

单频布里渊光纤激光器实现近 5 W 功率输出

陶悦, 姜曼, 刘流, 李灿*, 周朴, 姜宗福

(国防科技大学 前沿交叉学科学院, 湖南长沙 410073)

中图分类号: TN248 文献标志码: A DOI: 10.3788/IRLA20211103

高功率单频光纤激光器在引力波探测、相干合成、非线性频率转换等领域有着广泛的应用。得益于受激布里渊散射 (SBS) 的窄带增益, 单频布里渊光纤激光器 (BFL) 具有极窄线宽输出、系统结构简单的优势, 成为近年来激光技术领域的研究热点。2009 年, 美国 Rochester 大学利用布里渊/掺镱混合增益实现了 1 W 的 1080 nm BFL。2013~2014 年, 上海交通大学仅利用布里渊增益分别实现了 1.04 W 的 1540 nm BFL 和 1.08 W 的 2003 nm BFL。2015 年, 北京工业大学采用同样的增益方式实现了 1.4 W 的 1064 nm BFL。2020 年, 天津大学利用布里渊/掺铥混合增益实现了 344 mW 的 1956 nm BFL。目前, BFL 均采用单模光纤作为斯托克斯 (Stokes) 光的产生介质, 当其功率提升到一定程度时, 二阶 Stokes 光被激发, 从而限制了输出功率的进一步提升。

为了提高二阶 Stokes 光产生阈值、进一步提升 BFL 的输出功率, 国防科技大学在国际上首次开展了基于大模场光纤的 BFL 相关研究, 获得了 4.9 W 的单频激光输出功率, 该结果为目前公开报道的 BFL 的最高功率。实验装置如图 1 所示。一台 1064 nm 单频光纤激光器作为泵浦源 (Pump laser), 其输出光纤纤芯直径为 10 μm , 经模式转换器 (MFA) 转到纤芯直径为 20 μm 光纤后, 耦合入布里渊环形腔。环形腔包括一个环形器 (Cir)、一个 70/30 耦合器 (Coupler)、一段保偏被动光纤 (PM 20/400 GDF)。环形腔使用的光纤纤芯包层直径均为 20/400, 且系统为全保偏结构。环形腔总长度约 16 m, 对应于 13 MHz 的纵模间隔。激光器的输出功率随泵浦功率的变化情况如图 2(a) 所示。在泵浦功率为 8 W 时, Stokes 光输出功率为 4.9 W, 斜率效率为 68%, 最大输出功率下一阶 Stokes 光能够

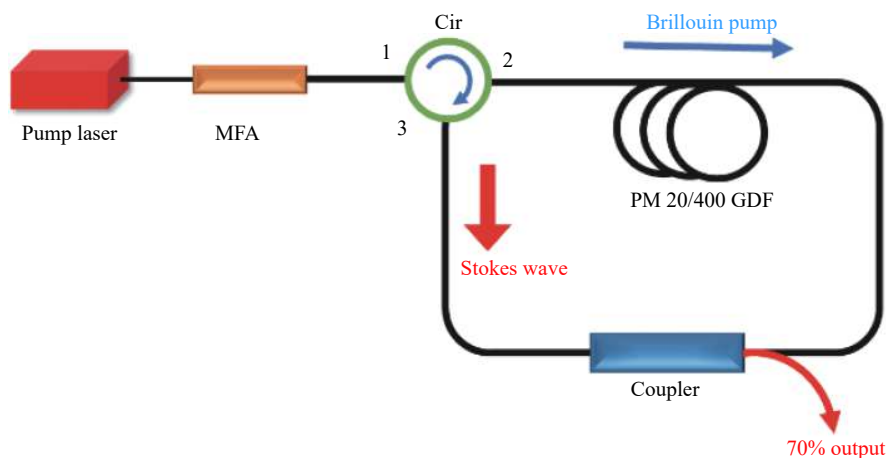


图 1 单频布里渊光纤激光器实验结构示意图
Fig.1 Schematic of experimental setup of the BFL

收稿日期:2021-12-23; 修订日期:2022-03-07

基金项目:国家重点研发项目 (2020 YFC2200401); 国家自然科学基金 (62005316, 62035015)

作者简介:陶悦,女,博士生,主要从事单频光纤激光器方面的研究。

通讯作者:李灿,男,副研究员,博士,主要从事光纤激光技术方面的研究。

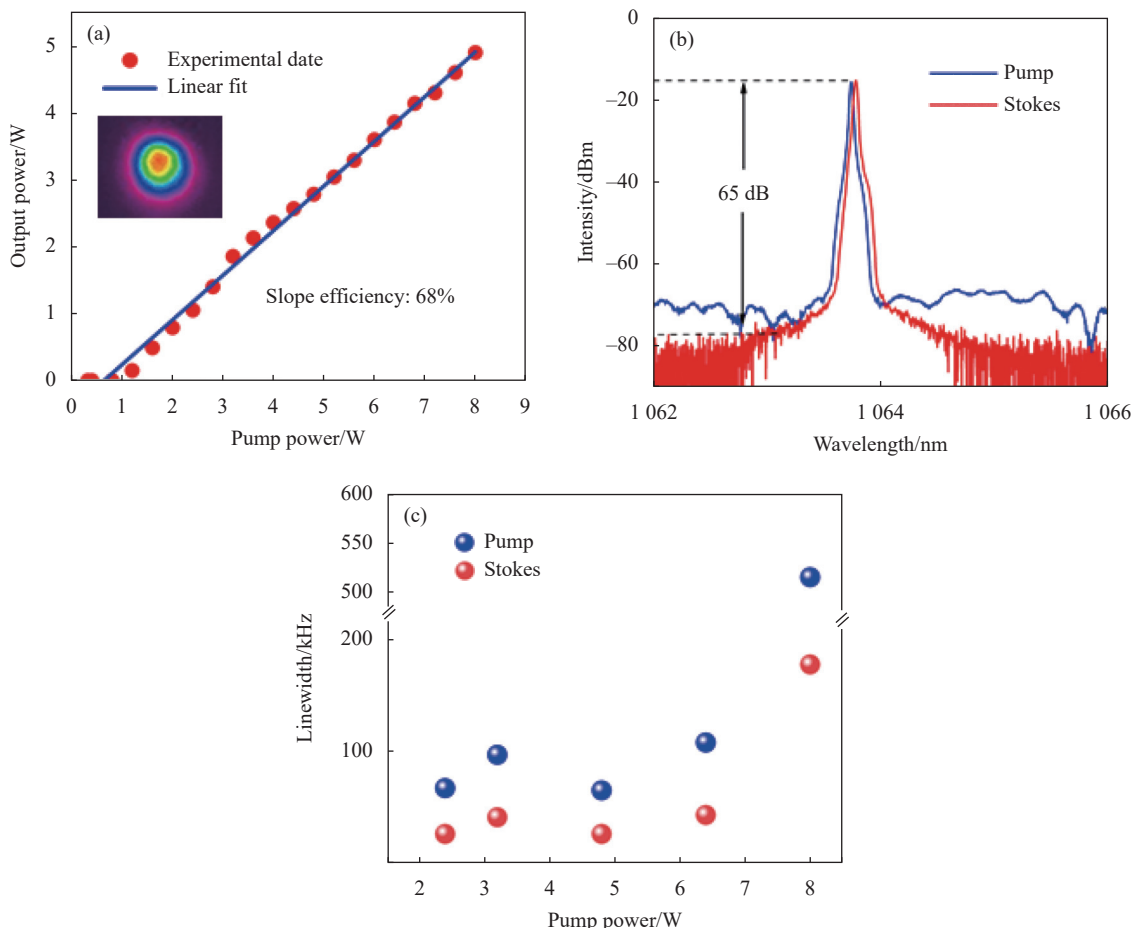


图 2 (a) BFL 输出功率随泵浦功率的变化情况 (插图: BFL 在最高输出功率下的光斑); (b) 泵浦光和 Stokes 光在最高功率下的光谱图; (c) 不同功率下泵浦光和 Stokes 光的线宽值

Fig.2 (a) BFL output power varying with pump power (Inset: Beam profile of the BFL output under highest output power); (b) Spectra of the Brillouin pump and BFL under highest output power; (c) Measured linewidth of the pump and Stokes light

保持单纵模特性, 且未观察到二阶 Stokes 光。在最大输出功率时, 测得激光器输出光斑如图 2(a) 中插图所示, 表明其工作在单横模状态。图 2(b) 所示为最高输出功率下泵浦光和 BFL 的光谱, 其中 Stokes 光中心波长相比于泵浦光红移了 0.052 nm, 光谱信噪比为 65 dB, 相比泵浦光提升了 10 dB。图 2(c) 为 Stokes 光

线宽随泵浦功率的演化图, 其相比于泵浦光线宽窄化了约 3 倍。该工作证明了大模场光纤在 BFL 功率提升方面的优势。下一步工作将继续提高泵浦光功率, 优化腔长和耦合器输出耦合比, 以进一步提高 BFL 的功率和效率。

致谢 感谢郭森在光纤熔接方面提供的支持和帮助。