

文章编号: 2096-1618(2018)01-0050-04

一种工作于 S 波段的圆极化微带天线设计

孙浩然, 代孝俊, 唐 涛, 杜国宏
(成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225)

摘要:提出了一种 S 波段宽带圆极化微带天线。该天线采用在圆形辐射贴片的对角增加一对1/4圆形结构, 实现圆极化辐射的要求。通过对矩形微带馈线进行尺寸调整进一步改善了天线的轴比带宽。测试结果表明该天线在实现宽带工作的同时具有良好的圆极化特性, 同时满足反射系数 $S_{11} \leq -10$ dB 的轴比带宽达到了36.9 %。该天线适用于 S 波段的圆极化应用。

关键词: S 波段; 宽带; 圆极化; 微带天线

中图分类号: TN926

文献标志码: A

doi: 10. 16836/j. cnki. jcuit. 2018. 01. 010

0 引言

随着无线通信技术的发展, 宽带天线在移动通信系统、雷达跟踪、室内定位等方面的应用越来越广泛。由于圆极化天线不仅可以接收任意极化电磁波, 而且由圆极化发出的电磁波可以由任意极化天线接收, 因而圆极化微带天线的研究一直都受到研究者的关注。和线极化天线相比, 圆极化具有收发独立性、多径反射低、有较强的机动性和良好的抗雨雾干扰能力。例如, 文献[1]中采用切角方法设计了圆极化天线; 文献[2]提出了一种利用了两个开口环结构的天线层叠组合的圆极化天线; 文献[3-5]在缝隙天线和环缝天线通过引入对称或是不对称的微绕结构来实现圆极化辐射。但是这些天线的3 dB轴比带宽比较窄, 结构比较复杂, 设计加工难度较大, 并不能在实际应用中发挥很好的作用, 例如, 文献[6]提出了一种用 L 型结构馈电并加载短路针的方法将天线的轴比带宽提高到17 %; 文献[7]采用多层结构进一步改善了带宽; 文献[8]提出了一种在切角贴片周围放置矩形寄生单元的方法, 使天线的轴比带宽达到了25 %, 然而以上天线相对带宽仍然较窄, 无法在 WLAN、RFID 等其他民用通信系统中得到大量的研究和应用。

设计了一种新型的结构简单、小型宽带圆极化天线, 通过在天线矩形辐射贴片的对角增加一对1/4圆形结构, 实现圆极化辐射的要求; 通过对梯形微带线馈电尺寸进行调节, 有效改善了天线的轴比带宽, 采用仿真软件分析该天线的阻抗带宽、圆极化轴比带宽、辐射方向图及增益特性, 并分析了天线结构中关键参数对天

线轴比带宽性能的影响。

1 天线结构与仿真性能分析

1.1 天线结构

仿真设计和加工的天线结构如图1和图2所示。天线主要由两部分组成: 在圆形辐射贴片的对角增加一对1/4圆形辐射贴片; 切角后矩形微带馈线。辐射贴片和微带馈线分别印制在 $h=0.787$ mm 的 Rogers5880 基板两面, 基板相对介电常数为2.2, 整体尺寸为 $42\text{ mm} \times 42\text{ mm} \times 0.787\text{ mm}$, 天线采用 $50\text{ }\Omega$ 的微带馈线馈电。

根据理论设计矩形贴片微带天线, 利用公式(1)~(4)可以用来初步计算贴片微带天线的尺寸:

$$W = \frac{C}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

$$L = \frac{C}{2f_r \sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L \quad (2)$$

其中, C 表示真空光速, f_r 表示天线谐振频率, ϵ_r 表示相对介电常数, ϵ_e 表示有效介电常数。延伸长度为 ΔL :

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{W} \right)^{-1/2} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0.412 \frac{(\epsilon_e + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_e - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (4)$$

在辐射贴片圆形槽的对角额外添加两个环形结构, 从而激励起两个幅度相等、相位相差 90° 的线极化波, 最终实现圆极化。最终的优化参数为 $W_0=42\text{ mm}$; $L_0=42\text{ mm}$; $L_1=15.3\text{ mm}$; $L_2=13.4\text{ mm}$; $L_3=1.0\text{ mm}$; $L_4=5.8\text{ mm}$; $W_1=1.4\text{ mm}$; $W_2=6.0\text{ mm}$; $W_3=2.8\text{ mm}$;

收稿日期: 2017-10-10

基金项目: 四川省教育厅基金资助项目(15ZA0180); 四川省科技厅资助项目(2017GZ0300; 2017GZ0432)

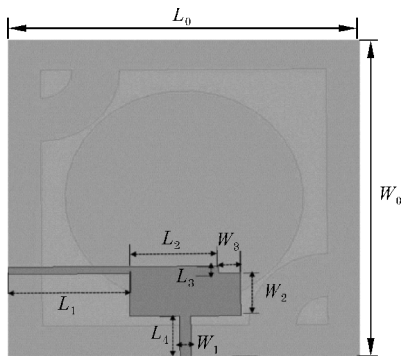


图 1 天线仿真设计图

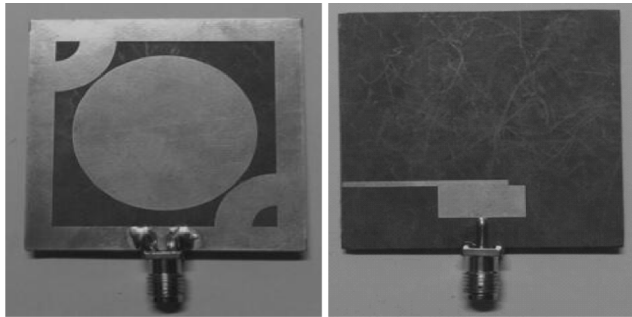


图 2 天线加工实物

1.2 圆极化天线仿真结果分析

各个设计参数对天线的电气性能影响不同。为了详细研究中各个参数变化对天线性能的影响,并得到最佳的阻抗带宽和轴比带宽,需要对天线各个参数进行详细的仿真分析。通过高频电磁仿真软件进行仿真分析发现:两个环形结构和微带馈线的尺寸对天线性能的影响较大,需要进一步调整设计。分析某一个参数的影响时,其他参数保持不变。

下面主要通过仿真分析 L_3 , W_3 等参数对天线阻抗带宽和轴比带宽的影响。图 3 和图 4 是天线的反射系数 S_{11} 随变量 L_3 , W_3 参数变化的仿真曲线。从图 3 的 S_{11} 曲线图可以看出,随着 L_3 的增大,天线的谐振频率往往偏低,但是变化不够明显,但是天线的匹配特性则影响较大,即 L_3 越大,其匹配性能越良好,高频段的回波损耗明显减小但是天线的谐振点也会随之变化。综合对比下 $L_3 = 1.0 \text{ mm}$ 是效果较好。从图 4 可以看出, W_3 的变化对天线谐振频率和回波损耗的影响都比较大,但是 $W_3 = 2.8 \text{ mm}$ 的轴比带宽要明显好于 $W_3 = 2.7 \text{ mm}$ 和 $W_3 = 2.9 \text{ mm}$, 因此,最终选择 $W_3 = 2.8 \text{ mm}$ 。

为验证天线圆极化性能,图 6 给出天线在中心频率 2.45 GHz 的 3 dB 轴比特性。该曲线表明该天线在实现宽带工作的同时具有良好的圆极化特性,图中满足 AR 小于 3 的频段范围为 1.85 ~ 3.15 GHz。通过对梯形贴片进行切角和尺寸调整,使得圆极化的轴比带宽得到

了一定的拓宽。最终,该天线满足反射系数 $S_{11} < -10 \text{ dB}$ 下的轴比带宽达到了 35.9 %。

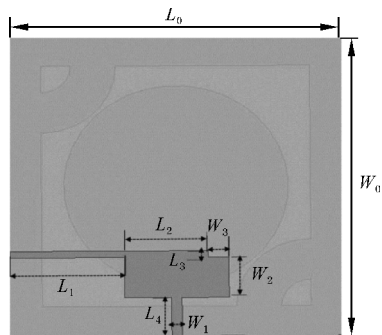


图 3 L_3 对应的回波损耗曲线

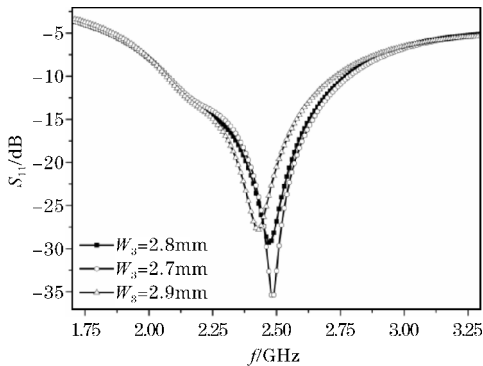


图 4 W_3 对应的回波损耗曲线

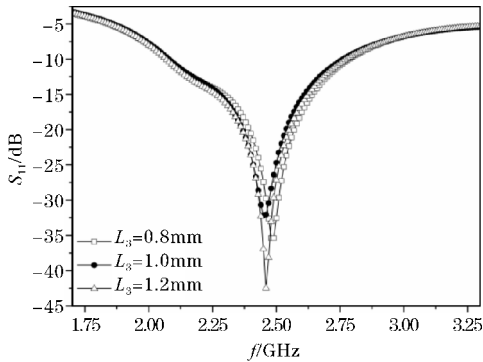


图 5 L_3 对应的回波损耗曲线

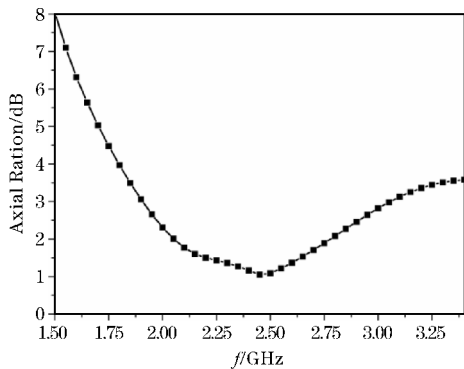


图 6 天线轴比曲线

天线的增益及 E 面、H 面的辐射方向图分别如图 7 和 8 所示。图 7 分别是天线在 2.45 GHz 频点上的 XOZ 平

面和 YOZ 平面的辐射方向图。可以看出,在2.45 GHz 时方向图较好且交叉极化比较小。图8 是天线的三维增益图,可知该天线在频段内最小增益为2.8 dB,最大增益达到3.18 dB,平均增益为2.9~3.0 dB。

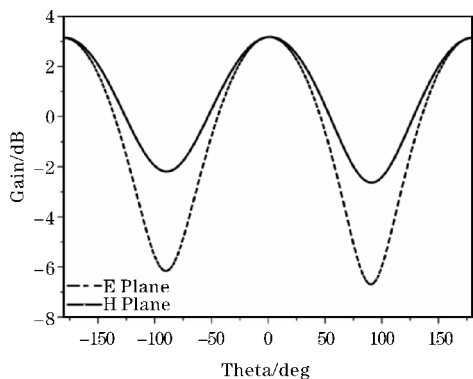


图7 天线E面、H面方向图

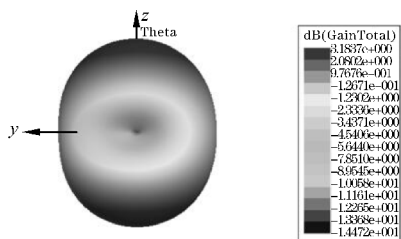


图8 天线三维方向图

2 天线测试结果分析

为验证该天线结构的可行性和仿真计算结果的正确性,制作了天线实物模型进行测试。采用罗德施瓦茨公司的 ZVB-20 矢量网络分析仪测量天线的反射系数,图9 是天线反射系数曲线的仿真和测量结果。可以看出仿真的阻抗带宽与实测的阻抗带宽很好地吻合,且曲线变化趋势吻合较好,并且 $S_{11} < -10$ dB 的带宽保持一致。但是实测结果与仿真的结果也有一定的偏差,原因可能来自于天线在加工制作过程中粗糙的焊接以及介质板介电常数偏差,这些都可能对天线测试结果测试产生误差。

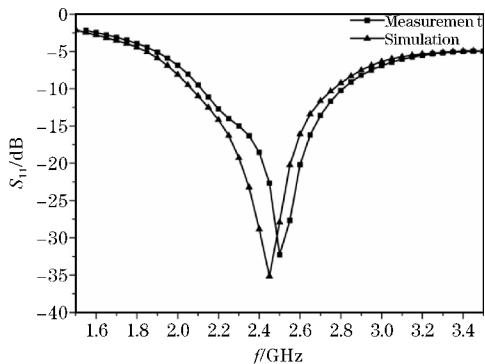


图9 天线仿真和测量的反射系数

3 结束语

文中提出了一种新型的圆极化宽带天线。天线结构简单,通过在圆形辐射贴片的对角增加一对 1/4 圆形结构,可以有效提高天线的圆极化性能。而采用变形矩形微带馈线,并在一个内角处设计切角结构,可以改善天线的阻抗匹配和带宽。仿真和测试结果表明该天线在实现宽带工作的同时具有良好的圆极化特性,可以满足 WiFi 和 WiMax 等宽带通信网络的使用要求。

致谢:感谢成都信息工程大学科研基金(CRF201601)对本文的资助

参考文献:

- [1] Sharma P C, Gupta K C. Analysis and optimized design of single feed circularly polarized microstrip antennas[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1983, 31(6): 949-955.
- [2] 汪江宇,唐涛,何胜,等. Ku 波段高增益圆极化宽带微带阵列天线设计[J]. 成都信息工程学院学报, 2016, (1): 18-21.
- [3] Felegari N, Nourinia J, Ghobadi C, et al. Broad-band CPW-fed circularly polarized square slot antenna with three inverted-L-shape grounded strips [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2011, (10): 274-277.
- [4] 陈钢,韩日霞,熊君瑞. 一种新型宽波束圆极化微带天线的设计[J]. 现代电子技术, 2012(19): 82-84.
- [5] Sze J Y, Pan S P. Design of CPW-fed circularly polarized slot antenna with a miniature configuration [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2011, (10): 1465-1468.
- [6] Lin Q W, Wong H, Zhang X Y, et al. Printed meandering probe-fed circularly polarized patch antenna with wide bandwidth[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2014, (13): 654-657.
- [7] Mousavi P, Miners B, Basir O. Wideband L-shaped circular polarized monopole slot antenna[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2010,

- (9):822–825. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2015, (14):559–562.
- [8] Wu J, Yin Y, Wang Z, et al. Broadband circularly polarized patch antenna with parasitic strips [J].

Design of Broadband Circularly Polarized Antenna for S-band Application

SUN Hao-ran, DAI Xiao-jun, TANG Tao, DU Guo-hong

(College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: A novel broadband circularly polarized (CP) antenna operating in the S-band is proposed in this paper. To achieve circular polarization radiation requirements, a pair of circular metal structures are etched in the diagonal of the circular radiation patch. The axial-ratio bandwidth of the antenna could be improved effectively by adjusting the dimensions of microstrip feeder structure. The simulated and measured results indicate the antenna has good circular polarization characteristics within a broadband range, and the 3 dB axial-ratio bandwidth can reach 35.9 %. The proposed antenna is suitable for circular polarization applications in S band.

Keywords: S-band; bandwidth; circular polarization; microstrip antenna