

基于REC技术的可调谐DFB激光器阵列设计与测试

倪屹 张杰 孔轩

江南大学物联网工程学院, 江苏 无锡 214122

摘要 介绍了可调谐激光器的波长调谐范围从1310 nm到1319 nm的波长控制设计,并对其可行性进行了实验测试验证。此系统采用的激光芯片是基于重构-等效啁啾(REC)技术的分布反馈(DFB)激光阵列芯片,具体通过上位机(PC)和下位机(MCU)之间的通信实现激光器阵列波长调谐。研究表明,该系统可应用于1310 nm波段的密集波分复用(DWDM)系统并且能够保持50 GHz间隔0.01 nm的波长精度。

关键词 激光器; 重构-等效啁啾; 分布反馈; 波长

中图分类号 TN248.4

文献标识码 A

doi: 10.3788/CJL201542.0502003

Designing and Testing of Tunable DFB Laser Array Using REC Technology

Ni Yi Zhang Jie Kong Xuan

School of Internet of Things Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China

Abstract Design of wavelength control of a tunable laser with the wavelength tunable range from 1310 nm to 1319 nm is introduced and its feasibility is verified by experimental tests. The laser chip adopted by this system is distributed feedback (DFB) laser array based on reconstruction-equivalent-chirp (REC) technology and the realization of wavelength tuning is based on the interaction between the upper computer [personal computer, (PC)] and lower computer [micro controller unit, (MCU)]. The results demonstrate that this system applied to dense wavelength division multiplexing (DWDM) in 50 GHz spacing at 1310 nm can keep the wavelength accuracy within the range of 0.01 nm.

Key words lasers; reconstruction-equivalent-chirp; distributed feedback; wavelength

OCIS codes 140.3290; 140.360; 140.3490

1 引言

通信中越来越大的数据量和传输速率使得可调谐激光器的研究成为光纤通信领域内研究重点,它通常应用于可调谐密集波分复用系统的转发器和收发器,波长动态配置以及测试和测量。

可调谐激光器主要分为分布反馈(DFB)、分布式布拉格反射镜(DBR)、外腔半导体(ECD)激光器。外腔半导体激光器通常使用微机电系统(MEMS)技术实现波长调谐,能够覆盖C波段且边模抑制比大于40 dB,但受限于体积和组装的复杂性^[1-2]。分布式布拉格反射镜激光器由有源区、相位区和布拉格区构成,波长的调谐的原理是通过改变注入电流来修改折射率从而改变中心波长。虽然它可以实现大的波长的调谐范围以及精确的波长调谐,但是存在多电极阵列之间模式跳变的不稳定和通道间波长无缝连接的复杂算法问题^[3]。由于出色的单横模和可靠性,分布反馈激光器成为光纤通信的主流光源^[4]。然而,单个DFB激光器通过热调谐仅有不到5 nm的波长可调谐范围,解决方案一般是使用多DFB激光器阵列来扩大波长范围。本文使用4波段的DFB激光器阵列实现波长可调谐范围(1310~1319 nm),结果表明由于其成熟的工艺,高的稳定性以及低廉的成本,DFB激光器阵列有可能成为光接入网络中波分复用无源光网络(WDM-PON)可调谐激光光源的最佳解决方案。

收稿日期: 2014-19-22; 收到修改稿日期: 2014-12-01

基金项目: 教育部新世纪优秀人才计划(NCET-11-0659)、江苏省六大人才高峰计划(DZXX-023)

作者简介: 倪屹(1970—),男,博士,教授,主要从事光电集成,晶体材料等方面的研究。E-mail: niy2011@163.com

2 原理

最新研究的重构-等效啁啾(REC)技术提供了一种全新制造DFB激光器阵列的方法。这种方法是通过采样光栅在透射谱的±1级信道中引入等效λ/4相移代替真实相移,从而降低了对工艺水平的要求并提高了出射波长精度。因此仅需要预先设计的取样图案和均匀种子光栅,使用全息曝光和相应的微米级光刻的工艺即可以完成复杂光栅设计^[4-8]。实验研究证明,基于REC技术制作出来的多波长DFB半导体激光器阵列可以获得高精度间隔的多波长激光阵列^[9]。

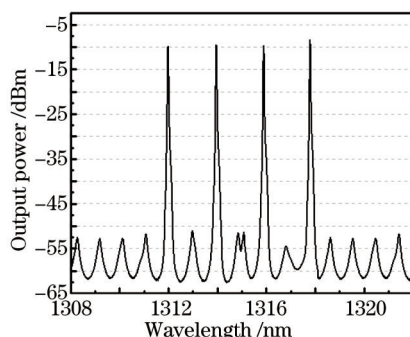


图1 4波段DFB激光器阵列位于1310 nm的光谱图

Fig.1 Spectrum of 4 wavebands DFB laser array at 1310 nm

图1为注入电流为30 mA的情况下,基于REC技术的4波段DFB激光器阵列在1310 nm波段的出射光谱图,该边模抑制比远大于40 dBm,输出功率远大于-10 dBm,中心波长为1311.98、1314.06、1316.11、1317.86 nm^[10]。

实现了基于REC技术的DFB激光器阵列应用到可调谐激光器的制作,波长调谐是通过热调谐使得不同通道激光波段连续调谐来实现的。具体而言,调谐过程的第一步是粗调,即在4个通道选出合适的中心波长。然后是细调,即通过控制半导体制冷器(TEC)来改变温度得到想要的精确波长。波长可调范围从1310 nm到1319 nm是通过4个波段的组合协调来完成的,每个波段的调谐温度范围从10.3 ℃到38.2 ℃,根据DFB激光器温度调谐波长比率约为0.1 nm/℃,则各通道可调谐范围约为2 nm,4个间隔连续而均匀的阵列激光器的波长调谐范围可以达到8 nm以上^[11],计算公式如下:

$$\sum_{n=1}^4 (\beta \times \Delta t_n) = \Delta \lambda, \quad (1)$$

式中β为激光器波长变化对应温度系数,Δt_n为n通道对应的调谐温度范围,Δλ为总的调谐范围。在控制系统方面,电脑(PC)发送指令给微控制单元(MCU)来控制硬件提供合适的偏置电流和温度。结构示意图如图2所示。

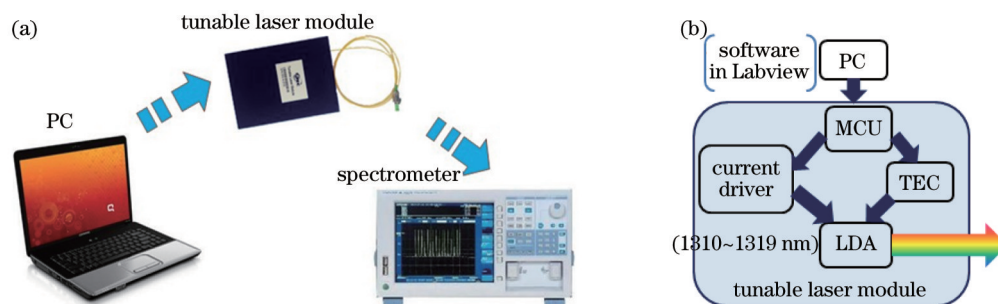


图2 可调谐激光器系统的结构示意图

Fig.2 Schematic arrangement of tunable laser system

上位机PC的控制软件使用Labview设计完成,手动输入波长信息命令下位机MCU进行相应的操作,其通讯接口为RS-232串行端口,并且设计了一套通讯协议的波段用于命令传输。MCU收到从PC发出的指令后,选择合适的通道与电流,同时MCU还控制TEC来保持半导体激光阵列(LDA)在适当的温度下工作以发射所需要的波长信息。图3为软件界面。

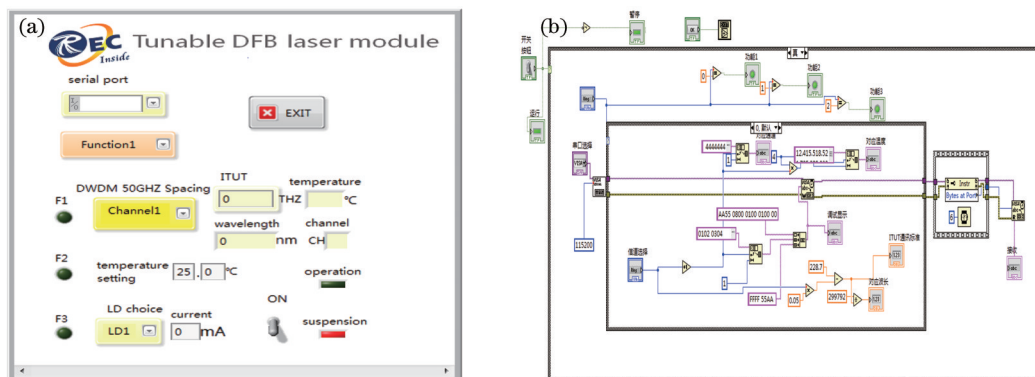


图3 (a) 软件界面的前面板; (b) 软件界面的后面板

Fig.3 (a) Front panel of software surface; (b) back panel of software surface

3 实验结果

按照实验要求,对该系统做了72 h的高温(65 °C~75 °C)老化试验。老化试验和跟踪试验表明系统的可靠性优良,最大波长偏差小于12 pm。由于温度控制方法比较成熟,所以系统很容易得到精准的出射波长。此外,由于各通道中心波长分布均匀,各通道分摊的调谐波长合适,具有良好的稳定性,实现过程未出现模式跳变的不稳定问题。老化实验后,测试结果符合国际电信联盟(ITU-T)在50 GHz间隔通信标准,波长偏差低于15 pm。以上所有数据是在采样间隔为50 GHz,电流为40 mA的条件下进行的。老化实验前后结果对比差异以及最终结果如图4和图5所示。

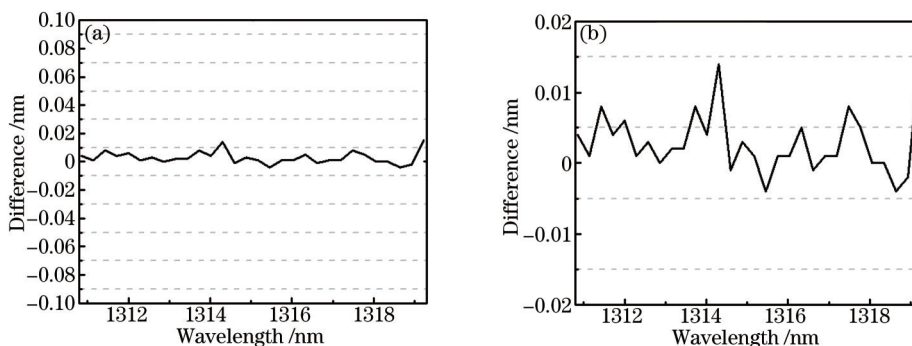


图4 (a) 老化前后实验对比的差异; (b) 放大的差异图

Fig.4 (a) Differences between before and after aging test; (b) enlarged figure

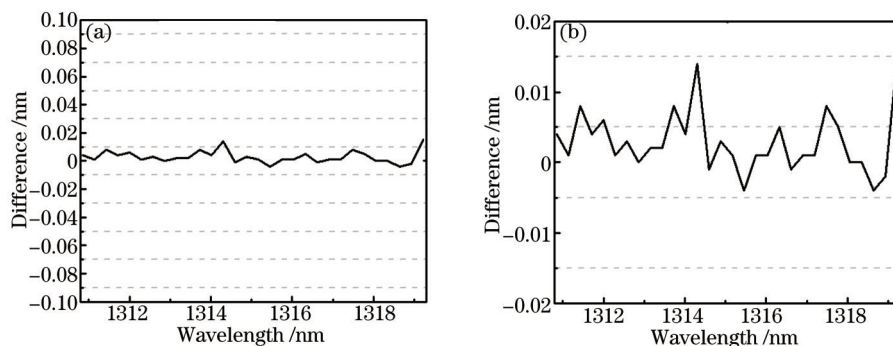


图5 (a) 最终结果和理想结果间的差异; (b) 放大的差异图

Fig.5 (a) Differences between final results and ideal results; (b) enlarged figure

相比DBR和ECDL,可调谐DFB激光器阵列的缺点在于调谐时间较长(约30 s)。然而,DFB激光器阵列由于其精度高、波长调谐准确性高、成本低等优点,在未来大批量工业使用中拥有巨大的潜力。光网络中,特别是接入网中的光网络单元(ONU),可调谐DFB激光器阵列满足低成本大量生产,相同时间内低调谐速度需求。因此,这种方式在未来光纤到户低成本的要求中具有较大的实用价值。

4 结 论

提出了基于REC技术的DFB可调谐激光器模型,以及4通道激光器阵列具有均匀波长间隔,实现了1310~1319 nm的波长可调。调谐波长的最大偏差限制在15 μm 且无模式跳变问题。随着激光阵列通道的增加,能够获得更宽的波长可调范围,延伸至C波段和L波段。此外,还可以利用面向服务体系架构技术来提高输出功率。对于连接网络中的WDM-PON,通过这种方法能够实现低成本和高可靠性。

参 考 文 献

- 1 Ip E, Kahn J M, Anthon D, *et al.*. Linewidth measurements of MEMS-based tunable lasers for phase-locking applications[J]. *Photonics Technology Letters, IEEE*, 2005, 17(10): 2029-2031.
- 2 Jin Yadong, Yan Aimin, Hu Zhijuan, *et al.*. Research progress of optical waveguide phased array scanner[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2014, 51(8): 080002.
金亚东, 闫爱民, 胡志娟, 等. 光波导阵列相控阵扫描技术研究进展[J]. *激光与光电子学进展*, 2014, 51(8): 080002.
- 3 Majewski M L, Barton J, Coldren L A, *et al.*. Direct intensity modulation in sampled-grating DBR lasers[J]. *Photonics Technology Letters, IEEE*, 2002, 14(6): 747-749.
- 4 Li Jingsi, Wang Huan, Chen Xiangfei, *et al.*. Experimental demonstration of distributed feedback semiconductor lasers based on reconstruction-equivalent-chirp technology[J]. *Optics Express*, 2009, 17(7): 5240-5245.
- 5 Li Jingsi, Chen Xiangfei, Zhou Ning, *et al.*. Monolithically integrated 30-wavelength DFB laser array[C]. *Asia Communications and Photonics. International Society for Optics and Photonics*, 2009: 763104.
- 6 Shi Yuechun, Chen Xiangfei, Zhou Yating, *et al.*. Experimental demonstration of the three phase shifted DFB semiconductor laser based on reconstruction-equivalent-chirp technique[J]. *Optics Express*, 2012, 20(16): 17374-17379.
- 7 Shi Yuechun, Chen Xiangfei. Method for Manufacturing Multi-Dimensional Target Waveguide Grating and Volume Grating with Micro-Structure Quasi-Phase-Matching: US, 8, 835, 204 B2 [P]. 2014-9-16.
- 8 Chen Xiangfei, Liu Wen, An Junming, *et al.*. Photonic integrated technology for multi-wavelength laser emission[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2011, 56(28-29): 3064-3071.
- 9 Shi Yuechun, Li Simin, Li Lianyan, *et al.*. Study of the multiwavelength DFB semiconductor laser array based on the reconstruction-equivalent-chirp technique[J]. *Journal of Lightwave Technology*, 2013, 31(20): 3243-3250.
- 10 Ni Yi, Kong Xuan, Gu Xiaofeng, *et al.*. Packaging and testing of multi-wavelength DFB laser array using REC technology[J]. *Optics Communications*, 2014, 312: 123-126.
- 11 Li Shizhong, Zhu Zhenning. Linear temperature tuning of a semiconductor laser for optogalvanic spectroscopy[J]. *Chinese J Lasers*, 2000, 27(7): 589-592.
李世忠, 朱振宁. 用于光电流光谱研究的半导体激光器的线性温度调制[J]. *中国激光*, 2000, 27(7): 589-592

栏目编辑: 张 雁