

# 同频方向图可重构印刷振子天线设计

董加伟 章 彪 栗焕彩 钟玲玲 王 勇

(航天科工集团第三研究院八三五七所, 天津 300141)

**摘要:** 为了在同一副天线、同一频段实现方向图可重构, 提出了一种方向图可重构印刷振子天线。通过改变开关的状态, 天线实现单极子和带反射器的偶极子两种工作方式。单极子辐射全向方向图, 带反射器的偶极子辐射方向图为定向。利用 Ansoft HFSS10.0 仿真软件对天线尺寸进行了分析和优化。仿真结果表明: 开关断开、闭合时, 天线实现了在 2.34~2.64GHz 工作频带上的定向和全向方向图; 在 2.45GHz 处, 最高点增益分别为 6.7dB 和 3.1dB。

**关键词:** 方向图; 可重构天线; 同频; 印刷振子

## A Radiation Pattern Reconfigurable Printed Dipole Antenna Designed for the Same Frequency

DONG Jia-wei ZHANG Biao LI Huan-cai ZHONG Ling-ling WANG Yong

(8357 Research Institute of 3rd Institute Academy of CASIC, Tianjin 300141)

**Abstract:** In order to obtain a radiation pattern reconfigurable antenna operating in the same frequency, a radiation pattern reconfigurable printed dipole antenna is proposed in this paper. By changing the states of the switches, the antenna can be operated as a monopole antenna with omnidirectional pattern or a dipole antenna with reflector which can radiation directional pattern. The effects of the antenna's dimension on the antenna performance are analyzed using Ansoft HFSS10.0, and then the optimized parameters are presented. In the simulated results, the operation bands at 2.34~2.64GHz, the antenna has an omnidirectional pattern at switches 'off' state, it has a directional pattern at the switches 'on' state. The peak gain is 6.7dB and 3.1dB at 2.45GHz.

**Key words:** Radiation pattern; Reconfigurable antenna; Same frequency; Printed dipole

### 引 言

由于可重构天线频率、极化方式和方向图的可重构特性, 因此, 伴随着无线通信技术的迅速发展, 可重构天线的设计受到人们越来越多的重视。近年来, 该方面的研究已经成为天线领域一个新的研究热点, 并取得了一定的研究成果。在天线的可重构特性中, 方向图可重构是重要特性之一。充分利用方向图可重构特性, 可以避免噪声干扰, 提高系统增益和安全性, 同时定向辐射信号可以节约能量<sup>[1]</sup>。

方向图可重构天线可以通过一定的方法实现, 例如: 改变寄生元件的长度<sup>[2,3]</sup>。这也是实现方向图可重构的主要方法。目前, 国内外有关方向图可重构天线的设计大多数采用波瓣图形状不变, 而实现主瓣角度改变的方式<sup>[4,5]</sup>。但是, 在同一副天线上实现定向和全向方向图的可重构天线不多<sup>[6]</sup>, 然而在同一副天线、同一频段上实现定向和全向方向图的可重构天线更是少之又少。

本文提出了一种方向图可重构印刷振子天线, 在改变开关工作状态的情况下, 在工作频段 2.34~2.64GHz 上, 实现方向图定向和全向辐射。在 2.45GHz 天线定向辐射的最高增益为 6.7dB, 全

向辐射的最高增益为 3.1dB。在不同的无线通信场合, 根据实际通信环境的变化实时选择合适的方向图, 达到提高无线通信系统性能的目的。

### 1 天线设计及分析

如图1所示, 天线由单极子和带有反射器的偶极子构成, 这两个天线共用一个接地平面工作。天线介质板的相对介电常数为  $\epsilon_r=2.7$ , 厚度为  $h=0.8\text{mm}$ , 损耗正切角  $\tan \delta=0.003$  的聚四氟乙烯板。天线的平面尺寸为  $57\text{mm} \times 57\text{mm}$ 。用  $50\Omega$  SMA 射频连接器作为同轴探针与微带线连接。微带线的特性阻抗设计为  $50\Omega$ , 对应的微带线宽度  $w$  可根据公式 (1) 确定 ( $w/h > 1$ ):

$$Z_0 = \frac{Z_f}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \left( 1.393 + \frac{w}{h} + \frac{2}{3} \ln \left( \frac{w}{h} + 1.444 \right) \right)} \quad (1)$$

其中,  $Z_f$  为自由空间的波阻抗,  $\epsilon_{eff}$  为有效介电常数:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + 12 \frac{w}{h} \right)^{-1/2} \quad (2)$$

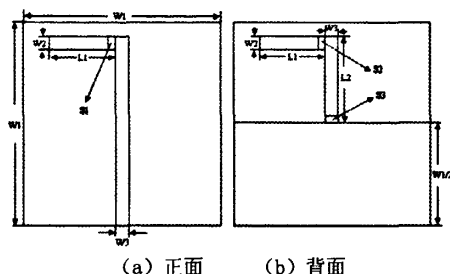
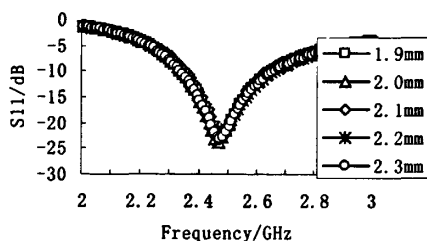


图 1 天线结构图

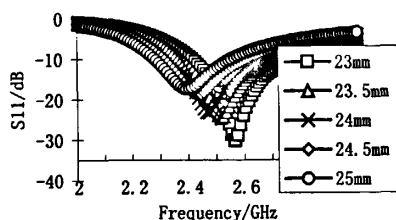
如图1所示, S1-S3为三个PIN二极管开关, 在仿真过程中, 使用铜片代替PIN开关进行设计、验证。所设计天线用Ansoft HFSS10.0进行了仿真分析。下面分析偶极子臂长、臂宽和馈线宽度等物理参数对天线S参数的影响。

天线的尺寸物理参数中,  $w_2$ 、 $w_3$ 、 $L_1$ 是比较关键的。下面通过仿真, 分析这几个参数对天线  $S_{11}$  的影响。本文考察各参数对  $S_{11}$  参数影响的条件是: 一、天线方向图为定向时, 二、保持其余物理尺寸不变, 只改变  $w_2$ 、 $w_3$ 、 $L_1$  中的一个, 来观察  $S_{11}$  的变化, 仿真结果如图2所示。从图2可以看出, 三个物理尺寸中偶极子臂宽对  $S_{11}$  参数的影响最小, 馈线宽度次之, 而偶极子臂长对  $S_{11}$  参数的影响最大。由图2 (b) 可以看出, 随着偶极子臂长的增加, 天线谐振频率在不断的降低, 天线带宽也在降低。图2 (c) 结果表明, 天线馈线宽度从1.9mm增加到2.3mm过程中, 天线阻抗匹配变好, 但是带宽有所降低。

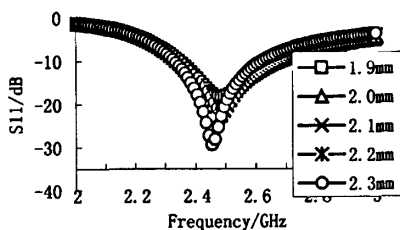
公式 (1) 和 (2) 给出的是微带线宽度的近似值, 最终通过仿真确定各物理尺寸的值为  $w_1=54\text{mm}$ ,  $w_2=2.1\text{mm}$ ,  $w_3=2.1\text{mm}$ ,  $L_1=24\text{mm}$ ,  $L_2=21.8\text{mm}$ 。PIN二极管开关的尺寸为  $2.1\text{mm} \times 1.6\text{mm}$ 。为覆盖WLAN工作频率以及保证一定的带宽,  $L_1$  长度选为24mm。



(a) 偶极子臂宽对 S 参数的影响



(b) 偶极子臂长对 S 参数的影响



(c) 馈线宽度对天线 S 参数的影响

图 2 各物理尺寸对  $S_{11}$  的影响

## 2 结果分析

图3给出了天线定向和全向工作时,  $S_{11}$  参数的仿真结果。从图3可以看出。定向时天线-10dB带宽为2.34~2.64GHz, 全向时, 天线带宽为2.25~2.76GHz。在2.45GHz处的回波损耗分别为-22.38dB和-39.06dB。

改变PIN二极管的工作状态, 可以实现方向图的可重构特性。三个开关全部闭合时, 天线实现带反射器的偶极子, 辐射定向方向图; 当三个开关全部断开时, 实现单极子的全向辐射。仿真方向图结果如图4所示, 从图4 (a) 可以看出, 定向时最高增益为6.7dB, xoy面半功率波瓣宽度为80°, xoz面半功率波瓣宽度为140°; 图4 (b) 表明, 全向时最高增益为3.1dB, 半功率波瓣宽度为90°。

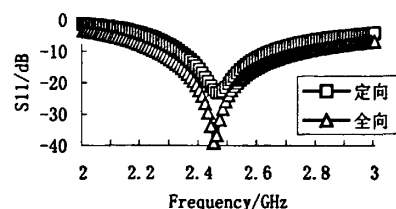
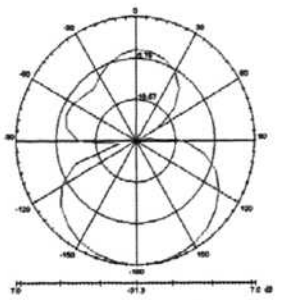
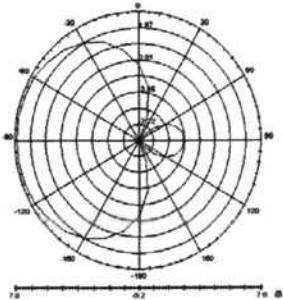


图 3 天线 S 参数仿真结果

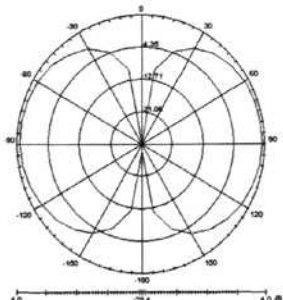


xoy 面

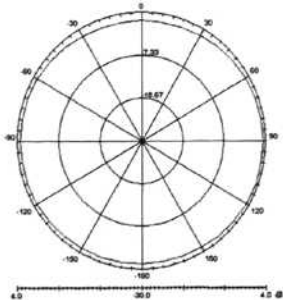


xoz 面

(a) 定向方向图



xoy 面



yoz 面

(b) 全向方向图

图 4 2.45GHz 处方向图仿真结果

### 3 结论

本文提出了一种同频工作的方向图可重构印刷振子天线, 在分析天线物理尺寸, 例如: 偶极子臂宽、臂长和馈线宽度, 对天线性能影响的基础上给出了天线的尺寸。在工作频率 2.34~2.64GHz 上, 实现了方向图定向和全向辐射, 该频段覆盖很多无线通信波段。因此, 该天线在无线通信系统中有很好的应用潜力。

### 参考文献

- [1] Kang W S, Park J A, and Yoon Y J. Simple reconfigurable antenna with radiation pattern, [J]. Electronics Letters, 2008, 44(3): 182-183.
- [2] Zhang S, Huff G H, Feng J and Bernhard J T. A pattern reconfigurable microstrip parasitic array, [J] IEEE Transaction Antenna and Propagation, 2004, 52(10): 2773-2776.
- [3] Yang X S, Wang B Z and Wu W X. Pattern reconfigurable patch antenna with two orthogonal quasi-Yagi arrays. [C]. IEEE Antenna Propagat. Int. Symp, July 2005: 617-620.
- [4] Nikolaou S, Ponchak G E Papapolymerou J and Tentzeris M M. Design and development of an annular slot antenna (ASA) with a reconfigurable radiation pattern. [C]. Asia Pacific Microwave Conf. Proc. December 2005: Vol.5.
- [5] Yang X S, Wang B Z and Zhang Y. Pattern reconfigurable quasi-yagi microstrip antenna using a photonic band gap structure. [J]. Microw. Opt. Technol. 2004, 142(4): 296-297.
- [6] 王安国, 董加伟, 王鹏. 一种方向图可重构印刷振子天线的设计 [J]. 电波科学学报, 2010, 25(1): 190-194.

董加伟 男, 1985 年 2 月生, 硕士研究生。主要研究可重构天线实现方法及天线理论与设计。

E-mail: dongwei1895@163.com

## 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>