

# 新型超宽带天线设计

张 焰 邱景辉 杨彩田

(哈尔滨工业大学电子与信息工程学院,哈尔滨 150001)

**摘要** 设计一种新型超宽带全向天线。采用交叉结构改善了单极子天线方向图发生分裂的问题。提出了一种多圆嵌套的天线外形曲线,有效地改善了在工作频带内的阻抗匹配特性。在 CST 软件中建立天线模型,并进行仿真和优化。制作实物并测试,结果显示天线在(0.47—25.5)GHz 频带内,反射系数优于 -10 dB,带宽比达到了 53:1。全工作频带内方向图稳定,H 面不圆度小于 5 dB。在电磁环境监测、超宽带通信以及脉冲雷达领域,具有重要的应用价值。

**关键词** 超宽带 天线 交叉结构 全向辐射

中图法分类号 TN828.8; 文献标志码 A

超宽带天线是信息战中电子对抗的关键设备,而且在通讯及冲激雷达等领域获得了广泛的应用。因此设计一种结构简单、性能良好的超宽带天线具有重大的现实意义。稳定的辐射模式,平坦的带内增益和近似线性的相位变化是超宽带天线设计的重要指标和难点。近年来年来获得了广泛的重视。超宽带天线按照最大辐射方向可分为定向超宽带天线和全向超宽带天线。常见的定向超宽带天线形式主要包括螺旋天线、超宽带喇叭天线、对数周期天线和渐变槽缝天线等<sup>[1-3]</sup>,其中螺旋天线具有工作带宽大、尺寸小等优点,但这类天线馈电网络设计复杂,相位中心不固定,传输时域信号会出现较严重的失真<sup>[3]</sup>;槽缝天线具有加工简单、成本低、增益高和定向性好等优点,成为定向超宽带天线的研究热点和主要应用形式。此外长缝隙超宽带天线由于其低纵向尺寸、方向图稳定等优点,最近也获得了广泛的关注。全向超宽带天线的主要结构形式是双锥天线及其演变结构,如泪滴天线、蝶形天线、单极子天线等<sup>[4,5]</sup>。双锥天线相位中心稳定,但尺寸较大,加工难度高等缺点限制了其应用范围。蝶形天线是双锥天线的平面结构,其工作带宽不如后者,高频时方向图分裂为双向辐射,主要用于探

地雷达等领域。单极子天线由于其高辐射效率,超宽的工作频带和抑郁加工等优点成为当前主流的全向天线结构。但是同蝶形天线相似,由于辐射元为平面结构的限制,在频率升高时方向图将发生分裂<sup>[6]</sup>。

本文以圆片单极子天线为基础,设计了一种新型的对称结构天线,具有 53:1 的带宽比,H 面方向图保持稳定,E 面主辐射方向保持在水平方向。制作了实物并测试,测试结果与仿真结果一致。

## 1 天线结构

天线结构如图 1 所示,由对称的两组交叉结构的单元构成。每一个单元包括 4 片金属片,它们以轴线为中心,在空间每隔 45° 放置。金属片形状由两个半径不同的圆弧组合形成,其中大圆弧半径 100 mm,小圆弧半径 30 mm。天线通过直径为 3 mm 的同轴线馈电,同轴线通过一个单元的轴线与另一单元连接,馈电距离为 0.5 mm。天线整体尺寸高 220 mm。

## 2 天线设计与仿真

天线模型的建立和辐射特性仿真在基于有限积分法的 CST 软件中完成。根据 CST 中网格设置的要求,并考虑仿真结果正确性,这里只对 25 GHz 以下的频率进行了仿真。图 2 给出了天线反射系数的仿真结果,结果显示在(0.46—25)GHz 频带内天

2012 年 2 月 15 日收到 国家自然科学基金(61171063)资助  
第一作者简介:张 焰(1986—),黑龙江人,硕士研究生,研究方向:  
超宽带天线等。

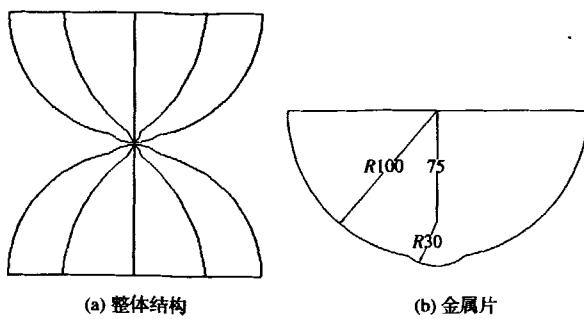


图 1 天线结构

线反射系数小于  $-10$  dB, 且该天线可以工作于更高的频率。大小圆的嵌套结构改善了阻抗从馈电点到自由空间的圆滑过渡。反射系数在工作频带内平滑, 大部分小于  $-15$  dB, 显示出了优越的超宽带特性。

图 3、图 4 分别给出了天线的 E 面和 H 面的辐射方向图仿真结果, 频点为  $0.5$  GHz,  $4$  GHz,  $12$  GHz,  $24$  GHz。仿真表明, 天线的 E 面最大辐射方向为水平方向并在工作频带内保持不变。天线结构对称, 表面电流也呈现对称分布, 上下两个单元距离水平面上的点位置相同, 其产生的辐射场因相位延迟相同而获得增强。H 面方向图保持稳定, 不圆度小于  $5$  dB。圆片天线在频率升高时会变成定向辐射, 本设计采用的半圆片交叉结构很好的改善了辐射方向图的稳定性。构成单元的金属片等角度放置, 使表面的电流在空间中轴对称分布, 因而在远场的水平圆周内获得幅度近似相同的辐射场。

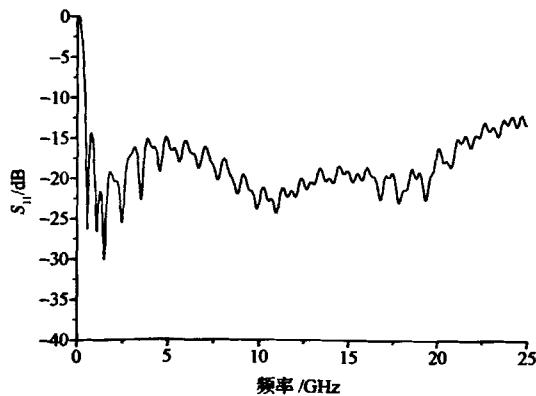


图 2 反射系数仿真

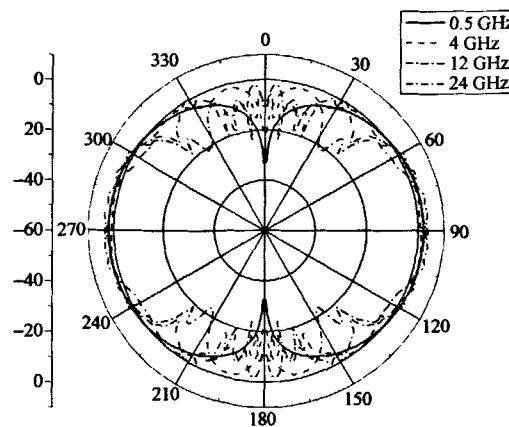


图 3 E 面方向图仿真

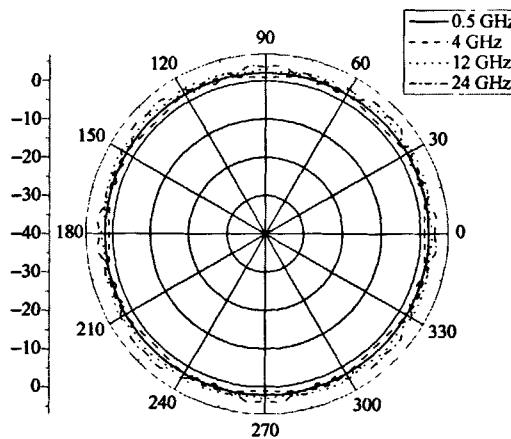


图 4 H 面方向图仿真

### 3 天线加工与测试

根据仿真模型尺寸, 选用厚度为  $0.3$  mm 的铜板制作了该新型天线。图 5 给出了天线的实物图, 其中白色为塑料支撑结构。在微波暗室中采用安捷伦 E8363B 矢量网络分析仪进行天线性能测试。图 6 给出了天线的反射系数测试结果, 测试结果显示天线在  $(0.47-25.5)$  GHz 频带范围内, 反射系数优于  $-10$  dB。与仿真结果保持了较好的一致性。部分频点产生的变化推测是由手工加工的精度限制和多余的焊锡造成额外的谐振造成的。

### 4 结 论

在圆片单极子天线基础上, 设计并制作了一种

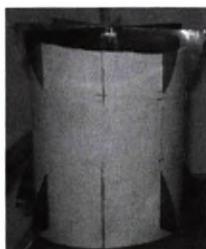


图5 天线实物图

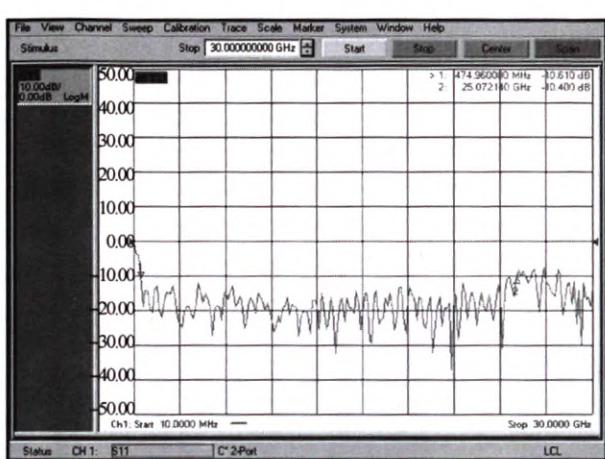


图6 反射系数测试图

新型超宽带全向天线。采用交叉结构改善了单极子天线方向图发生分裂的问题。提出了一种多圆嵌

套的天线渐变曲线,有效的改善了在工作频带内的阻抗匹配特性。测试结果表明,在(0.47—25.5)GHz频带内天线反射系数优于-10 dB,带宽比达到了53:1。在工作频带内保持了稳定的水平全向的辐射特性,H面不圆度小于5 dB。在电磁环境监测、超宽带通信以及脉冲雷达领域,具有重要的应用价值。

#### 参 考 文 献

- 1 Maloney J G, Smith G S. Optimization of a conical antenna for pulse radiation: an efficient design using resistive loading antennas and propagation. *IEEE Transaction on*, 1993; 41(7):939—940
- 2 Schantz H G. Ultra-wideband technology gains a boost from new antennas. *Antenna Systems and Technology*, 2001; 4(1):25—26
- 3 Lestari A A, Yarovoy A G, Lighthart L P. Adaptive wire bow-tie antenna for GPR applications. *IEEE Transactions Antennas and Propagation*, 2005; 53(5): 1745—1754
- 4 Yang t, Suh SY, Nealy R. et al. Compact antenna for UWB applications. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 2004; 19: 16—20
- 5 Amert A K, Whites K W. Miniaturization of the biconical antenna for ultrawideband applications. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2009; 57:3728—3735
- 6 Wong K L, Chi Y W, Su C M, et al. Band-notched ultra-wideband circular-disk monopole antenna with an arc-shaped slot. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2005; 45:188—191

## Design of Novel Ultra-wide Band Antenna

ZHANG Yang, QIU Jing-hui, YANG Cai-tian

(School of Electronics and Information Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, P. R. China)

**[Abstract]** A novel ultra-wide band antenna is proposed. The cross structure and composite circular curve were investigated to improve both the impedance bandwidth and radiation patterns. The proposed antenna was modeled and simulated in CST software. The results demonstrate that the antenna can work well in(0.47—25.5)GHz, with return loss better than -10 dB. The radiation patterns of the proposed antenna keep stable within the whole band. Out-of-roundness of the H plane is better than - 5 dB. The proposed antenna shows great value in the fields of ultra-wide band communication systems and radar systems.

**[Key words]** ultra-wide band antenna cross structure omni-directional radiation

## 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>