

一种微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构

张国忠 李伟

(中国航空工业集团公司雷华电子技术研究所 无锡 214063)

摘要: 针对基于微波多层介质板的微带线到带状线过渡问题,提出了一种微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构,通过地层的圆形开孔完成微带线与带状线椭圆形贴片间的电磁耦合与匹配设计,实现了微波信号在微波多层介质板内跨层传输。将微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构在三维电磁场仿真软件中进行了建模,并对背对背结构进行了仿真、加工与测试。测试结果表明,在7~13 GHz的频带范围内输入输出回波损耗小于-12 dB,插入损耗最小为1.48 dB。该微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构具备了良好的性能,同时具有电路结构简单、加工方便等特点,在微波电路设计方面具有较高的实用价值。

关键词: 微波多层介质板;微带线-带状线过渡;椭圆形贴片;宽带垂直耦合

中图分类号: TM134 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1025

Broadband vertical microstrip to stripline transition via electromagnetic coupling

Zhang Guozhong Li Wei

(AVIC Leihua Electronic Technology Research Institute, Wuxi 214063, China)

Abstract: Aiming at microstrip to stripline transition in multi-layer designs, a broadband vertical microstrip to stripline transition via electromagnetic coupling is proposed. In this designs, microstrip to stripline transition is formed by two elliptically patches, which are broadside coupled and matched through circular slots, and then realizes the transmission of microwave signal in different layers. The proposed structure is designed by software and the back-to-back transition is simulated, fabricated and tested. The measurements of the designed devices exhibit that the return loss in the order of 12 dB or better and the best insert loss is 1.48 dB. The results show that this proposed structure has a good performance, and the structure is simple and the processing is convenient and so on. All this indicates the structure has a good applicable worthiness in microwave circuit designs.

Keywords: microwave multilayer circuit board; microstrip to stripline transition; elliptical patch; ultra wideband vertical coupling

1 引言

近年来,随着雷达技术的发展进步,子阵化、小型化、多功能逐渐成为了雷达的重点发展方向。在这些趋势的引领下,微波多层介质板技术在微波电路设计领域得到了广泛的应用^[1-2],大大提高了系统的集成度,实现了微波电路的小型化、高性能和低成本。

微波多层介质板的优势在于能够更加灵活的进行电路设计,可以在其内部层中设计各种无源器件^[3],同时其成本要低于LTCC基材,微波多层介质板技术提高了微波电路的集成度,实现了微波电路的小型化、低成本。但随之而来

的是微波电路中传输线的走线变得更加复杂,往往需要各种信号在不同层之间进行传输。当微波信号从一种传输线形式转换到另一种传输线形式或者信号在不同的层之间传输的时候,都需要性能良好的过渡结构来实现良好的匹配,否则势必造成传输特性的恶化,除了能引起信号的反射,还能激发出高阶模以及产生辐射问题^[4],使得信号传输带来额外的插入损耗,恶化电路性能,严重的甚至会造成放大器等有源器件的自激振荡等。因此研究不同传输线之间的过渡结构显得更加必要。

一般情况下,不同传输线之间过渡的实现形式主要有两种:垂直金属过孔^[3,5-6]与电磁耦合^[7-9],文献[8]提出了一

种采用电磁耦合方式的过渡结构,仿真实现了微带线到共面波导的过渡。文献[3]提出了一种基于微波多层印制板的 3.8~4.8 GHz 带通滤波器,其采用垂直金属过孔实现了微带线到带状线的过渡。文献[6]提出了一种基于 LTCC 基板的微带到带状线的过渡结构,其采用垂直金属过孔来实现微带与带状线之间的过渡。不过,采用垂直金属过孔来实现不同层之间、不同传输线之间的过渡会存在电路结构复杂、成本较高等局限性。

为了设计一种基于微波多层介质板技术,电路结构简单、加工方便的微带线到带状线过渡结构。本文采用基于电磁耦合的设计思路,设计了一种微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构,在微波多层介质板中实现了 7~13 GHz 的频带范围内微带线到带状线的垂直耦合过渡,并对微带线到带状线过渡背对背结构进行了仿真与测试,测试结果表明该结构具备了良好的传输特性,对提高微波电路设计灵活性、集成度、小型化具有重要意义。

2 微带线-带状线宽带垂直耦合过渡结构的原理与设计

微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构等效电路原理图其如图 1 所示,其可以视为一个两个端口开路的四端口耦合器^[10-11]。

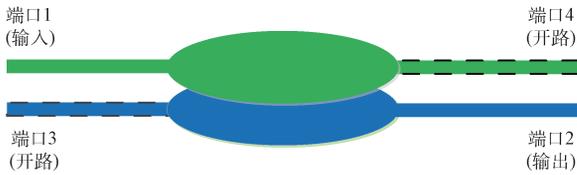


图 1 微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构等效电路原理

假定第 $n(n=1,2,3,4)$ 端口的入射信号与反射信号分别表示为 a_n 与 b_n ,那么各个端口的反射信号可以表示为:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中端口 3 与端口 4 处于开路状态,所以其反射系数为 1。通过在第一、二、三地层上开圆形开孔并调节各个尺寸参数实现端口 1 与端口 2 的阻抗匹配,实现微带线-带状线的电磁耦合垂直过渡结构。本文设计的微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构模型图如图 2 所示。

在图 2 中,最上层为微带线部分,其以下各层依次为:第一地层、第二地层、带状线部分、第三地层,其中第一地层为微带线部分的参考接地层,第二地层与第三地层为带状线部分的参考接地层。相邻层之间的部分为 Rogers4350 介质板。其中微带线部分如图 3 所示,其中 W_{ML} 为微带线的宽度,其阻抗设置为 50Ω , D_{MLA1} 为椭圆形贴片的长轴长

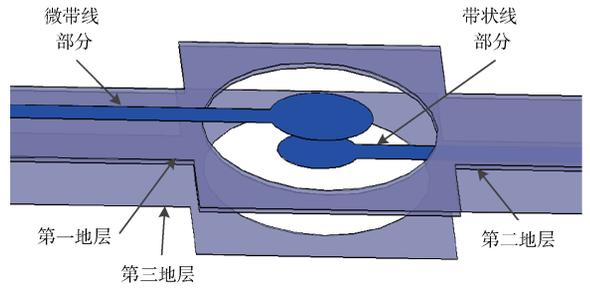


图 2 微带线-带状线电磁耦合垂直过渡结构模型

度, D_{MLB1} 为椭圆形贴片的短轴长度,图 4 中所示为第一地层与第二地层部分示意图,其中 D_{S1} 为第一地层与第二地层圆形开孔的直径。带状线部分如图 5 所示,其中 W_{SL} 为带状线的宽度,其阻抗设置为 50Ω , D_{SLA1} 为带状线部分的椭圆形贴片的长轴长度, D_{SLB1} 为椭圆形贴片的短轴长度。图 6 为第三地层部分示意图,其中 D_{S2} 为第三地层圆形开孔的直径。

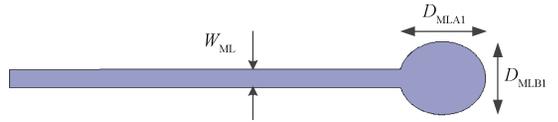


图 3 微带线部分示意图

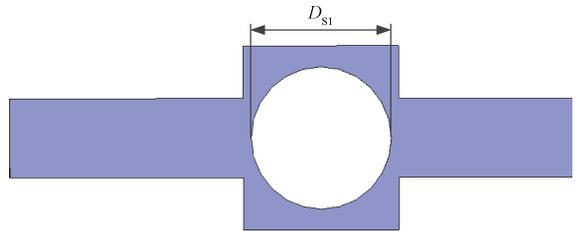


图 4 第一地层与第二地层部分示意图

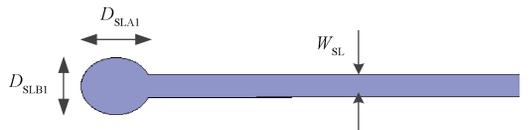


图 5 带状线部分示意图

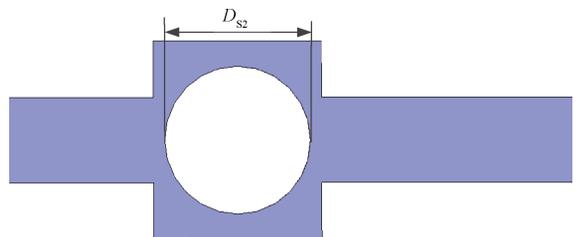


图 6 第三地层部分示意图

3 微带线-带状线垂直耦合过渡结构仿真与测试

图2中,上层的微带线部分与带状线部分通过第一地层与第二地层之间的圆形开孔实现电磁耦合,并通过调节第三地层的圆形开孔大小来实现微带线与带状线部分的阻抗匹配。将所述的微带线到带状线宽带垂直耦合过渡背对背结构在三维电磁场仿真软件中进行了建模、仿真分析,如图7所示,通过调节 W_{ML} 、 W_{SL} 、 D_{MLA1} 、 D_{MLB1} 、 D_{S1} 、 D_{SLA1} 、 D_{SLB1} 与 D_{S2} 参数来实现输入输出端口之间良好的阻抗匹配,仿真结果显示各个参数的值分别设置为 0.57 mm、0.59 mm、2.4 mm、2 mm、5.4 mm、1.5 mm、1.875 mm 与 5.2 mm。最后将该微波多层介质板进行了加工制作,最终的微波多层介质板的厚度为 1.7 mm。

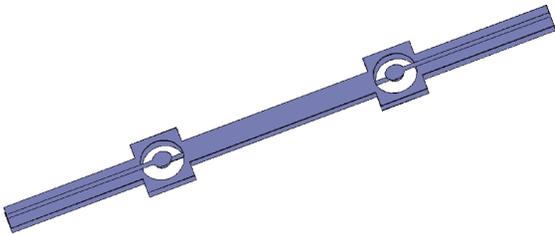


图7 背对背仿真结构示意图

所述的微带线到带状线宽带垂直耦合过渡背对背结构性能实测结果如图8与图9所示,由以上图中可以看出本

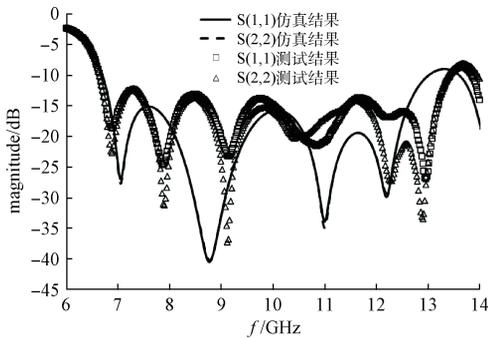


图8 微带线-带状线宽带垂直耦合过渡背对背结构输入输出回波损耗仿真结果与测试结果对比

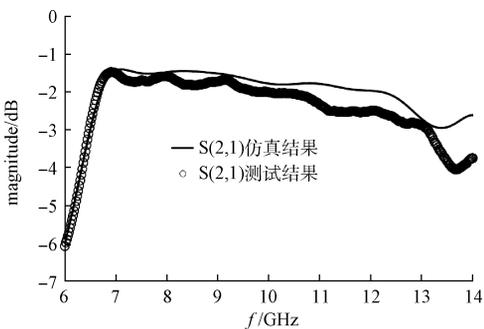
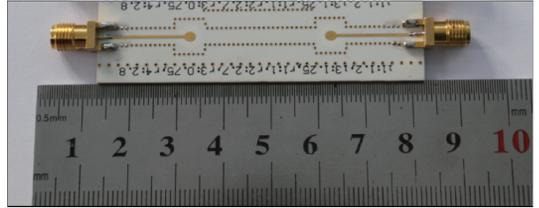
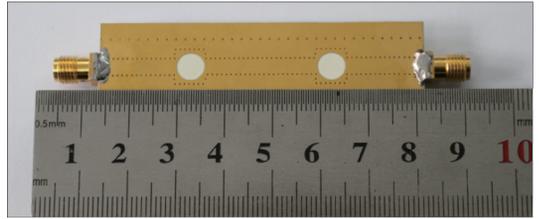


图9 微带线-带状线宽带垂直耦合过渡背对背结构插入损耗仿真结果与测试结果对比

文设计的微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构具备了良好的性能,在 7~13 GHz 的频带范围内输入输出回波损耗小于 -12 dB,插入损耗最小为 1.48 dB。产品的最终实物照片如图10所示。



(a) 为微波多层介质板正面照片



(b) 为微波多层介质板反面照片

图10 微带线-带状线宽带垂直耦合过渡背对背结构实物

4 结 论

本文基于微波多层介质板技术,设计了一种微带线到带状线宽带垂直耦合过渡结构,并通过地层的圆形开孔来实现微带线与带状线部分良好的阻抗匹配,对微带线到带状线宽带垂直耦合过渡背对背结构进行了仿真、加工与测试,测试结果表明本文设计的过渡结构在 7~13 GHz 的频带范围具备了良好的传输特性,在微波电路设计方面具有较高的实用价值。

参考文献

- [1] 白锐,高长征. 基于微波多层板的小型化多通道接收前端设计[J]. 电讯技术,2014,54(11):1544-1548.
- [2] 杨维生. 雷达用多层微波综合背板制造工艺研究[J]. 现代雷达,2011,33(10):77-80.
- [3] 李力,年夫顺. 微波多层印制板带通滤波器[J]. 国外电子测量技术,2013,32(4):63-65.
- [4] 毛剑波,黄正峰,杨明武,等. 微带线不连续性辐射研究[J]. 电子测量与仪器学报,2012,26(5):392-397.
- [5] AMAYA R E, LI M, HETTAK K. A broadband 3D vertical microstrip to stripline transition in LTCC using a quasi-coaxial structure for millimeter-wave SOP applications [C]. Proceedings of the 40th European Microwave Conference, 2010:109-112.
- [6] 徐鑫,黄齐波. 毫米波频段 LTCC 微带到带状线过渡结构设计[J]. 空间电子技术,2014(3):1-6.

(下转第26页)