

文章编号: 0258-7025(2006)Supplement-0150-03

# 激光二极管侧面抽运钕玻璃激光器的 电光调 Q 技术

路英宾, 高剑波, 卿光弼, 陈德章, 刘 韵, 兰 戈  
(西南技术物理研究所, 四川 成都, 640041)

**摘要** 调 Q 钕玻璃激光器的直接应用就是人眼安全激光测距。报道了激光二极管(LD)侧面抽运的钕玻璃激光电光调 Q 实验的初步结果。LiNbO<sub>3</sub> 电光调 Q 得到 5.5 mJ, 脉宽 94 ns, 重复频率 0.5 Hz 的脉冲输出。实验表明, 调 Q 延时、抽运速率和材料中离子浓度是影响输出脉宽的关键因素。

**关键词** 激光技术; 钕玻璃; 电光调 Q; LiNbO<sub>3</sub> 晶体

**中图分类号** TN248.1 **文献标识码** A

## Electro-Optic Q-Switched Technique for Laser Diode Side-Pumped Er:Glass Lasers

LU Ying-bin, GAO Jian-bo, QING Guang-bi, CHEN De-zhang, LIU Yun, LAN Ge  
(Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu, Sichuan 640041, China)

**Abstract** Q-switch erbium glass lasers have important application in eye-safe laser range finder. laser diode (LD) side-pumped erbium glass laser electro-optic Q-switch experiment is reported in this paper. An Q-switched laser pulse with energy of 5.5 mJ, pulse width of 94 ns, and repetition rate of 0.5 Hz is obtained. Experiment indicate that Q-switch delay time, pump rate and ion concentration are the major factors influencing the pulse width.

**Key words** laser technique; erbium glass; electro-optic Q-switched; LiNbO<sub>3</sub> crystal

### 1 引 言

近年来,激光二极管(LD)抽运的调 Q 钕玻璃激光器被广泛研究。因为钕玻璃激光器输出波长为 1.54 μm 的激光,该波段的激光具有人眼安全和处于大气通信窗口的特点,因此在激光测距、激光雷达、环境检测等方面有广泛应用。本文就电光调 Q 技术进行了实验研究。

### 2 原 理

利用铌酸锂(LiNbO<sub>3</sub>, LN)晶体的电光效应,制成泡克耳斯盒作为 Q 开关<sup>[1]</sup>。由于 1.54 μm 激光的偏振片制作困难,在此我们直接以布儒斯特角入射和出射 LiNbO<sub>3</sub> 晶体的方式获得线偏振光,如图 1 所示。

实验采用激光二极管面阵直接侧面抽运钕玻璃

板条,腔长 25 cm,实验装置如图 2 所示。

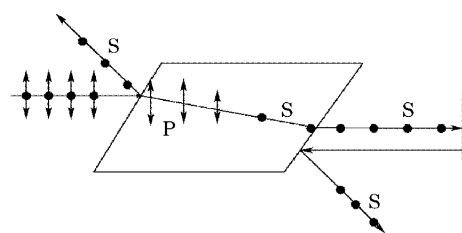


图 1 加横向半波电压后光在 LiNbO<sub>3</sub> 晶体中的传播光路  
Fig. 1 Light transmitting in LiNbO<sub>3</sub> crystal

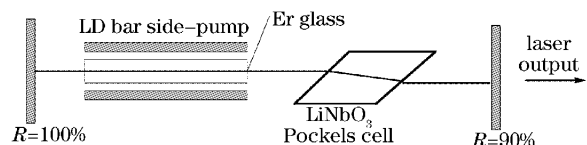


图 2 直线谐振实验装置示意图  
Fig. 2 Straight resonator configuration for Q-switched erbium glass laser

**作者简介:** 路英宾(1978—),男,西南技术物理研究所硕士研究生,助理工程师,主要从事固体激光器件的研究。  
E-mail: booklyb@163.com

采用中国科学院半导体研究所研制的 20 bar, 40 W 准连续阵列, 总峰值功率 800 W, 在 25 °C 时, 中心波长为 960 nm, 谱宽(FWHM)为 4 nm, 温漂系数为 0.3 nm/°C, 电光效率为 40%。每个面阵 10 bar, 发光面积为 3 mm×20 mm。钇玻璃材料离子数浓度分别为  $2.15 \times 10^{21}/\text{cm}^3$  ( $\text{Yb}^{3+}$ );  $1.87 \times 10^{19}/\text{cm}^3$  ( $\text{Er}^{3+}$ )。

### 3 结果与讨论

实验中未插入  $\text{LiNbO}_3$  晶体时长脉冲可以输出 50 mJ, 插入  $\text{LiNbO}_3$  晶体长脉冲输出 30 mJ。采用闸流管退压调 Q, 可以获得调 Q 脉冲 5.5 mJ。

在抽运脉宽为 5 ms 时, 调 Q 延时和输出脉宽的关系, 如图 3 所示, 调 Q 延时  $T_d$  时间的零点从抽运脉冲的下降沿算起。

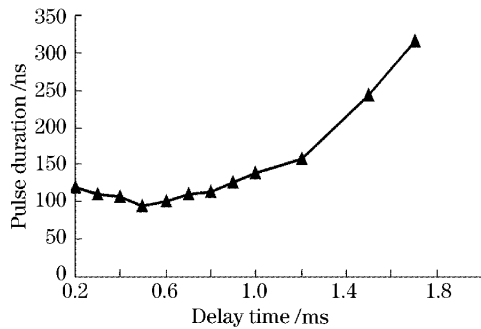


图 3 脉宽随调 Q 延时的变化关系

Fig. 3 Pulse duration versus delay time

用 Tektronix(泰克)公司的 P6703A 光电转换器和数字储存示波器测量, 在调 Q 延时  $T_d = 500 \mu\text{s}$  时获得 94 ns, 5.5 mJ 的巨脉冲输出。波形如图 4 所示。在调 Q 延时  $T_d > 700 \mu\text{s}$  或者  $T_d < 500 \mu\text{s}$  时输出能量明显下降。在钇玻璃材料中, 抽运能量从 Yb 离子传输到 Er 离子需要约  $500 \mu\text{s}$  的时间<sup>[2]</sup>, 这就决定了钇玻璃激光的脉冲建立时间在抽运结束

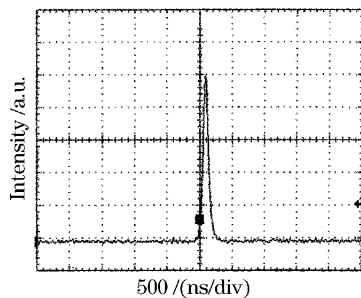


图 4 调 Q 输出脉冲波形

Fig. 4 Waveform of the Q-switched pulse

后 500~700  $\mu\text{s}$  的时间内, 这就暗示如果 Q 开关在这段时间内打开, Er 的反转粒子数最多, 激光器的增益在这段时间内为最大, 输出脉宽随增益的增大而变窄。如果  $T_d < 500 \mu\text{s}$ , 材料中 Yb 离子还没有来得及将足够的能量传递给 Er 离子, Er 的反转粒子数没有达到最大值, 一部分抽运能量还储存在 Yb 离子内, 导致输出能量下降。如果  $T_d > 700 \mu\text{s}$ , 也就是 Q 开关未打开前, 由于 Er 的自发辐射致使反转粒子数开始下降, 因而增益下, 降脉宽变大。

实验中还发现在  $T_d > 700 \mu\text{s}$  时也偶尔有双脉冲出现(图 5), 即在第一个脉冲 1000  $\mu\text{s}$  后面还出现一个小尖峰脉冲, 这种现象是由于实验采用的材料中 Er 离子浓度相对较低, 抽运能量主要存储在 Yb 离子内, 并且在长脉宽抽运过程中, 能量由 Er 向 Yb 反向传递也在进行<sup>[3]</sup>, 在 Q 开关打开后 Er 的上能级粒子数迅速消耗, 在 Q 开关还没有完全关断时又有一部分能量从 Yb 传递到 Er, 使得 Er 又处于粒子数反转状态, 重新起振, 从而形成一个小尖峰脉冲输出。如果适当增加材料中 Er 的浓度, 使得第一个脉冲输出后材料储存的大量能量被消耗, Yb 中剩余能量只能以其他形式辐射出去, 就可以抑制多脉冲现象。另外, 随着抽运能量的增加, 调 Q 脉宽变小。

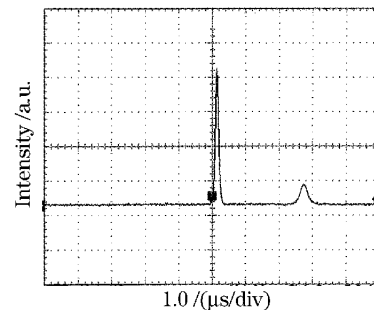


图 5 典型的双脉冲波形

Fig. 5 Double pulse waveform

同时, 还研究了不同抽运脉宽时的输出特性, 如表 1 所示。

表 1 不同抽运脉宽的输出情况

Table 1 Pump pulse width versus output instance					
Pump width / ms	3	3.5	4	4.5	5
Output pulse width / ns	93	93	94	94	108
Multipulse / yes or no	no	no	no	yes	more

抽运脉宽也是影响脉冲宽度的重要因素, 对于激光二极管, 提高抽运能量又与抽运脉宽是矛盾的, 如果采用短脉冲抽运, 只有提高激光二极管的峰值

功率,才能保证足够的抽运速率。实验结束后,发现LiNbO<sub>3</sub>晶体表面有被损伤的痕迹,这直接导致后来器件输出水平的严重下降。当输出耦合由90%变为80%时输出能量变大。缩短谐振腔的长度也可以在一定程度上降低输出脉宽。

#### 4 结 论

电光调Q铟玻璃激光器输出特性与铟玻璃材料本身、调Q延时及抽运速率都有关系。优质的铟玻璃材料是影响铟玻璃激光器性能好坏的关键。增加抽运功率密度,增加铟玻璃材料的增益系数,采用

对1.54 μm的激光损伤阈值较高的BBO晶体是以后工作应该考虑的。

#### 参 考 文 献

- 1 W. Koechner. Solid-State Laser Engineering [M]. Beijing: Science Press, 2002. 58  
W. 克希耐尔. 固体激光工程 [M]. 北京: 科学出版社, 2002. 58
- 2 Raikun Wu, J. D. Myers, M. J. Myers *et al.*. Fluorescence lifetime and 980 nm pump energy transfer dynamics in erbium and ytterbium co-doped phosphate laser glasses [C]. *SPIE*, 2003, **4968**: 11~17
- 3 L. G. DeShazer. Eyesafe diode-pumped erbium lasers [C]. *SPIE*, 1999, **2138**: 2~4