

文章编号:0253-2395(2006)04-0381-04

# 频率可调宽带共面波导馈电的部分圆形单极天线

张靖云<sup>1</sup>,张文梅<sup>1</sup>,陈 雪<sup>1</sup>,冯晓晖<sup>2</sup>

(1. 山西大学 物理电子工程学院,山西 太原 030006;2. 景德镇高等专科学校 物理与应用电子系,江西 景德镇 333000)

**摘要:**提出了一种新型的频率可调超宽带共面波导馈电单极天线,优化后的天线可以达到8:1(反射损耗<-10 dB)的比带宽及155.56%的阻抗带宽;反射损耗<-15 dB的比带宽也能达到4.15:1;天线的增益在0.12 GHz~0.6 GHz范围内大于1 dB.另外天线的上下限频率可以通过调节贴片与共面波导之间的缝隙和部分圆形的尺寸进行灵活调整;同时还讨论了天线的尺寸对天线性能的影响.采用商用电磁仿真软件 Ensemble SV 版仿真了天线的性能.

**关键词:**超宽带;共面波导;单极天线

中图分类号:TN82;TN91 文献标识码:A

## 0 引言

超宽带 UWB(Ultra Wideband)技术是一种全新的、与传统通信技术有着极大差异的通信技术,它不需要使用传统通信体制中的载波,而是通过发送和接收具有纳秒级或纳秒级以下的极窄脉冲来传输数据,从而具有GHz量级的带宽,由此引入了超宽带天线的概念<sup>[1]</sup>.

传统的天线是为窄带通信系统设计的,所辐射的天线信号的带宽相对来说很窄,阻抗很难匹配,辐射效率不高,且波形容易失真<sup>[2]</sup>.螺旋天线有很宽的带宽,但匹配问题难以解决且信号易畸变.锥形天线在无限长的情况下,是理想的非频变天线,具有较好的宽带特性,但在实际应用中受到锥体长度的限制,引起终端的不连续而降低了阻抗带宽,且体积往往比较大<sup>[3]</sup>.TEM喇叭天线是一种较理想的天线,但它的馈电效率较低,其特性易受环境影响,为保证辐射波波形的畸变较小,通常在喇叭口处加载,增加了天线的复杂程度<sup>[4]</sup>.

现在,共面波导(Coplanar Waveguide)馈电线已经被广泛地研究和运用,所有导体位于同一平面内安装并联或串联形式的有源或无源集总参数元件都非常方便,它还具有比微带线更低的辐射损耗、更小的散射,其阻抗特性和相速对介质层厚度的依赖性很小,而更多地依靠导体表面的平面尺寸<sup>[5]</sup>.

在文献[6]中,作者设计了一种共面波导馈电的矩形单极天线,此天线在反射损耗小于-10 dB时,工作频率范围为3.1 GHz~11 GHz,比带宽为3.55:1.本文提出了一种部分圆形的天线,天线的上下限频率可通过调节部分圆形贴片与接地板之间的距离,以及部分圆形的尺寸得到.结合电磁仿真软件与优化算法,优化后的天线工作在110 MHz~880 MHz的频率上,反射损耗<-10 dB的比带宽可达到8:1,在反射损耗<-15 dB的比带宽也可达到4.15:1.

## 1 天线结构与设计

本文所提出的天线结构及各部分尺寸如图1(P382)所示.其中天线的尺寸为800 mm×800 mm,所用介质的相对介电常数是3.4,厚度是2 mm.共面波导接地板的尺寸为 $w_1 \times w_2$ ,辐射单元为部分圆形贴片,半径

收稿日期:2006-04-26

基金项目:山西省自然科学基金项目(2006011029)

作者简介:张靖云(1982-),女,研究方向:通信与信息系统.通信作者:zhangwm@sxu.edu.cn.

为  $R$ , 贴片与接地板的距离为  $d_1$ , 非圆形部分长为  $d_2$ , 中心导带与接地板之间的缝隙宽为  $d_3$ , 中心导带宽为  $d_4$ . 部分圆形的直线部分与共面波导的接地板之间的耦合与两者距离及耦合长度有关. 通过调节耦合的强弱, 可以改变共面波导的输入阻抗, 以及天线的辐射电阻, 从而改变天线的工作频率.

优化后的天线尺寸为:  $w_1 \times w_2 = 300 \text{ mm} \times 376 \text{ mm}$ ,  $R = 150 \text{ mm}$ ,  $d_1 = 20 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 140 \text{ mm}$ ,  $d_3 = 4 \text{ mm}$ ,  $d_4 = 40 \text{ mm}$ . 仿真的反射损耗如图 2 所示, 天线在不同频率时的方向图和增益如图 3、图 4 (P383) 所示.

在图 2 中, 反射系数小于  $-10 \text{ dB}$  的工作频率范围为  $110 \text{ MHz} \sim 880 \text{ MHz}$ , 带宽为  $770 \text{ MHz}$ , 中心频率为  $495 \text{ MHz}$ , 相对带宽为  $155.56\%$ , 最高与最低频率的比带宽为  $8:1$ . 反射损耗小于  $-15 \text{ dB}$  的工作频率范围为  $200 \text{ MHz} \sim 830 \text{ MHz}$ , 比带宽也达到了  $4.15:1$ . 从图中可以看出, 在带宽范围内, 天线有四个相互接近的谐振频率点, 所以带宽就被展宽了.

图 3 分别给出了天线在频率为  $246 \text{ MHz}$ 、 $500 \text{ MHz}$ 、 $740 \text{ MHz}$  时, 两个主平面内的归一化方向图. 由图中可以看出, 在带宽范围内, 随着频率的升高, 天线的辐射方向图并无较大畸变. 在 H 面, 方向图基本上呈圆形, 具有很好的全向性, 能够全向辐射; 在 E 面, 方向图呈“8”字形. 方向图在平面内都是关于轴线对称的, 其对称性是由天线的对称结构所决定的. 通过仿真发现, 尺寸在给定范围内的改变对天线方向图影响很小, 所以此类天线在工作带宽内具有较稳定的方向图.

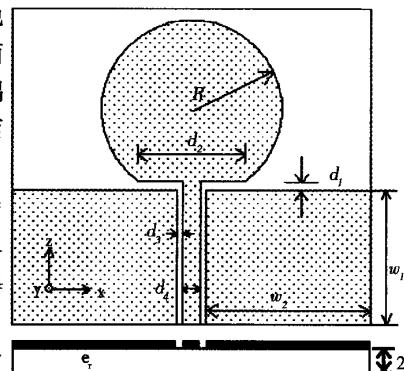


图 1 天线结构

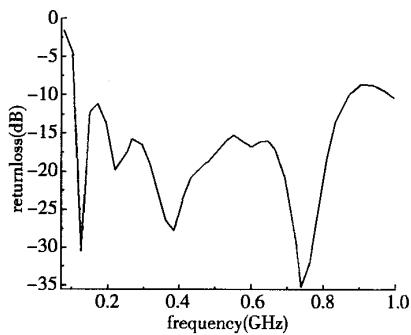


图 2 天线的反射损耗

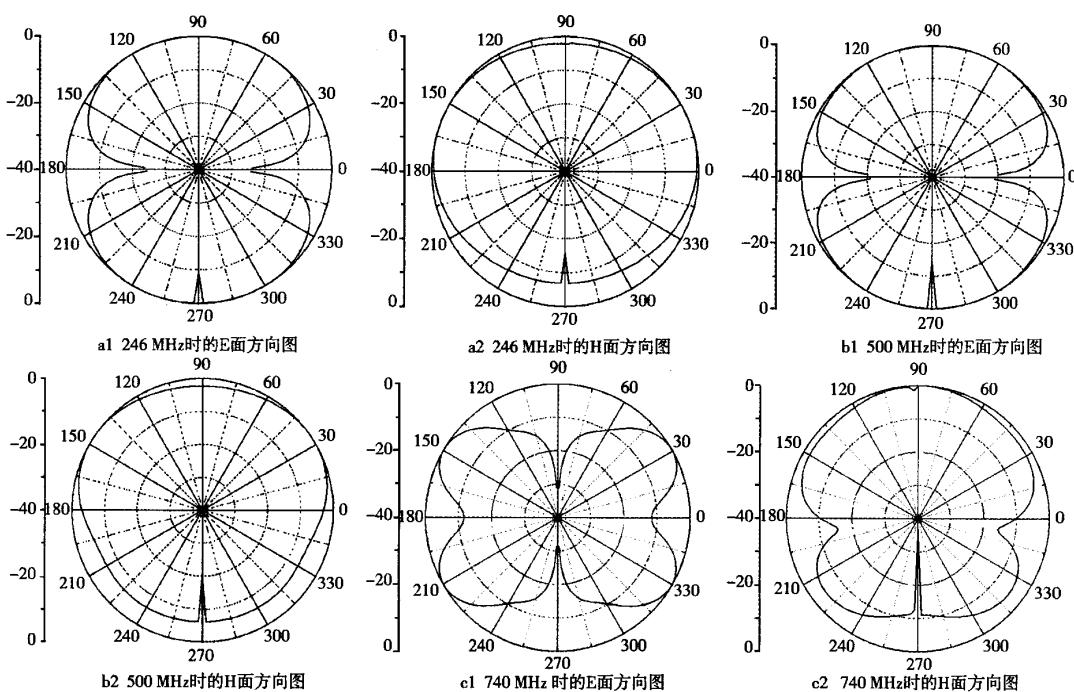


图 3 辐射方向图

图 4 中, 在  $120 \text{ MHz} \sim 600 \text{ MHz}$  的频率范围内, 增益都大于  $1 \text{ dB}$ , 在  $400 \text{ MHz}$  左右的范围, 可以达到

5 dB以上.而在其它频率上,增益都小于1 dB,这主要是由于天线的辐射方向图发生较大变化引起的.我们注意到,在频率为650 MHz以后,天线的方向图就与前面的有较大的差异.

## 2 天线性能的敏感性分析

通过仿真和优化发现,由于天线采用共面波导馈电,介质板的厚度、介电常数的大小以及其他参数对天线反射损耗的影响不太明显,对天线性能影响较大的因素主要是 $d_1$ 、 $d_2$ 、 $R$ ,其中, $d_1$ 的影响最大.不同 $d_1$ 、 $d_2$ 、 $R$ 的仿真结果如图5~图7所示.

从图5可以看出, $d_1$ 的变化影响天线的最大和最小工作频率,较大的 $d_1$ 使天线贴片与接地板之间的耦合减弱,天线的带宽减小,较小的 $d_1$ 使天线的最大和最小工作频率都提高.

在图6中,随着 $d_2$ 的变化,反射损耗的变化主要体现在:随着 $d_2$ 变大,在低频段,天线的反射损耗变小,在高频段,天线的反射损耗变大.所以, $d_2=140$  mm时的带宽性能最为理想.

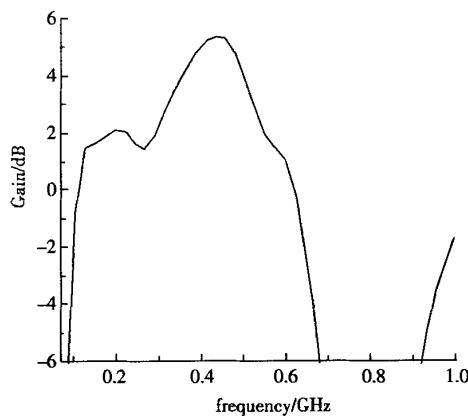


图4 天线增益

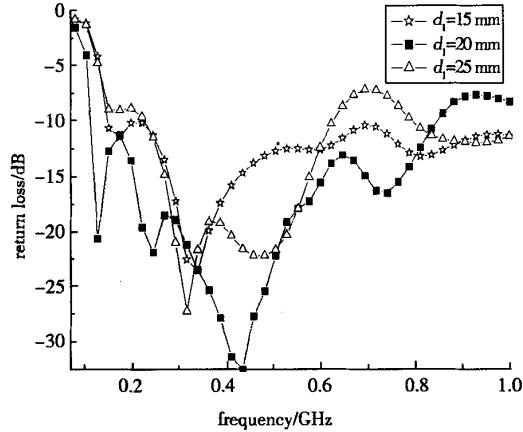


图5  $d_1$ 变化时的反射损耗

在图7中,较大和较小的 $R$ 都会使天线的最低频率增大,同时,大的 $R$ 还导致大的回波损耗.

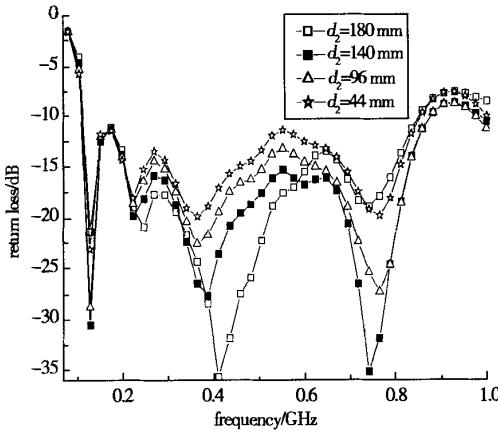


图6  $d_2$ 变化时的反射损耗

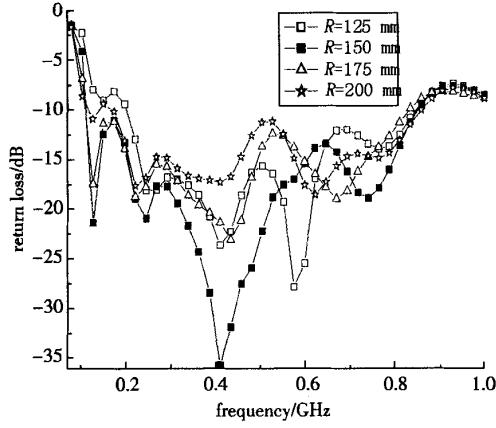


图7  $R$ 变化时的反射损耗

## 3 结束语

本文提出了一种新型的频率可调超宽带共面波导馈电单极天线,通过调整天线贴片与共面波导的接地板之间的距离,可以灵活调整天线的工作频率范围,优化后的天线可以达到8:1(反射损耗<-10 dB)的比带宽,及155.56%的阻抗带宽;反射损耗<-15 dB的比带宽也能达到4.15:1;该天线为全向天线,可用于超短脉冲的发射及接收,其结构简单、轻巧,表面无突出部分,因而特别适用于共形在高速飞行器上.

**参考文献:**

- [1] 樊孝明,邱昕,郑继禹.超宽带(UWB)极窄脉冲的产生与实现[J].通讯与电视,2005,1:53-55.
- [2] 于哲峰,周乐柱,班永灵.三角形天线瞬态响应特性的模拟与改进[J].电波科学学报,2005,20(1):29-33.
- [3] 岳欣,康行健,费元春.球形和锥形加载单极子天线的宽带特性研究[J].微波学报,2000,16(4):329-335.
- [4] 王向晖,蒋延生,汪文秉.一种新型超宽带喇叭天线的研究[J].微波学报,2005,21(3):23-27.
- [5] 汪伟,钟顺时,陈胜兵.宽带共面波导馈电“△”形单极天线[J].西安电子科技大学学报(自然科学版),2005,32(2):323-326.
- [6] CHUNG K, YUN Tun, CHOI J. Wideband CPW-fed Monopole Antenna with Parasitic Elements and Slots[J]. *IEE Electronics Letters*, 2004, 40(17):1038-1040.

## **Frequency-adjustable Ultra Wideband Monopole Antenna with CPW-fed and Partial Circular Patch**

ZHANG Jing-yun<sup>1</sup>, ZHANG Wen-mei<sup>1</sup>, CHEN Xue<sup>1</sup>, FENG Xiao-hui<sup>2</sup>

(1. School of Physics and Electronics, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

2. Department of Physics and Electronics, Jingdezhen comprehensive college, jingdezhen 333000, China)

**Abstract:** A novel frequency-adjustable ultra wideband monopole antenna with coplanar waveguide (CPW)-fed is proposed. The optimized antennas show 8:1 ratio bandwidth and 155.56 % impedance bandwidth for the return loss less than -10 dB. A -15 dB ratio bandwidth of 8:1 also can be obtained. The gaining of antenna is greater than 1 dB within the range of 0.12 GHz~0.6 GHz. The upper and lower frequency can be changed through regulating the slice of patch and CPW and the size of some round. Moreover, the effect of the size of antenna also is discussed. The commercial software Ensemble SV is used to simulate the antenna.

**Key words:** ultra wideband; coplanar waveguide (CPW); monopole antenna

## 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>