

# 一种新型C波段宽带圆极化贴片天线的设计

高尧, 韦高

(西北工业大学电子信息学院, 陕西西安 710129)

**摘要:**采用电磁仿真计算软件HFSS设计并仿真了一种工作于C波段宽带圆极化微带贴片天线。天线采用双馈点对圆形微带贴片进行馈电, 实现圆极化; 选用两层聚四氟乙烯玻璃纤维板作为介质, 通过底层馈电网络由探针穿过中间地板层对上层圆形贴片进行馈电, 在探针周围用环形槽将探针与地板进行隔离, 并增加了天线的谐振点, 从而进一步扩展了天线频带。结果表明天线的相对带宽约为30%, 并且E面、H面3dB轴比角度均大于90°。

**关键词:**宽频带; 圆形贴片天线; 圆极化; 带宽

中图分类号: TN82-34

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2011)17-0095-03

## Design of Broadband Circularly Polarized Patch Antenna Working at C Band

GAO Yao, WEI Gao

(College of Electronic Engineering, Northwestern Polytechnic University, Xi'an 710129, China)

**Abstract:** A broadband circularly polarized microstrip patch antenna working at C band was designed and simulated by HFSS software. The antenna used doubly-fed points to realize circular polarization, selected two-layer PTFE glass fiber board as medium, adopted the ground plane to isolate the feed network and the radiation patch for reducing the influence of feed network on the properties of antenna circular polarization. The experimental results show that the relative bandwidth of the antenna is about 30%, and the 3 dB axial ratio angles of E-plane and H-plane are more than 90 degree.

**Keywords:** broadband; circular patch antenna; circular polarization; band width

## 0 引言

由于圆极化波的良好特性, 在探测、卫星通讯等领域有着广泛的应用, 所以圆极化天线受到广大工程师的青睐。而这些领域通常要求设备的小型化, 以及与卫星、飞机等飞行器共形来减小对飞行器的空气动力学影响, 微带天线则占有很重要的地位。微带天线具有低剖面、小体积、容易实现多频段等优点, 但是它有其固有缺陷, 即宽带比较窄, 一般只有5%左右<sup>[1-2]</sup>。因此, 展宽微带天线的带宽具有十分重要的意义。目前, 随着圆极化微带天线的应用越来越广, 对于如何设计圆极化微带天线已经形成了很多成熟的方法<sup>[2-4]</sup>。在贴片对称轴方向两端加载缝隙; 在贴片中心加载缝隙; 采用多层次缝隙耦合等。这些方法制作起来比较简单, 容易加工, 但是圆极化角度较小并且带宽较窄。

本文中的天线采用两层较薄的聚四氟乙烯介质, 使单个圆形贴片的阻抗带宽在S波段内达到30%, 满足了现代通信对天线带宽的要求。采用双馈电进行馈电使天线很容易实现圆极化, 可以根据频率需要而设计天线尺寸。

## 1 微带天线的模型结构

微带贴片天线的模型结构如图1和图2所示, 天线分为三层结构<sup>[3]</sup>, 上层为圆形微带贴片天线, 中间为地板, 下层是正交混合网络的馈电网络, 在两个馈电点形成90°的相位差。三层之间均用介电常数为2.65的聚四氟乙烯填充, 如图1所示厚度分别为 $h_1$ 、 $h_2$ 。与传统的天线不同, 该天线用地板层将馈电网络和辐射贴片隔离开, 以减小馈电网络对天线圆极化性能的影响。这样就必须采用探针对天线进行馈电, 在探针周围设计环形缝隙<sup>[5-6]</sup>, 一是可以将馈电与地板隔离, 二是与探针接触的半径为 $r_1$ 的圆片可以抵消探针引入的部分电感, 从而达到展宽频带的作用。

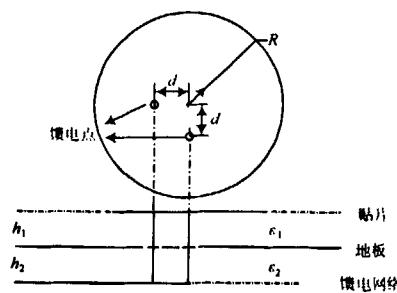


图1 天线示意图

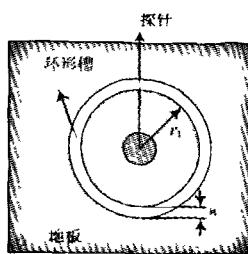


图2 天线的馈电点俯视图

## 2 微带天线的理论分析

圆形微带天线的谐振频率近似可用式(1)表示<sup>[1]</sup>:

$$f_r = 1.841c / (2\pi R \sqrt{\epsilon_r}) \quad (1)$$

式中:  $R$  为圆形贴片的半径;  $\epsilon_r$  为介质的有效介电常数。

对于采用探针馈电的微带贴片天线,由探针引起的电感,从而使天线的电抗值增加,恶化其带宽特性,因此要对探针引起的电感进行补偿<sup>[7-8]</sup>。微带天线的输入阻抗和馈电探针的电感可以表示为:

$$Z_{in} = Z_R + jX_L \quad (2)$$

$$X_L = \frac{\eta}{\pi} \tan(0.5kh) \ln(2.25/kd) \quad (3)$$

式中:  $X_L$  为探针引出的电感;  $\eta$  和  $k$  分别是特性阻抗和介质中的波数;  $d$  为探针的直径。环形缝隙则可以提供补偿电感,并使其满足谐振条件:

$$2\pi f_r c X_L = 1 \quad (4)$$

这样就可以有效地优化天线馈电点处的阻抗,展宽其阻抗带宽。

在探针周围的地板上加载缝隙可以一定程度上影响天线的谐振特性,如果缝隙的谐振频率与贴片的谐振频率相差不远,天线的阻抗带宽则很有可能被展宽,常见的圆形贴片加载C形缝隙的形式就可以起到展宽天线带宽<sup>[9]</sup>的作用。本天线采用地板上加载环形缝隙,也可以实现这一点,下文将会就缝隙对天线阻抗特性的影响作出讨论。

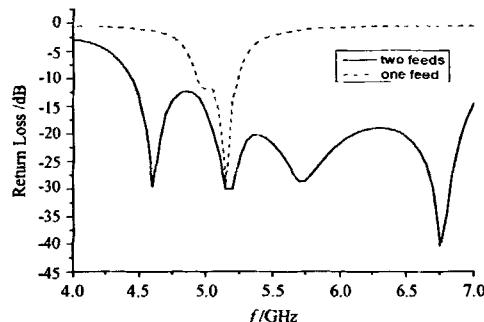
## 3 微带天线的相关尺寸及谐振特性

采用式(1)计算出天线谐振频率在 5.1 GHz 时的圆形贴片半径为 10.6 mm,调整为  $R=10$  mm,经过仿真得出馈电点的位置  $d=3.4$  mm,馈电探针圆盘的半径  $r_1=1.2$  mm,环形缝隙的宽度  $w=0.6$  mm,两层介质均为  $h_1=1$  mm,  $h_2=1$  mm。

图3显示了单点馈电与两点馈电贴片天线的  $S_{11}$  参数,由图3中可以看出:

(1) 采用单点馈电的圆形微带天线的谐振频率与设计目标较为符合,但是带宽很窄,  $S_{11}$  曲线低于 -10 dB 的范围仅为 200 MHz;

(2) 采用分支线耦合器<sup>[10]</sup>两点馈电的微带贴片天线可使带宽增加至 2.5 GHz。

图3 单点馈电和两点馈电的  $S_{11}$  比较

如图4所示添加二极管进行控制,可以实现线极化和圆极化之间的切换。图中各尺寸如下:  $L_1=5.8$  mm,  $L_2=10.7$  mm,  $L_3=11.8$  mm,  $W_1=2.8$  mm,  $W_2=2.7$  mm,  $W_3=4.9$  mm。

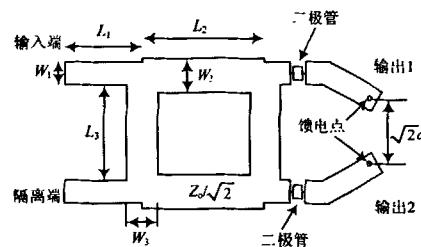
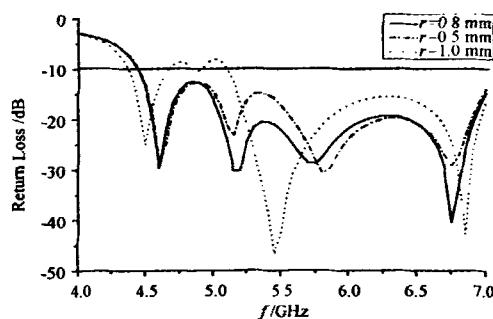


图4 馈电网络

### 3.1 地板上缝隙的半径对天线带宽的影响

地板加载环形缝隙可以直接补偿探针引出的电感,因此缝隙半径  $r_1$  对天线的谐振特性有影响,如图5所示,  $r_1$  由小变大时,第一谐振点(2.5 GHz)的位置会向右移动,且趋势会变快。

图5 缝隙半径  $r_1$  对天线  $S_{11}$  的影响

### 3.2 缝隙的宽度对天线带宽的影响

环形缝隙  $w$  的大小会影响天线的带宽,如图6可见  $w$  变大时,谐振点向右移动并且设计的中心频率附近的  $S_{11}$  会下降。

## 4 微带天线的圆极化带宽和方向图

采用上文各个参数的尺寸,可以得到如图7所示的

圆极化轴比。AR<3的频带范围大致从4.75~6.1GHz,相对轴比带宽达到26%。

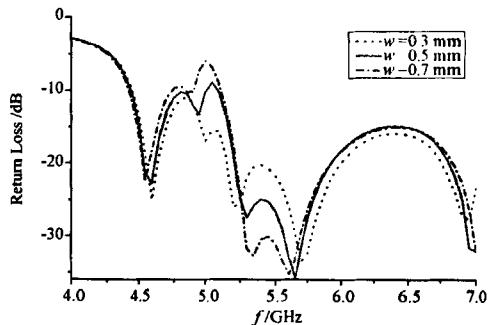


图6 缝隙w对天线 $S_{11}$ 的影响

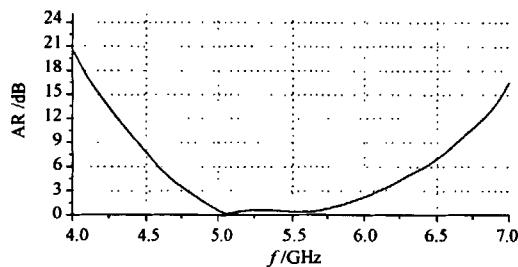


图7 天线的圆极化轴比

图8显示的是天线在中心频率点5.1GHz的 $\varphi=0^\circ$ 和 $\varphi=90^\circ$ 两个面的圆极化轴比,从图中可以看出 $\varphi=0^\circ$ 面圆极化角度大于 $100^\circ$ , $\varphi=90^\circ$ 面圆极化角度约为 $75^\circ$ 。

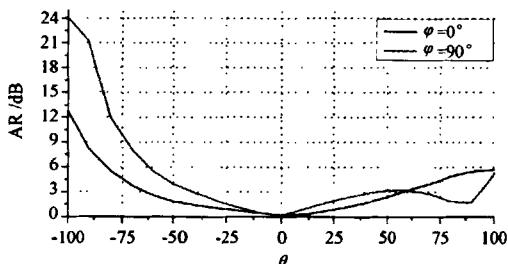


图8 天线的圆极化角度

## 5 结论

综上所述,针对传统单点馈电圆极化微带贴片天线

带宽较窄的缺点,本文采用两点馈电。虽然正交混合网络的带宽并不宽,但是用加载有缝隙的地板将馈电网络与辐射贴片隔离,并且缝隙可以补偿探针所引入的电感,大幅度增大了微带天线的带宽,使天线在C波段内相对带宽达到了30%。并且圆极化轴比具有较宽的频带特性,相对轴比带宽约为26%,其馈电方式可为工程设计提供有价值的参考。

## 参 考 文 献

- [1] 张钧,张克诚,张贤铎,等.微带天线理论与工程[M].北京:国防工业出版社,1988.
- [2] 钟顺时.微带天线理论和应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,1991.
- [3] 闵刚,武永刚.基于HFSS的双层宽带微带贴片天线的研究[J].电子技术,2009(6):65-66.
- [4] BALANIS C A. Antenna theory: analysis and design [M]. 2nd ed. [S. l.]: Wiley, 1997.
- [5] MAK C L, LEE K F, LUK K M. A novel broadband patch antenna with a T-shaped probe [J]. IEE Proc. Microwaves, Antennas Propagation, 2000, 147: 73-76.
- [6] WENG CHO CHEW. A broad-band annular-ring microstrip antenna [J]. IEEE Transactions on antennas and propagation, 1982, AP-30(5): 273-276.
- [7] PUES Hugo F. An impedance matching technique for increasing the bandwidth of microstrip antennas [J]. IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 1989, 48(5): 73-76.
- [8] JAYASOORIYA C K K, KWON H M, BAE S, et al. Miniaturized single circular and single ring patch antenna for MIMO communications exploiting pattern diversity [C]// 2010 IEEE International Conference on Communications (ICC). Cape Town, South Africa : IEEE, 2010: 1-5.
- [9] BHALLA R, SHAFAI L. Resonance behavior of single U-slot and dual U-slot antenna [C]. [S. l.]: IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2001.
- [10] LEE Cheng-Jung; Leong KMKH; ITOH T. Broadband quadrature hybrid design using metamaterial transmission line and its application in the broadband continuous phase shifter [C]// Microwave Symposium. Honolulu, HI: IEEE, 2007: 1745-1748.

《物联网技术》杂志,国内物联网行业第一刊。

国内统一连续出版物号 CN 61-1483/TP, 国际标准连续出版物号 ISSN 2095-1302。

广告信箱: ad@iotmag.com

网址: www.iotmag.com

联系人: 王 菲 029-85393376 13468656652 QQ:510280248

拓晓飞 029-85241792 15829282828 QQ:78237582

地 址: 西安市雁塔西路 158 号双鱼花园广场 B 座 1406 室(邮编:710061)

## 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>