

# 一种适用于相控阵的超宽带双斜方形天线

尤丽娜, 吴先良\*

(安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

**摘要:** 宽频带是当前天线领域的研究热点之一。目前在相控阵系统中应用最广泛的印制天线有八木天线、领结型天线等。论文提出一种具有超宽带宽的新型传输带-馈线的印制天线, 该天线由两个具有不同长度的平行类斜方形偶极子组成, 其具有尺寸小, 超宽带宽, 较宽的波束宽度、增益高及前后比高等优点。通过仿真得到的 VSWR 和远场辐射方向图分别验证了该天线的特性。在相控阵和宽频带无线通信等领域具有良好的应用前景。

**关键词:** 超宽带; 双斜方形; 相控阵

中图分类号: O441

文献标识码: A

文章编号: 1000-2162(2010)02-0061-05

## Analysis and design of ultra-wide-band double rhombus antenna applying on the phase arrays

YOU Li-na, WU Xian-liang\*

(Key Laboratory of Intelligent Computing and Signal Processing of Ministry of Education, Anhui University, Hefei 230039, China)

**Abstract:** Wide band is one of the hot issues in the current researches on antennas. Among the most widely used printed antennas in phased array systems are quasi-Yagi, bow-tie antenna and so on. This paper presented a new microstrip-fed printed antenna design of ultrawide bandwidth. The antenna consisted of two parallel-modified dipoles of different lengths. The regular dipole shape was modified to a quasi-rhombus shape. The proposed antenna provided endfire radiation patterns with small size, wide bandwidth, wide beamwidth, high gain and high front-to-back ratio. Using Ansoft HFSS, the VSWR and far-field radiation characteristics verified the good performance which made it suitable for the phased arrays and wideband wireless communication systems with good prospect.

**Key words:** ultra-wide-band; double rhombus; phased arrays

随着射频电子技术和超宽带无线电设备的飞跃发展, 超宽带天线技术<sup>[1]</sup>也在不断地发展。近年来, 超宽带天线已广泛应用于现代航空、航天以及民用通信等各个方面<sup>[2]</sup>。因此, 设计出一种尺寸小、结构简单及性能良好的超宽带天线具有重大的现实意义。

传统的超宽带天线<sup>[3]</sup>, 如对数周期天线、阿基米德螺旋天线及等角螺旋天线等, 存在馈电网络设计复杂、相位中心不固定、传输时域短脉冲信号时尤较严重失真<sup>[4]</sup>等问题。随着超宽带通信方式的提出, 宽频带天线主要以双锥天线的各种演变形式为主, 这包括蝶形天线、泪滴天线、渐变槽缝天线等及其变形形式。目前应用比较广泛的超宽带天线包括 TEM-Horn 天线、反射面天线、透镜反射天线以及超宽带

收稿日期: 2009-09-19

作者简介: 尤丽娜(1986—), 女, 安徽宿州人, 安徽大学硕士研究生; \*吴先良(通讯作者), 安徽大学教授, 博士生导师, E-mail: xlwu@ahu.edu.cn。

引文格式: 尤丽娜, 吴先良. 一种适用于相控阵的超宽带双斜方形天线[J]. 安徽大学学报: 自然科学版, 2010, 34(2): 61-65.

天线阵列. 该论文着重介绍超宽带双斜方形天线的设计方法, 该天线由两个不同长度的平行斜方形组成, 相比之前的超宽带天线, 有更加优良的特性. 通过 HFSS 仿真软件, 将详细讨论并验证该天线的特性.

## 1 天线结构和基本原理

该天线具体的几何结构及详细参数, 如图 1、2 所示. 图 1 中, 天线由两个双斜方形<sup>[5]</sup>极子组成, 左侧的双极子在上层, 右侧的双极子在底层, 它们与  $50 \Omega$  的传输带馈线相连, 馈线上的匹配短截桩的边缘均为  $45^\circ$  斜切. 该天线应用 Rogers RT/Duroid 6010/6010 LM 介质板, 介电常数为 10.2, 传导损耗为 0.002 3, 厚度为 0.635 mm. 图 2 中, 馈线的长为  $L_f$ , 宽为  $W_f$ ; 匹配短桩由长为  $L_1$ 、宽为  $W_1$  的矩形和一个上底为  $W_4$ 、下底为  $W_1$  的  $45^\circ$  斜切角梯形组成; 长、短斜方形的长分别为  $L_3$ 、 $L_5$ ; 其中短斜方形与传输线之间用  $45^\circ$  角衔接.

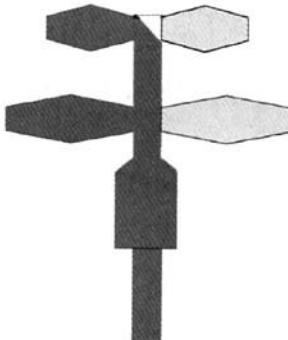


图 1 结构图

Fig. 1 Structure chart

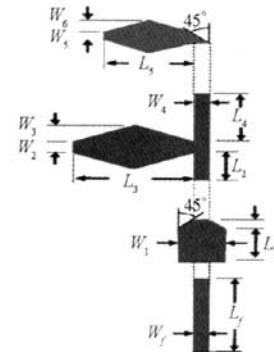


图 2 结构参数

Fig. 2 Structure parameters

## 2 天线性能分析

天线<sup>[6,7]</sup>是一种能量转化器, 它能将传输线中的导行电磁波转化为自由空间中辐射的电磁波. 天线转换电磁能量的能力大小、辐射性能的好坏等主要取决于应用环境和系统总体要求. 通常用一些指标来衡量, 例如, 电压驻波比(简称 VSWR)、辐射方向图、前后比、方向性、增益、极化等. 下文将利用 VSWR、方向图及前后比三个参数, 来分析该双斜方形超宽带天线的性能.

### 2.1 天线的 VSWR 特性分析

在不匹配的情况下, 馈线上同时存在入射波和反射波. 在入射波和反射波相位相同的地方, 电压振幅相加为最大电压振幅  $V_{\max}$ , 形成波腹; 而在入射波和反射波相位相反的地方, 电压振幅相减为最小电压振幅  $V_{\min}$ , 形成波节. 其他各点的振幅值则介于波腹与波节之间. 这种合成波称为驻波. 电压驻波比, 简称 VSWR<sup>[8]</sup>, 表示为波腹电压与波节电压幅度之比, VSWR 越接近于 1, 匹配就越好, 一般满足  $VSWR < 2$  即可. 图 3 所示为该天线的 VSWR 的仿真结果.

表 1 为该超宽带天线的最佳结构参数数值表, 由表 1 中的参数, 图 3 给出了该超宽带<sup>[9]</sup>双斜方形天线的 VSWR 的仿真结果. 从图中可以看出, 在 8~35 GHz 之间, VSWR 的值均小于 2.

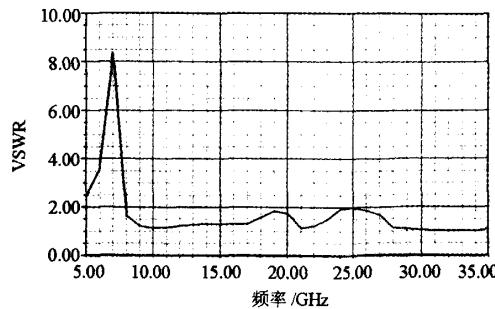


图 3 VSWR 的仿真结果

Fig. 3 The simulation result of VSWR

表1 该超宽带天线的最佳结构参数数值表  
Tab. 1 The best structural parameters of the ultra-wideband antenna

$W_f$	$L_f$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	单位/mm
													unit/mm
0.6	10	1.0	0.7	0.42	0.6	0.53	0.28	4.7	0.3	3.99	2.91	1.75	

## 2.2 W、L参数对 VSWR 的影响

在天线的设计过程中,为了进一步改善天线的性能,通常需要分析一些主要结构参数对天线性能的影响,最终选择合适的参数组合.图4.5所示分别为上述结构中  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $L_1$ 、 $L_2$  对 VSWR 的影响.

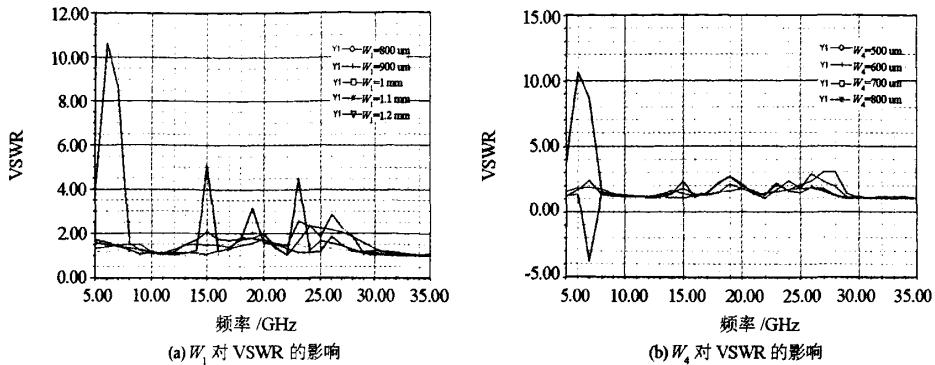


图4  $W_1$ 、 $W_4$  对 VSWR 的影响

Fig. 4 The influences of  $W_1$  and  $W_4$  on the VSWR

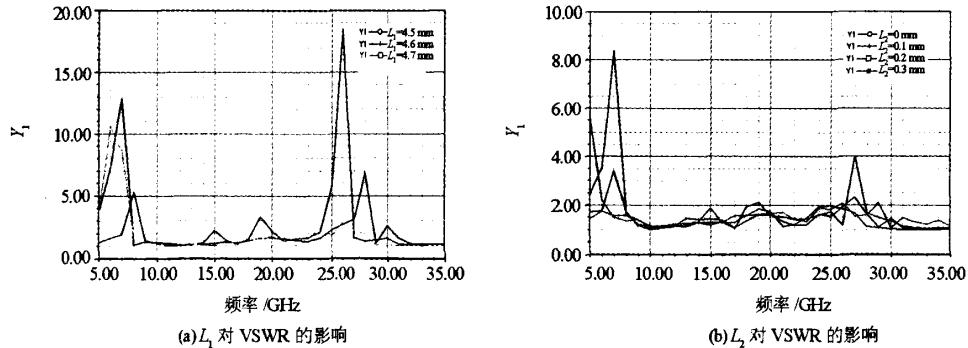


图5  $L_1$ 、 $L_2$  对 VSWR 的影响

Fig. 5 The influences of  $L_1$  and  $L_2$  on the VSWR

由图4(a)可以得出结论:  $W_1 = 0.8$  mm, VSWR 的值在 19 GHz 处增大;  $W_1 = 0.9$  mm, VSWR 值在 15 GHz、23 GHz 处上升;  $W_1 = 1.1$  mm 时, VSWR 的值在 22.5 ~ 27 GHz 之间上升;  $W_1 = 1.2$  mm 时, VSWR 的值在 19 GHz 处上升. 由图4(b)可以得出结论:  $W_4 = 0.5$  mm 时, VSWR 的值在 7 GHz, 19 GHz, 23 GHz 处上升;  $W_4 = 0.7$  mm 时, VSWR 的值在 25 ~ 29 GHz 处上升;  $W_4 = 0.8$  mm 时, VSWR 的值在 15 GHz, 19 GHz 处上升.

由图5(a)可以得出结论:  $L_1 = 4.5$  mm 时, VSWR 的值在 25 ~ 30 GHz 之间增加;  $L_1 = 4.6$  mm, 4.7 mm 时, VSWR 的值在 24 ~ 27 GHz 之间增加. 由图5(b)可以得出结论:  $L_2 = 0$  mm, 0.1 mm 时, VSWR 值在 27 GHz 时变大;  $L_2 = 0.4$  mm 时, VSWR 的值在 15 GHz, 26 GHz, 29 GHz 处变大.

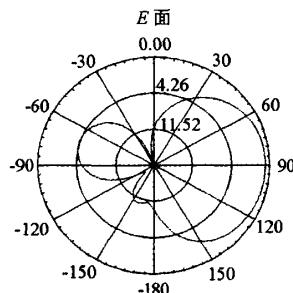
由以上分析可知,参数  $W$  和  $L$  的改变均能影响 VSWR 的结果,故可以通过改变不同的  $W$  和  $L$  数值来实现不同的天线要求. 例如,减小  $W_1$  和  $W_2$  能够改进超宽带带宽,增加  $W_4$  能够促进不同天线组成成分之间的匹配. 另外,也可以通过控制参数,设计出具有若干个阻带<sup>[10]</sup>特征的宽频带天线.

### 2.3 辐射方向图

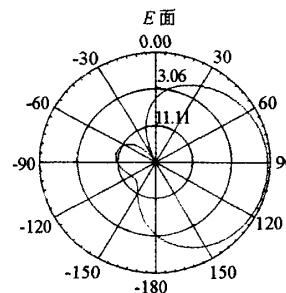
天线的辐射方向图是用图形来表示天线的远区辐射特性. *E* 面和 *H* 面方向图是主平面方向图, 该双斜方形天线最主要的优点是其具有稳定的辐射方向图. 图 6、7 分别显示了不同频率下的 *E* 面和 *H* 面方向图<sup>[11]</sup>. 由图 6、7 的方向图中能够得出该天线在不同频率下的 3 dB 波束宽度及前后比. 3 dB 波束宽度定义为功率电平从最大值下降到 3 dB 处的主波束角宽度. 在方向图中, 前后瓣最大值之比称为前后比, 记为 *F/B*. 前后比越大, 天线的后向辐射(或接收)越小. 表 2 中列出了不同频率点下 *E* 面和 *H* 面的 3 dB 波束宽度及前后比. 由表 2 可知, 前后比的范围从 10 dB 拓展至 36.3 dB, 3 dB 波束宽度在 8~20 GHz 之间, 均大于 98°, 故能够实现宽波束辐射和接收, 且可以满足某些特殊场合的需要.

表 2 不同频率点下 *E* 面和 *H* 面的 3 dB 波束宽度及前后比  
Tab. 2 3 dB beam width and ratio of front and back of *E* plane  
and *H* plane under different frequency points

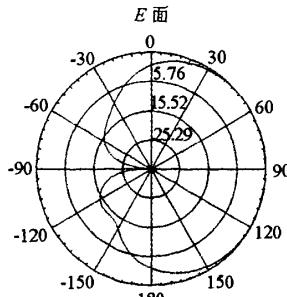
频率/GHz	3 dB 波束宽度		前后比
	<i>H</i> 面	<i>E</i> 面	
8	156°	105°	10.1
12	165°	113°	15.4
14	157°	104°	36.3
16	136°	98°	11.4
20	126°	111°	9.7



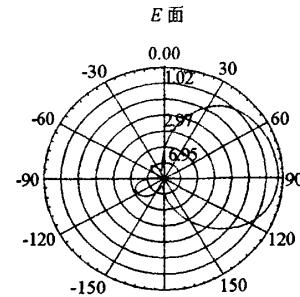
(a) 8 GHz 时 *E* 面方向图



(b) 12 GHz 时 *E* 面方向图



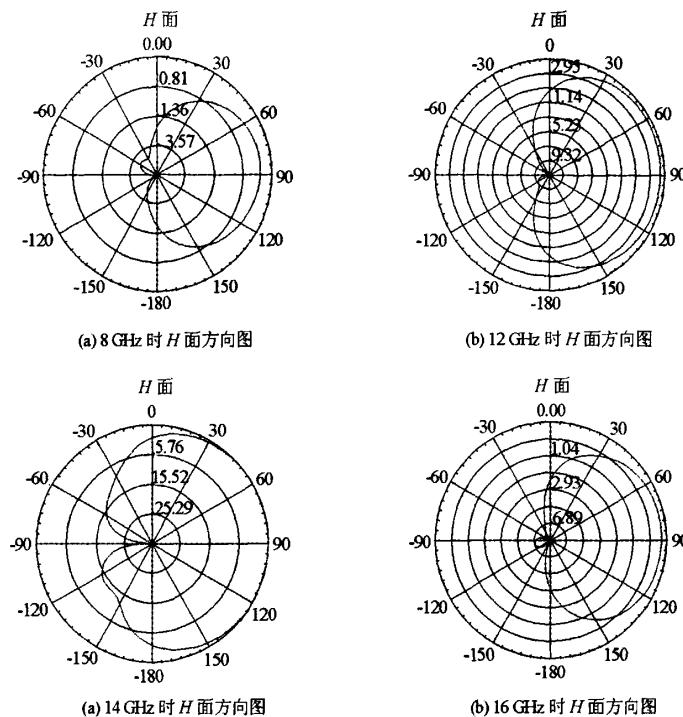
(c) 14 GHz 时 *E* 面方向图



(d) 16 GHz 时 *E* 面方向图

图 6 8~16 GHz 时 *E* 面的方向图

Fig. 6 The far-field radiation of *E* plane from 8 GHz to 16 GHz

图 7 8~16 GHz 时  $H$  面的方向图Fig. 7 The far-field radiation of  $H$ -plane from 8 GHz to 16 GHz

### 3 结语

该论文介绍了超宽带双斜方形天线的结构及基本原理,随后利用 Ansoft 的 HFSS 仿真软件并通过仿真得到 VSWR 和辐射方向图,验证了该天线的优良特性.结果表明,该新型双斜方形天线在超宽带范围内具有尺寸小、较宽的波束宽度及增益高等优点.在相控阵和宽频带无线通信等方面具有良好的应用前景.

#### 参考文献:

- [1] Powell J, Chandrakasan A. Differential and single ended elliptical antennas for 3.1~10.6 GHz ultra wideband communication[J]. *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2004, 6(3): 2935~2938.
- [2] 杨莘元, 殷潜, 毕晓燕. 基于解相关算法的直扩超宽带系统路径间干扰抑制[J]. 宇航学报, 2007, 2(5): 1278~1282.
- [3] Schantz H G. A brief history of UWB antennas[J]. *Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 2004, 19(4): 22~26.
- [4] Yazdandoost D, Kohno K Y. Ultra wideband antenna[J]. *Communications Magazine*, 2004, 42(6): S29~S32.
- [5] Eldeek A A. Ultra wideband double rhombus antenna with stable radiation pattern for phased array application[J]. *IEEE Trans Antennas Propagat*, 2007, 55(1): 84~91.
- [6] 朱崇灿, 黄景熙, 鲁述. 天线[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1996: 85~105.
- [7] 谢处方, 邱文杰. 天线原理与设计[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1987: 120~135.
- [8] 丁婕琛. 新型超宽带天线的研究设计和制作[D]. 杭州: 浙江大学光学工程信息学院, 2008.
- [9] 陈雪. 现代无线通信系统中的新型天线设计与研究[D]. 太原: 山西大学通信与信息学院, 2007.
- [10] Sheng J, Yang X X, Sun J T, et al. Double-printed circular disc antenna having a frequency band notch function [J]. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2007, 49(11): 2675~2677.
- [11] Ray K P, Ranga Y. Ultra-wideband printed elliptical monopole antennas[J]. *Antennas and Propagation, IEEE Transactions*, 2007, 55(4): 1189~1192.

(责任编辑 朱夜明)

## 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](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>