

纯石英光纤实现 4.8 μm 激光输出

中红外波段光纤激光器在通信、遥感和光电对抗等诸多领域中具有重要的应用价值,是国内外激光领域的研究热点。基于软玻璃光纤的稀土掺杂型激光器一直以来都是实现中红外波段输出的有效手段。但受限于软玻璃光纤的制备工艺和有限的稀土离子种类,传统的实芯光纤激光器在波长拓展和功率提升方面遇到了瓶颈,实现 4 μm 以上激光输出困难很大。空芯光纤气体激光器的出现为中红外波段输出的实现提供了一种新途径。2019年,国防科技大学基于充有 CO_2 气体的空芯光纤气体激光器获得了 4.3 μm 波段的激光输出;2022年,国防科技大学进一步利用充有 HBr 气体的空芯光纤气体激光器实现了 3.80~4.49 μm 波段宽调谐激光输出。

为了进一步拓展中红外光纤激光器的输出波段,近期国防科技大学利用单程结构,在充有 CO 气体的反谐振空芯光纤中实现了近 5 μm 的中红外激光输出。实验中所使用的空芯光纤为无节点反谐振空芯光纤,其光纤横截面与仿真的传输损耗如图 1 所示。通过使用标准的截断法测得该光纤在 2.33 μm 处的传输损耗为 0.38 dB/m。由于缺少合适的光源,故未测得该光纤在 4.5~4.8 μm 处的损耗。根据仿真结果,该光纤在 4.6 μm 和 4.8 μm 处的传输损耗分别为 0.16 dB/m 和 0.96 dB/m。研究中使用的实验装置示意图如图 2 所示。使用的泵浦源为基于分布布拉格反馈激光二极管的窄线宽 2.33 μm 光纤光源,输出功率达数百毫瓦。通过透镜组(L1和L2)将泵浦光耦合进一段长度约为 3.5 m 的空芯光纤。空芯光纤两端则分别密封在含有输入或输出玻璃窗口的气体腔中,通过气体管道将 CO 气体充入空芯光纤。获得的中红外激光经透镜 L3 和滤光片输出。

准直后,由中红外波段滤波片滤除残余的 2.33 μm 泵浦光。图 3(a)所示为通过傅里叶变换光谱分析仪测得的激光光谱,通过将泵浦源波长对准 CO 气体的 R(7)吸收线,获得了 R(7)和 P(9)输出谱线,对应的波长分别为 4658.25 nm 和 4804.06 nm。图 3(b)展示了中红外激光功率随泵浦光功率的变化曲线,获得的最高输出功率约为 1 mW。目前,激光器较低的输出效率主要是所使用的空芯光纤在 >4 μm 波段较高的传输损耗和弯曲损耗导致的。此外该光纤对应力敏感,光纤两端在密封过程中极易受到挤压而出现明显的功率损耗。因此,为进一步提升 CO 空芯光纤气体激光器的输出效率,后续工作将控制低损耗空芯光纤。此外,在光纤长度、气压大小和 CO 分子泵浦线选择等方面也将作进一步研究。

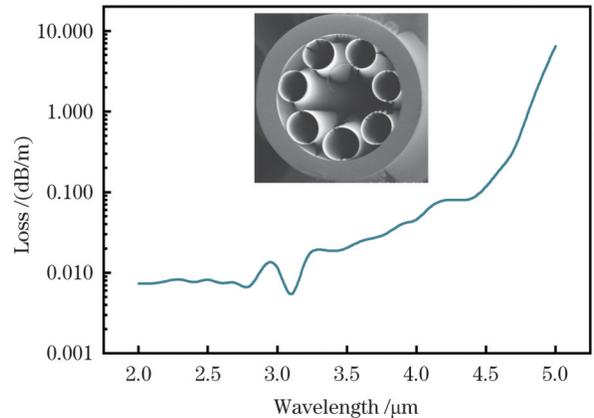


图 1 CO 气体激光中使用的空芯光纤的横截面与仿真损耗谱
Fig. 1 Cross section and simulated loss spectrum of hollow-core fiber used in CO gas laser

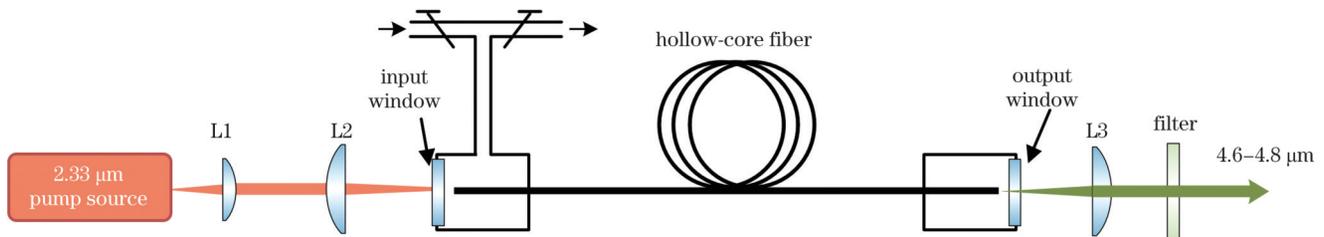


图 2 中红外空芯光纤气体激光器的实验装置示意图

Fig. 2 Schematic of experimental setup of mid-infrared hollow-core fiber gas laser

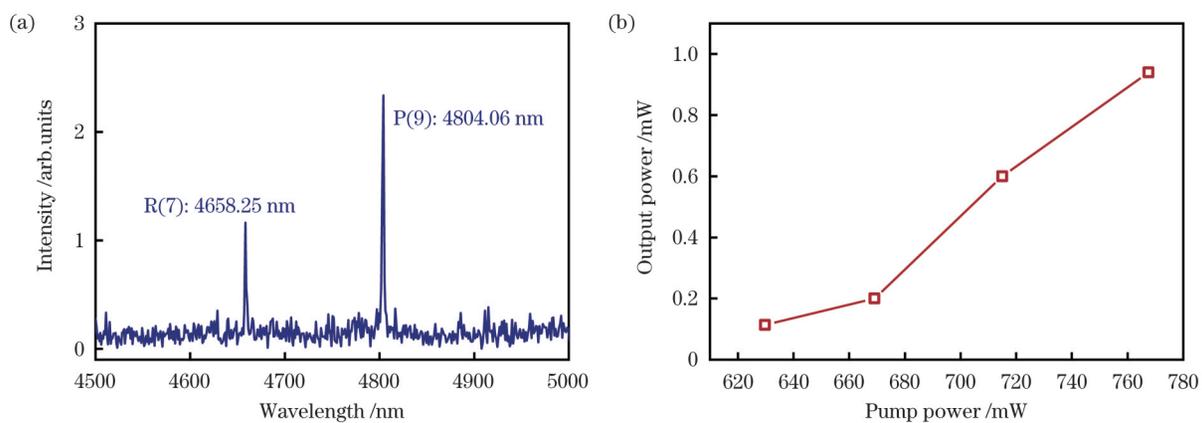


图 3 充有 CO 气体的空芯光纤气体激光器的实验结果。(a)光谱;(b)输出功率

Fig. 3 Experimental results of hollow-core fiber gas laser filled with CO gas. (a) Spectrum; (b) output power

李炫熹^{1,2,3}, 杨林永^{1,2,3}, 周智越^{1,2,3}, 黄威^{1,2,3}, 王蒙^{1,2,3}, 熊峰^{1,2,3}, 李智贤^{1,2,3}, 奚小明^{1,2,3}, 陈子伦^{1,2,3}, 王泽锋^{1,2,3*}

¹国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073;

²国防科技大学南湖之光实验室, 湖南 长沙 410073;

³高能激光技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410073

通信作者: *zefengwang_nudt@163.com

收稿日期: 2023-10-12; 修回日期: 2023-11-05; 录用日期: 2023-11-08; 网络首发日期: 2023-11-15

基金项目: 国家自然科学基金 (11974427)