2016年12月 Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology

# 文章编号: 2095-4980(2016)06-0917-04

# 宽带高增益圆极化微带-喇叭组合天线

叶喜红1,何 芒2, 王亚丽1,郝 芸1, 王 冠3

(1.天津理工大学 中环信息学院, 天津 300380; 2.北京理工大学 信息与电子学院, 北京 100081; 3.61336部队, 北京 100094)

摘 要:研究了一种具有良好工作性能的微带-喇叭组合右旋圆极化天线,首先设计了一种双 层宽带圆极化微带天线结构,同时满足电压驻波比(VSWR)≤2,轴比(AR)≤4 dB的频带宽度(B<sub>w</sub>)≥ 24%,主极化增益大于9 dBi;通过引入角锥喇叭结构,在工作频带内将天线增益提高到12 dBi以上, 同时不影响原天线的其他性能。为更好了解微带-喇叭组合右旋圆极化天线的性能,并快速而准确 地设计该天线结构,对天线主要几何参数进行了适当分析和研究。

关键词:宽带天线;高增益天线;微带天线;组合天线 中图分类号:TN828.6 文献标志码:A doi: 10.11805/TKYDA201606.0917

# Broadband high gain circularly polarized microstrip-horn combined antenna

YE Xihong<sup>1</sup>, HE Mang<sup>2</sup>, WANG Yali<sup>1</sup>, HAO Yun<sup>1</sup>, WANG Guan<sup>3</sup>

(1.School of Zhonghuan Information, Tianjin University of Technology, Tianjin 300380, China; 2.School of Information and Electronics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 3.PLA 61336, Beijing 100094, China)

Abstract: A broadband high-gain Right-Hand-Circularly-Polarized(RHCP) microstrip-horn combined antenna is proposed. Firstly, a broadband circularly-polarized microstrip antenna with double-layer is designed, which has a property that the overlapped bandwidth of Voltage Standing Wave Ratio(VSWR)  $\leq 2$ and Axial Ratio(AR)  $\leq 4$  dB is more than 24%, and the RHCP gain is about 9 dBi. Then, the gain is enhanced significantly by adding the pyramidal horn structure, while the other characteristics of the microstrip antenna are slightly changed. The parametric studies are carried out to investigate the effects of primary geometric sizes on the antenna's performance.

Keywords: broadband antenna; high gain antenna; microstrip antenna; combined antenna

微带天线具有体积小、重量轻、结构简单、易加工等优点,但普通的微带天线结构也同时存在着带宽窄、增益低的缺陷<sup>[1-8]</sup>。圆极化电磁波可有效减小雨、雾等自然气候的影响,抑制多径效应,能更好地保证无线通信链路的畅通<sup>[1-2]</sup>。单馈圆极化天线相对多馈天线,具有更简单的结构,无须额外的馈电网络,得到天线设计者的青睐。利用双层贴片或阵列天线结构可有效展宽天线工作频带,提高增益<sup>[3-8]</sup>。由于馈电网络很大程度上增加了无线通信系统的复杂度,使天线的辐射效率降低,在可以不使用阵列天线结构就能满足应用需求时,通常会选择非阵列天线结构。随着现代无线通信系统对天线工作性能的要求越来越高,单一的天线结构有时难以适应实际的应用需求,此时可通过将不同类型的天线结构进行合理的组合,使它们协同工作,完成无线通信任务。

本文研究了一种双层圆极化微带-角锥喇叭组合天线结构,该天线具有宽带、高增益的工作特性,在不小于 20%的有效工作频带内,主极化增益大于12 dBi。

# 1 天线结构

图1为微带-喇叭圆极化组合天线结构。天线上、下层介质板介电常数ε<sub>r</sub>=2.2,厚度分别为h1和h3,两介质层 之间是厚度为h2的硬泡沫,上层介质和泡沫横向尺寸为32.4 mm×32.4 mm,下层介质横向尺寸为63 mm×63 mm。 上下2层均采用圆形贴片,下层是半径为a<sub>b</sub>的单贴片,上层是半径为a<sub>t</sub>的4个贴片,上层贴片中心对角线距离为2d。 同轴探针由地板穿过下层介质板直接对底层贴片进行激励,通过在对称地切除底层贴片在二、四象限对角线上的 铜箔,形成圆极化辐射,所切除的长度为Δl。通过调节泡沫厚度h2,可以控制上、下2层贴片之间的耦合,有效

表1 天线主要几何参数(α=60°)

Table1 Main parameters of the antenna( $\alpha$ =60°)

value

25.0

0.5

2.0

1.0

8.1 6.0

5.1

4.5

parameter

*H*/mm

*h*1/mm

h2/mm

h3/mm

*d*/mm

 $a_{\rm b}/\rm{mm}$ 

 $a_{\rm t}/{\rm mm}$ 

 $\Delta l/mm$ 

地对4个小贴片进行激励,达到展宽频带的目的。喇叭高度为H,同时定义喇叭与水平面的夹角为α。利用喇叭将 电磁能量集中到辐射前向,减小辐射波束宽度,从而达到提高天线辐射方向性、增益的目的。



(a) top view of combined antenna

Fig.1 Structure and parameters of microstrip-horn combined antenna 图 1 微带-喇叭圆极化组合天线结构和主要参数

# 2 参数分析

为便于考察该组合天线的工作特性,并能快速、准确地对天线进行设计,对天线的主要几何参数进行分析。天线主要几何参数值如表 1所示,在进行参数分析时,只改变某个参数值,而保持其他参数取 值不变。

首先考察增加的喇叭结构对天线工作性能的影响。如图2所示, 将双层圆极化微带天线加载角锥或圆锥喇叭结构前后的工作特性进

行比较,发现增加喇叭结构对天线馈电端口的阻抗特性以及圆极化轴比影响很小,但天线增益在工作频带内均显 著增大。另外,还可以看到,同样横向大小和高度的喇叭结构,微带-角锥喇叭圆极化天线的增益大于微带-圆 锥喇叭天线的增益。所以,利用角锥喇叭和微带天线进行组合,是一种提高天线方向性、增大增益的有效手段。



图 2 加喇叭结构前后馈电端口电压驻波比、轴比和增益

图3为天线馈电端口电压驻波比和天线主极化增益及轴比随角锥喇叭高度H的变化曲线。当H变化时,端口驻 波没有明显变化,天顶处轴比的变化也不大,但主极化增益随H增大而显著增大直至趋于稳定。结合微带-喇叭 组合天线结构可知,H增大时,微带天线辐射的电磁能量更好地往前向集中,天线方向性变好,当H增大到一定 值后,这种改善效果达到一种饱和状态,继续过度增大喇叭高度不能进一步使增益变大。



图 4 天线工作性能随α变化

图4描绘了天线馈电端口电压驻波比和天线主极化增益及轴比随角锥喇叭锥角α的变化特性。由图可见,α变化,由矩形波导变化为角锥喇叭并逐渐增大喇叭口径时,天线端口电压驻波比变化很小。当α=90°时,天线辐射特性在9.4 GHz附近发生畸变,从而导致轴比和增益均发生剧烈变化;当α=90°时,天线轴比变化不大,在工作频带内具有良好的圆极化特性。随α减小,天线增益增大,直至α=60°附近时具有最佳的增益特性;随α继续增大, 天线增益减小。由此可知,角锥喇叭结构只有在一定范围内才能更好地提高天线的方向性系数,增大增益,在该范围以外,会使天线的辐射性能发生畸变或达不到集中辐射能量的目的。

#### 3 结论

本文研究设计了一种具有新颖结构的微带-喇叭组合圆极化天线。利用双层贴片结构展宽工作频带,结合角 锥喇叭有效地提高天线的增益。该天线同时满足VSWR≤2和轴比AR≤4 dB的频带宽度*B*<sub>w</sub>≥24%,主极化增益大 于12 dBi。文中对角锥喇叭结构进行了考察和分析,可以为微带-喇叭组合天线的设计工作提供依据,以便快速 而准确地得到满足应用需求的天线结构。

### 参考文献:

- [1] 薛睿峰,钟顺时. 微带天线圆极化技术概述与进展[J]. 电波科学学报, 2002,17(4):331-336. (XUE Ruifeng, ZHONG Shunshi. Survey and progress in circular polarization technology of microstrip antennas[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2002,17(4):331-336.)
- [2] 叶喜红,何芒,周平源. 宽带宽波束圆极化微带八木天线[J]. 电波科学学报, 2015,30(4):759-763. (YE Xihong,HE Mang, ZHOU Pingyuan. Broadband wide beam-width circularly polarized microstrip yagi antenna[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2015,30(4):759-763.)
- [3] EGASHIRA S,NISHIYAMA E. Stacked microstrip antenna with wide bandwidth and high gain[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1996,44(11):1533-1534.
- [4] NISHIYAMA E,AIKAWA M,EGASHIRA S. Stacked microstrip antenna for wideband and high gain[J]. IEE Proceedings of Microwaves, Antennas and Propagation, 2004,151(2):143-148.
- [5] 杨飞翔,任武,李伟明,等.采用双层层叠结构的圆极化微带天线设计分析[J].微波学报, 2014(S1):320-322. (YANG Feixiang,REN Wu,LI Weiming, et al. A circularly polarized microstrip antenna with dual-layer stacked structure[J]. Journal of Microwaves, 2014(S1):320-322.)