

# 具有陷波特性的超宽带印刷天线设计

周 锋, 钱祖平, 彭 川

(解放军理工大学 通信工程学院, 江苏 南京 210007)

**摘 要:**设计一种具有陷波特性的超宽带印刷天线, 天线采用圆形金属贴片作为辐射单元, 采用微带线进行馈电, 通过在贴片上开四个对称 T 形槽来实现陷波功能。利用仿真软件 HFSS 10.0 对其进行计算, 对天线的阻抗特性、方向图和增益进行了研究。运算结果表明, 该天线在 2.26~4.94 GHz 和 6~11.68 GHz 的工作频带范围内电压驻波比(VSWR)小于 2; 在 4.94~6 GHz 的阻带范围内具有良好的陷波特性; 在阻带中心频率(5.48 GHz)处, 电压驻波比高达 40。

**关键词:**超宽带天线; 陷波特性; 印刷天线; 辐射单元

**中图分类号:** TN821

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-373X(2010)08-0127-03

## Design of Ultra-wideband Printed Antenna with Band-Notched Characteristic

ZHOU Feng, QIAN Zu-ping, PENG Chuan

(Institute of Communication Engineering, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** A ultra-wideband (UWB) printed antenna with notching characteristic is proposed. A circle metal patch fed by a microstrip is taken as a radiation element. The band-notched function is realized by cutting four symmetrical T-shaped slots in the patch. It was studied experimentally for its impedance bandwidth, radiation patterns and gain by using HFSS software. Simulation results show that within the operation band-width of 2.26 GHz~4.9 GHz and 6.2 GHz~11.68 GHz, the voltage stand wave ratio(VSWR) is lower than 2; within the stop band of 4.9 GHz~6.2 GHz it has a good notching characteristic; and at the center frequency(5.48 GHz) of the stop band, the VSWR is up to 40.

**Keywords:** ultra-wideband antenna; band-notched characteristic; printed antenna; radiation element

## 0 引 言

超宽带(UWB)天线在无线通信、无线接入、电子对抗等系统中都有着广泛的应用。2004年美国联邦通信协会(FCC)批准将 3.1~10.6 GHz 频段用于民用。如何在这一频段内实现天线的超宽带特性和小型化,已成为国际研究的热点之一。由于所研究频段覆盖了诸如全球定位系统(GPS)、无线局域网(WLAN)等窄带系统的频率,为了防止超宽带和窄带系统之间的干扰,需要在整个超宽带频段内抑制已用的窄频带,即“陷波”。

实现陷波功能的一种方法是将 UWB 天线与一个带阻滤波器相连接,但这势必增加系统的复杂性。更经济的方法是直接采用具有陷波特性的 UWB 天线。近年来提出了多种实现带阻的结构,如:文献[1-2]提出了通过在主贴片两边或顶部加载寄生贴片来实现陷波的手段;文献[3]提出了在环形天线内部加载 C 型寄生单元实现陷波的技术;文献[4]提出了通过加载电感电容来实现 GPS 频段上的带阻,并详细分析了其工作原理。

当前,在贴片上开槽<sup>[3]</sup>是最常用的实现带阻功能的方法。

本文提出一种采用四对称 T 形开槽结构的 UWB 天线。该天线可覆盖 3.1~10.6 GHz 的频率范围,并能有效地阻隔 5.15~5.35 GHz 和 5.725~5.825 GHz 的 WLAN 频段,具有良好的工作特性。

## 1 天线设计

天线结构如图 1 所示。辐射单元采用一个圆形金属调谐支节,并通过在微带屏蔽导体上开一个宽矩形槽来实现。圆形金属片的半径  $R=6$  mm,采用 50  $\Omega$  微带线馈电,微带线宽度为 2 mm,介质基片的相对介电常数  $\epsilon_r=2.65$ 、厚度  $h=1$  mm、损耗正切  $\tan \delta \leq 0.001$ ,尺寸为 37 mm×35 mm。

为了实现陷波功能,在圆形辐射贴片上开了四个呈对称分布的 T 形槽(见图 1),相当于在天线结构中引入了半波长的谐振结构。当调整四个对称 T 形槽的总长至所需抑制频率的半波长时,在该频率点及其附近输入阻抗失配。

收稿日期:2009-11-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(6087204)

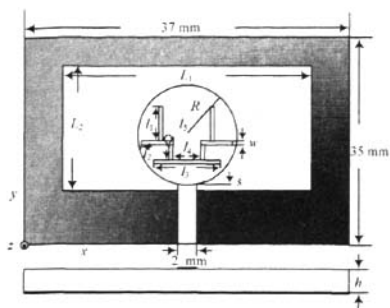


图1 天线结构示意图

陷波中心频率与 T 形槽的关系为:

$$f_{\text{notch}} = c / (2L_T \sqrt{\epsilon_{\text{re}}}) \quad (1)$$

式中:  $L_T$  为 T 形槽的总长;  $\epsilon_{\text{re}}$  为相对有效介电常数;  $c$  为光速。

利用电磁仿真软件 HFSS 10.0 对天线进行计算, 所得结果如图 2 所示。可见, 该天线开槽后, 在 4.94~6 GHz 频段内具有良好的陷波特性。

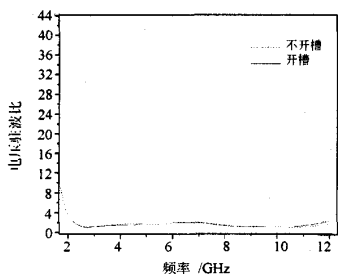


图2 开槽前后天线的驻波特性

## 2 天线带阻特性分析

利用电磁计算软件 HFSS 10.0 对天线模型进行研究, 对影响天线性能的某些关键参数进行了研究, 主要研究的参数为 T 形结构间距  $l_4, l_5$  和馈电点间隙  $s$ 。

图 3(a), (b) 显示了天线的 T 形开槽结构相关参数对陷波特性的影响。由图可见,  $l_4, l_5$  变长, 则陷波中心频率降低, 反之, 陷波中心频率升高。因此, 可以通过调节 T 形槽的长短来实现不同频段上的陷波功能。

图 4 显示了天线的馈电间隙  $s$  改变时, 天线输入驻波比频率特性的变化情况。由图可见, 馈电点间隙  $s$  增大, 则陷波中心频率下降, 反之, 陷波中心频率升高。因此, 可以调节馈电点间隙  $s$  来达到所抑制的频率点。

分别优化各参数, T 形槽参数取:  $l_1 = 4.2 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 6.5 \text{ mm}$ ,  $l_3 = 7 \text{ mm}$ ,  $l_4 = 3.5 \text{ mm}$ ,  $l_5 = 1.45 \text{ mm}$ ,  $w = 0.3 \text{ mm}$ ,  $L_1 = 34 \text{ mm}$ ,  $L_2 = 17.5 \text{ mm}$ 。最终得到的 VSWR 频率特性如图 5 所示。可见, 天线在 2.26~4.94 GHz 和 6~11.68 GHz 两段频带范围内 VSWR 小

于 2, 在 4.94~6 GHz 的频带范围内实现了陷波。在陷波中心频率 5.48 GHz 处 VSWR 达到 40。

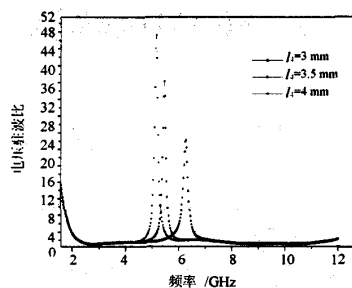
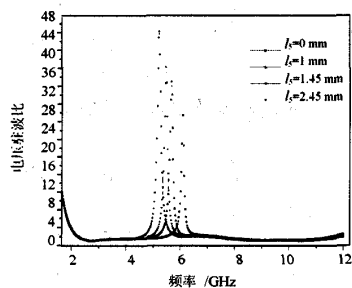
(a) 驻波比随  $l_4$  的变化特性(b) 驻波比随  $l_5$  的变化特性

图3 天线驻波比随 T 型槽参数的变化

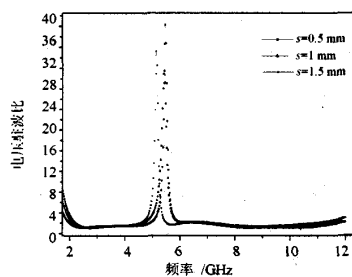
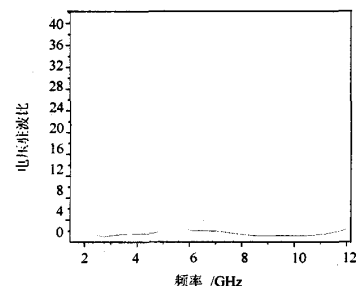
图4 驻波比随  $s$  的变化特性

图5 驻波比频率特性

## 3 远场方向图和增益

阻抗带宽只是衡量天线带宽特性的指标之一, 天线工作带宽还受到方向图带宽的影响。图 6, 图 7 分别给

出了天线在 2.4 GHz, 4 GHz, 8 GHz, 10 GHz 等频点处 E 面 ( $y-z$ ) 和 H 面 ( $x-z$ ) 的归一化方向图。图中显示, E 面归一化方向图呈现“8”字形, H 面归一化方向图在整个频段内具有近似全向性和对称性。

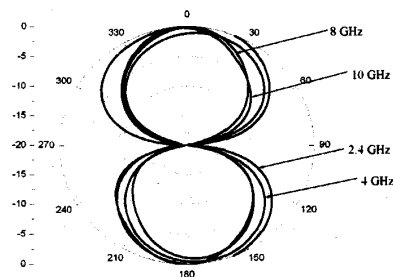


图6 E面( $y-z$ )归一化方向图

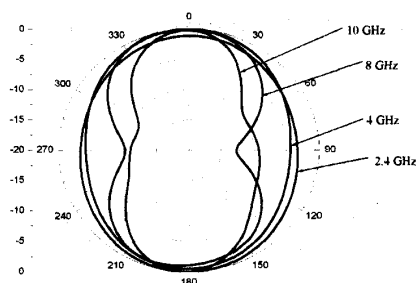


图7 H面( $x-z$ )归一化方向图

图8为天线的增益特性曲线。由图可见, 天线在整个工作频段内具有较好的增益特性, 在 WLAN (5.2 GHz/5.8 GHz) 频段内, 增益显著下降, 表明天线具有明显的陷波特性的。

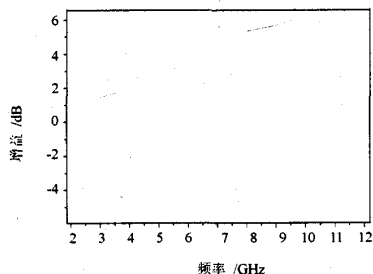


图8 天线的增益特性

#### 4 结 语

提出一种具有陷波特性的超宽带印刷天线。该天线通过调整圆形调谐结构上四个对称分布 T 形槽尺寸来获得陷波特性的, 使降低超宽带通信系统与 5 GHz 频段

WLAN 系统之间的干扰成为可能。使用了电磁仿真软件 HFSS 10.0 对天线进行计算, 并对天线的电压驻波比特性、辐射方向图、增益进行了研究。结果表明, 该天线在 2.26~4.94 GHz 和 6~11.68 GHz 两频带范围内具有良好的阻抗特性和辐射特性, 而在 4.94~6 GHz 频带范围内进行辐射抑制。该天线尺寸小, 具有便于电路集成的平面印刷结构, 可作为超宽带天线的设计方案应用于短距离无线通信设备中。

#### 参 考 文 献

- [1] KIM K H, CHO Y J, HWANG S H, et al. Band-notched UWB planar monopole antenna with two parasitic patches [J]. *Electronic Letter*, 2005, 41(14): 783-785.
- [2] CHANG K, KIM H, YOON Y J. Multi-resonance UWB antenna with improved band notch characteristics [C]// *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium* [S. l.]: IEEE, 2005: 516-519.
- [3] QIU J M, DU Z W, LU J H, et al. A planar monopole antenna design with band-notched characteristics [J]. *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, 2006, 54(1): 288-292.
- [4] KWON D H, KIM Y, CHUNBINSKY N P. A printed dipole UWB antenna with GPS frequency notch function [C]// *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium* [S. l.]: IEEE, 2005: 520-523.
- [5] KERKHOFF A, LING H. Design of a planar monopole antenna for use with ultra-wideband (UWB) having a band-notched characteristic [C]// *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium* [S. l.]: IEEE, 2003: 830-833.
- [6] SCHANTZ H, WOLENEC G, MYSZKA E. Frequency notched UWB antenna [C]// *IEEE Ultra Wideband System and Technologies Conference* [S. l.]: IEEE, 2003: 214-218.
- [7] QU X, ZHONG S S, WANG W. Study of a band-notch function for a UWB circular disc monopole antenna [J]. *Microwave and Optical Technology Letter*, 2006, 48(8): 1667-1670.
- [8] KERKHOFF A, LING H. A parametric study of band-notched UWB planar monopole antenna [C]// *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium* [S. l.]: IEEE, 2004: 1768-1771.
- [9] KIM Y, KWON D H. CPW-fed planar ultra wideband antenna having a frequency band notch function [J]. *Electronic Letter*, 2004, 40(7): 403-405.

作者简介: 周 锋 男, 1983 年出生, 硕士研究生。主要研究方向为超宽带平面微带天线技术。

钱祖平 男, 1961 年出生, 博士生导师。主要研究方向为电磁场与微波技术、天线。

彭 川 男, 1981 年出生, 硕士研究生。主要研究方向为天线技术。

## 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>