

# 一种极化可重构微带天线的设计

赵 亮 肖绍球 王秉中

(电子科技大学物理电子学院, 成都, 610054)

**摘 要:** 本文介绍了一种工作频率为 2.4 GHz 的圆极化可重构微带天线的设计方法。贴片单元采用圆形贴片以实现圆极化, 通过控制二极管的开关状态改变贴片上两个调谐短截线的状态, 可以实现左旋与右旋圆极化的切换。文中给出了用 HFSS11.0 的仿真结果。经过仿真计算, 这种极化可重构微带天线具有较好的圆极化特性, 其工程应用前景相当广阔。

**关键词:** 可重构天线, 圆极化, PIN 开关二极管, 可重构原理

## Design of a Polarization Reconfigurable Microstrip Antenna

Zhao Liang Xiao Shaoqiu Wang Bingzhong

(School of Physical Electronics, UEST of China ,Chengdu 610054)

**Abstract:** In this paper, a circular polarization reconfigurable microstrip antenna is designed ,whose operating frequency is 2.4 GHz. The circular polarization of radiation of the antenna is achieved by a circular patch ,tuning stubs are using in the circular patch. By using the diodes to adjust the state of the stub, this antenna can radiate with either righthand circular polarization (RHCP) or left hand circular polarization (LHCP) using the same feeding probe. Through simulation, the reconfigurable antenna demonstrates useful features, which can be used widely in engineering application .

**Keywords:** reconfigurable antenna; circular polarization; PIN diode switch; reconfigurable principle

## 1 引言

圆极化天线具有一些显著的优点: 任意线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。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<sup>[1,2]</sup>。

随着现代多功能综合通信系统的发展, 希望单一的天线可以实现多个天线的功能。极化可调天线

可以实现频率复用、消除通信系统中多径衰落, 通过极化控制改善通信系统和和遥感系统性能。文献<sup>[3,4]</sup>介绍了用单个微带贴片天线实现左旋和右旋圆极化的方法。本文设计了一种圆形贴片天线, 在不改变馈电位置的条件下, 通过偏置电压控制 PIN 二极管的通断, 改变贴片上两个调谐短截线的状态, 实现左旋圆极化和右旋圆极化之间的切换。

## 2 可重构微带天线的设计

### 2.1 天线尺寸设计

根据微带天线理论, 圆形微带天线尺寸<sup>[5]</sup>按下列公式确定:

$$a = \frac{K}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r K} \left[ \ln \left( \frac{\pi K}{2h} + 1.7726 \right) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

基金项目: 1、毫米波国家重点实验室基金(k200809); 2、航空科技基金(20070180003); 3、总装预研基金(08DZ0229); 4、新计划优秀人才计划(NCET070154)

$$K = \frac{8.794}{f_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

式中:  $\epsilon_r$  为介电常数,  $f_0$  为微带天线工作的中心频率,  $h$  为基板厚度。

## 2.2 极化可重构天线的结构设计

可重构微带天线结构如图 1 所示。圆形贴片的半径为  $r_p$ , 相对介电常数为  $\epsilon_r$ , 厚度为  $h$ 。在圆形贴片和调谐短截线的中间开了两个缝隙, 缝隙宽度  $w_s=0.6\text{mm}$ , 长度为  $l_s=0.2\text{mm}$ , 在每个缝隙分别安装一只 PIN 开关二极管。其中调谐短截线的长度和宽度分别为  $l=5.8\text{mm}$  和  $w=1.5\text{mm}$ 。在调谐短截线的一端分别加载电感和电阻, 其中电感的作用是隔断交流, 电阻的作用是限流, 防止电流过大击穿 PIN 开关二极管。两条  $\lambda/4$  短路线将贴片上两个直流隔离区与地连接, 直流控制信号可以通过天线的馈电端口输入。同时由于  $\lambda/4$  短路线对高频信号呈开路, 因此直流偏置电路对天线高频工作状态没有影响。

在图 1 中, 当一组二极管导通而另一组截止时, 表面电流可以通过二极管流过对应的调谐短截线, 这时等效于贴片上只有一个短截线时的状态。按照前面的分析, 此时天线辐射圆极化波。因此, 在不改变馈电位置的条件下, 通过控制两组二极管的开关状态, 可以分别得到左旋圆极化或右旋圆极化。

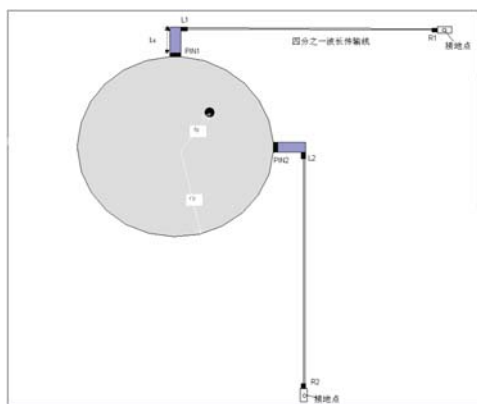


图 1 天线单元结构示意图

## 3 仿真模型与仿真结果

### 3.1 仿真模型

本文所设计的可重构微带天线的中心频率  $f_c=2.4\text{GHz}$ 。天线板材采用 FR4, 其中相对介电常数  $\epsilon_r=4.4$ , 厚度  $h=1.6\text{mm}$ , 损耗角正切  $\tan\delta=0.02$ 。天线的

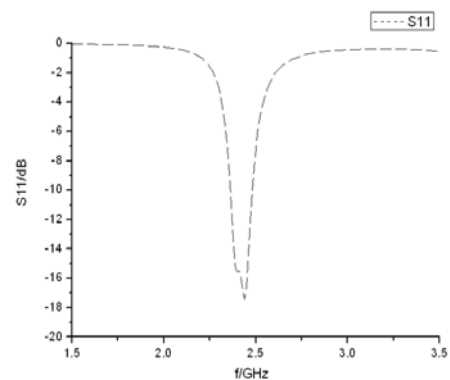
基片长、宽都为  $80\text{mm}$ , 圆形贴片的半径尺寸为  $r_p=16.6\text{mm}$ , 馈电点离贴片中心点距离为  $d_p=8.6\text{mm}$ 。在仿真模型中, 导通状态的 PIN 二极管等效为  $3\Omega$  电阻, 截止状态的二极管等效为  $0.025\text{pF}$  的电容。辐射贴片示意图如图 1 所示。

### 3.2 天线的仿真结果

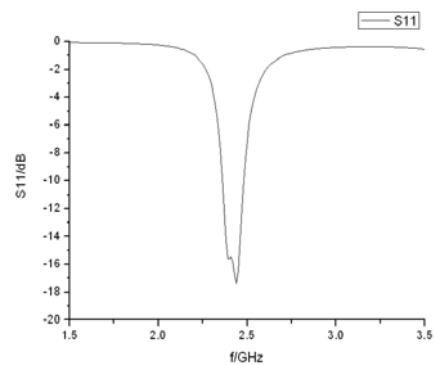
使用电磁仿真软件 Ansoft HFSS 11.0 对这种可重构天线模型进行了仿真, 仿真结果如下:

#### 3.2.1 驻波的仿真结果

可重构微带天线单元的圆极化中心频率为  $f_0=2.4\text{GHz}$ , 工作频率处的  $S_{11} \leq -17\text{dB}$ , 反射系数小于  $-10\text{dB}$  的带宽大于  $110\text{MHz}$ 。天线在左旋和右旋圆极化状态下反射系数曲线仿真数据如图 2 所示:



(a) 左旋圆极化



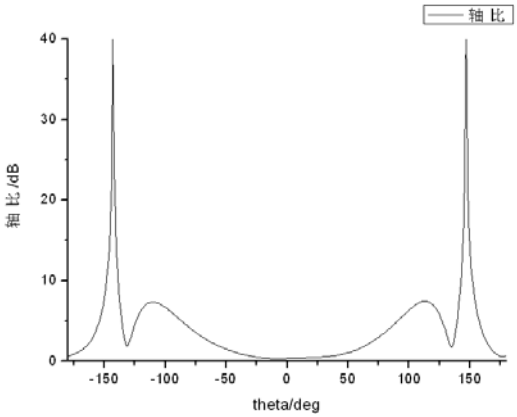
(b) 右旋圆极化

图 2 反射系数曲线

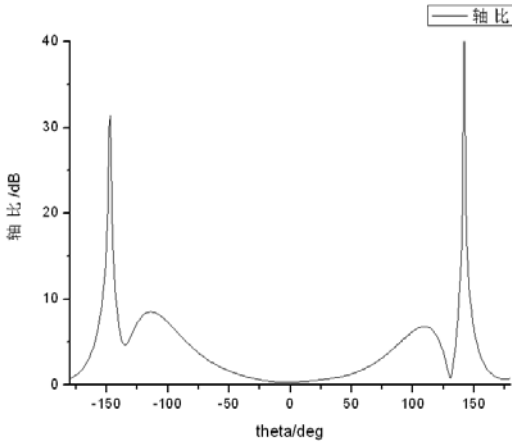
#### 3.2.2 辐射方向图的仿真

以下是由电磁仿真软件 Ansoft HFSS 11.0 得到的辐射方向图的仿真结果。从图 3 中可以看出天线圆极化特性良好, 天线在右旋圆极化和左旋圆极化状态下, 在中心频点的最大辐射方向的轴比分别为

0.31dB 和 0.37 dB，曲线如图 3 所示。图 4 是天线在 2.4GHz 的仿真方向图( $\phi=0^\circ$ 平面), 从图中可以看出, 该天线在左旋和右旋圆极化状态下的交叉极化都小于-33 dB。圆极化可重构天线在右旋圆极化和左旋圆极化状态下, 最大辐射方向的轴比小于-3dB 的带宽约为 40MHz, 天线的仿真轴比曲线如图 5 所示。

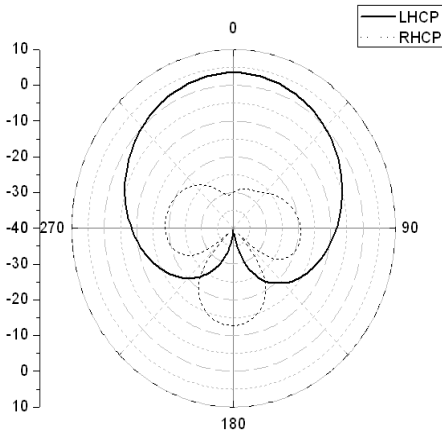


(a) 左旋圆极化

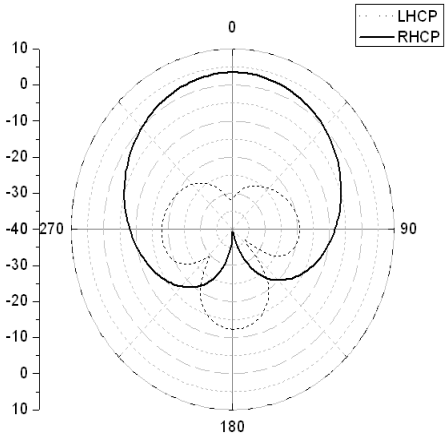


(b) 右旋圆极化

图 3 中心频点的极化特性图



(a) 左旋圆极化



(b) 右旋圆极化

图 4 天线的方向图( $\phi=0^\circ$ )

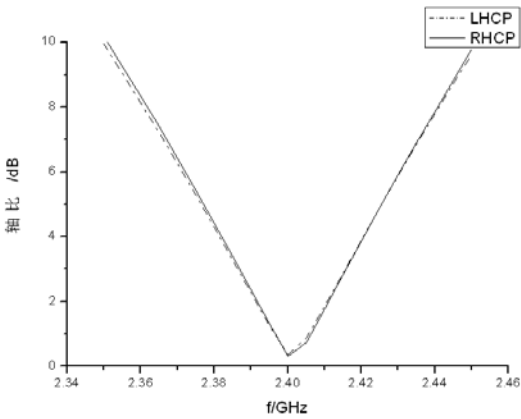


图 5 仿真轴比曲线

## 4 结论

本文提出了一种具有两段调谐短截线的圆形贴片可重构微带天线, 通过 PIN 开关二极管控制调谐短截线的状态, 可以实现左旋和右旋圆极化的切换。文中给出了天线的仿真结果, 结果表明这种天线在左旋和右旋模式下都具有较好的圆极化特性, 而且 PIN 开关二极管控制电路简单, 很容易实现左右旋圆极化的切换。本文所述的设计方法具有一定的应用价值, 并对设计与研发圆极化可重构微带天线具有重要的参考价值。

## 参 考 文 献

- [1] 张钧,刘克诚,张贤铎等.微带天线理论与工程[M]. 北京:国防工业出版社, 1988.
- [2] 薛睿峰,钟顺时.微带天线圆极化技术概述与进展[J].电波科学学报, 2002,17(4):331-336.
- [3] Yan Fan,Yahya Rahmat-Sami. A reconfigurable patch antenna using switchable slots for circular polarization diversity. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2002, 12(3): 96~98
- [4] Sung YJ, JangTU, Y-Skim. A reconfigurable microstrip antenna for switchable polarization. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2004, 14(11): 534~536
- [5] 谢处方.近代天线理论 [M].成都:成都电讯工程学院出版社,1987.

作者简介:

赵亮, 男, 硕士, 主要研究方向为微带圆极化天线、可重构天线、阵列天线以及微波电路等

## 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](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>