

射频辨识技术之卷标天线设计

张志振 罗永志 萧保成 杜德霖

工业技术研究院 系统中心 射频辨识技术部
新竹县竹东镇 310 中兴路 4 段 195 号 52 馆 207 室

Email: chang0395@itri.org.tw

摘要: 射频辨识技术之卷标天线设计较为特殊之处, 在于卷标天线的输入阻抗于中心频率(915MHz)必须具有很大的感抗(inductive reactance), 这是因为卷标芯片具有很大的容抗(capacitive reactance), 当卷标天线的输入阻抗成为卷标芯片的输出阻抗的共轭复数时, 卷标天线与卷标芯片即达成共轭匹配, 此时扫读器送出的射频信号从扫读器天线发射经由卷标天线接收再传送至卷标芯片, 可以达到最大的功率传输, 从而增加卷标最大辨识距离。基于这个理由, 本论文所讨论之双循环卷标天线, 其输入阻抗必须具有足够大的感抗以达成共轭匹配, 且具有直流连通回路。另一方面, 本论文所讨论之圆极化卷标天线, 主要特点是可以充分地接收圆极化扫读器天线所发射的射频信号, 而不致于损失一半的天线增益, 然而圆极化卷标天线输入阻抗亦必须具有够大的感抗, 因此圆极化卷标天线的设计方式略有不同。

关键词: 双循环卷标天线 圆极化卷标天线 直流连通回路

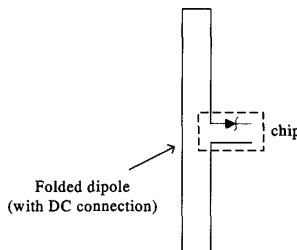
一、引言

射频辨识(RFID)系统[1]的优越性, 常取决于卷标(Tag)可以被扫读器(Reader)辨识的最大距离。因此增加卷标最大辨识距离, 是射频辨识的重要技术环节, 而此环节又分为两项重要技术:其一是卷标芯片之设计;其二是卷标天线之设计。不同的卷标芯片具有不同的内部检波电路, 此检波电路的主要功能是将扫读器供应的射频信号转换为若干组直流电源以供卷标芯片的内部电路使用, 他们分为半波整流与全波整流电路两种, 适用于半波整流检波电路的卷标天线, 在设计上天线必须具有直流连通(DC connection)回路;反之, 适用于全波整流检波电路的卷标天线, 则不必具有直流连通回路。本论文针对具有不同检波电路的卷标芯片提出两种型式之卷标天线设计, 包括:(1)双循环卷标天线;(2)圆极化卷标天线。前者具有直流连通回路, 后者不具有直流连通回路。其目的在提供不同的卷标天线设计以符合不同卷标芯片的

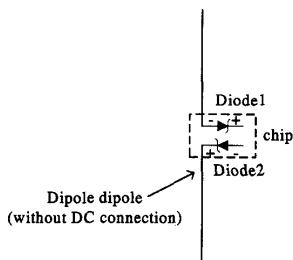
规格需求, 并增加射频辨识系统的最大辨识距离。

二、卷标芯片的检波电路

卷标芯片的检波电路分为半波检波电路与全波检波电路两种, 其电路架构如图一所示, 半波检波电路中, 只有一个肖基二极管(Schottky Diode), 而全波检波电路具有两个肖基二极管, 很显然的, 在半波检波电路中, 必须具有直流连通回路, 使得单一肖基二极管的首尾所积存的正负电荷形成电位差而被检出, 因此, 卷标天线即必须提供一个直流连通回路, 如图 1(a)所示。另一方面, 全波检波电路具有两个肖基二极管, 并且方向相反, 如图 1(b)所示, 第一个二极管的前端堆积的正电荷与第二个二极管尾端堆积的负电荷形成了电位差, 因此第一个二极管的前端与第二个二极管的尾端可以不必形成直流连通回路, 电压依然可被检出。



(a) 半波检波电路



(b) 全波检波电路

图 1 卷标芯片检波电路架构图

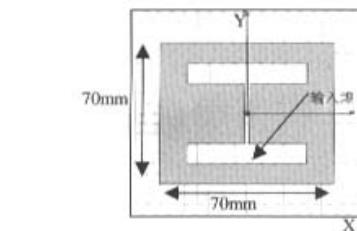
三、卷标芯片阻抗量测

关于芯片的阻抗量测，我们采用 CASCADE micro-probe RHM-06/V 及该公司所提供之 Calibration circuit 进行之。量测结果显示：芯片阻抗在频率 915MHz 为 $125-j720\Omega$ ，网络分析仪输出功率由 -18dBm 调变至 10dBm，量测结果并无显著变化。依据测得之芯片阻抗 Z_{chip} ，则卷标天线的输入阻抗 Z_A 即必须是 Z_{chip} 的共轭复数，因此 Z_A 的设计值必须是 $125+j720\Omega$ （中心频率 915MHz）。

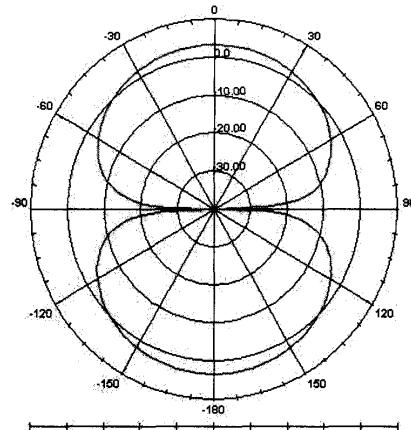
四、卷标天线设计

1. 双循环卷标天线

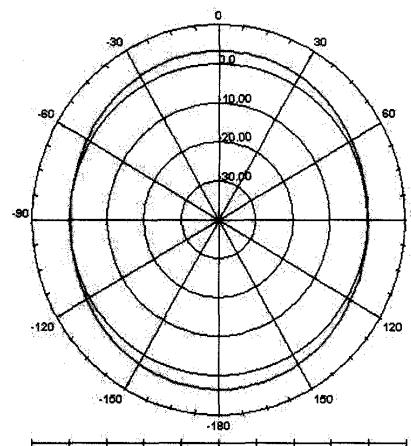
循环天线不仅可提供一直流连通回路，其实部阻抗亦较高，故可调整其槽孔大小至所需之输入阻抗 Z_A ，以达共轭匹配之条件。双循环卷标天线本身即可提供足够的感抗以消去芯片的容抗，另一方面，双循环天线因辐射部之电流相距较远故可提供较佳的指向性。图 2(a)为双循环卷标天线之结构图，调整槽孔长度，此时双循环卷标天线的输入阻抗仿真结果为 $120+j720\Omega$ ，指向性如图 2(b)、(c)所示，值得注意的是：此天线的指向性较佳。



(a)



(b)



(c)

最大指向性为 3.16 dBi

(a) 双循环卷标天线; (b) X-Z 平面辐射场型;

(c) Y-Z 平面辐射场型

2. 圆极化卷标天线

在一般应用场合中，扫读器天线为圆极化天线，卷标天线为线性极化天线，此状态可确保卷标天线处于不同方向角度时，皆可收到讯

号，但也损失 3dB 增益。为了不致损失 3dB 增益可以考虑采用圆极化卷标天线设计，此天线锥形系参考圆极化螺旋天线[2-3]，其结构如图 3(a)所示，适当的调整螺旋线长度可以得到天线输入阻抗为所需之值即 $125-j720\Omega$ ，仿真结果其指向性如图 3(b)、(c)所示，轴向比(Axial Ratio)则如图 3(d)所示。

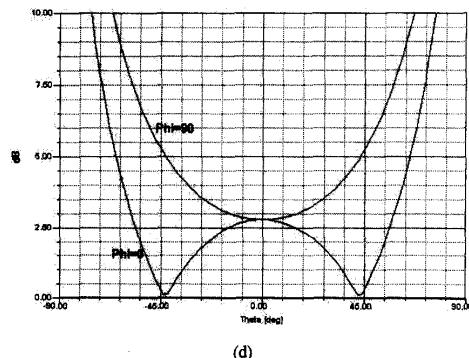
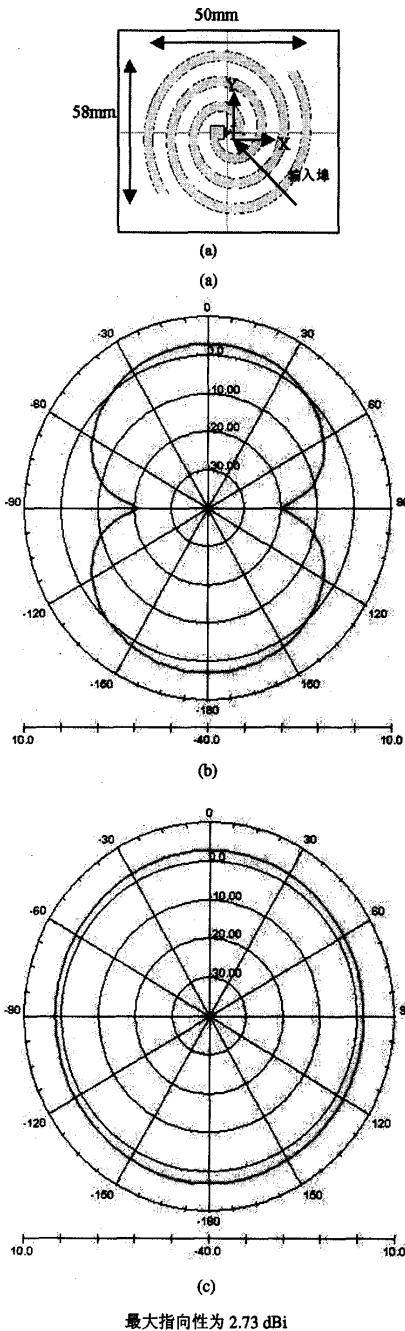


图 3

(a) 圆极化卷标天线; (b) X-Z 平面辐射场型;

(c) Y-Z 平面辐射场型; (d) 轴向比

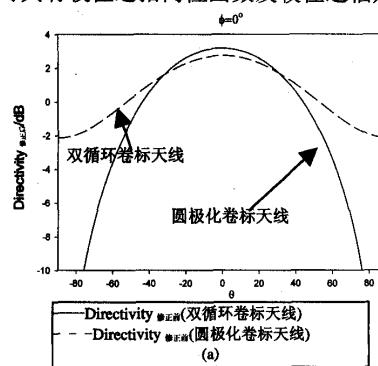
五、指向性之修正

因为 RFID 之扫读器为使用圆极化天线，因此卷标天线的指向性需做一个修正，此修正正是将卷标天线圆极化与线性极化的程度加以区隔，例如一个理想的圆极化卷标天线可以在垂直方向与水平方向接收圆极化扫读器天线的发射功率，因此其指向性应该向上修正 3dB，此修正项可由式(1)表出：

$$D(\theta, \phi)_{\text{修正后}} = D(\theta, \phi)_{\text{修正前}} + 3\text{dB}/\text{AR}(\theta, \phi) \text{ 线性尺度} \quad (1)$$

其中 $D(\theta, \phi)_{\text{修正后}}$ 为修正后卷标天线之指向性函数； $D(\theta, \phi)_{\text{修正前}}$ 为修正后卷标天线之指向性函数、 $\text{AR}(\theta, \phi)$ 线性尺度 为以线性尺度表示之轴向比 (Axial Ratio)。

经由此式修正后，两种卷标天线修正前与修正后之指向性函数如图 4 所示，其中(a)、(c) 两图为修正前之两种卷标天线之指向性函数，(b)、(d) 两图为修正后之两种卷标天线之指向性函数，由图中可看出，圆极化卷标天线修正后可具有较佳之指向性函数及较佳之幅角。



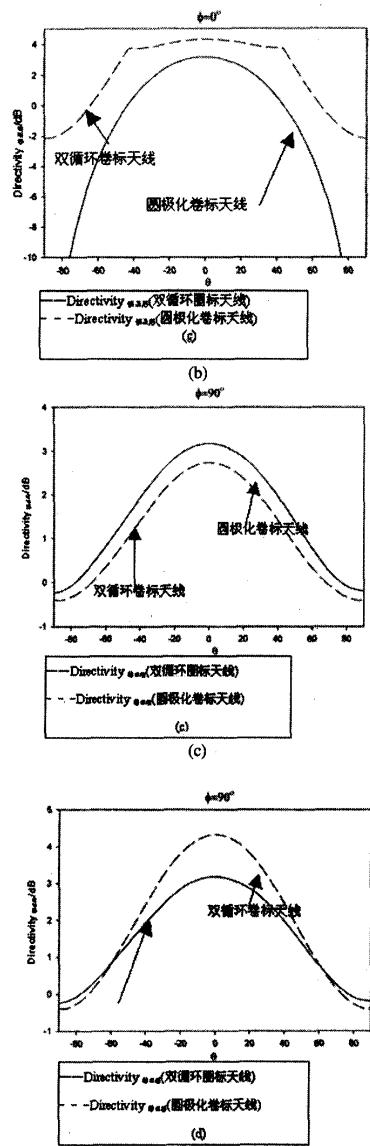


图 4

- (a) $\phi=0^\circ$ 时，两种卷标天线修正前之指向性；
- (b) $\phi=0^\circ$ 时，两种卷标天线修正后之指向性；
- (c) $\phi=90^\circ$ 时，两种卷标天线修正前之指向性；
- (d) $\phi=90^\circ$ 时，两种卷标天线修正后之指向性

六、卷标制作

图五为卷标实作图，卷标天线基板采用 0.8mm 厚之 Polyester (PET) 材质，天线导体为铜，表面镀锡以防止氧化，背面涂上一层胶，以方便粘贴。



图 5 卷标实作图

七、总结

为增进射频辨识系统之最大辨识距离，在卷标天线设计方面可以由增加卷标天线之指向性来达成此一目的。由本论文所得之诸项结果显示，卷标天线采用圆极化设计，可增进卷标天线之指向性，从而增进射频辨识系统之最大辨识距离。另一方面，依照芯片之特性，对应选择具有直流连通或不具有直流连通之卷标天线，亦为设计卷标天线之基本考量。

参考文献

- [1] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook : Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications."
- [2] Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, "Antenna Theory and Design 2nd ed."
- [3] K. Fujimotok, A. Henderson, K. Hirasawa and J. R. James, "Small Antennas."

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>