

文章编号: 1007-5461(2004)01-0015-03

LD 泵浦 5 kHz 电光调 Q 的 Nd:YVO<sub>4</sub> 激光器

宋 标, 马明俊, 黄 晔, 王纪光, 吴路生

( 中国科学院安徽光学精密机械研究所, 安徽 合肥 230031 )

**摘 要:** 本文描述了连续二极管激光器 (LD) 端面泵浦 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体, 在 200~5000 Hz 电光调 Q 的情况下, 激光输出特性的研究. 当二极管输入电流在 25 A(约 10 W), 电光 Q 开关重复率为 1 kHz 时, 1064 nm 激光的平均输出功率为 160 mW, 脉宽为 20 ns. 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:** TN248.2<sup>+</sup>      **文献标识码:** A

## 1 引 言

连续泵浦千赫兹级电光调 Q 输出的全固化激光器在工业、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非常重要的意义.

1995 年 Ebberts 和 Velsko 利用 KTP 作为电光调 Q 晶体进行了实验研究工作<sup>[1]</sup>. 与此同时, Goodno 等把 BBO 作为电光调 Q 晶体, 在 6 kHz 情况下分别进行了氙灯和二极泵浦 Nd:YLF 的对比研究<sup>[2]</sup>. Wu 等在 1998 年进行了二极管阵列泵浦 Er:Glass 激光器的研究工作, 实现了 BBO 电光调 Q、1 kHz 脉冲输出 30 mJ 的激光, 脉宽为 30 ns<sup>[3]</sup>. 赵鸿、王卫民等分别用二极管和 QCW 激光二极管侧泵浦 Nd:YAG, 在重复频率为 200 Hz、1 kHz 的情况下, 分别实现了 29.7 mJ 和 0.712 mJ、脉宽 6.4 ns 和 10 ns、1064 nm 的电光调 Q 激光输出<sup>[4,5]</sup>.

我们采用 CW 二极管端面泵浦 Nd:YVO 晶体, 进行了 BBO 的电光调 Q 的实验研究, 获得 1064 nm 连续输出功率 1.24 W、重复频率为 1 kHz 时, 脉冲平均输出 160 mW、脉宽为 20 ns 的激光.

## 2 实验装置

激光器采用二极管端面泵浦、直腔式结构, 实验装置如图 1 所示. LD 为国产的连续激光二极管, 工作温度为 25 °C, 中心波长为 808 nm, LD 的输出采用单光纤直接耦合到激光晶体中, 这种光纤输出的光束

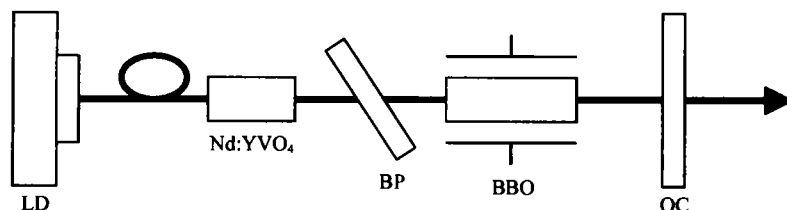


Fig.1 Configuration of EO Q-switched and LD pumped Nd:YVO<sub>4</sub> laser

收稿日期: 2003-06-25; 修改日期: 2003-08-18

E-mail: sb0103@hotmail.com

质量好,在激光介质中形成圆对称横向分布,有利于 1064 nm 激光横模的改善.激光介质是一块  $3\text{ mm} \times 3\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  的 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体,掺杂浓度为 0.5%at,面向光纤的端面镀 1064 nm 全反和 808 nm 高透膜,并作为谐振腔全反镜;另一端面镀 1064 nm 增透膜,晶体放在导热性能良好的热沉上. BP 为布氏片,在腔中增加起偏度.调 Q 晶体为 BBO,两端面镀增透膜,采用横向加压式工作,高压脉冲幅度 3.6 kV,宽度约 2  $\mu\text{s}$ ,上升沿为 1.5 ns,重复率在 200~5000 Hz 之间连续可调. OC 是输出腔片,与 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体的入射面构成谐振腔,腔长是 125 mm.

### 3 实验结果及分析

连续增加 LD 的泵浦功率,同时在输出端滤除 808 nm 的剩余泵浦光,采用 LPE-1B 激光功率计,分别在空腔和不同镀膜的输出腔片 (HR 分别为 92%、94%) 情况下测量 1064 nm 激光的连续输出功率 (如图 2),阈值分别为 11.0 A (1.7 W)、12.0 A (约 2.15 W)、12.5 A (约 3.4 W). 当电流为 25 A (约 10 W) 时,三种情况的连续输出最大功率分别是 1.32 W、1.04 W 和 1.24 W. 图中的曲线 B 是在没有插入调 Q 晶体 (BBO) 的情况下的输出功率曲线,基本上是线性上升的;曲线 C、D 是插入电光调 Q 晶体 (BBO) 但还没有调 Q 时的情况,曲线的线性度较差,在输入电流比较低的情况下,呈直线上升,当电流增大到一定的时候,输出功率反而降低,这是因为激光晶体的温升产生了热致双折射,引入了附加相位差,从而增加了腔内损耗,导致输出降低,不呈线性.

图 3 是输出腔片反射率为 94% 的 1 kHz 调 Q 脉冲输出功率曲线图. 随着泵浦功率的增大, 1064 nm 的脉冲激光输出也相应的增大,在输入电流为 25 A 时,最大输出功率达 160 mW. 曲线同样也有起伏现象,同样是由于上述原因所引起的.

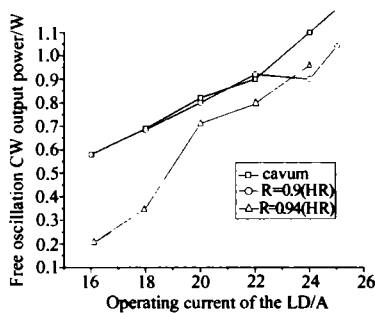


Fig.2 Relations of the free oscillation CW output power with the operating current of the LD

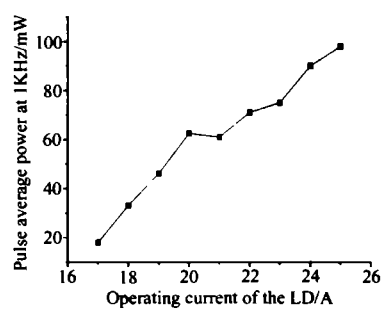


Fig.3 The pulse average power at 1 kHz with the operating current of the LD

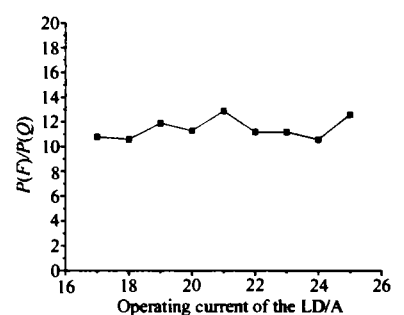


Fig.4 The ratio of the CW and pulse average power with the operating current of the LD

实验中我们注意到: 1064 nm 连续输出功率和调 Q 脉冲平均功率的比值近似一常数. 图 4 为该比值随泵浦强度的变化曲线. 从这个曲线可以看出, 在重复率为 1 kHz, 输出反射率为 94%(HR) 时, 该常数约为 12. 不难看出, 这一比值跟 Q 开关周期与 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体的上能级寿命的比值十分接近. 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, 500 MHz (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 5 是在重复率为 1 kHz 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 200~5000 Hz 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 6 是输入电流为 25 A 时典型的输出的激光脉冲波形, 脉宽为 20 ns.

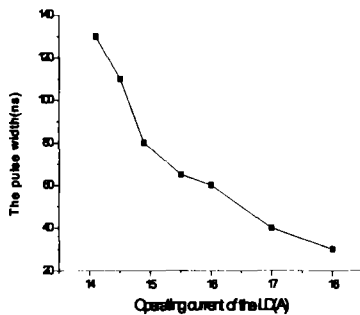


Fig.5 Curve of the pulse width with the operating current of the LD

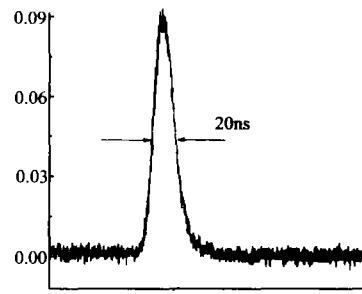


Fig.6 20 ns pulse width at 1 kHz with 25 A

## 4 结 论

实现了 LD 端面泵浦 Nd:YVO 高重复率电光调 Q 脉冲输出 1064 nm 的激光, 重复率在 200~5000 Hz 之间都能得到较好单脉冲输出波形。在电流为 25 A, Q 开关重复率为 1 kHz 时, 获得最大输出脉冲功率达 160 mW, 最小脉冲宽度为 20 ns。

## 参考文献

- [1] Ebberts C A, Velsko S P. High average power KTiOP<sub>4</sub> electro-optic Q-switch [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1995, 67(5): 593-595.
- [2] Goodno G D, 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.
- [3] Wu Ruihun, Myers J D, Hamlin S J. 1 kHz BBO E/O Q-switched diode pumped Er:glass laser experiment [C] // *Photonics West, Laser'98, High-Power Lasers and Applications, Solid state Lasers VII, SPIE*, 1998, 3265(10).
- [4] Zhao Hong, et al. Diode-pumping Q-switching 200 Hz TEM<sub>00</sub>-mode Nd:YAG laser [J]. *Chinese Journal of Lasers* (中国激光), 2000, 27(11): 965-964 (in Chinese).
- [5] Wang Weimin, et al. Diode-side-pumping 1 kHz single transverse mode electro-optic Q-switched laser [J]. *High Power Laser and Particle Beams* (强激光与粒子束), 2000, 12(1): 5-7 (in Chinese).

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

SONG Biao, MA Ming-jun, HUANG Ye, WANG Ji-guang, WU Lu-sheng  
(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

**Abstract:** The characteristic of a continuous-wave (CW) laser diode (LD) end-pumped Nd:YVO crystal electro-optic Q-switching with pulse repetition rate from 20 to 5000 Hz laser is presented in this paper. With 25 A (about 10 W) of the incident pump laser, 1 kHz of pulse repetition rates, Q-switching 1064 nm laser with average power of 160 mW, pulse width of 20 ns is obtained. The experimental results are analyzed and discussed.

**Key words:** laser techniques; LD end-pumped; Q-switching laser; high repetition rates

**作者简介:** 宋 标 (1977 -), 男, 中国科学院安徽光机所在读硕士研究生, 主要从事全固化固体激光器的研究及应用。