

简讯

基于新型纤芯纺锤形增益光纤的 3.4 kW 全光纤振荡器

高功率光纤振荡器的系统结构简单、性能稳定,在工业加工领域有着广泛的应用。近年来,高功率光纤振荡器得到了高速发展,2019 年德国 Laserline 公司报道了 17.5 kW 的空间结构光纤振荡器,2020 年日本藤仓公司报道了 8 kW 全光纤振荡器。随着输出功率的提升,光纤振荡器受到受激拉曼散射(SRS)和模式不稳定效应(TMI)的限制越来越明显。

为了平衡激光器设计中 SRS 和 TMI 的矛盾、进一步提升光纤振荡器的输出功率,国防科技大学提出了纤芯纺锤形增益光纤,其由华中科技大学研制成功。如图 1(a)所示,该增益光纤具有纤芯两端小、中间大,但包层尺寸保持不变的特点,所以在光纤纵向上,其纤芯和包层直径之比(简称芯包比)是变化的。理论上,该光纤不仅具备一般芯包比恒定的纺锤形光纤可兼顾抑制 SRS 和 TMI 的优点,还能一定程度上均衡增益光纤中的热负荷,进一步提升 TMI 的阈值。由国防科技大学和华中科技大学联合研制的纤芯纺锤形掺镱光纤(SC-YDF)的内包层为 400 μm ,总长度约为 25 m,纤芯直径如图 1(a)中所示,数值孔径(NA)约为 0.065;该光纤的等效纤芯直径约为 27.34 μm ,平均吸收系数为 1.54@976 nm。利用该光纤搭建了 3 kW 级的全光纤振荡器,如图 1(b)所示。高反光栅(HRFBG)、低反光栅(OCFBG)的纤芯直径均为 25 μm ,它们与 SC-YDF 共同构成激光谐振腔。高、低反射光栅的反射率分别为 99%和 10%,中心波长为 1080 nm。

两个(6+1) \times 1 合束器将 7 组(前向 2 组、后向 5 组)976 nm 波段的泵浦光注入到增益光纤中。激光谐振腔输出的激光经过严格的包层光滤除(CLS)后,由熔接的商用光纤端帽(EndCap)输出。在泵浦功率为 6.19 kW 时,振荡器的输出功率为 3.42 kW,光光转换效率为 55.2%,如图 2(a)所示。测量了不同功率时激光器的输出光谱[图 2(b)]。结果表明,输出激光中无明显的 ASE 和 SRS。在最高输出功率时测得的光束质量 M^2 约为 1.9 [图 2(c)]。下一步将继续优化光纤的参数,实现增益光纤与合束器和光栅几何尺寸的精确匹配,以提高激光器的效率、功率和光束质量。

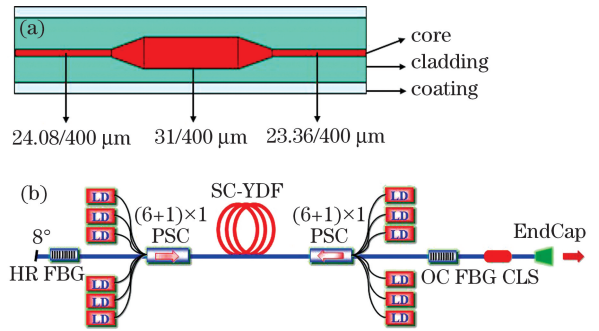


图 1 纤芯纺锤形增益光纤与全光纤振荡器的结构。(a)纤芯纺锤形增益光纤结构图;(b)全光纤振荡器结构图
Fig. 1 Structures of gain fiber with spindle-type fiber core and all-fiber oscillator. (a) Structure of gain fiber with spindle-type fiber core; (b) structure of all-fiber oscillator

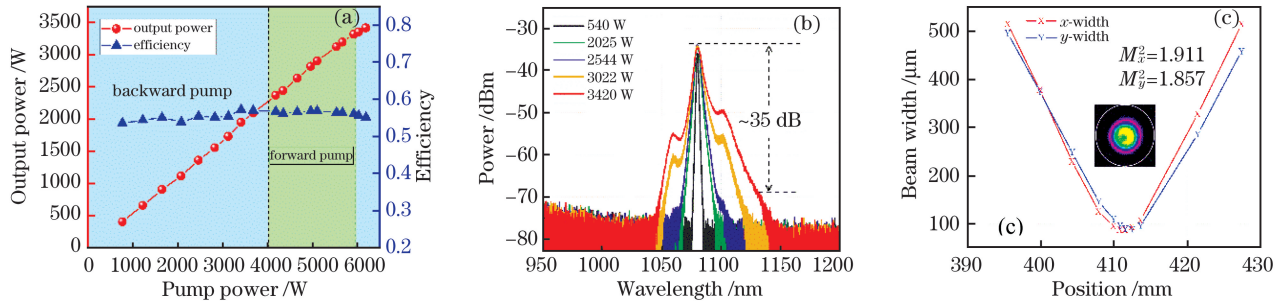


图 2 全光纤振荡器实验结果。(a)输出功率与效率;(b)不同功率下的输出光谱;(c)光束质量与光斑形态
Fig. 2 Experimental results of all-fiber oscillator. (a) Output power and efficiency; (b) spectra at different powers; (c) beam quality and beam profile

奚小明¹, 林贤峰², 叶云¹, 杨保来¹, 张汉伟¹, 王小林^{1*}, 李进延^{2**}, 许晓军¹

¹国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073;

²华中科技大学武汉光电国家研究中心, 湖北 武汉 430074

*E-mail: chinaphotonics@163.com; **E-mail: ljy@hust.edu.cn

收稿日期: 2020-09-04; 修回日期: 2020-09-09; 录用日期: 2020-09-14