

文章编号:1007-2861(2005)04-0331-04

# 大带宽的 U 形接地板圆极化贴片天线

武 强<sup>1</sup>, 钟顺时<sup>1</sup>, 许赛卿<sup>1,2</sup>, 彭祥飞<sup>1</sup>

(1. 上海大学 通信与信息工程学院, 上海 200072; 2. 浙江正原电气股份有限公司, 嘉兴 314003)

**摘要:** 提出了一种新型的大带宽空气介质圆极化方形贴片天线结构. 天线采用同轴馈电, 利用 U 形接地板结构, 通过切角微扰并调整接地板的端板高度可满意地获得圆极化性能. 该天线实测的 -10 dB 反射损耗带宽达 46.5%, 比常规的 GPS 圆极化天线宽很多, 而且结构简单, 便于加工. 文中给出了天线的设计及不同参数对其性能的影响.

**关键词:** 微带天线; 宽频带; 圆极化; U 形接地板

中图分类号: TN 822.4 文献标识码: A

## A Broadband Circularly Polarized Patch Antenna with an U-Shaped Ground Plate

WU Qiang<sup>1</sup>, ZHONG Shun-shi<sup>1</sup>, XU Sai-qing<sup>1,2</sup>, PENG Xiang-fei<sup>1</sup>

(1. School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China;  
2. Zhejiang Zhengyuan Electric Co. Ltd., Jiaxing 314003, China)

**Abstract:** A novel broadband circularly polarized square patch antenna on air substrate is proposed. The patch is backed by an U-shaped ground plate and excited by a probe feed. By truncating two corners of the patch and modifying the heights of two vertical ground plates, the circularly polarized radiation can be obtained satisfactorily. The measured impedance bandwidth of -10 dB return loss reaches 46.5%, which is much wider than that of an ordinary GPS circularly polarized antenna. Furthermore, it is simple in structure and easy in fabrication. The design of the proposed antenna and the influence of various parameters are presented.

**Key words:** microstrip antenna; broadband; circular polarization; U-shaped ground plate

在无线通信中, 微带天线以其体积小、剖面薄、重量轻、易于共形等一系列独特的优点而深受人们的青睐, 高性能的圆极化微带天线在当前更有广泛的应用<sup>[1]</sup>. 由于微带天线属于一维小型化谐振天线,  $Q$  值高、频带窄, 因此展宽频带已经成为圆极化微带天线设计中需要解决的关键问题之一. 根据天线结构和馈电方式的不同, 已出现了多种宽频带圆极化天线形式. 文献[2]根据平面螺旋天线的原理, 利用曲线微带结构实现了宽频带圆极化辐射; 文献[3]采用口径耦合馈电, 通过长度相等的十字槽实现圆

极化电磁能量耦合, 利用低介电常数的材料获得了 10% 以上的阻抗带宽; 文献[4]通过在方形贴片的中心线上加载切片电阻并沿对角线馈电实现圆极化工作, 获得了 6.8% 的阻抗带宽; 文献[5]在利用容性探针近耦合馈电的基础上, 通过平衡馈电, 使圆极化贴片天线的 -10 dB 反射损耗阻抗带宽达到了 20% 以上. 但上述天线大多结构复杂, 而且需要精心设计馈电网络.

本文将一种新型的 U 形接地板结构应用于圆极化微带天线的设计, 文中介绍了这种结构对于展

宽天线频带和实现圆极化辐射的有效性.

## 1 天线设计

天线结构如图1所示,其中(a)、(b)分别为侧视图和顶视图.天线的辐射单元是边长为20 mm的方形贴片,在贴片的B、D两点引入切角微扰 $\Delta S$ 来实现圆极化辐射;接地板由尺寸为100 mm×100 mm的水平板和两个高度分别为 $H_1$ 和 $H_2$ 的垂直端板组成,馈电探针与贴片都位于 $z=0$ 面上,从端板 $H_1$ 对天线进行馈电,馈电点的 $XY$ 面坐标为 $(x_0, y_0)$ ,图中探针伸至贴片边缘的内导体长度仅为3 mm.采用这种馈电结构大大地减小了在常规底馈条件下馈电探针引入的电感对天线阻抗的影响,因此有利于实现天线的宽频带工作.

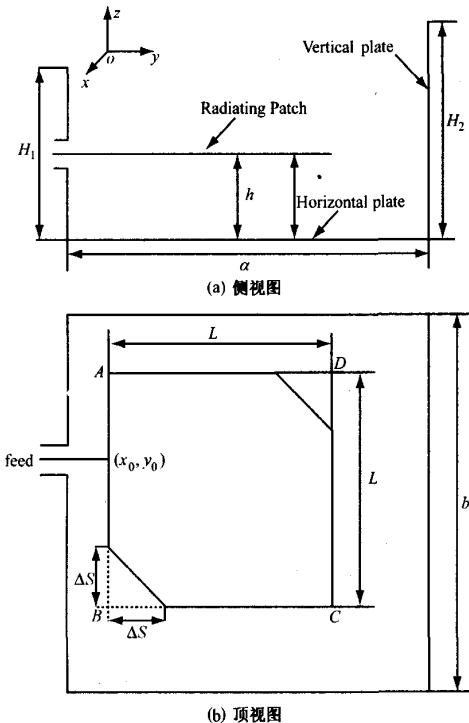


图1 天线结构示意图

Fig.1 Geometry of broadband circularly polarized patch antenna

## 2 数值和实验结果

根据天线实现圆极化的基本原理,即产生两个空间正交的线极化场分量(即简并模),并使两者振幅相等,相位差90°,天线设计的关键在于分离出合适的简并模.为此,在固定 $\Delta S$ 的条件下,天线性能

可通过调节端板高度 $H_1$ 、 $H_2$ 及馈点位置来实现,最终的设计需通过数值计算选定.在设计中我们采用的是基于有限元法的ANSOFT HFSS 8.0仿真软件.

先考察L形接地板( $H_2=0$ )的情况.固定 $\Delta S=3$  mm,并调整馈电点的位置和端板高度 $H_1$ .图2示出了当馈电点位于 $(-9.5 \text{ mm}, 3 \text{ mm})$ 时,Smith圆图上阻抗点随 $H_1$ 变化的情形.从图中可以看出,当 $H_1=35 \text{ mm}$ 时,阻抗轨迹开始呈现一凹陷,表明出现了简并模的分离;而当 $H_1=40 \text{ mm}$ 时形成一明显的尖凹,说明简并模已明显分离,实现了圆极化工作.

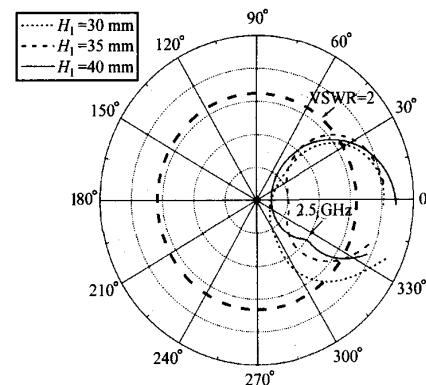
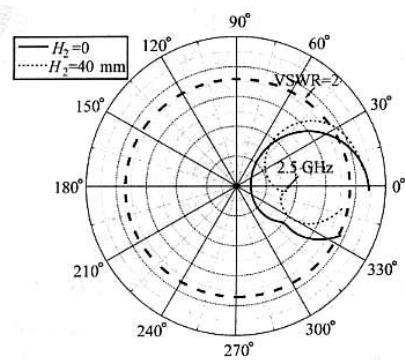
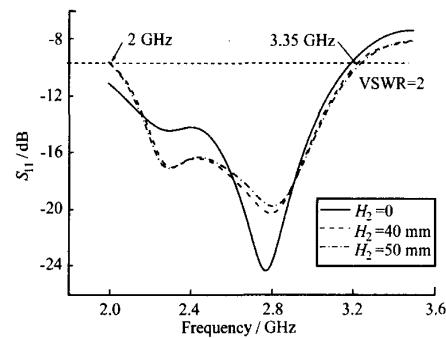
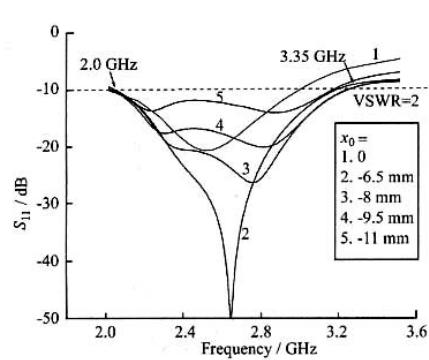
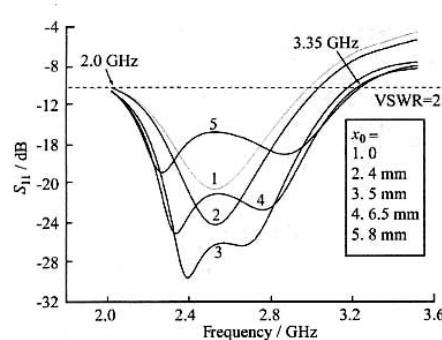
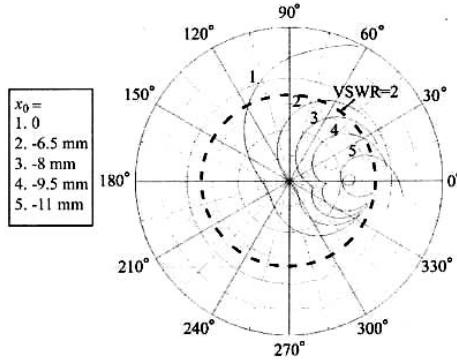


图2  $H_2=0$ 时天线阻抗随 $H_1$ 的变化

Fig.2 Antenna impedance for various  $H_1$  when  $H_2=0$

为了进一步调整天线的圆极化性能,我们固定 $H_1=40 \text{ mm}$ ,变化 $H_2$ 的大小,结果如图3所示.从图中可以看出,当 $H_2$ 从0增大至40 mm时,Smith圆图显示出阻抗曲线出现了一个尖凹,表明两个简并模明显分离,此时圆极化性能最佳,对应频率约为2.5 GHz.图3(b)表明,当 $H_2=40 \text{ mm}$ 时,阻抗曲线呈现平坦趋势,特别是-10 dB反射损耗阻抗带宽明显展宽;当 $H_2>40 \text{ mm}$ 时,天线性能变化不大.可见,端板高度 $H_2$ 改变了两个正交线极化场分量的大小,增强了简并模的分离效果,并对天线的阻抗特性产生了影响.

在选定 $H_1=40 \text{ mm}$ , $H_2=40 \text{ mm}$ 的情况下,我们进而分析了馈电点对天线阻抗特性的影响.图4示出了馈电点 $(x_0, y_0)$ (其中 $y_0=3 \text{ mm}$ )自中心分别向A、B移动时天线阻抗特性的变化.从中可以看出,随着馈电点位置向两侧移动,天线的阻抗特性呈现出相似的变化规律,简并模的分离逐渐明显.Smith圆图显示出在 $x_0=-9.5 \text{ mm}$ 和 $x_0=6.5 \text{ mm}$ 处阻抗曲线有明显的尖凹,天线的圆极化性能最佳,圆极化

(a) 不同  $H_2$  下天线的 Smith 原图(b) 不同  $H_2$  下天线的  $S_{11}$  曲线图 3  $H_1 = 40$  mm 时天线阻抗随  $H_2$  的变化Fig.3 Antenna impedance for various  $H_2$  when  $H_1 = 40$  mm(a)  $x_0 < 0$ (b)  $x_0 > 0$ 图 4  $H_1 = 40$  mm,  $H_2 = 40$  mm 处天线阻抗随馈电点的变化Fig.4 Antenna impedance for various feed locations when  $H_1 = 40$  mm,  $H_2 = 40$  mm

旋向分别为右旋和左旋. 继续变化馈点, 天线的圆极化特性逐渐变差.

图 5 示出了在左右旋圆极化馈电点及中心馈电时天线在 XZ 面的辐射方向图. 如图所示, 在三种

情况下天线的最大辐射方向均在  $0^\circ$ , 但左右旋圆极化的方向图呈现出明显的不对称性. 这种不对称性显然是由于天线馈电点偏离中心位置造成的.

为了说明该设计的有效性, 我们加工了一副天

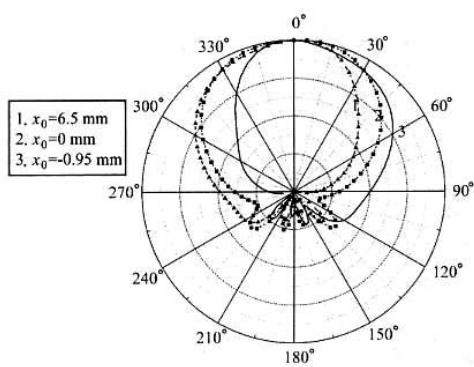
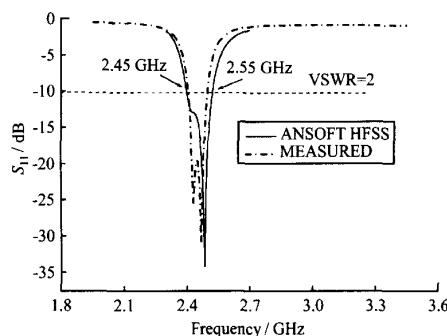


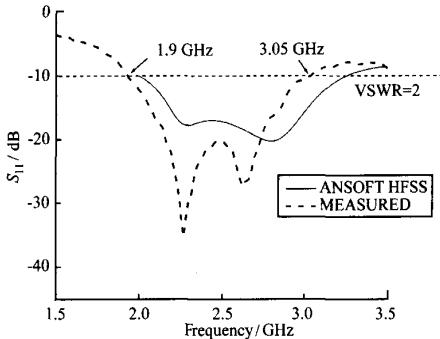
图5 天线辐射方向图(XZ面)

Fig.5 Radiation patterns of antenna in XZ plane

线,并以常规的介质 GPS 圆极化天线作参照,比较



(a) 常规 GPS 圆极化天线



(b) 本文天线

图6 本文天线与 GPS 天线的计算与实测阻抗特性

Fig.6 Computed and measured antenna impedance

### 3 结 论

提出了一种新型的宽频带圆极化天线结构。天线采用 U 形接地板,通过改变接地板的两个端板高度和馈电点的位置可获得不同旋向的圆极化特性;利用与贴片共面的馈电结构使得天线的频带得到了很大的展宽。同常规的 GPS 天线相比,该结构在保持天线圆极化工作的同时,反射损耗不大于 -10 dB 的阻抗带宽达到了 46.5%。天线的结构简单,设计灵活性强,是一种有效的宽频带圆极化天线设计方法。天线结构参数的进一步优化尚有待研究。

### 参考文献:

[1] 薛睿峰,钟顺时.微带天线圆极化技术概述与进展[J],

了两种天线的阻抗特性。其中常规 GPS 天线采用相对介电常数为 9.2 的陶瓷介质,介质基片的大小为 25 mm × 25 mm × 4 mm,辐射单元为 19 mm × 19 mm 的方形贴片。天线的工作频率为 2 492 MHz,圆极化旋向为右旋。一组结果如图 6(a)所示。图中实线为本文所用软件的仿真结果,虚线为测试结果,从中可以看出两者较为吻合。实测的反射损耗不大于 -10 dB 的频带范围为 2.45 ~ 2.55 GHz(中心频率 2.5 GHz),天线阻抗带宽约为 4%。本文所设计的天线计算与测试的阻抗特性如图 6(b)所示,实测的反射损耗不大于 -10 dB 的阻抗带宽达到了 46.5%,覆盖了 1.9 ~ 3.05 GHz 的频率范围(中心频率 2.475 GHz),相对带宽约为前者的 11.6 倍。

- 电波科学学报,2002,17(2):331—336.
- [2] Wood C. Curved microstrip line as compact wideband circularly polarized antennas [J]. *IEE Proc MOA*, 1979, 3: 5—13.
  - [3] Vlasits T, Korolkiewicz E, Sambell A, et al. Performance of a cross-aperture coupled single feed circularly polarized patch antenna [J]. *Electron Lett*, 1996, 32(7):612—613.
  - [4] Wong K L, Wu J Y. Bandwidth enhancement of circularly-polarised microstrip antenna using chip-resistor loading [J]. *Electron Lett*, 1997, 33(21):1 749—1 751.
  - [5] 胡明春,杜小辉,李建新.宽带宽角圆极化贴片天线的实验研究[J].电子学报,2002,30(12):1 888—1 890.

(编辑:高水娟)

## 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>