

# 正交馈电宽带圆极化介质谐振器天线

郝承祥 李斌 盛新庆

(北京理工大学电磁仿真中心, 北京 100081)

kuteboy1009@bit.edu.cn

**摘要:** 利用探针正交馈电结构可以同时激励出矩形介质谐振器天线的基模  $TE_{111}$  以及高次模  $TE_{113}$  模, 通过调整探针长度使两个频带靠近, 从而实现在一个宽频带内产生圆极化波。实验结果表明, 在频带为 2.61GHz~3.67GHz 或 33.8% 的带宽范围内, 该天线回波损耗在 -10dB 下, 圆极化轴比在 4dB 以下。

**关键词:** 介质谐振器天线, 宽带, 圆极化, 正交馈电

## Quadrature-Fed Wideband Circularly Polarized Dielectric Resonator Antenna

Chengxiang Hao, Bin Li and Xin-Qing Sheng

(Center for Electromagnetic Simulation, Beijing Institute of Technology, China 100081)

**Abstract:** In this paper, a rectangular dielectric resonator antenna (DRA) structure, fed by two vertical probes in phase quadrature is studied. Both the fundamental  $TE_{111}$  and the higher-order  $TE_{113}$  modes can be excited and combined to generate a wideband circularly polarized wave. The measured results show that both the -10dB return loss and 4dB axial ratio bandwidth are 33.8% from 2.61GHz to 3.67GHz.

**Keywords:** Dielectric Resonator Antenna; Wideband; Circularly Polarized; quadrature-fed

### 1 引言

介质谐振器天线(DRA)具有重量轻、低损耗、易集成、易激励等优点, 因而得到了广泛的关注和研究<sup>[1, 2]</sup>。最近几年, 一些宽带的线极化DRA<sup>[3, 4]</sup>已经被提出并得到深入的研究。与之相反, 宽带的圆极化DRA成果较少<sup>[5, 6]</sup>, 这是由于宽带圆极化天线要同时满足回波损耗和轴比的宽频带要求, 极大地增加了设计难度, 因此圆极化DRA的带宽拓展技术是该领域的一个挑战和难题。在文献<sup>[5]</sup>中, 通过探针激励半圆柱型的介质谐振器天线, 可以同时激励出  $TM_{11\sigma}$  和  $TM_{21\sigma}$  模从而实现宽带圆极化, 该结构的 -10dB 回波损耗和 3dB 轴比带宽均可达到 10%。在文献<sup>[6]</sup>中研究了一种堆叠型DRA在缝隙耦合馈电模式下激励出圆极化波, 其 -10dB 回波损耗和 3dB 轴比带宽可达到 11%。

两个线极化波如果满足空间正交, 幅度相等,

相位相差  $90^\circ$ , 则可以有效地激励出圆极化波。因此将探针正交馈电结构应用<sup>[7]</sup>到激励介质谐振器天线中, 利用这个结构同时激励出矩形DRA的基模  $TE_{111}$  以及高次模  $TE_{113}$  模。两个空间正交的探针可分别激励出  $TE_{111}^x$  和  $TE_{111}^y$  以及  $TE_{113}^x$  和  $TE_{113}^y$  这两组满足圆极化产生条件的线极化波, 并通过合理的尺寸设计, 使两个模靠近, 从而达到拓展圆极化带宽的目的。

### 2 天线结构

如图1所示为探针正交馈电激励矩形介质谐振器天线的结构图(a)和实物图(b), 图中矩形DRA介电常数为  $\epsilon_r = 10.2$ , 其长宽高尺寸分别为  $a=b=18\text{mm}$ 、 $d=30\text{mm}$ , 在两根直径为  $D=1.2\text{mm}$ , 长度为  $L=11.5\text{mm}$  空间正交的同轴探针激励下工作。两根探针放置在矩形DRA两个侧面的中心处, 输入幅度相等, 相位相差为  $90^\circ$  的激励信号, 从而满足了产生圆极化的三个基本条件, 这两个圆极化波通过合理的矩形DRA和探针尺寸设计, 使其靠近来增加圆极化带宽。整个结构放置在面积为  $150\text{mm} \times 150\text{mm}$

基金项目: 北京理工大学基础研究基金(No. 20070142015)

的金属地基板上。其物理尺寸与电尺寸比较如表1所示。

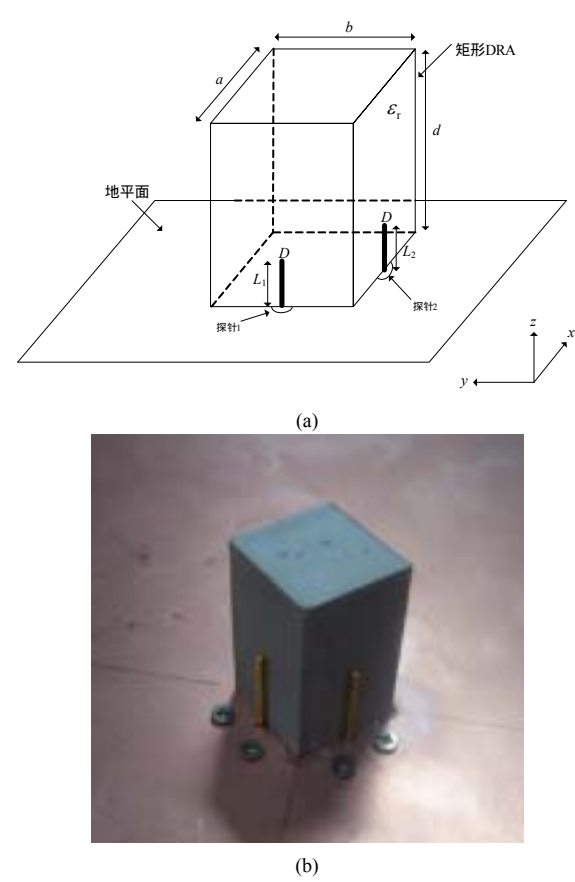


图 1 正交馈电激励矩形介质谐振器天线

(a)天线结构及(b)实物图

表1 正交馈电矩形DRA物理尺寸和电尺寸

	物理尺寸 (mm)	$x \times \lambda_{01}$ ( $f_{01} = 2.94$ GHz)	$y \times \lambda_{02}$ ( $f_{02} = 3.68$ GHz)
$a, b$	18	0.18	0.22
$d$	29	0.28	0.35
$L_1, L_2$	11.5	0.11	0.13
地基板	150 × 150	1.47 × 1.47	1.8 × 1.8

3 天线结果及分析

利用介质波导模法(dielectric waveguide model, 简称DWM) [8]对该矩形DRA进行模式分析可得其TE<sub>111</sub>和TE<sub>113</sub>的谐振频点分别为2.94GHz和3.68GHz。值得注意的是,为保证天线结构对称,减少两组探针激励模式的互耦,该矩形DRA横截面的边长应相等,即a=b。

在实际的天线制作中,调节探针长度为11.5mm,并对如图1(b)所示的天线实物利用Agilent矢量网络分析仪E8363B进行S参数的测量,其结果如图2中所示。从图中可以看出天线在2.85GHz和3.55GHz处发生谐振。从表2中DWM计算的谐振点与测量比较可以看出两者之间只有0.1GHz左右的偏移,天线的TE<sub>111</sub>和TE<sub>113</sub>模被同时激励出来,误差可能是由于矩形DRA与地基板之间的空气缝隙,探针与矩形DRA的接触等因素造成的。在频带为2.61GHz~3.71GHz或34.8%的带宽范围内,其回波损耗在-10dB以下。由于本结构为对称结构,因此2端口的S参数结果与1端口的结果是一致的。

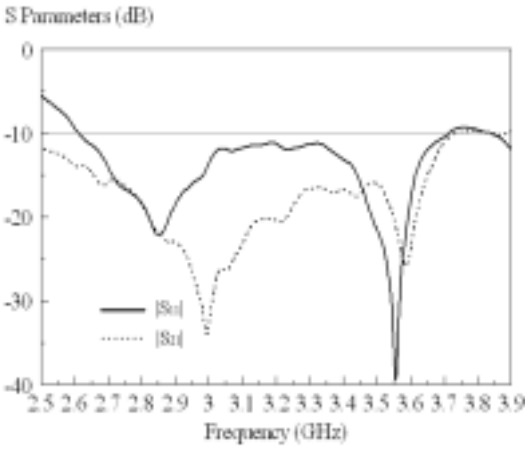


图 2 正交馈电矩形 DRA 回波损耗测量值

表2 正交馈电矩形DRA谐振频率测量值与计算值的比较

谐振模	测量的谐振 频率(GHz)	DWM 计算谐 振频率(GHz)	误差 (%)
$TE_{111}^{x,y}$	2.85	2.94	3%
$TE_{112}^{x,y}$	N/A	3.24	N/A
$TE_{113}^{x,y}$	3.55	3.68	3.5%
$TE_{114}^{x,y}$	N/A	4.2	N/A

对本结构利用室内天线系统进行圆极化轴比的测量,其结果如图3中所示,从图中可以看出,在频带为2.57GHz~ 3.67GHz或35.3%的带宽范围内,其轴比均在4dB以下。在两个谐振点附近,最低的轴比分别发生在频点为2.7GHz和3.5GHz处。

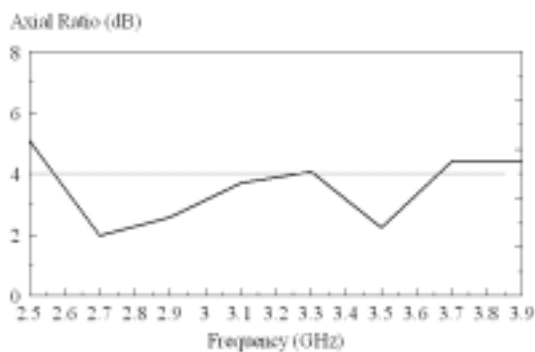


图3 正交馈电矩形DRA轴比测量值

综合考虑回波损耗和轴比可以看到在频带为2.61GHz~3.67GHz或33.8%的带宽范围内满足回波损耗低于-10dB以下，轴比低于4dB。表3比较了本文与文献[6]中的带宽结果，仅作参考。

表3 本文与文献结果比较

带宽比较	本文结果	文献 6 结果
阻抗带宽	34.8%	36.6%
轴比带宽	35.3%	12.7%
综合带宽	33.8%	12.7%

## 4 结论

本文介绍了探针正交馈电激励矩形DAR的结构，通过实验验证可以看出，该结构很好的实现了同时激励出矩形DRA的基模 $TE_{111}$ 以及高次模 $TE_{113}$ 模，双模叠加得到了DRA的圆极化带宽为33.8%。实验过程中发现探针的长度对于矩形DRA的谐振频率和轴比带宽影响不大，对于回波损耗带宽会有一定的影响，存在一个较为合适的长度。目前作者正在考虑通过改善阻抗匹配来进一步降低轴比。

## 参考文献

[1] S. A. Long, M. W. McAllister and L. C. Shen, "The resonant cylindrical dielectric cavity antenna," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 31, pp. 406-412, May 1983.

[2] K. M. Luk and K. W. Leung, Eds., Dielectric Resonator Antennas, U. K.: Research Studies Press, 2003.

[3] B. Li and K. W. Leung, "Strip-fed rectangular dielectric resonator antennas with/without a parasitic patch," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 53, no. 7, pp. 2200-2207, Jul. 2005.

[4] K. P. Esselle and T. S. Bird, "A hybrid-resonator antenna: experimental results," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 53, pp. 870-871, Feb. 2005.

[5] M. T. K. Tam and R. D. Murch, "Circularly polarized circular sector dielectric resonator antenna," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 48, no. 1, pp. 126-128, Jan. 2000.

[6] R. Chair, S. L. S. Yang, A. A. Kishk, K. F. Lee and K. M. Luk, "Aperture Fed Wideband Circularly Polarized Rectangular Stair Shaped Dielectric Resonator Antenna," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 54, no. 4, pp. 1350-1352, Apr. 2006.

[7] R. K. Mongia, A. Ittipiboon, M. Cuhaci and D. Roscoe, "Circularly polarized dielectric resonator antenna," Electron. Lett., vol. 30, no. 17, pp. 1361-1362, Aug 1994.

[8] R. K. Mongia and A. Ittipiboon, "Theoretical and experimental investigations on rectangular dielectric resonator antennas," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 45, no. 9, pp. 1348-1356, Sep. 1997.

作者简介：郝承祥，男，博士生，主要研究领域为介质谐振器天线、微带天线理论和技术研究等；李斌，男，副研究员，主要研究领域为介质谐振器天线、微带天线理论与设计、计算电磁学等；盛新庆，男，教授、博士生导师，主要研究领域为计算电磁学、天线理论与设计等。

## 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>