

# 一种特殊的单片晶体滤波器模块

孙峰,张忠友

(空军工程大学理学院,陕西西安710051)

**摘要:**介绍了一种进口中频滤波器微电路模块。该中频微电路模块是中心频率为12.1 MHz,3 dB带宽240 kHz,体积仅35 mm×25 mm×5 mm的一种复合型宽带有源单片式晶体滤波器,其采用叉指结构对单片晶体滤波器的性能进行改善。通过实验证明叉指结构对单片晶体滤波器具有改善矩形系数,增加带外抑制和精密微调频率的作用。

**关键词:**单片晶体滤波器;插指换能器;矩形系数;带外抑制

**中图分类号:** TN713+.91 **文献标识码:** A

## A Special Kind of Monolithic Crystal Filter Module

SUN Feng, ZHANG Zhongyou

(College of Science, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

**Abstract:** This paper describes an imported microcircuit IF filter module. The IF microcircuit module is a kind of composite broadband monolithic crystal filter with the center frequency of 12.1 MHz, 3 dB bandwidth of 240 kHz and its volume is only 35 mm×25 mm×5 mm, which using interpolation structure to improve the performance of the monolithic crystal filters. The experiment proved that the interpolation structure has improved the shape factor, increased the band rejection and the frequency fine-tune of the monolithic crystal filter.

**Key words:** monolithic crystal filters; interdigital transducer; rectangular coefficient; band rejection

### 0 引言

滤波器是频率选择系统中的关键元器件,在通讯、导航、广播电视及宇航工程的电子设备中占有重要地位。随着能陷理论的出现,1966年日本东京大学工业科学学院和美国贝尔实验室分别研制出单片式晶体滤波器(MCF)。MCF通过在压电材料的基片上应用真空镀膜的方式,镀上若干有确定位置和尺寸形状的电极,按照滤波的需求有目的的设计来确定每个谐振器的几何尺寸、镀回频率和谐振器间的距离,控制机械振动波在基片上的传播,从而达到将电信号滤波的目的<sup>[1]</sup>。

### 1 单片式宽带晶体滤波器简介

石英晶体滤波器具有插入损耗小,稳定度高和品质因数高等特点,但石英晶体也有机电耦合系数小,串并联谐振频率间隔小的固有局限性,通常用于实现相对带宽在0.35%以下的滤波器。对于相对带宽超过1%的滤波器必须在晶体滤波器中加入展宽线圈,通过串联或并联电感来调节晶体谐振器的串联或并联谐振频率,从而达到展宽频带的作用<sup>[2]</sup>。铌酸锂、钽酸锂等材料制作的宽带晶体滤波器因其

机电耦合系数大(是石英晶体的5~6倍),制作的晶体滤波器相对带宽能达0.2%~5%,但铌酸锂、钽酸锂材料温度稳定性不如石英晶体<sup>[3]</sup>。近年来发展的硅酸镓镧等新型晶体滤波器,能制作出相对带宽在0.3%~0.8%的性能优良的宽带晶体滤波器<sup>[4]</sup>。

在某型设备中,应用了大量的晶体滤波器,与普通4极点晶体滤波器不同,在这些晶体滤波器内部存在由叉指结构组成的区域,这里称为微调区,其中以中心频率12.1 MHz,3 dB带宽240 kHz的宽带晶体滤波器最具典型代表意义,如图1所示。微调区由左右对称的指间距,均匀等指长的叉指结构组成,结构如图2所示。

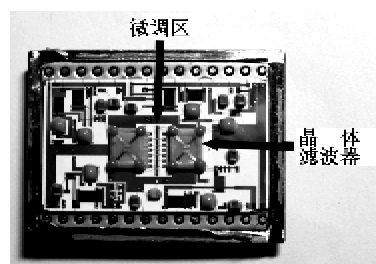


图1 12.1 MHz宽带晶体滤波器的外观图

收稿日期:2011-12-12

作者简介:孙峰(1981-),男,河南宜阳人,硕士生,主要从事微电子器件的研究。

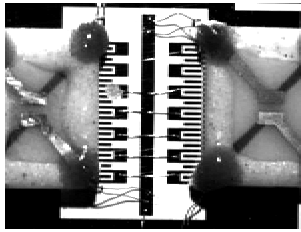


图2 叉指结构微调区

### 2 复合型宽带有源 MCF 模块内部电路

该型宽带有源 MCF 是典型的 4 极点晶体滤波器,并在输入和输出部分加入了有源辅助放大电路,滤波器的频率特性内部已调试好,使用者无需任何外部补偿。图 3 为 4 极点有源宽带晶体滤波器的功能框图。通过对该宽带有源 MCF 进行电路分析,得到辅助放大电路连接关系图如图 4 所示。输入、输出部分加入共射-共基放大电路,并通过调整外部可变电阻来改变放大倍数。

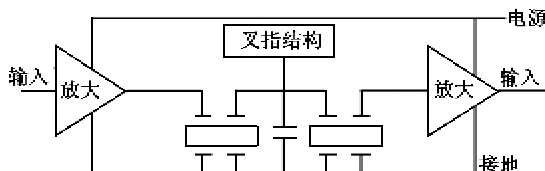


图3 4 极点宽带有源晶体滤波器的功能框图

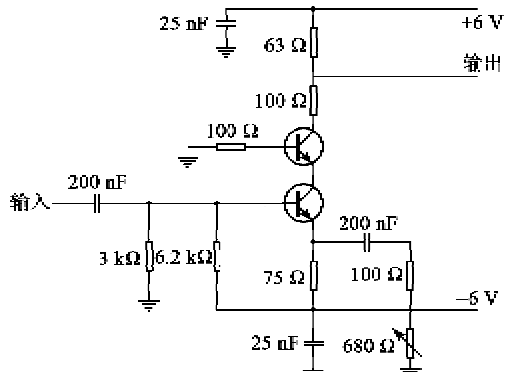


图4 4 极点宽带有源晶体滤波器电路连接图

### 3 叉指结构对晶体滤波器性能的改善

1965 年,怀特等指出在压电体表面直接蒸发叉指电极,从而利用叉指电极有效接收和发送声表面波。通过适当的调整叉指的电极间隔、数量、长度和形状等参数,能实现各种各样的传输特性<sup>[5]</sup>。

通过实验来检验叉指结构对晶体滤波器性能的影响。实验方法是先将叉指连接逐个拆除,对比每次拆除叉指后的滤波器频率响应,如图 5 所示。由图可以看出,在外加电容补偿叉指静态电容,相同带宽情况下,叉指结构对晶体滤波器具有改善矩形系数,增加带外抑制的作用。图 6 为叉指结构对晶体滤波器的性能影响渐变图。由图 6 可见,逐个拆除叉指连接对频率特性影响的渐变过程中,叉指结构对上

边带调整作用较明显,这是由于叉指的频率略低于中心频率造成的,这样做可改善 MCF 上通带波纹度较大,截止特性不对称的缺点<sup>[1]</sup>,通过调整连接叉指的数目可较精确的微调滤波器的频率。

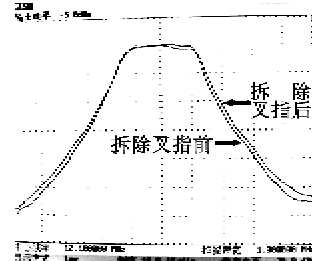


图5 叉指结构对晶体滤波器的性能影响对比图

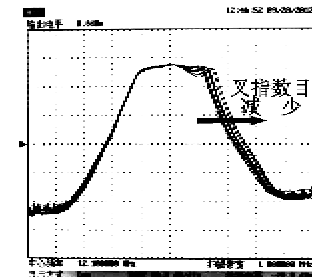


图6 叉指结构对晶体滤波器的性能影响渐变图

### 4 结束语

晶体滤波器的发展方向是高频率,高带宽,小型化。目前国内研究的晶体滤波器中还较少见这种近 2% 相对带宽的宽带有源单片晶体滤波器。该系列滤波器的独特之处在于在宽带有源单片晶体滤波器中采用叉指结构,有效改善了滤波器的矩形系数,增加带外抑制并可实现精密微调频率。

#### 参考文献:

- [1] 李忠诚. 现代晶体滤波器设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 1981.
- [2] 靳宝安, 王林力, 袁桃利. 21.4 MHz 宽带分立式压电石英晶体滤波器研制[J]. 人工晶体学报, 2009, 2: 94-97.
- [3] 陈湘渝, 周哲, 彭胜春. 小型化宽带钽酸锂晶体滤波器[J]. 压电与声光, 2011, 33(3): 386-389. CHEN Xiangyu, ZHOU Zhe, PENG Shengchun. Development of miniature wide-band filter using lithium tantalate crystal filter[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2011, 33(3): 386-389.
- [4] 陈湘渝, 彭胜春, 余欢, 等. 单片硅酸镓镧晶体滤波器的研制[J]. 压电与声光, 2011, 33(2): 214-217. CHEN Xiangyu, PENG Shengchun, YU huan, et al. Development of monolithic LGS crystal filter[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2011, 33(2): 214-217.
- [5] 武以立. 声表面波原理及其在电子技术中的应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1983.