

LiTaO₃ 材料上 DMS 滤波器性能改善

李 勇

(中国电子科技集团公司 55 所 南京 210038)

摘 要 根据工程应用的不同要求, 分别对 36° YX-LiTaO₃ 和 42° YX-LiTaO₃ 材料上传统的 3 换能器 DMS 滤波器进行了性能改善, 在近阻带抑制提高、插入损耗减小和不同相对带宽的实现三方面给出了试验结果。

关键词 声表面波双模滤波器、钽酸锂、性能改善

Improved Performance of DMS SAW Filters on LiTaO₃

Li Yong

(Nanjing Electric Device Institute, Nanjing, 210038, CHN)

Abstract: The present paper focuses on the performance improvement of DMS SAW filter including higher selectivity, lower insertion loss and different bandwidth obtaining. By adding small capacity between the input and the output of each 2-pole section as well as changing the periodicity ratio of IDT and reflector, the greater selectivity is achieved. In order to reduce the insertion loss, the traditional metallized gaps of DMS filter is replaced by distributed gaps. Finally, two filters with bandwidth 1.66% and 5.27% respectively are achieved by changing finger pairs, distance of the transducer and the thickness of metal film.

Keywords: DMS SAW filter, performance improving, LiTaO₃

1. 引言

DMS 双模滤波器具有较低的插入损耗和高的远阻带抑制, 在现有常用的声表面波压电材料上采用 DMS 结构的双模滤波器都获得了优越的器件性能并分别在 GSM、CDMA、CDMA450、PHS 等移动通信系统和无线接收系统中得到了广泛应用。其中, 基于 36°-YX LiTaO₃ 和 42°-YX LiTaO₃ 的 3 换能器 DMS 结构因为与移动通信系统的应用紧密相连而受到格外的重视, 但由于这种滤波器的右边阻带有寄生的“肩膀”, 因而其使用受到一定的限制, 针对这一不足, 有不少研究^{[1][2][3]}对此进行了改良, 本文结合 DMS 的不同应用特点和要求, 分别介绍了 42°-YX LiTaO₃ 上 3 换能器 DMS 滤波器的带外抑制改善结果、36°-YX LiTaO₃ 上 3 换能器 DMS 滤波器的插入损耗改善结果和两种材料上不同带宽的实现情况。

2. DMS 双模滤波器性能改善结果

2.1 带外抑制改善

DMS 双模滤波器有很好的远阻带抑制, 但近阻带抑制较差, 在 CDMA 和 GSM 双模手机中做发射滤波器用时, 因为 CDMA 接收通带的上截止频率是 880MHz, GSM 发射通带的下截止频率是 890MHz,

两者间只有 10MHz 带宽, 对滤波器左侧过渡带不仅要求很陡, 而且要求在 870~880 MHz 间有 30dB 以上的抑制, 不经改善达不到使用要求。图 1 中红线所示为一级 DMS 滤波器频率响应, 可以看到在通带左侧有明显的杂波, 它对 CDMA 接收端的抑制只有 10dB, 两级串联后的抑制只能到 20dB, 达不到使用要求。文献 [3]认为在各换能器的接地端串接电感可以使过渡带陡峭, 但在实际的器件制作中, 这一电感主要是通过接地引线来实现的, 而各换能器的接地线是并联关系, 电感值很小, 只有在很高频率时才有显著效果, 我们通过改变反射阵和换能器周期比并选

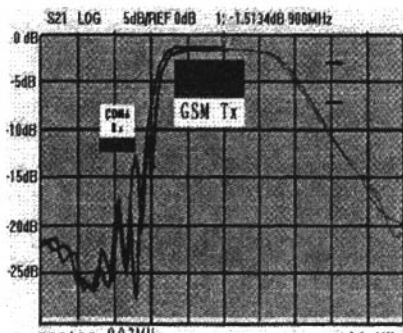


图 1. 滤波器左侧带外改善结果

择合适的金属膜厚,在 42 -YX LiTaO₃ 上实现了 DMS 滤波器左侧陡峭的过渡带,近阻带抑制明显改善,一级结构达到 18dB,满足了实用要求,但同时可以看到右侧近阻带没有明显变化,为解决这一问题,文献[2]在 DMS 双模谐振结构的输入端和输出耦合换能器间并联了一个大小合适的电容,通过在滤波器通带右侧形成电学零点,消除了带外寄生响应。在此类研究中所并联的电容值都很小,因而电容值的精确设计非常重要,试验中发现叉指电容的大小与金属化比有很大关系,而绝对条宽和金属膜厚对电容值影响很小。图 2 是我们在 42 -YX LiTaO₃ 上所测量的电容率和金属化比的关系,利用此关系曲线进行推算,在耦合换能器为 21 对,输入、输出换能器为 30 对,孔径为 250 μ m 的 465MHz 双模滤波器输入、输出端和耦合端并联 0.5pf 电容后右侧近阻带有最优改善,

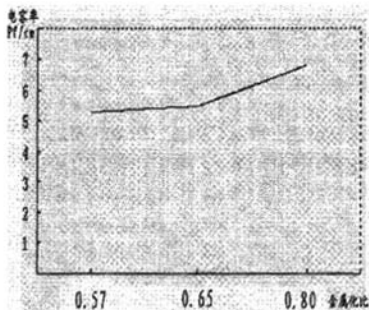


图 2. 电容率与金属化比

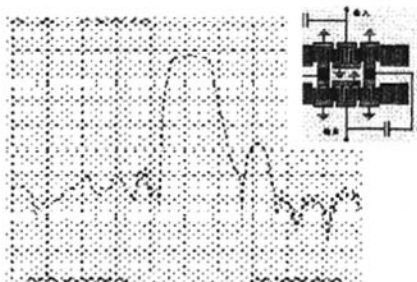


图 3. 并电容后的频率响应

频率曲线如图 3。电容值增加,右侧过渡带会更陡。

2.2 插入损耗改善和不同带宽的实现

图 4 是常规的 DMS 双模滤波器图形结构,在输入换能器和耦合换能器间各有一根较粗的指条,称为金属化间隙,其作用是引入相位差,同时形成两个谐振模式,由于金属化间隙引起了局部周期的突变,导致该区域体波散射增加,从而造成滤波器损耗变大^[4]。目前在我们的工艺平台上,两级串联的常规 DMS 双模滤波器典型插入损耗 2.5dB,这一损耗在大多数电路应用中可以满足使用要求,但在某些特定应用领域,如在遥控车门开关系统(RKE)和汽车轮胎胎压监测系统(TPMS)的接受端,在 SCDMA 城乡无线通信网络 RF 端,插损的大小对接收灵敏度有非常大的影响,更低的损耗意味着更高的性能,而常规的 DMS 双模滤波器无论如何进行膜厚和金属化比等工艺参数的优化,插入损耗都难有显著改善,目前行之有效的办法是采用图 5 所示的分布式间隙 DMS 结构,将局部的周期突变分布到相邻换能器的临近指条中,通过减小体波散射来降低插入损耗,采用这种结构,我们在 36 -YX LiTaO₃ 对 SCDMA400MHz 系统中的 405MHz 滤波器进行了设计和工艺优化,优化后的设计参数见表 1,此时滤波器的插入损耗降低了 1dB,很好满足了系统的使用要求。

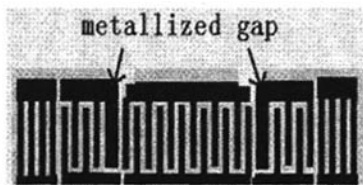


图 4. 金属化间隙 DMS 结构



图 5. 分布间隙 DMS 结构

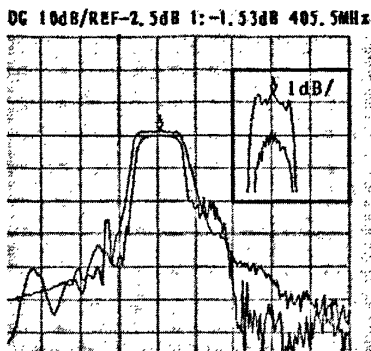


图 6.金属化间隙与分布间隙
DMS 滤波器频率响应

表 1.分布间隙 DMS 滤波器设计参数

输入、输出换能器对数	24	相对膜厚 %	8.7
耦合换能器对数	32	金属化比	0.68
孔径 (波长数)	26		
分布间隙包含指条数	14 (其中耦合端 10 根, 输入、输出端 4 根)		
分布间隙的结构周期与正常换能器周期比	耦合端 0.95 输入、输出端 0.90		

对 DMS 双模滤波器而言,最常用的带宽是在 36 -YX LiTaO₃ 上制作相对带宽为 2.5%的滤波器,在 42 -YX LiTaO₃ 上制作相对带宽为 4.5%的滤波器。如何实现适用范围更广的不同带宽滤波器有非常现实的意义,就目前无线接收系统 300MHz 频段、400MHz 频段和 800MHz 频段而言,宽频化和小型化应用趋势明显,原先广泛使用的石英纵向耦合窄带滤波器在 300MHz 频段首先受到挑战,在该频段要求滤波器相对带宽在 1~1.5%,对-10.7MHz 和-21.4MHz 有高的抑制同时具有低的插入损耗,36 -YX LiTaO₃ DMS 滤波器在损耗和抑制指标上很易满足要求,只需在原来 2.5%的带宽基础上做设计调整就可以满足要求。DMS 滤波器的带宽主要由输入输出换能器相邻的叉指间距、换能器对数和相对膜厚来决定,通过设计和工艺优化,我们分别对 36 -YX LiTaO₃ DMS 滤波器和 42 -YX LiTaO₃ DMS 滤波器进行了常规带宽的压缩和展宽,其中 RKE 系统用 315MHz 滤波器相对带宽压缩到 1.66%,最小插入损耗-1.39dB,封装尺寸 3.0×3.0×1.5mm,无线视频用 480MHz 滤波器相对带宽展宽到 5.27%,最小插入损耗-2.5dB,封装尺寸 5.0×5.0×1.5mm。

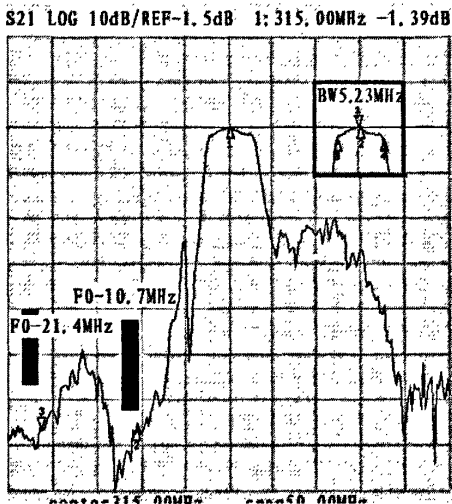


图 7. RKE 系统用 315MHz
宽频带滤波器频率响应

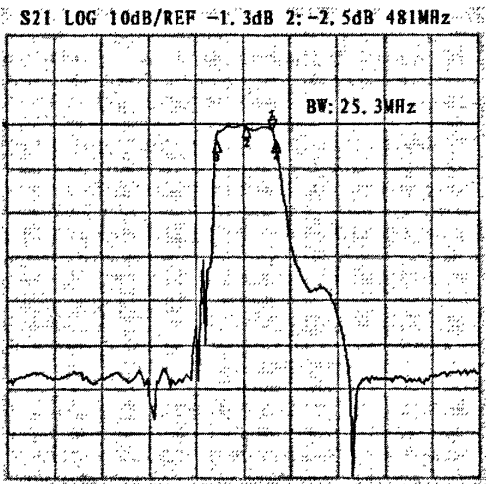


图 8. 无线视频用 480MHz
滤波器频率响应

表 2.不同带宽 DMS 滤波器设计参数

滤波器型号	相对带宽 %	换能器相邻叉指中心距 (um)	输入输出换能器对数	耦合换能器对数	相对膜厚 %	YX-LiTaO3 切向
F315	1.66	1.5	20	25	3	36
F480	5.27	1.28	15	12	9	42

3. 结束语

DMS 滤波器在理论分析和设计方面开展的工作相当广泛,而结合工程应用就某些特殊要求对 DMS 滤波器进行性能改善的工作有非常现实的意义,本文在如何改善近阻带抑制、如何减小插入损耗和如何实现不同带宽三方面进行了实用化研究,给出了关键的设计参数和工艺参数,对 DMS 滤波器应用领域的拓展有很大的帮助。

参考文献:

- [1] Aleh Loseu , "Double-Mode SAW Filters With Improved Selectivity " 2000 IEEE Ultrasonics Symposium PP. 95-98.
- [2] Steve Beaudin, Simon Darnphousse and Tom Cameron "Shoulder Suppressing Technique for Dual Mode SAW Resonators" 1999 IEEE Ultrasonics Symposium PP. 389-393.
- [3] Shogo Inoue, Jun Tsutsumi, Yasuhide Iwamoto,etc. " 1.9GHz Range Ultra-Low-Loss and Steep Cut-Off Double Mode SAW Filter for the Rx Band in the PCS Antenna Duplexer" 2003 IEEE Ultrasonics Symposium PP. 389-392.
- [4] Yasuo Ebata., "Suppression of Bulk-scattering Loss in SAW Resonator with Quasi-constant Acoustic Reflection Periodicity" 1988 IEEE Ultrasonics Symposium PP. 91-96.

微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立, 致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养, 是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、国人通信等多家国内知名公司, 以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们推出的微波滤波器设计培训专题, 有资深工程师领衔主讲, 课程既有微波滤波器设计原理的详细解释, 也有各种仿真分析工具的实际设计应用讲解, 设计原理和设计仿真实践相结合, 向大家呈现各种结构的微波滤波器的完整设计流程。旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。



微波滤波器设计培训专题视频课程

高清视频, 专家授课, 中文讲解, 直观易学; 既有微波滤波器设计原理的详细解释, 也有像 ADS、CST、HFSS 各种仿真分析工具的实际设计应用讲解, 旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/filter/>

更多专业培训课程:

- **HFSS 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

- **CST 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

- **天线设计专业培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>