

室温连续激射的 1.55 微米质子轰击条型

InGaAsP/InP DH 激光器

王 圩 张静媛 田慧良 孙富荣

(中国科学院半导体研究所)

采用两相溶液技术,生长了带抗回溶层的五层结构 InGaAsP/InP 双异质结外延片。用光荧光方法估算出 1.55 μm InGaAsP 有源层中 Zn 的受主能级在距价带顶 16 meV 处。InGaAsP/InP 激光器的光发射被认为是导带和受主能级之间的跃迁辐射。实验中固定液相溶液中 Ga 原子的分数,同时增减溶液中 As 的原子分数,以求得和 InP 晶格匹配的组分。应用光荧光测量和晶格匹配实验定出 1.55 微米有源层、抗回溶层和四元顶层的液相组分分别是 $X_{\text{Ga}}^{\text{L}}=0.0174$, $X_{\text{As}}^{\text{L}}=0.0550$; $X_{\text{Ga}}^{\text{L}}=0.072$, $X_{\text{As}}^{\text{L}}=0.0406$; 和 $X_{\text{Ga}}=0.0072$, $X_{\text{As}}^{\text{L}}=0.0398$ 。并给出了一个典型五层结构外延片的 $\text{CuK}\alpha_1$ 双晶衍射回摆曲线,总的晶格失配度绝对值小于 0.05%。实验中选 Te 和 Zn 分别做为施主和受主杂质。假定 Zn 从抗回溶层向有源层的扩散符合来自半无限介质的扩散,并假定掺入的 Zn 全部是电活性的,则有源区中的净剩空穴浓度 N_a 可表示为:

$$N_a = N_A/2 - Nd, \quad (1)$$

其中 N_A 是抗回溶层中的掺 Zn 量, N_a 是有源区的本底电子浓度(本文中是 $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)。实验中作者选用的抗回溶层掺 Zn 浓度是 $1.2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 则按(1)式预计有源区的净剩空穴浓度是 $4 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 。为了验证这一扩散模型,曾对 1.55 μm 质子轰击条型激光器进行了 C-V 测量,其严格的线性关系表明器件的 p-n 结是突变结,在偏压轴上的截距 $V_D=0.79$ 伏,这和 1.55 μm 四元材料的带隙宽度相对应。由突变异质结的结电容 C_j 和 p-n 结低掺杂一侧的载流子浓度 N_a 的关系:

$$N_a = \frac{2(V_D - V_b)(C_j/A)^2}{q\epsilon} \quad (2)$$

定出了有源区的净剩空穴浓度是 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 这和(1)式预计的 N_a 值基本吻合。

按上述条件生长的五层结构外延片被减薄到 100 μm 厚。p 面和 n 面分别蒸 Au-Zn-Au 和 Au-Ge-Ni 做电极,合金温度 420°C。质子轰击能量 200keV,剂量 $4 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$,用 $\phi 15 \mu\text{m}$ 的钨丝做掩蔽以形成质子轰击条型。轰击后把片子解理成腔长 150-250 μm 的芯片,p 面朝下压触在镀 In 的铜热沉上。对这种器件进行了电光特性的测量。

先用脉宽为 1 μs 重复频率为 10kc 的脉冲条件测量了宽接触器件的光输出特性。一般的脉冲阈电流密度是 3-4 kA/cm^2 ,最低 2 kA/cm^2 相应的归一化阈电流密度是 $5 \text{kA/cm}^2 \cdot \mu\text{m}$,并给出了在不同热沉温度下典型器件的单面输出功率和直流注入电流的关系,在 20°C 下的阈电流为 180mA,目前最高的连续工作温度达 40°C。

实验观察了在 15°C 环境温度下典型器件的连续激射谱随注入电流的变化。当电流增至 1.3 倍阈值时,光谱呈单纵模,激射波长为 1.54 μm 。

在 100-350k 范围内测量了条型激光器在脉冲激射条件下的阈电流温度关系。并给出了典型 1.55 μm 质子轰击条型激光器的实验数据。