

# 中国激光

## 全光纤拉曼放大器输出功率突破 4 千瓦

拉曼光纤激光器作为一种可同时实现高功率和特殊波长输出的新型激光器,在光纤通信、传感、光谱探测等领域中有着广泛的应用。然而,在功率提升过程中,高阶拉曼光的产生会降低激光器的效率,且反向传输的高阶拉曼光会对系统的安全性造成严重危害,限制了拉曼光纤激光器输出功率的进一步提升。近日,国防科技大学研究团队在拉曼光纤放大器中使用调制种子诱导高阶拉曼波长所在的光波段产生了四波混频,成功实现了对高阶拉曼的有效抑制,并基于全光纤结构获得了最高输出功率为 4 kW 的拉曼激光。该成果为拉曼光纤激光器输出功率的提升提供了新的途径,有望在强激光、超快光学和非线性光学等领域中得到广泛的应用。

拉曼光纤放大器的实验结构如图 1(a)所示,实验所用的种子源、调制种子源和泵浦源分别是中心波长为 1131、1120、1080 nm 的激光器,通过自研的 7×1 泵浦合束器进行合束。放大器中提供拉曼增益的光纤为大芯径渐变折射率无源光纤,纤芯/包层直径为 150 μm/210 μm,纤芯数值孔径为 0.22,光纤长度为 14 m。当

功率不同时,在非线性四波混频作用下,种子光、调制种子光和泵浦光在光纤放大器中产生了新频率的光分量,波长分别为 1109、1145、1161、1175 nm,如图 1(c)所示。随着 1130 nm 信号光功率的增加,波长为 1185 nm 的二阶拉曼光功率在达到阈值后本应迅速增长,然而由于新频率光分量的存在,二阶拉曼光会与波长为 1161 nm 和 1175 nm 的光分量发生新的非线性四波混频作用,部分光功率向新的光频率分量传递,从而抑制波长为 1185 nm 的二阶拉曼光功率的增长,信号光的输出功率得到进一步提升。激光器的输出功率演化如图 1(b)所示,当泵浦功率为 5.49 kW 时,信号光的输出功率为 4.08 kW,剩余泵浦光功率为 640 W,对应的光-光转换效率(信号光与泵浦光的功率比)为 74.3%。在最高输出功率下,二阶拉曼光功率在四波混频作用下分布在 1060~1090 nm 波段内,二阶拉曼光与信号光的峰值强度比为一 30 dB。下一步工作将继续优化调谐种子光与信号光的波长间隔,输出功率占比等参数,进一步提升高阶拉曼光的抑制效果,以获取更功率的拉曼激光输出。

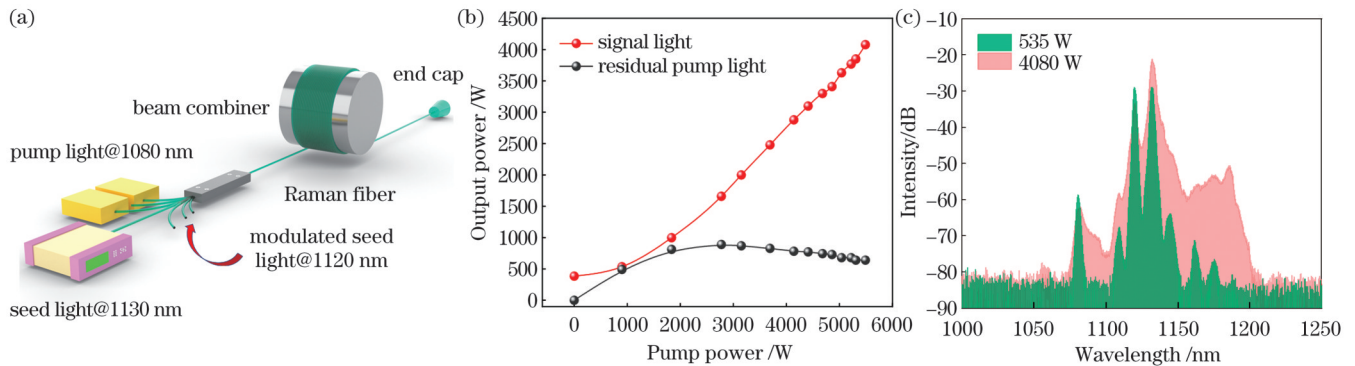


图 1 4 kW 拉曼光纤放大器的实验结构示意图与输出特性。(a) 实验结构; (b) 输出功率的演化曲线; (c) 输出光谱  
Fig. 1 Experimental structure and output characteristics of 4 kW Raman fiber amplifier. (a) Experimental structure; (b) evolution curves of output power; (c) output spectra

范晨晨<sup>1</sup>, 付敏<sup>1</sup>, 姚天甫<sup>1,2,3\*</sup>, 郝修路<sup>1</sup>, 黄善旻<sup>1</sup>, 李阳<sup>1</sup>, 陈子伦<sup>1,2,3</sup>, 冷进勇<sup>1,2,3</sup>, 周朴<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073;

<sup>2</sup>国防科技大学南湖之光实验室, 湖南 长沙 410073;

<sup>3</sup>国防科技大学高能激光技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410073

通信作者: \*yaotianfumary@163.com; \*\*zhoupu203@163.com

收稿日期: 2024-01-03; 修回日期: 2024-01-05; 录用日期: 2024-01-17; 网络首发日期: 2024-01-24

基金项目: 国家自然科学基金(12174445, 62061136013)