

文章编号: 2095-4980(2019)03-0445-04

一种宽带微带八木天线的设计

商 锋, 李晓娇*

(西安邮电大学 电子工程学院, 陕西 西安 710121)

摘 要: 针对传统八木天线体积过大, 难以与其他载体共形, 相对带宽很窄的问题, 设计了一种宽带微带八木天线。天线采用一种比较简单的馈电方式减小天线的尺寸, 利用附加寄生贴片、振子耦合枝节和金属化孔的方式展宽频带和改善天线的阻抗匹配。使用 Ansoft 公司高频结构仿真器(HFSS)对天线进行仿真设计和优化, 并对实物进行测试。最后结果表明, 所设计、制作的八木天线频段在 1.81~2.57 GHz 内, 电压驻波比(VSWR)小于 2, 相对带宽为 31%, 在 2.4 GHz 频率处的增益大于 9 dB。仿真和测试结果显示, 该宽带微带八木天线基本达到设计要求。

关键词: 微带八木天线; 宽带; 相对带宽; 高增益

中图分类号: TN82

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201903.0445

Design of a broadband microstrip Yagi antenna

SHANG Feng, LI Xiaojiao*

(School of Electronic Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an Shaanxi 710121, China)

Abstract: Aiming at the problems that the traditional Yagi antenna is too large to conform to other carriers and its relative bandwidth is very narrow, a broadband microstrip Yagi antenna is designed. The antenna utilizes a relatively simple feeding method to reduce the antenna size, and utilizes the additional parasitic patches, vibrator coupling branches and metallized holes to expand the bandwidth and improve the antenna impedance matching. The antenna is simulated, designed and optimized by using Ansoft High Frequency Structure Simulator(Ansoft HFSS), and the real antenna is tested. The simulation and test results show that the antenna Voltage Standing Wave Ratio(VSWR) is less than 2, the relative bandwidth is 31% and the gain is greater than 9 dB at 2.4 GHz in the range of 1.81 GHz to 2.57 GHz, which indicates that the proposed broadband microstrip Yagi antenna basically meets the design requirements.

Keywords: microstrip Yagi antenna; broadband; relative bandwidth; high gain

八木天线又称为引向天线, 其具有结构简单和方向性强等优点, 被广泛应用于各种无线通信系统中^[1-3]。但它缺点也很明显, 体积庞大, 带宽很窄^[4], 这些都限制了八木天线在一些通信环境中的应用。微带天线凭借其体积小、质量轻、易共形于其他载体、能够集成在射频电路中等特点而被广泛应用于各种通信系统中^[5]。于是将微带天线和八木天线相结合, 充分利用各自的优势, 使微带八木天线有了很好的发展前景和极大的研究价值^[6]。国内外学者对此进行了大量研究。文献[7]提出具有宽带特性的微带准八木天线, 通过微带线到共面带状线的宽带巴伦结构对天线进行宽带阻抗匹配。文献[8]提出一种微带八木天线比较简易的馈电方法, 省去复杂的巴伦, 简化了天线结构。文献[9]设计了一种高增益的八木天线, 但其频带较窄, 而且尺寸较大, 结构也过于复杂。基于以上研究, 本文设计了一种宽带微带八木天线, 在传统微带八木天线的基础上, 采用附加金属化孔和寄生贴片的方式, 在保证高增益的前提下展宽频带和改善天线的阻抗匹配。同时对其工作原理进行了解释, 并对影响天线性能的参数进行了分析。

收稿日期: 2017-12-24; 修回日期: 2018-01-12

*通信作者: 李晓娇 email:502189498@qq.com

1 宽带微带八木天线的设计

1.1 微带八木天线设计原理

微带八木天线的结构由有源激励振子、引向器和反射器组成, 该天线使用一种比较简单的馈电方式, 天线介质板正面印有有源振子的一臂, 并通过微带线与馈线相连; 激励振子的另一臂以相反的方向印制在介质板的反面, 通过另一条微带线与截断后的充当反射器的地板相连, 利用接地板上电流的特性, 实现了激励振子两臂上的电流反向, 省去了复杂的巴伦^[10]。为了减小频带展宽对增益的影响, 在介质板背面引入一组引向器。图 1 是使用 Ansoft HFSS 仿真时建立的模型。

天线中心频率为 2.4 GHz, 制作在聚四氟乙烯材料的介质板上, 其相对介电常数为 2.65, 厚度为 1.5 mm, 其等效相对介电常数为:

$$\varepsilon_e = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left(1 + 10 \frac{h}{w} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

电磁波在介质中的波长为:

$$\lambda_g = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_e} f} \quad (2)$$

理论上激励振子的宽带为:

$$w = \frac{c}{f \sqrt{2(\varepsilon_r + 1)}} \quad (3)$$

式(1)、式(2)及式(3)中: c 是自由空间光速; f 是天线中心频率; ε_r 是天线相对介电常数; h 是介质板厚度; w 是微带线宽度。

1.2 展宽天线带宽的方法

由微带天线分析理论可知, 在天线激励贴片附近附加矩形寄生贴片, 实际上是将 RLC 谐振电路改为多谐振点的谐振电路, 回波损耗呈现双谐振特性。在介质板两面各增加一个耦合阵子, 也有展宽带宽的作用。适当调节寄生贴片和耦合阵子的尺寸, 使两个谐振点彼此靠近, 可以展宽天线的带宽。在寄生贴片、耦合枝节、有源振子和引向器上分别加载金属化通孔, 也可以有效展宽带宽, 改善天线的阻抗匹配。天线正面的计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)结构图, 其正、反面一样。

2 微带准八木天线的加工

根据八木天线的设计原则和经验公式, 激励振子的初始长度取为 $0.5\lambda_g$, 紧挨着激励振子的引向器初始长度为 $0.46\lambda_g$, 其他引向器的长度随着与激励振子的距离增大而减小, 初始长度依次为 $0.45\lambda_g, 0.44\lambda_g, 0.43\lambda_g$ 。激励振子与反射器之间的初始距离为 $0.25\lambda_g$, 激励振子和引向器及各引向器间的初始距离均为 $0.2\lambda_g$ 。按照以上计算初值设置天线的结构参数, 使用 Ansoft HFSS 对天线的结构参数进行优化^[11], 最后得到满足设计要求的结构尺寸参数。按照优化结构参数设计进行加工, 制作的天线实物如图 2、图 3 所示。

3 主要参数对微带八木天线性能的影响分析

调节有源振子的臂长 L_r , 保持其他结构与尺寸不变, 将 HFSS 仿真得到的回波损耗曲线表示在图 4 中。从图 4 可以看出, 随着 L_r 值变大, 天线回波损耗(S_{11})的谐振频点逐渐降低。从图 5 可以看出, 附加寄生贴片可以展宽天线谐振点左边的带宽, 同时也可以改善天线的阻抗匹配。从图 6 可以看出, 加载金属化孔可以展宽天线谐振点右边的带宽, 同时改善了天线的阻抗匹配。

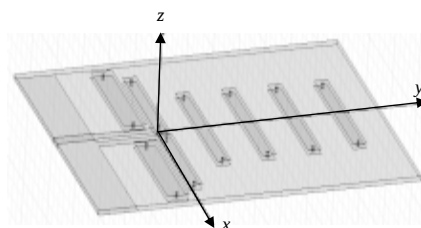


Fig.1 Antenna simulation model
图 1 天线仿真模型

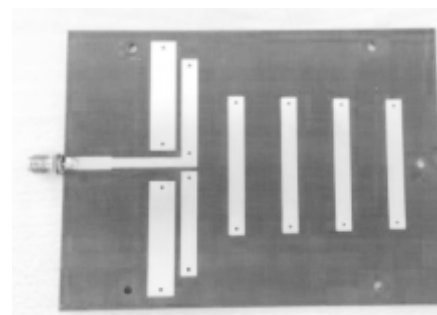


Fig.2 Antenna structure(positive)
图 2 天线结构(正面)

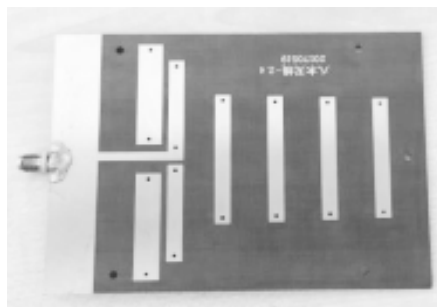


Fig.3 Antenna physical picture(opposite)
图 3 天线实物(反面)

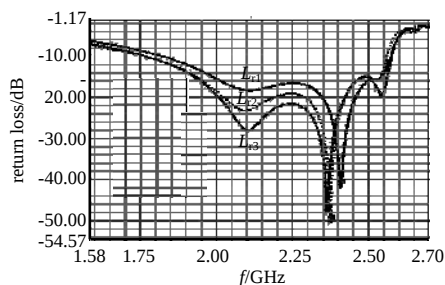


Fig.4 Return loss curves with different values of L_r

图 4 L_r 取不同值对应的回波损耗曲线

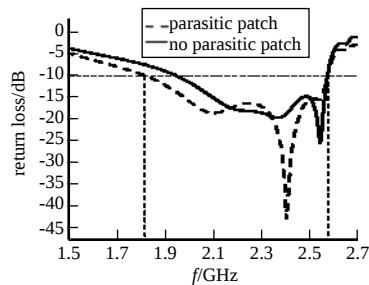


Fig.5 Effect of parasitic patch on the return loss

图 5 寄生贴片对回波损耗的影响

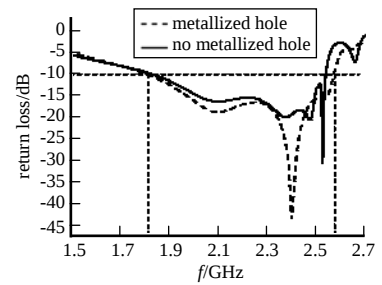


Fig.6 Effect of metallized hole on the return loss

图 6 金属化孔对天线回波损耗的影响

4 天线性能分析

所设计天线的仿真结果和测试结果如图 7 所示，回波损耗小于 -10 dB 的工作频段为 $1.81\sim 2.57$ GHz，绝对带宽达到了 760 MHz，两种情况下的结果基本吻合。图 8 为天线在 2.4 GHz 处的 E 面和 H 面辐射方向图，相对应的三维增益方向图如图 9 所示，从图中可以看出，在 2.4 GHz 处最大辐射方向上的增益大于 9 dB。

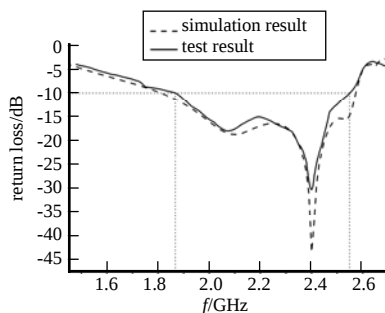


Fig.7 Antenna return loss

图 7 天线回波损耗

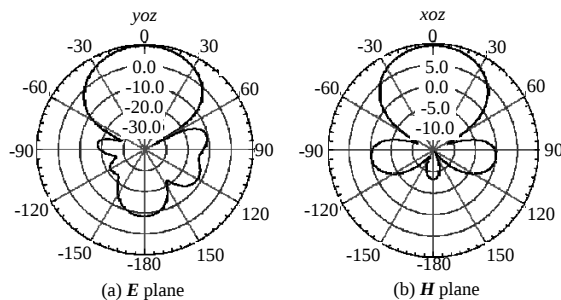


Fig.8 Two dimensional radiation pattern of antenna

图 8 天线二维辐射方向图

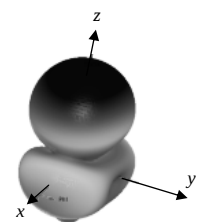


Fig.9 Three dimensional radiation pattern of antenna

图 9 天线三维辐射方向图

5 结论

利用八木天线和微带天线相结合的理论，通过仿真和实物测试，设计了一种宽带微带八木天线，得到 31% 的相对带宽，中心频率处的增益达到 9.5 dB。天线采用一种比较简单的馈电方式，省去了复杂的巴伦。在保证一定增益前提下，通过附加寄生贴片和加载金属化孔的方法，展宽了天线带宽，并且改善了天线的阻抗匹配。

参考文献：

- [1] WU J N, ZHAO Z Q, NIE Z P, et al. Design of a wideband planar printed quasi-Yagi antenna using stepped connection structure[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2014, 62(6): 3431-3435.
- [2] WANG H, LIU S F, LI W T, et al. Design of a wideband planar microstrip-fed quasi-Yagi antenna[J]. Progress in Electromagnetics Research Letters, 2014, 46: 19-24.
- [3] WANG H, LI P, WU T, et al. A compact wideband planar microstrip-fed quasi-Yagi antenna with a shape reflector[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2014, 56(1): 241-244.
- [4] YU Zhen, RAN Xiaoying. Design of a parameter tunable Yagi-uda antenna[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2012, 31(7): 289-292.
- [5] 商锋, 李文博, 陈文学. 一种适应于卫星定位的多频微带天线[J]. 西安邮电大学学报, 2016, 21(4): 67-71. (SHANG Feng, LI Wenbo, CHEN Wenxue. A multiband microstrip antenna adapted to satellite positioning[J]. Journal of Xi'an University of Posts and Telecommunications, 2016, 21(4): 67-71.)
- [6] 侯榜焕, 万国宾, 张雪松. 微带八木贴片天线的特性研究[J]. 中国空间科学技术, 2009, 6(3): 36-41. (HOU Banghuan, WAN Guobin, ZHANG Xuesong, et al. Identity analysis of microstrip patch Yagi antenna[J]. Chinese Space Science and Technology, 2009, 6(3): 36-41.)

(下转第 456 页)