

$$\theta = \frac{1 - \sqrt{1 - 2h}}{1 + \sqrt{1 - 2h}}$$

则

1) 叠代过程(1)收敛, 并且 $x_n \in D \cap O(x_0, (1 + \theta)\eta) (n \geq 0)$;

2) $f^{(k-1)}(x)$ 在 $\lim x_n = x_* \in D \cap \bar{O}(x_0, (1 + \theta)\eta)$ 处为零, 而 $B_0 f^{(k)}(x_*) \geq 0$, 特别当

$h < \frac{1}{2}$ 时 $f^{(k)}(x_*) \neq 0^*$;

3) $f^{(k-1)}(x)$ 在 $D \cap O(x_0, (1 + \theta^{-1})\eta) \cup D \cap \bar{O}(x_0, (1 + \theta)\eta)$ 中的零点是唯一的;

4) 对所有 $n (n \geq -1)$, 成立不等式

$$|x_* - x_n| \leq \frac{1 + \theta}{\sum_{i=0}^{N_{n-1}} \theta^i} \theta^{N_{n-1}} \eta,$$

其中 N_n 如(2)式所定义.

上述定理, 除了 $B_0 f^{(k)}(x_*) \geq 0$ 这一结论外, 对于复平面上的凸域 D ——开的或闭的——和 D 上的解析函数 $f(x)$ 也成立. 只是这时的条件(3), 写成 $|f^{(k+1)}(x)| \leq K (x \in D)$ 更妥当些.

自然, 定理包含了上文提到的关于(1a)和(1b)的收敛性的已知结果.

参 考 资 料

- [1] 华罗庚, 科学通报, 19 (1974), 317.
- [2] Wall, D. D., Math. Comp., 10 (1956), 167.
- [3] Ostrowski, A. M., Матем. Сб., 2 (1937), 1073.
- [4] —, C. R. Acad. Sci. Paris Sér. A., 272 (1971), 1251.
- [5] 王兴华, 几个数值求根方法的误差估计(待发表).

* 将定理应用于抛物线优选法时, 据此可以断定 x_* 是极小(大)值, 如果 $B_0 > 0 (< 0)$.

质子轰击室温连续工作 GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs 双异质结激光二极管的研制

中国科学院 物理研究所半导体激光组
高能物理研究所一室应用组

利用 GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs 双异质结构, 加上条形结构可以获得在室温下连续工作的半导体激光二极管^[1]. 我们利用通常的液相外延方法^[2]生长出 GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs 双异质结构材料. 并用质子轰击法^[3]来形成条形结构. 这样用银散热片做成的器件能在 300°K 下长时期地连续工作.

所用外延衬底材料是掺 Te 的 n 型 GaAs 单晶, 载流子浓度为 $2-3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$. 外延生长四层的厚度为第一层 3—5 微米 (Ga_{1-x}Al_xAs, 掺 Te); 第二层 0.2—0.4 微米 (活性区, GaAs, 掺 Si); 第三层 0.8—1.3 微米

(Ga_{1-x}Al_xAs, 掺 Ge); 第四层 1—2 微米 (GaAs, 掺 Ge). 为了防止外延过程中的各种沾污, 我们采取了如下措施: 尽量提高保护用的氢气的纯度, 在钽净化器前加上一级用液氮冷却的分子筛; 衬底和各种掺杂体在化学清洗后经真空烘干, 在惰性气氛中装入石墨舟; 把高纯 Ga 在外延前进行一次真空脱氧, 真空度是 2×10^{-6} mmHg, 在 750°C 下焙烧 3 小时; 外延系统的设计采用不锈钢高真空密封接头, 代替石英磨口接头. 这样, 外延前就

本文 1975 年 8 月 10 日收到.

很容易把系统抽空到 2×10^{-5} mmHg 的真空度。采取了这些措施后,外延片表面就很光亮,各层生长也很均匀。为了提高重复性,我们采用 X—Y 函数记录仪来描出整个外延过程的温度变化曲线。精度达 0.01°C 。电偶跟随衬底移动。从我们现有的条件来看,为了有一个厚度可控 ($0.2\text{—}0.4$ 微米),生长均匀的活性区,衬底在进入第二层母液时,衬底的温度最好比第二层母液高 $0.02\text{—}0.04^{\circ}\text{C}$ 。

外延片在做欧姆接触电极前先进行扩 Zn, 扩 Zn 的深度约 1 微米。然后,在 P 型边依次真空蒸发上 Cr, Au, Ag。在 n 型边蒸发上 Au-Ge-Ni 和 Ag, 然后在高温下合金。这样做成管芯面积为 300×200 微米² 的二极管,在室温脉冲工作时的阈电流密度一般为 $2\text{—}4 \times 10^3$ A/cm², 好的可达 1100 A/cm² 以下。

条形结构是用质子轰击法形成的。质子流是由中国科学院高能物理研究所的静电加速器^[4]提供的。加速器的质子束流可以从 200 Kev 左右开始聚焦成束。由于质子轰击形成的高阻层在高温 (600°C 以上)很易退火失效。所以,我们是在外延片做好了欧姆接触电极以后再进行质子轰击。在 P 型边蒸发上去的金属总厚度约 $5000 \text{ \AA}$ 左右。根据第二、三、四外延层和欧姆接触层的厚度,选择合适能量的质子来轰击。试验结果,在我们现在的外延片的情况下,质子能量在 400—600 Kev, 剂量在 $5\text{—}9 \times 10^{15}/\text{cm}^2$, 限制电流的效果很好。为了防止束流太强而引起被轰击外延片温度升高 (这会导致高阻层的自行退火),我们一般把束流控制在 0.3 微安左右。

条形区域是用直径为 30 微米的钨丝作掩蔽的。管芯长度在 250—300 微米左右,用镀银的小银片 ($\phi 5$ 毫米,厚 1 毫米)作散热片。

近场观察表明,这样的条形结构二极管对电流的限制效果是很好的。发光区基本上集中在 26 微米宽的区域内,但向两边弥散的光在 40 微米的范围内。

进行测量时的温度在 $300\text{—}305^{\circ}\text{K}$ 之间。直流工作阈电流密度为 $2\text{—}5 \times 10^3$ A/cm², 阈电流最低的仅 130 毫安。波长为 $8700 \text{ \AA}$ 左右。寿命已经超过 1000 小时。

我们也做了台面条形的器件,台宽 20 微米,台高 7—10 微米。室温连续工作的阈电流为 100—500 毫安。最低的仅 40 几毫安。与质子轰击的器件相比,后者的散热性能更好些,室温连续操作较前者容易。而且工艺过程也较简单些。关于质子轰击器件的退火问题^[3,5],我们也作了一些对比试验。发现把轰击后的外延片在 450°C 退火 15 分钟后做成的器件并没有什么好的效果。所以,退火的温度和时间还有待进一步的研究,以提高室温连续器件的各种性能。

参 考 资 料

- [1] Hayashi, I., et al., *J. Appl. Phys.*, **42** (1971), 1929.
- [2] Miller, B. I., et al., *J. Appl. Phys.*, **43** (1972), 2817.
- [3] Dymont, J. C., et al., *Proc. I.E.E.E.* **60** (1972), 726.
- [4] 叶铭汉等,物理学报, **19** (1963), 60.
- [5] Dymont, J. C., et al., *J. Appl. Phys.*, **44** (1973), 207.

