

# 运用 Ansoft HFSS 设计圆极化微带天线阵

魏宏亮<sup>1</sup>, 段文涛<sup>1</sup>, 李思敏<sup>2</sup>

(1. 桂林电子科技大学 信息与通信学院 广西 桂林 541004; 2. 桂林电子科技大学 校长办公室 广西 桂林 541004)

**摘要:**介绍了一种工作频率为 2.43 GHz 的圆极化四单元矩形微带天线阵的设计方法。通过对天线单元采用正交馈电激励起两个极化方向正交的、幅度相等的、相位相差 90° 的线极化波从而使天线单元获得圆极化波。在利用圆极化条件确定天线尺寸基础上,借助 Ansoft HFSS 仿真软件对天线进行了仿真,仿真结果和实验结果基本一致。

**关键词:**圆极化;微带天线阵;正交馈电;回波损耗

**中图分类号:** TN82

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1004-373X(2008)01-071-02

## Design of Circular Polarization Microstrip Antenna Array Using Ansoft HFSS

WEI Hongliang<sup>1</sup>, DUAN Wentao<sup>1</sup>, LI Simin<sup>2</sup>

(1. School of Information and Communication, Guilin University of Electronic Technology, Guilin, 541004, China;

2. Office of University Presidents, Guilin University of Electronic Technology, Guilin, 541004, China)

**Abstract:** A four element of circular polarization microstrip antenna array is designed, whose operating frequency is 2.43 GHz. The circular polarization wave can be obtained through orthogonal feed to the antenna element. It then excites two linear polarization waves that orthogonal in direction of polarization, the two linear polarization waves have the same amplitude and phase difference 90°. On the basis of circular polarization and antenna dimension, the antenna performance can be simulated with the Ansoft HFSS. Compared with the simulation to the experimental result, the result data is good.

**Keywords:** circular polarization; microstrip antenna array; orthogonal feed; return loss

### 1 引言

微带天线具有结构简单、易于制作、成本低、体积小、重量轻、低剖面等特点,在卫星通信、雷达、生物医学辐射器、射频识别等领域得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>。本文设计的四单元微带天线阵是应用在射频识别阅读器中的,由于一般标签天线为线极化,为保证标签天线能够随意地旋转而不影响系统接受能量的效率,往往把阅读器天线设计为圆极化。Ansoft HFSS 是一个用于任意三维无源器件的高性能的全波电磁场仿真器,他采用类似于 Microsoft Windows 的图形用户界面。最近几年,Ansoft HFSS 发展了许多新的使用者和工业领域。在工业界,Ansoft HFSS 已经成为选择高生产率研究、发展和虚拟原始模型的工具。本文首先对正交馈电的圆极化天线阵元做了简单的理论分析,并给出了计算贴片尺寸的方法,通过 Ansoft HFSS 软件对天线阵元以及天线阵进行仿真,得到了与实验结果比较吻合的结果。

### 2 设计原理

#### 2.1 天线阵元理论分析

微带天线要获得圆极化波的关键是,激励起两个极化方向正交的、幅度相等的、相位相差 90° 的线极化波。利用微带天线实现圆极化辐射主要有以下几种方式:

- (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圆极化微带天线;
- (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>[2]</sup>。

本文对天线单元的设计采用的是双正交馈电矩形微带天线。双馈电方式是获得圆极化辐射的最直接方法,这种方法是采用两个馈电点来激励两个极化正交的简并模,并由馈电网络保证两模的振幅相等,相位差为 90°,这样就满足圆极化条件<sup>[3]</sup>。

图 1 所示是采用正交馈电的圆极化微带天线的最简单的实现方法。两支路分别激励 TM<sub>01</sub> 和 TM<sub>10</sub> 模,两者的输入电阻分别为 R<sub>a</sub> 和 R<sub>b</sub>,且有 R<sub>a</sub> = R<sub>b</sub>。

各段馈线的特性阻抗以及长度按下列关系设计:

$$Z_1 = Z_2 = \sqrt{R_a Z_3}$$

$$Z_3 = Z_4 = 2Z_0$$

$$L_1 = L_2 = \lambda_g / 4$$

$$(L_4 + L_5) - L_3 = \lambda_g / 4$$

这种圆极化天线的电压驻波比带宽比一般矩形贴片的要宽 2 倍以上,但其圆极化带宽仍较窄,轴比 ≤ 3 dB 的圆极化带宽约 3.4%。方形微带贴片的大小可按如下方法设计:工作于主模 TM<sub>01</sub> 模矩形微带天线贴片长度 L 近似为 λ<sub>g</sub>/2, λ<sub>g</sub> 为介质内波长, λ<sub>g</sub> = λ<sub>0</sub>/√ε<sub>r</sub>, λ<sub>0</sub> 为自由空间波长, ε<sub>r</sub> 为有效介电常数, ε<sub>r</sub> 可表示成:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W}\right)^{-1/2} \quad (1)$$

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

其中  $c$  为光速,  $f_r$  为谐振频率:

$$L = 0.5\lambda_r - 2\Delta L \text{ 或 } L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_r}} - 2\Delta L \quad (3)$$

式中  $\Delta L$  可由下式求得:

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

对于本文中方形贴片尺寸可按如下方法计算求得:首先将工作频率  $f_r$ , 基板的高度  $h$  以及介电常数  $\epsilon_r$  代入式(1)~式(4)中求得一阶近似  $L_1$ , 然后以  $L_1$  作为  $W$  再联立式(1), 式(3), 式(4) 求得二阶近似  $L_2$ , 如此循环, 直至  $L_n/L_{n-1} \leq 0.29\%$ , 此时可以把  $L_n$  作为代入 Ansoft HFSS 仿真中方形贴片的大小  $W_p$ 。本文中工作频率  $f_r = 2.43 \text{ GHz}$ , 基板的高度  $h = 1.6 \text{ mm}$ , 基板的介电常数  $\epsilon_r = 2.55$ , 按上述方法计算的  $W_p = 37.6 \text{ mm}$ , 以  $W_p = 37.6 \text{ mm}$  为贴片尺寸在 Ansoft HFSS 进行建模仿真所得的工作频率  $f_0 = 2.420 \text{ GHz}$ , 工作频率处的  $\text{VSWR} = 1.2$ , 轴比  $A_r = 1.5$ , 通过仿真结果证明了以上计算方法的正确性。

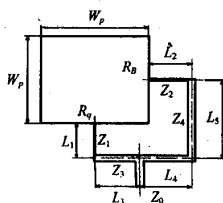


图1 正交馈电的圆极化微带天线

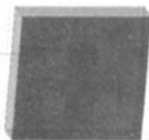


图2 天线阵列的仿真模型

## 2.2 天线阵列建模及仿真结果

按照上述天线阵元的理论分析所设计的天线阵元在谐振频率、驻波、轴比均满足阵列设计要求。对天线阵列馈电网络的设计采用传统馈电形式,在馈电网络中利用两级二功率分配器进行馈电,以保证各阵元的馈电电压的等幅同相,为了达到最佳匹配效果,加入  $\lambda_r/4$  阻抗匹配器对馈线进行逐段匹配使整个天线阵系统的输入驻波较小,天线效率较高。最终天线阵列的仿真模型如图2所示。

通过软件仿真,可得最终微带天线阵列的回波损耗(Return Loss)、轴比  $A_r$  以及 E 面方向图,如图3~图5所示。

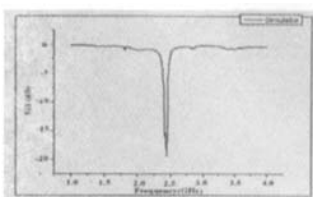


图3 微带天线阵列的回波损耗

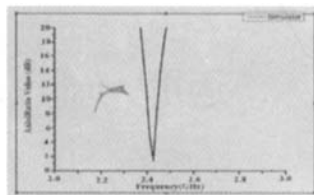


图4 微带天线阵列的轴比

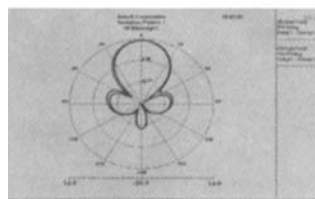


图5 E面方向图

## 3 实测结果及比较

根据前面的设计,加工了一幅正交馈电方形微带贴片天线阵,并进行了测试。最终样品在中心频率处  $\text{VSWR} = 1.23$ ,  $\text{Gain} = 12.9 \text{ dBi}$ ,  $2\theta_{\text{EzdB}} = 40^\circ$ 。图6为微带天线阵列实物照片,图7为天线实验所测的反射损耗,图8为在微波暗室所测方向图。可以看出,仿真值和实验值比较吻合。

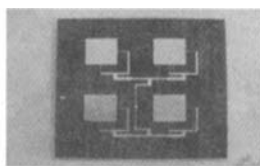


图6 微带天线阵列实物照片

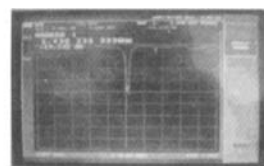


图7  $S_{11}$ 测试结果

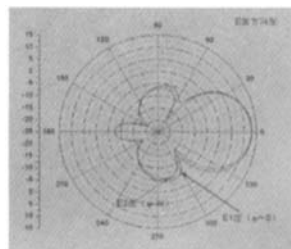


图8 微波暗室测试E面方向图

## 4 结语

本文应用 Ansoft HFSS 软件仿真设计了一种工作于  $2.43 \text{ GHz}$  的圆极化方形微带天线阵,发现实验结果和仿真结果较好吻合,这说明 Ansoft HFSS 软件具有数学模型正确、计算精度高的优点,是一种比较理想的天线设计工具,这就为微带天线设计提供了一种可以选择的高效途径,极大地简化了天线的分析设计过程。

(下转第75页)

4.2 阻抗匹配过程

(1) 在 ADS 中新建一个 Schematic 文件, 在其中建立电路, 如图 8 所示。

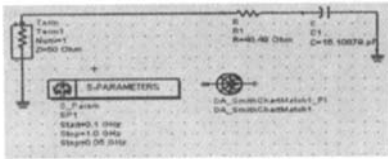


图 8 匹配前电路

(2) 在 ADS 的 Smith Chart Utility(如图 9 所示)中进行阻抗的匹配, 即在史密斯圆中将 40.49-j12.35 匹配到 50+j\*0, 此时馈线终端没有功率反射, 馈线上没有驻波。经过匹配后得到的电容, 电感值以及串并联方式如图 10 所示。

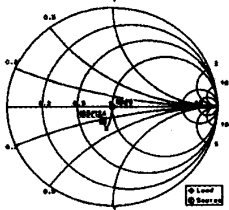


图 9 史密斯圆匹配图

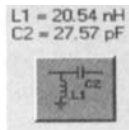


图 10 匹配结果

(3) 根据匹配结果在图 8 中串并连一个电容, 电感, 建立电路图如图 11 所示。

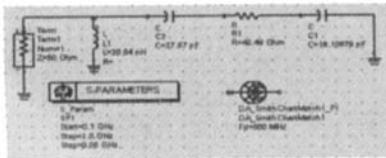


图 11 匹配电路

作者简介 宋旭亮 1980 年出生, 大连海事大学信息学院在读研究生。
宋义胜 1945 年出生, 大连海事大学教授, 博士生导师。

(4) 对匹配电路进行仿真, 仿真结果如图 12, 图 13 所示。

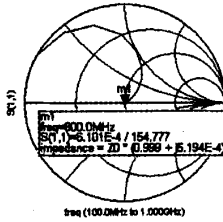


图 12 史密斯圆

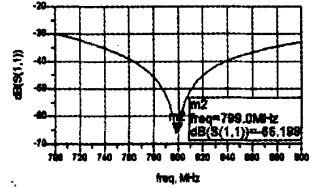


图 13 输入反射系数

在图 12 中, Z0 在 50 Ω, 匹配后阻抗为 50 \* (0.999 + j5.194e-4), 由此可见已达到相当良好的阻抗匹配效果。图 13 中, 经过匹配后的中心谐振频率为 799 MHz, 满足设计要求。

5 结语

HFSS 仿真结果表明天线的辐射特性基本符合设计要求, 同时用 ADS 软件对天线的输入阻抗进行匹配电路设计, 使其能与 50 Ω 馈电系统很好地匹配。

参考文献

[1] 马小玲, 丁丁. 宽频带微带天线技术及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
[2] 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.
[3] 林昌祿, 陈海. 近代天线设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1987.
[4] ansoft 公司. hfss\_v9\_overvieW\_training(hfssv9 培训教材)[Z].
[5] Agilent 公司. ADS 全套培训教程(EDA 教学网)[Z].

(上接第 72 页)

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, 1990.
[2] 张钧, 刘克诚, 张贤峰. 微带天线理论与工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 1988.
[3] Prakash Bhartic, Inder Bahl. Microstrip Antenna Design

Handbook. Artech House Inc, 2001.
[4] User's Guide - High Frequency Structure Simulator.
[5] 罗远社, 阳建平, 钟顺时. 圆极化微带天线的理论和实验[J]. 通信学报, 1989, 10(4): 20-27.
[6] Huang C Y. Designs for Aperture-coupled Compact Circularly Polarized Microstrip Antenna. IEEE Proc. Microwave Antenna Propag., 1999, 146 (1).

作者简介 魏宏亮 男, 1982 年出生, 湖北人, 硕士。主要从事天线设计研究。
段文涛 男, 1982 年出生, 河南人, 硕士。主要从事宽带小型化天线的研究。
李思敏 男, 1963 年出生, 江苏人, 桂林电子科技大学教授, 中国电子学会高级会员。主要从事电磁场理论、天线设计与理论的研究。

## HFSS 视频培训课程推荐

HFSS 软件是当前最流行的微波无源器件和天线设计软件，易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))是国内最专业的微波、射频和天线设计培训机构。

为帮助工程师能够更好、更快地学习掌握 HFSS 的设计应用，易迪拓培训特邀李明洋老师主讲了多套 HFSS 视频培训课程。李明洋老师具有丰富的工程设计经验，曾编著出版了《HFSS 电磁仿真设计应用详解》、《HFSS 天线设计》等多本 HFSS 专业图书。视频课程，专家讲解，直观易学，是您学习 HFSS 的最佳选择。



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

### 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，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>



### 更多 HFSS 视频培训课程:

#### ● 两周学会 HFSS —— 中文视频培训课程

课程从零讲起，通过两周的课程学习，可以帮助您快速入门、自学掌握 HFSS，是 HFSS 初学者的最好课程，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/1.html>

#### ● HFSS 微波器件仿真设计实例 —— 中文视频教程

HFSS 进阶培训课程，通过十个 HFSS 仿真设计实例，带您更深入学习 HFSS 的实际应用，掌握 HFSS 高级设置和应用技巧，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/3.html>

#### ● HFSS 天线设计入门 —— 中文视频教程

HFSS 是天线设计的王者，该教程全面解析了天线的基础知识、HFSS 天线设计流程和详细操作设置，让 HFSS 天线设计不再难，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/4.html>

#### ● 更多 HFSS 培训课程，敬请浏览: <http://www.edatop.com/peixun/hfss>

## 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相关培训课程和 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讲授,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>