

# 光电压光谱法测定磷砷化镓 外延层的组成(二)\*

邱德仁 汪乃兴  
(复旦大学化学系)

1975年,我们建立了光电压光谱测定磷砷化镓外延层组成的方法,报告了它的原理,实验装置及数据处理的方法<sup>[1]</sup>。本文对实验条件作了标准化规定,改进了定标方法,从而消除了结果计算的校正值。方法的准确度和重现性可提高到  $\Delta x = \pm 0.005$  克分子分数。

## 实验条件

一、光源和分光系统 以可见光谱区有连续输出、灯丝呈直线形状白炽灯作光源。单色器入射、出射两狭缝取共轭宽度。单色光带宽应优于  $20 \text{ \AA}$ , 这可由观察汞灯的黄双线  $\text{Hg } 5770 \text{ \AA} (2.148 \text{ eV})$ 、 $\text{Hg } 5790 \text{ \AA} (2.141 \text{ eV})$  能勉强分辨来鉴别。

二、扫描和记录 波长扫描速度在  $6000 \text{ \AA}$  附近不超过  $0.01 \text{ eV/秒}$  (相当于  $30 \text{ \AA/秒}$ )。记录仪满行程时间不超过 1 秒;波长坐标轴每  $100 \text{ \AA}$  不小于 5 毫米。

## 定标方法

本方法测定组成是基于光电压光谱曲线确定材料的禁带宽度求算其组成。因此测定的准确度决定于禁带与组成的正确关系及波长的正确标定两个因素。 $x > 0.45$  的磷砷化镓有直接跃迁与间接跃迁两个禁带,光电压光谱应呈两个峰,两个拐点分别对应于两个禁带。但在实际上,间接跃迁的光电压信号远比直接跃迁的信号为小,它往往被噪声和直接跃迁的信号所淹没。作为外延材料的测试手段,只关心直接跃迁的信号和禁带宽度的数据。

磷砷化镓直接禁带宽度与组成有线性关系<sup>[2,3]</sup>(图1)。文献[2]的数据显著偏离多数其他作者所测得的值,而使测试结果有较大的系统误差。按文献[4]收集的数据,室温下直接跃迁的禁带宽度 GaAs 取  $1.43 \text{ eV}$ , GaP 取  $2.75 \text{ eV}$  是适宜的。

在光电压光谱曲线上测求到的拐点波长,存在一

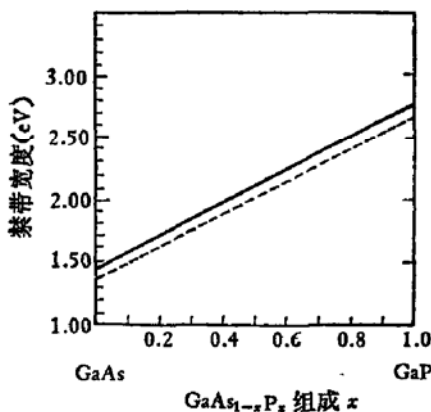


图1  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$  禁带宽度与组成  $x$  值的关系  
—— 文献 [4] 数据  
--- 文献 [2] 数据

\* 1979年12月13日收到。

个在扫描条件下表现的波长与不扫描情况下校正单色仪波长之间的记录上的滞后偏差。采取扫描定标的方法可以补偿这种实验因素。用波长已知的线光谱光源(汞灯、钠灯、小功率氩氖激光管、含 LiCl 的火焰等)作光源,选取一块  $x \leq 0.30$  的外延片放在样品架内当作检测器,则记录得到脉冲图形的光电压信号。线光谱光源的波长换算成以 eV 表示,也可由图 1 求出相对应的  $x$  值。列表如下:

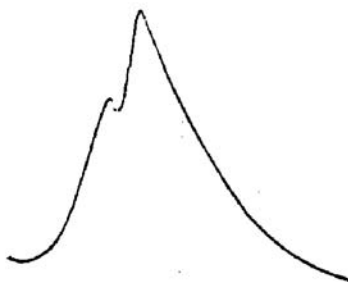
线光谱光源	谱线波长		相对应的组成 $x$
	Å	eV	
汞灯	4916	2.521	0.825
	5461	2.270	0.635
	5770	2.145	0.540
	5790		
钠灯	5890	2.104	0.510
	5896		
氩-氖激光	6328	1.959	0.400
LiCl 火焰	6708	1.848	0.315

相似的方法,用 GaAs 衬底片作检测器,白炽灯作光源,光电电压光谱上可获得  $x = 0$  的拐点的波长位置。所有这些信号峰和拐点的波长位置,是扫描条件下定标的波长位置。

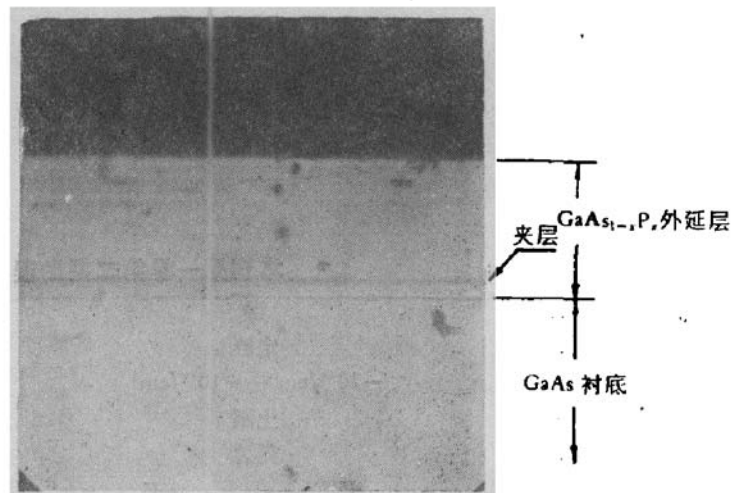
在上述标准化实验条件和扫描方法定标下,本方法对主要测试范围  $x = 0.3 \sim 0.5$  内的样品,测试结果与经典的 X 衍射法结果一致,测试的准确度和再现性在  $\Delta x = \pm 0.005$  克分子分数以内。

## 实验现象与讨论

1. 在导电玻璃与外延层之间及衬底与铜皮之间两个金属-半导体接触的间隙,滴加酒精能显著增大信号、抑低噪声。做背面接触时垫放一小块金箔有助于保持酒精不致迅速挥发,稳定信噪。甘油、丙酮、四氯化碳、去离子水都有不同程度增大信号抑低噪声的效果。苯、甲苯不表现这种效果。



(a) 外延层有不同组成的夹层的电电压光谱曲线



(b) 解理面金相照片

2. 光电压信号与外延层表面状况关系不大, 甚至多晶外延层也有很大的光电压信号而可测到磷砷比。

3. 光电压光谱曲线出现两个峰表明外延层中存在  $x$  值不同的势垒夹层。解理面金相显微照片证实夹层的存在(图 2)。

4.  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ 、 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$  等三元化合物半导体材料有相似的光电压光谱曲线。本方法对测定这些材料的组成提供了可能性。

## 结 论

经过几年来在生产工艺监控和四千个以上样品的测试实践证明, 与 X 射线衍射法及美国 ASTM 标准方法荧光法<sup>[5]</sup>相比, 本方法设备低廉; 样品无损, 节省了贵重的发光材料损耗; 操作简便易于掌握; 测定快速, 每次仅需 5—10 分钟, 结果准确, 重现性良好, 是一种很好的常规测试方法。

## 参 考 文 献

- [1] 复旦学报(自然科学版), 1975 年第 3 期, 35—41 页。  
 [2] Spitzer, W. G., and Meed, C. A., *Phys. Rev.*, **133A**, 872(1964).  
 [3] Herzog, A. H., Groves, W. O., and Craford, M. G., *J. Appl. Phys.*, **40**, 1830(1969).  
 [4] Handbook of Electronic Materials, M. Neubeger, **2**, III-V Semiconducting Compounds, (1971); M. Neubeger, **7**, III-V Ternary Semiconducting Compounds Data Tables, (1972).  
 [5] ASTM Standard; F358-73. 1978 Annual Book of ASTM Standards, Part 43.

# PHOTOVOLTAIC SPECTROMETRY USED TO DETERMINE THE COMPOSITION OF THE EPITAXIAL LAYER $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ (II)

Qiu Deren and Wang Naixin

(Department of Chemistry, Fudan University)

### 本刊第一卷第二期勘误

页	行	误	正
118	倒 2	定解	求解
124	倒 14	$-10^{14}/\text{cm}^3 \dots -10^{17}/\text{cm}^3$	$10^{14}/\text{cm}^3 \dots 10^{17}/\text{cm}^3$
127	7	土层	上层
130	倒 1	得为	约为
146	2	$W_d = \frac{V_s}{2f} \times 0.74 = 0.37 \frac{V_s}{f} (\text{cm})$	$W_d = \frac{V_s}{2f} \times 0.74\pi = 0.37 \frac{V_s}{f} (\text{cm})$
149	9	$= \frac{1.6A}{\pi} \sin(\omega t - 0.8\pi)$	$= \frac{1.6IA}{\pi} \sin(\omega t - 0.8\pi)$