

宽带高增益直角反射器天线

蒋 东

(中国西南电子技术研究所,四川 成都 610036)

摘 要:该文设计了一种基于直角反射器的宽带高增益天线。天线结构包括八元印刷偶极子阵、一分八并联馈电网络、直角反射器。平行双线形式馈电网络实现各偶极子单元平衡馈电的同时具有阻抗变换作用,从而保证了辐射单元具有良好的幅相特性。馈电网络和辐射单元均印刷在介电常数为 2.65 的介质基板上,使得天线结构简单、成本低、易加工。将印刷有辐射单元和馈电网络的介质板放置于直角反射器内提高天线的增益。测试结果显示,该天线电压驻波比(VSWR) ≤ 2 的相对阻抗带宽达到 21.4%(7.00~8.68 GHz),在对应的阻抗带宽内,天线增益达到 17 dBi。

关键词:天线;角反射器;并联馈电网络;高增益

中图分类号:TN821+.8;TN828.4 **文献标识码:**A **DOI:**10.11977/j.issn.1004-2474.2018.03.023

Corner-reflector Antenna With Wide-band and High Gain

JIANG Dong

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: A wideband high gain antenna based on the corner reflector is designed in this paper. The antenna consists of an eight-element printed dipole array, a 1-to-8 shunt-fed network and a corner reflector. The symmetrical feeding network of impedance transformers provides the same amplitude's and phase's distributions to each printed dipoles in the wideband frequency and improves the impedance bandwidth. The feeding network and the radiation unit are printed on a dielectric substrate with a dielectric constant of 2.65, making the antenna simple in structure, low in cost, and easy to process. Moreover, the printed dipole array and feeding network is placed in the corner reflector, which enables to increase the antenna gain. The measured results show that the proposed antenna can achieve a measured impedance bandwidth for VSWR ≤ 2 of 21.4% (7.00 to 8.68 GHz) and a high gain of about 17 dBi in the corresponding impedance bandwidth.

Key words: antenna; corner reflector; shunt-fed network; high gain

0 引言

角反射器天线是一种在辐射单元的后方呈一定角度放置反射器或者平面所构成的天线系统^[1]。相比于抛物反射面天线,角反射器天线在设计上并不复杂,因为它规避了位于焦点的馈源的影响,同时角反射器的作用与频率无关^[2-3]。实际上,抛物反射面天线与同等尺寸的角反射器天线相比,在性能上几乎没有差别。角反射器是一种基本的反射表面,常用的角反射器的基本形式是由两块金属板相交而成,在角反射器的角平分线上放置受激天线可以构成定向天线^[4-5]。角反射器的两块金属板形成的夹角根据实际情况选择,当夹角为直角时,称其为直角反射器。近年来,工程师们采用了各种技术手段来改善角反射器天线的设计,进而达到改善天线性能的目的^[6-8]。

本文设计了一种基于直角反射器的宽频带高增益天线,采用印刷偶极子作为辐射单元,并用一分八的并联馈电网络为八元偶极子阵馈电,偶极子单元和馈电网络均印制在介电常数为 2.65 的同一介质板的正反两面。所采用的馈电结构能在较宽的频带内为偶极子阵提供等幅和同相激励。将印刷有辐射单元和馈电网络的天线阵放置在直角反射器内,从而达到提高天线增益的目的。仿真结果和测试结果表明,该天线电压驻波比(VSWR) ≤ 2 的相对阻抗带宽达到 21.4%,且在 7.00~8.68 GHz 频段范围内,天线的增益大于 15 dBi。该天线用于实现远距离通信。

1 天线结构

本文的天线结构如图 1(a)、(b)所示。天线主要由印制在介质基片上的八元偶极子阵、一分八并

联馈电网络、直角角反射器构成。偶极子单元和馈电网络同时印刷在介质基片的上下面。直角反射器由两片厚度为 t 的金属板相互正交组成。直角反射器的垂直长度 $L=307\text{ mm}$, 边长 $a=28\text{ mm}$ 。偶极子印刷在介电常数为 2.65 的介质板两面, 为实现天线的高增益辐射特性, 将印刷偶极子在 z 方向等间距组八元阵, 阵间距为 28.5 mm , 等效为 $0.75\lambda_0$ (λ_0 为中心频率对应的自由空间波长)。印刷偶极子长度 14.5 mm , 对应 $0.3\lambda_g$ (λ_g 为中心频率对应的波导波长), 略大于 $1/4$ 个介质波长。介质板放置在直角反射器的角平分线上, 偶极子阵列到反射器顶点的距离 $b=17\text{ mm}$ 。由一分八并联馈电网络给八元偶极子阵列馈电, 并联馈电网络除了能实现能量的等幅同相输出, 还可对天线输入阻抗进行变换。

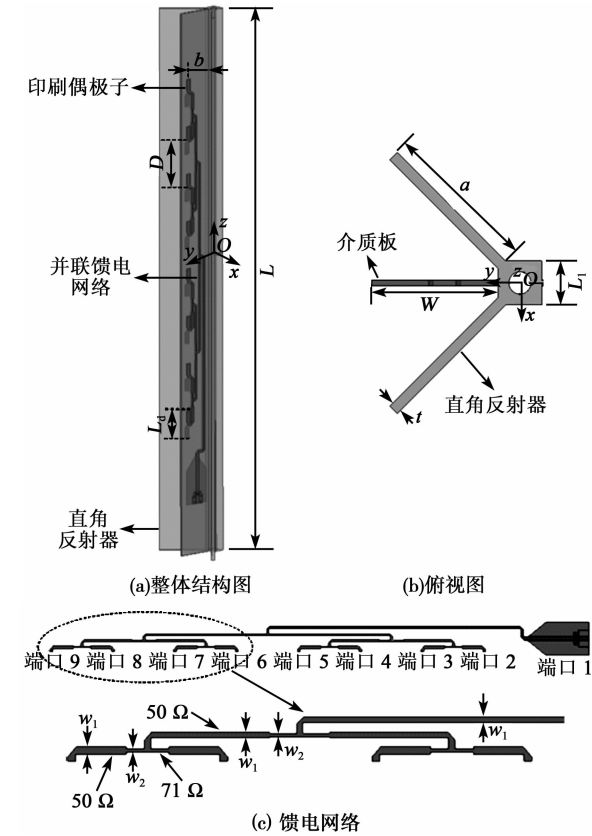


图 1 天线的结构图

并联馈电网络设计简单, 易实现各辐射单元所需要的等幅同相激励。另外, 天线产生的主波束指向与频率无关, 能实现方向图指向的稳定性。通过各级阻抗变换, 天线的输入阻抗能较好地实现匹配, 从而实现宽频带特性。图 1(c) 为一分八并联馈电网络结构图, 该结构采用平行双线形式, 同时实现偶极子的平衡馈电。端口 1 为 $50\text{ }\Omega$ 总输入端口, 端口 2~9 为 $50\text{ }\Omega$ 输出端口。连接每个输出端的馈线仍

为 $50\text{ }\Omega$, 先对输出端的阻抗变换到 $100\text{ }\Omega$, 变换段阻抗设计为 $70.7\text{ }\Omega$, 线宽 $w_2=0.85\text{ mm}$, 长度为 6 mm , 接近 $1/4$ 介质波长。天线的具体结构参数如表 1 所示。

表 1 天线参数

L/mm	D/mm	W/mm	L_a/mm	L_1/mm
307	28.5	23	14.5	17
a/mm	b/mm	t/mm	w_1/mm	w_2/mm
28	17	3	1.55	0.85

2 仿真和实验结果

本文利用基于有限元法的 Ansoft HFSS 13.0 对天线进行仿真计算。天线加工实物照片如图 2 所示。图 3 给出了八元偶极子阵和将其放置在直角反射器后的电压驻波比和增益曲线。由图 3 可知, 单独八元偶极子阵的仿真 $VSWR\leq 2$ 的频段范围为 $7.26\sim 8.68\text{ GHz}$, 相对阻抗带宽为 17.8% , 增益约 12 dBi , 但将偶极子阵放置在直角反射器内时, 仿真 $VSWR\leq 2$ 的频段范围为 $7.0\sim 8.7\text{ GHz}$, 相对工作带宽为 21.7% , 增益提升约至 17 dBi , 从而得到直角反射器有助于偶极子阵提高阻抗带宽和增益。基于以上仿真结果, 对天线进行了加工测试。在图 4 中给出了直角反射器天线测试电压驻波比和增益曲线。由图 4 可看出, 测试 $VSWR\leq 2$ 的频段范围为 $7.00\sim 8.68\text{ GHz}$, 相对工作带宽为 21.4% , 增益仍在 17 dBi 左右。仿真结果和实测结果之间的微小差异主要由装配精度引起。以上仿真和测试结果说明, 所设计的角反射器天线具有较宽的阻抗带宽和良好的增益性能。

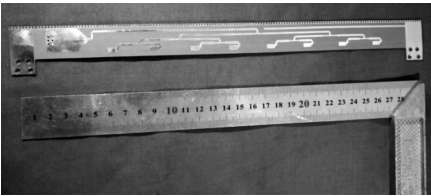


图 2 天线样机

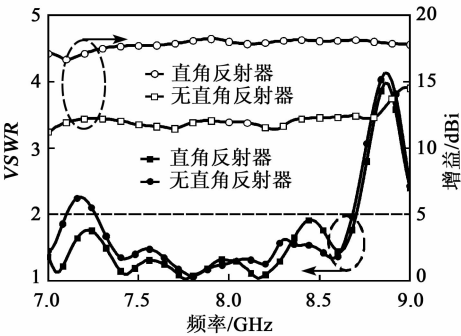


图 3 天线仿真电压驻波比和增益曲线

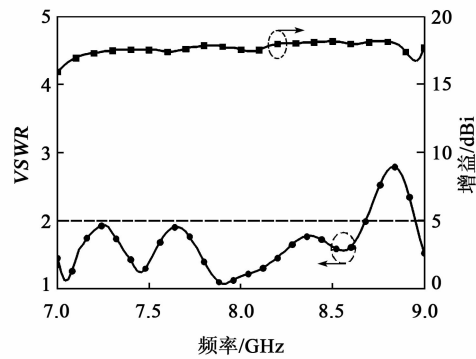


图4 天线测试电压驻波比和增益曲线

图5、6给出了天线工作在7.4 GHz、7.9 GHz和8.4 GHz频率点下的E面和H面归一化辐射方向图。由图5、6可看出,由于偶极子阵沿着 z 轴组阵,其3个频点的E面方向图为窄波束,而在H面由于直角反射器的作用,产生最大指向为 $-x$ 方向的定向波束。在7.4 GHz、7.9 GHz和8.4 GHz,该天线的H面10 dB波束宽度分别为 108° 、 104° 和 100° ,即 45° 方向增益大于6 dBi,这样相邻两扇区波束叠加时在扇区界可以得到至少大于9 dBi增益。测试结果和仿真结果曲线吻合良好。

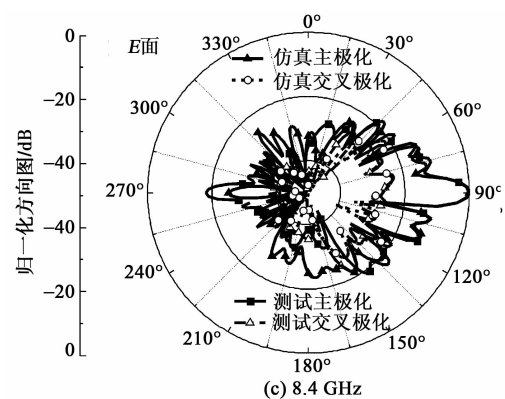


图5 天线在7.4 GHz、7.9 GHz、8.4 GHz频点处的E面归一化辐射方向图

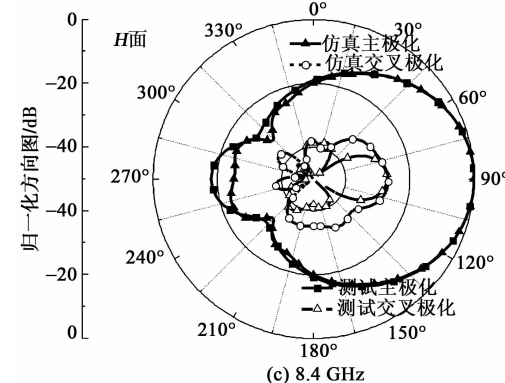
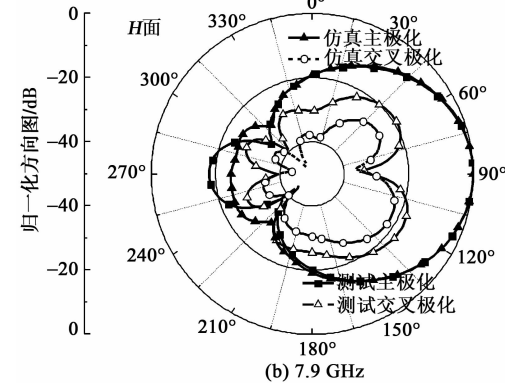
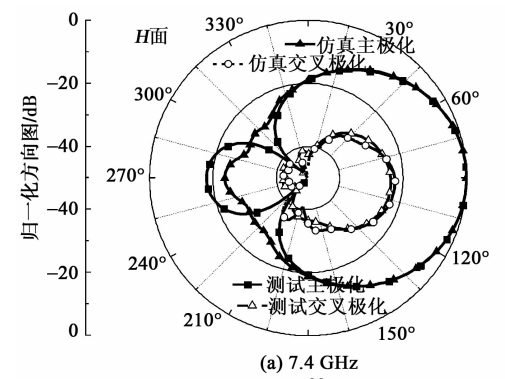


图6 天线在7.4 GHz、7.9 GHz、8.4 GHz频点处的H面归一化辐射方向图

