

Nd:YLF 单纵模调 Q 激光器腔内 脉冲稳幅的实验研究

郭小东* 陈绍和** 王世绩* 顾 援* 邓锡铭**

(* 中国工程物理研究院上海激光等离子体研究所, 上海 201800)

(** 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘 要 报道用超快 GaAs 光电导开关为基础的光电反馈网络对 Nd:YLF 单纵模调 Q 脉冲激光器的腔内光强度成功地进行了负反馈控制, 输出的调 Q 激光脉冲幅度稳定性得到提高, 不稳定性度 $< \pm 3\%$ 。

关键词 GaAs 光电导开关, 负反馈, 脉冲幅度稳定性。

1 引 言

高功率激光物理实验对激光振荡源的要求非常苛刻, 就振荡源输出脉冲的幅度要求其不稳定性小于 5%。一般脉冲泵浦激光器的调 Q 输出脉冲不稳定性在 10% 左右, 不能完全满足实验的要求。对激光脉冲的幅度稳定技术分成两大类, 一类是被动稳幅^[1], 它利用非线性吸收体的特殊吸收特性来达到稳定脉冲幅度的目的; 另一类是用电光开关主动稳幅, 这类技术是用高压光电管接收光脉冲取样信号后, 直接或经高压放大输出高电压反馈到克尔盒^[2]或普克尔盒^[3]开关上, 实现对光脉冲强度的控制。本文报道一种全新的腔内脉冲稳幅技术。

2 实验装置

图 1 是 Nd:YLF 单纵模调 Q 激光器实验装置示意图。其中, 1 是平面反射镜, 反射率 $R \approx 65\%$, 2 是曲率半径为 3000 mm 的全反射镜, 3 是工作物质 Nd:YLF 棒 ($\phi 4 \times 60$ mm), 4 是小孔光阑, 5 是介质膜偏振片, 6 是具有三个电极的普克尔盒, 7 是 GaAs 光电导开关, 8、9 是耦合电阻 R_1 、 R_2 , 10 是隔直电容 ($C = 470$ pf), 11 是调 Q 开关控制电路, V_1 、 V_2 分别是 GaAs 光电导开关和 KD*P 普克尔盒上所加的偏置电压, $V_1 = 300$ V, $V_2 = 2000$ V。GaAs 光电导的参数如下: 面积 3×6 mm, 厚度 1 mm, 表面光学抛光

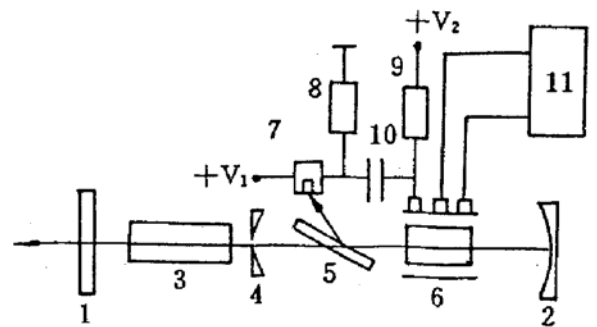


Fig. 1 Schematic for the Nd:YLF laser system with negative feedback control

并镀 SiO₂ 保护膜层; 强激光损坏阈值约为 1500 MW/cm²; 镀金电极与 GaAs 呈欧姆接触, 极间距为 1 mm; 该 GaAs 掺 Cr 浓度为 10¹⁵ mm⁻³, 暗电阻达到 10⁹ Ω, 响应时间为 100 ps^[4]。

3 腔内脉冲稳幅实验结果与分析

在实验中, Nd:YLF 激光器的 KD*P 普克尔盒开关有三个电极, 中间电极接地, 余下的两个电极分别接隔直电容 10 和调 Q 控制电路 11, 构成两个并接在一起的普克尔盒开关, 两个开关分别用于调 Q 和稳幅控制。

当调 Q 开关打开后, 调 Q 巨脉冲开始建立。腔内的偏振片就将部分光能量反射到 GaAs 光电导开关, GaAs 光电导通, 在电阻 8 上产生反馈电压 V_r , 通过电容 10 耦合到普克尔盒稳幅器, 其电压随 V_r 的增加而增加, 表述为: $V_{\text{eff}} = V_2 + V_r$, 式中 V_{eff} 为有效电压, V_2 为偏置电压, V_2 设置在普克尔盒稳幅器工作的线性区, 普克尔盒稳幅器的光强透过率为

$$T = \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} \frac{V_{\text{eff}}}{V_{\lambda/4}} \right) = \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} \frac{V_2 + V_r}{V_{\lambda/4}} \right)$$

式中 $V_{\lambda/4}$ 为 KD*P 晶体的 1/4 波长电压, $V_{\lambda/4} \approx 4000$ V。如果腔内光强增大, 反馈电压 V_r 就增大, 耦合到普克尔盒稳幅器上的电压 V_{eff} 也增大; 普克尔盒稳幅器的光强透过率 T 却减小, 引起腔内光强减小, 一个 GaAs 光电导开关控制的光电负反馈网络形式。通过改变偏置电压 V_1 或反馈电阻 8 的阻值, 可以调节负反馈网络的反馈深度。因为 GaAs 的响应时间为 100 ps 左右, KD*P 晶体的电容在 5~10 pf 之间, 反馈电阻 R_r 为 500 Ω 至 600 Ω, 因此该负反馈网络的响应时间小于 5 ns。挡住从偏振片反射到 GaAs 光电导的光信号, 让负反馈网络不工作, 激光器输出高斯型调 Q 脉冲, 如图 2 所示, 脉冲宽度为 40 ns。在 KD*P 普克尔盒上加 $V_2 = 2000$ V 偏置电压后, 提高光泵激励电压, 让激光器重新调 Q 运转。这时, 激光器输出的调 Q 脉冲幅度有所减小, 但脉冲形状仍为高斯型, 而且脉冲宽度变化不大, 脉冲宽度仍为 40 ns。

除去 GaAs 光电导前面的挡光板, 让负反馈网络开始工作。由反馈网络控制输出的调 Q 激光脉冲波形如图 3 所示。脉冲后沿变化明显变缓, 脉冲宽度被展宽为 140 ns。这时的反馈网络参数为: 偏置电压 $V_1 = 280$ V, $V_2 = 2000$ V, 反馈电阻 $R_r = 680$ Ω。

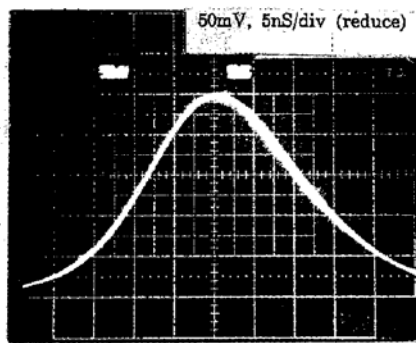


Fig. 2 Q-switched pulse waveform without negative feedback control (5 ns, 50 mV/div)

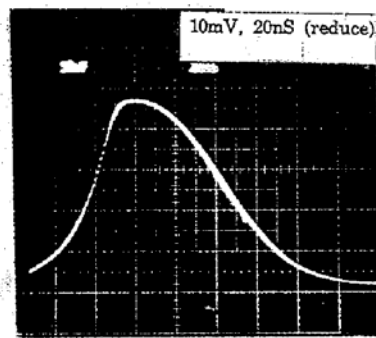


Fig. 3 Q-switched pulse waveform with negative feedback control (20 ns, 10 mV/div)

在偏置电压 $V_1 = 300$ V, $V_2 = 2000$ V, 反馈电阻 $R_r = 470$ Ω 条件下, 对激光器输出调 Q 脉冲的幅度稳定性进行了抽样测量。图 4 是多次重叠测量的脉冲波形(50 次)。分析图 4 知道, 脉冲宽度平均为 220 ns, 脉冲幅度起伏量 $< \pm 3\%$ 。用 Model PT-1 能量计测得调 Q 脉冲平均能量为 1.5 mJ, 能量起伏量为 $\pm 7\%$ 。脉冲的宽度变化远比峰值幅度变化大, 这说明由于增益或损耗的扰动, 引起脉冲能量变化后, 负反馈网络使脉冲峰值幅度“嵌位”在某个幅度下,

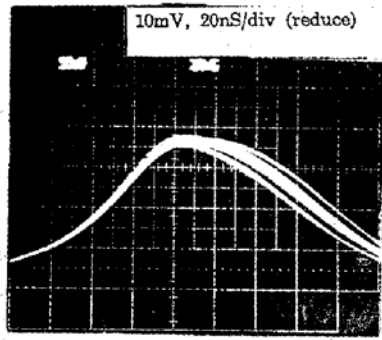


Fig. 4 A multiple exposure of 50 output pulse with negative feedback control (20 ns, 10 mV/div)

将能量的变化大部分转化成脉冲宽度的变化,使脉冲幅度得到稳定。

比较图 3、图 4 及得到这两个实验结果的负反馈网络参数,脉冲宽度对反馈电阻阻值很灵敏。从反馈网络的电路结构知道,反馈电阻的阻值变化对反馈电压值影响小,却极大地影响响应速度,电路响应速度越快,脉冲宽度越宽。因此,脉冲宽度对反馈网络的响应时间变化敏感,其具体变化关系将是下一步要进行的研究工作。

结 论 以 GaAs 光电导开关为主要元件的负反馈网络控制激光器的腔内脉冲强度,实现了腔内对脉冲的稳幅。该技术的最大特点是响应时间快而且结构简单,占空间小,使用可靠、有效,只要有相应响应波长范围的光电导材料,该技术适用于各种脉冲激光振荡器的调 Q 脉冲稳幅控制。

参 考 文 献

- [1] R. H. Pantell, J. Warazawski, Laser power Stabilization by means of nonlinear absorption. *Appl. Phys. Lett.*, 1967, 11(7): 213~215
- [2] C. H. Thomas, E. V. Price, 9C4-feedback control of a Q-switched ruby laser; I. Experiment. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1966, QE-2(9): 617~623
- [3] R. V. Lovberg, E. R. Wooding, M. L. Yeoman, Pulse stretching and shape control by compound feedback in a Q-switched ruby laser. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1975, QE-11(1): 17~21
- [4] S. Chen *et al.*, A novel mode-selecting and Q-switching technique. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1992, QE-28(11): 2556~2559

Experimental Study on Pulse Amplitude Stabilization in a Q-Switched Single Longitudinal Mode Nd:YLF Laser

Guo Xiaodong* Chen Shaohé** Wang Shiji* Gu Yuan*
Deng Ximing**

(* Shanghai Institute of Laser Plasma, Chinese Academy of Engineering Physics, Shanghai 201800)

(** Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

(Received 19 April 1994; revised 7 September 1994)

Abstract An optical-electron feedback circuit based on ultra fast response GaAs photoconductive switch was applied to control a Q-switched single longitudinal mode Nd:YLF laser with negative feedback. The output pulse amplitude stability of the laser was enhanced and the perturbation less than $\pm 3\%$.

Key words GaAs photoconductive switch, negative feedback, pulse amplitude stability.