

# 一种新型大带宽高通带平坦度延迟线的设计技术

蒋世义<sup>1</sup>,朱勇<sup>1</sup>,刘琴<sup>2</sup>,杨靖<sup>1</sup>,陈彦光<sup>1</sup>,蒋欣<sup>1</sup>,陶骏<sup>1</sup>

(1. 中国电子科技集团公司第26研究所,重庆400060;2. 重庆邮电大学通信与信息工程学院,重庆400065)

**摘要:**采用倾斜换能器结构,通过优化设计,研制出中心频率800 MHz,带宽200 MHz,延迟时间为100 ns~3 μs且精确可控的声表面波延迟线。该系列产品的插入损耗约为-25 dB,直通抑制大于35 dB,三次渡越抑制大于50 dB,200 MHz通带内波纹小于1 dB,产品综合性能指标优异。

**关键词:**大带宽;通带波纹;延迟线

**中图分类号:**TN65 **文献标识码:**A

## The New Design Technology of High Smooth Passband Surface Acoustic Wave Delay Line

JIANG Shiyi<sup>1</sup>, ZHU Yong<sup>1</sup>, LIU Qin<sup>2</sup>, YANG Jing<sup>1</sup>, CHEN Yanguang<sup>1</sup>, JIANG Xin<sup>1</sup>, TAO Jun<sup>1</sup>

(1. 26th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China; 2. School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

**Abstract:** Using SLANT IDT structure and optimizing design, a series of surface acoustic wave delay line with center frequency of 800 MHz, bandwidth of 200 MHz and delay time from 100 ns to 3 μs were developed. The insertion loss of -25 dB, feed through suppression of 35 dB and triple transmitting suppression(TTS) of 50 dB have been obtained. The passband ripple is less than 1 dB in the passband of 200MHz. The specifications of the device are very excellent.

**Key words:** big passband; band ripple; delay line.

### 0 引言

声表面波(SAW)延迟线是最早实用化且应用广泛的声表面波器件之一,以损耗低,体积小,质量轻,温度稳定性好,一致性好等特点,在雷达、高度表、通信、目标模拟及电子对抗等军用电子系统中获得了广泛应用,成为射频、中频段电信号延迟的首选器件。

为解决现有 SAW 延迟组件延迟精度不高,覆盖延迟时间范围小,带宽窄,在不采用硬限幅的情况下带内波动大等问题,本文采用倾斜换能器(SLANT)结构,通过优化设计,研制出中心频率800 MHz,200 MHz通带内波纹小于1 dB,延迟时间覆盖100 ns~3 μs精确可控的SAW延迟线。

### 1 设计原理

SAW延迟线的工作原理是:电信号到达输入叉指换能器(IDT)后,通过IDT金属电极的逆压电效应,将电信号转变为声信号并在传声介质中传播,获得一定的延迟时间,然后到达输出IDT,通过IDT

金属电极的压电效应转变为电信号输出,从而延迟信号。由于SAW传播速度比电信号传播速度慢 $10^5$ 量级,因此可在短距离内实现较长的延时。

本文采用SLANT叉指结构实现SAW延迟线,该结构可实现极宽的带宽和相当平坦的响应。图1为SLANT结构示意图,沿着器件孔径方向电极周期是变化的。

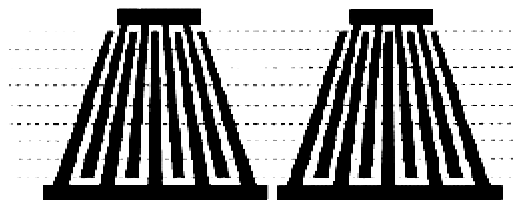


图1 SLANT结构

器件上部(电极间距较小)激励通带高频部分的信号,器件下部激励低频部分的信号,如图2所示。这样将延迟线划分成不同频率的很多子通道,每个通道产生不同频率的窄通带,最终实现一个宽通带。对子通道的孔径进行加权可实现相当平坦的响应。

收稿日期:2011-06-02

作者简介:蒋世义(1981-),男,重庆渝北人,工程师,硕士,主要从事SAW器件的研究。E-mail:jsyyl@tom.com.

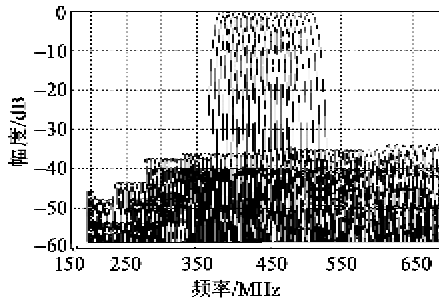


图2 多通道频响示意图

SLANT 结构延迟线设计一般直接在频域内采用  $\delta$  函数模型计算幅频特性。

在一级近似下,不考虑衍射和电极电阻的影响,对采用极性加权的中心对称子换能器,设其叉指周期为  $\lambda$ ,则频率特性为

$$H_p(f, \lambda) = \sum_{n=1}^{N/2} (P_n - P_{n-1}) \cdot \sin[(n+0.5)\pi f / (v/\lambda)] \quad (1)$$

式中:  $N$  为换能器叉指电极总数;  $P_n = \pm 1$  为第  $n$  根电极的极性;  $v$  为 SAW 速度。

为实现大带宽及高平坦度的通带特性,叠加的各子通道换能器频率响应的交叉点插入损耗应相等,同时通过孔径加权修正通带的倾斜。

倾斜换能器设计可通过计算及优化声速和换能器间距离,精确控制延迟时间

$$\tau = L/v \quad (2)$$

式中  $L$  为两换能器的中心距。

## 2 设计实例

### 2.1 参数设计

采用上述方法设计了一系列 800 MHz SAW 延迟线。该延迟线工作频率较高,要求带宽大于 200 MHz,相对带宽达 25%,故选用耦合系数大的 YZ-LN 材料,声速为 3 488 m/s;同时采用复合金属膜电极以提高器件功率承受能力,膜厚 200 nm。

设计仿真的频率响应如图 3 所示,插入损耗为 23 dB,1 dB 带宽为 222 MHz。

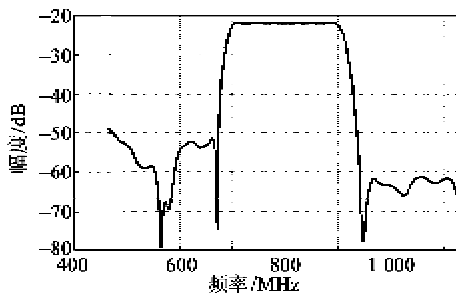


图3 频率响应模拟曲线

### 2.2 直通抑制设计

直通抑制是指延迟信号与直通信号的差值,直通信号抑制差使设备的接收动态范围变窄,造成频率响应通带波纹变大。采用倾斜换能器设计方案,短延时(如延迟时间 100 ns 以下)器件的 IDT 靠得很近,输入输出直通耦合强,导致延迟线直通抑制制度差。

本文采用一种新型的带隔板外壳设计,如图 4 所示。通过三维电磁仿真,精确确定壳体尺寸,有效解决了短延时延迟线的直通抑制问题。

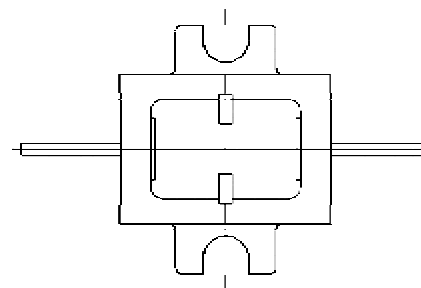


图4 一种新型的带隔板外壳设计示意图

### 2.3 工艺设计

该系列声表面波延迟线延迟时间精度为纳秒级。为精确控制延迟时间,独立设计和制作两个换能器,调整两个换能器间的中心距离,使延迟时间误差控制在 1% 以内。

## 3 结果与讨论

根据以上设计,研制出来的 SAW 延迟线如图 5 所示。3 dB 带宽 297 MHz,直通抑制大于 40 dB,三次渡越抑制大于 50 dB。

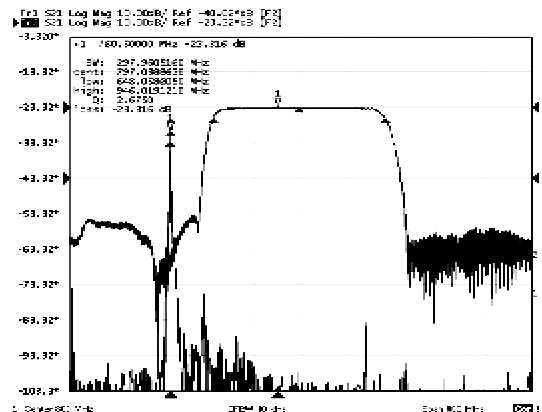


图5 SLANT 结构延迟线频响图

传统宽带声表面波延迟线设计,如图 6 所示。3 dB 带宽 241 MHz,直通抑制 40 dB。通过图 5、6 可看出,采用 SLANT 结构设计的 SAW 宽带延迟线优于传统 SAW 宽带延迟线设计。

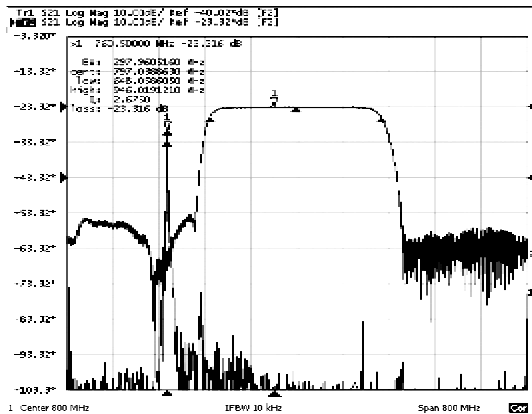


图6 传统宽带延迟线频响图

#### 4 结束语

本文首次将倾斜换能器结构设计应用到声表面

波延迟线设计中,通过优化设计,研制出大带宽、高平坦度、延迟时间精确可控的声表面波延迟线。该系列产品的插入损耗约-25 dB,直通抑制大于35 dB,三次渡越抑制大于50 dB,200 MHz通带内波纹小于1 dB,延迟时间覆盖100 ns~3 μs且精确可控,产品综合性能指标优异。

#### 参考文献:

- [1] 胡爱民,马晋毅. 微声电子器件-信息化武器装备的特殊元件[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
- [2] 郝晓勤. 声表面波延迟线[J]. 现代雷达,2010,32(4): 79-81.
- [3] 秦廷辉,黄广伦,曹亮,等. 利用锥型换能器的宽带低损耗声表面波滤波器设计[J]. 应用声学,2000(4):18-21.

(上接第490页)

#### 参考文献:

- [1] 武以立,邓盛刚,王永德. 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.
- [2] 日本电子材料工业会. 声表面波器件及其应用[M]. 许昌昆,孟秀林,林江,等译. 北京:科学出版社,1984:142-204.
- [3] LAI F D, HUA J M. Increasing the maximum operating frequency of SAW filters fabricated using an I-line source[J]. Microelectronic Engineering, 2009, 86(4/6): 1300-1302.
- [4] OH J G, CHOI B, LEE S Y. SAW based passive sensor with passive signal conditioning using MEMS A/D converter[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2008, 141(2): 631-639.
- [5] 朱华. 基于频域采样的声表面波射频识别系统研究

[D]. 上海:上海交通大学,2009.

- [6] 王玉林,曹金荣,前锋,等. 声表面波射频识别无源电子标签[J]. 固体电子学研究与进展,2007,27(1): 109-114.
- [7] 徐方迁,步平. 声表面波在厚金属栅阵中的耦合模参数[J]. 声学学报,2010,35(4): 441-445.
- [8] 韩韬,施文康,吴嘉慧,等. 耦合模理论及其在ID-Tag器件分析中的应用[J]. 压电与声光,2002,24(2): 89-91.  
HAN Tao, SHI Wenkang, WU Jiahui, et al. Coupling-of-modes theory and its application in the analysis of wireless ID-Tag[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2002, 24(2): 89-91.
- [9] HASHIMOTO K Y. 声表面波器件模拟与仿真[M]. 王景山,刘天飞,孙玮,译. 北京:国防工业出版社,2002:25-259.

### 更正通知

《压电与声光》2012年第2期第303页作者:高青春,安雷,彭易,牛伟,唐小艳,成斌,陶毅,章露,黄俊,戴梅生,将作者“陶毅”更正为“陶骏”。