

基于三线耦合结构的超宽带带通滤波器的设计

李奇 梁昌洪 陈佳 姜立伟

(西安电子科技大学天线与微波国家重点实验室 , 西安 , 710071)

liqi@mail.xidian.edu.cn

摘要：本文提出一类紧凑型超宽带带通滤波器，适用于室内通信频段 3.1~10.6GHz。该滤波器应用平行耦合线结构和并联短路枝节，得到平稳的宽带特性。为增强耦合强度，我们用三线耦合形式取代常规的双线耦合。结果表明，在尺寸接近的情况下，三线耦合可以获得更大带宽。同时，并联短路枝节被用来改善带外特性，研究表明，可以通过改变短路枝节的阻抗特性来调节滤波器的带宽和带外陡度。最后给出了仿真和实物加工图，有效地验证了本文的设计方法。

关键词：超宽带，带通滤波器，三线耦合，短路枝节

Compact UWB Bandpass Filter Employing Three Coupled Lines

Li Qi, Liang Changhong, Chen Jia, Jiang Li Wei

(National Key Laboratory of Antenna and Microwave, Xidian Univ., Xi'an 710071)

Abstract: A novel compact ultra-wideband (UWB) bandpass filter is proposed to meet Federal Communications Commission (FCC)'s spectrum mask. Shunt short-circuited stubs and the parallel coupled lines are used to achieve a fraction passband from 3.1GHz to 10.6GHz. Three interdigital edge coupled microstrip lines are used for coupling enhancement. By employing short-circuited stubs, this filter significantly improves the selectivity and out-of-band characteristics. For verification, the proposed filter is designed, simulated and fabricated with good agreement. The design of the filter is simple, and it shows good frequency response.

Keywords: UWB, Bandpass filter, Three coupled lines, Short-circuited stubs

1 引言

随着通信技术的不断发展，人们对信息系统的通讯速率和通信质量的要求越来越高。在此背景下，超宽带技术（UWB）成为目前通信领域的一个研究热点。2002年2月，美国联邦委员会授权了3.1GHz~10.6 GHz之间的频带范围应用于UWB通信[1]。由此，作为通信系统重要组成部分的UWB带通滤波器的研究也取得了很大的发展^{[2]~[8]}。文献[2]提出了一类基于高损耗材料的宽带滤波器，拥有平整的宽带特性，但是插入损耗太大。谐振环和开路枝节的结构被用来实现超宽带滤波器，但是回波损耗只有10dB^[3]。文献^[4]中，作者用高通和低通滤波器组合结构实现带通特性。并联短路枝节用来控制带外特性^[5]。为获得低损耗和易于加工的结构，多模带通滤波器被广泛研究^{[6]~[7]}。近年来，随着新材料和新结构的发展，EBG结构被引入超宽带带通滤波器的研究当中^[8]。

本文提出了一类应用微带三线耦合结构和并联短路枝节的平面超宽带滤波器。利用耦合传输线实现宽带特性，短路枝节获得良好带外抑制。该滤波器设计简单，结构紧凑，有良好的带内带外特性。插入损耗低于1.5dB，回波损耗高于15dB，带内时延小于0.3ns，达到了通信要求，可以广泛应用与微波超宽带通信中。

2 理论分析

这类超宽带带通滤波器由两部分组成。平行耦合线和并联短路枝节。我们知道， $\lambda_g/4$ 耦合传输线可以实现带通特性。两个传输零点分别位于 f_0 和 $2f_0$ 处。为了获得更大的带宽，我们用三线耦合代替双线耦合来增加耦合强度。如图1所示，3-dB带宽由95% 提高至105%。图2给出了3-dB带宽随着耦合线宽(W_1, W_2) 和带隙宽度(S)变化情况。

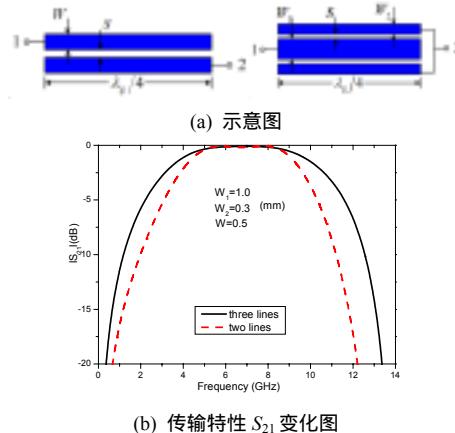


图 1 双线和三线耦合结构

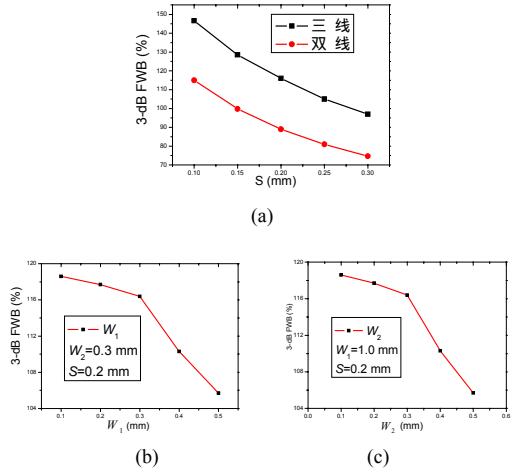


图2 3-dB 带宽随着(a)带隙宽度(S)(b)耦合线宽(W_1)(c)耦合线宽(W_2)变化情况

为了获得良好的带外特性，我们引入两节并联短路枝节，分别位于耦合线的两侧。图3给出了并联短路枝节的传输特性。我们发现，随着长度增加，带隙向低频移动；随着宽度增加，带隙略向高频移动。由此，我们可以通过改变短路枝节的长度、宽度来影响滤波器的带宽。

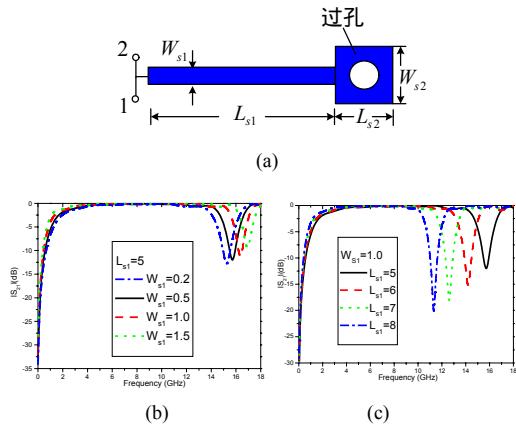
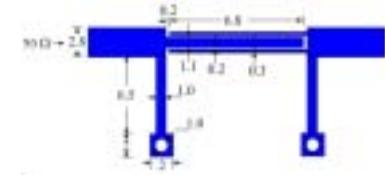


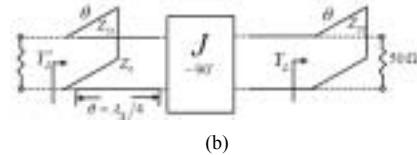
图3 并联短路枝节(a)示意图。(b) 传输特性随(b)线宽(W_{s1})(c)长度(L_{s1})变化情况

3 滤波器的设计和实现

设计滤波器时，我们首先通过改变耦合传输线的宽度和缝隙宽度来选择合适的奇偶模阻抗；然后选择合适的短路枝节的长宽，保证带隙位于12GHz左右。我们用电磁仿真软件Microwave office进行原理电路分析，用电磁仿真软件CST进行三维仿真。采用介电常数为2.65，高度为1.0 mm的聚四氟乙烯电路板进行加工。



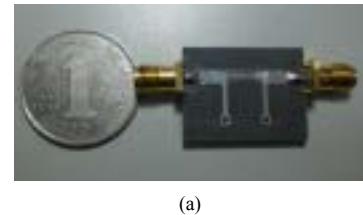
(a)



(b)

图4 所设计超宽带滤波器(a)示意图 (b)等效电路

图4(a)给出了所设计超宽带带通滤波器的结构尺寸图，相应的电路等效图在图4(b)给出。耦合传输线的作用类似一个导纳变换器。



(a)

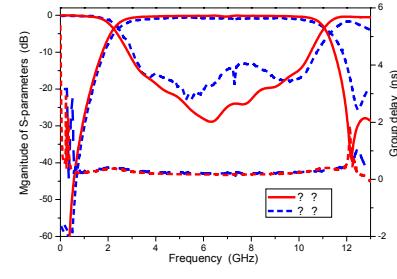


图5 所设计超宽带滤波器(a)照片 (b)结果比较

图5(a)为所设计超宽带带通滤波器的实物照片，相应的测量结果在图5(b)给出。可以看出测试结果和仿真结果吻合良好，覆盖了3.1~10.6GHz整个通信范围。带内插入损耗低于1.5dB，回波损耗高于15dB，带内群时延小于0.3ns，带外特性好于15 dB。

4 结束语

本文提出了一类应用三线耦合结构和并联短路枝节的超宽带带通滤波器。该类滤波器利用耦合传输线实现宽带特性，用短路枝节来获得良好的带外抑制。因为设计简单，结构紧凑，尺寸小，便于加工，并且拥有良好的带内带外特性，该类滤波器适合在超宽带通信中广泛应用。

参考文献

- [1] Federal Communications Commission, Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wide Band Transmission Systems, Tech. Rep., ET-Docket 98-153, FCC02-48, Apr.2002
- [2] A. Saito, H. Harada, and A. Nishikata, Development of bandpass filter for ultra wideband (UWB) communication systems, *Proc. IEEE Conf. Ultra Wideband Syst. Technol.*, Nov. 16–19, 2003, pp. 76–80.
- [3] H. Ishida and K. Araki, Design and analysis of UWB bandpass filter with ring filter, *IEEE MTT-S Int. Dig.*, 2004, pp. 1307–1310.
- [4] C. Hsu, F. Hsu, and J. Kuo, Microstrip bandpass filters for ultra-wideband (UWB) wireless communications,” in *IEEE MTT-S Int. Dig.*, Jun. 2005, pp. 679–682.
- [5] C. Tang and M. Chen, A microstrip ultra-wideband bandpass filter with cascaded broband bandpass and bandstop filters, *IEEE Trans. MTT.*, vol. 55, no. 11, pp. 2412–2418, Nov. 2007.
- [6] L. Zhu, S. Sun, and W. Menzel, Ultra-wideband(UWB) bandpass filtersusing multiple-mode resonator, *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.* Vol. 15, no. 11,pp.796-798, Nov. 2005
- [7] P. Cai, Z. Ma, X. Guan, X. Yang, Y. Kobayashi, T. Anada, and G. Hagiwara, A novel compact ultra-wideband bandpass filter using a microstrip stepped-impedance four-modes resonator, *IEEE MTT-S Int. Dig.*, Jun. 2007, pp. 751–754.
- [8] S. Wong and L. Zhu, EBG-embedded multiple-mode resonator for UWB bandpass filter with improved upper-stopband performance, *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 17, no. 6, pp. 421–423, Jun. 2007.

作者简介：李奇，男，博士，主要研究领域为计算微波、无线通信无源器件设计、超宽带滤波器及天线设计等；梁昌洪，男，教授、博士生导师，主要研究领域为计算微波、电磁兼容、微波通信等。

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/>