

基于低能量紫外飞秒激光刻写的高反射率啁啾光纤光栅

啁啾光纤光栅(CFBG)在光纤激光、光纤通信以及光纤传感等领域被广泛应用,可用于实现超快激光的啁啾脉冲放大(CPA)、通信系统中的色散补偿以及温度、应变、弯曲等参量的传感。目前,国内使用的高性能 CFBG 主要是由加拿大 TeraXion 公司生产的,但该公司生产的 CFBG 目前仍存在反射率及光谱平坦度不够高等问题。比如,该 CFBG 应用于 CPA 系统时会导致光光效率较低以及光谱畸变,应用于色散补偿时会增加额外的能量损耗和信号失真。因此,制备更高性能的 CFBG 并改善其光谱特性对于核心光纤元器件的国产自主化具有重要意义。近些年,国内以深圳技术大学、北京工业大学以及珠海光库科技股份有限公司等为代表的机构开展了 CFBG 的制备技术研究,并取得了一系列突破性进展。然而,当前的制备技术主要是绿光/近红外飞秒激光直写法和紫外激光曝光光敏光纤法,它们分别存在刻写效率较低和高温下易被擦除的问题。

电子科技大学李剑峰课题组与杭州光激科技有限公司合作优化了紫外激光+相位掩模板的 CFBG

写入法(将紫外飞秒激光作为刻写光源),并搭建了相应的刻写系统,如图 1 所示。他们基于 257 nm 紫外飞秒激光器结合掩模板对载氢保偏光纤(PM980)进行了刻写,所刻写的 CFBG 如图 2(a)所示(封装后)。在 90 °C 下对 CFBG 进行 24 h 加热退火后,对其反射特性进行测试,测试结果如图 2(b)所示。其中心波长为 1031.7 nm,3 dB 带宽为 11.97 nm,最大反射率接近 100%,11 nm 带宽内的平均反射率可达 98.3%,各波长反射率方差 σ^2 低至 0.00003,表明反射光谱具有超高的平坦度。在图 2(b)所示的线性坐标下,整个反射带内的反射率仅出现了很小的波动,展现了紫外飞秒+相位掩模板刻写 CFBG 的稳定性和高度一致性。值得一提的是,本系统刻写 CFBG 所需的脉冲能量仅为 2 nJ,相比于已报道的 CFBG 刻写所需最低能量(约 50 nJ)低了一个数量级,从而大大提升了 CFBG 的写入效率。将所刻写的 CFBG 在 300 °C 高温下加热 12 h,然后测试其特性,结果显示其特性几乎未发生变化。同时,刻写 12 cm 长 CFBG 仅需 240 s。

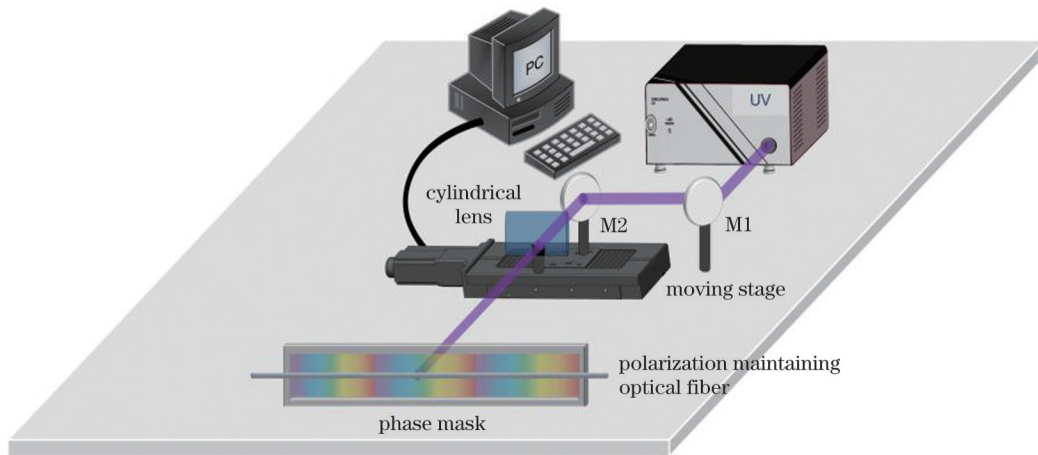


图 1 257 nm 紫外飞秒激光+相位掩模板的 CFBG 刻写系统

Fig. 1 257 nm UV femtosecond laser + phase mask CFBG writing system

随后,对该 CFBG 的脉冲拉伸性能进行测试,将 3.1 ps 锁模种子源通过光纤环形器与所刻写的 CFBG 相连。图 3(a)所示为输入光谱和 CFBG 反射光谱的对比,可以看到:总传输效率大于 80%,近 20% 的能量损耗主要为环形器损耗和熔接损耗(0.7 dB~

0.9 dB)。此外,光谱信息基本实现了无失真传输,即使是细小的光谱抖动,也被很好地保留下来。同时,如图 3(b)所示,3.1 ps 锁模脉冲被拉伸至约 1.2 ns,色散量高达 -61 ps^2 。

该超平坦、高反射率、大色散量啁啾光纤光栅的研

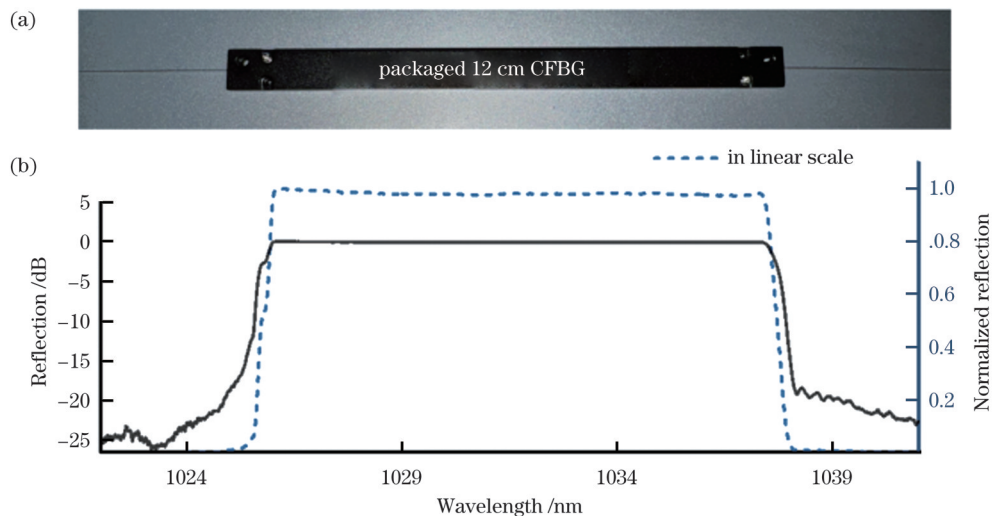


图 2 超平坦高反射率CFBG。(a)封装后的CFBG;(b)CFBG的反射光谱
Fig. 2 Ultra-flat high reflectivity CFBG. (a) Packaged CFBG; (b) CFBG reflection spectrum

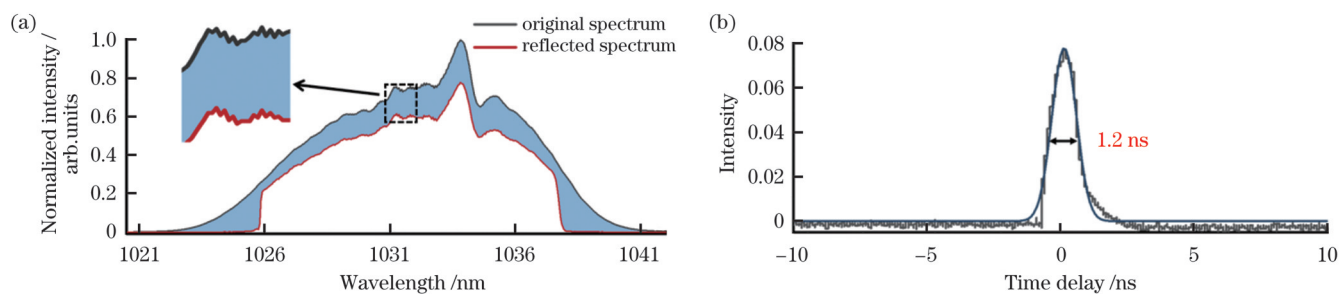


图 3 CFBG 脉冲拉伸性能测试。(a)拉伸前后的光谱对比;(b)展宽后的脉冲波形
Fig. 3 Pulse stretching performance test of the CFBG. (a) Spectral comparison before and after stretching; (b) pulse waveform after stretching

发以及高效、低能耗CFBG刻写系统的设计,为实现核心光纤元器件的国产自主化作出了积极贡献,有望打

破国外对高性能CFBG的市场垄断,实现CFBG器件的国产化。

王森宇^{1,2}, 李剑峰^{1,2*}, 万金龙¹, 罗鸿禹¹, 翁杰²

¹电子科技大学光电科学与工程学院, 四川 成都 610097;

²杭州光激科技有限公司, 浙江 杭州 310019

通信作者: *lijianfeng@uestc.edu.cn

收稿日期: 2024-01-04; 修回日期: 2024-01-25; 录用日期: 2024-03-04; 网络首发日期: 2024-03-19