

研究简报

光电化学法测量 GaAlAs/GaAs 多层结构材料中 Al 组分分布

陈自姚 邵永富 朱福英 彭瑞伍

(中国科学院 上海冶金研究所)

1984年6月11日收到

本文详细报道了用光电化学法测量 Al 含量的装置、原理以及原位测量 GaAlAs 层中 Al 含量的纵向分布结果,并与双晶衍射、俄歇分析和光吸收法结果作了比较,结合电化学 C-V 技术获得了 GaAlAs/GaAs 多层结构材料的完整纵向分布,包括各层厚度、导电类型、载流子浓度、禁带宽度以及组分分布。为研究激光器、太阳电池等器件提供了一种综合性的材料测试方法。

一、引言

GaAlAs/GaAs 材料是十分重要的光电器件如激光器和太阳电池用的材料。用光电化学法测量 Al 组分只有简单叙述^[1],本文详细报道了用光电化学原位测量 GaAlAs 层中 Al 含量的纵向分布装置和结果,并与双晶衍射、俄歇分析和光吸收法作了比较,结合电化学 C-V 技术^[2,3]获得了 GaAlAs/GaAs 多层材料的完整纵向分布。为研究激光器、太阳电池等器件提供了一种综合性的材料测试方法。

二、实验方法

本方法是测量 SC/EL 的光电流谱,从而得到材料的禁带宽度 (E_g),用以计算材料的 Al 组分^[4,5],结合可控阳极溶解即可原位测得 Al 组分随深度的变化。测量装置图示于图 1。

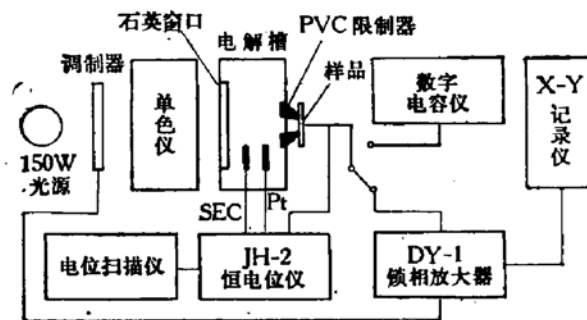


图1 光电化学测量 GaAlAs/GaAs 材料特性装置示意图

三、结果与讨论

1. 表面组分测量 对同一单层 GaAlAs 材料的 Al 含量, 分别用俄歇能谱, 双晶衍射和光电化学等方法测量, 所得的结果如图 2 所示, 图中结果表明光电化学法所得结果与经典的 Al 组分测试方法结果一致。本方法测量 Al 组分范围从 0—0.9。

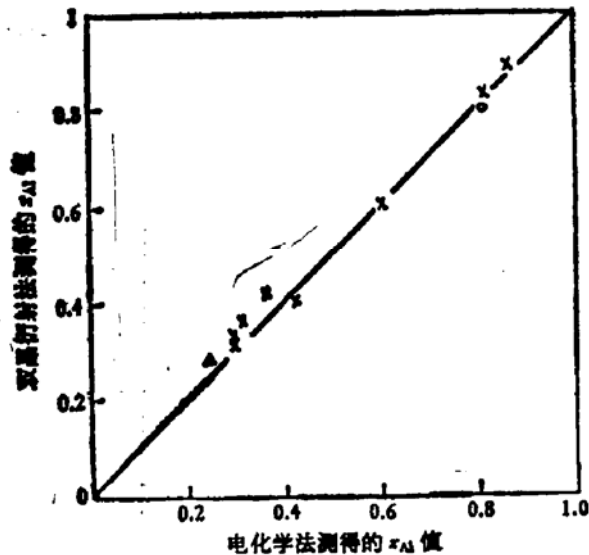


图 2 本方法测量结果与其它方法测量结果比较
 -○-俄歇分析 -△-光吸收法
 -×-本方法

2. 单层 n-GaAlAs 和 p-GaAlAs 层的 Al 组分分布 图 3(a) 为液相外延生长在 n-GaAs 衬底上的 n-GaAlAs 层中 Al 组分分布, 图中也给出了同时测得的浓度分布, 从图可见 GaAlAs-GaAs 界面浓度和组分分布均较陡峭, 这与外延工艺相符。其 Al 含量由双晶衍射法测得为 0.33, 本方法结果 0.29—0.4 之间, 二者结果相符。

0.8 厚度为 2000 Å。图中虚线为俄歇分析结果, 二者基本一致。

图 3(b) 为液相外延生长在 p-GaAs 外延面上的 p-GaAlAs 层中 Al 组分随深度的变化, 从图可见 GaAlAs 层表面 $x_{Al} =$

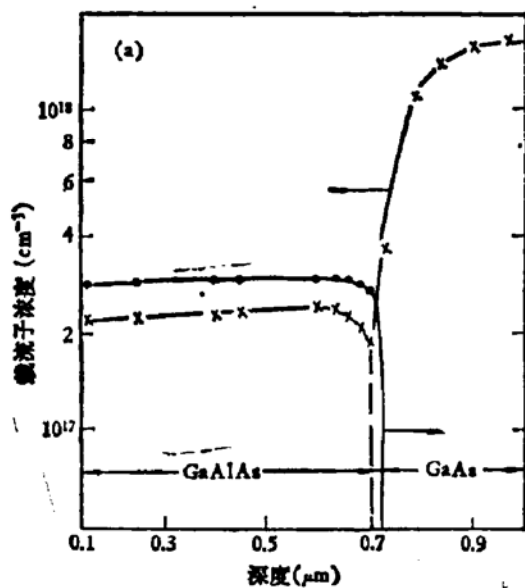


图 3(a) n-Ga_{1-x}Al_xAs-nGaAs 的组分分布 (—●—●—) 和浓度分布(—×—×—)

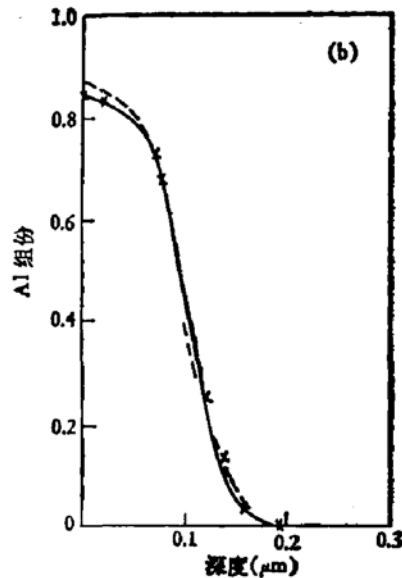


图 3(b) p-GaAlAs 中 Al 组分的光电化学测定(—×—×—) 和俄歇分析(——)的比较

3. GaAlAs/GaAs 太阳能电池材料的完整剖面分布 在研究液外 GaAlAs/GaAs 太阳

池材料的电化学和光电化学行为基础上, 测得了 p-GaAlAs-pGaAs-nGaAs 材料各层的浓度, Al 组分和禁带宽度随腐蚀深度的变化, 其典型结果分别图示于图 4(a), (b), (c) 中。图中曲线与外延工艺和器件特性有较好的对应关系, 该图表明 p-GaAlAs 抗反射层表面浓度 $p = 2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $x_{\text{Al}} = 0.8$, 厚度 2000 \AA ; pGaAs 层浓度 10^{18}cm^{-3} , 厚度 $1.5 \mu\text{m}$; 而 p-n 结为突变结; nGaAs 浓度 $3-4 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 。凡属此类结构材料电池效率一般可达 18% 以上。

4. 异常曲线分析 将图 5 的浓度分布曲线同正常的结构曲线 (图 4) 比较, 不难看出图 5(b) 中 pGaAlAs-pGaAs 界面不够鲜明而 (a) 图中浓度出现两个拐点, 即仅从浓度分布图难以辨认 pGaAlAs-pGaAs 界面位置。经光电化学分析, 结果表明 (b) 图 pGaAlAs 层厚度 $\sim 4000 \text{ \AA}$, (a) 图 pGaAlAs-pGaAs 界面在近表面的第一个拐点处, pGaAlAs 层厚度为 2000 \AA , 而第二个拐点可能是由于长晶过程中温度波动引起的浓度变化结果。

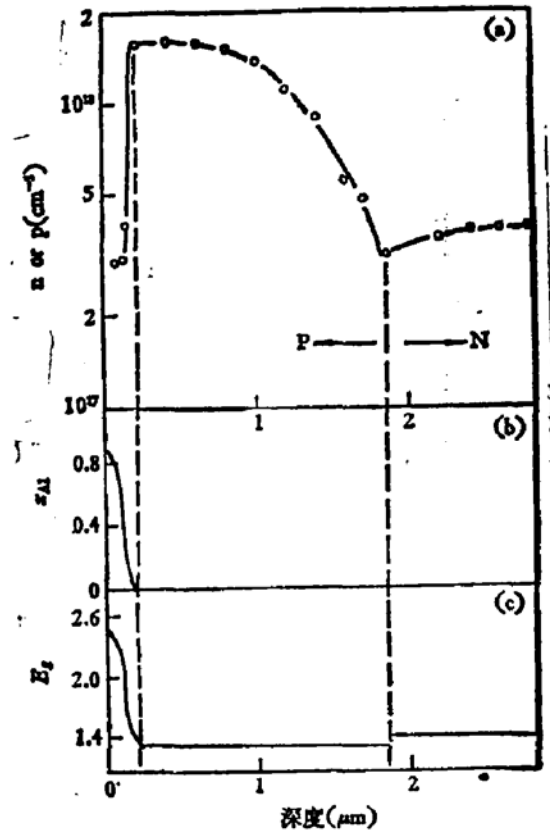


图 4 pGaAlAs-pGaAs-nGaAs 多层材料特性 (a) 载流子浓度和 p-n 结位置 (b) Al 组分分布 (c) E_g

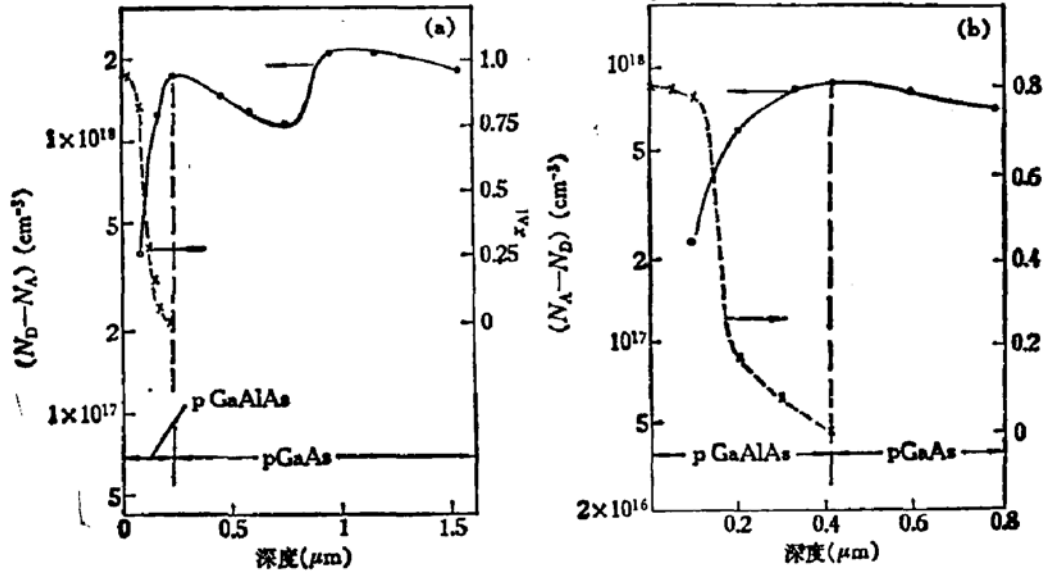


图 5 pGaAlAs-pGaAs-nGaAs 太阳能电池材料载流子浓度分布图中出现的异常现象 (a) 二个转折点 (b) pGaAlAs/pGaAs 界面不够清楚

四、结 论

本文报道用光电化学法测量 Al 组分分布结果与俄歇分析, 双晶衍射分析结果一致,

且较它的更为简便易行。

光电化学法结合电化学 $C-V$ 技术, 第一次用于同时测定 $GaAlAs/GaAs$ 结构材料的完整知识, 即导电类型, 厚度, 载流子浓度和 Al 含量的纵向分布, 由此提出了一种综合性测定多元化合物半导体材料的方法。

本工作得到我所双晶衍射分析和俄歇分析组提供的有关数据, 以及我室液相外延组和七室液相外延组提供的样品, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Factor *et al.*, Current Topics in Materials Science, Vol.6 p67 (Eds. E. Kaldis).
- [2] 陈自姚、邵永富、彭瑞伍, 科学通报(英文版), 27, 1057 (1982).
- [3] 邵永富、陈自姚、彭瑞伍, 半导体学报, 3, 215 (1982).
- [4] A. M. Radon, J. Vilgneron and J. Chevallier, *J. Electrochem. Soc.*, 27, 613 (1980).
- [5] 陈自姚、邵永富、彭瑞伍, 1982年“全国第四届半导体材料物化分析和测试会议”报告。

Determination of Al Content Profiles in $GaAlAs-GaAs$ Multilayer Structural Material by Photoelectro-Chemical Method

Chen Ziyao, Shao Yongfu, Zu Fuying and Peng Ruiwu
(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)

Abstract

A method for the estimation of Al concentration by photoelectrochemical technique is reported. The results obtained are in good agreement with those of AES. This photoelectrochemical technique combined with the electrochemical $C-V$ method have been used to acquire fuller information on the characteristics of $GaAlAs-GaAs$ structural material, such as the conductivity type, thickness, carrier concentration and Al content profiles. As a result, a new method is suggested for a comprehensive analysis of the physical properties of multicomponent structural semiconductors.