

高稳定单纵模的 $1.55\mu\text{m}$ DFB 激光器

董志江 杨新民 周 宁 马 磐 刘 坚 杨桂生

(武汉邮电科学研究院电信器件公司, 武汉, 430074)

1991年1月9日收到, 同年3月21日修改定稿

采用一级全息光栅和二步液相外延法研制出高稳定单纵模工作的 $1.55\mu\text{m}$ 分布反馈 (DFB) 激光器。 20°C 时连续工作阈值电流 I_{th} 为 40mA , 单纵模光功率为 7.5mW 。在 70°C 高温和 1GHz 正弦信号调制下保持边模抑制比 (SMSR) 大于 30dB 的单纵模工作, 最高 SMSR 大于 38dB 。线宽 $\Delta\nu$ 为 30MHz 。单纵模产率 Y_{SLM} 48% 。 70°C 环境下通电 100mA 连续 24 小时老化后, 阈值电流变化率 $\Delta I_{\text{th}}/I_{\text{th}}(20^\circ\text{C}) \leq 10\%$, SMSR 未劣化。该 DFB 激光器首次在国内实用化五次群光纤通信系统 (传输码 635Mb/s 、RZ) 上实现 70.7km 普通光纤无中继传输。

PACC: 4255P, 4280F, 4281H

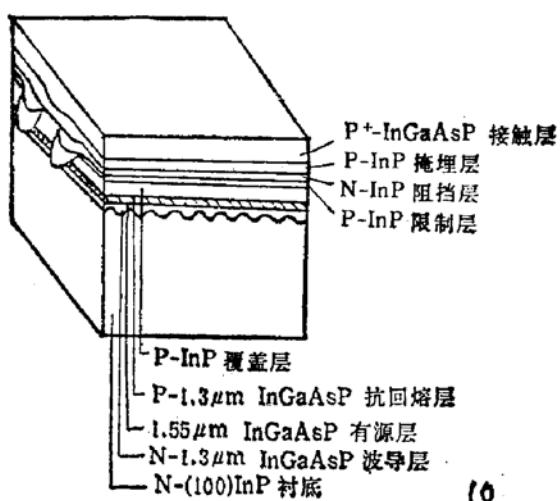
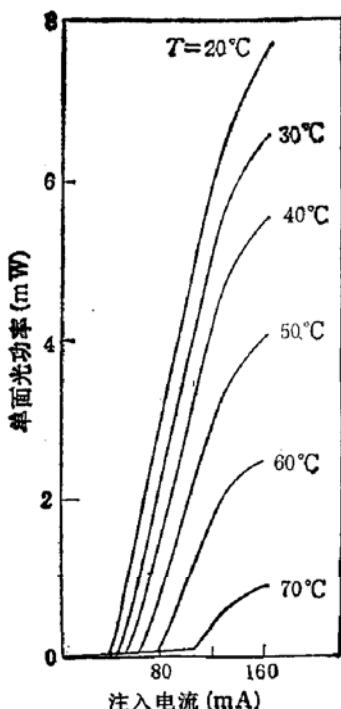
一、引言

相干光通信和高速光纤通信的迅速发展对分布反馈 (DFB) 激光器的动态模式的稳定性提出了越来越高的要求^[1]。实验表明: 边模抑制比 (SMSR) 低和单纵模 (SLM) 工作范围窄的器件由于其工作模式潜在不稳定不能满足远距离高速率光纤通信系统的需要。本文详尽叙述了高稳定单纵模工作的 $1.55\mu\text{m}$ DFB 激光器的制造和性能。

二、结构和制造过程

采用综合光电特性优良的双沟道平面隐埋异质结 (DC-PBH) 的激光器结构。两种工艺方案可实现分布反馈双沟道平面隐埋异质结激光器 (DFB-DC-PBH-LD): 一种是三步液相外延 (LPE) 法, 即光栅在有源层上面; 一种是二步 LPE 法^[2]。我们采用二步 LPE 法的工艺方案制造 DFB 激光器(图 1), 吸收了 DC-PBH 激光器结构器件调制速率高、输出光功率大、线性好的优点而不增加外延次数, 提高了器件的重复性和成品率, 为引入 $\lambda/4$ 相移光栅制作 $\lambda/4$ 相移-DFB 激光器打下了基础, 符合国际上 DFB 激光器的发展方向。

制造过程: 在 $N-(100)\text{InP}$ 单晶衬底片上沿 $\langle 01\bar{1} \rangle$ 方向刻蚀一级全息光栅^[3], 周期 2400\AA , 深度约 800\AA 。低温生长 N型 $1.3\mu\text{m}$ InGaAsP 波导层、 $1.55\mu\text{m}$ InGaAsP 有源层、P型 $1.3\mu\text{m}$ InGaAsP 抗回熔层、P型 InP 覆盖层^[4]。常规光刻技术沿 $\langle 011 \rangle$ 方向刻蚀双沟, 台宽约 $2\mu\text{m}$ 。常规二次外延生长技术构成 DC-PBH 结构, 制作欧姆接触后

图 1 1.55 μm DFB-DC-PBH 结构图溅射解理, 腔长 $\sim 200 \mu\text{m}$.图 2 1.55 μm DFB-LD $P-I$ 曲线

三、器件性能及分析

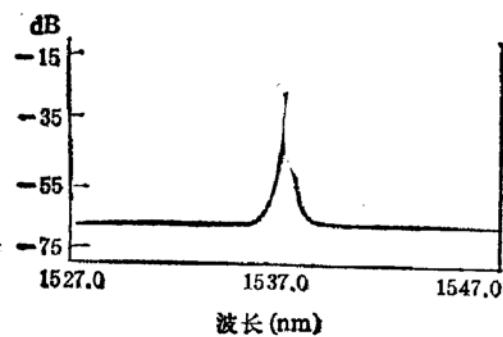
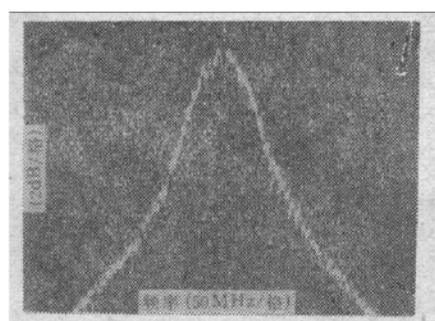
1. 静态光电特性

1.55 μm DFB-LD 单面输出光功率 P 与注入电流 I 曲线如图 2, 热沉温度 20°C 时阈值电流典型值 40mA, 线性光功率大于 6mW, 最大光功率大于 7.5mW 单面微分量子效率 10%, 串联电阻 R_s , 5Ω, 最高激射温度 $\geq 70^\circ\text{C}$.

2. 静态光谱特性

用日本 AQ 1425 光谱分析仪测量 DFB-LD 光谱, 在热沉温度 20°C、光功率 4.8mW 处, 静态光谱曲线如图 3, 可见 SMSR 大于 38dB.

用清华大学的延迟自零拍装置测量 DFB-LD 静态线宽, 典型 DFB 激光器输出光功率 3 mW 时线宽 30MHz(图 4).

图 3 DFB-LD 静态光谱曲线 $\text{SMSR} > 38 \text{ dB}$ 图 4 DFB-LD 线宽 $\Delta\nu = 30 \text{ MHz}$

热沉温度从 20°C 变化到 70°C , 恒定 DFB-LD 输出光功率 (1mW), 无跳模, 单纵模边模抑制比始终保持在 30dB 以上。波长随温度漂移系数 $\Delta\lambda/\Delta T = 0.09\text{ nm}/^\circ\text{C}$ (图 5)。

恒定热沉温度, 注入电流从 $1.1I_{\text{th}}$ 变化至 $3I_{\text{th}}$, DFB-LD 无跳模, 波长随注入电流漂移系数 $\Delta\lambda/\Delta I = 0.01\text{nm}/\text{mA}$ 。

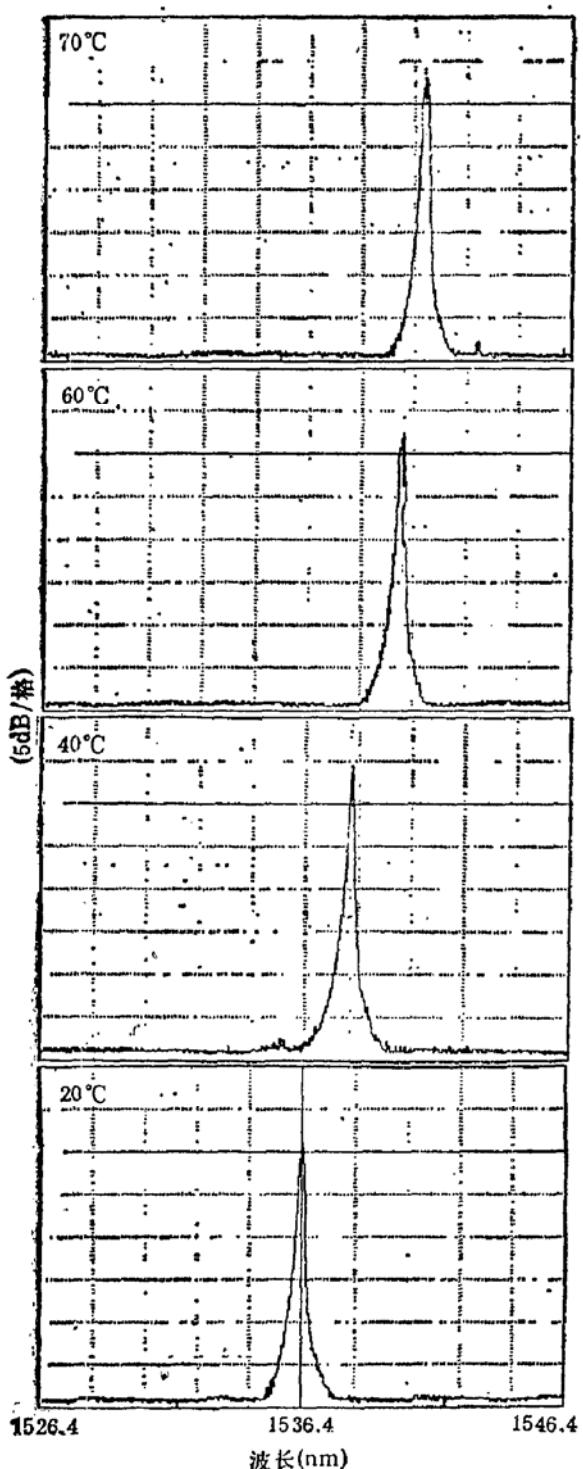


图 5 不同温度下 DFB-LD 光谱

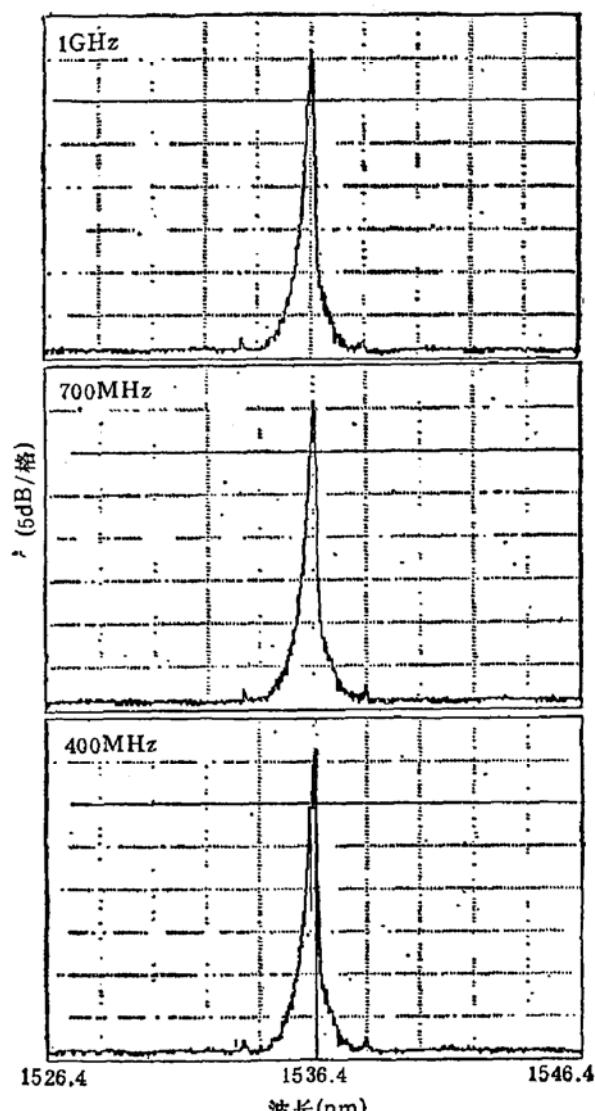


图 6 高速调制下 DFB-LD 动态光谱

3. 高速调制下动态光谱

分别以 400 MHz 、 700 MHz 、 1 GHz 正弦信号对 DFB-LD 进行调制, 调制幅度 $\Delta I_{\text{p-p}} = 30\text{mA}$, DFB-LD 始终保持 $\text{SMSR} > 30\text{dB}$ 的稳定单纵模工作(图 6)。

4. 器件老化实验

在 70℃ 环境温度下, 对 DFB-LD 加恒电流 100mA 进行 24 小时老化后, 复测其光功率-注入电流特性及静态光谱, 阈值电流变化率 $\Delta I_{th}/I_{th}(20^\circ\text{C}) \leqslant 10\%$, 边模抑制比未劣化。

5. DFB 激光器的工作模式及单纵模产率

我们对解理于同一晶片上的 178 只器件进行光谱测试、统计, 工作于单纵模、双模、多模的器件分布如图 7, 其中能在全部的温度、电流变化范围内及高速调制下保持单纵模工作的器件占 48%.

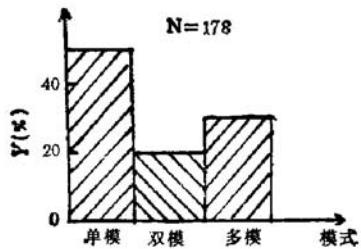


图 7 器件工作模式分布图

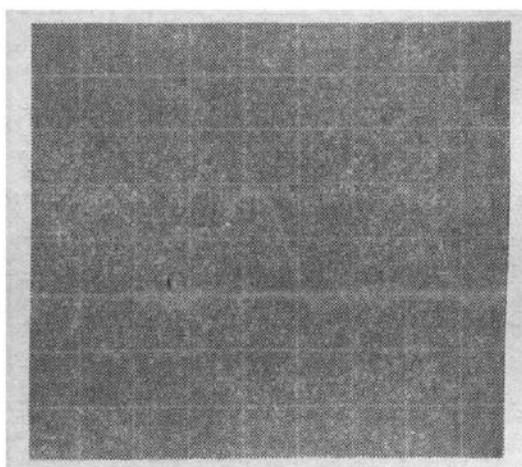


图 8 接收机眼图

6. 光纤传输实验

将单模光纤耦合 DFB 激光器成组件, 单模光纤出纤功率 $P_f(20^\circ\text{C}) \geqslant 1\text{mW}$. 在邮电部激光通信研究所研制的实用化五次群光通信系统上使用, 成功地进行了 70.7 公里普通光纤传输实验 (眼图如图 8). 系统传输速率为 635 Mb/s (RZ 码), 误码率 $\text{BER} < 10^{-11}$.

四、结 论

用一级全息光栅和液相外延研制出高稳定单纵模 $1.55\mu\text{m}$ 分布反馈激光器, 在大范围的温度、注入电流变化以及高速调制下均保持边模抑制比大于 30 dB 的单纵模输出. 在 70℃ 环境温度通电流 100mA 连续 24 小时老化后, 模式特性稳定无劣化. 本文还报道了国内首次使用 DFB 激光器的组件进行远距离普通光纤 (非零色散) 无中继传输实验.

精确地控制器件工艺参数, 用液相外延制造 DFB 激光器单纵模产率可高达 48%, 发射波长相当集中, 为使用 DFB/DFB 器件进行相干光通信光纤传输提供了可能.

公司王德超、张庆臣高级工程师帮助溅射, 王素琴装管, 梁蓉珍耦合, 邮电部激光通信研究所博士生黄守华、硕士生王永发帮助高速调制动态光谱测试, 在此谨一并致谢!

参 考 文 献

- [1] J. E. Bowers, *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-25**, 1234(1989).
- [2] 董志江、杨新民、周宁、马磐、刘坚、杨桂生, 全国第五届光纤通信学术会议, 天津,(1991). (待发表)
- [3] 杨新民、董志江、马磐、周宁、刘坚、杨桂生, 同上.
- [4] 董志江、杨新民、周宁、马磐、刘坚, 第二届全国青年通信学术会议, 南京,(1991). (待发表)

Highly Stable Single Longitudinal Mode Operation $1.55\mu\text{m}$ DFB Lasers

Dong Zhijiang, Yang Xinmin, Zhou Ning, Ma Pan,
Liu Jian and Yang Guisheng

(Wuhan Institute of Post & Telecommunication, Wuhan 430074)

Abstract

Highly stable single longitudinal mode (SLM) operation $1.55\mu\text{m}$ distributed feedback (DFB) lasers have been developed by means of the two-step liquid phase epitaxy (LPE) and first-order grating. The CW threshold current is typically about 40mA (20°C), and the light output power for stable CW SLM operation is 7.5mW. SLM operation with a side-mode-suppressionratio (SMSR) of 30dB from 20°C to 70°C and under 1GHz sinewave modulation can be sustained. The maximum SMSR is 38dB. Spectral linewidth is 30MHz. SLM yield is 48%. After a 70°C -100mA-24hrs prescreened, the rate of increase in threshold current is less than 10%, no degradation of spectra is observed. A 635Mbit/s(RZ) error-free transmission is accomplished over a 70.7km fiber length by the DFB laser for the first time in China.

PACC: 4255P, 4280F, 4281H