

# 平面螺旋天线的设计与实现

陈小娟,袁乃昌

(国防科技大学微波中心,湖南长沙410073)

**摘要:**平面阿基米德螺旋天线具有极宽的工作频带,然而其匹配平衡电路的宽频带实现则较难,尤其是在加反射腔以使其单向辐射时。在4~6GHz范围内仿真并实际制作出了用于某S波段雷达系统单向辐射的平面螺旋天线,给出了设计参数值、仿真结果及实测结果。

**关键词:**阿基米德螺旋天线;宽频带;巴仑;反射腔

**中图分类号:**TN823.31 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-0401(2004)04-0031-03

## Design and implement of a planar spiral antenna

CHEN Xiao-juan, YUAN Nai-chang

(Microwave center, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Planar Archimedean antenna can work in a very wide band, while the wideband matching network is difficult to be implemented, especially in adding a reflecting cavity to get a unidirectional radiation. In this article a unidirectional radiating spiral antenna is modeled on HFSS between 4GHz and 6GHz and then is made to work in an S-band radar system, and the design parameters, simulation results and on-the-spot test are also given.

**Key words:** Archimedean antenna; wideband; balun; reflecting cavity

## 1 引言

阿基米德螺旋天线<sup>[1]</sup>是一种宽频带天线,因其结构紧凑、尺寸小、重量轻而得以广泛应用。图1所示为一两臂阿基米德螺旋天线,如果两臂等幅反相馈电,可在宽频带内获得双向的圆极化辐射,并且在很宽的频带内天线的输入阻抗不变。在天线平面的上方为右旋圆极化,下方为左旋圆极化,在天线背部加一反射腔则可得一单向圆极化辐射的天线。该天线近些年在电子战领域得到广泛的重视<sup>[2,3]</sup>,主要原因是其宽频带特性正好满足雷达对抗的需求。本文巧妙地利用反射腔作为四分之一波长巴仑,并调节内同轴介质的长短以获得宽频带内的平衡及匹配,效果良好。

## 2 工作原理

阿基米德螺旋天线的半径随角度的变化均匀地增

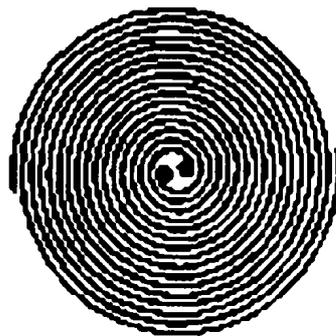


图1 两臂阿基米德平面螺旋天线

加:

$$r = r_0 + a\phi \quad (1)$$

式中, $r_0$ 是起始半径, $a$ 是螺旋增长率, $\phi$ 是角度(弧度)。但是不可能像非频变天线要求的那样按式(1)使其结构缩比到无限小。因此,对高端频率有所限制。但是,若用一根平衡馈线从平面螺旋中心馈电,那么馈电点附近,由大小相等方向相反的电流产生的辐射场在远区互相抵消,在螺旋的周长接近一个波长时有最

收稿日期:2004-06-29

作者简介:陈小娟(1977-),女,江苏如皋人,国防科技大学电子科学与工程学院硕士研究生,主要从事微波电路、天线等领域的研究。

大辐射。由文献[4]知周长为 $\lambda$ 的圆环上的行波电流将辐射圆极化波,因此,在周长为一个波长附近的区域,形成平面螺旋的主要辐射区。当频率变化时,主要辐射区随之变动,方向图基本不变。因此,天线具有宽频带工作特性。对应最低频率天线要有 $1.25\lambda_{\max}$ ,对最高频率,由馈电点间隔尺寸决定,其间隔必须小于 $\lambda_{\min}/4$ 。

为了避免电流在螺旋最外层的边沿上反射,通常在最外层螺旋线的末端端接吸收电阻或吸收材料。这样螺旋线上是行波电流,它产生的是圆极化波。如果存在从末端反射回馈电点的电流,它辐射的是反相圆极化波。平衡馈电的巴仑可放在反射腔内,这样可避免方向图倾斜并可以用同轴线馈电。

### 3 设计与实现

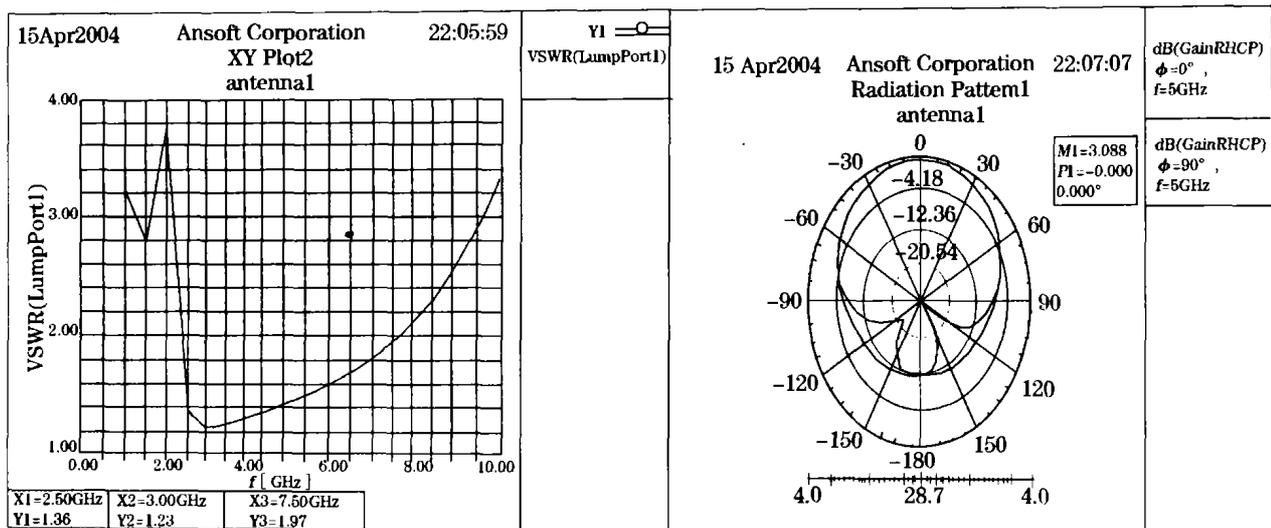
工作中我们选择自互补天线,即天线臂宽与间隔相等。对于自互补结构的的天线,由巴俾涅原理知其输入阻抗为 $60\pi\Omega$ ,如衬底介电常数为 $\epsilon_r$ ,则输入阻抗为 $60\pi/\sqrt{(\epsilon_r+1)/2}$ 。文中取 $\epsilon_r=4.6$ ,基片厚度 $h=1\text{mm}$ ,这样天线的输入阻抗 $Z_0=112.6\Omega$ 。天线直径 $D=35\text{mm}$ ,馈电点间距 $d=4\text{mm}$ , $a$ 取0.19。天线尽量绕

密以增加有效辐射的圈数,提高增益,并且天线方向图不至于抖动厉害,本文中天线绕13圈,线宽和间距都为0.3mm。

由于需要获得单向辐射,所以需要一反射腔,考虑到增益问题,本文腔体内部不填充吸波材料。本文中取腔长为中心频率点波长的四分之一,馈电为同轴馈电,采用内导体直径1mm、外导体内径4mm、填充介电常数为2.2的聚四氟乙烯的同轴(特性阻抗 $50\Omega$ ),如直接馈电则驻波将大于2,显然不希望如此。考虑到该尺寸空气介质同轴线特性阻抗为 $83\Omega$ ,如在 $Z_0$ 与 $50\Omega$ 之间加一段 $83\Omega$ 同轴线将会使驻波可调至最佳1.2左右,且此种结构较易实现,通过调节聚四氟乙烯填充的长度即可完成对天线的匹配。馈电匹配装置位于反射腔的轴线上,这样同轴线的外导体的外壁与反射腔的内壁则又构成一扼流式平衡器,可以有效地对天线起到平衡作用。

设计初期,笔者使用HFSS进行了仿真,图2为仿真结果。

由图2可以看出,在2.5~7.5GHz频率范围内驻波比小于2,方向图形状较好,增益为3dB。图3为实际测试结果,在4~6GHz范围内驻波小于1.5,方向图对称性较好。实测结果与仿真结果相吻合。



(a) 驻波曲线

(b) 方向图曲线

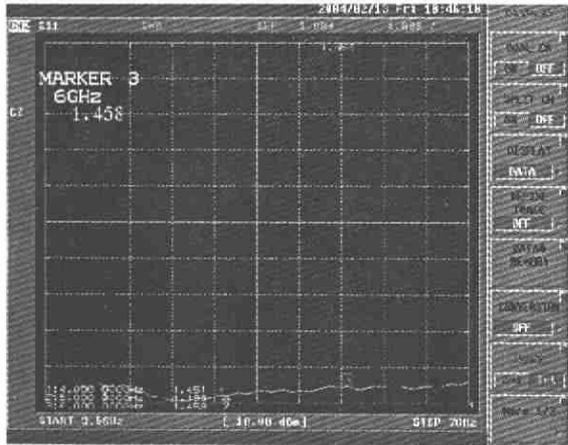
图2 HFSS 仿真结果

### 4 结论

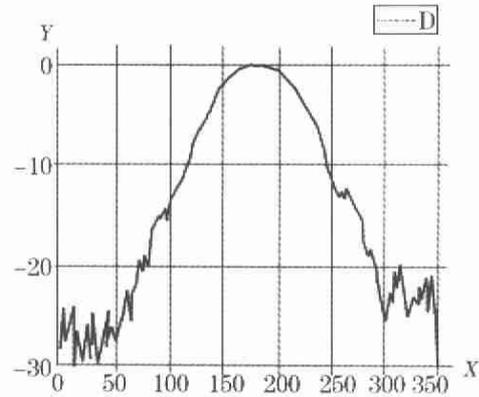
本文仿真并研制出了单向辐射的宽频带工作的阿基米德螺旋天线,如图4所示。该天线在4~6GHz工作频带内驻波小于1.5,增益大于2dB,方向图对称性好,轴比小于2dB。

#### 参考文献:

- [1] Kaiser. The Archimedean Two-wire Spiral Antenna [J]. IRE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, 1960(5).
- [2] Takashi Iwasaki. A Unidirectional Semi-circle Spi-

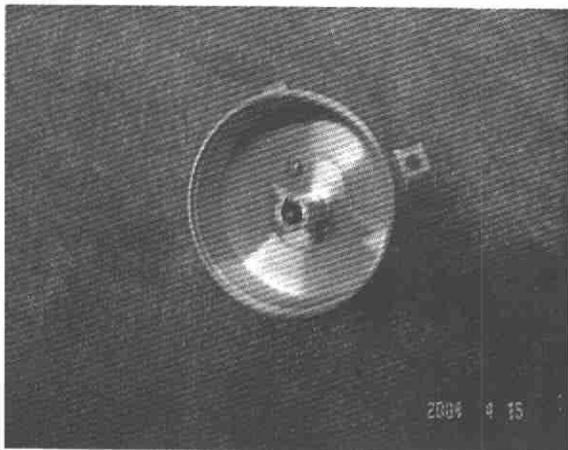


(a) 驻波曲线

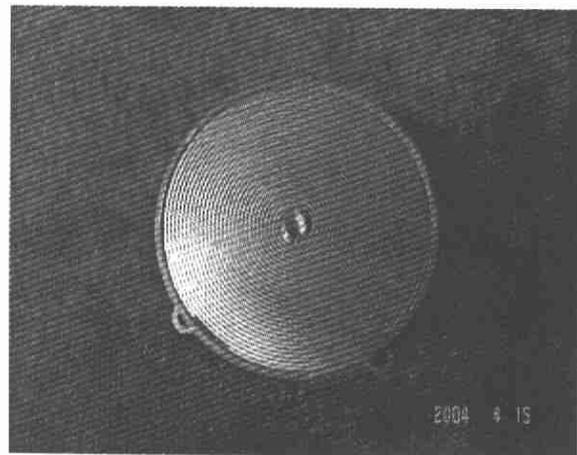


(b) 方向图曲线

图3 实测结果



(a) 馈线及反射腔



(b) 装配后的天线

图4 成品照片

ral Antenna for Subsurface Radars [J]. IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, 1994, 36(1).

[3] 滕秀文. 电子战用平面螺旋天线[J]. 电子对

抗, 1990(3).

[4] 刘克成, 宋学诚. 天线原理[M]. 北京: 国防科技大学出版社, 1989. 5.

## 征 稿 启 事

本刊欢迎有价值的相关学术论文投稿。来稿请按标准论文格式编排并给出文章的中图分类号。附图要求简洁,图字均用小五宋,激光打印。并附:英文题目、摘要和关键词,第一作者的个人简介(出生年、性别、出生地、职称、学位和现从事的工作),详细的通信地址和电话。来稿请附软盘文件或通过压缩附件用E-mail发送过来。

为了杜绝学术腐败,维护科学的严肃性,严禁抄袭、一稿多投。来稿将在一个月内给予答复。稿件一经刊用,即付稿酬,并赠送当期样刊。

通信地址:南京市319信箱《雷达与对抗》编辑部(邮编210003)

电子信箱:post@cnradar.com

电 话:025-58592715

《雷达与对抗》编辑部

## 射频和天线设计培训课程推荐

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,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 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。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



### 射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

### ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

## CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



## 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,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.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>



### 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并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
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,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>