

# 闪光灯泵浦调 $Q$ $\text{Cr} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光器输出特性

王正林\* 王爱华 郭强 王瑾 张尚安 王佩琳  
(中国科学院安徽光机所 合肥 230031)

**提要** 报道了闪光灯泵浦电光调  $Q$   $\text{Cr} \cdot \text{LiSrAlF}_6$  激光器的输出特性, 获得了稳定的调  $Q$  激光输出, 脉冲宽度~ 50 ns(FWHM), 单脉冲能量为 85 mJ。在腔内加入一石英双折射滤光片(BRF)作为调谐元件, 波长可在 810~ 890 nm 范围内连续可调。研究了调  $Q$  晶体电压及调谐元件等参数对调  $Q$  输出参数的影响。

**关键词**  $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$ , 电光调  $Q$ , 调谐

## 1 引 言

近年来, 工作在近红外波段的新型宽调谐固体激光介质在国际激光研究领域受到广泛的重视。这类激光晶体是在基质中掺杂过渡金属离子, 依靠过渡金属离子的振动跃迁产生宽的辐射光谱, 晶体的共同特点是工作物质是固体, 材料的理化性能优良, 可在近红外宽调谐输出, 是替代染料理想激光物质。其中以  $\text{Ti} \cdot \text{sapphire}$ ,  $\text{Cr} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ ,  $\text{Cr} \cdot \text{LiCaAlF}_6$ , 金绿宝石为代表<sup>[1~3]</sup>。 $\text{Ti} \cdot \text{sapphire}$  晶体具有大的辐射截面和宽的荧光发射带(680~ 1180 nm), 导热性能好<sup>[1]</sup>。但其上能级寿命短(3.2  $\mu\text{s}$ ), 难实现闪光灯泵浦, 所以  $\text{Ti} \cdot \text{sapphire}$  激光器中通常需要复杂的  $\text{Ar}^+$  或倍频  $\text{Nd} \cdot \text{YAG}$  激光器作为泵浦源<sup>[4]</sup>。金绿宝石能够实现有效的灯泵浦, 但伴有较大的热透镜效应, 难获得衍射极限的激光输出<sup>[3]</sup>。 $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$  晶体克服了这些缺点, 具有宽的荧光发射带(780~ 1010 nm), 既利于宽调谐输出, 又可对脉宽数十飞秒的脉冲进行放大; 上能级寿命较长(67  $\mu\text{s}$ ), 吸收光谱带宽, 易于实现闪光灯泵浦<sup>[2]</sup>。目前国际上闪光灯泵浦  $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$  激光器长脉冲及调  $Q$  运转已有文献报道<sup>[5]</sup>; 已生长出大尺寸( $\phi 25 \times 120$  mm)、高光学质量、掺杂浓度可变的晶体<sup>[6]</sup>; 用闪光灯泵浦  $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$  作为再生放大器, 可产生 100 fs 毫焦耳量级的巨脉冲, 加上多级灯泵  $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$  放大链, 脉冲的峰值功率可达几个太瓦<sup>[7]</sup>。

我们利用本所生长的  $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$  晶体, 实现了可调谐电光调  $Q$  激光输出, 单脉冲能量为 85 mJ, 脉宽~ 50 ns(FWHM), 波长在 810~ 890 nm 连续可调。研究了闪光灯泵浦能量、调  $Q$  电压、延时等参数对调  $Q$  输出特性的影响。

\* 94 级博士研究生。

## 2 实验装置

图 1 给出了闪光灯泵浦调  $Q$  Cr·LiSAF 激光器的实验光路。Cr·LiSAF 晶体棒 ( $\phi 5 \times 45$  mm) 两端磨成平行平面, 并镀有增透膜。 $M_1$  是全反镜( $r = 4$  m), 对 750~ 920 nm 波段镀有全反膜(HR)。 $M_2$  是平面输出镜, 对 780~ 920 nm 波段镀有 70% 的反射膜。用一块 KD\*P 晶体进行电光调  $Q$ , 由一台闸流管高压开关电源驱动。在腔内加入一块两片组合式石英双折射滤光片(BRF  $d_1 \cdot d_2 = 0.5 \cdot 1$ ) 作为调谐元件, 调谐元件的加入一方面可以实现波长调谐和压窄线宽, 另一方面提高了调  $Q$  输出的稳定性。可调小孔光阑  $S$  用以控制腔内横膜损耗以获得基模输出。

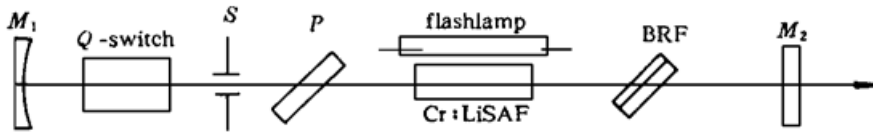


图 1 闪光灯泵浦调  $Q$  Cr·LiSAF 激光器的实验光路

$M_1$ : 全反镜( $r = 4$  m);  $M_2$ : 平面输出镜;  $Q$ -switch: 电光  $Q$  开关(KD\*P); BRF: 石英双折射滤光片;  $P$ : 偏振片

Fig. 1 Experimental setup of a  $Q$ -switched Cr·LiSAF laser pumped by flashlamp

$M_1$ : high reflector ( $r = 4$  m);  $M_2$ : output coupler; BRF: birefringent filter;

$Q$ -switch: KD\*P crystal Pockel cell;  $P$ : polarizer;  $S$ : adjustable slit

## 3 实验结果及讨论

Cr·LiSAF 晶体的机械性能和导热性能比 Ti:sapphire 晶体差, 沿  $x$  轴呈现出负的热膨胀系数, 晶体生长及加工过程中要非常小心, 激光运转过程中需冷却。Cr·LiSAF 晶体的增益表现强烈的偏振特性, 激发态吸收(ESA) 上转换对其增益特性影响较大。据文献[8]报道, ESA 导致  $p$ -偏振光增益减小 30%, 而  $s$ -偏振光则会完全被抑制, 所以 Cr·LiSAF 激光器在腔内无偏振元件的情况下, 其输出已具有较好的偏振特性。

### 3.1 静态输出特性

电光  $Q$  开关不工作, Cr·LiSAF 激光器的静态输出如图 2 所示。在我们的实验条件下, 阈值输入能量约为 24 J, 激光的斜效率为 0.62% (晶体棒较短和灯长不匹配, 及腔内损耗元件多是激光斜效率低的主要原因)。用格兰棱镜检测输出激光发现其线偏振特性较好。激光晶体旋转  $90^\circ$ , 输出激光的偏振方向转动  $90^\circ$ 。

### 3.2 调 $Q$ 输出

由于 Cr·LiSAF 晶体在宽的光谱范围有较高的激光增益, 为了获得稳定的调  $Q$  激光输出, 必须适当选择调  $Q$  晶体上所加的高压值 ( $V_{M4}$ ) 及相对于闪光灯的延迟时间  $\tau$ 。表 1 给出了调  $Q$  输出特性和泵浦参数及延迟时间的关系。发现调  $Q$  晶体上所加的高压在高于 3800 V 或低于 3200 V 时, 调  $Q$  输

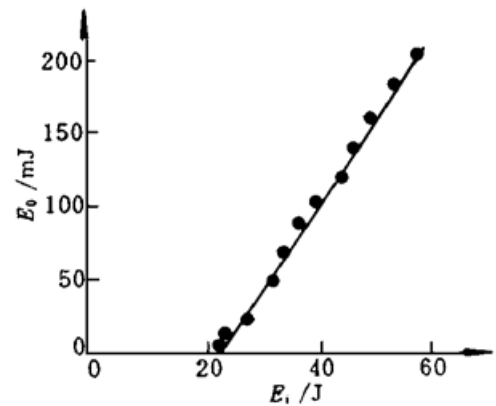


图 2 闪光灯泵浦 Cr·LiSAF 激光器的静态输出特性

Fig. 2 The output characteristics of the free-run Cr·LiSAF laser pumped by flashlamp

出波形不稳定;最佳延迟时间约为 85~ 95  $\mu\text{s}$ ,且随输入能量的变化其最佳值有小的改变;在最佳工作条件下,调  $Q$  脉冲宽为 50 ns(FWHM),单脉冲能量为 85 mJ。

表 1 Cr·LiSAF 激光器输出特性和泵浦参数及延迟时间的关系

Table 1  $Q$ -switched output, pumping parameters and delay time in Cr·LiSAF laser

Input energy/J	Quarter-wave voltage/V	Delay time/ $\mu\text{s}$	Pulse width/ns	Output stability
35	3200	85	80	stable
35	3600	90	70	stable
50	3400	90	60	stable
50	3800	95	50	stable
-	< 3200	-	-	unstable
-	> 3800	-	-	unstable

波长调谐通过一块两片组合式石英双折射滤光片(BRF  $d_1 \cdot d_2 = 0.5 \cdot 1$ )实现。BRF 以布氏角置于腔内,当沿法线方向转动时可改变输出波长。获得了波长在 810~ 890 nm 范围内连续可调的稳定调  $Q$  脉冲输出。实验中我们发现腔内加入 BRF 片不仅能改变输出波长,而且有助于稳定调  $Q$  输出脉冲。

致谢 陈思亮先生为本实验提供了所需的膜片,在此表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- 1 P. F. Moulton. Spectroscopic and laser characteristics of Ti·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *J. Opt. Soc. Am. B*, 1986, **3**(1) : 125~ 133
- 2 S. A. Payne, L. L. Chase, G. D. Wilke. Optical spectroscopy of the new laser material: Cr·LiSAF and Cr·LiCAF. *J. Luminescence*, 1989, **44** : 167~ 176
- 3 J. C. Walling, D. F. Heller, H. Samelson *et al.*. Tunable alexandrite lasers: development and performance. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1985, **QE-21** : 1568~ 1581
- 4 D. K. Negus, L. Spinelli, N. Goldblatt *et al.*. in Digest of Topical Meeting on Advanced Solid State Laser (Opt. Soc. Am., Washington, D.C. 1991), Paper PDP4
- 5 H. H. Zenzie, Y. Isyanova. High-energy, high-efficiency harmonic generation from a Cr·LiSrAlF<sub>6</sub> laser system. *Opt. Lett.*, 1995, **20**(2) : 169~ 171
- 6 T. Ditmire, H. Nguyen, M. D. Perry. Amplification of femtosecond pulses to 1 J in Cr·LiSrAlF<sub>6</sub>. *Opt. Lett.*, 1995, **20** : 1142~ 1144
- 7 T. Ditmire, M. D. Perry. Terawatt Cr·LiSrAlF<sub>6</sub> laser. *Opt. Lett.*, 1993, **18**(6) : 426~ 428
- 8 W. R. Rapoport. Excited-state absorption and upconversion in Cr·LiSAF. in OSA Proc. Advanced solid state lasers. L. L. Chase, A. A. Pinto. Optical Society of American, Washington, D. C. 1992, Vol. **13** : 21~ 27

## $Q$ -switched Cr·LiSAF Laser Pumped by Flashlamp

Wang Zhenlin Wang Aihua Guo Qiang Wang Jin Zhang Shangan Wang Peilin

(Auhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Auhui 230031)

**Abstract** In this paper, the properties of a flashlamp-pumped Cr·LiSAF laser operating in  $Q$ -switched modes are reported. The stable  $Q$ -switched pulse with energy of 85 mJ and pulse duration of 50 ns (FWHM) is obtained. Wavelength tuning is realized from 810 to 890 nm continuously by a two-plate crystal quartz birefringent filter (BRF). The properties of  $Q$ -switching versus crystal high voltage and tuning element are also given.

**Key words** Cr·LiSAF,  $Q$ -switch, tuning