

灯泵浦 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}$ 晶体可调谐 Q 开关激光器

王爱华 吴路生 张尚安 丁 勇 杨春宁 朱桂霞 王继光

(中国科学院安徽光机所 合肥 230031)

提要 报道了闪光灯泵浦掺铬氟化铝钙锂($\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$)可调谐、 Q 开关激光器的实验结果。调谐范围为 730~ 850 nm, 峰值波长为 780 nm。激光最大输出能量为 1.62 J, 斜率效率为 0.8%, 阈值为 50.4 J。KD*P 晶体电光调 Q , 单脉冲半宽度为 48 ns, 峰值功率为 1.3×10^6 W。

关键词 $\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$ 晶体, 闪光灯泵浦, 可调谐, Q 开关

灯泵浦 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}$ 晶体可调谐、 Q 开关激光器的实验装置如图 1 所示, 实验中采用 $\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$ 晶体, 是本所研制的。用 Czochralski 方法提拉生长, 晶体沿 a 轴方向生长。X 光定向沿 c 轴切割, c 轴垂直于 a 轴。研磨抛光尺寸为 $\phi 6.8 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$, 掺杂浓度为 5%。棒的两端面镀激光波段增透膜。用单灯紧包裹腔(腔长为 70 mm), 掺铈氙灯 ($\phi 7 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$) 泵浦。激光谐振腔为平-凹腔, 腔长为 255 mm, 全反镜曲率半径为 2 m, 输出镜为平面镜, 最佳耦合输出反射率为 66.5%。腔镜均以 780 nm 为中心镀膜。 ZF_3 棱镜作为调谐色散元件, 单片机控制步进电机水平转动全反镜, 改变波长, 实现自动扫描调谐。电光调 Q 采用本所生产的 KD*P 开关盒, 在 800 nm 处透过率大于 90%。电源主放电电容为 300 μF , 放电脉冲宽度为 220 μs , 重复频率为 0.5, 1, 2, 5, 10 Hz 可调。双循环冷却系统, 冷却液为 PH~ 7。采用 PT-1 型能量计测量激光输出能量, WDS-3 型单色仪测量激光波长。用存储示波器配日制 PIN 光电二极管探头测量激光静态、动态放电波形。

图 2 给出激光输入与输出能量关系曲线。腔内无色散元件, 自由振荡。耦合镜反射率 66.5% 时, 测出激光阈值为 50.4 J。当输入能量为 294 J 时, 最大输出能量为 1.62 J, 斜率效率为 0.84%, 输出能量均方根稳定度为 0.5%, 输出呈明显的饱和现象。

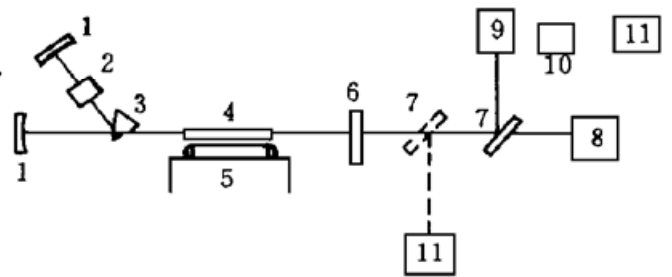


图 1 $\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$ 晶体调谐、 Q 开关实验装置光路图
1: 全反镜; 2: Q 开关盒; 3: ZF_3 色散棱镜; 4: $\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$ 晶体; 5: 氙灯; 6: 半反输出镜; 7: 反射镜; 8: 能量计; 9: 单色仪; 10: 光电倍增管; 11: 示波器

Fig. 1 Experimental setup of the tunable Q -switched $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}$ laser

- 1: total reflection mirror; 2: Q -switched cell; 3: ZF_3 dispersing prism; 4: $\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$ crystal; 5: Xe lamp;
- 6: half mirror for output; 7: mirror; 8: energy meter; 9: monochromator; 10: photomultiplier tube;
- 11: oscilloscope

图 3 为不同反射率耦合镜的斜率效率曲线。当反射率在 65% 附近时, 输出斜率效率最大。

图 4 为在闪光灯的输入能量不变(253 J), 耦合镜反射率为 66.5% 时, 测得的激光调谐曲线, 激光峰值波长为 780 nm, 调谐范围为 730~ 850 nm。

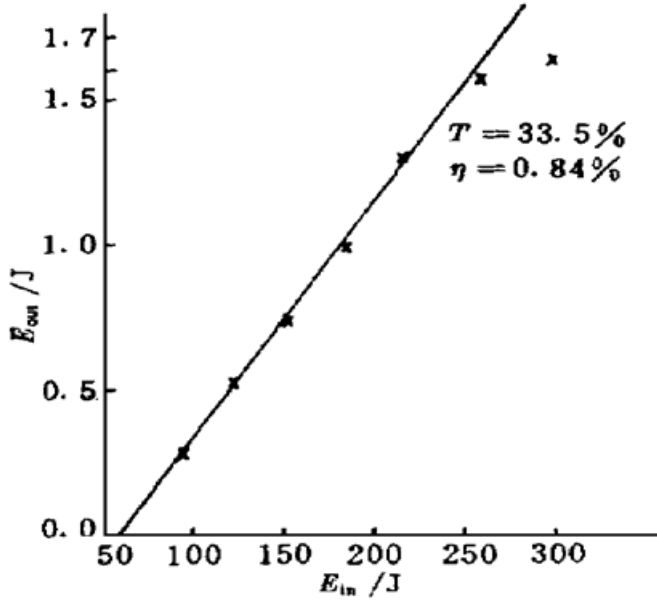


图 2 输入与输出能量关系

Fig.2 Relationship between input and output energies

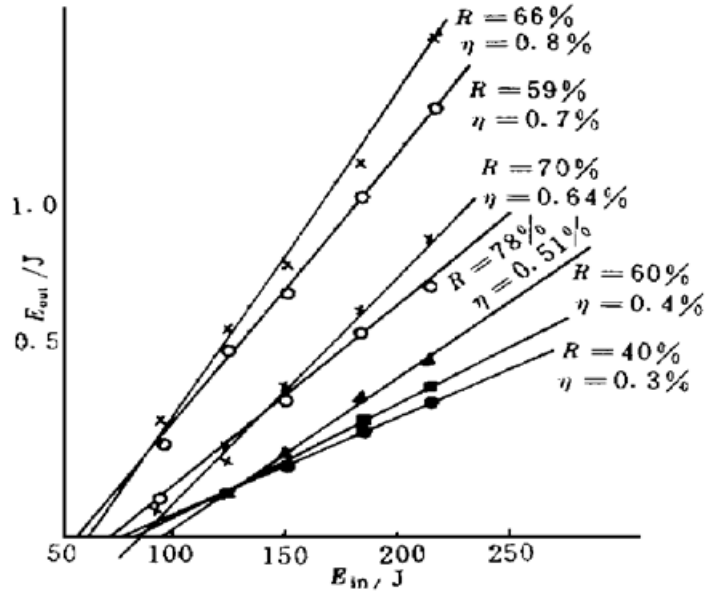


图 3 不同反射率的耦合输出镜的输入与输出能量关系

Fig.3 Relationship between input and output energies of coupling mirrors with different reflectivities

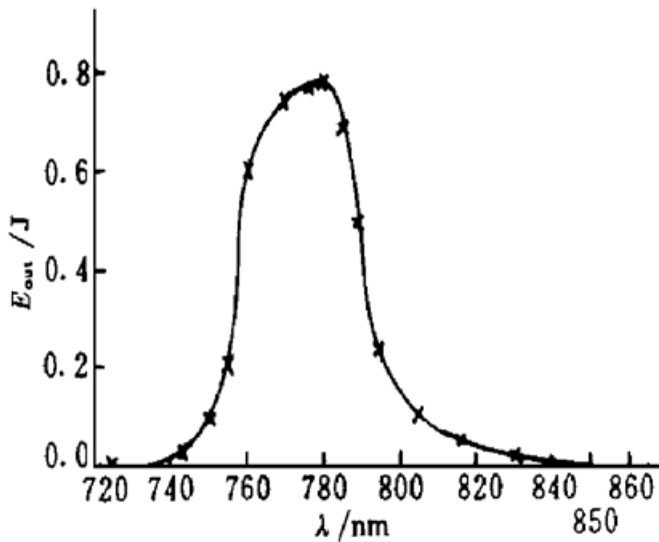


图 4 Cr·LiCAF 调谐曲线

(输入能量 253 J, 耦合输出镜反射率 66.5%)

Fig.4 Tunable curve of Cr·LiCAF crystal (input energy: 253 J; reflectivity of the coupling mirror: 66.5%)

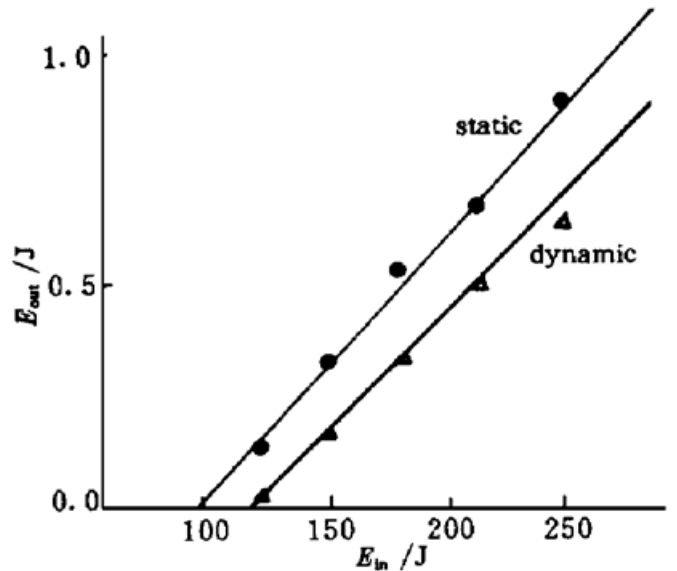


图 5 Cr·LiCAF 晶体自由振荡和调 Q 的激光输出与输入能量关系

Fig.5 Relationship between output and input energies for free running and Q-switched operation of Cr·LiCAF

图 5 是在调谐状态下, 动态输出与输入关系曲线, 测量阈值为 96 J。当输入能量为 140 J 时, 单脉冲输出能量为 62.2 mJ, 半宽度为 48 ns, 峰值功率为 1.3×10^6 W, 均方根能量稳定度

为 2.25%, 斜率效率为 0.34%, 动静比约为 1:2.5。

由于 $\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$ 晶体的发射截面较小, 但吸收光谱较宽, 在可见光区有两个主吸收峰。为了提高对泵浦光的吸收, 我们进行了对镀银玻璃腔、陶瓷腔、聚四氟乙烯紧包裹腔以及单灯、双灯并联、双灯串联等选择实验。结果证明单灯紧包裹腔的泵浦效率最高。

我们进行了平-平腔、平-凹腔的选择实验。结果平-平腔损耗很大, 这与 $\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$ 和 $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$ 晶体一样, 热透镜效应为负值 ($dn_{//}/dT = -4.0$, $dn_{\perp}/dT = -2.5$) 有关, 实验中, 凹镜的曲率 2 m, 4 m, 6 m 效果相近, 这与国外报道^[1-3]一致。

据国外文献报道^[4], 静态激光输出效率(耦合输出镜反射为 62%) 为 1.59%。我们将在以后的研究实验中进一步提高激光输出效率。

参 考 文 献

- 1 Lloyd L. Chase, Stephen A. Payne. New tunable solid-state lasers $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}_6$ and $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$. *Optics & Photonics News*, 1990, 1(8): 16~19
- 2 P. Beaud, M. C. Richardson, Y.-F. Chen *et al.*. Optical amplification characteristics of $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$ and $\text{Cr} \cdot \text{LiCAF}$ under flashlamp-pumping. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1994, 30(5): 1259~1266
- 3 M. D. Perry, S. A. Payne, T. Ditmire *et al.*. Better materials trigger $\text{Cr} \cdot \text{LiSAF}$ laser development. *Laser Focus World*, 1993, 29(9): 85~92
- 4 Stephen A. Payne, L. L. Chase, L. K. Swith *et al.*. Flashlamp-pumped laser performance of a $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}_6$. *Optical and Quantum Electronics*, 1990, (22): 259

A Tunable Q -switched Flashlamp Pumped $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}_6$ Laser

Wang Aihua Wu Lusheng Zhang Shang'an

Ding Yong Yang Chuning Zhu Guixia Wang Jiguang

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

Abstract In this paper, a tunable Q -switched flashlamp pumped $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}_6$ laser is introduced. The tuning range of a $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}_6$ is determined to be at least 730~850 nm. The free-running lasing wavelength of the $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}_6$ is 780 nm. When the input pulse energy is 292 J, the highest output energy is 1.62 J. A slope efficiency is 0.8%. The threshold energy is 50.4 J. The Q -switching of the $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}_6$ is performed with a $\text{KD}^* \text{P}$ crystal. The single pulse width is 48 ns and the highest output power is 1.3×10^6 W.

Key words $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiCaAlF}_6$ crystal, flashlamp-pump, tunable, Q -switching