

外色散腔半导体激光器选模和调谐性能的多模速率方程分析

徐承材 许知止 周炳琨
(清华大学无线电电子学系)

Analyses of the multimode rate equation of the mode selection and tuning performances for external dispersion cavity semiconductor lasers

Xu Chengcai, Xu Zhizi, Zhou Bingkun

(Department of Radio-Electronics, Qinhua University)

我们对 AlGaAs-GaAs DH 半导体激光器(未镀增透膜)的外色散腔纵模选择和调谐性能在实验上系统地进行了研究,并从理论上进行了分析。

对具有外腔反馈的半导体激光器,其稳态多模速率方程组可以写成如下形式^[1]:

$$\begin{cases} J(ed) - n/\tau_s - \sum_{\mu} a(g_{\mu}n - N_0)S_{\mu} = 0 \\ a(g_{\mu}n - N_0)S_{\mu} - S_{\mu}/\tau_p + \rho_{\mu}S_{\mu}/\tau_p + \beta_{\mu}n/\tau_s = 0 \quad (\mu=0, \pm 1, \pm 2, \dots) \end{cases} \quad (1)$$

式中, μ 为纵模标号数(定义中心模 $\mu=0$); a 为增益常数; g_{μ} 为光增益线型函数; N_0 为填满准费米能级所需的载流子密度; β_{μ} 为耦合到第 μ 阶纵模中的自发辐射的系数; S_{μ} 为第 μ 阶模中的光子密度; ρ_{μ} 为第 μ 阶纵模中的耦合系数(反馈率),即由于选择光反馈而耦合到第 μ 阶纵模中的受激发射光的系数; n 为载流子密度。其它 J 、 e 、 d 、 τ_s 、 τ_p 分别代表注入电流密度、电子电荷、有源区厚度、载流子寿命(复合时间)、光子寿命。

在激光器刚刚达到阈值时,可认为 $S_{\mu}=0$, 则由方程(1)可以得到:

$$J_{th} = edn/\tau_s \quad (3)$$

当激励电流高于阈值,受激辐射发生时,因为自发辐射远远小于受激辐射,则在方程(2)中可以略去自发辐射项 $\beta_{\mu}n/\tau_s$, 此时,稳态的注入载流子密度 n 近似保持常数而与模中的光子数 S_{μ} 无关:

$$n \approx [N_0 + (1 - \rho_{\mu})/a\tau_p]/g_{\mu} \quad (4)$$

由此可得到:

$$\begin{aligned} \Delta I_{th}/I_{th}(\rho_{\mu}=0) &= [I_{th}(\rho_{\mu}=0) - I_{th}(\rho_{\mu})]/I_{th}(\rho_{\mu}=0) \\ &= [J_{th}(\rho_{\mu}=0) - J_{th}(\rho_{\mu})]/J_{th}(\rho_{\mu}=0) \\ &= \rho_{\mu}/(N_0 a \tau_p + 1) \end{aligned} \quad (5)$$

要使第 μ 阶模振荡,必须满足下面条件:

$$I_{th}(\rho_\mu) \leq I_{th}(\rho_\mu = 0)$$

根据前面的结果可以得到选模数:

$$|\mu| \leq \left(\frac{\delta_{\lambda g}}{2\delta_{\lambda w}} \right) [4I_{th}/I_{th}(\rho_\mu = 0)]^{1/2} \quad (6)$$

为了定量地比较有无反馈时各模光强分布的变化,必须解稳态多模速率方程组(1)、(2),这是一组非线性方程,一般情况下是没有解析解的,只有采取数值解法。

根据中点求积-Newton 迭代公式,我们编写了计算程序,成功地求得了稳态的多模速率方程组的数值解。变换不同的 J 、 ρ_μ 、 τ_p 、 $\delta_{\lambda w}$ 等参数值,可以得到各参数对各模光强分布的影响。

稳态多模速率方程可以用来描述外色散腔半导体激光器中与强度有关的选模和调谐特性,分析结果与实验结果吻合尚好。欲获得较好的选模调谐性能,必须采用损耗小、色散大的元件组成外腔。现有条件下,以 $N.A. = 0.65(45\times)$ 透镜, 600 条/毫米(一级)闪耀光栅,光栅刻槽平行于激光器结平面与半导体激光器组成的外色散腔即可获得较好的稳定可调谐单纵模运转。

参 考 文 献

- [1] M. Ito et al.; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1980, **QE-16**, No. 1, 69-71.

双光子泵浦可调频 GaAs 微微秒激光器

凌君达 埃玲

(中国科学院上海光机所) (马里兰大学)

Two-photon pumped tunable picosecond GaAs lasers

Ling Junda

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

Aileen M. Waucher

(University of Maryland, U. S. A)

用钹玻璃染料锁模激光双光子同步泵浦 GaAs 晶体,与泵浦光垂直方向构成 GaAs 同步腔,其后反射镜在杜瓦瓶上为 0.86 微米宽带全反,输出片反射率为 75%,输出锁模脉冲串中单个脉宽为 10 微微秒,我们使用 $4\times 5\times 10$ 毫米的镓砷单晶作为样品,掺杂浓度为 3.6×10^{17} 硅原子/厘米³,通过激光的面镀增透膜。单晶紧贴冷指,并用镍铬丝控温。我们适当加一绝缘层,使温度梯度集中在这一层,用液氮冷却时,晶体上下底之间的温差为 10°C;用于冰则为 150°C。当晶体温度达到热平衡,即其变化小于 1°C 时,用示波器 8480、光栅单色仪 7240 及中性滤光片等进行量测。

改变单色仪的读数,从各不同的即显干片上脉冲串的强弱,可绘得其幅度随波长的变化曲