

中国激光

单模全光纤激光器实现 6 kW 稳定运行

高功率光纤激光器的结构简单紧凑、性能稳定可靠,在先进激光制造领域有着重要应用。相较于多模激光,高功率单模光纤激光具有更高的亮度,在应用领域有着巨大的需求。2018 年,国内清华大学报道了 6 kW 功率全光纤激光器,测得光束质量 β 因子为 2.21,为多模激光输出。2020 年,中国工程物理研究院报道了 5.1 kW 光电控一体式单模光纤激光器,实现的光束质量 M^2 因子约为 1.3。受高功率光纤激光器中非线性效应和模式不稳定效应的限制,同时实现高功率和单模激光输出具有非常大的挑战。2021 年 4 月,国防科技大学通过对光纤长度、纤芯尺寸及弯曲盘绕进行合理设计,实现非线性效应抑制与模式控制,获得 6 kW 单模激光输出并稳定运行超过 2 h。

6 kW 单模全光纤激光器的实验结构如图 1(a)所示,激光器采用主振荡功率放大(MOPA)结构。种子激光的中心波长为 1080 nm,功率约为 100 W,种子激光经过包层光滤除(CLS)后被注入放大级,放大级采

用双端泵浦结构,通过使用两个泵浦/信号合束器(PSC)耦合半导体泵浦源(LD),将激光注入掺镱光纤,输出激光经过包层光滤除(CLS)后,经由光纤端帽(QBH)输出。在总泵浦功率为 7.5 kW 时,激光器的输出功率为 6.01 kW,斜率效率约为 82.3%,如图 1(b)所示,图中插图为 6 kW 功率时的典型光斑,使用光束质量测量仪并采用 4-sigma 法测得输出激光在 x 、 y 方向的 M^2 因子分别为 1.31 和 1.23。激光器在 6 kW 功率连续稳定运行 145 min,所得功率如图 1(c)所示,145 min 内输出功率起伏小于 1%,无明显功率下降。在长时间连续运行中,测得输出激光的典型光谱如图 1(d)所示,信号光光谱 3 dB 宽度约为 6 nm,存在受激拉曼现象,其受激拉曼抑制比为 20 dB。激光器的输出功率的进一步提升主要受限于受激拉曼效应,通过激光器中光纤长度优化有望实现输出功率的进一步提升。该激光器将国内单模光纤激光器的功率水平进一步提升,为单模激光的应用提供了稳定可靠的光纤激光光源技术方案。

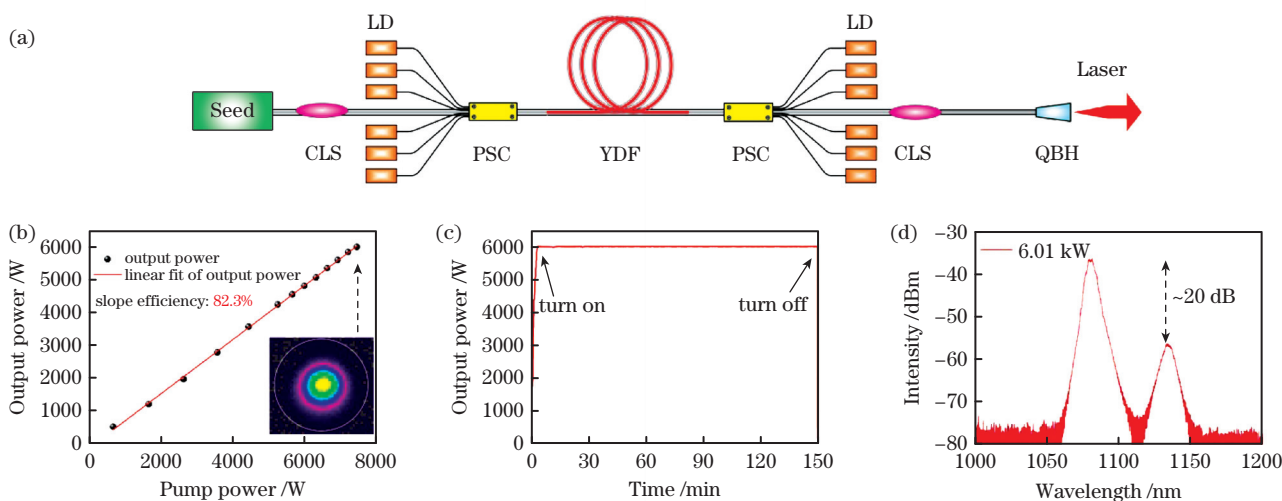


图 1 (a) 双端泵浦全光纤激光器实验结构图; (b) 全光纤激光器的输出功率、效率及光斑形态; (c) 6 kW 功率连续运行时的功率曲线; (d) 6.01 kW 输出功率时的典型光谱

Fig. 1 (a) Scheme of bidirectional-pumped all-fiber laser experiment; (b) output power, efficiency, and spot pattern of all-fiber laser; (c) output power during the continuous operation at 6 kW power; (d) typical optical spectrum of output laser of 6.01 kW power

王鹏^{1,2,3}, 杨保来^{1,2,3}, 张汉伟^{1,2,3*}, 奚小明^{1,2,3}, 史尘^{1,2,3}, 王小林^{1,2,3**}, 许晓军^{1,2,3}

¹国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073;

²脉冲功率激光技术国家重点实验室, 湖南 长沙 410073;

³高能激光技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410073

通信作者: *zhanghanwei100@163.com; **chinaphotonics@163.com

收稿日期: 2021-05-18; 修回日期: 2021-05-28; 录用日期: 2021-06-08