

# 多频段吸顶天线设计

孙全辉 程 强 崔铁军

(东南大学信息科学与工程学院, 毫米波国家重点实验室, 南京 210096)

**摘要:** 本文利用改进辐射体形状的方法, 提出了一款改进的吸顶式单极子天线, 避免了传统单极子带宽窄的缺点, 可实现多频段工作, 能很好地用于 GSM900M, DCS1800M, PCS1900M 以及 2.4GHz ISM 频段信号的室内覆盖。文章最后给出天线的实物图及测试结果。外观美观, 性能满足实际应用需求。

**关键词:** 吸顶天线, 多频段, 单极子

## Design of a Multi-band Ceiling antenna

Sun Quanhui Cheng Qiang Cui Tiejun

(School of Information Science and Engineering, State Key Laboratory of Millimeter waves,  
Southeast University, Nanjing 210096)

**Abstract:** An improved ceiling antenna by changing the radiator shape has been proposed. It avoids the shortcomings of traditional monopole antenna which is narrow band. The proposed antenna can cover GSM900M, DCS1800M, PCS1900M, 2100M and ISM2400M bands. Finally a prototype is presented, and its performance meets the practical need after tested.

**Keywords:** Ceiling antenna; Multi-band; monopole

## 1 引言

吸顶天线是移动通信的一种, 主要用于室内信号的覆盖。通常在建筑物底层如地下停车场或电梯内, 由于建筑材料的衰减和金属的屏蔽, 使得信号较弱, 形成通信的盲区和阴影区, 影响通话质量和网络覆盖。通过楼宇内分布的吸顶天线系统, 可以将外部信号传输到楼层的各个角落, 解决信号的强度和质量问题。对于频率在 3.1GHz 到 10.6GHz 的频段覆盖, 可以使用用超宽带 (UWB) 天线<sup>[2,3]</sup>, 这类天线在很宽的频段内驻波比 ( $VSWR$ )  $\leq 2$ , 而且尺寸小, 因此应用较广泛。但是对于 3GHz 以下通信频段, 由于天线尺寸的限制, 很难将 GSM 低频段如 900M, 800M 及 450M 与 DCS1800M, PCS1900M 及 ISM2.4GHz 做到一起, 因此市售的吸顶天线主要还是单频天线为主。对于需要多频覆盖的室内区域, 必须采用多个吸顶天线协同才能工作。为了解决上述不足, 本文利用 UWB 天线设计的一些特点, 改进

天线辐射体的形状, 降低天线阻抗频率特性的敏感性, 使其能够在 900M, 1800M、1900M、2100M、2400M 频段上的驻波比均在可接受的范围内 ( $VSWR$ )  $\leq 2$ 。

## 2 仿真设计

传统的单极天线由于构造简单, 容易馈电等优点, 在工程中被广泛应用<sup>[1]</sup>。但由于其工作在谐振频率附近, 阻抗随频率变化非常剧烈, 因而工作带宽很窄, 只能用于单频或者双频的场合。而 UWB 天线在非常宽的频带范围, 都能表现出非常好的阻抗特性。本文利用 UWB 天线设计的一些特性, 对传统单极子天线辐射体加以改造, 提出一种改进的单极子天线形状, 能有效的改善天线的工作带宽, 真正实现多频段覆盖。天线示意图如图 1 所示。我们使用的介质基板为普通 FR4 板材, 厚度为 1.5mm, 辐射体为刻蚀在介质基板上的铜箔, 采用印制电路 (PCB)

工艺即可实现。具体尺寸如下： $a=46.8\text{mm}$ ， $b=66.8\text{mm}$ ， $l=28.8\text{mm}$ ， $w=19.8\text{mm}$ ， $s=8\text{mm}$ ， $g=9\text{mm}$ 。为了显示方便，示意图没有给出天线的反射面底板，具体见图 2 的天线实物图。天线工作原理如下：外围铜箔谐振在 900MHz 附近，中心铜箔的长度  $l$  决定天线高频性能。我们对长度  $l$  从 20mm 到 30mm 进行了扫描仿真，如图 3 所示。从图中我们可以看出，中间的铜箔长度只决定该天线的高频工作频率，与低频（900M）无关，而且，当  $l=30\text{mm}$  时，我们甚至可以让天线覆盖 GPS 频段。由于中心铜箔较宽，因此，天线的高频带宽比低频宽很多。

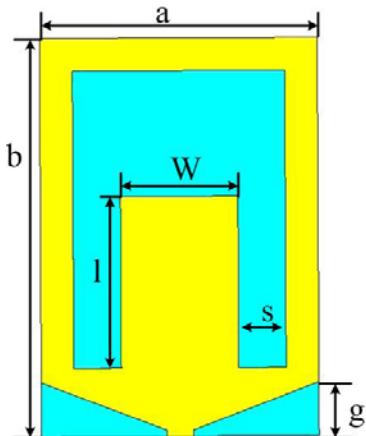


图 1 天线结构示意图

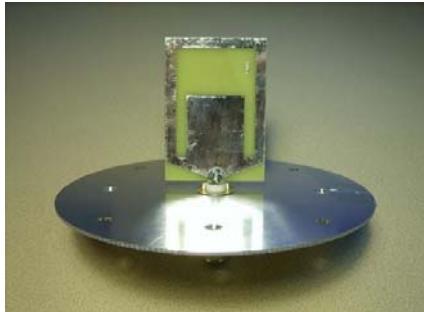


图 2 天线实物图

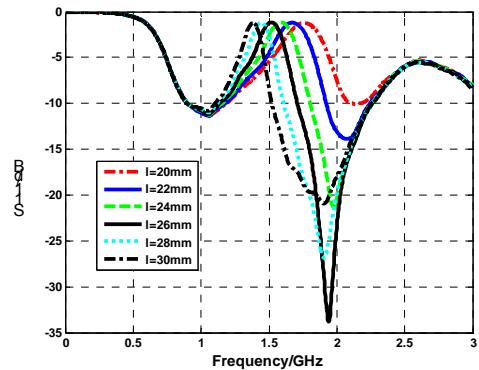


图 3 中心铜箔不同长度  $l$  值对应的回波损耗曲线

### 3 实验结果分析

我们制作了天线样品进行测试，为了防止氧化，铜表面镀上了锌。反射面底板的直径为 144mm。天线由 N 型阴头馈电。我们在 Agilent 85071B 矢量网络分析仪上测试天线的回波损耗。测试结果如图 4 所示：

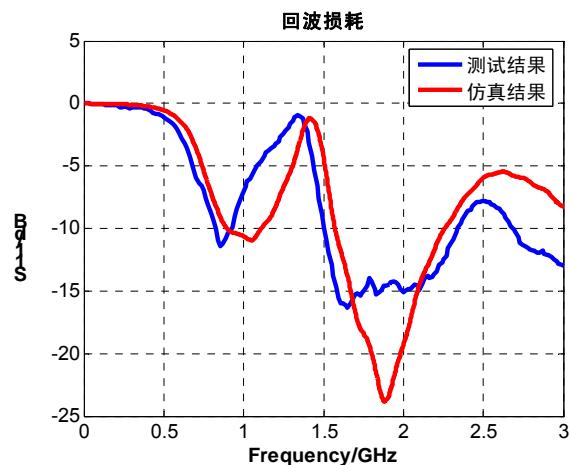


图 4 天线实际测量结果和仿真结果对比

从上图我们可以看出，天线实测结果和仿真结果比较吻合。在低频 900M，回波损耗为 10dB 左右， $\text{VSWR}=2$ ；在高频段 1800M—2400M，回波损耗在 15dB 左右， $\text{VSWR}=1.5$ 。

同时，我们在微波暗室测试了该天线 H 面和 E 面方向图，分别如图 5 图 6 所示，从方向图的分布可以看出，符合单极子天线的辐射图样。

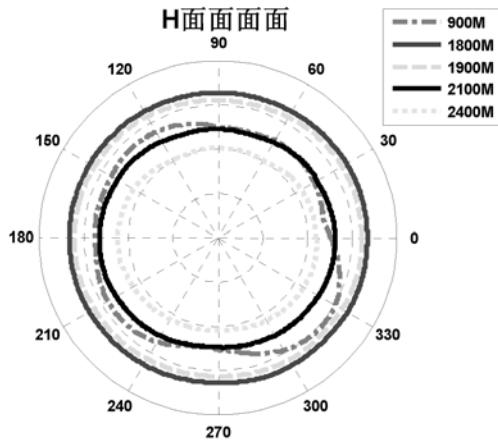


图 5 H 面方向图

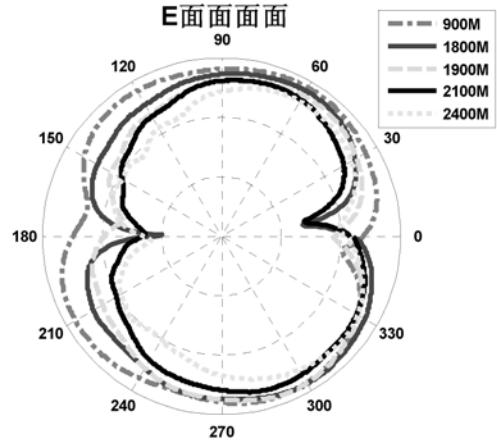


图 6 E 面方向图

## 5 结论

本文结合 UWB 天线的一些设计方法,改进单极子天线的辐射单元的形状,降低输入阻抗随频率的敏感性,使其能够工作在 GSM900M, DCS1800M, PCS1900M, 2100M 以及 ISM2.4GHz 频段,避免了传统单极吸顶天线在 3GHz 以下只能单频覆盖的缺点。而且外观尺寸与市售吸顶天线相差无几,具备实际应用的潜力。

## 参 考 文 献

- [1] Wei Jiang, Yinchun Liu, Xiaowei Zhu, and Wei Hong, Novel Wide-Band Low-Cost Antenna for Mobile Communication System. Antennas and Propagation Society International Symposium, vol.2, pp.520-523, 2005.
- [2] Emmi Kaivanto, Printed UWB Antenna for Portable Devices. Antennas and Propagation Society International Symposium, pp.1-4, 2008.
- [3] I. Makris, D. Manteuffel and R. D. Seager, Miniaturized reconfigurable UWB antennas for the integration into consumer electronic products, Antennas and Propagation, 2007. EuCAP 2007. The Second European Conference on, pp.1-6, 2007

## 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](http://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](http://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](http://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>