

红色 AlGaInP 激光器的特性及热特性分析

郭伟玲, 廉鹏, 丁颖, 李建军, 崔碧峰, 刘莹, 邹德恕, 沈光地
(北京工业大学 电子信息与控制工程学院, 北京 100022)

摘要: 设计和制备了 $\lambda = 680 \text{ nm}$ 的红色 AlGaInP / GaInP 应变量子阱激光器. 制得的未镀膜 $20 \mu\text{m}$ 脊型条形红色激光器的输出功率达到 100 mW , 斜率效率 0.56 W/A , 垂直和平行远场发散角分别为 31° 和 9° . 未镀膜 $4 \mu\text{m}$ 深腐蚀器件的功率可达 10 mW , 斜率效率为 0.4 W/A , 峰值波长为 681 nm , 峰值半宽为 0.5 nm . 不同腔长器件的特性显示器件的内损耗为 $4.27/\text{cm}$, 内量子效率达 45% . 对不同腔长的器件进行了变温测试, 得到器件的特征温度为 $120 \sim 190 \text{ K}$.

关键词: AlGaInP; 激光器; 热特性

中图分类号: TN365

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2002)04-0423-03

半导体红色激光器由于其功耗小、可直接调制、体积小、重量轻、高效率、高可靠性和低成本等一系列突出的特点而广泛应用于信息存储(CD-R, CD-RW, VCD, DVD)、条形码扫描、激光印字或复印和医疗中^[1,2]. AlGaInP / GaInP 量子阱结构材料由于其与 GaAs 衬底材料晶格匹配, 近年来受到广泛的关注, 国际上基于 GaInP 材料系激光器的研制多采用多次外延结构, 目的在于不断缩短激光器的发射波长, 提高输出功率和效率及提高光质量和热稳定性^[3,4]. 通常功率小于 5 mW 的器件用于数据读取, 而光盘写入需要的功率则高于 30 mW . 本文报道了波长为 680 nm , 输出功率超过 100 mW 的红色激光器的特性和热特性.

1 器件制备

器件的外延结构是用 EMCORE 公司的 Discovery 125 型 MOCVD 生长的, 结构示意图如图 1 所示. 有源区采用的是 4 个应变 GaInP / AlGaInP 量子阱结构. 作者分别制备了 $4 \mu\text{m}$ 深腐蚀脊型、 $8 \mu\text{m}$ 和 $20 \mu\text{m}$ 的微腐蚀脊型条形激光器, 并对不同腔长的器件的特性进行了分析.

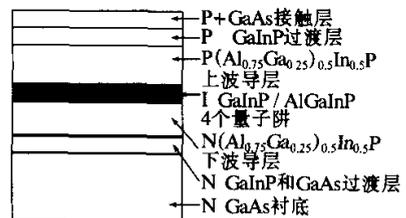


图1 激光器结构示意图

2 激光器特性分析

图 2、3 是 $20 \mu\text{m}$ 微腐蚀条形激光器的测试结果. 从图中可以看出激光器的输出功率可达到 100 mW , 它的峰值波长为 686 nm , 峰值半宽为 1.1 nm , 斜率效率为 0.56 W/A . 激光器的垂直 θ_v 和平行远场发散角 θ_p 分别为 31° 和 9° . 图 4 是 $4 \mu\text{m}$ 深腐蚀畸形结构的激光器的特性. 它的峰值波长为 681 nm , 峰值半宽为 0.5 nm , 斜率效率为 0.4 W/A . 上述两种激光器的工作波长的差异是由于 $20 \mu\text{m}$ 激光器的高输出功率引起的热效应, 使激光器的波长发生了红移.

外微分子量子效率(η_o)是激光器的关键参数之一. 外微分子量子效率与腔长的关系^[5]为

收稿日期: 2002-04-10.

基金项目: 国家973基金资助项目(20000683-02); 国家自然科学基金资助项目(6007004);

北京市自然科学基金资助项目(4002003).

作者简介: 郭伟玲(1966-), 女, 讲师, 在职博士生.

$$\eta_d^{-1} = \eta_i^{-1} (L\alpha_i / \ln R^{-1} + 1) \tag{1}$$

其中： η_i 是内量子效率； L 表示腔长； R 代表端面反射率； α_i 表示总的内部损耗。作者对不同腔长的激光器的 $P-I-U$ 特性进行了测量。根据图 5 的测试结果可以得到激光器的内量子效率为 45%，内损耗为 4.27/cm。从损耗和量子效率来看，器件的内部结构仍需进一步优化。

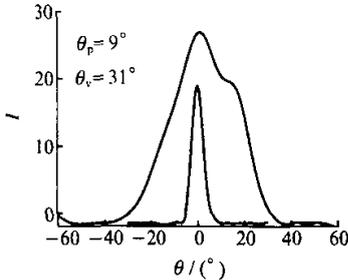


图2 20 μm 条形激光器的远场分布

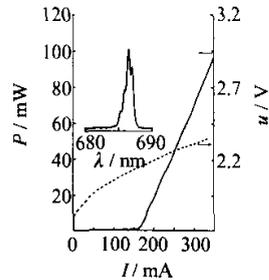


图3 20 μm 微腐蚀条形激光器的 P-I-U 特性及光谱分布

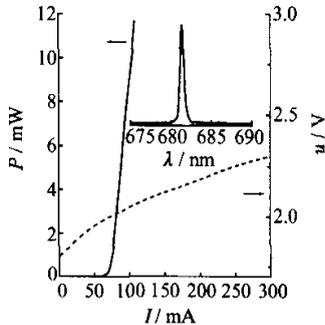


图4 4 μm 深腐蚀条形激光器的 P-I-U 特性及光谱分布

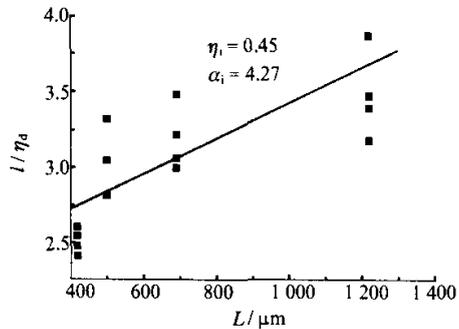


图5 外微分量子效率的倒数与腔长的关系

3 激光器热特性分析

尽管半导体激光器是高效的电-光转换器件，但由于不可避免的存在这种非辐射复合损耗、自由载流子吸收、串联电阻等，使得相当部分的注入电功率转化为热量，引起激光器的升温。由 AlGaInP / GaInP 材料系制备的红色激光器不仅出现上述现象，且在高温时 (75 ℃ 以上) 由于自脉冲现象易于出现 $P-I$ 曲线的扭折；因此它的热特性要求相对于 980 nm 系列的 InGaAs / AlGaAs 激光器要高的多。阈值电流密度与温度成指数关系

$$J_{th} = J_0 \exp(T / T_0) \tag{2}$$

其中 T_0 为特征温度，标志着随着温度升高阈值电流的变化。 T_0 值越大，表明阈值电流随温度变化越小，即器件受温度变化的影响越小。

通过热测试台设定器件的工作温度，然后测试器件相应的电光特性。对于不同腔长的 4 μm 条形激光器，作者分别测出了在不同温度下的阈值电流密度 J_{th} ，并画出了 J_{th} 与温度的关系，如图 6 所示，并由实验点来模拟 $\ln J_{th} - T$ 的线性关系，这一直线的斜率即为相应的特征温度，即

$$\ln J_{th} = \ln J_0 + (T / T_0) \tag{3}$$

由图 6 可知，腔长为 590 μm 的 4 μm 条形激光器的特征温度值最高为 173 K。其他腔长的特征温度值

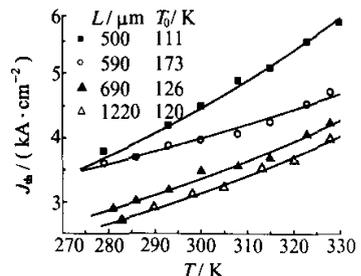


图6 不同腔长激光器的阈值电流密度与温度关系

也在通常的应用范围内^[6]。

4 结束语

尽管作者研制的 680 nm 激光器能成功输出 100 mW 的激光,且热稳定性较好,但需要改进的地方还很多.进一步的研究将通过大量的材料生长实验来优化器件外延结构,同时通过二次外延生长技术,制备出 λ 为650 nm、室温连续工作的激光器,为此类器件的产业化奠定基础。

致谢: 作者非常感谢北京市光电子技术实验室为器件的生长和制备作出贡献的同事和学生们。

参考文献:

- [1] WOOD S A, MOLLOY C H, SMOWTON P M, et al. Electron transport in AlGaInP quantum well lasers[J]. Appl Phys Lett, 1999, 75(12): 1748-1750.
- [2] KIDOGUCHI Isao, ADACHI Hideto, FUKUHISA Toshiya, et al. Stable operation of self-sustained pulsation in 650-nm-band AlGaInP visible lasers with highly doped saturable absorbing layer[J]. Appl Phys Lett, 1996, 68(25): 3543-3545.
- [3] ONISHI T, IMAFUJI O, FUKUHISA T, et al. High power operation of real refractive index guided self-aligned AlGaInP laser diodes with window structure[J]. Electronics Letters, 1999, 35(25): 2208-2209.
- [4] SUMMERS H D, REES P. Thermal limitation of self-pulsation in 650 nm AlGaInP laser diodes with an epitaxially integrated absorber[J]. Appl Phys Lett, 1997, 71(18): 2664-2666.
- [5] PIPREK J, ABRAHAM P, BOWERS J E. Cavity length effects on thermal loss and quantum efficiency of multi-quantum-well lasers[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 1999, 5(3): 643-647.
- [6] BOUR D P. Quantum Well Lasers[M]. New York: Academic Press, 1993.

Characteristics of AlGaInP Red Laser Diode and Its Thermal Property Analysis

GUO Wei-ling, LIAN Peng, DING Ying, LI Jian-jun,
CUI Bi-feng, LIU Ying, ZOU De-shu, SHEN Guang-di

(College of Electronic Information & Control Engineering, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China)

Abstract: AlGaInP/GaInP strained Quantum well laser device emitting at about 680 nm wavelength has been fabricated and analyzed. Slope efficiency of 0.56 W/A and strip red output power as high as 100 mW, vertical and parallel far field divergence angle of 31° and 9° respectively are obtained for 20 μ m ridge laser device without coating. For a 4 μ m uncoated deep eroded laser device, the slope efficiency is 0.4 W/A, the output power about 10 mW, the peak wavelength 681 nm and the width 0.5 nm. The characteristic temperature is between 120~190 K for the device of different cavity length. The total internal losses of those devices are 4.27/cm, the internal quantum efficiency is 45%.

Key words: AlGaInP; laser device; thermal property