

ETC 系统 OBU 上 5.8GHz 圆极化天线小型化研究^{*}

姜黎黎 林 鑫 廖 斌

(华东师范大学信息学院电子系 上海 200241)

摘要 一种新型的不停车收费系统(ETC)车载单元(OBU)的小型圆极化微带天线在文中提出,工作频段为 5.8GHz。该天线结构简单,采用高介电常数的底板使天线实现小型化,同时获得了 3.4dB 左右的增益、H 面全向以及右旋圆极化特性,轴比最小仅为 0.2dB 左右。采用微带馈电方式,使它能容易地与 ETC 系统车载单元中的其他射频电路连接。

关键词 ETC; 5.8GHz; 右旋圆极化; 小型化

中图分类号 TN82

Miniaturization of 5.8GHz Circularly Polarized Antenna Used in the OBU of ETC System

Jiang Lili Lin Xin Liao Bin

(Department of Electronic Engineering, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract A novel 5.8GHz circularly polarized miniaturized antenna used in ETC system is presented in this paper. It is characteristic of simple and compact structure. Owing to the high permittivity of the substrate, the size of the antenna is significantly reduced. The gain of about 3.4dB and the omni-directional H-pattern are obtained. It is right-handed circularly polarized, while the minimum value of the axial ratio is about 0.2dB. It is easy for the antenna fed by a microstrip line to be connected with other RF circuits in the OBU of the ETC system.

Key words ETC, 5.8GHz, RHCP, miniaturization

Class Number TN82

1 引言

不停车收费系统是智能交通发展的一个重要方面。利用它,高速公路上行驶的车辆无须停车便可进行交费,从而节省时间,提高效率。这个系统的重要组成部分之一—车载单元,其本质上是一块射频卡,能与该系统路边单元之间实现信息传输。车载单元中的天线是实现这种功能的重要元件。2007 年,我国颁布了不停车收费系统的国家标准^[1],规定该天线工作于 5.8GHz, 极化方式为右旋圆极化。天线实现圆极化的方法有好几种。如微扰法,主要通过在一定尺寸的贴片上开槽、切角

或增加短截线,使该贴片在工作频率附近产生两个相邻的谐振频率,从而在所要频率上实现圆极化^[2~3]。该方法的优点是结构简单,参数易调。圆极化的实现也可以从其定义出发,即两个幅度相同相位相差 90° 的信号合成,即可实现圆极化。可以先用贴片辐射能量,再把能量分成两路,利用微带电路使这两路信号的相位相差 90°,最后合成,从而实现了圆极化^[4~5]。这种方法实现的天线具有较大的带宽和增益,缺点是结构比较复杂。

2 天线结构设计

由于天线应用于射频卡中,尺寸越小、结构越

* 收稿日期:2008 年 8 月 11 日,修回日期:2008 年 10 月 6 日

作者简介:姜黎黎,女,硕士研究生,研究方向:微带天线及微波应用。林鑫,男,硕士研究生,研究方向:微带天线及其小型化。廖斌,男,副教授,研究方向:微波应用和等离子体。

简单越好,所以我们选择微扰法来设计。天线介质板的相对介电常数为 9.6,高度为 1mm,铜皮厚度为 $18\mu\text{m}$ 。天线结构如图 1 所示。

2.1 辐射贴片设计

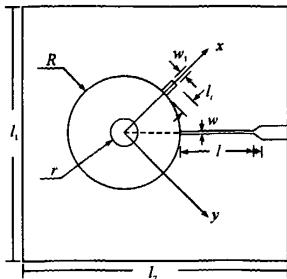


图 1 天线的结构

(微带线宽度 W 与介质板厚度 H 之比大于 1), ϵ_r 为^[6]:

$$\epsilon_r = \frac{1+\epsilon_r}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \left(\frac{W}{H} \right)^{-1} \right]^{-1}$$

根据上述公式,我们先进行一些近似计算,然后在仿真中进行一些调整即可。也可以查阅相关文献获得近似值,然后在仿真中进行略微调整。

2.2 圆极化实现设计

图 1 中 x 轴和 y 轴互相正交。在 $\phi=45^\circ$ 处,添加一个长为 l_t ,宽为 w_t 的短截线。这样,贴片在 x 方向上的尺寸要比 y 方向上的尺寸略大,故 x 方向上的谐振频率会略低于 y 方向的谐振频率。因此,贴片上会出现两个邻近的谐振频率,经调整,使它们尽量靠近我们所需要的频点(5.8GHz),这样便可实现圆极化。该天线实现的是右旋圆极化。若把短截线放在 y 方向,则会得到左旋圆极化。

2.3 阻抗匹配设计

四分之一阻抗变换段主要用于调节贴片与后接 50Ω 微带线之间的阻抗变换。其长为 l ,宽为 w ,是窄带微带线($W|H|<1$),此时, ϵ_r 为:

$$\epsilon_r = \frac{1+\epsilon_r}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \left(\frac{W}{H} \right)^{-1} \right]^{-1} + 0.04 \left(1 - \frac{W}{H} \right)^2$$

而: $l=\lambda_g/4$

根据上述公式,我们先进行一些近似计算,然后在仿真中进行调整。也可查阅相关文献获得近似值,然后在仿真中进行略微调整。

50Ω 微带线用来连接后续射频电路,宽度 w_c

可使用辅助计算工具或查表获得。

根据曲流技术的理论,辐射贴片中央的圆孔的作用是调节频点,可以在一定程度上减小辐射贴片的尺寸。

介质板的背面全为地。

3 仿真结果

经过多次运用 Ansoft HFSS 11 的仿真,我们发现,当贴片的半径越小,频点就会越高,此时,可以增大中央圆孔来降低频点。但是,若圆孔过大,又会影响天线的极化。短截线的长度可以用来微调频点,其宽度对极化的影响较大,宽度越大,天线的极化会越差。

图 1 中贴片天线的具体尺寸如下:

$l_1=20\text{mm}$, $l_2=21\text{mm}$, $R=4.5\text{mm}$, $r=1.1\text{mm}$, $l_t=1.1\text{mm}$, $w_t=0.35\text{mm}$, $\phi=45^\circ$, $l=5.7\text{mm}$, $w=0.1\text{mm}$, $l_c=1.6\text{mm}$, $w_c=1\text{mm}$ 。

天线在 5.8GHz 时的 S_{11} 曲线如图 2 所示:

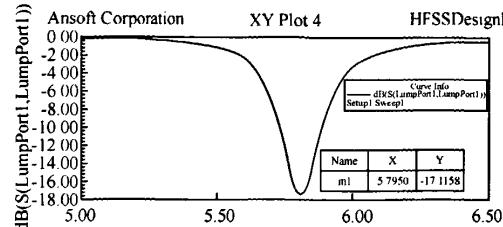


图 2 S_{11} 曲线

由图可知,在 5.8GHz 的频点上,天线的衰减约为 17.3dB,工程上的 -10dB 带宽约为 150MHz,完全满足不停车收费系统的应用需求。

E 面和 H 面的方向图分别如图 3 及图 4 所示。

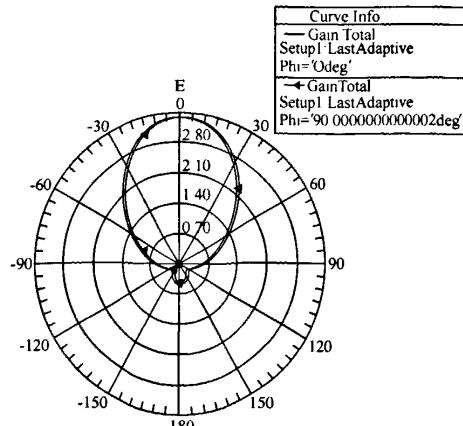


图 3 E 面方向图

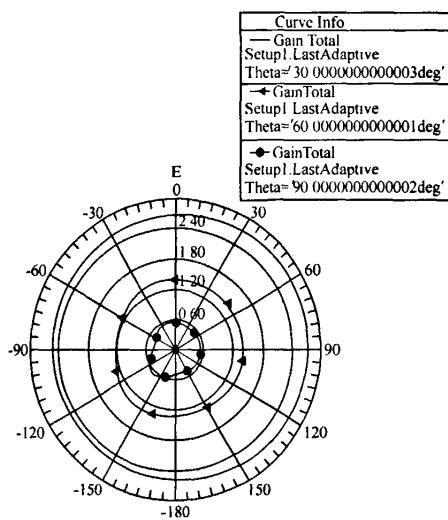


图4 H面方向图

图3所示的E面方向图中,天线的主瓣呈橄榄形,而背瓣很小,没有旁瓣。在图4所示的H面方向图中,我们发现,增益起伏小,尤其是在 $\theta=30^\circ$ 时,基本呈现全向性。由此可见,天线具有良好的方向性。

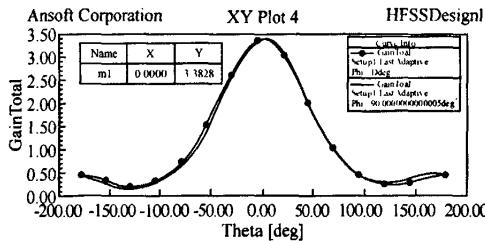


图5 天线的增益

图5为天线的增益图,在5.8GHz时,天线的增益达到了3.4dB左右。

图6和图7都表现了天线的轴比特性。

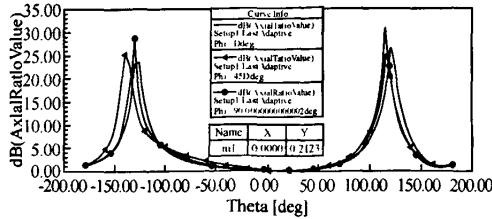


图6 各个方向上的轴比

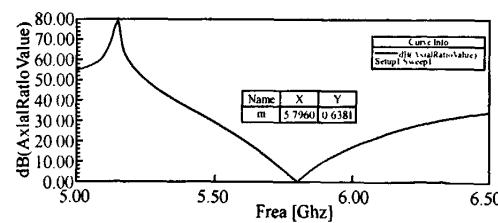


图7 轴比与频率的关系

图6所示为天线在5.8GHz频点、 $\varphi=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 时各个方向上的轴比。在 $\theta=0^\circ$ 处,轴比仅为0.2dB左右。在 θ 从 -80° 到 80° 的范围内,天线的轴比均在3dB以下。从图7中可以看出,天线的3dB轴比带宽约有60MHz。

4 结语

本文提出了一个小型化5.8GHz的右旋圆极化天线,5.8GHz上的轴比达到0.2dB左右,3dB轴比带宽为60MHz,H面基本全向,具有良好的方向性,完全符合作为不停车收费系统的车载天线的需要。可进一步对天线结构进行调整,提高阻抗匹配,增加阻抗和圆极化带宽,进一步减小天线的尺寸。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家标准 GB/T 20851. 1~2007
- [2] KIN LU WONG. Compact and Broadband Microstrip Antenna[M]. John Wiley & Sons, New York, 1998
- [3] Che-Wei Su, Fa-Shian Chang, Kin-Lu Wong. Broadband Circularly Polarized Inverted-L Patch Antenna, Microwave and Optical Technology Letters, 2003, (38):2
- [4] X. M. Qing. Broadband Aperture-coupled Circularly Polarized Microstrip Antenna Fed by a Three-stub Hybrid Coupler, Microwave and Optical Technology Letters, 2004, (40):1
- [5] Subramanian Nambi, Stuart M. Wentworth. 5.8GHz Dual-polarized Aperture-coupled Microstrip Antenna, IEEE, 2005
- [6] 清华大学微带电路编写组. 微带电路(第一版)[M]. 北京:人民邮电出版社,1976

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>