

基于北斗卫星导航系统的一种圆极化微带天线

田晓青, 刘少斌, 张学勇, 周 良

(南京航空航天大学电子信息工程学院, 江苏南京, 210016)

摘 要:介绍一种用于北斗卫星导航系统的圆极化微带天线。该天线的主辐射器由开槽的圆形贴片构成, 采用单点的同轴馈电, 设计的中心工作频率为2.492 GHz。仿真结果显示, 调节圆形贴片中开槽的长度, 可以分离出简并模, 激励两个正交的模式, 当两个分量相位为90 deg, 可以实现圆极化。实际测试中, $|S_{11}|$ 小于-10 dB的阻抗带宽为0.09 GHz, 3 dB轴比带宽为0.033 GHz, 与仿真结果基本吻合。

关键词:开槽微带天线; 圆极化; 北斗导航系统

中图分类号: TN957

0 引言

随着全球定位系统的快速发展, 中国的北斗导航也逐渐发展和完善, 微带天线在卫星通信及卫星导航领域得到广泛使用^[1]。近年来圆极化微带天线已经被广泛应用于WLAN、GPS、移动卫星、RFID等各个领域^[2]。要设计单馈电的圆极化微带天线, 为了激励出两个幅度相等、相位相差90°的模式, 可以切去贴片的边角^[3]或者外加一段调谐短截线^[4]。在贴片上切角以实现单馈电圆极化的技术已经得到了广泛的应用^[3,5-7]。如文献[5]中所述, 可以切去等边三角形的一个角以实现圆极化。此外, 一些新型的结构也被应用在圆极化方面, 如分形天线^[8]。由于分形结构的自相似性, 可以得到一个宽带的圆极化天线。

1 圆极化微带天线

微带天线是一种基于微带传输线的天线。它有多种形式, 按结构特征, 可以分为两大类, 即微带贴片天线和微带缝隙天线。常用的一类是贴片微带天线。贴片可以是矩形、圆形、椭圆形及其他形状, 在此选择圆形的贴片。

微带天线要获得圆极化波的关键是, 激励出两个极化方向正交的、幅度相等的、相位相差90°的线极化波。当前用微带天线实现圆极化辐射的主要方式包括^[9]: (1) 正交馈电的单片圆极化微带天线; (2) 一点馈电的单片圆极化微带天线; (3) 曲线微带构成的宽带圆极化微带天线; (4) 微带天线阵构成的圆极化微带天线。在此采用一点馈电的单片圆极化方案, 这种设计

方案可以使得天线外形更为小巧, 使用也更加灵活。

2 天线结构与与设计

2.1 天线结构

考虑到天线的形式为圆形贴片, 馈电方式为单点同轴馈电, 这就可以确定天线的大致结构。天线的基本结构如图1所示, 贴片为一个直径为 d 的圆形。介质板采用相对介电常数为 $\epsilon_r=4.4$ 的FR4, 其厚度为 $h=1.6$ mm。圆形的贴片上有4个宽度均为 g 的缝隙, 这些缝隙是用来降低谐振频率的主模 TM_{11} 模的。而且缝隙在 x 方向和 y 方向的长度是不同的, 总长度分别为 w 和 l 。缝隙的长度选取的合适时, 这两个简并模可以被激发起来。模型中采用同轴馈电的方式, 为了获得相等的振幅以及90°的相位差, 馈电点的位置应该在与 x 轴和 y 轴夹角均为45°的直线上。

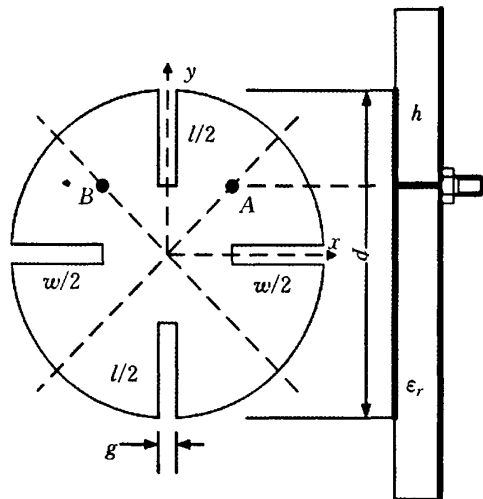


图1 设计天线的基本结构

设计中要求采用右旋圆极化(RHCP)的方式,则在 w 大于1的情况下,当馈电点位置在A处时可以形成右手螺旋。如果要采用左旋圆极化(LHCP),则应将馈电点的位置放在B处。

2.2 设计原理

调节开槽的长度、宽度以及天线的馈电点,可以达到更好的圆极化效果。随着贴片半径的改变,谐振频率也将发生变化。根据文献[10],半径 r 可以近似的计算为

$$r = \frac{K}{\left[1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r K} \left\{ \ln\left(\frac{\pi K}{2h}\right) + 1.7726 \right\}\right]^{1/2}} \quad (1)$$

式中

$$K = \frac{8.794}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

h 为介质板厚度, ϵ_r 为相对介电常数, f_r 为天线的中心工作频率,单位为GHz,而 r 和 h 的单位均为cm。如果给定介质板介电常数和厚度为 $\epsilon_r = 4.4$ 以及 $h = 1.6$ mm,根据式(1)和(2),辐射单元的半径则可计算得到 $r = 16.3$ mm。

经过一系列优化之后,得到的贴片半径为 $d = 32$ mm,此时地板的尺寸为 60 mm \times 60 mm。均匀分布在圆形贴片4周的4个开槽可以降低主模 TM_{11} 模的谐振频率。为了分离出两个相位相差 90° 的模式,开槽在 x 方向和 y 方向必须选择不相等的长度。当开槽的长度分别选择为 $w = 11.5$ mm以及 $l = 7.8$ mm的时候,可以在 2.492 MHz的工作频率上起到比较好的右旋圆极化(RHCP)效果。如图1所示,优化之后的馈电点的位置为A(4.8, 4.8) mm,开槽宽度为 $g = 1$ mm。

3 仿真及实测结果

3.1 结果对比

图2所示为所设计天线的回波损耗,可以看出实测结果和仿真结果基本吻合。实际测得的 -10 dB以下的阻抗带宽为 0.1 GHz(2.46~2.55 GHz),即中心频率为 2.49 GHz时的相对带宽约为 3.6% 。仿真结果显示,阻抗带宽为 0.12 GHz(2.43~2.55 GHz),相对带宽为 4.8% 。图3中显示,仿真得到的 3 dB轴比带宽约为 0.033 GHz,2.473~2.506 GHz,相对带宽可计算得到为 1.32% 。北斗卫星导航系统的接收天线工作频率为 $2.491.75 \pm 5$ MHz,因此所设计的天线符合该系统的要求。

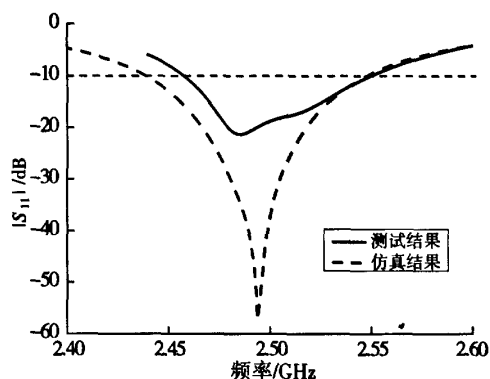


图2 天线仿真及实测出的 $|S_{11}|$

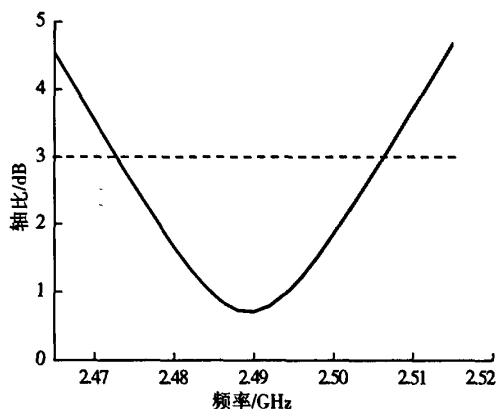


图3 天线仿真得到的轴比

图4所示为天线工作在 2.492 GHz时,两个正交平面内仿真出的辐射方向图。可以看出,天线在 $x-z$ 平面和 $y-z$ 平面内均有比较稳定的辐射特性。在 2.492 GHz时,天线的增益约为 3.4 dB。从图5中可以看出在阻抗带宽内,天线的平均增益约为 3.5 dB。

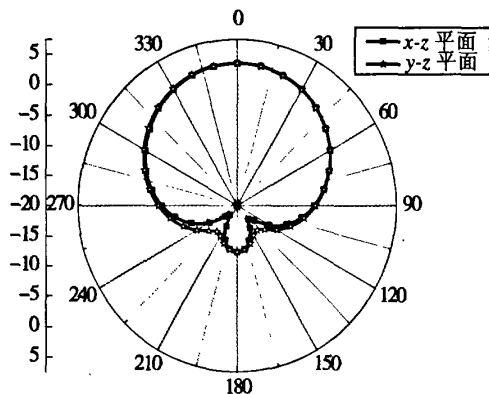


图4 仿真得到的 2.492 GHz时的辐射方向图

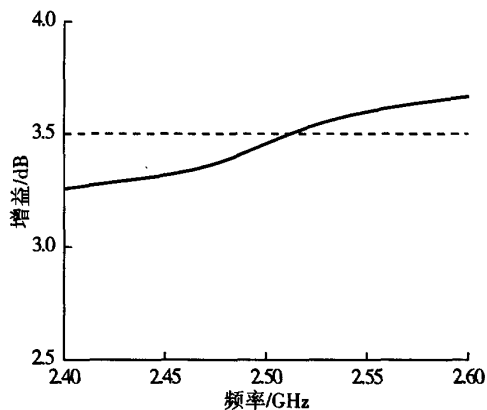
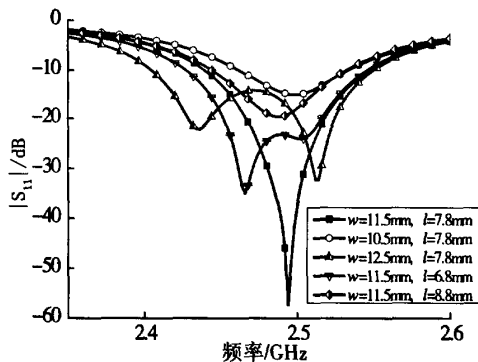
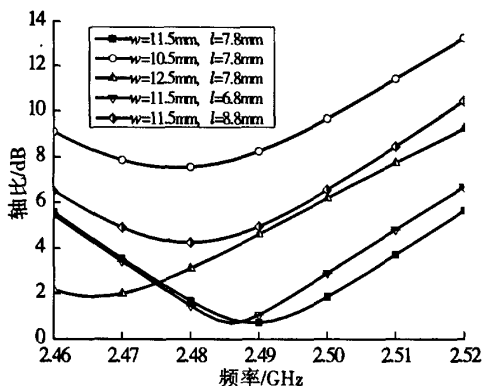


图5 天线仿真得到的增益

3.2 参数变化对天线的影响

图6和图7显示的是改变开槽长度之后,仿真得到的天线 $|S_{11}|$ 参数和轴比。

图6 开槽长度 w 和 l 变化时天线的 $|S_{11}|$ 图7 开槽长度 w 和 l 变化时天线的轴比

如图6所示,在一定的范围内,当 w 减小或者 l 增大时,天线的谐振频率会稍稍增大一些。同样的,阻抗带宽也很容易受开槽长度的影响。从图7中可以看出,如果 w 和 l 选择得不合适,谐振频率处的轴比会明显增大,甚至超过3 dB,这样将达不到圆极化的效果。

4 结束语

本文设计一种在贴片边缘开矩形槽的单馈电圆极化微带天线。仿真结果表明,在对矩形槽的长度进行优化之后,天线的阻抗带宽和轴比带宽等关键指标可以满足实际要求。实际测试中, $|S_{11}|$ 小于-10 dB的阻抗带宽为0.09 GHz,3 dB轴比带宽为0.033 GHz,与仿真结果基本吻合。设计出的天线可作为接收天线应用于北斗卫星导航系统。

参考文献

- [1] 吴崇善. 正确认识和应用“北斗一号”导航定位系统[J]. 当代通信, 2004(07).
- [2] Wong KL. Compact and Broadband Microstrip Antennas[M]. John Wiley & Sons, Inc. 2002.
- [3] Volakis JL. Antenna Engineering Handbook[M]. McGraw-Hill publications, 2007.
- [4] Sharma PC, Gupta KC. Analysis and Optimized Design of Single Feed Circularly Polarized Microstrip Antennas[J]. IEEE Trans. on AP, 1983, 31:949-955.
- [5] Deshpande MD, Das NK. Rectangular Microstrip Antenna for Circular Polarization[J]. IEEE Trans. on A.P., 1986, 34:744-746.
- [6] Wong KL, Wu JY. Single Feed Small Circular Polarized Square Microstrip Antenna[J]. Elec Lett, 1997, 33:1833-1834.
- [7] Chen WS, Wu CK, Wong KL. Compact Circularly-polarized Circular Microstrip Antenna with Cross Slot and Peripheral Cuts [J]. Elec Lett, 1998, 34:1040-1041.
- [8] Sim C.Y.D, Han T.Y. GPS Antenna Design with Slotted Ground Plane[J]. M.A.O.T.L, 2008, 50:818-821.
- [9] 林澍, 王宇碟, 张雪莹, 等. Koch分形在圆极化微带天线中的应用[J]. 科学技术与工程, 2010(31):7760-7763.
- [10] Bahl I J, Bhartia P. Microstrip Antenna[M]. Dedham, Mass: Artech House, 1980.

田晓青(1987-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为天线技术等。

(下转第28页)

欢迎投稿: xinx i@vip.163.com

Novel High Selectivity Dual-mode Broadband BPF Design

CHEN Wen, ZHANG Xue-shun, DENG Hong-wei, LIU Wei, ZHAO Yong-jiu

(School of Electronic and Information Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,
Nanjing 210016, China)

Abstract: In this paper, a novel dual-mode broadband bandpass filter (BPF) with fractional bandwidth 73.2% is proposed using stepped-impedance resonator (SIR) and cross-coupling feed structure at first. The resonator can generate two modes in the desired band which can be easily adjusted to satisfy the bandwidth of the BPF. The feed structure can symmetrically generate two transmission zeros in the stopband. Then one short stub is loaded at the feed structure to move two transmission zeros closer to the cut-off frequencies, thus enhancing the selectivity of the primary filter while maintaining pass-band performance. Additional transmission zero is created in the upper stopband by the short stub to gain deeper stopband. The S-parameters between the two filters are contrasted to further demonstrate the improvement. Finally, one short stub loaded filter prototype is fabricated and measured, and good agreement between simulated and measured results is achieved.

Key words: bandpass filter(BPF); broadband; high selectivity; dual-mode; stepped-impedance resonator (SIR)

~~~~~  
(上接第24页)

## Circularly Polarized Microstrip Antenna with Slots for Beidou (Compass) Navigation System

TIAN Xiao-qing, LIU Shao-bin, ZHANG Xue-yong, ZHOU Liang

(School of Electronic and Information Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,  
Nanjing 210016, China)

**Abstract:** A single layer, single-feed circularly polarized (CP) microstrip antenna designed with four slots equally spaced and inset at the boundary of the circular patch for Beidou (Compass) navigation system is proposed. The proposed antenna operates at the frequency of 2.492 GHz. The simulation results shown that by simply tuning the lengths of the slotted pairs, two orthogonal near-degenerate resonant modes for CP radiation can be excited. The measured impedance bandwidth corresponding to  $|S_{11}|$  less than -10 dB of 0.09 GHz and the 3 dB axial ratio (AR) bandwidth of 0.033 GHz have been achieved for the antenna. The simulation and measured results meet well.

**Key words:** microstrip antenna with slots; circularly polarized; Beidou (Compass) navigation system

~~~~~  
欢迎投稿: xinxi@vip.163.com
~~~~~

## 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，一直致力和专注于微波、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>