

# 分别限制异质结激光器的特性研究

王向武 张兴德 任大翠 杨海泉

(长春光学精密机械学院)

**摘要:** 通过理论及实验研究了结构参数对分别限制异质结激光器的输出功率、阈值及束发散的影响, 得到了最佳的设计参数。

An investigation for the characteristics of SCH laser

Wang Xiangwu, Zhang Xingde, Ren Dacui, Yang Haiquan

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics)

**Abstract:** Influence of structure parameters on power, threshold and beam width of SCH laser are theoretically and experimentally studied optimum design parameters have been obtained.

## 一、引言

随着高功率半导体激光器在射击模拟、制导、引信等各领域愈来愈广泛的应用, 对于器件工作性能(如功率、阈值、束发散)的要求也愈来愈高。因此, 得到高功率、低阈值、小的束发散及长寿命的器件, 成为人们普遍关注的问题。我们从理论上及通过大量的实验研究了分别限制(SCH)激光器的结构参数对器件性能的影响, 得到了最佳设计的结构参数。

## 二、器件结构

SCH AlGaAs/GaAs 激光器的6层结构及相应的禁带宽度、折射率变化如图1所示。

注入载流子大部分被限制在有源区内, 而光波导由有源层及两个AlGaAs无源层共同形成。这样, 由于增加了光学谐振腔, 使总功率分散在较大的面积上, 减轻了大脉冲功率引起的端面损伤, 因而可以得到较大的输出光功率, 同时具有较小的垂直于结平面方向的束发散, 而阈值电流密度又较低。

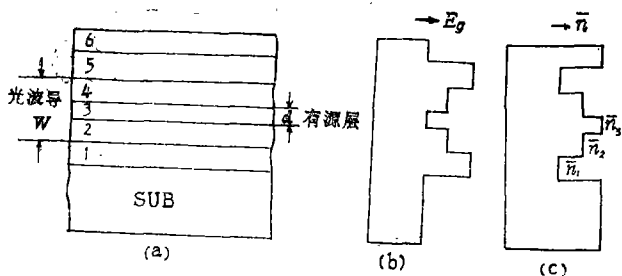


图1 SCH激光器的6层结构(a) 禁带宽度(b) 折射率变化(c)

- 1—N-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 2—N-Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As  
 3—P-GaAs 4—P-Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As  
 5—P-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 6—P<sup>+</sup>-GaAs

式中,  $\alpha_i$  为激光器中各种光损耗之和;  $L$  为腔长;  $R$  为端面反射率;  $\Gamma$  为有源层限制因子; 增益  $g$  与载流子浓度  $n$  有线性关系<sup>[2]</sup>:

$$g = an - b \quad (3)$$

$a$ 、 $b$  为常数。

由 (1)、(2)、(3) 式容易得到激光器的阈值电流密度:

$$J_{th} = \left( \frac{\alpha_i + \frac{1}{L} \ln \frac{1}{R}}{\Gamma} + b \right) \cdot e \cdot d / (a) \quad (4)$$

图2表示SCH激光器阈值电流密度与结构参数的理论曲线与实验点。所有计算中均取有源区折射率  $\bar{n}_3 = 3.60$ , 限制层折射率  $\bar{n}_1 = 3.385$ ,  $\Delta\bar{n}_{23} = \bar{n}_3 - \bar{n}_2$  为有源区与波导层的折射率差,  $W$  为波导厚度。

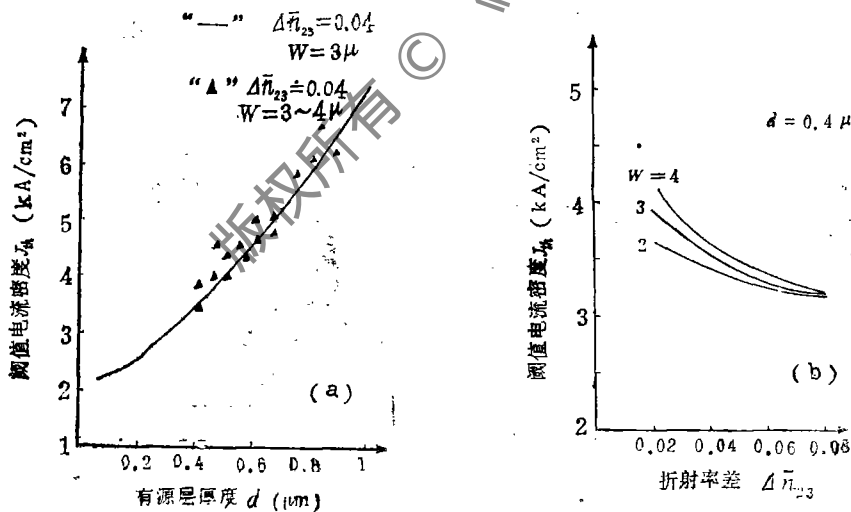


图2  $J_{th}$  与 (a)  $d$ 、(b)  $W$ 、 $\Delta\bar{n}_{23}$  的关系

### 三、阈值特性

在宽接触激光器中, 有源区注入的载流子浓度沿结平面可看作均匀分布, 注入电流密度  $J$  与有源区载流子浓度  $n$  有下面关系<sup>[1]</sup>:

$$J = \frac{ned}{\tau} \quad (1)$$

式中,  $e$  为电子电量;  $d$  为有源区厚度;  $\tau$  为注入载流子的平均自发辐射寿命。

宽接触激光器的阈值条件为:

$$\Gamma g = \alpha_i + \frac{1}{L} \ln \frac{1}{R} \quad (2)$$

### 四、功率特性

在阈值以上, 宽接触激光器载流子扩散方程可写为<sup>[8]</sup>:

$$-\frac{n_{th}}{\tau} = -\frac{J}{ed} + \frac{P_{av} \Gamma g}{ehv d L} \quad (5)$$

式中,  $h\nu$ 为光子能量(单位eV);  $P_{av}$ 为平均内腔功率;  $n_{th}$ 为阈值时有源区的载流子浓度; 其它参数的含义同前。由文献〔3〕可从 $P_{av}$ 求出激光器的单面输出功率。图3表示单面输出功率随激光器结构参数变化的计算曲线与实验点。

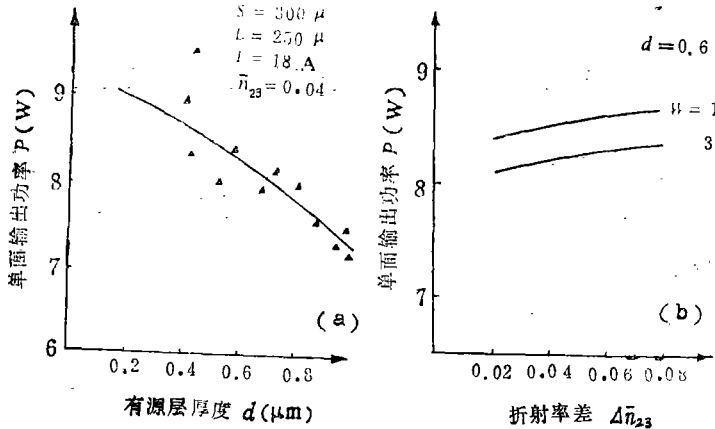


图3 单面输出峰值功率 $P$ 与(a) $d$ 、(b) $W$ 、 $\Delta n_{23}$ 的关系

平面方向的半功率束宽。图4为所计算的结果与实验点。

## 五、束发散

在垂直于结平面方向, 远场光强分布为〔4〕:

$$I(\theta) \propto \cos^2 \theta \left| \int_{-\infty}^{\infty} E_y(x, 0) \cdot e^{ik_0 x \sin \theta} dx \right|^2 \quad (6)$$

式中,  $E_y(x, 0)$ 为垂直于结平面方向的近场分布;  $k_0 = 2\pi/\lambda$ ;  $\lambda$ 为波长。由(6)式, 可计算出对于一定结构参数的激光器, 其垂直于结

## 六、讨论

1. 当SCH激光器波导宽度 $W$ 一定时, 阈值电流密度 $J_{th}$ 随有源区厚度 $d$ 变化, 在 $d$ 较大时成线性关系, 当 $d < 0.15 \mu\text{m}$ 时,  $J_{th}$ 随 $d$ 变化趋于平坦。和DH激光器一样, 这是由于当有源区厚度减小时, 一方面增益增强, 另一方面限制因子减小, 当限制因子减小抵消了增益增加时,  $J_{th}$ 的变化趋于平坦; 当 $d$ 再变小时,  $J_{th}$ 上升。

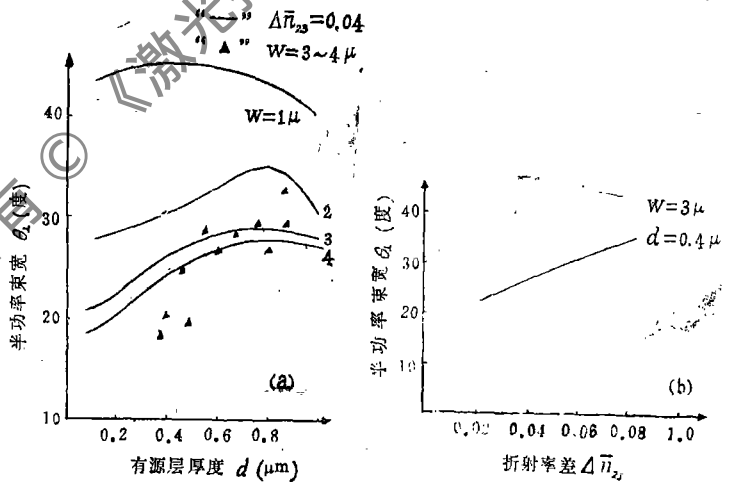


图4 半功率束宽 $\theta_{\perp}$ 与(a) $d$ 、(b) $W$ 、 $\Delta n_{23}$ 的关系

2. 从图2(a)看出,  $J_{th}$ 的实验数据比计算值偏大, 这是由于在计算中, 我们未考虑载流子泄露对阈值的影响, 而在SCH激光器中, 由于有源区和P型波导层之间的折射率变小, 所以, 载流子泄露增加, 使得阈值电流稍有增加。

3. 当折射率差 $\Delta n_{23}$ 较大时,  $J_{th}$ 随波导宽度 $W$ 的变化较小。这是由于对于较大的 $\Delta n_{23}$ , 从有源层泄露到波导层内的光波较少。很显然, 在 $W$ 一定时, 随 $\Delta n_{23}$ 的增加,  $J_{th}$ 减小。

4. 从图4可见, 半功率束宽 $\theta_{\perp}$ 主要受波导宽度 $W$ 及 $\Delta n_{23}$ 影响, 当 $W$ 增大及 $\Delta n_{23}$ 减小

时,  $\theta_{\perp}$  减小, 特别是当  $W$  较小时, 变化较为明显。当  $W$  及  $\Delta n_{2,3}$  不变时, 对于较小的有源层厚度  $d$ , 由于较多的光泄露, 所以  $\theta_{\perp}$  也较小, 随  $d$  增加,  $\theta_{\perp}$  也增大。

5. 由计算和实验都发现, 当有源层较小时, 如  $d < 0.3 \mu\text{m}$ , 输出功率较大, 且阈值及半功率束宽较小, 但对于此类器件, 工作寿命较短。这是由于虽然 SCH 激光器的光腔较大, 但光强在腔面的分布是不均匀的, 当  $d$  较小时, 在腔面有源层部位的光流密度太大, 引起端面退化。特别是当激光器端面存在损伤时, 会引起激光器迅速退化, 因而就降低了器件的可靠性和寿命。

6. 减小  $\Delta n_{2,3}$ , 可降低束发散, 但由于  $\Delta n_{2,3}$  较小时, 载流子泄露严重, 不但会增加阈值, 而且使得器件的温度特性变差。

综合以上讨论, 从得到大功率输出、小的发散角、低阈值及稳定工作的角度, 我们得到最佳的设计参数: 有源区厚度  $d = 0.5 \sim 0.8 \mu\text{m}$ , 波导厚度  $W = 3 \sim 4 \mu\text{m}$ , 折射率差  $\Delta n_{2,3} = 0.04 \sim 0.08$ 。按以上条件, 我们可重复地得到  $P = 8 \sim 10 \text{W}$ ,  $J_{th} = 4500 \sim 6000 \text{A/cm}^2$ ,  $\theta_{\perp} = 22 \sim 28^{\circ}$  的器件。

### 参 考 文 献

- [1] IEEE J.Q.E., 1975, Vol.11, P.421.
- [2] J.A.P., 1972, Vol.43, No.3, P.1031.
- [3] IEEE J.Q.E., 1981, Vol.QE-17, P.736.
- [4] 凯西·帕尼什著, 杜宝勋译, 《异质结构激光器》上册 (基本原理), 第72页。

\* \* \*

作者简介: 王向武, 请参阅本刊1988, Vol.12, No.2, P.29.

张兴德, 男, 1939年出生。副教授。现从事半导体光电器件的研究和制作。

任大翠, 女, 1941年出生。副教授。现从事半导体光电器件的研究和制作。

杨海泉, 男, 1959年出生。讲师。现从事半导体光电器件的研究和制作。

收稿日期: 1988年11月29日。

· 简 讯 ·

## 住友水泥公司在利默里克制造光电器件

日本住友水泥公司的一家子公司将在爱尔兰利默里克开始生产光耦合器。公司总裁上松幸行将领导称为住友光电有限公司的这家子公司。

据住友水泥公司国际业务部的一村政说, 这项开发是该公司从以生产水泥作基础转向多种经营的三年开发计划的一部分, 爱尔兰政府正与该公司一起在利默里克联合投资。

住友水泥公司已提供了发展光电器件的资金, 并且资助在爱尔兰 Nihе 大学建立光波研究中心, Conleth D. 教授将领导该中心。

该公司将于1989年4月在美国激光与电光会议上首次展出它的光电产品和它在爱尔兰与在日本的分公司的其它光电产品。

译自 L.F.W., 1989, No.1, P.13.

王 旗 译      刘建卿 校