

文章编号: 0258-7025(2004)01-0022-03

高占空比大功率激光器阵列

谢红云¹, 安振峰², 陈国鹰¹, 杨红伟², 赵 润²

(¹ 河北工业大学信息学院, 天津 300130; ² 信息产业部电子第十三研究所, 河北 石家庄 050002)

摘要 设计并研制了 1 cm 长折射率渐变分别限制单量子阱(GRIN-SCH-SQW)单条激光器阵列。占空比为 20%, 在 70 A 工作电流下, 输出功率达到 61.8 W, 阈值电流密度为 220 A/cm², 斜率效率为 1.1 W/A, 激光波长为 808.2 nm。

关键词 激光技术; 高占空比; 大功率; 半导体激光器

中图分类号 TN 248.4 文献标识码 A

High Duty-cycle High Power Semiconductor Laser Array

XIE Hong-yun¹, AN Zhen-feng², CHEN Guo-ying¹, YANG Hong-wei², ZHAO Run²

¹College of Information, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China

²The 13th Electronic Research Institute of Ministry Information Industry, Shijiazhuang, Hebei 050002, China

Abstract High duty-cycle high power 1 cm-bar laser array has been gained. The duty-cycle achieves 20%. The output power is up to 61.8 W at 70 A. The threshold current density J_{th} is 220 A/cm² and the slope efficiency η_s is 1.1 W/A. The laser wavelength is 808.2 nm.

Key words laser technique; high duty-cycle; high power; semiconductor laser array

1 引言

半导体大功率激光器阵列的发展越来越快。产品的峰值功率不断上升, 占空比为 2% 的线阵列输出功率最大达 100 W, 最高的研究报道达到 200 W 以上^[1]。占空比达到 20% 时输出功率可以做到 70 W。连续状态的激光器产品, 线阵列的输出功率也达到了 50 W。已出现有连续工作线阵列输出功率达到 198 W 的报道^[2]。据报道^[3], 半导体激光器抽运固体激光器(DPSSL)技术是最大功率激光器的最大应用。引入半导体激光器, 可以减小整个系统的体积, 提高效率、寿命、可靠性和机动性, 使整个系统在军事国防、工业加工、材料处理等诸多领域得到广泛的应用。DPSSL 技术近几年在国内也迅速发展。当前, DPSSL 技术对作为抽运源的半导体激光器的要求是更高的功率和更高的占空比。需要由原来准连续工作的占空比(一般为 1%~2%)提高到更高

(如 20%), 以满足激光加工等高能量激光系统对抽运源的要求。

在国内, 就半导体大功率激光器阵列而言, 已有不错的产品投入了军事国防、工业加工及其他行业的应用, 但阵列的占空比多是 1%~2%。本文报道得到的标准 1 cm 条高占空比大功率激光器阵列样品, 在 20% 占空比, 70 A 工作电流下, 输出功率为 61.8 W, 且保持斜率效率 1.1 W/A。激光波长 808.2 nm, 光谱半宽 3 nm。

2 外延生长与器件制作

激光器阵列在高占空比大功率条件下工作, 会有大量的热产生, 造成芯片温度升高, 严重影响正常工作。获得高占空比大功率半导体激光器的关键在于低阈值激光器材料设计、高质量的外延片生长和芯片工艺过程以及高效的散热系统。基于这些考

收稿日期: 2002-08-12; 收到修改稿日期: 2002-11-18

作者简介: 谢红云(1978.1—), 女, 河北工业大学信息学院, 硕士, 主要从事半导体光电的研究和大功率激光器的设计与制作。E-mail: xiehy@vip.sina.com

虑,采用具有低阈值电流密度的折射率渐变分别限制单量子阱结构,使用 MOCVD 方法生长外延片,设计合理的阵列版图结构,选择热沉材料及尺寸,提高芯片与热沉烧焊效果,将激光器装配在水冷器上以保证有源区温度正常。

808 nm AlGaAs/GaAs 折射率渐变分别限制单量子阱 (GRIN-SCH-SQW) 外延片,在 n^+ -GaAs 衬底 ($\text{Si}; 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 上,晶向 (100) (偏 $\langle 110 \rangle$ 约 2°) 依次生长: $0.5 \mu\text{m}$ n^+ -GaAs 缓冲层, $1.3 \mu\text{m}$ $N\text{-Al}_{0.65}\text{GaAs}$ ($\text{Si}; 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 限制层, $0.2 \mu\text{m}$ $\text{Al}_{0.33\sim 0.65}$

GaAs 下波导层 (采用 MOCVD 外延生长方法,可以控制该层内铝的含量线性变化,从而折射率也线性渐变)。接着是 10 nm 的 AlGaInAs 量子阱层, $0.2 \mu\text{m}$ $\text{Al}_{0.33\sim 0.65}\text{GaAs}$ 上波导层, $1.2 \mu\text{m}$ $P\text{-Al}_{0.65}\text{GaAs}$ ($\text{Zn}; 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 限制层, $0.3 \mu\text{m}$ $P^+\text{-GaAs}$ ($\text{Zn}; > 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) 接触层,如图 1 所示。图 1(a) 为材料结构图,图 1(b) 为光近场分布图,横坐标表示生长的层厚 (单位为 10^{-10} m),坐标原点设在有源层;纵坐标代表激光近场相对光强。在图 1(b) 中还给出了生长材料的能带分布示意。

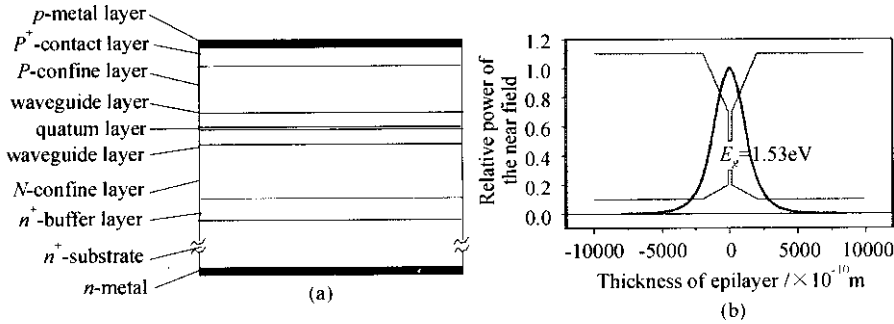


图 1 外延片材料结构 (a) 及能带和近场图 (b)

Fig. 1 Material structure (a) and energy band and near field (b) of the epilayer

外延片进入工艺加工过程,通过多次光刻、腐蚀 (形成阵列结构)、金属化 (P 面蒸镀 Cr/Au, N 面蒸镀 Au/Ge/Ni)、合金 (做好激光器的欧姆接触)、解理、腔面镀膜 (前腔面 5% 增透膜,后腔面 95% 高反膜);然后将管芯 P 面朝下,装好铜电极引线烧焊在热沉上,做成如图 2 所示的激光器样品。电极引线的材料、宽度和厚度可以通过较高的电流 (连续电流 40 A),保证高占空比大电流时的工作可靠性。电极引线焊在固定的电极上,保证样品的机械可靠性 (图中的孔用以装电极和固定)。基于良好散热的考

虑,选用无氧铜为热沉,厚度为 2 mm 。同时采用了自行设计的高效水冷器,有效地控制有源区的温升。阵列是标准的 1 cm 单条激光器。谐振腔腔长 1 mm 。单条的发光单元 60 个,单元周期 $150 \mu\text{m}$,发射孔径 $90 \mu\text{m}$ 。其版图结构如图 3^[4] 所示,其中 W 代表发射孔径, S 代表单元周期。

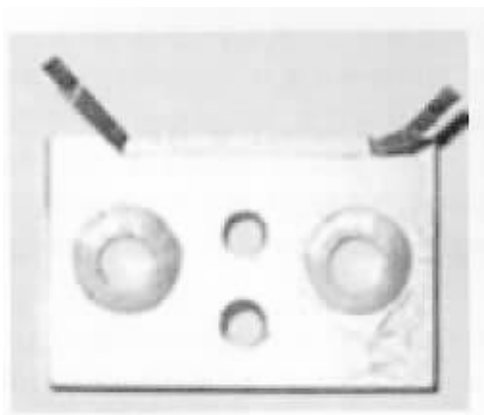


图 2 激光器阵列外形图

万方数据 Laser array sample

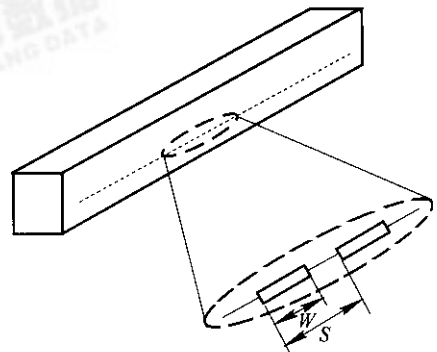


图 3 阵列版图结构图

Fig. 3 Schematic diagram of laser array

3 测试

图 4 为激光器阵列的 $P-I$ 曲线。注入脉冲电流的占空比为 20%,水冷系统的温度恒定在 15°C 。70 A 工作电流下,输出功率达到 61.8 W 。阈值电流密

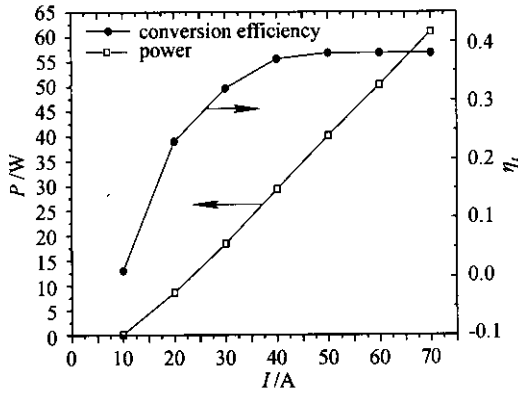
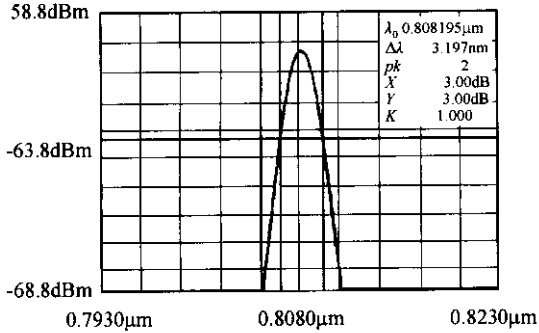
图 4 P - I 曲线图Fig. 4 P - I characteristics of laser array

图 5 光谱图

Fig. 5 Spectrum of laser array

度 220 A/cm^2 , 斜率效率 1.1 W/A 。光电转换效率为 38% 。系统的热阻(包括芯片热阻、热沉热阻)为 $1.1 \text{ }^\circ\text{C/W}$ 。图 5 是阵列的光谱图, 激光波长为 808.2 nm , 光谱半宽为 3 nm 。通过测试, 激光器阵列的垂直发散角为 34° , 水平发散角为 8° 。

4 结 论

设计并制作了高占空比高功率单条激光器。在 20% 占空比下, 得到 61.8 W 的功率。从测试数据来看, 一方面, 激光器的烧结热阻和散热器的装配热阻较低, 使得激光器的结温得到了很好的控制, 未发生热量积累现象, 为组装更高功率叠层面阵列奠定了基础; 另一方面, 激光器的光电转换效率还偏低, 需进一步降低串联电阻, 减少热功耗。

参 考 文 献

- 1 John G. Endriz, Mitral Vakili, Gerald S. Brower *et al.*. High power diode laser arrays [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1992, **28**(4):952~965
- 2 X. He, A. Ovtchinnikov, S. Yang *et al.*. Efficient high power reliable InGaAs/AlGaAs (940 nm) monolithic laser diode arrays [J]. *Electron. Lett.*, 1999, **35**(20):1739~1740
- 3 Robert V. Steele. Review and forecast of the laser markets part II: diode lasers [J]. *Laser Focus World*, 2002, **38**(2):61~72
- 4 M. Sakamoto, J. G. Endriz, D. R. Scifres. 120 W CW output power from monolithic AlGaAs (800 nm) laser diode array mounted on diamond heatsink [J]. *Electron. Lett.*, 1992, **28**(2):197~199