

# 汽相外延 InP

黄善祥

(南京固体器件研究所)

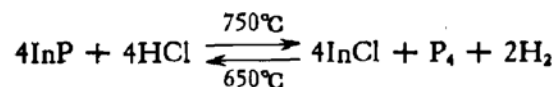
1982年6月7日收到

由于 InP 具有高的峰谷比, 高的电子漂移速度和快的谷间散射, 使其成为微波和光电器件方面有前途的新材料.

本工作企图采用 In/PCl<sub>3</sub>/H<sub>2</sub> 体系, 汽相生长满足器件要求的 InP 外延材料. 实验方法如下:

采用与 GaAs 汽相外延相似的装置: 主路接 PCl<sub>3</sub> 料瓶, 旁路接掺杂“S”料瓶和供汽相腐蚀用的 PCl<sub>3</sub> 料瓶.

将 7“N”的 In 在 H<sub>2</sub> 气氛中于 800℃ 烘烤 12 小时在 750℃ 通 PCl<sub>3</sub> 进行源饱和, 直到 In 源表面生成 InP 壳层. 再将经 0.5% 的溴乙醇机械化学抛光的 InP 衬底, 用 HBr:HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>O = 1:1:6 的溶液腐蚀 3 分钟, 冲洗烘干后装入反应管外延生长, 此时发生下列反应:



在所有实验中均保持源区温度 750 ± 1℃, 衬底温度 650℃, 衬底温度梯度 7—8℃/cm. 用上述方法生长了两种满足器件要求的外延材料:

## (1) 非掺杂外延 InP

当主路 PCl<sub>3</sub> 保持在 -5℃, PCl<sub>3</sub> 流量为 100ml/min 旁路通 30ml/min 的纯 H<sub>2</sub> 时, 在掺 Sn-InP ( $n = 1 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ ) 衬底上外延 InP, 获得的非掺杂外延 InP:  $n = (1-10) \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ ,  $d = 3-5\mu\text{m}$  时磁阻迁移率  $\mu = 3500-4000\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ . 用这种材料制得了穿通型的 PIN 光电二极管:  $v_B = 90\text{V}$ ; 暗电流  $I = 10^{-11}\text{A}$ ; 结电容 1.2 pf; 截止波长 0.96μ.

当采用上述相同的生长条件, 在掺 Fe-InP ( $\rho = 10^8\Omega\text{-cm}$ ) 衬底上生长时, 获得的外延层浓度在  $5 \times 10^{16}-3 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$  范围, 霍尔迁移率低于  $2000\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ .

我们设想上述差异的产生, 主要是由于外延生长初期, 反应室中磷压偏低而在两种衬底上均生长上一层高浓度的过渡层. 用范德堡法测得的数据, 实际上主要是反应了这

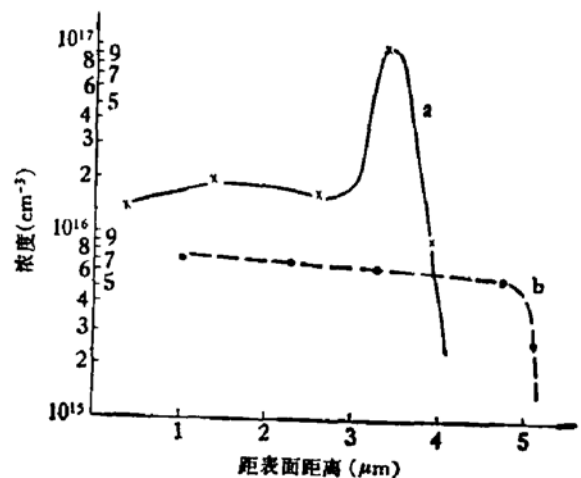


图1 掺 Fe-InP 上外延层的纵向浓度分布  
a. 未经汽相腐蚀生长的外延层 b. 经汽相腐蚀生长的外延层

一高浓度层。采用与文献[1]中不同的汽相腐蚀条件,即主路以 100ml/min 的  $H_2$  流量通过处于  $-5^\circ C$  的  $PCl_3$ ,旁路以 30ml/min 的  $H_2$  流量通过处于  $-10^\circ C$  的  $PCl_3$  腐蚀 20 分钟,则可消除高浓度的过渡层,如图 1 所示;并明显的改善外延层的电学参数,见表 1。

表 1 经汽相腐蚀生长的外延 InP 的电学参数

样品号	1	2	3	4	5
$n(\text{cm}^{-3})$	$9 \times 10^{16}$	$1.1 \times 10^{16}$	$9.7 \times 10^{15}$	$2.4 \times 10^{15}$	$3.6 \times 10^{14}$
$d(\mu\text{m})$	20	1.8	1.8	5.7	4.4
$\mu(\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1})$	3620	4280	3700	3700	3580

## (2) 多层外延 InP

图 2 是用不同方法在掺 Sn-InP( $n = 1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) 衬底上生长的多层外延 InP 的掺杂分布。曲线 a 是用旁路“S”掺杂获得的掺杂分布。低浓度层是采用上述非掺杂外延生长条件得到的。高浓度层是让旁路 30ml/min 的  $H_2$  通过处于  $180^\circ C$  的液态“S”源得到的。制管结果见表 2。

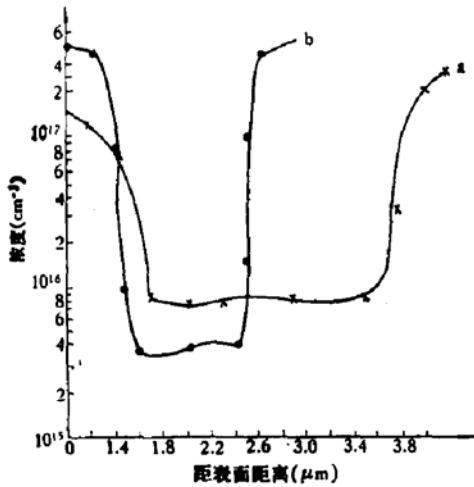


图 2 不同方法生长的多层 InP 的掺杂分布  
a. 旁路“S”掺杂生长的  $n^+nn^{++}$  外延 InP  
b. 新技术生长的  $n^+nn^{++}$  外延 InP

表 2 不同方法生长的  $n^+nn^{++}$  外延 InP 制得的耿氏二极管的电学参数

生长方法	频率(GHz)	输出功率(mW)	效率(%)
旁路“S”掺杂	45.5	110	2.5
旁路“S”掺杂	51	85	1.9
新技术	50.6	151	2.44
新技术	58.3	147	2.54
新技术	59.6	130	2.4

曲线 b 是采用作者近年来研究成功的一种新的多层生长技术得到的。该技术是采用衬底区局部隔离的方法进行双室生长的。与文献[2]报道的“双室法”相比,该技术只需要一个 In 源和一路  $PCl_3$ ,而在旁路将掺杂剂向一个工作室注入。这样就基本上维持了上述掺杂外延与非掺杂外延的生长条件。通过更换工作室连续生长多层结构,其掺杂分布是十分理想的。过渡区宽度小于  $0.1\mu$ 。用该技术生长的  $n^+nn^{++}$  外延 InP 制得了具有优良电学参数的耿氏二极管,见表 2。

朱明菊、张康敏参加了实验工作;邓衍茂,李世海提供了器件实验结果。在此一并致谢。

**参 考 文 献**

- [ 1 ] R. C. Clake, *J. Crystal Growth*, 54, 88 (1981).  
[ 2 ] Takashi Mizutani, Masaji Yosida and Akira Usui, *Jpn. J. Appl. Phys. Lett.*, 19, L113 (1980).

**Vapor Phase Epitaxy of Indium Phosphide**

Huang Shanxiang

(*Nanjing Solid State Devices Research Institute*)