

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.07.019

5G-WiFi 超小型介质滤波器的研究^{*}

沈建明¹, 何 莺¹, 胡元云², 徐喜根³

(1. 嘉兴职业技术学院 机电与汽车分院, 浙江 嘉兴 314036; 2. 嘉兴佳利电子有限公司, 浙江 嘉兴 314003;
3. 浙江方圆电气设备检测有限公司, 浙江 嘉兴 314001)

摘要:针对无线通信网络拥堵、信号品质差, 介质滤波器虽然功率容量大、插入损耗低, 但是体积较大且不可集成等问题, 展开了用于第五代 WiFi 传输技术的宽带滤波器的研究。主要从材料选择、软件仿真和工艺设计 3 方面进行了论述。首先选择高介电常数的陶瓷材料采用特殊烧结方法达到了良好的微波介电性能, 然后通过三维微波仿真软件 HFSS 对滤波器的参数进行了优化, 最后采用了精细加工技术激光光刻技术来实现了滤波器的小尺寸和最佳性能。研究结果表明, 产品尺寸仅为原来同类介质滤波器的 1/8, 实现了介质滤波器的小尺寸; 带宽大、插入损耗低, 解决了网络拥堵; 阻带抑制高, 提升了信号品质。

关键词: 5G-WiFi; HFSS; 超宽带; 滤波器; 仿真

中图分类号: TN713

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2017)07-0786-04

Study of ultra small dielectric filter for 5G-WiFi

SHEN Jian-ming¹, HE Ying¹, HU Yuan-yun², XU Xi-gen³

(1. Electromechanical and Automobile Campus, Jiaxing Vocational Technical College, Jiaxing 314036, China;
2. Jiaxing GLEAD Electronics Co., Ltd., Jiaxing 314003, China;
3. Zhejiang Fangyuan Electric Equipment Testing Co., Ltd., Jiaxing 314001, China)

Abstract: Aiming at the problems that network congestion, poor signal quality and so on of wireless communication, although the dielectric filter had large power capacity and lower insertion loss, the drawback were larger volume and could not integration, the broadband filter for fifth generation WiFi transmission technology was pursued, mainly from three aspects of material selection, software simulation and process design to discuss. Firstly, ceramic materials with high dielectric constant were selected to achieve good microwave dielectric properties by adopting special sintering method. Secondly, the parameters of the filter were optimized by the HFSS of the 3D microwave simulation software. Finally, the laser lithography of refining-processing technology was applied to get the small size and the optimum performance of the filter. The results indicate that product size is only 1/8 of the same dielectric filter, the small size of the dielectric filter is realized; larger bandwidth, lower insertion loss, solves the network congestion; higher stopband attenuation, enhances the quality of the signal.

Key words: 5G-WiFi; HFSS; ultra wide band; filter; simulation

0 引 言

5G-WiFi 是第五代 WiFi 传输技术, 第 5 代 WiFi 传输技术越来越普及, 它是采用 802.11ac 协议并且运行在 5G-6G 高频段上的 WiFi。5G-WiFi 的最大特征是更高的无线传输速度。一些高性能的 5G-WiFi 还能达到 1 Gbps 以上^[1]。

5G-WiFi 拥有解决网络拥堵、提升播放质量、更省电、信号品质更好的优点, 是近期国际无线通讯产业重点研发的方向。由于国内外厂商纷纷在产品中加入对 5G-WiFi 功能的支持, 5G-WiFi 将迅速普及, 具有广阔市场前景。

对于宽带滤波器, 国内外学者研究了多种设计方法和结构。随着超宽带带通滤波器的发展, 各种新结

收稿日期: 2016-12-30

基金项目: 嘉兴市科技计划资助项目(2016AY13001)

作者简介: 沈建明(1987-), 男, 浙江嘉善人, 硕士, 讲师, 主要从事电子技术, 无线通信方面的研究。E-mail: 619568404@qq.com

构不断出现,性能也逐步提高,同时,对宽带滤波器提出了更高的要求:(1)带内插入损耗要小,使能量充分传输;(2)附带损耗要尽量大,增强频率的选择性,有效的抑制高次谐波,降低干扰;(3)结构简单,容易实现;(4)尺寸小,便于集成。滤波器作为通信系统和信号处理中不可或缺的部件,必须具有更快的速度,更宽的带宽才能跟上时代的步伐,介质滤波器利用介质陶瓷材料的低损耗、高介电常数、频率温度系数和热膨胀系数小、可承受高功率等特点设计制作的,由数个长型谐振器纵向多级串联或并联的梯形线路构成。

本研究将研制一款具有超小尺寸的介质滤波器,它是 5G-WiFi 中重要的基础件。本研究将选用一种介电常数达到 95 的 BaO-Nd2O3-TiO2 微波陶瓷材料,采用影响参数法进行设计计算^[2],利用 Ansoft HFSS 微波仿真软件进行参数优化,最后采用激光光刻工艺在电镀层刻蚀耦合电容,实现滤波器的滤波功能^[3]。

1 设计流程

滤波器是用来选择性的通过或抑制某一频段信号的装置。介质滤波器的主要优点是功率容量大,插入损耗低,但存在两大缺点:(1)体积较大,在厘米量级,与集成电路相比占用了系统很大的体积;(2)介质滤波器一般是分立器件,无法与信号处理电路进行集成,而且由滤波器到信号处理芯片需要经过一条不可忽略的传输线,必须进行阻抗匹配,不但结构复杂而且造成一定的信号衰减。为了克服介质滤波器的缺点,笔者从材料、优化设计、工艺 3 个方面来进行设计研究,最终实现滤波器的小尺寸,宽带宽,低插损,高可靠性。

该款滤波器的设计流程如图 1 所示。

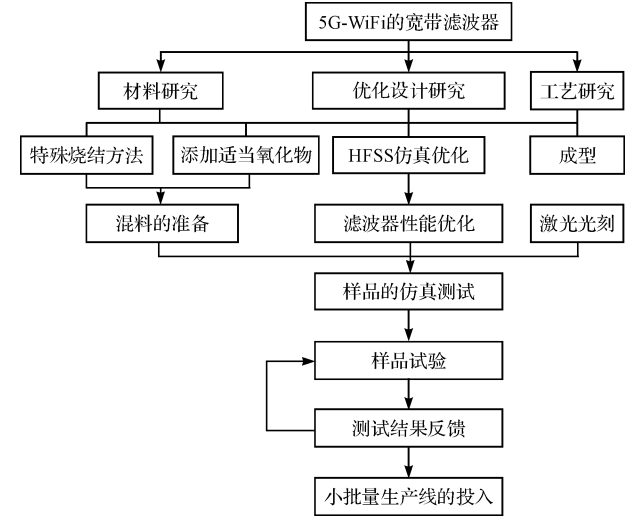


图 1 设计流程图

2 设计方法

滤波器的设计方法大致有两种:(1)经典的对象参数设计法(影响参数设计法)。按此法设计的滤波器有定 k 式、m 导出式等滤波器,该法设计简单,计算简单,容易掌握,但设计时所假设的对象阻抗是随频率变化而变化的,这与实际工作中两终端电阻常为常数的事实相左,故难以达到预期的特性,其通带边缘的衰减不够陡峭,常不能满足某些特殊的要求;(2)工作参数设计法(网络综合设计法)。它根据给定的传输特性要求,按滤波器接在信号源和负载之间能量的实际传输过程,用现代网络综合的方法设计滤波器,按该法设计的滤波器有最平型(巴特沃斯),等纹波型(切比雪夫),椭圆函数(考尔)滤波器等,利用该法设计的滤波器特性好、元减少且符合实际情况,能较好地达到预期的特性,但计算复杂,繁琐,不易掌握。

目前设计人员一般利用由计算机计算所形成的图标、数据查表设计,但如果要设计图表给出的特性参数以外的滤波器,特别是在设计微波滤波器的时候,仍需从网络理论出发来进行综合^[4]。本研究采用的是第一种设计方法。

3 滤波器的设计研究

目前,宽带滤波器的设计主要有以下几个难点:(1)根据 FCC 要求^[5-6],超宽带带通滤波器要具有 110% 的相对带宽,一些常用的设计窄带滤波器的方法已经不适用;(2)根据超宽带系统的信息传输方式,宽带滤波器的通带内要具有较小和平坦的群时延特性;(3)由于超宽带系统带宽比较宽,容易受到带内其它通信系统信号的干扰,因此,设计时应考虑如何抑制通带内的干扰信号^[7]。

总之,宽带滤波器会向着体积小,精度高,传输速度越来越快,介电常数大,温度系数小,更加可靠稳定的方向发展。

本研究主要从材料、优化设计和工艺 3 方面来提升 5G-WiFi 的宽带滤波器的性能,拟综合运用电子信息、非金属材料技术、工艺结构技术等多学科理论、技术和手段分阶段、分子项展开研究工作。

3.1 材料研究

滤波器向着体积小、精度高、传输速度越来越快、介电常数大,温度系数小、更加可靠稳定的方向发展,笔者选用一种高介电常数的微波陶瓷材料 BaO-Nd2O3-TiO2 作为该设计的材料。本研究首先采用特

殊烧结方法如微波烧结、放电等离子烧结、热压烧结及热等静压烧结进行烧结;然后通过添加适当氧化物烧结助剂或低熔点玻璃进行液相烧结可以降低陶瓷材料的烧结温度;最后加入很少量的低熔点氧化物以降低材料的烧结温度,同时保持良好的微波介电性能。

3.2 HFSS 仿真研究

材料烧结完成后,对于长方体的滤波器,本研究在 6 个面上选择性地涂银层,使它能够电磁耦合,边缘耦合;然后采用 Ansoft HFSS 软件对滤波器参数进行仿真,首先选择陶瓷材料的参数(介电常数、Q 值、收缩率、导电率、频率温度系数等)建立设计结构模型库。模型的建立还必须充分考虑复杂的电磁场耦合、边缘耦合、寄生效应和涡流现象各个因素,应用三维微波电磁场仿真及计算,反复在软件上进行各项工艺参数的灵敏度分析,模拟工艺上的各种可能产生的误差进行仿真优化。本研究现在对是否带屏蔽罩的滤波器进行仿真测试,不带屏蔽罩(屏蔽罩高度为 2.3 mm)的滤波器如图 2 所示。

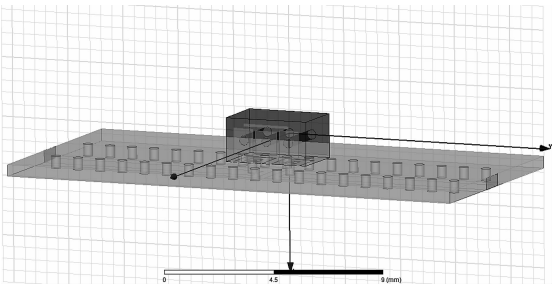


图 2 不带屏蔽罩滤波器
带屏蔽罩的滤波器如图 3 所示。

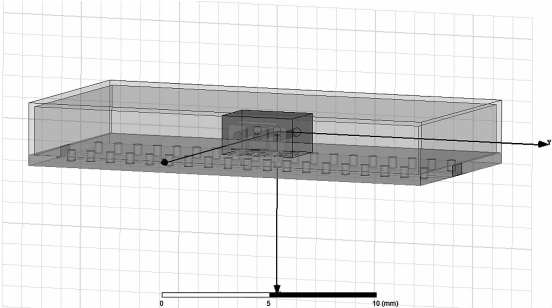


图 3 带屏蔽罩的滤波器
测得仿真波形图如图 4、图 5 所示。

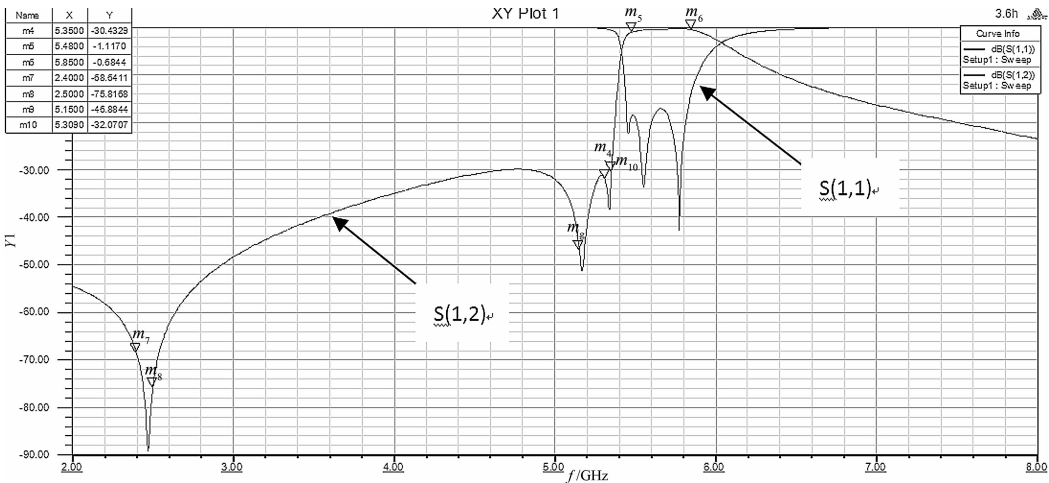


图 4 不带屏蔽罩仿真波形图

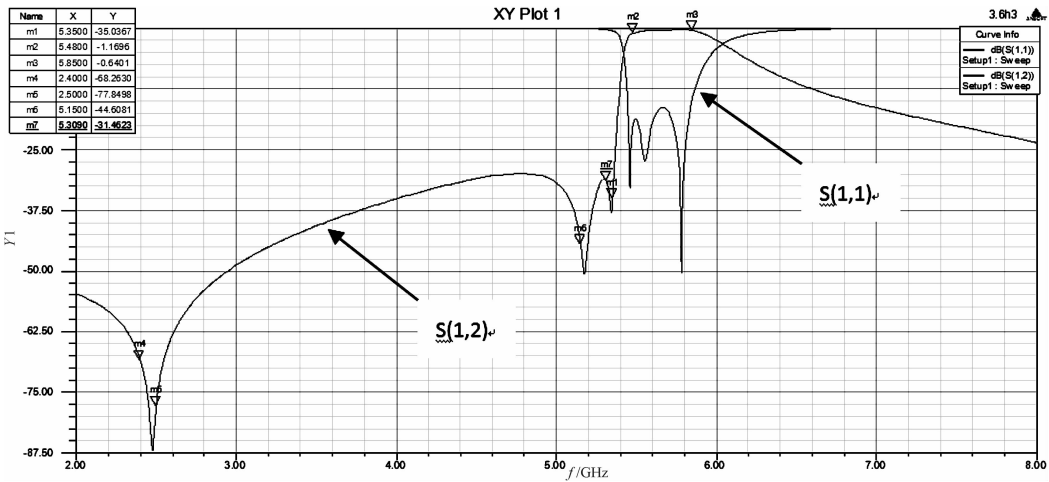


图 5 带屏蔽罩的仿真波形图

$S(1,1)$ 等于反射功率除以入射功率,表示在输出端端接匹配情况下的输入端反射系数,通常被称为回波损耗, $S(1,2)$ 等于输出功率除以输入功率,表示在输入端端接匹配情况下的反向传输增益(系数),见仿真波形图图4,图5中两条曲线 $S(1,1)$ 、 $S(1,2)$;为了更好地进行结果分析,本研究在不带屏蔽罩仿真波形图图4中的 $S(1,2)$ 曲线上采集 $m4 \sim m10$ 共7个点,见图4中 $S(1,2)$ 曲线;在带屏蔽罩仿真波形图图5中的 $S(1,2)$ 曲线上采集 $m1 \sim m7$ 共7个点,见图5中 $S(1,2)$ 曲线。

根据仿真波形图中的图4,图5比较分析可以得知,对于不带屏蔽罩的滤波器,频率在2.4 GHz时,衰减最大达到87 dB左右。频率在5.2 GHz时,衰减最大为50 dB左右;频率在5.4 GHz以上时,衰减几乎为0。因为此款滤波器应用在5 GHz频段,基本满足条件;是否带屏蔽罩的滤波器仿真数据相差不大,说明该款滤波器的抗干扰能力很强。

3.3 激光光刻工艺研究

本研究要实现体积小、精度高、稳定性好、可靠性好的特点,对微波陶瓷材料粉末进行成型压制烧结,由于微波陶瓷材料的高脆性、高硬度的特点,如要不破坏其结构,不影响其性能,用传统的印刷工艺在其表面刻蚀耦合电容微槽难度大,因此采用激光刻蚀来实现合适的微槽深度,高的产品合格率,并且尽可能地减小其体积。激光光刻技术是利用光学-化学反应原理等方法,将电路图形刻印在介质表面,达到想要的图形刻意功能的新型微细加工技术。随着半导体技术的发展,光刻技术传递图形的尺寸限度缩小了2~3个数量级(从毫米级到亚微米级),已从常规光学技术发展应用到电子束、X射线、微离子束、激光等新技术;使用波长已从4 000埃扩展到0.1埃数量级范围。光刻技术成为一种精密的微细加工技术。因此通过使用激光光刻技术就可以真正实现体积小、精度高、性能最佳。

4 结束语

本研究主要从材料研制、仿真优化和激光刻蚀工

艺3方面来展开讲述5G-WiFi宽带滤波器的设计流程,材料主要选用高介电常数的微波陶瓷材料用特殊烧结方法烧结,通过添加少量氧化物来降低陶瓷材料的烧结温度,保持良好的性能;然后通过微波仿真软件HFSS进行结构的仿真优化,根据仿真结果优化滤波器的设计;最后采用激光光刻技术实现滤波器表面刻蚀耦合电容微槽,实现滤波器的小尺寸。最终实现的滤波器指标如下:尺寸小于 $3.8 \text{ mm} \times 2.0 \text{ mm} \times 3.0 \text{ mm}$,中心频率为5 665 MHz,带宽大于370 MHz,插入损耗小于3.0 dB,通带波动小于1.2,驻波比小于2.0。

项目研制的产品是5G-WiFi中重要的基础件,产品尺寸仅为原来同类介质滤波器的1/8,产品插入损耗低,通带波动小,阻带抑制高,性能优于LTCC滤波器^[8]。现该类产品已应用于台湾联发科公司的5G-WiFi通信模块,该模块应用于美国微软公司XBOX ONE游戏主机上,用于连接无线手柄等外接设备。并已经开始向各大无线外接设备商进行推广。

参考文献(References):

- [1] 刘 鹏,张万荣,金冬月,等.用于5G-WiFi的可变增益有源巴伦LNA[J].微电子学,2015,45(5):585-589.
- [2] 周 英,殷小贡,肖 金.宽带滤波器的优化设计及其MATLAB仿真[J].计算机仿真,2005,22(2):110-112.
- [3] 许来涛,唐普洪,胡元云,等.激光刻蚀制备微波介质陶瓷滤波器工艺研究[J].应用激光,2015,35(5):583-587.
- [4] 范 博.射频电路原理与实用电路设计[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [5] 官雪辉,陈 鹏,刘海文,等.超宽带滤波器的研究现状和进展[J].华东交通大学学报,2011,28(1):07-14.
- [6] 郑艺媛.无线通信领域超宽带滤波器的现状和发展趋势[J].微波学报,2012,28(S2):330-333.
- [7] 毛金燕.新型超宽带带通滤波器的研究与设计[D].南京:南京邮电大学通信与信息工程学院,2014.
- [8] 刘海文,郑 伟.LTCC无源滤波器的研究现状与进展[J].微纳电子技术,2009(8):502-508.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

沈建明,何 莺,胡元云,等.5G-WiFi超小型介质滤波器的研究[J].机电工程,2017,34(7):786-789.

SHEN Jian-ming, HE Ying, HU Yuan-yun, et al. Study of ultra small dielectric filter for 5G-WiFi[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017, 34(7):786-789.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>