

# 基于一种改进型 DMS 结构的极窄带 SAW 滤波器

赵雪梅<sup>1</sup>, 郑泽渔<sup>1</sup>, 董加和<sup>1</sup>, 伍平<sup>1</sup>, 陈彦光<sup>1</sup>, 陈正林<sup>1,2</sup>

(1. 中国电子科技集团公司第二十六研究所, 重庆 400060; 2. 模拟集成电路重点实验室, 重庆 400060)

**摘要:** 该文采用一种改进型双模声表面波(DMS)结构来设计 1.5 GHz 的极窄带声表面波(SAW)滤波器。DMS 结构两端的反射器采用分布式多周期加权结构能够消除在声通道上传播的多种声反射模式。为灵活设计滤波器阻带抑制及带宽指标, 在 DMS 结构的两个叉指换能器(IDT)之间加入反射器。结果表明, 研制的极窄带 SAW 滤波器中心频率为 1.5 GHz, 实测带宽为 878.75 kHz, 插入损耗为 5.8 dB, 阻带抑制达到 45 dB。

**关键词:** 声表面波(SAW)滤波器; 极窄带; 相对带宽; 双模声表面波

**中图分类号:** TN65 **文献标志码:** A

## Extreme Narrow Band SAW Filter with an Improved DMS Structure

ZHAO Xuemei<sup>1</sup>, ZHENG Zeyu<sup>1</sup>, DONG Jiahe<sup>1</sup>, WU Ping<sup>1</sup>, CHEN Yanguang<sup>1</sup>, CHEN Zhengling<sup>1,2</sup>

(1. The 26th Institute of China Electronic Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China;

2. Science and Technology on Analog Integrated Circuit Laboratory, Chongqing 400060, China)

**Abstract:** An improved double-mode surface acoustic wave(DMS) structure is used to design an extreme narrow band SAW filter at 1.5 GHz. The reflectors at both ends of the DMS structure adopt a distributed multi-period weighting structure, which can eliminate a variety of acoustic reflection modes propagating on the acoustic channel. A reflector is added between two interdigital transducers(IDT) in DMS structure to flexibly design the stopband suppression and bandwidth index of the filter. The results show that the developed extreme narrow band SAW filter has a center frequency of 1.5 GHz, a measured bandwidth of 878.75 kHz, insertion loss of 5.8 dB, and stop-band suppression of 45 dB.

**Key words:** surface acoustic wave(SAW) filter; extreme narrow band; fractional bandwidth; double-made surface acoustic wave(DMS)

## 0 引言

极窄带滤波器在电台中应用较广。在 L 波段, 能够满足点频或极窄带信号滤波需求的滤波器种类极少。特别是在小于 1% 相对带宽级别, 极窄带声表面波(SAW)滤波器具有较大优势。实现极窄带 SAW 滤波器的结构有横向耦合谐振型(TCRF)结构<sup>[1-2]</sup>、双模声表面波(DMS)结构<sup>[3]</sup>及常规单/双端口结构<sup>[4]</sup>等。L 波段滤波器设计主要采用 TCRF 结构和 DMS 结构。本文采用 DMS 结构来实现 L 波段极窄带 SAW 滤波器的研制, 与文献[3]的报道相比有以下两点不同:

1) 本文采用 36°Y-90°X 石英晶体材料及使用声速为 5 100 m/s 的声表面横波(STW)模式降低工艺难度。

2) 本文采用改进型的 DMS 结构。

## 1 DMS 结构基本原理

最基本的 DMS 滤波器由端头两反射器及中间输入、输出两个叉指换能器(IDT)组成, 两个 IDT 在栅状反射器间串联排列, 如图 1 所示。

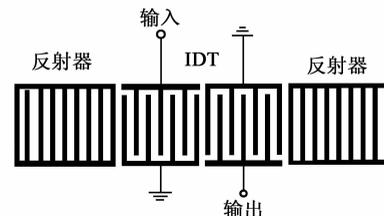


图 1 两 IDT 结构的 DMS 滤波器示意图

这种结构的主要声学谐振模式为零阶和一阶谐振模式, 与对称模式和反对称模式产生的方式相似(见图 2)。通常高阶谐振模式的谐振频率比低阶模式的谐振频率低。这两种模式的频率差主要由 IDT 周期和指条数量多少及能量捕获大小来决定。

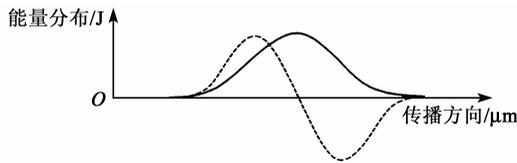


图2 零阶和一阶谐振模式的能量分布

### 2 改进型的 DMS 结构

虽然 DMS 结构的主要工作模式为零阶和一阶谐振模式,但是其他高阶模式仍会影响滤波器的阻带抑制,同时对带宽调整灵活性偏低。为了进一步提升 DMS 型极窄带 SAW 滤波器的电性能指标,本文对 DMS 结构进行了改进,主要采取以下几个措施:

1) 两边反射器改为分布式多反射器结构。声通道的左、右端反射器对阻带抑制影响显著。传统设计采用的对称反射器设计方案是导致阻带抑制差的主要原因,如图 3(a)所示。传统设计方案只有两个可优化变量,优化效果明显不好。为此,本文采用分布式多反射器加权方案,如图 3(b)所示,这种方案可将变量优化成原来的几倍,通过精细化的参数优化调整,能够抑制阻带杂波,从而提高阻带抑制。图 3 中, $P_1 \sim P_5$  为 1~5 反射器对应的半周期,  $N_1 \sim N_5$  为 1~5 反射器对应的指条数。

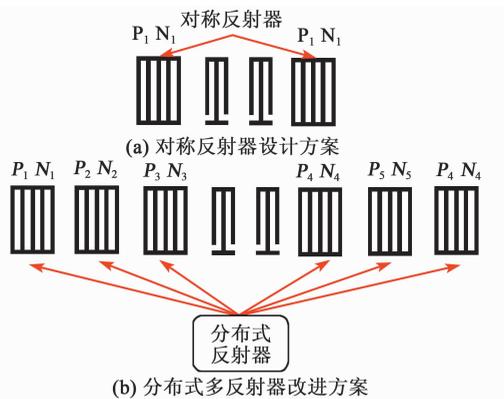


图3 对称反射器及分布式多反射器方案示意图

图4 为分布式多反射器与普通反射器的仿真对比

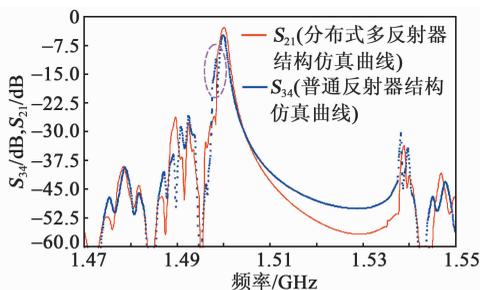


图4 分布式多反射器与普通反射器仿真对比

比。由图可知,与普通反射器仿真相比,分布式多反射器结构对近端阻带抑制的改进较明显。

2) 在输入和输出 IDT 之间增加反射器。通过在输入和输出 IDT 之间增加中间反射器可以实现对通带带宽的灵活设计。图 5 为中间反射器对响应影响仿真曲线。

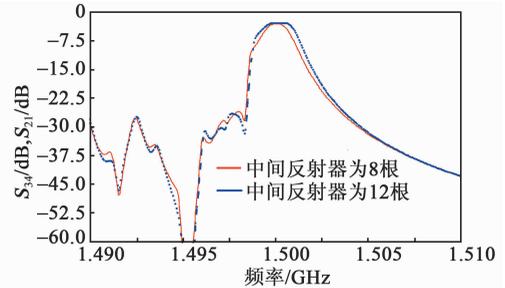


图5 中间反射器对响应影响仿真曲线

3) 采用双声通道结构来进一步提升阻带抑制。用户一般要求阻带抑制需大于 40 dB,普通的单通道无法满足,本文采用双声通道结构,进一步提升了阻带抑制。最终的改进型 DMS 结构示意图如图 6 所示。

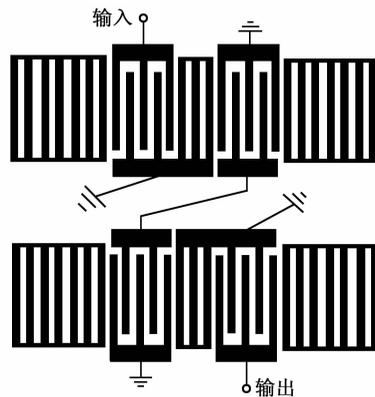


图6 双通道改进型 DMS 结构

通过仿真,阻带抑制完全满足大于 40 dB 的需求。图 7 为改进型 DMS 结构单双通道仿真对比。

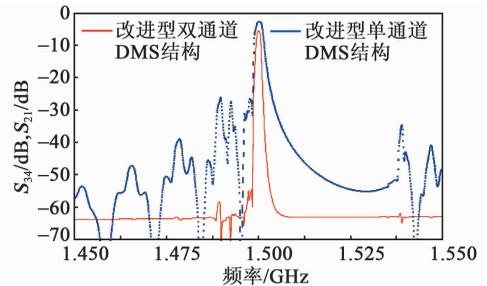


图7 改进型 DMS 结构单双通道仿真对比

### 3 极窄带 SAW 滤波器设计实现

本文采用双通道改进型 DMS 结构设计了一款

标称频率为 1 500 MHz 的极窄带 SAW 滤波器,该滤波器需要外匹配。该设计采用  $36^{\circ}\text{Y}-90^{\circ}\text{X}$  石英晶体材料,使用声速为 5 100 m/s 的 STW 波模式来降低工艺难度。实测匹配后极窄带 SAW 滤波器中心频率为 1 499.995 MHz,带宽为 878.75 kHz (1 dB 相对带宽为 0.585 8‰),插入损耗为 5.8 dB,阻带抑制达到 45 dB。实测曲线如图 8 所示。

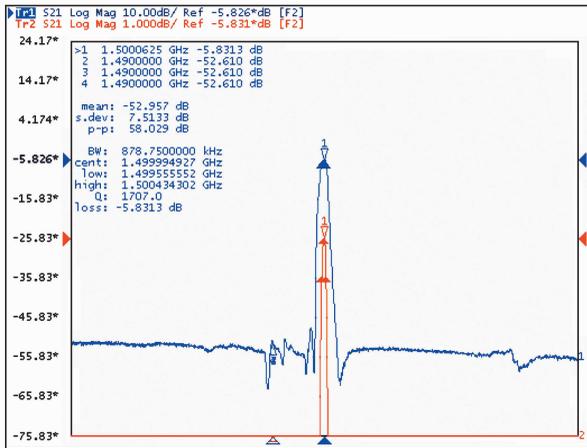


图 8 双通道改进型 DMS 结构实测曲线

#### 4 结束语

本文采用双通道改进型 DMS 结构获得极窄带和高阻带抑制的 SAW 滤波器。通过仿真分析,该新结构指标明显提高。同时研制了一款 1.5 GHz 的

相对带宽约 0.6‰ 及阻带抑制约 45 dB 的极窄带 SAW 滤波器,其仿真与实测的吻合性较好,验证了该改进型 DMS 结构的有效性。相关设计可满足类似极窄带 SAW 滤波器的设计需求。

#### 参考文献:

- [1] 傅金桥,肖燕,曹亮.极窄带声表面波二重模滤波器[J].压电与声光,1994,26(5):1-4.  
FU Jinqiao, XIAO Yan, CAO Liang. Very narrow bandpass SAW filter with double-mode[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 1994, 26(5): 1-4.
- [2] 段斌.卫星通信用极窄带声表面波滤波器研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.
- [3] 杨丽萍,万飞,杨思川,等.四硼酸锂在高频窄带滤波器上的应用探讨[J].压电与声光,2014,36(1):27-31.  
YANG Liping, WAN Fei, YANG Sichuan, et al. Discussion on application of LBO for high frequency and narrow band filters[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2014, 36(1): 27-31.
- [4] 蒋世义,刘晓莉,胡杨,等.一种极窄带声表面波滤波器的设计技术[J].压电与声光,2014,36(3):321-323.  
JIANG Shiyi, LIU Xiaoli, HU Yang, et al. Design technique of a very narrowband surface acoustic wave filter[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2014, 36(3): 321-323.
- [5] TSUTSUMI J, INOUE S, IWAKI M, et al. A design technique to enhance isolation of duplexer in single-ended and differential modes [C]//Orlando, FL, USA: Proc IEEE Ultrason Symp, 2011: 1833-1836.
- [6] 史向龙,王昊,王为标,等.周期栅格中的场与 COM 参数提取 [J].压电与声光,2011,33(2):168-173.  
SHI Xianglong, WANG Hao, WANG Weibiao, et al. The field of periodical grating and COM parameters extraction[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2011, 33(2): 168-173.
- [7] SOLAL M, ABOUD T, BALLANDRAS S, et al. FEM/BEM analysis for SAW devices[M]. Second Int. Symp Acoustic Waves Devices for Future Mobile Communication Systems, Japan: Chiba University, 2004.
- [8] LIN Shinhung. Full wave simulation of SAW filter package and SAW pattern inside package[C]//Honolulu, HI, USA: Proc IEEE Ultrason Symp, 2003.
- [9] FINCHC, YANG X, WU T. Full-wave analysis of RF SAW filter packaging [C]//Atlanta, GA, USA: 2001 IEEE Ultrasonics Symposium, 2001: 81-84.

(上接第 214 页)