

一种小型化缝隙圆极化印刷天线

林鑫超, 王玉峰, 张光生

(江南电子通信研究所, 浙江 嘉兴 314033)

摘要: 设计了一种小型化的方形缝隙圆极化(CP)平面印刷天线, 该天线采用在方形缝隙的四个边上均加载尺寸相同的矩形缝隙, 使其具有更低的谐振频率; 在方形缝隙的任一个加载缝隙里插入与外围地相连的细金属带条以产生微扰, 激励出一对相位差 90° 的差分正交简并模, 从而辐射圆极化波。对天线模型进行了优化设计和实物加工, 测试结果表明, 缝隙加载后天线谐振频率降低了约 10%, 验证了该小型化措施的有效性; 另外该天线在 3% 的带宽内轴比<3 dB, 具有良好的圆极化特性。

关键词: 小型化; 圆极化; 缝隙天线; 印刷天线

A Circularly Polarized Square Ring Slot Printed Antenna with Single Microstrip Line Fed

LIN Xin-chao, WANG Yu-feng, ZHANG Guang-sheng

(Jiangnan electronic and communications research institute, Jiaxing, 314033 China)

Abstract: A printed square ring slot antenna is proposed to achieve circularly polarized (CP) radiation by using a microstrip line feeding at 45° from an asymmetry introduced in the ring slot structure. Three pairs of slits are applied in the proposed prototype for reducing the antenna size, while the centre CP frequency is seen to be lowered by about 10% compared to the case without slits. The proposed slot antenna has the simulated axial ratio (AR) bandwidth of about 4.7%, and at the centre CP frequency of 1362MHz 0.34dB AR is obtained.

Key words: Miniature; circularly polarized; slot antenna; printed antenna.

引言

印刷缝隙天线由于其具有剖面薄、重量轻、可与载体共形、易与有源器件集成等优点, 得到人们的广泛关注; 另外相比微带天线, 其还具有更宽的带宽、对加工精度要求低、可用标准的光刻技术在敷铜电路板上进行生产等更多的优势^[1-4], 目前已被应用于无线移动通信天线以及卫星直播电视天线等领域。在但馈点馈电的印刷缝隙天线上, 引入不对称结构形成微扰, 可以产生幅度相等、相位差90°的正交简并模, 从而辐射圆极化波。同时, 圆极化的印刷缝隙天线具有较与其互补微带天线更宽的阻抗带宽和轴比带宽, 这些使得圆极化印刷缝隙天线越来越有吸引力。Kin-Lu Wong, Chien-Chin Huang, and Wen-Shan Chen在文献[5]中, 采用在与馈电微带线成45°位置上陷入一条形枝节, 形成不对称结构, 实现了圆极化特性, 然而, 文献[4]中天线未对小型化进行充分考虑。在天线辐射的有效电流路径上插入矩形缝隙, 是一种有效的小型化措施, 规则的矩形缝隙变成了蜿蜒线形状缝隙, 改变了激励的

本征模式, 延长了电流路径, 从而使得谐振频率往低端偏移。

本文给出了一种小型化的方形缝隙圆极化印刷天线。在矩形缝隙的一边上引入与馈电微带线呈45°的金属窄条, 作为微扰, 以形成圆极化波辐射; 在方形缝隙的四个边上, 分别在缝隙内侧各引入矩形缝隙枝节, 改变电流路径, 以较低谐振频率, 实现小型化。对天线模型进行了优化设计和实物加工, 测试表明, 该天线在3%的带宽内轴比<3 dB, 具有良好的圆极化特性, 且缝隙加载后天线谐振频率降低了约10%。

1 天线模型及参数设计

1.1 天线结构

天线结构如图 1 所示, 在厚度为 t , 介电常数 ϵ_r 的圆形印制板上开了一个外边长为 L_1 、宽度 w_g 的方形缝隙, 用 50Ω 的微带线在方形缝隙的右上角角落处对其馈电, 并在方形缝隙的四个边的中心位置分别开长 L_s 、宽度 w_s 的窄缝, 并在缝

隙的正上方中心，与馈电微带线成 45° 角位置处引入宽度为 1mm 的金属窄带条，带条延伸到距离缝隙边缘 2mm 处。

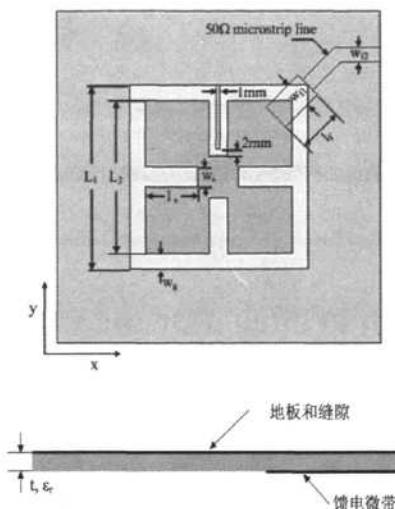


图 1 天线模型。

1.2 参数优化

选取 $h = 1.5\text{mm}$ 、 $\epsilon_r = 4.4$ 的 FR4 材料作为介质基板，对图 1 中模型以特定频带内的驻波比、轴比最小值为目标函数进行仿真优化，最终选取缝隙外边长 $L_1 = 40\text{mm}$ ，缝隙宽度 $W_g = 3.5\text{mm}$ 窄缝宽度 $W_s = 4\text{mm}$ 、长度 $l_s = 12\text{mm}$ ，馈电微带传输段宽度 $W_f = 3.2\text{mm}$ ，馈电处宽度 $W_{fl} = 4.2\text{mm}$ 、长度 $l_f = 9.6\text{mm}$ 。

2 测试结果

根据 2.2 中给出的天线参数，制作了天线样机。采用 R&S 公司 ZVCE 型网络分析仪对驻波比进行测试，轴比和增益曲线在微波暗室进行测试。图 2 给出了天线的实测驻波曲线图，图 2 中的 Mark1 和 Mark2 标示出了天线在 1.22GHz ~ 1.52GHz 范围内的驻波小于 2。图 3 给出了天线的频率—轴比测试曲线，天线的轴比中心频率约为 1360MHz ，带宽 60MHz (1330MHz ~ 1390MHz)，相对带宽为 4.4% 。结合图 2 和图 3，天线的轴比带宽完全包括在其阻抗带宽内。

针对本文给出天线的小型化效果，将本文天线与尺寸相同的文献[5]天线进行比较，结果列于表 1。

由表 1 可知，本文天线的中心频率为 1360MHz ，文献[5]的为 1500MHz ，相比而言，本文天线的谐振频率往低端偏移了约 10% ，换言之，如果要实现与文献[5]一样的中心频率，本文天线仅需要其 90% 的



图 2 天线的驻波曲线

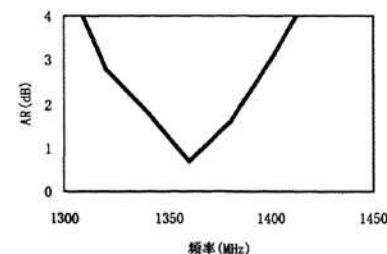


图 3 天线的轴比曲线

表 1 本文天线与文献[5]天线比较

	中心频率	轴比带宽
本文天线	1360MHz	4.4%
文献[5]	1500MHz	4.5%

尺寸即可；同时，在小型化的同时，本文天线的 3dB 轴比带宽变化甚微，仅从 4.5% 变为 4.4% 。

图 4 给出了天线的频率—增益曲线，在 1330MHz ~ 1390MHz 的天线轴比带宽内，天线的增益在 2.6dBi ~ 3.0dBi 区间内，增益一致性 $\leq 0.4\text{dBi}$ ，驻波小于 2 范围内，增益值均大于 2.3dBi 。

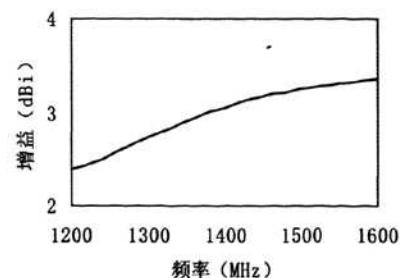


图 4 天线增益曲线

图 5(a)、(b)、(c) 分别给出了天线在 1330MHz 、 1360MHz 、 1390MHz 频点处的主极化 (RHCP) 方向图和交叉极化 (LHCP) 方向图。

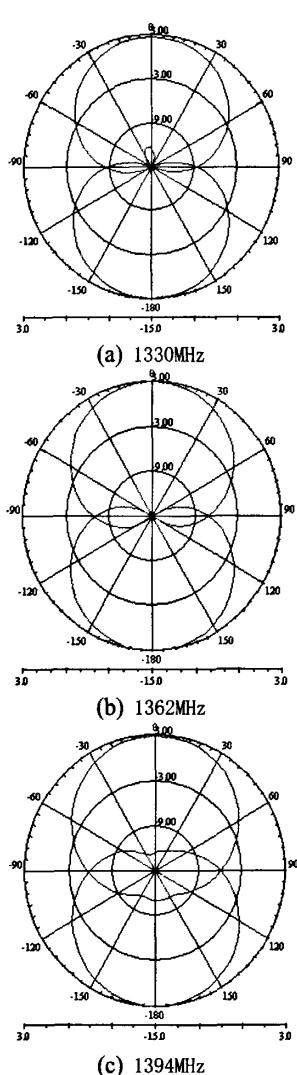


图 5 仿真方向图 (上方线—RHCP, 下方线—LCHP)

本文给出的缝隙天线实现的是 RHCP, 如果需要 LHCP, 仅需将实现微扰的金属窄条枝节置于馈电微带的另外一侧, 因此, 该天线结构可以很方便地实现左、右旋圆极化。

3 结论

本文给出了一种微带馈电的小型化方环缝隙圆极化印刷天线。采用在矩形缝隙的一边上引入与馈电微带线呈 45° 的微扰金属窄条, 实现了圆极化特性; 在方形缝隙上引入矩形缝隙枝节改变了电流路径, 从而实现了天下的小型化。该天线缝隙加载后天线谐振频率降低了约 10%, 并具有良好的圆极化性能, 且天线在小型化的同时轴比带宽变化甚微。

参 考 文 献

- [1] 高向军, 王光明, 朱莉, 等. 一种新型宽带微带缝隙天线的设计 [J]. 电子科技大学学报, 2007, 36(5): 883-885
- [2] 周永明、赖晓铮、赖声礼, 等. 基于缝隙的射频识别标签天线设计 [J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2007, 35(9): 6-9
- [3] N. Herscovici, Z. Sipus, and D. Bonefaci. Circularly polarized single-fed wideband microstrip patch[J]. IEEE Trans. Antennas Propag, 2003, 51(6): 1277- 1280.
- [4] K. L. Wong, J. Y. Wu, and C. K. Wu. A circularly polarized patch loaded square-slot antenna[J]. Microwave Opt. Technol. Lett., 1999, 23: 363-365.
- [5] Kin-Lu Wong, Chien-Chin Huang, and Wen-Shan Chen. Printed Ring Slot Antenna for Circular Polarization[J]. IEEE Trans. Antennas Propag, 2002, 50(1): 75- 77.

林鑫超 男, 1986 年生, 助工。主要研究方向: 天馈技术研究。

E-mail: niu_1212528@163.com

王玉峰 男, 1982 年生, 工程师。主要研究方向: 天馈技术研究。

张光生 男, 1974 年生, 高级工程师。主要研究方向: 天馈技术研究。

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>