

激光二极管抽运的全固化、 自启动 Cr·LiSGAF 自锁模激光器*

张伟力 戴建明 张丽哲 柴路 王勇 赵江山 张志刚 邢岐荣 王清月
(天津大学精密仪器与光电子工程学院, 教育部光电信息技术科学重点实验室, 天津 300072)

摘 要 采用激光二极管双向抽运并在腔内加入了半导体可饱和吸收体反射镜(SESAM), 实现了 Cr·LiSGAF 激光器的自启动、自锁模运转。得到了脉冲宽度为 45 fs、平均输出功率为 12 mW、脉冲重复频率为 90 MHz 的稳定的锁模脉冲序列。

关键词 激光二极管抽运, 全固化激光器, 自锁模激光器。

全固化飞秒级锁模激光器, 例如激光二极管抽运的自锁模 Cr·LiSAF、Cr·LiSGAF 激光器具有结构紧凑、体积小、效率高、寿命长等优点, 是目前国际上飞秒激光器发展的热点。至今为止, 在国外, 激光二极管抽运的全固化自锁模激光器的输出脉冲宽度已达到 20 fs 以下^[1], 输出平均功率已可达 100 mW 左右。而在国内, 尽管包括本文作者在内的研究人员曾报道过氩离子激光器泵浦的 Cr·LiSAF 和 Cr·LiSGAF 自锁模激光器的飞秒级运转^[2-3], 但尚无有关激光二极管抽运的全固化飞秒运转的自锁模激光器的报道。本文在国内首次报道采用半导体可饱和吸收体反射镜作自启动的激光二极管抽运的全固化 Cr·LiSGAF 激光器的飞秒级自锁模运转。

图 1 是 670 nm 激光二极管抽运的自锁模 Cr·LiSGAF 激光器的结构图。抽运系统由焦距为 8 mm 的显微物镜 L₀、焦距为 100 mm 的柱面凹透镜 L₁、焦距为 150 mm 的柱面凸透镜 L₂、焦距为 100 mm 的泵浦透镜 L₃ 组成。Cr·LiSGAF 激光器采用 X 型四镜折叠像散补偿腔。Cr·LiSGAF 晶体两端以布儒斯特角切割, 通光方向长 5 mm, 掺杂的质量百分比为 2.5%。在该腔中, M₃、M₂、M₄ 为球面反射镜, 曲率半径为 $R_3 = R_2 = R_4 = 100$ mm; M₁、M₁' 是透过率为 1% 的平面输出镜; M₄' 为平面全反镜, 腔内不加半导体可饱和吸收体反射镜时, 用 M₄' 来替代它和 M₄; P₁、P₂ 为熔石英棱镜对。激光器总的腔长为 165 cm 左右, 像散补偿角为 13°。

先用 M₄' 代替 M₄ 和半导体可饱和吸收体反射镜, 在不加棱镜对时得到连续运转时激光器的工作阈值为 72 mW, 当两个激光二极管(单个直接输出 500 mW)的功率加到最大时, 最高输出功率为 120 mW。此时, 输入到 Cr·LiSGAF 晶体的抽运激光(670 nm)功率为 800 mW。

* 国家自然科学基金(69608002, 69978016)、惯性约束聚变青年科学基金(98-03)、教育部重点基金、天津市自然科学基金(99370041)、霍英东教育基金会和国家攀登计划资助项目。

在此基础上, 在激光腔内插入棱镜对 P_1 和 P_2 后, 激光器的连续输出功率下降为 80 mW 左右。改变激光器的状态, 并在腔内 M_1 附近加刀口, M_4 附近加小孔, 这时激光器连续输出约为 40 mW, 扰动激光器的某一腔镜便可启动脉冲序列, 激光器输出的平均功率为 45 mW 左右。

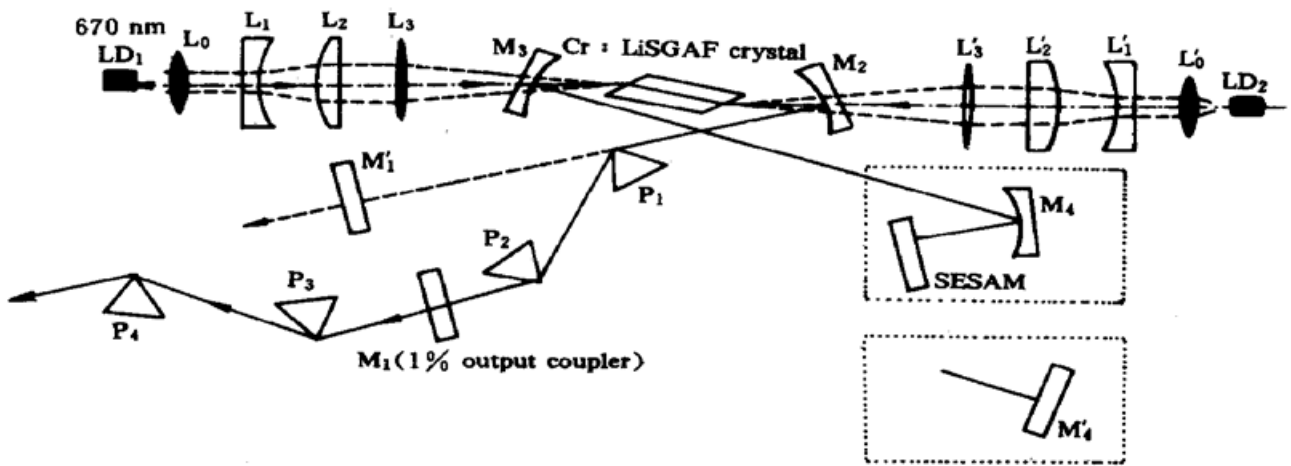


Fig. 1 Schematic of the diode-pumped self-mode-locked Cr:LiSGAF laser

由于校正后的激光二极管的光束质量与氦离子激光或 532 nm 绿光激光器的光束质量还有很大的差距, 因此, 此时 Cr:LiSGAF 激光器输出脉冲序列不如掺钛蓝宝石自锁模激光器稳定性好、时间维持长。为使 Cr:LiSGAF 激光器能自启动并长时间稳定运转, 在腔内加入了宽谱带低损耗的半导体可饱和吸收体反射镜^[4]。由于半导体可饱和吸收体反射镜有 1%~2% 的损耗, 插入后激光输出的平均功率下降为原来的四分之一左右。微调半导体可饱和吸收体反射镜的位置, Cr:LiSGAF 激光器便可工作在自启动自锁模状态, 其输出的平均功率为 12 mW, 得到的最窄脉冲宽度为 45 fs。图 2 是 Cr:LiSGAF 激光器输出的最窄脉冲宽度所对应的自相关曲线和相应的光谱曲线, 可以得到 $\Delta\nu\Delta\tau = 0.33$, 接近傅里叶变换极限。

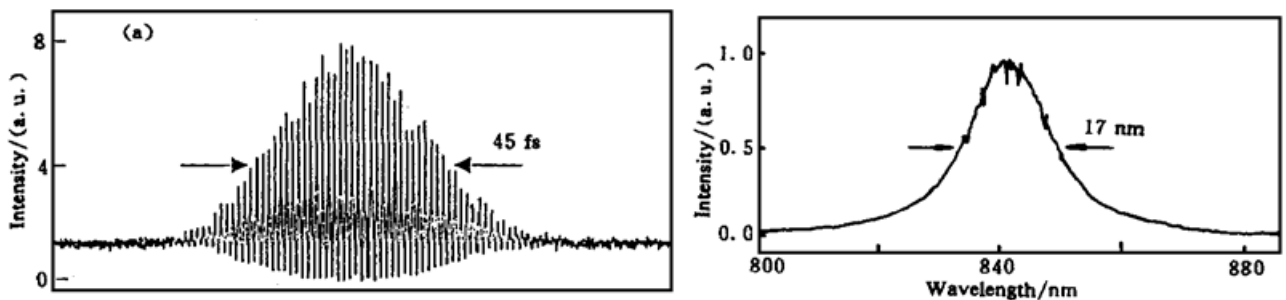


Fig. 2 (a) Interferometric autocorrelation and (b) associated spectrum of the pulse train from the Cr:LiSGAF laser

参 考 文 献

- [1] Sorokina I T, Sorokin E *et al.*. Sub-20 fs pulse generation from the mirror dispersion controlled Cr:LiSGAF and Cr:LiSAF lasers. *Appl. Phys. (B)*, 1997, **65**(5): 245~253
- [2] 戴建明, 沈宇震, 张伟力等. 自锁模 Cr:LiSAF 激光器的实验研究. *光学学报*, 1997, **17**(7): 889~893
- [3] Zhang Weili, Wang Chingyue *et al.*. Blue-lines pumped Kerr-lens mode-locked Cr:LiSGAF laser. *Opt. & Laser Technol.*, 1998, **30**(2): 551~554
- [4] Zhang Zhigang, Torizuka K, Itatani T *et al.*. Broadband semiconductor saturable-absorber mirror for a self-starting mode-locked Cr:forsterite laser. *Opt. Lett.*, 1998, **23**(18): 1465~1467