

# 宽带圆极化微带天线的设计

高向军,王光明,朱 莉,梁建刚

(空军工程大学导弹学院,陕西 三原 713800)

**摘 要:** 在传统圆极化天线的基础上,设计了一种宽带四元组合圆极化微带天线,采用双层电磁耦合馈电结构,不仅拓宽了阻抗匹配带宽,而且有效改善了天线的圆极化轴比特性。经过计算和测试,天线工作于 Ku 波段时,阻抗带宽和 3 dB 轴比带宽分别达到了 26.4% ( $VSWR < 2$ ) 和 8.64%。这种结构的圆极化天线在卫星通信等领域应用前景广阔。

**关键词:** 微带天线;圆极化;宽带;电磁耦合

中图分类号: TN82

文献标识码: A

文章编号: 1003-3114(2007)01-34-3

## The Design on Broadband Circular Polarization Microstrip Antenna

GAO Xiang-jun, WANG Guang-ming, ZHU Li, LIANG Jian-gang

(Missile Institute of Air Force Engineering University, Sanyuan Shanxi 713800, China)

**Abstract:** Based on the conventional circular polarization antenna, a broadband circular polarization microstrip antenna fed by electromagnetic coupling is designed, which is composed of four cells and dual dielectrics. Through the antenna, the frequency band is broadened not only, but also the circular polarization axial ratio is effectively improved. Through calculation and testing, the 26.4% ( $VSWR < 2$ ) impedance bandwidth and 8.64% 3 dB axial ratio bandwidth are achieved respectively. Such a circular polarization microstrip antenna can be used extensively in satellite communication.

**Key words:** microstrip antenna; circular polarization; broadband; electromagnetic coupling

### 0 引言

从微带天线的概念提出以来,由于它剖面薄,重量轻,可与载体共形,易与有源器件集成等优点,已经被广泛地应用于卫星通信、导航等领域。尤其是圆极化微带天线具有一些显著的优点<sup>[1]</sup>:任意极化的来波都可以由圆极化天线收到,圆极化天线辐射的圆极化波也可以由任意极化的天线收到;圆极化天线具有旋向正交性,圆极化波入射到对称目标反射波变为反旋向等等。正是由于这些特点使圆极化天线具有较强的抗干扰能力,已经被广泛地应用于电子侦察和干扰,通信和雷达的极化分集工作和电子对抗等领域。本文主要分析和设计了一种宽带四元组合圆极化微带天线,在工作于 Ku 波段时,阻抗带宽达到 26.4% ( $VSWR < 2$ ),3 dB 轴比带宽达到 8.64%,这种结构的圆极化微带天线在卫星通信等领域应用前景广阔。

### 1 四元组合阵实现圆极化的理论分析

微带天线产生圆极化波的关键是产生幅度相等,相位相差 90° 的两个线极化波。为达到以上要求,利用微带天线实现圆极化辐射最基本的方法有:①正交馈电的单片圆极化微带天线;②一点馈电或多点馈电的单片或多层圆极化微带天线<sup>[2,3]</sup>;③由曲线微带构成的宽频带圆极化微带天线;④微带天线阵构成的圆极化微带天线<sup>[4,5]</sup>。利用多个线极化辐射元组合形成圆极化的原理与多馈点单片实现圆极化是基本相似的,不同的是将每一馈点都分别对应一个线极化辐射元馈电,从而使各个辐射元在边射方向形成的辐射场极化正交,通过调整馈电电路使相位相差 90° 且等幅馈电,从而获得了圆极化场。图 1 所示的是四元情况,馈电相位分别为 0°, 90°, 180° 和 270°, 振幅都相同。值得注意的是馈电位置要正确选择,以使 180°、270° 单元分别与 0°、90° 单元在轴向辐射同相的相同极化分量,这样,它们在 xy 面的总辐射场可以表示为:

收稿日期:2006-00-00

作者简介:高向军(1979-),男,博士生。主要研究方向:电磁散射与辐射以及天线技术。

$$E_{xx} = U_1 e^{j0^\circ} e^{-jk_0 d_x \sin\theta} + V_2 e^{j90^\circ} e^{jk_0 d_x \sin\theta} +$$

$$U_3 e^{j0^\circ} e^{jk_0 d_x \sin\theta} + V_4 e^{j90^\circ} e^{-jk_0 d_x \sin\theta} =$$

$$(U_1 e^{j0^\circ} + V_4 e^{j90^\circ}) e^{-jk_0 d_x \sin\theta} + (U_3 e^{j0^\circ} + V_2 e^{j90^\circ}) e^{jk_0 d_x \sin\theta} =$$

$$(U e^{j0^\circ} + V e^{j90^\circ}) 2 \cos(k_0 d_x \sin\theta).$$

式中,  $U_1 = U_3 = U$ ,  $V_2 = V_4 = V$  分别为等幅的水平  
和垂直场分量,第 1 个(括号中)因子代表一纯圆极  
化场,而余弦因子为阵因子。这样 1、2 元因波程差  
所引入的辐射场相移,正好与 3、4 元的波程差相移  
相反,因而其效应互相抵消,改进了圆极化场的轴比  
特性。并且,这种安排对厚基片的高次模所引入的  
交叉极化辐射也有抵制作用。利用四元线极化辐射  
元组合形成圆极化,不仅能获得相对较宽的圆极化  
带宽,而且馈电网络相对简单,有利于在平面阵列中  
的应用。

## 2 天线设计

在理论分析的基础上,设计了一种四元组合圆  
极化微带天线,采用正方形贴片单元对角线排布,利  
用双层电磁耦合馈电,结构如图 1 所示。之所以采

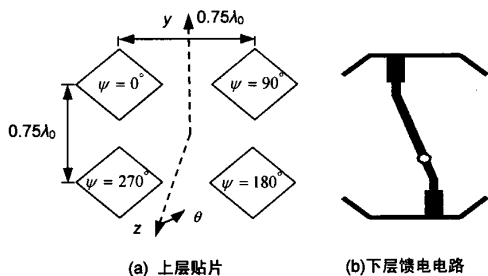


图 1 四元组合圆极化微带天线

用电磁耦合馈电一是为了扩展阻抗带宽;二是由于  
工作频率较高,如果辐射元和馈电网络共面,馈电网  
路中微带线之间的强耦合会对辐射场产生较大的影  
响,为了减少这种影响采用双层电磁耦合馈电;三是  
采用这种结构可以有效地提高空间利用率,方便馈  
电电路排布。这种结构的圆极化微带天线在贴片单  
元的排布上,通过对角放置实现辐射方向正交,在馈  
电层通过调整馈  
线长度满足四个  
元之间相位依次  
相差 90°。天线  
工作于 Ku 波段,  
贴片尺寸  $6.8 \times$   
 $6.8 \text{ mm}^2$ ,单元间  
距  $0.75\lambda_0$  (自由  
空间波长),利用

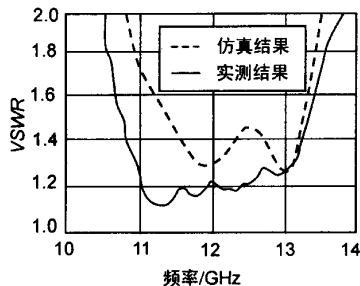


图 2 驻波比结果

特性阻抗为  $100 \Omega$   
的终端开路微带  
线对各个单元分  
别馈电,计算和实  
测结果如图 2~9  
所示。

远场方向图  
分别给出了在要  
求的工作频带内

(12.25 ~ 12.75 GHz)左旋(LHCP)和右旋(RHCP)圆  
极化场的计算结果。从输入驻波比(VSWR)的计算  
和测试结果中可以看出,采用双层电磁耦合馈电有  
效地扩展了阻抗带宽,使计算和测试结果分别达到  
了 21.6% 和 26.4% ( $VSWR < 2$ )。同时圆极化带宽  
也得到了进一步的拓展,3 dB 轴比带宽的计算和测  
试结果分别达到 5.6% 和 8.64%。这样的结果验证  
了这种结构的有效性和可行性。

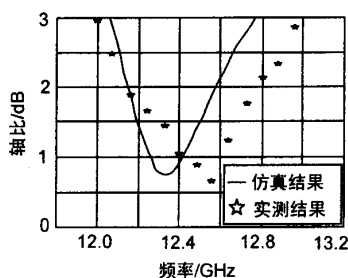


图 3 轴比特性

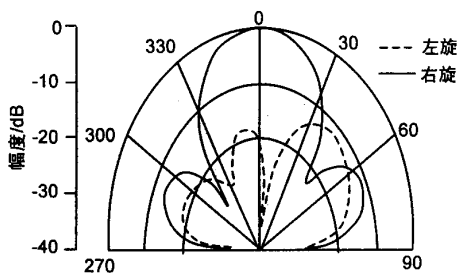


图 4  $f = 12.25 \text{ GHz}$  E 面方向图

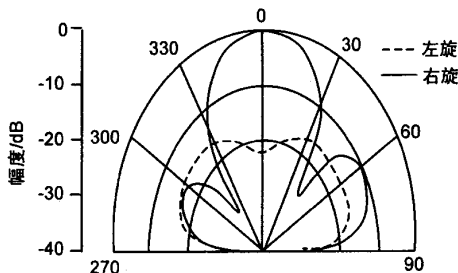


图 5  $f = 12.25 \text{ GHz}$  H 面方向图

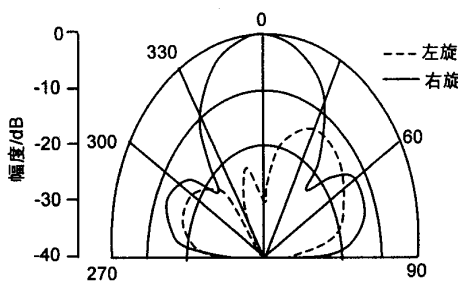


图 6  $f = 12.5 \text{ GHz}$  E 面方向图

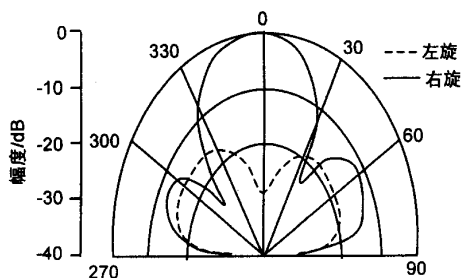


图 7  $f = 12.5 \text{ GHz}$  H 面方向图

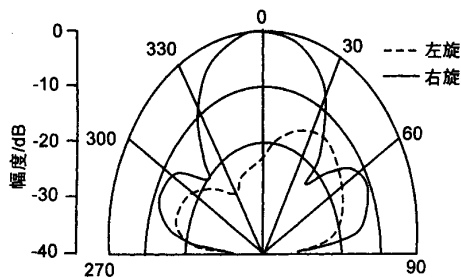


图 8  $f = 12.75 \text{ GHz}$  E 面方向图

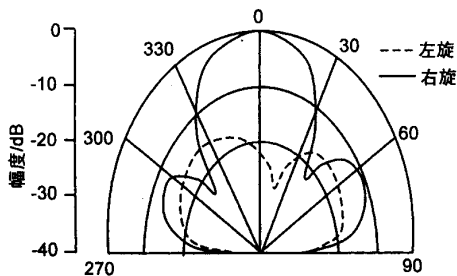


图 9  $f = 12.75 \text{ GHz}$  H 面方向图

### 3 结束语

通过理论计算以及实验测试结果可以看出采用双层电磁耦合馈电,由 4 个线极化辐射元组合形成圆极化天线,不仅能有效地拓宽阻抗带宽,而且相对基本的单点馈电或单层多馈点馈电方式,圆极化轴比特性也有很大程度的改善。在 Ku 波段的应用中,这种馈电方式简单、节省空间,尤其应用在平面阵上更是能改善馈电网络的布局,减少馈电损耗。同时 26.4% ( $VSWR < 2$ ) 的阻抗匹配带宽以及 8.64% 的 3 dB 轴比带宽也同样可以满足阵列使用要求。因此这种结构的圆极化微带天线在卫星通信等方面应用前景广阔。

#### 参考文献

- [1] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991.
- [2] 胡明春, 杜小辉, 李建新. 宽带宽角圆极化贴片天线的实验研究[J]. 电子学报, 2002(12): 1888 - 1890.
- [3] KWOK Lun Chung, Ananda Sanagavarapu Mohan. A Systematic Design Method to Obtain Broadband Characteristics for Singly-Fed Electromagnetically Coupled Patch Antennas for Circular Polarization [J]. IEEE Trans. AP, 2003 (12): 3239 - 3247.
- [4] WU Jeun-Wen, LU Jui-Han.  $2 \times 2$  Circularly Polarized Patch Antenna Arrays With Broadband Operation [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2003(5): 360 - 363.
- [5] CHEN I-Jen, HUANG Chung-Shao, HSU Powen. Circularly Polarized Patch Antenna Array Fed by Coplanar Waveguide [J]. IEEE Trans. AP, 2004 (6): 1067 - 1069.

(上接第 30 页)

100 ~ 200, 甚至更高<sup>[3]</sup>。

本系统视频图像数据采用 MPEG-4 压缩编码技术, MPEG-4 利用很窄的带宽, 通过帧重建技术、数据压缩, 以求用最少的数据获得最佳的图像质量。通过 MPEG4/2/1 专用编码芯片对采集后的数字视频数据进行编码压缩, 生成 MPEG4 码流。

### 3 结束语

本文通过对图像数据的扩频抗干扰传输系统的组成、原理、参数性能和关键技术的研究, 介绍了图

像数据的扩频抗干扰传输系统的体系结构, 对系统中采用的复合编码扩频技术、隐分集技术以及多媒体数据压缩技术进行了深入分析。图像数据的扩频抗干扰传输系统的设备和技术在军事通信和民用通信领域都具有广阔的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 刘国栋, 杨晓飞, 文运丰. 正交多码扩频系统及性能分析[J]. 无线电通信技术, 2004, 30(1): 11 - 12.
- [2] 许斌, 江修富, 郝建华. 复合编码扩频系统的设计与实现[J]. 装备指挥技术学院学报, 2005, 16(4): 58 - 59.
- [3] 施居廉, 王慧连. 试验通信技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000. 5.

## 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](http://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](http://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](http://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>