

一种带双陷波结构的共面波导馈电 小型平面超宽带天线

杨颖颖，褚庆昕

华南理工大学电子与信息学院 广州 510640

摘要：本文提出了一种应用于超宽带系统的带双陷波结构的共面波导馈电小型平面超宽带天线。天线采用印刷电路板上的矩形贴片作为辐射单元，并由同一面上的共面波导(CPW)进行馈电，通过在矩形贴片上开两个嵌套的C形槽来实现双陷波功能。仿真及实验结果表明，该天线在3.1-10.6GHz频段内电压驻波比小于2，在3.3-3.7GHz和5-6GHz范围内均具有陷波特性，有效地阻隔了WiMAX系统和无线局域网(WLAN)系统对超宽带(UWB)系统的影响，在整个工作频段内有稳定的增益和良好的辐射方向特性。

关键字：共面波导(CPW)馈电天线，超宽带(UWB)天线，双陷波特性，C形槽

A Compact CPW-fed Planar Ultra-wideband Antenna with Frequencies Notch Characteristics

Ying-ying Yang, Qin-xin Chu

College of Electronic and Information Engineering

South China University Technology

Abstract: A compact and simple design of a CPW-fed planar antenna for ultra-wideband application with dual band-notch characteristics is presented. The proposed antenna consists of a rectangular metal patch on a printed circuit board fed by a 50Ω coplanar waveguide (CPW). By cutting two nested C-shaped slots in the rectangular radiating patch, dual frequency band notches will be created. The proposed antenna yields an impedance bandwidth of 3.1-10.6GHz with $VSWR < 2$, except the bandwidths of 3.3-3.7GHz for WiMAX and 5-6GHz for WLAN. The antenna is successfully simulated, designed, and measured showing broadband matched impedance, stable gain and radiation patterns.

Key Words: coplanar waveguide (CPW) fed antennas, ultra-wideband (UWB) antennas, dual band-notch characteristics, C-shaped slot

1 引言

2004年美国联邦通信协会(FCC)批准将3.1-10.6GHz频段民用[1]，超宽带(UWB)系统的设计和应用成为了无线通讯领域激烈竞争的焦点，超宽带天线作为超宽带系统的重要组成部分，成为近年来研究的热点[2]。超宽带天线设计的要求主要包括在超宽频带(3.1-10.6GHz)内阻抗匹配、具有稳定的增益和良好

的辐射方向特性，并且要求天线小型化以及制造成本低[3]。

在超宽带系统指定的频段内覆盖了3.3-3.6GHz的WiMAX和5.15-5.825GHz的无线局域网(WLAN)窄带系统频段，为了抑制超宽带系统与窄带系统间潜在的干扰，需要在超宽带系统的频带内滤除这些窄频带，一种简单而有效的方法就是使超宽带天线在WiMAX和WLAN的频段内均呈现较大的发射系数，即具有双陷波功能。近年来，超宽带天线中出现了一些陷波结构，比如，倒U形结构[4]、在圆形单极天线上开两条

基金项目：国家自然科学基金项目(编号：U0635004 和60571056)。

缝隙[5]、在平面天线结构中引入C形寄生元件[6]。然而，这些陷波天线的设计往往尺寸较大，并且只讨论了WLAN频段内的陷波特性，而很少提及WiMAX频段上的陷波特性，不能彻底抑制超宽带系统与窄带系统间潜在的干扰。

基于以上的研究背景，本文提出了一种结构简单的带双陷波结构的共面波导馈电小型平面超宽带天线，通过在矩形辐射贴片上开两个嵌套的C形槽实现双陷波功能。利用电磁仿真软件Ansoft HFSS10对C形槽的各个参数进行研究，仿真结果显示，在天线结构中引入的C形槽总长约为需要抑制频率的半波长时，在该频率点及其附近频段内会呈现较大的反射系数，即出现陷波，陷波性能最小化超宽带系统与WiMAX和WLAN窄带系统间的干扰。本文提出的天线，在3.1-10.6GHz频段内的电压驻波比小于2，而在用于WiMAX系统的3.3-3.7GHz和用于WLAN系统的5-6GHz频段内，电压驻波比大于2，显示出良好的双陷波特性。本文给出了天线的设计仿真及测量，结果表明，该天线具有良好的工作特性。

2 天线设计及结果

天线的结构和尺寸如图1和表I所示。天线的辐射单元是一个小型矩形金属贴片，尺寸为 $L_3 \times L_4$ 。贴片的底部采用锥形渐变结构，从而在超宽带频段内获得理想的阻抗匹配[7]。采用阻抗为 50Ω 的共面波导馈电，金属导带的宽度是 g ，缝宽为 s 。天线制作在相对介电常数 $\epsilon_r = 4.4$ ，厚度 $h = 1.6\text{mm}$ ，损耗角正切 $\tan \delta = 0.02$ 的低耗FR-4基板上，其尺寸为 $L_1 \times L_2$ 。在两个矩形接地板的上缘各切去了一个三角板，合适地选择三角板的尺寸能够获得理想的宽频带特性[8]。为了实现双陷波特性，在矩形辐射贴片上开了两个嵌套的C形槽，开槽实现陷波特性的基本原理是在天线结构中引入半波长的谐振结构，当调整C形槽的总长约为需要抑制频率的半波长时，在该频率及其附近输入阻抗异常，阻抗失配。通过电磁仿真软件Ansoft HFSS10仿真，图2给出了天线表面的电流分布，在通带4.1GHz和6.86GHz处，电流主要聚集在导带上，C形槽附近的电流很小，而在阻带3.57GHz和5.36GHz处，电流分别集中在大C形槽和小C形槽上，导带上的电流很小，造成阻抗异常，天线在3.5GHz频段和5.5GHz频段上产生较大的衰减和阻抗失配，形成双陷波。

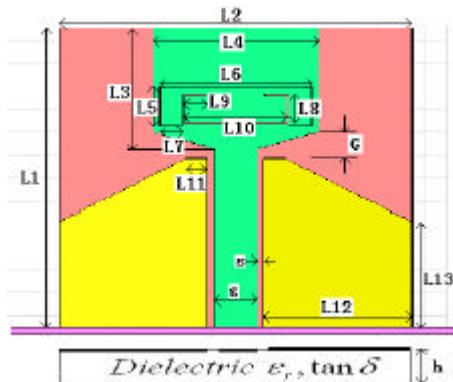


图1 天线的结构

表I 天线的尺寸

L1	L2	L3	L4	L5	L6
26mm	30mm	10.5mm	14mm	3.5mm	13mm
L7	L8	L9	L10	L11	L12
2mm	2.6mm	2mm	9mm	1.8mm	12.6mm
L13	G	s	g	t	h
9.2mm	2.3mm	0.5mm	3.8mm	0.1mm	1.6mm

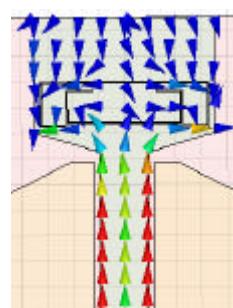


图2(a) 4.1GHz

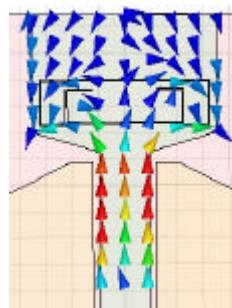


图2(b) 6.86GHz

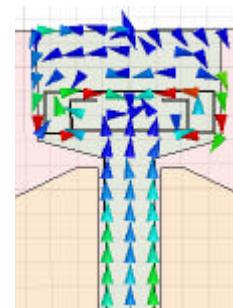


图2(c) 3.57GHz

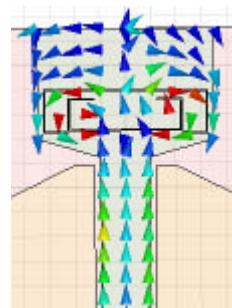


图2(d) 5.3GHz

图2 天线表面的电流分布

天线电压驻波比采用ADVANTEST R3770矢量网络分析仪测量，图3(a)、(b)分别给出了带陷波结构与不带陷波结构的超宽带天线电压驻波比仿真曲线与测量曲线。在3.1-10.6GHz频段内，天线的电压驻波比均小于2，对于带陷波结构的超宽带天线，在3.3-3.7GHz

和5-6GHz频段内驻波比大于2,表明天线在这两个频段上具有良好的陷波特性,该频段上的收发灵敏度也会相应降低,减小了系统间的干扰。由图3可以看出,仿真结果与测量结果吻合较好,但是,3GHz低频段的测量特性稍差;3.5GHz频段的陷波中心频率右移,带宽偏宽。这些偏差主要是由于加工条件限制造成加工误差和同轴接头的焊接等因素所导致的。

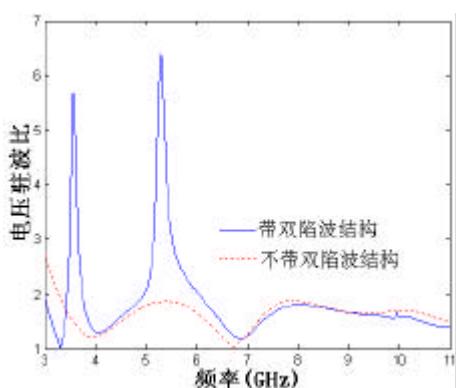


图3(a) 天线电压驻波比仿真曲线

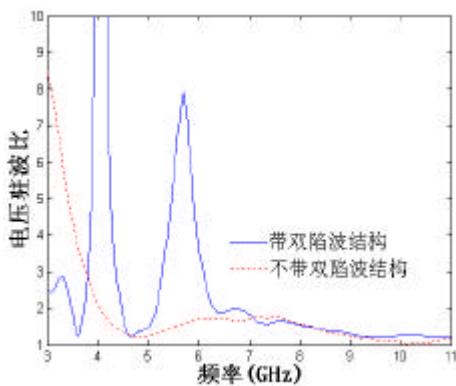


图3(b) 天线电压驻波比测量曲线

图3 天线电压驻波比

天线的增益如图4所示。电磁仿真软件Ansoft HFSS10的仿真结果显示,天线在整个频段内具有比较平坦的增益特性,天线增益大约为1.5dB-4.6dB,在3.5GHz和5.3GHz频率附近,增益分别下降至-5dB和-2dB左右,其它频段内带陷波结构与不带陷波结构的超宽带天线增益吻合得较好。

图5(a), (b), (c)分别给出了天线在3.1GHz、6.8GHz和10.6GHz频率点上的X-Y平面、X-Z平面、Y-Z平面方向图,天线具有可接受的近似全向性,可收发各个方向上的信号。带陷波结构和不带陷波结构的天线实物如图6所示。

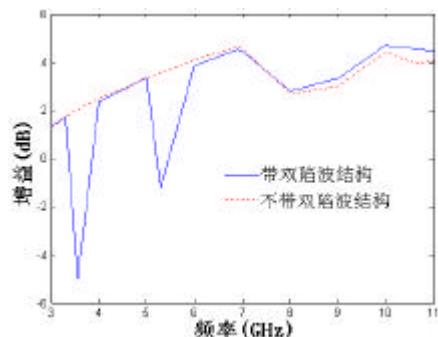


图4 天线增益特性

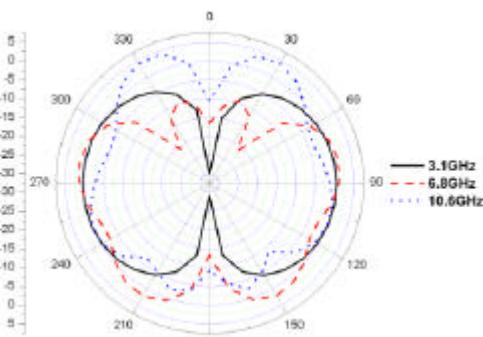


图5(a) X-Y方向图

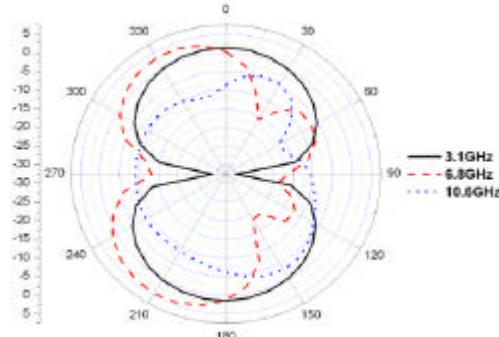


图5(b) X-Z方向图

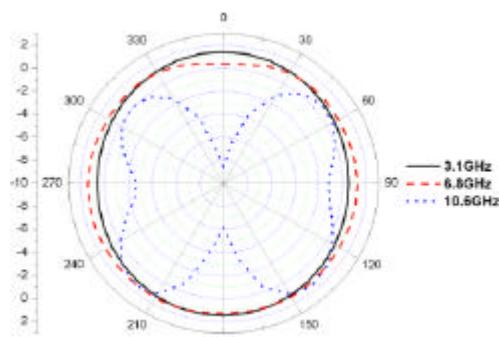


图5(c) Y-Z方向图

图5 天线方向图

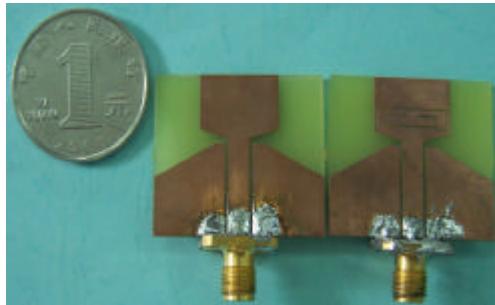


图6 天线实物照片

4 结论

本文提出了一种应用于超宽带系统的带双陷波结构的共面波导馈电超宽带天线。该天线具有小型平面结构,通过简单的阻抗匹配技术实现了超宽带特性。在天线结构中引入两个嵌套的C形槽,实现了3.3-3.7GHz和5-6GHz频段内的双陷波特性,有效地抑制了窄带系统WiMAX和WLAN对超宽带系统的干扰。在整个频段内,天线的增益基本稳定,大约为1.5dB-4.6dB,在3.5GHz和5.3GHz频率附近增益分别下降至-5dB和-2dB左右,天线具有近似全向辐射特性,因此是一种性能较好、具有实用价值、能广泛地应用于

超宽带系统中的超宽带天线。

参考文献

- [1] "First Report and Order," Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems, Federal Communications Commission, Feb.2002.
- [2] T. G. Ma and S. K. Jeng, "Planar miniature tapered-slot-fed annular slot antennas for ultra-wideband radios," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 53, pp. 1194-1202, Mar. 2005..
- [3] Yi-Cheng Lin and Kuan-Jung Hung, "Compact Ultrawideband Rectangular Aperture Antenna and Band-Notched Designs," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 54, NO. 11, Nov. 2006..
- [4] A. Kerkhoff and H. Ling, "A parametric study of band-notched UWB planar monopole antennas," IEEE Antenna Propag Soc Int Symp Dig 2 (2004), 1768-1771..
- [5] H. Yoon, H. Kim, K. Chang, Y. J. Yoon, and Y. H. Kim, "A study on the UWB antenna with band-rejection characteristic," IEEE Antennas Propag Soc Int Symp Dig 2 (2004), 1784-1787..
- [6] Jianming Qiu, Zhengwei Du, Jianhua Lu, and Ke Gong, "A planar monopole antenna design with band-notched characteristic," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 54, NO. 1, Jan. 2006..
- [7] J. Powell, "Antenna Design for Ultra Wideband Radio," M.Sc. thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, May 7, 2004..
- [8] WANG Wei and ZHONG Shunshi. "A broadband CPW-fed arrowlike printed antenna," IEEE Antennas and Propagation Society Int Symp, Monterey, CA. 2004, 1: 751-754.

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>