第30卷第4期 河北科技大学学报 Vol. 30, No. 4
2009年12月 Journal of Hebei University of Science and Technology Dec. 2009

文章编号:1008-1542(2009)04-0328-02

窄线宽光纤激光器温度调谐研究

刘天山[1],韩佩琦[1],任 浩[2],庞华伟[3],赵玺姣[1]

(1.河北科技大学理学院,河北石家庄 050018;2.中国电子科技集团公司十三所,河北石家庄 050051;3.河北科技大学信息科学与工程学院,河北石家庄 050018)

摘 要:通过研究热调谐与窄线宽光纤激光器波长的变化关系,实验发现光纤激光器的输出激光波长随温度连续变化,输出功率略有波动,从光谱仪上没有观察到跳模现象。跟踪几个温度点观察测量的自外差谱线,发现谱线的3 dB带宽的变化小于1 kHz,以光纤光栅标准具为主要选模器件构成的光纤激光器显示出了优良的光谱性能以及波长稳定性。

关键词:光纤激光器;光纤光栅;热调谐

中图分类号:TN248 **文献标识码**:A

Study on thermal tuning of narrow linewidth fiber laser

LIU Tian-shan[1], HAN Pei-qi[1], REN Hao[2], PANG Hua-wei[3], ZHAO Xi-jiao[1]

(1. College of Sciences, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China; 2. 13th Institution of CETC, Shijiazhuang Hebei 050051, China; 3. College of Information Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China)

Abstract: For the relationship of wavelength change of narrow linewidth fiber laser and thermal tuning, experiments present that laser wavelength continuously change when the temperature changes, and the output power is undulating slightly, and mode hopping is not observed on the spectrometer. Self heterodyne of some temperature spots was measured, and the change of 3 dB band width is smaller than 1 kHz. Excellent spectrum properties and wavelength stability of fiber laser selected by fiber grating etalon are demonstrated.

Key words: fiber laser; fiber grating ; thermal tuning

目前光纤激光器的波长调谐方法多应用于波长稳定性要求不严格的多纵模光纤激光器[1~4]。当光纤激光器作为传感器光源时,其输出激光波长的稳定性将直接影响后续的数据测量,因此只有对输出的激光线宽影响不大的调谐方法才有实际意义。文献[5]介绍了对窄线宽光纤激光器的大范围调谐,并且输出激光保持单模运转。市场上出售的窄线宽光纤激光器大都采用快速PZT实现0.03 nm范围内的调谐,如果结合波长热调谐,则可以提供更大范围的无模式跳变的波长热调谐[6]。由于窄线宽光纤激光器工作在恒温条件下,因此热调谐在窄线宽光纤激光器的波长调谐方面有着广阔的应用前景。

1 光纤光栅激光器的温度调谐原理

光纤光栅的布拉格波长[7]可以表示为

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda, \tag{1}$$

收稿日期:2009-03-10;修回日期:2009-06-29;责任编辑:王士忠
基金项目:河北省教育厅科学研究基金资助项目(2008118)
作者简介:刘天山(1971-),男,河北临西人,讲师,主要从事光纤技术方面的研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

式中 n_{eff} 为有效折射率，Λ 为光栅周期。

当 n_{eff} 和 Λ 变化时，布拉格波长的变化为

$$\Delta\lambda_B = 2\Lambda\Delta n_{\text{eff}} + 2n_{\text{eff}}\Delta\Lambda。\tag{2}$$

当温度变化时，由于热膨胀效应和热光效应，进而改变光栅周期和有效折射率，从而改变布拉格波长以达到调谐目的。

假设光栅轴向应力场和均匀压力场恒定，由热膨胀引起的光栅周期变化为 $\Delta\Lambda = \alpha\Lambda\Delta T$。式中 α 为光纤的热膨胀系数，ΔT 为温度的变化。由热光效应引起的有效折射率变化为

$$\Delta n_{\text{eff}} = \xi n_{\text{eff}}\Delta T,\tag{3}$$

式中 ξ 为光纤的热光系数。由此可得光栅布拉格波长的的变化为

$$\Delta\lambda_B = 2\Lambda\xi n_{\text{eff}}\Delta T + 2n_{\text{eff}}\alpha\Lambda\Delta T = \lambda_B(\xi+\alpha)\Delta T。\tag{4}$$

在一定温度范围内，ξ 和 α 为常数，故 $\Delta\lambda_B/\lambda_B$ 与 ΔT 呈现一定的线性关系，即在一定的温度范围内可实现线性调谐。

2　1 550 nm 窄线宽光纤激光器实验

光纤激光器主要包括中心波长为 1 550 nm 的光纤光栅标准具(F-P)、中心波长为 1 550 nm 的光纤光栅、高掺铒光纤、波分复用器(WDM)、隔离器(ISO)及半导体泵浦源(LD)(见图 1)，图 1 中法拉第旋转器(FR)用于抑制激光震荡过程中出现的空间烧孔效应。

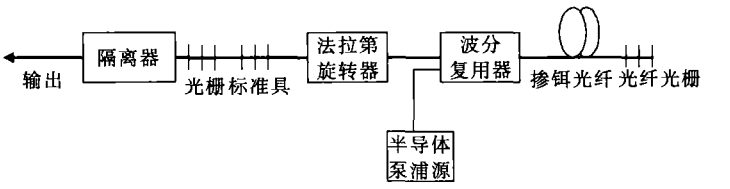

图 1　光纤激光器实验原理图

Fig. 1　Experimental setup of the erbium-doped fiber laser

图 1 中 FBG 用于构成反射器，用于选择激光谐振波长。光纤光栅反射谱如图 2 所示，光纤光栅的中心波长为 1 550 nm，反射率为 99%。

当 LD 抽运光功率为 80 mW 时，光纤激光器输出 21 mW 光功率，继续增加抽运功率，输出功率出现饱和。观察 2 h，光纤激光器输出功率波动小于 0.5%，3 dB 线宽小于 0.01 nm。图 3 为光纤激光器输出光谱。

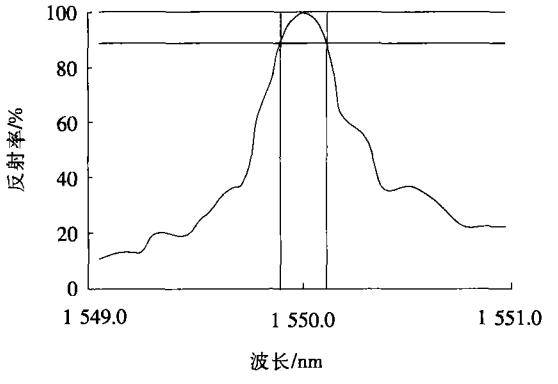

图 2　光纤光栅反射谱

Fig. 2　Reflectance spectrum of fiber grating

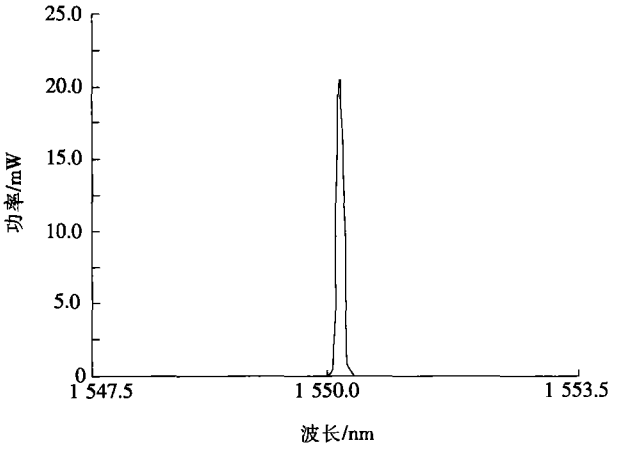

图 3　光纤激光器输出光谱

Fig. 3　Spectrum of fiber laser

在抽运光功率为 80 mW 时，对光纤光栅标准具和光纤光栅同时进行加热，激光器的输出波长随着光栅布拉格波长的变化而改变(见图 4)。

当温度从 20 ℃变化到 80 ℃时，激光器的输出波长连续变化，输出功率略有波动，从光谱仪上没有观察到跳模现象。图 5 为光纤激光器输出波长随光栅温度的变化关系曲线，图中可看到二者在一定范围内保持较好的线性关系。

(下转第 343 页)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

接口，可广泛应用于金融、教育、政府机关、军队和中小型企业等。

参考文献：

[1] 赵跃华，蒋　军，蔡贵贤. 嵌入式系统中入侵检测的设计与实现[J]. 电子技术应用，2006，32(5)：62-63.
[2] 邓拥军，任爱风，李　璐. 网络入侵检测系统的应用分析[J]. 网络安全技术与应用，2007(7)：90-91.
[3] 张新刚，刘　妍，王星辉. 基于入侵检测系统(IDS)的分析与研究[J]. 网络安全技术与应用，2006(6)：73-74.
[4] 贾晓剑，余　荣，梅顺良. 一种基于网络处理器的入侵检测防御系统的设计与实现[J]. 电子技术应用，2006，32(9)：39-41.

(上接第 329 页)

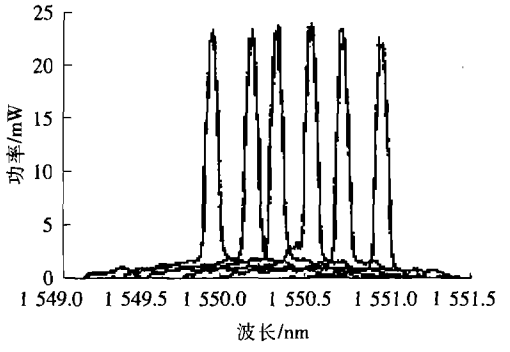

图 4　不同温度(25～90 ℃)下激光器输出光谱

Fig. 4　Fiber laser spectrum with different temperatures(25～90℃)

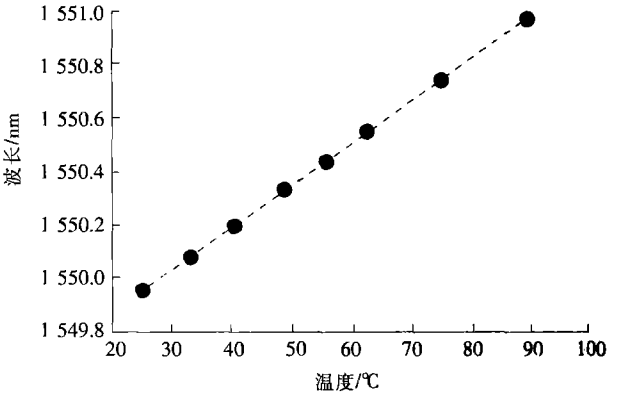

图 5　光纤激光器波长随温度变化曲线

Fig. 5　Curve of fiber laser wavelength and temperature

3　结　语

实验研究了热调谐与窄线宽光纤激光器波长调谐的关系，在温度变化过程中，光纤激光器的输出激光波长连续变化，输出功率略有波动，从光谱仪上没有观察到跳模现象。跟踪几个温度点观察测量的自外差谱线，发现谱线的 3 dB 带宽的变化小于 1 kHz，以光纤光栅 F-P 标准具为主要选模器件构成的光纤激光器显示出了优良的光谱性能以及波长稳定性，因此可应用于高精度光纤传感系统。

参考文献：

[1] AUERBAEH M，ADEL P，WANDT D. et al. 10 W widely tunable narrow linewidth double-clad fiber ring laser[J]. Optics ExPress，2002，10(2)：139-144.
[2] YEH C H，HUANG T T，CHIEN H C，et al. Tunable S-band erbium-doped triple-ring laser with single-longitudianl-mode operation[J]. Optics Express，2007，15(2)：382-386.
[3] KANG M S，LEE M S，YONG J C，et al. Charaeterization of wavelength-tunable singl-frequeney fiber laser employing acoustooptic tunable filter[J]. Journal of Lightwave Technology，2006，24(4)：1 812-1 823.
[4] 余有龙，刘志国，董孝义，等. 基于悬臂梁的光纤光栅无啁啾线性调谐[J]. 光学学报，1999，19(7)：873-876.
[5] SONG Y W，HAVSTAD S A. 40 nm-wide tunable fiber ring laser with single-mode operation using a highly stretchable FBG[J]. IEEE Photon Technol Lett，13(11)：1 167-1 169.
[6] 伍　波，刘永智，刘　爽，等. 1 550 nm 高效窄线宽光纤激光器[J]. 光电子·激光，2007，18(7)：770-772.
[7] 廖延彪. 光纤光学[M]. 北京：清华大学出版社，2000.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net