

PIN 二极管在可重构天线中的作用的研究

周彬, 逯贵帧

(中国传媒大学通信工程系 100024)

摘要:为适应现代通信设备的需求,天线的研发趋向于小型化,多波段。在不影响天线功能的前提下设计一个解决多频,小型化的天线成为一个好的解决方案。本文中提出了使用 RF PIN 二极管作为转换开关,通过对直流电压信号的控制产生不同的阻抗值,从而调节天线的频率。该转换开关的功能是改变 PIFA 天线上两个被窄缝分割相对独立的辐射贴片间的耦合,并通过这种耦合来改变表面电流分布。所以,当开关开启时产生较大的表面电流分布,电电路径长度加长,从而产生较低的频率。而当开关闭合时,这就是开关对频率的调节作用。本文中的 RF PIN 二极管被用作转换开关,通过对直流电压的控制来达到不同的阻抗值,从而调节天线的频率。

关键词: PIN 二极管;可重构天线

中图分类号: TN820.8 + 5/TN311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 4793(2009)04 - 0035 - 05

RF PIN Diode Switch in Reconfigurable Antenna

ZHOU Bin, LU Gui-zhen

(Communication University of China, Beijing 100024, China)

Abstract: A novel frequency tuning method for planar inverted - F antennas has been proposed. The RF PIN diode is used here as a switch having either very high or low impedance depending on the applied dc bias. In the lower frequency band, actual switching occurs and a large amount of current flows through the diode in the ON state, and almost no current passes through the diode in the OFF state. Hence, the function of the switch is to load the antenna by changing the coupling between the two resonators separated by the narrow slit. The proposed frequency tuning method can be used to compact PIFA structures which focused on small, wideband or multi - band antenna solutions.

Key words: rf pin diode switch; reconfigurable antenna; planar Inverted-f antenna (PIFA)

1 介绍

手机的发展要求在以低插入损耗进行多频带和多模频带切换的同时仍保持优良的线性特性,这推动了微波开关的应用和发展,使得多频带的切换问题变得更加突出^[1]。目前在全球大规模兴建的 3G 网络

可提供包括数据和点播视频在内的多种业务,网络的发展对手机设计师提出了新的挑战。无线技术的发展已使得手机可以使用 7 种不同的无线标准(频带),包括 DCS、PCS、GSM、EGSM、CDMA、WCDMA、GPS 和 Wi - Fi^[2]。PIN 二极管或许可以帮助工程师设计出既满足集成多频带的需要同时又保持长电池寿命的手机,此外还可以在不断减小手机体积和增加

收稿日期:2009 - 06 - 24

作者简介:周彬(1977 -),女(汉族),湖北武汉人,中国传媒大学信息工程学院 2006 级博士研究生。

E - mail:zb200169@gmail.com

新性能的同时保持廉价。手机中约有 100 个元件,其中 75% 是“无源”元件,如电感或可变电容。这类元件有望使手机体积更小、功效更高。为适应现代通信设备的需求,天线的研发将主要朝几个方面进行,即小尺寸、宽带和多波段^[4-10]。随着电子设备集成度的提高,通信设备的体积也越来越小,这就需要天线减小自身尺寸。在不影响天线的增益和效率的同时减小天线的尺寸是一项艰巨的工作。电子设备集成度的提高,经常需要一个天线在较宽的频率范围内支持两个或更多的无线服务,宽带和多波段天线能满足这样的需要。新型高性能天线的出现是为了满足无线设备对小型化、嵌入式以及支持多种服务的宽带和多频带天线的日益迫切的需求。通过使用 PIN 二极管或微电机系统(MEMS)^{[11][12]},这些频率可调结构的天线^[4-7]可以实现动态自适应。

如何用一个天线实现多个天线的功能,即采用一个或者多个天线阵,通过改变其物理结构或尺寸,使其具有多个天线的功能,即可重构天线,成为当前的重要研究问题之一^[3]。

可重构天线按照功能可以分为以下几类^[3];第一类是方向图形状不变,频率可以改变的天线,可以在宽频带或者多频段工作;第二类是频率不变,方向图改变的天线;第三类是能够同时改变频率和方向图的可重构天线;另外还有其他的如改变极化方向的极化可重构天线等^[4]。

PIN 二极管作为转换开关的频率可重构天线原理是通过 PIN 二极管改变天线的电抗值或等效电长度,从而改变天线工作频率^[13-15]。由于微波开关的出现,可重构的多波段天线近来受到越来越多的关注。

RF PIN 二极管的出现给传统的天线技术带来了创新性的变化。从改变天线形状(小型化)到改变天线性能(可重构),PIN 二极管在天线领域的应用具有很大的潜力。

2 天线设计

频率可重构天线是一种通过微波开关组合状态的改变来动态变换工作频段的的天线技术,它利用同一天线口径实现多个频段工作。

目前的频率可重构天线主要基于以下两种设计构思:

(1)通过开关切换改变天线谐振回路的物理长度,从而改变天线的工作频率;

(2)通过开关切换改变天线贴片加载的电抗值或等效电长度,从而实现天线的多频段工作。

该天线系统(如图 1)是由 PIFA 天线,短路针射频二极管开关,一个电感,两个电容组成的,采用同轴馈电。该天线^[1]置于 0.8mm 厚的 R4003C 的印制电路板上($\epsilon = 3.38, \tan\sigma = 0.0027$,工作频率为 10GHz),天线和 45mm × 110mm 的反向镀 R4003C 材料的地板之间的是 9.2mm 厚的空气介质。使用 GEMs 软件进行仿真如图 2。

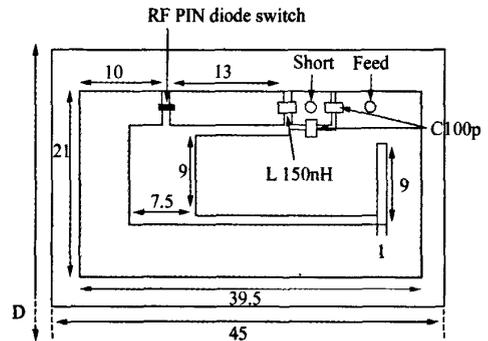


图 1 天线结构俯视图^[1]

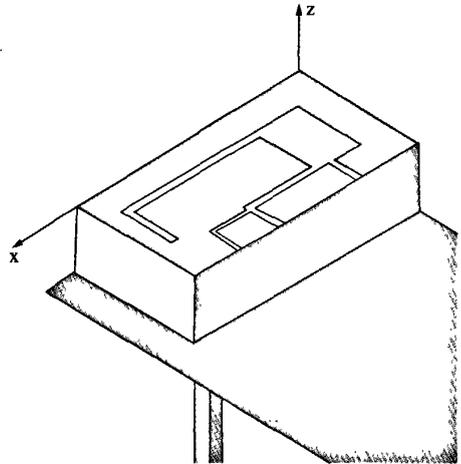


图 2 天线结构 3D 视图

如图 1 所示,短路针位于天线结构的一个 L 形窄缝。为使二极管上有直流电压差,将平行于 L 形窄缝的两个 100PF 的电容和一个 150nH 的电感相连接。这些电容值很小的电容在该天线系统中用来阻隔直流电,产生射频短路,使得射频电流能在天线上自由流动。高射频感抗值的电感用来阻断 RF 信

号,而直流信号则能自由通过。射频信号经过二极管产生直流电压,所以馈点和短路针之间可能产生一个直流电压差。因此,改变直流电压的极性将产生前向电压差(开关在“开”状态)或者后向电压差(开关在“关”状态)。直流电压值将决定射频 PIN 二极管在本文中用作转换开关时的阻抗值。

仿真时开关打到“开”状态和“关”状态分别用两个仿真模型来做。当开关开启,二极管相当于一个 2 欧姆的电阻(如图 3),当开关关闭,二极管相当于一个 0.15PF 的电容(如图 5)。

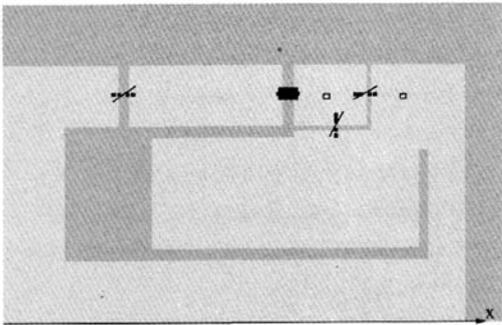


图 3 开关在“关”状态

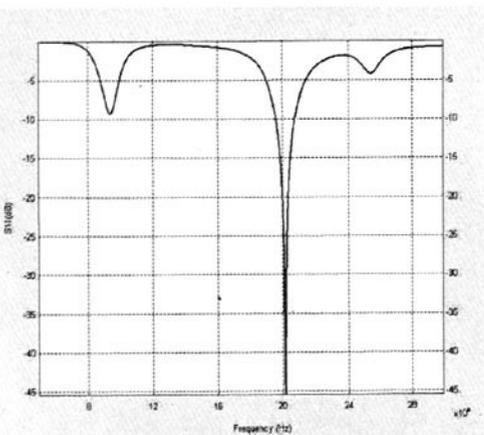


图 4 开关在“关”状态时反射损耗的仿真结果

在较低频段,开关开启状态下,这时产生了大量的电流通过二极管。而在开关关闭状态下几乎没有电流流过二极管。因此,在较低频段下调节频率仅通过电流路径长度的改变就能实现。而在较高的频段下通过二极管的电流要小于较低频段下通过的电流。这表明,转换开关的功能是改变两个被窄缝分割相对独立的两个谐振器之间的耦合,并通过这种耦合来改变表面电流分布。所以,当开关开启时产

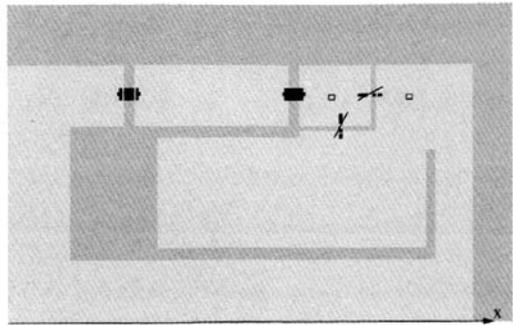


图 5 开关在“开”状态

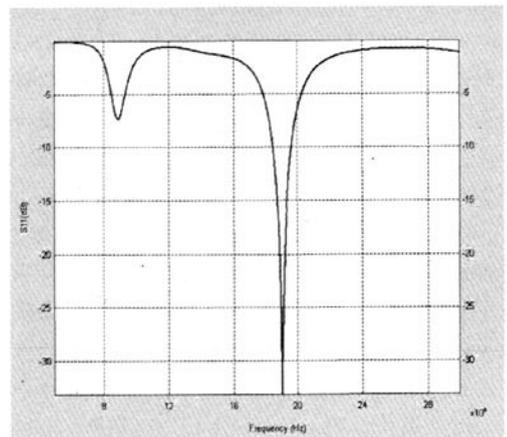


图 6 开关在“开”状态时反射损耗的仿真结果

生较大的表面电流分布,电流路径长度比开关关闭的时候更长,从而产生较低频率。反之,当开关闭合时,将产生较高的频率。这就是开关对频率的调节作用。

本文中的 RF PIN 二极管被用作转换开关,通过对直流电压的控制来达到不同的阻抗值,从而调节天线的频率。作为微波开关的 PIN 二极管的等效电路如图 7 所示

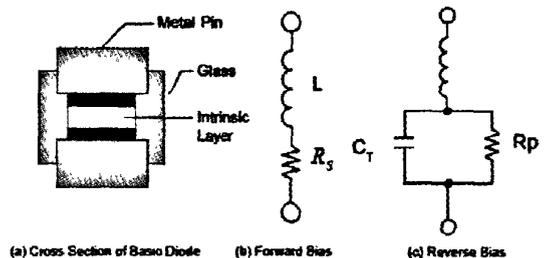


图 7 二极管等效电路

实际应用中,转换开关在仿真中可以被简化。

当开关断开(图 3)时,反向偏置二极管相当于一个电容值非常小的电容,所以,在仿真(图 4)中可以直接简化处理成电容(图 3)。当开关合上时(图 5),二极管几乎相当于一个纯电阻,所以可以在仿真(图 6)中可以直接简化成电阻。而当开关 1 分别处于断开和闭合时,其有效电长度发生了大幅度的变化,因此可以在有限的贴片面积限制下,在较大频率范围内实现频率的切换,这对于实现频率可重构天线的小型化是十分有意义的。仿真结果表明通过转换开关来构建的频率可重构 PIFA 天线在各种状态下的反射特性基本满足指标要求。

RF PIN 二极管的出现给传统的天线技术带来了创新性的变化。从改变天线形状(小型化)到改变天线性能(可重构),PIN 二极管在天线领域的应用具有很大的潜力。同时,我们也注意到,PIN 二极管在天线应用中仍存在问题,如随着频率的升高,PIN 二极管将逐渐丧失开关的特性。相反地,有实质性狭缝和金属接点的 MEMS 开关却能通过实质性金属触点的开启和闭合,在高频段维持很高的绝缘指标。这就是 MEMS 开关在高频通讯中重新被人们寄予厚望的原因。同时,我们也看到,MEMS 在天线应用中仍存在问题,如 MEMS 开关比 PIN 二极管开关反映速度慢、驱动电压很高、MEMS 寿命不够长等。因此在未来的通信系统中,在一定时期内以 PIN 二极管作为转换开关的天线仍将是一种极具发展潜力的重要的天线形式。

参考文献

- [1] Mikko Komulainen, Markus Berg, Erkki T Salonen, Charles Free. A Frequency Tuning Method for a Planar Inverted - F Antenna [J]. IEEE Mag, 2008, 56(4).
- [2] 曾志. MEMS 可重构多频 PIFA 天线研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2006.
- [3] 杨雪松, 王秉中. 可重构天线的研究进展 [J]. 系统工程与电子技术, 2003, 25(4): 417 - 419
- [4] Lindberg P. Wide - band active and passive antenna solutions for handheld terminals [D]. Ph D dissertation, Uppsala University, Sweden, 2007.
- [5] Panayi P K, Al - Nuaimi M O, Ivrisimtzis I P. Tuning techniques for planar inverted - F antenna [J]. IEEE Electron Lett, 2001, 37(16): 1003 - 1004.
- [6] Sjöblom P, Sjöland H. An adaptive impedance tuning CMOS circuit for ISM 2.4 - GHz band [J]. IEEE Trans. Circuits Syst I, Reg Papers, 2005, 52(6): 1115 - 1424.
- [7] Cetiner B A, Jofre L, Chang C H, Qian J Y, et al. Integrated MEMS Antenna System for Wireless Communications [J]. IEEE MTT - S Dig, 2002: 1333 - 1337.
- [8] Linda P B Katehi, Gabriel M, Rebeiz Clark, Nguyen T C. MEMS and Si - micro machined Components for Low - power, High - frequency Communications Systems [C]. IEEE MTT - S International Microwave Symposium Digest, 1998, 1: 331 - 333.
- [9] Yang F, Rahmat - Samii Y. Patch antennas with switchable slots (PASS) in wireless communications: Concepts, designs and applications [J]. IEEE Antennas Propag Mag, 2005, 47(2): 13 - 29.
- [10] Kivekäs O, Ollikainen J, Vainikainen P. Frequency - tunable internal antenna for mobile phones [R]. in Proc 12th Int Symp on Antennas (JINA), 2002, 2: 53 - 56.
- [11] Anagnostou D E, Zheng G, Chryssomallis M T, et al. Design, fabrication and measurements of an RF - MEMS - based self - similar reconfigurable antenna [J]. IEEE Trans Antennas Propag, 2006, 54(2): 422 - 432.
- [12] Panaia P, Luxey C, Jacquemod G, et al. MEMS - based reconfigurable antennas [C]. IEEE Int Symp on Industrial Electronics, 2004, 1: 175 - 179.
- [13] Karmakar N C. Biasing considerations of a switched parasitic planar inverted - F antenna [C]. IEEE APS Int Symp Dig, 2005, 4b: 60 - 63.
- [14] Tarvas S, Isohäätä A. An internal dual - band mobile phone antenna [C]. IEEE APS Int

Symp Dig, 2001, 1: 266 - 269.

- [15] Lindberg P, Öjefors E. A bandwidth enhancement technique for mobile handset antennas u-

sing wave traps [J]. IEEE Trans Antennas Propag, 2006, 54(8): 2226 - 2233.

(责任编辑:王 谦)

(上接第 78 页)

将来自不同图像的细节融合在一起。实验结果表明,本文给出的融合方法是有效的、可行的。

参考文献

- [1] Pohl C, Genderen J L. Multisensor image fusion in remote sensing; concepts, methods and applications [J]. Inter Journal Remote Sensing. 1998, 19(5): 823 - 854.
- [2] 王忆锋, 张海联, 李茜. 多传感器数据融合技术 [J]. 红外技术. 1997, 19(2): 34 - 36.
- [3] 杨福生. 小波变换的工程分析与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4] 邵海梅, 李飞鹏, 秦前清. 基于五株提升算法的图像二叉分解与重构 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版). 2004, 29(7): 628 - 631.
- [5] 蒋晓瑜, 高稚允. 像素级多分辨图像融合若干问题分析及实验 [J]. 红外技术. 2003, 25(4): 49 - 52.
- [6] 侯正信. 三种二维重叠数字滤波器的构造 [J]. 天津大学学报, 1985, (1): 29 - 49.
- [7] 王兆华. 二维列率重叠数字滤波器 [J]. 电子学报, 1985, 13(6): 13 - 18.
- [8] 王兆华, H Amiri. 二维低通重叠数字滤波器的研究 [J]. 通信学报, 1986, 1(6): 84 - 88.

(责任编辑:宋金宝)

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>