

Cr : LiCAF 激光特性研究

方香云 裴 博 周寿桓

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

提要 Cr : LiCAF(氟铝酸钙锂)是一种非常有用的固体可调谐激光材料。报道了 Cr : LiCAF 的激光特性。用闪光灯泵浦 Cr : LiCAF 激光器宽带输出 472 mJ, 斜率效率约 1.2%。波长可调谐范围为 722~836 nm, 最大可调谐输出能量为 60 mJ, 中心波长为 780 nm。

关键词 Cr : LiCAF, 可调谐激光器, 闪光灯泵浦

1 引 言

可调谐激光晶体和激光器的研究是目前激光领域内的一个热门课题。Cr : LiCAF 是继金绿宝石和掺钛蓝宝石之后的又一种性能优良的新型固体可调谐激光材料。80 年代末问世以来发展很快。它的突出优点在于很高的激光效率和一系列优良的激光性能^[1], 如荧光寿命长(170 μ s), 利于吸收闪光灯泵浦能量; 发射截面和吸收截面匹配较好, 利于激光输出; 亚稳态能级稳定, 可在室温下工作; 泵浦时无色心伴生, 高浓度掺杂无浓度猝灭; 激发态吸收截面较发射截面小得多, 使得损耗小阈值低; 吸收峰与发射峰之间相距较远, 不象其他掺 Cr³⁺ 离子的激光晶体那样有两带重叠而大幅度降低激光效率, 量子效率极高(86%), 激光泵浦斜效率可达 67%^[1]。

Cr : LiCAF 的荧光寿命是钛宝石的 53 倍, 极有利于闪光灯泵浦, 而且可以直接用可见光二极管泵浦, 因而大大简化可调谐激光系统, 并可望获得大能量和高转换效率的可调谐激光输出。与金绿宝石相比, 由于其折射率温度系数小于 0, 几乎没有热透镜效应。在同样泵浦条件和同样的晶体尺寸下, 它的热透镜效应比金绿宝石小 7 倍, 在高功率下仍可获得良好的光束质量。而且金绿宝石的生长原料 BeO 有剧毒, 且其激发态吸收严重, 严重地影响激光效率。

由于上述的优点, Cr : LiCAF 可调谐激光器将广泛地应用于激光雷达、激光遥感、光电对抗、激光致盲和光谱研究、激光化学等领域。本文报道了获得了 Cr : LiCAF 激光输出, 并研究了在闪光灯泵浦下的宽带和可调谐激光特性。

2 Cr : LiCAF 晶体特性

Cr : LiCAF(氟铝酸钙锂)的分子式为 Cr³⁺ : LiCaAlF₆, 晶体结构与 Li₂ZrF₆ 类似, 属 D_{3d}² (P $\bar{3}$ 1C) 空间群, $a = 0.4996$ nm, $c = 0.9636$ nm, 每个晶胞含有 2 个基元, Cr³⁺ 离子通过替代 Al³⁺ 格位进入晶体。这种晶体的生长方法一般有提拉法(CZ), 坩锅下降法(Bridgman), 温梯法和区熔法等, 优质激光棒常采用前两种方法生长^[1]。

Cr:LiCAF 晶体的吸收光谱和荧光光谱如图 1 所示^[2]。在平行于 c 和垂直于 c 方向上的吸收和辐射截面不同,吸收波长从 280~700 nm,在 280 nm,430 nm 和 630 nm 附近有强吸收峰。这样的吸收光谱特性对于闪光灯泵浦十分有利。荧光辐射范围为 720~900 nm,中心波长在 780 nm 附近,最大辐射截面约为 $2.4 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$ 。荧光寿命约为 170 μs 。

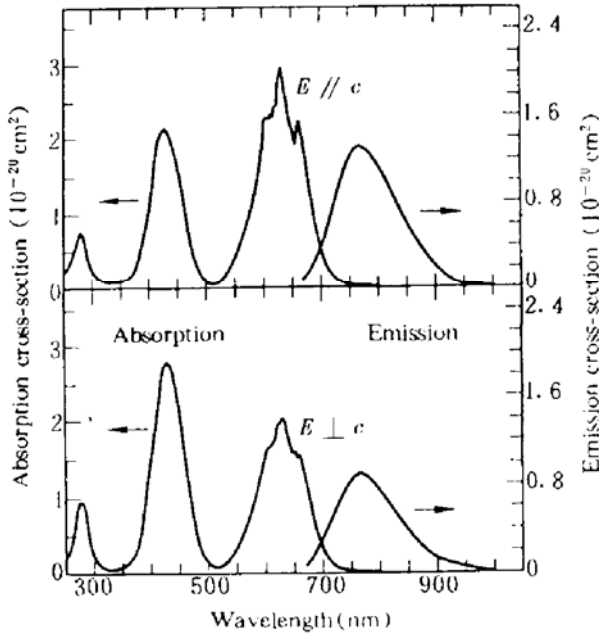


Fig. 1 Absorption and emission spectra of Cr:LiCAF at $T = 295 \text{ K}$

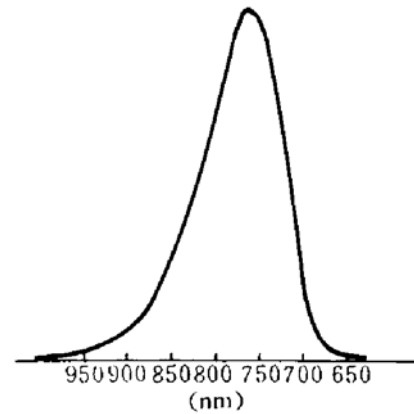


Fig. 2 Emission spectrum of Cr:LiCAF used for this work

3 激光输出特性

3.1 实验条件

本文所用的 Cr:LiCAF 晶体是建材局人工晶体所用坩锅下降法生长的。Cr 离子浓度约为 0.03 mol,晶体尺寸为 $\phi 6 \times 61 \text{ mm}$,封粘后有效长度为 53 mm,沿 c 轴切割(两端面垂直于 c 轴),端面未镀膜。从通光方向观察,晶体呈蓝绿色,透明,内部有微小气泡和少量云雾状缺陷。测得荧光寿命为 $160 \mu\text{s} \pm 5\%$,非偏振荧光辐射谱如图 2 所示,中心波长为 757 nm(用 580 nm 泵浦)。利用现有的实验室条件,用两支脉冲氙闪光灯泵浦,聚光腔为双椭圆玻璃腔,它们的设计有效泵浦长度为 70 mm,比 Cr:LiCAF 晶体长度长,这对泵浦效率将有影响。用二次循环水冷却。电源主放电电容为 100 μF 。重复频率为 1 Hz。闪光灯脉宽约为 200 μs 。

3.2 宽带激光特性

采用 3.1 的实验条件,图 3(a) 为光路示意图,谐振腔为平凹腔,腔长 30 cm,高反镜 M_1 的波长范围为 750~850 nm,曲率半径为 5 m,输出镜 M_2 在 780 nm 处的反射率最高,约为 85%,在 750 nm 和 850 nm 处约为 65%,实验中测得泵浦阈值为 58 J。图 4 是激光输出特性曲线,其中横坐标是主放电电容的储能,斜效率约为 1.2%。在 121 J 注入时,输出能量为 472 mJ,激光脉冲宽度约为 50~60 μs 。

3.3 可调谐激光特性

实验条件同上,光路如图 3(b) 所示。谐振腔仍为平凹腔,高反镜 M_1 不变,输出镜 M_2 在 750~850 nm 波段的反射率约 95%。用棱镜作腔内色散元件,通过改变后镜 M_1 的角度调节波长。

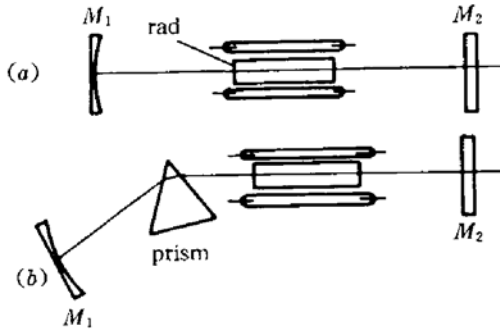


Fig. 3 Schematic diagram of the experiment

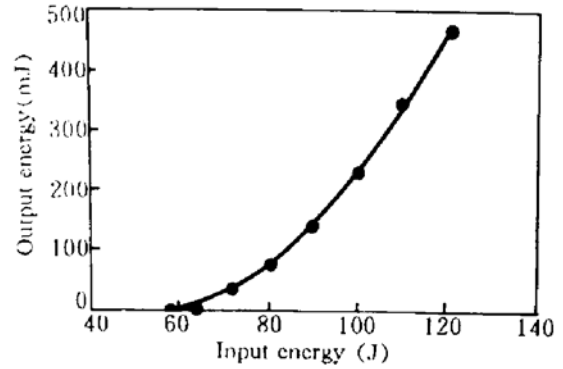


Fig. 4 Broad band laser performance

并用单色仪测量输出的激光波长。波长调谐曲线如图 5 所示,这时注入电能为 121 J,在 722~836 nm 范围内连续可调,中心波长 780 nm。最大可调谐输出能量为 60 mJ。线宽约为 1 nm。由此可见,在同样的注入能量下,最大可调谐的输出能量远小于宽带输出能量,这主要因为在可调谐激光实验之前 Cr : LiCAF 晶体的损伤已经比较明显,内部有些小气泡扩大,透明度下降,云雾状缺陷增多,致使损耗明显增大。

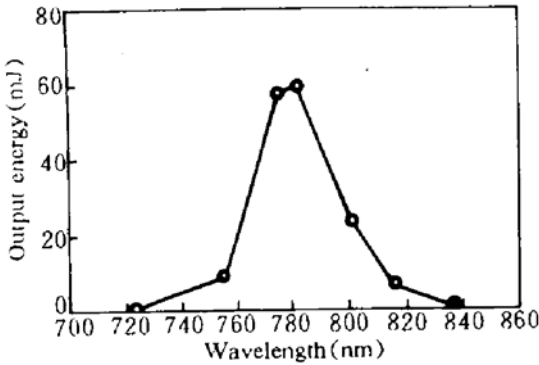


Fig. 5 Tuning range of Cr : LiCAF

至此我们已对 Cr : LiCAF 的宽带和可调谐激光特性进行了研究。由于晶体的光学质量和实验条件都未能尽人所意,影响了输出效果。随着

晶体质量的提高和实验条件的改善,可获得更好的结果。

致谢 作者特别感谢建材局人工晶体所的黄朝恩教授和程立森、王英才、方珍意等工程师在晶体方面的协助。

参 考 文 献

- 1 Stephen A. Payne, L. L. Chase, Herbert W. Newkirk *et al.*. LiCaAlF : Cr : A promising new solid-state laser material. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1988, QE-24(11) : 2243
- 2 Stephen A. Payne, L. L. Smith, Bruce H. T. Chai. Flashlamp-pumped laser performance of LiCaAlF : Cr. *Optical and Quantum Electronics*, 1990, 22 : s295~s268

Laser Performance of Cr : LiCAF

Fang Xiangyun Pei Bo Zhou Shouhuan

(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015)

Abstract Cr : LiCAF is a kind of very useful material for tunable solid state lasers. In this paper the laser performance of Cr : LiCAF is reported for the first time. The broad band emitting of 472 mJ with a slope efficiency of about 1.2% and the tuning range of 722~836 nm as well as a maximum output energy of 60 mJ at wavelength of 780 nm have been obtained.

Key words Cr : LiCAF, tunable laser, flashlamp-pumped