

钽酸锂晶体滤波器的离子束刻蚀技术研究

张永川, 彭胜春, 徐 阳

(中国电子科技集团公司第26研究所, 重庆 400060)

摘 要:以钽酸锂晶体作为晶体滤波器压电材料。通过优化离子束刻蚀工艺参数,采用间歇式离子束刻蚀方法,解决了刻蚀区微裂纹工艺问题,使厚度为60 μm 钽酸锂晶片减薄至30 μm 。利用反台阶结构晶片制作出了中心频率为70 MHz、3 dB带宽为1 109 kHz的高基频宽带钽酸锂晶体滤波器。

关键词:晶体滤波器;钽酸锂;离子束刻蚀;高频;宽带

中图分类号:TN713.91

文献标识码:A

Study on Ion Beam Etching Technique of Lithium Tantalate Crystal Filter

ZHANG Yongchuan, PENG Shengchun, XU Yang

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

Abstract: The lithium tantalite crystal was used as the piezoelectric material for crystal filter. Through optimizing the ion beam etching technique parameters, the micro-crack in the etching area was overcome by using the interval ion beam etching technique, and the thickness of lithium tantalite wafer was thinned from 60 μm to 30 μm . A high fundamental frequency and wide-band lithium tantalite crystal filter with center frequency of 70 MHz and 3 dB bandwidth of 1 109 kHz was fabricated by using the negative-bench structure.

Key words: crystal filter; lithium tantalate; ion beam etching; high frequency; wide-band

0 引言

随着现代通信技术的发展,晶体滤波器的用途越来越广泛,尤其在通信机和雷达设备中,都需要高频率、大带宽的晶体滤波器。目前,晶体滤波器使用的主要材料是石英晶体,由于其具有高品质因数(Q)值、良好的温度稳定性和时间稳定性,在精度要求很高的窄带滤波器中具有很大的优越性。但石英晶体机电耦合系数较小(约9%~10%),串、并联谐振频率间隔小的局限性,利用石英晶体材料很难制作相对带宽大于1%的高频(基频频率大于50 MHz)晶体滤波器。钽酸锂晶体材料具有良好的压电性,它的Q值与石英近似,具有零温度系数切型,机电耦合系数可高达60%^[1](是石英晶体的6倍),串、并联谐振频率间隔大,可以制作相对带宽较大的宽带晶体滤波器。

制作高基频钽酸锂晶体滤波器时,需对钽酸锂晶片特定区域减薄。目前晶片减薄主要有研磨和化学腐蚀两种方式。其中,在研磨减薄钽酸锂晶片时,由于钽酸锂晶片较脆,在加工过程中晶片易破裂;钽酸锂晶体化学性质稳定,很难通过化学腐蚀方法对钽酸锂晶片减薄。离子束刻蚀是一种物理工艺^[2],

具有较高的图形转移精度。其主要原理是真空室中,定向高能离子轰击晶片表面,能量从入射离子转移到晶片表面原子上,当晶片表面原子间结合能低于入射离子能量,晶片表面原子将被移除。然而,通过离子束刻蚀工艺刻蚀晶体滤波器晶片的报道很少。本文以钽酸锂晶体作为晶体滤波器压电材料,利用离子束刻蚀工艺,采用间隙式刻蚀方法,通过优化离子能量和离子束流工艺参数,解决了刻蚀区微裂纹工艺问题,制作出了高基频宽带钽酸锂晶体滤波器。

1 实验

实验采用BIAIBT公司LKJ-1E-150型离子束刻蚀机刻蚀钽酸锂晶片。将已经过机械研磨减薄的钽酸锂晶片置于离子束刻蚀夹具中,当系统本底真空达到 7×10^{-4} Pa后,通入纯度为99.999%的高纯氩气作为刻蚀气体,通过离子源产生氩离子,刻蚀未被掩膜遮挡的钽酸锂晶片表面,减薄至设计厚度值。利用刻蚀后的钽酸锂晶片制作钽酸锂晶体滤波器样品。

实验中使用显微镜观察钽酸锂晶体表面刻蚀情况,用Alpha-step 250台阶仪测量刻蚀深度,用安立

收稿日期:2013-12-23

作者简介:张永川(1963-),男,重庆永川人,高级技师,主要从事离子束刻蚀工艺技术的研究。

MS1630B 型网络分析仪测试钽酸锂晶体滤波器性能指标。

2 结果及讨论

2.1 离子束刻蚀工艺优化

在制作中心频率为 70 MHz 的高基频晶体滤波器时,由于器件频率高,晶体谐振器有效振动区域较薄^[3],需将已机械研磨减薄的钽酸锂晶片(厚 60 μm),通过离子束刻蚀机减薄至厚 30 μm,刻蚀深度约 30 μm,获得反台阶结构晶片,如图 1 所示。由于刻蚀深度深,刻蚀时间长(约 10 h),晶片长时间受氩离子轰击,温升较高,晶片累计热应力大;同时晶片刻蚀区厚度较薄,极易导致该区域产生微裂纹。

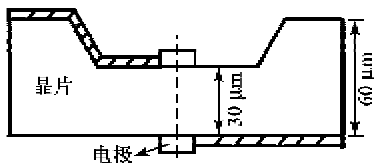


图 1 反台阶结构晶片示意图

针对晶片刻蚀区域易微裂现象,采用间歇式刻蚀工艺方法,即刻蚀一段时间,停止刻蚀一段时间,反复循环,减薄晶片至设计厚度值。

考虑到刻蚀效率,需在较快的刻蚀速率情况下,刻蚀时间段内晶片无裂纹。设定每段刻蚀时间为 30 min,研究了 30 min 内,离子刻蚀机刻蚀工艺参数对钽酸锂晶片刻蚀速率和晶片开裂情况的影响。

表 1 为 30 min 内,在不同离子能量(500 eV、600 eV 和 700 eV)和离子束流(70 mA、80 mA 和 90 mA)时,钽酸锂晶片刻蚀速率和表面裂纹情况。由表可见,随着离子能量的增加,钽酸锂晶片刻蚀速率随之增大;随着离子束流的增加,晶片刻蚀速率也随之增大。这是因为离子能量和离子束流越大,氩离子能量越高,晶片表面大量原子被移除,因而刻蚀速率大。同时,氩离子能量越高,晶片表面累计热应力越大,晶片易开裂。在钽酸锂晶片不开裂情况下,当离子能量为 600 eV,离子束流为 80 mA 时,有较高的刻蚀速率。再利用间歇式刻蚀方法,获得有效振动区域厚度为 30 μm 的反台阶结构钽酸锂晶片。

表 1 不同刻蚀工艺参数条件下钽酸锂晶片刻蚀情况

离子能量/eV	离子束流/mA	刻蚀速率/(μm/h)	晶片裂纹
500	80	2.5	无
500	90	2.8	无
600	80	3.0	无
600	90	—	有
700	70	—	有
700	80	—	有

2.2 钽酸锂晶体滤波器样品

利用刻蚀后的反台阶结构钽酸锂晶片制作了晶体滤波器样品,采用网络分析仪测试样品性能指标,如图 2 所示。

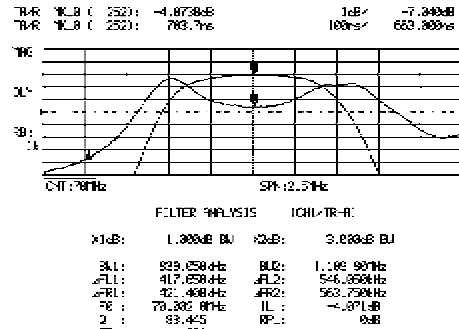


图 2 滤波器频率响应曲线

表 2 为滤波器主要性能指标,滤波器中心频率为 70.002 MHz, 3 dB 带宽为 1 109 kHz,得到了频率较高、相对带宽较大的钽酸锂晶体滤波器。

表 2 钽酸锂晶体滤波器主要性能指标

中心频率/MHz	3 dB 带宽/kHz	1 dB 带宽/kHz	插入损耗/dB
70.002	1 109	839	4.071

3 结束语

晶体滤波器的发展方向是高频率和高带宽。本文以具有大机电耦合系数的钽酸锂晶体作为晶体滤波器压电材料,采用间歇式离子束刻蚀方法,解决了刻蚀区微裂纹工艺难题,获得有效振动区域厚度约为 30 μm 的反台阶结构钽酸锂晶片。基于该结构晶片制作出中心频率较高、带宽较大的高基频宽带钽酸锂晶体滤波器样品,为以后研制各种型号的高基频晶体滤波器打下了良好的基础。

参考文献:

- [1] 刘兰村. 钽酸锂晶体滤波器[J]. 压电晶体技术, 1993, 63(1):43-47.
LIU Lanchun, LiTaO₃ crystal filters[J]. Piezoelectrics & Crystal, 1993, 63(1):43-47.
- [2] ZANT P V. 芯片制造——半导体工艺制程适用教程[M]. 4 版. 赵树武,朱践知,于世恩,译. 北京:电子工业出版社, 2004.
- [3] 彭胜春,陈湘渝,刘光聪. 高频宽带钽酸锂晶体滤波器的研制[J]. 声学技术, 2009, 28(4):137-139.
PENG Shengchun, CHEN Xiangyu, LIU Guangcong. Design of high frequency and wide-band lithium tantalite crystal filter[J]. Technical Acoustics, 2009, 28(4):137-139.