

一种宽带圆形缝隙天线的设计

高向军, 王光明, 张晨新

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:在传统结构微带缝隙天线的基础上,设计了一种采用叉状馈电结构的宽带微带圆形缝隙天线。通过调整馈电结构中主、侧臂的尺寸可以获得较好的匹配。经过仿真和实验测试,该结构的宽缝天线工作于2 GHz时,匹配带宽达到了32.5% (VSWR < 1.5)。

关键词:微带;宽缝;叉状馈电;圆缝

中图分类号: TN82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2005)06-0028-03

从微带天线的概念提出以来,对微带的理论研究一直是人们研究的热点,其工程应用非常广泛。由于它剖面薄,重量轻,可与载体共形,易与有源器件集成等优点,已经被应用于卫星通信^[1]、导航等领域。今天,微带天线的形式已多种多样,微带缝隙天线以其独特的性能(馈电网络和辐射单元相对分离,从而把馈线对天线辐射方向图的影响降到最小)得到了广泛的应用。微带缝隙天线具有对加工精度要求低,可用标准的光刻技术在敷铜电路板上进行生产等优点,尤其是微带宽缝天线更是有效地拓宽了频带^[2,3]。目前缝隙天线已被广泛地应用于航空航天飞行器、卫星直播电视等高频阵列天线中。本文提出了一种采用叉状馈电结构的圆形宽缝天线,在改变馈点位置及叉状馈电结构中主、侧臂尺寸的情况下,可以获得良好匹配。通过仿真及实验测试,这种结构的宽缝天线,工作于2 GHz时,频带达到了32.5% (VSWR < 1.5)。

1 天线结构

常见的圆形缝隙天线的结构如图1(a)所示。它是在基片的地面开一圆缝,在基片的另一面利用50Ω开路微带线馈电。通过调整微带线终端与缝隙中心的相对位置以及缝隙尺寸来获得最佳匹配。本文主要给出一种采用叉形馈电结构的圆形宽缝天线,结构如图1(b)所示。主、侧臂均为特性阻抗为50Ω的微带线,通过调整圆缝半径尺寸 r 、主臂长度 l_1 、侧臂长度 l_2 和两侧臂间距 w_2 可以得到较好的匹配。由于缝隙所在地面的边沿存在较强的绕射场,所以适当选择介质基片大小,可以获得较好的远场方向图。

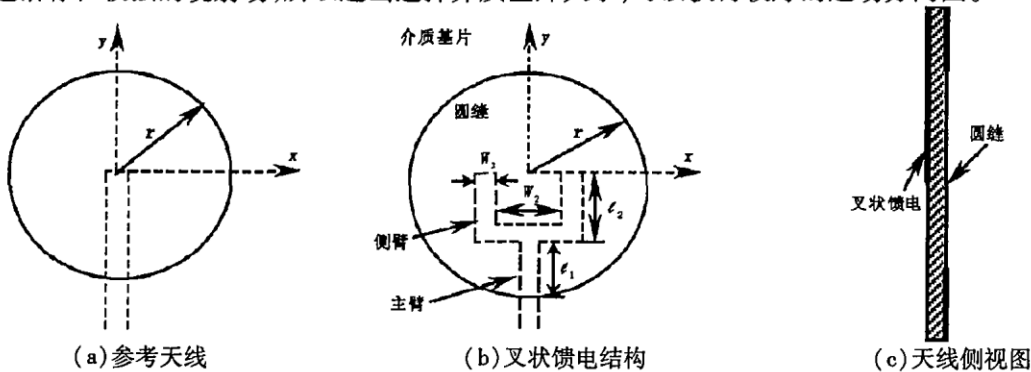


图1 微带缝隙天线结构

收稿日期:2005-01-06

基金项目:国家“863”计划资助项目(2003AA005044)

作者简介:高向军(1979-),男,山西孝义人,博士生,主要从事电磁散射与辐射以及天线技术等研究;

王光明(1964-),男,安徽砀山人,教授,博士生导师,主要从事电磁散射与辐射以及天线技术、微波系统等研究。

2 结果分析

2.1 天线参数选择

微带缝隙天线有窄缝和宽缝之分。当缝隙宽度远小于工作波长时称其为窄缝;当缝隙宽度与波长可相比拟时称其为宽缝。宽缝天线较窄缝天线而言带宽都有很大的扩展。对于圆形缝隙天线来说,由于圆直径与工作波长接近,所以一般都认为是宽缝天线。

基于 HFSS 三维场仿真软件,分别对不同尺寸叉形馈电结构的圆形缝隙天线进行了仿真计算。在天线结构中,圆缝半径 $r=36.7\text{ mm}$,叉形侧臂开路终端与圆直径重合,馈线主、侧臂特性阻抗 z_0 均为 50Ω 。这样通过调整 3 个可变参数:主臂长度 l_1 ,叉形侧臂的长度 l_2 和两侧臂间距 w_2 来获得最佳匹配。以下给出不同 l_1 、 l_2 和 w_2 的 3 种天线在中心频率 $f_0=2\text{ GHz}$ 时的仿真结果。

天线 1:主臂长度 $l_1=24.4\text{ mm}$,叉形侧臂的长度 $l_2=12.3\text{ mm}$,两侧臂间距 $w_2=6.8\text{ mm}$,圆缝天线的匹配带宽仅有 11.8% ($VSWR < 1.5$)。

天线 2:主臂长度 $l_1=20.4\text{ mm}$,叉形侧臂的长度 $l_2=16.3\text{ mm}$,两侧臂间距 $w_2=11\text{ mm}$,圆缝天线的匹配带宽有 36% ($VSWR < 1.5$)。

天线 3:主臂长度 $l_1=14.1\text{ mm}$,叉形侧臂的长度 $l_2=22.6\text{ mm}$,两侧臂间距 $w_2=13.7\text{ mm}$,圆缝天线的匹配带宽有 18.7% ($VSWR < 1.5$)。

具体的仿真计算结果见表(1)和图(2)。可见,通过调整主臂长度 l_1 ,叉形侧臂的长度 l_2 和两侧臂间距 w_2 可以得到最佳匹配。当然,改变叉形侧臂开路终端与缝隙中心的相对位置同样对匹配有一定的影响,但经过计算发现这样的变化不大,所以令其固定不变。

表 1 3 种不同尺寸天线的结果比较

	l_1/mm	l_2/mm	w_2/mm	f_L/GHz	f_H/GHz	带宽/GHz
天线 1	24.4	12.3	6.8	1.854	2.09	0.236
天线 2	20.4	16.3	11	1.68	2.4	0.72
天线 3	14.1	22.6	13.7	1.79	2.164	0.374

2.2 实验结果

根据以上仿真结果,选择天线 2,取介质基片 $\epsilon_r=2.65$, $h=1.5\text{ mm}$,圆缝半径 $r=36.7\text{ mm}$,叉形侧臂开路终端与圆直径重合,馈线主、侧臂特性阻抗 z_0 均为 50Ω 。对输入驻波比、增益(Gain)以及 3 个频点($f_1=1.8\text{ GHz}$, $f_0=2\text{ GHz}$, $f_2=2.4\text{ GHz}$)的 E 面和 H 面的方向图进行了实验测试,结果见图(2)到图(9)。由于缝隙天线的前后向方向图比较对称,这里只给出前向方向图。

通过实验结果和仿真结果比较可以看出,采用叉形馈电结构的圆形宽缝天线频带大大展宽,在中心频率为 2 GHz 时,带宽达到了 32.5% ($VSWR < 1.5$)。在方向图实验结果中,E 面和 H 面均出现了不同程度的花瓣。之所以出现这种情况:一是由于宽缝天线缝内场分布不均匀;二是由于介质基片尺寸有限存在边沿绕射场的影响;三是由于在实验测试过程中周围环境的影响。另外,随着测试频率的升高,交叉极化也会随之增大,而且当测试频率大于 2.4 GHz 时,仿真和实验结果中的方向图主瓣均出现了不同程度的分裂,这主要是由于在阻抗匹配带宽内,随着频率的升高,出现了一些不希望的高次模恶化了辐射方向图。因此采用叉形馈电结构的圆形宽缝天线,方向图带宽达到 30.5% ($f_1=1.8\text{ GHz}$, $f_2=2.4\text{ GHz}$),这个结果也是参考天线的 4 倍左右。

目前对于缝隙天线的理论分析和数值计算主要有两种:一是针对窄缝天线,主要采用磁流振子来等效微带窄缝^[4](由于宽缝中场的复杂性,这种方法对宽缝微带天线不适用),然后用格林函数法及矩量法进行分析^[5],或是采用时域有限差分法分析^[6];二是针对宽缝天线,采用时域有限差分法分析^[7],选择高斯脉冲作为激励信号,采用 Mur 的二阶吸收边界。但是这两种方法都只是对比较简单的缝隙天线的阻抗特性作了分析,对于复杂馈电的宽缝天线还有待于做更深入的研究。

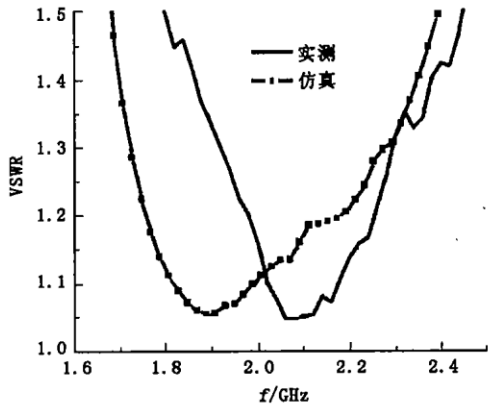


图2 天线驻波比曲线

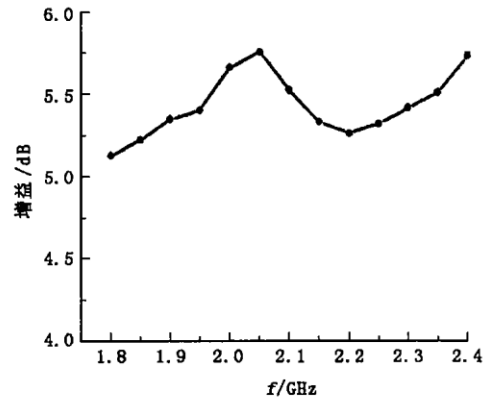


图3 天线增益

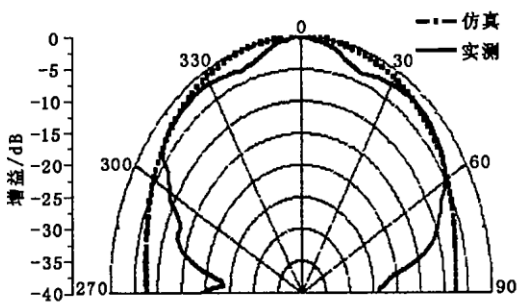


图4 E面方向图($f=1.8$ GHz)

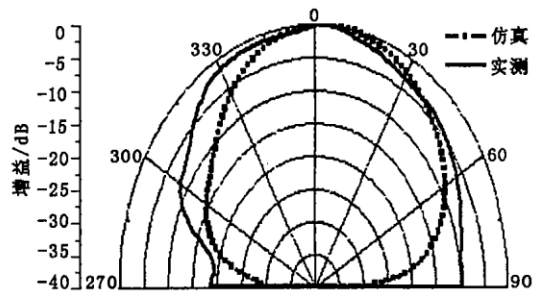


图5 H面方向图($f=1.8$ GHz)

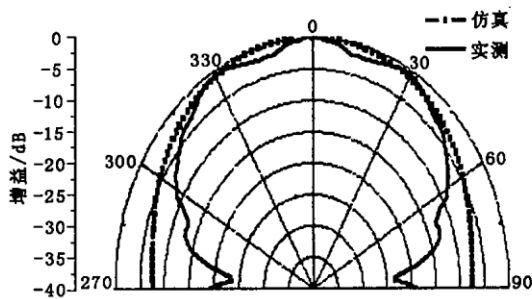


图6 E面方向图($f=2.0$ GHz)

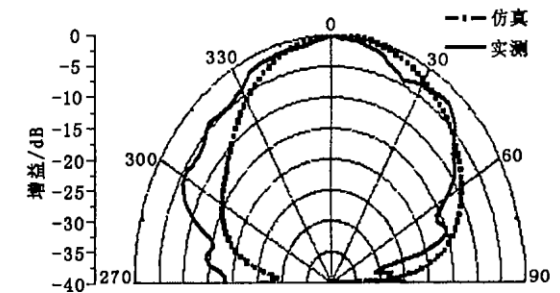


图7 H面方向图($f=2.0$ GHz)

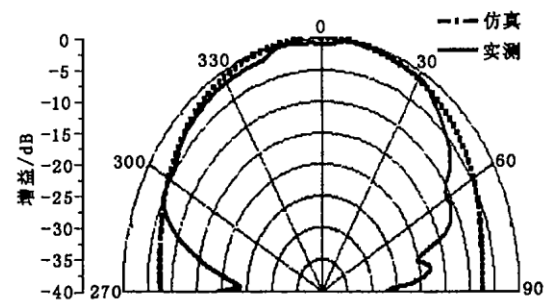


图8 E面方向图($f=2.4$ GHz)

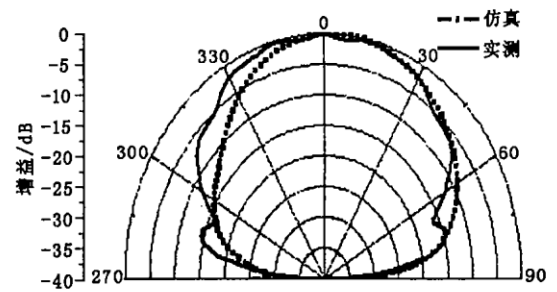


图9 H面方向图($f=2.4$ GHz)

3 结论

经过仿真和实验可以看出,采用叉形馈电是一种展宽圆形缝隙天线频带 (下转第37页)

- [2] 陶敏,李书敏. 航空弹药[M]. 徐州:黄河出版社,1992.
- [3] 王建萍,张斌. 航空弹药引信[M]. 北京:蓝天出版社,1992.
- [4] James J, Buckley, Yoichi Hayashi. Fuzzy Neural Networks; Asurvey. Fuzzy Sets and System[J]. 1994, 66:1-13.
- [5] 权太范. 信息融合:神经网络-模糊推理理论与应用[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [6] 路林吉,王坚,江龙康. 可编程控制器原理及应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [7] 褚志勇. 应用VB/PLC的采样和数据处理[J]. 工业控制计算机,2003,(1):46-48.

(编辑:田新华)

Construction of the Monitor and Control System on the Ammunition Storage by Applying Neural Network - Fuzzy Reason (NN - FR)

JU Xun - guang, YU Hong - zhen

(College of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

Abstract: The paper constructs the remote monitor and control system on the ammunition storage based on Web by applying the theory of Neural Network - Fuzzy Reason (NN - FR) and the technology of the programmable logic controller (PLC). The system can monitor and control the real - time data of the temperature and humidity of the environment and ammunition storehouse. It achieves the automation and the intelligence of the ammunition management as well as improves the reliability and the economic benefit of the ammunition storage.

Key words: Neural Network; Fuzzy Reason; PLC; ammunition storage

(上接第30页)

的有效途径。这种形式是文献[7]中提到的采用加宽的带线开路终端对缝进行激励方法的改进,从结果可以看出这种方法无疑是有效的。

参考文献:

- [1] 郑秋荣,卢万铮,刘锋. 一种可用于卫星通信的微带天线阵元[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2003,4(2):34-36.
- [2] 林昌禄. 天线工程手册[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1991.
- [4] Pozar D M . A Reciprocity Method of Analysis for Printed Slot and Slot - Coupled Microstrip Antennas[J]. IEEE Trans. AP, 1986,34 (12): 1493 - 1466.
- [5] 张军. 新型微带缝隙天线的阻抗特性研究[J]. 火控雷达技术,2000,29(6):6-10.
- [6] Wu C, Wu K L , Bi Z Q , et al. Accurate Characterization of Planar Printed Antennas Using Finite - Difference Time - Domain Method[J]. IEEE Trans. AP,1992,40(5):525-533.
- [7] 卢万铮,曾越胜. 宽缝微带天线阻抗特性的时域有限差分法分析[J]. 微波学报,1999,15(12):300-305.

(编辑:田新华)

Design of a Wide Band Microstrip Circle - Slot Antenna

GAO Xiang - jun, WANG Guang - ming, ZHANG Chen - xin

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

Abstract: Based on the conventional construction of microstrip slot antenna, a new wide band microstrip circle - slot antenna is designed, which is fed by a fork - like microstrip line. Better matches can be achieved through adjusting the dimensions of chief - arm and side - arms in feeding net. The results of simulation and test show that 32.5% bandwidth (VSWR < 1.5) can be obtained at the center frequency of 2 GHz.

Key words: microstrip; wide - slot; fork - like feed; circle slot