

可调谐主动锁模半导体激光器实验研究

贾 刚 衣茂斌 高鼎三

(集成光电子学国家重点实验室吉林大学实验区 吉林大学电子工程系 长春 130023)

John E. Bowers

(University of California, Electrical and Computer Engineering
Department, Santa Barbara, California 93106)

摘要 本文报道了利用平面反射光栅构成的可调谐主动锁模半导体外腔激光器的实验结果, 获得了半极大全宽度 3ps, 峰值功率 600mW, 中心波长 1.29μm, 重复率 1GHz 的超短激光脉冲。

EEACC: 4320J, 4360

1 引言

用半导体激光器产生超短光脉冲现在已经成为十分活跃的研究领域^[1]. 半导体激光超短脉冲具有广阔的应用前景, 除应用于高比特率光纤通信和超快光信号处理外, 做为非常有实用价值的光电子学光源, 它能够应用于物理、化学、生命科学和工程学等许多领域. 现在用半导体激光器产生超短光脉冲的技术基本可以分为三种: 增益开关技术, Q 开关技术和锁模技术. 其中锁模半导体激光器可以产生更短的激光脉冲, 所以我们进行了可调谐外腔主动锁模半导体激光器实验研究. 实验结果获得的最短的光脉冲半极大全宽度为 3ps, 峰值功率为 600mW, 中心波长为 1.29μm, 重复率为 1GHz.

2 实验装置

我们的可调谐主动锁模激光器如图 1 所示. 它是用平面反射光栅和镀减反射膜的半导体激光器构成的外腔激光器. 所使用的平面反射光栅是 830g/mm 的. 光栅工作在自准状态

贾 刚 男, 1945 年生, 副教授, 微电子与光电子技术专业

衣茂斌 男, 1935 年生, 教授, 博士生导师, 高速光电子学与电子学专业

高鼎三 男, 1914 年生, 教授, 博士生导师, 工程院院士, 半导体物理与器件专业

John E. Bowers 男, 1954 年生, 教授, 飞秒物理学专业

1995 年 7 月 8 日收到初稿, 1996 年 12 月 25 日收到修改稿

下,即入射角与衍射角相等,衍射光沿入射光路返回.这里使用的半导体激光器是半绝缘平面掩埋双异质结激光器.未镀膜时阈值电流为 55mA,工作波长为 $1.30\mu\text{m}$.一面镀减反射膜,剩余反射率为 2%,另一面仍为解理面时,光功率-电流曲线如图 2 所示.镀减反射膜一面的输出光用自聚焦透镜准直,然后入射到平面反射光栅上之后经过衍射沿原路返回.可调谐超短光脉冲列由解理面输出.为了进行强度自相关测量,输出光也用自聚焦透镜准直.为了使激光器工作稳定,用半导体致冷器把它恒温在 20°C .直流偏置电流和微波调制电流通过 T 型偏置网络加到半导体激光器上,中间通过微带线和 SMA 微波接头与半导体激光二极管芯片相连.

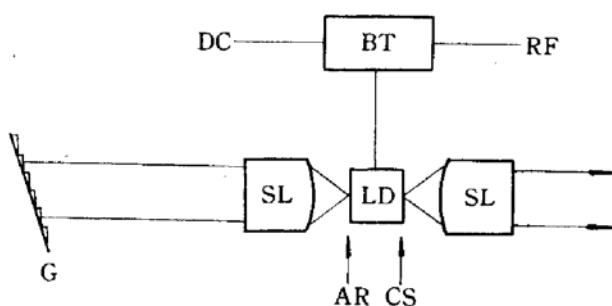


图 1 实验装置

G 平面反射光栅, SL 自聚焦透镜,
LD 激光二极管, AR 镀减反射膜面,
CS 解理面, BT T 型偏置器.
DC 直流偏置, RF 微波调制.

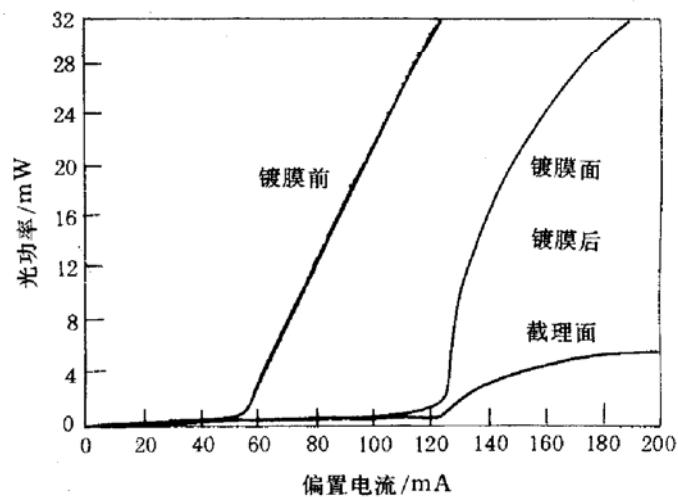


图 2 激光二极管的光功率-电流曲线

3 实验结果

进行主动锁模所用微波信号的调制频率为 1GHz , 外腔长度接近 150mm . 通过转动平面反射光栅对半导体激光器进行调谐, 可调谐波长范围为 $1.29\mu\text{m} \sim 1.34\mu\text{m}$. 每次转动光栅之后, 在波长确定的条件下, 仔细调整外腔长度、直流偏置和微波信号, 使光脉冲最短. 为了调整快捷, 首先用高速探测器和频谱仪对光脉冲的宽度进行粗测, 得到最宽的频谱之后再用强度自相关装置进行精细测量.

可调谐主动锁模半导体激光器输出的激光脉冲的强度自相关函数半极大全宽度和平均功率随波长变化的测量结果如图 3 所示. 在波长 $1.29\mu\text{m}$ 处, 直流偏置电流为 83mA , 微波功率为 900mW 时, 输出的光脉冲最短, 强度自相关曲线和光谱曲线如图 4 所示.

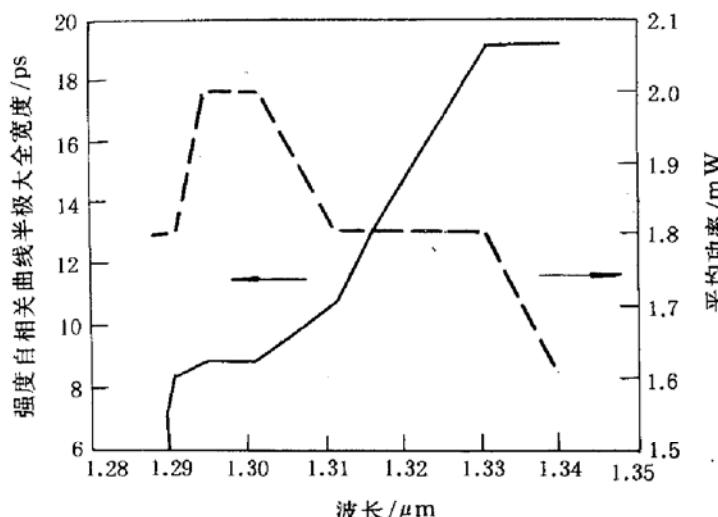


图 3 可调谐主动锁模半导体激光器输出光脉冲的强度自相关函数半极大全宽度和平均光功率随波长变化曲线

按单边指数函数型脉冲计算,光脉冲的半极大全宽度为3ps,峰值功率为600mW,光谱半极大全宽度为2.05nm,时间带宽积近似为1,不是带宽限制脉冲.

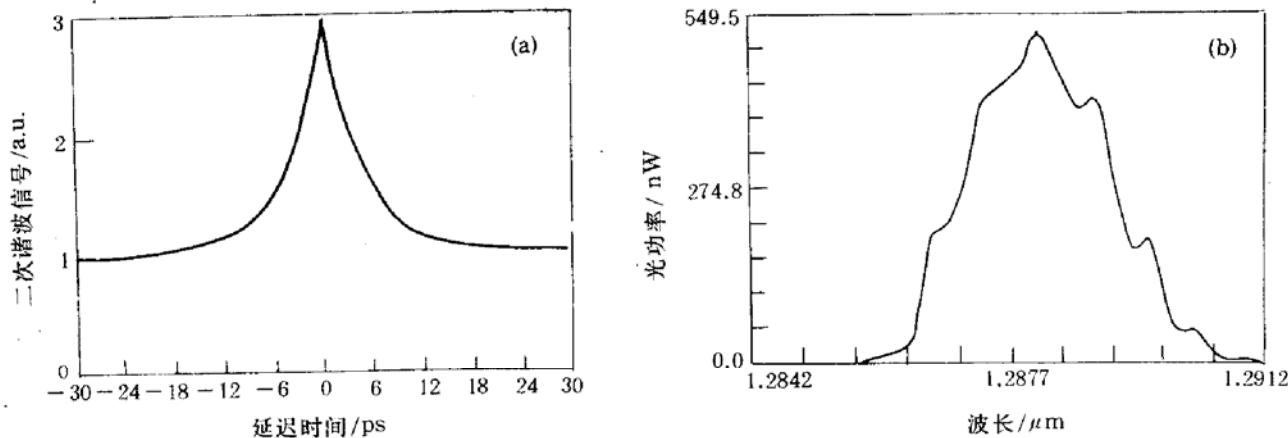


图4 波长 $1.29\mu\text{m}$ 处可调谐主动锁模半导体激光器输出
光脉冲的强度自相关曲线和光谱曲线

为了比较,我们也利用平面反射镜做外腔反射镜进行了主动锁模实验. 调制频率仍然为1GHz. 通过调整外腔长度、直流偏置和微波信号,获得的最短的光脉冲的强度自相关曲线和光谱曲线如图5所示. 中心波长为 $1.32\mu\text{m}$,光脉冲半极大全宽度为12ps.

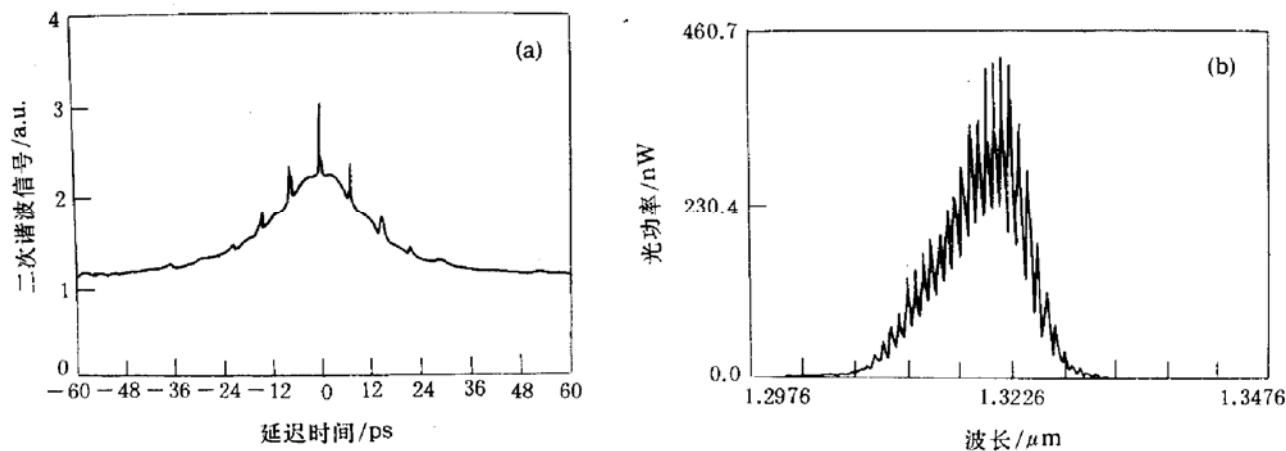


图5 平面反射镜外腔主动锁模半导体激光器
输出光脉冲的强度自相关曲线和光谱曲线

4 结果讨论

由强度自相关曲线和光谱曲线可以明显看出,利用平面反射光栅构成的可调谐主动锁模半导体激光器产生的光脉冲列和利用平面反射镜构成的主动锁模半导体激光器产生的光脉冲有明显的差别. 因为平面反射光栅可以作为对波长有选择性的平面反射镜,所以对半导体激光器一个端面镀减反射膜不完善产生的副腔效应有较强的抑制作用. 强度自相关曲线是光滑的,峰值与背景之比,即对比度为3:1. 光谱曲线也比较光滑,副腔效应仍然可以观

测到,但是很弱.所得到的光脉冲都比较短,说明模式锁定比较好.在短波方向得到更短的脉冲,是由于微分增益系数变大的关系^[2,3].普通的平面反射镜对副腔效应抑制作用很小,所以强度自相关曲线是由相干峰,基座和背景三部分组成,它们的比值为3:2:1.光谱曲线中明显地表现出副腔效应,可以看到许多副腔产生的没有锁定的纵模.由于模式锁定不好,所以得到的是具有噪声的光脉冲,脉冲宽度也比较宽.

参 考 文 献

- [1] Y. K. Chen and M. C. Wu, IEEE J. Quantum Electron., 1992, **28**(10):2176~2185.
- [2] T. Sogawa *et al.*, Electron. Lett., 1988, **24**(3):170~17.
- [3] K. Kamite *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1989, **54**(3): 208~209.

Experimental Study of Tunable Actively Mode-Locked Semiconductor Laser

Jia Gang, Yi Maobin and Gao Dingsan

(National Integrated Optoelectronics Laboratory, Department of Electronic Engineering, Jilin University, Changchun 130023)

Jonli E. Bowers

(Department of Electrical and Computer Engineering, University of California, Santa Barbara, California 93106, U.S.A.)

Received 8 July 1995, revised manuscript received 25 December 1995

Abstract The tunable active mode-locking optical pulses have been obtained from an actively mode-locked semiconductor laser with grating external cavity. The shortest optical pulses are 3ps full width at half maximum, 600mW peak power, 1.29μm central wavelength, 1GHz repetition rate.

EEACC: 4320J, 4360