

# 一种共面波导馈电的分形缝隙宽带天线

任 帅, 张广求, 吴启铎

(解放军信息工程大学, 河南 郑州 450002)

**摘要:**结合共面波导馈电和分形天线的优点,设计了一种共面波导馈电的正六边形分形缝隙天线。选择正六边形分形缝隙结构,采用渐变的共面波导馈电,不仅拓宽了阻抗带宽,而且实现了天线的小型化。通过计算测量,对天线的阻抗特性、增益和方向图进行了研究。实验表明,此分形缝隙天线的阻抗带宽达到89%,并且在整个工作频段内具有良好的辐射方向特性。

**关键词:**共面波导; 分形天线; 宽带; 小型化

中图分类号: TN822 文献标识码: A 文章编号: 1000-8829(2010)05-0086-04

## A CPW-Fed Fractal Slot Wideband Antenna

REN Shuai, ZHANG Guang-qiu, WU Qi-duo

(PLA Information Engineering University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** As to the advantages of CPW (coplanar wave-guide) and fractal antenna, a hexagon slot antenna is designed, which is excited by CPW. The hexagon fractional slot structure is chosen, the gradually changed CPW feed is adopted. Not only the bandwidth of matched impedance is expanded, but also the antenna's miniaturization is realized. Through numerical simulation, a research is taken on the impedance, gain, radiation plot of the antenna. The experiment results show that the impedance bandwidth reaches 89%, and appear good radiation properties in the whole working bandwidth.

**Key words:** CPW(coplanar wave-guide); fractal antenna; wideband; miniaturization

近年来,无线通信系统迅猛发展,个人通信设备的发展目标是在全球范围内实现任何时间、任何地点的图片、语音和数据通信。这表明今后的通信天线终端需要具有宽频带、小型化、低剖面等特点。具有分维维自相似性的分形天线结构以其多频带、小尺寸的特点具有不可比拟的优势。目前已经出现了很多关于分形宽频带小型化天线的技术研究报道<sup>[1-4]</sup>,文献[3]中作者引用树状分形,通过调整3个角度参数,达到70%的相对带宽。文献[4]中提出的三阶Sierpinski方形微带天线,由于引入分形增加了天线的谐振点,使天线带宽得到进一步展宽。

除了分形技术以外,关于共面波导馈电的宽带缝隙天线也有大量的相关报道。文献[5]中提出的共面波导方形缝隙天线的宽带设计,阻抗带宽达到60%,而且所设计的天线相当简单。文献[6]中设计的天线,阻抗带宽达到57%,但天线结构要求比较精确,对

制造工艺要求较高。文献[7]中首次提出了基于共面波导馈电的分形Koch偶极子天线,显示了分形技术在缩小天线尺寸中的优势,但忽略了对天线带宽的影响,相对带宽只达到9%。在文献[8]中,共面波导馈电的Koch缝隙天线不但实现了小型化,而且阻抗带宽也达到了52%。

本设计对文献[9]中的天线进行了改进,在原有结构的基础上运用分形实现正六边形缝隙的二次迭代,并采用共面波导馈电,便于电路集成。

## 1 天线结构

图1为设计的天线结构图,天线制作在相对介电常数为4.4,厚度h为1mm的FR-4基板上。整个介质板尺寸为60mm×70mm( $L=70\text{ mm}$ ,  $W=60\text{ mm}$ ),天线其他相关参数的尺寸如下: $a=8.2\text{ mm}$ ,  $b=31\text{ mm}$ ,  $c=3\text{ mm}$ ,  $d=27.72\text{ mm}$ ,  $s=2\text{ mm}$ ,  $ss=4\text{ mm}$ ,  $k=5\text{ mm}$ 。共面波导采用渐变馈电以满足输入阻抗为 $50\Omega$ 的要求,缝隙为正六边形分形迭代结构。此迭代以正六边形为初始单元,按照4:1的缩放比例对初始单元进行自相似迭代,正六边形的迭代构造过程如图2所示。

收稿日期: 2009-10-20

作者简介: 任帅(1982—),男,硕士研究生,主要研究方向为分形天线与数值计算。

万方数据

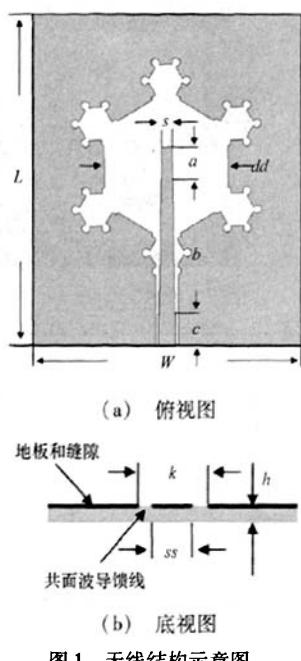


图1 天线结构示意图

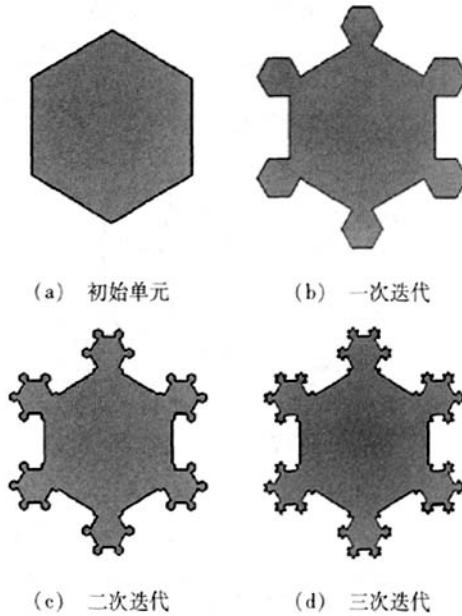


图2 正六边形单元迭代生成过程

由图2可以看出,一次迭代后再按照4:1缩放,重叠正六边形6个角上的小六边形即可实现二次迭代,但随着迭代次数的增加,天线的仿真计算量急剧增大,制作复杂度相应增加,且天线性能已不能得到明显改善。所以图1中天线结构取二次迭代的正六边形单元,观察其对天线性能的影响。

## 2 设计原理与仿真测量

分形理论的自相似性决定了分形天线电流分布具  
万方数据

有相似性,这种不同电尺度下电流分布的相似性决定了分形天线将会产生多个谐振频率,对于宽频带和多频带的设计产生重要作用。而分形理论的空间自填充性可以增加电流分布长度,与普通的天线相比,分形结构天线在占据相同的空间尺寸下可以进一步拓展低频部分的带宽,实现天线的小型化。通过仿真计算,图3给出了驻波比仿真结果,由图中可以看出,驻波比VSWR≤2的阻抗带宽接近90%,覆盖了2.1~5.5GHz的频率范围,具有良好的宽带特性。

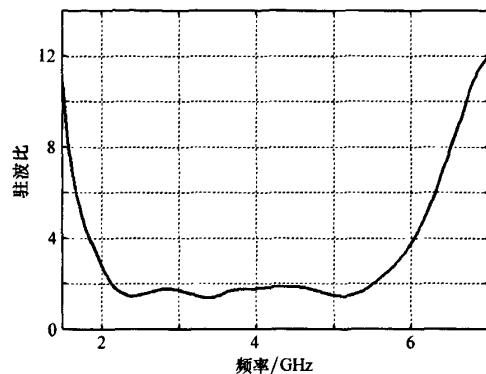


图3 天线的驻波比仿真结果

图4给出4个频率点的表面电流分布情况,可以看出表面电流除了在共面波导馈线处分布外,其余基本在缝隙边缘流动。由于表面电流是沿着缝隙边缘分布,故增加缝隙边缘长度应该能增加表面电流分布的电长度,这就为降低天线的中心频率提供了依据。根据分形迭代原理,假设初始单元正六边形边长为a,迭代缩放比值为P,经过n次迭代后,分形缝隙周长约为

$$A_n = \sum_{i=0}^n 6 \times a \times (6 \times p)^i$$

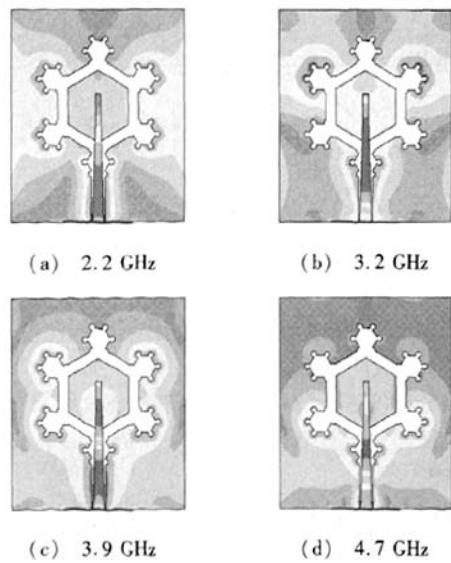


图4 天线表面电流分布图

通过基本的代数运算可以看出,当迭代次数  $n$  趋于无穷大时,角上的最小正六边形边长趋于 0,而分形缝隙的周长将趋于无穷大。缝隙周长的增加,形成新的等效电长度来满足低频点的等效谐振条件,从而极大地降低了天线的工作频率。

为了更好地说明分形在天线宽频带、小型化中的作用,笔者对未加分形的初始单元进行了仿真研究,通过对对其馈电参数的调整,达到了阻抗匹配。天线结构及回波损耗对比如图 5 所示。从图中可以明显地看到初始单元只有两个谐振频率点,使用分形结构后天线谐振点增加至 3 个,且天线的工作频率明显降低,带宽下限由 4 GHz 降低到 2.1 GHz,相对带宽从 77% (4~9 GHz) 增加到 89% (2.1~5.5 GHz),验证了分形的引入实现了天线的宽频带、小型化。

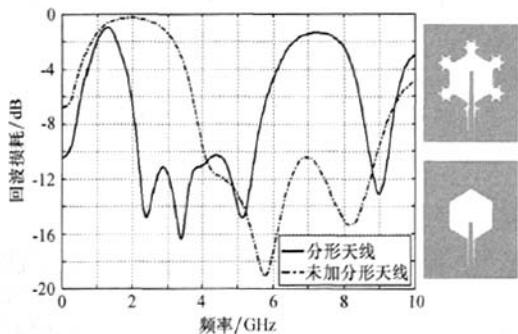


图 5 天线结构与回波损耗对比图

图 6 为分形天线的仿真增益图,在工作频率范围内平均增益达到 5 dB,满足了性能要求。

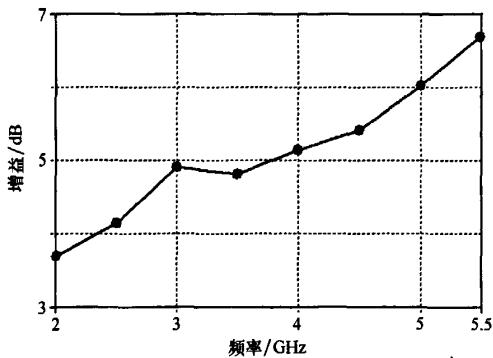


图 6 天线的仿真增益

根据上述的研究结果,实际制作了天线实物,如图 7 所示。天线端口的驻波比值使用 Agilent 8722ET 矢量网络分析仪进行测量,测量结果和仿真结果如图 8 所示。从图中可以看出测量结果和仿真结果基本吻合。

天线方向图的外场测量结果如图 9 所示,从图中可以看出,2.4 GHz、3.6 GHz 和 4.8 GHz 频率点的测量值与仿真值基本一致。

万方数据

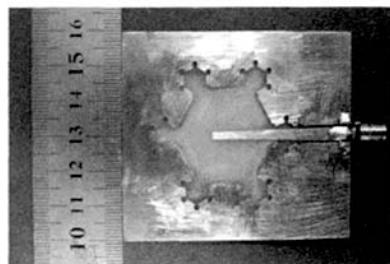


图 7 天线实物图

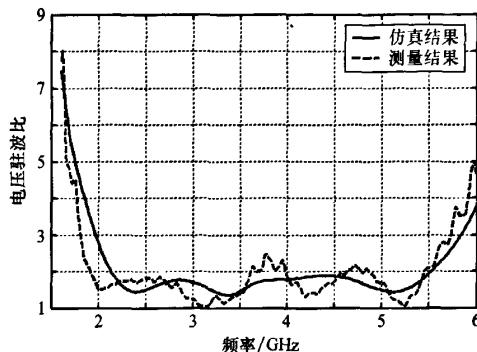
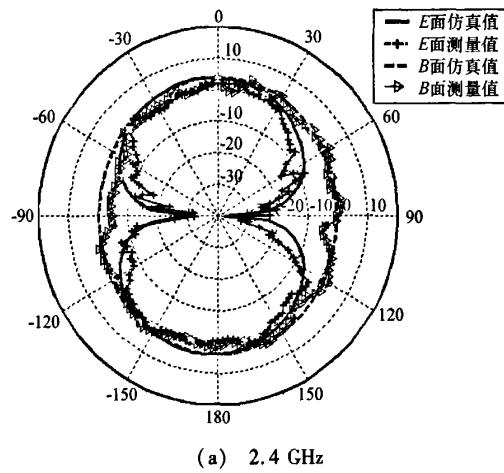
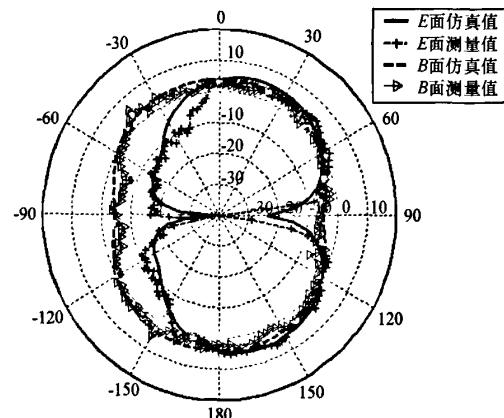


图 8 天线的仿真与测量驻波比值



(a) 2.4 GHz



(b) 3.6 GHz

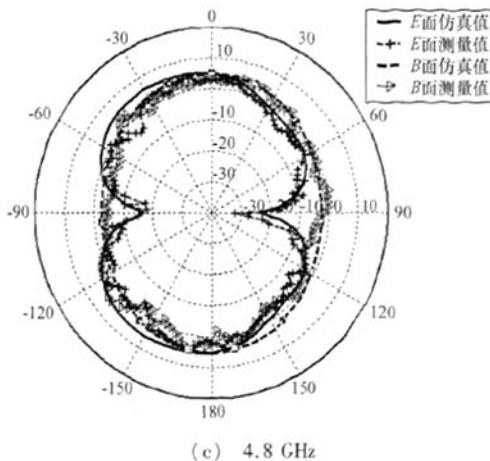


图9 天线方向图仿真与测量结果

### 3 结束语

在分形技术与宽缝隙结构结合的基础上,设计仿真了一种共面波导馈电的宽带分形缝隙天线,分析了其表面电流的分布情况。仿真测量结果表明,该天线具有89%的阻抗带宽,在工作频带内(2.1~5.5 GHz)有较好的辐射方向图,同时由于在缝隙中使用分形迭代结构使得天线尺寸缩小了近50%。随着无线通信技术的快速发展,分形天线的小型化及宽频带优势将具有更加广阔前景。

#### 参考文献:

[1] Felber P. A literature study:fractal antennas [M]. USA: Illino-

- nois Institute of Technology,2000-12.
- [2] 宋小弟,冯恩信,傅君眉,等.分形天线工程及其新进展[J].无线通信技术,2008,17(2):48~54.
- [3] Park J K,An H S,Lee J N. Design of the tree-shaped UWB antenna using fractal concept [J]. Microwave and Optical Technology Letters,2008,50(1):144~150.
- [4] 周会兰,崔振刚,姜弢.一种采用分形技术的超宽带天线设计[J].应用科技,2007,34(1):9~12.
- [5] Chiou J Y,Sze J Y,Wong K L. A broad-band CPW-fed strip-loaded square slot antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation,2003,51(4).
- [6] Bhobe A U,Holloway C L,Ptket-May M,et al. Wide-band slot antennas with CPW feed lines: Hybrid and log-periodic designs [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation,2004,52(10):2545~2554.
- [7] Anagnostou D E,Chryssomallis M T,Lyke J C,et al. A CPW koch dipole slot antenna [A]. IEEE Topical Conference on Wireless Communications Technology [C]. 2003,10:15~17.
- [8] Jahanbakht M,Lotfi Neyestanak A A,Naser-Moghaddasi M. Coplanar waveguide wideband fractal Koch antenna [J]. Microwave and Optical Technology Letters,2008,50(8):936~939.
- [9] Eskandari H,Azarmanesh M. A novel broadband design of a printed hexangular slot antenna for wireless applications [J]. Journal of Electromagnetic Waves and Applications,2008,22(8~9):1273~1282.

### 高性能、简单集成是 GE 新型加固视频跟踪器的核心

2010年4月6日,GE智能平台推出ADEPT5000高性能加固型多对象视频跟踪器。通过使用创新技术可实现尖端跟踪性能,如可抑制杂波的先进的基于签名的预处理器,更好地识别对象和背景以及多对象跟踪引擎。

使用标准格式载波卡带来的超简单集成节省了时间、精力、成本并降低了项目风险,ADEPT5000为主要的承包商、集成商和原始设备制造商提供可持续的竞争优势。ADEPT5000大约重54 g,是加固的小轻型设备,并节省大量用电,适合部署在各种应用和恶劣环境中。ADEPT5000自动视频跟踪器在一系列军事和航空光电系统应用中的实时对象检测和跟踪上进行了优化。无论融入空对地、地对地、地对空还是海军光电系统,ADEPT5000核心的改良算法均可实现对所有对象的有效检测和跟踪。

远距离识别对象需要大量因素的协助,包括更好的光学、精确的平台动态和高分辨率传感器。ADEPT5000本身通过最新的数字接口支持高清视频,包括红外和可见光谱。

一旦获得这些信号,先进的预处理器可就杂波、水汽、灰尘的严重程度以及其他困难环境中识别固态和移动对象。

这些信号经过先进算法,进行跟踪路径分析,优化具体的运行方案。

ADEPT5000先进的图形叠加利用熟悉的行业标准、现成的PC开发工具来减少学习曲线并最大程度地发挥生产效力。强大的彩色图形渲染和合成硬件支持灵活且清晰的输出。

新型多对象跟踪管理器具有适应性,应对对象利用地面特点使视线模糊或部署圈套迷惑跟踪系统的情况。它可在大量对象采取协同机动逃逸时作出识别,处理交叉对象和暂时模糊对象并使操作人员能够决定对象优先级。

除高性能和简单集成外,ADEPT5000还提高了处理能力和算法,从而具备自主决策能力。内置的各种自动功能减少了运行复杂性和操作人员的工作量,无需在高压情况下依靠手指灵活性和手眼协调性。ADEPT5000使用简单结构化途径,通过传感器格式自动检测、快速启动应用模式和基于上下文设置组合降低集成时间和成本等特性来减少集成时间和复杂性。它可用于各种使用相同功能核的封装,在硬件架构的基础上将单一集成过程用于拥有不同需求的多种应用。□

## 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，一直致力于专注于微波、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>