

中国激光

长波红外固体激光器实现 300 Hz、10 mJ 窄脉宽大能量输出

2023 年 10 月,中国科学院上海光学精密机械研究所中长波红外固体激光技术研究团队报道了一台 Ho:YAG 主振荡放大器(MOPA)泵浦磷铈铟(ZnGeP₂, ZGP)MOPA 系统的大能量长波红外激光器,结构原理示意图如图 1 所示。泵浦源 Ho:YAG MOPA 系统由 6 个 Tm:YLF 激光器(Tm1~Tm6)、硅酸镱镧(La₃Ga₅SiO₁₄, LGS)电光调 Q 振荡器和二级放大器组成。Ho:YAG 振荡器采用平凸腔结构,由一个 2.1 μm 高反射(HR)的平面镜(M1)、两个对 1.9 μm 高透(HT)和 2.1 μm HR 的二色镜(M2)以及一个曲率半径为 250 mm、透光率为 70% 的平凸输出镜(M3)组成。

通过薄膜偏振片(TFP)、LGS 晶体和四分之一波片(QWP)调制后,振荡器实现了 300 Hz 重复频率、28 mJ 脉冲能量的 2.1 μm 偏振脉冲激光输出。一级放大后 84.3 mJ 能量的 2.1 μm 激光通过两级半波片(HWP)后被 TFP 结构分成 5.7、40.0、38.6 mJ 三束,分别作为 ZGP 光学参量振荡器(OPO)和光学参量放大器(OPA)的泵浦源以及 Ho:YAG 二级放大器的种子光。ZGP OPO 为四镜环形腔结构,由三片 45° 平镜 M4(HR@8.2 μm, HT@2.1 μm & 2.8 μm)和输出镜 M5(透射率 T=40%@8.2 μm, HT@2.1 μm & 2.8 μm)组成。Ho:YAG 二级放大器将 38.6 mJ 能量的 2.1 μm

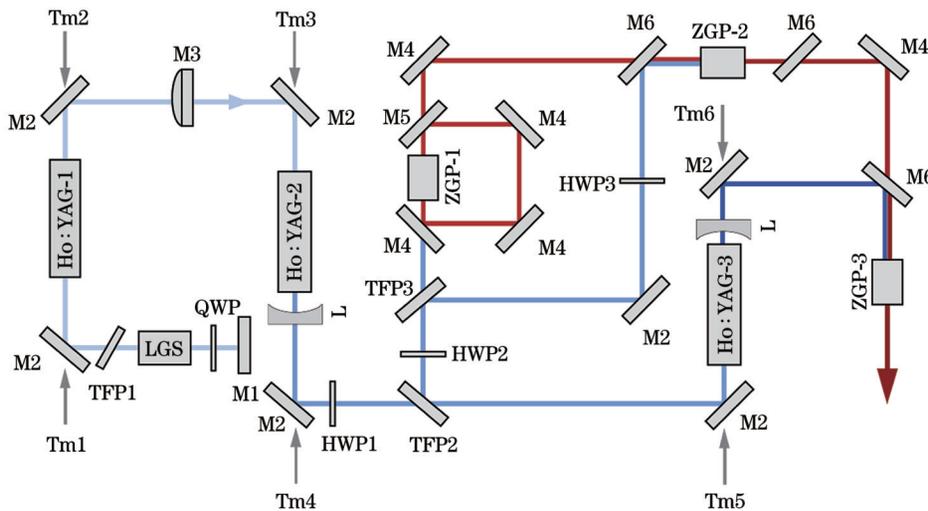


图 1 大能量长波红外激光器原理示意图

Fig. 1 Schematic of larger-energy long-wave infrared laser

激光放大到 92.7 mJ, 镜片 M6(HT@8.2 μm, HR@2.1 μm & 2.8 μm) 将长波红外激光和 2.1 μm 泵浦光合束, 进行两级 ZGP 光学参量放大。

利用 ZGP OPO 结合二级 ZGP OPA 结构, 当注入泵浦总能量为 150 mJ 时, 在 300 Hz 重复频率下实现了平均功率为 3.04 W, 脉冲能量为 10.1 mJ, 中心波长为 8.14 μm, 脉冲宽度为 13.2 ns 的长波红外激光输出, 最高功率下测得长波红外激光的水平 and 垂直方向的光束质量 M_x^2 和 M_y^2 分别为 3.2 和 3.4。图 2 为二级 ZGP OPA 输出长波红外激光的平均功率和脉冲宽度, 图 3 和图 4 分别为长波红外激光光谱和刀口法测得的光束质量。

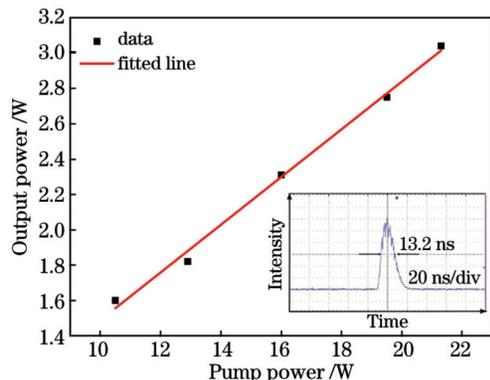


图 2 ZGP OPA 输出功率和脉冲宽度

Fig. 2 Output power and pulse width of ZGP OPA

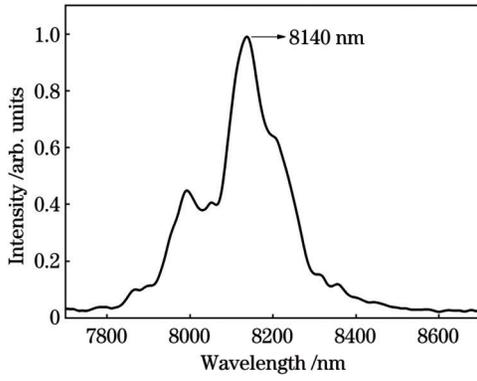


图 3 长波红外光谱

Fig. 3 Spectrum of long-wave infrared laser

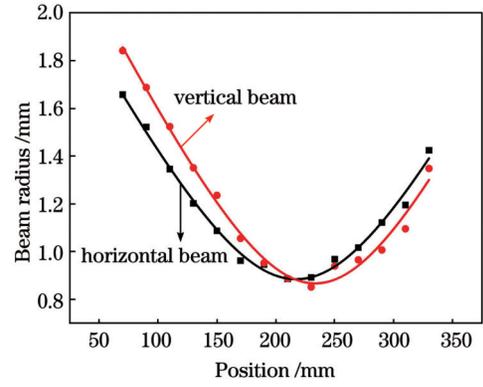


图 4 长波红外光束质量

Fig. 4 Beam quality of long-wave infrared laser

钱传鹏^{1,2*}, 孙佳鑫^{1,2}, 林文芳^{1,2}, 刘晶^{1,2}, 樊雨晴^{1,2}, 余婷^{1,2}, 施翔春^{1,2}, 叶锡生^{1,2}

¹中国科学院上海光学精密机械研究所王之江激光创新中心, 上海 201800;

²中国科学院大学材料科学与光电技术学院, 北京 100049

通信作者: *cpqian@siom.ac.cn

收稿日期: 2023-11-08; 修回日期: 2023-11-15; 录用日期: 2023-11-16; 网络首发日期: 2023-11-23