

分段压缩平面共腔条形激光器的进展

杜国同 杨德林
(吉林大学) (重庆光电技术研究所)

高鼎三
(吉林大学)
1984年10月16日收到

本文报道了分段压缩平面共腔条形激光器最近的进展。目前已制出腔长为 $135\mu\text{m}$ 直流阈值 30mA (27°C)的器件。并提出全腔等价方法分析模式特性改善的初步假设。

不久前在本刊报道了我们设计的一种新型的折射率导引和增益导引共腔结构激光器——分段压缩平面共腔条形激光器 (SCP) 的制造与特性^[1]。这种激光器有良好线性的光功率-电流曲线, 和单纯脊背波导压缩形激光器 (CDH) 相比可以保持较大功率范围的基横模和单纵模工作。由于条件的限制, 那时器件的阈值还偏高。

为降低阈值、提高器件的可靠性, 使这种激光器向实用化迈进, 我们又进行了大量的实验工作, 采用了改进的挤压舟进行外延, 提高了外延片的质量。同时对外延的降温速率、各层的厚度进行了适当的调整, 并且采用较短的腔长结构。目前我们已经制得了批量阈值 $30\text{—}40\text{mA}$ 室温连续工作的 SCP 激光器, 器件的总腔长为 $90\text{—}150\mu\text{m}$ 、CDH 段占 $\frac{1}{3}\text{—}\frac{2}{3}$ 。图1给出其中几只激光器的光功率曲线。阈值最低的两只为 $852^\#$, 总腔长 $L=90\mu\text{m}$, CDH 段腔长 $L_c=40\mu\text{m}$, 管芯脉冲阈值为 25mA , 直流阈值为 29mA (22°C), $821^\#$ $L=135\mu\text{m}$ 、 $L_c=65\mu\text{m}$, 27°C 直流阈值 30mA 。为了对比说明 SCP 激光器侧向模式的稳定性, 把同一外延片制得的氧化物条形激光器光功率曲线也画在图1中。可以看出同样条宽的氧化物条形激光器在 $2\text{—}3\text{mW}$ 左右即出现扭折。为了观察 SCP 激光器能保持多大功率范围光功率曲线的良好线性, 我们把几只激光器输出功率加到 18mW 以上, 仍呈良好线性, 如图2所示。

以前我们对 SCP 激光器的近场图样进行了观测。这次我们对 SCP 激光器的远场图样进行了测试。测试表明两个腔面输出光束均呈良好单峰, 发散角在 $8\text{—}13^\circ$ 范围内, 基模振荡可保持在 $2\text{—}2.5$ 倍阈值、 15mW 左右功率范围内, 如图3所示。

我们还对部分器件进行了老化筛选, 条件是室温 (25°C 左右) 恒定 2mW 输出 150 小时, 变化率 $<5\%$ 。筛选结果表明 SCP 激光器可以有较高的可靠性, 其成品率可大体和所制造的质子轰击条形激光器相当。图4中我们给出了 SCP $646^\#$ 激光器 25°C 恒定 2mW 输出连续工作电流变化曲线。可以看出该器件连续工作超过 96 小时以后, 2mW 输出所需的工作电流不再增加。根据以往对质子轰击激光器老化筛选经验, 这样稳定的器件寿

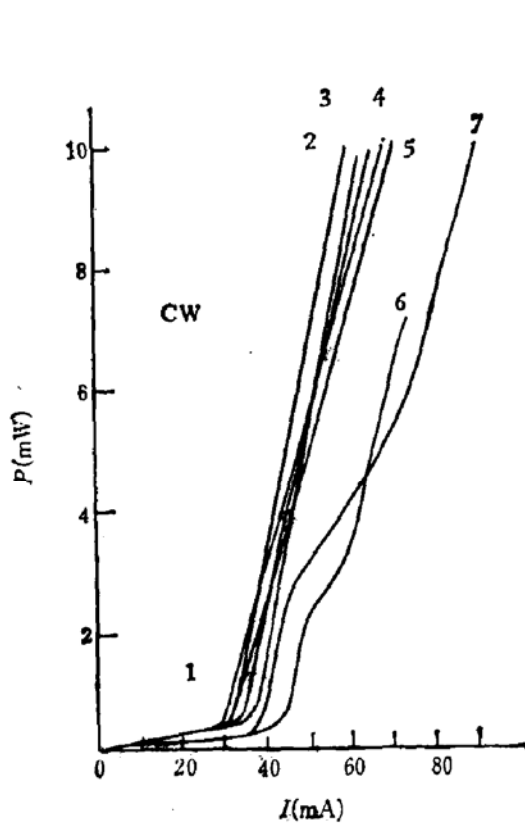


图1 同一外延片 SCP 和 OS 激光器光功率-电流曲线
① SCP852* ② SCP821* ③④⑤ SCP 激光器,
⑥⑦ OS 激光器

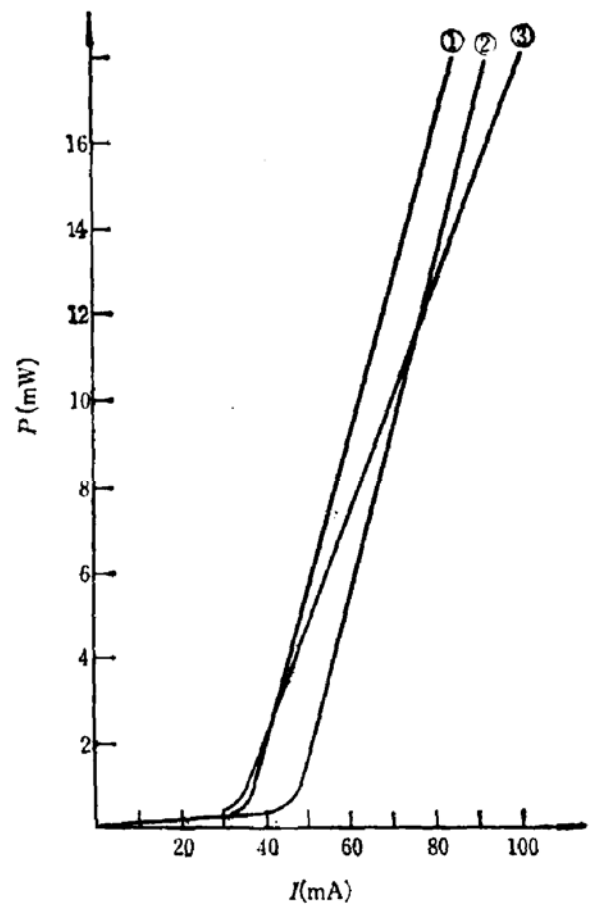


图2 SCP 激光器光功率曲线
①SCP 037* ② 040* ③ 039*

命一般可超过 5000 小时。

如何从理论上解释 SCP 结构激光器侧向模式的稳定性和选择性的改善, 是一个重要课题。由于 SCP 激光器结构是三维变化的, 而目前激光器模式理论都是二维模型, 这就必须把二维模型推广到三维情况, 或把三维情况简化用二维模型处理。现在我们设 $\bar{n}_{C,eq}(y)$ 为 CDH 段等效折射率, $\bar{n}_{O,eq}(y)$ 为 OS 段等效折射率。对于某一完全确定的特定的传播模式光波, 在 CDH 段的相速度 $v_C = \frac{c}{\bar{n}_{C,eq}}$, OS 段的相速度 $v_O = \frac{c}{\bar{n}_{O,eq}}$ 。那么某一等相面通过两段所需要的时间分别为 $\tau_C = \frac{L_C}{v_C} = \frac{L_C}{c} \bar{n}_{C,eq}$, $\tau_O = \frac{L_O}{v_O} = \frac{L_O}{c} \bar{n}_{O,eq}$ 。如果

完全忽略 CDH 段和 OS 段之间交接处的反射、折射等相位的变化, 该等相面通过全部谐振腔所需的时间

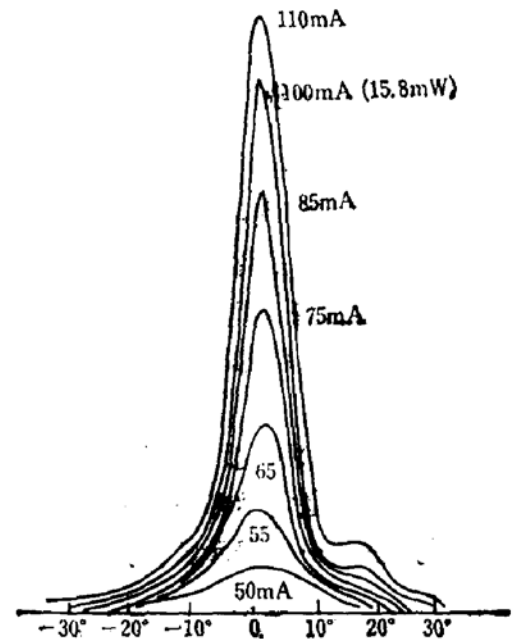


图3 SCP 激光器远场光强分布
30°C 占空比 1:14 脉冲测试

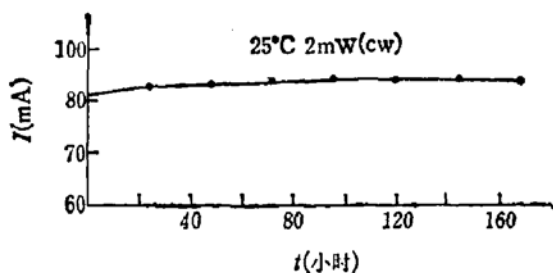


图4 SCP 646# 激光器老化工作电流随时间变化曲线

$$\tau = \tau_0 + \tau_c = \frac{L_c}{c} \bar{n}_{c,eq} + \frac{L_o}{c} \bar{n}_{o,eq}$$

现在我们定义一个物理量 $\bar{n}_{a,eq} = \frac{L_c}{L} \bar{n}_{c,eq} + \frac{L_o}{L} \bar{n}_{o,eq}$ 叫全腔等价等效折射率。则有

$$\tau = \frac{L_c}{c} \bar{n}_{c,eq} + \frac{L_o}{c} \bar{n}_{o,eq} = \frac{L}{c} \bar{n}_{a,eq}$$

可见 $\bar{n}_{a,eq}$ 可以等价地表征 SCP 激光器波导的一些性质。再定义一个物理量,叫全腔平均增益: $g(y) = \frac{L_c}{L} g_c(y) + \frac{L_o}{L} g_o(y)$ 。同时提出以下两个假设:一、分段折射率增益导引共腔激光器侧向模式的选择性和波导的强弱由 $\bar{n}_{a,eq}(y)$ 的变化规律所决定。二、侧向模式的稳定条件 $\frac{\Delta \bar{n}}{\bar{n}} + \frac{\Delta g}{g} > 0$ 中的 $\bar{n}$ 和 g 分别应用全腔等价值和平均值代替,即 $\frac{\Delta \bar{n}_{a,eq}}{\bar{n}_{a,eq}} + \frac{\Delta g}{g} > 0$ 。这样就可以定性地说明 SCP 激光器中 OS 段的存在,使得 $\bar{n}_{a,eq}(y)$ 和 CDH 段的 $\bar{n}_{c,eq}(y)$ 相比随 y 的变化减缓了,从而改善了侧向模式的选择性。同样由于 CDH 段的存在使得 SCP 激光器工作过程中始终有一个正的 $\frac{\Delta \bar{n}_{a,eq}}{\bar{n}_{a,eq}}$ 存在,就可以克服 OS 段在较低的功率水平导引机制改变产生扭折的问题。当然如果 CDH 段比例过小,不足以克服 OS 段导引机制的改变,激光器也将在低功率水平产生扭折,出现扭折的功率水平和 CDH 段所占比例有关。这样把复杂的三维情况简化用二维模型就可以处理了。总之通过调整 CDH 段和 OS 段腔长的比例可以很方便的调整 SCP 激光器自建波导的强弱和扭折出现的功率水平,这在工艺上是容易实现的。

重庆光电技术研究所的杨连生、胡恩志等同志参加了实验工作,张仁君总工程师给与了大力支持。北京大学郭长志老师对本工作给予了极大的鼓励并在理论分析上进行了具体的指导。在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 杜国同,肖建伟,高鼎三,半导体学报, 6, 275(1985).

Development of Sectional Constricted Planar Co-Cavity DH Lasers

Du Guotong

(Jilin University)

Yang Delin

(Chongqing Institute of Optoelectronic Technology)

Gao Dingsan

(Jilin University)

Abstract

The recent development of the sectional constricted planar Co-cavity DH lasers is reported. Presently a device of a total length $L=135\mu\text{m}$ with typical threshold current $I_{th}=30\text{mA}$ (cw, 27°C) has been fabricated, and preliminary hypothesis of equivalent parameters all over the cavity by which the authors can analyse the improvement in the mode characteristics is suggested.