

5000 小时室温连续激射 GaAs/AlGaAs 双异质结激光器

中国科学院半导体所 DH 激光器研究组

CW operation over 5000 hours of GaAs/AlGaAs DH laser at room temperature

DH Laser Research Group, Institute of Semiconductors, Academia Sinica

Abstract

The configuration and technology for proton bombardment stripe geometric GaAs-GaAlAs DH laser is described briefly. The performances of DH laser under DC forward current were measured and analysed. The threshold current of most lasers is 50~150 mA. Differential quantum efficiency η_d is 30~70%. Some lasers operate in single transverse mode and near single longitudinal mode. The degradation properties were studied and the lifetime for some lasers are over 5000 hours.

一、引言

半导体激光器采用双异质结构(DH),对有源层内的注入载流子及辐射光场进行限域,使得阈电流密度迅速下降为 $\sim 1 \times 10^8$ 安培/厘米²,1970年实现了室温连续激射^[1]。双异质结激光器是光纤通讯和精密测距的较理想光源,但急待解决稳定性和可靠性问题。自从对DH激光器退化机理有了比较清楚了解之后^[2],激光器寿命基本上每年提高半个至一个数量级。到1976年美国Bell公司通过升温加速老化试验推断激光器寿命可望达到100万小时^[3]。也已采用多种方式制作各式各样条形结构,以减少条形宽度及建立侧向折射率差,使激光器得到单横模和单纵模

工作^[4~6]。我们对激光器工艺和结构采取了以下改进措施,使激光器寿命超过5000小时。

二、器件结构及工艺

1. 生长优质DH片

用降温液相外延工艺在 n -GaAs单晶片上连续生长四层,如图1所示:即 N - $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$, P -GaAs(有源层), P - $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$, P -GaAs。有源层两旁的双异质结构对注入有源层内的载流子和辐射光场起限域作用。采用全密封外延系统尽量降低系统中的剩余 O_2 含量,使之保持 < 0.2 ppm;采用程序控制炉温,恒温区精度可达 $\pm 0.03^\circ C$ 。层厚控制

收稿日期 1979年6月11日。

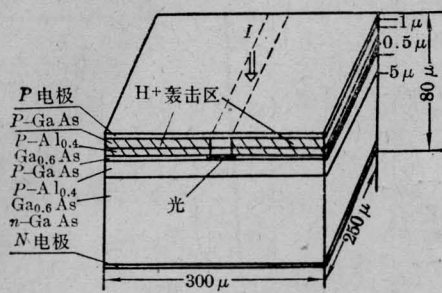


图1 DH条形激光器结构示意图

精度可达 ± 0.2 微米。

2. 采用条形器件结构

采用条形结构有利于挑选得到均匀及完整性较好的管芯，从而改善了激光模式。另一方面，条形结构也有利于降低阈值电流，降低热功耗，有利散热和延长寿命。

利用质子轰击 GaAs 或 AlGaAs 产生深能级缺陷中心形成高阻条形隔离区，如图1所示。条区宽度 ~ 12 微米。图2为激光器激光时所摄得的近场照片，可见条形隔离效果良好。



图2 H⁺ 轰击条形激光器近场照片

3. 减少键合应力

二极管 P 面经 700°C 高浓度浅扩 Zn 后蒸铬-金并微合金。电镀 5~8 微米金衬加厚，以减低应力并便于烧结。n 面蒸金-锗-镍。用解理方法制 Fabry-Perot 谐振腔。P 面用

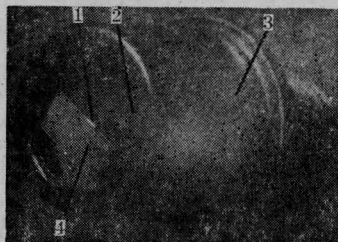


图3 DH激光器封装照片

1—DH 激光器管芯；2—N 极引线；
3—管壳；4—热沉（也是 P 面电极）

In 键合在无氧铜热沉上，n 面用金丝引出。

4. 充 N₂ 密封保护腔面

器件工作时，由于光化学反应，水汽、O₂ 气对镜面产生侵蚀，形成表面缺陷将不断移向有源区中，导致激光器退化，因此，我们采用了充 N₂ 密封的封装结构，见图3。

三、激光器性能

1. 直流光强—电流特性

图4为典型激光器在室温下单面光强输出与正向偏置电流关系曲线。由曲线拐点定出阈电流 I_{th} 为 105 毫安，它与光谱明显变窄及远场图中光束明显集中互相对应。在 165 毫安时输出功率达 14 毫瓦。由激光区曲线斜率求得微分量子效率 $\eta_D = \frac{2}{1.5} \frac{\Delta P}{\Delta I}$ 为 70%。P-I 特性线性范围比较宽，此管没有看到出现扭折。

2. 激光光谱特性

谱线变窄是激光器激光的最主要判据。

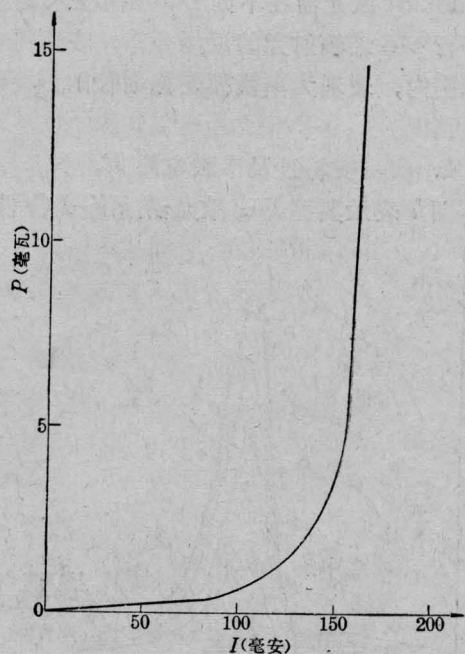


图4 G05# 激光器单面光输出与正向注入电流的关系曲线

图5为F05#激光器激射光谱特性, 激射峰值波长 $\lambda_0=8346$ 埃, 谱线半宽 $\Delta\lambda=1.3$ 埃。该激光器 I_{th} 为50毫安, 在53~65毫安内都能得到近于单纵模的光谱。

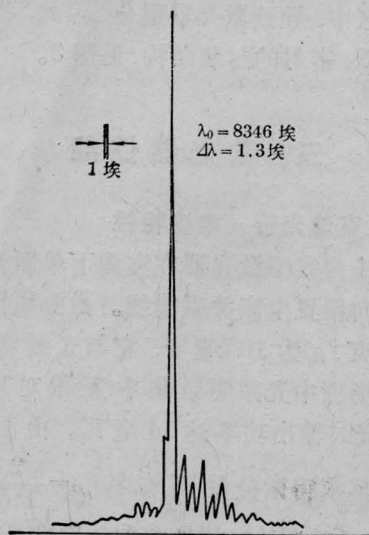


图5 F05#激光器的激射光谱

3. 辐射光的近场分布

谐振腔端面上光强的分布称为近场。图6为F523#激光器在不同DC正向注入电流下平行 $p-n$ 结辐射光的近场分布, 在所测电流范围内, 表现为单横模匀称增长的线性特性。

4. 伏-安特性及串联电阻 R_s

图7表示典型DH激光器的 $V-I$ 特性,

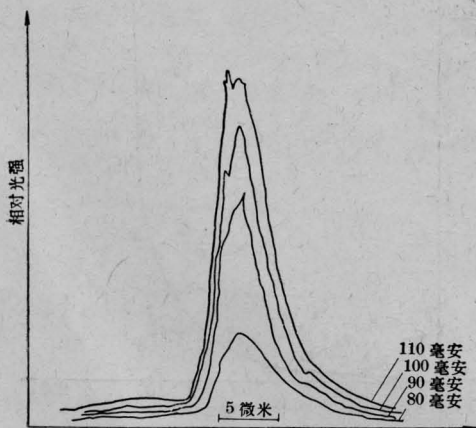


图6 F523#激光器平行于 $p-n$ 结的辐射光的近场分布

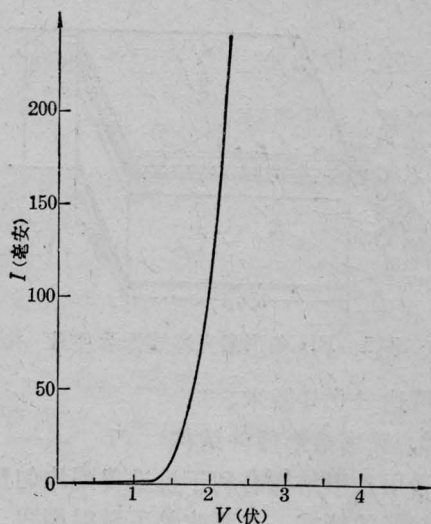


图7 典型DH激光器的伏-安特性曲线

拐点~1.5伏反映了 $p-n$ 结的势垒。由斜率可得 $R_s = \frac{\Delta V}{\Delta I}$, 多数在1~3欧之间。

5. 激光器的热阻特性

激光器工作时所引入的热功耗将引起器件有源区中的温升, 因而导致发射光谱峰值往长波移动, 也使激射阈值电流密度有所增加, 利用这些特性可以间接判断内部温升 ΔT , 根据热阻定义 $R_T = \Delta T / IV$, V, I 为外部输入功率, 求得 R_T 一般在30~70°C/瓦之间。

表1综合列出激光器在连续工作下的各种性能。

表1 双异质结激光器的性能

参数名称	一般	最优
阈电流 (毫安)	50~150	50
阈电流密度(安/厘米)	1000~3000	1000
输出功率 (毫瓦)	2~10 (100毫安) (200毫安)	15 (200毫安)
微分量子效率 (%)	30~60	70
发射波长 (埃)	8200~8300	
$\Delta\lambda$ (埃)	2~10	1.5
横模	单(个别双)	单
R_T (°C/瓦)	40~70	30

四、DH 激光器的退化特性

我们曾对激光器退化特性进行过一些统计,发现退化行为大致可分为快退化与慢退化两类,快退化机理国外已研究得比较清楚,主要归因于有源区中存在一定的暗点、暗线、暗区等缺陷,在工作过程中,暗线等将发生增殖,很快就使激光器劣化^[7,8]。我们的经验是在 200 小时内, I_{th} 的相对变化应 $<10\%$, 才能超过千小时工作寿命,我们选择 $I > 1.05I_{th}$ 下维持恒定功率考验。对于如图 9 $P-I$ 曲线的激光器,本底荧光 <0.4 毫瓦,选择在输出光功率恒定保持 1 毫瓦考验。对于 0.4 毫瓦 $<$ 超辐射功率 <1 毫瓦的激光器,选择在输出光功率恒定保持 2 毫瓦考验。图 8 为经筛选后的一组 DH 激光器 I_{th} 随考验时间的变化。定义退化率 $= \frac{\Delta I_{th}}{I_{th}} / 1000$ 小时, F151# 管退化率 $= 4\% / 1000$ 小时; F009# 管起初较快,随后退化率 $\sim 3.5\% / 1000$ 小时。上述两激光器的寿命已经超过 5000 小时。F523# 管在临近毁坏时退化率增加很快,镜面可以见到一些缓慢氧化所引起的劣化现象。可能因为端面保护不够好所致。图 9 为 F151# 激光器光强-电流曲线随考验时间的变化,在慢退化阶段, I_{th} 缓慢增加,但 η_D 变化并不明显。图 10 为 F009# DH 激光器经 5000 小时考验后光谱的变化,随着考验时间的增加,谱线向短波移动,谱线半宽也加大了。也曾测过有些 DH 激光器初期考验后光

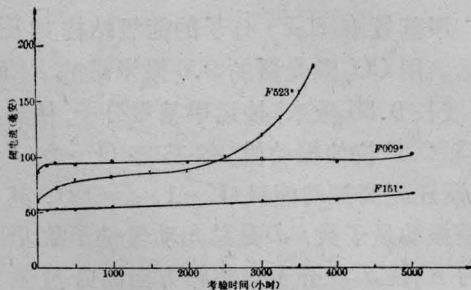


图 8 DH 激光器阈电流随考验时间的变化

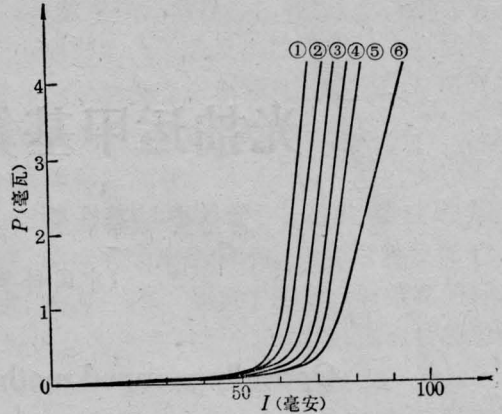


图 9 F151# 激光器光强-电流曲线随考验时间的变化

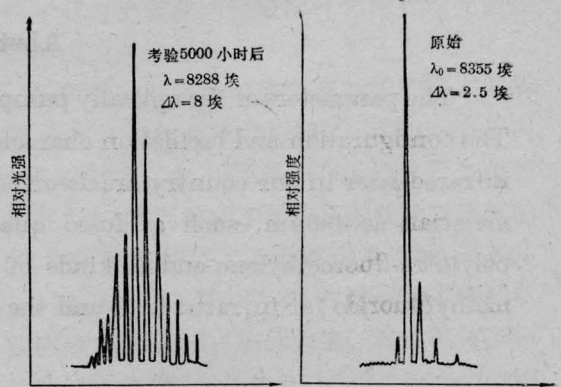


图 10 F009# 激光器考验前后光谱的变化

谱移向长波。

参 考 文 献

- [1] M. Panish, I. Hayashi *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1970, **16**, 326.
- [2] P. Petroff, R. Hartman; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, **23**, 469.
- [3] *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, No. 11, 756.
- [4] *IEEE J. Quant. Electr.*, 1978, **QE-14**, 89.
- [5] 《电子材料》, 1978, **17**, No. 10, 125.
- [6] *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **32**, 5.
- [7] P. Petroff, R. Hartman; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, **23**, 469.
- [8] P. Hutchinson *et al.*; *Phil. Mag.*, 1975, **32**, 745.