

带有锥形增益区 14xxnm 量子阱激光器的研制*

张洪波 韦欣 朱晓鹏 王国宏 张敬明 马骁宇

(中国科学院半导体研究所光电子器件国家工程中心,北京 100083)

摘要 利用 MOCVD 生长了 14xxnm AlGaInAs/AlInAs/InP 应变量子阱外延片. 采用带有锥形增益区脊型波导结构和普通条形脊型波导结构在相同的实验条件下制作 800 μm 腔长激光器管芯, 在相同的驱动电流下前者可以获得更高的输出光功率, 而且 P-I 曲线线性度较好、饱和电流高. 1200 μm 腔长带有锥形增益区脊型波导结构管芯功率达到 500 mW, 饱和电流 3 A 以上, 峰值波长 1460 nm, 远场发散角为 39° × 11°.

关键词 14xxnm 抽运源; 锥形增益区; 量子阱激光器
中图分类号 TN248.4 **文献标识码** A

0 引言

设计制作高功率 14xxnm 半导体激光器泵源是推动光纤喇曼放大器实用化的一项关键技术. 为了改善系统性能, 需要制作出具有近衍射极限光束质量的高功率抽运源; 设计制作中可以通过增大激光器的光模式体积来降低结温、减小端面光功率密度. 目前的研究主要集中在: 优化管芯结构制作出大功率基横模管芯、改善器件的热特性、改进 14xxnm 激光器光纤耦合技术等方面. 制作 14xxnm 半导体激光器多采用条形掩埋异质结构、条形脊型波导结构和带有锥形增益区的脊型波导结构; 材料上以 InGaAsP 和 AlGaInAs 材料系为主. 作为一种新型半导体材料, 与 InGaAsP 材料系相比 AlGaInAs 材料系具有更大的导带带隙差, 可以更有效地防止电子泄漏, 是制作高特征温度和大功率器件的一种优良材料^[1].

与普通条形脊型波导结构相比, 带有锥形增益区的脊型波导结构具有减小功率密度、抑制出光面的灾变光损伤、减弱引起光束质量下降的非线性效应、有效防止自聚焦产生、有效改善器件饱和特性等优点^[2,3]. 本文报道了在相同实验条件下制作带有锥形增益区脊型波导结构和普通条形脊型波导结构 14xxnm 量子阱激光器的实验结果.

1 结构设计和外延生长

图 1 和图 2 分别为实验中采用的普通条形脊型波导结构和带有锥形增益区脊型波导结构的结构示意图.

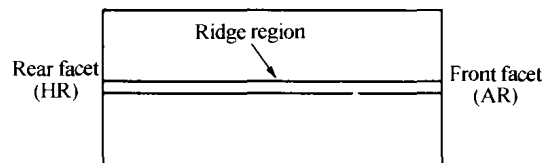


图 1 普通条形脊型波导
Fig. 1 Schematic illustration of Ridge Waveguide lasers

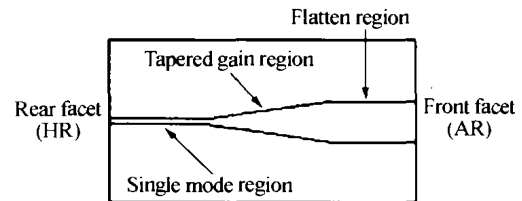


图 2 带有锥形增益区脊型波导
Fig. 2 Schematic illustration of lasers with Tapered Gain Region

与图 1 所示的普通条形脊型波导结构相比, 图 2 结构可以有效改善器件性能, 得到高功率、高饱和电流器件. 为了有效避免光束传输中基模能量耦合进高级模或辐射模、保证基横模低损耗传输. 图 2 结构中锥形增益区的角度应小于基模衍射角^[4,5], 计算结果表明整个锥形角度要小于 6°^[6]. 另外, 锥形区形状、单模区和锥形区以及平坦区的长度等参量的变化都会对激光器特性产生影响^[7,8]. 设计中对这些参量进行了优化, 得到图 2 结构器件(腔长 $L = 800 \mu\text{m}$)的具体结构参数: 单模区长 200 μm 宽 4 μm, 锥形增益区长 400 μm, 平坦区长 200 μm 宽 24 μm; 图 1 所示的普通条形脊型波导结构条宽 4 μm.

2 制作工艺

设计中优化了外延结构, 采用 MOCVD 外延生长技术生长出高质量 AlGaInAs/AlInAs/InP 大功率半导体激光器外延片.

生长好的外延片按照双沟脊型波导激光器制备工艺进行光刻、腐蚀, 制作 P 面电极(溅射 TiPtAu)、减薄、制作 N 面电极(蒸发 AuGeNi), 然后将试验片

*国家 863 计划(2001AA312270)资助项目
Tel: 010-82304028 转 239 Email: hongboneu@sohu.com
收稿日期: 2004-02-27

解理成 Bar; 为获得高的单面输出功率, 用 ECR 进行腔面镀膜, HR = 90%, AR = 5%; 解理成的管芯 P 面朝下烧结到铜热沉上, TO3 封装后在激光器综合测试仪进行测试.

表 1 外延结构

| | | |
|------------------|--------|--|
| InGaAs | 0.2 μm | $P = 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ |
| InP | 1.5 μm | $P = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ |
| AlInAs | 100 nm | $P = 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ |
| AlGaInAs | 70 nm | $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$ |
| MQW | ×4 | |
| AlGaInAs | 70 nm | $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$ |
| AlInAs | 100 nm | $N = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ |
| InP buffer layer | 0.5 μm | $N = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ |
| InP substrate | | $N = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ S-doped |

3 器件特性

图 3 和图 4 分别为带有锥形增益区脊型波导结构和普通条形脊型波导结构在相同实验条件下制备的 800 μm 腔长的激光器管芯的 P-I 曲线; 图 5 和图 6 为两种结构管芯对应的远场角度和波长.

从两种结构的 P-I 曲线对比可知, 在相同的驱动电流下测试时, 采用带有锥形增益区脊型波导制作的 14xxnm AlGaInAs/AlInAs/InP 应变量子阱激光器可以得到比普通条形脊型波导结构更高的输出功率, 在 2 A 的驱动电流下两者的输出光功率分别为 390 mW 和 310 mW, 而且前者的 P-I 曲线线性度也较好. 实际测试中, 与后者相比前者可以承受

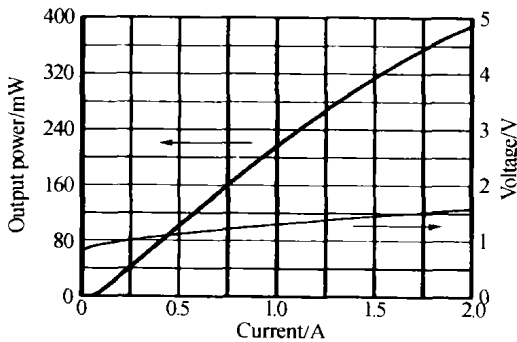


图 3 带有锥形增益区脊型波导激光器输出光功率-电流曲线

Fig. 3 Output power vs input current of lasers with Tapered Gain Region

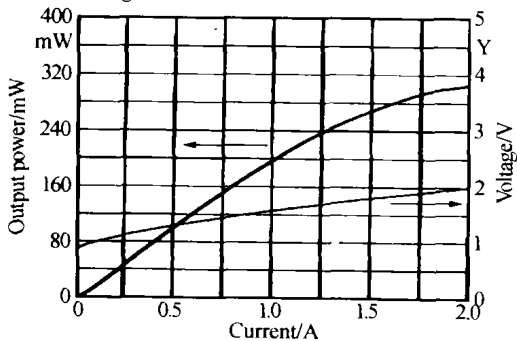


图 4 普通条形脊型波导结构激光器输出光功率-电流曲线
Fig. 4 Output power vs input current of Ridge Waveguide lasers

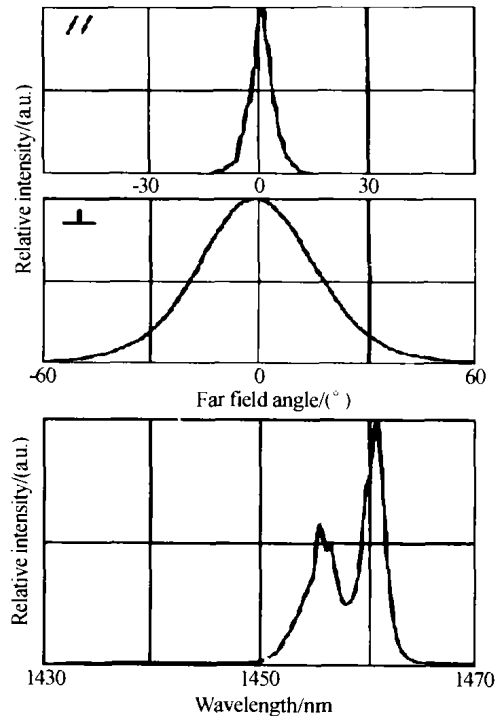


图 5 带有锥形增益区脊型波导激光器远场角度和波长
Fig. 5 Far-field angle and wavelength of lasers with Tapered Gain Region

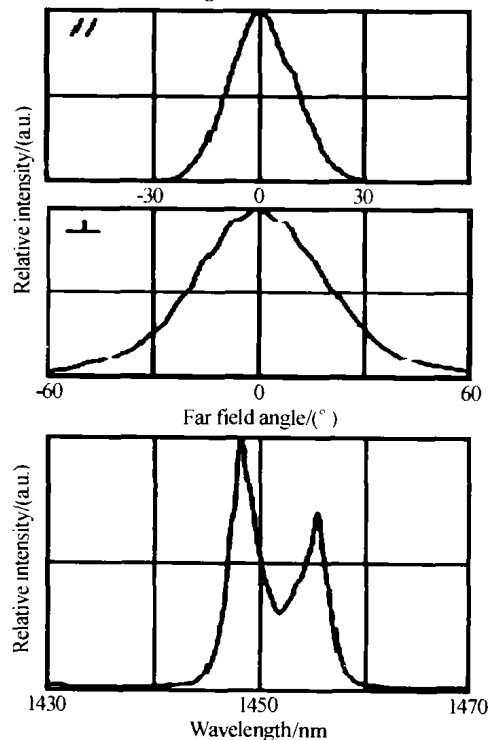


图 6 普通条形脊型波导结构激光器远场角度和波长
Fig. 6 Far-field angle and wavelength wavelength of Ridge Waveguide lasers

更高的驱动电流. 两种结构制作的激光器管芯远场发散角分别为: $36^\circ \times 10^\circ$ 和 $41^\circ \times 22^\circ$, 峰值波长分别为 1460 nm 和 1450 nm. 在相同工艺条件下制备出的 1200 μm 带有锥形增益区脊型波导结构管芯, 饱和电流达到 3 A 以上, 最大输出功率达到 500 mW, 远场发散角为: $39^\circ \times 11^\circ$, 峰值波长为 1460 nm. 器件的特性曲线如图 7、图 8.

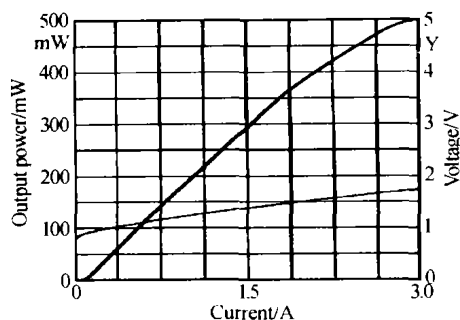


图7 带有锥形增益区脊型波导激光器输出光功率-电流曲线

Fig. 7 Output power vs input current of lasers with Tapered Gain Region

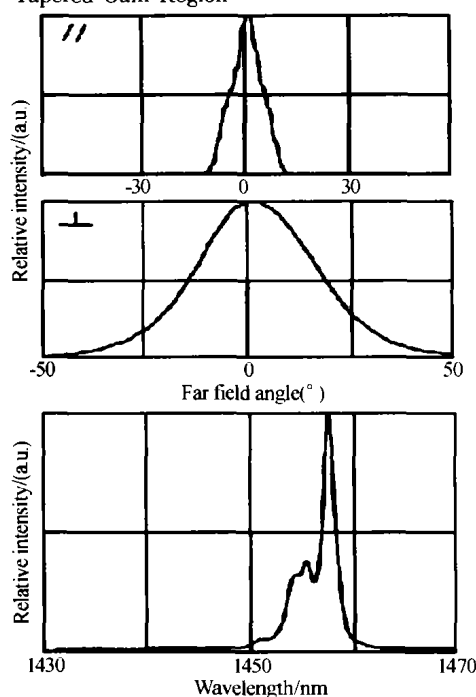


图8 带有锥形增益区脊型波导激光器远场角度和波长
Fig. 8 Far-field angle and wavelength of lasers with Tapered Gain Region

4 结论

在相同实验条件下采用带有锥形增益区脊型波导结构制作的 14xxnm AlGaInAs/AlInAs/InP 应变量子阱激光器比普通条形脊型波导结构具有更高的饱和电流和峰值功率. 相关参数和制作工艺有待进一步优化.

参考文献

- Piprek P, White J K, Thorpe A J S. What limits the maximum output power of long-wavelength AlGaInAs/InP laser diodes. *IEEE Journal of Quant Electron*, 2002, **38**(9): 1253 ~ 1259
- Kintzer E S, et al. High-Power, Strained-Layer amplifiers and lasers with gapered Gain regions. *IEEE Photon Technol Lett*, 1993, **5**(6): 605 ~ 608
- Šelmić et al. Single frequency 1550 nm AlGaInAs-InP tapered high-power laser with a distribute Bragg reflector. *IEEE Photon Technol Lett*, 2002, **14**(7): 890 ~ 892
- Bruns W K, et al. Optical waveguide parabolic coupling horns. *Appl Phys Lett*, 1977, **30**(1): 28 ~ 30
- Milton A F, Burns W K. Mode coupling in optical waveguide horns. *IEEE Journal of Quant Electron*, 1977, **13**(10): 828 ~ 835
- Mariojouis S, et al. Modeling of the performance of High-brightness tapered lasers. *SPIE*, 2000, **3944**: 395 ~ 406
- Paul G, et al. Design of single-mode step-tapered waveguide sections. *IEEE Journal of Quant Electron*, 1987, **23**(2): 205 ~ 211
- Donnelly J P, Walpole J N, Grove S H, et al. High-power 1.5 μm tapered-gain-region lasers. *SPIE*, 1998, **3284**: 54 ~ 62

14xxnm Quantum Well Lasers with Tapered Gain Region

Zhang Hongbo, Wei Xin, Zhu Xiaopeng, Wang Guohong, Zhang Jingming, Ma Xiaoyu

National Engineering Research Center for Optoelectronics Devices, Institute of Semiconductors, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083

Received date: 2004-02-27

Abstract The 14xxnm AlGaInAs/AlInAs/InP Strained Quantum Well Lasers with Tapered Gain Regions and with Ridge Waveguide is fabricated under the same experimental condition. The laser structure is grown by MOCVD. The output power and the saturation current of the former structure is higher than the latter under the same driving current when the cavity length is 800 μm . When the cavity length is 1200 μm the output power above 500 mW and the saturation current above 3 A have been achieved for the former structure. The measured vertical and parallel divergence angle are 39° and 11°, respectively.

Keywords 14xxnm pump laser; Tapered gain region; Strained quantum well lasers

Zhang Hongbo was born in 1974. He received his bachelor's degree and master's degree in Northeast University, Shenyang, China in 1998 and 2001 respectively. Now he is continuing his education toward doctor's degree in the Institute of Semiconductors, the Chinese Academy of Sciences, Beijing.

