

# 中国激光

## 量子亏损 < 1% 的包层泵浦拉曼光纤激光器

拉曼光纤激光器利用无源光纤中的受激拉曼散射提供增益,实现激光输出,具有无光子暗化、波长调谐灵活等优点,在频率变换、窄线宽输出、超快激光产生等方面具有重要应用。包层泵浦拉曼光纤激光器相比纤芯泵浦方案,有效降低了对泵浦亮度的要求,目前已成功实现了千瓦量级功率输出。但是,拉曼光纤激光器在高功率运行条件下的热致模式不稳定效应制约了激光器性能的提升。研究表明,量子亏损是高功率光纤激光器热负载的重要来源之一,在激光器运转过程中可引起热透镜、热致模式不稳定等效应。目前所报道的包层泵浦拉曼光纤激光器的量子亏损均在 4% 左右,尚无量子亏损(QD)小于 1% 的包层泵浦拉曼光纤激光器的报道。

最近,本课题组利用掺磷光纤中频移在 3 THz 左右的玻色峰提供增益,实现了量子亏损 < 1% 的包层泵浦拉曼光纤激光器。系统结构如图 1(a) 所示,

激光器由一对中心波长为 1086.5 nm 的高反射(HR)光纤布拉格光栅(FBG)和纤芯/内包层直径为 10  $\mu\text{m}$ /20  $\mu\text{m}$  的掺磷光纤(PDF)组成,泵浦光由波长可调谐的放大的自发辐射(ASE)源提供。输出信号光功率与泵浦功率的关系曲线如图 1(b) 所示。在泵浦波长为 1072.5 nm 的情况下,通过将掺磷光纤长度优化至 400 m、低反光栅反射率优化至 19%,激光器实现了 47.7 W 最高功率的输出,对应的量子亏损为 1.29%。进一步增大泵浦波长发现,随着量子亏损的减小,激光产生阈值增大,这是玻色峰在拉曼频移减小的过程中所对应的增益系数降低造成的,如图 1(c) 所示。最终将泵浦波长调谐为 1078 nm 时,实现了 23.7 W 信号光输出,对应的量子亏损低至 0.78%。这是包层泵浦拉曼光纤激光器首次实现量子亏损小于 1% 的输出,该工作为高功率光纤激光器性能的提升提供了参考。

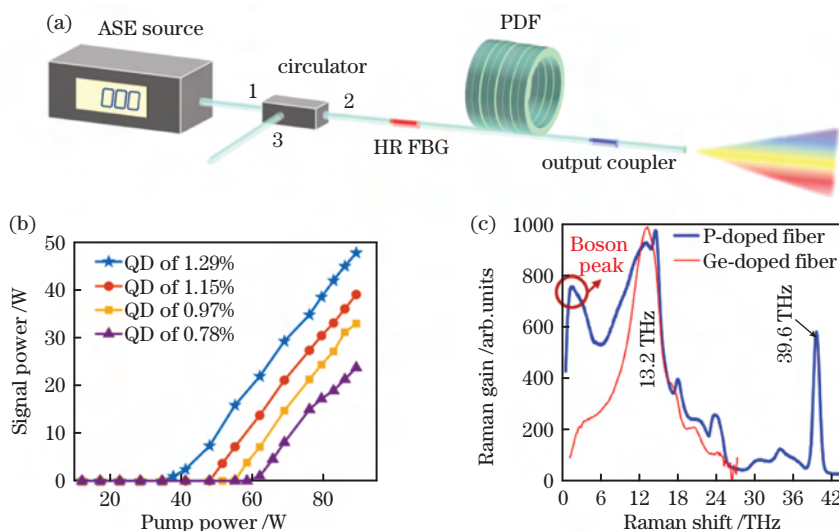


图 1 低量子亏损拉曼光纤激光器的系统结构及实验结果。(a) 拉曼光纤激光器的结构图; (b) 不同量子亏损下激光器信号光功率的演化曲线; (c) 光纤的增益特性

Fig. 1 System structure and experimental results of the low-QD Raman fiber laser. (a) Schematic of Raman fiber laser; (b) evolution curves of laser signal power under different QDs; (c) gain characteristics of fibers

马小雅, 许将明\*, 叶俊, 张扬, 黄良金, 姚天甫, 冷进勇, 潘志勇, 周朴\*\*

国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073

通信作者: \*jmxu1988@163.com; \*\*zhoupu203@163.com

收稿日期: 2021-09-16; 修回日期: 2021-10-11; 录用日期: 2021-10-15