

doi:10.3969/j.issn.1009-671X.201205007

网络出版地址:

混合馈电方式的印刷多频单极子天线设计

王刚,周凯

哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院,黑龙江 哈尔滨 150001

摘要:针对多频微带天线多个频点的阻抗匹配优化问题、频点间的相互干扰问题以及在辐射远场的辐射方向问题,文中的天线设计方案采用将共面波导馈电方式和耦合馈电方式组合在一起的混合馈电方式,来优化天线的阻抗匹配。并利用加载寄生贴片和加载缝隙技术来减弱频点间的相互干扰,实现天线的多频、宽频带,全向辐射。天线的谐振频率覆盖2.42~2.82 GHz 和 3.4~5.85 GHz,满足 WLAN/WiMAX 规定工作频段要求。

关键词:多频天线;单极子;共面波导结构馈电;耦合馈电;缝隙加载

中图分类号:TN823

文献标志码:A

文章编号:1009-671X(2013)02-0018-04

Design of mixed-feed mode printing multi-band monopole antenna

WANG Gang, ZHOU Kai

College of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China

Abstract: Aimed at the problems in multi frequency-points impedance matching optimization for the multi-frequency microstrip antenna, the mutual interference between frequency points, and the radiation direction in the radiation far field, the antenna design in this paper adopts mixed feeding method with the coplanar waveguide feeding mode and the coupled feeding mode combined to optimize antenna impedance matching. And loaded parasitic patch and loaded gap technique are used to weaken the mutual interference between the frequency points, to achieve multi-frequency, wide-band, and omni-directional radiation in antenna. The antenna resonant frequency covers 2.42 ~ 2.82 GHz and 3.4 ~ 5.85 GHz, meeting the working band requirements for WLAN / WiMAX.

Keywords: multi-frequency antenna; monopole; coplanar waveguide (CPW) feeding; coupled feeding; gap loading technology

随着无线通信系统的快速发展,日常工作学习生活中利用同轴电缆和双绞线构成的有线计算机局域网络正在被无线局域网所取代。现今,接入无线通信系统的移动通信设备大都可以工作在满足无线通信协议的多个工作频段,这对通信设备中的内置天线提出了很高的要求。首先,无线通信设备的多功能一体化、集成化、模块化,要求天线具备体积小、易集成、易共型,全向辐射等特性;其次,无线通信设备要工作在通信协议所要求的工作频率范围内,这对天线设计多频、宽频带带来了很大的挑战。

提出一款多频小型化印刷单极子天线,其谐振频率范围覆盖 WLAN 和 WiMAX 所规定的工作频段,即 WLAN:2.4~2.484 GHz、5.15~5.35 GHz 和 5.725~5.825 GHz;WiMAX 规定:2.5~2.69 GHz、3.4~3.69 GHz 和 5.25~5.85 GHz。在满足 WLAN 和 WiMAX 所规定的工作频段的同时,天线拥有良好的全向辐射特性,以满足、移动通信设备对天线全向辐射性能的要求。天线的馈电结构采用共面波导馈电结构和耦合馈电结构的混合馈电方式,与单一馈电模式的天线设计相比^[1-4],天线在高频率和低频率工作频段都有很好的工作带宽,且相互影响较小,谐振点处阻抗匹配良好,易实现宽频带且天线结构简单。天线采用缝隙加载技术实现多频率谐振,和多

枝节多频单极子天线相比,天线结构简单且易匹配^[15]。

1 天线设计与分析

1.1 天线结构

天线的整体结构如图1所示。天线蚀刻在相对介电常数为4.4、厚度为1.6 mm的FR₄介质基板上。天线由长 L 为27.5 mm的50 Ω共面波导馈电部分,半径 R_4 为1.8 mm的圆形贴片,外径 R_3 为2.3 mm、内径 R_4 为1.8 mm的不规则圆环缝隙耦合馈电部分、半径 R_1 为8 mm圆形辐射体,宽 W_4 为14.4 mm、高 H_1 为6.2 mm的半圆形槽体所构成。其中共面波导馈线部分由2个19.2 mm×9.45 mm的矩形贴片接地板和长 L_2 为19.2 mm的馈线以及长 L_3 为9.9 mm的渐变馈线组成。

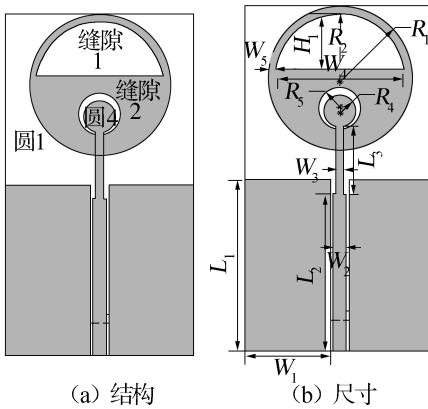


图1 天线的结构尺寸

1.2 天线工作原理

实现对WLAN和WiMAX工作频段的覆盖,最直接的方法是天线在工作时有多个谐振频率点,且有良好的阻抗匹配来实现多频、宽频带天线。对于单极子天线,一般采用单一馈电、多枝节辐射体加载方式,但单一馈电方式加大了调试各辐射枝节相互匹配的难度。为了减小各个工作频率点在阻抗匹配、中心谐振频率、阻抗带宽方面的相互影响,采用共面波导馈电结构和耦合馈电结构的混合馈电方式,减小高频段对低频段的影响,使天线在工作频段参数 S_{11} 的值小于-10 dB,且实现宽频带工作。

如图1所示,50共面波导为圆形贴片4进行馈电,使其在5~6 GHz产生谐振。并通过不规则圆环缝隙将能量耦合至寄生圆形贴片1,使寄生圆形贴片1产生低频工作频段,频率覆盖2.4~2.8 GHz。为了使天线在3~4 GHz产生谐振频率点,且进一步展宽天线高频段带宽,采用缝隙加载技术来改变圆

形贴片上的电流走向,使其产生新谐振频率点来实现设计要求。调节缝隙1的大小与形状,使中心谐振频率点落在3.4~3.7 GHz工作频率范围内,并且使高频走向即3.7~5.5 GHz频段的衔接处的天线参数 S_{11} 的值小于-10 dB,以实现宽频带工作。

2 优化仿真

2.1 天线结构优化

通过调整半圆形缝隙的尺寸和不规则圆环缝隙的尺寸,来优化天线的匹配阻抗,调整中心谐振频率点的位置。

如图1所示,保持缝隙1形状不变,改变缝隙2的参数,观察天线参数 S_{11} 值的走向。本文主要通过改变圆形贴片4圆心的坐标来改变缝隙2的尺寸与形状。圆4圆心的纵坐标分别取值为22.4、22.6、22.8 mm,观察天线参数 S_{11} 曲线的分布,如图2所示。

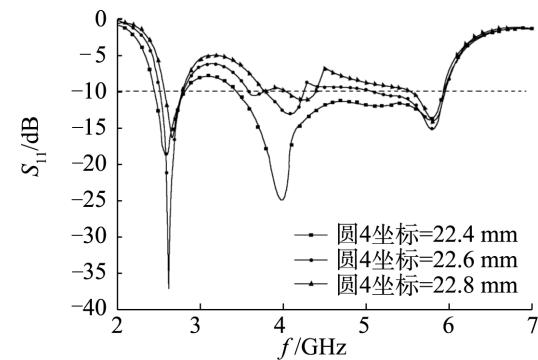


图2 圆环缝隙结构变化对天线参数 S_{11} 的影响

由图2分析可知,天线圆形贴片4的圆心纵坐标的变化对高中低频的阻抗匹配影响较大。对高频中心谐振频率点影响较大,但这并不是主要决定因素,高频中心谐振频率主要由圆形贴片4的半径和相对地的距离决定。由图可以看出,不规则圆环耦合缝隙对低频中心谐振频率点影响较小。为了使高频中心谐振频率点处阻抗匹配良好且频率尽量逼近5.7 GHz,对圆形贴片4的圆心纵坐标的选择应在22.3~22.6 mm。

其次,将圆形贴片天线4的圆心纵坐标暂定为22.6 mm,改变半圆形缝隙所对应的母圆形2的半径来改变半圆形缝隙的形状与尺寸,半径分别取如图数值所示,观察天线参数 S_{11} 曲线分布如图3所示,半圆形缝隙尺寸的改变,对天线的匹配阻抗的影响很大,对天线工作频段3.4~3.69 GHz的影响起决定性作用。由图 S_{11} 曲线分布可知,圆2半径取值在7 mm左右,有利于天线的设计要求。

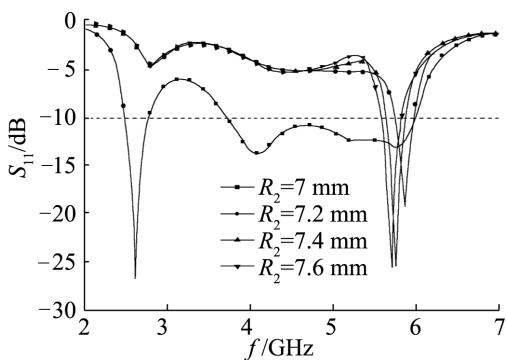


图 3 半圆形缝隙尺寸变化对天线参数 S_{11} 和谐振频率的影响

针对 2 组参数在最有利取值范围内继续进行重复上述实验过程来优化天线结构,并通过改变半径 R_3 进一步优化耦合馈电通道的结构,实现天线的阻抗匹配. 如图 4 所示,耦合馈电缝隙对天线整体的阻抗匹配影响很大.

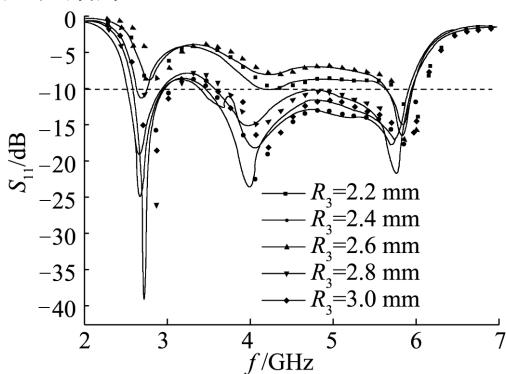


图 4 圆环缝隙结构变化对天线参数 S_{11} 的影响

2.2 天线仿真

经上述对天线参数的优化,利用软件 HFSS 对定型天线模型设计进行仿真分析. 观察天线 S_{11} 曲线图,以及天线在远场的辐射方向图. 图 5 所示为天线模型的 S_1 值分布图. 天线产生的频段在 2.42 ~ 2.8 GHz, 3.42 ~ 5.85 GHz 处 S_{11} 值均在 -10 dB 以下.

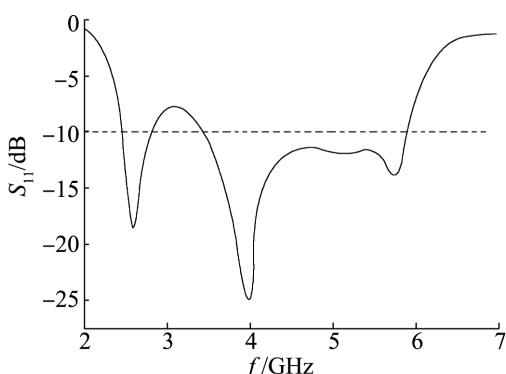
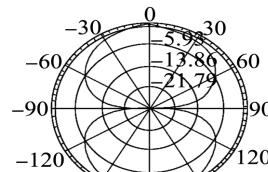
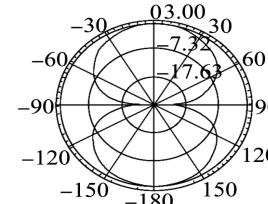


图 5 天线参数 S_{11} 曲线

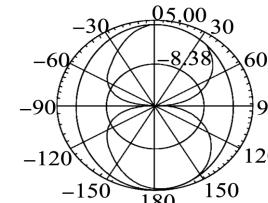
天线在 2.4、3.5、5.5 GHz 的 E 面和 H 面的二维远场辐射方向图如图 6 所示.



(a) 天线在 2.4 GHz 远场方向



(b) 天线在 3.5 GHz 远场方向



(c) 天线在 5.5 GHz 远场方向

图 6 天线在远场辐射方向

参照图 5,天线参数 S_{11} 曲线在 2 ~ 7 GHz 的图形,在 -10 dB 以下,天线工作时的谐振频率完全覆盖 WLAN 和 WiMAX 所规定的工作频段.

参照图 6,天线远场辐射方向图 H 面在 2.4、3.5、5.5 GHz 处有良好的全向辐射特性,因此天线在 WLAN/WiMAX 工作频段内有良好的全向辐射特性.

3 结束语

利用共面波导馈电和耦合馈电混合馈电方式以及缝隙加载技术,完成应用于 WLAN/WiMAX 三频全向辐射的单极子多频微带天线的设计,实现天线在 3.4 ~ 5.85 GHz 宽频带工作,且阻抗匹配良好. 又由于利用共面波导馈电方式,使天线和接地板位于介质板同一侧,有利于天线集成,并进一步减小天线的体积.

参考文献:

- [1] 高红卫, 焦永昌, 张福顺. 共面波导馈电的 T 型天线的研究与设计 [C]// 全国微波毫米波会议论文集. 西安, 中

- 国,2005: 1052-1055.
- [2]周超,曹海林,杨力生.一种改进的共面波导馈电超宽带天线设计[J].2008, 20 (1): 39-41.
- [3]张靖云,张文梅.频率可调宽带共面波导馈电的部分圆形单极天线[J].山西大学学报,2006, 29(4):381-384.
- [4]宴峰,姜兴.共面波导馈电的带阻UWB天线设计[J].电子器件,2011, 34(3): 255-257.
- [5]郭林,黄凤仪,唐旭升.一种具有WiMAX/WLAN频段双陷波功能的共面波导馈电超宽带天线[C]//2009年全国天线年会论文集.成都,中国,2009: 97-101.
- [6]白玉,杨晓冬.三阻带特性的超宽带天线研究与设计[J].哈尔滨工程大学学报,2012,33(12):1539-1546. BAI Yu, YANG Xiaodong. Ultra-wideband antenna with three stops band characteristics [J]. Journal of Harbin Engineering University, 2012, 33(12):1539-1546 .
- [7]张佳亮,雷振亚.共面波导馈电的宽带天线设计[J].电子技术,2011, 51(8): 125-129.
- [8]张秋艺,褚庆昕.一种应用于 WLAN/WiMAX 的三频双环印刷单极子天线[C]// 2009 年全国微波毫米波会议论文集上册.西安,中国,2009: 544-547.
- [9]宋跃.超宽带印刷天线及锥削缝隙阵列研究[D].西安:西安电子科技大学, 2010: 25-44.
- [10] YOON J H. Fabrication and measurement of rectangular ring with open CPW-fed monopole antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN operation [J]. Microw Opt Technol Lett, 2006, 48(3):1480-1483.
- [11] ZHANG Y, ZHAO G, SONG Y. Broadband dual-band CPW-fed closed rectangular ring monopole antenna with a vertical strip for WLAN operation [J]. Microw Opt Technol Letter, 2008, 50 (7):1929-1931.
- [12] THOMASK G, SREENIVASAN M. A simple dual-band microstrip-fed printed antenna for WLAN application [J]. IET Microwaves Antennas Propagation, 2009, 34 (4): 687-694.
- [13] LIU W C, CHEN W R. CPW-fed compact meandered patch antenna for dual-band operation [J]. Electronics Letters, 2004, 40(18): 1094-1098.
- [14] SZE J Y, HSU C G, JIAO J J. CPW-fed circular to antenna with slit back-patch for 2.4/5GHz dual-band operation [J]. Electronics Letters, 2006, 42(10): 563-564.
- [15] LIN Y C, HUNG K J. Design of dual-band slot antenna with double T-match stubs [J]. Electronics Letters, 2006, 42(8): 438-439.

[责任编辑:陈峰]

(上接第 17 页)

- [2] BYERS J W, MICHAEL L, MICHAEL M. A digital fountain approach to asynchronous reliable Multicast [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20 (8):1528-1540.
- [3] SHOKROLLAHI A. Raptor codes [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2006, 52(6):2551-2567.
- [4] MACKAY D J C. Fountain code [J]. IEEE Proc Commun, 2005, 152(6):1062-1068.
- [5] BIOGLIO V, GRANETTO M, ROSSANO G, et al. On the fly Gaussian elimination for LT codes [J]. IEEE Communications Letters, 2009, 13 (12):953-955.
- [6] CHEONG S, FAN Pingyi. The effect of random encoding generators on the performance of LT codes [C]//2012 International Conference on Communications and Mobile Computing. Shenzhen, China, 2010.
- [7] ZHOU Qian, LI Liang, CHEN Zengqiang, et al. Encoding and decoding of LT codes based on chaos [C]// The 3rd International Conference on Innovative Computing Information, Taipei, 2008.
- [8] 谢飞.喷泉码的优化设计[D].北京:北京邮电大学, 2009:32-39.

[责任编辑:陈峰]

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>