

第二代北斗客户端用射频声表面波滤波器的研制

白涛,张显洪,董加和,吴燕,蒋道军,许昕

(中国电子科技集团公司第二十六研究所,重庆 40060)

摘要:介绍了一种可满足第二代北斗客户端用 B3 波段载频滤波的声表面波(SAW)射频滤波器。该滤波器采用“5 换能器纵向耦合结构+谐振器”的混合型设计方案,在充分考虑了 SMD3030A 封装及键合引线寄生影响后,成功研制出-1 dB 带宽 35 MHz、插入损耗 2.2 dB、矩形系数 1.9 的滤波器产品。结果表明,仿真与实测吻合性较好,证明了该设计方案的可行性。

关键词:声表面波滤波器;纵向耦合结构;第二代北斗;B3 波段

中图分类号:TN65;TN713 **文献标志码:**A

Development of RF SAW Filter for End-users of the Second Generation Beidou

BAI Tao, ZHANG Xianhong, DONG Jiahe, WU Yan, JIANG Daojun, XU Xin

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

Abstract:In this article, a type of RF SAW filter that can meet the requirements of the B3 band carrier frequency filtering of the second generation Beidou end-users is introduced. A hybrid design scheme of 5-transducer longitudinal coupling structure plus resonator structure is adopted in the filter. The filter with -1 dB bandwidth of 35 MHz, insertion loss of 2.2 dB and shape factor of 1.9 has been developed after comprehensively considering the parasitic effects of the SMD3030A package and the bonding wires. The comparison shows that the simulation and measurement results are in good agreement, which proves the proposed design scheme is practicable.

Key words:SAW filter; longitudinal coupling structure; 2nd generation Beidou; B3 band

0 引言

北斗卫星导航定位系统是由中国自行研发的区域性有源三维卫星定位与通信系统(CNSS),是继美国的全球定位系统(GPS)、俄罗斯的格洛纳斯(GLONASS)定位系统之后世界第三个成熟的卫星导航系统。根据中国卫星导航系统管理办公室发布的关于北斗导航系统接口控制文件及公开服务规范^[1-2],第二代北斗系统确定 B1 波段载波频率为 1 561.098 MHz,信号带宽为 4.092 MHz;B2 波段 1 207.14 MHz;信号带宽为 20.46 MHz;B3 波段 1 268.52 MHz,信号带宽为 20.46 MHz。系统客户端接收机中需要使用射频滤波器进行信号拾取和杂波抑制,在 LC、介质等滤波器技术中,声表面波滤

波器具有频率选通特性好,体积小和便于实现规模量产等特点,能满足接收客户端信号滤波技术要求。B3 波段对滤波器带宽、带外抑制、矩形度及几何尺寸控制的要求高,传统的射频 SAW 滤波器设计方法无法达成工程实际应用。本文采用“5 换能器纵向耦合结构+谐振器”的混合型设计方案实现了 B3 波段射频声 SAW 滤波器,该产品已成功应用于多模多频宽带北斗接收机模块^[3]。

1 设计方案选择

根据 B3 波段频率选通具体应用要求,选择机电耦合系数适中的 42°Y-X LiTaO₃ 晶体材料,在此基础上充分考虑该材料在 1 268.52 MHz 工作频率下全温(-55~85 °C)频率漂移及工艺制作误差

收稿日期:2022-03-10

作者简介:白涛(1973-),男,四川省江油市人,高级工程师,硕士,主要从事微声及固态惯性技术研发管理。通信作者:张显洪(1966-),男,重庆市人,高级工程师,硕士,主要从事声表面波滤波器器件的研究。

余量,确定滤波器-1 dB带宽设计值约为2.8%,以满足信号带宽要求。此带宽适用“5换能器纵向耦合结构”设计方案,如图1所示。图中叉指换能器(IDT)红色部分代表信号的输入、输出,蓝色表示接地线。利用逆压电效应和压电效应,输入、输出IDT上均可实现声波的激发、反射及接收功能,通过输入IDT、输出IDT及反射栅的复杂组合可实现声学谐振,从而达到降低插入损耗的目的^[4]。图1中布置了5个IDT,这种结构能够同时满足相对带宽及插入损耗技术要求,但其带外抑制差,矩

形度低。

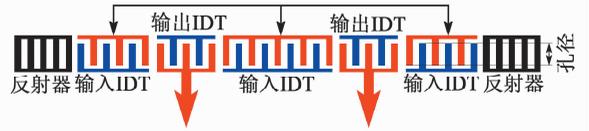


图1 5换能器纵向耦合结构(CRF)示意图

为了提高带外抑制及矩形系数,本文采用一种“5换能器纵向耦合结构+谐振器”的混合型设计方案,该结构在两通道5换能器纵向耦合结构(CRF)中增加了同步谐振器(IE),并将两个CRF以镜像对称方式进行放置,其结构示意图如图2^[5-6]所示。

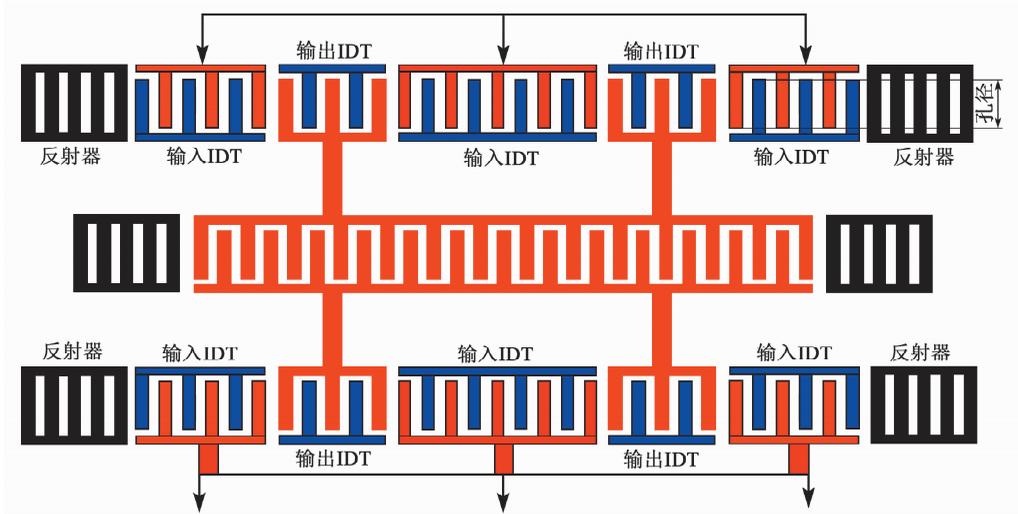


图2 “5换能器纵向耦合结构+谐振器”混合型结构示意图

2 等效电路模型

L波段下,SAW滤波器受电磁效应影响较大,故在设计过程中需要充分考虑外壳及键合引线寄生影响。含外壳及键合引线电磁寄生影响的等效电路如图3所示^[7]。其中, C_d 为输入、输出耦合电容; C_p 为外壳寄生电容, L 为键合引线寄生电感, R_{ad} 为引线寄生电阻; R_{in} 为输入电阻, R_{out} 为输出电阻。根据这个等效电路模型,可建立散射矩阵模型 $\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}$,从 S_{11} 和 S_{22} 中可以获得驻波指标,从 S_{12} ($S_{12} = S_{21}$)中可以获得插入损耗、通带波纹、带宽、矩形度及阻带抑制等指标。

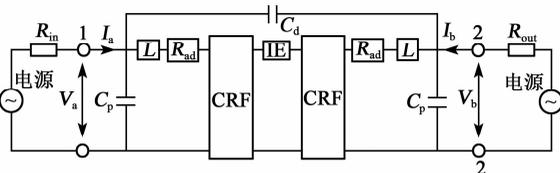


图3 含外壳及键合引线电磁寄生影响的等效电路示意图

3 设计实例

本文采用图2的拓扑结构方案并结合图3的等效电路模型(SMD3030A封装)实现了第二代北斗B3波段声表面波射频滤波器器件仿真。根据仿真得到 S_{12} 参数,而实际研制出的器件-1 dB带宽为35 MHz,插入损耗为2.2 dB,矩形系数为1.9,产品实测曲线与模拟曲线如图4所示。由图可见,产品模拟与实测结果吻合良好,证明了该设计方案在L波段SAW滤波器设计及其在第二代北斗B3波段滤波产品开发应用中较好的可行性。

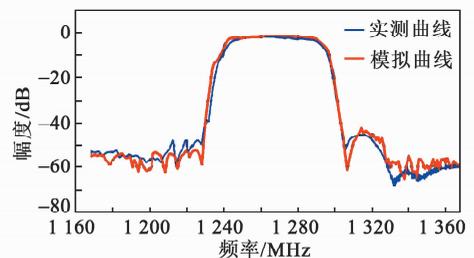


图4 器件模拟与实测的幅频响应曲线

4 结束语

本文介绍了一种采用“5换能器纵向耦合结构+谐振器”混合型设计方案及两端口等效电路模型实现的-1 dB相对带宽约2.8%的L波段射频声表面波滤波器,其满足第二代北斗B3波段客户端接收机对信号进行选通的应用要求。

参考文献:

- [1] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件(公开服务信号(2.1版))[S]. 北京:中国卫星导航系统管理办公室,2016:5.
- [2] 北斗卫星导航系统公开服务性能规范(2.0版)[S]. 北京:中国卫星导航系统管理办公室,2018:6.
- [3] 聂光皓,申亮亮,王新龙,等. 北斗卫星信号结构及其特性分析[J]. 航空兵器,2020,27(5):73-80.
- [4] 童筱钧,钟素娟,朱浩,等. 平坦通带高纵向耦合谐振滤波器的研制[J]. 压电与声光,2012,34(1):7-9. TONG Xiaojun, ZHONG Sujuan, ZHU Hao, et al. Development of longitudinal coupling resonator filter with flat pass band[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2012,34(1):7-9.
- [5] 毛世平,曾庆高,陈彦光,等. 高阻带抑制宽带低损耗声表面波滤波器研究[J]. 压电与声光,2018,40(3):337-339. MAO Shiping, ZENG Qinggao, CHEN Yanguang, et al. Study on broadband and low loss SAW filter with high stop-band rejection[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2018,40(3):337-339.
- [6] 金剑,蒋欣,鄢秋娟,等. 低损耗、高矩形度声表滤波器设计研究[J]. 压电与声光,2015,37(3):381-385. JIN Jian, JIANG Xin, YAN Qiujuan, et al. Investigation on low loss and high rectangle factor SAW filter based on hybrid structure[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2015,37(3):381-385.
- [7] 蒋世义,张幸,陈彦光,等. 基于纵向耦合结构的宽带声表滤波器设计[J]. 压电与声光,2013,35(3):315-317. JIANG Shiyi, ZHANG Xing, CHEN Yanguang, et al. Design of wide band surface acoustic wave filter based on longitudinal coupling structure[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2013,35(3):315-317.
- [4] LIU N, YANG X J, ZHENG Y U, et al. Indentation size effect of germanium single crystal with different crystal orientations [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China,2020,30(1):181-190.
- [5] JIANG F, LI J F, SUN J, et al. Research actualities of ductile machining for hard and brittle materials [J]. Tool Technology,2007,41(8):5-10.
- [6] 赵权. 锗抛光片抛光清洗技术研究[D]. 天津:天津大学,2008.
- [7] 周铁军,马金峰,廖彬,等. 锗晶片的抛光工艺研究进展[J]. 科技风,2021(3):189-190.
- [8] PEDDETI S, ONG P, LEUNISSEN LH A, et al. Chemical mechanical polishing of Ge using colloidal silica particles and H₂O₂ [J]. Electrochemical and Solid-State Letters,2011,14(7):H254.
- [9] 赵研. 冰冻固结磨料抛光单晶锗薄片的机理与工艺研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2015.
- [10] WANG Y L, LIU C, FENG M S, et al. A modified multi-chemicals spray cleaning process for post-CMP cleaning application [J]. Mater Chem Phys, 1998, 52(1):23-30.

(上接第470页)