

# 一种用槽和同轴线馈电的三极化共形天线

钟华<sup>1</sup> 张志军<sup>1</sup> 陈文华<sup>1</sup> 冯正和<sup>1</sup> Magdy Iskander<sup>2</sup>

(1. 清华大学电子工程系, 北京 100084;

2 HCAC, University of Hawaii, Honolulu, HI, USA)

**摘要:** 本文提出了一种新型的拥有三个独立端口的三极化共形天线, 它最多可以接收三个独立的电场极化分量。为了改善隔离度和极化纯度, 该天线用一个探针和两个相互临近的缝隙同时馈电。为了验证设计, 制造了一个原型天线并对其测量, 测量结果与仿真结果吻合, 天线小于-10dB 带宽范围为 190MHz, 带宽范围内三个端口间的隔离度分别高于-16dB, -30dB 和-40dB。

**关键词:** 三极化天线, 耦合馈电, 同轴馈电

## A Conformal Tri-polarization Antenna Fed by Proximity Coupling and Probe

ZHONG HUA<sup>1</sup>, ZHANG ZHIJUN<sup>1</sup>, CHEN WENHUA<sup>1</sup>, FENG ZHENGHE<sup>1</sup>

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University of China, Beijing 100084)<sup>1</sup>

**Abstract:** This paper proposes a conformal tri-polarization antenna with three independent ports and three orthogonal polarizations. The antenna uses both proximity coupling and probe fed ports to reduce isolation and improve polarization purity. The measured bandwidth of the -10dB return loss is found to be 190MHz. Measurements across the working bandwidth also show that the isolations among the three ports are better than -16dB, -30dB and -40dB, respectively.

**Keywords:** Tri-polarization Antenna; proximity coupling; probe

### 1 引言<sup>1</sup>

在无线通信中运用MIMO系统可以使系统容量成倍提高。近些年, 许多已发表的文章都提到线性单极化阵列MIMO系统, 而多极化天线才刚开始受到关注。A. S. Konanur在他的文中提出一种由圆环和偶极子构成的矢量天线, 研究结果表明多极化天线MIMO阵列比相同天线单元数的单极化天线阵列的信道容量更大[1]。不同极化方向的分支之间相关系数很低, 完全可看作相互独立的收发通道。因此, 多极化天线可以利用更少的体积实现更多的统计独立多径通道, 从而有效地提高系统容量和传输速率。

利用空间坐标系三个轴方向相互正交的特点, 三极化天线可以设计出三个正交方向极化, 在有限的体积内实现三个独立的收发通道。Itoh等人[2]提

出了一种由两个垂直缝隙和单极子构成的三极化天线。Das等人[3]提出一种由双极化圆形贴片和单极子构成的三极化天线。Gray等人[4]在他的文中介绍了一种由双极化介质谐振器和单极子构成的三极化天线。

本文提出的三极化天线是一种共形天线, 强度高、占用空间少, 并且实现了三个正交的极化, 在2.4~2.59GHz范围内反射系数小于-10dB。共形结构的天线高度仅为10.8mm, 三个端口间的隔离度分别优于-16dB、-30dB和-40dB。

### 2 天线的结构设计

采用双缝耦合对贴片馈电可以有效地提高端口间的隔离度, 本发明正是采用的这种方法对圆形贴片进行馈电形成双极化。天线结构如图1所示。天线由两层介质层基板组成, 分别为介质基板1和介质基板2。双极化圆形贴片附着于基板1上表面。两个“H”型缝位于介质基板1和基板2之间的接地平面, 在双极化圆形贴片和馈线间进行耦合馈电。

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (No.2007CB310605); 国家863计划项目 (No.2007AA01Z284); 国家自然科学基金(No.60771009)

两条微带馈线位于介质基板2的下表面，并分别位于相应缝隙的下方，馈电形成和X轴，Y轴平行的两个方向的正交极化。两个“H”形缝隙呈“T”形放置，用于改善两个缝隙的隔离度。

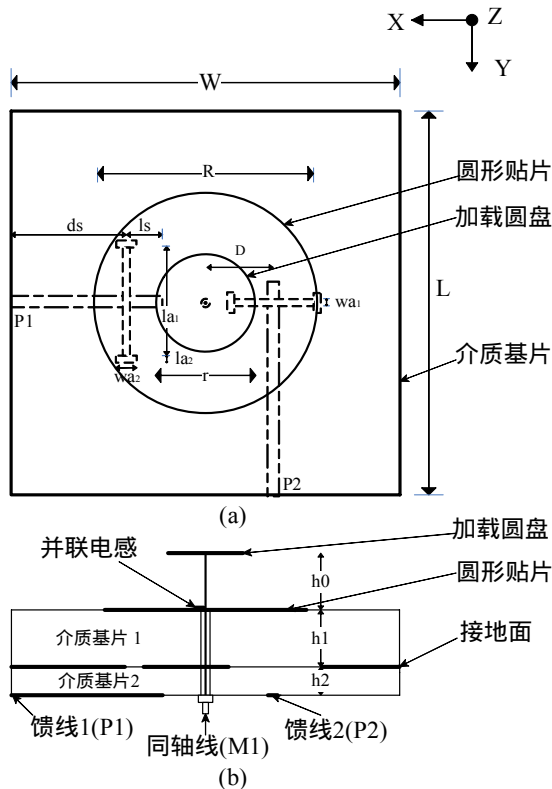


图1 三极化天线结构图。(a)俯视图(b)侧视图

由于圆形贴片上激励起的两个正交模式在贴片中心处的电场皆为零，所以可以在双极化圆形贴片中心处加入短路销钉或其它的短路条件而不对两个正交模产生影响。我们提出的设计方案正是利用了这种短路边界条件，将一根同轴线从贴片中心点穿过。同轴线的外导体同时与接地平面和双极化圆形贴片单元相连。同轴线的内导体和一个圆盘加载的单极子天线相连。这个单极子天线激励起的电场和Z轴平行。在单极子天线的工作模式中，双极化圆形贴片被用作大地。

本发明采用了加载单极子天线而不是四分之一波长单极子天线作为辐射单元，从而有效地减小了单极子的高度。在2.6GHz的工作频率，四分之一波长单极子天线需要29mm的高度，传统的加载单极子天线通常也有15mm的高度。

为了保证共形的要求，本发明采用的加载单极子天线的高度为5mm。随着加载单极子天线高度的

降低，加载圆盘和大地之间的等效并联电容值开始增加，从而导致加载单极子天线的端口匹配恶化。

为了抵消等效并联电容的影响，本发明在天线输入端引入了1.5nH的并联电感，使并联电感、电容构成的谐振电路在天线的工作频段内谐振而抵消，从而实现了纯阻特性的天线输入阻抗。

天线的具体尺寸如图1所示，图1a和图1b分别是天线的俯视图和侧视图。整个天线体积为94mm\*94mm\*10.8mm。介质基板1的介电常数为2.6，介质基板2的介电常数为4.5。两个介质层由W，L，R，h1和h2定义，“H”型缝隙由ds，ls，la1，la2，wa1，wa2，D定义，加载单极子天线由h0，r定义。实际天线的设计参数如下：W=L=94mm，R=40mm，h1=5mm，h2=0.8mm，h0=5mm，r=15.6mm。端口1：ds1=32.5mm，ls1=7mm，la1=17mm，la2=2mm，wa1=1mm，wa2=4mm。端口2：ds2=47mm，ls2=8.8mm，la1=11.4mm，la2=2mm，wa1=1mm，wa2=4mm，D=12.3mm。

双极化圆形贴片激励起平行于X，Y轴的两个正交方向的电场，加载单极子激励起了平行于Z轴方向的场，故该天线形成了三个方向的极化。

### 3 天线的实测结果及分析

图2给出了天线实测的反射系数，可以看到各端口反射系数小于-10dB的带宽范围测量结果分别如下：S11（单极子端口M1）带宽2.38-2.59GHz，S22（端口P1）带宽2.38-2.62GHz，S33（端口P2）带宽2.40-2.61GHz。

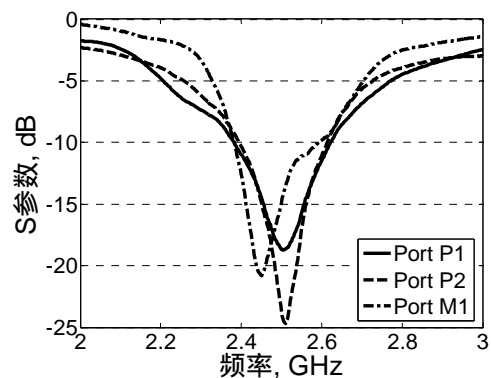


图2 三端口反射系数实测曲线

图3给出了天线三端口间实测的隔离度。可以看出，端口P1和端口M1的隔离度在带宽范围内小于-16dB，端口P1和端口P2的隔离度在带宽范围内

小于-30dB，端口P2和端口M1在带宽范围内小于-40dB。测量结果表明，槽耦合馈电三极化天线的三个端口相互隔离效果理想，均可以独立工作。

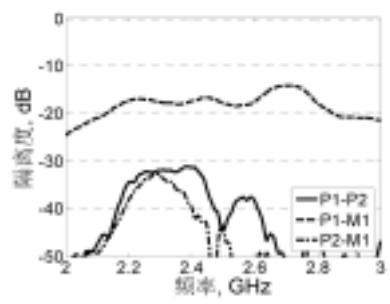
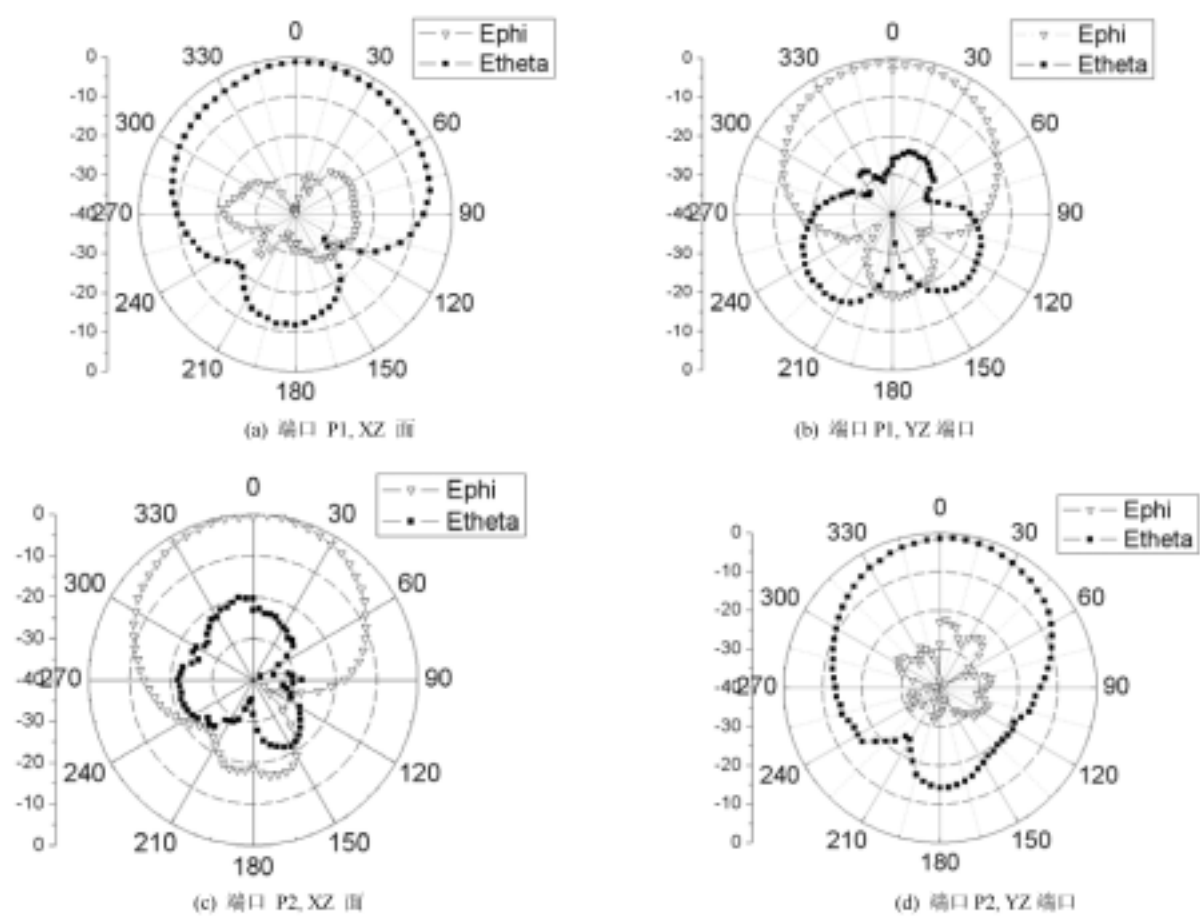
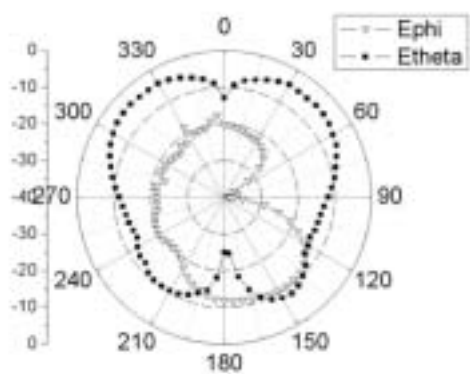


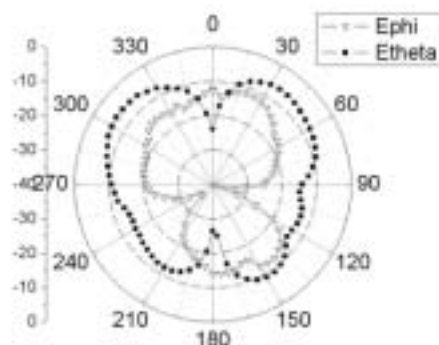
图3 任两端口的隔离度在频带范围的变化曲线

图4为各端口实测方向图。为了便于方向图的比较,所有的方向图都进行了相应的归一化。图(a)(b)为端口P1的XZ、YZ面方向图。从结果图中可知，在XZ面内 $E_{\theta}$ 大于 $E_{\phi}$ ，而在YZ面内， $E_{\phi}$ 大于 $E_{\theta}$ ，则说明端口P1辐射的电场平行于X轴。端口P2的XZ、YZ面方向图为图(c)(d)，也可以看出端口P2辐射的电场与Y轴平行。图(e)(f)所示为端口M1的XZ、YZ面方向图。从实测结果可以看出，无论在XZ面还是YZ面，端口M1的 $E_{\theta}$ 都大于 $E_{\phi}$ ，说明端口M1的电场为平行于Z轴方向。可见天线有三个正交的极化模式。





(e) 端口 MI, XZ 面



(f) 端口 MI, YZ 面

图4 各端口的实测方向图

## 4 结论

本文设计并制造了一种新型的三极化共形天线，通过在圆形贴片上加载圆形贴片单极子的方法来实现三个正交方向的极化。研究了该天线的特性并进行了实际验证，实测数据和理论分析非常吻合。三个端口的带宽均大于-190MHz，天线的各端口隔离度分别大于-16dB、-30dB和-40dB。此种三极化共形天线外形隐蔽、占用空间少、提高系统容量的优点可以在无线移动通信领域广泛应用。

## 参考文献

[1] A S Konanur, K Gosalia, S H Krishnamurthy, B Hughes, G Lazzi., Increasing wireless channel capacity through MIMO systems employing co-located antennas, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques,

2005, 53(6): 1837-1844,.

- [2] Itoh, K., Watanabe, R., Matsumoto, T., Slot-monopole antenna system for energy-density reception at UHF, Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, July 1979, Vol. 27, pp.485-489
- [3] Das, N.K., Inoue, T., Taniguchi, T., Karasawa, Y., An experiment on MIMO system having three orthogonal polarization diversity branches in multipath-rich environment, Vehicular Technology Conference, 2004. VTC2004-Fall. 2004 IEEE 60th, Sept. 2004, Vol. 2, pp. 1528-1532
- [4] Gray, D., and Watanabe, T., Three orthogonal polarization DRA- monopole ensemble, Electronics Letters, May 2003, Vol. 39, pp 766-767

作者简介：钟华 女，硕士生，主要研究方向为电磁场与微波，包括微带天线，极化天线等；张志军 男，教授、博导，主要研究领域为移动天线、阵列天线、电波传播；陈文华 男，助理研究员；冯正和 男，教授、博导，主要研究领域为智能天线技术、微波毫米波技术、电磁场理论与数值方法、无线数字通信，时空信号处理，微波测量等。

## 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>