

# 注 S-SI GaAs 晶体中的缺陷

王绍渤 · 吴瑞梯 夏冠群

(中国科学院上海冶金研究所)

1988年1月25日收到

对注 S-SI GaAs 单晶作光致发光测试, 确定了两个缺陷能级. 1.239 eV 峰可能是镓空位 ( $V_{Ga}$ ) 与 S 的络合物; 1.408 eV 峰是由注 S 引起 SI-GaAs 衬底中残留杂质 Si 发生迁移, 增加了 Si 受主 ( $Si_{As}$ ) 密度, 部份  $Si_{As}$  与砷空位 ( $V_{As}$ ) 相互作用形成  $V_{As}-Si_{As}$  络合物而产生的.

关键词: 光致发光, GaAs, 缺陷

GaAs 单晶中  $\sim 1.4$  eV 能级来源与性质是至今尚在讨论的问题. 掺 Si 或有 Si 沾污的 GaAs 单晶退火处理后的研究结果指出是一个  $V_{As}-Si_{As}$  络合物<sup>[1]</sup>; 掺 Mn 或可能有 Mn 沾污的样品研究认为是 Mn 受主<sup>[2]</sup>. 最近, 林兰英等<sup>[3]</sup>对 SI-GaAs 不同条件下退火处理结果表明: 在真空中 670°C 退火的样品未出现 1.409 eV 峰, 在  $H_2$  中 650°C 退火的样品出现了此峰, 温度升高至 750°C 时, 此峰强度显著提高, 从而他们提出此峰与 H 有关的见解, 目前是较为新颖的.

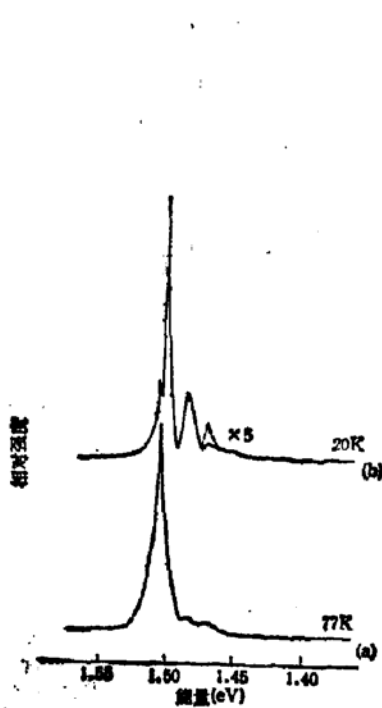


图1 未注 S 样品典型 PL 谱线

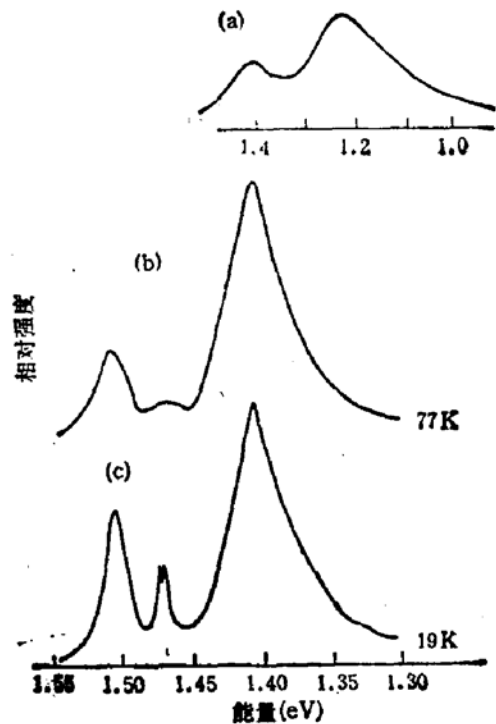


图2 注 S 样品典型 PL 谱线

本文对同一条件下退火的未注及注 S-SiGaAs 单晶作了不同温度下的 PL 测试, 分析了 1.408 eV 峰起源, 说明了它的  $V_{\text{As}}-\text{Si}_{\text{As}}$  络合物性质.

## 一、实 验

未掺 Si-GaAs 单晶是 HPLEC 法制备的. 室温注 S, 能量 600 keV, 剂量  $8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ , n 型. 在  $\text{N}_2 + \text{H}_2$  混合气氛下无包封紧接触退火, 温度 900°C, 时间 15 分钟. PL 测试时氩激光激发功率 20 mW, 光斑直径目测约 1 mm.

## 二、结果与讨论

未注 S 样品 77 K 的 PL 谱线如图 1(a), 除近带边 1.508 eV 峰外, 亦能看出似有残留杂质峰痕迹, 降低测试温度至 20 K 时, 杂质峰已很清晰 (如图 1(b)), 它们的能量分别是 1.493 和 1.481 eV, 表明主要是  $C_{\text{As}}$  和微量  $\text{Si}_{\text{As}}$ . 在测试的光谱范围内未见其他光谱峰. 此类样品注 S 以后, PL 谱线上发生了显著变化, 如图 2(a) 所示. 主要在深能级方向出现了两个无明显结构的宽峰带, 峰值分别是 1.239 和 1.408 eV.

1.239 eV 峰同已报道的掺 S-GaAs 样品实验结果极为相似, 可视其为  $V_{\text{Ga}}-\text{S}_{\text{As}}$  络合物<sup>[4]</sup>. 然而在此类样品中观察到 1.408 eV 峰似乎是鲜见的, 根据实验结果可做以下分析.

1. 从图 1 和图 2 的对比可以看出, 1.408 eV 峰的产生主要在于离子注入, 与退火中的气氛条件没有直接关系.

2. 与 1.239 eV 峰类似, 1.408 eV 峰半宽度亦较大, 约为 60 meV, 样品中也未发现 Mn 沾污, 视其为络合物比单受主似更适宜, 但直接说明其与 S 有关则十分困难, 因为同为施主的 S 和  $V_{\text{As}}$  难以相互作用. 鉴于原样品中含有 C、Si 杂质, 在退火过程中  $\text{Si}_{\text{Ga}}$  发生迁移而成为  $\text{Si}_{\text{As}}$  的建议<sup>[5-7]</sup>, 我们认为, 在注 S-Si GaAs 中, S 可能促进这种迁移, 从而使  $\text{Si}_{\text{As}}$  密度大大增加, 部份  $\text{Si}_{\text{As}}$  与  $V_{\text{As}}$  结合成络合物产生了 1.408 eV 峰.

具体地说, 由于高能大剂量的 S 注入, 样品中产生了大量晶体缺陷, 除  $V_{\text{Ga}}$  外, 还有  $V_{\text{As}}$  及间隙 S、As 和 Ga 原子, 高温退火时, 这些间隙原子将扩散到  $V_{\text{Ga}}$  和  $V_{\text{As}}$  中去, 六价的 S 原子, 占据  $\text{S}_{\text{As}}$  的几率较大, 并且有较强的负电性, 于是其周围将不利于  $\text{Si}_{\text{Ga}}$  而有利于  $\text{Si}_{\text{As}}$ , 从而使晶体中  $\text{Si}_{\text{As}}$  密度得以增加, 部份  $\text{Si}_{\text{As}}$  与  $V_{\text{As}}$  发生作用形成络合物, 产生了 1.408 eV 峰.

值得指出, 图 2(b) 谱线上 1.47 eV 附近出现的足可辨认的“峰包”, 低温时已明显成了清晰的 1.473 eV 峰 (见图 2(c)), 基本与掺 Si GaAs 样品中  $\text{Si}_{\text{As}}$  受主峰一致, 同图 1 相比较, 它的强度确有了显著增加, 也是注 S 样品有较高  $\text{Si}_{\text{As}}$  密度的一个旁证.

本文经王渭源、莫培根和中国科学院半导体所陈廷杰等同志审阅, 提出了有益的修改建议, 作者一并致谢.

## 参 考 文 献

[1] 王绍渤、吴瑞娣、蒋忠发, 应用科学学报, 2, 267(1984).

- [ 2 ] Yu Phil Won and Y. S. Park, *J. Appl. Phys.*, **50**, 1097 (1979).
- [ 3 ] 林兰英等, 第五届全国半导体物理学术会议论文摘要汇编, 第 174 页, (1985, 12) 厦门.
- [ 4 ] E. W. Willimas and H. B. Bell, *Semiconductors and semimetals*, eds, R. K. Willardson and A. C. Beet (Academia press, New York and London, 1972), **8**, 321.
- [ 5 ] E. V. K. Rao *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **49**, 3898(1978).
- [ 6 ] Tadatsugu Iton and Giroo Kasahars. *J. Appl. Phys.*, **45**, 4915(1974).
- [ 7 ] Maun Jeong *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **12**, 109(1973).

## Investigation of Defect Energy Levels in Heavily S Implanted Si-GaAs

Wang Shaobo, Wu Ruidi and Xia Guanqun  
(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)

### Abstract

The photoluminescence (PL) measurements have been carried out on heavily S implanted semi-insulating GaAs. Two defect energy levels, with the peaks at 1.239eV and 1.408eV, are observed. The 1.408eV peak is ascribed to  $V_{As}-Si_{As}$ . The formation of this complex is analysed in terms of the transformation of  $Si_{Ga}$  to  $Si_{As}$ , which further combines with  $V_{As}$  during annealing.

**KEY WORDS:** Photoluminescence, GaAs, Defect