

## 基于掺磷光纤的光谱平坦超连续谱输出

超连续谱光源具有光谱覆盖范围宽、空间相干性好等特性,在光学测量、化学检测、生物医疗等领域中有着重要应用。光谱平坦度作为超连续谱光源的关键参数之一,对应用效果具有重要影响。例如,在光学测量等领域,超连续谱光源的光谱平坦度越好,测量结果越准确。为实现光谱平坦的超连续谱输出,研究人员以光纤作为非线性介质开展了大量工作。研究表明,拉曼增益过程在光源光谱的长波方向拓展和超连续谱产生等方面有重要作用。常规石英光纤在频移 13.2 THz 附近的拉曼增益系数较高,而在频移 10 THz 以内的拉曼增益系数显著降低。因此在基于石英光纤的高功率超连续谱光源中,在光纤的常规色散区内会出现周期性的、与拉曼频移相关的波峰与波谷,影响光谱平坦度。

与常规非掺杂石英光纤或掺锗光纤(GDF)相比,掺磷光纤(PDF)拉曼增益谱更宽更平坦,有望实现光谱平坦的超连续谱输出。基于此,课题组利用掺磷光纤搭建了超连续谱光源。泵浦源为中心波长为 1063 nm 的模块化脉冲光纤激光器,重复频率为 200 kHz,脉宽为 5 ns,输出最高平均功率为 841 mW。

泵浦源的输出端直接与一段长度为 500 m 的双包层掺磷光纤相熔接。该掺磷光纤的纤芯直径为 5  $\mu\text{m}$ ,包层直径为 125  $\mu\text{m}$ ,数值孔径为 0.18,零色散波长在 1.4  $\mu\text{m}$  附近。为了对比研究掺磷光纤在实现光谱平坦的超连续谱输出方面的优势,我们采用长度、纤芯尺寸、数值孔径、零色散波长均相近的掺锗光纤代替掺磷光纤作为对照组,测得的两款光纤的拉曼增益谱如图 1(a)所示。

图 1(b)展示了基于掺磷光纤与掺锗光纤的超连续谱光源在最高泵浦功率时的输出光谱。基于掺磷光纤的超连续谱光源的光谱覆盖范围为 850~2150 nm,比基于掺锗光纤的超连续谱光源宽 300 nm。另外,在基于掺磷光纤的超连续谱光源的输出光谱中,不存在周期性的拉曼波峰与波谷,1.1~2.0  $\mu\text{m}$  范围内的光谱平坦度为 7 dB,而在基于掺锗光纤的超连续谱光源的输出光谱中,存在周期性的拉曼波峰与波谷,对应的光谱平坦度为 12 dB。以上结果证实了掺磷光纤在实现光谱平坦的超连续谱输出方面的优势,有望为高功率光谱平坦的超连续谱光源提供一种有效制备方案。

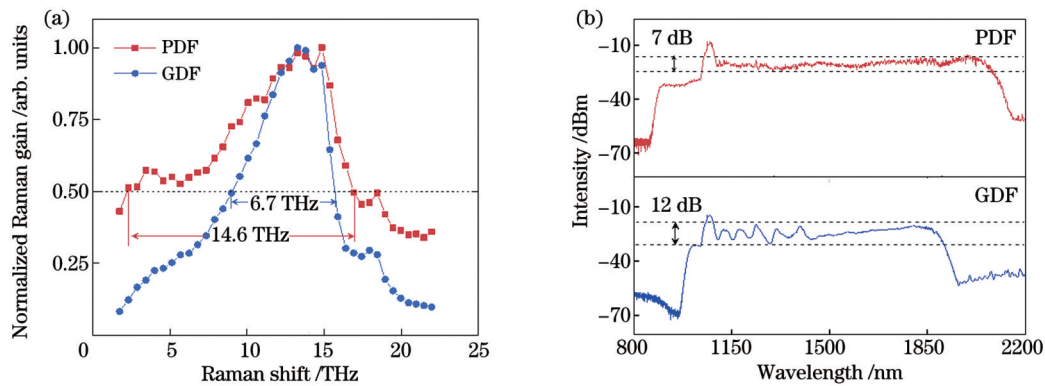


图 1 两款光纤的对比。(a)拉曼增益谱;(b)输出光谱

Fig. 1 Comparison of two optical fibers. (a) Raman gain spectra; (b) output spectra

张扬<sup>1</sup>, 许将明<sup>1\*</sup>, 梁峻锐<sup>1</sup>, 柯延钊<sup>1</sup>, 马小雅<sup>1</sup>, 李思成<sup>1</sup>, 何俊鸿<sup>1</sup>, 叶俊<sup>1,2,3</sup>, 潘志勇<sup>1,2,3</sup>, 冷进勇<sup>1,2,3</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>国防科技大学南湖之光实验室, 湖南 长沙 410073;

<sup>3</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: \*jmxu1988@163.com; \*\*zhoupu203@163.com

收稿日期: 2023-10-18; 修回日期: 2023-11-09; 录用日期: 2023-11-22; 网络首发日期: 2023-11-29