

# 非对称大光腔 GaAlAs/GaAs 激光器及其特性

康晓黎 宋南辛 朱丽津 李锡华

(浙江大学 杭州 310027)

张银女 陈高庭

中国科学院上海光学精密机械研究所 上海 201849

**摘要** 本文分析了非对称大光腔结构在提高激光器灾变性光学损伤阈值光功率方面的优点；报道了我们研究非对称大光腔 GaAlAs/GaAs 激光器的初步结果：未涂覆单面输出光功率(CW)大于 85mW；阈值电流范围为 60—80mA；微分量子效率每面 25%；器件为基横模工作。

**EEACC:** 4320,4320J

## 1 前言

大功率 GaAlAs/GaAs 激光器在光通信、激光印刷、光盘和固体激光器的泵浦流等方面有着广泛的应用前景。特别是作为 YAG 激光器的泵浦源，可以提高效率 10 倍，提高可靠性 100 倍，并大大缩小其体积。因此，研制大功率 GaAlAs/GaAs 激光器，日益受到重视。

限制 GaAlAs/GaAs 激光器功率提高的主要原因是镜面灾变性光学损伤 (COD) 和有源层发热，而以前者更为重要。一般认为镜面光功率密度达  $2-4\text{MW/cm}^2$  时，就会发生 COD<sup>[1][4]</sup>。为解决这个问题，采用了许多方法。归纳起来有两类：一类是扩大光斑尺寸，以降低激光器镜面光功率密度，其中包括减薄有源层和采用大光腔结构；另一类是采用非吸收窗口结构。考虑到后一类需要较复杂的工艺，我们研究了大光腔结构的 GaAlAs/GaAs 激光器，并取得初步结果。

## 2 非对称大光腔结构

大光腔 (LOC) 激光器是由 Kressel<sup>[2]</sup>等首先提出的，它是在激光器有源层的一侧增加一个波导层；其后 Casey<sup>[3]</sup>等又提出了在有源层两侧各加一个铝组份相同的波导层，并

把这样的结构称之为分别限制异质结 (SCH) 激光器。实际上,这两种都是大光腔结构,并都具有分别限制载流子和光场的作用,不同之处只在于前一种只是在有源层的一侧有波导层,而后者在有源层两侧有铝组份相同的波导层。因此,现在把前者称为非对称大光腔 (A-LOC) 激光器;把后者称为对称大光腔 (S-LOC) 激光器。

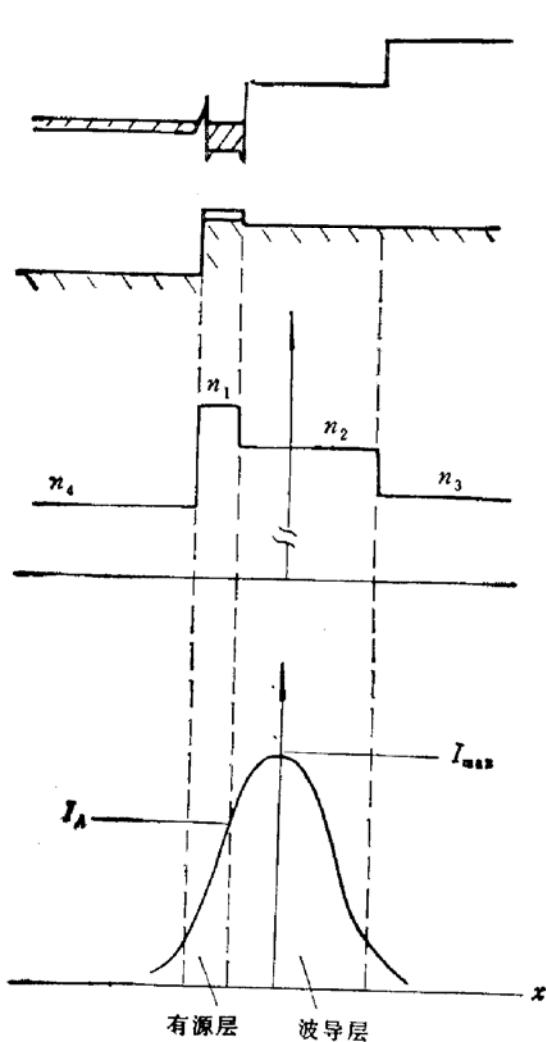


图 1 A-LOC 带隙、折射率及光强随  $x$  的变化

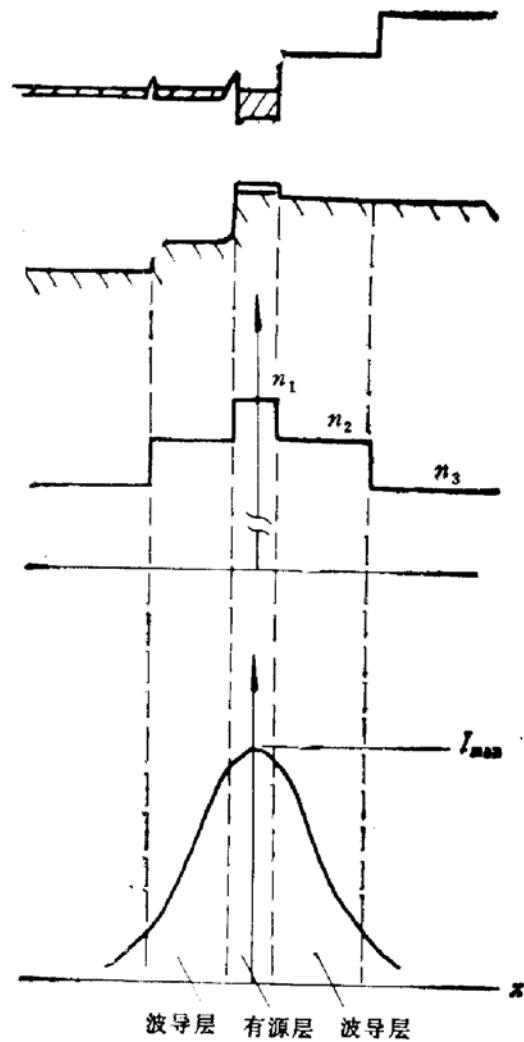


图 2 S-LOC 带隙、折射率及光强随  $x$  的变化

求解 Maxwell 方程<sup>[3,4]</sup>可以得到两种结构激光器在垂直于结平面方向的光强分布如图 1 和图 2 所示(结构图见图 3)。由图可见,A-LOC 光强的峰值偏离有源层,而 S-LOC 光强的峰值在有源层之内。两者比较,A-LOC 应比 S-LOC 可以允许有更大的灾变性光学损伤阈值光功率。因为,理论和实践都表明<sup>[5]</sup>, GaAlAs 激光器的灾变性光学损伤 (COD) 是由于在镜面局部区域内强烈的光吸收产生的发热而引起 GaAs 或 GaAlAs 被熔化,而有源层内非辐射复合的发热,将加重这一现象。对于 A-LOC 结构,由于光强峰值偏离有源层,大部分光将从波导层发射出去。而波导层中 Al 组份含量大于有源层,其禁带宽度也大于有源层,波导层将是非吸收区,原则上(不考虑镜面上的氧化和缺陷)在这个区域里的光不会被吸收,不致产生 COD 现象。因此,A-LOC 的 COD 主要取决于在有源层和波导层界面处的光强( $I_A$ ),而  $I_A$  比  $I_{\max}$  小得多。对 S-LOC

结构来说,情况正好相反,这里光强的最高点  $I_{\max}$ , 正好在有源层之内, 这里正是光吸收区, 其 COD 主要取决于  $I_{\max}$ . 同时有源层内非辐射复合所产生的温升, 更将加重 COD 现象.

Casey 曾指出<sup>[3]</sup>, A-LOC 的缺点是阈值电流密度比 S-LOC 大. 但由于我们研究的侧重点是提高激光器的输出光功率, 因此选用了 A-LOC 结构.

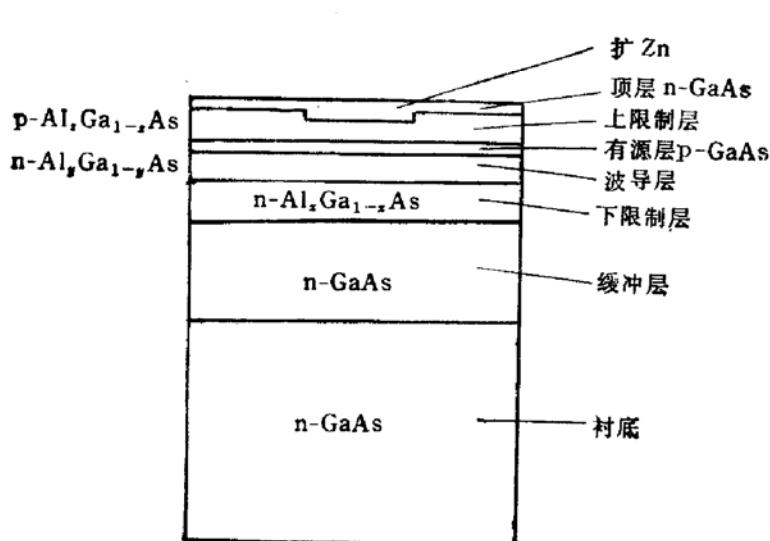


图 3 A-LOC GaAlAs/GaAs 激光器结构

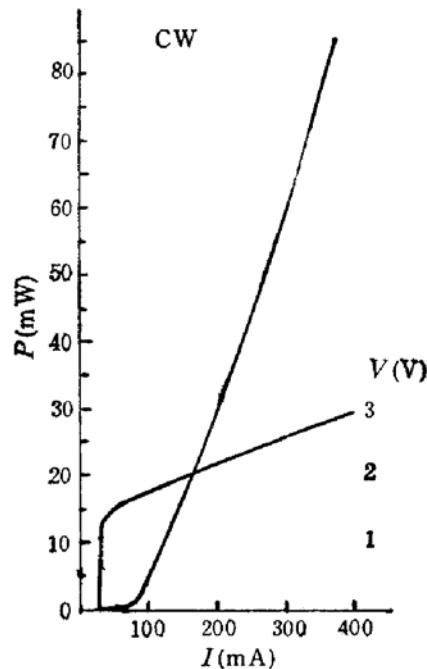


图 4 A-LOC 激光器输出光功率-电流特性

### 3 设计和工艺

合理地选择结构参数是研制 A-LOC 激光器的重要关键.

为了简化工艺, 我们采用了最简单的扩散条形结构来制作 A-LOC GaAlAs/GaAs 激光器, 其结构如图 3. Zn 扩散条宽为  $6 \mu\text{m}$ , 顶层 n-GaAs, 与上限制层 p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 形成反向 p-n 结, 将限制注入电流的横向(即平行于结平面的)流动. 其中关键是光波导层的 Al 组份和厚度的选择. 为了在有源层-波导层之间有足够的势垒, 波导层的 Al 组份, 一般要求比有源层大 0.2, 而过大, 又会使激光器的限制系数增加, 使在界面处的光强( $I_A$ )增大, 不利于 COD 阈值光功率的提高. 因此, 我们选择  $y = 0.2$ . 波导层厚度大, 有利于降低界面处光强  $I_A$ , 但过大则会产生高次横模, 实验要求它小于  $0.8 \mu\text{m}$ <sup>[4]</sup>. 我们选择  $0.4 \mu\text{m}$ , 以保证得到基横模工作. 有源层仍为  $0.2 \mu\text{m}$  厚, 不掺 Al. n 型杂质采用 Sn, p 型杂质为 Ge, 杂质浓度为  $10^{17} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .

上述非对称大光腔 GaAlAs 结构是用一次 LPE 技术生长的, 起始温度为  $800^\circ\text{C}$ , 降温速率为  $0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ . 将制成的外延片, 经过氧化、扩 Zn、制作电极、封装, 最后制得 A-LOC GaAlAs/GaAs 激光器.

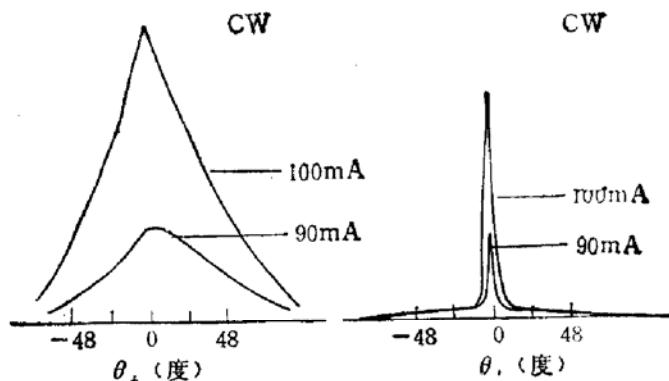


图 5 A-LOC 激光器远场图形

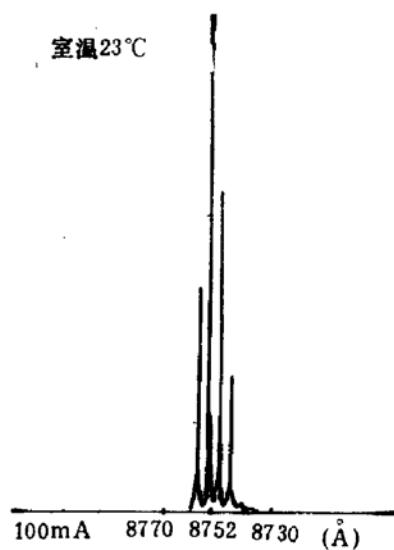


图 6 A-LOC 激光器的光谱特性

## 4 器件特性

已测得 A-LOC GaAlAs/GaAs 激光器的输出光功率 (CW)-电流特性、远场图形、光谱特性如图(4—6)。由图可见,激光器单面(未涂层)连续输出光功率大于 85mW,阈值电流 80mA,单面微分量子效率为 25%,器件为基横模、多纵模工作,发散角:  $\theta_1$  为  $10^\circ$ ,  $\theta_\perp$  为  $60^\circ$ 。峰值波长为 8700—8750 Å。

## 5 讨论

(1) 我们研制的 A-LOC GaAlAs/GaAs 激光器未涂层单面直流输出光功率达 85mW 以上, 仍未见 L-I 特性饱和或 COD 现象。由此可见, A-LOC 结构在提高 COD 阈值功率方面是有效的。

(2) 将 A-LOC 结构芯片解理后, 测得有源层的实际厚度为  $0.19\mu\text{m}$ , 波导层厚度为  $0.36\mu\text{m}$ 。如果进一步降低有源层厚度, 和适当增加波导层厚度, 将可进一步降低有源层-波导层界面的光强, 从而有可能进一步提高 COD 阈值光功率。

(3) 由于我们采用了简单氧化物掩蔽的扩散条形结构, 在平行于 p-n 结方向上是增益导引。对电流和光场的限制不理想, 因此, 激光器是多纵模的, 且 L-I 特性有扭折现象。另外, 远场发散角  $\theta_1$  也偏大。这些问题, 有待进一步研究改进。

**致谢** 本激光器的扩 Zn、电极制作及点焊封装等工序是请中国科学院上海光机所协助完成, 谨致衷心感谢。

## 参 考 文 献

- [1] L. Figueroa *et al.*, S. P. I. E., 1986, 723: 2.
- [2] H. Kressel, H. F. Lock wood and F. Z. Hawrylo, J. Appl. Phys., 1972, 43 (2): 561.
- [3] H. C. Casey *et al.*, J. Appl. Phys., 1974, 45, (1): 322.
- [4] K. Shinozaki *et al.*, J. Appl. Phys., 1989, 65 (8): 2907.

[5] Włodzimierz Nakwaski, J. Appl. Phys., 1985, 57 (7): 2424.

## A-LOC GaAlAs/GaAs Laser and Its Characteristics

Kang Xiaoli, Song Nanxin, Zhu Lijin, Li Xihua

(Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Zhang Yinnü and Chen Gaotong

(Shanghai Institute of Optical and Accurate Mechanics, The Chinese Academy of Sciences Shanghai 201849)

**Abstract** The advantages of asymmetric LOC structure to raise the COD threshold output optical power of laser have been analysed. The research results of A-LOC GaAlAs/GaAs laser show that the output optical power(cw) without coating is 85mW per facet; the threshold current ranges from 60 to 80mA; the differential quantum efficiency is 25% per facet and the device operated in fundamental transverse mode.

**EEACC:** 4320, 4320J