



文章编号:1673-1522(2013)01-0033-04

# 新型超宽带共面波导结构天线的设计

尹应全,廖昆明,王瑞峰,尹国武

(91911部队,海南 三亚 572000)

**摘要:**设计了一款共面波导馈电的新型超宽带平面天线,该天线印刷在介电常数为4.4的FR4覆铜介质基板上,尺寸为 $20\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 1.2\text{ mm}$ ,利用仿真软件HFSS对天线参数进行优化仿真。调节辐射贴片上各枝节的长度与宽度,通过不同谐振点的耦合来展宽频带宽度,可实现天线频带宽度为3~11.7 GHz( $S_{11} < -10\text{ dB}$ ),相对带宽达到119%。按照优化尺寸对天线进行加工,实测数据与仿真值基本吻合。结果表明,该天线不仅可以实现超宽频带,而且结构简单,尺寸小,易于集成。

**关键词:**超宽带天线;共面波导;谐振耦合;HFSS仿真

中图分类号:TN822<sup>+</sup>.8

文献标志码:A

近年来,随着无线通信行业的迅速发展,小型化超宽带天线吸引了国内外研究者的广泛关注。微带共面波导馈电天线是从微带天线演变而来,由于具有尺寸小、频带宽、质量轻且易于加工与集成等特点,在科研与实践中备受青睐。为了实现天线宽频带性能,国内外学者提出了多种多样的天线结构:U槽贴片天线、阵列结构、单极子天线等被广泛应用于UWB通信,但是目前这些天线都有不足之处。文献[1]设计的天线采用的是共面波导结构将圆弧形与等腰梯形相结合的方式,对接地板进行开槽实现带宽(VSWR<2)为3.1~10.6 GHz;文献[2]设计的天线采用的是对称双梯形开缝微带结构结构,其尺寸较小,但是工作频率为5.6~11.3 GHz;文献[3]设计的天线通过在微带贴片上开圆环改变电流分布实现超宽带,但其相对带宽只有72.4%;文献[4]设计的天线采用的是单极子加载介质谐振器结构,不仅体积较小,而且实现超宽频2.5~19 GHz,但是这种天线对加工精度及工艺要求较高,且不易集成化。

出于实际制作和应用的考虑,本文采用多枝节共面波导馈电结构,通过谐振频率之间的耦合来实现超宽频设计,便于和微波电路集成;并利用仿真软件HFSS对天线进行建模和优化,实验表明所设计的天线能很好地满足超宽带应用的需求。

## 1 天线结构设计

本文采用的天线的基本结构如图1所示,该天线印刷在覆铜介质基板上,由接地面、微带贴片、馈电结构组成,并且在同一个平面上,易于集成化加工。

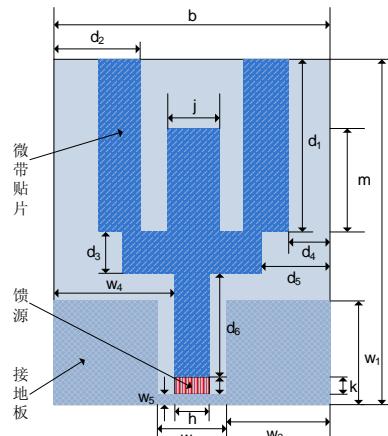


图1 共面波导天线结构

辐射贴片一般采用规则形状的面积单元,如矩形、圆形或圆形环薄片的微带贴片。相同的频率工作时,矩形贴片可获得比圆形贴片稍高的效率、增益及更宽的频带。增大天线带宽的方法有<sup>[5-8]</sup>:采用多贴片、缝隙加载、集总元件加载以及双馈点等。这些方式各有利弊,如多贴片和集总元件加载都会使天线的结构变复杂,而双馈点时谐振频率调谐范围受到一定的限制。本文微带贴片采用多枝节结构,通过调整尺寸与位置,可以产生多个谐振点,通过不同谐振点之间的耦合来展宽频带,实现超宽频工作;介质基板尺寸为 $20\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 1.2\text{ mm}$ ,材料为介电常数为4.4的FR4介质,采用缝隙贴片单元与接地面进行馈电。在设计天线时首先考虑匹配问题,采用共面波导微带馈电时首先要计算微带的宽度,可以直接通过理论公式推导<sup>[9-11]</sup>,也可以利用现有的计算软件,利用基板的

收稿日期: 2012-09-25; 修回日期: 2012-12-21

作者简介: 尹应全 (1973-), 男, 高工, 硕士。

尺寸、介电常数及需要仿真的频率范围,就可以得出微带馈电的宽度。影响天线辐射性能的因素<sup>[12-14]</sup>有好多,主要是由辐射贴片的尺寸和几何形状、缝隙的尺寸决定,通过HFSS中建立模型,对天线几何尺寸进行优化来得到最佳尺寸。表1为经过优化后的最佳设计尺寸。

表1 天线尺寸

参数	值/mm	参数	值/mm
<i>a</i>	30	<i>h</i>	2.4
<i>b</i>	20	<i>d</i> <sub>1</sub>	15
<i>j</i>	2.5	<i>d</i> <sub>2</sub>	6
<i>m</i>	1.5	<i>d</i> <sub>3</sub>	4.5
<i>W</i> <sub>1</sub>	8.5	<i>d</i> <sub>4</sub>	3.5
<i>W</i> <sub>2</sub>	8	<i>d</i> <sub>5</sub>	5
<i>W</i> <sub>3</sub>	4	<i>d</i> <sub>6</sub>	9
<i>W</i> <sub>4</sub>	8.8	<i>k</i>	1
<i>W</i> <sub>5</sub>	0.5		

## 2 天线的优化与仿真

天线的辐射特性主要由辐射贴片各枝节的尺寸与位置、贴片与接地板之间的缝隙宽度等因素决定,根据优化后的天线结构和尺寸,如表1所示尺寸,可以实现超宽带为3~11.7 GHz,相对带宽为119%。以辐射贴片中间枝节尺寸优化为例,简要说明尺寸的改变对谐振频率的影响。

图2为微带贴片中间枝节的宽度*j*优化回波损耗图。可以看出,宽度*j*取2.3 mm时在3.8 GHz、5.8 GHz、9.8 GHz、11.2 GHz有谐振峰,*j*取2.5 mm时在3.8 GHz、8.2 GHz、10.2 GHz有谐振峰,而*j*取2.6 mm时在4 GHz、8 GHz、10 GHz有谐振。不同宽度*j*,回波损耗的谐振频率会发生改变,通过调节谐振频率点之间的耦合,尽量使得宽频范围内回波损耗降在-10 dB以下,从而改善频带的宽度。

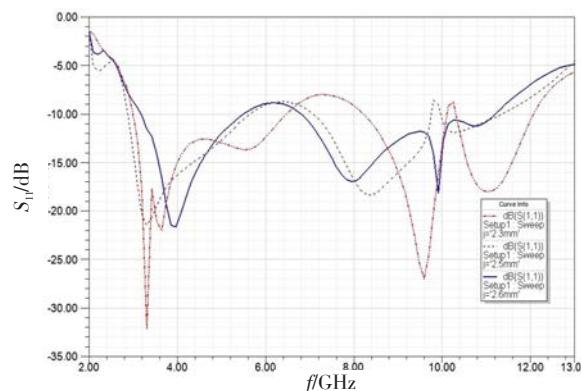
图2 改变枝节宽度对S<sub>11</sub>的影响

图3为微带贴片中间枝节的长度*m*优化回波损耗图。可以看出,当*m*=12.1时,由于谐振峰比较多,频宽扩展到了3.1~11.6 GHz,相对带宽达到了119%。

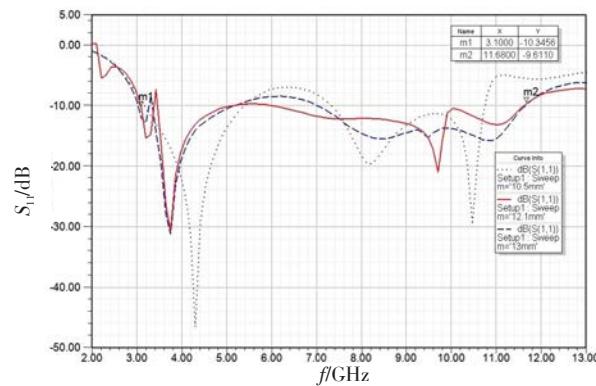
图3 改变枝节长度对S<sub>11</sub>的影响

图4为该天线在7 GHz时的辐射方向图。可看出,在20°及160°方向增益可达5 dB。该天线在实现超宽带性能的同时,具有对称的方向图和较好的增益。

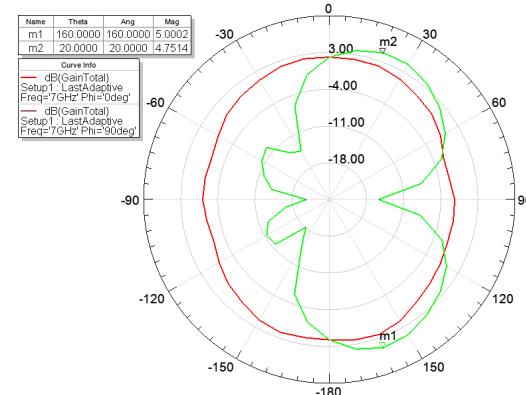


图4 天线的辐射方向图

从图5(天线增益全向辐射图)可以看出该天线具有全向辐射,方向为垂直于该天线向周围辐射,并在7 GHz时该天线的最大增益为5.06 dB,具有很好的方向性及对称性。

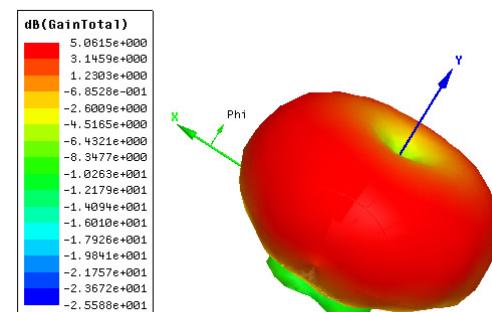


图5 天线增益辐射全向图



图6为该设计天线在整个频率范围内的仿真增益曲线。可以看出,在3.1~11.6 GHz( $S_{11} < -10$  dB)内都具有较高的增益,平均增益可以达到5 dB,且随着频率的增加递增,在10.2 GHz时最大增益可达到7 dB,可以满足实际UWB通信的需求。

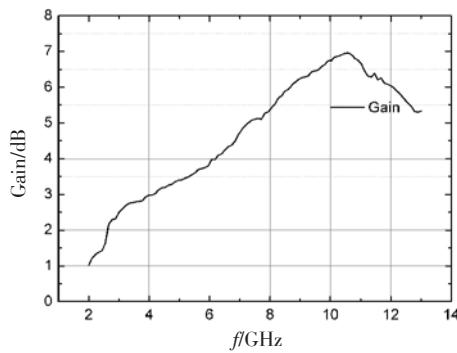


图6 天线的增益

### 3 实测结果

图7所示为该设计天线的加工实物图,图8为天线回波损耗 $S_{11}$ 的实际测量值。从图8可以看出,在3.1~11.2 GHz频段内,天线实测的回波损耗曲线基本处于-10 dB以下,在4.5 GHz及7 GHz附近效果有点不理想,实测值与图3的仿真曲线有些偏差,主要是由加工误差所引起。此外,SMA接头以及焊锡的散射效应也会对回波损耗产生影响。该天线基本上能够满足微波通信的要求。

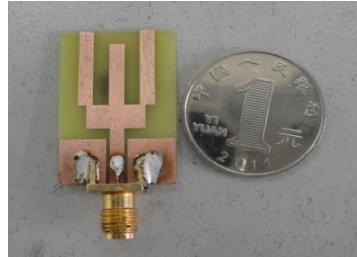
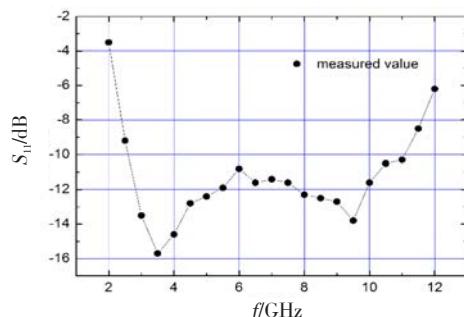


图7 天线实物图

图8  $S_{11}$ 的实测值

### 4 结论

本文设计了一款结构简单的共面波导馈电超宽带天线,调节辐射贴片枝节的长宽来展宽频带宽度。通过软件优化得到最佳天线设计尺寸,并进行实物加工,实测回波损耗值与仿真值能基本吻合。该天线结构不仅可实现超宽带,而且尺寸较小,接地板、辐射贴片及馈源在同一个平面上,易于集成加工。此天线还具有较好的方向性能和增益性能,可满足不同移动通信要求。

### 参考文献:

- [1] SUBBARAO A, RAGHAVAN S. A novel pot shaped CPW-fed slot antenna for Ultra wideband applications[J]. Emerging Trends in Electrical and Computer Technology, 2011, 23(24):1119-1122.
- [2] LU WENJUN, CHENG YONG, ZHU HONGBO. Design concept of a novel balanced ultra-wideband (UWB) antenna[C]//2010 IEEE International Conference on Ultra-Wideband (ICUWB). 2011:1-4.
- [3] SHEN YIZHU, CHOI LOOK LAW. A microstrip-fed quasi-spiral circularly polarized ultra-wideband antenna[C]// 2011 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation. 2011:1-4.
- [4] 廖昆明,吴毅强,陈力.超宽频单极子陶瓷介质谐振器天线设计与仿真[J].电子元件与材料,2011,30(9):50-52.  
LIAO KUNMING, WU YIQIANG, CHEN LI. Design and simulation of ultra wideband monopole-ceramic dielectric resonator antenna[J]. Electronic Components and Materials, 2011, 30(9):50-52. (in Chinese)
- [5] CHEN Y L, RUAN C L, PENG L. A novel ultra-wideband bow-tie slot antenna in wireless communication systems[J]. Progress In Electromagnetics Research Letters, 2008, 1(5):101-108.
- [6] 张文梅,陈雪,韩国瑞,等.平面超宽带天线的设计与研究[J].电波科学学报,2008,23(2):335-339.  
ZHANG WENMEI, CHEN XUE, HAN GUORUI, et al. Design of planar UWB antennas[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2008, 23(2):335-339. (in Chinese)
- [7] 赵红梅,田向,路立平.一种新型平面超宽带天线的设计[J].电信科学,2011,27(8):74-78.  
ZHAO HONGMEI, TIAN XIANG, LU LIPING. Design of a novel planar ultra-wideband antenna[J]. Telecommunications Science, 2011, 27(8):74-78. (in Chinese)





- [8] 李伟文,黄长斌,游佰强,等.超宽带印制矩形单极天线的设计[J].微波学报,2010,26(2):30-34.  
LI WEIYUN, HUANG CHANGBIN, YOUBI QIANG, et al. Design of ultra-wideband printed rectangular monopole antenna[J]. Journal of Microwaves, 2010, 26(2): 30-34. (in Chinese)
- [9] 张佳亮,雷振亚,谢拥军,等.共面波导馈电的宽带天线设计[J].电讯技术,2011,51(8):125-129.  
ZHANG JIALIANG, LEI ZHENYA, XIE YONGJUN, et al. Design of a CPW-fed wideband antenna[J]. Telecommunication Engineering, 2011, 51(8) : 125- 129. (in Chinese)
- [10] 李迎松,杨晓冬,刘乘源.共面波导馈电的超宽带天线研究[J].电子测量与仪器学报,2010,24(9):819-823.  
LI YINGSONG, YANG XIAODONG, LIU CHENGYUAN. Research on a CPW-fed ultra-wideband antenna[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2010, 24(9):819-823. (in Chinese)
- [11] 施胜杰,郭辉萍.一种新型超宽带平面单极天线的设计[J].通信技术,2009,42(1):112-114.  
SHI SHENGJIE, GUO HUIPING. Design of novel ultra-
- wideband planar monopole antenna[J]. Communications Technology, 2009, 42(1):112-114. (in Chinese)
- [12] 晏峰,姜兴,黄朝晖,等.共面波导馈电的带阻UWB天线设计[J].电子器件,2011,34(3):255-257.  
YAN FENG, JIANG XING, HUANG ZHAOHUI, et al. Design of a band-notched CPW-fed UWB antenna [J]. Chinese Journal of Electron Devices, 2011, 34 (3) : 255-257. (in Chinese)
- [13] 姜宇,肖鸿,刘兴鹏,等.共面波导宽频带微带缝隙天线的设计与分析[J].哈尔滨工程大学学报,2009,30(10):1180-1184.  
JIANG YU, XIAO HONG, LIU XINGPENG, et al. Design and analysis of a CPW-fed broadband microstrip slot antenna [J]. Journal of Harbin Engineering University, 2009, 30(10):1180-1184. (in Chinese)
- [14] 孙彩锋,马重霄,刘红梅,等.X波段共面波导结构串馈天线的设计[J].无线电通信技术,2011,37(1):38-40.  
SUN CAIFENG, MA CHONGXIAO, LIU HONGMEI, et al. Design of series-feed antenna of coplanar waveguide structure at X band[J]. Radio Communications Technology, 2011, 37(1):38-40. (in Chinese)

## Design of Novel Ultra-Wideband Coplanar Waveguide Structure Antenna

YIN Ying-quan, LIAO Kun-ming, WANG Rui-feng, YIN Guo-wu

(The 91911<sup>st</sup> Unit of PLA, Sanya Hainan 572000, China)

**Abstract:** A CPW-fed novel ultra-wideband coplanar waveguide planar antenna was designed. The antenna was etched on a copper-cladding substrate with relative dielectric constant 4.4 (20 mm×30 mm×1.2 mm). The parameters of the antenna were simulated and optimized with HFSS. Adjusting the length and width of the minors on the radiating patch, the coupling of the resonance point was used to widen bandwidth. The results showed that the bandwidth (return loss≤-10 dB) was from 3~11.7 GHz that meant a relative bandwidth of 119%. The antenna was designed in accordance with the optimization of the size of the antenna, the data of software simulating and the measured data was consistent. The results showed that the proposed antenna could not only realize the ultra-wideband, and simple structure, small size, ease of integration.

**Key words:** ultra-wideband antenna; coplanar waveguide; resonance coupling; HFSS simulation

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…

---



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

---

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>

---



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

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，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、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。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>