

光纤激光相干合成技术

刘泽金 周 朴 王小林 马阎星 许晓军 侯 静

(国防科学技术大学光电科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

光纤光学

由于掺杂光纤的非线性效应、热损伤等物理机制的限制,单根光纤激光器的输出功率有限。为获取具有良好光束质量的大功率激光源,通常采用光束合成的方法。相干合成是一种有效的光束合成方式,即激光器采用多模块结构,通过控制各单元激光器输出激光的相位达到锁相输出,实现光束的相干合成。我们课题组针对光纤激光相干合成的可行性、技术途径选择与实现、光束质量评价等方面开展了大量的理论与实验研究。

在相干合成的物理机制及其可行性论证方面,实验验证了普遍认为的主振荡功率放大器(MOPA)结构相干合成系统需单频激光的传统观点过于严格,宽谱、多波长激光在一定条件下可以实现相干合成^[1]。图1为双波长光纤放大器相干合成实验系统结构与合成远场光斑。宽谱、多波长激光有望在有效抑制非线性效应的同时获得较好的相干合成效果,目前已实现4路4波长光纤放大器以及4路宽谱光纤放大器的相干合成。

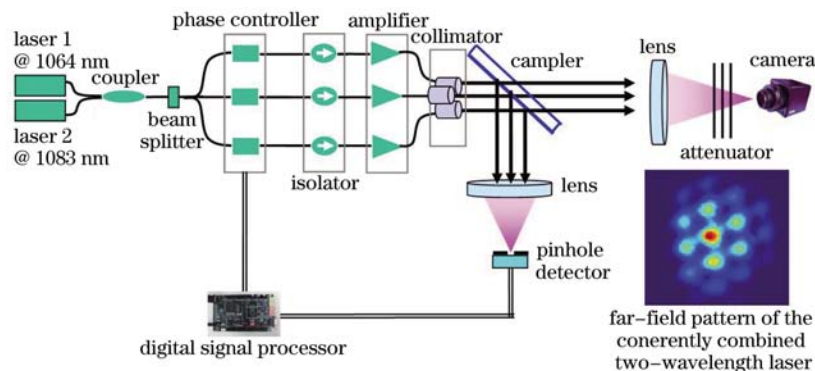


图1 双波长光纤放大器相干合成实验系统结构与合成远场光斑

在实验方面,建立了随机并行梯度下降(SPGD)算法相干合成实验平台^[2-4],首次实现SPGD算法光纤放大器相干合成。研制了基于数字信号处理器(DSP)的SPGD算法高速相位控制系统,在强噪声环境下对特征频率为3.1 kHz的相位噪声的平均控制残差在1/25波长以内。利用该相位控制系统成功实现了6路10 W级光纤放大器相干合成,总输出功率超过73 W,图2为相干合成时远场光斑图样。我们还利用SPGD算法实现了百毫瓦量级下16通道光纤激光锁相输出,合成效率达理想情形下的75%。另外还建立了基于抖动法相干合成实验平台,采用自行设计的基于现场可编程门阵列(FPGA)的控制电路,利用多抖动法实现了4路光束相干合成,闭环时远场光斑条纹对比度达0.93。首次提出了单抖动法相干合成方案,基于单抖动法实现了6路光纤激光的相干合成,闭环时远场条纹对比度达0.83。

相干合成光束是一种多孔径组合光束,各光束振幅分布的组合形成了新的振幅分布,而各光束的相位差形成了复杂波前的时空分布。如何评价这种新光束的光束质量,也成为评价相干合成效果的重要标准和亟待解决的问题。参考美国国防部高级研究计划局(DARPA)提出的光束传输因子(BPF)的概念,我们提出利用BPF作为高能激光光束

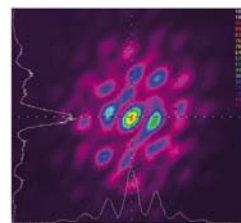


图2 6路10 W级光纤放大器相干合成远场光斑图样
质量通用评价标准^[5]。计算结果表明,BPF具有物理概念明晰、测量方便等优势,适合于评价相干合成激光光束质量,能够有效体现各种因素对光束质量的影响。

通信作者:刘泽金,E-mail: zejinliu@vip.sina.com

参考文献

- 1 P. Zhou et al.. *Opt.Lett.*, 2009, **34**(19): 2939~2941
- 2 P. Zhou et al.. *IEEE J. Sel. Top. Topics Quantum Electron.*, 2009, **15**(2): 248~256
- 3 P. Zhou et al.. *J. Phys. B*, 2009, **42**(19): 195401
- 4 P. Zhou et al.. *Appl. Phys. Lett.*, 2009, **94**(23): 231106
- 5 P. Zhou et al.. *Appl. Opt.*, 2008, **47**(18): 3350~3359