

文章编号:1674-4578(2010)02-0064-02

# 一种新型 UWB 平面单极子微带天线阵的设计

张 权, 万中波, 廖丁毅

(桂林电子科技大学信息与通信学院, 广西 桂林 541004)

**摘 要:**提出了一种新型平面单极子微带天线阵,以平面矩形单极子天线为原型,通过改变辐射贴片形状实现对原有天线性能的优化。设计了中心频率为 2.4 GHz,相对带宽是 42%,增益达 13 dBi 的宽带四单元平面单极子天线阵。通过仿真与实验表明,该天线在 1.93 GHz~2.93 GHz 频带内反射系数均小于 -10 dB。

**关键词:**单极子;微带天线;平面单极子天线

**中图分类号:**TN82 **文献标识码:**A

## 0 引言

超宽带技术作为一种无线通信技术,在精确定位系统,高分辨率超宽带雷达等方面已经有了广泛的应用。最近,该技术在短距离高速无线通信方面的应用也受到了人们的关注。根据 FCC 规定,将相对带宽  $(f_H - f_L)/f_c > 20\%$  (在 -10 dB 点测量)或者总带宽 BW > 500 MHz 的系统定义为超宽带系统。UWB 天线的设计与研究是超宽带的关键技术之一。随着高速电子集成电路的发展,为了适应集成电路小型化集成化的需求,超宽带平面天线的研究与应用得到了广泛的关注。

本文提出了一种新型 UWB 平面单极子微带天线阵,以矩形平面单极子天线为原型,通过改变辐射贴片的形状和增加反射板来实现对原有天线性能的优化。平面单极子天线结构如图 1 所示。

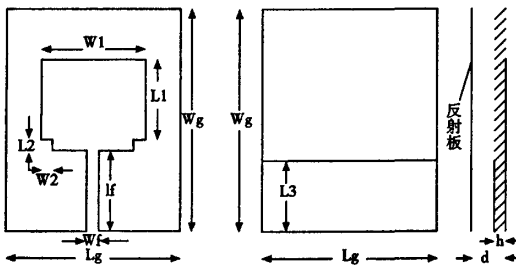


图1 平面单极天线结构图

## 1 天线单元的理论分析与设计

一般来说,按照天线工作方式的不同,共面单极子天线可以分成微带式单极子天线和开槽式单极子天线。微带天线具有很多优点<sup>[1]</sup>:如设计紧凑,设计简单;生产成本低,易于批量生产;馈电网络可与天线结构一起制作等。但是其带宽有限,一般在 15%~35% 的范围内<sup>[2]</sup>;为了增加带宽,我们可以通过增加微带天线的辐射片的尺寸,或者增加下层介质的厚度等来展宽带宽。但是这些方法展宽的带宽有限,很难满足 UWB 系统的要求。Seok H. Choi 等对传统微带天线做了突破性的改进,将原先微带天线的充当地面的金属片由全部覆盖式改成部分覆盖式,并在辐射片与馈源连接处采用了多层次阶梯结构<sup>[3]</sup>,从而使天线带宽得到很大的提高。一般情况下,阶梯的层次越多,微带天线的相对带宽越宽。

本天线,采用对称梯形贴片和矩形地板结构的平面单极子天线为原型(如图 1 所示)。天线制作在相对介电常数  $\epsilon_r = 2.65$ ,厚度  $H = 0.8$  mm,损耗角正切  $\tan\delta \leq 0.001$  的聚四氟乙烯基板上,其尺寸为  $W_g \times L_g$ ,采用 50  $\Omega$  微带线馈电,微带线宽度  $w_f$  由公式计算得  $w_f = 2.78$  mm。本文利用基于时域有限差分法的电磁仿真软件 Computer Simulation Technology (CST) 对天线模型进行仿真。通过改变贴片与地板形状可以进一步减小天线的尺寸和展宽天线的阻抗带宽。

对于单极子微带天线,若采用正方形辐射贴片,矩形地板,则贴片大小与低点谐振频率关系为:

$$f_L = \frac{72}{L + g + h} \quad (1)$$

其中  $L$  为正方形贴片边长,  $g$  为贴片到地板的间隙,  $h$  为介质厚度。当低频  $f_L = 2$  GHz,间隙  $g = 3.6$  mm,介质厚度  $h = 0.8$  mm 时,计算得出正方形贴片边长  $L = 31.6$  mm。图 1 中天线反射单元采用一级阶梯结构,各个结构数据是优化后得到的数据如下<sup>[4]</sup>:  $W_g = 47.5$  mm,  $L_g = 50$  mm,  $L_3 = 7.5$  mm,  $h = 0.8$  mm,  $W_f = 2.78$  mm,  $W_1 = 30$  mm,  $L_1 = 15$  mm,  $W_2 = 1.2$  mm,  $L_2 = 3.6$  mm,  $d = 29.8$  mm。

图 2 表明阶梯形贴片结构天线与阶梯形长宽相当的矩形贴片结构天线相比,贴片采用一阶梯形结构能大幅度提高中间频段回波损耗特性,带宽得到了提高。从图 2 可以看出,该天线在 1.93 GHz~2.93 GHz 频带内反射系数均小于 -10 dB。

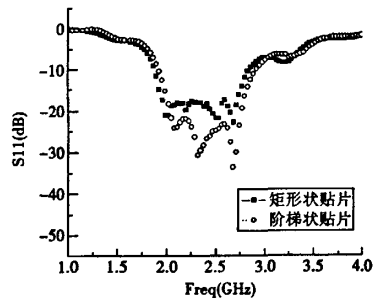


图2 阶梯状贴片与矩形贴片结构天线 S11 比较

根据微带贴片天线的基本原理,天线一般都在半波长谐振,天线中的电流在一个开路端和另一个开路端之间形成驻

收稿日期:2010-03-05

作者简介:张权(1983-),男,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向:射频电路与天线。

波,因此两个开路端之间有一条零电位线。如果在这个电压零点放置一个短路的探针或者短路的贴片,就可以形成开路到短路的驻波结构,那么天线就相当于四分之一波长谐振,天线的尺寸可以缩小一半<sup>[5]</sup>。采用梯形贴片结构和矩形地板结构所得的贴片与(1)式计算出来的正方形贴片相比较贴片面积减少46.9%,减小了天线尺寸。

## 2 宽频带四单元平面单极天线阵设计

用图1微带单元天线设计四单元天线阵,天线之间的间距为 $d_1$ ,实物如图4所示,采用一分四馈电网络进行馈电,因为单元天线在工作频段内的输入阻抗在 $50\ \Omega$ 附近变化不大,用分支为 $70.7\ \Omega$ (0.25波长)的T型接头以保证各阵元与馈电线的阻抗匹配。馈线转弯采用45度弯角,以避免微带线拐角的不连续点引起的辐射和反射。因为当单元天线组成阵列,单元天线间的耦合作用,变化的地板等因素会使单元天线的输入阻抗发生变化,所以在阵列天线的仿真过程中,不单改变馈电网络的参数,而且同时改变单元天线的参数,实现优化阵列天线S参数的目的。优化后,天线阵参数为 $w_1=30\ \text{mm}$ , $l_1=15\ \text{mm}$ , $w_2=1.3\ \text{mm}$ , $l_2=3.6\ \text{mm}$ , $l_3=32\ \text{mm}$ , $h=0.8\ \text{mm}$ , $wf=2.78\ \text{mm}$ ( $50\ \Omega$ 微带线),地板大小为 $255\ \text{mm} \times 32\ \text{mm}$ ,反射金属板的尺寸同介质板 $255\ \text{mm} \times 59\ \text{mm}$ ,厚为 $1\ \text{mm}$ ,离辐射贴片距离 $d=29.8\ \text{mm}$ ,约为中心谐振频率 $2.4\ \text{GHz}$ 对应自由空间波长的四分之一。 $70.7\ \Omega$ ( $1/4$ 波长阻抗变换线)长 $p=21.6\ \text{mm}$ 。

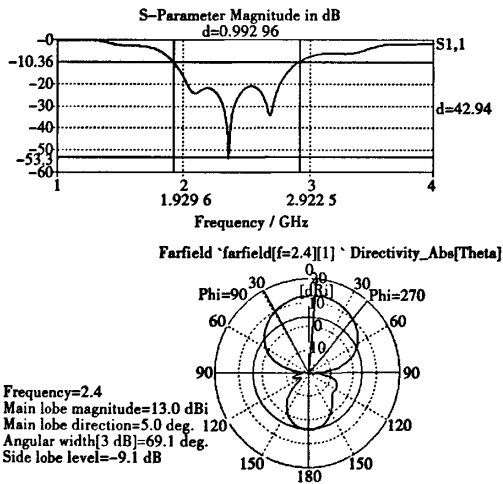


图3 四单元平面单极天线阵的S参数与方向图仿真结果

图3所示为四单元平面天线阵的S参数与方向图仿真结果,该天线在 $1.93\ \text{GHz} \sim 2.93\ \text{GHz}$ 频带内反射系数均小于 $-10\ \text{dB}$ ,在频带内 $2.4\ \text{GHz}$ 时增益达 $13\ \text{dBi}$ ,工作频段内的其它频点的方向图变化不大。

## 3 实验结果与分析

四单元平面单级UWB天线阵实物如图4所示。采用Agilent N5230A矢量网络分析仪对该天线实物回波损耗 $S_{11}$ 进行测量,图5给出了 $S_{11}$ 的测试结果。测试表明,此超宽带天线阵的 $S_{11}$ 在 $1.93\ \text{GHz} \sim 2.93\ \text{GHz}$ 的频带范围内都小于 $-10\ \text{dB}$ ,相对带宽达到了42%,相对带宽远大于FCC所规定的超宽带的相对带宽要求,图5中的测量结果与仿真结果基本吻合。

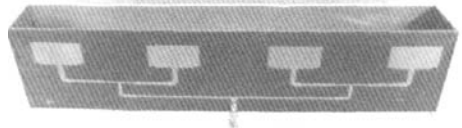


图4 测试实物图

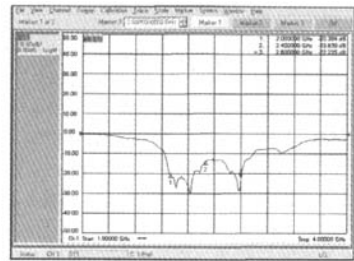


图5 四单元平面单极天线阵 $S_{11}$ 测量值

## 4 结论

本文提出了一种小型化超宽带平面单极子微带天线阵,证明了矩形地板和阶梯状辐射贴片可以增加天线带宽,并减小天线尺寸。采用一分四微带线馈电网络,设计天线比较简单,可以减小天线的尺寸,使设计的天线阵更加小型化。该天线带宽比较大,满足超宽带要求,增益高,结构简单、加工方便、成本低,有广阔的应用前景。

### 参考文献

- [1] 唐祥生. 圆极化三角形微带天线的研究[J]. 南京: 南京航空航天大学, 2005: 6-7.
- [2] 张士兵, 张力军. 超宽带无线通信及其关键技术[J]. 电讯技术, 2004.
- [3] Choi S H, Park J K, Kim S K, et al. A New Ultra-wideband Antenna for UWB Applications[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2004, 40(5): 399-401.
- [4] Ma T G, Jeng S K. Planar miniature Tapered-slot-fed Annular Slot Antennas for Ultra-wideband Radios[J]. IEEE Trans Antennas propagat, 2005, 53(7): 1194-1202.
- [5] 武永刚. 基于HFSS的双层宽带微带贴片天线的研究[J]. 山西大同大学学报, 2008(5).

## Design of a Novel Planar Monopole Microstrip Array Antenna

Zhang Quan, Wan Zhong-bo, Liao Ding-yi

(School of Information and Communication Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin Guangxi 541004, China)

**Abstract:** A miniaturized planar monopole microstrip array antenna is designed in this article. The antenna is based on the rectangle planar monopole antenna. By altering the figure of the radiation patch, the characteristic of antenna can be improved. And it also designs broadband array of plane monopole, in which the center frequency is  $2.4\ \text{GHz}$ , has a gain of  $13\ \text{dBi}$  and bandwidth is of 42%. Experimental results show that the reflectance is less than  $-10\ \text{dB}$  in the work band from  $1.93$  to  $2.93\ \text{GHz}$ .

**Key words:** planar monopole; microstrip antenna; plane monopole

## 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>