

新型光纤合束器实现 20 kW 高质量激光输出

光纤功率合束器可将多个中等功率的光纤激光进行功率合成,以获得更高功率的光纤激光输出,是实现高功率光纤激光输出的核心元器件之一。攻克光纤合束器的关键技术,实现更高承载功率和更高光束质量的光纤合束器也是相关领域研究者始终不变的追求目标。国防科技大学前沿交叉学科学院高能激光技术研究所光纤功率合束器领域深耕多年,分别在 2016 年和 2018 年基于自研的 7×1 光纤功率合束器实现了输出纤芯为 $50 \mu\text{m}$ (数值孔径 $NA=0.22$) 的大于 6 kW 和 14 kW 光纤激光合成输出,光束质量因子 (M^2) 分别为 4.34 和 5.37。

为了进一步提高合成激光的光束质量和功率,本课题组通过优化光纤合束器关键工艺(主要包括光纤包层腐蚀变小技术、多根输入光纤的超低损耗熔融拉锥、组束光纤的切割及与输出光纤的超低损耗熔接等技术),研制了输入光纤纤芯/包层尺寸为 $20 \mu\text{m}/400 \mu\text{m}$ (纤芯 $NA=0.065$)、输出光纤纤芯/包层尺寸为 $50 \mu\text{m}/400 \mu\text{m}$ (纤芯 $NA=0.12$) 的 7×1 光纤合束器,输出光纤纤芯数值口径的变小增加了合束器的制作难度,但有利于控制合成激光的光束质量。基于实验室自研的 7 台 3 kW 光纤激光器模块(单元模块的光束质量 M^2 为 1.2~1.3),测量了满功率出光条件下 10 min 内的光束质量和功率(测试示意图如图 1 所示),在总输入功率为 21.2 kW 的情况下,输出功率为 20.17 kW,输出功率稳定,整体传输效率大于 95%。间隔 1 min 测试的光束质量 β 因子结果如图 2 所示,连续 10 次的 β 因子测试值均小于 4,平均值为 3.84,光斑形态稳定,其中光束口径取值为透过 99% 激光能量时的光阑口径。实验中所使用的高功率包层光滤除

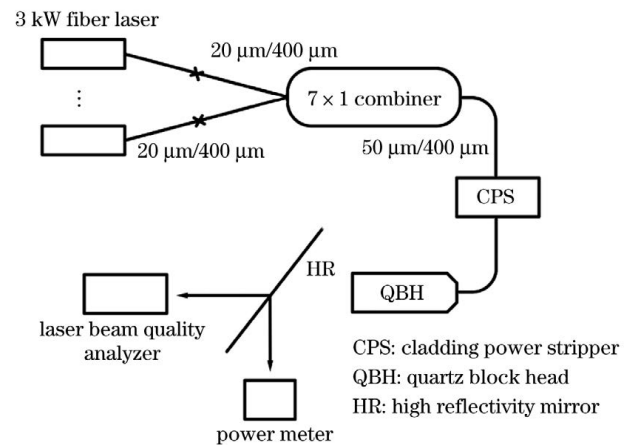


图 1 7×1 光纤功率合束器测试示意图

Fig. 1 Testing diagram of 7×1 fiber power combiner

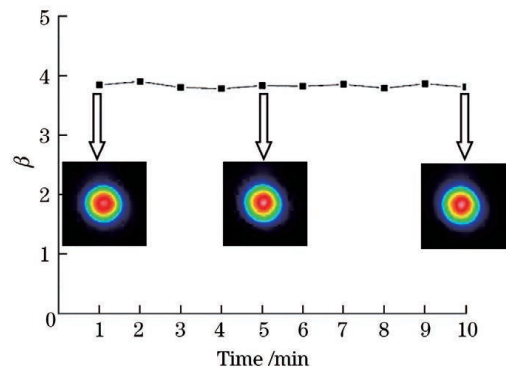


图 2 输出功率为 20 kW 时的 β 测试值

Fig. 2 Measured β when output power is 20 kW

器、光纤端帽等光纤器件均为高能激光技术研究所自研。高功率高质量光纤功率合束器的研制为高功率光纤激光系统的研究提供了技术和器件支撑。

陈子伦^{1,2,3}, 付敏¹, 宁禹^{1,2,3}, 冷进勇^{1,2,3}, 何宇龙^{1,2,3}, 王泽锋^{1,2,3}, 王小林^{1,2,3}, 杨保来^{1,2,3},
习锋杰^{1,2,3*}, 许晓军^{1,2,3}

¹国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073;

²国防科技大学南湖之光实验室, 湖南 长沙 410073;

³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: *xifengjie@163.com

收稿日期: 2022-07-14; 修回日期: 2022-08-03; 录用日期: 2022-08-26