

中国激光

5 kW 窄线宽全纤化单模光纤放大器

光谱合成、相干合成等光束合成技术是目前突破单纤功率限制、提升光纤激光输出功率的有效途径,其中高光束质量、高功率窄线宽光纤激光作为合成的子束一直是国内外研究的热点。目前,窄线宽光纤激光器输出功率的提升受限于受激布里渊散射(SBS)、受激拉曼散射(SRS)和模式不稳定性(MI)等非线性效应,5 kW 以上的近衍射极限窄线宽光纤激光的输出在国内尚未有报道。

2020 年 12 月,中国工程物理研究院激光聚变研究中心设计了一种基于级联相位调制种子光主振荡放大(MOPA)技术的全纤化结构光纤放大器。915 nm LD 双端泵浦掺镱有源光纤(有效模场面积约为 $320 \mu\text{m}^2$)组成了主放大级的光学结构,通过优化主放大级结构和盘绕方式以及抑制放大器的 SRS 效应,成功提升了 MI 阈值。实验实现了最高输出功率为 5.07 kW 的近衍射极限窄线宽连续光纤激光输出,如图 1 所示,光纤放大器的斜效率达到 72%。输出光谱如图 2 所示,中心波长为 1063.68 nm,3 dB 光谱宽度(用 $\Delta\lambda_{3\text{dB}}$ 表示)为 0.37 nm,拉曼抑制比为 35 dB,光谱成分不含残余泵浦光,ASE 与拉曼光(1066~1125 nm)的功率之和与总输出功率(5.07 kW)的比仅为 0.3%。

采用 4-sigma 法测试得到,当输出功率为 5.07 kW 时, x 方向的光束质量 M_x^2 约为 1.252, y 方

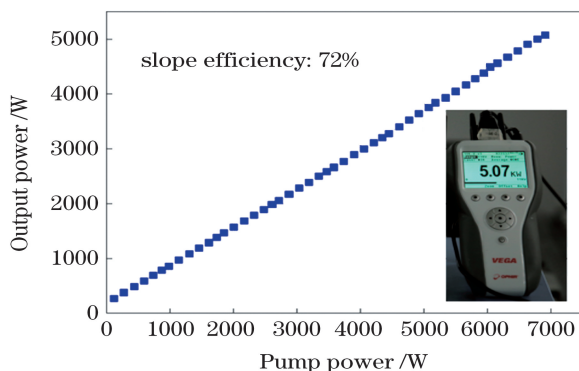


图 1 输出功率随泵浦功率的变化曲线

Fig. 1 Variation in output power with pump power

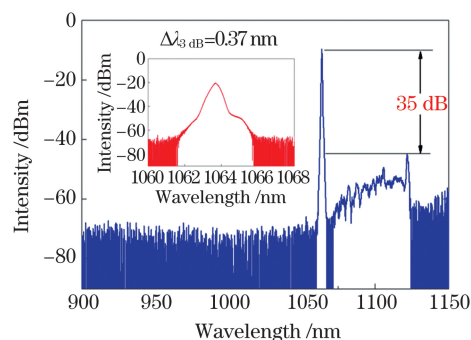


图 2 5.07 kW 输出功率时的输出光谱(插图为精细光谱)

Fig. 2 Output spectrum for 5.07 kW output power
(inset is fine spectrum)

向的光束质量 M_y^2 约为 1.322,输出光斑形貌如图 3 所示。在输出功率为 5.07 kW 时,光电探测器测得的 400 ms 时域信号稳定,无抖动噪声出现(图 4),未观

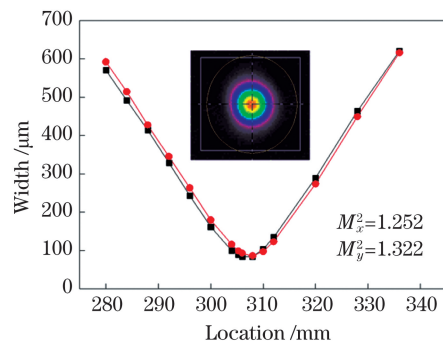


图 3 光束质量

Fig. 3 Beam quality

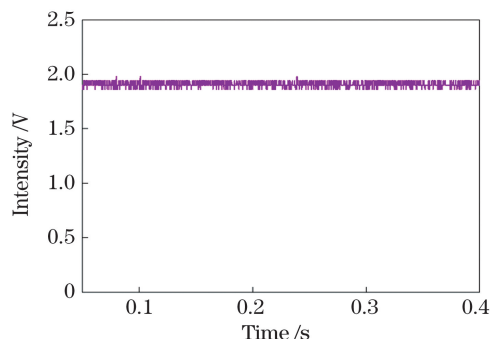


图 4 光电探测器测得的时域信号

Fig. 4 Signal distribution in time domain measured by photoelectric detector

察到 MI 现象。

5.07 kW 单模窄线宽光纤激光技术的突破,标志着高功率窄线宽光纤放大器模式不稳定性得到了有效控制,非线性效应抑制技术的研究取得了进展。

该光源填补了国内 5 kW 以上单模窄线宽优质光纤激光光源的空白,为光束合成领域的研究提供了重要的技术支撑。

黄智蒙*, 舒强, 楚秋慧, 张昊宇, 颜冬林, 罗韵, 陶汝茂, 唐选, 刘珩, 吴文杰, 宋华清,
王旗华, 廖若宇, 温静, 黎玥, 李峰云, 林宏奂, 王建军**, 景峰

中国工程物理研究院激光聚变研究中心, 四川 成都 630021

*E-mail: huangzhimeng@caep.cn; **E-mail: wjjcaep@caep.cn

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFB114401)、军科委重点基金(2019JCJQ-JJ-420)

收稿日期: 2020-12-28; 修回日期: 2021-01-14; 录用日期: 2021-01-27