

闪光灯泵浦 Cr : LiCAF 激光器的实验研究*

沈宇震 石季英 邢歧荣 王清月

(天津大学精密仪器系, 天津 300072)

方珍意 黄朝恩

(人工晶体研究所, 北京 100018)

提要 实现了闪光灯泵浦 Cr : LiCAF 激光器的脉冲运转. 在最佳耦合输出条件下获得斜率效率为 2.20%、转换效率为 1.36% 的激光输出. 研究表明, 对于闪光灯泵浦的 Cr : LiCAF 激光器, 较高的掺杂浓度有利于降低激光阈值并提高输出能量和效率. 实验中观察到激光脉冲尖峰振荡中的类自调 Q 现象.

关键词 闪光灯泵浦, Cr : LiCAF 激光器

氟铝酸钙锂(Cr : LiCAF)是继掺钛蓝宝石之后出现的一种新型可调谐固体激光材料^[1]. 目前, 氮离子、闪光灯、二极管以及染料激光泵浦的 Cr : LiCAF 激光器已相继研制成功^[1~5]. 国内对 Cr : LiCAF 激光器的研究刚刚开始, 本文报道在闪光灯泵浦 Cr : LiCAF 激光器方面的最新研究结果.

实验装置如图 1 所示. 实验中的 Cr : LiCAF 晶体由人工晶体研究所提供, 坩锅下降法生长, 晶体沿 c 轴切割, 尺寸为 $\phi 4 \times 70$ mm, Cr³⁺ 掺杂浓度为 0.06 mol, 晶体两端面未镀膜. 采用双椭圆玻璃聚光腔, 两只脉冲氙灯的尺寸为 $\phi 4 \times 70$ mm, 激光器谐振腔为平-平腔, 腔长为 22 cm, 输出镜和全反镜均对 790 nm 中心波长镀膜, 激光器电源由实验室自制^[6], 电源主放电电容为 100 μ F, 重复频率为 1 Hz, 放电脉冲宽度为 120 μ s. 采用中国科学院物理所 LE-3E 型能量计测量输出的激光脉冲能量.



Fig. 1 Experimental setup of the flashlamp pumped Cr : LiCAF laser
1: reflective mirror; 2: Cr : LiCAF crystal; 3: Xe flashlamp; 4: output coupler; 5: beam splitter; 6: energy meter; 7: photo-diode; 8: storage oscilloscope

图 2 为采用不同透过率的输出镜得到的 Cr : LiCAF 激光器的输出特性曲线, 图 3 为 Cr : LiCAF 激光器的阈值能量与输出镜反射率的关系曲线, 图 2 表明闪光灯泵浦的 Cr : LiCAF 脉冲激光器的最佳透过率为 30~50%, 当选用透过率 $T = 35\%$ 的输出镜时, 激光器的阈值为 29 J, 斜率效率为 2.20%, 在 137 J 注入时, 输出能量达到 1.86 J, 转换效率为 1.36%. 根据 Findlay-Clay 公式^[7], 由图 3 的关系曲线可得 Cr : LiCAF 激光器的双程插入损耗为 2.88%. 若无插入损耗, 则斜率效率可提高至 3.2%. 我们将实验结果与 Payne 等人^[2]的实验结果进行了

* 国家攀登计划和国家教委光电子信息工程开放实验室部分资助项目。

比较,结果表明在相同注入和相近透过率条件下我们获得的激光器斜率效率和转换效率比 Payne 等人报道的结果高 0.65%和 0.76%,而激光阈值比 Payne 等人报道的结果低 53.2 J. 我们认为这是由于两者晶体的掺杂浓度有较大差别造成的。Payne 等人选用的 Cr : LiCAF 晶体的掺杂浓度为 0.018 mol,远低于我们选用的 Cr : LiCAF 晶体的掺杂浓度(0.06 mol)。以上结果表明 Cr : LiCAF 晶体能够允许较大的掺杂浓度而无浓度猝灭现象,而较高的掺杂浓度有利于获得较多的反转粒子数以及吸收较多的泵浦光,因而有助于降低阈值并提高激光器的输出能量和效率。

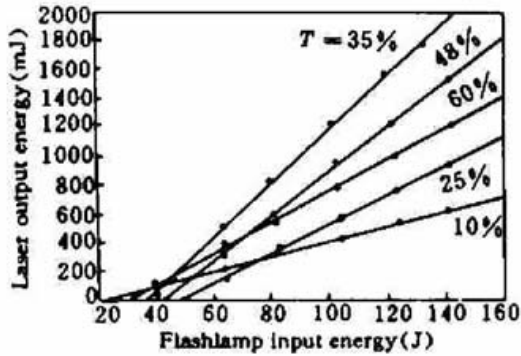


Fig. 2 Output vs input energy for the Cr : LiCAF rod

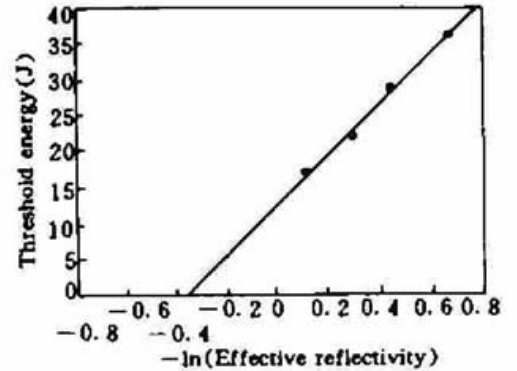


Fig. 3 Findlay-Clay analysis for the Cr : LiCAF rod

图 4 为输出的激光脉冲波形,图 4(a) 为激光脉冲尖峰序列,激光脉冲宽度约为 60 μs,图 4(b) 为将尖峰序列拉开后得到的单个尖峰脉冲,实验中发现构成尖峰序列的尖峰脉冲约为 180 ns,随注入能量的增加,尖峰脉冲的宽度减小。固体激光器产生的尖峰脉冲宽度一般为微秒量级,而实验中观察到的尖峰脉冲为纳秒量级,我们认为这可能是由于 Cr : LiCAF 的吸收带和发射带有部分重叠^[1]形成的自吸收效应,使尖峰振荡受到调制从而形成纳秒量级的类自调 Q 脉冲。

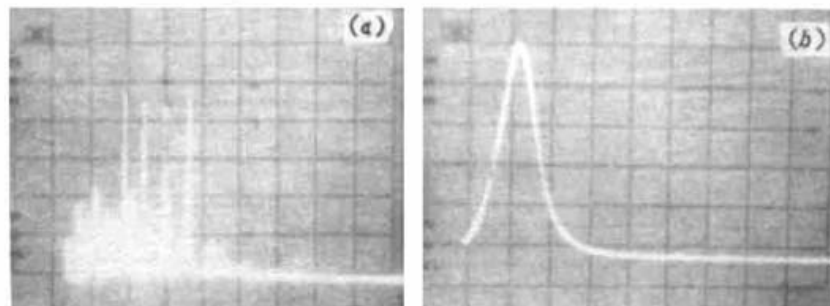


Fig. 4 Output laser pulses

以上对闪光灯泵浦的 Cr : LiCAF 激光器的运转特性进行了研究,由于实验中激光器电源的注入能量有限,限制了更大能量的输出,随着实验条件的进一步改进,相信能够获得更好的结果。

致谢 实验中华北光电技术研究所周寿桓教授、姜东升博士,天津大学张国顺副教授、周定文副教授给予了热情帮助,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 S. A. Payne, L. L. Chase, H. W. Newkirk *et al.*. Cr : LiCAF; a promising new solid-state laser material. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1988, QE-24(11) : 243
- 2 S. A. Payne, L. L. Chase, L. K. Smith *et al.*. Flashlamp-pumped laser performance of LiCaAlF₆:Cr³⁺. *Opt. & Quant. Electr.*, 1990, 22(7) : s259
- 3 R. Scheps. Cr : LiCaAlF₆ laser pumped by visible laser diodes. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1991, QE-27(4) : 1068
- 4 J. J. Kim, C. M. Kim, J. Scheid *et al.*. Cr³⁺ : LiCaAlF₆ laser pumped by a pulsed dye laser. OSA Proceedings on Advanced Solid State Laser. Washington, 1992, 13 : 5
- 5 方香云, 裴 博, 周寿桓. Cr : LiCAF 激光特性研究. *中国激光*, 1995, A22(4) : 246
- 6 石季英, 邢歧荣, 沈宇震 等. IGBT 在大功率脉冲激光电源中的应用. *电力电子技术*, 1995, 29(4) : 6
- 7 D. Findly, R. A. Clay. The measurement of internal losses in 4-level lasers. *Phys. Lett.*, 1966, 20(3) : 277

A Flashlamp-pumped Cr : LiCAF Laser

Shen Yuzhen Shi Jiying Xing Qirong Wang Qingyue
(Department of Precision Instrument, Tianjin University, Tianjin 300072)

Fang Zhenyi Huang Chaoen
(Research Institute of Synthetic Crystal, Beijing 100018)

Abstract A Flashlamped-pumped Cr : LiCAF laser is described. A slope efficiency as high as 2.20% as well as a 1.36% energy efficiency are reported. It is shown that higher concentration of Cr³⁺ ions contributes to the improvement of the laser performances. Self-Q-switched operation is also observed in the experiment.

Key words flashlamp-pump, Cr : LiCAF laser