

# 外腔半导体激光器单频输出的长期稳定

张汉一 周建英 吴源相 李 坚 潘珍吾 周炳琨

(清华大学无线电电子学系)

## Long-term stabilization of single longitudinal mode for external cavity semiconductor lasers

Zhang Hanji, Zhou Jianying, Wu Yuanxiang, Li Jian, Pang Zhengyu, Zhou Bingkun

(Department of Radio Electronics, Qinghua University, Beijing)

**Abstract:** Long-term frequency stabilization of a single longitudinal mode (SLM) external cavity semiconductor laser has been demonstrated by using multisegment composite-cavity configuration and automatic frequency control loop with feedback to external cavity length. The time period of free mode-hopping SLM operation has been observed to be more than 24 hours with frequency shift of about 28MHz and linewidth of less than 200KHz.

### 一、引言

由于光纤通讯、光纤传感、检测、光谱分析、频标、光陀螺等领域的需要,单频半导体激光器的研究近年来受到广泛重视并得到迅速发展,由于采用了长外腔选模技术,已实现了线宽小于100 kHz的单频输出<sup>[1~3]</sup>。而频率长期稳定工作则刚刚开始<sup>[4]</sup>。通常认为,造成半导体激光器输出频率漂移及跳模的原因是管芯温度和注入电流的波动,因此稳频工作往往都从稳定电流和温度或鉴频控制温度和电流入手。对于窄线宽的长外腔半导体激光器,由于增加了机械结构造成的不稳因素,以及长腔纵模间隔非常靠近,很容易发生跳模,频率长期稳定更加困难。S. Tai 等人采用环形光纤谐振腔鉴频,反馈控制外腔相位并控制温度在 0.01°C 内,获得稳定单模输出 3 个小时<sup>[5]</sup>。M. R. Matthews 等人采用石英基座、封闭外腔结构并双重控温实现 8 小时不跳模、频漂小于 150 MHz 的稳定单模输出<sup>[6]</sup>。

我们认为,单频半导体激光器的频率漂移和跳模与激光器内在的模竞争有关。因此,宜从两方面入手寻求解决:一方面采用多重复合外腔结构加强

主模振荡优势,以抑制跳模倾向;另一方面采用合适的鉴频元件及伺服系统控制外腔长以纠正频率漂移。利用这种方法我们在外腔结构裸露的情况下工作仍得到了 24 小时不跳模的结果。

### 二、器件结构及原理

图 1 给出了频率稳定的外腔单频半导体激光器的结构原理图。

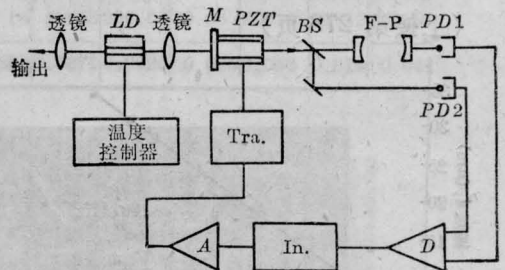


图 1 频率稳定的外腔单频半导体激光器的结构原理图

LD—半导体激光器管芯; M—反射镜; PZT—压电陶瓷; BS—分束器; PD<sub>1</sub>、PD<sub>2</sub>—光电探测器; D—除法器; In—积分器; A—放大器; Tra—升压变换器

其中半导体激光器管芯(LD)系质子轰击型双异质结 GaAlAs/GaAs 激光二极管, 单独运转时多纵模输出, 总线宽约 3~6 nm, 波长约 820 nm。阈值电流 60~80 mA。与外腔耦合端面做增透处理, 采用 Peltier 致冷元件将管芯温度控制在 0.1°C 之内。外反射镜(M)由 1 片或 2 片双面镀反射膜的平行玻璃板粘在压电陶瓷(PZT)上组成, 总有效反射率约为百分之几, 总腔长约为 8 cm。改变压电陶瓷电压可以精确调整腔长并使输出单纵模频率在 1 GHz 范围之内连续调谐。

鉴频元件选用石英平面 F-P 标准具, 自由谱区为 15 GHz, 精细度为 100。反馈环路增益约 20~30 dB。响应时间 10 ms。外腔反射镜及鉴频器、分束板等元件均裸露在空气中。

### 三、实验结果

器件的频率稳定性实验在普通环境下进行, 采用球面共焦扫描干涉仪(自由谱区 4 GHz、精细度 80)观测选模情况, 并用 X-Y 记录仪记录除法器输出, 以观测单模频率漂移。外腔调整好以后, 采用延

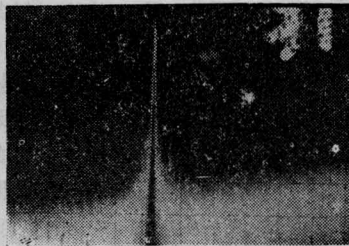


图 2 单模线宽(自差拍法), 注入电流  $I = 1.05I_{th}$  ( $I_{th}$  为阈值电流)。

横向坐标为 2 MHz/div; 纵向坐标为 5 dB/div

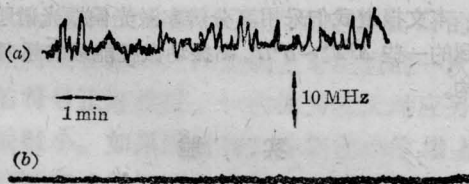


图 3 单频外腔半导体激光器的频率波动  
(a) 无反馈环控制; (b) 有反馈环控制

迟自外差法<sup>[7]</sup>测量单纵模输出线宽约 200 kHz(如图 2)。当不加鉴频反馈环路时, 器件自由运转一般可以维持半小时单模稳定输出, 但频率漂移严重(如图 3(a))。之后, 出现边模、发生模竞争及跳模现象。当鉴频反馈环路投入运行时, 连续观察 24 小时单模稳定, 频率漂移短期小于 1~2 MHz, 如图 3(b)所示。在 24 小时内, 由于室温在 14~17°C 之间波动, 以及外腔裸露、尾门开启气流造成的影响, 单模频率亦有波动, 但始终不出现边模及跳模现象, 相对于基准频率, 频率总漂移量在 28 MHz 之内, 单模输出强度变化小于 5%。

上述实验是初步的, 预计将外腔结构适当改进并封闭, 鉴频伺服系统进一步调整, 频率稳定度可以较大幅度地提高。

中国科学院半导体所提供了半导体激光器管芯, 电子所袁慧提供了高质量的镀膜技术, 桂林激光所杜筱诚等提供了延迟自差拍线宽测量, 陈抗美、王江林、陈家骅、霍玉晶、吴群、柴燕杰在工作中给予了很大帮助, 在此一并表示感谢。

### 参 考 文 献

- Wyatt R, Devlin W J. *Electr. Lett.*, 1983; **19**(3): 110
- Wyatt R. *Electr. Lett.*, 1985; **21**: 658
- Alinke R, Pollock K J. In Technical Digest, Tenth IEEE International Semiconductor Laser Conference, Oct. 1986: 118~119
- Hecht J. *Laser & Applications*, Feb. 1986: 52~62
- Chung Y C, Shay T M. In Technical Digest, Conference on Lasers and Electro-Optics CLEO'86, 154
- Tai S et al. *Appl. Phys. Lett.*, 1985; **47**(5): 439
- Matthews M R et al. *Electr. Lett.*, 1985; **21**(3): 113~115
- Kikuchi K, Okoshi. High Resolution Measurement of the Spectrum of Semiconductor Lasers, Optical Devices and Fibers, 1982: 51~59
- Zhang H Y et al. In Technical digest, Conf. on Lasers and Electro-Optics CLEO'86, 212

(收稿日期: 1986 年 12 月 15 日)