
文章编号: 2095-4980(2014)03-0425-03

一种新颖可控陷波特性的超宽带天线

邓 辉, 钟海斌

(中国人民武装警察边防部队 士官学校, 云南 昆明 650214)

摘要: 设计了一种具有可控陷波特性的超宽带天线, 有效抑制了超宽带通信系统与窄带通信系统之间潜在的干扰。该天线的尺寸仅为 $3.5 \text{ cm} \times 3.5 \text{ cm} \times 0.1 \text{ cm}$, 使用微带线进行馈电, 并通过在天线单元上加载支节, 从而实现天线可控陷波特性。利用仿真软件HFSS对天线进行计算, 对天线的阻抗、方向图特性进行仿真对比。仿真结果表明, 天线在超宽带系统 $3.1 \text{ GHz} \sim 25 \text{ GHz}$ 工作频段内的电压驻波比(VSWR)小于2, 在 $5.2 \text{ GHz} \sim 5.8 \text{ GHz}$ 频率范围内的滤波特性较好, 有效降低了无线局域网系统对超宽带系统的影响, 在工作频段内该天线的辐射方向特性和方向图特性都较为理想。

关键词: 陷波特性; 超宽带天线; 增益

中图分类号: TN822⁺.8

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201403.0425

A novel ultra-wideband antenna of controllable band-notched

DENG Hui, ZHONG Hai-bin

(The NCO School of Border Control Force of Chinese People's Armed Police Force, Kunming Yunnan 650214, China)

Abstract: An ultra-wideband micro-strip antenna of controllable band-notched is studied in order to effectively restrain the potential interferences between narrow band communication system and ultra-wideband planar antenna communication system. The overall size of this kind of antenna is as small as $3.5 \text{ cm} \times 3.5 \text{ cm} \times 0.1 \text{ cm}$. It adopts micro strip line to feed through the antenna radiation unit section, and realizes its characteristics of controllable band-notched by loading a notch. The characteristic parameters are calculated by using the simulation software. The impedance and directional diagram characteristics of antenna are simulated and analyzed. The simulated results indicate that within the impedance bandwidth range of 3.1 GHz to 25 GHz , the Voltage Standing Wave Ratio(VSWR) is below 2 under ultra-wide band system; while within the bandwidth range of 5.2 GHz to 5.8 GHz , it realizes favorable characteristics of band-notched, therefore, the negative effect of WLAN on ultra-wide band system is reduced effectively. Moreover, the ultra-wideband micro-strip antenna possesses good directional radiation pattern and stable directional characteristics in the bandwidth range.

Key words: band-notched characteristic; ultra-wideband antenna; gain

随着通信技术的发展和超宽带平面天线广泛的应用, 超宽带天线技术已应用到各种领域。单极子超宽带天线以其尺寸小, 成本低, 结构简单, 容易加工制作等特性而受到越来越广泛的关注。商业应用中的带宽要求是由美国联邦通信委员会于2002年统一规范的, 具体的频带范围是 $3.1 \text{ GHz} \sim 10.6 \text{ GHz}$ 。但是, 在这个工作频率范围内包含了当前无限局域网(WLAN) 5.2 GHz ($5.150 \text{ MHz} \sim 5.350 \text{ MHz}$) 和 5.8 GHz ($5.725 \text{ MHz} \sim 5.825 \text{ MHz}$) 的工作频段, 因此在超宽带天线的使用过程中将产生干扰, 严重地影响这些设备的正常工作^[1]。如何在超宽带中实现频带抑制而不影响通带内的性能, 成为超宽带天线设计的研究热点^[2]。为防止超宽带系统和无限局域网系统之间的干扰, 需要在整个超宽带频段内抑制已用的频带, 即“陷波”^[3-4]。为有效降低2个系统之间的相互干扰, 设计具有陷波特性的超宽带天线成为研究热点和实际需要^[5]。本文提出一种采用2个圆相交, 同时在2个圆中挖出2个小圆的天线结构。天线的可控陷波特性通过在天线辐射单元内部挖出2个小圆的位置上加载2个支节来实现, 可以有效阻隔无线局域网系统对超宽带系统的影响。同时, 在 $2.9 \text{ GHz} \sim 25 \text{ GHz}$ 的工作频率范围内, 天线 S_{11} 的回波损耗都小于 -10 dB , 而且, 天线陷波特性频段的大小还可以通过调节2个支节的尺寸大小来控制。

1 天线结构的设计

设计的具有可控陷波特性超宽带天线几何模型如图 1 所示^[6]。天线的结构大小为 $3.5 \text{ cm} \times 3.5 \text{ cm} \times 0.1 \text{ cm}$ ，天线辐射单元采用 2 个圆相交，并在 2 个圆中挖出 2 个小圆。微带馈线特性阻抗为 50Ω ，大小为 $1.53 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm}$ 。天线介质板的材料是 FR4，介电常数为 4.4，接地面放置在介质板的底层，大小为 $1.4 \text{ cm} \times 3.5 \text{ cm}$ ，天线介质板的厚度为 0.2 cm ^[6]。此外，在天线辐射单元上加载 2 个支节来实现陷波特性，陷波特性频率通过调整 2 个支节的大小来控制。用仿真软件对天线进行设计仿真与验证，经过仿真分析比对与测试后，最终确定天线结构如图 1 所示，实物如图 2 所示。

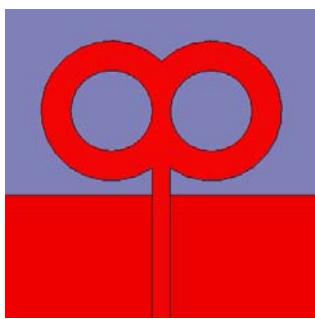


Fig.1 Structures of antenna before and after loading a notch
图 1 加载之前和加载之后天线结构图

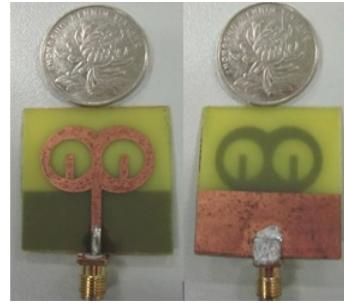
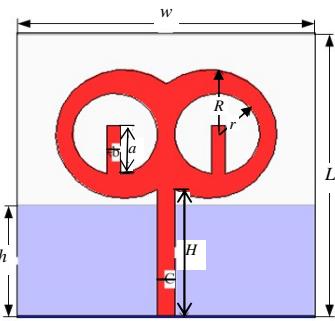


Fig.2 Structure of the entity
图 2 实物结构图

2 仿真与分析

为了得到超宽带天线在各工作频率范围内的特性，分析天线各参数对性能的影响，本文采用电磁仿真软件对天线的各项特性进行详细分析对比与优化。主要对如下几个参数进行分析对比验证：a) 未加载之前小圆半径 r 的大小对天线特性的影响；b) 在天线辐射单元上加载支节之后对天线性能的影响；c) 加载 2 个支节的尺寸大小对天线各项性能的影响。

通过仿真软件对天线进行仿真，图 3、图 4 分别给出了天线未加载之前 S_{11} 回波损耗与电压驻波比仿真图。从图可知，在工作频段内，天线 S_{11} 回波损耗低于 -10 dB ， $VSWR < 2$ ，满足超宽带天线要求。当在天线辐射单元上加载 2 个支节时，天线具有比较明显的陷波特性，并且陷波特性的频率随 2 个支节的大小变化而变化，因此可以通过调节 2 个支节尺寸的大小来控制天线陷波特性的频率点，实现可控制的功能。图 6 给出了天线加载 2 个支节之后，当支节的宽度 b 不变而支节的高度 a 取不同值时的陷波特性，给出了 a 分别为 $0.7 \text{ cm}, 0.6 \text{ cm}, 0.5 \text{ cm}$ 时天线 S_{11} 的回波损耗图的变化对比，当 a 为 0.6 cm 时，在 $5.1 \text{ GHz} \sim 6 \text{ GHz}$ 频段范围内天线具有较好的陷波特性。从图 4、图 7 对比可知，当加载时天线的 $VSWR$ 在 7.9 左右，很好地降低了无线局域网系统和超宽带系统之间的相互影响，并可通过改变 a 的大小来控制天线陷波特性的频段。阻抗带宽是衡量天线特性好坏的参数之一，稳定的方向特性也是天线性能好坏的重要参数。从图 5 可知，天线辐射的整体方向图比较稳定。该天线的工作频段为 $2.9 \text{ GHz} \sim 25 \text{ GHz}$ ，在这一工作频段范围内，天线 S_{11} 回波损耗都低于 -10 dB ， $VSWR < 2$ ，覆盖了整个超宽带系统 ($3.1 \text{ GHz} \sim 10.6 \text{ GHz}$) 工作频段，满足超宽带天线的工作频段要求。图 8 为天线 S_{11} 仿真结果与实验结果的对比，由于实验加工的精确度不高，使仿真结果与实验结果有一定的误差，但整体还是比较接近。因此，从实验结果可以得出，天线具有良好的宽带传输特性，在 WLAN 频段上具有较好的陷波功能。

3 结论

本文设计了一种新颖可控陷波特性的超宽带天线，采用 2 个圆相交同时挖出 2 个小圆作为天线辐射单元，通过加载 2 个支节来实现天线的陷波特性，同时可以通过改变支节的大小来控制天线陷波特性的频段，使天线在 $5.1 \text{ GHz} \sim 6 \text{ GHz}$ 左右具有比较好的陷波特性，有效地降低了 WIAX 和 WLAN 窄带无线系统对超宽带通信系统所产生的潜在干扰。该天线在 $2.9 \text{ GHz} \sim 25 \text{ GHz}$ 的工作频段内 S_{11} 回波损耗都低于 -10 dB ，覆盖了整个超宽带的范围 ($3.1 \text{ GHz} \sim 10.6 \text{ GHz}$)，满足了超宽带天线的频段要求。仿真与测试结果表明，该天线具有较好的陷波特性和稳定方向辐射特性，因此，该天线在超宽带通信系统中具有较好应用前景。

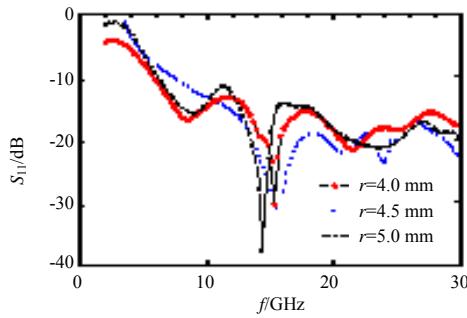


Fig.3 Simulated return loss responses of the unloaded antenna
图3 加载之前天线回波损耗(S_{11})

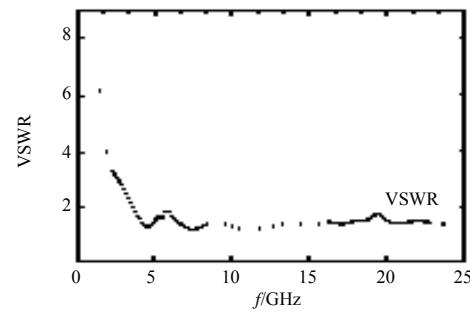


Fig.4 Simulated VSWR of the unloaded antenna
图4 加载之前天线电压驻波比波(VSWR)

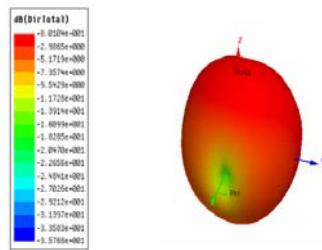


Fig.5 Radiation patterns of the antenna
图5 天线辐射方向图

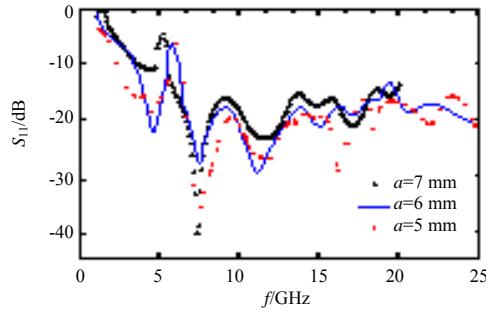


Fig.6 Simulated return loss responses of the loaded antenna
图6 加载之后回波损耗(S_{11})

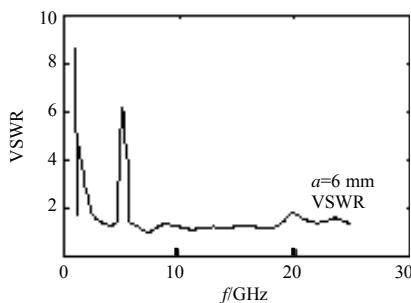


Fig.7 Simulated VSWR of the loaded antenna
图7 加载之后天线电压驻波比波(VSWR)

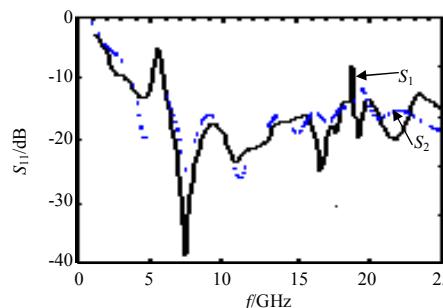


Fig.8 Test result of S_1 and simulated result of S_2
图8 S_1 测试结果与 S_2 仿真结果

参考文献:

- [1] Kwon D H, Kim Yong-jin, Chunbinsky N P. A printed dipole UWB antenna with GPS frequency notch function[C]// IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium. [S.1.]:IEEE, 2005:520–523.
- [2] Bawer R, Wolfe J. The Spiral Antenna[C]// IRE International Convention Record. New York, NY, USA:[s.n.], 1996:84–95.
- [3] QU Xin-an, ZHONG Shun-shi, WANG Wei. Study of a band-notch function for a UWB circular disc monopole antenna[J]. Microwave and Optical Technology Letter, 2006, 48(8):1667–1670.
- [4] Abbosh A M. Ultra-wideband Planar Antenna with Spurling for Subband Rejection[J]. Microwave and Optical Technology Letter, 2008, 50:725–728.
- [5] Kohestani M, Golpour M. U-shaped microstrip patch antenna with novel parasitic tuning stubs for ultra-wideband applications[J]. IEEE Trans. Microwaves Antennas and Propagation, 2010, 4(7):938–946.
- [6] DENG Hui. A Study and Design of Band-Notched UWB Antenna[D]. Shanghai, China: East China Jiaotong University, 2012.

作者简介:



邓辉(1986-),男,湖南省邵阳市人,在读硕士研究生,主要研究方向为小型平面超宽带天线和雷达天线.email:denghui168168@163.com.

钟海斌(1986-),男,江西省吉安市人,硕士,研究方向为云计算、移动互联网、计算机软件.

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>