

# 双频圆极化小型微带天线的设计与仿真

李 伟 王丽黎

(西安理工大学 自动化与信息工程学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 该文设计了一种新型双频圆极化小型微带天线。该天线采用双层微带板结构, 利用两个半径不同的圆贴片实现双频谐振; 通过在上层辐射贴片上开十字形缝隙减小天线尺寸。该天线可工作在 GPS 的 L1(1.575GHz)频段和北斗一代 S(2.492GHz)频段, 采用 ANSOFT HFSS 软件仿真对其性能的仿真结果表明该天线能够满足卫星组合导航卫星信号的要求。与常规天线相比, 该天线结构紧凑, 易于加工, 具有良好的应用前景。

**关键词:** 双频段, 圆极化, 微带天线, 轴比

## The Design And Simulation Of Dual-frequency Circularly Polarized Microstrip Antenna

Li Wei Wang Lili

(School of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi, 710048)

**Abstract:** A novel dual-frequency circularly polarized microstrip antenna is designed in this paper. The antenna has a structure of two microstrip board layers, and employs two circular patches which have different radius can achieve the resonance of dual-frequency, which opens a slot in the upper radiation patch in order to reduce the patch size. The antenna can work at GPS L1 band (1.575GHz) and Beidou s band (2.492GHz). Applying ANSOFT HFSS software, the simulation shows that this antenna can meet the demands of the signals of satellite navigation system. Compared with the conventional dual-frequency circularly polarized microstrip antenna, the size of the antenna is reduced and the structure is compact and easy to be fabricated and has a good application prospect.

**Keywords:** Dual-frequency; Circular polarization; Microstrip antenna; Axial ratio

## 1 引言

随着多模卫星组合导航技术的发展, 可同时接收多个频段信号的卫星接收天线的设计得到了广泛重视。微带天线因具有尺寸小、成本低、易加工等特点, 在卫星通信及卫星导航领域得到广泛使用。微带天线大都采用高介电常数的介质, 具有带宽较宽、良好的广角圆极化特性。微带天线的双频化方法很多, 根据不同形状的微带天线, 实现双频的方式也不同。若用单馈点方式实现双频化, 一般有两种方式: 一种是使用一块贴片, 如通过加载或者开槽的方法改变贴片各种自然模的场分布, 进而使谐振频率受到干扰, 最终实现双频<sup>[1-2]</sup>或者多频工作,

另一种是使用双层贴片<sup>[3]</sup>。但是通常情况下, 双层贴片天线要么加工在不同的介质上; 要么加工在同一介质上时, 引入了空气层, 使得加工不便, 并且增大了尺寸<sup>[3-4]</sup>。

本文设计了一种可同时工作在 GPS 的 L1(1.575GHz)频段和北斗一代 S(2.492GHz)频段的双频圆极化微带天线, 天线通过两个探针馈电, 对微带天线馈入幅度相等、相位差为 90 度的两个信号, 这两个馈电点成直角分布时即可形成圆极化辐射。双层圆形的微带贴片天线印制在相同介电常数的介质上, 与一般的双层圆极化微带贴片天线相比因为没有在两层贴片之间引入空气层, 顶层天线开了十字缝隙<sup>[5]</sup>, 切断了电流的走向, 增大了电流流经的路径, 从减小了天线的尺寸, 使天线结构紧凑, 更加

便于生产加工。

## 2 天线模型

### 2.1 双馈点圆极化双频微带天线

天线通过两个探针馈电，对微带天线馈入幅度相等、相位差为 $90^\circ$ 的两个信号，这两个馈电点成直角分布时即可形成圆极化辐射。比较简便的实现方法是采用威尔金森功分器，使二支路有四分之一波长的路径差。

在实际设计中，将馈电网络制作在另一印刷电路板上，至于天线背后，而通过一对底馈探针对贴片馈电。二探针在方位上形成 $90^\circ$ 夹角，以便激励起正交极化模<sup>[6]</sup>。

本文所设计的天线采用双层贴片，上层贴片半径为 $15.8\text{mm}$ ，高 $0.1\text{mm}$ ，并开了一个相互垂直的长 $10\text{mm}$ ，宽 $1\text{mm}$ 的十字缝隙；上层介质基片的半径为 $15.8\text{mm}$ ，高 $0.8\text{mm}$ ；下层贴片半径为 $25.7\text{mm}$ ，高 $0.1\text{mm}$ ，过孔的半径为 $2\text{mm}$ ；下层介质基片为大小为 $70*70\text{mm}^2$ ，高为 $1.6\text{mm}$ ；介质的介电常数都为 $4.4$ ；馈电距离中心点 $8\text{mm}$ ，采用 $50\text{ohm}$ 同轴线进行双馈。如图1所示。

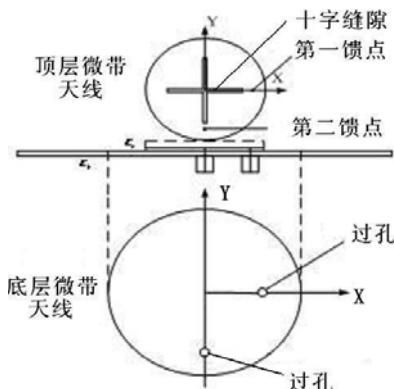


图 1 双频圆极化微带贴片天线示意图

探针直接穿过下层微带贴片天线的过孔连接到上层微带贴片天线上，下层微带贴片天线是上层微带贴片天线的寄生单元，不用单独馈电，通过上层天线电磁耦合馈电。双频天线的谐振频率由上、下层微带贴片的大小决定：

$$f_{mn} = \frac{15\chi'_{nm}}{2\pi a \sqrt{\epsilon_r}}$$

其中， $\chi'_{nm}$ 是 $J'_n(x)$ 的第 $m$ 个零点，通过查表求得； $a$ 是计入边缘效应后的等效半径； $\epsilon_r$ 为微带天线介质板的相对介电常数<sup>[7]</sup>。

### 2.2 天线方向图和S参数的计算

计算采用基于有限元方法的 ANSOFT HFSS 软件。馈源使用微波端口，加在同轴线的端口上，求解频率设置为 $2.49\text{GHz}$ ，在 $1\text{GHz}-3\text{GHz}$ 之间使用快速扫频。

计算采用自适应求解过程，迭代次数设为 $10$ ，每次计算要比前次计算所剖分的网格数增加 $20\%$ ， $2$ 次计算得到的S参数的幅度和相位改变量小于 $0.02$ 或计算满 $10$ 次，则求解结束。计算所得的S参数反映了输入端口能量的反射及能量的利用率、方向图反映了天线在各个方向上的辐射特性、轴比则反映了天线辐射圆极化波的性能。

## 3 天线的仿真结果

双频天线的S参数、方向图以及各个频段的轴比分别如图2、图4及图5所示。

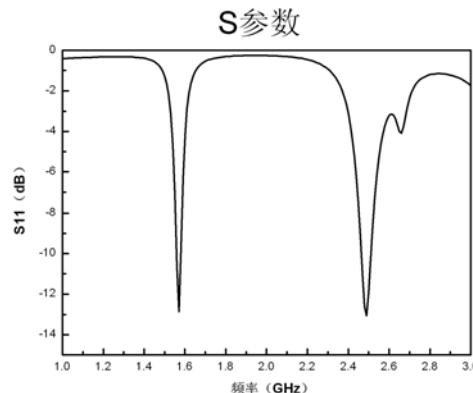
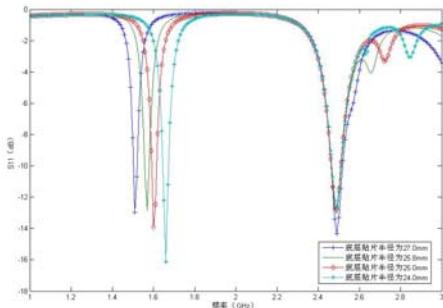


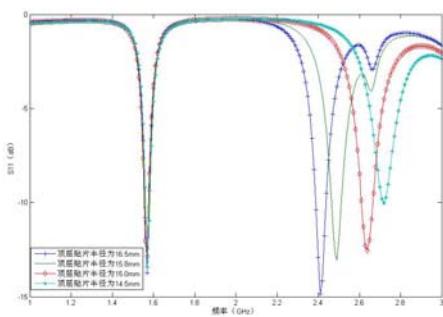
图 2 双频天线的 S 参数

从图2中我们可以看出，天线能够很好的工作在GPS的L1频段和北斗一代S频段。在这两个波段上，天线的S参数均小于 $-13\text{dB}$ ，从而能够完成接收卫星信号的功能。

从图3(a)可以看出，天线的低频随着底层贴片半径的增大而减小，基本不随顶层贴片半径而变化。从图3(b)可以看出，天线的高频随着顶层贴片半径的增大而减小，基本不随底层贴片半径而变化。



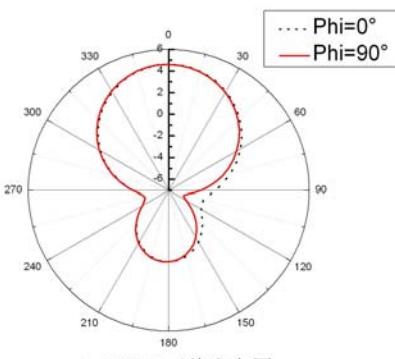
a. S 参数随着底层贴片半径的变化



b. S 参数随着顶层贴片半径的变化

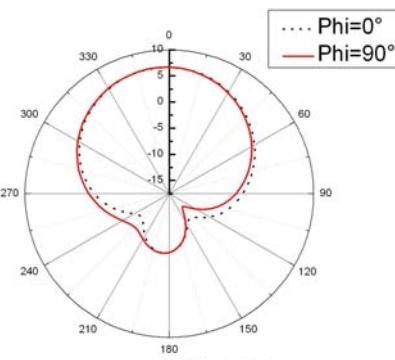
图 3 S 参数与贴片半径的关系

图 4 表明天线在工作频段范围内，有良好的方向性和增益，能够尽可能的接收来自卫星的信号。



1.57GHz天线方向图

a. 双频天线在 1.57GHz 时方向图

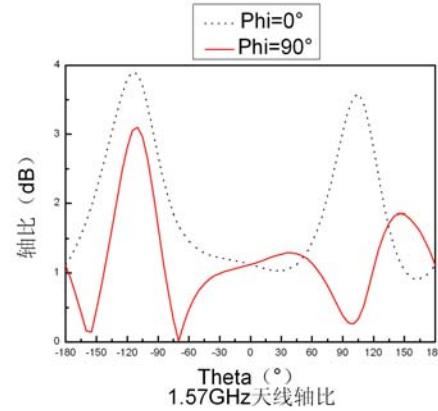


2.49GHz天线方向图

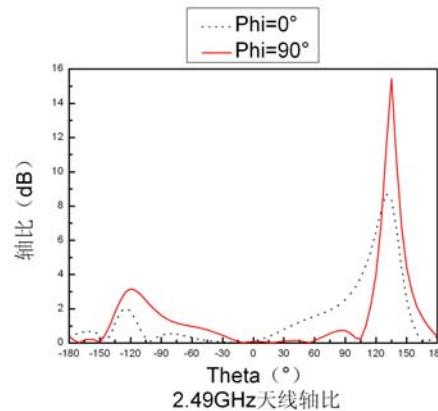
b. 双频天线在 2.49GHz 时方向图

图 4 双频天线的方向图

由图 5 可以看出，天线工作在 1.57GHz 时，在 -90° 到 90° 之间的轴比小于 3.50，当天线工作在 2.49GHz 时，天线从 -90° 到 90° 的轴比都小于 2.5，能够满足卫星导航系统对天线轴比的要求。



a. 双频天线在 1.57GHz 时的轴比



b. 双频天线在 2.49GHz 时的轴比

图 5 双频天线的轴比

## 4 结论

本文设计了一个双频段圆极化微带天线，该天线能够工作在 GPS 的 L1 频段和北斗一代 S 频段。该天线选用同种介电常数的材料，采用双层微带板的结构，使得微带天线能够工作在双频，与常规的微带双频天线相比，因为在两层微带天线之间没有引入空气层，通过在上层辐射贴片上开十字形缝隙减小天线尺寸；而且天线的两层使用了同种材料，也便于加工。同时本文的设计方法可应用于其他双频及多频天线的设计。

## 参 考 资 料

- [1] Byoung Moo Lee, Young Joong Yoon A Dual Fed and A Dual Frequency Slots-loaded Triangular Microstrip Antenna [J].IEEE. Dept. of Electrical & Computer Eng., Yonsei Univ.134, Shinchon-Dong, Seodaemun-Gu, Seoul, KOREA, 120-749
- [2] Chow Yen Desmond Sim, Tuan-Yung Han, Jeen-Sheen Row. Dual-Frequency Shorted Triangular Patch Antenna [J].IEEE. Microwave Conference Proceedings. 2005.4: 4-7
- [3] 彭祥飞, 钟顺时, 许赛卿, 武强. 小型化双频 GPS 微带天线[J]. 上海大学学报.2005, 11 (1): 8-10.
- [4] Luigi Boccia, Giandomenico Amendola, Giuseppe Di Massa. A high-performance dual frequency microstrip antenna for global position system [J]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. 2001. Vol. 4:66- 69.
- [5] J.S.Jan and K.L.Wong, "Dual-band circularly-polarized stacked elliptic microstrip antenna," Microwave Opt. Technol. Lett. 24,354-357,March 5, 2000
- [6] David M.Pozar. 微波工程[M]. 北京: 电子工业出版社.2002.
- [7] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M].西安: 西安电子科技大学出版社.1991.

作者简介:

李伟, 男, 西安理工大学在读硕士研究生, 主要研究方向为天线设计;

王丽黎, 女, 副教授, 近年来主要从事电磁波传播、天线设计和智能天线的研究工作。

## 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>