

便携设备中带陷蝶形UWB天线的设计^{*}蔡文新^{**} 李少甫 潘建

(西南科技大学微波与天线技术实验室, 四川, 绵阳, 621010)

2010-10-22 收稿, 2010-12-28 收改稿

摘要:提出了一种应用于便携设备中具有带陷特性的平面蝶形UWB天线。该天线采用蝶形贴片作为辐射单元,并由渐变线作为阻抗变换器与 $50\ \Omega$ 馈线进行匹配。通过在辐射面上挖C形槽实现带陷功能,并给出仿真和实测结果。该天线的工作频带覆盖 $3.1\sim 10.6\ \text{GHz}$,并有效避免了 $5.15\sim 5.825\ \text{GHz}$ 的无线局域网(WLAN)频段,适于便携式超宽带无线通信系统的应用。

关键词:超宽带;蝶形;带陷特性;无线局域网

中图分类号:TN822⁺.8;TN925⁺.93 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3819(2011)03-0263-05

The Design of a Compact Bow-tie UWB Antenna
with Band-notch Filter

CAI Wenxin LI Shaofu PAN Jian

(The Microwave and Antenna Laboratory of Southwest University of Science
and Technology, Mianyang, Sichuan, 621010, CHN)

Abstract: This paper presents a bow-tie UWB printed antenna with band-notch function. The antenna uses bow-tie patch as the radiating element and is matched with $50\ \Omega$ feeder line by the gradient line. Moreover, by cutting the C-shaped slot at the radiating element, the antenna achieves the band-notch function. At last, the results of the simulation and measure are put forward. The antenna with a bandwidth covering the $3.1\sim 10.6\ \text{GHz}$ can escape the bandwidth of WLAN at $5.15\sim 5.825\ \text{GHz}$, and fits for the application of the UWB communication system.

Key words: UWB; bow-tie; band-notch function; WLAN

EEACC: 5260;6210L

引 言

自2002年美国军方解密超宽带技术以来,超宽带通信以其高传输率、高定位精度、低成本、低功耗等优点博得了产业界和学术界的青睐,作为超宽带通信系统的重要组成部分-超宽带天线,如何实现其小型化便成为了人们的研究热点。但是,由于超宽带

通信系统的工作频带在 $3.1\sim 10.6\ \text{GHz}$,而这段频带内还存在无线局域网(WLAN)等其他通信系统,为了降低各系统之间的相互串扰,就有必要使超宽带天线在WLAN这一频段内具有较大的反射系数,即实现一种陷波功能,以降低天线在这一频段内的发射能力和接收灵敏度。

实现这种带陷的结构有多种方法。将超宽带天线与一个带阻滤波器连接^[1],但它的缺点是增加了

^{*} 基金项目:西南科技大学人才引进项目(04zx7140);西南科技大学研究生创新基金资助项目(09ycjj08)

^{**} 联系作者:E-mail: cwxsaka@163.com

设计的复杂性;分别采用加调谐枝节和用分形结构的宽缝隙作为辐射单元的方法实现阻带^[2-3],但这两种方法加工精度非常高,不易实现;通过在辐射单元的两边和顶部引入寄生单元来实现阻带^[4-5],这种方法增大了辐射面的面积,不利于小型化的要求。而通过在辐射面上挖槽来实现阻带的方法是最简单也是最易实现的。

随着无线通信设备向着便携式、小型化的方向发展,可佩戴式和便携式设备逐步受到人们的青睐,比如无线耳机、无线U盘等。对于诱人的UWB无线通信技术,要真正投入市场,天线的设计就必须符合小型化、平面化和易于前端电路集成等便携设备的要求,而不再单一地仅仅停留在实验阶段。所以,文中提出了一种应用于便携设备和可佩戴设备中的小型蝶形UWB天线,通过在辐射面上挖C形槽的方法来实现超宽带天线的带陷特性,该天线覆盖3.1~10.6 GHz的频率范围,并有效地阻隔了5.15~5.825 GHz的WLAN频段。下面介绍天线的结构和实验研究。

1 天线的结构与设计原理

该天线的结构如图1所示,介质基板尺寸为 $L \times W$,材料采用介电常数为2.65的聚四氟乙烯,其柔韧性好,信号传输损耗小,基板厚度为0.5 mm。天线的辐射单元是一个蝶形金属贴片,采用长为 L_1 的50 Ω 微带线进行馈电,其宽度为 W_1 ,背部接地板长度为 L_3 ,在天线辐射单元与50 Ω 馈线之间采用渐变线来实现阻抗匹配,其渐变结构减小了由多节四分之一阻抗变换器的不连续性带来的反射波的影响,辐射贴片角度为 α 。为了实现带陷功能,在辐射单元里开一个长为 L_n 、宽为 W_n 的C形槽,也即在天线结构中引入了半波长的谐振结构,当调整槽的总长度约为所要抑制的频率对应的半波长时,该频率点及附近输入阻抗失配,形成阻带。用公式可表示为:

$$f_0 = \frac{c}{2L \sqrt{\epsilon_{re}}} \tag{1}$$

其中, f_0 为阻带的中心频率, c 为光速, L 为槽的长度, ϵ_{re} 为介质的有效介电常数。

在不降低蝶形辐射面的辐射性能的前提下,通过使辐射面与接地面产生镜像来减小天线尺寸,从而满足天线小型化的要求。该天线的指标要求其工作频带覆盖超宽带通信的3.1~10.6 GHz,无阻带时驻波比(VSWR)小于2,在阻带处与之相反,而且其阻带的中心频率为5.5 GHz左右,带宽700 MHz左右。

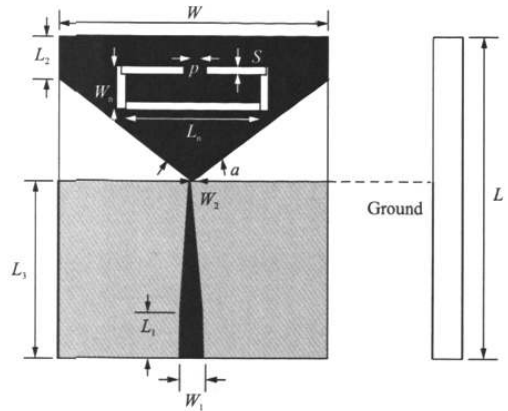


图1 天线的几何结构

Fig. 1 The basement structure of the antenna

2 天线的实验研究

整个天线的建模与优化仿真所采用的软件是HFSS 10,通过使用软件的优化功能,可以得到满足指标要求的天线的最优参数,如表1所示。此外,蝶形张角 α 最优角度是78°。

HFSS 10给出的该天线的电压驻波比仿真和实测结果如图2所示。在5.15~5.825 GHz频段内的电压驻波比大于2,而其余频段电压驻波比小于2,实测结果的阻带比仿真结果的要稍宽一些。主要是由于加工误差的影响,但总的来看,在误差允许范围内实测结果和仿真结果吻合相对较好,表明了该蝶形天线在这个频段内具有良好的带陷特性。

对于开槽来实现带陷特性的工作原理,可以通过实测到的天线的输入阻抗幅度曲线来用LC等效电路的方法来定性地解释。从图3可以看到,天线的输入阻抗在3.1~10.6 GHz内围绕50 Ω 特性阻抗

表1 天线的最优参数

Tab. 1 The optimized parameters of the antenna

Variable	L	W	L_1	L_2	L_3	W_1	W_2	L_n	W_n	S	P
Size/mm	29	16	4	6	14	1.34	0.5	9.6	3.2	0.6	1.8

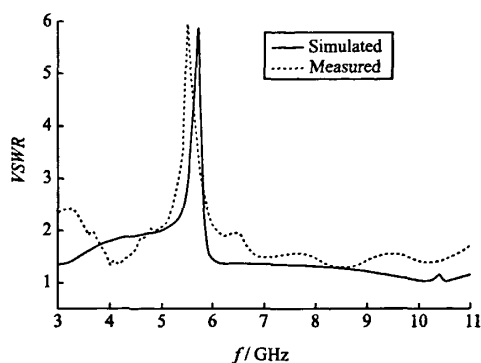


图2 天线电压驻波比仿真与实测曲线

Fig. 2 The simulated and measured diagram of the VSWR

上下波动,表明天线与馈电端匹配良好,但在5~6 GHz频段内谐振时呈现高输入阻抗,为并联谐振电路特性,整个电路相当于串联了一个LC并联谐振电路结构。当电路在5~6 GHz频段内谐振时,电路呈现开路状态,输入阻抗很大,那么,在天线的输入端会产生比较大的反射,影响天线的正常工作,形成带陷。

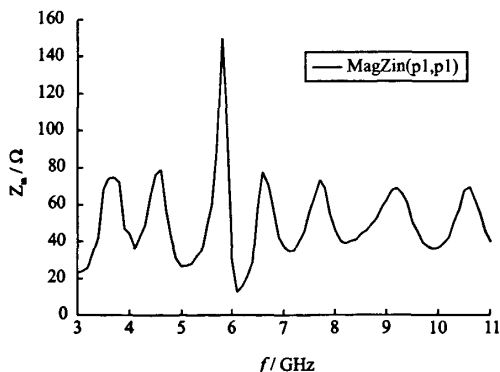


图3 天线的输入阻抗幅度曲线

Fig. 3 The measured diagram of the input impedance

图4给出天线增益的仿真与实测图,从图中可以看到该天线在3.1~10.6 GHz频带内具有较为平坦的增益特性,而且在某些频点增益达到6 dB,天线平均增益大约为3.5 dB,只是在阻带频带5~6 GHz之间增益明显下降到-4 dB左右,表明天线在该频段具有显著的带陷特性。

图5给出了该天线在4 GHz、7 GHz和10 GHz频率点上的H面和E面的仿真和实测辐射方向图。可以看到,在H面图形呈圆形,表明天线具有较好的

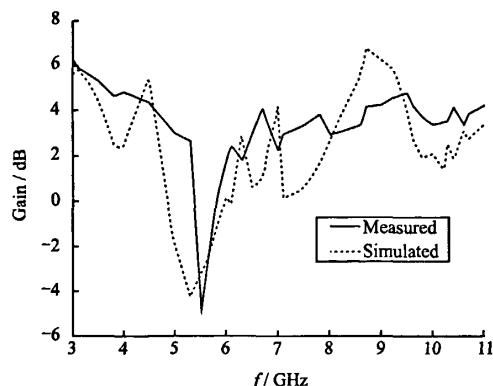


图4 天线增益仿真与实测曲线

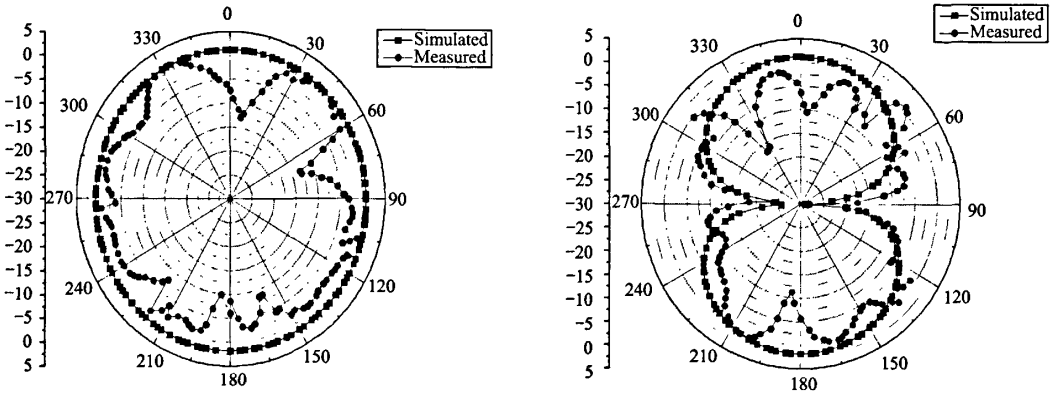
Fig. 4 The simulated and measured diagram of the gain

全向性,可收发各个方向的信号;E面呈哑铃形,表明天线具有类似偶极子天线的辐射特性,只是在10 GHz时天线方向图有些畸变,这是由于频率太高出现高次模的原因,由于天线的电尺寸太小,要完全消除这种畸变很困难,可以通过增加寄生单元的方法来抑制高次模的出现,但这样会增大天线尺寸,影响天线的小型化要求。不过总的来说,天线的实测结果与仿真结果吻合较好,误差主要来源是SMA接头与微带线转换的不连续性、印制板的加工和测量环境等因素,这些误差均在允许范围内,是可以接受的。图5可以说明,在3.1~10.6 GHz频段内该蝶形超宽带天线的辐射方向图随频率的变化相对稳定。

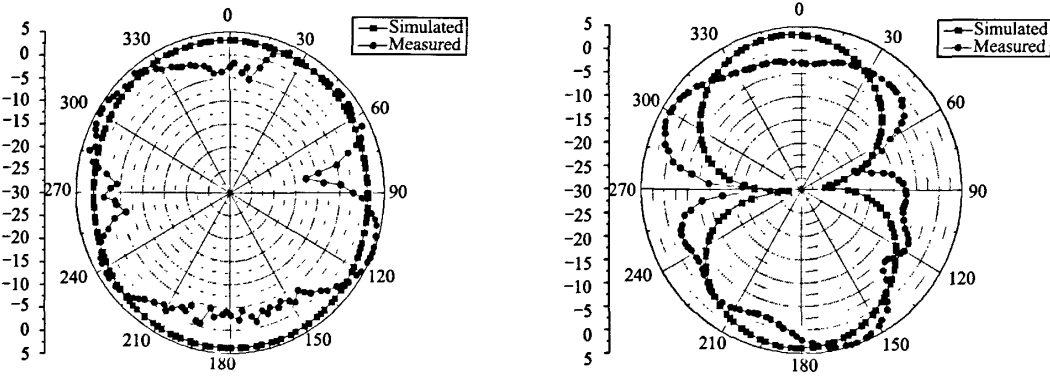
反映超宽带天线的优良性能的除了其频域指标还有其时域指标。图6给出了天线的群延时特性的仿真曲线和实测曲线,在3.1~10.6 GHz频段内群延时相对比较平坦,波动不超过2 ns,说明该天线在超宽带通信频段内远场相位线性,信号传输失真相对较小。

3 结 论

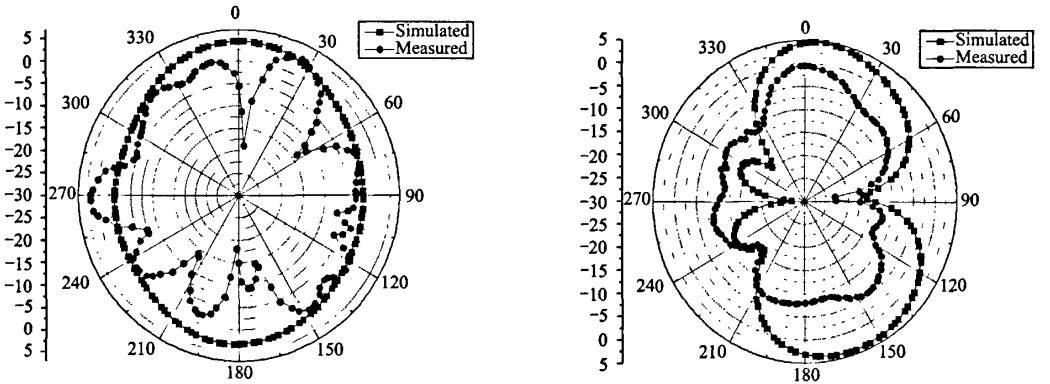
设计了一种应用于便携式无线通信设备的UWB天线,如图7所示。天线尺寸与标准USB接头的尺寸相似,可以制作为带有USB接头的外挂天线,也可以集成在便携设备内部,比如集成在无线耳机中。实验结果表明,该天线满足超宽带通信的指标要求,整个工作频带内驻波比小于2;群延时曲线较为平坦,工作频带内相位线性;增益基本稳定,大约为3.5 dB;辐射方向图相对稳定;具有体积小、易加工、便于和前端电路集成等优点,有较好的应用前



(a) 4 GHz



(b) 7 GHz



(c) 10 GHz

图 5 天线在 4 GHz、7 GHz 和 10 GHz 频率点的 H 面和 E 面辐射方向图

Fig. 5 The simulated and measured radiation pattern of the face H and E at 4 GHz, 7 GHz and 10 GHz

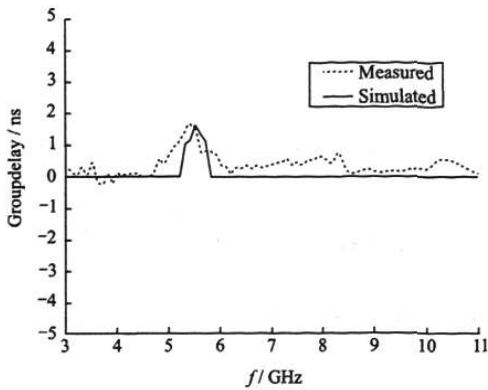


图 6 天线的群延时仿真曲线和实测曲线

Fig. 6 The simulated and measured diagram of the groupdelay

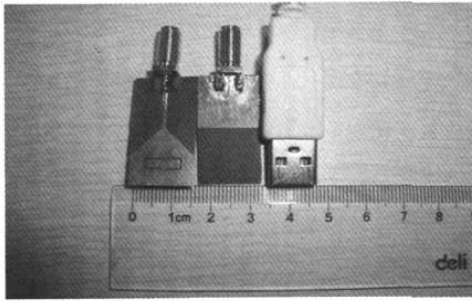


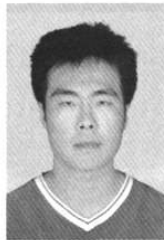
图 7 天线设计实物图

Fig. 7 The picture of the antenna

景。通过在天线辐射面开 C 形槽实现 5.15~5.825 GHz 的 WLAN 频段的带陷特性,有效抑制了超宽带通信系统与 WLAN 系统之间的干扰,满足超宽带无线通信的小型化应用。

参 考 文 献

- [1] Kwon D H, Kim Y H, chubinsky N P. A printed dipole UWB antenna with GPS frequency notch function[C]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2005: 520-523.
- [2] Lui W J, Cheng C H, Cheng Y, et al. Frequency notched ultra-wideband microstrip slot antenna with a fractal tuning stub[J]. Electronics Letters, 2005, 41 (6): 294-296.
- [3] Su Saouwen, Wong Kinlu, Chang Fashian. Compact printed ultra-wideband slot antenna with A band-notched operation[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2005, 45(2): 128-130.
- [4] Kim K H, Cho Y J, Hwang S H, et al. Band-notched UWB planar monopole antenna with two parasitic Patches[J]. Electronic Letters, 2005, 41(14): 783-785.
- [5] Chang K, Kim K H, Yoon Y J. Multi-resonance UWB antenna with improved band notch characteristics[C]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2005: 516-519.



蔡文新(CAI Wenxin) 男,1984 年 12 月出生,西南科技大学信息工程学院通信与信息系统专业,硕士研究生,研究方向为平面超宽带天线的研究。



李少甫(LI Shaofu) 男,1966 年 5 月出生,西南科技大学信息工程学院电子教研室主任,副教授,研究方向为超宽带天线及射频前端,高功率微波技术。



潘建(PAN Jian) 男,1984 年 2 月出生,西南科技大学信息工程学院电路与系统专业,硕士研究生,研发方向为微波相位测量。

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),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>