

文章编号:1001-893X(2011)12-0109-04

应用于无线 USB 的小型超宽带阻带天线^{*}

李智勇, 刘运林, 张倩, 王汇龙

(西南交通大学 电磁场与微波研究所, 成都 610031)

摘要:设计了一种用于超宽带无线通信系统的小型化天线。该天线贴片尺寸为 $20 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$, 采用 U 形折叠结构和渐变结构相结合, 可使天线具有超宽带特性。为了减小对无线局域网 (WLAN) 系统 5 GHz 频带的干扰, 天线采取了叉形谐振结构来实现对相应频带的抑制。采用仿真软件分析了该天线阻抗带宽和不同频点处的辐射方向图。仿真和实测结果显示, 该天线在 2.5 ~ 4.67 GHz 和 6.28 ~ 12 GHz 内 $S_{11} < -10 \text{ dB}$, 在 4.7 ~ 6.2 GHz 内 $S_{11} > -10 \text{ dB}$, 因而有效产生带阻特性。

关键词:超宽带天线; 带阻天线; 无线 USB 应用; 无线局域网

中图分类号: TN823 文献标识码: A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2011.12.023

A Small UWB Band-Notched Monopole Antenna for Wireless USB Applications

LI Zhi-yong, LIU Yun-lin, ZHANG Qian, WANG Hui-long

(Institute of Electromagnetics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: A small Ultra-wideband (UWB) Band-Notched monopole antenna for wireless USB applications is designed in this paper. The whole size of this antenna patch is $20 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$. With a U-shape folding patch and aperture type patch, the antenna has characteristic of UWB. To reduce the interface with WLAN (Wireless Local Area Network) system in 5 GHz band, a fork-shape structure is added in this antenna. The impedance bandwidth and radiation patterns are simulated. Measured results show that the impedance bandwidth is less than -10 dB over an operating bandwidth of 2.5 ~ 4.67 GHz and 6.28 ~ 12 GHz. The tested S_{11} gets worse during 4.7 ~ 6.2 GHz, band-notch characteristics can be achieved effectively.

Key words: UWB antenna; band-notched antenna; wireless USB application; WLAN

1 引言

随着个人和商业对无线通信的需求, 短距离超宽带无线通信开始引起人们的重视。2002 年, FCC 批准将 3.1 ~ 10.6 GHz 频段作为超宽带技术的应用。而无线 USB 超宽带通信由于其成本低廉、方便携带, 因而得到了很快的发展。但由于其体积因素的制约, 对内置的超宽带天线设计有较高的要求, 即在满足高速率传输和低功率消耗等的要求下, 要做到

整体尺寸小、方便集成。目前已有很多技术来解决这个问题, 比如通过微带线的渐变来实现天线的超宽带小型化特性^[1,2], 通过采取多层或非对称结构减小天线的整体尺寸^[3,4], 还有通过加入折叠结构来实现超宽带小型化的特性^[5,6], 这些方法都取得了很好的超宽带效果。然而在 FCC 规定的频段范围内也覆盖了无线局域网 (WLAN) 窄带系统的工作频段 (5.15 ~ 5.825 GHz), 为了减小相互干扰, 某些系统要求设计的天线具有在这个频段内的带阻功能。实现

* 收稿日期: 2011-07-11; 修回日期: 2011-11-08

基金项目: 教育部科技创新基金资助项目

Foundation Item: The Science and Technology Innovation Fund of Ministry of Education

带阻功能的方法也有很多,比如通过在辐射贴片上开特定形状的缝隙来使其具有带阻功能^[7,8]。

本文首先设计了天线1,该天线工作于2.57~11.6 GHz,然后通过增加折叠U形谐振结构,使其同时具有超宽带和带阻特性(天线2),最终天线贴片的尺寸为20 mm×15 mm×3 mm。为了减小了对 WLAN 的干扰,天线辐射片采用了叉形谐振结构,从而实现频带抑制。该天线尺寸小,制作简单,成本低廉。系统 PCB 电路板可以直接集成在天线地板上,故很容易在手持终端或者 USB 无线通信中应用。本文讨论了影响天线阻抗带宽和阻带性能的几个因子,最后给出了天线阻抗带宽的实测结果。

2 天线结构

图1是超宽带天线(天线1)和阻带超宽带天线(天线2)的结构,图2是辐射贴片及其结构展开图。天线辐射片整体尺寸是20 mm×15 mm×3 mm,地板尺寸为22 mm×20 mm×5 mm。

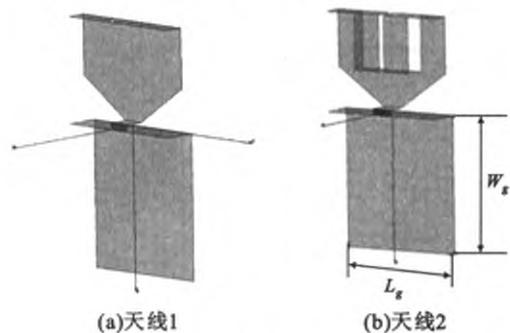


图1 天线整体结构
Fig.1 The structure of two antennas

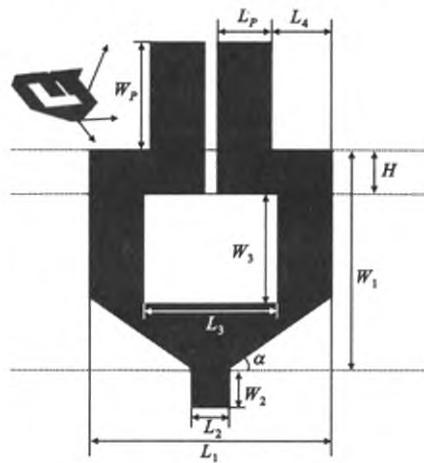


图2 贴片及结构展开图
Fig.2 The patch structure of antenna 1

如图所示,天线1和天线2的贴片下方由渐变

结构组成,这样可以使得阻抗产生缓慢的变化,从而增加阻抗匹配带宽。仿真结果显示,当夹角 $\alpha = 35^\circ$ 时宽带阻抗匹配最好。两天线由同轴馈电,经过一段微带线连接到贴片,为了使得阻抗很好地匹配,微带线阻抗应为 50Ω ,根据微带线计算公式:

$$Z = [87/\sqrt{E_r + 1.41}] \times L_n [5.98H/(0.8W + T)]$$

式中, E_r 为介质介电常数, H 为微带线与地板距离, W 为微带线宽, T 为铜皮厚度(可以忽略)。先设定微带线与地板的距离为1 mm, 填充介质为空气, 则根据公式计算出微带线宽为3 mm, 根据仿真优化结果, 取微带线最终尺寸 W_2 为3 mm, L_2 为3 mm。两天线贴片上方折叠部分的长度 $H = 3$ mm。对于天线2来说, 为了产生带阻特性, 增加了折叠的U形谐振结构, 使得天线在5 GHz处产生谐振。

两天线的地板由矩形折叠结构组成, 该结构允许 PCB 电路直接镶嵌在地板上, 而且天线的地板可以直接充当 PCB 的地板, 从而整体上减小了系统的尺寸。优化后的各参数为: $W_g = 22$ mm, $L_g = 20$ mm, $W_p = 9$ mm, $L_p = 4.5$ mm, $W_1 = 15$ mm, $L_1 = 20$ mm, $H = 3$ mm, $W_2 = 3$ mm, $L_2 = 3$ mm, $W_3 = 9$ mm, $L_3 = 11$ mm, $L_4 = 9.5$ mm, $\alpha = 35^\circ$ 。

3 仿真与分析

首先对天线1中影响天线整体阻抗带宽的参数(分别为 W_g 、 α)进行仿真分析, 然后对天线2中影响阻带特性的参数(W_p)进行了分析, 最后根据优化后的尺寸制作天线实物并进行了测量。 W_g 对天线1阻抗带宽的影响如图3所示。由图3可以看出, 地板长度对天线的低频性能有非常敏感的影响, 增加地板长度可以使得更低频率的阻抗带宽性能变好, 但同时使得4 GHz附近的带宽响应变差, 此时的天线具有双频特性。减小地板长度可使天线在整个频段都有非常好的带宽特性, 但是却相应地使天线的低频点变大, 带宽减小。天线最后取 W_g 为22 mm。

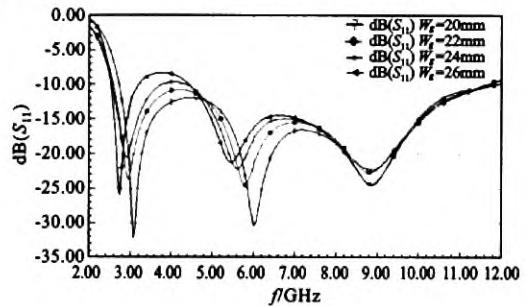


图3 W_g 对天线1阻抗带宽的影响
Fig.3 Effect of W_g of antenna 1 on the impedance matching

α 对天线 1 阻抗带宽的影响如图 4 所示。由图 4 可以看到, 夹角的变化主要对天线高频段性能有一定影响。夹角变大, 天线高频段性能变好, 但中频段(7 GHz 附近)的反射参数开始有一定程度的变差。综合考虑, 取 $\alpha = 35^\circ$ 。

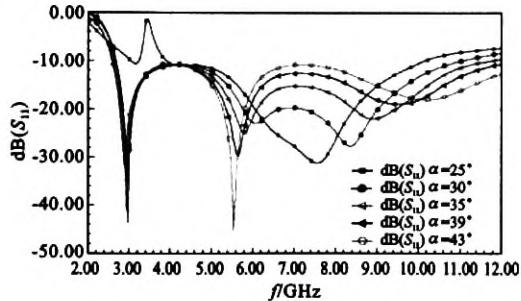


图 4 α 对天线 1 阻抗带宽的影响

Fig. 4 Effect of α on the impedance matching of antenna 1

接下来讨论在天线 2 中参数 W_p 对带阻特性的影响, 如图 5 所示。

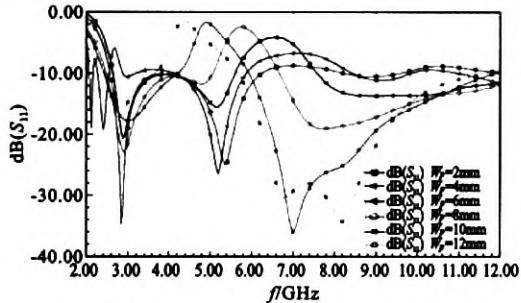


图 5 W_p 对天线 2 带阻性能的影响

Fig. 5 Effect of W_p on the impedance matching of antenna 2

由图 5 可见, U 形谐振结构的长度 W_p 对天线的带阻性能有决定性的作用。随着 W_p 的增加, 天线的带阻频率向着低频处移动, 而对整个频带的高低频没有很大的影响。整体考虑, 取 $W_p = 9$ mm。

图 6 和图 7 是天线 2 优化后的最终仿真和实测结果, 图 8 为天线 2 实物图, 图 9 是天线 2 分别在

3 GHz、7 GHz 和 11 GHz 时的远场辐射方向图。

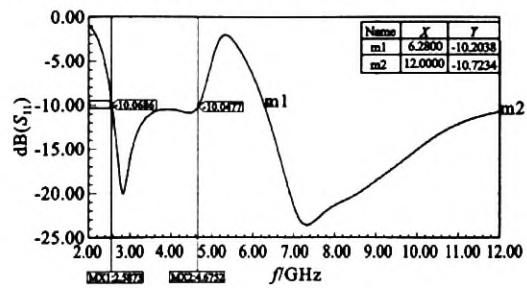


图 6 天线 2 反射系数仿真结果

Fig. 6 Simulated S_{11} curve of antenna 2

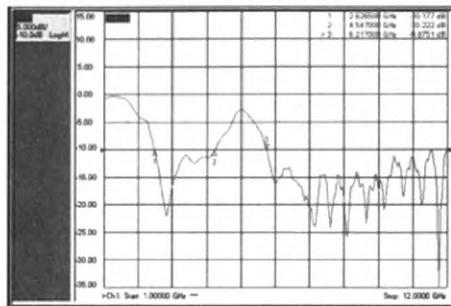


图 7 天线 2 反射系数实测结果

Fig. 7 Measured S_{11} curve of antenna 2

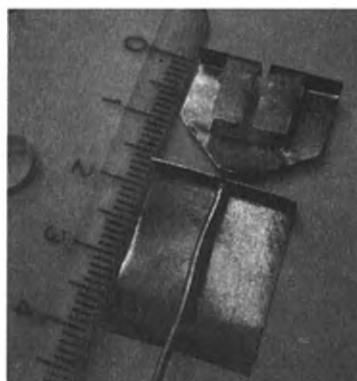


图 8 天线 2 实物

Fig. 8 Fabricated structure of antenna 2

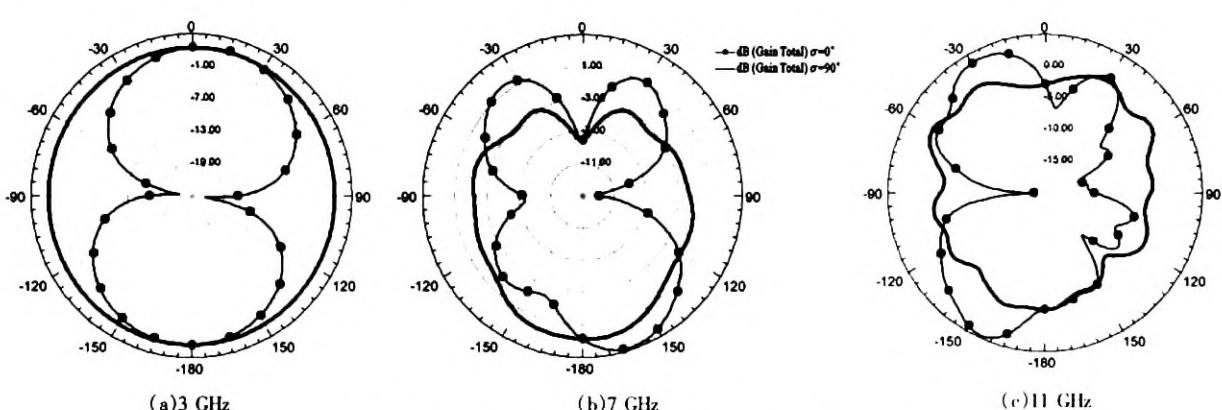


图 9 天线 2 在 3 GHz、7 GHz 和 11 GHz 时的辐射方向图

Fig. 9 Radiation patterns of antenna 2 at 3 GHz, 7 GHz and 11 GHz

4 结 论

本文提出了一种新型的具有带阻特性的超宽带折叠天线。该天线由渐变结构来扩展阻抗带宽, 折叠的 U 形结构用来产生带阻性能。天线贴片总体尺寸为 $20 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 。仿真和实测结果显示, 该天线在 $2.5 \sim 4.67 \text{ GHz}$ 和 $6.28 \sim 12 \text{ GHz}$ 内 S_{11} 小于 -10 dB , 有效减小了对 WLAN 中 5 GHz 频段的干扰。该天线具有结构简单、制作成本低廉、体积小等优点, 且天线的地板可以同时作为 PCB 电路的地板, 从而进一步减小了结构的尺寸。天线适合应用在无线 USB 超宽带通信以及手持终端设备中。

参考文献:

- [1] Guo L, Wang S, Parini C G. Study of compact antenna for UWB applications[J]. Electronics Letters, 2010, 46(2): 115–116.
- [2] Jihak J, Wooyoung C, Jaehoon C. A Small Wideband Microstrip – fed Monopole Antenna[J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2005, 15(10): 703–705.
- [3] Li Z Y, Zhang Q, Wang H L, et al. A Novel Miniature UWB Microstrip Fed Antenna With L – Shape Ground[C]//Proceedings of 2010 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems. Chengdu: IEEE, 2010: 656–659.
- [4] Zhang Y Q, Guo Y X, Leong M S. A Novel Multilayer UWB Antenna on LTCC[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2010, 58(9): 3013–3019.
- [5] Tu S, Jiao Y C, Zhang Z, et al. Small Internal 2.4GHz/UWB Antenna for Wireless Dongle Applications[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2010, 9(1): 284–287.
- [6] Su S W, Chou J H, Wong K L. Internal Ultra – wideband Monopole Antenna for Wireless USB Dongle Applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007, 55(4): 1180–1183.
- [7] Liu H W, Ku C H, Wang T S, et al. Compact Monopole Antenna With Band – Notched Characteristic for UWB Applications [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2010, 2010, 53(9): 397–400.
- [8] Ali R, Kabalan K Y, Ali E, et al. Ultra – wideband Antennas with Switchable Band Notch Using Complementary Split Ring Resonators[C]//Proceedings of 2010 International Conference on High Performance Computing and Simulation. Caen, France: IEEE: 560–563.

作者简介:

李智勇(1986—),男,内蒙古商都人,2009 年于西南交通大学电子信息科学与技术专业获学士学位,现为西南交通大学电磁场与微波研究所硕士研究生,主要研究方向为天线理论与设计;

LI Zhi – yong was born in Shangdu, Inner Mongolia Autonomous Region, in 1986. He received the B. S. degree from Southwest Jiaotong University in 2009. He is now a graduate student. His research concerns antenna theory and design.

Email: Yuanfeng_161@126.com

刘运林(1965—),男,重庆云阳人,1977 年于西南交通大学电磁所获博士学位,现为西南交通大学教授、博士生导师,主要研究方向为天线理论与设计;

LIU Yun – lin was born in Yunyang, Chongqing, in 1965. He received the Ph. D. degree from Southwest Jiaotong University in 1997. He is now a professor and also the Ph. D. supervisor. His research concerns antenna theory and design.

张倩(1987—),女,山西高平人,2009 年于西南交通大学电子信息科学与技术专业获学士学位,现为西南交通大学电磁场与微波研究所硕士研究生,主要研究方向为天线理论与设计;

ZHANG Qian was born in Gaoping, Shanxi Province, in 1987. She received the B. S. degree from Southwest Jiaotong University in 2009. She is now a graduate student. Her research concerns antenna theory and design.

王汇龙(1986—),男,云南昆明人,2009 年于西南交通大学电子信息科学与技术专业获学士学位,现为西南交通大学电磁场与微波研究所硕士研究生,主要研究方向为天线理论与设计。

WANG Hui – long was born in Kunming, Yunnan Province, in 1986. He received the B. S. degree from Southwest Jiaotong University in 2009. He is now a graduate student. His research concerns antenna theory and design.

欢迎订阅全国中文核心期刊《电讯技术》

邮发代号:62 – 39

全国各地邮局均可订阅!

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>