

研究简报

显示 GaAs/AlGaAs 缺陷的新方法*

——超声 AB 腐蚀

陈 茂 夫

(河北工学院电子工程系,天津,300130)

1991年8月14日收到,1991年10月31日修改定稿

本文提出了一种采用超声 AB 腐蚀方法显示 GaAs/AlGaAs 单晶缺陷的新方法。该方法可以在自然光环境、常温下显示位错露头、位错线、层错、微沉淀及生长条纹等多种晶体缺陷,分辨率高,腐蚀坑形状规则,操作简便。

PACC: 8160C, 6170J

一、引言

随着微波器件、光电器件和超高速集成电路的发展, GaAs/AlGaAs 材料愈来愈受到人们的重视。人们发现, GaAs/AlGaAs 材料中的缺陷对相关器件性能的影响十分严重。其中位错是造成器件电学参数离散的主要原因^[1,2];而 GaAs/AlGaAs 激光器快退化的主要原因是位错网络^[3]。因此,位错密度及位错分布均匀性是衡量半导体材料质量的一个重要指标。

目前,显示 GaAs 单晶缺陷的常用方法仍然是熔融 KOH^[1,2]和 AB 化学腐蚀剂^[4]。由于采用熔融 KOH 方法材料损耗较大,且有一定的危险性,所以这种显示位错的方法不是理想的。AB 腐蚀剂显示的缺陷种类最多,但这种方法对腐蚀条件要求苛刻,而且分辨率不十分理想。Takahashi 利用 AB 腐蚀剂对 GaAs 单晶进行电解腐蚀^[5],使分辨率明显提高,位错腐蚀坑的形状更规则。但是,电解 AB 腐蚀方法除要满足 AB 腐蚀的全部条件外,还要制备电极、涂绝缘保护层,此外,还要增添电流控制仪器。因此,电解 AB 腐蚀也不适合于常规使用。

本文采用 AB 腐蚀剂在超声波振荡下对 GaAs/AlGaAs 进行缺陷显示实验,得到了最佳腐蚀条件。该方法所显示的缺陷种类与一般 AB 腐蚀方法相同,但不需要加光照及恒温、搅动设备。超声 AB 腐蚀方法所显示的位错坑形状与电解 AB 腐蚀所显示的类似。因此,超声 AB 腐蚀是一种操作简便、分辨率高、能显示多种 GaAs/AlGaAs 单晶缺陷的腐蚀方法。

* 国家自然科学基金资助项目。

二、腐蚀条件优化实验

实验中所用的样品为①水平(HB)法生长的低阻GaAs:Si和高阻GaAs:Cr,<100>晶向单晶片;②直拉(LEC)法生长的未掺杂GaAs半绝缘单晶片,晶向为<100>;③液相外延(LPE)法生长的GaAs及AlGaAs外延片。AB腐蚀剂为:



用CFS-80X超声波发生器作为超声波振荡源,腐蚀过程在超声波振荡罐中进行。

首先将样品表面经研磨、清洗、抛光除去其表面沾污和损伤,然后进行超声AB腐蚀。影响腐蚀效果的主要因素有:腐蚀温度(即振荡罐热平衡温度)、腐蚀时间以及超声波的功率和频率等。本文所使用的CFS-80X超声波发生器,超声波频率在12—48千赫兹范围内连续可调,对于频率为20千赫兹时的最大超声功率为80W,当频率偏离20千赫兹时,超声功率迅速降低。因此,在超声波发生器的输出功率为一定时,影响腐蚀效果的独立因素只有三个,即腐蚀温度、腐蚀时间和超声波频率。在频率高于20千赫兹的情况下,超声功率随超声波频率的增加而单调下降。因此,可按照以下步骤优化选择超声AB腐蚀条件:

- (1) 设定腐蚀温度;
- (2) 设定腐蚀时间;
- (3) 在20—48千赫兹范围内寻找最佳振荡频率;
- (4) 在时间范围0.5—5.0分之内,改变腐蚀时间后重复步骤(3);
- (5) 在温度范围20—40±2℃之内,改变腐蚀温度后重复步骤(2)。

将实验得出的最佳腐蚀条件经计算机拟合后绘于图1中。

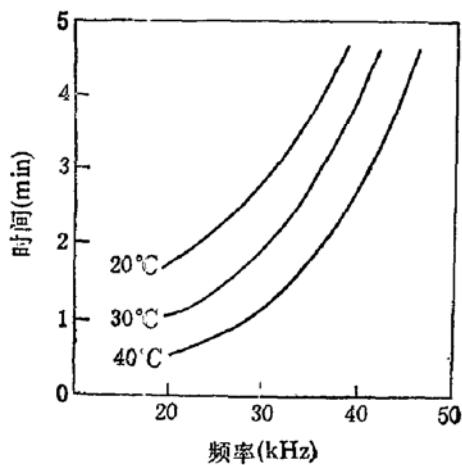


图1 优选超声AB腐蚀条件

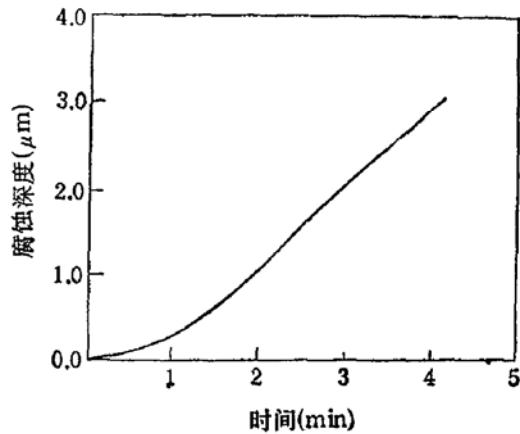


图2 在40℃、29kHz条件下材料厚度的损耗

由优化实验得知,超声AB腐蚀方法可以在很宽的条件范围内显示出清晰的缺陷图形,在材料损耗仅为0.5μm厚时即可显示出位错露头。所以,这种方法非常适合于显示GaAs薄层中的缺陷。在温度为40℃,振荡频率为29千赫兹时,用测厚法得出的材料厚度损耗速率如图2所示。

三、实验结果和讨论

超声 AB 腐蚀方法可以显示各种掺杂浓度的 GaAs/AlGaAs 中的位错。图 3 和图 4(见图版 I)分别显示的是 LPE 法生长的 AlGaAs: Te, $n \sim 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 及未掺杂 LEC GaAs 体单晶(100)面的位错露头, 腐蚀坑呈矩形, 与文献[5]一致。图 5(见图版 I)显示的是 HBGaAs:Cr(100)面的乳突形缺陷, 在 LPE GaAs(100)面也观察到了这种缺陷, 见图 6(见图版 I)。以前, 只有 Mandler 和 Bard 用扫描电化学显微镜 (SECM) 观察到 GaAs 中有这种缺陷^[6]。

图 7 和图 8(见图版 II) 分别显示的是 (110) 面的位错露头和生长条纹以及解理损伤、位错线和外延生长结。图 9(见图版 II) 显示的是 LPE GaAs(100) 面的生长条纹及微沉淀。

进一步分析表明, 超声 AB 腐蚀方法显示的位错坑形状是很有规律的矩形坑, 如图 10 见图版 II 所示。(100)面的矩形腐蚀坑的两个相邻边的晶向分别为 $\langle 011 \rangle$ 和 $\langle 0\bar{1}1 \rangle$; (110)面矩形腐蚀坑的两个相邻边的晶向分别为 $\langle \bar{1}10 \rangle$ 和 $\langle 001 \rangle$ 。而一般 AB 腐蚀方法所显示的位错露头为锥形坑^[4], 这主要是由于腐蚀过程是在旋转中进行造成的。如果样品表面抛光不好, 则很难辨认。

综上所述, 由于超声波的作用可以使 AB 腐蚀剂与半导体表面的化学反应均匀, 所以超声 AB 腐蚀方法可以在自然光环境、常温下显示位错露头、位错线、微沉淀及生长条纹等多种 GaAs 和 AlGaAs 单晶缺陷, 也可用于多层结构的显结。这种方法操作简便, 分辨率高, 材料损耗低。

由于未得到合适的样品, 本实验未显示(111)面的缺陷。原则上, 超声 AB 腐蚀方法对于(111) GaAs 同样适用。将超声波振荡应用于其它腐蚀剂同样可以改善显示结果, 但机理还有待于进一步研究。

致谢: 王振虎、董明江参加了部分实验工作, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Y. Matsuoka, et al., *IEEE Trans. Electron. Devices*, ED-31(8), 1062(1984).
- [2] Y. Ishii, et al., *IEEE Trans. Electron. Devices*, ED-31(6), 800(1984).
- [3] T. Kajimura, *J. Appl. Phys.*, 51(2), 908(1980).
- [4] M. S. Abrahams and C. J. Buiochi, *J. Appl. Phys.*, 36(9), 2855(1965).
- [5] K. Takahashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 18(9), 1741(1979).
- [6] D. Mandler and A. J. Bard, *J. Electrochem. Soc.*, 137(8), 2468(1990).

A New Method for Revealing Defects in GaAs/AlGaAs —Ultrasonic Aided AB Etching

Chen Nuofu

(Hebei Institute of Technology, Tianjin, 300130)

Abstract

A New Method for revealing various defects in GaAs/AlGaAs by means of Ultrasonic Aided AB Etching (USAB) is presented in this paper. The emergent dislocations, dislocation lines, stacking faults, microdepositions, and growth-induced striations can all be revealed with this method under natural light and room temperature.

PACC: 8160C, 6170J