

六路亚毫微秒钕玻璃激光系统研究进展

谢梓铭 林尊琪 张伟清 施阿英
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文报道六路亚毫微秒钕玻璃激光系统近年研究进展概况。该系统经改进、提高后其输出脉宽分四档可调： ~ 100 ps、 ~ 250 ps、 ~ 400 ps 及 ~ 1 ns；输出波形基本可控制为光滑波形或调制波形；输出光谱宽度可调区为 $\leq 1 \text{ \AA}$ 或 $20 \sim 30 \text{ \AA}$ ；在输出脉宽 ~ 250 ps 时，单路输出能量控制在 $5 \sim 10$ J；在输出脉宽 ~ 1 ns 时，能量控制在 $10 \sim 15$ J。最后给出该系统总体运转稳定性的结果。

六路亚毫微秒钕玻璃激光系统^[1]自1980年11月6日鉴定后，已试用了三年多。在这三年多时间内，根据多种物理实验对激光器的要求及系统本身稳定性的需要，对该激光系统作了改进和提高。

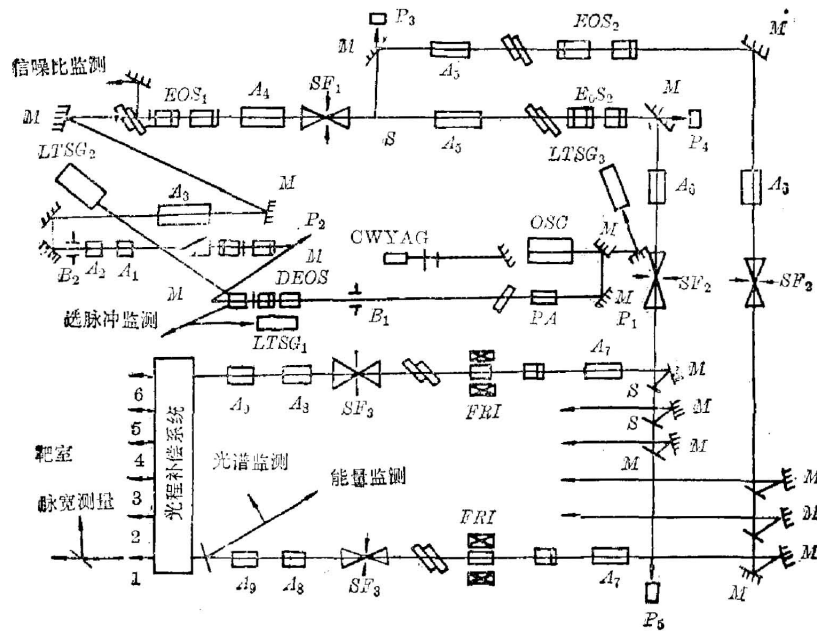


图1 光路排布简图

Fig. 1 Schematic diagram of arrangement

图1是该系统的光路排布图。它包括一台主被动锁模YAG振荡器OSC；一台YAG前置放大器PA；每路中有九级钕玻璃棒放大器 A_1, A_2, \dots, A_9 ；一台双普克尔斯电光开关脉冲选择器DEOS；两台 $\phi 50$ mm孔径的普克尔斯电光开关隔离器 EOS_1, EOS_2 ；一台 $\phi 60$ mm

收稿日期：1984年5月24日；收到修改稿日期：1984年9月4日

孔径的法拉第磁光开关隔离器 FRI ; 三台真空空间滤波器 SF_1 、 SF_2 、 SF_3 。采用十余块全反射镜 M 导向, 使振荡器的输出光束和整个光路的光轴重合。振荡器和最后一级 $\phi 70$ mm 的棒放大器相距 ~ 70 m。采用连续 YAG 输出光作光路准直光源, 小型红外夜视仪作光路准直监测器, 在振荡器、脉冲选择器、电光开关隔离器、空间滤波器后面装置 PIN 二极管 P , 再由计算机和微型打印机直接给出这些位置的能量值。在脉冲选择器后面用快速响应的探测器和示波器监测选脉冲状况。在第一台光开关隔离器 EOS_1 处安放监测输出脉冲信噪比的装置。在末级放大器输出器, 用能量卡计监测总体输出能量; 用厚为 2 mm 的平板法布里-珀罗标准具或焦距 $f=1.3$ m 的平面光栅光谱仪监测总体输出光谱; 用时间分辨率为 10 ps 的快速响应器监测输出脉冲的宽度和形状。

一、输出脉冲宽度

对主被动锁模 YAG 振荡器, 选用合适的染料浓度, 仔细微调插入腔内的不同厚度的平板标准具, 并在超阈值电压 10 V 工作时, 能较稳定地获得基本上是光滑的激光脉冲波形。图 2 是用时间分辨率可为 10 ps 的快速响应器测得的输出脉宽分别为 ~ 100 ps、 ~ 250 ps、 ~ 400 ps、 ~ 1 ns 的激光波形。

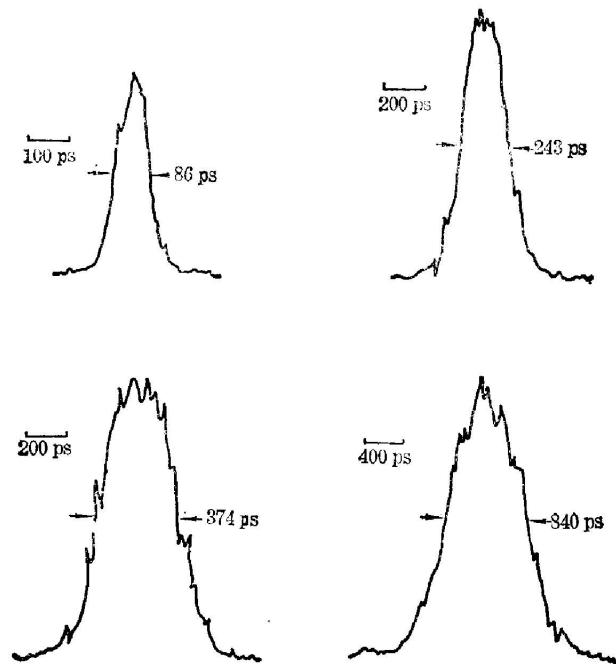


图 2 振荡器可输出的四种脉宽波形

Fig. 2. Pulses shape trace taken from the oscillator

表 1 给出在腔内插入两面镀有一定反射率, 厚度不同的平板标准具时, 输出的脉冲宽度、脉宽的起伏以及脉冲峰值的起伏。

改变输出脉宽并使振荡器输出光束和整个光路光轴重合约需一小时。

表 1 不同厚度的标准具输出的脉宽及起伏表

Table 1 Pulse width and its fluctuation versus the thickness of etalons

标准具厚度	标准具反射率	输出脉宽	脉宽起伏	峰值起伏
—	—	~100 ps	±20%	±5%
3.2 mm	16%	~250 ps	±15%	±5%
5.3 mm	23%	~400 ps	±10%	±10%
15 mm	25%	~1000 ps	±15%	±10%

二、输出脉冲形状

振荡器的工作电压对输出脉冲形状的影响十分严重。图 3 是三幅不同工作电压下的输出波形。振荡器腔内的标准具厚度是 3.2 mm。

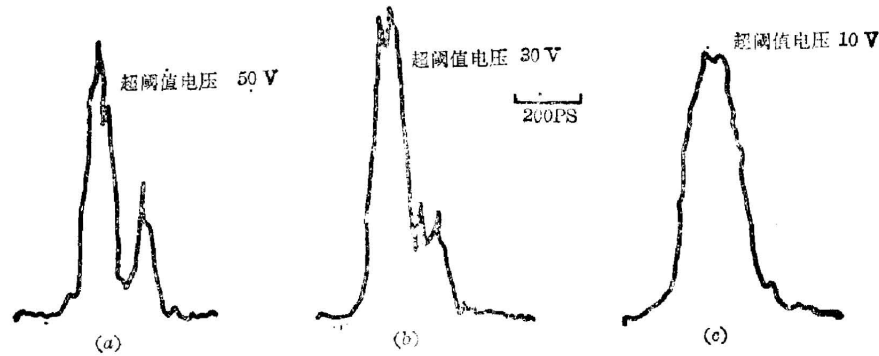


图 3 不同工作电压时的输出波形

Fig. 3 Output pulse shapes at different voltages

图 3(a)、(b)、(c) 分别在超阈值电压 50 V、30 V 和 10 V 下工作。因此控制振荡器的工作电压就能基本上控制输出波形的形状, 但前提是振荡器的阈值稳定。实验表明, 振荡器的阈值电压和锁模染料液的工作状况有关, 如染料液在染料盒里是静止的, 那末振荡器的阈值电压随着工作次数的增加而下降。如染料液在染料盒里是流动的, 会使染料盒内染料液的流动实际上呈紊流状况, 使输出波形噪声增大。为此我们采用“分幅流动”的工作方式, 在每次工作后, 让染料盒内的染料液更新, 下次工作时, 染料液是静止的。这种工作状况, 阈值电压稳定性较好, 易于选好工作电压, 从而控制输出激光脉冲波形。图 4 是“分幅流动”的控制电路。其原理与触发氙灯同步的触发脉冲, 经变压器降压后, 由电路进行二级(时间)放大, 使 J 闭合, 循环泵 D 工作, 染料液流动。几秒钟后, 电路恢复原状, 循环泵停止工作, 染料液静止。

当腔内采用 15 mm 厚的标准具时, 仔细微调它在腔内的方位, 就能使光滑的输出波形变成调制的输出波形。图 5(b) 的调制波形就是通过该方法从图 5(a) 的光滑波形变来的。

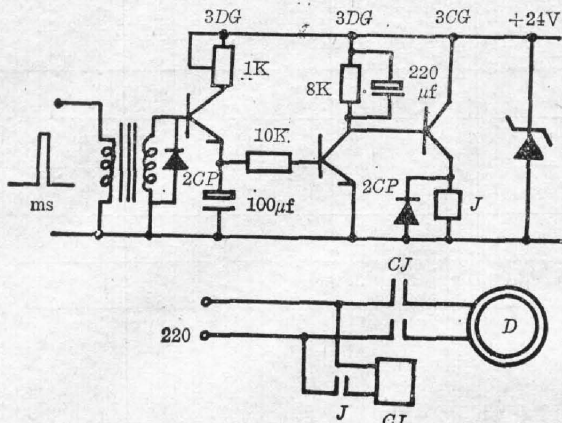


图4 “分幅流动”控制电路

Fig. 4 Control circuit of automatic liquid dye sheet changing after each shot

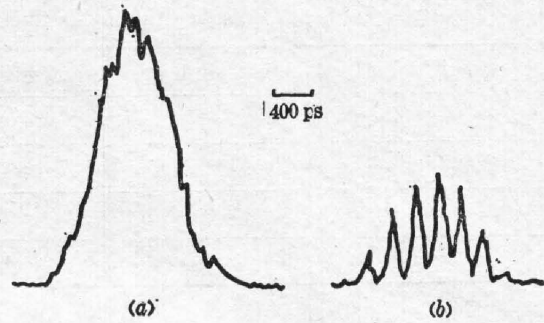


图5 微调 15 mm 厚的标准具方位时的输出波形

Fig. 5 Pulse shapes controlled by means of tuning the position of the etalon with 15 mm of thickness

(a) smooth shape; (b) modulated shape

三、输出光谱宽度

振荡器输出光谱的宽度因插入不同厚度的标准具后,随输出脉宽的不同而不同,且 $\Delta\nu$ 、 Δt 接近带宽极限。振荡器的输出光束,经九级钨玻璃棒放大和系统中的其它元件后,光谱要加宽,光谱加宽量和输出功率的大小有关。总体输出光斑的强度不均匀,因而输出光束各处的光谱加宽量不同。图6是用厚为 2 mm 的平板法布里-珀罗标准具拍摄的总体输出光谱。腔内采用 3.2 mm 标准具时,振荡器输出光谱的宽度 $\sim 0.2 \text{ \AA}$, 总体输出的光谱加宽到 $\sim 1 \text{ \AA}$ 。腔内采用 5.3 mm 或 15 mm 厚的标准具时,总体输出的光谱宽度也比振荡器输出的光谱宽,总体输出的光谱宽度 $< 1 \text{ \AA}$ 。

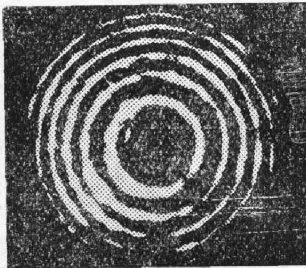
图6 总体输出光谱图
(脉宽 $\sim 250 \text{ ps}$)

Fig. 6 Laser beam spectrum from the terminal amplifier

20~30 \AA , 加宽量和激光器输出功率有关。

利用激光等离子体后向反射激光光谱加宽的性质^[2],用六路中的第二路激光打靶产生后向反射激光,再将它引入到第三路的放大器系列中去放大,光谱宽度由 $\sim 1 \text{ \AA}$ 加宽到

四、输出能量

总体输出能量基本可控的前提是输出能量要稳定,这不但取决于振荡器,还取决于脉冲选择器,以及光路是否稳定以及其它元件的工作状况,这在大型器件中是较为困难的事。

振荡器采用“分幅流动”工作方式后,输出脉冲峰值的起伏已小于 $\pm 10\%$ (见表1)。

对脉冲选择器的高压同步开关——激光触发火花隙 $LTSG_1$ 作了改进。将原来的平面型电极^[3] 改为凸面型,使电场分布合理,并采用避光器对杂散光进行屏蔽。实验表明,改进后的 $LTSG_1$ 可工作千余次而不需维修,工作稳定,适应性强。

对长达 ~ 70 m,且有十余块反射镜导向的光路,光束是易漂移的。只要稍有漂移,就会影响能量输出。光路的修正或更换元件后的光路调准是一件麻烦的事,我们采用小型红外夜视仪,因它使用方便,易于捕获调准光源(连续 YAG)在光路各处的光斑位置,有目标地调整光路,从而缩短了更换元件和修正光路的时间。

在力求输出能量稳定性方面,由于采用了脉冲激光能量自动监测仪^[4] 后,取得了主动。我们在光路的关键部位,振荡器、脉冲选择器、电光开关隔离器、空间滤波器后面设置了 PIN 二极管 P ,再由单板计算机及微型打印机直接给出这些位置的能量值。在使用自动监测仪时,我们采用避光器以及提高该仪器的工作电平来排除电光干扰。该仪器作为监测的主要优点除文献[4]中所述的外,对大型器件来说,更为重要的是及时发现故障,及时排除。

经以上一系列改进后,六路亚毫微秒钹玻璃激光系统的输出能量稳定性得到提高。当改变系统中九级棒放大器的输入能量,就能基本上控制其输出能量。在输出脉宽 ~ 250 ps 时,单路输出能量控制在 $5\sim 10$ ps,在输出脉宽 ~ 1 ns 时,控制在 $10\sim 15$ J。

五、结 束 语

六路亚毫微秒钹玻璃激光系统经过上述这些改进和提高后,运转能力和适应性都有显著提高。目前该系统的运转间隔主要受棒的热形变限制,一般半小时运转一次,一天可运转十次左右。从 1983 年 9 月 1 日至 1984 年 3 月 26 日近 7 个月的期间,总体运转了 825 次,成功 700 次。其中输出脉宽 ~ 250 ps 的运转了 746 次,成功 639 次。输出脉宽 ~ 1 ns 的运转了 79 次,成功 61 次。总体运转大部分仅用第三路一路光束,约有 200 次使用了第二、第三两路光束。

该系统输出脉宽的起伏以及输出波形的再现性尚不能满足某些物理实验的需要,我们拟进一步改进和提高该装置的性能。

参加本工作的还有戴美兰、王笑琴、田莉、吴同祥、樊根良、谷忠民和薛志玲。

本工作得到邓锡铭教授、余文炎副教授的关心和指导。毕无忌、何兴法、应影、韦小春、赵志文等同志为本研究作了不少工作。此外,还得到郑书春、陆来荣、丁丽明、郑玉霞、梁向春、徐振华、张宝新等同志的支持和帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 邓锡铭,余文炎等;《光学学报》,1981,1, No. 4 (Jul), 289.
- [2] 陈时胜,余文等;《光学学报》,1982,2, No. 2 (Mar), 105.
- [3] 林礼煌等;《激光》,1970,6, No. 1 (Jan), 4.
- [4] 崔志光,周复正等;《激光》,1983,10, No. 10 (Oct), 735.

Progress in six beam sub-nanosecond Nd-glass laser facility

XIE ZHIMING LIN ZUNGI ZHANG WEIQIN AND SHI AYING
(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 24 May 1984; revised 4 September 1984)

Abstract

The paper reports the progress in our six beam subnanosecond Nd-glass high power laser facility. Now the improved laser system is able to generate pulses with the following parameters:

Pulse width can be selected from four ranges: 100 ps, 250 ps, 400 ps and 1 ns;

Pulse shape is controllable basically either in smooth mode or in modulated mode;

Spectrum width is tunable in the ranges of $\leq 1 \text{ \AA}$ and $20 \sim 30 \text{ \AA}$;

Output energy can be also chosen in the way that for single beam it is $5 \sim 10$ joules with pulse width of 250 ps and is $10 \sim 15$ joules with pulse width about 1 ns;

The experimental data of long period operation stability are given in the end part of the paper.