

宽带调谐全光纤环形激光器*

关柏鸥 郭转运 刘志国 董孝义

(南开大学现代光学研究所 天津 300071)

提要 报道了一种结构简单的全光纤型宽带调谐光纤激光器。利用经过特殊处理的、高温灵敏度高的光纤光栅作调谐元件,采用温度调谐方法,获得了 38 nm 的激光波长调谐范围。

关键词 光纤激光器, 光纤光栅, 调谐

1 引言

可调谐光纤激光器在光纤通信和光纤传感领域有重要应用价值,引起了人们极大的研究兴趣。近年来提出了很多调谐方案,包括法珀标准具调谐、光纤光栅调谐等。其中,光纤光栅调谐方案尤其具吸引力。由于光纤光栅与光纤之间具有天然的兼容性,用它可实现全光纤型可调谐激光器。目前已提出了多种光纤光栅调谐方案,如轴向拉伸调谐^[1]、轴向压缩调谐^[2]、侧压力调谐^[3]、悬臂梁(简支梁)调谐^[4~6]、磁调谐^[7]等。其中轴向拉伸调谐、侧压力调谐、悬臂梁(简支梁)调谐、磁调谐方案简单易行,但由于受光纤光栅本身的应变特性的限制,很难获得大的调谐范围。轴向压缩方法可以获得较大的调谐范围(32 nm),但其调谐装置复杂,机械精度要求非常高,不易实现。我们提出了一种光纤光栅调谐的新方案,用一种特殊的聚合物材料对光纤光栅进行封装处理,光纤光栅的温度灵敏度提高了 23 倍之多。用它作为光纤激光器的调谐元件,采用温度调谐方法获得了 38 nm 的激光波长调谐范围。据我们所知,这是迄今有文献报道的光纤光栅方法所获得的最大的激光波长调谐范围。

2 实验与结果

光纤激光器的结构如图 1 所示。我们采用环形腔结构,整个激光器由光纤光栅(FBG),掺铒光纤(EDF),光隔离器(ISO),980/1550 nm 波分复用器(WDM)和光纤耦合器组成。980 nm 带尾纤输出的半导体激光器输出的抽运光经波

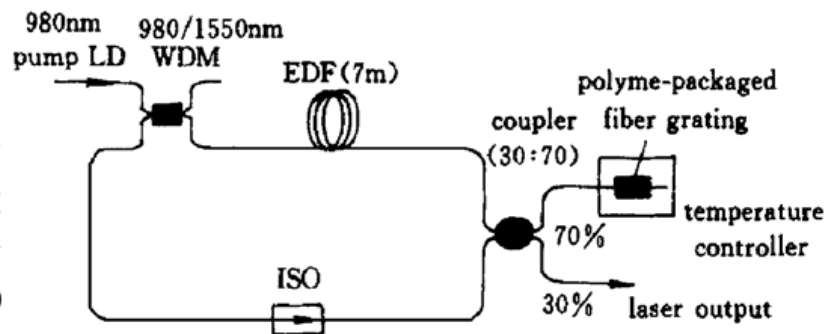


图 1 光纤激光器的结构示意图

Fig. 1 The configuration of temperature-tuned erbium-doped fiber laser

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1998-10-27; 收到修改稿日期: 1998-12-22

分复用器入射到掺铒光纤。掺铒光纤的长度为 7 m, 掺杂浓度为 100×10^{-6} , 其另一端接一 30 : 70 的光纤耦合器。耦合器的 70% 输出端接光纤光栅提供反馈, 30% 输出端提供激光输出。光隔离器保证 1550 nm 激光在环形腔中的单向运转。

实验所用光纤光栅是我们用位相掩模法自行研制的, 成栅光源为 248 nm 准分子激光, 所用光纤为国产光敏光纤。光纤光栅长度为 15 mm, 反射带宽为 0.12 nm, 反射率约为 50% (本实验仅是为了验证新想法的可行性, 因此没有选用高反射率的光纤光栅)。为了提高光纤光栅的温度灵敏度, 对光纤光栅进行了封装处理, 采用不引入局部应力的封装工艺将光纤光栅埋置于聚合物材料中。这种聚合物具有较大的热膨胀系数, 当外界温度改变时, 聚合物膨胀而引起光栅周期变化, 导致光栅的布拉格波长移动。为了防止光纤光栅与聚合物材料之间出现滑脱现象, 在封装之前, 先将光纤光栅表面进行反应等离子体轰击, 使其表面粗糙化, 以便与聚合物之间致密结合, 有效实现聚合物与光纤光栅之间的应变传递。通过封装处理, 不仅极大地改善了光纤光栅的温度特性, 而且, 对其起到了很好的保护作用。封装后的光纤光栅的温度灵敏度为 $0.237 \text{ nm}/^\circ\text{C}$, 是裸光纤光栅的 23 倍^[8]。

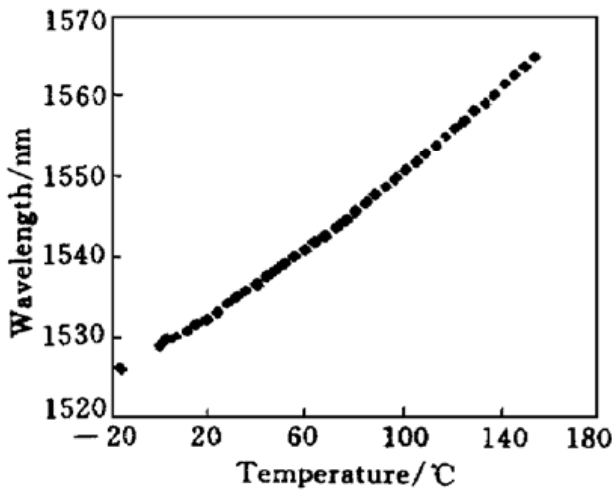


图 2 光纤激光器的调谐曲线

Fig. 2 Laser wavelength against temperature

实验过程中, 980 nm 抽运激光器的注入电流为 100 mA, 输出功率约为 30 mW。光纤光栅置于温度控制器中, 通过改变温度来调谐光纤激光器的输出波长。用光谱分析仪测量激光器在不同温度条件下的输出波长, 得到的激光波长调谐曲线如图 2 所示。当温度从 -15°C 变到 150°C 时, 实现了 38.64 nm 的激光波长调谐。调谐曲线具有很好的重复性, 其线性度为 $R^2 = 0.994$ 。由于聚合物材料本身的热膨胀系数不是常数, 而是温度的函数, 随温度的增大而有所增大。因此, 激光器输出波长调谐曲线的线性不可能十分理想。光纤激光器的最大输出功率约为 2.1 mW (波长位于 1545 nm 附近), 输出带宽为 0.1 nm。在整个调谐过程中, 激光器输出未表现出任何啁啾现象, 不同温度条件下的输出谱线如图 3 所示。

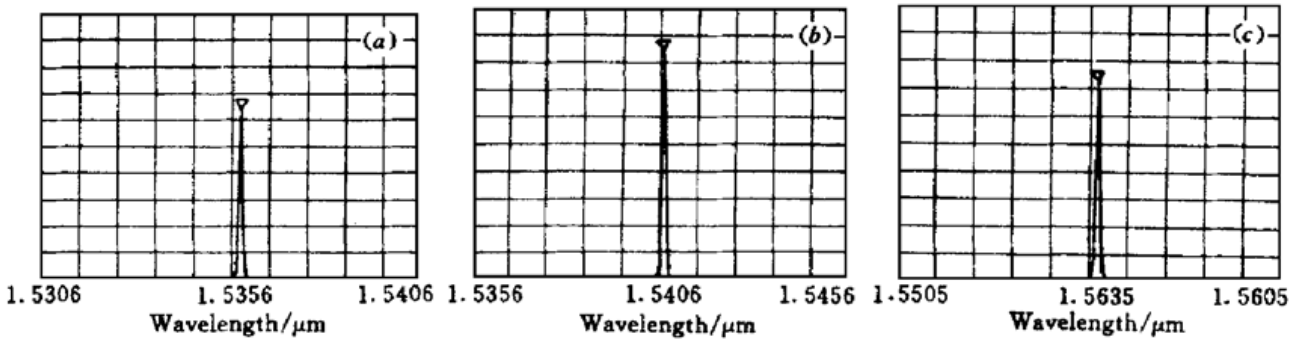


图 3 光纤激光器在不同温度条件下的输出光谱

Fig. 3 Output spectra of the fiber laser at different temperature

(a) 24 °C; (b) 60 °C; (c) 148 °C

光纤激光器的输出功率与波长之间的关系曲线如图 4 所示。由于本实验所用的光纤光栅的反射率较低(仅为 50%), 环型激光腔的损耗非常大。在长波区随着波长的增大, 激光输出功率迅速下降。如果选用高反射率的光纤光栅, 并使用大功率的抽运光源, 将会得到更大的波长调谐范围。

此可调谐光纤激光器及封装光栅具有很好的稳定性。将此光纤激光器装置放置两个月后再次做温度调谐实验, 所得结果与前一次测量结果相比较, 在仪器测量误差允许范围内, 无明显变化。

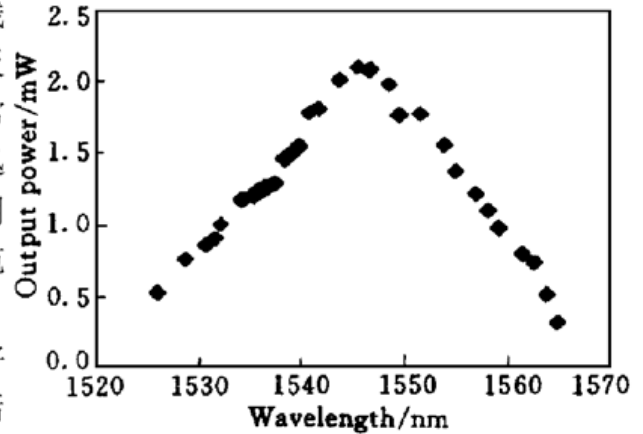


图 4 激光器输出功率与输出波长的关系曲线

Fig. 4 Laser output power versus wavelength

参 考 文 献

- 1 G. A. Ball, W. W. Morey. Continuously tunable single-mode erbium fiber laser. *Opt. Lett.*, 1992, **17**(6): 420~ 422
- 2 G. A. Ball, W. W. Morey. Compression-tuned single-frequency Bragg grating fiber laser. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(23): 1979~ 1981
- 3 Tetsuro Komukai, Yoshiaki Miyajima, Masataka Nakazawa. In-line fiber grating-type optical bandpass filter tuned by applying lateral stress. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1995, **34**Part 2(3A): L306~ L308
- 4 Liu Zhiguo, Zhang Yibing, Kai Guiyun *et al.*. Linearly tuning for fiber Bragg grating. Academic Thesis Collection for Chinese 8th Conference on Optical Fiber Communication/9th Conference on Integrate Optics, 1997. 783~ 786 (in Chinese)
- 5 Liu Zhiguo, Zhang Yibing, Kai Guiyun *et al.*. A new method for fiber-grating linear tuning. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1998, **18**(12): 1731~ 1734 (in Chinese)
- 6 Yu Youlong, Liu Zhiguo, Dong Xiaoyi *et al.*. Linear tuning of fiber Bragg grating based on a cantilever. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1999, **19**(5): 621~ 625 (in Chinese)
- 7 J. L. Arce-Diego, R. Lopez-Ruisanchez, J. M. Lopez-Higuera. Fiber Bragg grating as an optical filter tuned by a magnetic field. *Opt. Lett.*, 1997, **22**(9): 603~ 605
- 8 Guan Bai'ou, Guo Zhuanyun, Liu Zhiguo *et al.*. Temperature sensitivity enhancing experiment of fiber Bragg gratings. *Acta Photonica Sinica* (光子学报), to be published (in Chinese)

Tunable All Fiber Erbium-doped Fiber Ring Laser with Large Tuning Range

Guan Bai'ou Guo Zhuanyun Liu Zhiguo Dong Xiaoyi

(Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract A simple tunable all fiber erbium-doped fiber ring laser with large tuning range has been reported. Polymer-packaged fiber grating with high temperature sensitivity has been used as a tuning device. By changing temperature of the fiber grating, the laser has been tuned over a 38 nm tuning range.

Key words fiber laser, fiber grating, tuning