

# 应用于 WLAN/WiMAX 的三频段微带贴片天线设计

裴 强 耿友林

(杭州电子科技大学天线与微波技术研究所, 杭州 310018)

peiqiang1212@163.com

**摘要:** 设计了一种 50 欧姆同轴馈电的小型三频段微带贴片天线。通过在圆形贴片上开出两条矩形槽和一个近似 U 形槽, 实现了三频段的工作, 可分别应用在无线局域网 (WLAN2.4GHz) 和微波存取全球互通 (WiMAX3.5GHz/5.8GHz) 无线通信领域中。该天线具有尺寸小、结构简单、加工方便和成本低等优点。实测和仿真的结果吻合较好, 该天线在各个工作频段具有良好的方向性, 从而验证了这种设计方法的合理性。

**关键词:** 微带贴片天线, 三频段, 无线局域网, WLAN, WiMAX, 开槽

## Design of tri-band microstrip antenna for WLAN/WiMAX applications

PEI qiang, GENG youlin

(Institute of Antenna and Microwaves, Hangzhou Dianzi University of China, Hangzhou 310018)

**Abstract:** A minitype tri-band microstrip antenna which is fed by 50Ω coaxial line is proposed in this paper. The antenna with two rectangle slots and a similar U-slot loaded on the circle patch can operate on tri-band and can be applied in the wireless local area network for 2.4GHz (WLAN2.4GHz) and world interoperability for microwave access for 3.5GHz/5.8GHz (WiMAX3.5GHz/5.8GHz). The proposed antenna has some advantages, such as small size, simple structure, easy fabrication and low cost. There is a satisfactory agreement between measured data and simulated data, which validates this design of microstrip antenna.

**Key words:** Microstrip-patch antenna; Tri-band; WLAN; WiMAX ; Slot-loaded

## 1 引言

随着现代无线通信技术的迅速发展, 无线局域网 (WLAN) 得到越来越广泛的应用。WLAN 是利用无线通信技术在空中传输数据、语音和视频信号, 它把个人从办公桌边解放了出来, 使用户可以随时随地地交换信息。微波存取全球互通 (WiMAX) 是一项新兴的宽带无线接入技术, 能提供面向互联网的高速连接, 数据传输距离最远可达 50km。随着技术标准的发展, WiMAX 逐步实现宽

带业务的移动化。

近些年, 在无线通信领域中, 对微带天线的一些如多频段、低成本、小型化和易于加工的实际需要引起了人们的广泛关注。于是, 各种各样的应用于无线通信领域的微带天线被设计出来。在 WLAN 领域<sup>[1-4]</sup>, 有通过在辐射贴片上开 T 形槽和 U 形槽来实现双频段<sup>[2]</sup>, 并且在地板上开槽来展宽带宽, 但介质板过厚, 不利于集成和小型化; 有将两个刻有 U 形槽的贴片堆叠在一起实现双频宽带操作<sup>[4]</sup>。在 WiMAX 领域<sup>[5-7]</sup>, 有通过在一个宽频带天线上做陷波来实现 WiMAX 频段<sup>[5]</sup>; 有的在一个矩形贴片上开 L 形槽来实现双频段的操作<sup>[6]</sup>。在 WLAN/WiMAX 领域<sup>[8-10]</sup>, 有在正方形贴片上开半圆形槽来实现三频段的操作<sup>[8]</sup>, 但是尺寸太大; 有

基金项目: 浙江省重中之重学科-电路与系统开放基金; 浙江省高校中青年学术带头人资助项目

采用堆叠结构在位于中间的地板上开 E 形槽，并采用耦合馈电来实现多频段操作<sup>[9]</sup>。

本文提出一种结构简单、通过贴片开槽来实现三频段的微带贴片天线，尺寸相比文献[8]的天线尺寸缩小了 79.4%，结构比文献[9]提出的结构更简单，可操作性更强。天线工作于 WLAN2.4GHz 和 WiMAX3.5/5.8GHz 频段，带宽分别达到了 100MHz（2.4GHz）、200MHz（3.5GHz）和 200MHz（5.8GHz）。此频段符合 WLAN 应用的 IEEE802.11b/g 频段标准和 WiMAX 应用的 IEEE802.16d 频段标准要求。

## 2 天线结构设计

本文设计的天线结构采用同轴馈电方式，辐射贴片和地板印制在介质板的两侧，采用贴片切槽技术在圆形辐射贴片上分别开两条矩形槽和一个近似 U 形槽。天线整体由辐射贴片、同轴馈电的 SMA 接头、接地板和介质板构成，具体的天线结构如图 1 所示。通过调节三个槽的尺寸，可以得到所要求的天线谐振频率。该天线的介质板选用最常用厚度  $H$  为 1.6 毫米的环氧玻璃布层压板 FR-4 ( $\epsilon_r=4.4$ ,  $\tan\delta=0.01$ ) 材料，使成本大大降低。为了得到天线的最佳参数性能，本文基于有限元法的电磁仿真软件 Ansoft HFSS10.0，在仿真环境辅助下对天线的各项性能进行数值优化设计。最后，获得了最优的天线设计尺寸参量，具体为  $L=34\text{mm}$ ， $R_1=11.5\text{mm}$ ， $H=1.6\text{mm}$ ， $W=0.5\text{mm}$ ， $L_1=10.5\text{mm}$ ， $L_2=10\text{mm}$ ， $L_3=10\text{mm}$ ， $L_4=5\text{mm}$ ， $L_5=6\text{mm}$ ， $D=6\text{mm}$ ， $D_1=1\text{mm}$ 。为了验证该三频微带天线的可靠性，基于上述给出的最优化尺寸，加工出了天线实物，如图 2 所示。

## 3 实验研究与结果分析

天线的回波损耗采用矢量网络分析仪 HP8722ES 测量。图 3 是利用矢网分析仪测量的实际结果和利用 Ansoft HFSS10.0 仿真优化结果的对比曲线图。从图中可以看出，天线仿真结果与实测结果大致吻合。天线在 2.4~2.5GHz 频段，3.4~3.6GHz 频段和 5.7~5.9GHz 频段范围内回波损耗 dB (S11) 均小于 -10dB，证明该天线在这三个频段

上能够良好的工作。但实测值与仿真值存在一定偏差，其原因主要是由射频同轴连接器接头的焊接精度、天线的加工误差、介质板的介电常数及测量环境不稳定等因素造成的。

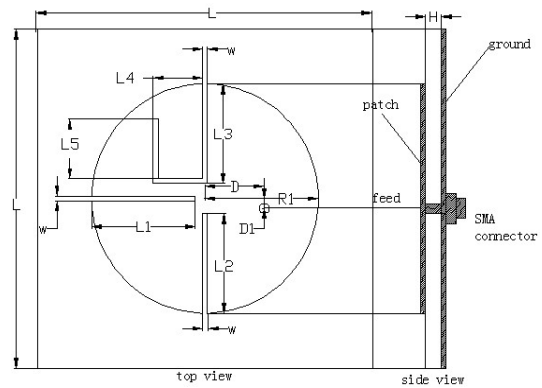


图 1 天线的结构图

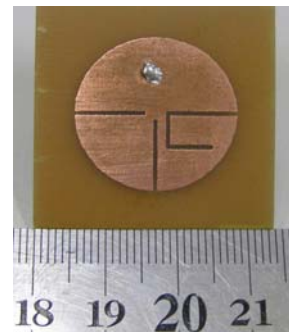


图 2 天线实物图

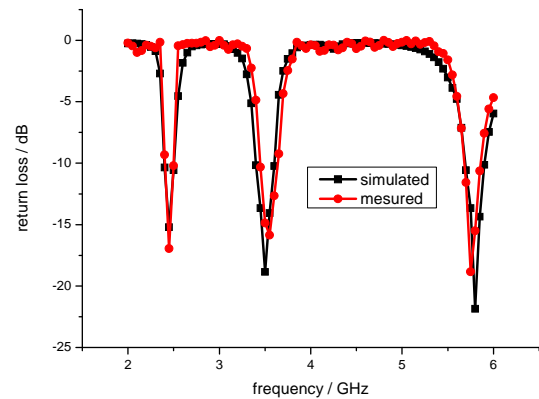
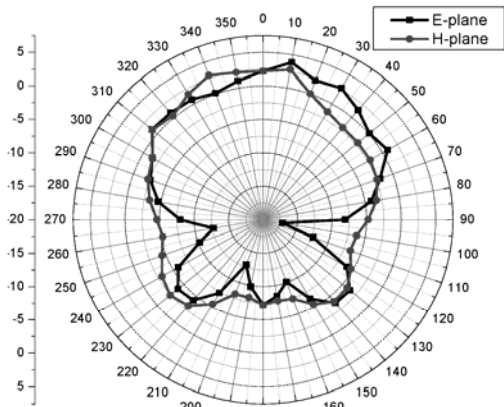
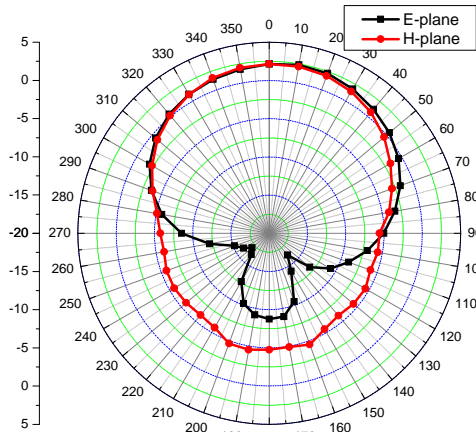


图 3 天线回波损耗仿真与实测曲线图

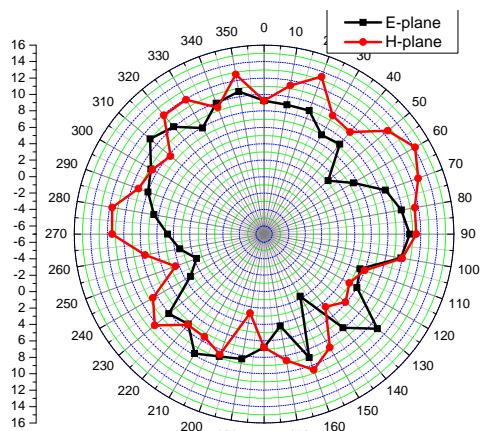
图 4 是利用 Ansoft HFSS10.0 软件模拟仿真出的天线在频率 2.45GHz、3.5GHz 和 5.8GHz 工作时的 E 面、H 面的辐射方向图。从图中可以看出，天线的 E 面的辐射方向主要集中在天线上半平面，而天线的 H 面有较好的全向性。



(a) 2.45GHz



(b) 3.5GHz



(c) 5.8GHz

图4 天线辐射方向图

图5是在保持其他参数不变时,只改变矩形槽 $L_1$ 的长度的天线回波损耗对比图。从图中可以看出, $L_1$ 对2.4GHz频段影响大,且随着 $L_1$ 增大,谐振频率下降。通过参数扫描优化分析,找到 $L_1$ 的理想值为10.5mm。图6为改变U形槽的短臂 $L_5$ 的长度,而其他参数保持恒定时,天线的回波损耗曲

线对比图。我们可以发现,3.5GHz频段受 $L_5$ 变化影响较大,其他两频段基本不变化。适当调节 $L_5$ 的长度,可以找到 $L_5=6\text{mm}$ 时,天线谐振到3.5GHz频段。

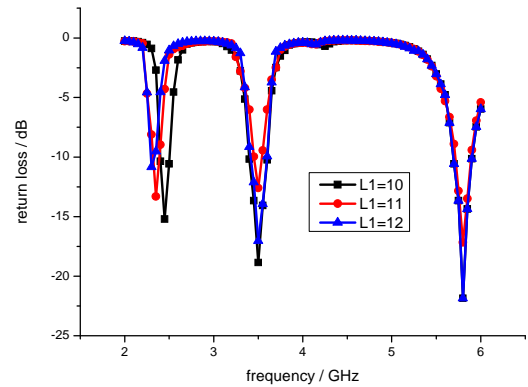


图5 回波损耗随 $L_1$ 变化曲线图

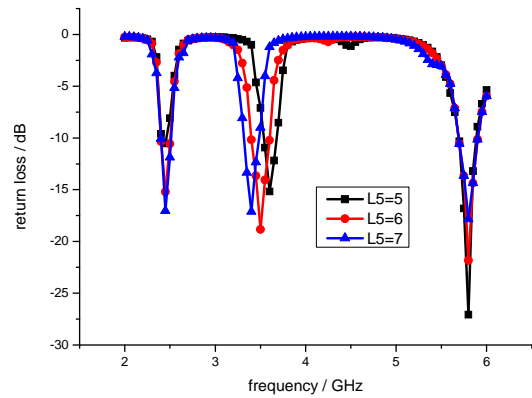


图6 回波损耗随 $L_5$ 变化曲线图

图7是通过仿真软件Ansoft HFSS10.0得到的天线增益对频率的曲线图。由图可知,天线在2.4~2.5GHz频段和3.4~3.6GHz频段增益均在2dB以上,而在5.7~5.9GHz频段增益达到10dB左右,在5.8GHz频点上,增益值最大达到了14dB。

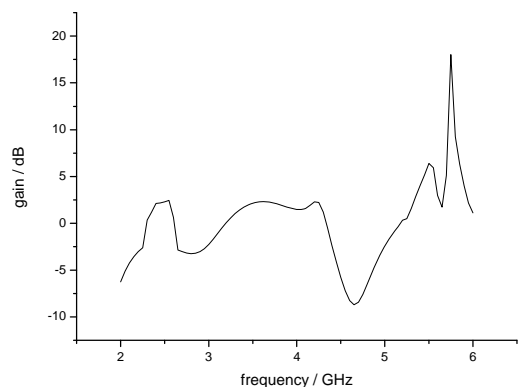


图7 天线增益随频率变化曲线

## 4 结论

本文提出了一种简单的开槽实现三频段工作的微带天线。天线具有良好的方向性能和增益性能。可以应用在 WLAN2.4GHz、WiMAX3.5GHz/5.8GHz 的无线通信领域中。该天线的结构简单、

制作容易、成本低廉，且具有较小的体积（34mm×34mm×1.6mm）和较低的剖面尺寸，有利于实现与通信电路的集成化设计。同时该天线具有比较好的辐射方向特性，是一种性能较好，具有实用参考价值，能广泛应用于 WLAN/WiMAX 无线通信系统中的多频段微带天线。

## 参考文献

- [1] Su Chiming, Chen Wenshyang, Cheng Yuanung, et al. Shorted T-shaped monopole antenna for 2.4/5 GHz WLAN operation[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2004
- [2] R.J.Lin, M.Ye. A Novel Dual-Band Microstrip Antenna for WLAN Application[J]. IET International Communication Conference, 2009
- [3] 李伟, 耿友林. 新型无线局域网双频段微带贴片天线设计[J]. 强激光与粒子束, 2011
- [4] Harshvardhan Tiwari, M.V.Kartikeyan. Design Studies of Stacked U-slot Microstrip Patch Antenna for Dual-Band operation[J]. IRMMW-THz, 2010 35<sup>th</sup> International Conference, 2010
- [5] Wen-Shan Chen, Po-Yuan Chang, Bau-Yi Lee, et al. A Compact Microstrip-Fed Slot Antenna with a Dual-Band Notched function for WiMAX Operation[J]. IEEE International Symposium on Antennas and Propagation Society, 2010
- [6] Naizhi Wang, Jianzhou Li. An L-slotted Dual-Band Microstrip Antenna for WiMAX Applications[J]. 2010 2nd International Conference on Future Computer and Communication, 2010
- [7] Lev Pazin, Igor Kogan, Yehuda Leviatan. Flat-plate triangular monopole antenna for Wi-Fi/WiMAX/DVB-H applications[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2008
- [8] Yau-Der Wang, Jui-Han Lu, Hai-Ming Hsiao. Novel design of Semi-Circular slot antenna with triple-band operation for WLAN/WiMAX communication[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2008
- [9] Omid Hoseini Izadi, Mandana Mehrparvar. A Compact Microstrip Slot Antenna With Novel E-shaped Coupling Aperture[J]. 2010 5<sup>th</sup> International Symposium on Telecommunications, 2010
- [10] Shaoli Zuo, Yingzeng Yin, Zhiya Zhang. A Coupling-fed multiband antenna for WLAN/WiMAX applications[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2010

### 作者简介:

裴强, 男, 硕士, 主要从事微带天线研究; 耿友林, 男, 教授、硕士生导师, 主要研究电磁散射与电波传播、计算电磁学等。