

文章编号: 1001-3806(2008)04-0396-03

连续可调纳秒脉冲 LD 驱动电源的研制

张寿祺, 楼祺洪*, 周 军, 董景星
(中国科学院 上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘要: 为了满足单模尾纤输出脉冲半导体激光器及其后续光放大的要求, 研制了一种重频、脉宽及峰值电流均连续可调的纳秒脉冲驱动电源。该电源使用功率场效应管作为开关, 通过分析其驱动特性, 采用合适的栅极驱动电路, 从而缩短了脉冲宽度, 增加了带负载能力; 同时电源中的保护电路采用自断电等保护措施, 能有效保证 LD 的安全工作。实验结果表明, 该驱动电源工作稳定, 能满足单模尾纤输出脉冲 LD 重频、脉宽、峰值可调的要求。

关键词: 激光技术; 驱动电源; 半导体激光器; 保护电路

中图分类号: TN86 **文献标识码:** A

Design of drive circuit for continuously adjustable ns pulse LD

ZHANG Shou-qi, LOU Qi-hong, ZHOU Jun, DONG Jing-xing

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

Abstract: In order to meet the need of single-mode pigtailed pulse LD and its later optical amplification, a ns pulse LD drive circuit with variable pulse, frequency and power was designed by using metal oxide semiconductor field effect transistor (MOSFET) as switch. By analyzing the drive characteristic of MOSFET, a suitable grid drive circuit was used, so the pulse width and the ability to bring loads were improved. A protect circuit was designed to protect the expensive LD from over shot, sparks, arcs etc. It is concluded that the drive circuit works stably and is suitable for driving the LD.

Key words: laser technique; drive circuit; LD; protect circuit

引 言

在高功率脉冲光纤激光器的设计中, 为了得到能量较大的纳秒光脉冲, 需对种子光源进行多级放大^[1]。作者采用单模带尾纤输出的脉冲半导体激光器做为种子光源, 进行三级放大。为了方便后续光放大的进行, 要求种子光重频、脉宽、峰值功率可调。由于半导体激光器发射的光脉冲是由激光电源产生的电脉冲直接调制得到的, 因此需要设计一个重频、脉宽、峰值电流均为可调的半导体激光器纳秒脉冲驱动电源。同时为了保证半导体激光器的正常工作和提高其使用寿命, 驱动电源需提供有效的保护措施。

目前, 获得纳秒级电脉冲常采用雪崩晶体管、功率场效应管、双极性晶体管和阶跃恢复二极管等。利用雪崩管作为开关, 可以获得较好的脉冲波形, 但输出脉宽和峰值连续可调比较困难, 而且雪崩管需要很大的电压驱动, 这在高频信号中很容易产生串绕。双极性晶体管和阶跃恢复二极管产生的窄脉冲峰值电流不能

做得很大, 难以满足要求^[2-4]。功率场效应管为电压控制电流器件, 因此要做到重频、脉宽、峰值电流可调比较方便, 但功率场效应管一般情况下的输出脉冲的脉宽不是很窄, 要做到 20ns 左右比较困难, 为了进一步缩短脉宽, 提高开关速度和带负载能力, 需要设计一个合适的功率场效应管 (metal oxide semiconductor field effect transistor, MOSFET) 驱动电路^[5]。

1 功率 MOSFET 驱动特性分析

功率 MOSFET 是电压型驱动器件, 没有少数载流子的存贮效应, 输入阻抗高, 因而开关速度可以很高, 驱动功率小。但功率 MOSFET 的极间电容较大, 其栅极输入端相当于一个容性网络, 理想的栅极驱动电路等效电路如图 1 所示^[6]。由于输入电容 C_{iss} 的存在, 静态时栅极驱动电流几乎为 0, 但在开通和关断动态

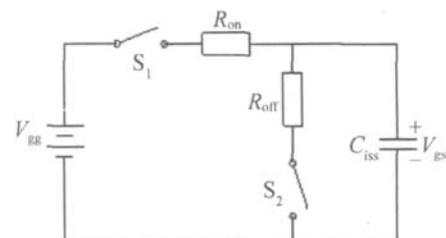


Fig 1 Equivalent circuit of ideal grid drive circuit

作者简介: 张寿祺 (1982-), 男, 硕士研究生, 主要从事半导体激光器驱动电源与自动控制的研究。

* 通讯联系人。E-mail: qhlou@mail.shcnc.ac.cn

收稿日期: 2007-05-23; 收到修改稿日期: 2007-09-10

过程中,仍需要一定的驱动电流。

功率 MOSFET 的工作速度与栅极驱动源的驱动能力和驱动信号质量有关。

其上升延迟时间 t_d 可表示为^[7]:

$$t_d = -C_{iss}R_{on} \ln \left| 1 - \frac{V_t}{V_{gs}} \right| = -C_{iss} \frac{V_{gs}}{I_{om}} \ln \left| 1 - \frac{V_t}{V_{gs}} \right| \quad (1)$$

式中, R_{on} 为开关管的开通阻抗, V_{gs} 为栅极驱动电压值, V_t 为栅极开启电压值, V_{gs} 为栅极饱和电压值, I_{om} 为驱动电路输出最大电流。

要减少管子的开关时间和上升下降沿时间,提高工作速度,需选用 C_{iss} 较小的管子,而且其栅极驱动通常要求:(1)触发脉冲要具有足够快的上升沿和下降沿;(2)开关管开通瞬时,驱动电路应以低电阻大电流回路为栅极电容充电,使功率 MOSFET 栅源间电压迅速上升到所需值,保证开关管能快速开通且不存在上升沿的高频振荡;(3)开关管关断瞬时,驱动电路应为栅极提供低电阻放电回路,保证开关管能快速关断并减少反冲。设计功率 MOSFET 驱动电路时应满足以上 3 点,以提高输出脉冲的质量。

2 部分硬件电路的设计

2.1 触发脉冲产生电路

触发脉冲应有足够快的上升和下降沿,以利于提

高后级功率 MOSFET 的开通和关断速度。

如图 2 所示,首先由定时器 555 构成多谐振荡器

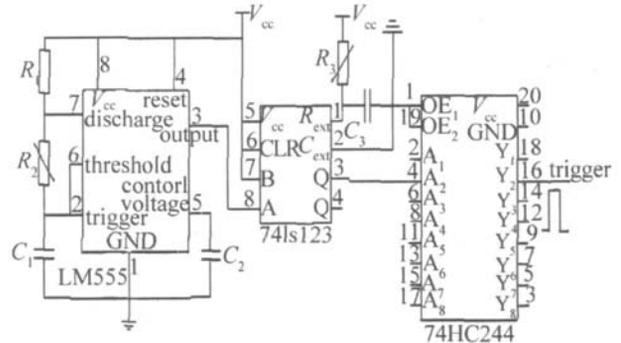


Fig 2 Trigger pulse produce circuit

产生 50kHz 的方波,通过单稳触发器 74LS123 整形后得到半峰全宽为 35ns 幅度为 3.5V 的脉冲。为了进一步缩短脉冲的脉宽,上升下降时间,通过 74HC244 进一步整形,最终得到半峰全宽为 15ns 上升及下降时间均为 2ns 幅度为 5V 的触发脉冲。

通过调节电阻 R_2 可以改变触发脉冲的频率,调节电阻 R_3 可以改变输出脉冲的脉宽。

2.2 功率 MOSFET 驱动电路

根据对功率 MOSFET 驱动特性的分析,设计了如图 3 所示的栅极驱动电路。

其中 U_1 为高速放大器,对触发脉冲进行放大,以产生足够高的栅压使器件充分导通,并保证较高的关

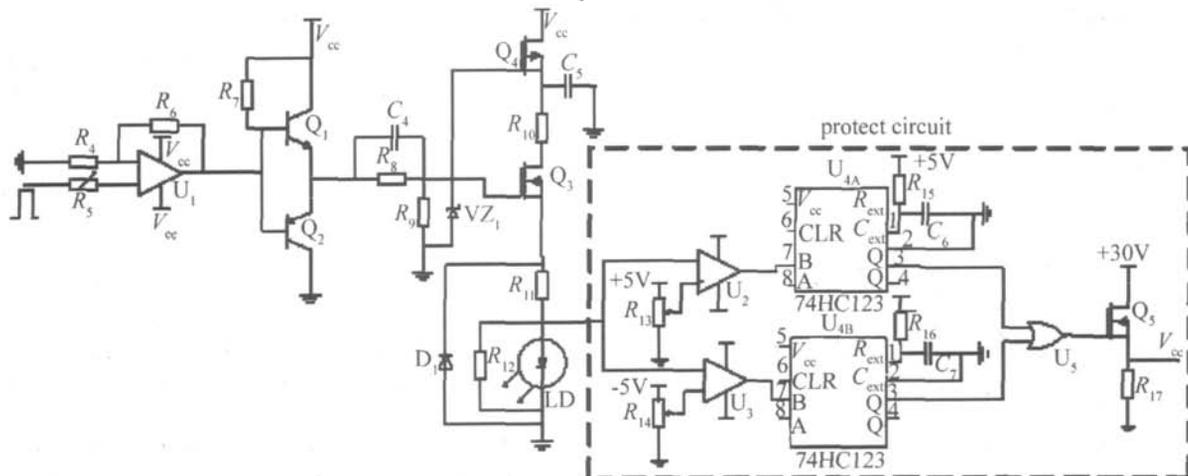


Fig 3 Drive circuit and protect circuit of LD

断速度。为了保证驱动电路的输出电流足够大,即带负载能力足够强,电路中采用了 Q_1 和 Q_2 构成的推挽放大电路。当触发脉冲由低变高时, Q_1 打开, Q_2 关断, Q_1 为栅极提供了大电流充电回路,保证了较高的开通速度;当触发脉冲由高变低时, Q_2 打开, Q_1 关断, Q_2 为栅极提供了大电流放电回路,保证了较高的关断速度。 Q_3 和 Q_4 为高速 MOSFET 构成了常开与常闭门对管,轮流导通对 C_5 进行充电和放电,在 LD 两端产生电脉冲。 C_4, R_8, R_9 构成的加速电路可进一步的

提高输出脉冲的上升沿,同时可以防止高速开关时的寄生振荡。 R_8 应取为数十欧姆的小电阻,以便为栅极提供低电阻充电和放电回路。 MOSFET 为电压控制电流器件,调节 R_5 可以改变栅极饱和电压,从而改变输出脉冲的峰值电流。

采用上述的驱动,得到输出脉冲的寄生振荡大大减小,脉宽和带驱动能力得到改善。实验中获得了脉宽 10ns 峰值电流 20A、重频 1MHz 且连续可调的脉冲。

2.3 保护电路

仅纳秒宽度的瞬态电压或电流尖峰,都能引起激光二极管内部小平面的瞬时过热,造成损伤^[8]。为了保证 LD 的安全工作和提高其使用寿命,在电路中采用了慢启动、温度控制、电源电压监测、正向过压和反向过冲保护等多种安全措施。

慢启动和电源电压监测可防止电源开关瞬间以及电网波动所引起的浪涌冲击。温度控制通过单片机实时检测和控制 LD 的温度,使其在正常范围内工作。正向过压和反向过冲保护通过检测 LD 两端的电压值,一旦超过设定值立即自动断电。

如图 3 所示的正向过压和反向过冲保护电路部分,其中 U_2, U_3 为高速比较器, U_4 为单稳触发器。调节 R_{13} 可设定一个正向电压最大值,调节 R_{14} 设定一个反冲电压的最大值。当 LD 正常工作,即正向电压和反冲电压均在设定值之内时,比较器 U_2 和 U_3 一直为低电平,单稳触发器 U_4 的输出也为低电平,或非门 U_5 输出高电平,开关管 Q_5 导通, V_{cc} 与电源接通,电路正常工作。当 LD 两端的脉冲正向峰值电压超过设定值时,比较器 U_2 即产生一个触发信号,该触发信号通过单稳触发器 U_{4A} 后,即产生一个高电平的信号,此时或非门 U_5 输出低电平,开关管 Q_5 关断, V_{cc} 与电源断开,切断了 LD 的电源,防止下一个信号的到来,有效地保护了 LD。同样的,当 LD 两端的脉冲反向过冲电压超过设定值时,由 U_3, U_{4B}, U_5, Q_5 构成的保护电路也会关断 LD 两端的信号。

3 实验结果

图 4 为该驱动电路输出的电脉冲波形。图中的横坐标每格表示 25ns,纵坐标每格表示 2.5A。可以看出,该脉冲波形的脉宽为 15ns,峰值电流为 20A。图 5 为用该驱动电路驱动单模带尾纤输出的 LD 所获得的

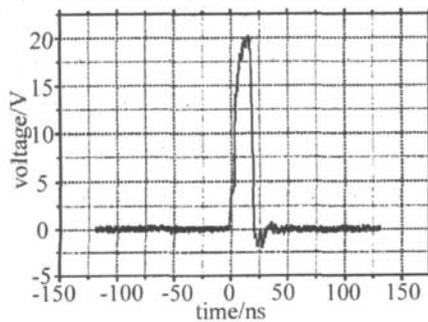


Fig 4 Electric pulse in the experiment

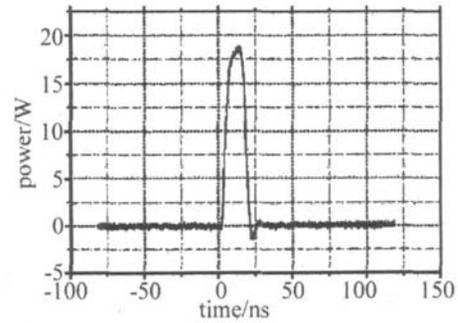


Fig 5 Optic pulse in the experiment

光脉冲波形,脉宽 16ns,峰值功率将近 20W,光脉冲序列十分稳定。比较两个图可以看出,光脉冲波形比电脉冲波形更为平滑,这是因为 LD 对电脉冲有一定的响应带宽,相当于一个低通的滤波器。

通过调节 R_2, R_3, R_5 可以改变激光脉冲信号的频率、脉宽和峰值功率,从而可以得到所需要的 LD 激光脉冲信号,以便后续光放大的需要。

4 结论

通过对功率 MOSFET 驱动特性的分析,设计了单模带尾纤输出 LD 的脉冲驱动电源,满足了重频、脉宽及峰值可调的要求,在脉冲式半导体激光器和脉冲光纤激光器种子源方面有广阔的应用前景。作者下一步要做的是对该 LD 输出的脉冲种子光通过光纤进行两级放大,以达到功率要求。

参考文献

- [1] LOU Q H, ZHOU J, KONG L F, *et al* Recent progress of high power pulse double cladding fiber lasers [J]. Chinese Journal of Quantum Electronics, 2005, 22 (4): 510-515 (in Chinese).
- [2] LU X S, LN J L, ZHANG H M, *et al* The study of nanosecond pulsed diode laser driver [J]. Laser Technology, 2006, 30 (4): 445-448 (in Chinese).
- [3] JEONGWOO H, NGUYEN C A new ultra-wideband, ultra-short monochrome pulse generator with reduced ringing [J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2002, 12 (6): 206-208.
- [4] LN X H, SU G B, LU J Sh, *et al* Research in high-peak and narrow-width pulse driving circuit of LD [J]. Piezoelectris & Acoustoptics, 2000, 22 (6): 414-417 (in Chinese).
- [5] SUN D G, TANG H F. Study on the PWM driver circuit of LD for laser fuze [J]. Laser Technology, 2007, 31 (2): 217-219 (in Chinese).
- [6] HUA W, ZHOU W D. Modern electric & electronic devices and its applications [M]. Beijing: Northern Jiaotong University Press, 2002: 116-121 (in Chinese).
- [7] CHEN Z M. Principle of electric & electronic devices [M]. Beijing: China Machine Press, 1992: 113-122 (in Chinese).
- [8] ANDRZEJ O, ZDZISLAW S. Fast overcurrent protection system in the cw laser diode driver [J]. Proc SPIE, 2000, 4237: 123-125.