

文章编号: 0258-7025(2009)Supplement 1-0007-03

普通激光二极管阵列抽运毫秒级长脉冲激光器

欧群飞 钟鸣 任钢 衣学斌 刘文兵 何衡湘

(西南技术物理研究所, 四川 成都 610064)

摘要 报道了一种采用常规微秒级高功率脉冲二极管(LD)阵列抽运固体激光工作物质获得毫秒级长脉冲激光输出的方法,可获得重复频率高工作寿命长的毫秒级长脉冲激光输出。将总输出峰值功率为 1.2 kW,占空比为 5% 的六个二极管线阵分为两组,通过分时抽运 Nd:YAG 棒的方式,获得了脉冲宽度约为 1 ms 的激光输出。抽运电流为 85 A 时,输出激光平均功率为 11.2 W。

关键词 激光器;毫秒级长脉冲;二极管抽运固体激光器;分时抽运

中图分类号 TN248.1 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL200936s1.0007

Millisecond-Long-Pulse Solid-State Laser Pumped by Common Laser Diode Arrays

Ou Qunfei Zhong Ming Ren Gang Yi Xuebin Liu Wenbing He Hengxiang

(Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu, Sichuan 610064, China)

Abstract A new approach to obtain millisecond-level long-pulse solid-state laser, pumped by some common pulsed high-power laser diode(LD) arrays with the pump pulse width of several hundreds microseconds, has been carried out. The long-pulse laser runs with high repetition rate and long life time. The pump laser diode arrays are six dual-line bars with a total peak power of 1.2 kW and duty cycle of 5%, which are divided into two groups. Based on time division pumping technology, Nd:YAG laser rod is pumped by the two groups successively. An average output power of 11.2 W and laser pulse width of about 1 ms have been obtained under pump electric current of 85 A.

Key words lasers; millisecond-level long pulse; diode-laser pumped solid-state laser; time division pumping

1 引言

目前二极管抽运固体激光器(DPSSL)用的激光二极管有连续、准连续和脉冲三种工作方式。连续或准连续工作时由于热效应的影响,一般难以高功率运转。而脉冲方式工作的二极管阵列,也由于热效应的影响,占空比即二极管的脉冲宽度与重复频率之积不能太大,否则工作寿命将急剧下降。因此在一定占空比下,要增大抽运二极管的脉冲宽度,就要降低脉冲重复频率。高功率毫秒级二极管抽运固体激光器很难获得较高的重复频率。目前工业应用的高功率激光二极管占空比一般在 5% 左右,常规的 100~500 μ s 脉冲激光二极管可以在 100~1000 Hz 的重复频率范围内长时间稳定工作,而毫秒级脉冲高功率二极管的重复频率则较低。例如,

激光二极管侧面抽运的脉冲钕玻璃激光器的重复频率仅为 0.5 Hz^[1]。

针对现有技术存在问题,本文提出了一种采用常规微秒级高功率脉冲二极管阵列抽运固体激光工作物质获得毫秒级长脉冲激光输出的方法,可获得重复频率高工作寿命长的毫秒级长脉冲激光输出。该方法将多个脉宽为几百微秒的二极管阵列及其驱动电源组合起来,用一台精密的脉冲时序控制器依次控制二极管驱动电源,使得多个输出脉宽为几百微秒的二极管阵列依次发光,在时域叠加起来合成毫秒级抽运光脉冲。合成的毫秒级抽运光脉冲对置于谐振腔中的激光工作物质进行抽运,进而获得毫秒级的脉冲激光输出。与现有重复频率高工作寿命短的毫秒级二极管抽运固体激光器相比,本文提出

作者简介: 欧群飞(1977 年一),男,工程师,博士,主要从事固体激光和光电对抗技术方面的研究。

Email: efei4u@sohu.com

的实现方法具有以下优势:使用可靠,可高重复频率长时间运转,工作寿命长,激光脉宽可宽范围调节。

2 抽运结构

由于普通高功率激光二极管的输出脉宽大都在 0.5 ms 以下(占空比 $<5\%$)。为了得到 1 ms 脉宽,可以采用抽运脉冲时序叠加的方式。作为原理性实验,选择采用 12 个激光二极管,每两个激光二

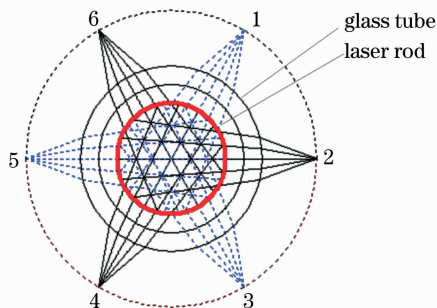


图 1 长脉冲二极管抽运固体激光器抽运结构示意图
Fig. 1 Pump scheme of long-pulse diode pumped laser

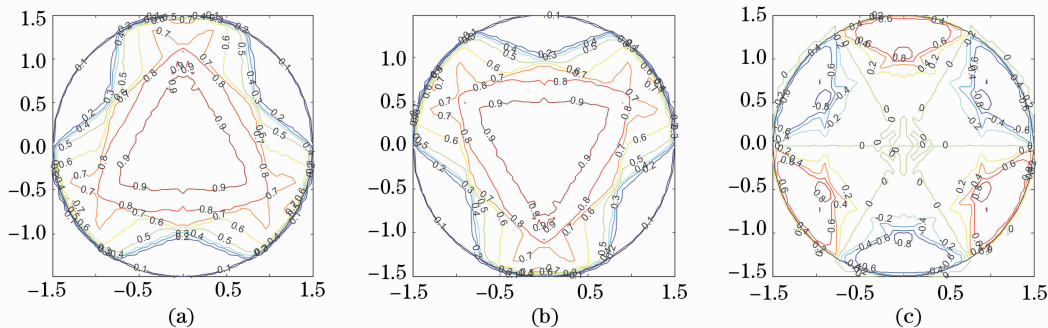


图 3 采用光线追迹得到的棒内抽运光分布。(a)第一组抽运光分布;(b)第二组抽运光分布;(c)第一组与第二组抽运光分布差值

Fig. 3 Contour patterns of absorbed pump radiation in laser rod. (a) pumped by one of the pump groups; (b) pumped by another pump group; (c) the difference of absorbed pump radiation between the two pump groups

由图 3 可知,棒内吸收抽运光强度值大于 50% 的部分均集中在直径为 1 mm 的圆区域内。由第一组和第二组抽运光分布的差值可知,在棒中心直径为 1 mm 的圆区域内,两组差值基本上为 0,因此两组分时组合抽运对这部分区域内的激活粒子数反转没有不良效果。

3 长脉冲激光二极管抽运固体激光器实验研究

对 $\Phi 3 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 的 Nd:YAG 棒开展长脉冲实验研究。实验中采用可调节温度的水冷机对激光二极管和激光棒进行分别冷却。Nd:YAG 激光器

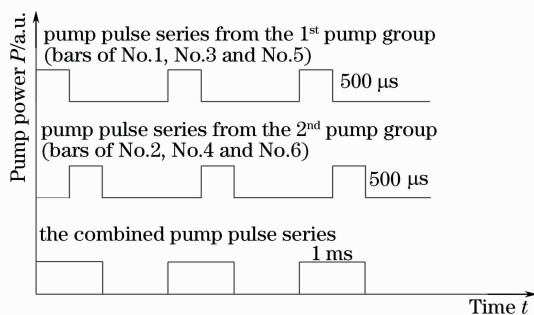


图 2 分时抽运脉冲合成时序图

Fig. 2 Time sequence diagram of time division pumping pulse combination

极管紧密并行组成一个线阵,共 6 个线阵。将 6 个线阵分为两组,编号 1、3、5 为第(1)组,编号 2、4、6 为第(2)组,如图 1 所示,6 个线阵依次排布在直径为 8 mm 的圆上。

由于占空比大于 5%,需要采用水冷,水套玻璃管半径为 2.5 mm,激光二极管所在圆的半径为 4 mm。采用光线追迹得到棒内的抽运光分布如图 3 所示。

的谐振腔长为 66 mm,采用平平腔,输出镜对波长为 $1.06 \mu\text{m}$ 反射率为 95%。由于时间仓促,没有对激光器谐振腔进行优化设计。抽运激光二极管峰值功率为 1200 W ($100 \text{ W} \times 12 \text{ bar}$) 温度为 30°C 时,二极管辐射波长约 805 nm,二极管线阵分布于环形圈,分两组交替排布,两组分别驱动。二极管驱动电源输出电压可自动调节,最大为 25 V,输出电流范围为 0~120 A,重复频率范围为 100~1000 Hz,步进最小为 1 Hz,输出脉宽范围为 100~1000 μs ,步进最小为 1 μs ,共两组驱动,同步工作,相位差在 0~500 μs 范围内可调,步进最小为 1 μs 。

采用阈值法测量 YAG 棒的小信号增益系数。

阈值小信号增益为 0.058 cm^{-1} 。测试抽运二极管脉宽为 1 ms 情况下的激光脉宽情况,如图 4 所示。

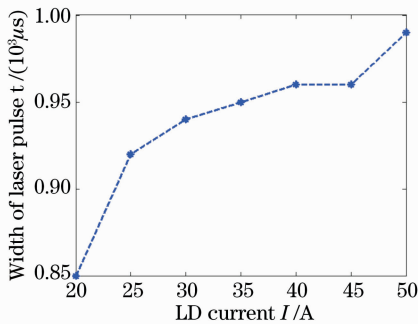


图 4 输出激光脉宽随激光二极管抽运电流的变化情况

Fig. 4 Variation of output laser pulse width with laser diode electric current

从图 4 可以看出,抽运电流从 25 A 增加到 50 A 时,激光脉宽由 $850 \mu\text{s}$ 增加到 $990 \mu\text{s}$ 。这是由激光器自由振荡的时间特性决定的。

图 5 为分时抽运情况下 YAG 自由振荡输出的平均功率随激光二极管抽运电流的变化情况。两组

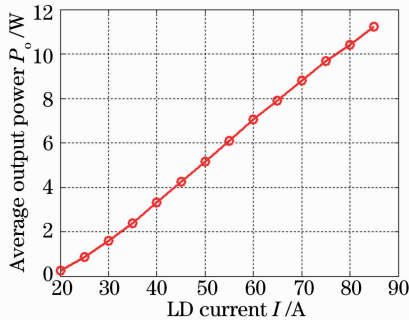


图 5 分时抽运情况下的自由振荡输出的平均功率

Fig. 5 Average output power of free running oscillator under time division pumping

电源分时抽运,即将脉冲宽度均为 $t_p = 500 \mu\text{s}$,重复频率均为 100 Hz 的两组电源相差 $\Delta t = 500 \mu\text{s}$ 时间工作,合成脉冲宽度为 1 ms ,占空比为 10% 的抽运脉冲。抽运电流为 75 A 时,输出激光平均功率为 9.67 W ,光光效率为 18.4% ,输出激光单脉冲能量为 96.7 mJ ;抽运电流为 80 A 时,输出激光平均功率为 10.4 W ,光光效率为 18.6% 。抽运电流为 85 A 时,输出激光平均功率为 11.2 W ,输出激光单脉冲能量 112 mJ 。

4 结 论

报道了采用常规百微秒级高功率脉冲二极管阵列抽运固体激光工作物质获取长毫秒级长脉冲激光输出的方法。将总输出峰值功率为 1.2 kW 的六个二极管线阵分为两组,通过分时抽运 Nd:YAG 棒的方式,获得了脉冲宽度约为 1 ms 的激光输出。抽运电流为 85 A 时,输出激光平均功率为 11.2 W 。由于没有对谐振腔进行优化,而且抽运 YAG 棒时的抽运波长为 805 nm 也不是其最佳吸收波长 (808 nm),因此激光器的光光效率较低。今后可进一步优化改进,提高其效率。

参 考 文 献

- 1 LuYingbin, Gao Jianbo, Qing Guangbi, *et al.*. Electro-optic Q-switched technique for laser diode side-pumped Er: glass lasers [J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, **23**(suppl): 150~152
- 路英宾,高剑波,卿光弼等. 激光二极管侧面抽运钕玻璃激光器的电光调 Q 技术[J]. *中国激光*, 2006, **23**(suppl): 150~152
- 2 Ding Yunfeng, Fu Jie. Research of the characteristics of long-pulse solid state laser [J]. *J. Changchun University of Science and Technology*, 2005, **283**(2): 4~6
- 丁蕴丰,付洁. 长脉冲固体激光器输出特性研究[J], *长春理工大学学报*, 2005, **28**(2): 4~6
- 3 Koechner W. *Solid-State Laser Engineering* [M]. Beijing: Science Press, 2002