

光纤激光相干合成 20 kW 级高功率输出

吴 坚, 马阎星*, 马鹏飞, 粟荣涛, 李 灿, 姜 曼, 常洪祥,
任 帅, 常 琦, 王 涛, 任 博, 周 朴*

(国防科技大学 前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073)

光纤激光拥有热管理方便、光束质量好、系统结构紧凑等优势, 在先进制造等工业领域和高能量密度物理等科学研究前沿领域具有强烈的应用需求。由于热效应、非线性效应、模式不稳定等物理限制, 传统单链路光纤激光功率提升受限, 构建模块化的光纤激光相干阵列, 对阵列光束进行相干合成, 可以突破传统单链路激光功率提升受限的难题。光纤激光相干合成是近年来激光技术领域的研究前沿和热点, 并已成功应用于高能激光产生、激光加工、激光通信和光场调控等场合。

近年来, 国内外多家单位在高功率光纤激光相干合成研制方面取得重要进展。2016 年, 美国空军实验室实现了 5 路千瓦级光纤激光的相干合成, 总输出功率 4.9 kW。2019 年, 国防科技大学实现 7 路千瓦级窄线宽、线偏振、近单模光纤激光相干合成, 总输出功率 7.1 kW。2020 年, 德国耶拿大学实现 12 路超短脉冲激光相干合成, 输出平均功率为 10.4 kW; 同年以色列 Civan 公司实现了 32 路光纤激光相干合成, 总输出

功率为 16 kW, 是目前公开报道的最高功率值。

近期, 笔者所在课题组成功实现了 19 路高功率光纤激光相干合成。系统使用千瓦级窄线宽、线偏振、近单模光纤放大器作为合成单元, 基于课题组自行研发的优化算法的相位控制模块、离焦像差补偿模块、高精度光程控制、19 路激光分孔径合成装置等关键技术, 总输出功率大于 20 kW, 实验结果如下图所示。其中图 (a) 和 (b) 为相位控制系统在开环和闭环下的远场长曝光分布, 两者对比看出, 系统在闭环情况下实现了远场中央主瓣能量的显著提升。通过计算, 远场长曝光的光斑分布图样条纹对比为 73%。系统稳定运行时, 总输出功率为 21.6 kW, 为国际上公开报道的光纤激光相干合成系统最高输出功率值。

致谢 国家自然科学基金 (62075242, 61705264); 湖南省创新研究群体基金 (2019JJ10005); 湖南创新型省份建设专项 (2019RS3017) 的支持, 以及漆云凤、叶韧、陈景春、喻湘荣、刘金伟、杨旭等在系统研制中提供的支持和帮助。

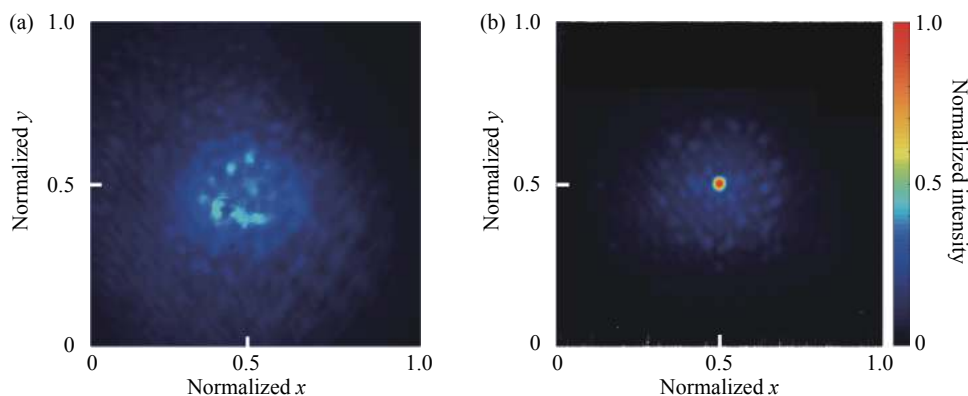


图 20 kW 级光纤激光相干合成的实验结果。(a) 开环时的远场光斑长曝光图; (b) 闭环时的远场光斑长曝光图

Fig. Experimental results of coherent beam combing with 20 kW level fiber laser. (a) Far-field pattern long exposure pattern in open loop; (b) Far-field pattern long exposure pattern in close loop

收稿日期: 2021-08-29; 修订日期: 2021-09-15

作者简介: 吴坚, 男, 副研究员, 博士, 主要从事光纤激光与光束合成领域的研究。

通讯作者: 马阎星, 男, 副研究员, 博士, 主要从事光纤激光与光束合成领域的研究。

周朴, 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事光纤激光与光束合成领域的研究。