

一种用于小型化 RFID 阅读器的平面倒 F 天线

宋朝晖 路国明 刘赢红 张 健

(哈尔滨工业大学电子与信息工程学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 针对 UHF 频段 RFID 小型化阅读器天线的设计要求, 提出了一种平面倒 F 型天线(PIFA)的改进形式, 详细分析了 PIFA 的小型化原理和结构参数对辐射性能的影响, 通过在天线贴片四周开槽来减小天线的尺寸。仿真和实测结果表明, 改进后的 PIFA 在小型化的前提下具有良好的带宽和增益特性, 可满足 UHF 频段移动 RFID 的使用要求。

关键词: RFID, 天线, 平面倒 F 天线, 小型化

A Planar Inverted-F-Antenna for Miniaturized RFID Reader

SONG Zhaohui, LU Guoming, LIU Yinghong, ZHANG Jian

(School of Electronics and Information Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract: In order to meet the requirements of a miniature UHF band RFID reader antenna, An improved type of Planar Inverted-F-Antenna (PIFA) is presented. The theory of the antenna and parameters which effect the performance are detailed analyzed. By loading slots around the radiation patch, the antenna size is reduced. The results of the simulation and measurement indicates that, in the precondition of miniaturization, the bandwidth and gain characteristics can satisfy the mobile UHF band RFID application requirements.

Keywords: RFID; Antenna; PIFA; Miniaturization

1 引言

移动 RFID 概念的提出, 使小型化 RFID 阅读器得到了广泛的关注和研究, 同时天线的小尺寸结构也成为研究的关键问题。在小型化的 RFID 阅读器终端设计中, 减小天线的尺寸相比增益和辐射方向图而言是更重要的设计目标^[1]。不同的应用场合对天线性能提出了不同的要求, 在要求远距离识别的场合如货箱识别, 需要达到数米的识别距离, 天线通常和阅读器分离, 采用外置的形式, 这样可以采用具有高增益、圆极化特性的外置天线。在一些近距离使用场合如货架商品管理上, 阅读器识别距离 0.3m~0.5m, 天线可以和阅读器模块集成, 进一步减小阅读器体积, 但为了保证有效的读写距离, 对内置天线的小型化设计提出了要求: 低剖面、体积小、重量轻、结构简单、易于集成

环状, 增加寄生电容, 来增加天线的电长度从

而减小天线的尺寸。文献[2]采用两层的周期性结构, 将用于 RFID 阅读器的偶极子天线体积减小了 50%。文献[3]将 IFA 天线集成在移动 RFID 阅读器电路, 通过开关的通断控制天线工作的频率范围。文献[4]将 IFA 天线折叠, 采用四臂螺旋形式减小天线尺寸, 并采用阵列形式增加天线增益。上述的设计中, 大部分天线的体积较大, 不小于 60mm×60mm, 易于集成的、体积较小的天线, 增益都在 0dB 以下, 小型化之后天线效率降低、带宽变窄。

本文将 PIFA 天线为基础提出了结构简单、体积较小的阅读器天线改进形式, 详细分析了天线的各个参数对性能的影响, 并进行了仿真与试验。和加工。文献[1]通过把折叠的偶极子天线弯曲成

2 天线设计

适合 UHF 频段的 RFID 阅读器使用的天线如微

带贴片天线、偶极子天线需要半个波长的谐振长度，不利于实现天线的小型化，而像 PIFA 天线，单极子天线这样的天线只需要四分之一半波长的物理尺寸，适合用于设计小型化的阅读器天线^[5]。

平面倒 F 天线(Planar Inverted-F-Antenna, PIFA)是一种常用的平面天线，它具有体积小、重量轻、低剖面、结构简单等优点，被广泛应用于移动通信终端设备上^[6]。PIFA 天线由地板、贴片、馈线和接地线构成，它可以看作在贴片长度为半波长的微带贴片天线的基础上，根据镜像原理，将贴片中间接地，贴片长度缩小为约一半得到，如图 1 所示。

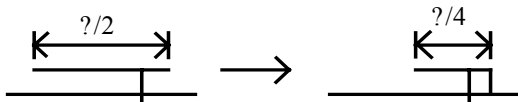


图 1 贴片天线向 PIFA 天线演变示意图

对于矩形贴片 PIFA 天线，其谐振频率可以由下式近似得出

$$f_c = \frac{c}{4 \times (a + b)}$$

其中 c 为真空中光速， a 为矩形贴片长度， b 为矩形贴片宽度。

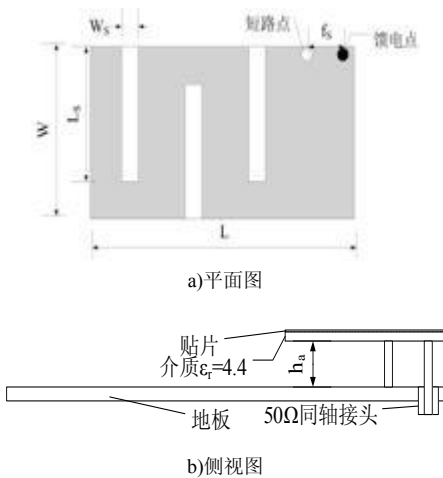


图 2 PIFA 天线结构图

图 2 为设计的 PIFA 天线结构图，采用在矩形辐射贴片上下两侧开槽的方式增加天线的电长度，减小辐射贴片的尺寸。PIFA 天线的地板尺寸为 100mm×40mm，和移动 RFID 阅读器的电路地板相比拟。采用 CST 仿真软件分析了各个参数对天线性能的影响。图 3~6 表明，馈电点和接地点之间的距

离越大天线的谐振频率升高；地板的高度越高天线带宽越宽；开槽的长度越长，天线谐振频率下降。开槽的宽度对天线谐振频率和带宽影响不大。最终优化后贴片尺寸为 36mm×26mm。在贴片上开槽能有效降低天线谐振频率，但是研究发现，在此基础上在贴片远离馈电点端增加开槽的数目，对天线的谐振频率没有太大影响，原因是物理长度增加，远离馈电点的部分表面电流迅速减小，不能有效地增加天线的谐振长度。因此，做了上述分析后，对改天线进行了改进，在辐射贴片的短边增加了槽 1 和槽 2，可以减小短边的尺寸。

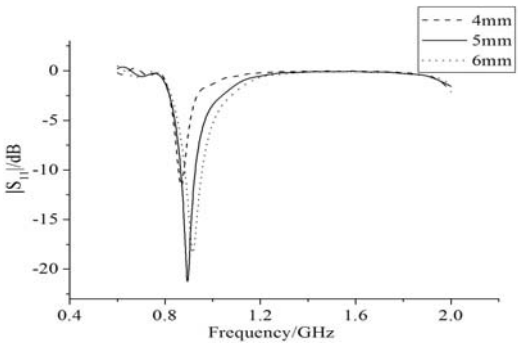


图 3 馈电点位置的对谐振特性的影响

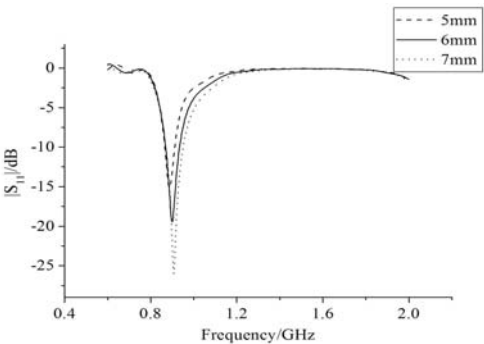


图 4 天线高度对性能的影响

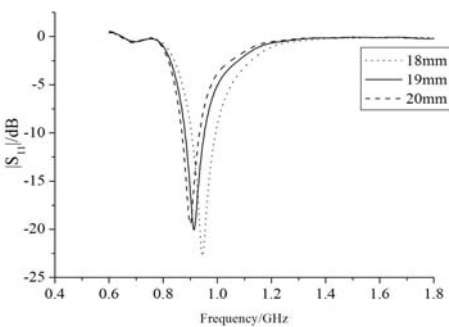


图 5 开槽长度对天线谐振频率的影响

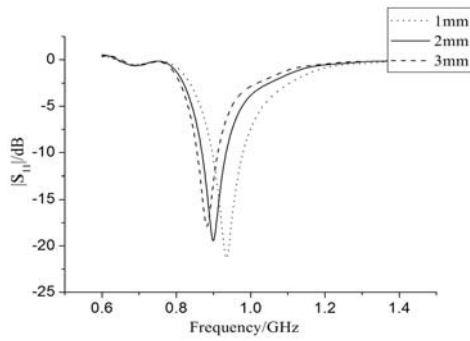


图6 开槽宽度对天线性能的影响

优化之后, 天线结构如图7所示, 天线的各个参数为 $L=36\text{mm}$, $W=20\text{mm}$, $L_s=18\text{mm}$, $W_s=2\text{mm}$, 缝1的尺寸为 $15\text{mm}\times 4\text{mm}$, 缝2的尺寸为 $14\text{mm}\times 7\text{mm}$ 。辐射贴片尺寸较前面减小了13%。图8为天线实物图。



图7 改进后 PIFA 天线结构图

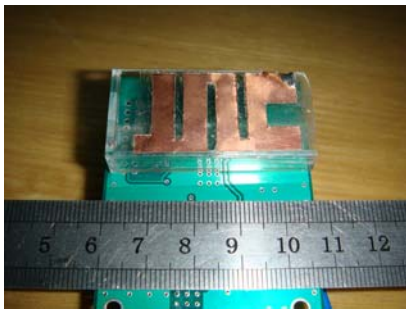


图8 安装在RFID射频板上的PIFA天线

图9为反射损耗仿真与实测对比图, 图10为天线远场方向图仿真与实测对比图, 图中实线为仿真结果, 虚线为实测结果。实测得中心频率为922MHz时的驻波比小于2.5(或者反射损耗7.3dB), 带宽为42MHz, 相对带宽为4.6%。在频率898MHz, 922MHz, 940MHz时增益分别为1.2dBi, 1.4dBi, 1.38dBi, 如表1所示。仿真和实测结果吻合较好, 说明在贴片四周开槽的方式能有效地减小天线的整体尺寸。

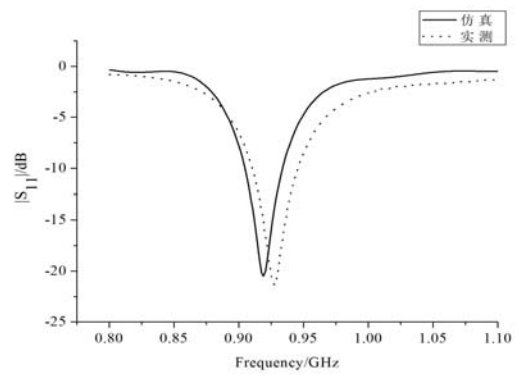
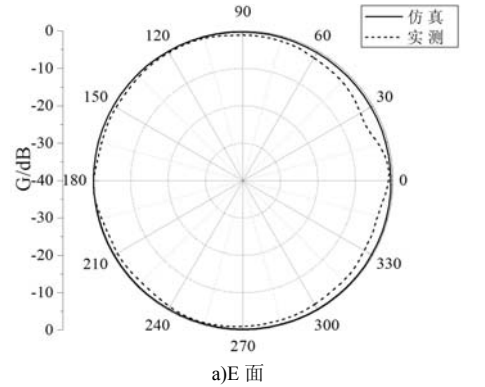
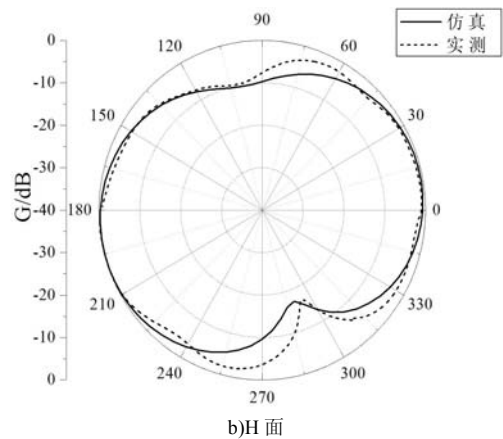


图9 PIFA 天线的反射损耗



a)E 面



b)H 面

图10 PIFA 天线的方向图

3 结论

本文通过仿真和实验的方法, 设计了一种小型化天线。采用在 PIFA 天线辐射贴片四周开槽的方式有效地减小了天线的尺寸, 同时该天线具有良好的增益和方向图特性。该天线具有低剖面、体积小、重量轻、易加工等优点, 适合小型化/便携式 RFID 阅读器使用的天线。

参 考 文 献

- [1] Jeong-Jin Kang, Dong-Joon Lee, Chia-Chu Chen, Whitaker, J.F., Rothwell, E.J. Compact Mobile RFID Antenna Design and Analysis Using Photonic-assisted Vector Near-field Characterization. 2008 IEEE International Conference on RFID. 2008: 81~88
- [2] Zhou, C.Z., Yang, H.Y.D.. RFID antenna size minimization using double-layer periodic structures. 2007 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. 2007: 5411~5414
- [3] Ping Hui, Iraj, S. Design Considerations for UHF RFID Antennas for Mobile Phones. 2007 Asia-Pacific Microwave Conference. APMC 2007. 2007: 1~4
- [4] Son, W.I., Lim, W.G., Lee, M.Q., Min, S.B., Yu, J.W. Printed square quadrifilar spiral antenna for UHF RFID reader. 2007 IEEE Antennas and Propagation International Symposium. 2007: 305~308
- [5] R.Suwalak, C. Phong charoenpanich. Parametric Study of a Circularly Polarized Planar Antenna for Reader of UHF RFID System. Proceedings of Asia-Pacific Microwave Conference, APMC 2007, Bangkok, Thailand, 2007: 1625~1628
- [6] Yong-an Lee, Hyung-jun Lim, Hong-min Lee. Triple-band Compact Chip Antenna Using Coupled Meander Line Structure for Mobile RFID/PCS/WiBro. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2006. 2006, 9(14): 2649~2652

作者简介:

宋朝晖, 男, 教授, 博士, 中国电子学会天线分会委员, 主要研究方向有: 天线小型化、超宽带天线及射频识别。

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,一直致力和专注于微波、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>