

平凸波导压缩大光腔半导体激光器

杨海泉 任大翠 陈铁民

(长春光学精密机械学院)

Plano-convex-waveguide constricted-double-heterojunction large-optical-cavity semiconductor lasers

Yang Haiquan, Ren Dachui, Chen Tiemin

(Changchun College of Optics and Fine Mechanics, Changchun)

摘要: 本文报道平凸波导压缩大光腔半导体激光器, 对其外延生长、结构及波导特性作了讨论和分析。

关键词: 平凸波导, 半导体激光, 有源层

一、引言

随着光纤通信、信息处理及光盘的应用和发展, 要求半导体激光器具有稳定单模、高输出功率、低阈值电流等特性。近几年来, 这方面的工作已有一些报道, 其中压缩大光腔(CDH-LOC)结构^[1,2]较好。文献[1]中报道的 CDH-LOC 激光器单模输出功率高, 但阈值电流也高, 并且温度特性不好, 这与其侧向为泄漏波导有关。文献[2]中报道的实折射率 CDH-LOC 激光器的阈值电流和温度特性都优于前者, 但单模输出功率不如前者高, 这可能与凸透镜形的有源层造成的载流子分布有关。本文提出一种改进的结构: 在衬底两沟槽间的台面上方, 生长凸形的波导层和平直的有源层, 称之为平凸波导压缩大光腔激光器。该器件具有如下特点: 1) 与 CDH-LOC 结构一样, 具有电流集中作用; 2) 有源层是平直的, 因此载流子浓度分布的峰值处在中心; 3) 具有较强的模式选择能力。因此该器件可能成为具有单模高功率、低阈值、好的温度特性的器件。

二、外延生长及其特性

平凸波导压缩大光腔的工艺过程与文献[3]基本相同。我们采用液相外延方法、挤压式石墨舟, 在高掺杂的 n 型 GaAs 衬底上生长六层结构, 如图 1

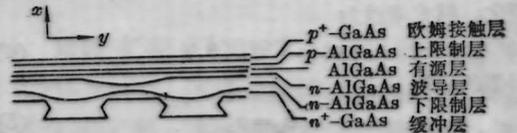


图 1

所示。

要得到特定的波导结构, 就要严格控制各外延层生长的形状, 它们与外延温度、降温速率、饱和度有关, 并且每一层的生长形状还与前一层的形状有关。由于有源层、波导层和限制层的厚度要求较严格, 故增加一缓冲层, 以此来调节所生长的波导结构, 同时还可以降低衬底对有源层的影响。除此以外, 实验观察到衬底(100)面向[011]方向倾斜的角度 α 从 $>1^\circ$ 变化到 0° 时, 结构也变化, α 越大, 各层弯曲越显著, 反之越平缓。这是因为不同晶面外延生长的速度不同, 导致沟槽肩角部位的曲率变化速度不同, 从而影响到肩角部位的回熔速度, 使外延层的形状发生变化。在外延开始温度为 853°C 、降温速率为 $0.5^\circ\text{C}/\text{分}$ 、饱和度约为 7°C 的情况下, 通过多次实验得出: 当 $\alpha \approx 0.5^\circ$ 时, 得到平凸波导压缩大光腔结构; 当 $\alpha \sim 0^\circ$ 时, 各层都是平直的。以上结果重复性较好。改变外延条件, 要得到某种结构, α 角要相应改变。这里的讨论对于非平面结构的生长, 诸

如 CSP 结构、脊形波导等是有很大帮助的。

三、波导特性

文献[4]对平凸波导进行了理论分析和计算。本文就阈值时侧向(平行结的方向)的波导特性及模式选择机理做了初步分析。侧向的波导方程为^[4]:

$$\frac{d^2 G(y)}{dy^2} + [\beta_x^2(y) + ik_0 n_2 \alpha_L - k_0 n_2 \Gamma_2(y) g(y) (i+b) - \beta_z^2] G(y) = 0 \quad (1)$$

其中 $\beta_x(y)$ 、 β_z 分别是 x 方向(垂直结的方向)和 z 方向的传播常数; n_2 为有源层介质的折射率; α_L 为总的内部损耗; $\Gamma_2(y)$ 为限制因子; $g(y)$ 是增益系数; $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$ 为真空中的波数; λ_0 为真空中的波长; b 为反波导因子,

$$b = -2\Delta n_2(y) / (\Delta g(y) / k_0) \quad (2)$$

为常数。稍加推导,可得出在有注入情况下,等效折射率的实部为

$$n_{eff} = n_{eff0} - \frac{\Gamma_2(y)b}{2k_0} \Delta g(y) \quad (3)$$

其中 $n_{eff0} = \beta_x(y) / k_0$; $\Delta g(y)$ 为有注入时引起的增益变化。模式增益为

$$\alpha_g = -2I_m(\beta_z) \quad (4)$$

阈值条件为

$$\alpha_g = \alpha_c \quad (5)$$

其中

$$\alpha_c = \frac{1}{2L} \ln(1/(R_1 R_2)) \quad (6)$$

L 为腔长, R_1 、 R_2 分别为腔两端的反射率。

我们计算了无注入时的等效折射率 n_{eff0} 和限制因子 $\Gamma_2(y)$ 随侧向位置的变化,如图 2 所示, $\Gamma_2(y)$ 是凹形的, n_{eff0} 是凸形的。因此在无注入情况下,平凸波导结构为实折射率导引,这与文献[4]是一致的。由文献[5], b 取值在 4.6~6.2 的范围。因此,当电流从 0 逐渐增加到阈值时, n_{eff} 将由凸形变

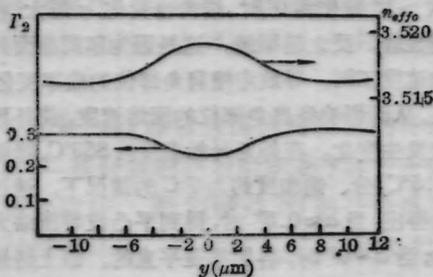


图 2

为 W 形,即侧向由实折射率波导变为 W 波导。 W 波导的辐射损耗与模数的关系为 $\alpha_R \propto (m+1)^{2(p)}$, m 为模的阶数, p 在 2~3 之间,而对泄漏波导, $p=2$,所以 W 波导其有良好的选模特性。另一个影响 W 波导选模特性的是 W 波导两个最低点之间的宽度。这个宽度越小,选模特性越好,但损耗也将增大。

四 实验结果

1. 器件结构

通过多次实验,初步研制出平凸波导压缩大光腔器件。结构示意图见图 1。

2. $P-I$ 特性

$P-I$ 特性曲线如图 3 所示,在室温脉冲工作条件下(5 kHz, 200 ns), I_{th} 的典型值为 180~200 mA,单模输出峰值功率为 2~3 W/面。

3. 近场分布

图 4(a)是侧向近场分布曲线,在 $1.53I_{th}$ 下的基模输出,侧向光斑尺寸为 $\sim 3 \mu m$ 。

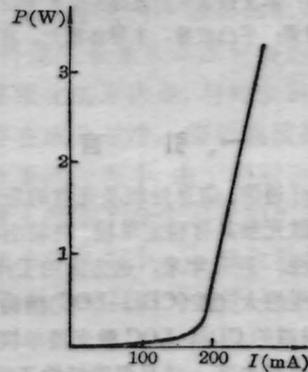


图 3

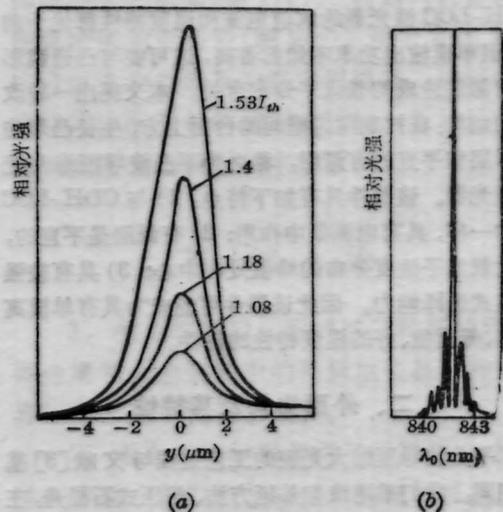


图 4

4. 光谱特性

图 4(b)是用 44 W 型单色仪测得的光谱分布, 峰值波长在 842 nm, 谱线半宽度 < 0.2 nm。

本文得到了本院张兴德副教授的指导, 吉林大学的金恩顺老师和任临福老师分别帮助进行了某些测试和工艺工作, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

1 D. Botez, *Appl. Phys. Lett.*, **36**(2), 190(1980)

2 D. Botez, J. C. Connolly, *Appl. Phys. Lett.*, **38**(5), 658(1981)

3 D. Botez, *Appl. Phys. Lett.*, **33**(11), 872(1978)

4 W. Streifer *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-17**(5), 736(1981)

5 C. H. Henry, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-18**(2), 259(1982)

6 J. K. Butler *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-20**(8), 879(1984)

(收稿日期: 1988年3月24日)

锁模脉冲列的耦合效应

高福源 陈淑琴

(中国科学院上海光机所)

Coupling effect of mode-locked pulse trains

Gao Fuyuan, Chen Shuqin

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

提要: 本文报道了在被动锁模激光振荡器中各脉冲列的耦合效应。给出了多种实验结果。分析了产生这种效应的机制, 给出了改善锁模激光振荡器性能的方法。

关键词: 铍玻璃, 被动锁模, 耦合效应

在铍玻璃被动锁模激光振荡器的激光输出中, 常会看到主脉冲近旁有几个伴随脉冲, 这会使激光脉冲大大加宽, 而且脉冲中有多峰结构, 这对超快时间定量测量是非常有害的。经研究发现, 这是由各脉冲列间的耦合效应造成的。任何种类的被动锁模激光振荡器中, 此效应都可能发生作用。研究此耦合效应, 可深入了解被动锁模激光振荡器的各种脉冲列形成过程, 并可有效地提高锁模激光器件的水平。

一、实验装置和实验结果

由平面全反射镜和凹面反射镜构成谐振腔。凹面曲率半径为 2.5 m, 反射率为 50%, 谐振腔腔长为 1.5 m。腔中激光激活介质是铍玻璃棒, 锁模染料盒和激光成布儒斯特角放置。锁模染料是五甲川-二氯乙烷溶液。染料盒的两通光侧壁是厚 2 mm K₉ 玻璃板, 中间染料溶液层厚 2 mm。

对锁模激光输出用双光子荧光法进行了测量。

激光输出有时只有一列脉冲, 有时有多列脉冲, 这些脉冲列很靠近, 而且各脉冲列之间的脉冲间隔是恒定的, 为 36 ps。在有些被动锁模激光振荡器的输出中, 这些脉冲靠得很近, 几乎是分不开的, 因此实际光脉冲就是这些脉冲的包络, 成了很宽的脉冲。

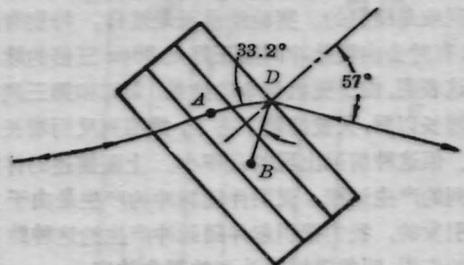


图 1

激光在染料盒中的传播情况如图 1 所示。当一个激光脉冲经过染料层的正中间平面上的一点 A 传播到染料盒外界面的点 D 时, 大部分光能量经 D 透射到空气中, 一小部分光能量(约 4%)反射回来传