

$\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}-\text{GaAs}$ 的液相外延生长

虞丽生 刘宏勋 陈焜兮
何晖 孙毅 吴镭
(北京大学物理系)

1983年9月15日收到

异质结半导体激光器问世以来已取得了很大的进展,目前已做到室温连续工作寿命十万小时以上.但是异质结激光器的工作大部份集中在 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}-\text{GaAs}$ 和 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{PyAs}_{1-y}-\text{InP}$ 两种材料上.它们的发光波长在近红外区,分别为 $\sim 0.89\mu\text{m}$ 和 $1.1-1.6\mu\text{m}$.配合光纤的最低损耗区,利于在光纤通讯中使用.可见光波段的半导体激光器有自己独特的应用前景,仅光盘一项的使用量就很大.目前虽然有很多人用 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0.2 < x < 0.4$) 材料来做可见光激光器的作用区,但由于间接带隙的影响, x 值大时发光效率低,波长小于 7000\AA 以后很难做成连续工作的激光器.国外对其他 III-V 族可见光激光材料的研究工作近年来也有较大发展^[1-4],但总的来说数量不多. $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 材料直接带隙范围很宽,室温可达 $E_g = 2.2-2.3\text{eV}$,相当于黄绿光波段($\sim 0.55\mu\text{m}$).发光效率较高.它在一个特定的组分下可以和 GaAs 单晶的晶格常数相匹配,是做异质结可见光激光器的一种很有前途的材料,已有报道得到了脉冲激励的双异质结激光器^[5].不过无论在工艺上还是在性能研究上都还很不成熟,仍处于开始阶段.

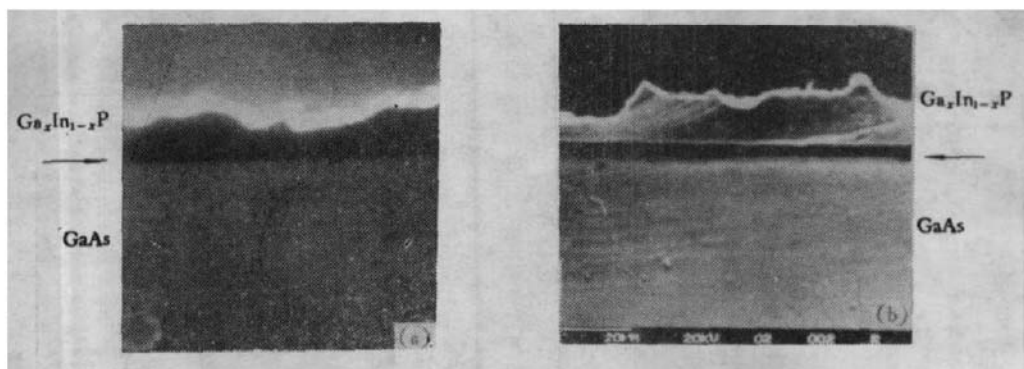


图1 在 GaAs 上生长的 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 的 SEM 形貌
(a) (110) 面,未经显结 (b) (100) 面,用铁氰化钾显结,两层呈明显台阶状

因为 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 只在 $x = 0.51$ 附近才和 GaAs 的晶格常数相匹配,所以要生长出较好的外延单晶对外延条件的要求比较严格.特别是为做异质结激光器最好是在 (100) 面生长,这比在 (111) 和 (110) 面生长更为困难.我们利用了文献 [2] 所给出的 Ga-In-P 三元系相图资料,用数值计算方法得到了温度在 $750-850^\circ\text{C}$ 范围内的较细致的相图数据^[6],从而能选择 In 母液中较合适的 InP 和 GaP 的含量,经过反复的实验调整,用液相外

延法在 GaAs 衬底上生长出了 $Ga_xIn_{1-x}P$ 单晶层。对所生长的外延层进行了如下四个方面的分析和观测工作:

(1) 观察了外延片解理面的 SEM 形貌 (如图 1 所示), 都呈现出单晶层的特征。在 GaAs (110) 面上生长的异质结光滑平整, 而在 (100) 面上生长的从大面积来看有断续状态, 或有时在界面上夹有小颗粒, 外延表面沾 In 而不平整。

(2) 用 X 光电子探针进行了外延层组分的定量分析。表 1 列出了几种样品的分析结果*。可以看出, 生长较好的单晶外延层的组分是 x 值在 0.45—0.55 之间, 和文献所给出

表 1 $Ga_xIn_{1-x}P$ 外延层电子探针成份测定

样品号	09-1 (110)	09-2 (100)	11-1 (110)	11-2 (100)	13-1 (110)	13-2 (100)
x 值	0.48	0.50	0.50	0.52	0.46	0.51

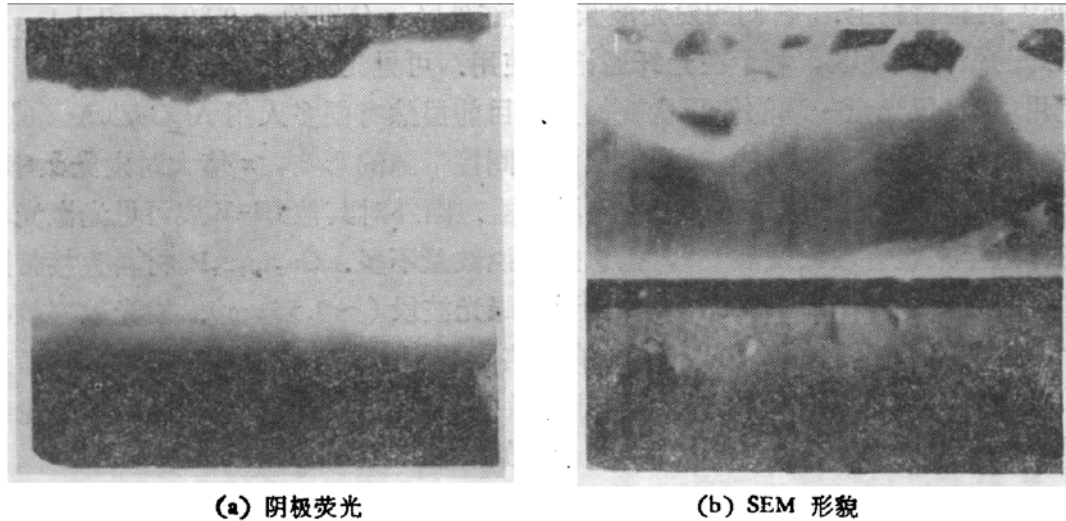


图 2 在 GaAs(100) 面生长的 $Ga_xIn_{1-x}P$ 外延层的阴极荧光和形貌图

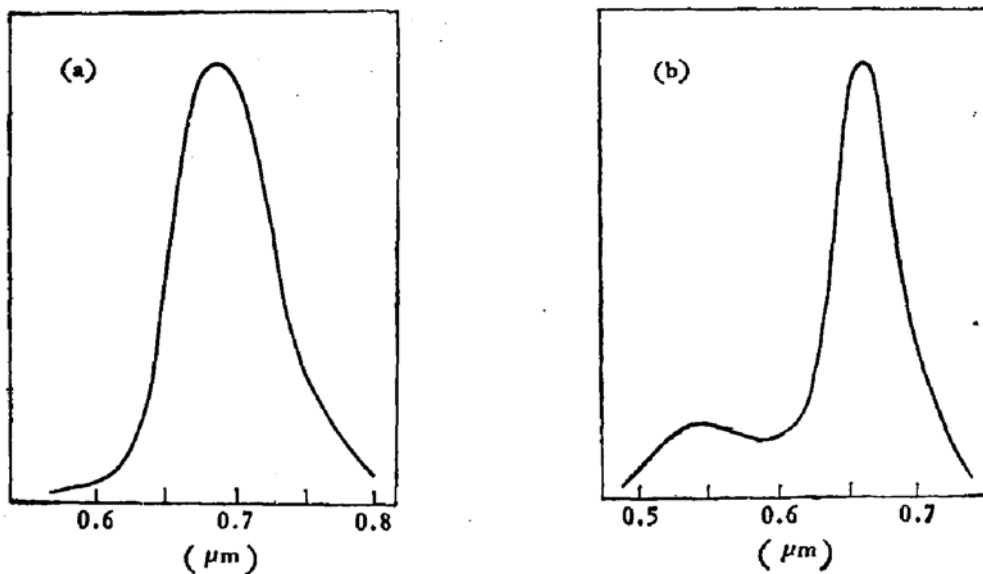


图 3 $Ga_xIn_{1-x}P$ 外延层的光荧光光谱

* 冶金部有色金属研究院协助测量。

的最佳匹配值 $x = 0.51$ 相合。

(3) 用 SEM 做阴极荧光和形貌的对照观测, 结果如图 2 所示。可以看到, 生长均匀的 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 外延层的阴极荧光强度较高。在光学显微镜观察口上可以看到很强的亮红色光斑。在有些边界处和不均匀生长区可看到橙色和黄色的光斑。

(4) $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 外延层的光荧光光谱测量。用 40mW 的 Ar^+ 离子激光器 (4880 Å) 作激发光源, 用单色仪分光, 单光子计数器接收, 测量结果如图 3 所示。图中 (a) 是外延层表面的荧光光谱, 峰值在 6800 Å 左右, (b) 是外延层解理面上的荧光光谱, 其主峰在 6600 Å 附近, 这和 X 光电子探针定量分析的结果相一致。但在 5500 Å 附近还有一个次峰, 有时这个次峰很弱, 和主峰差两个数量级。这可能是生长界面上不均匀区引起的。

我们所得到的结果是非常初步的, 生长的完整性和均匀性有待进一步提高。

感谢陈淑华, 刘丽玲, 周赫田, 贾利敏, 李蕙兰, 崔小明等同志协助进行样品制备和测量。

参 考 文 献

- [1] B. W. Kakki, *J. Electrochem. Soc.*, 118, 1489 (1971).
- [2] G. B. Stringfellow, *J. Electrochem. Soc.*, 117, 1301 (1970).
- [3] S. Mukai, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 20, 321 (1981).
- [4] T. Kato, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 21, 100 (1982).
- [5] G. Schul and P. Mischel, *Appl. Phys. Lett.*, 26, 394 (1975).
- [6] 虞丽生等, 待发表。

LPE Growth of $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P-GaAs}$

Yu Lisheng, Liu Hongxun, Chen Weixi, He Hui, Sun Yi and Wu Lei

(Department of Physics, Peking University)

Abstract

$\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ epitaxial layers grown on GaAs substrates are obtained by LPE method. The composition is determined by X-ray microprobe $x = 0.45-0.55$. The cathodoluminescence of epi-layers is observed through SEM. Photoluminescence spectra are measured.