

一种高收发隔离的RFID读写器天线设计仿真

[陈品杉]

摘要

提出了一种新型用于UHF频段RFID读写器的圆极化高隔离度收发天线，该天线采用3dB分支线定向耦合器馈电，在 $915 \pm 5\text{MHz}$ 频段内实现发射左旋圆极化波接收右旋圆极化波，不但满足了单天线收/发双工通信，还实现了发射和接收两端口高隔离度，仿真结果表明在中心频率915MHz处隔离度高达51dB，有效抑制了载波泄漏到接收端口中，读写器收发端口 $VSWR \leq 1.1$ 带宽30MHz，轴比 $AR \leq 3.0\text{dB}$ 带宽13MHz，输入阻抗 $49.8 + j \cdot 2.3\Omega$ ，最大增益4dBi。

» **关键词：**RFID 读写器 高隔离度 圆极化 微带天线

陈品杉

男，1986年04月出生于重庆江津，南京邮电大学电磁场与微波技术专业硕士研究生，主要研究方向为天线与射频技术。

1 引言

无线射频识别技术（RFID，Radio Frequency Identification），RFID的技术特点是利用无线电波来传送识别信息，可以快速的对物体进行追踪和数据交换；以无线方式进行非接触的双工通信，对标签进行批量、高精度、远程读取。而UHF频段的RFID技术相比其他识别技术具有工作频率高、读写距离远、标签尺寸小等诸多优点，目前研究超高频RFID技术显得非常重要。由于现有的RFID设计技术的局限，现在UHF频段RFID系统存在许多问题，其中一个重要的问题是识读器天线收发端口隔离度不佳从而使射频载波信号泄漏到接收链路，影响识读器

性能，甚至导致RFID系统瘫痪，因此对识读器天线收发隔离度研究具有较高的实用价值。

微带天线具有轮廓低、重量轻、成本低、易共形等许多优势，在无线通信系统中得到了广泛的应用，^[1]RFID系统通信上下行频率一般是相同的，由于考虑到抗干扰和载波泄漏等因素，RFID系统天线一般采用双极化方式，一些文献提出双线极化天线，但大多数文献都采用圆极化的天线，目前采用圆极化的双工通信也是一个方向。^[2]正交线极化天线使用在RFID识读器虽然能在很宽频带范围内实现较好的收发隔离度，但是其要求标签要是圆极化的，且无线电波信号在接收发射过程中具有一定的极

化损耗；而圆极化天线不存在这样的极化损耗，具有很强的适应能力，既能接收线极化波还能接收相应的一种圆极化波。微带天线隔离度一般不超过20dB，市场上能买到的定向耦合器隔离度也不超过25dB，在收发双工的一体天线中，接收信号的强度通常比发射信号弱许多，很容易受到干扰，在这样的RFID系统中怎样获得较高隔离度是一个迫切的问题。因此本文将提出一款圆极化收发双工一体识读器天线，该天线在中心频率915MHz频带内实现发射左旋极化和接收右旋极化，且收发隔离度在915MHz频点达到51dB，远远高于普通市场上的定向耦合器隔离度。

2 天线分析设计

本文设计的识读器天线系统由微带贴片天线和分支线耦合器馈电网络两部分组成，微带天线结构如图1所示，其介质基板采用了相对介电常数 $\epsilon_r=4.4$ 的FR4材料，尺寸为 $l \times l$ 其中 $l=90\text{mm}$ ；上下层介质基板厚度分别为 $h_2=2\text{mm}$ 、 $h_1=4\text{mm}$ ，顶层的辐射贴片尺寸为 $p_a \times p_a$ ， $p_a=74\text{mm}$ ，上下两层介质板间两个金属圆片连接馈电探针，通过金属圆片对辐射贴片进行电容耦合式馈电，两金属圆片中心和介质板中心距离为 $d=21\text{mm}$ ，金属圆片半径为 $r_2=9\text{mm}$ ，两馈电探针半径为 $r_3=1\text{mm}$ 。

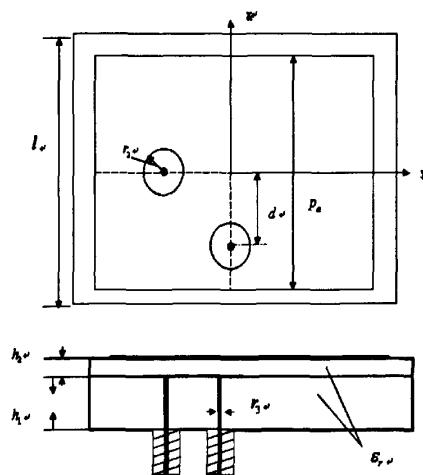


图1 贴片天线结构

天线馈电网络采用3dB分支线定向耦合器，其结构如

图2，其介质基板采用了相对介电常数 $\epsilon_r=2.2$ 的Arlon DiClad880材料，介质基板厚度为 $h_c=1.27\text{mm}$ ，宽度 $w_d=135\text{mm}$ ，长度 $l_d=95\text{mm}$ ，分支线耦合器其他结构参数 $l_1=55\text{mm}$ 、 $l_2=l_1+4.5\text{mm}$ 、 $l_3=16\text{mm}$ 、 $sl_1=20\text{mm}$ 、 $sl_2=29.5\text{mm}$ 、 $w_1=3.92\text{mm}$ 、 $w_2=6.39\text{mm}$ 。

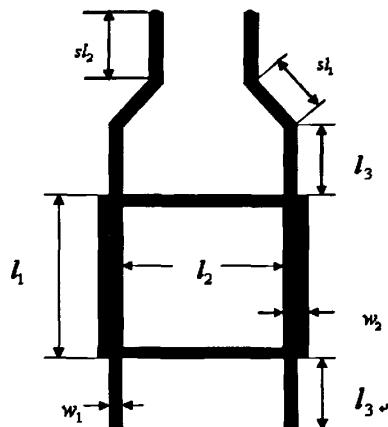


图2 分支线耦合器结构

分支线耦合器作为馈电网络，两断臂端为射频信号发射和接收端口，两长臂端和探针相连，对两小圆形贴片进行馈电，其中 l_1 、 l_2 的值近似为 $1/4$ 工作波长， w_1 、 w_2 的值决定了传输线的特征阻抗，分别对应 50Ω 和 35.4Ω 。

天线加馈电网络总体系统结构如图3所示，馈电网络上表面和天线下表面间距为 $f\lambda$ ，射频信号发射接收端口分别为耦合器的1、3端口，耦合器2、4端口用探针馈电到小金属圆片上；当天线和耦合器匹配良好时，2、4端口输出的信号将传送到天线上并辐射出去，根据定向耦合器的固有特性，识读器发射接收端口具有很高的隔离度，而两探针馈电点端口输出两路幅度相等相位相差 90° 的信号，使得识读器发射端口传送到天线辐射出去的只能是左旋圆极化波，而接收端口只接收右旋圆极化波，文献^[6]中

提出正交极化可以实现高的隔离度。

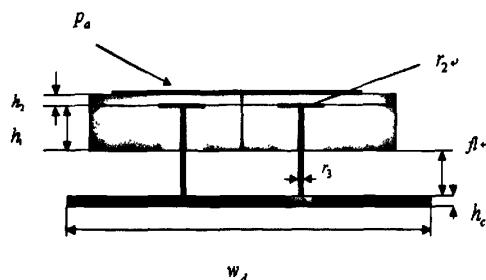


图3 识读器天线总体结构

文献^[7]提出一种具有高隔离度的微带天线，但是它是采用了双线极化来实现隔离度的，不太适用于RFID识读器中；文献^[3]中设计了一款高隔离度的定向耦合器用于RFID但是没有考虑和天线匹配的问题；文献^[5]中作者提出一款高隔离度圆极化天线，但其采用双天线来进行双工通信，结构复杂、体积大、成本高，不符合小型化低成本的要求；为此本文采用耦合馈电的形式实现了单天线收发圆极化高隔离度，使得识读器天线结构简单紧凑、加工方便、成本低；该天线具有较高的实用价值。

3 仿真结果及分析

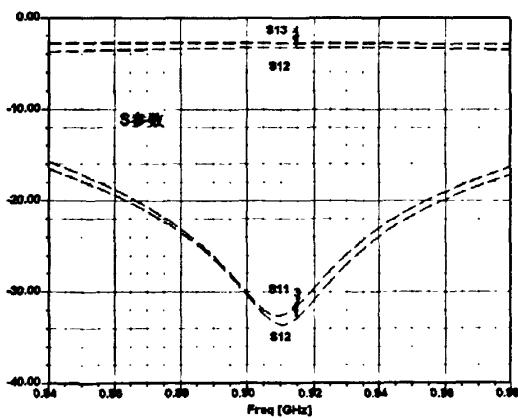


图4 耦合器幅度仿真结果

首先分别对3dB定向耦合器和贴片天线进行仿真优化，然后再把两者组成系统再进行总体优化，利用An-soft公司软件HFSS 10.0对分支线耦合器进行仿真优化分析后，天线部分优化后参数为： $P_a = 74.65\text{mm}$ ， h_2

$=2\text{mm}$ ， $h_1 = 4\text{mm}$ ， $l = 90\text{mm}$ ， $d = 22.5\text{mm}$ ， r_2

$=9\text{mm}$ ， $r_3 = 1\text{mm}$ ， $f_1 = 6\text{mm}$ ，馈电网络部分参数优化

为： $w_d = 135\text{mm}$ ， $l_d = 95\text{mm}$ ， $l_1 = 55\text{mm}$ ， $l_2 = l_1 + 4.5\text{mm}$ ， $l_3 = 16\text{mm}$ ， $sl_1 = 20\text{mm}$ ， $sl_2 = 29.5\text{mm}$ ，其他参数不变。3dB分支线耦合器1端口馈电时，3端口隔离，2、4端口等功率输出，且相位相差90°，其仿真结果如图4所示。

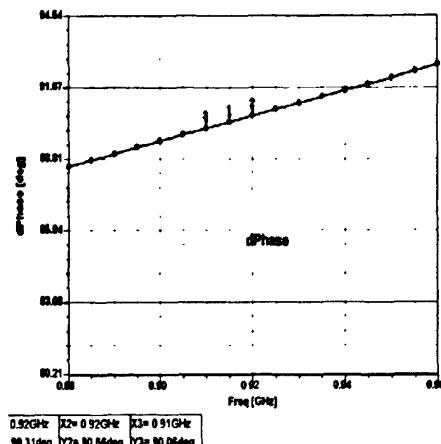


图5 耦合器输出端口相位差

由图4、图5可以看出，2、4端口相对于输入端口下降-2.79dB和-3.29dB，即近似0.5倍的关系，在915MHz处很宽频带内两端口相位相差90°左右，可以看出耦合器性能仿真结果良好。

识读器天线发射、接收端口电压驻波比 $VSWR$ 如图6所示。

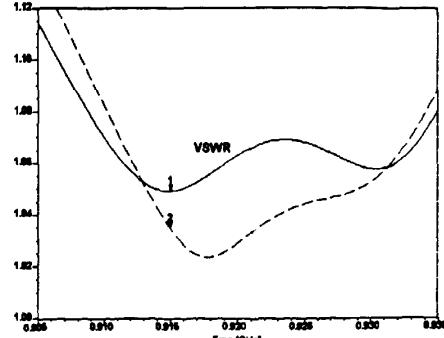


图6 天线发射接收端口VSWR

从图6中可以看出, 识读器天线两端口的 $VSWR \leq 1.1$ 带宽为907~935MHz; 天线两端口的隔离度仿真结果如图7所示, 可以看出隔离度 $S21$ 在915MHz处能达到最大51dB左右, 两端口隔离度在30dB以上的带宽为915±1.5MHz, 收发隔离度比较高, 回波损耗在频带范围内 $S11 \leq -25$ dB, 能满足RFID识读器无线通信要求; 圆极化轴比仿真结果如图8所示, 可以看出在915±6MHz频带内 $AR \leq 3$ dB, 能实现圆极化要求。天线远场方向图如图9所示, 3dB波束宽度60°以上, 较好的满足了RFID系统通信要求; 天线发射端口的输入阻抗如图10所示, 在915MHz处其值为 $49.8 + j * 2.3 \Omega$, 在频带范围内几乎等于 50Ω , 能和标准的输入接口匹配良好。天线综合性能良好, 总体符合RFID识读器无线通信系统要求。

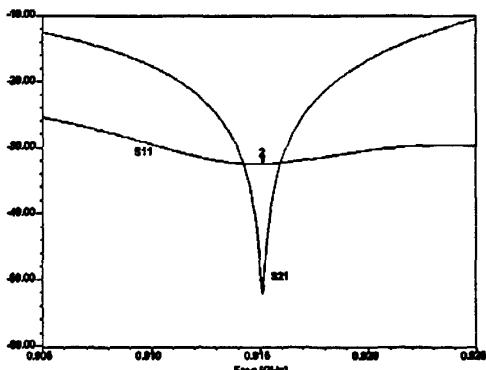


图7 天线两端口回波损耗及隔离度

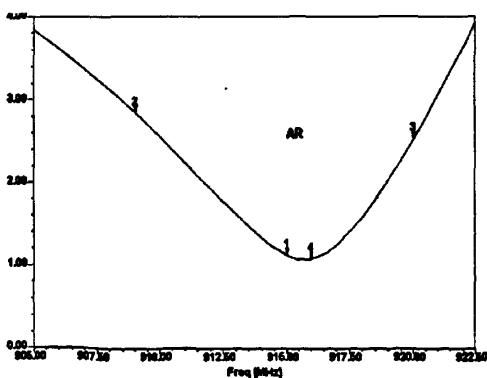


图8 天线圆极化轴比

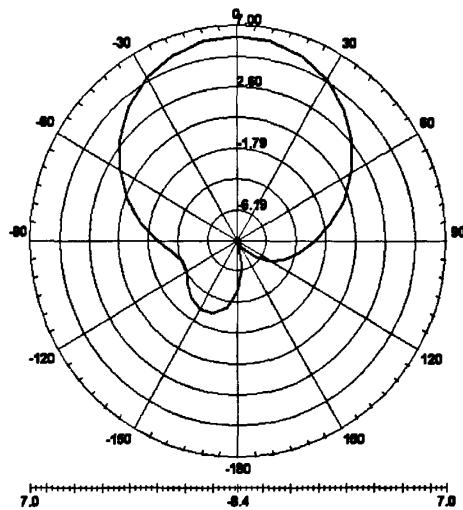


图9 天线远场方向图(XZ面)

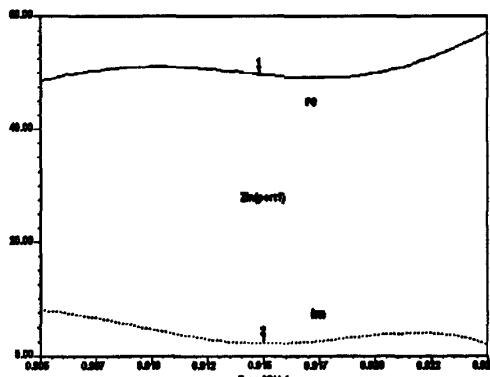


图10 识读器天线输入阻抗

4 结论

本文提出一种新型RFID识读器天线, 该天线采用3dB分支线定向耦合器作为馈电网络实现圆极化双工通信, 且在工作频带范围内实现高的收发隔离, 中心频点915MHz处最高到达51dB, 天线损耗小, 兼容性好, 能很好满足RFID系统通信需求; 天线总体结构简单尺寸小, 易加工, 成本低便于批量生产。

参考文献

- 1 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991. 127-201
- 2 薛春峰, 钟顺时. 微带天线圆极化技术概述与进展[J]. 电波科学学报, 2002, 17(4): 331-336



- 3 李剑锋, 孙宝华, 张军, 刘其中. 一种具有高隔离度的双频双圆极化卫星通信天线[J]. 电子学报, 2009, 37(12): 2829-2832
- 4 万德松, 游斌, 孙玲玲. 超高频RFID高隔离度定向耦合器的设计[J]. 电子技术应用, 2008, 11: 126-128.
- 5 Hae-Won Son, Jung-Nam Lee, and Gil- Young Choi. Design of compact RFID reader antenna with high transmit/receive isolation[J], Wiley, Daejeon, 2006, 48(12): 2478-2480
- 6 石长生. 谈天线隔离度[J]. 电子科技导报, 1997, 11: 16-23
- 7 S.K.Padhi, N.C.Karmakar, C.L. Law and S. Aditya . A dual polarized aperture coupled micro-strip patch antenna with high isolation for RFID applications, IEEE. trans. antenna and propagation. 2001, 42(8): 1026-1030.

(收稿日期: 2011-02-25)

(上接第57页)

统的模式, 节省投资和规避建设过程中的麻烦。

室外直接覆盖, 这种方式适合校园、竞争楼盘等不便在室内安装设备的场景, 可以采用室外AP照射楼宇的方式覆盖, 但原则上一般不建议采用室外AP直接覆盖室内目标区域这种建设方式, 仅作为临时覆盖需求或者暂时不具备施工条件的应急解决手段。实际应用时宜结合现场查勘, 应尽量选择合适波瓣宽度和高增益的天线, 以改善目标覆盖区域覆盖效果。如果目标覆盖区域是室外, 该覆盖建设方式适用于对室外公共场所开阔地带(如广场、社区、校区、园区)、低浅楼群(如延街的商铺、砖混多层楼宇)的热点覆盖。

3 AP部署原则与布点策略

在无线局域网部署中AP的部署规划目前有两种原则: 一是面向覆盖, 二是面向容量。面向覆盖的AP规划, 其目标是想用最少的AP提供最大的覆盖, 这种方式具有突发性、低速率的应用特征, 适合一般仓库或者零售商铺, 小型或者中等规模的办公场所等。而面向容量的AP规划, 其目标是为每个用户提供尽量大的吞吐量, 高速率、低延迟、用户密集度高是其应用特征, 这种方式适合于流媒体应用。

考虑到WLAN对障碍物的穿透能力弱的特征, 无线“热点”适合布署在空间较开阔、障碍物较少, 而且空间内人数较多的场所。例如机场、会展中心、酒店大堂、学

校图书馆、连锁西餐厅及咖啡厅等。对于空间较狭窄、单个空间人数较少的场所, 适合以有线的方式进行布署, 无线方式只是辅助。例如酒店房间、学校宿舍、出租屋等。对于部分符合有线方式覆盖原则的场所, 但有线无法进入或不适合进入的, 可以采用无线的方式进行覆盖。例如医院住院部、线路无法进入的住宅小区等。

在WLAN的规划中, 一般布点采用的原则可按先市区后郊区、先商业场所后住宅小区的优先次序原则布点。具体的布点场所则根据商务人士的流动量、人群的聚集程度、场所的辐射力及影响力来排定WLAN覆盖的优先次序, 重点覆盖以下排序的3档场所。第一档: 机场、会展中心、酒店、政企楼宇、学校和电信营业厅; 第二档: 医院、商场、连锁快餐店西餐厅及咖啡厅; 第三档: 图书馆及购书中心、电脑城、竞争小区。

4 结束语

WLAN技术是一个还在继续向前发展的技术, 所以我们的规划人员要不断与时俱进, 了解新设备的性能和特点, 经过不断实践和积累经验, 在工程建设中有力的提升规划水平。

参考文献

- 1 福建三元达通讯股份有限公司技术文档. 2010, 08
- 2 邦联科技公司技术指南. 2010, 06

(收稿日期: 2011-03-07)

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>