

# 一种新型的双陷波特性超宽带天线的设计

李东超 傅光 张志亚 阎亚丽 陈曦

(西安电子科技大学天线与微波国家重点实验室, 西安 710071)

**摘要:** 提出了一种新型的具有双陷波特性的超宽带天线。该天线在 2.8~12 GHz 的宽频带范围内电压驻波比 (VSWR) 小于 2, 通过在馈线上引出两个枝节获得了 3.3~3.9 GHz 和 5~6 GHz 的双陷波特性。通过调节枝节的长度和宽度可以很容易的调节阻带的位置和宽度。仿真和测试结果表明这种新型的天线具有良好的阻抗特性和辐射特性。该天线结构简单, 易于加工, 便于集成。文中给出了天线的设计以及不同参数对天线性能的影响。

**关键词:** 双陷波特性; 超宽带; 枝节; 无线通信

## Dual Band-notch Ultra-wideband Antenna with Compact Size

LI Dong-chao, FU Guang, ZHANG Zhi-ya, YAN Ya-li, CHEN Xi

(National Laboratory of Antennas and Microwave Technology, Xidian University of China, Xi'an 710071, China)

**Abstract:** A compact dual band-notch ultra-wideband antenna with two parasitic single sides is presented in this paper. The proposed antenna yields an impedance bandwidths of 2.8-12GHz with VSWR<2, except for the bandwidths of 3.3-3.9GHz for WiMAX and 5-6GHz for WLAN. In order to achieve band-notch characteristic, two single sides are loaded in the microstrip-fed. It is necessary to control the notched bandwidths and locations to obtain an efficient and notched UWB antenna. Therefore, the notched bandwidths via the lengths and widths of the single sides are studied. The antenna has been successfully designed, simulated and measured, showing good impedance matching, stable gain and radiation patterns. The proposed antenna is simple and easy to machine. The influences of different parameters are studied in this paper.

**Key words:** Dual band-notch; Ultra-wideband(UWB); Single side; Wireless communications

## 引言

自从美国联邦通信委员会 (FCC) 在 2002 年统一规范了超宽带 (ultra-wideband) 的频带范围是 3.1~10.6 GHz 后<sup>[1]</sup>, 超宽带天线就引起了人们的高度重视。但是在 UWB 频段内也存在其他窄带无线通信系统, 例如 WiMAX (3.3~3.7 GHz) 和 WLAN (5.725~5.825 GHz) 系统。因此, 能够抑制这两个频带的超宽带天线被广泛研究。近年来, 很多种具有陷波特性的超宽带天线结构被提出, 例如, 在辐射片上嵌入一个小的缝隙, 或者在圆形缝隙天线上加一个 C 型寄生单元<sup>[2-3]</sup>。

本文提出了一种具有双陷波特性的新型超宽带天线, 通过在馈线两边各加一个单枝节获得了双陷波特性。调节枝节的长度可以很容易的获得所需要的阻带, 另外, 改变枝节的宽度以及位置能够有效的控制阻带的宽度。通过对该天线的仿真分析和测试, 结果表明它在 2.8~12 GHz 的频带内有很好的驻波特性和辐射特性, 并且有效的抑制了超宽带系统对现存的窄带系统的干扰。

## 1 天线的设计

天线的几何结构如图 1 所示, 总尺寸为 30 mm × 34.38 mm × 1.2 mm, 天线的辐射单元是由半圆形

和矩形组合到一起构成的,  $a$  是半圆的半径,  $b$  是矩形的宽度。微带馈线的特性阻抗是  $50 \Omega$ , 宽度为  $w$ , 尺寸为  $2.2 \text{ mm} \times 15.38 \text{ mm}$ 。同时在馈线上引出了两根枝节来实现超宽带天线的陷波特性, 馈线左侧枝节的总长度为  $l_1+l_2=2.8 \text{ mm}+10.9 \text{ mm}$ , 与辐射片之间的间距为 0.09 mm; 馈线右侧枝节的长度为  $l_3=7.7 \text{ mm}$ , 与辐射片间距是 0.39 mm, 单枝节宽度均选取为  $s=0.1 \text{ mm}$ 。天线腐蚀在介电常数为 4.65, 厚度为 1.2 mm 的介质基板上。地板和辐射体分别在介质板的两面。地板尺寸是  $30 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ , 做成了渐变的形状, 用来改善阻抗特性。

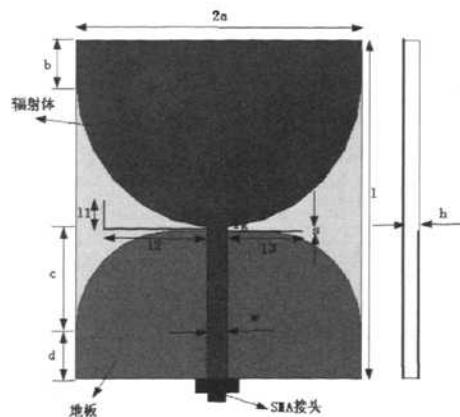


图 1 天线结构

## 2 参数分析

本文利用了 Ansoft HFSS 12.0 对该天线进行了优化设计, 得到的具体结构参数如表 1 所示。

表1 天线参数的尺寸

参数	$a$	$b$	$c$	$d$	$w$	$lg$	$s$	$l_2$	$l_3$	$h$
取值 (mm)	15	4	10	5	2.2	0.38	0.1	10.9	7.7	1.2

图 2 是根据以上设计结果制作的天线实物图。

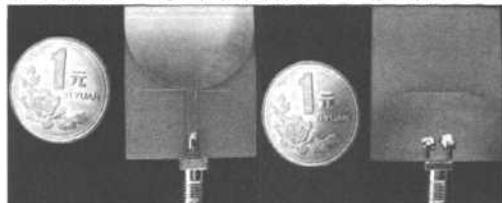


图 2 天线实物图 a(正面) b(反面)

3.5 和 5.5 GHz 处的陷波特性分别由馈线上的两根枝节来实现, 调节枝节的长度约为阻带中心频率所对应波长的四分之一, 以形成谐振<sup>[4-5]</sup>。阻带频率的计算公式如下:

$$f_{notch} = \frac{c}{4l\sqrt{\xi_{re}}} \quad (1)$$

其中,  $f_{notch}$  为阻带的中心频率,  $c$  为光速,  $\xi_{re}$  为介质的介电常数,  $l$  为枝节的总长度。为了获得所要求频率的陷波特性, 先根据公式(1)计算出单枝节的长度  $l_1$ 、 $l_2$  和  $l_3$ , 然后再具体调节其尺寸以确定最终的参数组合。

图3和图4分别给出了3.5 GHz和5.5 GHz的阻带随  $l_2$  和  $l_3$  的变化曲线。从图3可以看出, 随着单枝节长度  $l_2$  的增加, 3.5 GHz 处的阻带向低频方向移动, 其它频点的阻抗特性基本不变; 从图4中也可以得到类似的结论。

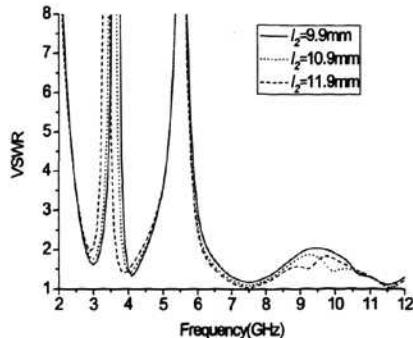


图 3 驻波随  $l_2$  的变化趋势

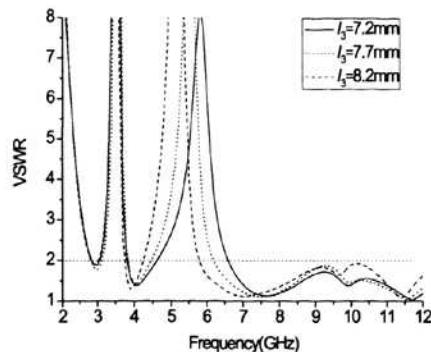


图 4 驻波随  $l_3$  的变化趋势

对于该超宽带天线, 单枝节的宽度  $s$  也会影响阻带特性。如图5所示, 在宽度  $s$  (馈线左边的单枝节) 由 0.1 mm 变到 0.3 mm 时, 5.5 GHz 处的阻带宽度一直在增加, 也就是说, 我们可以通过控制单枝节的宽度有效地调节阻带范围。由于只需要在 3.3~3.9 GHz 的频带范围内获得陷波特性, 因此本文中  $s$  的取值是 0.1 mm。

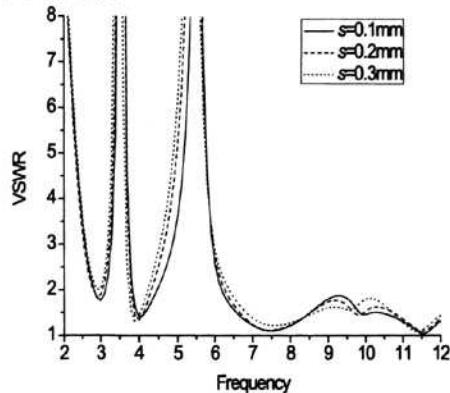


图 5 驻波随  $s$  变化趋势

## 3 结果与讨论

我们用矢量网络分析仪测量了天线的电压驻波比, 图 6 给出了此天线的仿真和测试结果比较图, 同时给出了不加枝节时天线的仿真驻波曲线。可以看出该天线在 2.8~12 GHz 内的驻波比小于 2, 对于有阻带的驻波曲线, 仿真和测试结果基本吻合, 但是也存在一定的差异, 这可能是由天线的加工精度和电缆接头的接入引起。从下图中可以看出, 该天线在 3.5 和 5.5 GHz 两个频段内具有良好的陷波特性。

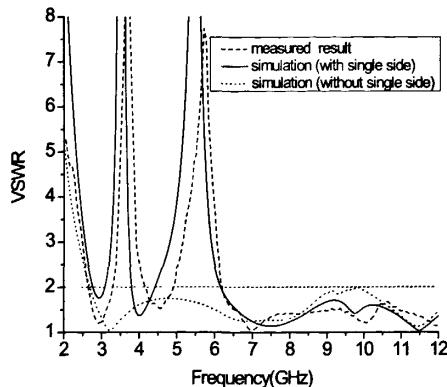


图 6 天线电压驻波比的仿真与测试结果

图 7 给出了该天线分别在 3.5 GHz, 4.5 GHz, 8 GHz 的频点上的 E 面和 H 面仿真方向图。由图可以看出, 方向图在 H 面是全向的, 在 E 面是个 8 字形。所以, 该天线在整个超宽带范围内均具有较好的全向辐射特性。

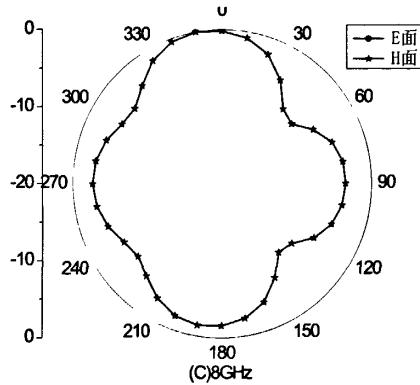
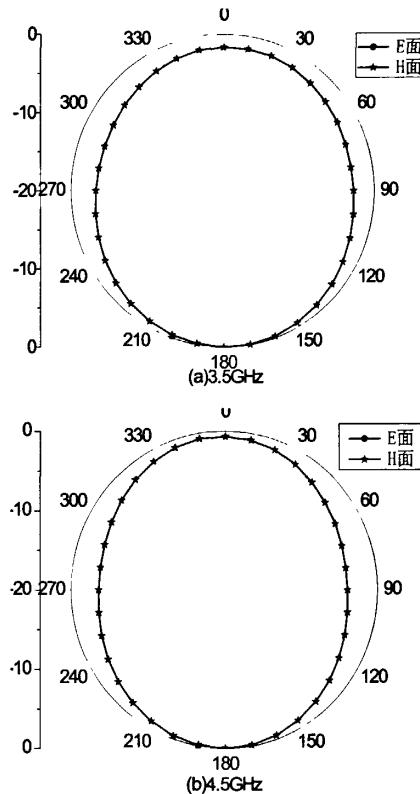


图 7 天线方向图仿真结果

无阻带的 UWB 天线和本文设计的具有双陷波特性的超宽带天线的增益特性如图 8 所示, 可以看出天线增益在陷波频带内急剧减小。因此, 实测与仿真结果均表明, 设计的天线有效的抑制了 WiMAX、WLAN 这两个窄带无线通信系统对 UWB 系统的潜在干扰。

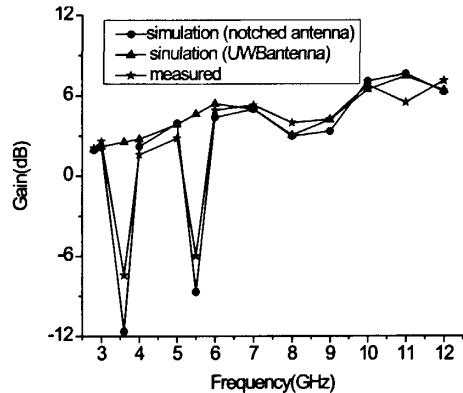


图 8 天线的增益仿真曲线

#### 4 结论

本文提出了一种新型的具有双陷波特性的超宽带天线, 通过在馈线上引入两根枝节, 可以在要求的频带范围内形成阻带, 调节枝节的长度和宽度能够控制阻带的位置和宽度, 从而有效地抑制了 WiMAX 和 WLAN 这两个窄带无线通信系统对 UWB 系统的潜在干扰。天线的仿真与测量结果均满足天线在 2.8~12GHz 的频带内  $VSWR < 2$  的宽带工作要求, 同时该天线具有很好的方向图特性和增益特性。该天线尺寸较小、结构简单, 在超宽带通信系统中有良好的应用前景。

## 参考文献

- [1] Federal Communications Commission.'First report and order', revision of part 15 of the Commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems, First Report and Order FCC, Apr.2002
- [2] Kim Y, Kwon D H. CPW-fed planar ultra-wideband antenna having a frequency band notch function[J]. Electronics Letters, 2004, 40: 403–404
- [3] Huang C Y, Huang S A, Yang C F. Band-notched ultra-wideband circular slot antenna with inverted C-shaped parasitic strip[J]. Electron. Lett, 2008, 44:891–892
- [4] Ye L H, Chu Q X. 3.5/5.5 GHz dual band-notch ultra-wideband slot antenna with compact size[J]. Electronics Letters, 2010, 46(5)
- [5] Jin-Ping Zhang, Yun-Sheng Xu, Wei-Dong Wang. Micro strip-Fed Semi-Elliptical Dipole Antennas for Ultra-wideband Communications[J]. IEEE Transactions on antennas and propagation, 2008, 56(1)

李东超 女, 1985 年生, 硕士研究生。主要研究方向: 天线及电磁兼容。

E-mail: ldc19850713@163.com

傅光 男, 1963 年生, 教授。主要研究方向: 天线理论与工程, 电磁兼容。

E-mail: gfu@mail.xidian.edu.cn

张志亚 男, 1985 年生, 博士研究生。主要研究方向: 宽带与多频天线, 短波与超短波天线。

E-mail: zhiyazhang@163.com

## 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](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>