

光泵外腔面发射 InGaAs/InP 半导体激光器

向望华

(天津大学精仪系 天津 300072)

町田 进 渡部仁贵 S. R. Friberg 山本喜久

(日本 NTT 基础研究所物性部)

摘要 本文报道了外腔面发射 InGaAs/InP 半导体激光器的实验结果. 利用面发射 InGaAs/InP 半导体材料作为激活介质, 采用锁模(或连续)Nd³⁺YAG 激光(波长 1.32 μ m)泵浦, 平均输出功率达 187mW, 同步泵浦获得最窄脉冲宽度为 6ps, 输出波长 1.5 μ m, 利用衍射光栅对脉冲进行压缩获得 181fs 超短光脉冲.

PACC: 4255P, 4260H

1 引言

由于长波长光纤通讯的需要, InGaAs/InP 材料及其激光器的研究日益为人们所重视. 而且随着半导体激光的发展, 已有很多半导体激光器可以获得高功率窄脉冲运转^[1-3]. 例如一个外腔面发射 GaAs 锁模激光器, 在室温下运转, 经光栅压缩获得 324fs 光脉冲, 峰值功率达 64W^[4]. 由于分子束外延(MBE)技术日益成熟, 半导体量子阱激光器得到迅速发展. 一个光泵外腔 InGaAs/InP 多量子阱(MQW)激光器获得 260mW 平均功率, 同步泵浦、经光栅压缩后的脉冲宽度为 153fs^[5]. 经光纤孤子压缩获得 21fs 超短光脉冲, 仅含光波的 4 个周期^[6]. 这里, 我们将报道一个块状 InGaAs/InP 面发射半导体材料, 在光泵外腔条件下, 也同样获得高功率窄脉冲运转.

2 实验装置

图 1 是外腔面发射 InGaAs/InP 半导体激光器的装置图, 其中 M₁ 为双色镜, 它对

向望华 男, 1947 年生, 副教授, 现从事激光物理、超短脉冲激光等研究
町田 进 男, 1944 年生, 主任研究员, 现从事量子光学方面的研究
山本喜久 男, 1950 年生, 教授, 现从事量子光学等方面的研究
1994 年 6 月 20 日收到初稿, 1994 年 9 月 1 日收到修改稿

1.32 μm 的泵浦光具有高透射率,而对 1.5 μm 信号光具有高反射率. M_2 为输出镜,其透射率 $T=10\%$,聚焦透镜的焦距为 48mm,BF 为双折射滤光片,厚度 1mm,带宽 30nm. 增益介质为块状 In_{0.53}As/InP 面发射半导体材料,厚度 3 μm ,在低温 77K 时工作,呈现增益波长为 1.5 μm 左右,增益介质的基底为 InP,厚度 430 μm ,为防止由于端面反射而构成副腔影响激光锁模,在端面做成 5 $^\circ$ 角,并镀有防反膜(增透膜);在样品的背面为镀金全反射膜,与 M_1 、 M_2 构成光学谐振腔;将整个介质附在散热片上,封闭在液氮罐里.

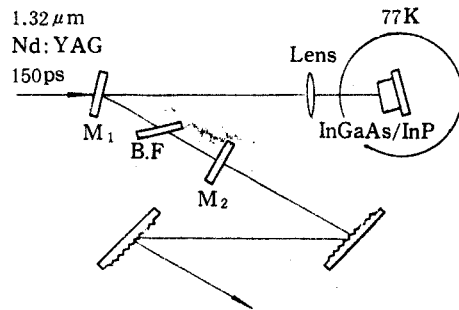


图 1 InGaAs/InP 激光器实验装置图

3 实验结果

3.1 输出功率

在实验中,采用 Nd³⁺:YAG 激光($\lambda=1.32\mu\text{m}$)作为泵浦光源,阈值泵浦功率为 430mW,这比 InGaAs/InP 多量子阱激光器的阈值泵浦功率($P_{th}=40\text{mW}$)要高得多.随着泵浦功率的增加,输出功率成线性上升,如图 2(见图版 1)所示.当最大泵浦功率为 1.3W 时,输出功率为 187mW,从实验曲线发现,输出功率并未达到饱和,然而泵浦光却不能提供更大的功率,因此未能观察到最大输出功率及饱和现象.

3.2 输出中心波长的变化

这种块状 InGaAs/InP 增益介质,在低温 77K 时呈现出激光波长为 1.5 μm 左右,随着泵浦功率的增加,其输出波长向长波长方向偏移.范围在 1.45—1.55 μm 之间,这主要是由于增益介质的温度升高所造成,泵浦光经 48mm 的短焦距透镜聚焦在增益介质上,聚焦后光束直径很小,约 50 μm 左右,使得增益介质上的泵浦功率密度很高,而 3 μm 厚的介质相对来说较厚,热量难以散发,造成温升,致使波长发生变化,其变化曲线如图 3(见图版 1)所示.

3.3 输出脉冲宽度

采用锁模 Nd³⁺:YAG($\lambda=1.32\mu\text{m}$)激光同步泵浦,泵浦激光的脉冲宽度为 150ps.如果我们优化调整光学谐振腔,最佳输出脉宽为 6ps,此时的泵浦功率为 910mW.图 4a(见图版 1)为实时相关器所测得的二次谐波自相关曲线.图 4b(见图版 1)为最佳脉宽时的光谱曲线,其谱宽 $\Delta\lambda=12.5\text{nm}$,则频宽与脉宽的乘积 $\Delta\nu\Delta\tau=9.975$,可见输出光脉冲带有强烈的频率啁啾.这是由于在高功率密度泵浦下,半导体材料的非线性效应所造成的.对于这种带有啁啾的光脉冲中,利用色散补偿可以压缩其脉冲宽度.

3.4 利用光栅压缩脉冲宽度

我们采用 900 线/mm 的衍射光栅对产生负的群速度色散来补偿脉冲的啁啾,获得了满意的结果,通过改变光栅的距离来调节负色散量的大小,当两光栅间的距离为 46cm 时,光束两次通过光栅对,获得脉冲宽度为 181fs,如图 5a(见图版 1)为自相关仪所测得的脉宽曲线,相应的光谱曲线为图 5b(见图版 1)所示, $\Delta\lambda=15.2\text{nm}$, $\Delta\nu\Delta\tau=0.366$,接近富立叶变换

极限.

4 结束语

我们采用光泵方式,利用 InGaAs/InP 面发射半导体材料,在外腔条件下工作获得了平均功率 187mW、脉宽为 181fs 的超短光脉冲运转,如果泵浦功率能够进一步提高,那么其输出功率还会有大的提高.这种外腔形式的面发射半导体激光不仅适用于光泵,即使是采用电泵浦也同样是可行的.

参 考 文 献

- [1] J. E. Bowers, P. A. Morton, A. Mar *et al.*, IEEE J. Quantum Electron., 1991, **25**(6):1426.
- [2] Y. K. Chen, M. C. Wu, T. Tanbun-Ek *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1991, **58**(12):1253.
- [3] P. J. Delfyett, Y. Silberberg and G. A. Alphonse, Appl. Phys. Lett., 1991, **59**(1):10.
- [4] W. B. Jiang, R. Mirin and J. E. Bowers, Appl. Phys. Lett., 1992, **60**(6):677.
- [5] W. H. Xiang, S. R. Friberg, K. Watanabe *et al.*, Opt. Lett., 1991, **16**(18):1394.
- [6] W. H. Xiang, S. R. Friberg, K. Watanabe *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1991, **59**(17):2076.

Optically Pumped External-Cavity Surface-Emitting InGaAs/InP Semiconductor Laser

Xiang Wanghua

(Department of Precision Instruments, Tianjin University 300072)

S. Machida, K. Watanabe, S. R. Friberg and Y. Yamamoto

(NTT Basic Research Laboratories, Musashinoshi, Tokyo 180, Japan)

Received 20 June 1994, revised manuscript received 1 September 1994

Abstract The experimental results of external cavity surface-emitting InGaAs/InP semiconductor laser are reported. An average output power of as high as 187mW and the shortest pulse width of 6ps at 1.5 μ m are achieved with the MBE-grown 3 μ m-thick In_{0.53}Ga_{0.47}As/InP as the gain medium and a mode-locked (or CW) Nd⁺³:YAG laser at 1.32 μ m as the pump source. The pulse width can be compressed to 181fs with a diffraction grating pair.

PACC: 4255P, 4260H

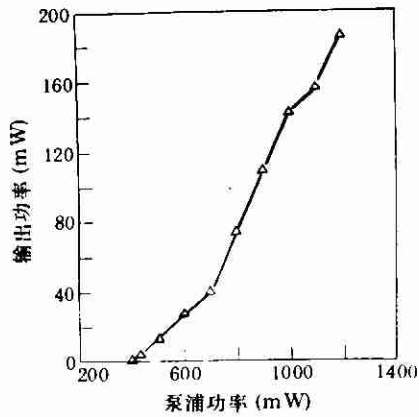


图 2 输出功率随泵浦功率的变化曲线

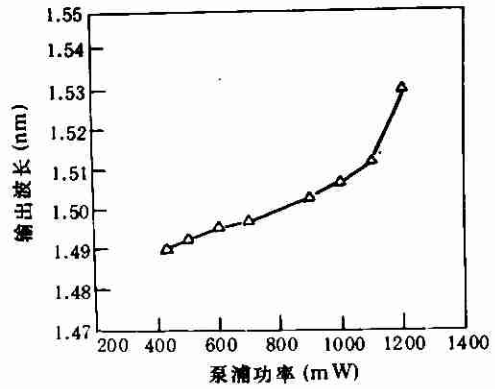


图 3 输出中心波长随泵浦功率的变化曲线

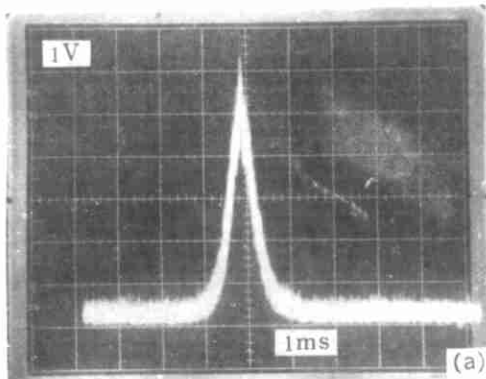


图 4(a) 二次谐波自相关曲线

$\Delta t = 6\text{ps}$

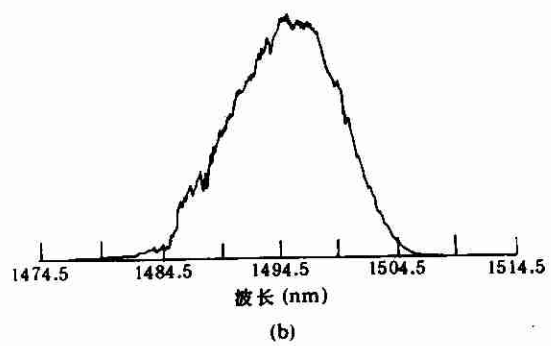


图 4(b) 最佳脉宽时对应的光谱曲线

$\Delta\lambda = 12.5\text{nm}$

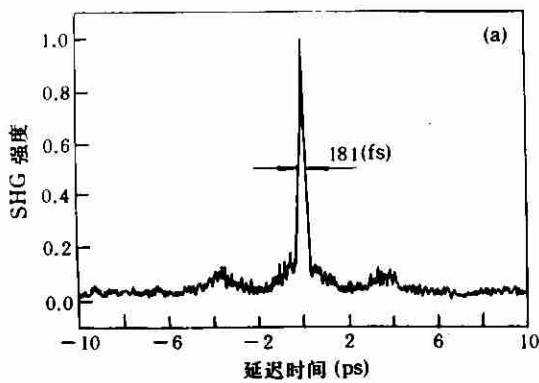


图 5(a) 二次谐波自相关曲线

$\Delta t = 181\text{fs}$

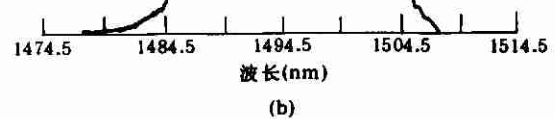


图 5(b) 最佳脉宽时对应的光谱曲线

$\Delta\lambda = 15\text{nm}$