

文章编号:1001-5078(2006)02-0102-02

# 5kHz 电光调 Q LD 端面泵浦 Nd:YVO<sub>4</sub> 绿光激光器

宋 标<sup>1</sup>, 吴路生<sup>2</sup>

(1. 南京信息工程大学物理系, 江苏 南京 210044; 2. 中国科学院安徽光学精密机械研究所, 安徽 合肥 230031)

**摘 要:**文章介绍了连续二极管激光器(LD)端面泵浦 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体, 在 200 ~ 5000Hz 电光调 Q 的情况下的激光输出特性。当二极管输入电流在 25A(约 10W), 电光 Q 开关重复率为 1kHz 时, 532nm 激光的平均输出功率为 28mW, 脉宽为 20ns。并对实验结果进行了分析和讨论。

**关键词:**激光技术; LD 端面泵浦; 电光调 Q 激光器; 高重复率

**中图分类号:** TN248.1 **文献标识码:** A

## LD End-pumped Actively Electro-optic Q-switching Green Lasers With Pulse Repetition Rate up to 5kHz

SONG Biao<sup>1</sup>, WU Lu-sheng<sup>2</sup>(1. Department of Physics, Nanjing University of Information & Technology, Nanjing 210044, China;  
2. Anhui Institute of Optics and Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

**Abstract:** The characteristic of a continuous-wave(CW) laser diode(LD) end-pumped Nd:YVO<sub>4</sub> crystal electro-optic Q-switching with pulse repetition rate from 20 to 5000 Hz laser is presented in this paper. With 25A (about 10W) of the incident pump laser current and 1kHz of pulse repetition rates, Q-switching 532nm laser with average power of 28mW and pulse width of 20ns is obtained. And experimental results are discussed.

**Key words:** laser technology, LD end-pumped, Q-switching laser, high repetition rates

### 1 引 言

连续泵浦千赫兹电光调 Q 输出的全固态激光器在工业、农业、国防、科技、医疗等方面有着广泛的用途, 而且还可以作为其他激光器的泵浦源, 如现在应用广泛的紫外激光器等。因此研究这种千赫兹级电光调 Q 的激光器输出特性具有重要的意义。

在国内, 半导体抽运 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体输出功率已经达到 14.85W 以上<sup>[1]</sup>, 腔内倍频获得连续绿光输出 5W 以上, 1kHz 电光调 Q 输出 1064nm 达 100mW, 脉冲宽度为 20ns<sup>[2]</sup>。本文报道用连续输出为 15W 的国产激光二极管泵浦 Nd:YVO<sub>4</sub> 固体激光器时连续输出和连续泵浦高重复率调 Q 的实验结果和理论分析结果。

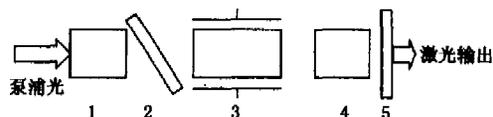
### 2 实验装置

实验装置采用直腔式, 如图 1。整个激光器实验装置主要由通过光纤耦合的泵浦源 LD、Nd:YVO<sub>4</sub> 激光晶体、BP(为布鲁斯特窗)、BBO 晶体(为 Q 开关)、LBO 晶体、输出镜以及电源组成。实验中, LD 为国产连续输出的激光二极管, 工作温度在 25℃ 时的中心波长是 808nm。LD 的输出采用单光纤耦合

方式, 这种光纤输出的光束质量好, 在激光介质中形成圆对称横向分布, 有利于 1064nm 激光横模的改善。激光介质是一块 3 × 3 × 5mm<sup>3</sup> a-切割的 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体, 掺杂 Nd<sup>3+</sup> 的浓度为 0.5%, 面向光纤的一端面镀 1064nm 全反和 808nm 高透膜, 并作为谐振腔全反镜; 另一端面镀 1064nm 增透膜, 晶体放在导热性能良好的热沉上。BP 布氏片置于腔内, 与腔体轴线的夹角为布儒斯特角, 在腔中增加起偏度。倍频晶体 LBO 的长度是 3 × 3 × 12mm<sup>3</sup>, 放置在 BP 布氏片和输出镜之间的光斑束腰位置处, 实现腔内倍频<sup>[3-5]</sup> 1064/532nm 激光输出, 并且对 LBO 晶体进行温度控制, LBO 晶体端面镀有 1064nm/532nm 双色增透膜, 采用腔内 I 类相位匹配。OC(Output Coupler)是输出腔片, 镀有 1064nm 全反和 532nm 高透膜, 与 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体的人射面构成谐振腔, 腔长为 125mm。

作者简介: 宋 标(1977-), 男, 助教, 硕士, 南京信息工程大学任职, 主要从事全固态固体激光器的研究及应用。E-mail: biao@nuist.edu.cn

收稿日期: 2005-05-22; 修订日期: 2005-08-22



1. Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体;2. 布儒斯特片;3. 电光调 Q;4. LBO 晶体;5. 输出片  
图1 实验装置示意图

### 3 实验结果与处理

#### 3.1 532nm 连续输出

首先将调 Q 晶体从谐振腔取出,构成连续腔内倍频工作方式。调整好倍频晶体 LBO 的位置和角度,使得倍频效率处于最佳状态。同时,滤去剩余的 808nm 和 1064nm,用激光功率计测量绿光连续输出功率随泵浦强度变化的关系(图 2)。

从图 2 中我们能看到,在泵浦功率为 9.42W 时,绿光连续输出功率最大可达 0.45W,总的光—光转换效率为 4.8%。当泵浦功率升高 8W 以后,532nm 连续输出的功率增长变慢。其原因可能来自两个方面:一是泵浦功率加大导致激光晶体的温度升高,进而导致 1064nm 功率降低,致使倍频效率下降;二是泵浦功率加大,1064nm 功率随之增大,导致 LBO 晶体的温度变化,引起相位匹配条件的变化,致使倍频效率下降。

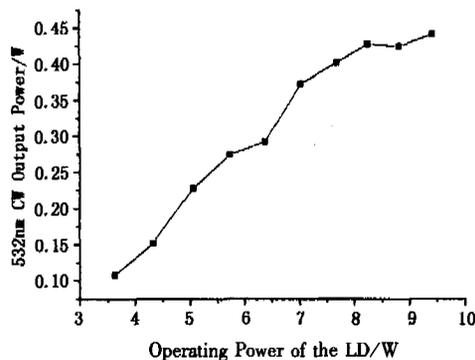


图2 532nm 连续输出功率与泵浦功率之间的关系

#### 3.2 532nm 脉冲输出

实验过程是先插入 BBO Q 开关,反复调整 Q 开关和倍频晶体 LBO 的位置和角度,使得倍频输出最强。然后调整 Q 开关将谐振腔锁死,将 Q 开关的重复率调为 1kHz,打开调 Q 高压驱动电源,反复调整腔内各元件,直到得到脉冲皮形稳定、输出功率最大、调 Q 效果较好的 532nm 激光输出为止。

滤去 1064nm 和 808nm,测得的 532nm 脉冲输出功率随泵浦功率变化的关系(图 3)。从图中不难看出,在泵浦功率比较低的情况下,532nm 脉冲输出基本上呈线性关系;在大功率泵浦的情况下,输出功率出现了起伏变化的现象,而且振荡周期接近于 1.2W。具体的理论研究工作正在进行中。

输出激光用 GT-106 型 PIN 快速硅光二极管接收,500MHz (TDS 220 型)数字示波器进行显示和测量,可以获得激光的脉冲宽度及其变化规律。图 4 是在重复率为 1kHz 时,脉冲宽度随输入电流的变

化关系,随着输入电流的增大,脉宽逐渐减小,根据激光调 Q 原理,这一实验结果不难理解,这里不再赘述。当重复率在 200 ~ 5000Hz 之间变化时,我们都获得了单脉冲的调 Q 激光,未出现多脉冲现象。图 4 是输入电流为 25A 时典型的输出的激光脉冲波形,脉宽为 20ns。

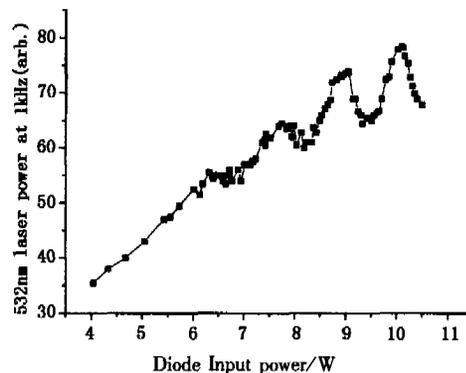


图3 532nm 激光脉冲输出功率与泵浦功率的关系

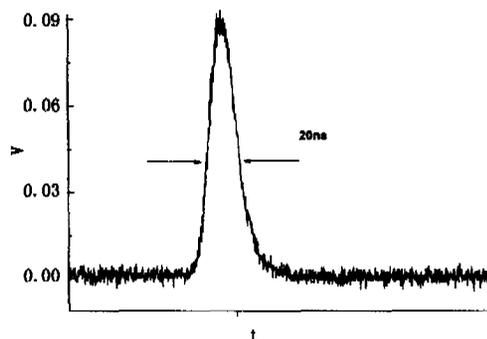


图4 1064nm 激光输出的脉冲波形

### 4 结论

实现了 LD 端面泵浦 Nd:YVO<sub>4</sub> 高重复率电光调 Q 脉冲输出 532nm 的激光,重复率在 200 ~ 5000Hz 之间都能得到较好单脉冲输出波形。在电流为 25A, Q 开关重复率为 1kHz 时,获得最大输出脉冲功率达 28mW,最小脉冲宽度为 20ns。实验部分是在中国科学院安徽光学精密机械研究所完成的。

#### 参考文献:

- [1] Zhang Hongrui, et al. High Power Diode-end-pumped Nd:YVO<sub>4</sub> Laser [J]. Chinese J. Lasers, 2004, 31(1): 19-21.
- [2] Song Biao, et al. LD-pumped Actively Electro-optic Q-switching Lasers With Pulse Repetition Rates up to 5 KHz [J]. Chinese Journal of Quantum Electronics, 2004, 21(1): 15-17.
- [3] He Jingliang, et al. LD Pumped Nd:YVO<sub>4</sub>/LBO Intracavity Frequency Doubling Over 1-W Green Output Laser [J]. Acta Optica Sinica, 1998, 18(7): 862-865.
- [4] G D Goodno, Z Guo, et al. Investigation of  $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as a Q switch for high power applications [J]. Appl. Phys. Lett., 1995, 66(13): 1575-1577.
- [5] Chris A Ebers. Linear electro-optic effect in  $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> [J]. Appl. Phys. Lett., 1988, 52(23): 1948-1949.