

一种新型十字交叉结构双频段天线设计

彭志艺 李秀萍

(北京邮电大学电子工程学院, 泛网无线通信教育部重点实验室, 北京 100876)

摘要: 本文介绍了一种应用于无线通信系统的十字交叉结构天线, 该天线主要由十字交叉结构和接地板构成, 天线所占体积为 $64 \times 110 \text{mm}^2$ 。加工的天线经矢量网络分析仪测量, 其实测结果表明该天线在低频端 (820MHz-960MHz) 和高频端 (1.7GHz-2.3GHz), 电压驻波比 $\text{VSWR} < 1.5$, 实测结果与仿真结果吻合良好。此外, 本文还进一步研究了天线各个关键尺寸参数对于天线带宽和匹配的影响分析。天线在低频和高频段增益分别为 1.15dBi 和 6.8dBi, 满足无线通信系统要求。

关键词: 双频段, 十字交叉结构天线, 无线通信

A Novel Crossed Shape Dual-band Antenna Design

Peng zhiyi Li xiuping

(School of Electronic Engineering, Key laboratory of Universal Wireless Communications, Ministry of Education ,Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876,China)

Abstract: A novel crossed shape dual-band antenna for wireless communication applications is proposed in this paper. The antenna consists of two crossed rectangular structure and ground plane. The volume of the antenna is $64 \times 110 \text{mm}^2$. The measured results show that the antenna's bandwidth is 140MHz (820-960MHz) and 600MHz (1.7-2.3GHz) at the lower and higher band respectively under the condition of voltage standing wave ratio (VSWR) less than 1.5. In addition, dimension parameters' variation is studied to further investigate the effect to antenna performance . The antenna gain reaches 1.15 dBi and 6.8 dBi at the lower and higher frequency, respectively, which satisfies the requirement of wireless communication system.

Key words: Dual-band; The Crossed antenna; Wireless communication

1 引言

随着电子技术的发展和蜂窝技术的不断完善, 无线通信事业在世界范围内得到迅猛发展。天线作为无线通信系统中的一个重要的组成部分, 天线性能的好坏直接影响了通信系统的性能。在移动通信系统中, 最重要的是模拟式和数字式蜂窝无线电系统, 主要频率范围围绕着 800~1000MHz 和 1700~2200MHz 的无线局域网系统。蜂窝系统的频带宽度在 8%~17% 之间变动。在带接地面天线中, 一

种型式是铅垂 $\lambda/4$ 短桩带有直径约 $\lambda/2$ 的圆片接地面。该天线采用同轴传输线馈电, 内导体接入 $\lambda/4$ 短桩, 而外导体端接于接地面^[1]。虽然此类天线能根据对应的中心频率通过调整短桩尺寸较为简单的实现, 但是由于内导体仅仅接入 $\lambda/4$ 短桩, 通常情况下, 该天线为单频段天线, 同时阻抗频带较小, 工作频率范围较为狭窄。此外, 在片状结构类的天线中, 为实现宽频带的目的, 通常利用变化接地方式和反馈结构来实现。例如, 将类似于 L 形的接地结构应用于微带天线可拓展近 30% 带宽^[2]。如果进一步采用弯折探针结构作为天线反馈, 可以扩展天线 37% 的频带宽度^[3]。而在微带天线中应用较多的倒 F 型接地结构使得天线频带宽度范围为 1.7-2.5GHz^[4]。但是大部分片状天线结构通常工作在 2GHz 附近, 为

基金项目: 863 项目, 2007 新世纪优秀人才支持计划(NECT-07-0108);
北京市科技新星计划(2008A050)的资助

单频段天线。为了在此类天线结构上进一步实现双频天线，一般利用开槽来实现。另外，利用增加寄生贴片，采用多层结构，使用一个较厚的空气介质层和增加电抗加载等一系列手段来进步扩展天线带宽，来达到天线设计要求^{[5][6]}。

本文给出了一种较为新颖简单的天线结构，通过设计和优化天线各部分结构以及影响天线带宽和匹配的关键尺寸 w_1 , w_2 , w_3 , 实测结果可以满足了无线通信工作带宽要求。在低频段(820-960MHz)和高频段(1.7-2.4GHz)中，天线电压驻波比小于 1.5，实现了天线双频段的目的。同时，由于本天线结构简单，使得天线生产的复杂度和成本大大降低。此外，本天线结构简单小巧，可放置于直径大于 64mm 的非金属天线罩中，不但可起到保护天线结构的目的，还能有美化天线的效果。本天线结构可应用于小区草坪灯中作为直放站美化天线使用。

2 天线结构

本天线如图 1 所示，主要结构包括上下两部分，第一部分为十字交叉连接的两个方形金属片，第二部分为单个的方形金属片，并与第一部分中一个方形金属片共面。天线两部分结构中心轴部通过同轴内导体相连。同轴内导体的长度等于两部分之间的间隙距离。第二部分结构中心轴部与同轴的外导体

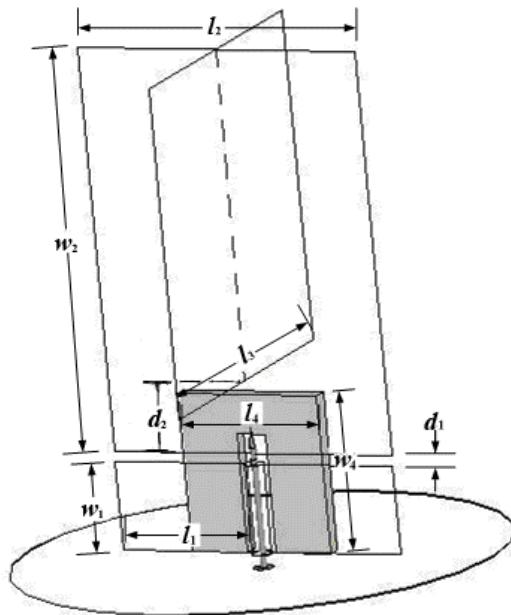


图 1 天线基本结构

相连，并与天线底部金属托盘互连共同接地。天线两部分结构除了同轴内导体的连接外，也可选择通过 U 型非金属介质板加以固定。天线的两部分结构通过一定的距离相隔，由此产生两个不同的谐振点，达到双频段工作的目的。

天线的尺寸 w_1 和 w_2 的大小可以控制低频和高频的中心谐振频率 f_{oL} 和 f_{oH} ；同时， w_2 尺寸直接影响着天线低频部分的带宽大小；而 w_1 尺寸大小不但可以改变高频部分带宽大小，而且它也能影响低频部分带宽。天线十字交叉部分两金属片长度差值 d_2 的大小可以进一步调整高频部分的中心频率，同时扩大了高低频中心频率的比值。天线两部分之间的距离 d_1 则可以一定程度扩展低频部分带宽，但会影响高频部分带宽和匹配深度。

3 天线关键尺寸分析

根据上述天线结构尺寸的描述，对天线关键尺寸 w_1 , w_2 和 d_2 参数值进行调整，进一步研究各尺寸对天线带宽和匹配性的具体影响。

当 w_2 以 4mm 为步长进行变化，使得天线低频频段部分发生变化，其仿真结果如图 2 所示。由此可见， w_2 尺寸长度接近于低频部分中心频率的 1/4 波长值，它直接影响着天线低频段的带宽大小，同时它也能在一定程度上有效地调整天线的匹配性。

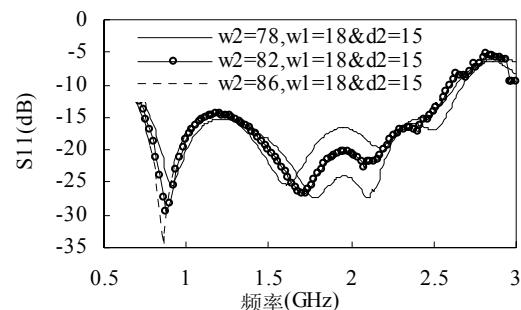


图 2 调整 w_2 尺寸对天线回波损耗的影响

当 w_1 尺寸以 2mm 步长的增加时，高频部分带宽相对减小，如图 3 所示。由此可见， w_1 的长度决定了高频部分带宽的大小。同时，它也使得低频部分带宽减小，并且中心频率向低频方向偏移。

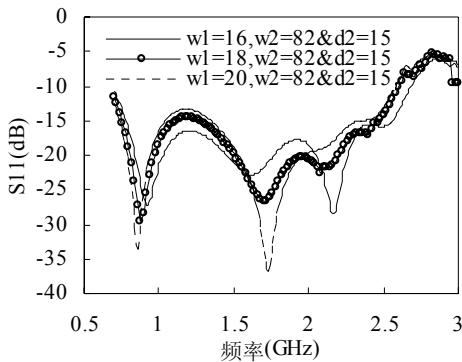


图3 调整 w_1 尺寸对天线回波损耗的影响

然而,当 d_2 以3mm为步长增大时,本天线高频部分带宽将减小,并且天线匹配性变差,如图4所示。同时,低频部分带宽也有所减小,但低频部分中心谐振频率向低频方向偏移,高频部分中心谐振频率向高频方向偏移,即天线中心频率比值增大。因此,根据实际工作频段的需要,可以通过同时调节 w_1 , w_2 和 w_3 的尺寸大小来进一步优化天线性能。

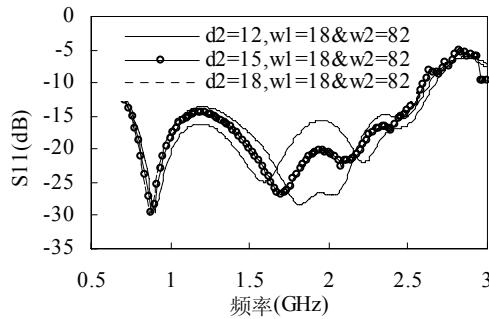


图4 调整 d_2 参数对天线回波损耗的影响

4 仿真和测试结果

根据上述天线结构加工后,加工天线实物如图5所示。使用MS4624B矢量网络分析仪作了性能测试^[7],其仿真与实测回波损耗如图6所示,其中仿真和测量结果分别如实线和虚线所示。可以看出在低频频段820MHz~960MHz上,实际测量的天线回波损耗均小于-15dB,即驻波比VSWR<1.5。同时,高频频段1.7GHz~2.5GHz上,实际测量的回波损耗也小于-15dB,仿真与实测结果吻合良好。

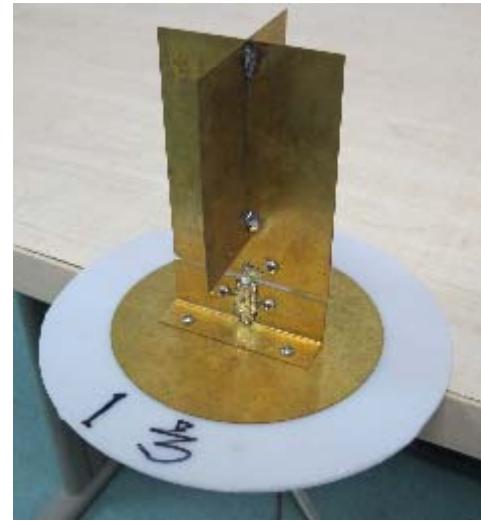


图5 天线实物立体图

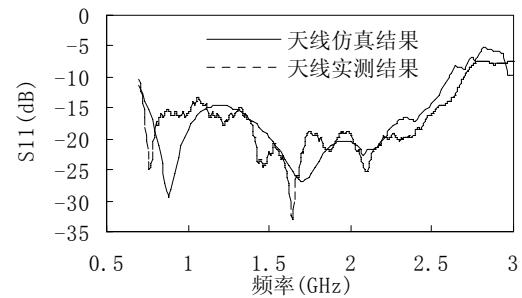


图6 天线回波损耗的仿真与实测结果对比

本天线仿真E面、H面辐射方向图,如图7和图8所示。其中图7和图8分别给出了天线低频段中心频率(900MHz)和高频段中心频率(2GHz)时的E面、H面方向图。由天线方向图可以看出,本双频段天线在平行于接地板的方向上具有良好的全向性。天线仿真的增益图,如图9所示。

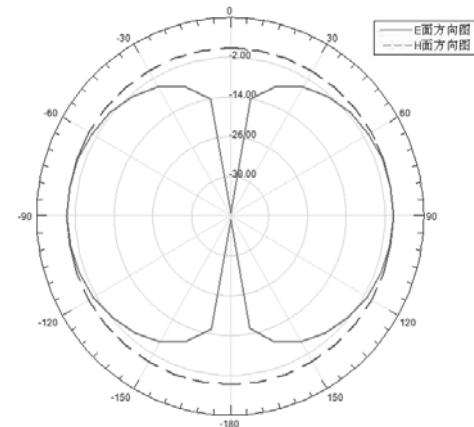


图7 频率为900MHz天线方向图(单位:dB)

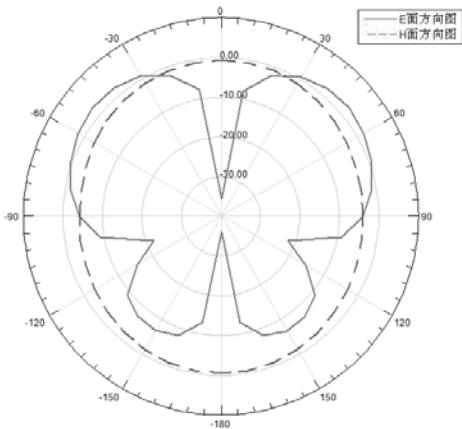


图 8 频率为 2GHz 天线方向图(单位:dB)

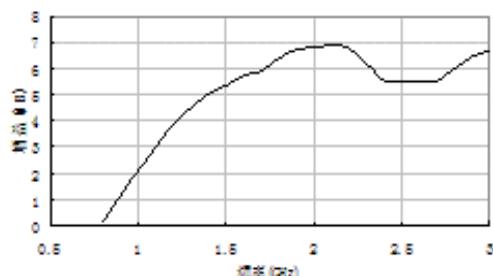


图 9 天线主要辐射方向增益图

4 结论

本文介绍了一种应用于移动通信双频带天线，其工作频率段满足了无线通信系统的频段带宽要求，天线仿真设计和加工实测结果吻合良好。在 820MHz~960MHz 和 1.7GHz~2.5GHz 的两个频带上具有良好阻抗特性，同时作为一种直立的双频天线，由于天线本身结构简单，不但制作上相对简易，而且为了针对具体的频率应用要求，可以较为方便的调节各结构尺寸大小，来方便的达到实际的应用要求。同时从美化天线的角度来看，整个天线可以放置于外径大于 64mm 的非金属天线罩中，既可以保护天线结构，又可以起到美化天线的效果。

参 考 文 献

- [1] John D.Kraus, Ronald J.Marhefka. Antennas:For All Applications, Third Edition.2006.8:576-577.
- [2] J. K. Park, H. G. Lee and S. H. Baik, Design of a modified L-probe fed microstrip patch antenna, IEEE antennas and Wireless Propagation Letters, vol.3,pp.117-119,2004.
- [3] H. W. Lai, K. M. Luk. Wideband stacked patch antenna fed by meandering probe, Electronics Letters vol.41, no. 6, Mar. 2005.
- [4] Jongin Choi*, Bomson Lee. Wideband Stacked Patch Antenna using inverted-F Feed for PCS, WCDMA, and WIBRO Services. IEEE Proceedings of the 36th European Microwave Conference.2006.9:1691-1693.
- [5] 杜挺, 李秀萍. 人工神经网络基双频 RFID 读写器天线设计[J]. 电子器件.
- [6] Zhishu Xu, Xiuping Li. Aperture Coupling Two-Layered Dual-Band RFID Reader Antenna Design. International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology, 2008,pp. 1218-1221.
- [7] 李秀萍,高建军. 微波射频测量技术基础. 北京. 机械工业出版社, 2007.6:72-76

作者简介：

彭志艺, 男, 硕士在读, 研究方向为微波器件与射频电路; 李秀萍, 女, 北京邮电大学副教授, 具有博士生指导资格, 2007 年入选“教育部新世纪优秀人才”支持计划, 2008 年入选北京市科技新星支持计划, 中国电子学会高级会员, IEEE 高级会员。主要研究方向为射频识别(RFID)天线设计技术, 微波射频测量技术以及微波器件设计与建模技术。

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>