

倒 L 形枝节加载宽带圆极化缝隙天线^{*}

郑佳敏 吴林煌 袁家德

(福州大学 物理与信息工程学院,福州 350116)

摘要: 设计了一种倒 L 形枝节加载宽带圆极化缝隙天线。天线为单层矩形结构,采用共面波导(CPW)馈电,通过在馈线上端加载倒 L 形枝节和在环形接地上加载 T 形枝节,实现了天线的宽阻抗带宽和宽轴比带宽特性。实测结果表明, $S_{11} \leq -10$ dB 的阻抗带宽达到 115% (1.6 ~ 5.9 GHz),轴比 ≤ 3 dB 的圆极化带宽为 48.3% (2.2 ~ 3.6 GHz)。该天线结构简单、易于制作,具有较好的应用前景。

关键词: 缝隙天线,倒 L 形枝节,宽带,圆极化,共面波导

Broadband Circularly Polarized Slot Antenna Loaded with an Inverted L-Shaped Strip

ZHENG Jia-min, WU Lin-huang, YUAN Jia-de

(College of Physics and Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China)

Abstract: In this paper, a broadband circularly polarized slot antenna loaded with an inverted L-shaped strip is proposed. The antenna is a single-layer rectangular structure, using coplanar waveguide feed. An inverted L-shaped strip is loaded at the upper end of the feed line and a T-shaped strip is introduced on the annular ground to obtain wide impedance bandwidth and wide axial-ratio bandwidth. The measured results demonstrate that the impedance bandwidth for $S_{11} \leq -10$ dB reaches 115% (1.6 ~ 5.9 GHz) and circular polarization bandwidth for axial-ratio ≤ 3 dB reaches 48.3% (2.2 ~ 3.6 GHz). The proposed antenna has a simple structure, is easy to be fabricated and can be widely used.

Key words: slot antenna, inverted L-shaped strip, broadband, circular polarization, coplanar waveguide (CPW)

引言

与线极化天线相比,圆极化天线因其有效抑制多路信号干扰等优点而被广泛应用于通信系统^[1-2],伴随着应用领域的增加,圆极化天线的研究也日益得到重视。研究人员致力于展宽圆极化天线的轴比(AR)带宽,因此,由共面波导(CPW)馈电的圆极化天线得到了一定发展^[3]。

近年来,研究者们提出了多种 CPW 馈电的圆极化天线方案^[4-11],如文献[4]提出的结构为馈线和接地板辐射贴片处在不同面;文献[5]给出一种双端口馈电的双圆极化天线方案;文献[6]实现圆极化的方法是接地板辐射贴片开螺旋槽;文献[7]的天线结构为在两个圆形槽间开纵向插槽。上述天线均

获得了较好的阻抗带宽和轴比带宽。

本文提出一种倒 L 形枝节加载宽带圆极化缝隙天线。天线采用 CPW 馈电,天线接地面为矩形环结构,且中心馈线两侧接地面高度不一致,同时引入倒 L 形枝节和 T 形枝节加载,获得了更好的阻抗带宽和轴比带宽特性。该天线在工作频段内具有优良的圆极化性能和稳定的增益,结构简单,易于制作。

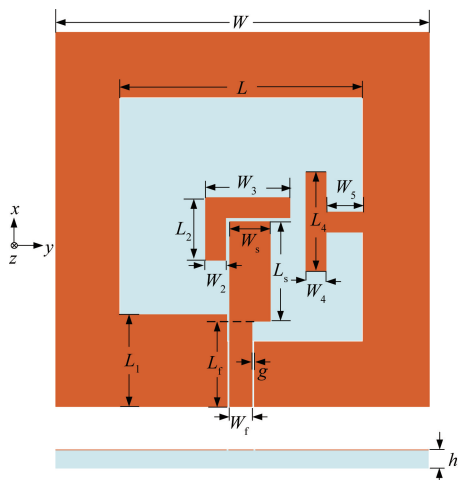
1 天线结构

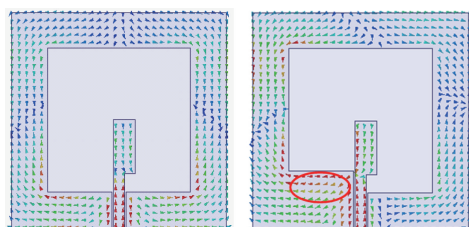
如图 1 所示,天线为单层结构,印制在 60 mm × 60 mm × 0.8 mm、相对介电常数 4.4、损耗角正切 0.002 的 FR4 介质基板上。缝隙天线的接地面为一带缺口的矩形环,中心馈线通过矩形环缺口实现对天线的 CPW 馈电,其上端与尺寸为 $W_s \times L_s$ 的矩形导

* 收稿日期:2017-12-25;修回日期:2018-03-07

基金项目:福建省产学研重大项目(2015H6014)

体片相连接。在导体片上方加载有倒L形枝节,在其右侧加载有T形枝节,T形枝节一端与接地面短接。采用电磁仿真软件对天线性能进行仿真优化,最优结构尺寸如表1所示。

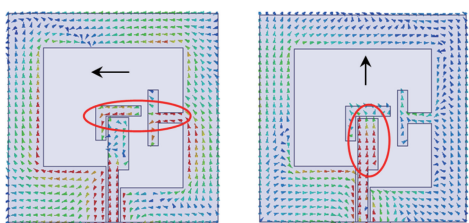




(a) 模型1

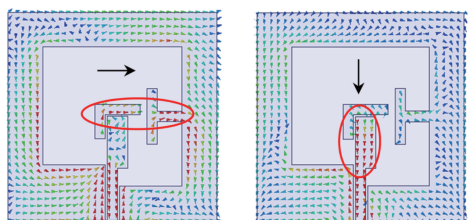
(b) 模型2

图5 模型1和模型2在频率3.0 GHz电流分布图



(a) 0°

(b) 90°

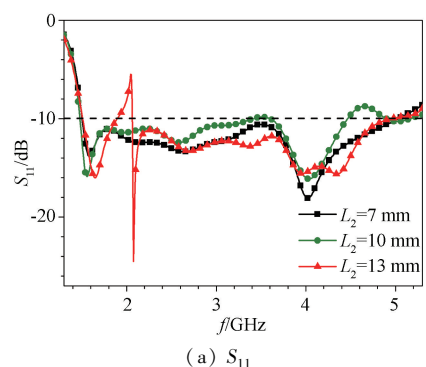
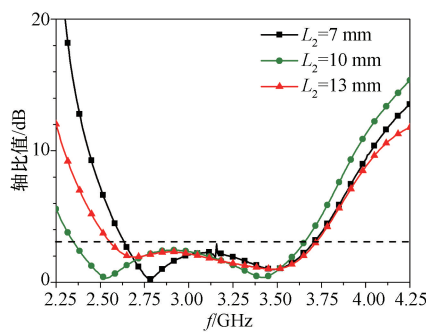


(c) 180°

(d) 270°

图6 模型3在频率3.0 GHz时电流分布图

节对天线的性能有着较大的影响。图7给出了倒L形枝节的长度 L_2 对天线端口 S_{11} 和轴比的影响。从图中可以看出,随着 L_2 增大, $S_{11} \leq -10$ dB的阻抗带

(a) S_{11} 

(b) 轴比

图7 L_2 对天线性能影响

宽变化不大,但当 $L_2 = 13$ mm时, S_{11} 出现阻带;而天线轴比带宽随 L_2 的增大先增大后减小,在 $L_2 = 10$ mm时,轴比带宽较宽。

3 结果分析

根据仿真优化尺寸,制作了天线实物,如图8所示。用矢量网络分析仪测试了天线 S 参数,在微波暗室中测试了天线轴比和方向图。图9为天线仿真和实测结果对比图。从图9(a)可看出,仿真和实测结果曲线趋势相对一致, $S_{11} \leq -10$ dB阻抗带宽实测为115% (1.6 ~ 5.9 GHz)。图9(b)表明,实测3 dB轴比带宽为2.2 ~ 3.6 GHz;在整个带宽内,天线各频率点增益在3.39 ~ 7.96 dB之间。

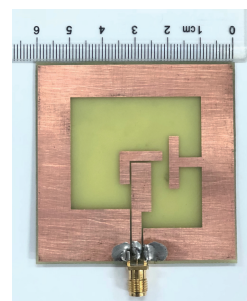
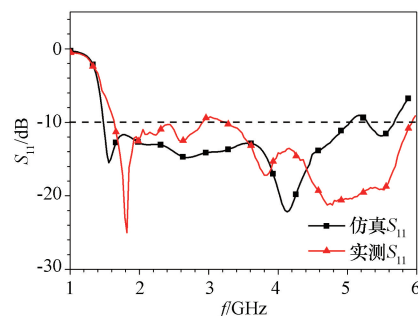
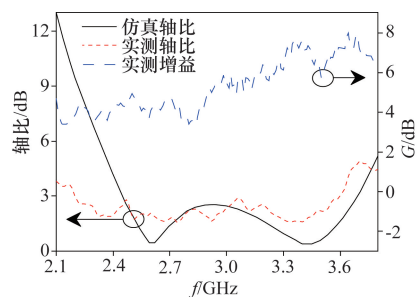


图8 天线实物图

(a) S_{11} 

(b) 轴比和增益

图9 天线仿真和实测对比图

图10给出了该天线在频率3.0 GHz时YOZ面实测方向图,从图中可以看出,天线辐射主方向为沿Z轴方向,其中沿+Z方向产生左旋圆极化波,沿-Z方向产生右旋圆极化波。

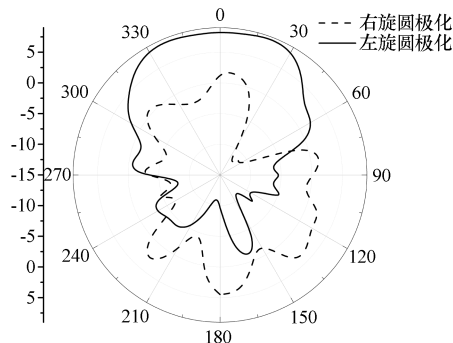


图 10 工作频率 3.0 GHz 时天线方向图

表 2 给出了文献所提出天线与本文设计天线的性能对比, λ_0 为自由空间中波长,贴片尺寸为阻抗带宽内最低频率对应的电长度。可以看出,本文提出的天线同时具有较宽的阻抗带宽和轴比带宽,且具有较小的天线尺寸。

表 2 各天线的性能对比

文献	贴片尺寸 $\lambda_{01} \times \lambda_{02} / \text{mm}^2$	-10 dB 阻抗带宽	3 dB 轴比带宽
[5]	0.4×0.4	81.7%	59.65%
[6]	0.227×0.227	111%	56%
[7]	0.267×0.267	57%	57%
[8]	0.27×0.27	101.3%	52%
[9]	0.386×0.322	63.97%	48.28%
[10]	0.535×0.535	132%	32.2%
[11]	0.302×0.302	54.8%	32.8%
本文	0.32×0.32	115%	48.3%

4 结论

本文设计了一种倒 L 形枝节加载宽带圆极化缝隙天线。通过利用不对称的矩形环接地面、倒 L 形枝节和 T 形枝节,两个相邻的圆极化频段耦合在一起,展宽了 3 dB 轴比带宽。测量结果表明,-10 dB 的阻抗带宽达到 115% (1.6 ~ 5.9 GHz), 3 dB 轴比带宽为 48.3% (2.2 ~ 3.6 GHz)。该天线在工作频段内具有优良的圆极化性能和稳定的增益,结构简单、易于制作。

参 考 文 献

[1] 王玉峰,常雷,何小煜. 圆极化天线技术[M]. 北京:国防工业出版社,2017
Wang Y F, Chang L, He X Y. Circularly polarized antenna technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2017

[2] Rui X, Li J, Wei K. Dual-band dual-sense circularly polarized square slot antenna with simple structure[J]. E-

lectronics Letters, 2016, 52(8):578-580

[3] 张厚. 共面波导馈电平面天线[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2014. 74-103
Zhang H. Planar antenna fed by coplanar waveguide[M]. Xi'an: Press of Xi'an University of Electronic Science and Technology, 2014. 74-103

[4] Ellis M S, Zhao Z, Wu J, et al. A novel simple and compact microstrip-fed circularly polarized wide slot antenna with wide axial ratio bandwidth for C-band applications[J]. IEEE Transactions on Antennas & Propagation, 2016, 64(4):1552-1555

[5] Saini R K, Dwari S. A broadband dual circularly polarized square slot antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas & Propagation, 2015, 64(1):290-294

[6] Sadeghi P, Nourinia J, Ghobadi C. Square slot antenna with two spiral slots loaded for broadband circular polarization[J]. Electronics Letters, 2016, 52(10):787-788

[7] 王敏,杨林,杨超,等. 一种新型 CPW 馈电宽带圆极化缝隙天线[J]. 微波学报, 2012, 28(S2):171-174
Wang M, Yang L, Yang C, et al. Design of a novel CPW-fed broadband circularly polarized slot antenna[J]. Journal of Microwaves, 2012, 28(S2):171-174

[8] Chen Z F, Xu B, Hu J, et al. A CPW-fed broadband circularly polarized wide slot antenna with modified shape of slot and modified feeding structure[J]. Microwave & Optical Technology Letters, 2016, 58(6):1453-1457

[9] Saini R K, Dwari S. CPW-fed broadband circularly polarized rectangular slot antenna with L-shaped feed line and parasitic elements[J]. Microwave & Optical Technology Letters, 2015, 57(8):1788-1794

[10] Pourahmadasar J, Ghobadi C, Nourinia J, et al. Broadband CPW-fed circularly polarized square slot antenna with inverted-L strips for UWB applications[J]. IEEE Antennas & Wireless Propagation Letters, 2011, 10(6):369-372

[11] Chen Y B, Liu X F, Jiao Y C, et al. CPW-fed broadband circularly polarized square slot antenna[J]. Electronics Letters, 2006, 42(19):1074-1075

郑佳敏 女,1993 年生,硕士生。主要研究方向:缝隙天线、螺旋天线。
E-mail: 905328044@qq.com

吴林煌(通信作者) 男,1984 年生,博士,助理研究员。主要研究方向:天线设计、射频信号处理。
E-mail: wlh173@163.com

袁家德 男,1974 年生,博士,副教授。主要研究方向:天线理论与技术。
E-mail: yuanjiade@fzu.edu.cn