

1.5 kW 级高功率随机光纤激光器

宋家鑫, 任 帅, 刘 伟, 李 巍, 吴函烁, 马鹏飞, 张汉伟, 周 朴*

(国防科技大学 前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073)

随机光纤激光器是利用光纤中的瑞利散射和受激拉曼散射分别提供随机分布式反馈和拉曼增益的一种新型光纤激光器, 由于其独特的结构和物理特性近年来成为光纤激光领域的研究热点。2019 年, 笔者所在课题组基于半开腔结构采用 1090 nm 振荡器泵浦, 采用 90 m 20/400 μm 传能光纤提供随机分布式反馈和拉曼增益, 实现了功率 919 W 的随机光纤激光输出, 是目前已知的公开报道的随机光纤激光的最高功率。进一步功率提升受限于光谱展宽引起的后向功率的增加。目前, 随机光纤激光的功率提升主要受光谱展宽、高阶拉曼等因素的限制, 进一步功率拓展面临较大困难。

最近, 笔者所在课题组提出一种采用时序稳定的单频激光相位调制光源作为泵浦源产生随机光纤激光的方案, 实现了 1570 W 随机光纤激光输出。如图 1(a) 所示, 将单频激光相位调制种子源通过掺镱光纤放大器放大后泵浦半开腔结构的随机光纤激光器。将波长为 1064 nm、功率为 16 mW 的单频激光相位调制光源作为种子源 (Seed), 通过两级预放大器 (Pre-amplifiers) 放大到 20 W。采用耦合比为 99.9 : 0.1 的耦合器 (Coupler), 耦合器的 99.9% 端口经过模场适配器 (MFA) 注入掺镱光纤放大器, 后向 0.1% 端口用来监测 (Monitor) 激光系统的后向回光。放大器采用 976 nm 半导体激光器 (LD) 通过合束器 (Combiner) 前向泵浦 20/400 μm

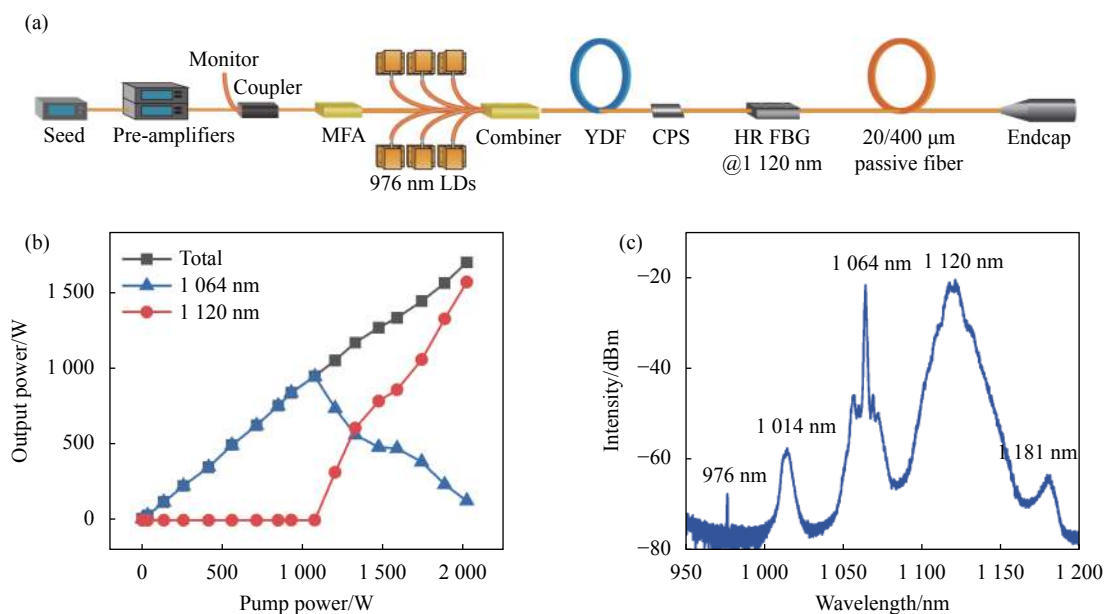


图 1 高功率随机光纤激光器实验结构及实验结果。(a) 实验结构图; (b) 不同泵浦功率下的输出功率曲线; (c) 最高功率下的输出光谱

Fig.1 Experimental setup and results of the high-power random fiber laser. (a) Experimental setup; (b) Output power curves at different pump powers; (c) Output spectrum at maximum power

收稿日期:2021-06-01; 修订日期:2021-06-07

基金项目:国家自然科学基金(62061136013, 61635005)

作者简介:宋家鑫,女,博士生,主要从事高功率光纤激光方面的研究。

通讯作者:周朴,男,研究员,博士,主要从事光纤激光与光束合成等领域的科研、教学和人才培养等工作。

掺镱光纤 (YDF), 采用包层光滤除器 (CPS) 滤除剩余包层光。经过放大器后泵浦源的功率增加至 2 025 W, 直接注入随机光纤激光器中。随机光纤激光器采用 3 dB 带宽为 4 nm 的 1 120 nm 高反光栅 (HR FBG), 采用 50 m 20/400 μm 传能光纤 (passive fiber) 提供随机分布式反馈和拉曼增益, 激光通过端帽 (Endcap) 输

出。图 1(b) 和 1(c) 给出了输出激光的功率曲线和最高功率下的光谱。在最高泵浦功率下, 输出总功率 1 699 W, 其中 1 120 nm 信号功率 1 570 W, 占比 92.4%, 转换效率为 77.5%。最高功率下激光 3 dB 线宽为 8.06 nm, 二阶拉曼 (1 181 nm) 抑制比为 42.8 dB。

致谢:感谢肖亮、周聪、文鼎权等在实验过程中的帮助。