

# 应用 FDTD 方法研究超宽带平面单极子天线

潘胜伟 李增瑞 姜文波

(中国传媒大学, 北京 朝阳区, 100024)

**摘要:** 本文提出了一种新型超宽频带单极子天线, 利用时域有限差分算法 (FDTD) 编程对其进行了仿真, 给出了其时域和频域的仿真结果。该天线具有超宽频带 (1.3GHz~11.6 GHz), 其绝对阻抗带宽达到了 8.92:1, 且结构简单、馈电方便、低交叉极化。

**关键词:** 时域有限差分方法 超宽带 低交叉极化 平面单极子天线

**中图分类号:** TN822+.8

## Analysis of ultrawide-band planar metal-plate monopole antenna using FDTD method

PAN Sheng-wei LI Zeng-rui JIANG Wen-bo

(Communication University of China, Chaoyang Beijing 100024, China)

**Abstract:** In this paper a ultrawide-band planar metal-plate monopole antenna is studied, which is analyzed by the Finite Difference Time Domain Method (FDTD), and the simulation results are presented. The monopole antenna studied shows a very wide impedance bandwidth of about 10.3GHz (about 1.3~11.6 GHz, bandwidth ratio about 8.92:1). The studied antenna has properties of simple structure, ultrawide-band, easier to feed and low cross-polarization level.

**Key words:** FDTD Ultrawide-Band Low cross-polarization Planar monopole antenna

### 1 引言

超宽带(UWB)技术作为一种无线通信技术, 在高分辨率超宽带雷达、探地雷达、精确定位系统等方面已有广泛的应用<sup>[1]</sup>, 近一段时期以来, 该技术在短距离室内高速无线通信方面的应用受到了人们的关注。按照 FCC 的规定, 将 3.1GHz~10.6GHz 之间 7.5GHz 的频段分配给超宽带无线通信业务使用。而 UWB 天线的设计与研究则是超宽带通信的关键技术之一。因此近年来这一类天线的研究一直是天线与电波传播领域的一大热点。由于使用场合的限制, UWB 天线应当具有尺寸小、成本低、易于加工集成的特性<sup>[2]</sup>。由于天线的发射信号是纳秒级的脉冲信号, 所以在电气指标上不仅需要满足输入端反射特性、辐射方向性图、增益等频域指标, 还需要满足时域脉冲形状的保真度要求。从结构上看, 这类天线多采用平面单极子天线, 如圆形、椭圆形、多边形单极子等<sup>[2]</sup>。为展宽频带还可通过加短路点、采用斜劈结构等措施。

FDTD 作为一种研究方法有许多优点, 如通过一次时域计算即可得到天线参量的宽频带信息, 因此, 本文在研究文献[3]所介绍的超宽频带方形平面单极子天线的基础上, 提出了一种新型的超宽频带平面单极子天线, 该天线的辐射单元为正方形金属板切去两个角, 采用一种三叉戟

形状的带状馈线馈电。并在此基础上采用 FDTD 算法对其进行了仿真。

### 2 天线结构

本文提出的平面单极子天线结构如图 1 所示。馈线为宽度均为 2mm 的金属板带, 地板为一个 150mm×150mm 的金属板, 馈线通过地板中心的圆洞与 50Ω 的 SMA 同轴连接器相连接。

优化后天线的具体尺寸为  $L=40\text{mm}$ ,  $L_1=28.5\text{mm}$ ,  $L_2=11.5\text{mm}$ ,  $t_1=17\text{mm}$ ,  $t_2=25\text{mm}$ ,  $h=3.5\text{mm}$ ,  $d=1.0\text{mm}$ 。

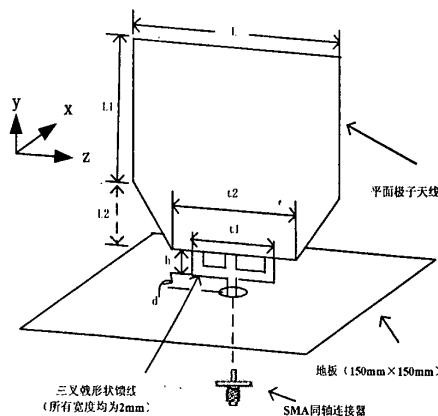


图 1

### 3 FDTD 算法的具体实现

减小时域有限差分法计算误差的关键,第一是对所研究的对象进行适当的空间网格划分,选择适当的激励信号,根据所选的激励信号确定空间和时间步长<sup>[4]</sup>;第二是设置良好的吸收边界条件,使其更好的模拟天线辐射的无界空间。

本文极子天线的激励设置在馈线起始端与地板之间,如图 2 所示。为了模拟电压源激励,

本文采用形式为  $E_i(t) = \exp\left(-\frac{(t-t_0)^2}{T^2}\right)$  的高

斯脉冲作为激励信号,改变高斯脉冲的宽度可以得到所需的频谱分量。模拟超宽带天线(3.1GHz~10.6GHz)时为  $T = 40\mu s$ 。馈电处的模型采用带有内阻的电压源<sup>[5]</sup>,如图 3 所示在馈电处引入内阻可以减少使计算稳定所需的时间步。为了提高计算精度,本文采用的是 Gedney (1996 年)提出的各向异性介质完全匹配层(PML)作为吸收边界。

为了精确模拟天线的结构,空间步长设为  $\Delta x = 1.0\text{mm}$ ,  $\Delta y = 0.5\text{mm}$ ,  $\Delta z = 0.5\text{mm}$ ,总网格数为  $188 \times 127 \times 338$ ,激励信号采用高斯脉冲  $V(t) = e^{-(t-t_0)^2/T^2}$ ,  $T = 40\mu s$ ,  $t_0 = 3.1T$ ,时间步长设为  $\Delta t = 1.0 \times 10^{-12}\text{s}$ ,PML 选为 10 层。

FDTD 法可以得到域内任意一点处场随时间变化波形,根据观察天线馈电端点处时域波形图 4 可判断 FDTD 法的计算是否达到稳定状态。由于此天线结构较简单根据实际计算由图 4 可知只需达到 1800 步就能使计算的场量稳定。

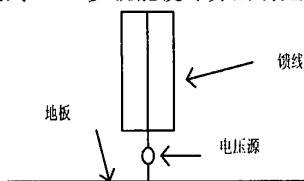


图 2

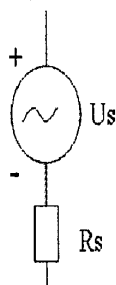


图 3 带内阻的电压源

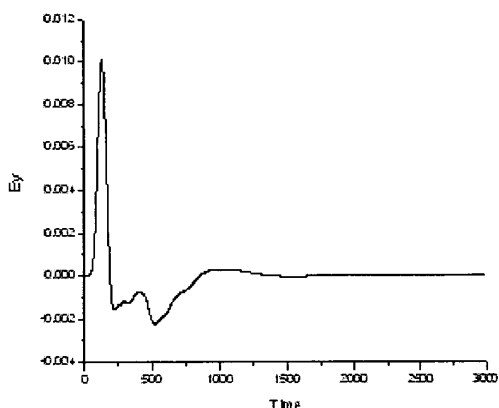


图 4 天线馈电端点处时域波形

### 4 仿真结果

仿真所得回波损耗和在 2G、5G、10G 的方向图如图 5、6、7、8、9、10、11、12、13、14 所示,从图中可以看出天线的回波损耗在 1.3GHz~11.6 GHz 段均小于 -10dB,天线的工作带宽 ( $|S_{11}| < -10\text{dB}$ ) 为 1.3GHz~11.6 GHz,其绝对带宽达到了 8.92:1,且由方向图可以看出其交叉极化分量很小,显示该天线具有良好的超宽带特性。

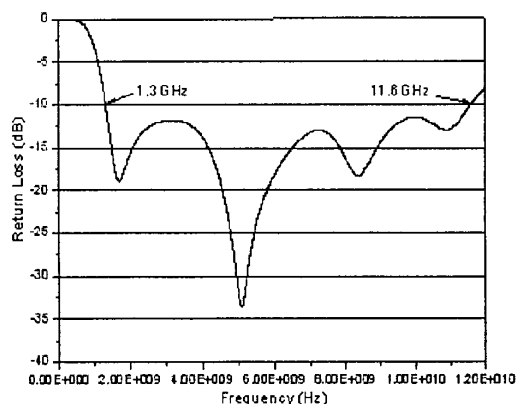


图 5 利用 FDTD 法仿真得到的天线的回波损耗

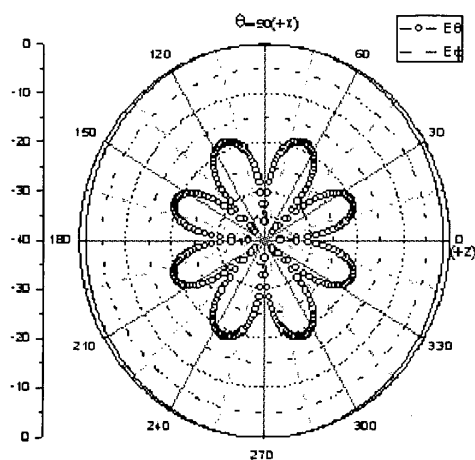


图 14 2.0GHz 处 xoz 面方向图

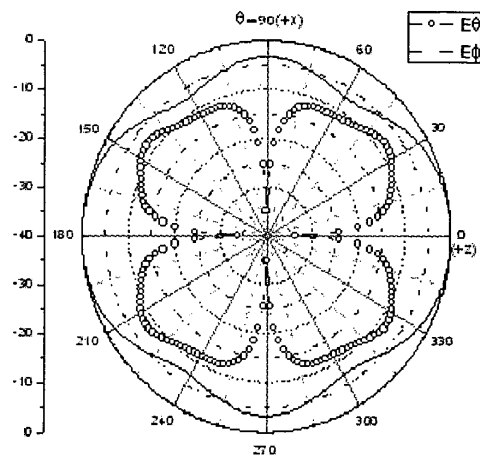


图 6 5.0GHz 处 xoz 面方向图

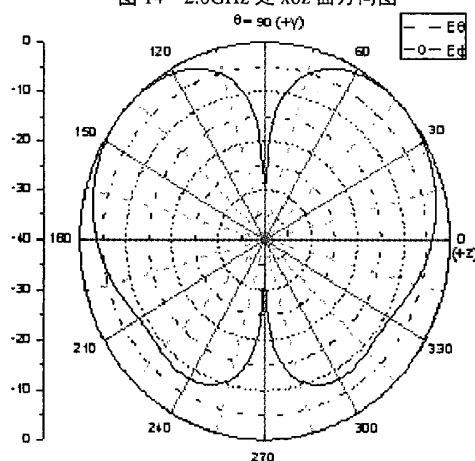


图 14 2.0GHz 处 yoz 面方向图

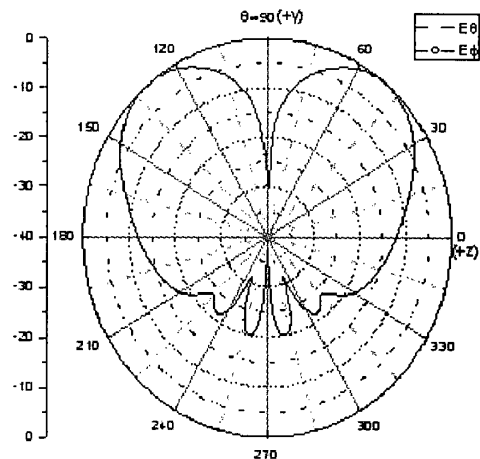


图 7 5.0GHz 处 yoz 面方向图

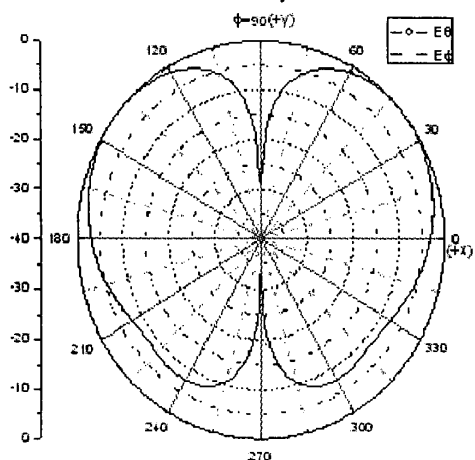


图 14 2.0GHz 处 xoy 面方向图

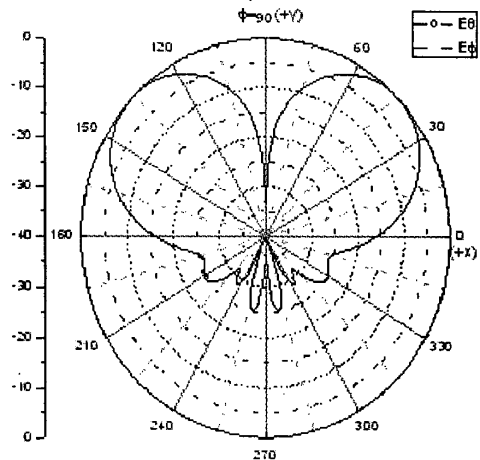


图 8 5.0GHz 处 xoy 面方向图

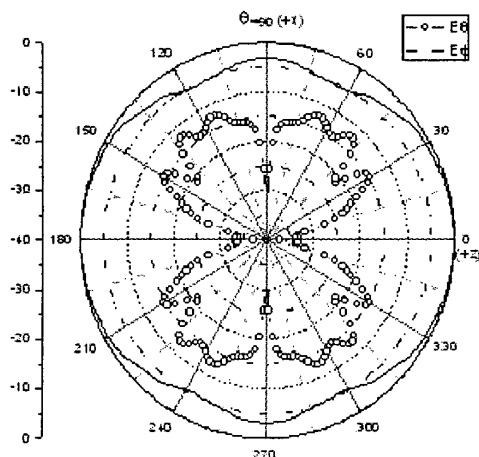


图9 10GHz处 xoz 面方向图

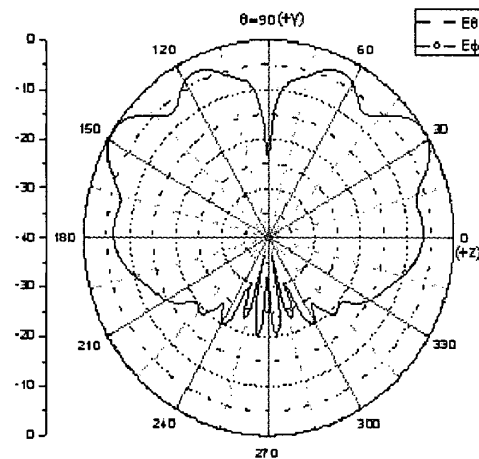


图10 10GHz处 yoz 面方向图

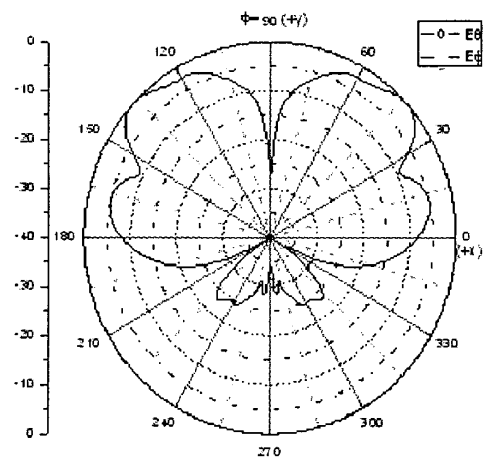


图11 10GHz处 xoy 面方向图

## 5 结论

利用 FDTD 模拟平面单极子天线的电磁结构是一种较好的方法,它可以模拟较为复杂的各种馈线的电磁结构,相对于其它数值方法,有着明显的优越性。本文提出了一种新型超宽频带平面单极子天线,并使用 C++语言进行 FDTD 编程对其进行了仿真,仿真结果显示该天线具有良好的低交叉极化特性和超宽带特性。

### 参考文献:

- [1] 程 勇等. 一种小型平面超宽带天线的设计与研究. 电波科学学报, 2006年21卷4期.
- [2] Kin-lu Wong. Planar Antennas for wireless Communications [A]. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2003
- [3] Kin-Lu Wong. Ultrawide-Band Square Planar Metal-Plate Monopole Antenna With a Trident-Shaped Feeding Strip. IEEE Trans Antennas Propagation, VOL. 53, NO. 4, APRIL 2005.
- [4] 卢万铮等. 宽缝微带天线阻抗特性的时域有限差分分析. 微波学报, 1999年15卷4期
- [5] 葛德彪, 阎玉波. 电磁场时域有限差分方法. 西安电子科技大学出版社, 2005.

潘胜伟 (1983 - ), 男, 河南人, 硕士

## 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>