

一种共面带状线馈电的宽带圆极化双棱环天线

周建永 杨雪霞 高艳艳

(上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072)

摘要: 本文提出了一种新型的双棱环天线, 通过在双棱环内添加寄生环而提高天线的圆极化带宽。每个环上缺口的位置决定天线的圆极化特性。双棱环和寄生双棱环分别在低频和高频处产生圆极化波, 从而使天线的圆极化带宽增加, 2dB 圆极化带宽达到了 23.6%, 在圆极化频带内增益达到 11.5dB。为了对天线特性进行测量, 设计了共面带状线到微带线的转换巴伦, 因为巴伦和天线在同一个平面内, 所以对天线的性能产生了一点影响。

关键词: 圆极化, 环天线, 宽带, 共面带状线 (CPS)

Broadband Circularly Polarized Dual Loop Antenna Fed by Coplane Stripline

Zhou Jian-yong, YANG Xue-Xia, Gao Yan-yan

(School of Communications and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: This paper proposes a dual rhombic loop antenna with a parasitic loop which increase the bandwidth of circular polarization. The gap position of each loop controls the sense of circular polarization. The large dual rhombic loop radiates a CP wave at a lower frequency while the parasitic loop produces CP radiation at a higher frequency, which leads to the enhancement of the circular polarization bandwidth, a bandwidth of 23.6% ($AR \leq 2\text{dB}$) with a gain of 11.5dB is obtained. For measuring, a balun from the coplanar stripling (CPS) to a microstrip line is designed. The balun is on the same plane with the antenna so it has a little effect on the antenna characteristics.

Keywords: Circular polarization, loop antenna, broadband, coplanar stripline (CPS)

1 引言

圆极化天线应用于很多领域, 如雷达和通信系统。和微带天线相比, 线天线, 如偶极子天线、环形天线、螺旋天线等, 具有结构简单、重量轻、频带更宽的特点, 因此线天线更适合用作圆极化天线。螺旋天线比环形天线有着更宽的圆极化带宽, 但是增加螺旋天线的带宽受到接地板 (或者背腔) 的限制。一种去除这种限制的方法是在背腔内加吸收材料或者在螺旋槽的终端加逐渐减小的阻抗负载, 但这样会减小辐射效率[1]。文献[2]提出了一种新型的高增益圆极化双棱环天线, 通过在距离中心馈电处相等距离位置引入缝隙从而产生圆极化波, 圆极化带宽 ($\leq 2\text{dB}$) 为 20%。文献[3]通过在双棱环天线中引入寄生环从而使天线的圆极化带宽达到了 46%, 但是阻抗匹配是通过和天线接地板垂直的巴伦实现的, 所以很难与固态器

件共面。

共面带状线 (CPS) 在平面微波毫米波电路设计中有着极好的适用性, 它的平衡结构特性使其有着广泛的应用范围, 比如印刷偶极子天线馈电 [4]、整流天线 [5]、光控微波衰减器和调制器 [6], 以及其他的一些光电设备中。

本文提出了一种用共面带状线馈电的圆极化双棱环天线。通过在双棱环中引入寄生双棱环来提高圆极化带宽。为了对天线进行测量, 又介绍了一种新的共面带状线到微带线的转换巴伦。该天线可以用在整流天线或其他射频前端。

2 天线结构设计

天线结构如图 1 所示, 由双棱环、寄生双棱环、

CPS 馈线、空气层和金属反射板五部分组成。双棱环和寄生双棱环的边长为 $L1$ 和 $L2$ ，缝隙的宽度为 $s1$ 和 $s2$ ，缝隙与双棱环顶点的距离为 $d1$ 和 $d2$ 。CPS 馈线宽度和间距为 W 和 g ， $L3$ 是调谐枝节长度。天线与反射板的距离为 h 。

天线的工作频率主要由双棱环和寄生双棱环的边长 $L1$ 和 $L2$ 决定； $d1$ 和 $d2$ 决定天线的轴比；为了提高天线的增益采用了金属反射板，反射板距离 h 对圆极化轴比影响也较大。

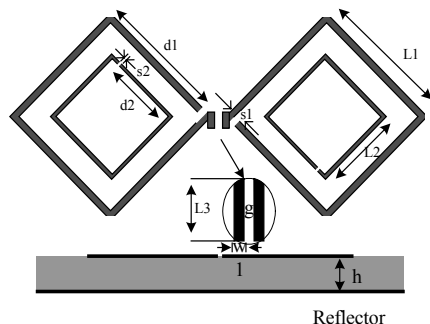


图1 天线结构图

2.1 天线馈线设计

天线馈线为共面带状线。介质板的介电常数为 ϵ_{eff} 。特性阻抗可由以下公式算出[7]。

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\frac{\epsilon_{eff}+1}{2}}} \frac{\pi}{\ln\left(2\frac{1+\sqrt{k'}}{1-\sqrt{k'}}\right)} \quad (1)$$

式中

$$k' = \sqrt{1 - \left(\frac{s}{s+2w}\right)^2} \quad (2)$$

介质板介电常数为 2.55，厚度为 0.8mm，损耗角正切为 0.001。 W 和 g 分别为 0.8mm 和 0.4mm，由公式 (1) 可得特性阻抗为 172Ω 。

2.2 天线仿真与设计

由图 1，双棱环和寄生双棱环间通过电磁耦合进行工作，并没有直接接触。天线的尺寸和结构也并没有因为寄生环的引入而改变。为了得到较高增益，在距离天线 $0.2\lambda_0$ 处放置一金属反射板，并能有效的减小后向辐射。

采用软件 HFSS 进行仿真，天线中心频率为 5.8GHz， $L1$ 、 $L2$ 、 $d1$ 、 $d2$ 和 h 主要影响着天线的轴比，调节 $s1$ 、 $s2$ 和 $L3$ 可以较好的对阻抗进行匹配。通过结合工作在两个不同频率上的圆极化波增强天线的圆极化带宽。

天线和馈线采用相同的介质板，通过仿真优化所得天线的所有尺寸如下： $L1=15.4\text{mm}$ ， $L2=10.8\text{mm}$ ， $d1=14\text{mm}$ ， $d2=8.5\text{mm}$ ， $s1=1.44\text{mm}$ ， $s2=0.55\text{mm}$ ， $h=11.2\text{mm}$ 。

从图 2 中我们可以看出没有引入寄生环的双棱环天线的圆极化带宽 ($\leq 2\text{dB}$) 为 3%，引入寄生双棱环后圆极化带宽为 23.7%。寄生双棱环的引入明显增加了天线的圆极化带宽。

图 3 为天线仿真 S_{11} 图，由图可得天线在 5.8GHz 回波损耗仿真值为 -27dB， S_{11} 带宽 ($\leq -10\text{dB}$) 为 1.5GHz。图 4 为天线仿真增益图，在 5.8GHz 频率上天线增益达到了 11.57dB，在 5.1—6.2GHz 频带内增益在 10dB 以上。图 5 给出了天线在 5.4GHz、5.8GHz、6GHz 的 E 面、H 面方向图，可以看出，天线在整个频带内都有着较好的方向图特性。

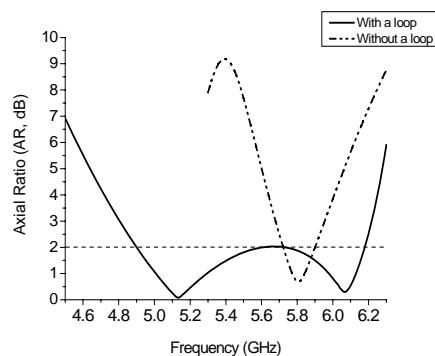


图2 引入寄生双棱环前后天线轴比的频率特性

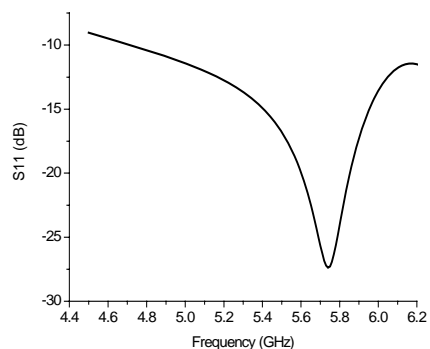


图3 天线 S11 的频率特性

3 天线与巴伦的仿真与设计

为了测量天线特性设计了巴伦，天线和巴伦如图 6 所示。巴伦的接地面在介质板下方。由图 7，加巴伦后天线的 S11 仿真值在 5.8GHz 为 -30dB。在图 8 中我们可以看到加上巴伦后天线的轴比有所升高，并且频率偏高了 0.5GHz，原因是由于巴伦和天线在同一个平面内，巴伦也能产生辐射。图 9 给出了加巴伦后天线在 5.4GHz、5.8GHz、6GHz 的 E 面、H 面方向图，可以看出巴伦对天线的方向图特性有些影响。

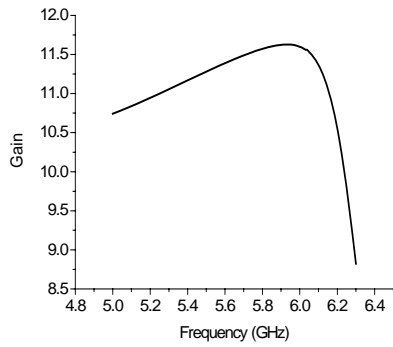
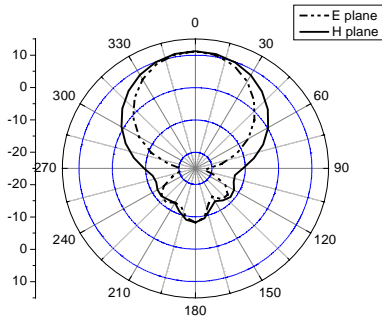
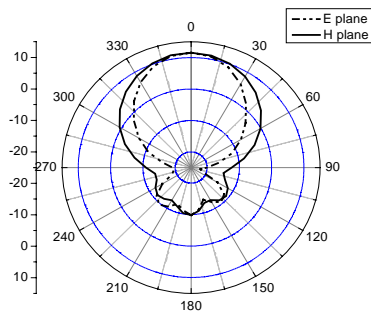


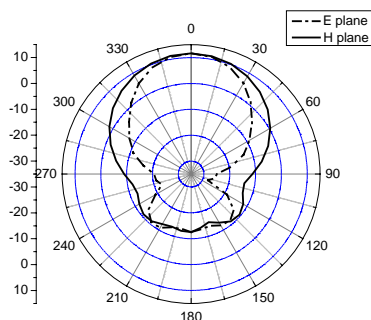
图 4 天线增益的频率特性



(a) 5.4GHz



(b) 5.8GHz



(c) 6.0GHz

图 5 天线方向图

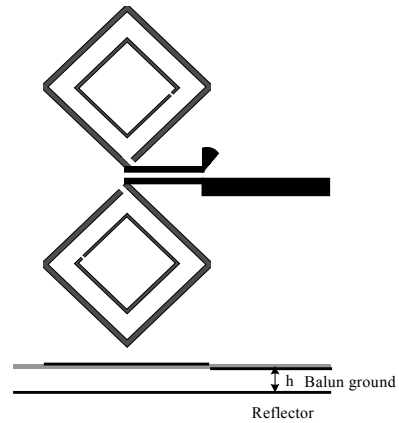


图 6 天线和巴伦结构图

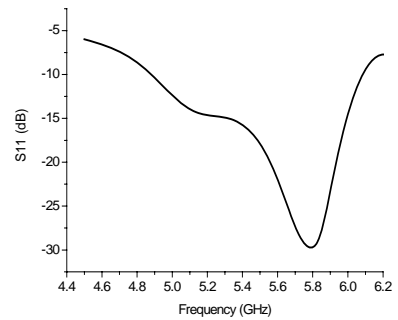


图 7 加巴伦后天线仿真 S11 的频率特性

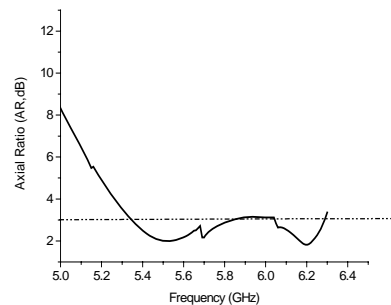
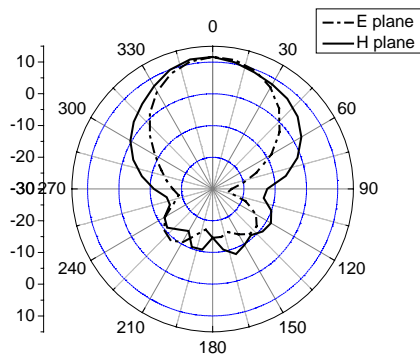
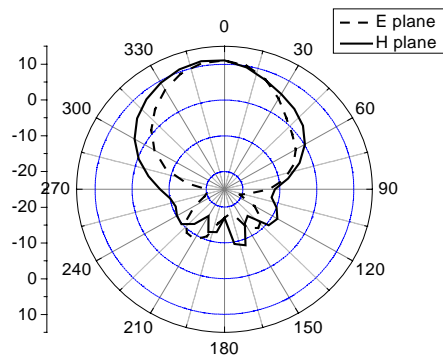


图 8 加巴伦后天线仿真轴比的频率特性

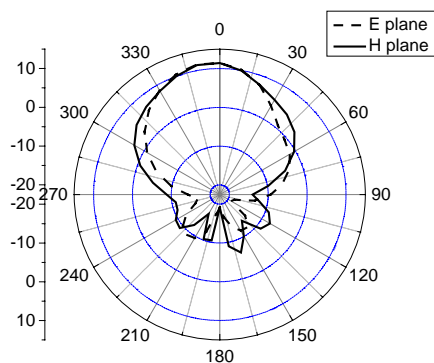


(a) 5.4GHz



(c) 6.0GHz

图9 加巴伦后天线方向图



(b) 5.8GHz

4 总结

本文提出了一种新型的圆极化双棱环天线，通过在双棱环中添加寄生双棱环增加了天线的圆极化带宽。轴比带宽 ($\leq 2\text{dB}$) 达到了 23.7%。为了测试天线性能，设计了共面带状线到微带线的转换巴伦，因为巴伦和天线在同一平面内，所以加上巴伦后天线的轴比性能有所恶化。

参考文献

- [1] T.Ozdemir, J.L.Volakis, and M.W.Nurnberger, Analysis of thin multioctave cavity-backed slot spiral antennas, Proc. Inst. Elect. Eng. Microw. Antennas Propag., vol. 146, no. 6, Dec. 1999, pp. 447-454.
- [2] H. Morishita, K. Hirasawa, and T. Nagao, Circularly polarized wire antenna with a dual rhombic loop, IEE Proc.-Microw. Antennas Propag., vol. 145, no. 3, June 1998, pp. 219-224.
- [3] Li, R.; Traille, A.; Laskar, J.; Tentzeris, M.M.; Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE Volume 5, Issue 1, Dec. 2006 pp:84 -87.
- [4] Young-Gon Kim; Dong-Sik Woo; Kang Wook Kim; Young-Ki Cho; Microwave Symposium, 2007. IEEE/MTT-S International 3-8 June 2007 pp:1563 – 1566.
- [5] James O. McSpadden, Lu Fan, Kai Chang, Design and Experiments of a High-Conversion-Efficiency 5.8-GHz Rectenna, IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques, Vol.46, No.12, December, 1998, pp.2053-2060.
- [6] H.Haga, M.Izutsu, and T.Sueta, Travelling wave modulator switch with an etched grave, IEEE Journal of quantum Electron, 1986, QE-22, pp.902-90.
- [7] James O. McSpadden, Lu Fan. Design and Experiments of a High-Conversion-Efficiency 5.8GHz Rectenna. IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, December 1998, vol.46, No.12.

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，一直致力和专注于微波、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>