

16 W Shieh, X Yi, Y Ma, *et al.*. Theoretical and experimental study on PMD supported transmission using polarization diversity in coherent optical OFDM systems[J]. Opt Express, 2007, 15 (16): 9936-9947.
 17 X Liu, F Buchali. Intra-symbol frequency-domain averaging based channel estimation for coherent optical OFDM[J]. Opt Express, 2008, 16(26): 21944-21957.

18 Xu Xia, Xi Lixia, Zhang Xiaoguang, *et al.*. Design and optimization of chromatic dispersion compensation block in digital coherent optical receiver[J]. Acta Optica Sinica, 2011, 31(11): 1106001.
 徐霞, 席丽霞, 张晓光, 等. 光数字相干接收机中色散补偿模块设计与优化[J]. 光学学报, 2011, 31(11): 1106001.

栏目编辑: 王晓球

13 W 全光纤中红外超连续谱光源

和传统的石英光纤相比, 硫系元素光纤、亚碲酸盐光纤、氟化物光纤等软玻璃光纤在中红外波段具有较低的传输损耗, 以这些软玻璃光纤为非线性介质产生中红外超连续谱的研究均有报道。然而, 在高功率中红外超连续谱的实验研究中, ZBLAN(组分为 ZrF_4 - BaF_2 - LaF_3 - AlF_3 - NaF) 氟化物光纤表现出了更为优越的性能。2009 年, 美国密西根大学以 ZBLAN 光纤为非线性介质, 实现了平均输出功率为 10.5 W 的中红外超连续谱光源, 输出光谱范围为 $0.8 \sim 4 \mu m$ 。这是目前以软玻璃光纤为非线性介质产生中红外超连续谱的最高平均输出功率。

软玻璃光纤具有较低的熔点, 和普通光纤之间难于实现熔接, 所承受的功率值也远低于石英光纤, 因此较难实现高功率输出。国防科技大学光电科学与工程学院高能激光技术研究所致力于全光纤结构的中红外超连续谱研究, 继 2012 年 6 月实现了 $1.9 \sim 4.3 \mu m$ 全光纤中红外超连续谱光源后, 在 2012 年 12 月实现了瓦量级全光纤中红外超连续谱光源。2013 年 12 月该研究所进一步优化了系统结

构, 通过选择模场更为匹配的光纤和高质量的端面处理技术减小了 ZBLAN 光纤和普通光纤之间的连接损耗, 不仅提高了转换效率和输出功率水平, 也提高了系统的稳定性。最终基于 $2 \mu m$ 脉冲激光器及放大器, 在单模 ZBLAN 光纤中实现了平均输出功率为 13 W 的全光纤结构中红外超连续谱光源。实验中种子激光的脉冲宽度、重复频率及中心波长分别为 26.7 ps, 29.39 MHz 和 1960 nm。图 1 (a) 为中红外超连续谱输出功率相对于最后一级掺铥光纤放大器抽运光功率的变化曲线, 当最后一级掺铥光纤放大器的抽运光功率为 65.1 W 时, 中红外超连续谱的输出功率为 13 W, 光光转换效率约为 20%, 平均输出功率和光光转换效率均优于美国密西根大学的 10.5 W 结果。当中红外超连续谱的平均输出功率为 13 W 时, 实验测得的光谱如图 1 (b) 所示, 光谱范围覆盖 $1.9 \sim 4.3 \mu m$ 。图 1 (b) 中的光谱存在一个凹陷, 光谱凹陷的具体原因尚不明确, 正在进一步的研究之中。图 1 (b) 中的插图 of 实验现场照片。

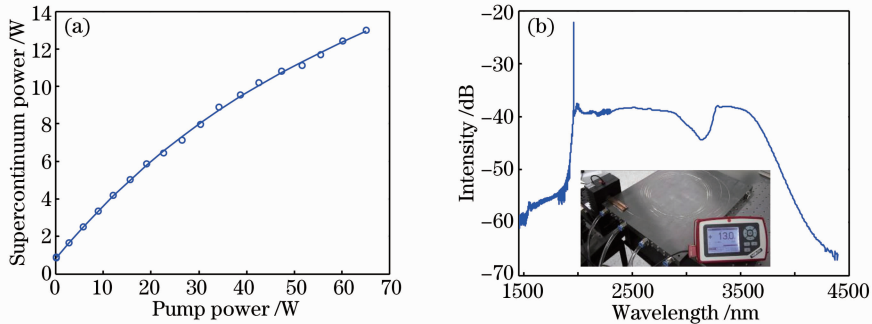


图 1 中红外超连续谱光源特性。(a) 功率特性; (b) 平均输出功率为 13 W 时的光谱, 插图为实验现场照片
 Fig. 1 Properties of the mid-infrared supercontinuum source. (a) Power property; (b) supercontinuum spectrum at 13 W output power, the insert shows the laser in operation

杨未强 张 斌 薛光辉 殷 科 侯 静*
 (国防科学技术大学光电科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)
 * E-mail: houjing25@sina.com

收稿日期: 2013-12-16; 收到修改稿日期: 2013-12-26