

一种双频圆极化微带贴片天线

李文明 何建国

(国防科技大学 电子科学与工程学院 湖南 长沙 410073)

摘要: 本文介绍了一种新型双频圆极化微带贴片天线。该天线采用贴片层叠结构和双点正交馈电，并利用在矩形贴片四周加矩形突起的方法来调整谐振频率和馈电匹配。经实测天线在两个频点最大辐射方向上的增益分别达到了 4.5dB 和 5.8dB，并具有良好的广角圆极化性能。该天线尺寸小，重量轻，目前已应用于卫星通信的手持终端。

关键词: 圆极化；微带贴片天线；双频；双点馈电

中图分类号: TN820.11

文献标识码: A

A Dual-Band Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna

Li Wen-ming, He Jian-guo

(College of Electronic Science and Technology, National University of Defense Technology, Changsha, 410073, China)

Abstract: This paper presents the design and testing of a new dual-band circularly polarized microstrip patch antenna. Multi-layer structure and dual capacitively coupled feed are employed, and a method of adding rectangular extends at the periphery of the main rectangular patches was used to adjust the resonance frequency and input match. The antenna peak gains are 4.5dBi and 5.8dBi respectively and wide-range circular polarization was achieved. Now this antenna is applied in satellite communication handset.

Key words: circular polarization; microstrip patch antenna; dual-band; double feed

引言

近年来微带天线由于尺寸小，成本低，易实现圆极化等优点在卫星通信系统和现代雷达系统中得到广泛应用。在卫星通信系统中，一般要求天线能实现双频工作，并要求有良好的线极化或圆极化性能。目前，已研制出多种天线形式，在实现双频工作的同时，保证良好的圆极化性能，特别是应用于 GPS 的天线，国内外这方面的研究已经达到了较高的水平^{[1][2]}，但是大部分都是采用的单点馈电实现圆极化的形式^{[3][4][5]}，本文提出了一种采用双点正交馈电实现圆极化的双频天线形式，利用叠层贴片实现双频工作，上层贴片通过探针直接馈电，下层贴片通过电磁耦合来实现馈电。探针外接功分器和 90 度移相器。整个天线结构紧凑，体积较小，用于卫星通信个人用户机试验完全达到要求。

1 天线设计

本文所提出的天线结构示意图如图 1 所示：天线采用贴片层叠结构，上层辐射贴片辐射较高频率，下层辐射贴片辐射较低频率，顶层贴片辐射时，下层贴片作为它的接地面，当下层贴片辐射时，顶层

贴片作为电感性耦合元件。

介质板选用高介电常数陶瓷材料，介电常数约为 9.8，板厚为 2.54mm，微带贴片形状如图所示，在矩形贴片四边添加矩形突起，使电流沿突起曲折流过而路径变长，使得贴片尺寸相对增加，可以适当减小天线尺寸，适合对天线的谐振频率进行微调。要想得到贴片的尺寸的天线参数的精确结果，必须用严格的分析方法如全波分析法进行分析，在初步设计时，可以先利用基于传输线法的一些经典公式预先设定^[6]。矩形贴片的边长：

$$L = \lambda_g / 2 - 2 \times \Delta L \quad (1)$$

其中 λ_g 为工作频率介质内波长，

$$\lambda_g = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r} \quad (2)$$

ΔL 为微带贴片边缘效应的等效微带线长度；

$$\Delta L = h \times 0.412 \times \frac{(\epsilon_r + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_r - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (3)$$

ϵ_r 为等效介电常数，W 为微带宽度，h 为介质板厚

度。

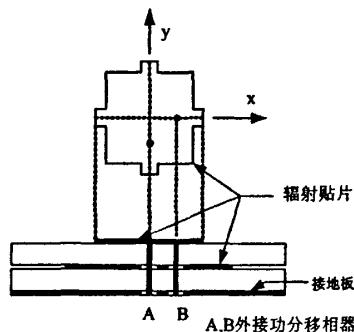


图 1 天线结构示意图

对上层贴片有

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W}\right)^{-1/2}$$

而下层贴片处于介质板的中间, 可令 $\epsilon_e = \epsilon_r$ 来初步确定。初步确立尺寸以后, 再利用基于有限元法的 HFSS 10.0 软件进行仿真优化, 得出合适的尺寸。

天线采用双点正交馈电, 天线的馈电探针外接微带功分移相器, 以获得等幅信号和九十度相位差, 两个频率的激励均由这两个探针提供, 因此需要两组功分移相网络, 但由于低频 1.616GHz 利用左旋圆极化波, 高频 2.492GHz 利用右旋圆极化波, 且双频分时工作, 因此不存在收发隔离度的问题。背馈探针必须位于恰当的位置, 才能使天线与 50Ω 馈电线匹配, 顶层贴片的馈电点可通过 HFSS 仿真来确定, 下层贴片由于是和上层贴片共用探针耦合激励, 因此不一定匹配, 为了解决这个问题, 可以适当调整矩形外突起的长度和宽度, 在不改变谐振频率的前提下, 使下层贴片与 50Ω 馈电线匹配 (贴片天线匹配馈电点的位置随矩形突起的长度和宽度的变化而变化, 利用 HFSS 仿真证实了这一点。)

2 实验结果及分析

以 HFSS 仿真所得天线参数为指导, 实际制作了天线并进行了调试, 图 2 (a), (b) 分别为两个频段实测的驻波比, 图 2 (c), (d) 分别为两个频段实测的轴比。两个频段阻抗带宽 (VSWR<2) 分别约为 62MHz 和 68MHz, 轴比带宽 (轴比<3dB) 分别为约 100MHz 和 110MHz。带宽满足要求。图 3 为两个频点相互垂直方向的归一化方向图, 从图中可以看出波束的 3dB 宽度均超过了 90 度。测量得出天线在

最大辐射方向上增益分别为 4.5dB(1.616GHz) 和 5.8dB(2.492GHz), 增益和带宽均达到了要求。

3 结论

利用微带贴片层叠实现圆极化微带天线的双频工作, 通过仿真优化和实际调试, 实验得出的阻抗和带宽均满足要求。仿真结果和天线实测结果都表明,

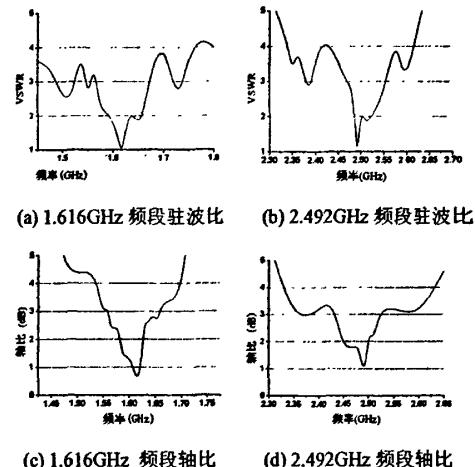
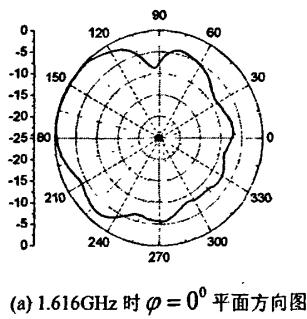
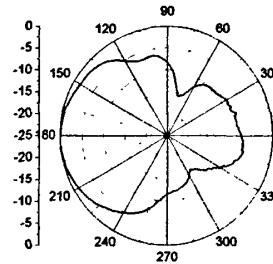


图 2 两个频段驻波比和轴比实测曲线

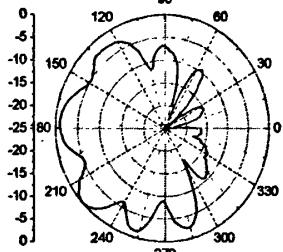


(a) 1.616GHz 时 $\varphi = 0^\circ$ 平面方向图

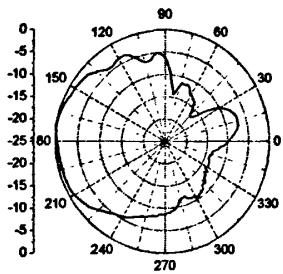


(b) 1.616GHz 时 $\varphi = 90^\circ$ 平面方向图

参考文献



(c) 2.492GHz 时 $\phi = 0^\circ$ 平面方向图



(d) 2.492GHz 时 $\phi = 90^\circ$ 平面方向图

图 3 两个频点相互垂直方向的归一化方向图

本文所采用的利用添加矩形突起的形式来调整谐振频率和馈电匹配的办法, 是一种行之有效的方法, 虽然同时也引起了天线阻抗带变窄, 但带宽仍可以满足卫星通信手持机收发天线的需要。

- [1] Kai-Ping Yang and Kin-Lu Wong, Dual-Band Circularly-Polarized Square Microstrip Antenna. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2001, 49(3): 377~382.
- [2] David M. Pozar and Sean M. Duffy, A Dual-Band Circularly Polarized Aperture-Coupled Stacked Microstrip Antenna for Global Positioning Satellite. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1997, 45(11): 1618~1625.
- [3] Jui-Han Lu and Kin-Lu Wong, Single-Feed Circularly Polarized Equilateral-Triangular Microstrip Antenna with a Tuning Stub. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2000, 48(12): 1869~1872.
- [4] Raul R. Ramirez and Franco De Flaviis, Single-Feed Circularly Polarized Microstrip Ring Antenna and Arrays. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2000, 48(7): 1040~1047.
- [5] 胡明春等, 宽带宽角圆极化微带贴片天线设计, *电波科学报*, 2001, 16 (4): 441~446.
- [6] 张钧、刘克诚、张贤铎、赫崇骏编著, *微带天线理论与工程*, 国防工业出版社, 1988.

作者简介: 李文明 男, 1982 年出生, 湖南望城县人, 硕士研究生。主要研究方向为微带天线和射频电路的设计。

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>