

文章编号: 1001-8360(2007)04-0057-03

一种 6~8 GHz 超宽带天线的设计分析

张春青^{1,2}, 王均宏^{1,2}

(1. 北京交通大学 全光网络与现代通信网教育部重点实验室, 北京 100044;

2. 北京交通大学 光波技术研究所, 北京 100044)

摘要: 设计印刷在有限大聚四氟乙烯板上的叶状偶极天线, 设计的工作频带是 6~8 GHz。应用结合完全匹配层(PML)技术的时域有限差分(FDTD)方法, 对天线的阻抗特性和远区辐射场的分布进行了研究。结果表明: 在没有任何加载的情况下, 与 50 Ω 喂线相连时, 在设计的主频带内, 其电压驻波比小于 1.6, 在几个不同频率点的辐射场方向图表现出良好的稳定性。该天线的特性能够满足超宽带的要求, 可用于无载波超宽带无线数据通信系统。

关键词: 超宽带; 叶状偶极天线; 阻抗特性; 辐射场方向图

中图分类号: TN822.8 文献标志码: A

Design and Analysis of the 6~8 GHz Ultra Wideband Antenna

ZHANG Chun-qing^{1,2}, WANG Jun-hong^{1,2}

(1. Key Lab of All Light Network & Advanced Telecommunication Network of EMC, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. Institute of Lightwave Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: A Leaf-like dipole printed on the finite Polytetrafluoroethylene plane with an operating frequency band of 6~8GHz is presented in this paper. The impedance characteristics and radiation field distribution characteristics are studied, by means of the finite difference time domain (FDTD) method combined with the perfect matched layer (PML) technique. Numerical results indicate that, when the 50 Ω feeding line is connected, the VSWR value is less than 1.6 in the main frequency band and the radiation pattern shows stable characteristics at several different frequency points. The proposed antenna has a wide-band frequency-domain response, and behaves well in the time domain as well, so this sort of antenna is adequate for the UWB system.

Key word: ultra wideband; leaf-like dipole; impedance characteristic; radiation pattern

超宽带(UWB)技术是基于无载波的无线通信技术, 这种技术的数据传输率非常高, 功率消耗却很低。自从 2002 年 UWB 技术被 FCC 批准可以民用以来, 受到商家和技术界人士关注。用于脉冲辐射和接收的超宽带天线设计是 UWB 系统中的一项关键技术。过去几年的研究表明, TEM 喇叭^[1]、贴片天线^[2]和开槽天线^[3]等可以作为超宽带天线使用, 其中贴片天线有轮廓低、重量轻、容易集成和制造成本低等优点, 在移动通信的应用中有潜在的优势。但是贴片天线的带宽比较窄, 一些研究者已经尝试做了增进带宽的工作, 电

阻加载^[4]和改变天线的形状^[5]是两类成功的尝试。电阻加载会降低天线的效率^[4], 本文尝试通过改变振子形状来增加带宽。FCC 批准商用的 UWB 系统可以工作在 3.1~10.6 GHz 的频带内, 虽然最早在通信领域中应用的 3~5GHz 和 6~8GHz 两个频带仍然是被广泛应用的两个频带^[3]。本文设计了一种能够工作在 6~8 GHz 的超宽带天线, 它是印刷在有限大聚四氟乙烯板上的叶状偶极天线。应用时域有限差分(FDTD)法和完全匹配层(PML)技术对天线进行了计算, 计算结果显示, 天线不做任何加载的情况下, 在 6~8 GHz 内, 天线的电压驻波比小于 1.6。天线在工作频带内的不同频率点, 辐射场方向图表现出良好的稳定性。

收稿日期: 2006-07-04; 修回日期: 2006-10-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(60471053);

教育部优秀青年教师资助计划(1946)

作者简介: 张春青(1971—), 女, 山东冠县人, 讲师。

E-mail: chunqing_zhang@126.com

1 理论分析和计算方法

1.1 理论分析

天线辐射脉冲的拖尾效应是天线上电流反射造成的,对于偶极天线,沿着振子臂快速改变的电容是产生电流反射和阻抗失配的重要原因之一^[6]。沿着振子向末端的方向加粗振子臂可以补偿分布电容,是减小反射的一个可行方法。双锥天线就是这种补偿方法的成功例子,可是双锥天线的体积比较大,并且不容易集成到系统中,有些研究者将其改造为锥板天线,方便了系统的集成。根据对偶极天线上电流分布和偶极子双臂上分布电容的研究,作者认为纺锤形天线可以沿着振子臂部分的补偿分布电容,在这种天线上的电流反射也应该比较小^[6]。为了将天线方便地应用在移动通信系统中,本文对纺锤形天线进行平面化处理,得到了叶状偶极天线。与锥板天线相比较,这种天线在横向的尺寸大为减少。

1.2 计算方法

结合完全匹配层(PML)技术的时域有限差分(FDTD)方法在电磁计算中得到广泛应用,本文也采用FDTD方法对设计天线进行了计算。在FDTD迭代过程中,时间步长按 $\Delta t = \Delta s/(2c)$ 选取, Δs 取 Δx 、 Δy 和 Δz 三者之中的最大值, c 是自由空间的光速值,时间步长的设置满足FDTD方法中对时空关系的要求,即 $\Delta t < \Delta s/\sqrt{3}c$ ^[7]。

为验证本文所用程序的正确性,用本文的程序计算文献[8]中线形偶极振子的侧向辐射场,将计算结果与文献[8]中的结果进行比较,所取的参数与文献[8]相同。需要说明的是:文献[8]中的天线振子是半径为6.74 mm的圆柱,本文用FDTD方法计算时,所用天线为正方形截面的棱柱,该棱柱的截面积与文献[8]中

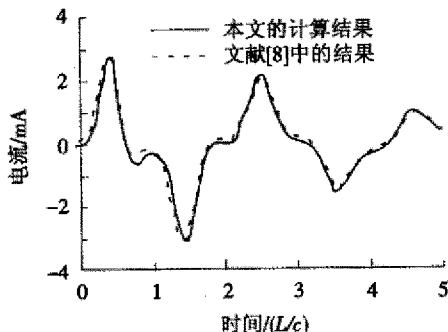


图 1 两种方法计算的天线电流比较

的圆柱天线的截面积相同。图 1 为两种计算方法得到的天线上电流的波形,实线是利用本文方法计算出的

结果,虚线是文献[8]中的结果(图中 c 为光速)。可见,本文方法得到的结果与文献[8]的结果一致,说明本文方法和应用程序是正确的。

2 计算结果和讨论

图 2 给出叶状偶极天线结构。优化的参数是:天线的振子 $l=34.65$ mm, $w=26.4$ mm,馈电点之间的距离是3.3 mm。基底是介电常数为2.65的聚四氟乙烯板,在X、Y、Z方向的尺寸分别是59.4 mm、1.6 mm、112.2 mm。 $w_1=w_2=16.5$ mm, $l_1=l_2=19.8$ mm。数值模拟中,天线放置于XOZ面。选取的长方体网格尺寸为 $\Delta x=\Delta z=1.65$ mm, $\Delta y=1.6$ mm,实际所取步长值为0.003 175 ns。

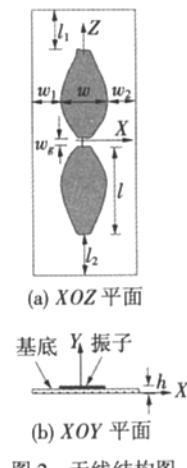


图 2 天线结构图

天线的阻抗特性和辐射方向图是反映天线性能的

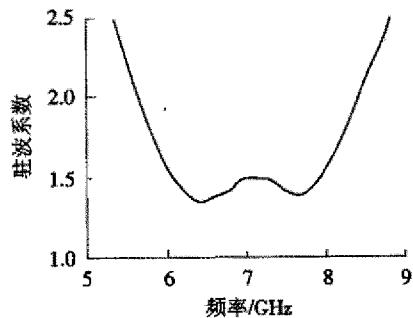


图 3 电压驻波比

重要指标。从图 3 可以看出,在 6~8 GHz 的频带内,电压驻波比在 1.6 以下。说明这种叶状偶极天线的阻抗带宽满足 UWB 的要求,在这个带宽内与 50 Ω 的馈线之间有良好的匹配。这也从图 4 给出的回波损耗值中得到进一步的印证,在设计的主频带内回波损耗在-13dB 以下。值得注意的是,电压驻波比在主频带的两端上升很快,使得天线能够很好的工作在设计的频带内。

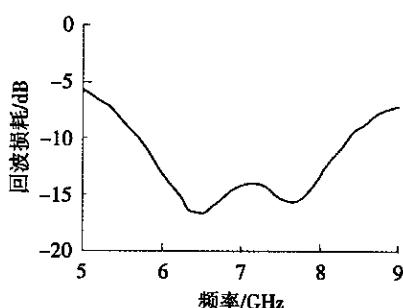
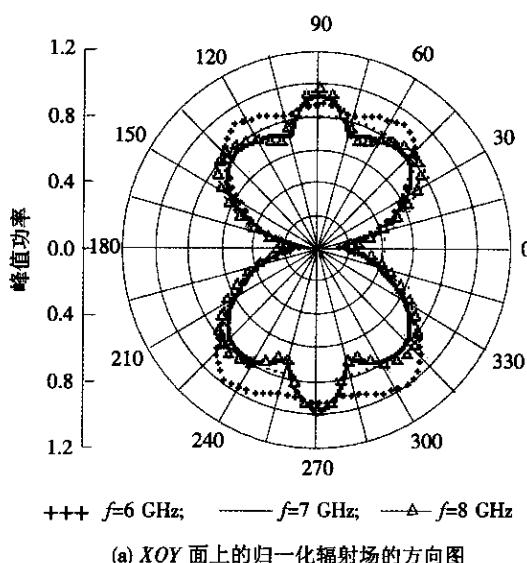
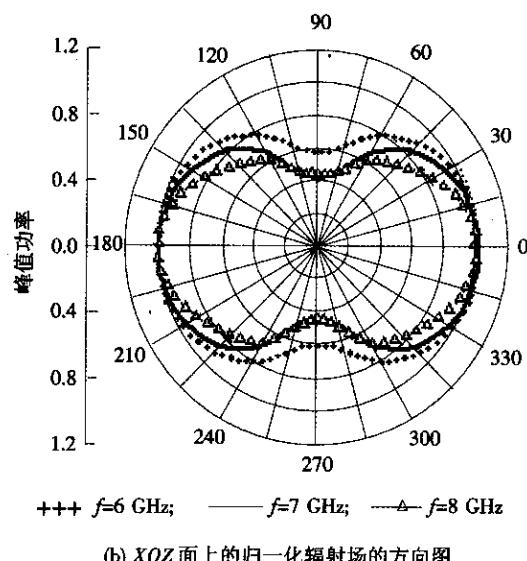


图 4 天线回波损耗



(a) XOY 面上的归一化辐射场的方向图



(b) XOZ 面上的归一化辐射场的方向图

图 5 远场上的归一化辐射方向图

图 5 为 XOY 和 XOZ 面上归一化的辐射场

方向图。从图 5 可以看出，在工作频带内的 3 个频率点天线的辐射场方向图表现出良好的稳定性和全向性的特点。

3 结论

本文介绍的印刷在有限大聚四氟乙烯板上的叶状偶极天线，设计的工作频带是 6~8 GHz。应用结合完全匹配层（PML）技术的时域有限差分（FDTD）方法，对该天线阻抗特性和远区辐射场的分布特性的研究表明：在设计的工作频带内，其电压驻波比始终在 1.6 以下，在工作频带内的 3 个频率点天线的辐射场方向图表现出良好的稳定性和全向性的特点。

参考文献：

- [1] Attiya A M, Safaai J A. Time domain characterization of receiving TEM horn antennas [C]// Antenna and Propagation Society International Symposium. Columbus, United States: 2003, 233-236.
- [2] Sun S H, Man K F, Wang B Z, et al. An optimized wideband quarter-wave patch antenna design [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2005, 4(1): 486-488.
- [3] Zhao A P, Rshola J. Quarter-wavelength wideband slot antenna for 3~5 GHz mobile applications [J]. IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters, 2005, 4(1): 421-424.
- [4] Andaya L A, Yarovoy A G, Ligthart L P. RC-loaded bow-tie antenna for improved pulse radiation [J]. IEEE Transactions on Antenna and Propagation, 2004, 52(10): 2555-2563.
- [5] Shlager K L, Smith G S, Maloney J G. Optimization of bow-tie antennas for pulse radiation [J]. IEEE Transactions on Antenna and Propagation, 1994, 42(7): 975-982.
- [6] Wang J H. Research on the transmission characteristics of the pulse voltage and current on dipole antennas [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2000, 27(3): 165-168.
- [7] 王长清. 时域有限差分法基本原理 [J]. 无线电电子学学会刊, 1988, 1 (1): 38-48.
WANG Chang-qing. Basic principle of the finite difference time domain method [J]. Journal of Radio Electronics, 1988, 1 (1): 38-48.
- [8] Mittra R. Computer techniques for electromagnetics [M]. Newyork: Pergamon Press Ltd, 1973: 256-257.

(责任编辑 江 峰)

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)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)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)，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>