

# 空气腔对 RFID 读写器 天线性能影响的研究

梅燕杰, 裴进明\*

(安徽工程大学 RF-MEMS 应用与天线设计研究室, 安徽 芜湖 241000)

**摘要:**依据空气腔在滤波器和微带贴片天线中的成功应用, 将其引入 RFID 读写器天线, 针对工作频率和带宽特性进行研究. 天线采用在介质板中间适当挖空的方法, 使其形成一个矩形空气腔, 从而调节谐振频率、提高阻抗带宽和辐射特性. 相比较没有空气腔的天线性能指标为: 在  $S_{11} \leq -10$  dB 时, 阻抗带宽从 13 MHz 增加到 51 MHz;  $AR \leq 3$  dB 时, 轴比带宽从 7 MHz 增加到 13 MHz; 天线增益从 4.79 dB 增加到了 6.34 dB.

**关键词:**空气腔; UHF; 读写器天线

**中图分类号:** TN820

**文献标识码:** A

空气腔的应用在射频电路和天线方面一直扮演着重要的角色. 利用其原理可以制成腔体滤波器. 如: 吴磊<sup>[1]</sup>等人结合空气腔提供了一种具有平顶和陡边响应的窄带可调谐滤波器; 吴旭明<sup>[2]</sup>等人把空气腔控制在 n 型欧姆接触层上, 用于调谐频率. 空气腔在微带天线中也有很多应用, 利用它不仅可以减少相对介电常数, 增加阻抗带宽, 同时还可以提高天线的增益. 如: Rongguo Zhou<sup>[3]</sup>等人在 60 GHz 频率下利用空气腔结合多层介质的方法使天线的阻抗带宽提高到了 24%, 辐射效率提高到了 90%; A. Panther<sup>[4]</sup>等人在双层天线介质中嵌入空气腔使天线的增益达到 5 dB 以上, 带宽增加了 18%; K. Malakar<sup>[5]</sup>等人在聚四氟乙烯介质板中间开一空气腔使天线增益增加了 12%, 辐射效率提高了 10%. 另外由于空气腔的存在, 它可以在不需要改变天线尺寸的情况下, 通过改变空气腔的高度就可方便地调节谐振频率<sup>[6]</sup>.

RFID 技术包括读写器和电子标签两个主要部分, 读写器和标签之间通过天线进行数据传输, 完成一定距离的非接触自动识别过程, 所以天线的作用变得相当关键, 它的性能决定了它的识别效率. 本文把空气腔应用到超高频段 RFID 读写器天线中, 并通过有无空气腔对超高频段 RFID 读写器天线性能进行了研究. 相比较没有空气腔的天线提高了各项主要性能: 回波损耗小于 -10 dB 时的阻抗带宽从 13 MHz 增加到了 51 MHz; 3 dB 以下轴比带宽从 7 MHz 增加到 13 MHz; 天线增益从 4.79 dB 增加到 6.34 dB.

## 1 天线结构与设计分析

### 1.1 天线结构

天线模型如图 1 所示, 其中 A、E 为天线基板, 边长和高分别为 220.6 mm、4.572 mm; 虚线 B 为俯视图中空气腔的边, 对应的 F 为侧视图所看到的空气腔, 边长和高分别为 130 mm、2.1 mm; C、G 为辐射贴片, 边长为 112 mm, 对角线切去两个边长为 15.4 mm 的等腰直角三角形; D 为馈电微带线, 长和宽分别为 56 mm、3 mm. 没有虚线框的为没加空气腔的天线结构图.

### 1.2 设计分析

由于微带贴片天线重量轻、制造简单、成本低、易共行等特点, 使其在 RFID 读写器天线中受到了广泛的应用. 但是, 微带天线带宽普遍很窄, 在应用中相应地会受到一定限制. 为了提高它的阻抗带宽, 本文采用在基板板中间适当挖空的方法, 使其形成一个空气腔, 从而减小了基板板的相对介电常数, 达到了增加带宽的目的, 另一个优点是在不改变天线尺寸的情况下, 通过改变空气腔高度可以方便地调节谐振频率. 而且, 由于读写器天线主要作用是发射信息给标签和接收标签回传的信息, 又因为电子标签天线的极化方式是线极化, 且放置方向具有任意性, 所以只有把读写器天线的极化方式设计成圆极化, 才能接收任意极

收稿日期: 2012-10-30

作者简介: 梅燕杰(1987-), 男, 浙江杭州人, 硕士研究生.

通讯作者: 裴进明(1963-), 男, 安徽青阳人, 副教授, 硕士.

化波,同样,读写器天线辐射的圆极化波也能被任意极化的天线接收.所以本设计采用常见的切角微扰的方法使其实现圆极化<sup>[7]</sup>.

### 1.3 空气腔高对天线性能影响

为了改善微带贴片天线阻抗带宽,本文引入空气腔.同时,它也起到在不改变天线尺寸的情况下,通过改变空气腔高度来调节谐振频率的作用.

矩形贴片的谐振频率为:

$$f_{mn} = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_{re}}} \sqrt{\left(\frac{m}{l}\right)^2 + \left(\frac{n}{w}\right)^2}, \quad (1)$$

等效介电常数:

$$\epsilon_{re} = \epsilon_r \frac{h_1 + h_2}{h_2 + h_1 \epsilon_r}, \quad (2)$$

带宽

$$B_w = \frac{VSWR - 1}{Q \sqrt{VSWR}}, \quad (3)$$

式中  $c$  为光速,  $l$  和  $w$  分别为贴片长和宽,  $mn$  为空腔模理论中的阶数,  $\epsilon_r$  为介质板的相对介电常数,  $h_1$  为空气腔高,  $h_2$  为介质板总高减去空气腔的高,如图 1 所示.  $VSWR$  为驻波比,  $Q$  为品质因数.由 (3) 可看出在驻波比一定的情况下,带宽与品质因数成反比,因此降低品质因数是改善带宽的根本途径.而由式 (1)(2) 可知<sup>[6]</sup>:当  $h_1$  增大,  $h_2$  减小时,它的等效介电常数将减小,从而降低了品质因数,提高了带宽,与此同时谐振频率增加了.

下面选取  $h_1$  为 1.9 mm, 2.1 mm, 2.3 mm 进行仿真,得到图 2,从图中可看出,当空气腔增高时,谐振频率增大,同时带宽也增加了,综合考虑选择 2.1 mm.

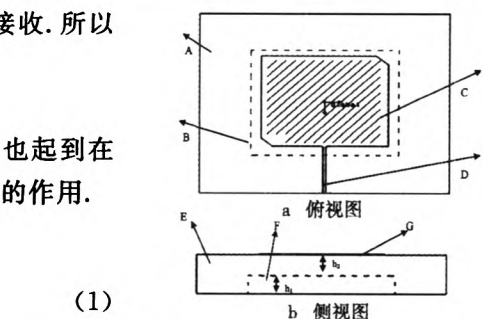


图 1 天线模型图

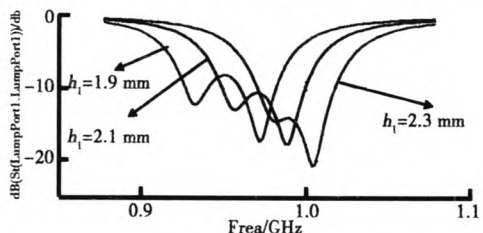


图 2 回波损耗比较图

## 2 仿真结果比较

经 HFSS 仿真得出:与没加空气腔相比,天线最大增益从 4.79 dB 增加到了 6.34 dB;在回波损耗小于 -10 dB 时,阻抗带宽从 13 MHz 增加到了 51 MHz;轴比小于 3 dB 时,工作带宽约从 7 MHz 增加到了 13 MHz.增益图、回波损耗图、轴比带宽图分别如图 3、图 4、图 5 所示.

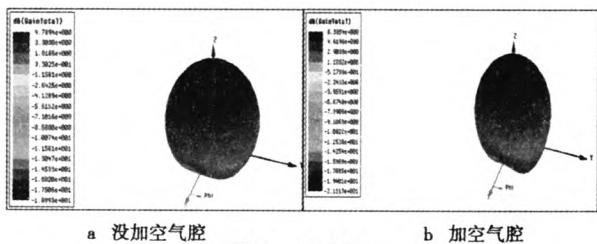


图 3 增益图

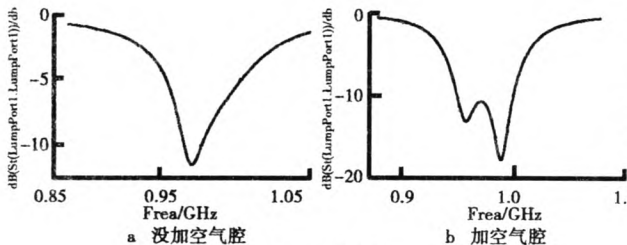


图 4 回波损耗

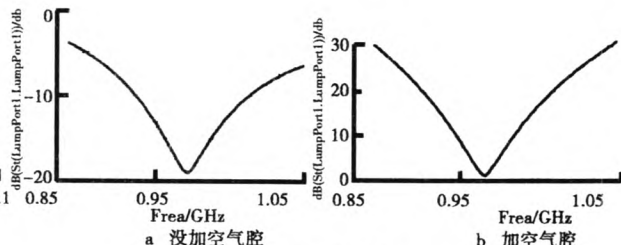


图 5 轴比带宽

## 3 总结

本文依据空气腔在滤波器和微带贴片天线中的成功应用,将其引入到 RFID 读写器天线中,针对工作频率和宽带特性进行了研究,通过改变空气腔的高度来控制谐振频率、提高阻抗带宽.结果表明,与不加空气腔相比,该方法可以在不需要改变天线尺寸的情况下,通过改变空气腔高度就可方便的调节谐振频率,而且空气腔的存在增加了阻抗带宽、改善了辐射特性.

(下转第 68 页)

- [2] 刘振亚. 加强建设坚强国家电网促进中国能源可持续发展[J]. 电力建设 2010, 27(10): 1-3.
- [3] 范高峰, 王胜伟, 刘纯. 基于人工神经网络的风电功率短期预测系统[J]. 电网技术, 2008, 32(22): 72-76.
- [4] J. G. Slootweg, W. L. Kling. Aggregated Modeling of Wind Parks in Power System Dynamics Simulations[J]. IEEE Bologna Power Tech Conference, June 2003: 23-26.
- [5] Vladislav Akhmatov, Hans Knudsen, et al. Modeling and Transient Stability of Large Wind Farms[J]. Electrical Power and Energy Systems, 25(2003): 123-144.

## Wavelet decomposition and RBF neural network used in short-term wind power prediction

PEI Rui-ping, GAO La-xin, WANG Jun, WANG Jing

(coll. of Elec. & Engn., Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** Wind power prediction is one of the important factory in wind power grid. Wind power has the features of being unstable, intermittent and random. This paper firstly analyzes the wind power history data with wavelet transform from high and low-frequency, then builds the prediction mode with RBF neural network according to the characteristics of high and low-frequency data, and finally obtain prediction signal by wavelet reconstruction. The analysis proves that the prediction method has higher accuracy and usefulness.

**Key words:** wind power prediction; RBF neural network; wavelet transformation; frequency decomposition

(上接第 64 页)

### 参考文献:

- [1] 吴磊, 刘玉敏. 具有平顶陡边频谱响应的多腔结构的窄带可调谐滤波器[P]. 中国专利: 01134575. 6, 2002. 5.
- [2] 吴旭明, 王小东. 长波长微机械可调谐滤波器的结构和制作方法[P]. 中国专利: 200610067135. 5, 2007. 10.
- [3] Rongguo Zhou. Investigation Of Microwave Antennas with Improved Performances [D]. The University of Arizona. bPhysics. 2010.
- [4] A. Panther, A. Petosa, M. G. Stubbs, K. A. Kautio. A Wideband Array of Stacked Patch Antennas Using Embedded Air Cavities in LTCC[J]. IEEE Microwave Wireless Comp. Lett., 2005, 12: 916-918.
- [5] K. Malakar. Rectangular Microstrip Antenna with Air Cavity for High Gain and Improved Front to Back Ratio[J]. Electromagnetic Analysis and Applications, 2011, 3: 368-372.
- [6] 王艳丽, 付永庆, 马天义. 空气腔对矩形微带天线性能的影响[J]. 电讯技术, 2004(1): 123-125.
- [7] Kim S M, Yang W G. Single Feed Wideband Circular Polarized Patch Antenna[J]. Electron. Lett., 2007, 43(13): 703-704.

## The impact of air cavity on the performance of RFID reader antenna

MEI Yan-jie, PEI Jin-ming

(Coll. of Math. and Phy., Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** Air cavity is applied to RFID reader antenna and the frequency and the bandwidth of RFID reader antenna are studied based on the successful applications of air cavity to the filter and the microstrip patch antenna. To form a rectangular air cavity, the middle part of the antenna's dielectric-slab was hollowed in order to regulate resonant frequency and improve impedance bandwidth and radiation characteristics. Compared with the antenna without the air cavity, the antenna impedance bandwidth increases from 13 MHz to 51 MHz under the condition of  $S_{11} \leq -10$  dB, the axial ratio bandwidth increases from 7 MHz to 13 MHz under the condition of  $AR \leq 3$  dB, and the gain increases from 4.79 dB to 6.34 dB.

**Key words:** air cavity; UHF; reader antenna

## 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](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>