2019年10月

Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology

Oct., 2019

文章编号: 2095-4980(2019)05-0735-04

# 基于 LGA 工艺的 D 波段微带线 - 波导过渡结构

陈柏桑 a,b, 唐 杨 a,b, 岳海昆 a,b, 朱华兵 a,b, 闻 彰 a,b, 邓贤进 a,b

(中国工程物理研究院 a. 微系统与太赫兹研究中心,四川 成都 610200; b.电子工程研究所,四川 绵阳 621999)

摘 要:设计了一个工作于D波段的微带转波导结构。过渡结构由2部分组成,分别为微带一带状线过渡结构和带状线—波导过渡结构。相比传统的微带至波导结构,该结构无需额外的金属波导短路结构,减少了加工流程,直接和标准波导相连即可。仿真结果表明,在122~140 GHz范围内,反射系数小于-10 dB,最小插入损耗为1.85 dB。该过渡结构基于栅格阵列(LGA)封装工艺,能够直接与其他的芯片和无源器件进行集成和封装,对射频微系统的集成具有重要意义。

关键词: 过渡结构; 微带线; 带状线; 波导; D 波段, 系统集成

中图分类号:TN817

文献标志码:A

doi:10.11805/TKYDA201905.0735

# A D-band transition from microstrip to waveguide based on LGA technology

CHEN Boshen<sup>a,b</sup>, TANG Yang<sup>a,b</sup>, YUE Haikun<sup>a,b</sup>, ZHU Huabing<sup>a,b</sup>, WEN Zhang<sup>a,b</sup>, DENG Xianjin<sup>a,b</sup> (a.Microsystem and Terahertz Research Center, China Academy of Engineering Physics, Chengdu Sichuan 610200, China; b.Institute of Electronic Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621999, China)

**Abstract:** A transition structure from microstrip to waveguide, based on Land Grid Array(LGA) package technology, is designed in this paper. The structure consists of microstrip to stripline transition and stripline to waveguide transition. The metal waveguide shorter is no needed in the transition, thus the manufacturing process is simplified and the standard waveguide can connect with this transition directly. Simulation result shows that the minimal insertion loss is 1.85 dB and the return loss is less than -10 dB in 122-140 GHz. In addition, this transition can be integrated with other chips and passive devices. Therefore, the transition is useful for the improvement of property of RF microsystem.

Keywords: transition; microstrip; stripline; waveguide; D-band; system integration

微带线作为一种平面传输结构,容易与其他无源和有源微波器件集成,因此广泛用于微波单片集成电路和混合集成电路中。但相比于波导,微带线的损耗较大,Q值较低,因此很多微波元器件仍采用波导的形式来设计制造 $^{[1-3]}$ 。为将微带电路与波导形式的器件或电路相连,就需要设计微带—波导的过渡结构。

传统的微带—波导过渡结构主要为探针耦合形式,即波导—端短路,然后在距离短路端口  $\lambda/4$  的位置插入金属探针,通过磁场耦合形式,实现微波能量由微带线至波导的传输<sup>[4-5]</sup>。但这种结构需要进行额外的机械加工,会大大增加工艺的流程和复杂度。基于贴片天线的辐射耦合结构也被提出<sup>[6]</sup>,但为了增加带宽,仍需要对波导内壁进行金属加工。此外,还有其他的过渡结构<sup>[7]</sup>,但这些结构或多或少都会涉及到机械加工或机械组装。因此,基于减小加工复杂度和方便射频系统的集成封装,本文采用 LGA 封装工艺来设计微带线—波导的过渡结构,这种结构无需额外的机械加工,直接采用 LGA 的多层板技术即可完成,同时也很方便与其他芯片进行集成和封装。

#### 1 微带 – 波导过渡结构设计

该过渡结构主要由2部分组成,分别是微带线一带状线过渡结构与带状线一波导过渡结构,结构和工艺的剖面图如图1所示。LGA 封装工艺作为一种常用的工艺,广泛用于各种高密度芯片封装,因此该技术具有较高的成熟度和可靠性。本结构基于LGA 封装工艺设计,封装基板主要采用三菱板材,包含3层介质基板和4层金属。其中,材料 GHPL830NX 的介电常数为4.2,损耗正切角为0.015, HL832NXA的介电常数为4.6,损耗正切角为

收稿日期: 2018-11-05; 修回日期: 2019-03-13

0.012,对应的厚度分别为 $H_1$ =95 μm,  $H_2$ =135 μm,  $H_3$ =95 μm, 金属的材质为铜。由于该过渡结构主要用于 D 波段,因此过渡结构的另一端设置为 WR-6 标准波导接口,以方便和现有的商用波导进行连接。

#### 1.1 带状线 - 波导过渡结构设计

考虑到具体的 LGA 工艺要求, 首先需要实现带状线至波导的过渡结构设计,该过渡结构的示意图如图 1 左侧部分所示, 都是由探针和  $\lambda/4$ 

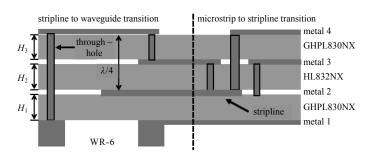
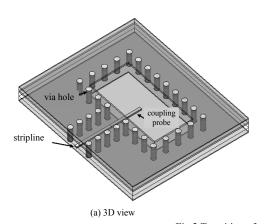


Fig. 1 Profile of transition from microstrip to waveguide 图 1 基于 LGA 工艺的微带—波导过渡结构

波长短路波导组成。但本结构的波导短路结构通过非机械加工的方式形成,利用 LGA 工艺自身的金属通孔和顶层金属实现波导一端短路。

具体结构如图 2 所示,首先利用 metal 1,metal 2,metal 3 实现带状线的传输结构,其中 metal 2 为带状线的信号线所在层,metal 1 和 metal 3 作为带状线的地。metal 4 用于封盖耦合窗口的一侧,从而形成  $\lambda/4$  长短路结构。为方便与其他结构的级联,带状线的特征阻抗设计为 50  $\Omega$ ,因此带状线的线宽  $W_s$ =50  $\mu$ m。同时,在带状线两侧放置了直径  $d_{via}$ =100  $\mu$ m 的金属通孔,以消除非 TEM 传播模式的影响。将带状线的信号线延伸至波导耦合窗口中,可以实现带状线—波导耦合,从而实现带状线—波导过渡。因此,可通过调节带状线插入耦合窗口的长度以及耦合窗口的大小,实现所需要的匹配和带宽。通过电磁仿真软件仿真,最终的优化尺寸为  $L_{in}$ =400  $\mu$ m, $W_r$ =830  $\mu$ m,  $L_r$ =1 700  $\mu$ m。



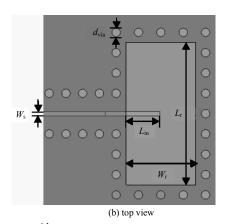


Fig.2 Transition of strip line to waveguide 图 2 带状线—波导过渡结构

图 3 为带状线—波导过渡结构优化后的仿真结果。仿真结果表明,该过渡结构在 123~140 GHz 频率范围内,2 个端口的反射系数均小于-10 dB,插入损耗最小为 0.7 dB,最大为 1.4 dB,取得了较好的驻波和插损特性。

# 1.2 微带至带状线传输设计

为方便与表贴的芯片互联,还需要设计 1 个微带线—带状线的垂直过渡结构,将信号由基板内部引出至基板表面<sup>[8]</sup>。如图 4 所示,该结构通过使用通孔,将微带信号线与带状线信号线相连,同时将微带线的地平面与带状线的地平面也用金属通孔相连,实现高次模的抑制。通过改变匹配支节的长度和宽度,就可以实现 50  $\Omega$  的匹配。

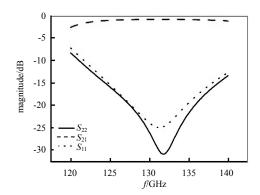
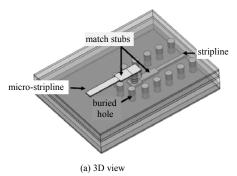


Fig.3 Simulated result of *S* parameter 图 3 *S* 参数仿真结果

详细尺寸标注如图 4(b)所示,最终的优化尺寸为: $W_{\rm m}$ =100 μm,  $d_{\rm cut}$ =200 μm,  $L_{\rm match}$ =300 μm,  $W_{\rm match}$ =100 μm,  $L_{\rm match}$ =200 μm,  $W_{\rm match}$ =150 μm。



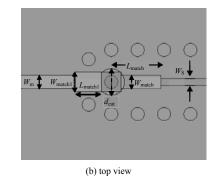


Fig.4 Transition from microstrip to stripline 图 4 微带—带状线过渡结构

图 5 为微带-带状线过渡结构优化后的仿真结果。结果表明, 该过渡结构在 123~140 GHz 频率范围内, 回波损耗小于 10 dB, 插入损耗最小为 0.7, 最大为 1.4 dB, 取得了较好的驻波和插损特性。

# 1.3 微带至波导传输设计

在 1.1 和 1.2 节的基础上,将微带 - 带状线过渡结构与带状线 - 波导结构进行拼接,便实现了由微带 - 带状线 - 波导的过渡。从图 6 的仿真结果可以得出,该结构在 122~140 GHz 范围内,反射系数仍然小于-10 dB,插入损耗为 1.85~2.7 dB,能够实现微带线至波导的有效过渡。

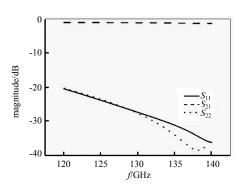
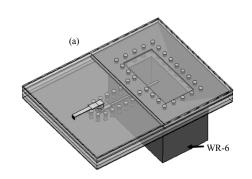


Fig.5 Simulated result of S parameter 图 5 S 参数仿真结果



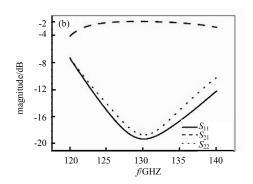


Fig.6 (a) 3D view of microstrip to waveguide; (b) simulated result of microstrip to waveguide 图 6 (a) 微带线—波导过渡结构; (b) 仿真结果

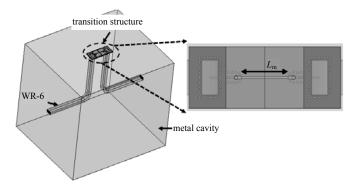


Fig.7 Back to back structure of transition 图 7 背靠背结构示意图

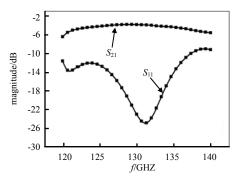


Fig.8 Simulated result of back to back structure 图 8 背靠背结构仿真结果

## 2 背靠背结构仿真

为进一步验证这种过渡结构,对这种过渡结构的背靠背结构进行仿真,仿真结构如图 7 所示,微波信号先由波导过渡至微带线,经过长度为  $L_m(L_m=2.4 \text{ mm})$ 的微带线传输之后,再通过相同的过渡结构传输至波导。

背靠背结构的仿真结果如图 8 所示,整个结构的插入损耗最小为 3.8 dB,最大为 6.3 dB,在 120~137 GHz 内的回波损耗小于 10 dB。考虑到微带线和波导的损耗,该结果与 1.3 节的仿真结果基本吻合,进一步说明了这种过渡结构在 D 波段的可行性。

#### 3 结论

本文提出一种基于 LGA 工艺的 D 波段微带 – 波导过渡结构替代传统机械加工的过渡结构,实现了加工过程的简化。仿真结果显示,在设计频段内,该过渡结构具有良好的端口驻波特性和低插入损耗,说明了设计的可行性。另该结构基于 LGA 封装工艺,因此与芯片的封装工艺具有很好的兼容性,对于高频微系统的集成封装也具有重要的意义。

#### 参考文献:

- [1] SHANG X B,LANCASTER M,DONG Y L. W-band waveguide filter based on large TM<sub>120</sub> resonators to ease CNC milling[J]. Electronics Letters, 2017,53(7):488-490.
- [2] SHEN Z X,CHAO Feng. A new dual-polarized broadband horn antenna[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2005,4(1):270-273.
- [3] 姚远,俞俊生,陈晓东. 太赫兹超高斯波纹喇叭天线设计[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2014,12(4):487-490. (YAO Yuan,YU Junsheng,CHEN Xiaodong. Design of terahertz ultra Gaussian corrugated horn antenna[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2014,12(4):487-490.)
- [4] GRABHERR W, HUDER W G B, MENZEL W. Microstrip to waveguide transition compatible with mm-wave integrated circuits [J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1994, 42(9):1842-1843.
- [5] 朱海帆. 宽带波导—微带过渡设计[C]// 2007 年全国微波毫米波会议. 浙江,宁波:中国电子学会, 2007:192-196. (ZHU Haifan. Design of wideband transition from waveguide to microstrip[C]// 2007 National Conference on Microwave and Millimeter Wave. Ningbo, Zhejiang, China: Chinese Institute of Electronics, 2007:192-196.)
- [6] TOPAK E, HASCH J, ZWICK T. Compact topside millimeter-wave waveguide-to-microstrip transitions[J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2013,23(12):641-643.
- [7] 何柳,陈正,钟兴建,等. 一种微带波导过渡结构及其应用[C]// 2017 年全国天线年会. 西安:[s.n.], 2014:674-676. (HE Liu,CHEN Zheng,ZHONG Xingjian,et al. A structure of microstrip-waveguide transition and its application[C]// 2017 National Conference on Antenna. Xi'an,China:[s.n.], 2014:674-676.)
- [8] HUANG Qingchou,ZHANG Shu,JIANG Wanshun. A shielded microstrip-to-stripline vertical transition for multilayer printed circuit board[C]// 2012 International Conference on Microwave Millimeter Wave Technology(ICMMT). Shenzhen,China: IEEE, 2012:1-3.

## 作者简介:



陈柏燊(1992-),男,四川省阆中市人,硕士,研究实习员,主要研究方向为太赫兹集成微系统、太赫兹无源器件.email:chenboshen@mtrc.ac.cn.

**闻 彰**(1990-), 男, 湖北省襄阳市人, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为太赫兹集成微系统建模与仿真.

**唐** 杨(1985-), 男, 四川省射洪县人, 博士, 副研究员, 主要研究方向为太赫兹集成微系统.

**岳海昆**(1987-),男,河南省汝南县人,博士,助理研究员,主要研究方向为太赫兹集成微系统.

朱华兵(1986-),男,湖北省潜江市人,硕士,研究实习员,主要研究方向为太赫兹集成微系统.

邓贤进(1973-), 男,四川省安岳县人,研究员,主要研究方向为电磁场理论、仿真技术、微波技术、收发信道系统技术、通信系统技术等.