

# 一种宽频带宽角度圆极化微带天线的设计

周梓发,吴多龙,李瑞,李庚禄

(广东工业大学 物理与光电工程学院,广东 广州 510006)

**摘要:**设计了一种实用型宽频带圆极化微带天线,在容性探针顶部附加圆形贴片进行耦合馈电的基础上,通过平衡馈电提高了天线的阻抗带宽( $VSWR \leq 2$ )和在宽角度内实现了圆极化( $AR \leq 3 \text{ dB}$ )。利用有限元积分软件 CST 对天线的参数进行优化仿真,通过实验测试表明:仿真与实测吻合较好,满足实际应用的需求。

**关键词:**北斗卫星导航定位系统;多馈源;阻抗带宽;右旋圆极化

中图分类号: TN82

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2010)04-0036-03

随着现代微波通信和全球卫星定位系统(GPS)的发展,宽频带圆极化微带天线越来越受到人们的关注。而其低剖面、重量轻、低成本、易实现圆极化等特点使其更便于制作,应用更加广泛。但是微带天线的阻抗带宽窄<sup>[1]</sup>,限制了它的广泛应用。因此展宽微带天线的带宽具有很重要的意义。近些年来,出现了许多改善微带天线阻抗带宽的设计方法<sup>[2-4]</sup>。文献[5-6]利用四个L型探针进行馈电不仅可以展宽微带天线的阻抗带宽,还可在宽角度内展宽轴比( $AR \leq 3 \text{ dB}$ )带宽。文献[7]在利用L型探针进行近耦合馈电的基础上,通过薄介质基片加载同样使阻抗带宽和宽角轴比得到了改善。

北斗卫星导航定位系统(简称“CNSS”)是中国自主研制开发的区域性有源三维卫星定位与通信系统,可向用户提供全天候、高精度、区域性的即时定位服务,定位精度与GPS相当。本文就北斗二号系统的B1(1 561 MHz)频段设计一种多点均匀耦合馈电圆极化微带天线,此天线由于体积小可以和许多小型设备共形。

## 1 天线设计与分析

### 1.1 多馈源技术实现

文献[8]对多个馈点为单个贴片天线馈电进行了研究,采用馈电位置顺序旋转技术。其馈电激励的相位存在适当的偏移,对增加圆极化轴比带宽、减少交叉极化有显著的效果。此技术已成熟应用于圆极化天线阵的设计<sup>[9]</sup>。把单个贴片天线各馈点激励的模式看成是天线阵中各阵元形成的模式,则对于采

用M个馈电点馈电来设计单个贴片天线,其第m个馈电点馈电相位 $\Phi_{em}$ ,有如下公式:

$$\Phi_{em} = (m-1) \frac{p\pi}{M}, m = 1, 2, \dots, M, \quad (1)$$

其中p为整数,且 $0 < p < M$ ,并保证最后一点的相位不超过 $2\pi$ 。

每个馈电点的物理位置选择要有一定的对称性。经仿真验证,固定好第一个馈电点位置,其它馈电点依次绕天线中心旋转排列,各馈电点旋转度数间隔为馈电的相位差。在 $p < M$ ,且最后一个馈电点位置没有旋到第一个馈电点位置的情况下,可获得好的轴比带宽。

### 1.2 辐射贴片的设计

文献[10]对微带天线的辐射机理和分析模型进行了详细的论述,辐射贴片的形状有矩形、圆形、三角形等,所以本文利用易于分析的正方形做为辐射贴片。根据文献[10]提供的公式

$$W = \frac{c}{2f_r} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2}, \quad (2)$$

其中c为光速, $f_r$ 是谐振频率。天线的宽度W影响着微带天线的方向性函数、辐射电阻及输入阻抗,从而影响频带宽度和辐射效率。因为本文是利用正方形贴片进行设计的,利用公式(2)对天线的尺寸进行初步的计算,再通过基于有限元积分软件CST仿真和优化,天线结构如图1所示。

此天线由接地板、介质基板、辐射贴片3层组成。接地板S和介质基板均为边长36 mm、厚度4 mm、介电常数 $\epsilon_r$ 为9.6的陶瓷,辐射贴片L边长为28 mm。馈电利用了多点均匀技术同轴探针穿过地

收稿日期: 2010-08-30

基金项目: 2009广东省重大科技专项(2009A080207006)

作者简介: 周梓发(1981-),男,硕士研究生,主要研究方向为天线和微波技术。

板直接馈到距离地板  $h_1$  为 2 mm 处,在同轴探针顶部附加了一个小的圆形金属贴片对微带天线进行耦合馈电,小圆形金属贴片的直径  $D$  为 6 mm, 距离辐射贴片  $h_2$  为 2 mm. 馈点距天线中心的距离  $d$  为 12 mm.

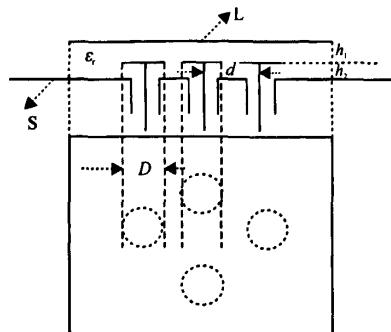


图1 天线示意图

## 2 仿真与实测分析

根据图 1 所示的天线,利用有限元积分软件 CST 进行了建模仿真和优化. 再根据最终的天线尺寸制成实物天线,在微波暗室对天线的相关指标进行测试. 仿真和实际测试结果如图 2、3 所示.

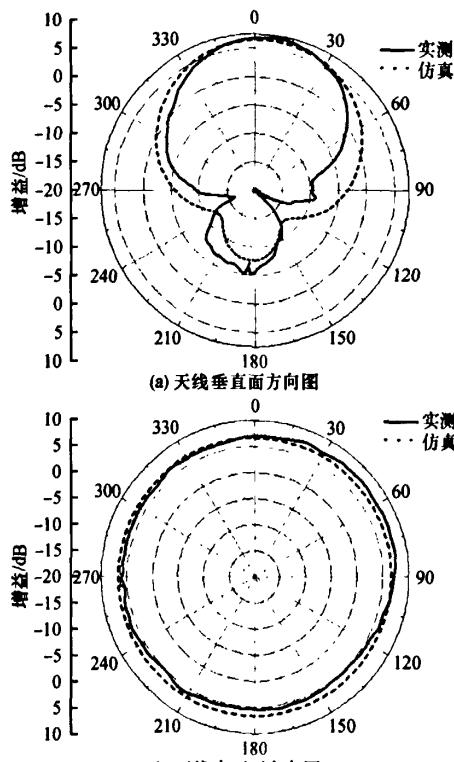


图2 仿真和实测方向图

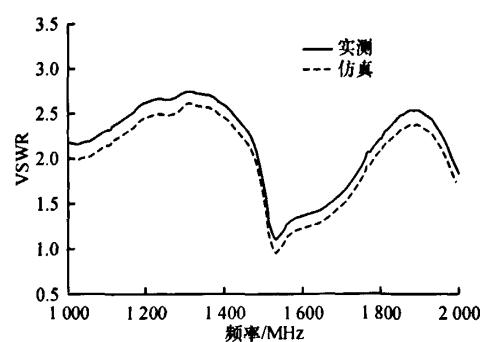


图3 仿真和实测驻波比

图 2 为仿真和实际测量的数据对比,从中看出方向图仿真和实际吻合得较好,在进行多端口天线测试时专门制作了 PCB 电路板,此电路板由 3 个 3 dB 电桥耦合器和微带线组成. 测试时从一个端口输入信号在耦合器和微带线的作用下,到达 4 个端口的信号相位分别顺时针相差 90°,例如 0°、90°、180°、270°,从而产生一个右旋圆极化电波.

图 3 为天线驻波比仿真和实测对比,由图看出在中心频率 1561 MHz 基本吻合,驻波比  $VSWR \leq 2$  的带宽展宽达到了 20 %. 但是由于仿真时利用了理想条件,在制成实物时由于受到制造公差、介质基板的均匀性、测试外界环境的影响所以有偏差. 图 4 为仿真轴比角度关系图,从中看出在宽角度  $\pm 60^\circ$  内实现了  $AR \leq 3$  dB. 图 5(a)、(b)、(c) 分别为天线的实物照片、测试用的微波暗室和矢量网络分析仪.

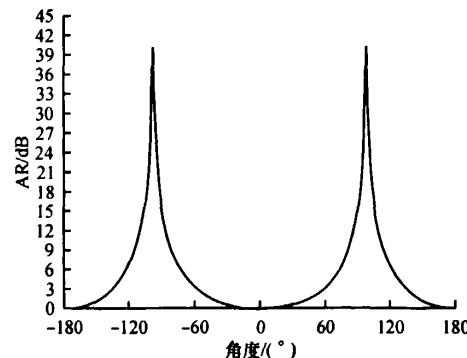


图4 仿真轴比与角度关系

## 3 结论

随着我国自行研制的北斗卫星导航系统的蓬勃发展,本文基于此设计了一种多馈源均匀馈电的圆极化微带天线,利用 4 个带容性的同轴探针,顶部附

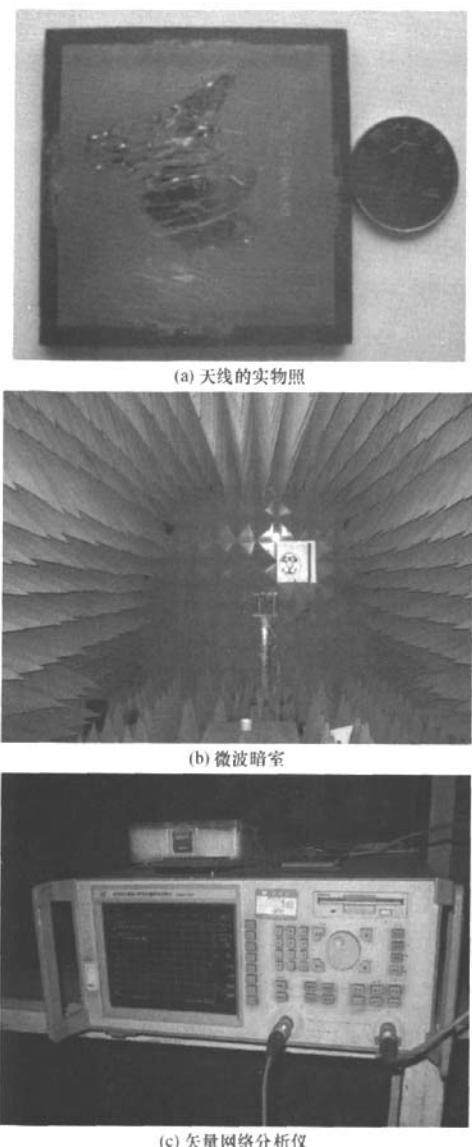


图5 测试天线实物照和仪器

加了圆形贴片对微带天线进行了耦合馈电,对天线的辐射方向图和驻波比进行了测试。测试表明方向图为右旋圆极化,带宽得到了有效的展开,满足实际应用需求。

#### 参考文献:

- [1] Keith R Carver, James W Mink. Microstrip antenna Technology [J]. IEEE Trans Antennas Propagation, 1981, 29 (1):2-24.
- [2] Kin-fai Tong, Kwai-man Luk, Kai-fong Lee, et al. A broadband Uslot rectangular patch antenna on a microwave substrate [J]. IEEE Trans Antennas Propagation, 2000, 48 (6):954-959.
- [3] Sean M duffy. An enhanced bandwidth design technique for electromagnetically coupled microstrip antennas [J]. IEEE Trans. Antennas Propagation, 2000, AP-48(2):161-164.
- [4] K M Luck, C L Mak, Y L Chow, et al. Broadband microstrip patch antenna [J]. Electron Lett, 1998, 34:1442-1443.
- [5] Lau K L, Luk K M. A Wideband Circularly Polarized Conical-Beam Patch Antenna [J]. IEEE Trans Antennas Propagation 2006, 54(5):1591-1594.
- [6] Lei Bian, Guo Yong-Xin, Ong L C, et al. Wideband Circularly-Polarized Patch Antenna [J]. IEEE Trans Antennas Propagation, 2006, 54(9):2682-2686.
- [7] 胡明春, 杜小辉, 李建新. 宽带宽角圆极化微带贴片天线设计[J]. 电波科学学报, 2001, 16(4):441-446.
- [8] John Huang. Circularly polarized conical patterns from circular microstrip antennas [J]. IEEE Trans. Antennas Propagation, 1984, 32(9):991-994.
- [9] Hall P S, BEng, MEng, et al. Design principles of sequentially fed, wide bandwidth, circularly polarised microstrip antennas [J]. Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings H, 1989, 136(5):381-389.
- [10] I.J. 鲍尔, P. 布哈蒂亚. 微带天线 [M]. 梁联倬、寇廷耀,译. 北京:电子工业出版社, 1984.

## The Design of Broad-band and Wide-angle Circularly Polarized Microstrip Antennas

Zhou Zi-fa, Wu Duo-long, Li Rui, Li Geng-lu

(Faculty of Physics and Optoelectronic Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** The design of a new kind of broad-band and wide-angle circularly polarized(CP) microstrip antennas is presented. Based upon the proximity coupling balance-feed by utilizing the capacitive probe, the 2 V standing wave ratio and wide-angle 3dB axial ratio(AR) are achieved. With the software of CST, the structure parameters of the antenna are optimized. The simulation results show that the antenna meets the requirements for application.

**Key words:** COMPASS Navigation Satellite System (CNSS); multi-feed; impedance bandwidth; right-hand circular polarization (RHCP)

## 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>