

# 一种阶梯型结构的双陷波超宽带单极天线的研究与设计

张文辉<sup>1</sup>, 李萍<sup>2</sup>, 安合志<sup>1</sup>, 王蕾蕾<sup>1</sup>

(1. 武警工程大学研究生大队, 陕西 西安 710086; 2. 武警工程大学通信工程系, 陕西 西安 710086)

**摘要:** 设计了一种双陷波的共面波导馈电的超宽带单极天线。天线的辐射单元和接地面采用阶梯型结构, 实现了良好的阻抗匹配。通过在辐射单元上加载 C 形结构和在共面波导微带线上加载倒 U 形结构, 分别实现了对 WIMAX 和 WLAN 频段的频带抑制。仿真结果表明, 天线的工作带宽为 9 GHz(2.5 ~ 11.5 GHz), 覆盖了整个 UWB 频段, 同时在 3.3 ~ 3.7 GHz 和 5.15 ~ 5.85 GHz 处形成两个阻带。天线总尺寸为 20 mm × 26 mm × 1.6 mm, 结构简单利于集成, 适合在超宽带通信系统中使用。

**关键词:** 超宽带天线; 共面波导; 宽缝隙天线; 双陷波特性

中图分类号: TN821 + .3

文献标志码: A

文章编号: 1000-2073(2012)04-0036-05

## Design of a staircase shaped UWB monopole antenna with dual band notches

Zhang Wenhui<sup>1</sup>, Li Ping<sup>2</sup>, An Hezhi<sup>1</sup>, Wang Leilei<sup>1</sup>

(1. Graduate Department, Engineering University of CAPF, Xi'an 710086, China;

2. Communication Department, Engineering University of CAPF, Xi'an 710086, China)

**Abstract:** A staircase UWB monopole antenna with dual band notches is presented in this paper. The proposed antenna with a small size of 20 mm × 26 mm × 1.6 mm consist of a staircase shaped radiation element and symmetrical staircase shaped ground plane. Dual band-notched characteristic is achieved by inserting slots in radiation element and CPW-fed line. From the results of emulation, this antenna can satisfy the applications of ultra wideband wireless communications covering 2.5 ~ 11.5 GHz band-width and the two rejected bands are formed at 3.3 ~ 3.7 GHz and 5.15 ~ 5.85 GHz. The simple configuration with low profile of the proposed antenna leads to widely use in UWB communication systems.

**Key words:** UWB antenna; coplanar waveguide; monopole antenna; dual band notches

## 0 引言

2002 年, 美国联邦通信委员会将 3.0 ~ 10.6 GHz 的频段范围批准作为超宽带系统的使用频段。之后, 超宽带通信系统便成为科学界和工程界关注的热点。而超宽带天线作为超宽带通信系统的重要组成部分, 也引起了研究者的广泛关注。良好的超宽带天线, 必须在超宽带通信频段(3.0 ~ 10.6 GHz)内满足阻抗匹配, 同时具有良好的辐射方向特性以及稳定的增益, 更重要的是, 天线必须具有小型化的特点, 以利于系统集成<sup>[1]</sup>。

由于频谱资源的紧张, 超宽带通信系统与其它窄带系统之间的干扰问题日益严重。国际通信联盟规定, 超宽带无线系统的通信频段为 3.0 ~ 10.6 GHz, 但是, 该频段内存在一些窄带通信系统, 如 WIMAX(3.3 ~ 3.7 GHz), WLAN(5.15 ~ 5.85 GHz)<sup>[2]</sup>。为了抑制超宽带通信系统与窄带系统之间的干扰, 常见的做法是在

收稿日期: 2012-05-07

基金项目: 陕西省自然科学基金(2010JM8041; 2012JQ8026)

作者简介: 张文辉(1988—), 男, 硕士研究生, 主要从事电磁场与微波天线方向的研究。

天线上加载窄带谐振单元<sup>[3]</sup>,例如开槽<sup>[4]</sup>,添加谐振枝节<sup>[5]</sup>以及耦合谐振器<sup>[6]</sup>等。文献[7]提出了一种带阻超宽带天线,但是该天线只实现对无线局域网频段的频带抑制,而且天线结构比较复杂,尺寸比较大,不利于系统的集成。文献[8]提出了一种阶梯型结构的超宽带天线,该天线结构简单,超宽带特性比较好,但是没有频带抑制功能,无法消除干扰问题。

基于以上的研究背景,本文提出了一种具有双陷波的共面波导馈电的超宽带天线。该天线的辐射单元和接地面均采用阶梯型的结构,以实现阻抗匹配。通过在辐射单元加载C形槽和在共面波导微带线上加载倒U形槽,分别实现对WIMAX和WLAN频段的频带抑制。利用HFSS 12对天线的回波损耗、远场方向图和增益进行了研究,仿真结果表明,该天线在2.5~11.5 GHz内都具有良好的超宽带性能,并且在整个工作频段都具有良好的辐射方向特性。

## 1 多阻带超宽带天线的设计

多阻带超宽带天线的结构如图1所示。天线的基板采用的是FR4介质基板,其介电常数为4.4,损耗角正切值为0.02,介质基板的厚度h为1.6 mm。天线的辐射单元采用的是阶梯型的结构,该阶梯型结构的长度分别为L<sub>1</sub>,L<sub>2</sub>和L<sub>3</sub>,宽度分别为W<sub>1</sub>,W<sub>2</sub>和W<sub>3</sub>。由于阶梯型结构是一种渐变型的结构,可以在较宽的频带内实现阻抗匹配。而接地板是两个对称的阶梯型结构,位于共面波导微带线的两侧,长度分别为L<sub>4</sub>,L<sub>5</sub>,L<sub>6</sub>,宽度分别为W<sub>1</sub>,W<sub>2</sub>,W<sub>3</sub>。辐射单元与接地板之间的距离为d。接地板和辐射单元位于介质基板的同一侧。馈电方式采用50 Ω的共面波导馈电。馈线为长方形,长度为L<sub>f</sub>,宽度为W,馈线与地面之间的间隔为G。天线的总尺寸是20 mm×26 mm×1.6 mm。

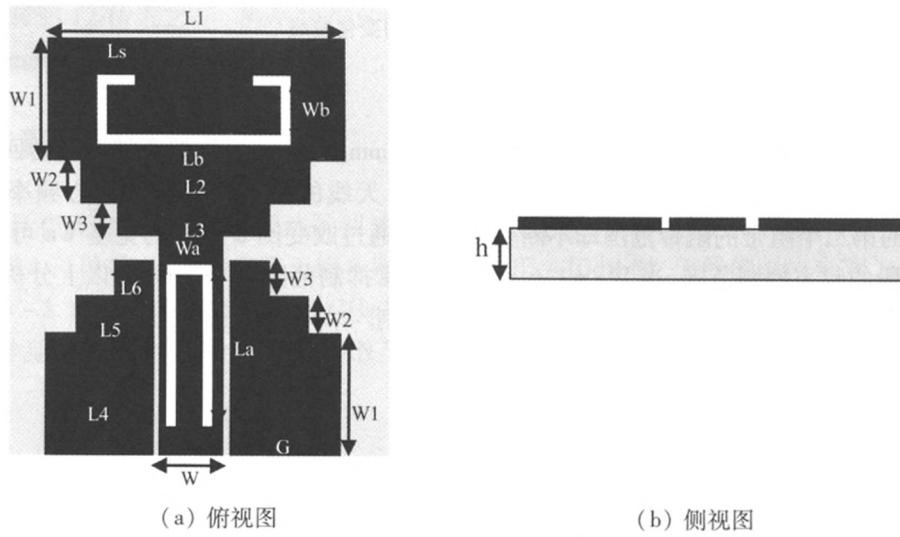


图1 天线结构示意图

为了实现对WIMAX和WLAN频段的频带抑制,采取了分别在辐射单元上加载C形槽和在共面波导馈线上加载倒U形槽的方法,其中C形槽用来实现对WIMAX频段的抑制,而倒U形槽用来实现对WLAN频段的频带抑制。天线结构各参数尺寸为:L<sub>1</sub>=20 mm,L<sub>2</sub>=15 mm,L<sub>3</sub>=12 mm,L<sub>4</sub>=8.15 mm,L<sub>5</sub>=5.65 mm,L<sub>6</sub>=4.15 mm,W<sub>1</sub>=8 mm,W<sub>2</sub>=2 mm,W<sub>3</sub>=2 mm,L<sub>f</sub>=12 mm,W=3 mm,G=0.35 mm,W<sub>a</sub>=2 mm,L<sub>a</sub>=8 mm,W<sub>b</sub>=6 mm,L<sub>b</sub>=11 mm,L<sub>s</sub>=1.9 mm。

## 2 槽型结构的参数分析

为了研究本文所设计天线的陷波性能,我们用HFSS 12仿真软件对其进行仿真。在仿真过程中,通过改变倒U形槽的长度L<sub>a</sub>,宽度W<sub>a</sub>以及C形槽的宽度W<sub>b</sub>,发现这些参数对超宽带天线的陷波特性有非常重要的影响。

### (1) 倒U形槽的长度 $La$ 对天线的陷波性能的影响

保持其他参数不变, 分别取  $La = 7 \text{ mm}, 8 \text{ mm}, 9 \text{ mm}$ , 得到天线的回波系数随着  $La$  的变化曲线, 如图 2 所示。由图中可以看出, 当倒 U 形槽的长度  $La$  增大时, 该超宽带天线的第一个阻带的中心频率和阻带范围基本保持不变, 而第二个阻带的中心频率逐渐由高频向低频移动。当  $La = 8 \text{ mm}$  时, 该超宽带天线的第二个阻带的中心频率为 5.5 GHz, 恰好为无线局域网(WLAN)的中心频率。但是, 由于 WLAN 的频率范围是 0.7 GHz, 而  $La = 8 \text{ mm}$  时, 该超宽带天线的阻带范围远远大于 0.7 GHz。说明仅仅通过改变  $La$ , 并不能完全实现对 WLAN 频段的频带抑制。

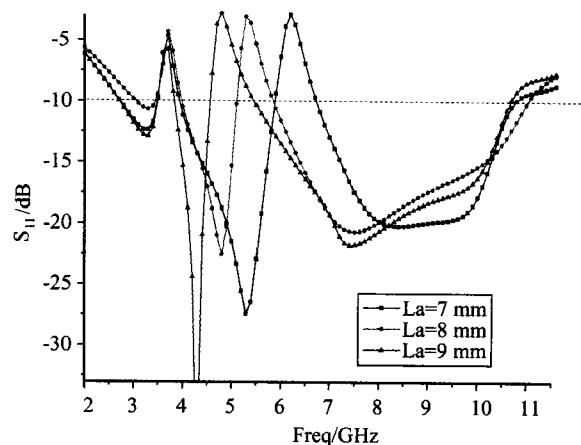


图 2 回波损耗随  $La$  的变化曲线

### (2) 倒 U 形槽的宽度 $Wa$ 对天线的陷波性能的影响

取  $La = 8 \text{ mm}$ , 其他参数保持不变。当  $Wa = 1.6 \text{ mm}, 1.8 \text{ mm}, 2 \text{ mm}$  时, 该超宽带天线的回波系数随着  $Wa$  的变化规律如图所示。由图中可以看出, 当  $Wa$  不断变大时, 天线的第二个阻带的中心频率保持不变, 均为 5.5 GHz。而天线的第二个阻带的阻带范围却不断变大。说明通过改变倒 U 形槽的宽度  $Wa$  可以改变该超宽带天线在 WLAN 频段的频率抑制范围。当  $Wa = 1.6 \text{ mm}$  时, 频带抑制范围是 0.7 GHz。以上分析说明, 通过改变  $La$  和  $Wa$  可以最终实现超宽带天线在 WLAN 频段的频带抑制。

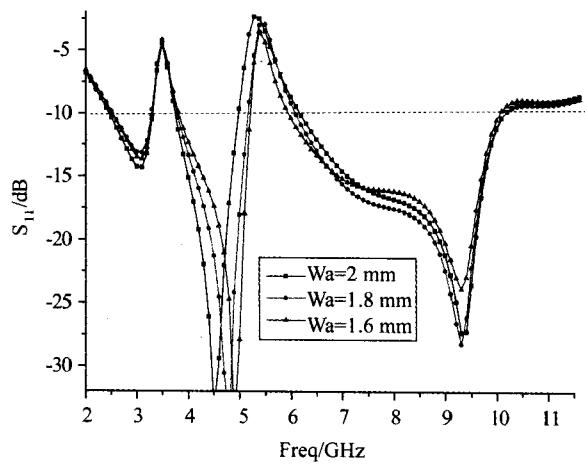


图 3 回波损耗随  $Wa$  的变化规律

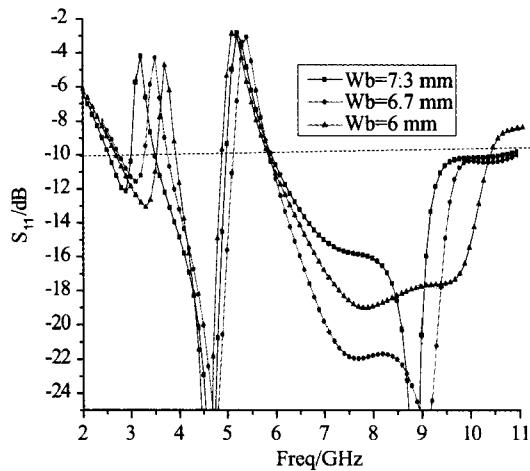


图4 回波损耗随Wb的变化规律

### (3) C形槽的宽度Wb对天线的陷波性能的影响

取 $La=8\text{ mm}$ , $Wa=1.6\text{ mm}$ ,其他参数保持不变.当C形槽的宽度 $Wb=6\text{ mm}$ , $6.7\text{ mm}$ , $7.3\text{ mm}$ 时,该超宽带天线的回波系数随着 $Wb$ 的变化规律如图4所示.由图中可以看出,当 $Wb$ 不断增大时,该超宽带天线的第二个阻带基本不变,而第一个阻带的中心频率逐渐从高频向低频移动.当 $Wb=6.7\text{ mm}$ ,天线的第一个阻带的阻带范围是 $3.3\sim3.7\text{ GHz}$ ,与WIMAX的频带范围相同.说明通过改变C形槽的宽度 $Wb$ 可以最终实现该超宽带天线对WIMAX频段的频带抑制.

综上,经过HFSS 12仿真之后,槽型结构的最终参数为 $La=8\text{ mm}$ , $Wa=1.6\text{ mm}$ , $Wb=6.7\text{ mm}$ , $Lb=11\text{ mm}$ , $Ls=1.9\text{ mm}$ .

## 3 天线的仿真与实验分析

图5给出了具有双阻带的超宽带天线的回波损耗的仿真结果,同时又给出了无阻带结构天线的回波损耗的仿真结果.由图4可以看出,该超宽带天线在回波损耗小于 $-10\text{ dB}$ 时,天线的阻抗带宽为 $2.5\sim11.5\text{ GHz}$ ,同时,天线在 $3.3\sim3.8\text{ GHz}$ 和 $5.15\sim5.85\text{ GHz}$ 频段上有明显的频带抑制.这就意味着该天线可用于超宽带无线通信系统,并且还能消除WIMAX和WLAN无线通信系统与超宽带无线系统之间的相互干扰.

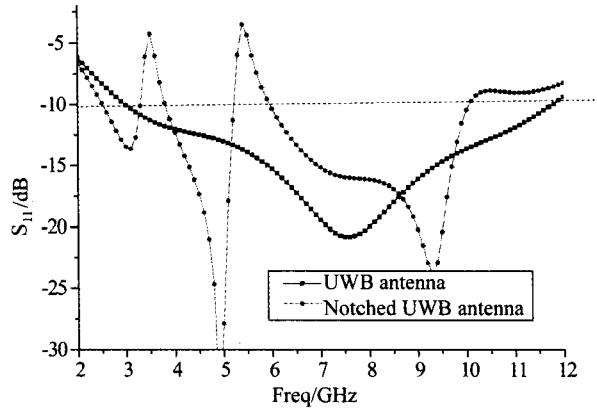


图5 天线的回波损耗的仿真结果

图6分别给出了该超宽带天线在 $3\text{ GHz}$ , $7\text{ GHz}$ , $10\text{ GHz}$ 的辐射方向图.由图5可以看出,该超宽带天线在XOY平面和XOZ平面上都具有一定的全向特性,但随着频率的升高,天线在XOZ平面上呈现一定的方向性.

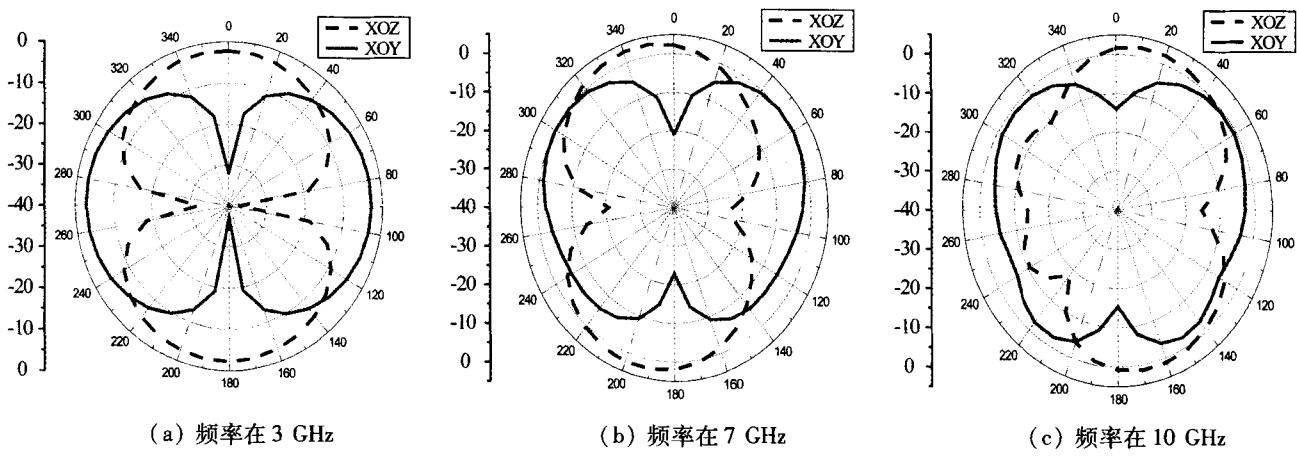


图6 天线的辐射方向图

## 4 结 论

本文提出了一种具有频带抑制功能的超宽带天线,该天线的辐射单元和接地面均采用阶梯型结构,同时在辐射单元开C形槽以及在共面波导传输线上开倒U形槽,利用HFSS 12软件对槽型结构的参数进行优化。仿真结果表明,该天线完全覆盖整个UWB频段,并且能够实现对WLAN和WiMAX频段的频带抑制。天线尺寸只有 $20\text{ mm} \times 26\text{ mm}$ ,厚度只有 $1.6\text{ mm}$ ,天线体积小、结构简单、易于集成,非常适合在超宽带通信系统中使用。

### 参考文献:

- [1] 叶亮华,褚庆昕.一种小型的具有良好陷波特性的超宽带缝隙天线[J].电子学报,2010,12(12):2862–2865.
- [2] Azarmanesh M, Soltani S. Design of an UWB monopole antenna with WiMAX, C and wireless local area network band notches [J]. IET Microwaves, 2011, 5(6):728–733.
- [3] 邓超,谢拥军.平面印刷单极子天线频带抑制技术的应用[J].西安电子科技大学学报:自然科学版,2011,38(4):112–115.
- [4] 褚庆昕,杨颖颖.一种小型平面陷波超宽带天线[J].华南理工大学学报:自然科学版,2008,36(9):77–93.
- [5] Thomas K G, Sreenivasan M. A simple ultra wideband planar rectangular printed antenna with band dispensation[J]. IEEE Trans on Antennas and Propagation, 2010, 58(1): 27–34.
- [6] Khalilzadeh A, Chan K K M, Rambabu K. Coupled-line-fed dual-notch ultra-wideband antenna[J]. Electronics Letters, 2010, 46(1): 14–16.
- [7] 杨彬,焦永昌.一种新型带阻超宽带单极天线的仿真设计[J].微波学报,2010,35(6):126–130.
- [8] Shameena V A. A compact CPW fed serrated UWB antenna [J]. IEEE Trans on Antennas and Propagation, 2011, 54(6): 29–39.

(责任编辑:子 实)

## 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>

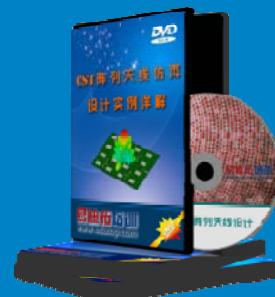
---

### 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>