

一种小型单馈缝隙加载的圆极化方形微带天线

杜述 褚庆昕

(华南理工大学电子与信息学院，广州 510640)

shu.du@mail.scut.edu.cn,

摘要：本文提出了一种小型单馈缝隙加载的圆极化方形微带天线。通过在方形贴片的两条对角线上各加载两个等长度的缝隙，利用不同对角线方向的缝隙长度不同来实现圆极化特性，在地板上加载十字型缝隙可使天线的工作频率降低 28%，从而实现天线小型化。仿真和实验结果表明，文中提出的天线可实现很好的圆极化特性，并且，在地板上加载十字型缝隙不影响轴比带宽和方向图。

关键词：小型天线，圆极化，缝隙加载，单馈

A Compact Single-Feed Circularly-Polarized Square Microstrip Antenna Loaded with Slots

DU shu, CHU qing-xin

(School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640)

Abstract: A compact singled-feed circularly-polarized (CP) square microstrip antenna loaded with slots is proposed. Equal slots designed along the same diagonal and unequal slots designed along different diagonal in patch leads to circularly polarized radiation. The center frequency can be decreased by 28% by loading a cross slot at the center of ground plane, and leads to a reduced antenna size at a given frequency. Simulated and measured results show that litter variation occurs in CP bandwidth and radiation pattern with and without slots in the ground plane.

Keywords: Compact antenna ; circularly-polarized; slots ; singled-feed

1 引言

由于单馈圆极化天线具有结构简单的优点而越来越多地被用到小型化天线设计中。通过在天线贴片或地板上加载缝隙来微扰电流分布从而激励出两个幅度相等、相位差为90度的模式。这一实现圆极化的方法在小型微带圆极化天线设计中被广泛采用，比如十字型缝隙加载或Y型缝隙加载的三角型微带天线^[1, 2]、L型缝隙加载的五边形微带天线^[3]和其它缝隙加载的方形天线^[4-5]等都实现了良好的圆极化特性。然而，现有的这些天线要么3dB轴比带宽太窄，不到20 MHz，要么尺寸较大。

本文提出的天线采用微带缝隙结构，利用不同对角线方向的缝隙长度不同来激励两个幅度相同、相位差为90度的正交模，从而实现带宽接近20 MHz

的圆极化特性。与其它天线不同的是，本文提出的天线通过在地板上加载一个十字型的窄缝隙来延长电流路径，轴比中心谐振频率可降低21%（从2104.5 MHz 下降到1659 MHz），并且，地板上加载缝隙后3 dB轴比带宽和VSWR≤2的阻抗带宽基本不变，方向图的变化也比较小。

2 天线设计

图1为小型圆极化微带天线的结构图。所使用的板材是FR4，介电常数为 $\epsilon_r = 4.4$ ，厚度为 $h=1.6$ mm，损耗角正切为 $\tan \delta = 0.02$

的介质板。根据矩形微带天线的设计公式：

$$L = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta l \quad (1)$$

基金项目：国家自然科学基金重点项目（U0635004）；广东省自然科学基金重点项目（07118061）

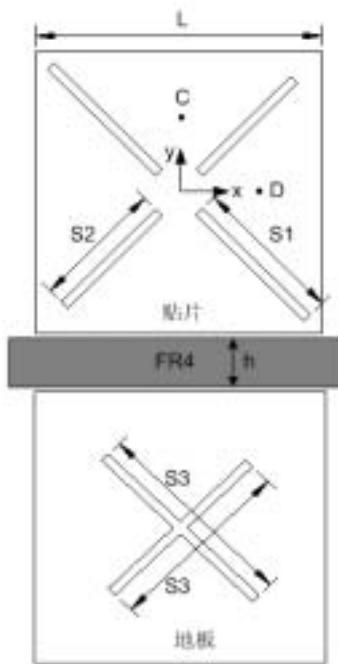


图1 天线结构

可得到天线在中心频率为2.05GHz时的辐射边长度为35 mm，在贴片对角线上加载缝隙后天线的中心频率会降低，通过减小天线尺寸和调节缝隙长度可使天线的中心谐振频率回到2.05GHz，这时天线长度约为30 mm。

沿贴片同一对角线的两条缝隙长度相同，不同对角线的两条缝隙长度不同，分别为S1和S2，通过改变S1和S2的长度差来调整天线的轴比特性。地板上十字型缝隙的长度为S3，通过改变S3的长度来改变天线的中心谐振频率。所有缝隙的宽度都为W=1 mm。天线采用 50Ω 同轴馈电，馈电点选在C时激励左旋圆极化波，在D时激励右旋圆极化波。

3 仿真与实验结果

为了说明地板上缝隙的长度可降低中心谐振频率而对3 dB轴比带宽和方向图的表1 地板不加载缝隙和加载缝隙两种情况下天线的参数及3 dB轴比带宽和VSWR≤2阻抗带宽仿真和测量结果。地板不加载缝隙： $L=30$ mm, $S1=16$ mm, $S2=14$ mm, $C(x, y)=(0$ mm, 4.5 mm); 加载缝隙： $L=30$ mm, $S1=16$ mm, $S2=14.2$ mm, $C(x, y)=(0$ mm, 4.0 mm), $W=1$ mm。

影响很小，首先研究地板上无缝隙的情况，即 $S3=0$ mm。使用Ansoft HFSS软件仿真实现3 dB轴比带宽为24 MHz，阻抗中心频率为2050 MHz。当地板上加载长度为 $S3=24$ mm的缝隙后，仿真可实现3 dB轴比

带宽为25 MHz，阻抗中心频率为1750 MHz。

	L3 (mm)	轴比中 心频率 (MHz)	轴比带宽 (MHz)	阻抗带宽 (MHz)
仿 真	0	2046	2034-2058, 24	2015-2095
	24	1697.5	1688-1707, 19	1663-1710
测 量	0	2104.5	2094-2115, 21	2045-2133
	24	1659	1650-1668, 18	1610-1700

仿真结果表明，地板加载缝隙后，天线的轴比中心频率从2104.5 MHz下降到1659 MHz，从而大大减小了尺寸，然而地板加载缝隙去几乎不影响天线的轴比特性，同样的结论还可以从图2-3的实验结果得出。图2和图3分别为地板不加载缝隙和加的轴比测量曲线图。

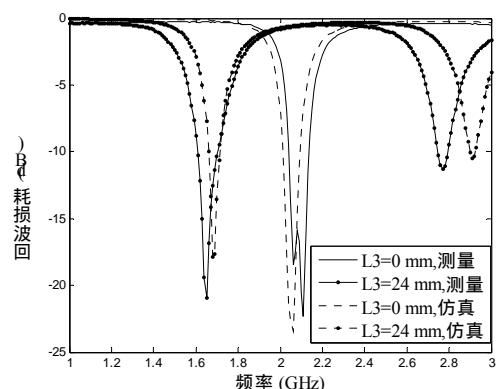


图2 地板加载缝和不加载缝两种情况对应天线的回波损耗仿真和测量曲线图

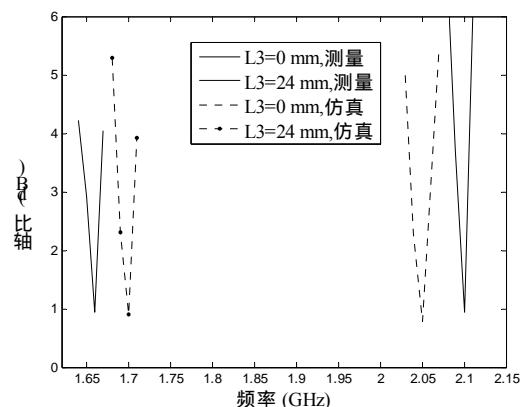


图3 地板加载缝和不加载缝两种情况对应天线

载缝隙两种情况下对应天线的回波损耗和轴比的仿真和测量曲线。地板不加载缝隙时天线测量的VSWR ≤ 2 阻抗带宽为2045-2133 MHz，对应中心频率为2089 MHz，轴比带宽为21 MHz；而加载缝隙后天线测量得到的VSWR ≤ 2 阻抗带宽为1610-1700 MHz，对应中心频率为1655 MHz，轴比带宽为18 MHz。表1为地板不加载缝隙和加载缝隙两种情况下对应天线的仿真和测量结果。图4和图5分别为两种情况下天线在各自中心频率点测量得到的xoz面轴比方向图。图4中天线实现的是左旋圆极化特性，而图5中天线实现的是右旋圆极化特性。可见天线地板加载缝隙对方向图影响也不大。图6为天线的实物图。

5 结论

本文设计了一种小型圆极化微带天线，通过在贴片上加载缝隙可实现圆极化特性，在地板上加载缝隙可降低天线的谐振频率，从而可减小天线的尺寸。仿真和测量结果表明，地板上加载缝隙对天线的轴比几乎没有影响，对方向图的影响也不大。

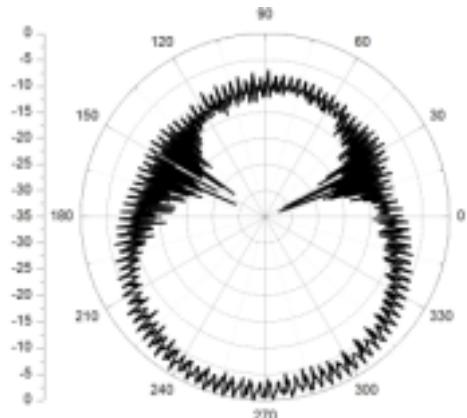


图4 地板不加载缝隙时天线在中心频率
(2104.5 MHz) 的xoy面测量方向图

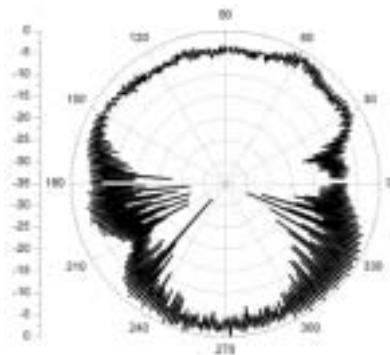


图5 天线2在中心频率(1659 MHz)的xoy面测量方向图



图6 天线的实物图

参考文献

- [1] J. H. Lu, C. L. Tang and Kin-Lu Wong, Single-feed slotted equilateral-triangular microstrip antenna for circular polarization, *IEEE Trans Antennas Propag*, 1999
- [2] K. P. Yang, K. L. Wong and J. H. Lu, Compact circularly polarized triangular microstrip antenna with Y-shaped slot, *Microwave Opt Technol Lett*, 1999
- [3] H. D. Chen and W. S. Chen, Compact pentagon microstrip antenna with circular polarization, *Microwave Opt Technol Lett*, 2001
- [4] K. L. Wong and J. Y. Wu, Single-feed small circularly polarized square microstrip antenna, *Electron Lett*, 1997
- [5] K. L. Wong, W. H. Hsu, and Chun-Kun Wu, Single-feed circularly polarized microstrip antenna with a slot, *Microwave Opt Technol Lett*, 1998

作者简介：杜述，男，硕士，主要研究圆极化天线及其与低噪声放大器集成等；褚庆昕，男，教授、博士生导师，主要研究领域包括计算电磁学、空间功率合成、有源集成天线、超宽带滤波器和超宽带天线等。

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>