

高能量、长锁模脉冲序列的 Nd:YLF 激光器研究

朱健强 张筑虹 陈绍和 陈韬略 逯其荣

郭小东 陈有明 葛夏平 邓锡铭

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘 要 首次利用 GaAs 光电导开关构成的反馈回路, 正、负反馈联合作用, 动态控制 Nd:YLF 被动锁模激光器腔内的 Q 值, 得到高能量、长序列的稳态锁模脉冲. 稳态单脉冲的脉宽为 4 ps, 能量为 9 μ J, 脉冲序列长 16 μ s, 能量为 2.5 mJ.

关键词 GaAs 光电导开关, 正、负反馈, Q 值.

1 引 言

与连续锁模激光器相比, 脉冲工作的锁模激光器具有输出能量高, 机械结构简单等优点. 但从另一方面说, 脉冲工作方式的锁模激光器, 其输出的脉冲序列较短, 在建立时间上还远未进入稳态, 因此脉冲宽度较宽, 没有达到锁模脉宽的变换极限. 在文献[1]中, 利用 GaAs 光电导开关的特性, 实现了负反馈控制的 Nd:YLF 被动锁模激光输出, 锁模脉冲的序列延长至 6 μ s, 脉冲的强度和脉宽都进入了稳态, 得到接近脉宽变换极限的短脉冲. 激光器中其它的负反馈控制也有文献报道^[2~4], 利用高速、高压电子线路; 半绝缘 GaAs 晶体的双光子吸收特性及非线性反射镜等主被动手段来实现负反馈控制, 使得锁模激光器的输出具有序列长、脉宽短的特性. 本文首次利用 GaAs 光电导开关实现正、负反馈, 实时地动态控制 Nd:YLF 激光器腔内的 Q 值, 以获得高能量、长序列的稳态锁模脉冲输出.

2 实验装置及结果

本实验中所用掺 Cr 的 GaAs 光电导开关, 它具有响应灵敏(响应时间约为 100 ps), 暗电阻大(可达 $10^9 \Omega$)等特性, 具备快速响应并承受瞬间高压的双重特点, 其阻值随辐照强度的增加而减少. 利用 GaAs 光电导开关的这些特点, 已经完成了许多重要实验, 取得了一些有意义的结果.

实验装置示意图如图 1 所示. 激光器的腔长为 1.5 m、双灯泵浦. 其中 1 为后腔镜, 曲率半径为 3 m, 镀 1.053 μ m 的全反膜; 2 是与后腔镜一体化的染料盒, 锁模染料为五甲川+1、2 二

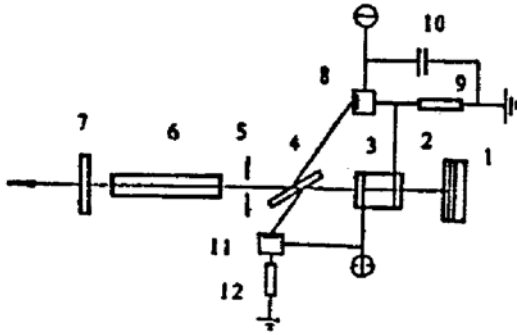


Fig. 1 Experiment setup

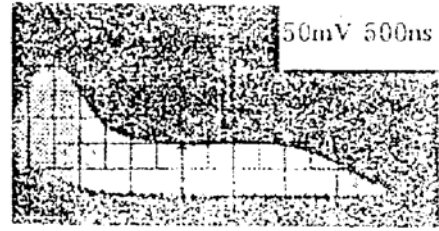


Fig. 2 Mode-locked pulse train only by negative feedback controlled

氯乙烷,染料盒厚度为 1 mm,透过率为 50%; 3 是普克尔盒(PC); 4 是薄膜偏振片,与 PC 一起构成反馈损耗元件; 5 是小孔(Φ2mm); 6 是 Nd : YLF 棒(Φ4 × 50mm); 7 是输出镜, T = 65%; 8 是负反馈光电导开关; 9 是负反馈电压耦合电阻 R_1 , 阻值为 15 kΩ; 10 是 50 PF 的电容,用以维持反馈电压; 11 为与 PC 相连的另一光电导开关; 12 为与 PC 相连的电阻 R_2 , 阻值为 100 kΩ. V_p 和 V_s 分别为加在 PC 上的偏置电压和实现负反馈的 GaAs 光电导开关上的电压, $V_p = 2$ kV, $V_s = -3$ kV. 当 GaAs 光电导开关(8)接收到由偏振片反射出的光信号后,开关导通,负高压 V_s 耦合到电阻 R_1 上. 腔内光强越强,耦合到 R_1 上的负高压 V_s 就越大,此时加在 PC 上的有效电压 V_{eff} 为:

$$V_{eff} = V_p - V_s \tag{1}$$

式中 V_p 为加在 PC 上的偏置电压,用以保证 PC 工作在线性透过率区域. 由(1)式可以看出,腔内光强越大, V_{eff} 就越大,引起腔内的损耗也就越大,负反馈回路形成. 在负反馈回路形成的同时,另一光电导开关(11)也接收到偏振片另一侧反射出的光信号后相继导通,因电阻 R_2 较大,所以 PC 上的放电时间较负反馈放电过程慢得多,随时间推移,使得加在 PC 上的偏压逐渐减小,这样腔内的损耗也随之减小. 只要 R_1 和 R_2 的参数选择合适,就能动态地控制腔内 Q 值,延长锁模脉冲的序列,并提高脉冲序列的能量.

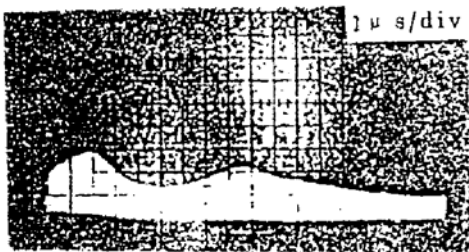


Fig. 3 Mode-locked pulse train by dynamically control cavity Q-factor

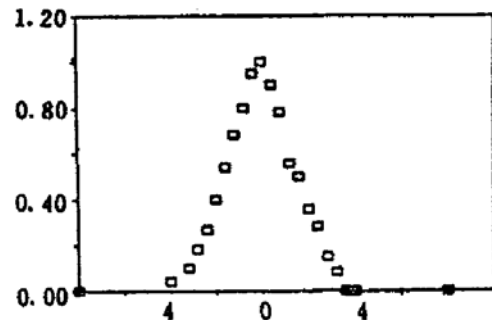


Fig. 4 The measurement results for stable single pulse duration, the autocorrelation curve output from computer shows that the pulse duration was about 4 ps

实验证明,当 $V_s = -3$ kV, $V_p = 2$ kV, $R_1 = 10$ kΩ, $R_2 = 100$ kΩ 时,是最佳的工作参数,激光器能输出稳定的长序列锁模脉冲.

实验中的纯被动锁模 Nd : YLF 激光器输出只有 9 个脉冲,即脉冲序列长为 90 ns,远未进入稳态;图 2 是有负反馈控制相同的被动锁模 Nd : YLF 激光器的输出波形,因负反馈的引入,不但延长了锁模脉冲序列(至 6 μs),而且使部分脉冲序列进入稳态,获得了近于脉宽变换极限的短脉冲. 由相关仪测得的脉宽为 4 ps.

Table 1 Energy output and pulse duration from Nd : YLF laser by passive mode-locked (PML); negative feedback (NFB); and dynamically controlled Q-factor (NFBQ)

	energy (mJ)	pulse duration (ps)
PML	1	16
NFB	0.5	4
NFBQ	2.5	4

实验得到的脉冲序列,具有能量高、序列长的特点.

图 3 是 GaAs 光电导开关正、负反馈共同作用动态控制 Nd : YLF 激光器腔内 Q 值后,得到的锁模脉冲序列.与图 2 相比,脉冲序列的长度增加至 16 μ s,且脉冲序列进入稳态,由相关仪测得的稳态脉宽为 4 ps,图 4 为自相关测量图形.

归纳纯被动锁模(PML),负反馈控制的被动锁模(NFB)及正、负反馈共同作用动态控制腔内 Q 值(NFBQ)的被动锁模 Nd : YLF 激光器的输出特性的测量结果,列于表 1 中.从表 1 中可以看出,用本实验

3 结 论

利用 GaAs 光电导开关的特性^[5],成功地用正、负反馈实时控制 Nd : YLF 被动锁模激光器腔内的 Q 值,使得输出脉冲序列的长度和能量都有所增加,而且脉宽进入稳态,稳态脉宽为 4 ps.用这种锁模脉冲序列,倍频后,同步泵浦染料激光器,已获得了 80 fs 的超短脉冲,这为短脉冲的获得开辟了新途径.

值得指出的是,从理论计算和实验都表明,负反馈量只有控制在一定的范围内,激光器的输出才稳定,若超过此范围,将引起非稳输出.

参 考 文 献

- [1] 朱健强,陈绍和,陈韬略等, 稳态锁模产生 4 ps 短脉冲. 光学学报, 1994, 14(2) :
- [2] P. Heinz, A. Iaubereau, Stable generation of subpicosecond pulses by a feedback-controlled mode-locked of a Nd, Glass laser. *J. O. S. A. (B)*, 1989, 6(8) : 1574
- [3] A. Del Corno, G. Gabetta, G. G. Reali, Negative feedback in active-passive mode-locked Nd : YAG laser. *Opt. Lett.*, 1990, 15(11) : 734
- [4] K. Stankov, Mode locking by a frequency-doubling crystal: generation of transform-limited ultrashort light pulse. *Opt. Lett.*, 1989, 14(7) : 359
- [5] S. Chen, T. Chen, Y. Chen *et al.*, A novel mode-selecting and Q-switching technique. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1992, QE-28(11) : 2556

Study on High Energy Long Mode-Locked Pulse Train Nd : YLF Laser

Zhu Jianqiang Zhang Zhuhong Chen Shaoh Chen Taolue Lu Qirong
Guo Xiaodong Chen Youming Ge Xiaping Deng Ximing

(National Laboratory on High Power Laser and Physics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

(Received 20 January 1993; revised 1 July 1993)

Abstract High energy long mode-locked pulse train in Nd : YLF laser was studied by dynamically control the cavity Q-factor. The total length of the mode-locked pulse train was about 16 μ s, energy was 2.5 mJ, single stable pulse duration was 4 ps.

Key words GaAs photoconductive switch, dynamically control cavity Q-factor.