

新型的小型平面全向超级宽带单极子天线设计

刘文坚 褚庆昕 杨颖颖

(华南理工大学电子与信息工程学院, 广州 510640)

qxchu@scut.edu.cn

摘要: 本文提出了一种新型的平面全向超宽带单极子天线模型, 该设计采用 50 欧姆共面波导馈电, 仿真分析显示: 该天线在 3~27.5 GHz 的频段范围内, 回波损耗 $S_{11} < -10\text{dB}$; 在 3.1~11.6 GHz 的频段内, 天线具有良好的全向辐射特性。通过在圆辐射体上引入双 C 型槽使得工作带宽涵盖整个厘米波段 (SHF) 并能在 3~32GHz 满足回波损耗 $S_{11} < -10\text{dB}$ 的要求, 绝对带宽增加 4.5GHz。我们对于这种远超过超宽带天线频段的的天线, 初步定义为超级宽带天线 (Super wideband SWB Antenna)。电磁仿真与试验测试结果吻合良好, 证明了本文所提出的小型双 C 天线具有超级宽带特性。

关键词: 微带天线、圆单极子、超级宽带、超宽带

New Compact CPW-fed Planar Super wideband Monopole Antenna Designs

LIU WEN-JIAN, CHU QING-XIN, YANG YING-YING

(School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510640)

Abstract: In this paper, A design of a compact CPW-fed planar monopole antenna for ultrawideband (UWB) application is presented. The antenna consists of a disc metal patch on a printed circuit board fed by a 50 Ω coplanar waveguide (CPW). The proposed antenna has an impedance bandwidth of 3-27.5 GHz with a return loss $< -10\text{ dB}$. By etching dual-C shape Slot, We create a new antenna with an impedance bandwidth of 3-32 GHz. Because the bandwidth covering the whole SHF band. We name the antenna Super wideband (SWB) antenna. The antennas are successfully simulated, designed, and measured. Good agreement between the simulation and measurement results shows that the proposed dual-C slot antenna has advantages such as small size, extremely broad impedance bandwidth, and stable gain and omnidirectional radiation pattern.

Keywords: microstrip antenna; circular disc monopole (CMD); Superwideband (SWB); ultrawideband (UWB)

1 引言

自从美国联邦通信委员会 (FCC) 于 2002 年 2 月将 3.1-10.6GHz 频段划归超宽带 (UWB) 的民用频段^[1], UWB 无线通信系统的设计和应用便成为了无线通信领域激烈竞争的焦点。作为超宽带系统的重要组成部分, 超宽带天线的设计也成为了科学界和工程界的热门研究课题。

传统的超宽带天线如双锥天线、圆锥天线、螺旋形天线、喇叭天线等等, 在一定程度上经过改进,

可以达到超宽带的工作频率, 但是由于先天结构的限制, 在平面化和体积上有很大的局限。经过不断的研究, 单极子天线被越来越多的人重视, 由于其制作成本低廉、工作带宽宽, 方向性稳定, 而且在带内色散弱等优点, 被认为是超宽带天线研究中最具有潜力的结构之一^[2~4]。Narayan Prasad Agrawal 在^[5]里面给出天线辐射体为半径 25mm 的圆的单极子天线 (circular disc monopole CMD) 模型, 其工作带宽为: 1.17-12GHz, 并将圆辐射体的形状改变成椭圆形, 进行了进一步的研究。

J.Liang 在文献^[6] 中提出了一个 40*47mm 的共面圆的单极子天线, 天线辐射体为半径 12.5mm 的圆, 其工作带宽为 2.73 GHz 到超过 12 GHz。本文

基金项目: 国家自然科学基金 U0635004 与广东省自然科学基金 07118061。

基于文献^[6]中的天线的结构，在圆形辐射体上引入双C型槽，天线的尺寸减小为原来的46.4%，同时天线带宽大大拓展，涵盖了整个厘米波段，我们对这种远超过超宽带天线带宽的天线，初步定义为超级宽带天线（Superwideband SWB Antenna）。

2 圆单极子超宽带微带天线结构设计和结果

图1所示为圆单极子超宽带微带天线几何结构图。我们将天线的结构图印制在厚度 1.6mm 的 FR4 玻璃纤维强化环氧树脂（fiberglass reinforced epoxy resin）微波基板上，其介电系数为4.4。我们使用圆形结构作为天线的辐射体，这是因为，根据参考文献^[5]我们可以知道，当天线采用圆形的幅射金属片时，所需用来调匹配的间距是最小的。馈入方式采用50 Ω 的微带线馈入讯号。天线的整体尺寸为 $L \times W = 29.1 \times 30 \text{ mm}^2$ 。而接地面大小为 $30 \times 10 \text{ mm}^2$ ，圆形幅射金属片的半径为 9.4 mm。共面波导传输线具有50 Ω 的特性阻抗，宽度为 $W_2=2.4 \text{ mm}$ ，与地板之间的间隔为 $C_2=0.3 \text{ mm}$ 。两端地板各自切除了一个三角形来实现更好的阻抗匹配。

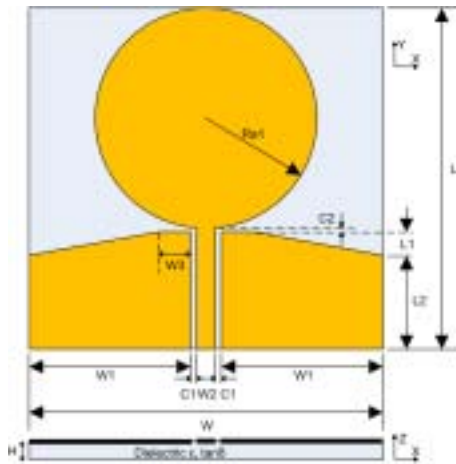


图1 天线 A 结构

使用HFSS软件对天线进行仿真计算。图2所示为天线A（图1）的反射系数频响曲线。从图中可以看出，在3-27.5 GHz的频率范围内，天线的反射系数小于-10dB，带宽达到了24.5GHz，相对带宽为160.7%。

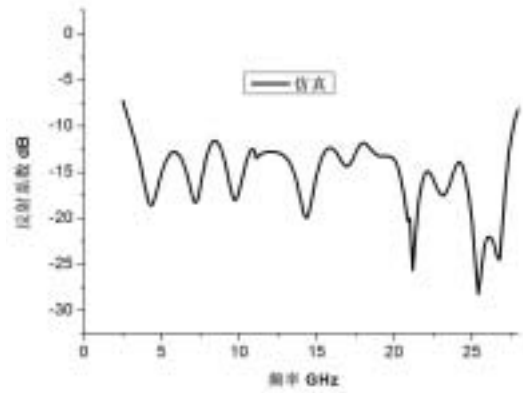


图2 天线 A 反射系数 S11（仿真）

图3所示为天线A在4、7、10三个频点的E面和H面的模拟辐射方向图。

如图3(a)所示，在4、7GHz两个频点，E面方向图以0-180度轴为中心对称，半功率波束宽度（HPBW）>80度，图2(b)所示，天线A在4、7、10GHz三个频点辐射场型为全向形。由上述结果我们可以得出结论，天线A在超宽带频段内，具有良好的全向辐射特性。

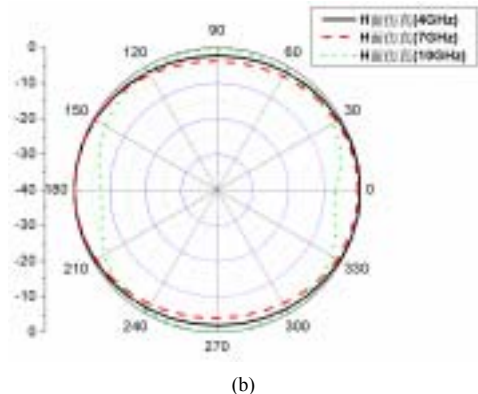
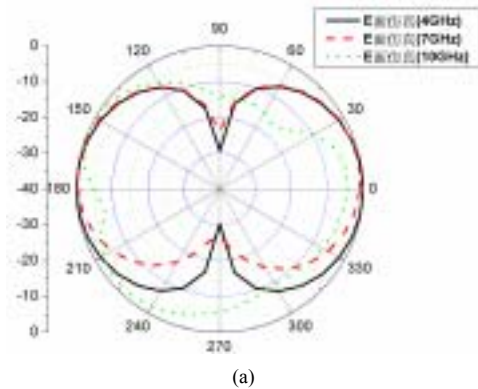


图3 天线 1 在 4、7、10GHz 频率上的仿真方向图（归一化）(a) E 面、(b) H 面

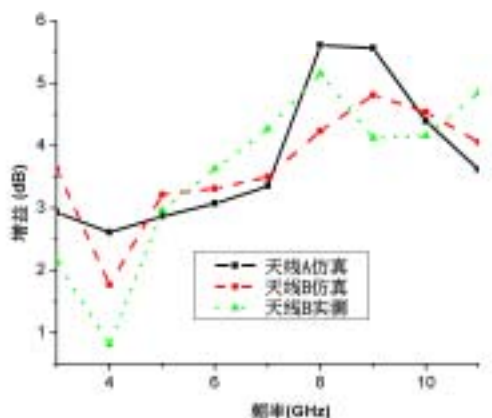


图 7 天线 A 增益的仿真结果和天线 B 增益的仿真和实测结果比较



图 8 天线 B 实物图

4 结论

本文提出了一种小型共面波导馈电超级带天线。其大小为 $29.1 \times 30\text{mm}$ ，仿真结果表明，该天线实现了在3-27 GHz频段内反射系数 $S_{11} < -10$ 的宽带阻抗匹配，同时通过在圆辐射体上引入双C型槽，

作者简介：刘文坚，男，博士，主要研究领域为超宽带天线；褚庆昕，男，教授、博士生导师，主要研究领域为滤波器、天线、左手媒质、FDTD、空间功率合成等。

使得工作带宽涵盖整个厘米波段 (SHF) 并能在3 ~ 32GHz频段内反射系数 $S_{11} < -10$ 的宽带阻抗匹配，得到新型的超级宽带 (SWB) 天线。两个天线还具有近似全向的辐射特性，表明该天线是性能较好、具有实用价值的超级宽带天线。

参考文献

- [1] Federal Communications Commission, First Report and Order, Revision of Part 15 of the Commission's Pulse Regarding Ultra-wideband Transmission Systems, Feb. 2002
- [2] P. P. Hammoud and F. Colomel, Matching the input impedance of a broadband disc monopole, Electron. Lett., 1993(29), pp. 406-407
- [3] Y. Kim, D.H. Kwon, CPW-fed planar ultra wideband antenna having a frequency band notch function, Electronics Letters, April 2004 (40), pp. 403-405
- [4] Seok H. Choi, Jong K. Park, Sun K. Kim, Jae Y. Pak, A new Ultra-Wideband Antenna for UWB Application, Microwave and Optical Technology Letters, 2004 (40), 399-401
- [5] Narayan Prasad Agrawal, Girish Kumar, K.P. Ray. Wide-band Planar Monopole Antenna. IEEE Trans. Antennas Propagat., Feb. 1998 (46), pp.294
- [6] J.Liang, L.Guo, C.C.Chiau, X.Chen and C.G.Parini, "Study of CPW-Fed circular disc monopole antenna", IEEE Proceedings Microwaves, Antennas & Propagation, vol. 152, no. 6, December 2005, pp. 520-526.

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)，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>