

国产啾啾光纤光栅应用于高功率飞秒激光系统

飞秒激光在 3C 产业(包括计算机、通信和消费电子产品)、增材制造、精准医疗、微纳加工、超快检测等领域具有广阔的应用前景。光纤啾啾脉冲放大(FCPA)技术是获得高功率飞秒激光的重要技术路线。在 FCPA 系统中,啾啾光纤布拉格光栅(CFBG)是调控色散的关键器件,然而目前国内使用的 CFBG 长期依赖进口,使得我国的飞秒激光产业面临不可控风险。

本课题组近几年研制出了 CFBG 刻写系统,其所使用的刻写光源为自研全固态紫外激光器,而且制作

该光源所使用的器件均为国产。目前,使用该光源刻写的 CFBG 已被成功应用于光纤锁模振荡器。在此基础上,本团队通过优化模板设计,在 Fujikura SM98-PS-U25D 光纤上成功刻写出了色散可达 60 ps/nm 的 CFBG。进一步,本团队与中国科学院西安光学精密机械研究所合作,将该光纤应用于高功率 FCPA 系统,取得了优异效果。

图 1 是 CFBG 的反射谱及照片,中心波长为 1033 nm,光谱宽度为 12 nm,反射率约为 12%,色散量为 60 ps/nm。

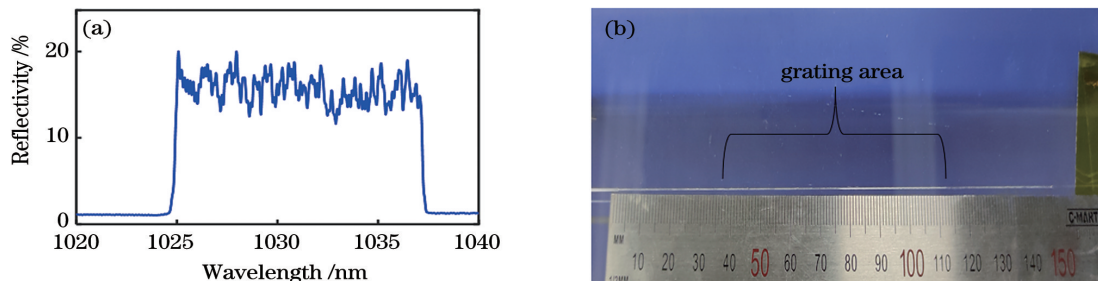


图 1 CFBG 的反射谱及照片。(a)反射谱;(b)照片

Fig. 1 Reflected spectrum and photograph of chirped fiber Bragg grating. (a) Reflected spectrum; (b) photograph

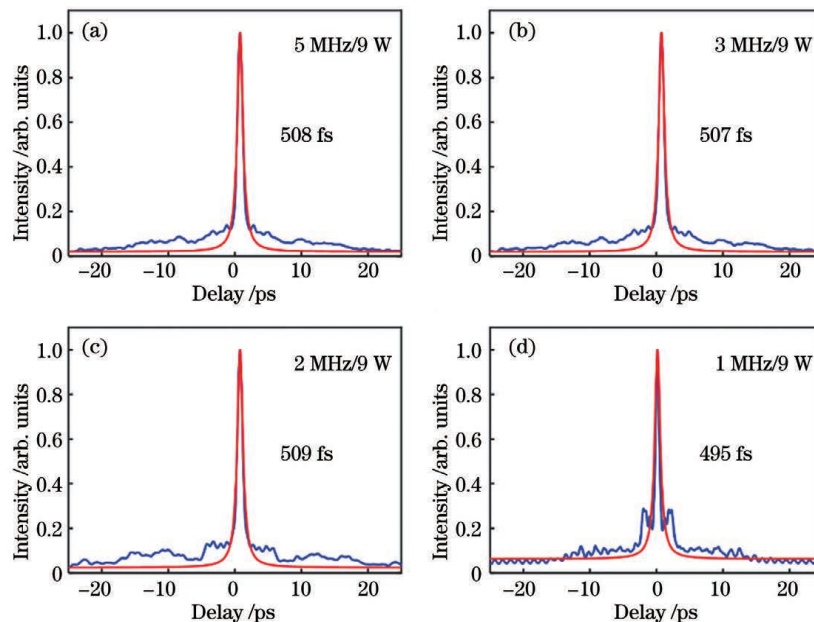


图 2 FCPA 系统压缩后的脉冲波形。(a) 5 MHz 重复频率;(b) 3 MHz 重复频率;(c) 2 MHz 重复频率;(d) 1 MHz 重复频率

Fig. 2 Compressed pulse shapes from FCPA system. (a) 5 MHz repetition frequency; (b) 3 MHz repetition frequency; (c) 2 MHz repetition frequency; (d) 1 MHz repetition frequency

在 FCPA 系统中,光纤锁模振荡器输出的种子光经 CFBG 展宽脉宽后,进入一级单包层光纤和一级双包层光纤预放大器提升功率,然后经声光调制器降频至 1~5 MHz,之后经一级单包层光纤和一级双包层光纤预放大器再次预放大,接着再经过一级光子晶体光纤(PCF)放大后进入双光栅压缩器压缩脉宽。

保持压缩后的功率不变(9 W),不同重复频率下

压缩后的脉冲波形如图 2 所示。可以看出,在 3 MHz 以上的重复频率下,即单脉冲能量不超过 3 μ J 时,脉冲波形较为干净,脉宽为 507 fs。随着重复频率降低,脉冲波形的底座开始抬高。可以通过进一步展宽脉宽或增加光纤芯径来改善此现象。

自研大色散量 CFBG 的性能得到了证明,为我国高端飞秒激光器的自主化作出了积极贡献。

林庆典¹, 宋冬冬², 余军¹, 张哲¹, 赵华龙², 王屹山², 李峰^{2*}, 郭晓杨^{1**}, 周沧涛¹, 阮双琛¹

¹深圳技术大学工程物理学院,先进材料测试技术研究中心,深圳市超强激光与先进材料技术重点实验室,广东 深圳 518118;

²中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室,陕西 西安 710119

通信作者: *lifeng@opt.ac.cn; **guoxiaoyang@sztu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金(12004262)、深圳市高层次人才项目(202024555101039)

收稿日期: 2022-09-18; 修回日期: 2022-09-22; 录用日期: 2022-10-09