

· 通信与信息工程 ·

基于Quasi-Yagi天线结构的波导-微带背靠背过渡

胡皓全, 曹纪纲

(电子科技大学电子工程学院 成都 610054)

【摘要】提出了一种新颖的波导-微带线的背靠背过渡结构,利用Quasi-Yagi天线结构在波导E面与波导形成电场耦合,通过采用高介电常数基片和增加Yagi天线引向器阶数的方法,改善天线与波导的电场耦合效果,以达到在通频带内平稳过渡,较传统的波导微带过渡结构有着更宽的带宽(将近68%)。通过电磁仿真软件CST在整个X波段对其进行了全波分析,得到了较好的 S_{21} ($S_{21} < 0.7$ dB)。对这种过渡结构进行了容差分析,在10%的误差范围内 S_{21} 仍能保持较好的一致性和相对低的插入损耗,能满足加工要求。

关键词 背靠背结构; 宽带; Quasi-Yagi天线; 波导过渡; X波段

中图分类号 TN124.2

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2010.02.001

Waveguide-to-Microstrip Back-to-Back Transition Using Quasi-Yagi Antenna

HU Hao-quan and CAO Ji-gang

(School of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract A novel waveguide-microstrip back to back transition structure by utilizing Quasi-yagi Antenna is introduced in this paper. By adopting high dielectric substrate and adding numbers of the Yagi antenna director, electromagnetic coupling effect between antenna and waveguide is improved to make a smoother transition in passband. Compared with traditional waveguide-microstrip structure, it has a advantagment of wider bandwidth (nearly 68%). Through electromagnetic software CST, a full-wave analysis in the whole X-band bring about better S_{21} ($S_{21} < 0.7$ dB). The a toralance Analysis to this transition structure Shows that S_{21} still keeps fine consistency and comparatively low insert loss within deviation of 10%, which can meet the requirement of production.

Key words back-to-back; broad-band; Quasi-Yagi antenna; waveguide transition; X band

随着毫米波技术在无线通讯和雷达系统中应用的不断增多,低成本、高可靠性的毫米波单片集成电路(MMIC)的使用也日趋广泛。在MMIC毫米波接收系统中,对各个MMIC之间的连接采用的是微带线。而现有的毫米波测试系统采用的是矩形波导接口,就要求在使用MMIC的系统中寻找一种低成本、低损耗、易制造的宽带矩形波导实现微带过渡。目前常用的过渡结构有阶梯脊波导过渡^[1]、对脊鳍线过渡^[2-4]及耦合探针过渡^[5-6]等。这些过渡结构带宽较宽(在10%~20%的带宽内回波损耗在15 dB以下),插入损耗小。其中阶梯脊波导过渡加工复杂,耦合探针过渡因波导出口方向与电路平行,使其不满足很多系统结构的要求。

文献[7-8]研究出一种新型的CPS(共面线)结构的Yagi辐射天线,它主要由一个谐振型天线($< \lambda_0 / 2$)

构成,能够覆盖非常宽的带宽(将近68%)。这种Quasi-Yagi天线利用了一种在高介电常数的基片上传播的表面波和一个endfire辐射天线。本文把这种新型Yagi天线应用于波导微带线的过渡结构中,通过电磁仿真软件对这种新型过渡结构进行系统仿真,并给出了结构的容差分析。

1 过渡设计

过渡设计中用到的Quasi-Yagi天线如图1所示。天线分为A、B两区,其中A区为天线辐射部分,包括3个半波振子天线;B区为天线馈电(微带-共面线过渡巴伦),包括1个截断的接地面和1个过渡巴伦。

这种过渡结构与微带探针结构相似,即都为插入波导E平面与波导形成一种电耦合。由图1可知,过渡结构的宽度应该与波导窄边一致。B区和A区的

收稿日期: 2008-08-08; 修回日期: 2009-03-18

基金项目: 部级基金

作者简介: 胡皓全(1964-),男,教授,博士生导师,主要从事电磁兼容、微波毫米波电路与系统等方面的研究。

区别在于天线馈电部分, B区基片下面附着一层金属接地面, 而A区基片下面无附着金属。

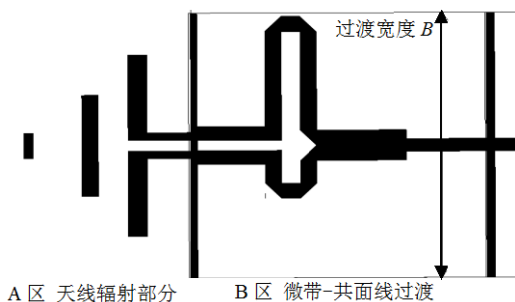


图1 Quasi-Yagi天线图

1.1 微带-共面线过渡巴伦设计^[7]

巴伦是整个天线的关键部分, 其结构尺寸如图2所示。

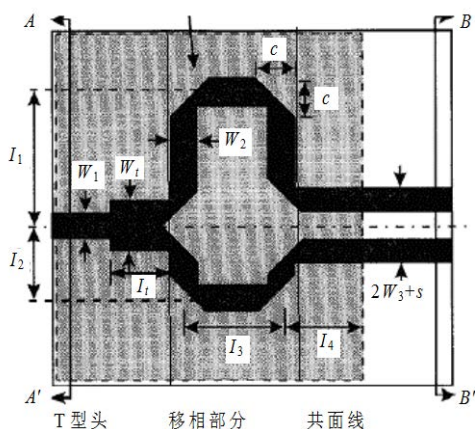
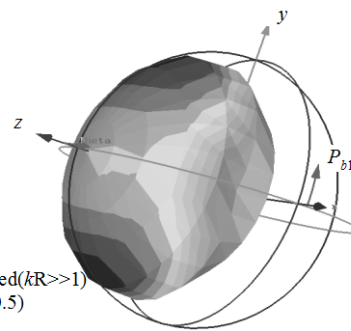


图2 微带-共面线过渡巴伦

微带线通过一个T型接头与共面线(CPS)相连接, 微带线宽为 $50\ \Omega$, W_1 通过优化为 $37.5\ \Omega$ 。巴伦设计的关键是相移部分, 为了能够让共面线上传输奇模, 本文采用如图所示的结构。这种结构的移相器产生 180° 的相移, 能够让共面线上传输奇模, 即应该满足 $l_1 - l_2 = \lambda_g / 4$ (λ_g 为波导波长)。在巴伦部分中有许多直角拐角, 为了减少回波损耗, 对拐角进行了优化^[9]。

1.2 天线辐射部分设计

如图1所示, 本文采用半波振子天线作为辐射单元, 作为单一的半波振子天线, 它方向图的前后比不高, 在其之前又加了两个辐射单元作为电磁场引导部分以增加方向系数, 其中各个单元的尺寸和位置, Yagi已经做了详细论述并给出了图表以供参考^[10]。设计需要天线工作在X波段, 图3为设计得到的天线方向图。由图3可知, 天线的方向性较单一的半波振子天线得到了提高, 且能够与波导进行有效的电耦合, 这种结构可以作为微带波导过渡。



Type=Farfield
Approximation=Enabled($kR \gg 1$)
Monitor=Farfield($f=10.5$)
Component=Abs
Output=Directivity
Frequency=10.5
Rad.effic=0.9789

图3 三阶半波振子天线方向图

2 背靠背设计

本文运用Quasi-Yagi天线, 设计了一种波导-微带背靠背过渡结构, 该过渡结构工作在X波段, 微带和共面线基片采用铝制基片, 其中 $\epsilon_r = 9.9$, 厚度 $h=0.635$, 整个结构如图4所示。

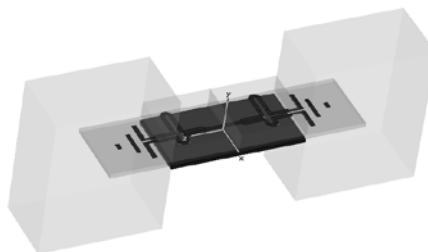


图4 波导-微带背靠背过渡结构

由图可以看出, 过渡结构是从E面伸入到波导腔内, 与波导可以产生电耦合。

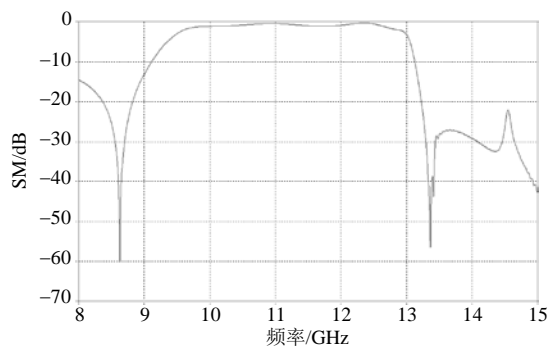


图5 过渡结构 S_{21} 参数

通过仿真软件CST对图4所示的背靠背结构进行电磁场的全波分析, 仿真结果如图5所示。由图5看出, 在整个X波段内, 过渡结构的插入损耗最大值为 $0.7\ \text{dB}$, 带内较为平坦, 这也验证了本文把Quasi-Yagi天线用到过渡结构中的可行性。并且通过电磁软件得到了最优结构, 尺寸如图6所示。 $l_1=3.3$, $l_2=1.5$, $l_3=3$, $l_4=1.9$, $l_5=2.75$, $l_{\text{dir}}=4$, $l_{\text{dri}}=7.2$, $l_{\text{dir1}}=1$, $S_5=0.4$, $S_6=0.43$, $S_{\text{dir}}=3.4$, $S_{\text{dir1}}=1.4$, $S_{\text{ref}}=1.6$, $W_1=0.76$, $W_2=1.2$, $W_3=W_4=0.6$, $W_5=0.55$, $W_6=0.3$ 。

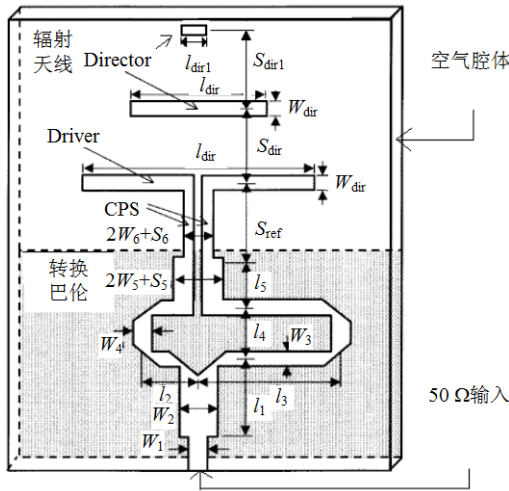


图6 Quasi-Yagi天线尺寸标记图

3 容差分析

在实物加工工程中, 由于加工工艺的误差, 难免造成最后成品的性能与仿真结果有较大差异, 导致设计失败。本文给出几个关键参数对性能影响的容差分析, 如图7~9所示。

本文进行容差分析时采用10%的误差范围, 已经远远大于实物的加工误差, 由以上3图可以看出, 在关键尺寸变化10%的情况下, 主要是对带宽有大约1.1%的影响, S_{21} 性能改变较小, 图6所示的其他尺寸对性能基本无决定的影响。

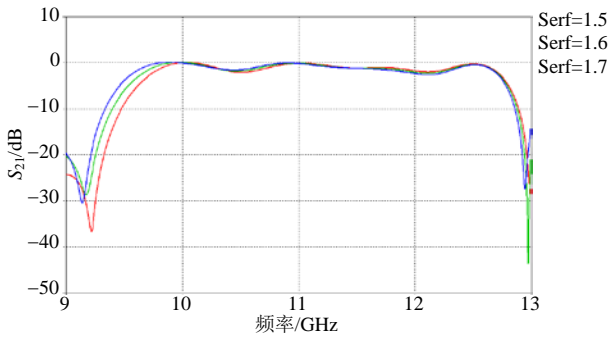


图7 参数Sref对 S_{21} 性能的影响图

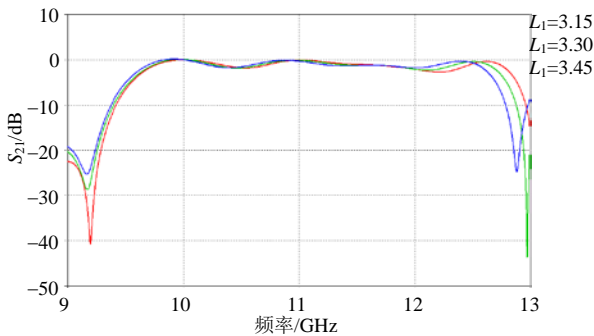


图8 参数l1对 S_{21} 性能的影响图

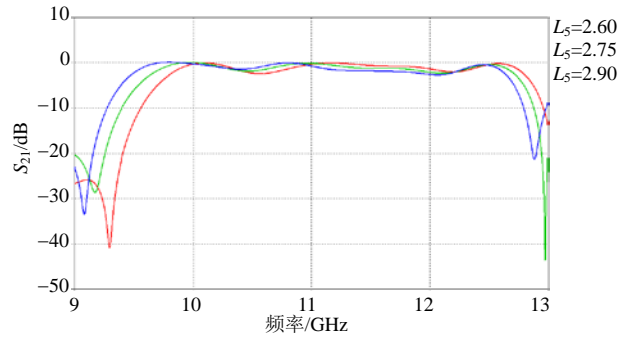


图9 参数l5对 S_{21} 性能的影响图

4 结束语

本文设计了一种工作频率覆盖整个X波段, 利用Quasi-Yagi天线的微带-波导的背靠背过渡结构, 给出了Quasi-Yagi天线的设计方法和关键注意点, 并通过电磁仿真软件CST对设计的过渡结构进行了全波分析, 验证了这种过渡结构的可行性, 并得到了一个较好的 S_{21} 曲线。为了弥补没有做出实物的遗憾, 对过渡结构进行关键参数的容差分析, 分析结果显示, 在现有公差条件下, 实物测试图与仿真结果的一致性应该较好, 能满足工程需要。

参考文献

- [1] YAO Hui-wen, ABDELMONEM A, LIANG J F. A full wave analysis of microstrip-to-waveguide transition[J]. IEEE MTT-S, 1994, 1: 213-216.
- [2] VAN H. A new integrated waveguide-microstrip transition[J]. IEEE Trans MTT, 1976, 24(3): 144-147.
- [3] DYDYK M, MOORE B D. Shielded microstrip aids V-band receiver designs[J]. Microwaves, 1982, 21(3): 77-82.
- [4] PONCHAK G E, DOWNEY A N. A new model for broad-band waveguide-to-microstrip transition design[J]. Microwave Journal, 1988, 5: 333-343.
- [5] VILLEGAS F J, STONES D I, HUNG H A. A novel wave guide-to-microstrip transition for millimeter-wave module applications[J]. IEEE MTT, 1999, 47(1): 48-55.
- [6] LEONG Y C, SANDER W. Full bandwaveguide-to-microstrip probe transitions[J]. IEEE MTT-S, 1999, 4: 1435-1438.
- [7] YONGXI Q, TATSUO I. Broadband uniplanar microstrip-to-CPS transition[C]//Asia Pacific Microwave Conference. Los Angeles, USA: Electrical Engineering Department, University of California, 1997.
- [8] YONGXI Q, DEAL W R, KANEDA N, et al. A uniplanar QuasiYagi antenna with wide bandwidth and low mutual coupling characteristics[C]//IEEE AP-S Int Symp Digest. [S.l.]: IEEE, 1999.
- [9] CHADHA R, CRUPTA K C. Compensation of discontinuities in planar transmission lines[J]. IEEE Trans Microwave Theory and Tech, 1982, 12: 2151-2156.
- [10] TSAO C H, HWANG Y M, KILBURG F, et al. Aperturecoupled patch antennas with wide-bandwidth and dual-polarization capabilities[J]. IEEE AP-S Int, 1988, 3: 936-939.

编辑 税红