文章编号:1004-2474(2017)05-0794-03

新型小尺寸三陷波超宽带天线的设计

吴 玲[1],夏应清[1],曹 霞[2]

(1.华中师范大学 物理与科学技术学院,湖北 武汉 430079;2.武汉晴川学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:设计了一种紧凑的具有三陷波特性的超宽带天线。天线采用渐变微带线馈电,并通过矩形加半圆的辐射单元和半圆形地板来实现超宽带。通过在辐射单元上刻蚀对称的L形槽和圆环形槽,来实现在WLAN/WiMAX的陷波特性;在渐变微带馈线两侧增加对称的C形谐振器来达到在X频段的陷波特性。实验结果表明,天线在2.68~13 GHz频段内电压驻波比小于2,同时在3.1~3.8 GHz,5~5.9 GHz,7.25~7.85 GHz频段内有陷波抑制作用,且具有良好的辐射特性。天线具有较小的几何尺寸,仅为20 mm×30 mm。

关键词:超宽带天线;微带天线;三陷波;L形槽;C形谐振器

中图分类号:TN822.8 **文献标识码**:A

The Design of a Novel Compact Triple-band Notched UWB Antenna

WU Ling[1], XIA Yingqing[1], CAO Xia[2]

(1. College of Physical Science and Technology, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China;
2. Wuhan Qingchuan University, Wuhan 430074, China)

Abstract: A compact UWB antenna with triple-band notched feature is designed in this paper. The antenna consists of a rectangular radiating patch with a half circle at bottom, a tapered microstrip feed-line, and a semielliptical ground plane. With a symmetrical L-shaped slots and circular grooves etched on the radiating elements, the band-notched characteristics of WLAN/WiMAX are created. The experimental results show that the voltage standing wave ratio (VSWR) of the designed antenna is less than 2 at the operating band from 2.68 GHz to 13 GHz; meanwhile, the notch suppression is realized at the operating band from 3.1 GHz to 3.8 GHz, 5 to 5.9 GHz, 7.25 to 7.85 GHz and good radiation patterns within the operating band have been observed. The antenna has compact size of only 20 mm×30 mm.

Key words: UWB; microstrip antenna; notched bands; L-shaped slots; C-shaped stubs

0 引言

2002年,美国联邦通信委员会(FCC)宣布将3.1~10.6 GHz频段划归为超宽带(UWB)的民用频段。超宽带天线作为无线通信系统的关键模块,因其尺寸小,成本低,易于加工等特性成为无线通信领域备受关注的焦点[1-4]。然而随着各种通信协议的增加,频谱资源也日益紧张。在3.1~10.6 GHz频谱范围内同时还存在其他的通信系统,如工作在3.3~3.7 GHz的WiMAX信号,5.15~5.825 GHz的WLAN信号,以及7.25~7.75 GHz的X波段下行通信信号。为了低其他通信系统对超宽带天线的干扰,一种有效的方法就是设计具有阻带特性的UWB天线。

近年来,已有基于各种技术(如L型枝节[5-6]、W型槽[7]、π型槽[8])的具有陷波特性的UWB天线。本文设计实现了一种结构简单且紧凑的新型印刷单极子三陷波天线。该天线在2.68~13 GHz内满足电压驻波比小于2。通过在辐射贴片上蚀刻L型槽、圆环形槽及在渐变微带线两侧增加对称的C形谐振器来达到在3.1~3.8 GHz,5~5.9 GHz,7.25~7.85 GHz频段的阻带特性。天线的整体尺寸为20 mm×30 mm×0.8 mm,比文献[9-11]中的三陷波天线尺寸小。

收稿日期:2016-11-30

作者简介:吴玲(1982-),女,湖北武汉人,博士生,主要从事UWB-MIMO天线设计的研究。通信作者:夏应清,男,湖北武汉人,教授,主要从事嵌入式系统的开发和微波电路及超宽带天线设计的研究。

1　天线结构设计

图 1 为具有三陷波的超宽带天线几何结构和尺寸。天线印制在 20 mm×30 mm FR4 基板上,其厚为 0.8 mm,相对介电常数 $\varepsilon_r=4.4$,损耗角正切为 0.025。天线采用 50 Ω 的渐变微带线馈电。辐射贴片由矩形加半圆形组成。天线背面接地板采用半椭圆形,该结构便于在很宽的频带内实现阻抗匹配。

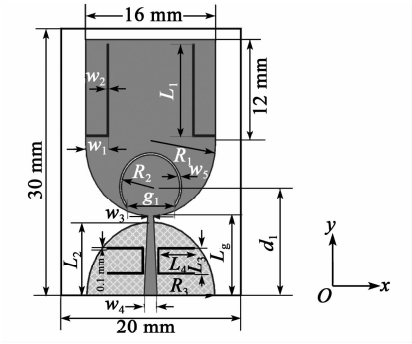

图 1　天线结构示意图

为了使该天线在 3.1～3.8 GHz WiMAX 频段具有陷波特性,在辐射贴片上蚀刻对称的 L 型槽,其总长 $L=L_1+w_1$,近似为 $\lambda/4$(λ 为谐振波长),且

$$\lambda=\frac{c}{f_{\text{notch}}\sqrt{\varepsilon_{\text{eff}}}} \tag{1}$$

式中:c 为光速;$\varepsilon_{\text{eff}}=\dfrac{\varepsilon_r+1}{2}$ 为有效介电常数;f_{notch} 为阻带频段的中心频率。

为抑制 5.15～5.825 GHz WLAN 信号,在辐射贴片上嵌入圆环形槽,其长度近似为该频段中心频率对应的 $\lambda/2$。在渐变微带线两侧对称增加 C 形谐振器,其总长度近似为对应的 $\lambda/2$,这样可滤除 7.25～7.85 GHz X 波段下行通信信号。

天线的最佳尺寸由 CST 软件进行参数扫描优化得到:$L_1=10.8$ mm,$L_2=8$ mm,$L_g=9$ mm,$L_3=2.9$ mm,$L_4=4.5$ mm,$R_1=8$ mm,$R_2=2.79$ mm,$R_3=7.8$ mm,$w_1=2.7$ mm,$w_2=0.2$ mm,$w_3=0.7$ mm,$w_4=1.6$ mm,$w_5=0.6$ mm,$d_1=13.5$ mm,$g_1=2.5$ mm。

2　仿真和实验结果分析

2.1　仿真结果分析

为了更好地理解陷波结构对电压驻波比的影响,选择了几个重要参数来进行仿真。图 2 为不同几何尺寸时仿真的电压驻波比特性。由图 2(a)可看出,当长度增加时,第一个陷波频段整体左移,中心频率变小。通过式(1)可得到证明。图 2(a)说明 L 型槽的长度对 3.1～3.8 GHz WiMAX 陷波段的影响较大。由图 2(b)可见,当圆环形槽的位置 d_1 减小时,圆环形槽离馈电点更近,第二个陷波段的幅度越高则带宽越宽。因此,d_1 的大小对 5.15～5.825 GHz WLAN 陷波段有重要影响。

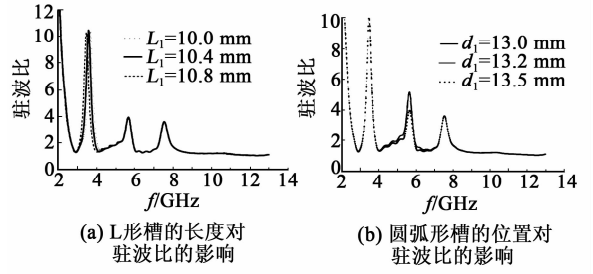

图 2　不同几何尺寸时仿真的 VSWR 特性

图 3 为仿真了该天线在 3 个陷波频率点时的表面电流分布,图中 A 为单位长度电流密度。当天线分别工作在 3.4 GHz、5.6 GHz 及 7.5 GHz 时,电流分别集中在 L 型槽、圆环形槽和 C 型谐振器上,天线无法辐射能量,因此形成 3 个阻带。

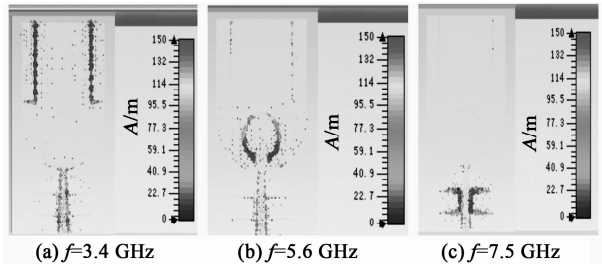

图 3　三陷波天线的表面电流分布

2.2　实验结果分析

图 4 为根据仿真优化结果制成的天线实物。用网络矢量分析仪 Agilent E8362B 对天线的电压驻波比进行测量,并将仿真结果与测量结果进行对比,如图 5 所示。

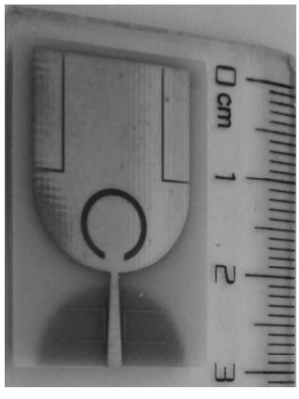

图 4　加工后的实物图

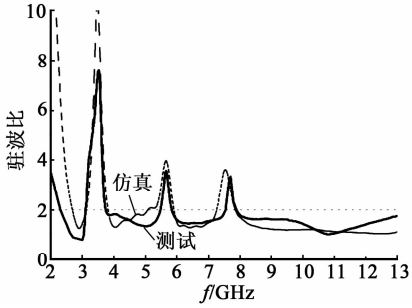

图 5 驻波比的测量与仿真结果对比

由图 5 可知，天线在 2.68～13 GHz 超宽带频段范围内除 3.1～3.8 GHz，5～5.9 GHz 和 7.25～7.85 GHz 外，均满足驻波比小于 2。同时可发现，仿真和实测结果存在误差，如第 3 个陷波的测试结果相对仿真结果右移，误差的存在可能是由测试环境，微波高频连接器(SMA)接头的焊接以及制造参数误差造成的。图 6 为该天线在 4 GHz、6.5 GHz 和 8 GHz 3 个频点的远场 E 面和 H 面的测试曲线。由图可看出，天线在 E 面的辐射近似为偶极子，在 H 面近似为全向辐射。当频率变大时，方向图存在畸变，但总体趋势不变。

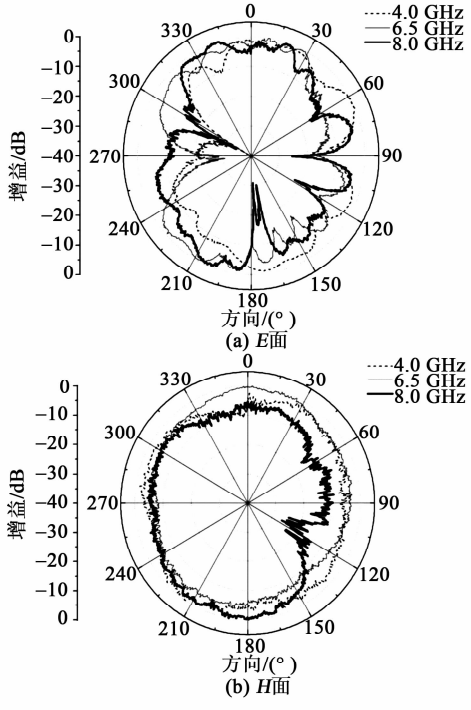

图 6 不同工作频率下的方向图

3 结束语

本文设计了一种具有三陷波特性的简单紧凑的印刷超宽带天线。实验结果表明，该天线在 2.68～13 GHz 满足超宽带要求。通过在辐射贴片上蚀刻 L 型槽和圆环形槽，有效地滤除 3.1～3.8 GHz WiMAX 和 5～5.9 GHz WLAN。在微带线两侧对称地引入 C 型谐振器，有效地抑制 7.25～7.85 GHz X 频段信号。同时良好的远场方向图保证了该天线满足超宽带天线通信的要求。

参考文献：

[1] 曹新宇，张金玲，杨虹蓁. 新型小尺寸双陷波超宽带天线设计[J]. 电波科学学报，2014，29(3)：548-551.

[2] ISLAM M T, AZIM R, MOBASHSHER A T. Triple band-notched planar UWB antenna using parasitic strips[J]. Progress In Electromagnetics Research, 2012, 129: 161-179.

[3] FAKHARIAN M M, REZAEI P, AZADI A. A planar UWB bat-shaped monopole antenna with dual band-notched for WiMAX/WLAN/DSRC[J]. Wireless Pers Commun, 2015, 81: 881-891.

[4] 孟祥利，侯孝民，廉昕. 脉冲超宽带信号应用于测控领域的可行性研究 [J]. 兵器装备工程学报，2016(7)：123-126.

[5] 王晓川，王黎明，周恒，等. 一种紧凑的共面波导馈电的双陷波超宽带天线[J]. 微波和光学技术快报，2014，56(5)：1047-1049.
WANG X C, WANG L M, ZHOU H, et al. A compact CPW-fed antenna with dual band-notched characteristics for UWB applications[J]. Microw Opt Technol Lett, 2014, 56(5): 1047-1049.

[6] SUN J Q, ZHANG X M, YANG Y B, et al. Dual band-notched ultra-wideband planar monopole antenna with M- and W-slots[J]. Prog Electromagn Res Lett, 2010, 19: 1-8.

[7] VALIZADE A, GHOBADI C H, NOURINIA J, ET AL. A novel design of reconfigurable slot antenna with switchable band notch and multi-resonance functions for UWB applications[J]. IEEE Antenna Wireless Propag Lett, 2012, 11: 1166-1169.

[8] LIAO X J, YANG H C, HAN N, et al. Aperture UWB antenna with triple band-notched characteristics[J]. Electron Lett, 2014, 50: 728-730.

[9] TANG M C, XIAO S Q, DENG T W, et al. Compact UWB antenna with multiple band-notches for WIMAX and WLAN[J]. IEEE Trans Antennas Propag, 2011, 59: 1372-1376.

[10] 罗志勇，胡俊锋，张彬，等. 基于枝节谐振器的体域网超宽带陷波天线优化设计[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版)，2015，27(2)：229-234.
LUO Zhiyong, HU Junfeng, ZHANG Bin, et al. Optimization design of UWB band-notched antenna for wireless body area network based on T stub resonator[J]. Journal of University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2015, 27(2): 229-234.

[11] SARKAR D, SRIVASTAVA K V, SAURAV K. A compact microstrip-fed triple band-notched UWB monopole antenna[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2014, 13, 396-399.