

一种双陷波超宽带马蹄形天线的设计

袁耿, 鄢泽洪, 李铂

(西安电子科技大学 天线与微波技术重点实验室, 陕西 西安 710071)

摘要 提出了一种新型的带有3.4 GHz和5.5 GHz双陷波特性的超宽带天线。天线由马蹄形的辐射贴片和共面波导馈电的传输线组成。回波损耗 < -10 dB的阻抗带宽是3.1~10.6 GHz, 除了其中3.3~3.7 GHz的WiMAX和5.15~5.825 GHz的WLAN两个陷波频段。这些陷波的频段可以通过在天线的辐射贴片上增加长条裂缝和U型缝隙来保证。加工和测试的结果表明, 天线有着良好的阻抗带宽和全向辐射方向图。

关键词 超宽带; 双陷波特性; 共面波导馈电; 天线小型化

中图分类号 TN822^{+.8} 文献标识码 A 文章编号 1007-7820(2012)10-058-03

Design of a Dual Band-Notched Ultra-Wideband Clevis-Shaped Antenna

YUAN Geng, YAN Zehong, LI Bo

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

Abstract A novel ultra-wideband (UWB) antenna with the 3.4/5.5 GHz dual band-notched characteristics is proposed. The antenna consists of a clevis-shaped radiating patch and a coplanar waveguide (CPW) transmission line. It yields an impedance bandwidth of 3.1~10.6 GHz with return loss $S_{11} < -10$ dB, except for the two subbands of 3.3~3.7 GHz for WiMAX and 5.15~5.825 GHz for WLAN. These notched subbands are obtained by etching two slits and a U-shaped slot on the radiating patch. The antenna was successfully fabricated and measured, showing broadband matched impedance and a nearly omnidirectional radiation pattern.

Keywords ultra-wideband; dual band-notched; coplanar waveguide-fed; miniaturization of antenna

随着美国联邦通信委员会于2002年规范统一商业应用中的带宽要求为3.1~10.6 GHz以来,许多满足超宽带的天线结构被提出。由于超宽带天线的成本低廉、损耗小等特点,使其能够广泛应用于雷达、传感器、区域跟踪装置以及一些军事应用中。但考虑到超宽带通信系统的工作频带内还存在诸如无线局域网等其他的通信系统,为了降低不同系统之间的相互干扰,具有陷波特性的超宽带天线被广泛研究^[1-6]。

可以通过在超宽带天线上腐蚀不同的结构来实现陷波特性。多数结构都可以实现这一功能,比如在贴片上面腐蚀U型^[1]和C型^[4]缝隙。然而众多天线的设计都仅覆盖了一个窄带频段^[1-4],多是适用于无线局域网中5 GHz频段。

文中提出了一种带有双陷波特性的共面波导馈电的超宽带天线。辐射贴片为马蹄形状,通过在其上腐蚀U型缝隙和长条裂缝,可以获得两个陷波频段。

1 天线的设计与结构

具有双陷波特性的超宽带天线结构图如图1所示。

收稿日期: 2012-05-24

作者简介: 袁耿(1979—), 男, 硕士研究生。研究方向: 天线设计, 宽频带技术。

天线腐蚀在介电常数为4.4和厚度为1.6 mm的FR₄的介质板上。共面波导传输线与地板的间隔是 W_6 ; 宽度是 W_7 ; 特性阻抗是50 Ω。共面地板大小是 $L_2 \times W_2$, 提供了良好的阻抗匹配。天线的尺寸是36 mm × 30 mm × 1.6 mm。为引入双陷波特性, 在马蹄形天线上面蚀刻了U型缝隙和长条裂缝。U型缝隙实现了WiMAX的3.3~3.7 GHz频段的陷波功能。长条裂缝实现了WLAN的5.15~5.825 GHz频段的陷波功能。

原始的马蹄形天线具有良好的超宽带特性, 在充分考虑整体尺寸的前提下, 合适选择马蹄形贴片和共面地板的大小来保证天线的阻抗匹配特性。而在贴片上蚀刻缝隙或者裂缝可以切断辐射贴片上的表面电流, 使得缝隙或者裂缝周围的电流重新分布, 形成陷波特性。考虑在介电常数4.4时, 陷波结构的长度约是陷波频率对应波长的1/4, 缝隙和裂缝之间的耦合, 在初始值的左右进行一定的优化即可得出设计天线的具体参数。

使用3D电磁仿真元件HFSS对天线进行了仿真, 经过加工调试天线的尺寸如下: $L_1 = 36$ mm, $L_2 = 16$ mm, $L_3 = 10.5$ mm, $L_4 = 7.5$ mm, $L_5 = 8.6$ mm, $L_6 = 10.8$ mm, $L_7 = 9.6$ mm, $L_8 = 15.6$ mm, $W_1 = 30$ mm, $W_2 = 9$ mm, $W_3 = 9$ mm, $W_4 = 0.6$ mm, $W_5 = 0.2$ mm, $W_6 = 0.5$ mm, $W_7 = 3$ mm, $R_1 = 1$ mm, $R_2 = 10$ mm。

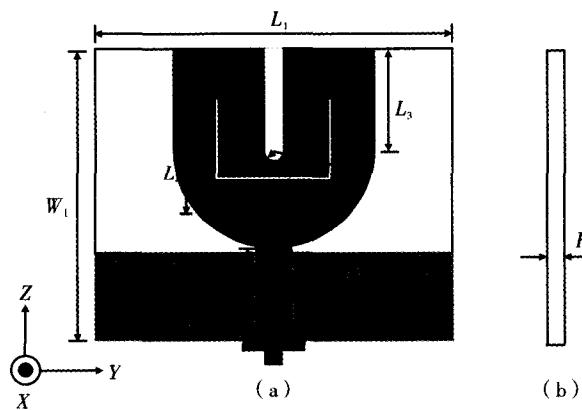


图 1 天线结构示意图

2 结果分析

图 2 为双陷波超宽带天线回波损耗的仿真和测试结果图。从回波损耗可以看出超宽带天线满足通信系统中对于超宽带频带的要求,以及天线设计有 3.1~3.7 GHz 和 5.0~6.0 GHz 两个陷波频段。测试结果和仿真结果有着良好的吻合。

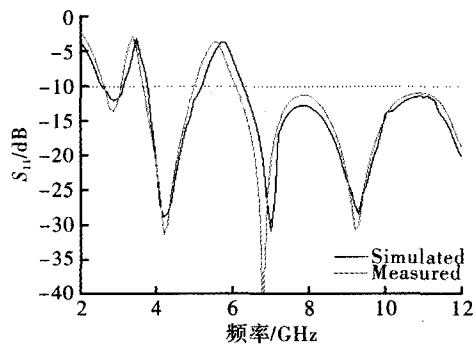


图 2 双陷波天线的仿真和测量回波损耗图

设计的天线初始模型是没有腐蚀缝隙的马蹄形单极子天线,其本身有着良好的宽频带特性和相对小的面积。为观察长条裂缝和 U 型缝隙的陷波功能,给出了单独长条裂缝和 U 型缝隙和初始天线的回波损耗仿真结果,如图 3 所示,它们各自的陷波特性。当长条裂缝或 U 型缝隙移除时,相应的陷波频段也移除了,并且对另外的陷波频段没有太大的影响。

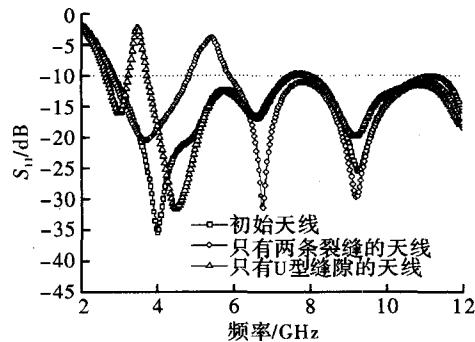


图 3 单独陷波单元的回波损耗图

为进一步研究陷波结构,对天线的参数进行了分析。其中 U 型缝隙的参数是长度 L_5 、 L_6 和宽度 W_4 ;长条裂缝的参数是长度 L_4 和宽度 W_5 。设计过程发现宽度基本可以决定陷波带宽,合理选择 W_4 和 W_5 使得陷波带宽满足设计的要求即可;而长度基本决定陷波的中心频率。图 4 和图 5 给出了 L_4 和 L_5 的变化对于陷波频段的影响。天线的陷波频段可以通过改变裂缝或者缝隙的长度来调整,可以看出增加 L_4 或 L_5 的长度,相应的陷波频段会向低频方向移动,并且另外的陷波频段并没有太大变化。

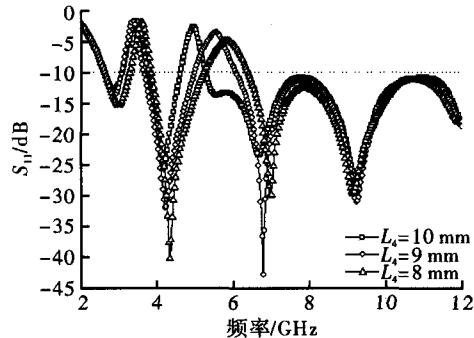


图 4 长条裂缝长度的变化对于陷波频率的影响

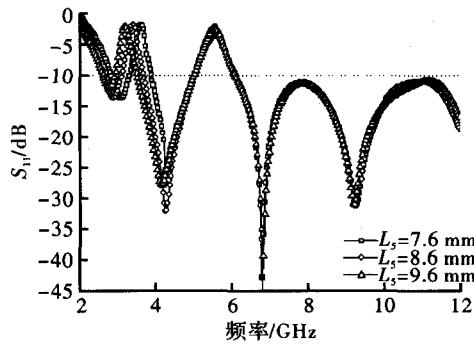


图 5 U 型缝隙长度的变化对于陷波频率的影响

最后给出了 3.4, 4.2, 5.6 和 6.8 GHz 的 E 面和 H 面的测试辐射方向图如图 6 所示。在 4.2 和 6.8 GHz, E 面方向图和单极子的辐射方向图相似,然而在 3.4 和 5.6 GHz 由于陷波特性使得 E 面方向图发生了一些畸变,并没有上述两个频点的方向图好。 H 面方向图接近全向,有着良好的全向辐射特性。

3 结束语

文中提出了一种新型的带有双陷波特性的超宽带的天线,并且给出了仿真和实验结果,结果表明天线满足超宽带 3.1~12 GHz 频带的要求,通过在马蹄形贴片上腐蚀两个长条裂缝和一个 U 型缝隙,天线具有两个陷波频段,即 3.4 GHz 和 5.5 GHz 的窄带范围具有良好的陷波的特性,较好地抑制了 WiMAX 和 WLAN 这两个无线通信系统对于 UWB 系统的潜在干扰。设计的天线在超宽带通信系统中具有良好的应用前景。

(下转第 63 页)

该系统的原理较清楚,但是在一些细节指标的设计时需要特别注意。

(1) 实现步进 1 mA。当输出电流在 200~2 000 mA 时,共有 1 801 个状态。而 12 位的 D/A 有 4 096 个状态,能满足设计的要求,设计中选用高精度的 12 位的 MAX539 作为外部 D/A 转换电路。

(2) 通过改变 R_L , 实现 $|\Delta I_0| < I_0 \times 0.1\% + 10 \text{ mA}$ 。实现此指标的措施:1) 选择电流放大倍数较高的调整管和误差放大器。2) 选择精度较高的 D/A 转换器进行电流控制电路。3) 选择电压温度系数低,性能优良的精密基准电压源。4) 取样电阻采用锰铜电阻丝,其稳定性较好。

(3) 减小纹波。纹波干扰主要是由于自制稳压电源滤波不彻底而产生,主要包含外部电压谐波分量和周边的电磁干扰。采取下列措施改变纹波:1) 改善自制电流源的滤波特性。例如增大滤波电容的容量,在电解电容旁并联一个 0.33 μF 或 0.1 μF 的电容。2) 加大串联负反馈的深度。

6 结束语

文中介绍的程控电流源与传统的稳压电源相比,

具有原理清楚、操作简单、电压稳定性高等特点。利用数码管显示输出电流值,主要用于要求电源精度较高的设备,或科研实验电源使用,并且此设计只用到了单片机、运算放大器、D/A 转换器和译码显示等电路,具有控制精度高、制作简单、成本低廉等优点。

参考文献

- [1] 童诗白. 模拟电子技术基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 李银祥, 姚向东, 安继明, 等. 数控电流源 [J]. 现代科学仪器, 2001(6): 52~53.
- [3] 周凯汀, 郑力新. AT89C51 单片机数控多路直流稳压电源 [J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 2001(4): 371~375.
- [4] 钱如竹. 用运算放大器构成压控恒流源的研究 [J]. 淮阴师范学院学报: 自然科学版, 2002, 29(4): 31~33.
- [5] 周立功. LPC900 系列单片机应用技术: 上册 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- [6] 曾波. 数控恒流源 [J]. 单片机与可编程器件, 2002(9): 33~34.
- [7] 李忠波. 电子设计与仿真技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

(上接第 59 页)

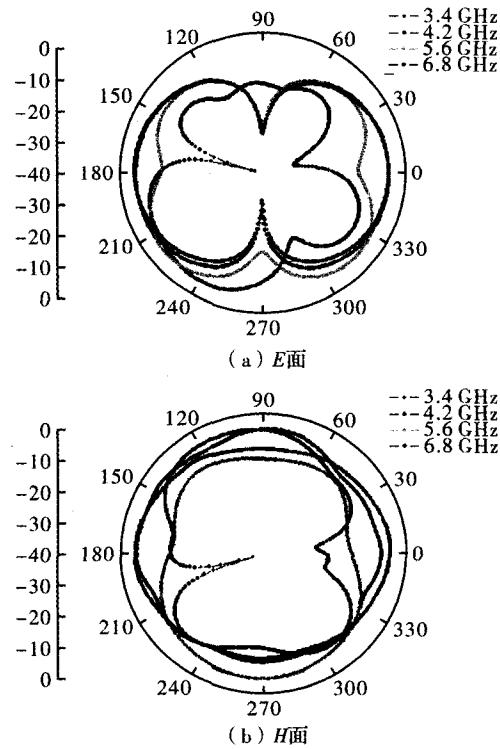


图 6 双陷波超宽带天线的幅方向图

参考文献

- [1] LEE J N, JONG K P. Impedance characteristics of trapezoidal ultra-wideband antennas with a notch function [J]. Microwave Opt Technol Letter, 2005, 46(5): 503~506.
- [2] ZHANG L N, ZHONG S S, LIANG X L, et al. Compact omnidirectional band-notch ultra-wideband antenna [J]. Electron. Lett., 2009, 45(13): 659~660.
- [3] SADEGHI V, GHOBADI C, NOURINIA J. Design of UWB semi-circle-like slot antenna with controllable band-notch function [J]. Electron. Lett., 2009, 45(25): 1282~1283.
- [4] 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(15): 891~892.
- [5] TRANG N D, LEE D H, PARK H C. Compact printed CPW-fed monopole ultra-wideband antenna with triple subband notched characteristics [J]. Electron. Lett., 2010, 46(17): 1177~1179.
- [6] KIM D O, KIM C Y. CPW-fed ultra-wideband antenna with triple-band notch function [J]. Electron. Lett., 2010, 46(18): 1246~1248.

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>