

PTM 调 Q 千兆瓦钕玻璃激光装置

吴鸿兴 郭大浩 王声波 戴宇生 夏小平

(中国科学技术大学物理系, 合肥 230026)

提 要

报道 PTM (pulse-transmission-mode) 调 Q 千兆瓦钕玻璃激光装置的技术特色, 总体光路排布, 振荡器及总体输出性能。

关键词 PTM 调 Q, 千兆瓦, 钕玻璃激光。

1 引 言

纳秒脉冲千兆瓦级高功率钕玻璃激光装置, 在激光等离子体脉冲软 X 射线及其在显微术方面的应用研究, 激光材料表面改性处理 (冲击硬化, 非晶化处理) 研究、激光的力学效应及其对材料的破坏机理研究、激光等离子体光谱学及对原子、分子的多光子电离过程的研究等方面均具有重要应用意义。

但目前高功率钕玻璃激光装置宽度为纳秒量级的激光脉冲, 通常都是采用 PRM 调 Q 振荡器输出的较宽的激光脉冲经削波后得到的^[1]。通过削波后, 激光脉冲能量将损失近两个数量级。这样为了能达到足够的脉冲激光能量, 就势必要经过足够多级的激光放大。放大级数的增多, 涉及到光隔离技术及空间滤波技术等, 使得千兆瓦级的高功率钕玻璃激光装置成为一个庞大而复杂的系统, 系统的能量转换效率仅为 10^{-4} 量级。

本装置首次采用了 PTM 调 Q^[2,3] 钕玻璃激光器作为高功率钕玻璃激光装置的振荡级, 直接输出宽度为 ns 量级的激光脉冲通过放大器进行放大, 从而使装置的总体效率提高了近两个数量级, 有效地缩小了整个装置的体积, 降低了造价, 使千兆瓦级高功率钕玻璃激光装置朝着小型化、实用化及商品化方向迈进了一步。

2 装置的组成与总体光路排布

2.1 装置组成

整个装置由 PTM 调 Q 钕玻璃激光装置振荡器、一级钕玻璃激光前置放大器, 两级钕玻璃激光主放大器及扩束望远镜组成。振荡器与前置放大器的钕玻璃棒尺寸为 $\varnothing 8 \times 200$, 采用 $\varnothing 12 \times 200$ 脉冲氙灯泵浦。两级放大器钕玻璃棒尺寸均为 $\varnothing 20 \times 500$, 采用 $\varnothing 20 \times 500$ 脉冲氙灯 (双灯) 泵浦。

考虑到偏振棱镜的破坏阈值较低, 而且要求其必须是双向输出的, 故本装置振荡器电光调 Q 开关采用了偏振膜板。

收稿日期: 1992年3月2日

2.2 装置总体光路排布

整个装置的总体光路排布如图 1 所示.

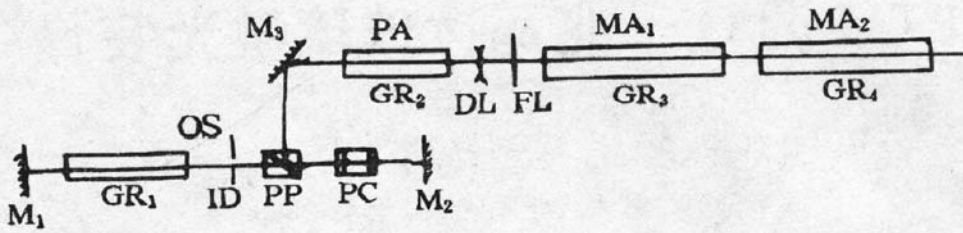


Fig. 1 The scheme of optical path arrangement M-mirror, GR-gain glass rod, PP-polarizing plate, PC-pockels cell ID-hole, DL-divergent lens FL-focusing lens OS-oscillator PA-pre-amplifier, MA-main

2.3 驱动器电路安排

PTM 调 Q 方波高压脉冲驱动器电路如图 2 所示,其中快速开关管 CT 采用冷阴极陶瓷管,上升时间 ~ 2 ns,所需触发脉冲由 ZQM-35/3 型热阴极闸流管给出,它的上升时间 ~ 20 ns. $R_1 = R_2 = 50 \text{ M}\Omega$, $R_4 = R_3 = 50 \text{ }\Omega$, $C = 510 \text{ pf}/16 \text{ kV}$.

在 R_4 上输出一正方波高压脉冲,幅度为 $V_{\lambda/4}$ (冷阴极管上所加电压为 $V_{\lambda/2}$),方波宽度 Δt_0 由成形电缆长宽 l 决定. $\Delta t_0 = 2l/v$, v 为信号在成形电缆中传播速度, $v = 0.2 \text{ m/ns}$.

采用 P6015 探头及 7834 贮存示波器直接测量 R_4 上输出方波高压脉冲波形并由图 3 给出,方波前沿 $t_3 = 2\text{ns}$.

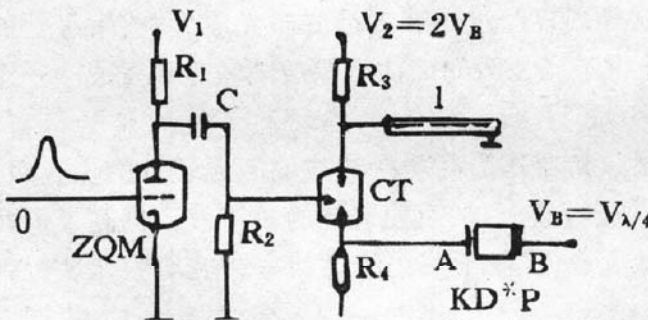


Fig. 2 High-voltage driving pulse generation circuit (ZQM-thyratron, CT-cryotron, l-length of cable)

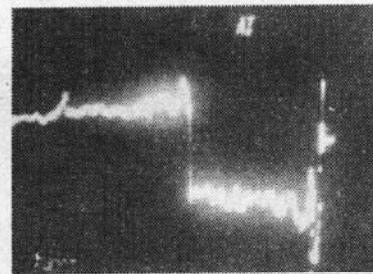


Fig. 3 The wave form of the pulse

3 实验研究

由于本装置采用了偏振膜板,这样虽提高了破坏阈值,振荡器能获得较高功率的激光输出.但由于偏振膜性能要比偏光棱镜差,如格兰·泰勒棱镜消光比可达 $10^{-4} \sim 10^{-5}$,而目前的偏振膜板消光比仅为 10^{-3} 左右.同时由于偏振膜板要达到很高的调整精度也存在一定的困难.因而由偏振膜组成的开关可以达到的 Q 突变量要比由偏光棱镜组成的 Q 开关小,使得 Q 开关处于开启时,腔的损耗不能达到最小.这样激光在腔内形成过程中就可能有部分输出,而当 Q 开关处于关闭时,腔的损耗又无法达到最大,使激光在输出时腔内仍有部分振荡,加上传输电缆终端反馈高压方波的影响,使激光过程变得比较复杂.故必须对高压方波宽度(成形电缆长宽)及泵浦能量密度作更精细的选择.才能获得好的输出结果.图 4(a)~(f)列出了一组在不同高压方波宽度 Δt ,不同泵浦能量密度 W ,值情况下所测得的一组输出激光波形照片.可

以看出,在本装置条件下,在获得较好的输出效果时[图 4(d)],所对应的高压方波宽度 $\Delta t_0 = 280 \text{ ns}$ (成形电缆长 $l = 28 \text{ m}$),泵浦能量密度 $W_p = 51.3 \text{ J/cm}^3$ 。

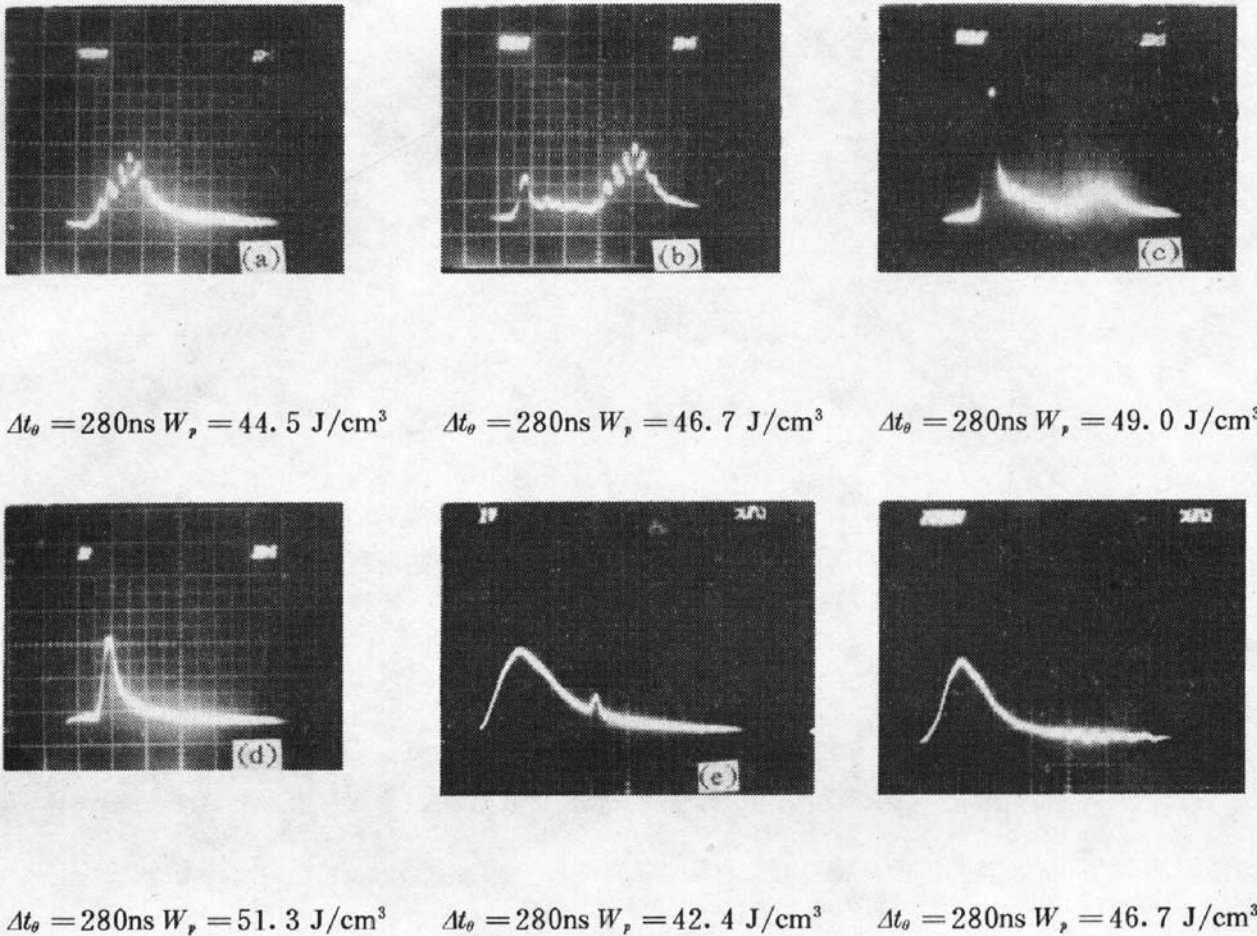


Fig. 4 Output laser wave forms

4 输出性能

4.1 激光脉冲宽度

用 PIN 管光电探测器与 7834 贮存示波器测量,经采用宽度 $\sim 30 \text{ ps}$ 的锁模激光脉冲进行标定, PIN-7834 测试系统的响应时间 1 ns . 测得脉冲宽度 (FWHM): 8 ns .

4.2 激光脉冲能量与峰值功率

所用 PT-1C 平面体吸收新型激光能量计*, 接收口径为 $\varnothing 80$, 测得的脉冲能量: $\geq 13 \text{ J}$; 脉冲峰值功率 $\geq 1.4 \times 10^9 \text{ W}$.

4.3 总体效率

$$\eta \geq 1.4\%$$

4.4 输出稳定度

输出激光脉冲能量的不稳定性 $\leq 5\%$.

4.5 光束发散度

发散度 $\leq 0.35 \text{ mrad}$ (相当于 3.2 倍衍射极限角).

* 获得国家制造计量许可证.

4.6 末级输出场图

图 5(a)、图 5(b)和图 5(c)给出了连续三次发射的末级出场图。

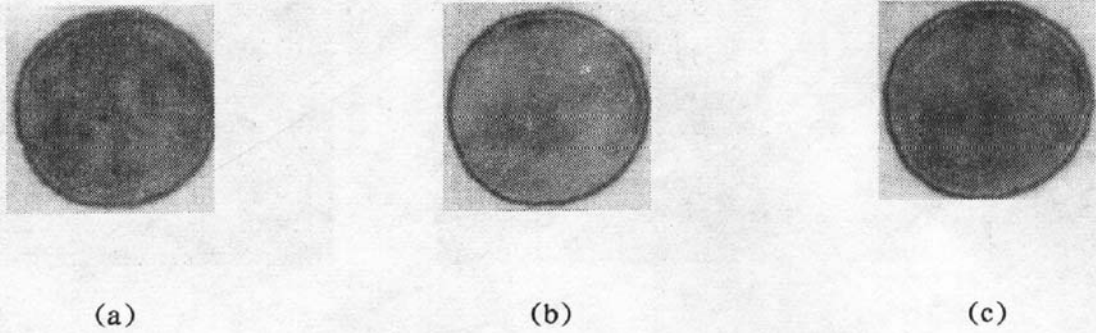


Fig. 5 Output patterns from the final stage

本装置在研制过程中,得到了中国科学院上海光学精密机械研究所、上海激光电源设备厂、张家港市凤凰光学仪器厂、中国科学院安徽光学精密机械研究所等单位有关同志的大力协助,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 吴鸿兴、郭大浩、王声波等, 万兆瓦可调谐窄线宽新型钽玻璃激光装置. 中国科学 A 辑, 1992, (8): 883~889
- [2] 刘佩田、杨德余、陈金春等, PTM 调 Q 红宝石激光器的研究. 中国激光, 1984, 11(4): 208~210
- [3] 张硕卫、谭文琰, 腔倒空激光器. 应用光学, 1985, (1): 37~41

Giga watts Nd:glass laser system with PTM Q-switching

HU Hongxing GUO Dahao WANG Shengbo

DAI Yusheng XIA Xiaoping

(*Dept. of Physics, University of Science & Technology of China, Hefei 230026*)

(Received 2 March 1992)

Abstract

The characteristics of a giga watts Nd:glass laser system with PTM Q-switching, the optical path scheme and its laser output performances are reported in this paper.

Key words pulse-transmission-mode (PTM), Q-switching, giga watts, Nd:glass laser.