

文章编号: 1001-3806(2009)05-0526-03

1064nm 可编程半导体激光脉冲种子源的研究

苏君,邱琪,谢军,史双瑾,廖云
(电子科技大学 光电信息学院,成都 610054)

摘要: 为了运用主振功率放大技术获得纳秒量级的高功率密度激光脉冲,设计了一种运用于主振功率放大的半导体激光种子源,通过编程可输出多种形状光脉冲,并采用主动脉冲外形控制技术提高了输出光脉冲的波形质量。实验中研制了高速大电流驱动模块和可编程多种调制波形发生器,并采用了 1064nm 量子阱分布反馈的大功率半导体激光器。结果表明,该种子源脉冲光功率优于 200mW、动态范围优于 20dB、脉冲宽度 40ns ~ 1 μ s 和重复频率 0MHz ~ 5MHz 可调,可编程控制输出多种波形。

关键词: 激光技术;种子源;主振功率放大;LD 驱动;可编程

中图分类号: TN248.4 **文献标识码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1001-3806.2009.05.023

Research of programmable 1064nm semiconductor pulse seed laser

SU Jun, QIU Qi, XIE Jun, SHI Shuang-jin, LIAO Yun

(School of Opto-electric Information, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: In order to obtain nanosecond high peak power optical pulses from a master oscillator power amplifier(MOPA), a semiconductor seed laser was designed in the MOPA system. It can be programmed and output various optical pulses and its output quality was improved with adaptive pulse shape control technology. In the experiment, a high-speed and high-current drive module and a programmable arbitrary modulating waveform generator and a 1064nm QW-DFB (quantum well distributed feedback) high-power diode laser were adopted. The experimental results show that this programmable semiconductor pulse seed laser which can output many shapes, while the peak power is more than 200mW, the dynamic range is better than 20dB, the pulse width is adjustable from 40ns to 1 μ s, and a pulse frequency is adjustable from 0MHz to 5MHz.

Key words: laser technique; seed laser; master oscillator power amplifier; LD driver; programmable

引言

纳秒量级的高功率密度激光脉冲在现代工业中有着广泛的应用,如激光标记、材料加工等^[1-2]。现在该领域主要被 Q 开关的固体激光器和准分子激光器所占据,但这些激光器一般仅用于方波光脉冲输出,在高功率情况下输出波形质量不佳^[3-4],不能针对输出波形质量进行主动修正,且输出光脉冲的参量调整较为困难^[5]。当需要获得某些特殊形状的光脉冲时,采用这些激光器实现起来技术上比较复杂,成本也较高。而在材料加工、军事应用等方面,对于高质量光脉冲和特殊形状光脉冲却有着巨大的需求。采用直接调制半导体激光器作为种子源的主振功率放大(master oscillator power amplifier, MOPA)系统具有输出光脉冲参量调整简便,可获得任意形状光脉冲的优点,且其输出功率可

以达到数十千瓦,故在近年来成为了研究热点^[6]。

在 MOPA 系统中,种子源技术是改善激光输出特征的重要技术。作者的研究目的是通过对种子源的时域波形的分析,有效地控制种子源输出波形,从而获得多种形状的 MOPA 输出光脉冲。通常 MOPA 由种子源激光和多级或单级光放大器组成^[7],根据需求种子源激光器可以由半导体激光、光纤激光器、二极管抽运固体激光等构成,同理,光放大器也可以根据输出特性的要求来配置不同类型的光放大器^[8-9]。半导体脉冲激光种子源需针对不同的应用,实现激光器和光放大器的合理配置。

1 可编程半导体激光脉冲种子源的设计和电路实现

半导体脉冲激光种子源在 MOPA 系统中的应用见图 1。其基本设计思想是:通过有效地控制半导体激光种子源光脉冲波形,在主动修正放大过程波形失真的情况下,获得脉冲形状、脉冲宽度、重复频率可调的大功率脉冲激光输出。该种子源相比起其它种子源的

作者简介:苏君(1985-),男,硕士,主要研究方向为光电工程与光通信。

E-mail:stevens27@126.com

收稿日期:2008-11-08;收到修改稿日期:2009-02-18

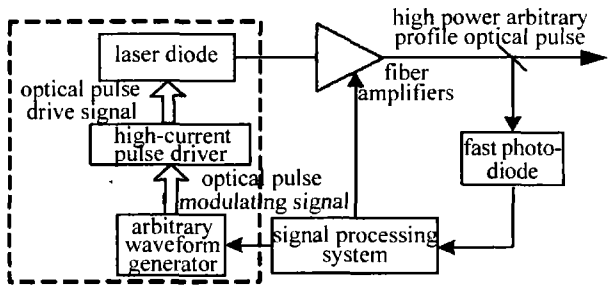


Fig. 1 Schematic diagram of semiconductor seed laser and MOPA system

最大特点是实现了单脉冲周期内的波形幅度可调。该半导体激光种子源由大功率、高速半导体激光

器、高速大电流驱动电路模块以及可编程多种调制波形发生器等组成。

针对 MOPA 系统的应用需求,设计中选用 GaAs 衬底的量子阱半导体激光器,利用 LD 灵活的调制特性得到脉冲宽度、重复频率、脉冲形状、幅度可调的种子源。后续光放大器可根据具体应用需求选择,以达到所需要的激光功率。作者设计了如图 2 所示的半导体可编程激光种子源。其核心部件由可编程多种调制波形发生器、脉冲驱动电路、大功率高速 LD、自动温度控制 (automatic temperature control, ATC) 电路等组成。

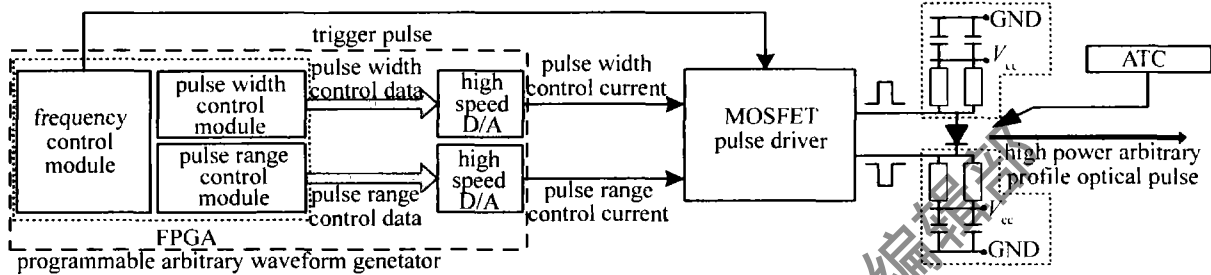


Fig. 2 Design principle of semiconductor seed laser

可编程多种调制波形发生器单元采用高速现场可编程门阵列 (field programmable gate array, FPGA) 和高速 D/A 芯片来构建重复频率控制模块、脉宽控制模块和幅度控制模块。频率控制模块直接与脉冲驱动电路连接,提供用于驱动 LD 的脉冲的触发信号,控制脉冲重复频率,同时也控制脉冲驱动电路的开/关,以降低脉冲驱动电路的功耗;幅度控制模块和脉宽控制模块中,FPGA 分别输出控制脉冲幅度和脉冲宽度的 D/A 转换数据,通过高速 D/A 单元转换为模拟电流,经运算放大器放大过后输入脉冲驱动电路,作为驱动脉冲的调制电流,见图 3。脉冲驱动电路由金属氧化物半

状,获得应用需求的理想波形。

种子源中的脉冲驱动电路部分采用 MOSFET 构成差分驱动器,以满足大电流、窄脉宽的要求,可以实现满幅度上升/下降时间小于 15ns。通过实验发现,该脉冲驱动电路对幅度调制信号中的高频部分响应不足,表现为输出光脉冲波形失真,如图 4 所示。该脉冲

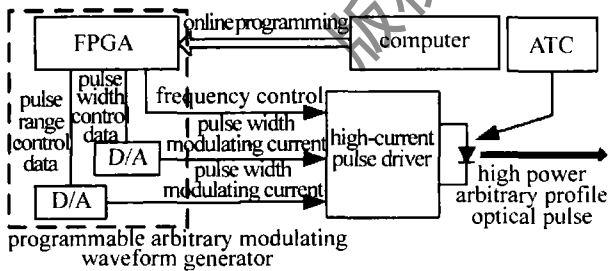


Fig. 3 Design principle of programmable arbitrary modulating waveform generator

导体场效应管 (metal-oxide semiconductor field effect transistor, MOSFET) 构成,该电路输出驱动脉冲的宽度和幅度受控于输入的调制电流。由于脉宽和幅度调制电流速率可以高达到 150MHz,因此,可实现单周期内脉冲幅度可调,并且脉冲宽度也可根据波形要求实时调整,实现多种形状的波形输出。FPGA 的在线编程特性允许采用编程控制的方式实时修改输出的脉冲形

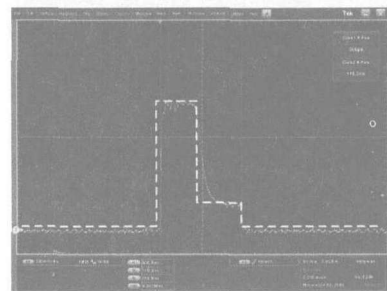


Fig. 4 Output laser pulse profile without adaptive pulse shape control

驱动电路可以视作一低通滤波器,要解决上述问题只有加强幅度调制信号中的高频部分。因此,采用主动脉冲外形控制技术,通过对比 LD 输出脉冲波形与理想脉冲波形对应时刻点的幅度差值,将差值较大时刻点处的调制信号变化率加大,提高调制信号与输出波形的相对差值,使调制信号中高频分量更加丰富。通过对幅度调制信号进行预处理,将这个优化后的信号通入脉冲驱动电路,就可以达到改善输出脉冲质量的目的。通过图 5 可以看出,幅度调制信号进行预处理过后,输出光脉冲的质量得到了改善。

由于激光种子源工作于脉冲输出方式时,在光脉冲前沿光强会发生振荡,其主要原因是 MOSFET 脉冲驱动电路驱动信号的阶跃振荡,为了提高输出光脉冲

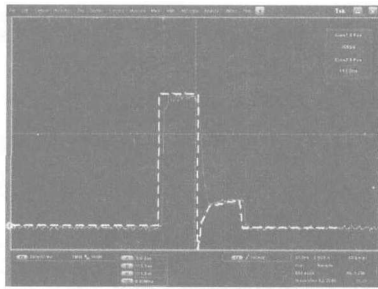


Fig. 5 Output laser pulse profile with adaptive pulse shape control

波形质量,使脉冲驱动电路工作于差分驱动模式,并且在后面加入差分电路单元,将两路电平相反的驱动脉冲同时加在差分电路的两端,利用差分驱动两端阶跃振荡互相抵消,形成一个稳定的驱动信号来减小光脉冲的振荡幅度,差分电路的结构如图 2 所示。差分电路两端元件参量需要严格相同,以保证输出信号的稳定和波形对称。

2 实验结果

实验中根据图 2 的框图制作了半导体激光脉冲种子源,分别测量了种子源输出波形和相应的光谱。图 6 为 120ns 脉宽、重复频率 1MHz 情况下种子源输出的阶梯型脉冲。图 7 为 130ns 脉宽、重复频率 1MHz 情

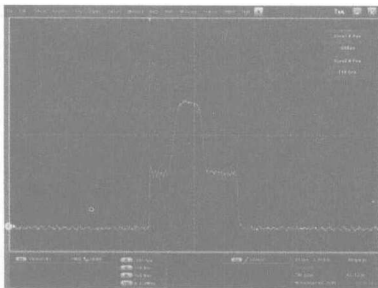


Fig. 6 Output pulse profile (frequency 1MHz, pulse width 120ns)

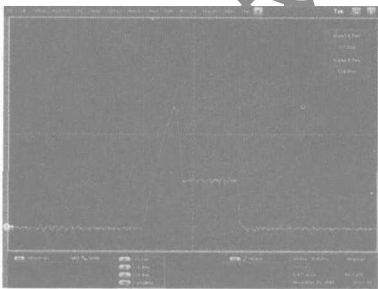


Fig. 7 Output pulse profile (frequency 1MHz, pulse width 130ns)

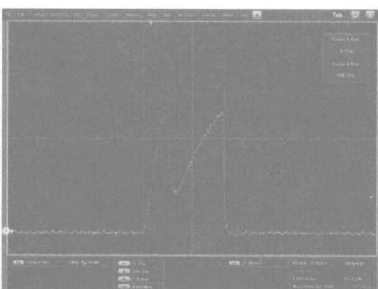


Fig. 8 Output pulse profile (frequency 1MHz, pulse width 110ns)

况下种子源输出的三角波方波组合脉冲。图 8 为 110ns 脉宽、重复频率 1MHz 情况下种子源输出的不同斜率双三角波组合脉冲。图 9 为种子源输出光脉冲的光谱(重复频率 200kHz, 脉冲宽度 100ns)。

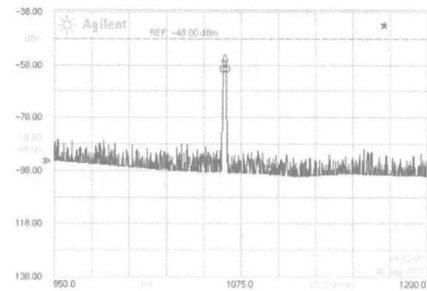


Fig. 9 Spectrum of output pulse (frequency 200kHz, pulse width 100ns)

3 结 论

通过上面的实验数据可以看到,在采用主动脉冲外形控制技术的情况下,运用编程控制的方式可以获得多种形状的种子激光脉冲,并且脉冲波形质量较好。本设计中得到了脉冲光功率优于 200mW、动态范围优于 20dB,脉冲宽度 40ns ~ 1μs 和重复频率 0MHz ~ 5MHz,可调,可编程控制输出方波、三角波、梯形波等多种波形的半导体激光脉冲种子源。

参 考 文 献

- [1] LIU L, LU Zh W, LI Zh J. Application of SBS phase conjugation technique in high power laser MOPA system [J]. Laser Technology, 2005, 29(2): 119-122 (in Chinese).
- [2] SOH D B S, CODEMARD C, WANG S, et al. A 980nm Yb-doped fiber MOPA source and its frequency doubling [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2004, 16(4): 1032-1034.
- [3] ALEGRIA C, JEONG Y, CODEMARD C, et al. 83W single-frequency narrow-linewidth MOPA using large-core erbium-ytterbium co-doped fiber [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2004, 16(8): 1825-1827.
- [4] SMOLSKI O V, O'DANIEL J K, JOHNSON E G. Compact vertically stacked master oscillator power amplifier based on grating coupled laser diodes [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2006, 18(18): 1931-1933.
- [5] VU K T, MALINOWSKI A, RICHARDSON D J. Adaptive pulse shape control in a diode-seeded nanosecond fiber MOPA system [J]. Optics Express, 2006, 14(23): 10996-11001.
- [6] JEONG Y, NILSSON J, SAHU J K, et al. Power scaling of single-frequency ytterbium-doped fiber master-oscillator power-amplifier sources up to 500W [J]. Selected Topics in IEEE J Q E, 2007, 13(3): 546-551.
- [7] ZHANG F P, LOU Q H, ZHOU J, et al. High power double-clad fiber amplifiers [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2007(1): 38-43 (in Chinese).
- [8] DUPRIEZ P, PIPER A, MALINOWSKI A. High average power, high repetition rate, picosecond pulsed fiber master oscillator power amplifier source seeded by a gain-switched laser diode at 1060nm [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2006, 18(9): 1013-1015.
- [9] WANG Ch Y, CHEN Zh B, ZHUO J J, et al. Comprehensive test technology of pulsed laser peak power in common wavebands [J]. Journal of Applied Optics, 2007, 28(1): 72-76 (in Chinese).