

# 中国激光

## 基于主动偏振控制技术实现高功率线偏振飞秒光纤激光

高功率超快光纤激光在基础研究和工业领域中都有广泛的应用。目前,基于自由空间耦合和全光纤结构的超快激光啁啾脉冲放大(CPA)系统的平均功率已经分别达到了 830 W 和 440 W。需要指出的是,由于 CPA 系统中压缩器的偏振选择特性,超快光纤激光一般输出线偏振光。此外,在一些特定的应用如超快激光相干合成中,也需要采用线偏振光。一般来说,线偏振光的产生和放大通常都是基于保偏光纤实现的。然而,保偏光纤的制备和熔接技术比非保偏光纤复杂,具有保偏特性的光学器件也更加昂贵。此外,相关研究表明,基于保偏光纤的放大器系统的非线性和模式不稳定效应的功率阈值明显低于非保偏光纤系统。基于偏振控制技术在非保偏光纤放大系统中实现高功率的线偏振光是可行的,目前其在窄线宽激光放大器中的应用较多,而在超快激光放大器中的应用鲜有报道。

最近,本课题组采用主动偏振控制技术并结合均方根传播(RMS-prop)算法,在非保偏光纤放大器中实现了高功率线偏振飞秒激光输出。实验装置如图 1 所示,种子信号为重复频率为 80 MHz、脉宽为 6 ps 的线偏振锁模激光,利用两个啁啾光纤布拉格光栅(CFBG)将种子信号展宽至全宽 2 ns,以减小脉冲放大过程中的峰值功率和非线性效应。激光信号随后被注入到一个尾纤为非保偏光纤的偏振控制器(PC)中,该 PC 包含 4 个压电陶瓷,受外部控制电路驱动以挤压

光纤,进而改变输出激光的偏振态。经过 PC 的输出信号通过 3 个非保偏光纤放大器进行功率提升。主放大器为一段长度为 5.2 m、纤芯/包层直径为 25  $\mu\text{m}$ /400  $\mu\text{m}$  的掺镱光纤(YDF),包层吸收系数为 1.7 dB/m。放大后的激光信号经准直器(CO)进入自由空间,并被偏振分束棱镜(PBS)分成两束。水平偏振光由功率计 1 采集,垂直偏振光经高反镜后由功率计 2 采集,少部分透射光由光电探测器(PD)采样并产生反馈电压信号。RMS-prop 控制电路对反馈信号进行处理后产生 PC 控制电压信号,实时调节 PC,使得垂直偏振光的输出功率最小。如图 2(a)所示,系统的输出功率随泵浦功率的增加呈线性增加,实验中得到的最大输出功率为 402.3 W,功率的进一步提升受限于受激拉曼散射(SRS)效应和高功率、强非线性效应下的偏振退化。图 2(a)中的插图最高输出功率下的光斑,对应的光束质量因子( $M^2$ )约为 1.13,具有近衍射极限光束质量,在整个实验过程中没有观察到模式不稳定效应。偏振消光比(PER)的演化如图 2(b)所示,整个实验过程中 PER 相对稳定,在 11.4 dB~12.4 dB 区间波动。在最高功率下,水平偏振光被一对线密度为 1739 line/mm 的衍射光栅压缩后,测得脉宽为 755 fs (假定脉冲为高斯型),如图 2(c)所示。压缩后的最大功率为 273.8 W,对应的单脉冲能量为 3.4  $\mu\text{J}$ 。下一步工作将考虑在超快光纤激光相干合成系统中引入主动偏振控制技术,实现更高功率的超快激光输出。

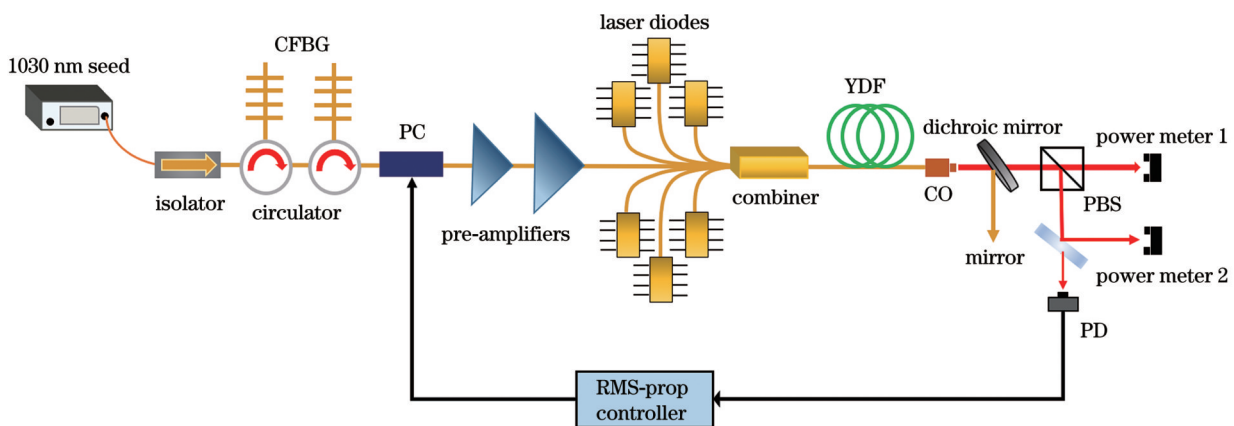


图 1 实验装置图

Fig. 1 Experimental device diagram

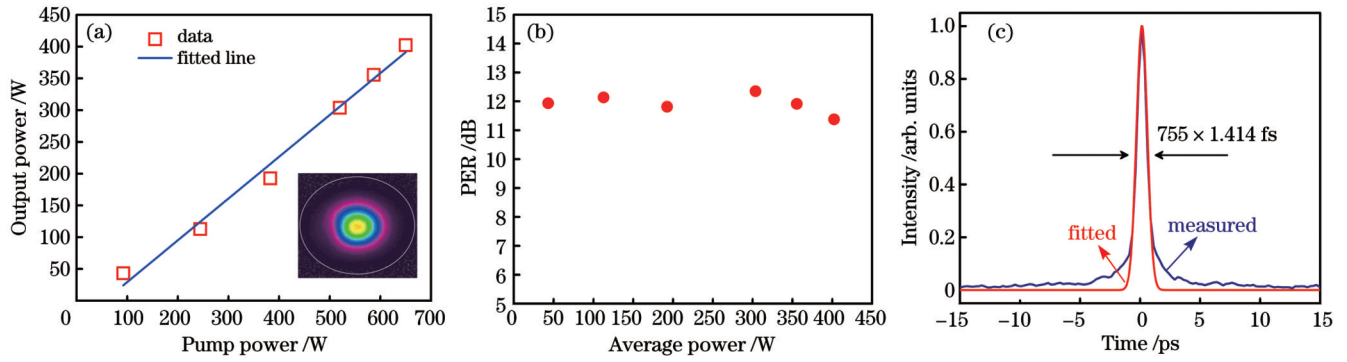


图 2 实验结果。(a)输出功率随泵浦功率的变化,插图为 402.3 W 下的输出光斑;(b)PER 随输出功率的演化;(c)最高功率下压缩后的脉冲自相关曲线

Fig. 2 Experimental results. (a) Output power versus pump power with output beam profile at 402.3 W shown in inset; (b) PER versus output power; (c) autocorrelation trace of compressed pulse at maximum power

王涛<sup>1</sup>, 任帅<sup>1,2</sup>, 常洪祥<sup>1</sup>, 任博<sup>1</sup>, 郭琨<sup>1</sup>, 李灿<sup>1\*</sup>, 马鹏飞<sup>1,3,4</sup>, 冷进勇<sup>1,3,4</sup>, 周朴<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南长沙 410073;

<sup>2</sup>国防科技大学信息通信学院, 湖北武汉 430035;

<sup>3</sup>国防科技大学南湖之光实验室, 湖南长沙 410073;

<sup>4</sup>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: \*lc0616@163.com; \*\*zhoupu203@163.com

收稿日期: 2023-06-20; 修回日期: 2023-06-26; 录用日期: 2023-07-11; 网络首发日期: 2023-07-21