

# 双棒串接双声光器件调 $Q$ Nd·YAG 激光器的研究\*

陈 莹 王立新 曾祥江 王伟祥

(北京市激光技术实验室 北京工业大学 北京 100022)

**提要** 研究了一种谐振腔内由氦灯抽运的双 YAG 棒和两个小功率电源同步驱动的双声光器件串接的调  $Q$  Nd·YAG 激光器, 给出了谐振腔的最佳腔长和最佳输出镜的透过率, 最大激光平均功率达到 110 多瓦。研究了在不同调  $Q$  重复频率下的激光输出特性。

**关键词** 双棒谐振腔, 声光调  $Q$ , Nd·YAG 激光器

声光调  $Q$  Nd·YAG 激光器以其高重复频率、高峰值功率在国内工业加工中得到了应用, 如打标、雕刻、轧辊毛化等等。激光器的功率一般在 20~30 W, 为单棒加一个声光器件的腔型结构。为了提高功率, 本文中研究的激光器, 谐振腔内用双 YAG 棒串接, 由两个小功率电源驱动的声光器件作为调  $Q$  器件。文中对此激光器的腔型结构及输出特性进行了分析及实验研究。

## 1 谐振腔型结构



图 1 双棒双声光器件谐振腔示意图

Fig. 1 Diagram of the resonator with two YAG rods and two AO  $Q$ -switches

多棒串接的谐振腔以对称腔<sup>[1]</sup>为最佳工作状态, 在采用平-平腔型时, 两根棒中心之间的距离应为平面镜到棒的中心距离的两倍, 这样可提高输出功率而不降低其光束质量。双棒串接加双声光器件也采用这种腔型结构。两支棒为  $\phi 6 \text{ mm} \times 125 \text{ mm}$ , 每支棒由双氦灯抽运, 两个声光器件分别放置于两反射镜附近, 见图 1。

最佳腔长的选择从三个方面即谐振腔稳定区<sup>[2]</sup>、输出光束特性<sup>[3]</sup>及声光和光束的匹配角度进行了综合考虑, 取为 1300 mm。

## 2 声光调制信号的同步

两个声光器件各自有一驱动源, 所以用两个声光器件放入同一谐振腔内进行调  $Q$ , 首要

\* 北京市科技新星计划资助项目。

问题必须解决各自调制信号不同步问题。

在调 Q 激光器的工作方式中, 当高频信号注入声光器件时, 激光器的 Q 值很低, 不能形成激光振荡, 当加入一个千赫兹量级的低频调制信号, 使谐振腔中的 Q 值相应地高、低交替时, 便会有高重复率的调 Q 激光巨脉冲输出。所以两台声光驱动源共用一个低频调制信号, 成为解决问题的关键, 实施步骤见图 2。

实验证明, 用同步控制改造后的两个声光器件, 比用改造前的输出激光平均功率提高了两倍多。

### 3 输出镜透过率的选取

单棒连续和调 Q 激光器的最佳透过率  $T$  为 15%

和 20%, 当两根棒串接时总的输入功率增加了, 必须降低输出镜的反射率, 即提高透过率。我们分别用透过率为 25%, 30%, 40% 的输出镜进行了实验。在重复频率  $F$  为 5 kHz 时, 随抽运功率的变化, 测试了输出激光平均功率  $P_{av}$  和脉宽  $\Delta t$ , 由公式(1) 求得峰值功率  $P_p$ , 见图 3

$$P_p = \frac{P_{av}}{\Delta t \times F} \tag{1}$$

由图 3 中可见透过率为 30% 时能得到最大的输出激光峰值功率。

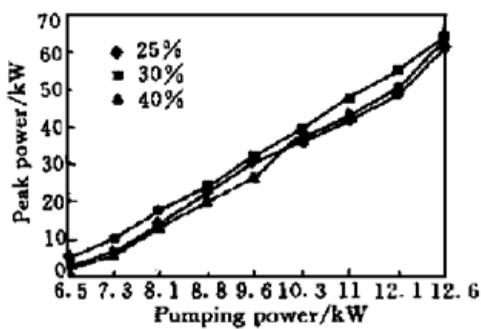


图 3 不同输出镜透过率下, 输出激光峰值功率随抽运功率的变化

Fig.3 Variation of the peak power with the pumping power, in various transmissivity

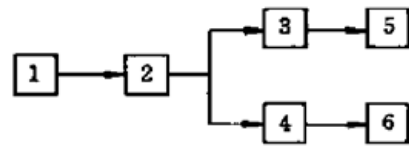


图 2 两台声光电源同步改造后的工作框图  
1: 2~ 5 V 电压信号; 2: 低频信号; 3: 第 1 个声光调 Q 驱动源; 4: 第 2 个声光调 Q 驱动源; 5: 第 1 个声光 Q 开关; 6: 第 2 个声光 Q 开关

Fig.2 Operation block diagram of the two synchronized AO Q-switching drivers

1: a positive two to five volts DC; 2: low frequency signal; 3: first AO Q-switching driver; 4: second AO Q-switching driver; 5: first AO modulator; 6: second AO modulator

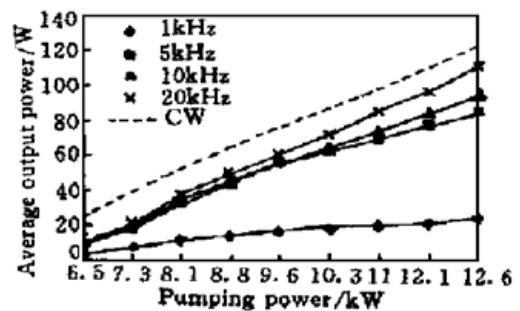


图 4 在连续和调 Q 工作方式时输出功率随抽运功率的变化

Fig.4 Variation of the average output power with the pumping power, in CW and Q-switching operation

### 4 激光输出特性研究

调 Q YAG 激光器在腔长 1300 mm, 输出镜透过率为 30% 情况下, 测试了一组四种重复频率下, 激光平均功率、脉冲宽度随抽运功率变化的数据。

图 4 中虚线为腔内所有光学件在光路准直的情况下, 关闭声光电源, 测得的连续激光功率值, 其余分别为激光重复频率为 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz 和 20 kHz 时的输出激光平均功率。在 5 kHz 以上, 接近于连续输出状态, 随着抽运功率的增加, 输出激光平均功率也随之增加。输出激光脉宽见图 5, 从 1~ 10 kHz 相应某一重复频率, 脉宽在增加, 且随抽运功率的增加, 脉宽变

小,变化规律十分明显。但是经实验测试在 20 kHz, 25 kHz(图中未标出)时,脉宽随抽运功率变化不大。

图 4, 5 中的数据经过公式(1)的计算,得到逐点的峰值功率,见图 6。可见随着抽运功率的增加,重复频率的降低,峰值功率在逐渐增大,在抽运功率为 12.6 kW(两个聚光腔中氪灯的抽运功率之和)时,达到最大值。

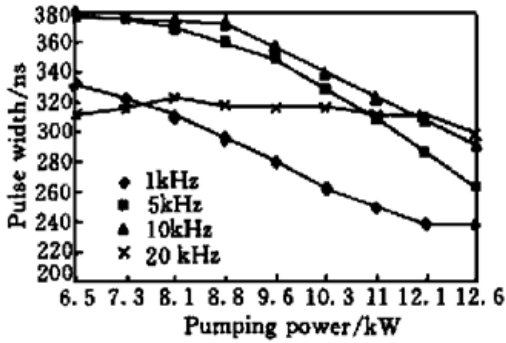


图 5 不同重复频率下脉宽随抽运功率的变化

Fig. 5 Variation of the pulse-width with the pumping power, in various repetition rates

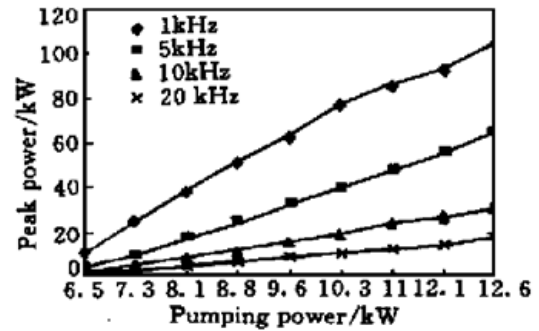


图 6 不同重复频率下激光峰值功率随抽运功率的变化

Fig. 6 Variation of the peak power with the pumping power, in various repetition rates

输出激光模式为多模。发散角用“套孔法”测量,测得激光输出能量为总能量的 86.5% 时的两个孔径及间隔,得到在重复频率为 20 kHz, 氪灯注入电功率为 12.6 kW 时,发散全角大约为 6 mrad。用功率计监测激光输出,得出激光功率不稳定性为  $\pm 2.5\%$ 。

### 参 考 文 献

- 1 K. P. Driedger, R. M. Iffländer, H. Weber. Multirod resonators for high-power solid-state lasers with improved beam quality. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1988, **24**(4): 665~ 674
- 2 Chen Ying, Yang Shengyi. Analysis and calculation of two-rod Nd:YAG-Q-switch-laser resonator. *Journal of Beijing Polytechnic University* (北京工业大学学报), 1998, **24**(1): 60~ 64 (in Chinese)
- 3 Yao Jianquan, Ning Xifa. Methods and experiments for dealing with the solid state laser beam with lower order mixing modes by Gaussian-like distribution. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1984, **4**(3): 271~ 277 (in Chinese)

## Research of the Q-switched Nd:YAG Laser with Two-YAG Rods and Two-AO Q-switches

Chen Ying Wang Lixin Zeng Xiangjiang Wang Weixiang

(Beijing Laboratory of Laser Technology, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022)

**Abstract** A Q-switched Nd:YAG laser with two YAG rods pumped by krypton arc lamps and two AO Q-switches driven synchronistically by lower power was investigated. The best length of the resonator and transmissivity of the mirror were given. The maximum average output power was over 110 W. And the properties of the output laser were studied in various repetition rates.

**Key words** two-YAG rod resonator, Q-switch, Nd:YAG laser