

一种改进了阻抗带宽和低仰角增益的双频圆极化微带天线的设计

史雪莹 鄢泽洪 左少丽

(西安电子科技大学天线与电磁散射研究所，西安 710071)

摘要：本文设计了一款可用于卫星通信的圆极化微带天线，采用双层结构实现了双频（1590 MHz，2491 MHz）特性。与用探针直接馈电相比，本文中的天线馈电方式为圆形贴片耦合馈电。仿真结果显示圆极化特性并获得比较好的驻波比和较高的低仰角增益。对于低频段（1590MHz），阻抗带宽为 130MHz，相对带宽为 8.2%。对于高频段（2491MHz），阻抗带宽为 390MHz，相对带宽达到了 15.7%。在低仰角为 10° 时获得的增益分别为-0.57dB 和 1.49dB，与用探针直接馈电相比，低仰角增益改善了 1dB 和 0.6dB。

关键词：层叠微带天线，阻抗带宽，低仰角增益，耦合馈电

A Coupling-Fed Circularly Polarised Microstrip Antenna With Wider Impedance Bandwidth And Higher Low-Elevation Gain

Shi Xueying Yan Zehong Zuo Shaoli

(Institute of Antenna and EM scattering, Xidian University of China, Xi'an 710071)

Abstract: A novel coupling-fed circularly polarized microstrip antenna with wider impedance bandwidth and higher gain at low-elevation is proposed in this paper. Compared with the truncated-corners square patch antenna directly fed by a probe, the proposed antenna is fed through coupling of a circular patch on the top of the probe. The simulated results verify the circular polarization and show that good VSWR and higher low-elevation gain have been obtained. In the lower band, the obtained impedance bandwidth is 130MHz, or about 8.2% with respect to 1590MHz. In the upper band, the impedance bandwidth is 390MHz, or about 15.7% referenced to 2491MHz. The gain values at 10° low elevation are to be -0.57dB and 1.49dB at two operation frequencies, which are enhanced 1dB and 0.6dB compared with probe directly feeding.

Keywords: Stacked microstrip antenna; Impedance bandwidth; Low-elevation gain; Coupling-fed

1 引言

微带天线具有体积小、重量轻、低剖面等优点，在过去的几十年里圆极化微带天线在卫星通信和移动通信领域得到了广泛的关注和应用^[1, 2]。随着全球定位系统（GPS）技术的迅速发展，卫星无线导航系统需要一个高性能的导航卫星信号的接收机^[3, 4]。接收天线的设计是整个系统设计的最重要的部分之一，因此对这一天线的性能提出了较高的要求。在获得满足要求的圆极化特性下要尽可能的展宽其阻抗带宽，提高低仰角增益。单点馈电的切角方形贴片天线的建模非常简单，并且易于制作。因此，得到了

广泛的应用。然而，这种天线的阻抗带宽窄，并且低仰角增益低^[5, 6]。利用多点馈电的微带天线可以获得较好的圆极化特性和较宽的阻抗带宽，但是它需要加入馈电网络^[7, 8]。本文提出了一种利用圆形贴片耦合馈电的切角方形贴片微带天线，改善了阻抗带宽和低仰角增益，获得了较好的圆极化轴比特性^[9, 10]。

2 天线结构

图 1 给出了天线的几何结构。上下贴片的长度分别是 L1 和 L2。上下两层介质的介电常数 $\epsilon_r=7$ ，厚度为 5mm。由于存在较多的设计变量，通过优化

过程很难获得准确的设计参量值。首先我们可以利用腔模理论计算出该天线的初始尺寸。最后的结果通过利用基于有限元方法的电磁仿真软件 HFSS 11.0 获得。上下介质层的长度分别为 54mm 和 60mm。通过调整贴片长度 L_1 和 L_2 ，使上层贴片谐振在 2491MHz，下层贴片谐振在 1590MHz。为了激励圆极化波，方形贴片分别被切去了两个角，这样场就被分离成两个相互正交的简并模式。上下切角的边长分别为 m_1 和 m_2 。通过调整 m_1 和 m_2 的长度，使得两个垂直的模式产生相同的幅度以及 90° 的相位差。这样就得到了圆极化。用来馈电的探针设置在距天线中心 $d=7.4mm$ 的位置，这个探针并没有直接与上层贴片相连，而是在探针顶端加载一个圆形贴片形成与上层贴片的耦合馈电。圆形贴片的半径 $s=10mm$ ，距离上层贴片 $p=1mm$ 。

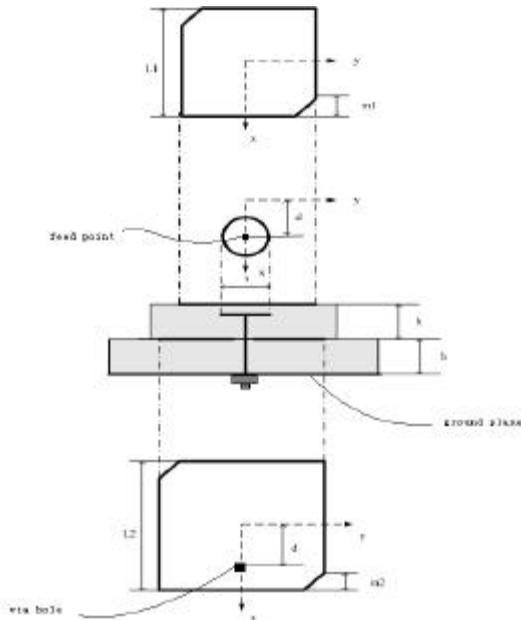


图 1 天线的几何结构

在仿真环境下，我们优化了两层贴片的长度和切角的边长。最后，我们获得了最优的天线设计参数： $L_1=20.4mm$ ， $L_2=28.6mm$ ， $m_1=5.6mm$ ， $m_2=4.2mm$ 。

3 结果分析

文中通过对该天线的研究和分析，讨论了圆形贴片的效应。图 2 给出了圆形贴片在不同的位置处对驻波的影响。当圆形贴片加载在上层介质中间时，获得了很好的阻抗带宽。对于低频段，获得的阻抗

带宽为 130MHz，相对带宽为 8.2%。对于高频段，阻抗带宽为 390MHz，相对带宽达到了 15.7%。图 3 给出了采用探针直接馈电和耦合馈电的驻波特性。我们发现耦合馈电明显改善了天线的阻抗带宽。获得较高的低仰角增益也是我们的天线设计目标。图 4 和图 5 分别给出了两个谐振频率下探针耦合馈电和直接馈电的增益。很明显我们在低仰角为 10° 时获得的增益分别为 -0.57dB 和 1.49dB，与用探针直接馈电相比，低仰角增益改善了 1dB 和 0.6dB。图 6 和图 7 分别给出了低频段和高频段的轴比特性。由图可以看出低频段和高频段的圆极化带宽分别为 30MHz 和 60MHz。图 8 和图 9 分别给出了在 1590 MHz 和 2491MHz 下主极化和交叉极化的方向图。

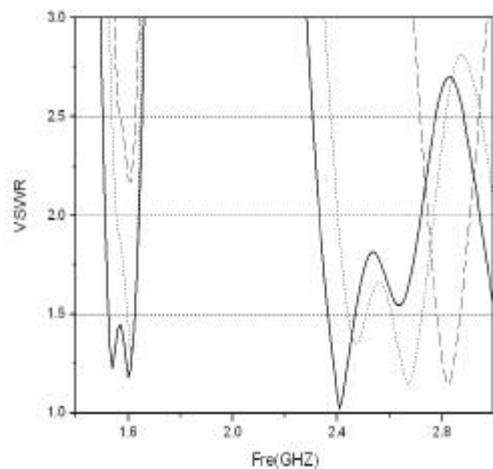


图 2 — 圆形贴片放置在上层介质内部
--- 圆形贴片放置在下层介质内部
... 圆形贴片放置在上层介质上部

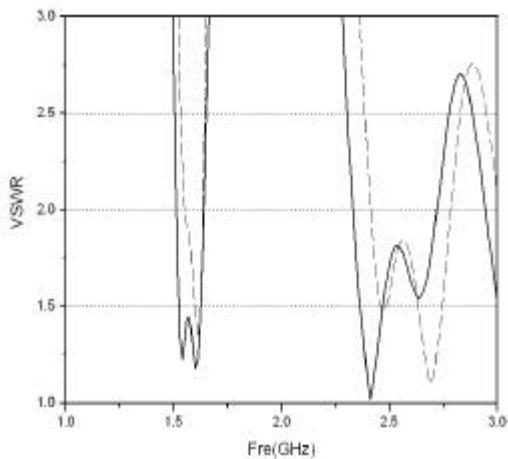


图 3 — 耦合馈电的驻波特性
--- 直接馈电的驻波特性

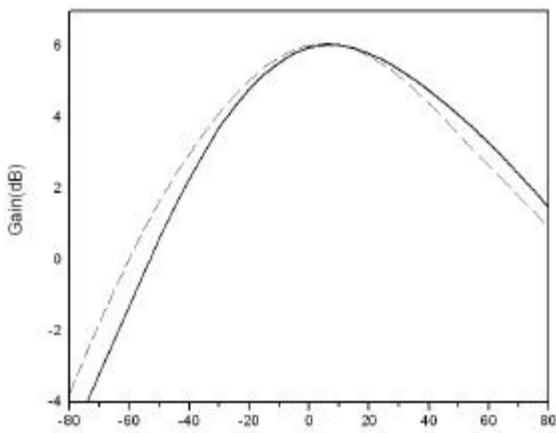


图 4 $f=1590\text{MHz}$ —耦合馈电的增益
---直接馈电的增益

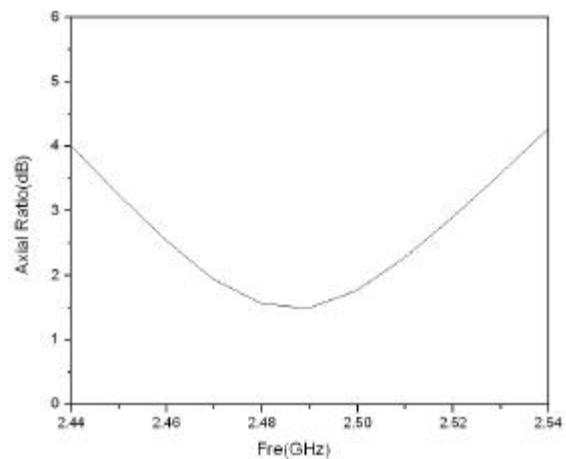


图 7 轴比 (2491MHz)

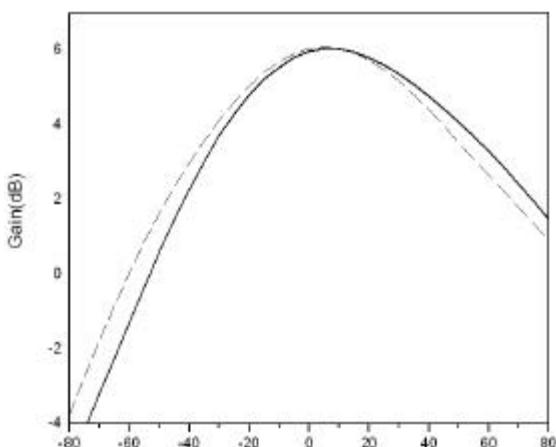


图 5 $f=2491\text{MHz}$ —耦合馈电的增益
---直接馈电的增益

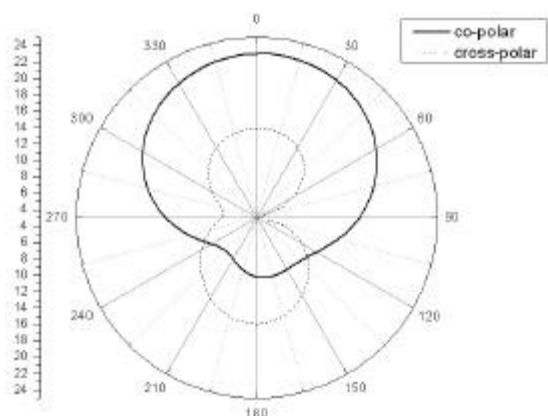


图 8 主极化和交叉极化 (1590MHz)

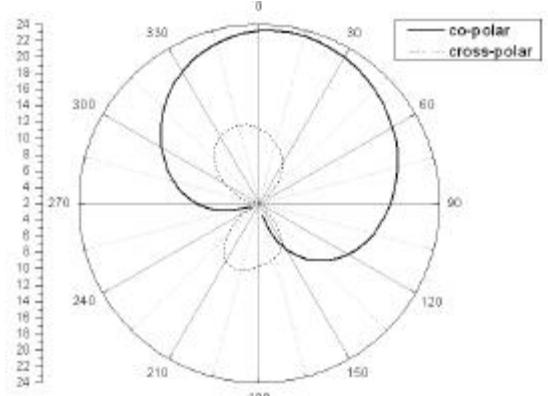


图 9 主极化和交叉极化 (2491MHz)

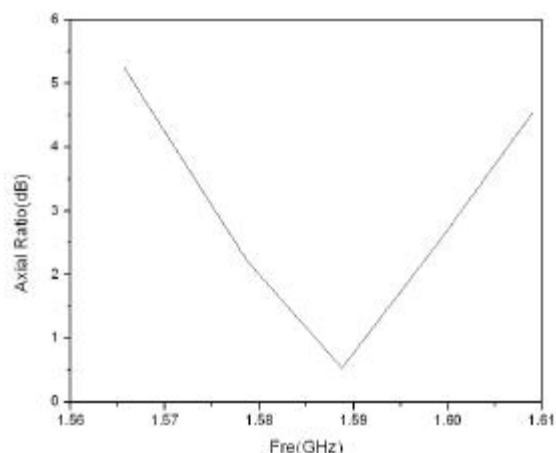


图 6 轴比 ($f=1590\text{MHz}$)

4 结论

本文介绍了一种层叠的耦合馈电的双频带圆极化微带天线。与用探针直接馈电相比，圆形贴片耦合馈电改善了阻抗带宽和低仰角增益。该天线在两个工作频率下同时得到了较好的圆极化辐射特性。

参 考 文 献

- [1] Chis-Ming Su and Kin-Lu Wong, A dual-band GPS microstrip antenna, *Microwave and Optical Technology Letters.*, Vol.33, No.4, May 2002
- [2] Ying-feng Zhang, Shan-wei Lv, XIAN-Liang Luo, A dual-frequency microstrip antenna with wider beam and higher gain at low-angle, *IEEE International Symposium on Microwave Antenna Propagation and EMC Technologies For Wireless Communications.* 2007
- [3] S.-L.S. Yang, K.-F.Lee, A.A.Kishk, and K.M.Luk, Design and study of wideband single feed circularly polarized microstrip antennas, *Progress In Electromagnetic Research,PIER* 80,45-61,2008
- [4] M.Davidovitz and Y.T.Lo, Rigorous analysis of a circular patch antenna excited by a microstrip transmission line, *IEEE Trans,Antennas Propagat.*, vol.37,no.8, Aug.1989
- [5] Dr.Max Amman, Design of Rectangular Microstrip Patch Antennas for the 2.4GHz Band, *Applied Microwave & Wireless*, pp.24-34, Nov 1997
- [6] A.Pirhadi, M.Hakkak, and F. Keshmiri, Using electromagnetic bandgap superstrate to enhance the bandwidth of probe-fed microstrip antenna, *Progress In Electromagnetic Research,PIER* 61,215-230,2006
- [7] T.Chakravarty, S. M. Roy, S.K.Sanyal, and A.De, A novel microstrip patch antenna with large impedance bandwidth in VHF/UHF rang, *Progress In Electromagnetic Research,PIER* 54,83-93,2005
- [8] M. A. S.Alkanhal and A. F. Sheta, A novel dual-band reconfigurable square-ring microstrip antenna, *Progress In Electromagnetic Research,PIER* 70,337-349,2007
- [9] Xiang-fei Peng, Shun-shi Zhong, Sai-Qing Xu, and Qiang Wu, Compact dual-band GPS microstrip antenna, *Microwave and Optical Technology Letters/ Vol*,44, No.1, Jan 5 2005
- [10] Zhou.Y, Chen.C.-C., Volakis.J.L, Dual band proximity-fed stacked patch antenna for tri-band GPS applications, *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol.55, Issue.1, pp.220-223, Jan.2007

作者简介：

史雪莹，女，硕士研究生，主要研究方向为卫星通信天线。

鄢泽洪，男，教授、博士生导师，主要研究领域为天线伺服控制、卫星通信天线等。

左少丽，女，硕士研究生，主要研究方向为可重构天线，微带天线等。

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)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)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),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>