

单纵模激光器中三台阶快脉冲技术的研究

张晓璐 汪凌芳 陈骥 王方 王超 李小群 唐菱 党钊*

中国工程物理研究院激光聚变研究中心, 四川 绵阳 621900

摘要 详细介绍了高压电平及台阶宽度可调的三台阶快脉冲产生的技术方案,实现了快脉冲的台阶电平 200~700 V 范围内可调,台阶宽度 100 μs 范围内可调。实验结果表明该技术方案能输出满意的脉冲波形。以此台阶脉冲信号为单纵模激光器提供驱动,调节三台阶快脉冲的幅度和持续时间,单纵模激光器可以获得平滑稳定、低抖动的输出波形。该技术可应用于高功率固体激光驱动器以及其他需要多台阶高压可调快脉冲发生器的设计中。

关键词 激光器; 三台阶; 高压电平可调; 脉冲宽度可调

中图分类号 TN29 文献标识码 A doi: 10.3788/LOP51.071403

Research of Three Pedestal Fast Pulse for Single Longitudinal Mode Laser

Zhang Xiaolu Wang Lingfang Chen Ji Wang Fang Wang Chao Li Xiaoqun
Tang Ling Dang Zhao

Research Center of Laser Fusion, China Academy of Engineering Physics, Mianyang, Sichuan 621900, China

Abstract The technology for high voltage level and three-pedestal width-adjustable fast pulse generation is revealed in this paper. The voltage level can be adjustable from 200 to 700 V, and the width of pedestal can be adjusted within 100 μs . This technology is already applied in the experiments and the experimental results match the expectations. Single longitudinal mode laser powered by this adjustable three-pedestal pulse can be smooth and stable. This technology can be used during the design of high power laser facility and other equipments with multi-pedestal high voltage fast pulse generator.

Key words lasers; three pedestal; adjustable high voltage; adjustable pulse width

OCIS codes 140.3570; 140.3460; 140.3510; 250.5530

1 引言

单纵模激光器是高功率激光系统重要的注入光源,由于其输出激光单频,线宽窄,稳定性好而被广泛应用于相干雷达、相干光通信以及高分辨光谱中^[1-3]。激光器实现单纵模输出的关键是需要一种可调三台阶高压快脉冲驱动信号来驱动磷酸钛氧钾(KTP)晶体泡克耳斯盒,产生激光的调Q输出。三台阶脉冲信号中第二个台阶的脉冲宽度可调以及下降沿直接影响到单纵模激光器的输出光质量。灵活可调的脉冲驱动信号可使激光器外围电路简单,结构紧凑,系统可靠性高,测距远^[4-5]。基于此,本文提出并设计了应用于单纵模激光器的三台阶脉冲驱动信号产生技术。

2 三台阶快脉冲信号

单纵模激光器需求的三台阶脉冲信号如图1所示。脉冲信号输出的常态缺省为高电平,被触发后立即输出一三台阶形状的负脉冲信号;三台阶快脉冲信号的电压可以单独调节,其中第一个台阶高电平为300~700 V可调,第二个台阶电平为200~700 V可调,第三个台阶电平为0 V;输出的快脉冲信号具有单台阶和三台阶转换功能;输出快脉冲信号的台阶以及台阶脉冲的上升沿及下降沿应保持平坦、光滑、无调制;输

收稿日期: 2013-12-01; 收到修改稿日期: 2014-02-15; 网络出版日期: 2014-06-12

作者简介: 张晓璐(1986—),女,硕士,研究实习员,主要从事高功率固体激光器控制技术方面的研究。

E-mail: zhangxiaoluzhxl@126.com

*通信联系人。E-mail: qingzhaodang@163.com

出快脉冲信号的台阶的下降沿小于等于 30 ns , 第三个台阶结束后的脉冲上升沿小于等于 $1 \mu\text{s}$; 输出快脉冲信号与触发信号之间的触发抖动小于等于 10 ns (峰峰抖动); 输出快脉冲信号的第二个台阶脉冲宽度在 $0.5\sim 100 \mu\text{s}$ 可调, 第三个台阶宽度为 $1 \mu\text{s}$; 三台阶快脉冲信号的工作频率为 $1\sim 10 \text{ Hz}$ 。

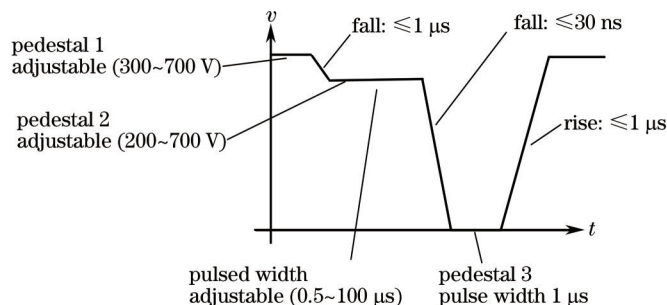


图1 三台阶高压及台阶宽度可调的快脉冲信号

Fig.1 Fast pulse signal with adjustable voltage level and pulse width

根据三台阶快脉冲信号研制的技术指标要求, 研制此快脉冲信号的难点如下:

- 1) 输出快脉冲信号的台阶电平的大范围调节;
- 2) 输出快脉冲信号的第二个台阶与第三个台阶的无调制切换;
- 3) 输出快脉冲信号的台阶上升沿及下降沿控制;
- 4) 输出快脉冲信号的触发。

3 技术方案

3.1 输出快脉冲信号的台阶电平大范围调节

输出快脉冲信号的第一个台阶电平大范围调节, 采用高压开关电源自带的电位比较器来实现 $300\sim 700 \text{ V}$ 范围内的调节。

输出快脉冲信号的第二个台阶电平大范围调节可以采用两种方式来实现, 一种方式为可调双电源, 另一种方式是单一电源。

1) 采用可调双电源实现

可调双电源实现第二个台阶电平大范围调节时必须在变压器的同一个副边绕组出三个抽头, 即三个抽头两两组合, 形成电流回路。由于输出电压较高, 而且电压调节范围大, 采用此种模式带来的问题是电源体积较大, 而且抽头滑动输出, 容易使输出电压的可靠性降低。

2) 采用单一电源实现

由于可调双电源的缺陷, 第一个台阶和第二个台阶的产生采用同一个电源, 为了保证可靠的电位输出, 对第二个台阶的电压调节采用双联电位器来实现, 如图2所示。

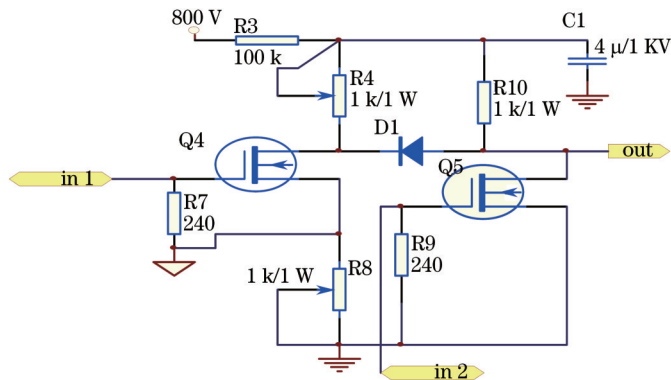


图2 高速开关切换电路

Fig.2 High speed switch circuit

3.2 输出快脉冲信号的台阶上升沿及下降沿控制

要实现输出快脉冲信号的台阶上升沿及下降沿控制, 即大电流、高速导通和关断的可靠切换, 必须要选

择一种非常可靠的开关元件来实现。此开关元件的要求是耐压范围宽(200~700 V),开关速度快(20~30 ns),触抖动小。目前,实现这类功能的元件有特殊电子管、场效应管以及大功率晶体管^[6-7]。经过调研,结合实际情况,选择了MOSFET型的场效应管作为开关元件。通过实验测试,选定的MOSFET型的场效应管的耐压范围宽,开关速度跟随触发信号的快慢而变化,在快前沿信号的触发下,触抖动小于10 ns,满足需求。电路设计如图2所示。

3.3 输出快脉冲信号的第二个台阶与第三个台阶的无调制切换

要保证输出快脉冲信号的第二个台阶与第三个台阶之间的无调制切换,则第三个台阶被触发输出时,应该立即切断第二个台阶的输出,但是又需要保证第二个台阶与第三个台阶都加载到同一个负载上。因此这两个台阶之间既要保持联系,又要能被可靠地切断联系,如图2所示。本方案是采用一个快二极管来实现第二个台阶与第三个台阶之间的快速转换^[8]。

3.4 输出快脉冲信号的触发

三台阶快脉冲信号的触发需要提供两路具有严格时间关系的触发信号,其中一路触发信号触发第二个台阶的产生,另一路触发信号触发第三个台阶的产生。

输出快脉冲信号的第二个台阶的电位在200~700 V之间可调,即第二个台阶的电位不会为零电位。因此,对第二个台阶脉冲产生的触发电路必须是对零电位悬浮的。最初采用开关电源来悬浮供电,发现输出脉冲有下冲,波形质量不好。最终,采用电池进行悬浮供电,输出脉冲无下冲,波形质量较好。第二个台阶脉冲的触发电路设计如图3所示^[9-11]。

而第三个台阶工作在零电位,触发电路设计可参照图2所示电路,不需要零电位悬浮。

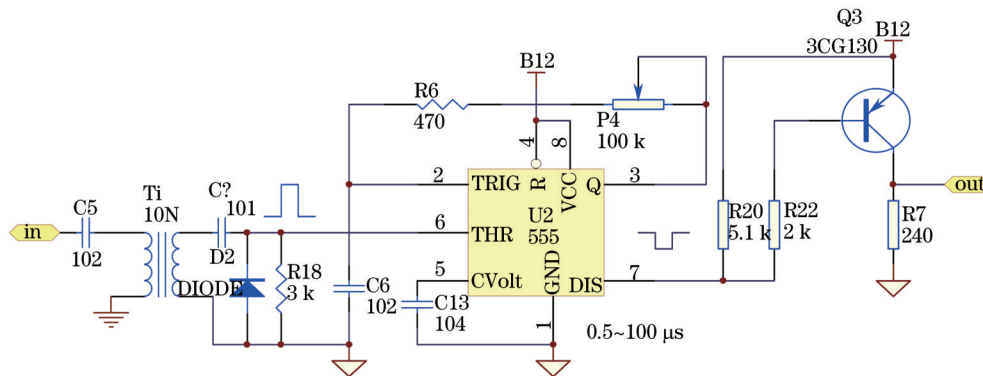


图3 第二个台阶脉冲发生的触发电路

Fig.3 Trigger circuit of the second pedestal pulse

4 实验验证

根据图2,3所示的设计方案,搭建了完整的测试电路。图4是测得的三台阶快脉冲的输出波形。从图中可以看出,第一个台阶的高电平为580 V,第二个台阶电平为360 V;前两个台阶的下降沿均小于30 ns,第三个台阶的上升沿为400 ns;台阶以及台阶脉冲的上升沿和下降沿平坦、光滑、无调制。输出波形满足设计要求。

以此三台阶电脉冲为驱动来实现激光器的单纵模输出,调节第二个台阶的幅度和持续时间,在示波器

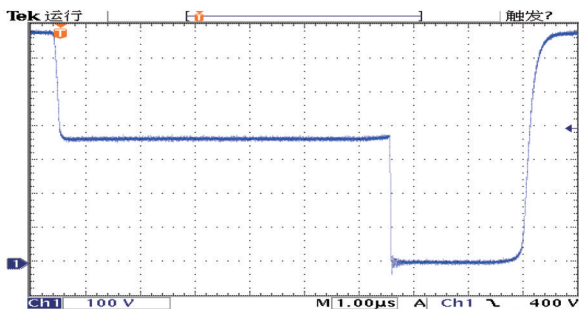


图4 三台阶快脉冲的输出波形

Fig.4 Output waveform of three pedestal fast pulse

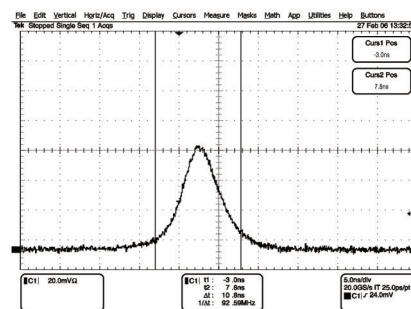


图5 单纵模激光器的输出脉冲

Fig.5 Output waveform of single longitudinal mode laser

上观察输出的脉冲波形,如图5所示。单纵模激光器可以获得平滑稳定、低抖动的输出波形。

5 结 论

采用提出的技术方案,获得了高压及脉冲宽度可调的三台阶快脉冲信号。如果选用耐压范围更宽,更快的开关管,则可输出各种需求的脉冲波形。该技术方案对我国新一代高功率固体激光驱动器以及其他需要多台阶高压可调快脉冲发生器的仪器或者设备的设计具有一定参考价值。

参 考 文 献

- 1 Zhao Zhigang, Cui Lingling, Tong Lixin, *et al.*. All-solid-state high pulse repetition rate high pulse energy single-longitudinal-mode MOPA laser system with solid-state phase conjugating mirror[J]. Chinese J Lasers, 2010, 37(12): 2949-2953.
赵智刚, 崔玲玲, 童立新, 等. 带固体相位共轭镜的全固态脉冲抽运高重复频率大能量单纵模 MOPA 激光器[J]. 中国激光, 2010, 37(12): 2949-2953.
- 2 Xiong Shuidong, Liu Wen, Yang Huayong, *et al.*. Investigation on the coherence collapse characteristics of single-longitudinal-mode RFB fiber laser[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2013, 50(2): 021404.
熊水东, 刘文, 杨华勇, 等. 单纵模分布反馈式光纤激光器的相干坍塌特性研究[J]. 激光与光电子学进展, 2013, 50(2): 021404.
- 3 Jiao Mingxing, Xing Junhong, Tong Congwei, *et al.*. Design and experimental study of two-wavelength single-longitudinal-mode erbium-doped fiber ring laser[J]. Chinese J Lasers, 2013, 40(6): 0602013.
焦明星, 邢俊红, 同聪维, 等. 双波长单纵模掺铒光纤环形激光器设计及实验研究[J]. 中国激光, 2013, 40(6): 0602013.
- 4 Rao Fanjun, Chen Shufen, Fu Lei, *et al.*. Bidirectional oscillations in fiber ring laser gyroscope with polarization splitting filter[J]. Acta Optica Sinica, 2011, 31(4): 0406001.
饶范钧, 陈淑芬, 付雷, 等. 双向振荡的偏振分离型光纤激光陀螺[J]. 光学学报, 2011, 31(4): 0406001.
- 5 Lin Honghuan, Sui Zhan, Li Mingzhong, *et al.*. Practical laser-diode pumped pre-lase electro-optic Q-switched single-longitudinal-mode laser[J]. Chinese J Lasers, 2004, 31(8): 1424-1428.
林宏奂, 隋展, 李明中, 等. 实用的 LD 抽运预激光电光调 Q 单纵模激光器[J]. 中国激光, 2004, 31(8): 1424-1428.
- 6 Dang Zhao, Tang Ling, Wang Chao, *et al.*. Low jitter long distance transmission of single fast timing electric pulse[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2011, 32(5): 1196-1200.
党钊, 唐菱, 王超, 等. 单次快前沿电脉冲信号的远距离低抖动传输[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(5): 1196-1200.
- 7 Li Dong, Liu Baiyu, Liu Jinyuan, *et al.*. Electrical pulse-shaping system on the high power laser system[J]. Acta Photonica Sinica, 2005, 34(9): 1304-1306.
李东, 刘白玉, 刘进元, 等. 用于高功率激光装置中的电脉冲整形系统[J]. 光子学报, 2005, 34(9): 1304-1306.
- 8 Zhong Yueming. The design of photodiode bias-voltage circuit[J]. Electronic Measurement Technology, 2005, (4): 20-21.
钟跃明. 光电二极管偏压电路设计[J]. 电子测量技术, 2005, (4): 20-21.
- 9 Dai Gang, Gao Ping, Guo Yushan, *et al.*. Design and realization of nanosecond digital delay and pulse generator[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2006, 27(6): 999-1000.
代刚, 高平, 郭玉山, 等. 纳秒延时同步脉冲产生器的设计与实现[J]. 仪器与仪表学报, 2006, 27(6): 999-1000.
- 10 Dang Zhao, Li Xiaoqun, Chen Ji, *et al.*. Develop on NS synchroniser based on ISA bus[J]. Ordnance Industry Automation, 2005, 23(6): 72-73.
党钊, 李小群, 陈骥, 等. 基于 ISA 总线的纳秒级同步器的研制[J]. 兵工自动化, 2005, 23(6): 72-73.
- 11 Dang Zhao, Chen Dehuai, Wang Chao, *et al.*. Research and manufacture of the high precision synchronization system based on programmable data generator[J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 31(10): 191-194.
党钊, 陈德怀, 王超, 等. 基于可编程数据发生器的高精度同步系统的研制[J]. 电子测量技术, 2008, 31(10): 191-194.