

文章编号: 0258-7025(2005)02-0161-03

# 高饱和电流 14xx nm 应变量子阱 激光器的研制

张洪波, 韦 欣, 朱晓鹏, 王国宏, 张敬明, 马晓宇

(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** 报道了 14xx nm 应变量子阱(SQW)激光器管芯的研制成果。通过金属有机化学气相沉积(MOCVD)生长工艺生长 14xx nm AlGaInAs/AlInAs/InP 应变量子阱外延片,采用带有锥形增益区的脊型波导结构制作激光器管芯。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),然后将试验片解理成 Bar;为获得高的单面输出功率,用电子回旋共振等离子体化学气相沉积(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。管芯功率达到 440 mW 以上,饱和电流 3 A 以上,峰值波长 1430 nm,远场发散角为  $40^\circ \times 14^\circ$ 。

**关键词** 激光技术;应变量子阱激光器;光纤拉曼放大器;14xx nm 抽运源;锥形增益区

中图分类号 TN 248.4 文献标识码 A

## High-Saturation Current 14xx nm Strained Quantum Well Lasers

ZHANG Hong-bo, WEI Xin, ZHU Xiao-peng,

WANG Guo-hong, ZHANG Jing-ming, MA Xiao-yu

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

**Abstract** The research of the 14xx nm strained quantum well (SQW) lasers is reported. The 14xx nm AlGaInAs/AlInAs/InP SQW lasers with tapered gain regions emitting at 1430 nm are fabricated. The SQW epitaxial structure is grown by metal organic chemical vapor deposition (MOCVD) and ridge-type waveguide structure with tapered gain regions is used as laser core. The process of preparing double-channel ridge-type waveguide laser epitaxial structure includes lithographic, etching, metallization (P-side: sputtering TiPtAu, N-side: evaporating AuGeNi), facet coating with electron cyclotron resonance (ECR) method (HR (high reflective coatings) = 90%, AR (antireflective coatings) = 5%), and thinning. The P-side-up-mounted devices with TO3 package are measured. The output power above 440 mW and the saturation current above 3 A have been achieved. The measured far-field divergence angle is  $40^\circ \times 14^\circ$ .

**Key words** laser technique; strained quantum well laser; fiber Raman amplifier; 14xx nm pump laser; tapered gain region

## 1 引 言

随着 Internet 及其他新型数据业务的飞速发展,长距离光纤传输系统对通信容量和系统扩展的需求与日俱增。如何进一步提高系统的容量、延长

传输距离已经成为光纤通信领域研究的热点问题之一。光纤拉曼放大器(FRA)与其他放大器相比具有噪声低、带宽大、抑制非线性、提高传输距离、进行色散补偿等特点,是进一步提高波分复用器(WDM)传输容量和系统性能的重要方法之一,具

收稿日期:2003-09-03;收到修改稿日期:2003-11-10

基金项目:国家 863 计划(2001AA312270)资助项目。

作者简介:张洪波(1974—),男,内蒙古赤峰市人,中国科学院半导体研究所博士研究生,主要从事 III-V 族化合物半导体光电子器件的研究。E-mail: hongboneu@sohu.com

有巨大的实用价值,必将成为下一代放大器的主流<sup>[1]</sup>。用于光纤拉曼放大器的抽运激光器主要包括两大类,一类是多量子阱半导体激光器(MQW-LD)及其阵列<sup>[2]</sup>,另一类是多波长光纤拉曼激光器,与后者相比 14xx nm 多量子阱半导体激光器具有更大的增益带宽,是拉曼放大器抽运源的首选。

国内在 14xx nm 高功率半导体激光器、光纤拉曼放大器及其相关光器件方面的研究工作较少,在产品及相关器件的商用化方面与国外的差距较大。文章报道了采用锥形增益区结构按照脊型波导工艺制作 AlGaInAs 量子阱激光器的研制结果。

## 2 器件结构

由于功率密度的限制,普通窄条激光器能够发射的光功率有限,人们在增大光功率和减小光束宽度方面做了很多工作。增大条宽可以减小光束宽度,增大光功率,但是容易产生多侧模,这也对激光器的最大输出功率和光束质量有很大限制<sup>[3]</sup>。在器件设计中使用锥形增益区可以有效改善光束质量,制作出具有近衍射极限光束的半导体激光器<sup>[4]</sup>。此种结构设计具有减小功率密度、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和改善器件饱和特性等优点<sup>[5,6]</sup>。

自 20 世纪 90 年代初以来,人们对具有锥形增益区的激光器、放大器开展了大量研究,在这方面做出突出贡献的有 Lincoln Laboratory,SDL,Alcatel, Maryland University 等<sup>[7~10]</sup>。图 1 是具有锥形增益区激光器的示意图,其锥形增益区激光器由单模区和锥形放大区两个部分组成。单模区起到模式过滤作用,保证基横模工作;后面的锥形增益区起到放大作用,这种器件结构有许多类似于主振荡器-功率放大器(MOPA)结构的优点。

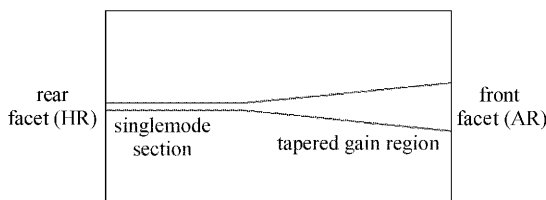


图 1 锥形增益区激光器的示意图

Fig. 1 Schematic diagram of lasers with tapered gain region

研究中采用图 2 结构。与图 1 结构相比,图 2 结构多了一个平坦区。在相同锥形角度下锥形增益

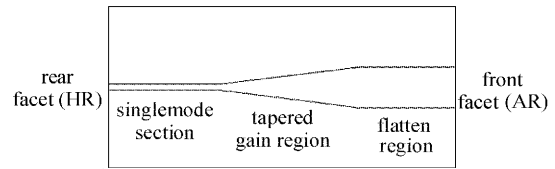


图 2 设计结构图

Fig. 2 Schematic diagram of device structure

区面积减小,出光孔径小,可以有效调整器件发散角,改善远场特性,有利于光纤耦合。为了保证低损耗传输,设计中增益区的角度要小于基模衍射角,这样就可以有效避免光束传输中基模能量耦合进高级模式或辐射模<sup>[11,12]</sup>,计算结果表明整个锥形角度要小于  $6^\circ$ <sup>[13]</sup>。另外,锥形区形状(分为线性、抛物线型、指数型、余弦型等几种)、单模区和锥形区以及平坦区的长度、三者的相对长度都会对器件特性有很大影响<sup>[14,15]</sup>。设计中对这些几何参数进行了统筹优化,得到器件具体参数:单模区长  $200 \mu\text{m}$ ,宽  $4 \mu\text{m}$ ,锥形增益区长  $400 \mu\text{m}$ ,平坦区长  $600 \mu\text{m}$ ,宽  $10 \mu\text{m}$ 。

为获得高功率基模工作,优化设计了 AlGaInAs 应变量子阱(SQW)激光器结构,采用金属有机化学气相沉积(MOCVD)外延生长技术生长出高质量的 1430 nm 大功率半导体激光器外延片,外延结构如表 1 所示。

表 1 外延结构

Table 1 Epitaxial structure

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

材料生长完成后,按照双沟脊型波导激光器制备工艺,制备成腔长为  $1200 \mu\text{m}$  器件。为获得高的单面输出功率,对器件端面进行镀膜,  $\text{AR} = 5\%$ ,  $\text{HR} = 90\%$ ,以 P 面朝下的方式烧结在铜热沉上。

## 3 器件特性

图 3 为脊型波导激光器的光功率电流特性曲线和伏安特性曲线。基横模最大输出功率可达 440

mW 以上,器件具有很好的大电流特性,饱和电流 3 A 以上。图 4 为其对应的远场特性,可以看出垂直结平面远场发散角为  $40^\circ$ ,平行结平面远场发散角为  $14^\circ$ ,激光波长 1430 nm。

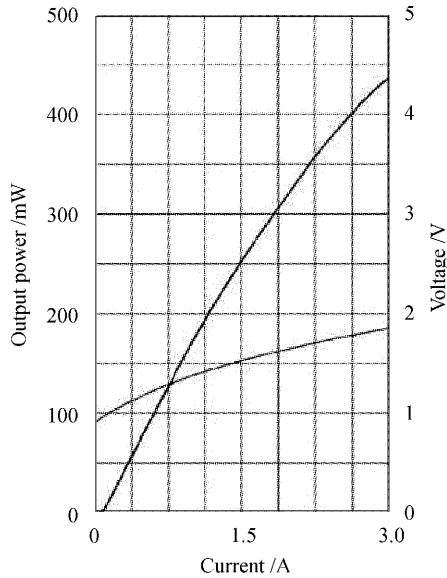


图 3 输出光功率-电流曲线

Fig. 3 Output power versus input current

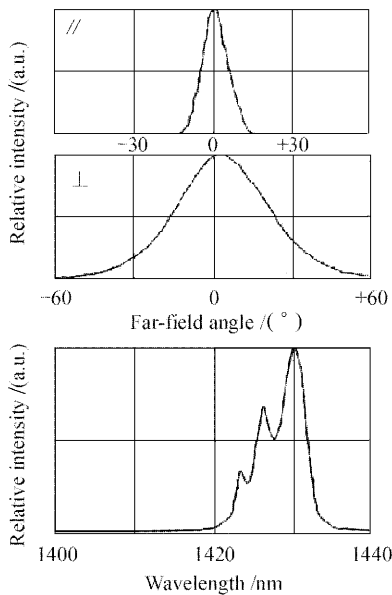


图 4 远场角度和波长

Fig. 4 Far-field angle and wavelength distributions of laser intensity

## 4 结 论

采用锥形增益区脊型波导结构制作应变量子阱激光器可以得到大的基横模输出功率和饱和电流。

采用此结构制作出 AlGaInAs 应变量子阱激光器,基横模最大输出功率达到 440 mW,饱和电流 3 A 以上。垂直方向远场发散角为  $40^\circ$ ,平行方向远场发散角为  $14^\circ$ ,激光波长为 1430 nm。

## 参 考 文 献

- Li Xianqin. State of the art and future trend of optical amplifiers [J]. *Optical Communication Technology*, 2002, **26**(4):6~9  
李现勤. 光放大器现状及未来[J]. 光通信技术, 2002, **26**(4):6~9
- Ning Yongqiang, Gao Xin, Wang Lijun *et al.*. Lasing characteristics of InGaAs/GaAs ridge-like quantum dots laser [J]. *Chinese J. Lasers*, 2002, **A29**(4):293~297  
宁永强,高欣,王立军等. InGaAs/GaAs 量子点类脊型激光器的激光特性[J]. 中国激光, 2002, **A29**(4):293~297
- C. Lindsey, P. Derry, A. Yariv. Tailored-gain broad-area semiconductor laser with single-lobed diffraction-limited far-field pattern [J]. *Electron. Lett.*, 1985, **21**(16):671~673
- S. H. Cho, S. Fox, F. G. Johnson *et al.*. 1.9-W quasi-CW from a near-diffraction-limited 1.55- $\mu\text{m}$  InGaAsP-InP tapered laser [J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1998, **10**(8):1091~1093
- E. S. Kintzer, J. N. Walpole, S. R. Chinn *et al.*. High-power, strained-layer amplifiers and lasers with tapered gain regions [J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1993, **5**(6):605~608
- S. R. Êelmić, G. A. Evans, T. M. Chou *et al.*. Single frequency 1550-nm AlGaInAs-InP tapered high-power laser with a distributed Bragg reflector [J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 2002, **14**(7):890~892
- A. Mathur, M. Fisher, M. Ziari *et al.*. Very high power 1.48  $\mu\text{m}$  semiconductor lasers [J]. *Electron. Lett.*, 1999, **35**(12):983~985
- J. P. Donnelly, J. N. Walpole, S. H. Groves *et al.*. 1.5- $\mu\text{m}$  tapered-gain-region lasers with high-CW output powers [J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1998, **10**(10):1377~1379
- P. Salet, F. Gérard, T. Fillion *et al.*. 1.1-W continuous-wave 1480-nm semiconductor lasers with distributed electrodes for mode shaping [J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1998, **10**(12):1706~1708
- Wang Tao, Wang Zhengxuan, Huang Dexiu. Finite element analysis of the tapered-rib semiconductor optical amplifier [J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(3):341~347  
王涛,王正选,黄德修. 锥形脊结构半导体光放大器的有限元分析[J]. 光学学报, 2003, **23**(3):341~347
- W. K. Bruns, A. F. Milton, A. B. Lee. Optical waveguide parabolic coupling horns [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **30**(1):28~30
- A. Fenner Milton, William K. Burns. Mode coupling in optical waveguide horns [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1977, **QE-13**(10):828~835
- Stephane Mariojouis, Stefan Morgott, Alexis Schmitt *et al.*. Modeling of the performance of high-brightness tapered lasers [C]. *SPIE*, 2000, **3944**:395~406
- Paul G. Suchoski, Jr., Ramu V. Remaswamy. Design of single-mode step-tapered waveguide sections [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1987, **QE-23**(2):205~211
- J. P. Donnelly, J. N. Walpole, S. H. Groves *et al.*. High-power 1.5- $\mu\text{m}$  tapered-gain-region lasers [C]. *SPIE*, 1998, **3284**:54~62