

DOI:10.3979/j.issn.1673-825X.2012.03.015

新型双阻带超宽带单极天线

吴绪镇, 薛锋章

(华南理工大学 电子与信息学院, 广东 广州 510641)

摘要:提出一种新型的具有双阻带特性的超宽带单极子天线。该天线采用渐变微带线馈电, 阻抗带宽在电压驻波比(voltages standing wave ratio, VSWR)小于2时, 为3.1~14.4 GHz。通过在扇形单极子天线上开弧形槽及对称双竖槽, 实现了对WLAN5.5, WIMAX3.5及C波段卫星通信系统的频带抑制。实验结果表明, 该天线在整个工作频段内具有良好的阻抗特性和辐射特性, 适用于超宽带无线通信系统。

关键词:超宽带天线; 双阻带; 微带馈电; 开槽

中图分类号: TN822.8

文献标识码: A

文章编号: 1673-825X(2012)03-0345-04

Novel dual band-notched UWB monopole antenna

WU Xu-zhen, XUE Feng-zhang

(School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, P. R. China)

Abstract: A novel dual band-notched UWB monopole antenna is presented. The antenna is fed by a tapered microstrip line, with a bandwidth (VSWR < 2) range of 3.1 to 14.4 GHz. By cutting an arc shaped slot and a pair of symmetrical vertical slots on the fan shaped monopole, the band rejection of WLAN5.5, WIMAX3.5 and C-band satellite communication system is achieved. Experimental results prove good impedance characteristics and radiation patterns have been achieved over the entire operating frequency range. The proposed antenna is suitable for UWB wireless system.

Key words: ultra wideband (UWB) antenna; dual band-notch; microstrip line feeding; slotted

0 引言

自从2002年美国联邦通信委员会(federal communications commission, FCC)批准将3.1~10.6 GHz频段作为超宽带(ultra wideband, UWB)民用频段以来^[1], UWB技术因其低成本、高速率、低功耗等优势得到飞速发展。作为UWB系统的重要组成部分, 超宽带天线的研究与设计深受国内外学者重视。此外, 由于在UWB频段与其他通信系统(WLAN(5.15~5.825 GHz), WIMAX(3.3~3.7 GHz)以及C波段卫星通信系统(3.7~4.2 GHz))的工作频段有重叠, 如何实现UWB系统与其他系统的兼容, 成为超宽带天线的设计难点。

目前, 大多数超宽带天线设计都只是针对

WLAN5.5频带进行阻带抑制, 实现的方法不尽相同^[2-6]。如文献[2-3]是采用在圆形辐射片上开条形槽或U型槽的方法; 文献[4-5]是在方形环状辐射片中间加竖长微带; 文献[6]则是通过在主辐射片上端加寄生辐射片作为滤波结构实现对5.1~5.9 GHz的阻带抑制。这些天线具有WLAN5.5频段单阻带特性, 但是未能实现对WIMAX3.5及C波段卫星通信系统工作频带的兼容。也有一些文献介绍了具有双阻带特性的超宽带天线^[7-9], 但尺寸较大, 结构比较复杂。

本文提出的新型超宽带天线, 采用渐变微带线馈电, 辐射片为扇形平面单极子。天线首先是实现了3.1~14.4 GHz超宽频带内电压驻波比(voltages standing wave ratio, VSWR)小于2, 再通过在辐射片

网络出版时间: 2011-10-14 13:40 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1181.N.20111014.1340.002.html>

收稿日期: 2011-03-13 修订日期: 2011-06-22

基金项目: 广东省自然科学基金(31391)

Foundation Item: The Guangdong Province Natural Science Foundation(31391)

上适当位置开弧形槽及双竖槽,使得在 5.1 ~ 6 GHz, 3.3 ~ 4.2 GHz 频带内的 $VSWR > 2$, 很好地实现了对 WLAN5.5, WIMAX3.5 及 C 波段卫星通信系统的频带抑制功能,避免了各通信系统的互扰。并且总尺寸仅为 30 mm × 30 mm,符合天线小型化的趋势,是一种实用新型的超宽带天线。

1 天线设计思路与结构

天线选用厚度为 1 mm 的聚四氟乙烯(FR4)作为介质基板,辐射片与接地面均为 0.035 mm 厚的覆铜层,分别印制在介质板的两面。FR4 相对介电常数 ϵ_r 为 4.4,损耗正切 $\tan\delta$ 为 0.2。

首先是常规 UWB 天线的设计。辐射片为扇形平面单极子,因为扇形结构具有尺寸渐变特性,能够激发表面电流的多种谐振模式,实现天线宽频带工作特性。微带线和地面采用渐变结构,也是为了改善阻抗匹配,进一步扩展带宽。基于此,初步设计出满足 UWB 频带内 $VSWR < 2$ 的天线 A,如图 1a 示。

在天线 A 的基础上,采用在辐射片上开槽的方法实现具有带阻特性的 UWB 天线。开槽等效于在天线上加载缝隙谐振器,当开槽总长为特定频率处 1/2 个介质波长时,在开槽处会发生谐振,对天线辐射片表面电流产生阻断作用,从而实现带阻特性^[10]。确定开槽长度的近似公式为

$$L = \frac{c}{f \sqrt{2(\epsilon_r + 1)}} \quad (1)$$

(1)式中: c 为光速; f 为阻带中心频率; ϵ_r 为介质的相对介电常数; L 为对应的开槽总长度。第1步,在辐射片上开弧形槽实现 WLAN5.5 频段带阻功能。按照公式(1)给出的开槽尺寸,弧形槽长度 L_1 约为 16 mm。得到天线 B,如图 1b 示;第2步,在天线 B 上加对称双竖槽实现 WIMAX3.5 及 C 波段带阻功能,为达到 25 mm 的开槽总长,竖槽长度 L_2 约为 12.5 mm。得到天线 C,如图 1c 示,天线 C 即为具有双阻带特性的 UWB 天线。弧形槽与竖槽宽度均为 0.5 mm。



图1 天线设计流程

Fig. 1 Steps of proposed antenna design

按照上述基本尺寸,采用基于有限元的三维结构电磁场仿真软件 ANSOFT HFSS 11,优化开槽尺

寸及开槽位置、微调辐射片和接地面形状,得到最优化的天线结构。设计的新型双阻带超宽带天线具体尺寸标注于图2中。

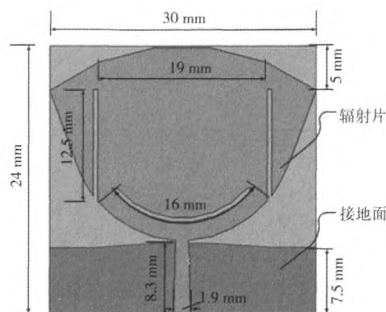


图2 双阻带 UWB 天线

Fig. 2 Dual band-notched UWB antenna

2 实验研究及天线性能分析

2.1 超宽带天线阻抗特性研究

使用仿真软件对天线做实验研究,分析以下阻抗特性曲线可验证设计的有效性。图3~5分别给出了常规 UWB 天线 A、单阻带 UWB 天线及双阻带 UWB 天线的 $VSWR$ 仿真结果。

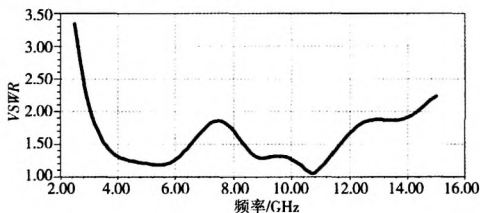


图3 常规 UWB 天线 A 的 $VSWR$ 变化曲线

Fig. 3 VSWR of conventional UWB antenna

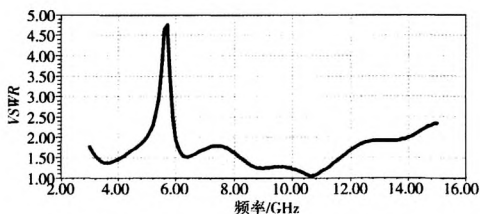


图4 单阻带 UWB 天线的 $VSWR$ 变化曲线

Fig. 4 VSWR of Single band-notched UWB antenna

从图3可见,初步设计的平面单极天线 $VSWR < 2$ 的阻抗带宽为 3.1 ~ 14.4 GHz,在极宽频带内实现了良好的阻抗匹配,满足超宽带通信系统的带宽需求。

从图4可见,在辐射片适当位置开弧形槽后,天线 B 在 5.1 ~ 6 GHz 频带内 $VSWR > 2$,其余工作频段

VS_{WR} < 2,有效实现了对 WLAN5.5 频带抑制功能。

从图5可见,在天线B基础上,加双竖槽后,天线C在3.3~4.2 GHz及5.1~6 GHz频带内 VS_{WR} > 2,其余工作频段 VS_{WR} < 2,由其双阻带特性实现 UWB 天线对 WLAN5.5, WIMAX3.5 及 C 波段卫星通信系统的兼容。

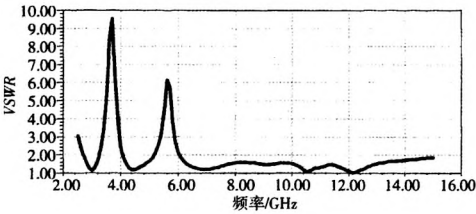


图5 双阻带 UWB 天线的 VS_{WR} 仿真结果
Fig. 5 VS_{WR} of dual band-notched antenna

2.2 天线表面电流分析

通过分析天线表面电流,说明开槽对实现频带抑制的有效性。图6给出了5.5 GHz和3.7 GHz频率处的天线表面电流分布。

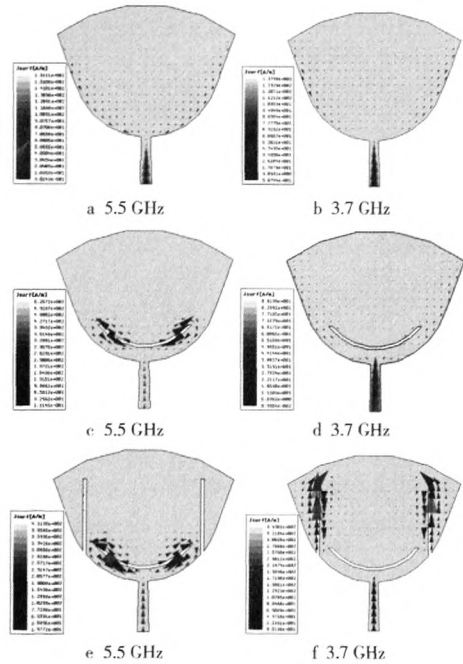


图6 天线表面电流分析
Fig. 6 Analysis of surface current

从图6对比分析5.5 GHz和3.7 GHz频率处的天线表面电流,可见在未开槽之前,表面电流分布在 整个辐射片上,天线正常对外辐射。根据(1)式可知,加弧形槽之后,相当于在5.5 GHz处引入了半波

长缝隙谐振器,使天线表面电流集中在弧形槽附近形成回流,此时辐射片整体等效于开路,天线不能产生辐射,从而实现对 WLAN5.5 的频带抑制;同理,对称双竖槽在3.7 GHz频率附近对天线表面电流产生阻断作用,使该天线实现对 WIMAX3.5 及 C 波段卫星通信频带抑制特性。

2.3 天线辐射特性

图7给出了双阻带超宽带天线C在3.1,3.7,5.5,9 GHz几个频点处的E面方向图和H面方向图。

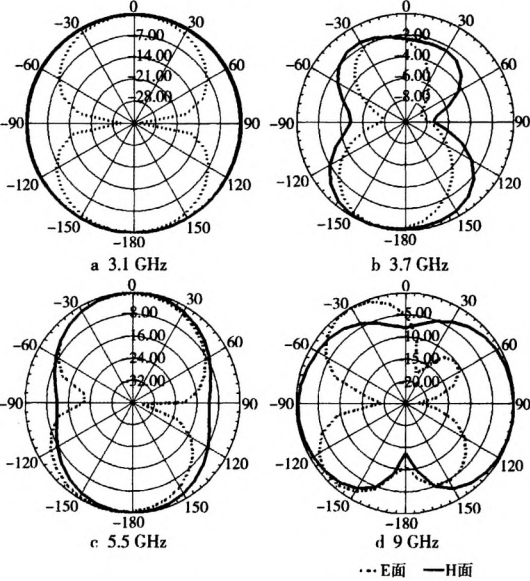


图7 双阻带天线在3.1,3.7,5.5,9 GHz 频率处的辐射方向图

Fig. 7 Radiation patterns of proposed antenna at 3.1,3.7,5.5,9 GHz

从图7可见,该天线符合平面单极子天线辐射特性。E面近似呈8字形,类似于偶极子天线的E面方向图。3.1 GHz和9 GHz频率天线H面方向图近似为圆形,说明该天线在通带内呈现良好的全向辐射性,可实现 UWB 天线全向收发电波信号的功能;3.7 GHz和5.5 GHz频率天线H面方向图发生畸变,说明在阻带内全向辐射特性遭到破坏,从而限制了 UWB 天线对多系统重叠频带内信号的收发,避免系统间的互扰。

3 总 结

本文提出了一种微带馈电的双阻带 UWB 天线,在满足超宽带系统带宽要求的前提下,通过在 天线辐射片上开槽实现了针对 WLAN5.5, WIMAX3.5

及C波段卫星通信系统的频带抑制。通过大量对比实验,验证了天线开弧形槽和对称竖槽对实现双阻带功能的有效性。文中阐述了该天线的设计思路,为具有带阻特性的超宽带天线设计提供借鉴,并且从表面电流和辐射特性解释和验证了该天线的带阻特性。该天线具有小型化结构,易于与电路集成,可作为超宽带无线通信系统的收发天线,具有良好的工程应用前景。

参考文献:

- [1] FCC. ET Docket 98-153, Revision of Part 15 of the Commissions' Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems[S]. US: FCC First Report and Order, 2002.
- [2] ZHANG Ke, ZHANG Chao-qun, WANG Jian-ying, et al. Band-notched UWB planar monopole antenna using a novel segmented circular patch [C]//IEEE. 2010 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT). Chengdu: IEEE Press, 2010: 1110-1113.
- [3] 周超,曹海林,杨力生. 一种改进的共面波导馈电超宽带天线设计[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版, 2008,20(1):39-41.
ZHOU Chao, CAO Hai-lin, YANG Li-sheng. Design of an improved CPW-fed UWB antenna [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2008,20(1):39-41.
- [4] DENG Hong-wei, HE Xiao-xiang, YAO Bin-yan, et al. Compact band-notched UWB printed square-ring monopole antenna [C]//IEEE. 8th International Symposiums on Antennas, Propagation and EM Theory. [s. l.]: IEEE Press, 2008: 1-4.
- [5] LIU Hsien-wen, KU Chia-hao, WANG Te-shun, et al. Compact monopole antenna with band-notched characteristic for UWB applications[J]. IEEE Antenna And Wireless Propagation Letters, 2010,9: 397-400.
- [6] ESHTIAGHI R, NOURINIA J, GHOBADI C. Electromagnetically coupled band-notched elliptical monopole antenna for UWB applications[J]. IEEE Transactions On Antennas and Propagation, 2010,58(4): 1397-1402.
- [7] 周海进,孙宝华,李建峰,等. 具有双陷波特性的超宽带天线设计与研究[J]. 微波学报, 2009,25(3):13-17.
ZHOU Hai-jin, SUN Bao-hua, LI Jian-feng, et al. Design and Analysis of a Planar Ultra-wideband Antenna with Dual Band-notched Characteristics[J]. Journal of Microwaves, 2009,25(3):13-17.
- [8] LI Wen-tao, SHI Xiao-wei, HEI Yong-qiang. Novel planar UWB monopole antenna with triple band-notched characteristics[J]. IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters, 2009,8:1094-1098.
- [9] PANDA J R, SALADI A S R, KSHETRIMAYUM R S. A compact 3.4 5.5 GHz dual band-notched UWB monopole antenna with nested U-shaped slots [C]//IEEE. 2010 International Conference on Computing Communication and Networking Technologies. Karur: IEEE Press, 2010:1-6.
- [10] 王盼盼,曹祥玉,马嘉俊. 基于SRR结构具有陷波特性的超宽带天线[J]. 电讯技术, 2010,50(10):73-76.
WANG Pan-pan, CAO Xiang-yu, MA Jia-jun. An Ultra-Wideband Antenna with Band-notched Characteristic Based on SRR Structure[J]. Telecommunication Engineering, 2010,50(10):73-76.

作者简介:



吴绪镇(1987-),男,江西吉安人,硕士研究生,主要研究方向为移动通信天线。E-mail: gk1105@163.com。



薛锋章(1963-),男,江西吉安人,硕士研究生导师,研究员,主要研究方向为移动通信天线。E-mail: ee-fzxue@scut.edu.cn。

(编辑:王敏琦)

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>