

P波段窄带高抑制选频组件性能优化的研究

龚旭,杨桃均,李亚飞,蒲志勇,张伟

(中国电子科技集团公司第二十六研究所,重庆400060)

摘要:直插封装(SC04-06)滤波器装配工艺复杂,引脚修剪长度和装配过孔等影响端口阻抗,导致产品一致性差,不利于选频组件批量生产。表面贴装封装(SMD0705B)滤波器的体积小,装配工艺简单,但存在阻带抑制不佳问题。利用三维电磁软件对选频组件的核心声表面波(SAW)滤波器进行仿真,通过仿真结果和实物对比,验证了滤波器封装对阻带抑制的影响。提出对SMD0705B封装滤波器增加屏蔽罩的方法,实现了P波段窄带选频组件的高阻带抑制。结果表明,选频组件阻带抑制大于40 dBc,带内波纹小于1 dB,幅度一致性小于1 dB,可批量生产。

关键词:选频组件;SAW滤波器;阻带抑制;屏蔽罩;窄带

中图分类号:TN384 文献标识码:A

Research on Performance Optimization of P-Band Narrowband High Suppression Frequency-Selecting Module

GONG Xu, YANG Taojun, LI Yafei, PU Zhiyong, ZHANG Wei

(The 26th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: The assembly process of the direct insertion package (SC04-06) filter is complex, and the trimming length of the pins and assembly vias affects the port impedance. This results in poor product consistency and hinders mass production of the frequency-selecting module. The surface mount package (SMD0705B) filter has a small size and a simple assembly process, but it suffers from poor stop-band suppression. This paper uses three-dimensional electromagnetic software to simulate the core surface acoustic wave (SAW) filter of the frequency-selective component. Through comparison of simulation results and physical measurements, the influence of filter packaging on stop-band suppression is verified. A method is proposed to add a shielding cover to the SMD0705B packaged filter, achieving high stop-band suppression in the P-band narrowband frequency-selecting module. The results indicate that the frequency-selecting module achieves stop-band suppression greater than 40 dBc, in-band ripple less than 1 dB, and amplitude consistency within 1 dB, making it suitable for mass production.

Key words: frequency-selecting module; SAW filter; stop-band suppression; shielding cover; narrow band

0 引言

采用SAW滤波技术实现核心滤波功能的选频组件被广泛应用于通信系统中,具有优良的频率选择和抗干扰性能^[1-7]。根据应用场景的不同,对其工作频率、相对带宽、阻带抑制及幅度一致性有不同要求。

对于工作频率500 MHz以下且相对带宽约0.3%的窄带滤波器通常采用以石英为压电衬底的RSPUDT结构实现^[8]。根据滤波器芯片尺寸,可以采用金属单排直插SC04-06或者表面贴装SMD0705B封装。SC04-06型封装全金属化,接地

及屏蔽效果好,但封装尺寸较大,且使用装配工艺复杂。同时,引脚修剪长度和装配过孔等都会影响端口阻抗,导致幅频一致性差,不利于选频组件批量生产。表面贴装封装(SMD0705B)体积小,可采用常规的表面贴装技术(SMT)进行组装,工艺简单,生产效率高,同时能够保证不同组件间幅度的一致性。但是,SMD0705B封装滤波器的阻带抑制效果不佳。

本文结合SAW滤波器实际使用环境,建立三维封装模型,对比SMD0705B和SC04-06封装仿真

结果,通过对 SMD0705B 封装焊接屏蔽罩^[9],增加封装的接地面积,提高了封装内部的隔离度,实现了选频组件的高阻带抑制要求。根据实测结果,选频组件工作频率为 400~460 MHz,−1 dB 带宽大于 1.2 MHz,−40 dB 带宽小于 5 MHz,阻带抑制大于 40 dBc,带内波纹小于 1 dB,各通道幅度一致性小于

1 dB,满足批量生产要求。

1 基本原理

组件的设计方案是通过射频开关选择特定的滤波通道,实现在信号上的滤波功能,抑制各种干扰、杂波信号,提取到的有用信号再经过后级开关输出。图 1 为组件功能框图。

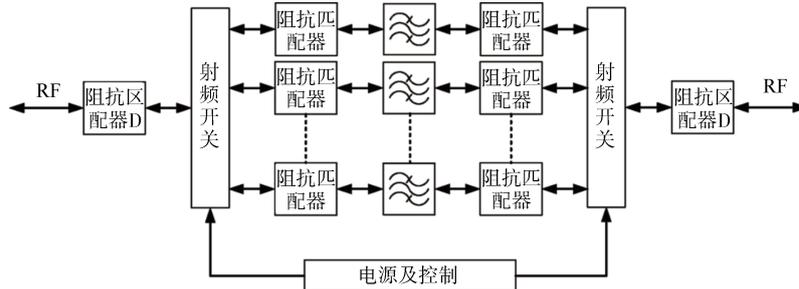


图 1 组件功能框图

2 滤波器设计

选频组件工作频率为 400~460 MHz,−1 dB 带宽大于 1.2 MHz,−40 dB 带宽要求小于 5 MHz,对近端阻带抑制要求较高,因此 SAW 滤波器采用 RSPUDT 结构实现。根据芯片尺寸,可采用 SC04-06 或 SMD0705B 封装该滤波器。两种封装的滤波器实测结果如图 2 所示,实测数据如表 1 所示。由表 1 可见,SMD0705B 封装滤波器阻带抑制与 SC04-06 封装滤波器相比差 8 dBc。但为了保证选频组件批量一致性的要求,需采用 SMD0705B 封装滤波器。因此,本文着重对提升 SMD0705B 封装滤波器阻带抑制进行研究。

3 封装仿真分析

本文中 SC04-06 封装三维仿真结构模型由管壳厂家提供,由金属管帽、管基、T 型引线、接地引线和玻璃绝缘子构成。SMD0705B 结构及材料均根据管壳厂家所提供的图纸进行 1:1 建模,由陶瓷基座及盖板组成,盖板通过内部走线与两侧共 6 个接地焊盘相连。两种封装的三维仿真模型如图 3 所示。印制板(PCB)为双面板,介质材料为 FR-4,介质厚度为 0.2 mm。

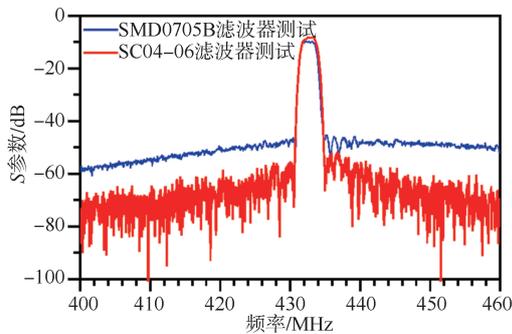


图 2 滤波器传输特性实测结果

表 1 滤波器实测数据

通道	插入损耗/dB	带内波纹/dB	−1 dB 带宽 /MHz	−40 dB 带宽 /MHz	阻带抑制 /dBc
SC04-06	8.1	0.8	1.4	4.1	44
SMD0705B	9.6	0.6	1.7	—	36

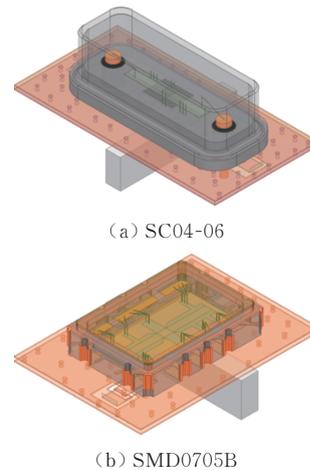
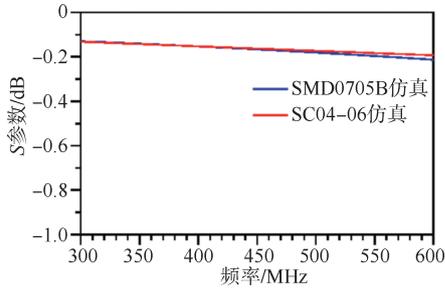


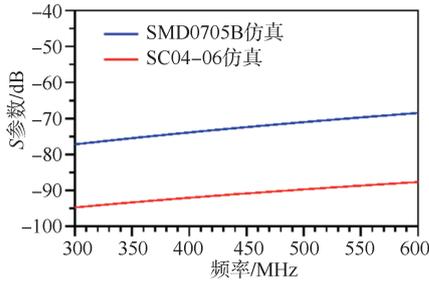
图 3 三维封装模型

在该模型中,分别在输入、输出焊盘和封装内输入、输出汇流条处设置集总端口,仿真结果如图 4 所示。图 4(a)为两种封装的传输损耗,由图可见两种封装对 SAW 滤波器的插入损耗影响较小。图 4(b)为两种封装内部隔离度的仿真结果,由图可见,

SMD0705B 封装隔离度与 SC04-06 相差约 15 dB, 与滤波器测试结果基本吻合。



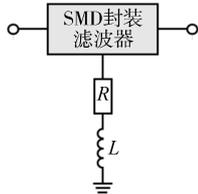
(a) 传输损耗



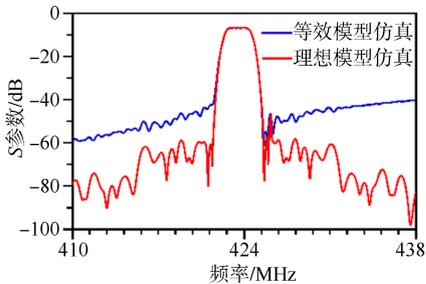
(b) 隔离度

图4 仿真结果

SMD0705B 封装盖板通过内部走线、侧面半圆孔和接地焊盘相连。其内部走线和半圆孔等效于一个电阻(R)和一个电感(L)串联,再与地相连。如图 5(a)所示,滤波器盖板与地之间存在电位差,从而导致输入和输出端口之间存在能量耦合。图 5(b)为 SMD0705B 封装等效模型和滤波器参数联合仿真结果,由图可见,阻带抑制恶化了约 12 dB,与实测基本一致。随着电感和电阻值的增加,阻带抑制也随之恶化。



(a) 等效模型

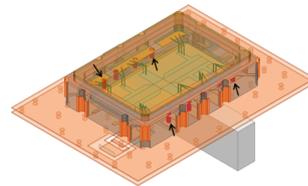


(b) 传输特性仿真曲线

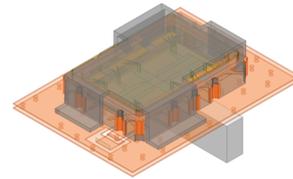
图5 等效模型及联合仿真结果

4 优化仿真

基于 SMD0705B 封装的特点,增强封装盖板的接地效果可以改善 SMD0705B 封装的端口隔离。因此,在 SMD0705B 仿真模型(见图 3)上进行了两种方案优化。方案 1 为优化封装结构,在 SMD0705B 封装两侧各增加 5 个接地过孔,如图 6(a)中箭头所示。方案 2 从滤波器使用方面进行改进,在滤波器上焊接一个屏蔽罩,如图 6(b)所示。



(a) SMD0705B 封装增加过孔



(b) SMD0705B 封装增加屏蔽罩

图6 优化仿真模型

图 7 为优化后封装的隔离度仿真曲线,由图可见,两种优化方案的隔离度均提高了约 16 dB,表明两种方案均能改善封装内部的隔离度,达到提高滤波器阻带抑制的目的。

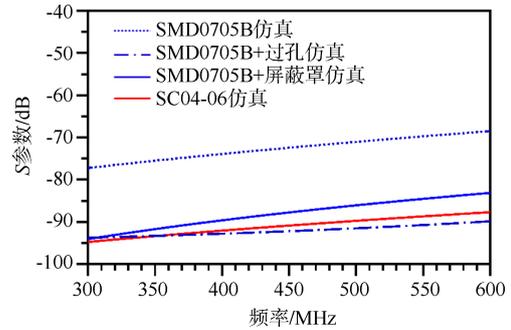


图7 隔离度仿真曲线

5 试验测试

方案 1 需要对 SMD0705B 封装结构进行重新设计、开模和制备,周期长,成本高。因此,本文选用周期短且成本低的方案 2 进行验证。根据上述方法,设计了一款屏蔽罩及多通道选频组件,模型如图 8(a)-(b)所示。图 8(c)为选频组件未焊接和焊接屏蔽罩的实测曲线。

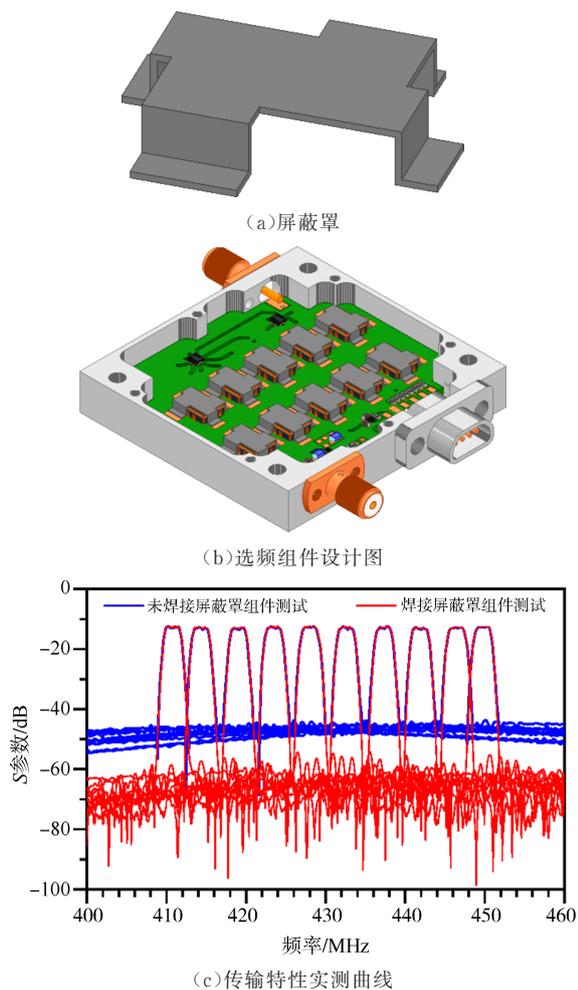


图 8 选频组件设计图及实测曲线

焊接屏蔽罩的选频组件实测数据如表 2 所示, 由表可见, 选频组件焊接屏蔽罩后, 各通道的各项指标均满足要求。

表 2 组件实测数据

通道	插入损耗/dB	带内波纹/dB	-1 dB 带宽/MHz	-40 dB 带宽/MHz	阻带抑制/dBc	幅度一致性/dB
CH1	13.3	0.4	1.8	4.1	42	0.5
CH2	13.1	0.5	1.8	4.0	45	
CH3	12.9	0.4	1.5	4.0	48	
CH4	13.4	0.6	1.8	3.9	46	
CH5	13.2	0.6	1.7	3.9	46	
CH6	13.1	0.6	1.8	3.9	45	
CH7	13.2	0.5	1.9	3.9	44	
CH8	13.3	0.7	1.8	3.8	45	
CH9	13.1	0.5	1.8	3.9	46	
CH10	13.0	0.4	1.8	4.0	42	

为了检验所制作选频组件的可靠性, 根据用户环境适应性要求, 对选频组件进行了高低温储存、高低温工作、冲击、振动和湿热等温度、力学试验。本文研制的选频组件投入数为 167 套, 合格率为 100%, 能够满足用户环境适应性要求。

6 结束语

本文对 SC04-06 和 SMD0705B 两种封装进行三维电磁仿真, 通过对比仿真结果、SMD0705B 封装等效模型联合仿真、实物验证等方法, 验证了 SMD0705B 封装对滤波器阻带抑制的影响。提出采用焊接屏蔽罩的方法以增加滤波器外壳的接地效果, 实现了选频组件的高阻带抑制。仿真及试验结果表明, 选频组件阻带抑制大于 40 dBc, 带内波纹小于 1 dB, 幅度一致性小于 1 dB, 可批量生产。

参考文献:

- [1] 张伟, 蒲志勇, 龚旭, 等. 小型化高阻带抑制声表面波滤波器组件设计[J]. 压电与声光, 2023, 45(5): 677-681.
ZHANG Wei, PU Zhiyong, GONG Xu, et al. Design of miniaturized surface acoustic wave filter component with high stop-band suppression[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2023, 45(5): 677-681.
- [2] 侯臻迪, 李骝, 杨桃钧, 等. 小型化多通道声表面波滤波组件的抗干扰设计[J]. 压电与声光, 2021, 43(4): 439-442.
- [3] 李翀, 舒安刚, 胡俊丰, 等. 超宽带多通道接收前端设计与研制[J]. 压电与声光, 2024, 46(4): 458-462.
LI Chong, SHU Angang, HU Junfeng, et al. Design of an ultra-wideband and multi-channel receiving front-end[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2024, 46(4): 458-462.
- [4] 彭佳红, 王玺, 谭玉婷, 等. 小型化高隔离度射频滤波模组设计研究[J]. 微电子学, 2024, 54(2): 351-354.
PENG Jiahong, WANG Xi, TAN Yuting, et al. A high-speed and low-voltage differential signaling driver[J]. Microelectronics, 2024, 54(2): 351-354.
- [5] 吕翼, 廖书丹, 陆川, 等. 高频高阻带抑制极窄带声表面波滤波器[J]. 压电与声光, 2021, 43(6): 743.
LYU Yi, LIAO Shudan, LU Chuan, et al. Extremely narrow-band surface acoustic wave filter with high frequency and high out-of-band rejection [J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2021, 43(6): 743.

- [6] 魏园林, 帅垚, 魏子杰, 等. 电磁寄生参数对SAW滤波器性能的影响[J]. 压电与声光, 2024, 46(4): 463-467.
WEI Yuanlin, SHUAI Yao, WEI Zijie, et al. Influence of electromagnetic parasitic parameters on the performance of SAW filters [J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2024, 46(4): 463-467.
- [7] 谭发曾, 李桦林, 马晋毅, 等. 宽带温度补偿型声表面波滤波器的设计与优化[J]. 压电与声光, 2024, 46(5): 651-654.
TAN Fazeng, LI Hualin, MA Jinyi, et al. Design and optimization of wideband temperature-compensated surface acoustic wave filters [J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2024, 46(5): 651-654.
- [8] 董加和, 张显洪, 朱勇, 等. 带反射栅结构的RSPUDT声表面波滤波器设计[J]. 压电与声光, 2012, 34(3): 337-339.
DONG Jiahe, ZHANG Xianhong, ZHU Yong, et al. Design of RSPUDT SAW filter with reflective gratings [J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2012, 34(3): 337-339.
- [9] 郑胜, 朱丹, 张松柏. 具有屏蔽罩的射频前端模组及其屏蔽测试方法: 中国, CN113691274A[P]. 2021-11-23.