

LTCC小型化Balun设计

厉强¹, 杨涛², 金龙¹, 尉旭波¹

(1. 电子科技大学电子科学技术研究院 成都 610054; 2. 电子科技大学电子工程学院 成都 610054)

【摘要】介绍了一种基于LTCC(低温共烧陶瓷)技术的小型化balun的设计。设计的Balun采用Marchand balun结构, 使用LTCC技术实现多层结构、上下耦合的方式减小balun的体积并拓展带宽。该balun工作在1.7~2.2 GHz, 体积为2.8 mm×3 mm×1 mm, 并且平衡端口输出具有良好的幅值平衡和180°相位差。

关键词 巴伦; 耦合线; 低温共烧陶瓷; 多层电路
中图分类号 **文献标识码** A

A Miniaturized LTCC Balun

LI Qiang¹, YANG Tao², JIN Long¹, and WEI Xu-bo¹

(1. Research Institute of Electronic Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054;
2. School of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract In this paper, we present a miniaturized low temperature co-fired ceramic (LTCC) balun. The size of Marchand balun is reduced by the LTCC multilayer technology and the broadband is improved by using vertical solenoid coupled transmission lines. The designed balun shows the maximum amplitude imbalance of 0.1 dB and the maximum phase imbalance of 5 in the 1.7~2.2 GHz frequency band. The overall dimension is as small as 2.8 mm×3 mm×1 mm.

Key words balun; coupled line; low temperature co-fired ceramic; multilayer circuit

巴伦是一种三端口器件, 由一个不平衡端口和两个平衡端口组成。两个平衡端口的信号有相同的幅值, 但是有180°的相移。许多电路需要平衡的输入和输出, 从而用来减少电路的噪声和高次谐波, 改善电路的动态范围。Balun作为一个关键性器件, 被广泛地应用于平衡混频器、推挽放大器和天线等电路中^[1]。

Balun的形式有多种, 但从总体上可分为有源balun和无源balun两大类。有源balun由于要使用晶体管等有源器件, 所以不可避免地会产生噪声和功耗。无源balun又可以分为集总元件形式balun、螺旋变压器形式balun和分布参数形式balun三类。集总元件形式balun的优点是体积小、重量轻, 但是不容易达到180°的相移和相等的输出幅值; 螺旋变压器形式balun仅适用于低频和超高频(UHF), 并且有一定的损耗; 分布参数形式balun可细分为180°混合环balun和Marchand balun^[2]。在微波频段, 180°混合环balun有相当好的频率响应, 但是过大的尺寸限制它应用于射频频段, 即从200兆赫兹到几吉赫兹。Marchand balun由于有较好的输出等幅值和输出180°相移, 并

且带宽较宽, 所以被许多设计者选用。但是Marchand balun由两段四分之一波长耦合线构成, 会占用较大的面积, 特别是在低频频段^[3]。

低温共烧陶瓷(low temperature co-fired ceramic, LTCC)技术是一种多层基板结构, 可以将许多无源组件内埋在LTCC中, 与传统PCB基板以封装方式处理这些组件不同, LTCC的这种内埋方式大幅缩小了无线模块体积。这种材料具有高可靠性和设计上的灵活性, 从而真正实现三维结构。LTCC较高的介电常数可以缩小元件需要的体积, 而其较低的介质损耗可以降低功耗。鉴于以上优点, 本文选用LTCC技术实现balun小型化的设计。

本文设计的LTCC balun工作在1.7~2.2 GHz, 两个平衡端口的幅值差小于0.2 dB, 相位不平衡度小于5°。整个Balun的尺寸为2.8 mm×3 mm×1 mm, 共11层, 使用螺旋线代替四分之一波长传输线, 从而减小整个balun的尺寸。

1 Marchand balun

Marchand balun由于有良好的平衡输出和较大

的带宽,所以被广泛地应用于微波和毫米波电路中。图1为平面Marchand balun的等效电路^[4],由两段四分之一波长直耦合线构成^[5]。

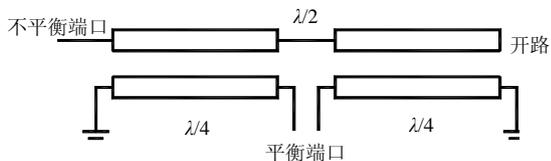


图1 Marchand balun的等效电路

从半波长开路线的一端馈入能量,两段四分之一波长短路线置于半波长开路线的旁边,并从半波长开路线上耦合得到能量,从而在两个平衡端口得到幅值相同,相位相差180°的输出能量。Marchand balun虽然有诸多优点,但由于涉及到半波长传输线, balun在较低的频率上会占用较大的面积^[6]。

2 耦合线的设计

Marchand balun可以看成是两段四分之一波长的耦合线构成的。而balun的带宽直接与这两段耦合线的耦合系数 k 有关,耦合系数 k 的表达式为:

$$k = \frac{\text{Im}(Z_{21})}{\sqrt{\text{Im}(Z_{11}) \times \text{Im}(Z_{22})}}$$



图2 螺旋耦合线三维结构图

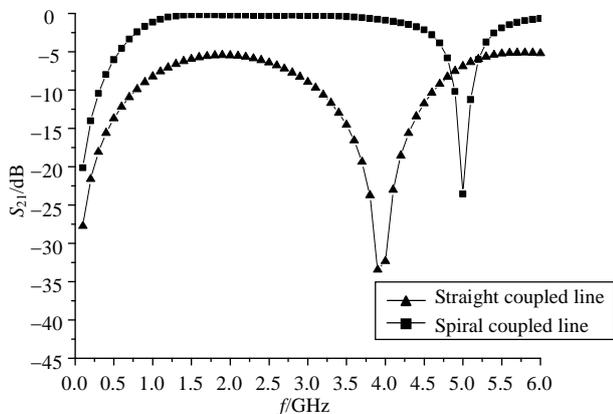


图3 不同耦合线结构的传输系数

在本文的设计中选用螺旋耦合线、上下耦合的

方式,可以在缩小balun体积的同时提高耦合线的耦合系数。直耦合线的耦合系数大概为0.3左右,而上下耦合的螺旋耦合线的耦合系数可以达到0.45左右。图2所示为螺旋耦合线的三维结构图。

图3对两种结构耦合线的传输常数进行了仿真对比,可以看出,直耦合线由于采用侧面耦合,耦合系数较低,所以带宽明显小于上下耦合的螺旋耦合线^[7-8]。

3 Balun的设计

基于上述耦合线的设计,本文设计了多层的Marchand balun,其三维结构和每层之间的互连如图4所示。选用带状线实现耦合线,整个balun共由11层组成,层与层之间通过通孔连接,上下为对称结构,其中第1层和第11层为陶瓷保护层,第2层、第6层和第10层为接地层,第6层把上下两段耦合线分开,从而避免产生不需要的寄生耦合^[9-10]。使用电子科技大学电子科学技术研究院的LTCC生产线提供的工艺参数进行优化设计,每层陶瓷基片的厚度为0.1 mm,陶瓷基片的介电常数 $\epsilon_r=14$,损耗正切 $\tan\delta=0.002$,陶瓷上敷金属银作为导带,金属导带厚度为0.007 mm,带状线的线宽为0.2 mm。整个balun的体积大小为2.8 mm×3 mm×1 mm。

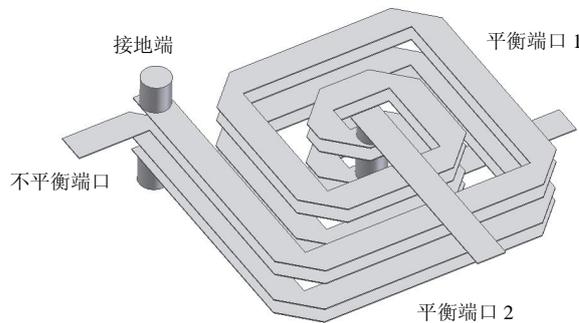


图4 Marchand balun三维结构图

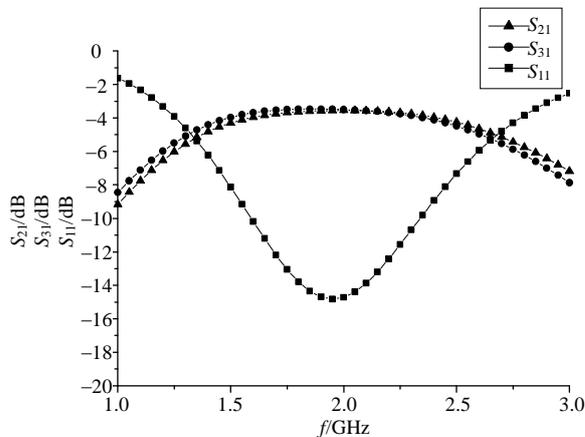


图5 balun的 S_{21} 、 S_{31} 与 S_{11} 幅值的仿真结果

(下转第105页)