

# 158MHz GaAs 声表面波固定延迟线的研制

李洪芹 夏冠群

(中国科学院上海冶金研究所 上海 200050)

**摘要** 报道了 GaAs 声表面波(SAW)固定延迟线的设计方法和 SAW 器件金属剥离制造新工艺. 研制出 GaAs SAW 延迟线, 典型参数为: 中心频率 158MHz, 插入损耗低于 55dB, 延迟时间 1.5 $\mu$ s.

**关键词:** 延迟线, 声表面波, GaAs

**EEACC:** 2860C, 2520D, 7810C

**文章编号:** 0253-4177(2000)01-0093-04

## 158MHz Surface Acoustic Wave Fixed-Delay Line on GaAs\*

LI Hong-qin and XIA Guan-qun

(Shanghai Institute of Metallurgy, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China)

Received 11 July 1998, revised manuscript received 29 November 1998

**Abstract** A design method and a new Metal lift-off manufacture technology of GaAs surface acoustic wave (SAW) fixed-delay line is given. We have developed the SAW fixed-delay line on GaAs. Its typical parameters are as follows: the center frequency is 158MHz with the insertion loss of less than 55dB and the delay time is 1.5 $\mu$ s.

**Key Words:** Delay Line, Surface Acoustic Wave, GaAs

**EEACC:** 2860C, 2520D, 7810C

**Article ID:** 0253-4177(2000)01-0093-04

## 1 引言

声表面波(SAW)延迟线是声表面波器件中最基本的一类器件,可用于各种复杂的波形和具有多种信

李洪芹 女,1971 年出生,硕士,1998 年初于中国科学院上海冶金研究所攻读博士学位,专业是半导体物理与半导体器件物理,从事声表面波技术和声电荷转移 ACT 器件的研究及砷化镓器件的制备等方面的研究.

夏冠群 男,1941 年出生,博士生导师,研究员,长期从事 GaAs 半导体器件研究与制备.

1998-07-11 收到,1998-11-29 定稿

号处理功能,具有实用、精确和可编程化等优点,在雷达、电子战和通信系统中有着广泛的应用。

自八十年代以来,以 GaAs 为基底材料制备 SAW 器件在国际引起广泛兴趣.因为 GaAs 既是压电体又是半导体,这样就可以把半导体 GaAs IC 技术与声表面波技术结合起来.声电荷转移(ACT)技术就是两者结合的重要应用.它利用 GaAs 的高频高速处理信号能力与单片集成特点,有着别的信息处理技术难以匹敌的优越性,在先进的通讯系统及雷达系统中得到广泛应用.而国内大部分研究单位都是将 SAW 器件制作在传统的压电单晶、压电陶瓷或压电薄膜等基片上,以 GaAs 为基体的 SAW 器件还未见报道.本文在国内首次对 GaAs 为基体的 SAW 固定延迟线进行了研究.给出了 GaAs SAW 固定延迟线的设计方法,在 (100) 半绝缘 GaAs 上制作了中心频率为 158MHz 的 SAW 延迟线,其插入损耗低于 55dB,延迟时间为 1.5 $\mu$ s,为今后研制 ACT 器件奠定了良好的基础.

## 2 延迟线结构及基本原理

声表面波延迟线的基本结构示于图 1 中,它由基片和在其中设置的输入、输出换能器组成.它的工作

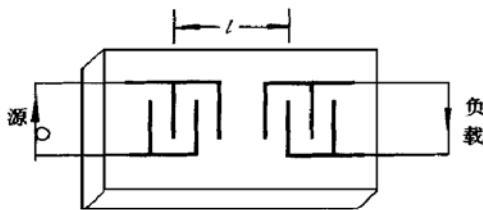


图 1 SAW 延迟线基本结构

FIG. 1 Structure of SAW Delay Line

原理与体波延迟线完全一样,即基片左端的叉指换能器将输入信号转变成声信号,此声信号在两个换能器之间的声媒质表面上传播,然后由基片右端的叉指换能器将声信号还原成电信号输出.延迟时间  $\tau$  的大小取决于基片媒质的声表面波速度  $u_s$  和两换能器之间的距离  $l$ ,即

$$\tau = l/u_s \quad (1)$$

因为声表面波在固体中的传播速度比电磁波慢五个数量级,所以用声表面波来实现信号的延迟可以大大缩小器件尺寸.

## 3 器件设计与工艺制备

158MHz 延迟线是用商业化的单面抛光的 GaAs 晶片制作的,它们是不掺杂半绝缘 GaAs 单晶片,晶向为正 (100). 在 (100) GaAs 表面上,SAW 沿  $\langle 110 \rangle$  方向传播,其速度为 2862m/s,机电耦合系数为 0.064%,单位长度的叉指静电容为 1.2pF/cm,功率流角为零.

从 (100) 切晶片上沿垂直的  $\{110\}$  面分割成矩形基片,该分割面为 SAW 换能器提供了良好的参考面.利用单叉指电极,每个电极和间隔宽度均为 1/4 波长.每个换能器由 12 对电极组成,电极宽度和间隔为 4.5 $\mu$ m,声孔径为 50 个波长.换能器是利用深紫外曝光和剥离技术工艺制作的.两换能器中心距离为 4293 $\mu$ m,延迟时间为 1.5 $\mu$ s.换能器的叉指电极金属层为 120nm 的 Ti/Au,该金属层构成与 GaAs 基片相接的肖特基触点,所以叉指结构就象一个背对背的二极管,这种结构可以减小插入损耗.

在器件的制备中,我们采用了金属剥离技术.金属剥离是微细加工中发展起来的一项新工艺,它是利用抗蚀剂(光刻胶)在溶剂中溶胀后剥离多余金属的原理进行的.

从图 2 可以看出金属剥离技术首先是在需要淀积金属的地方光刻开口,其它地方留下抗蚀剂,然后带胶蒸发金属.再将片子放入能溶解抗蚀剂的溶剂中浸泡,使抗蚀剂发生溶胀,同时,把抗蚀剂上面的金属膜剥离干净.蒸发淀积的金属膜仅在需要的地方留下,达到同光刻腐蚀相同的效果.线条的精度基本上决定该光刻所能达到的精度.要剥离成功,关键是蒸发.蒸发淀积的金属膜既要与基片有较强的附着力,又要与留在抗蚀剂的膜不相连.这样,溶剂才能渗透进去溶解抗蚀剂,造成溶胀效果,在小能量超声剥离时,去除多余的金属膜,留下需要的金属膜图形.

根据以上分析,要实现良好的剥离效果,在工艺上要注意以下几点:(1)抗蚀剂要厚,分辨率要高,硬化温度要高;(2)光刻显影形成的抗蚀剂图形的边缘要陡直,窗口内无残留底膜;(3)剥离液对于抗蚀剂要有

良好的溶胀作用,但对金属与基片无腐蚀作用;(4)蒸发时,真空度要高,金属的电子束流沉积到片子上要有足够的动能(增加附着力),而且要尽可能平行,并垂直于基片平面,此外蒸发源距片子的距离要适当;(5)金属膜厚度一般不能超过抗蚀剂膜厚的二分之一。

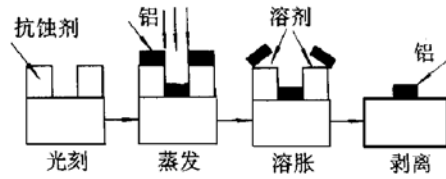


图2 金属剥离工艺流程

FIG. 2 Process of Lift-off Metal

#### 4 实验结果与讨论

按照上述设计和工艺制备方法,采用如图1所示的延迟线结构,我们在GaAs上制备了SAW延迟线,得到的器件指标典型值为(常温):

中心频率: 158.295MHz

延迟时间: 1.496 $\mu$ s

3dB带宽: 10MHz

插入损耗: 53dB

其群延时频率特性如图3所示。

文献[7]报道了采用ST-X石英基片制作的1.5 $\mu$ s的SAW延迟线,器件插入损耗为66dB,与之相比,GaAs SAW延迟线插入损耗比较低,所以开发GaAs SAW器件并与半导体器件集成,有比较积极的意义。

测试时如果有高频信号通过造成,会造成频谱特性不对称,必需采取相应测试手段,避免高频信号通过,以获得更好的性能。图4表示典型的器件频谱特性。

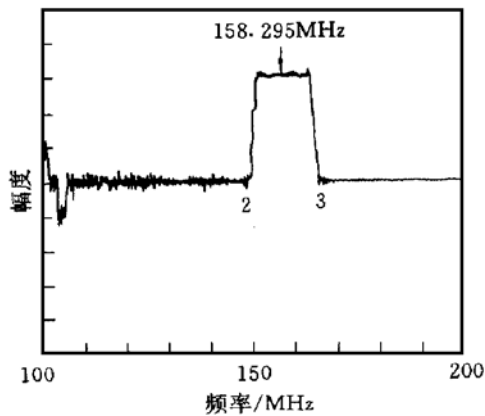


图3 群延时频率特性

FIG. 3 Frequency Characteristics of SAM Delay Line

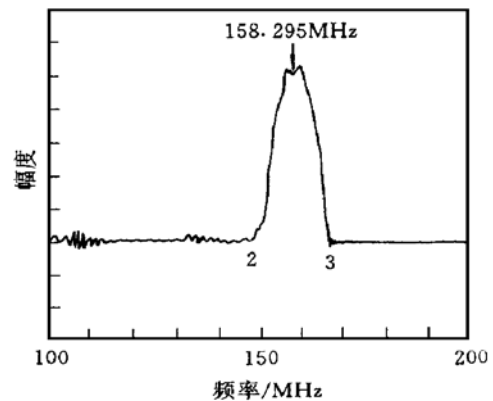


图4 频谱特性

FIG. 4 Frequency Spectrum of SAW Delay Line

由上图可以看出器件指标基本满足系统设计要求。众所周知,SAW延迟线中心频率精度、延迟时间精度、3dB带宽和插入损耗等参数对系统应用是至关重要的。理想情况下,器件延迟时间参数与标定指标应该相同,但由于设计和制作工艺的原因,实际上这是不可能的,它总是有一定的误差,特别是制作工艺如制版、蒸发、基片加工和光刻工艺等对器件延迟时间误差影响最大<sup>[8]</sup>。

#### 5 结束语

本文报道的158MHz GaAs SAW固定延迟线具有如下优点:

(1) 由于采用 GaAs 材料,为今后在高频高速信息处理领域,将半导体平面工艺与声表面波工艺的单片集成奠定了良好的基础,使 ACT 器件成为可能;

(2) 器件无需调谐,使得器件的重复性好;

(3) 功耗小;

(4) 器件体积小、重量轻、可靠性高.

致谢 感谢上海半导体器件八厂费龙宝工程师及其他同志在器件封装和测试方面给予的无私帮助和大力支持.

### 参 考 文 献

- [ 1 ] T. W. Grudkowski, M. Gilden, Appl. Phys. Lett., 1981, **38**(6): 41
- [ 2 ] J. M. Saurel, J. Lassale, J. Attal, W. Shahab, IEEE Transaction on Sonics and Ultrasonics, K. 1981, **SU-28**(2): 106.
- [ 3 ] T. W. Grudkowski, G. K. Montress, Appl. Phys. Lett., 1983, **43**(10): 915.
- [ 4 ] T. W. Grudkowski, G. K. Montress, M. Gilden, IEEE Ultrasonics Symposium, 1980, 88
- [ 5 ] D. E. Cullen, W. J. Tanski, S. W. Merritt *et al.*, IEEE Ultrasonics Symposium, 1988, 135
- [ 6 ] 杨国庆译,母开明校,压电与声光, 1986, **8**(2): 49[ Yang Guoqing, Piezoelectrics & Acoustooptics, **8**(2): 49].
- [ 7 ] 刘积学,压电与声光, 1995, **17**(5): 5[ Liu Jixue, Piezoelectrics & Acoustooptics, **17**(15): 5].
- [ 8 ] 刘积学,压电与声光, 1995, **17**(4): 11[ Liu Jixue, Piezoelectrics & Acoustooptics, **17**(4): 11].