

文章编号 : 0253-2239(2001)12-1513-03

电流调谐光纤光栅外腔分布布拉格反射激光器^{*}

董新永 赵春柳 张伟刚 袁树忠 刘志国 董孝义

(南开大学光子技术中心, 天津 300071)

摘要: 报道一种新颖的波长可调谐光纤光栅外腔分布布拉格反射激光器。把经过金属管封装的光纤布拉格光栅作为激光二极管的外腔反射镜, 得到的单模激光输出不仅线宽窄、边模抑制比高, 而且, 调节流过金属管的电流, 可在 5 nm 范围内的 6 个不同波长间转换。

关键词: 激光二极管; 光纤光栅; 分布布拉格反射; 电流调谐

中图分类号: TN25 文献标识码: A

1 引 言

激光二极管是光纤通信领域中重要的光源器件。普通法布里-珀罗激光二极管(FPLD)和量子阱型激光二极管(QWLD)因价格便宜而被广泛使用。但由于其光谱结构中通常包含多纵模, 影响了法布里-珀罗腔和量子阱型激光二极管在高速光通信系统中的应用。光纤光栅是近年来兴起的新型光子学器件, 具有优良的光波选频特性, 在光通信与光传感中获得了广泛的应用^[1,2]。近年来, 一些研究者将光纤光栅用于提高激光二极管的发射特性, 取得了较好的效果^[3,4]。把光纤光栅作为激光二极管的外腔反射镜, 既利用了半导体激光器体积小、增益大的优点, 又吸收了光纤光栅带宽窄、可调谐等优点, 可以得到性能优异的激光输出。这种光纤光栅外腔分布布拉格反射激光器不仅输出激光的线宽窄, 易与光纤耦合, 而且通过调谐光纤光栅的波长, 或改变激光二极管的调制频率可控制输出激光的频率和模式^[5,6]。

光纤光栅的波长调谐方法已报道的有许多种^[7~10], 但这些方法都是需要附加精密的机械装置或温度控制装置, 增大了器件的体积, 不容易操作, 而且难以与应用最广泛的电学方法相兼容。我们已有的工作^[11]显示, 用金属薄管封装光纤光栅, 然后给金属薄管通电, 通过控制电流的大小, 可对其波长进行有效的调谐。这种调谐方法的优点是保持了光纤光栅体积小的特点, 可远距离实现调谐, 并可用成

熟的电学方法进行温度补偿及波长锁定。

本文在原有工作^[11,12]的基础上, 通过优化封装金属管的结构, 大大提高了光纤光栅的波长调谐速率, 达到 2.33 nm/A^2 。将其作为外腔反射镜, 实现了量子阱型激光二极管可调谐单模窄线宽激光输出。在 0 到 1.5 A 范围内调谐电流, 激光输出可在 6 个不同波长的单纵模间变换, 其边模抑制比(SMSR)均高于 33 dB。

2 实验与结果

实验装置如图 1 所示。光源为 1550 nm 商用量子阱型激光二极管, 连续输出阈值电流为 9.5 mA, 相邻纵模间隔为 0.94 nm。其尾纤经耦合比为 70:30 的光纤耦合器的 70% 输出端与金属管封装的光纤布拉格光栅相连, 组成外腔反射镜。激光由 P_0 端输出, 用分辨率为 0.1 nm 的 ADVANTEST-Q8383 光谱分析仪检测。

光纤光栅采用普通单模光纤载氢处理后用相位掩模写入法制得, 布拉格波长和 3 dB 带宽分别为 1556.68 nm 和 0.28 nm, 峰值反射率约为 97%, 透射谱如图 2 所示, 其中 λ 和 α 分别为光纤光栅的反射波长和损耗值。其金属封装管内径为 0.25 mm, 管壁厚为 0.10 mm, 长度为 2 cm, 阻值为 0.7 Ω 。金属管两端分别与直流稳压电源的正负极相连, 通电时金属管将电能转化成热能, 引起管内光纤光栅的温度变化, 其布拉格波长随之变化。在环境温度和电流 I 一定时, 金属管与外界将维持热交换的动态平衡, 其电功率与管内的温度变化 ΔT 成正比, 而 ΔT 与光纤光栅的布拉格波长变化 $\Delta \lambda_B$ 又成正比, 因此光纤光栅的布拉格波长变化和温度变化都与金

^{*} 国家攀登计划预选项目, 南开-华为光电子联合实验室资助课题。

属管电流的平方成正比^[11],即

$$\Delta\lambda_B \propto \Delta T \propto I^2, \quad (1)$$

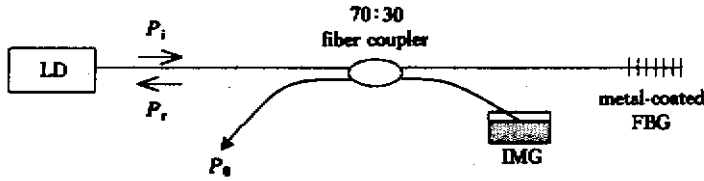


Fig.1 Schematic of the experimental setup

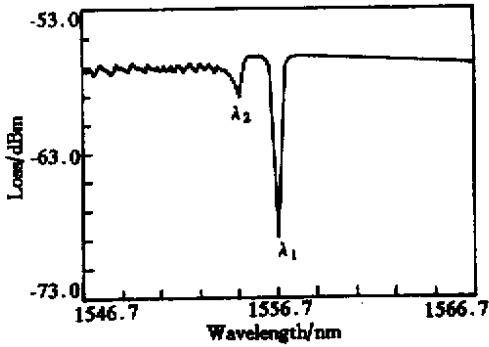


Fig.2 The original transmission spectrum of the fiber Bragg grating. $\lambda_1 = 1.556680 \mu\text{m}$; $\lambda_2 = 1.554760 \mu\text{m}$; $\alpha_1 = 68.05 \text{ dBm}$; $\alpha_2 = -59.02 \text{ dBm}$

实验中,量子阱型激光二极管的驱动电流为 25 mA,室温下测得其尾纤输出功率为 0.6 mW。在不接光纤光栅的情况下,量子阱型激光二极管的输出在 1540 nm ~ 1570 nm 区域为等间距分布的多纵模发射。在连接光纤光栅后,由于光栅的选频作用,波长与其反射带重叠的模式的光将被反射回量子阱型激光二极管,再次获得增益放大而形成优势模,没有被选中的模式将被压低,由此得到边模抑制比高的单模激光输出。而通过调节光纤光栅金属封装管的电流,可使其布拉格反射峰在一定波长范围内移动,选中不同模式,得到不同波长的激光输出。

当电流在 0 ~ 1.5 A 之间进行调节时,光谱分析仪上可测得 6 个波长的单模激光输出,波长分布在 1556 nm ~ 1561 nm 之间。测量得到 6 个模式输出的线宽约为 0.32 nm,偏差小于 0.03 nm,峰值功率最高为 -18.2 dBm,最低为 -21.4 dBm;边模抑制比高于 33 dB,最好达到 39 dB。6 个波长的激光输出谱如图 3 所示,对应的调谐电流分别为 0 A、0.68 A、0.96 A、1.07 A、1.25 A 和 1.48 A。

图 4 所示为输出激光的 6 个波长与电流平方的对应关系,直线为数据线性拟合的结果,拟合得到: $\lambda_B = 2.33 I^2 + 1556.1 \text{ nm}$, $R^2 = 0.9858$ 。由于只要光纤光栅反射带与量子阱型激光二极管的单模发射带有部分重叠,就可引起外腔反射形成优势模,光纤光栅在一定调谐范围内均能形成激光输出,因此确

定最佳调谐电流有一定的困难,是造成实验数据线性度不高的主要原因。此外,环境温度、气流等外部因素的变化在一定程度上影响了最佳电流的取值。

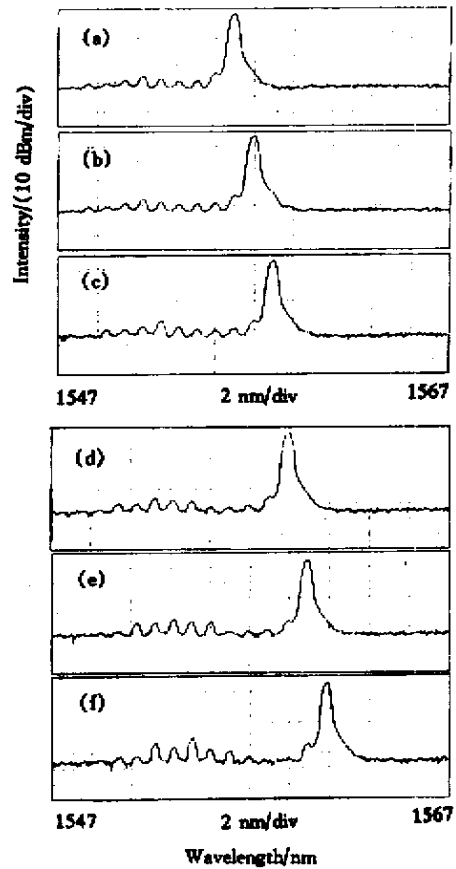


Fig.3 Output spectra at 0 A (a) 0.68 A (b) 0.96 A (c), 1.07 A (d) 1.25 A (e) and 1.48 A (f), respectively

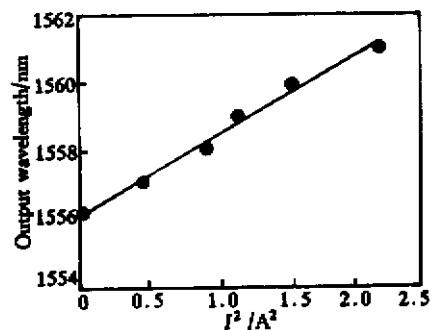


Fig.4 Output wavelength of the DFB laser versus electrical current

实验证实,在恒温封闭的环境中,这种光纤光栅外腔分布布拉格反射激光器具有稳定的单模输出波长和输出功率。尤其是采用电流调谐光纤光栅的方法后,不但保持了光纤光栅体积小、操作简便、调谐范围较大,且容易用电学的方法进行温度补偿、波长锁定等。如使用电热转换系数大的材料做封装,调谐效率可得到大的提高,以利于实际应用。

结语 提出了一种结构新颖的光纤光栅外腔分布布拉格反射激光器,用金属管封装的光纤布拉格光栅作为量子阱型激光二极管的外腔反射镜,成功地获得了线宽窄、边模抑制比高的单纵模激光输出。而且,通过调节流过金属封装管的电流,可在 5nm 范围内的 6 个不同模式间进行波长转换。

参 考 文 献

- [1] Bilodeau F, Johnson D C, Theriault S. An all-fiber dense-wavelength-division multiplexer/demultiplexer using photoimprinted Bragg gratings. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1995, **7**(4) : 388 ~ 390
- [2] Kersey A D, Davis M A, Partrick H J *et al.*. Fiber grating sensors. *J. Lightwave Technol.*, 1997, **15**(8) : 1442 ~ 1463
- [3] Ventrudo B F, Rogers G A, Lick G S *et al.*. Wavelength and intensity stabilization of 980 nm diode lasers coupled to

- fibres Bragg gratings. *Electron. Lett.*, 1994, **30**(25) : 2147 ~ 2149
- [4] 陈高庭, 瞿荣辉, 赵浩等. 光纤光栅外腔分布布拉格反射激光器中的波长转换. *光学学报*, 1998, **18**(3) : 257 ~ 261
- [5] Ding Hao, Li Shenping, Fang Zujie *et al.*. Wavelength switching of semiconductor laser pulses by self-seeding from a chirped fiber Bragg grating. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1997, **9**(7) : 901 ~ 903
- [6] Zhao Y, Shu C. Selectable dual-wavelength pulses generated from a laser diode using external feedback from a two-chromatic fiber grating. *Appl. Phys. Lett.*, 1998, **73**(17) : 2402 ~ 2404
- [7] Komukai T, Miyajima Y, Nakazawa M. In-line fiber grating - type optical bandpass filter tuned by applying lateral stress. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1995, **34**(3A) : L306 ~ L308
- [8] Ball A, Morey W W. Continuously tunable single-mode erbium fiber laser. *Opt. Lett.*, 1992, **17**(6) : 420 ~ 422
- [9] Ball G A, Morey W W. Compression-tuned single-frequency Bragg grating fiber laser. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(23) : 1979 ~ 1981
- [10] 刘志国, 张义兵, 开桂云等. 新型光纤光栅线性调谐方法. *光学学报*, 1998, **18**(12) : 1731 ~ 1734
- [11] 董新永, 温午麒, 刘志国等. 光纤布拉格光栅的金属管封装与电调谐. *光子学报*, 2001, **30**(4) : 422 ~ 424
- [12] 董新永, 张颖, 关柏鸥等. 光纤光栅曲率传感的实验研究. *光子学报*, 2000, **29**(9) : 806 ~ 809

Electrically Tunable DBR Laser Using Fiber Grating as External Cavity

Dong Xinyong Zhao Chunliu Zhang Weigang Yuan Shuzhong Liu Zhiguo Dong Xiaoyi
(Center of Photon Technology, Nankai University, Tianjin 300071)

(Received 19 October 2000 ; revised 18 December 2000)

Abstract : A novel tunable distributed Bragg reflection (DBR) laser using metal-coated fiber Bragg grating as the external cavity was demonstrated. It realized single mode output with narrow line-width and high side-mode-suppression ratio (SMSR). By tuning electrical current of the metal tube coating the fiber grating, wavelength switches among six wavelengths spanning 5 nm were achieved.

Key words : laser diode ; distributed Bragg reflection ; fiber Bragg grating ; electrically tunable