

# 基于 RFID 的分形天线的设计与研究

姜宇, 孙岳忠, 杨帆

(哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院, 哈尔滨 150001)

**摘要:**针对工作在微波频段的RFID系统的要求,提出了一种双频分形微带天线。天线工作的中心频率分别为915 MHz和2.45 GHz,采用Vicsek分形结构。仿真结果表明,天线具有良好的性能,保证了理想的回波损耗,满足了RFID天线的要求。实现了天线的小型化、宽频带的要求,有较好的应用前景。

**关键词:**RFID; Vicsek 结构; 分形天线

中图分类号:TN821

文献标识码:A

文章编号:1672-0946(2012)03-0313-04

## Design and research of RFID fractal antenna

JIANG Yu, SUN Yue-zhong, YANG Fan

(School of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

**Abstract:** According to work in microwave band of RFID system requirements, this paper presented a double - band fractal microstrip antenna. This antenna adopted Vicsek fractal structure met with 915 MHz and 2.45 GHz. Simulation result showed that antenna had good performance and ideal loss band width, and met the requirement of RFID system. This antenna had great potential in practical application.

**Key words:** RFID; Vicsek structure; fractal antenna.

射频识别(RFID, Radio Frequency Identification)技术是一种利用射频方式进行非接触双工通信,进而实现识别目标并相互传递信息的技术。RFID技术相比传统的识别技术具有许多优势,比如:可以实现定向的远距离读写信息,而无需可视目标;工作不受环境恶劣的影响;可以同时与多目标进行通信;存储容量大;可以对目标进行空间定位等等。近年来,随着通信技术的迅猛发展,RFID技术已经成为继互联网之后,信息技术领域里的又一场技术革命<sup>[1-2]</sup>。配合逐渐兴起的云计算和物联网等技术,RFID已成为物联网的核心技术之一<sup>[3]</sup>。目前,我国在超高频和微波频段的RFID设备还主要依赖进口,实力还相对弱,在我国最新颁布的“十二五”规划中,微波段的RFID技术被明确为国

家发展的重点,国家将在相关领域里追加大量投资。因此今后几年,RFID技术在我国将有很大的发展和应用前景。

当前的RFID系统主要应用在LF、HF(13.56MHz)、UHF和微波频段。天线的原理和设计在各个波段上有着较大的不同。实质上,由于RFID技术在低频段中,电磁波的传播的方式与高频段明显不同,天线设计的难点主要还是集中在微波频段中<sup>[4-5]</sup>。本文主要针对微波频段的RFID天线的设计。近年来对于RFID天线的设计和研究开始多了起来,对于RFID天线性能提高与改进的需要愈加强烈。同时这类研究对于RFID系统的构建和应用也具有较高的理论意义和实用价值。

本文将分形理论中的Vicsek结构引入到RFID

收稿日期:2011-12-05。

基金项目:国家自然科学基金项目(60901014)。

作者简介:姜宇(1974-),博士,副教授,硕士生导师,研究方向:宽带微波网络技术及通信信号处理。

天线的设计中,提出了一种改进型的 Vicsek 双频分形微带天线,实现了天线的小型化设计并得到了良好天线指标,符合 RFID 系统天线的要求。

## 1 分形天线结构设计

### 1.1 分形原理

1975 年, Mandelbrot 首次提出了分形理论,其原意本来是指不规则的、互相分离的物体。在其出版的《自然界的分形几何》中,首次将分形的概念公之于众,进而传遍全球。分形理论简单地来说,是指具有某种特定类型的,自相似性的图形或结构。自相似性是指局部与整体相似,局部中又有与之相似的单元,每一细化的单元中包含的细节已经可以涵盖整体的全部细节。这种经过不断重复部分的无穷嵌套,形成了奇妙的分形图案,它不但遵从严格的几何相似性,而且包含通过大量的概率统计而得到的自相似性<sup>[6]</sup>。分形理论的特点就是无限的自相似性<sup>[7]</sup>。

分型理论中的维数是指,假设一个分形结构由  $n$  个相似的单元的组成,那么其中每一个小单元都是整体的  $1/m$ ,则分形维数定义为<sup>[8]</sup>。

$$D = \log_m n = \frac{\ln n}{\ln m} \quad (1)$$

$D$  被称作相似性维数。维数可以取整数,也可以取小数。维数有很多分类,如 Hausdorff 维数等等<sup>[9]</sup>,但是大部分的维数的分类都是基于尺度  $L$  进行的划分与量度,都运用了与之相类似的方法进行测量:既忽略尺寸小于  $L$  时细节的不规则性,并观察当  $L$  趋于 0 时,这些测量值会发生怎样的变化<sup>[10-12]</sup>。

在多数情形下,分形天线可以用非常简单的方法定义,可以由变化的迭代来生成。由于分形结构具有自相似的特点,利用分型理论这一基本特性可以大大提高天线的性能。由于他在不同的尺寸下仍然相似,从而可构成天线的多频段辐射特性。国内近年来研究较多的分形模型有 Minkowski 结构, Koch 结构和 Sierpinski 结构<sup>[13]</sup>。本文采用 Vicsek 分型结构,并对其进行改进,以满足 RFID 天线小型化,宽频带的要求<sup>[14]</sup>。

分形天线的分析方法有很多,应用最广泛的是矩量法,但是计算量较大。随着计算电磁学的迅猛发展,FDTD 和有限积分法在天线数值计算方面也得到了较多的应用。现在大多数情况下,一般对于分形天线都采用比较成熟的商业软件进行仿真。本文仿真软件采用 CST MWS(CST 微波工作室 CST

Microwave Studio)。CST MWS 是成立于德国的 CST 公司开发的一款电磁场仿真软件。广泛的用于仿真天线、RCS、滤波器、谐振腔、EMC 等领域中。

### 1.2 Vicsek 分形结构

匈牙利的 Vicsek 提出了一种分形方法,将一个正方形分成九个相同的小正方形,去掉四角上的四个小正方形,而保留剩余的部分。无限重复上面的步骤,得到图 1(A)所示的图形。类似的,将一个正方形九等分后,只保留四个角的上小正方形,其余的去掉,这样得到的结构如图 1(B)所示。这两种结构都被称为 Vicsek 结构。

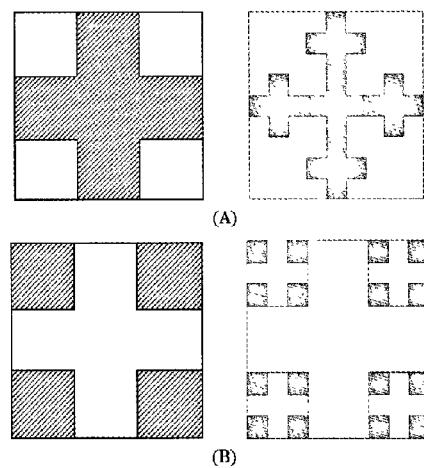


图 1 两种形式的 Vicsek 分形结构

传统的分型结构应用在天线中,天线的性能,例如回波损耗带宽等在仿真中总是与理想中有所差距。为了提高天线的性能,本文对 Vicsek 结构做了适当的改进,选取图 1(A)的形式,将原先周围四个正方形跟中间的相连的形式,变形为图 2(A)所示的结构,将中间的部分变大,进一步得到 2(B)所示的改进型 Vicsek 分形结构。

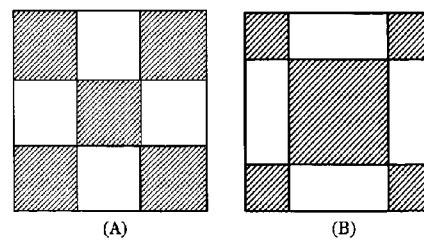


图 2 改进型 Vicsek 分形结构

要求设计的天线的两个频段中心频率分别为900 MHz和2.45 GHz。当正方形宽度为50 mm左右、中间方块宽度为30 mm左右时,改进型 Vicsek

天线容易在两个设定的工作频率附近实现谐振。馈电方式采用背馈式。图3为改进型 Vicsek 天线在 CST 中的模型图。

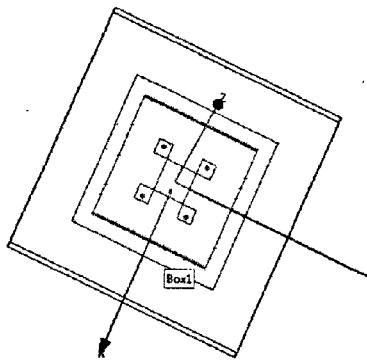


图3 改进型 Vicsek 天线在 CST 中的模型图

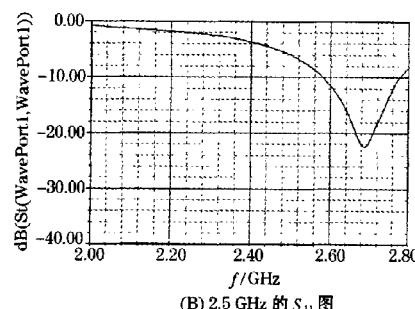
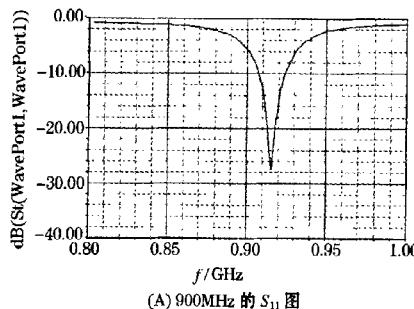


图4 Vicsek 分形天线  $S_{11}$  图

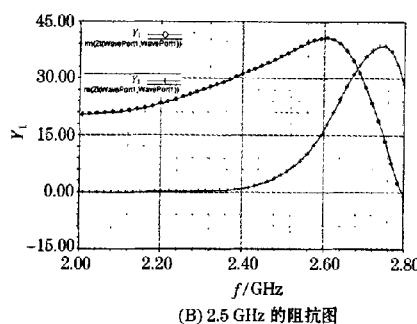
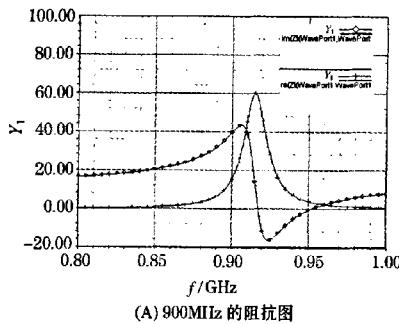


图5 Vicsek 分形天线的阻抗图

观察 Vicsek 分形天线的  $S_{11}$  图和阻抗图,可以得出:天线在两个频段内有谐振点,工作的中心谐振频率分别为  $f_1 = 0.9$  GHz,  $f_2 = 2.5$  GHz;在两个

频带的 10 dB 回波损耗分别达到 20、190 MHz。较传统分形天线的性能有了一定的提高。

## 2.2 天线辐射场方向图与驻波比

在915 MHz与2.45 GHz两个频率对其天线辐射场方向图仿真,图6以及图7即为仿真结果。低频915 MHz天线H面辐射状态良好,而在高频2.45 GHz时天线性能稍有下降,基本满足RFID系统天线的要求。

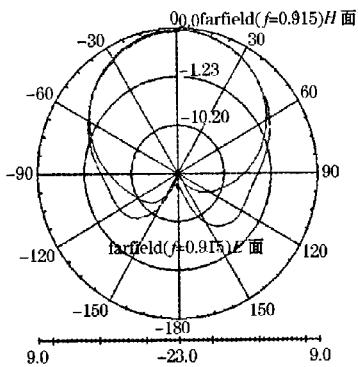


图6 915 MHz天线辐射场(E面和H面)

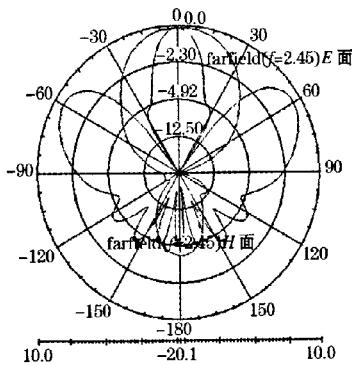


图7 2.45 GHz天线辐射场(E面和H面)

电压驻波比VSWR为图8所示。当Vicsek分形天线中心频率在915 MHz时,VSWR的工作带宽为11.5%。Vicsek分形天线中心频率在2.45 GHz

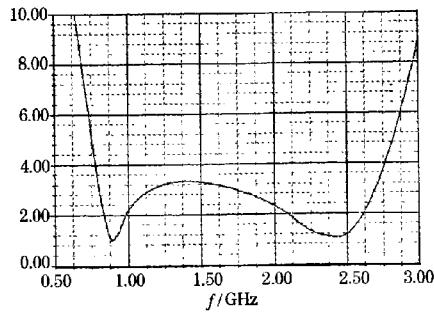


图8 仿真结果VSWR

时,VSWR的工作带宽为18.2%。从图8中可以看出满足微波段RFID系统的要求,相对传统分形天线有了一定的提高。

### 3 结语

本文针对微波频段的RFID系统的要求,提出了一种改进型的Vicsek分形天线,工作频率在915 MHz和2.45 GHz,当工作频率915 MHz时,VSWR的工作带宽为11.5%,当中心频率在2.45 GHz时,VSWR的工作带宽为18.2%,得到了较理想的回波带宽,满足了RFID天线的要求。本文为今后对RFID分形天线的继续研究打下了良好的基础。

### 参考文献:

- [1] 宁焕生. RFID与物联网:射频、中间件、解析与服务[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [2] 张均,刘克诚,张贤铎,等. 微带天线理论[M]. 北京:国防工业出版社,1988.
- [3] 刘培涛,李英,王坚,等. 一种小型宽频带矩形微带天线在无线通信中的应用[C]//2004年全国第十届微波集成电路与移动通信学术年会,西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [4] 周晓光,王晓华,王伟. 射频识别(RFID)系统设计、仿真与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [5] 康东,石喜勤,李勇鹏,等. 射频识别(RFID)核心技术与典型应用开发案例[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [6] 占腊民,董天临. 分形天线的特性与应用[J]. 无线电通信技术,2003,29(1):53-55.
- [7] 齐东旭. 分形及其计算机生成[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [8] PIETRONERO LUCIANO. Fractals in physics [M]. Amsterdam:North - Holland, 1986.
- [9] 刘英,冀书喜,傅德民. 分形天线的研究进展[J]. 电波科学学报,2002,17(1):32-33.
- [10] AHN D, PARK J S, KIM C S, et al. A Design of the Low-Pass Filter Using the Novel Microstrip Defected Ground Structure[C]//IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., 2001(1):86-93.
- [11] GONZALO R, MAAGT P, SOROLLA M. Enhanced Patch-Antenna Performance by Suppressing Surface Waves Using Photonic-Bandgap Substrates[J]. IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 1999(11):2131-2138.
- [12] LIU H, LI Z, SUN X, et al. Harmonic suppression with photonic bandgap and defected ground structure for a microstrip patch antenna[C]//IEEE Microw. Compon. Lett., [S. l.]:[s. n.], 2005:55-56.
- [13] 葛德彪,闫玉波. 电磁波时域有限差分方法[M]. 西安:电子科技大学出版社,2002.
- [14] 姜宇,杨帆,孙岳忠,等. 基于GDS的三频PIFA设计[J]. 哈尔滨商业大学学报:自然科学版,2012,28(1):62-65,71.

## 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>