

高温连续输出 AlGaAs 大功率单量子阱激光器的工作特性*

朱东海 王占国 梁基本 徐 波 朱战萍 张 隽 龚 谦

(中国科学院半导体研究所 半导体材料科学实验室 北京 100083)

金才政 丛立方 胡雄伟 韩 勤

(国家光电子工艺中心 北京 100083)

方祖捷 刘 斌 屠玉珍

(中国科学院上海光学精密机械研究所 上海 201800)

摘要 本文介绍了利用 MBE 方法生长的大功率 AlGaAs 单量子阱激光器的高温工作特性。激光器的室温连续输出功率达到 2W。在 95℃ 高温连续工作状态下, 其输出功率仍可达到 500mW 的水平。器件的特征温度高达 185K (35~85℃) 及 163K (85~95℃)。同室温相比, 器件在 95℃ 的工作条件下, 其功率输出的斜效率下降了 23%。

PACC: 4280R, 4320J, 4255P, 6855

1 引言

大功率 GaAs/AlGaAs 量子阱激光器在泵浦固体激光器、材料加工、医疗、光盘的信息处理等方面有着广泛的应用^[1,2], 其需求也在不断增长。国内外对此项研究给予了高度重视, 并取得了很好的成绩^[3,6]。从应用的角度出发, 人们期望激光器不仅具有大的功率输出, 同时还可在高温下工作, 并具有良好的稳定性和输出特征。从而可以提高器件的可靠性, 降低成本, 使得应用更加简单、方便。本文报道了利用 MBE 方法生长的渐变折射率波导分别限制 AlGaAs 单量子阱激光器在大功率连续输出情况下的高温工作特性。

2 材料生长及器件制作

激光器材料生长是在 Riber 32p MBE 系统上进行的。为了保证外延材料生长的质量, 我们首先对生长条件进行了优化。器件的结构采用渐变折射率波导分别限制单量子阱形式。选择(100)晶面 n⁺-GaAs 做为衬底。图 1 所示为器件结构的示意图。该结构中包括, 1μm 厚 n-GaAs 缓冲层, 其中包括一个 5 个周期的(GaAs/Al_{0.6}Ga_{0.4}As) (10nm/10nm) 超晶格缓冲

* 本项目得到了国家“863”计划的支持

朱东海 男, 1962 年生, 博士研究生, 现主要从事 MBE II-VI 材料生长及光电子器件研究工作
1996 年 11 月 11 日收到初稿, 1996 年 12 月 23 日收到修改稿

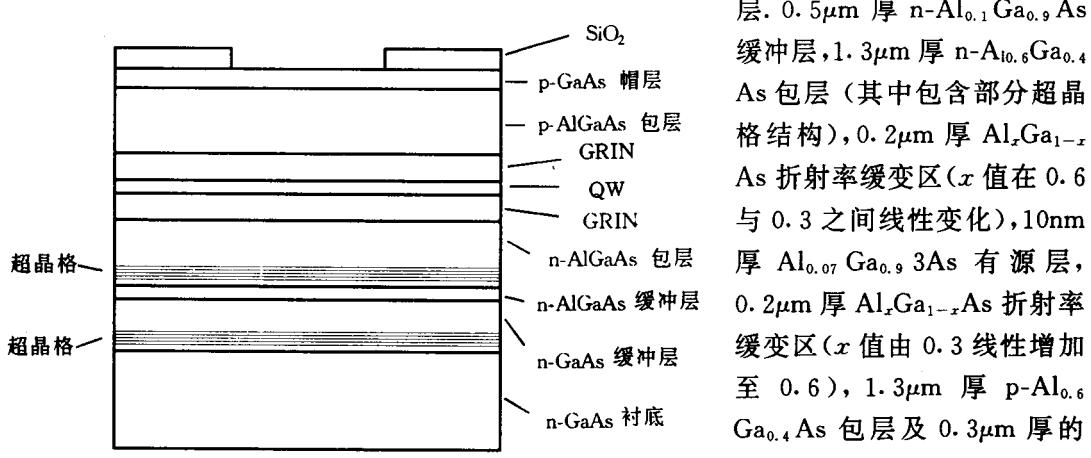


图 1 激光器结构示意图

触激光器。在激光器的腔面采用镀膜技术,一面镀 98% 的高反膜,一面镀 10% 的增透膜。在提高激光器性能的同时,对端面起保护作用。

3 激光器的工作特性

首先,在室温下测量了器件的光功率输出。如图 2 所示,器件的连续输出功率已达到 2W。在 1W 输出功率的情况下,其激射波长为 808nm。我们选择了一只激光器进行变温测试。测试工作是在美国 Opto-logic 半导体激光器测试系统上进行。待测试的器件被安放在具有自动温控性能的测试腔体内,当激光器的温度(热沉的指示温度)经长时间充分稳定之后,采用直流连续工作方式并通过计算机采集数据,对器件进行了光功率输出与电流关系特性的测量。测试的温度分别选择为 24℃、35℃、45℃、55℃、65℃、75℃、85℃、95℃。图 3 所示为在不同温度下,激光器的光功率输出曲线。随着温度的增加,注入的载流子的能量分布展宽,因而透明载流子浓度增加,增益减小,同时,为达到阈值而增加的载流子密度又增大了内损耗。增益和内损耗的变化以及载流子的泄漏等因素导致了激光器的阈值电流随温度的变化。在一定的温度范围内,激光器的阈值电流密度同温度的依赖关系由下式表达

$$I_{th} = I_0 \exp(T/T_0) \quad (1)$$

其中 I_{th} 为激光器在 T 温度下的阈值电流; I_0 为常数; T_0 为激光器的特征温度,它直接反映了器件的热特性,是激光器的重要参数之一。图 4 给出了激光器的阈值电流密度同温度的关系。由(1)式我们得到在 35~85℃ 的温度范围内,其特征温度高达 185K,在 85~95℃ 的范围内,其特征温度为 163K。这一特征温度值是文献上报道的同类激光器的最好水平之一^[3,4]。它反映了激光器具有良好的热特性。

激光器在阈值以上的输出功率由下式表达:

$$P_0 = \eta_i \left(\frac{\alpha_m}{\alpha_i + \alpha_m} \right) \frac{h\nu}{q} (I - I_{th}) \quad (I > I_{th}) \quad (2)$$

式中 P_0 为光功率输出; α_m 为激光器的端面损耗; α_i 为激光器的内损耗; η_i 为内量子效率,由于随着温度的提高,激光器的内损耗及载流子泄漏增加、内量子效率减小等原因,导致外微分量子效率降低。因此,在同等注入电流的情况下,输出功率开始下降。为提高激光器在高

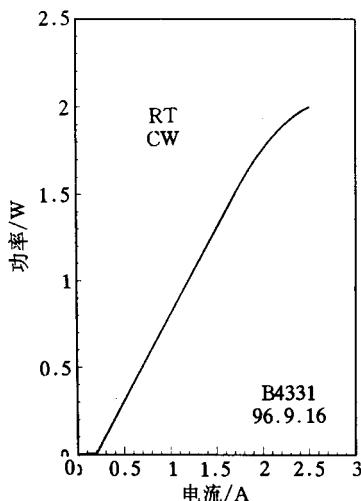


图 2 激光器的光功率电流曲线

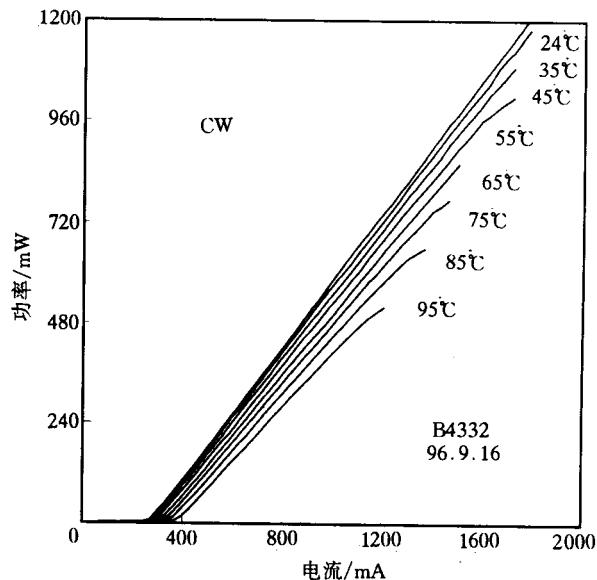


图 3 激光器的输出功率同电流及温度的关系曲线

温下的功率输出,减小器件的阈值电流密度是十分必要的.阈值电流的降低有助于减少激光器在较高注入电流工作条件下的热产生,减少载流子的泄漏,提高外量子效率,从而有利于增加器件的最大功率输出.我们制作的器件在室温下的典型阈值电流密度为 $300\text{A}/\text{cm}^2$,这是国内目前最好的水平之一^[5].从图 3 可以看出,器件在 95°C 的高温工作条件下,其连续输出功率仍可达到 500mW .图 4 显示了激光器功率输出的斜效率(光输出功率与工作电流-阈值电流之差的比值)随温度的变化关系.在 24°C 至 95°C 的范围内,斜效率大约减少了 23% .结合图 3 可以看出,激光器的输出功率随温度的变化相对来说不十分敏感.对于只要求激光器的输出功率在某一预定的最小值以上的实际应用来说,这种较弱的依赖关系是十分有利的.当温度变化时,可以不必重新调节激光器的驱动电流.

在额定输出功率的情况下,激光器的工作电流与温度关系可表示为

$$I = I_0 \exp(T/T_0) + I_{p0} \exp(T/T_p) \quad (3)$$

其中 I_0 为常数; T_p 为阈值以上工作电流增量的特征温度,以 500mW 的输出功率为例,其工作电流与温度的关系如图 4 所示.由(3)式得到 $T_p = 362\text{K}$, 约为 T_0 的二倍.由前面的讨论,额定功率下注入电流随温度的增加主要是由于外微分量子效率(η_d)的降低引起的,而 η_d

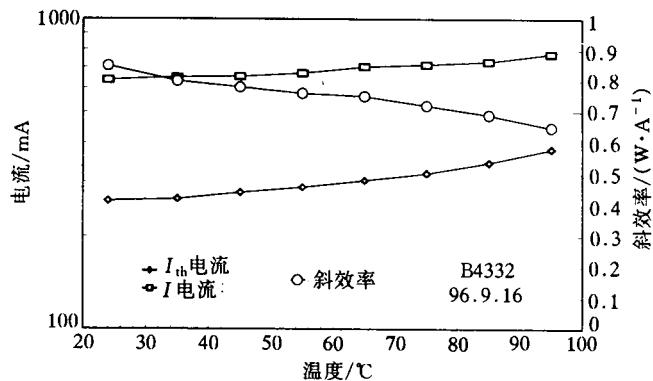


图 4 激光器阈值电流、额定功率下的工作电流及斜效率同温度的关系曲线

主要与 η_i 及 α_i 有关. 由于影响 T_η 的因素要比影响 T_0 的因素少, 因而 $T_\eta > T_0$.

4 结论

我们采用 MBE 方法制备了大功率 AlGaAs 量子阱激光器. 器件不仅具有较大的功率输出, 同时具有较高的特征温度. 其室温连续输出功率达到 2W, 在 95°C 的工作条件下, 其输出功率仍可达到 500mW 的水平. 器件的特征温度高达 185K(35~85°C) 及 163K(85~95°C). 这对于激光器的实际应用具有重要的价值.

参 考 文 献

- [1] B. Zhou, T. J. Kane, G. J. Dixon *et al.*, Opt. Lett., 1985, **10**: 62.
- [2] G. T. Maker and A. I. Ferguson, Electron. Lett., 1989, **25**: 1025.
- [3] V. P. Chaly, D. M. Demidov, G. A. Fokin *et al.*, J. Cryst. Growth., 1995, **150**: 1350.
- [4] Kimio Shigihara, Yutaka Nagai *et al.*, IEEE J. Quantum Electron., 1991, **27**(6): 1537.
- [5] 杨国文, 等, 半导体学报, 1994, **15**(9): 650.
- [6] 肖建伟, 杨国文, 徐俊英, 等, 高技术通信, 1994, **4**(1): 9.

High-Power, High-Temperature Operation of AlGaAs Single Quantum Well Lasers

Zhu Donghai, Wang Zhanguo, Liang Jiben, Xu Bo,
Zhu Zhanping, Zhang Jun and Gong Qian

(Laboratory of Semiconductor Materials Science, Institute of Semiconductors,
The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083)

Jin Caizheng, Cong Lifang, Hu Xiongwei and Han Qin

(National Research Center for Optoelectronic Technology, Beijing 100083)

Fang Zujie, Liu Bin and Tu Yuzhen

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Received 11 November 1996, revised manuscript received 23 December 1996

Abstract High power AlGaAs single quantum well (GRIN-SCH) lasers grown by MBE have been investigated at high temperature. We have demonstrated the GRIN-SCH lasers capable of CW operation up to 2W at room temperature and 500mW at 95°C. The laser has characteristic temperature (T_0) of 185K(35~85°C) and 163K(85~95°C). Compared with the operation at room temperature, the slope efficiency is decreased by 23% at 95°C.

PACC: 4280R, 4320J, 4255P, 6855