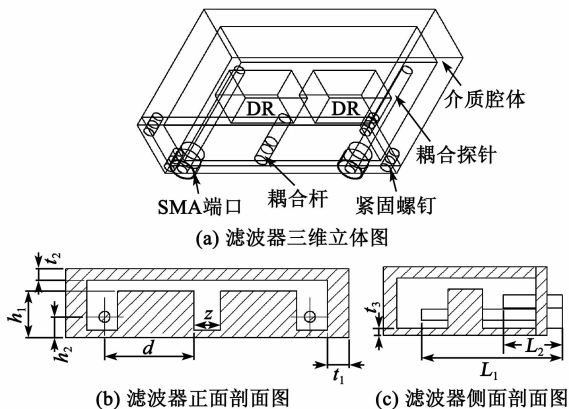


图1 滤波器的几何结构图

当SMA端口输入的激励信号的频率离介质谐振器的谐振频率较远时,介质谐振器不会发生谐振,信号会被截止波导所衰减,该介质滤波器的输出端将不会有信号输出,这就形成了介质滤波器的阻带;当通过SMA端口输入的信号频率等于或者接近谐振器的谐振频率时,激励信号会通过耦合探针进入介质谐振器,同时又会激发相邻谐振器产生相同模式的谐振,通过这种方式就把信号从介质滤波器的输入端传输到滤波器的输出端<sup>[9]</sup>,这就形成了介质滤波器的通带。

### 1.2 滤波器的耦合结构

#### 1.2.1 端口耦合

端口耦合是指输入/输出端的耦合探针分别与

第一、二个介质谐振器的耦合。通过输入端耦合探针将信号输送给介质谐振器,再经输出端耦合探针把信号输出。图2为耦合系数( $k$ )与耦合探针高度( $h_1$ )的关系。由图可知,随着 $h_1$ 的增加, $k$ 逐渐降低。

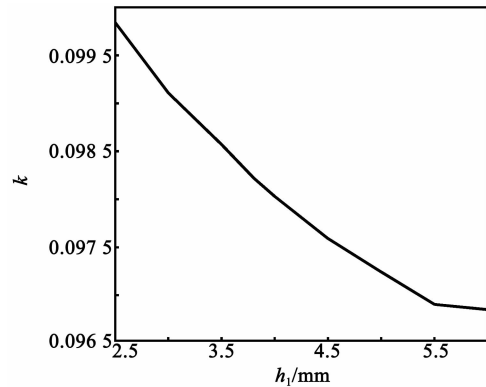


图2  $k$  随  $h_1$  的关系

#### 1.2.2 介质谐振器的级间耦合

介质滤波器的谐振腔是选择某一频率点的能量通过,而整个介质滤波器是要把几个不同谐振腔联系起来从而使一个频带的信号通过,这个过程涉及如何使腔体间的电磁能量可以交换,这构成了介质谐振器的级间耦合。谐振腔之间的 $k$ <sup>[8]</sup>为

$$k = \frac{f_e^2 - f_m^2}{f_e^2 + f_m^2} \quad (1)$$

式中 $f_e$ 和 $f_m$ 分别为对称面边界条件PEC和PMC时的谐振频率。

图3为 $k$ 随谐振器间距( $z$ )变化的关系图。由图可看出,随着 $z$ 的增加, $k$ 先逐渐降低,然后小幅度的提升,在 $z=4.9 \text{ mm}$ 处达到峰值,随后, $k$ 随着 $z$ 的增加而快速减小。

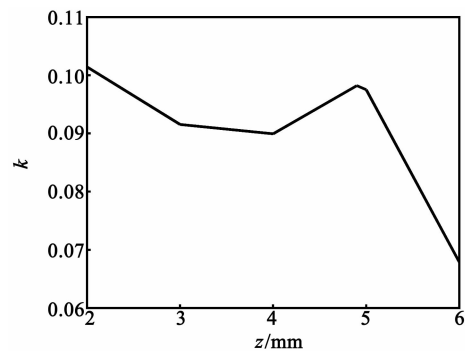


图3  $k$  随  $z$  的关系

## 2 仿真结果

根据上述分析,通过电磁仿真软件,最终确定所设计的双频窄带带通滤波器的尺寸: $z=4.9 \text{ mm}$ 、

$d=16.4\text{ mm}$ 、 $h_1=9.2\text{ mm}$ 、 $h_2=1.3\text{ mm}$ 、 $L_1=25.8\text{ mm}$ 、 $L_2=10.8\text{ mm}$ 、 $t_1=4\text{ mm}$ 、 $t_2=2.5\text{ mm}$ 、 $t_3=1.3\text{ mm}$ 。微波滤波器的详细指标如表1所示。 $S$ 参数的仿真曲线如图4所示。

表1 双频段滤波器的指标

滤波器参数	第一/第二通带
通带的中心频率/GHz	3.18/3.78
3 dB带宽/MHz	60/23(1.9%/0.63%)
通带内的最小插损/dB	0.014 9/0.044 0
两通带之间的抑制/dB	27

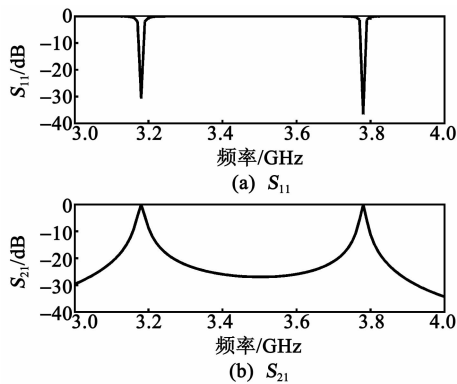


图4 介质滤波器的  $S_{11}$  与  $S_{21}$  仿真图

### 3 结束语

提出了一种新颖双频窄带带通的微波介质滤波器。该滤波器采用表面镀银的介质腔体,腔体与介质谐振器为同种材料连接一体,减少了内部的安装过程;同时,采用介质腔减轻了滤波器的质量,减小了滤波器的温漂系数。利用 Ansoft-HFSS 仿真软件设计了一款双频带通介质滤波器模型,对其仿真得到符合要求的结果。

### 参考文献:

- [1] CHEN F C, QIU J M, WONG S W, et al. Dual-band coaxial cavity bandpass filter with helical feeding structure and mixed coupling[J]. IEEE Microw Wire Co, 2015, 25(1):31-33.
- [2] DWIVEDI P K, AWASTHI S, BISWAS A, et al. Design of dual-passband filter using dual mode semicircular dielectric resonators[J]. Microw Opt Techn Let, 2014, 56(3):542-547.
- [3] MIYAKE H, KITAZAWA S, ISHIZAKI T, et al. A miniaturized monolithic dual band filter using ceramic lamination technique for dual mode portable telephones [J]. J Bacteriol, 1997, 2(3):1333-44.
- [4] ZHANG S, ZHU L. Synthesis design of dual-band bandpass filters with stepped-impedance resonators [J]. IEEE T Microw Theory, 2013, 61:1812-1819.
- [5] LUO S, ZHU L. A novel dual-mode dual-band bandpass filter based on a single ring resonator[J]. IEEE Microw Wirel Co, 2009, 19(8):497-499.
- [6] PIDHURSKA T V, TRUBIN A A. Dual-bandpass filter built on rectangular dielectric resonators[J]. Radioelectronics & Communications Systems, 2015, 58(4):174-180.
- [7] 梁飞, 吕文中, 周东祥, 等. 一种新型结构微波介质滤波器的设计及仿真[J]. 压电与声光, 2007, 29(1):23-25.
- LIANG Fei, LV Wenzhong, ZHOU Dongxiang, et al. Design and simulation of a new structure microwave dielectric filter [J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2007, 29(1):23-25.
- [8] WANG X, WU K L. A TM<sub>01</sub> mode monoblock dielectric filter[J]. IEEE T Microw Theory, 2014, 62(2):275-281.
- [9] 何峰. TE<sub>01</sub> 模介质谐振腔体滤波器的设计[D]. 西安:西安电子科技大学, 2006.