

高频声表面横波谐振器研制

周 卫, 杨正兵, 曾 武, 付金桥, 汤旭东, 朱 明, 陈 峻, 伍 平, 邵 静

(中国电子科技集团公司第26研究所, 重庆 400060)

摘 要:声表面横波具有比瑞利波高 1.6 倍的波速, 声表面横波谐振器具有一阶温度系数(TFC)为 0, 工作频率高, 损耗小, 耐功率能力强及振动灵敏度低等特点。该文叙述了声表面横波工作原理, 研制出了频率达到 1 439 MHz、1 989 MHz、2 491 MHz 的声表面横波谐振器。

关键词:声表面横波; 谐振器; 损耗; 品质因数(Q)值

中图分类号: TN384

文献标识码: A

Study of Surface Transverse Wave Resonators with High Frequency

ZHOU Wei, YANG Zhengbing, ZENG Wu, FU Jinqiao, TANG Xudong, ZHU Ming,

CHEN Jun, WU Ping, SHAO Jing

(No. 26th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: Surface transverse wave is 1.6 higher in velocity than Rayleigh type surface acoustic wave, which also has the characteristics for zero for TCF, higher frequency, low insert loss, high capacity of endure power and low vibrating sensitivity. This paper describes the theory of surface transverse wave, and surface transverse resonators with frequency of 1 439 MHz, 1 989 MHz and 2 491 MHz are developed.

Key words: surface transverse wave; resonator; insert loss; Q factor

0 引言

早在 1885 年瑞利(Lord Rayleigh)就发现了声表面波(SAW), 但直到 1965 年 White 等人才通过在压电基片上制作金属条的叉指换能器(IDTs)来有效地激励和检测 SAW。在 1970 年, Ash^[1]描述了对弱反射器通过有限带宽的规则阵列获得好的反射。在 1974 年 Staples^[2]已阐述了由 1 个或 2 个换能器及 2 个反射栅组成的腔体中的谐振器。在 1987 年, Bagwell 和 Bray 第一次实现了高品质因数(Q)值声表面横波(STW)谐振器。STW 具有低传播损耗, 好的器件相位噪声, 高的功率承受能力及低的老化和低的振动灵敏度, 在相同工艺条件下, 声速比瑞利型 SAW 高 1.6 倍。特别在高频率谐振器的研制中, 普遍采用 STW 模式。

1 原理和传播特性

在固体中传播的弹性波为体声波(BAW), 分为纵波和横波。横波又称为剪切波。波的偏振方向与表面平行的剪切波称为水平剪切(SH)波。SH 型

分量能满足表面边界条件, 它既可在介质表面传播, 也可在介质内部传播。在压电介质上, 若 SH 场分量与电势 φ 互相耦合, 组成另一种形式的 SAW, 为 SH 型表面波, 称为 STW, 它同时满足介质表面的机械边界条件和电学边界条件^[3]。

图 1 为在旋转 Y-切石英上激励 STW 波的传播。由图可知, 在 Y-切方向压电石英晶片, 如 AT-切石英晶片上, 由 IDTs 直接激励 SH 型声波。假如 IDTs 自由表面彼此分离, 为掠面体波(SSBW)。在这种情况下, 当功率流以 θ 角辐射在基片表面和散射进入晶体内部时, 当 IDT 彼此相距一个较长的

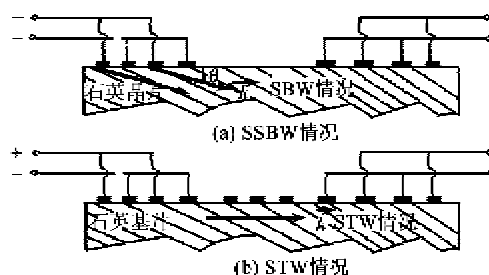


图 1 在旋转 Y-切石英上激励 STW 波的传播

收稿日期: 2012-05-06

作者简介: 周卫(1967-), 女, 四川省达州人, 高级工程师, 工程硕士, 主要从事声表面波器件及频率源技术的研究。

距离时会增加插入损耗。如果在 IDTs 间沉积近似等于 IDT 周期的金属条栅,使波速减慢。栅的减慢效应决定了波能量接近表面,阻止了能量耗散进入晶片体内。栅的慢效应使 SH 波被限制到表面成为 STW。

由 SH 型 SAW 器件 COM 参数理论,可有效地计算 STW 的频散特性,即

$$Q_v = \frac{c \sqrt{[\Delta - \Delta v + |k_R| v(\Delta)]^2 - [k + k_3 v(\Delta)]^2}}{\quad} \quad (1)$$

式中: c 为耦合参数; $\Delta = \omega/v_B - 2\pi/P_1$ 为归一化频率; v_B 为 SSBW 波速; k_R 为 STW 与背向散射的 BAW 之间耦合模的振幅; k 为向前传播的 STW 与向后传播的 STW 之间耦合模的振幅; Δv 为 STW 波速减小量,则

$$v(\Delta) = \frac{\eta_B}{\sqrt{\Delta_3 - \Delta} + \eta_B} \quad (2)$$

式中: Δ_3 为截止频率; η_B 为边界条件对传播影响的参数。

2 实验及结果

SAW 是在压电基片(如石英、铌酸锂、钽酸锂等)上制作金属条的 IDTs 来有效地激励和检测 SAW。SAW 谐振器(谐振滤波器)是由一个 IDTs 或多个换能器及相应的反射器组成。其特点是损耗低, Q 值高。

STW 谐振器结构与一般 SAW 谐振器不同的是在两换能器之间加入使 SH 波被钳制在石英基片表面传播,而不是深入石英基片内传播的短路栅^[1-5]。如图 2 所示。表 1 为 STW 谐振器设计参数。

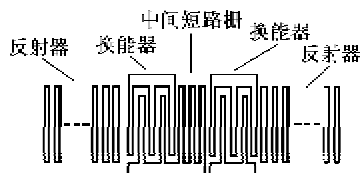


图 2 ATW 谐振器结构

表 1 STW 谐振器设计参数

基片	AT-切石英	IDT 指条数	75 对
波速	5 050 m/s	反射器指条数	500 条
电极金属	Al	中间短路栅	25 条

研制出工作频率分别为 1 439 MHz、1 989 MHz、2 491 MHz 的 STW 谐振器,其测试图

分别如图 3~5 所示。由图 3、4 可知,其损耗小于 6 dB, Q 值大于 2 000。图 5 中,2 491 MHz 的 STW 谐振器的损耗为 6.4 dB, Q 值为 1 499。

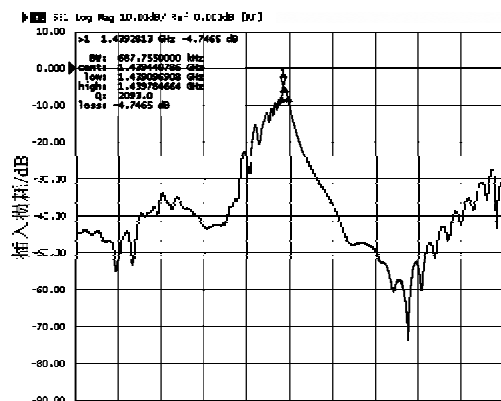


图 3 1 439 MHz 的 STW 谐振器

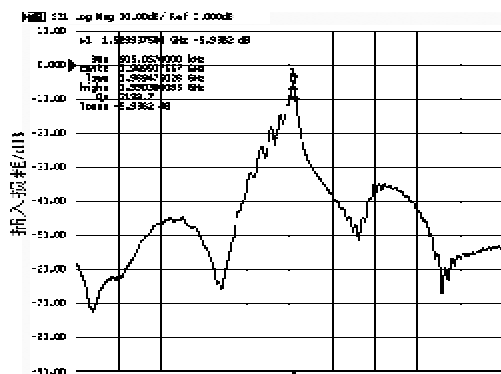


图 4 1 989 MHz 的 STW 谐振器

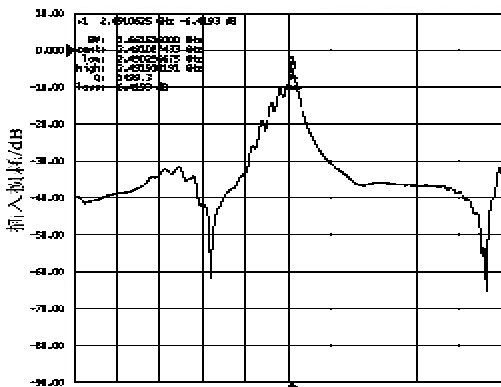


图 5 2 491 MHz 的 STW 谐振器

3 结束语

声表面横波具有低传播损耗,好的器件相位噪声,高的功率承受能力,低的老化和低的振动灵敏度,在相同工艺条件下,声速比瑞利型声表面波高 1.6 倍^[6-7]。

声表面横波谐振器的用途广泛,可作为高稳定性固定频率振荡器、窄带调频振荡器、窄带电压控制

振荡器和低相位噪声频率源。石英基片的声表面波谐振器具有工作温度范围宽,温度-频率特性好,尺寸小和可靠性高等一系列特点,特别是低相位噪声声表面横波谐振器振荡器具有优良的抗振动性能,在移动通信、雷达、卫星和遥测遥控系统中起重要的作用。

参考文献:

- [1] ASH E A. Surface wave grating reflectors and Resonators [C]//S. l.; IEEE Inst Microwave Symp, 1970;385-386.
- [2] STAPLES E J, SCHOENFELD J S, ROSENFELD R C, et al. UHF Surface acoustic wave resonators [C]//S. l.; IEEE Ultrasonics Symp, 1974;245-252.
- [3] HASHIMOTO Kenya. 声表面波器件模拟与仿真 [M]. 王景山, 刘天飞, 译. 北京:国防工业出版社, 2002.
- [4] ZHOU Wei. Temperature compensation and low G-vibration sensitivity STW microwave source [C]//S. l.; IEEE International Freq Control Symp, 2001;351-358.
- [5] 范子坤, 葛惟昆. GHz 频带声表面波谐振器的研究 [J]. 电子学报, 2005;908-911.
- [6] ZHOU Wei, LIU X L. 2 GHz STW resonators of low insertion loss, low Q [C]//S. l.; IEEE International Frequency Control Symposium, 2008;184-186.
- [7] WALDEMAR S. STW two-port asynchronous resonator on BT-cut quartz [J]. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 2008, 55 (11);2519-2521.
- (上接第 12 页)
- [9] LEE P C Y, YONG Y K. Frequency-temperature behavior of thickness vibrations of doubly rotated quartz plates affected by plate dimensions and orientations [J]. Journal of Applied Physics, 1986, 60 (7); 2327-2342.
- [10] 田文杰, 路峻岭, 张福学, 等. AT 切石英谐振器频率温度系数研究 [J]. 电子元件与材料, 2002, 21 (9); 1-3.
- TIAN Wenjie, LU Junling, ZHANG Fuxue, et al. Research on the frequency-temperature coefficient of AT-cut quartz resonators [J]. Electronic Components & Materials, 2002, 21 (9); 1-3.
- [11] 施文康, 刘艾. 延迟线型声表面波传感器的研究 [J]. 传感器技术, 1999, 12 (4); 337-340.
- SHI Wenkang, LIU Ai. Study on delay line SAW sensor [J]. Journal of Transduction Technology, 1999, 12 (4); 337-340.
- [12] 林静波. 有限弹性体中声表面波的二维分析 [D]. 宁波: 宁波大学, 2004.
- [13] HASHIMOTO K Y. Surface acoustic wave devices in telecommunications: modelling and simulation [M]. Berlin; Springer, 2000.

读者信息反馈卡(2013 年第 1 期)

- ▲您目前最感兴趣的技术问题: _____
- ▲您认为本期最佳文章: _____ 理由: _____
- ▲您认为本期欠佳文章: _____ 理由: _____
- ▲您希望本刊增加哪些内容: _____
- 读者姓名: _____ 通信地址: _____ 邮编: _____

复印有效