

F-P 半导体激光器实现多波长注入锁定

吕雅利^{1,2} 卫炳江² 谭华耀³ 伍 剑¹ 林金桐¹

(1 北京邮电大学光通信中心, 北京 100876)

(2 香港理工大学电子资讯工程系, 香港)

(3 香港理工大学光电研究中心 & 电子工程系, 香港)

摘 要 F-P 半导体激光器中对于 TE 模比 TM 模有更大的束缚系数, 并且在其反射面上有更高的反射率. 当 TE 模和 TM 模同时注入 F-P 半导体激光器的谐振腔时, TE 模方向的信号得到增长, TM 模方向的信号受到抑制. F-P 半导体激光器的这种特性使得它类似于一个偏振器, 但是其优越之处在于经过 F-P 半导体激光器注入锁定之后的光信号没有功率损耗. 采用 F-P 半导体激光器的注入锁定原理, 使入射光信号没有功率损耗地由偏振光转换为部分偏振光, 降低了通信系统中传输信号的偏振敏感性, 使传输信号的质量得到提高, 实现了 F-P 半导体激光器三波长和四波长注入锁定.

关键词 F-P 半导体激光器; 偏振敏感性; 多波长注入锁定; 功率损耗

中图分类号 TN24 **文献标识码** A

0 引言

在高速、长距离的数据通信中, 光通信技术由于能够进行大容量的传输而具有重要的位置. 在下一代高速、长距离的光传输系统中, 人们普遍认为偏振模色散是主要的限制因素^[1]. 随着光传输系统的传输速度和距离的不断提高, 特别对于过去已铺设的旧光纤, 偏振模色散成为降低网络传输性能的重要原因之一^[2]. 因此, 人们通过各种方法降低偏振模色散^[3,4]. 注入锁定是 F-P 半导体激光器的重要特性, 发现这种特性能够降低传输信号对偏振态的敏感性, 从而提高信号在网络中的传输质量^[5]. 本实验, 首次采用 F-P 半导体激光器实现了三波长和四波长的注入锁定.

1 操作原理

F-P 半导体激光器能够降低输入信号对偏振态敏感性的原理是: 偏振方向不同的 TE 模和 TM 模的入射信号经过 F-P 半导体激光器的谐振腔后, 其出射信号仅有 TE 模, 而 TM 模被转化为 TE 模. 这是由于在 F-P 半导体激光器中 TE 模比 TM 模有更大的束缚系数, 并且在其反射面上有更高的反射率, 因此, 当 TE 模和 TM 模同时注入 F-P 半导体激光器的谐振腔时, TE 模方向的信号得到增长, TM 模方向的信号受到抑制. 当 TE 模方向的功率达到注入锁定的阈值时, F-P 半导体激光器的输出功率产生一个向上的突变, 从而实现注入锁定, 继续增加外

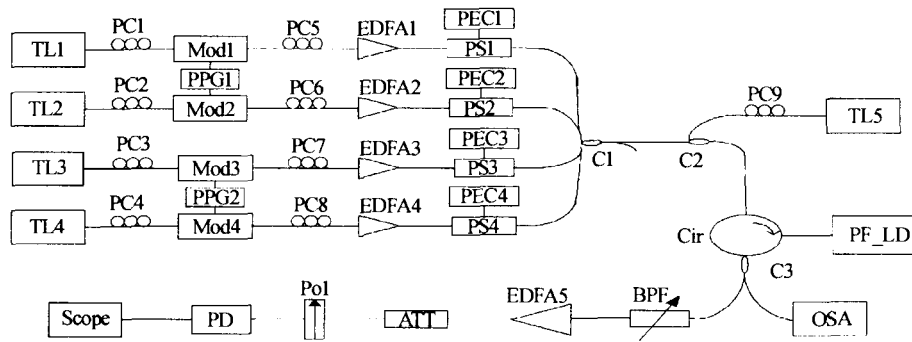
部激光器的输入功率, 输出功率仅有微小改变. F-P 半导体激光器的这种特性使得它类似于一个偏振器, 但它与偏振器的不同之处在于: 偏振器只允许符合偏振器方向的单一方向的光波通过, 而通过 F-P 半导体激光器是某一个区域的光波. 也就是说, 只要功率大于 TE 模方向阈值的光信号, 都可以通过 F-P 半导体激光器. 因此, 经过 F-P 半导体激光器的光成为部分偏振光, 而经过偏振器的光是完全偏振光. 采用 F-P 半导体激光器比偏振器的优越之处在于: 经过 F-P 半导体激光器注入锁定之后的光信号没有功率损耗, 没有进行注入锁定的模式会将能量转换给注入锁定的模式, 而经过偏振器的光信号有功率损耗. 用 F-P 半导体激光器将偏振光转换为部分偏振光来减少传输信号的偏振敏感性, 实现传输信号质量的提高.

2 实验结果

图 1 是用 F-P 半导体激光器实现三波长和四波长注入锁定的实验装置图. 四个可调激光器产生四个输入信号 D_1, D_2, D_3 和 D_4 , 码型发生器 1 用于产生信号 D_1 和 D_2 ($D_2 = \overline{D_1}$), 码型发生器 2 用于产生信号 D_3 和 D_4 ($D_4 = \overline{D_3}$). 在多模注入锁定中需要比单模注入锁定更高的输入功率, 在每一个支路的输入端都用一个掺铒光纤放大器以实现这一目的. 在 F-P 半导体激光器中, 每选定一个模式进行注入锁定时都会使它的模式向长波长方向略微漂移(红移). 因此, 同时注入四个模式要使它们同时实现注入锁定会比较困难. 为了克服这一困难, 从一个模式开始逐渐增加注入锁定所需要的模式, 每次增加

一个波长之前调节各个波长,使锁定的模式略微向短波长方向移动(兰移),这样当再加入新的波长时

所产生的红移正好补偿了这部分兰移,从而实现 F-P 半导体激光器的多模注入锁定.



TL; Tunable laser; PPG; Pulse pattern Generator; PC; Polarization controller; MOD; Modulator; C; Coupler; PS; Polarization scrambler; PEC; Piezoelectric controller; Cir; Circulator; FP-LD; F-P laser diode; BPF; Band pass filter; ATT; Attenuator; Pol; Polarizer; PD; Photodetector

图1 F-P 半导体激光器多模注入锁定的实验装置图
Fig. 1 Experimental setup for F-P laser diode multi-mode injection locking (IL)

为了说明 F-P 半导体激光器对输入信号偏振态的影响,首先用图 1 实验装置观察一路输入信号的偏振态随偏振扰频器变化.经 F-P 半导体激光器注入锁定后输出偏振态的变化情况,在输出端用偏振分析仪观察.图 2 表示其中第一支路输入波长为 1544.420 nm 时,关闭其余三个支路的输入信号,观察随机输入信号注入锁定前后其偏振态在庞加莱球上的变化情况.可以看到,经过注入锁定后信号的偏振态的变化范围变小,也就是说,注入锁定后只有大于 TE 模方向阈值的偏振态才能通过 F-P 半导体激光器.

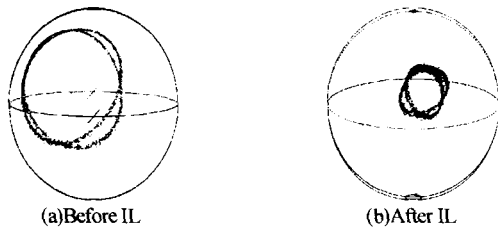


图2 F-P 半导体激光器注入锁定前后偏振态的比较
Fig2 The comparison of before and after IL for F-P laser diode

实验中, F-P 半导体激光器的偏压电流是 $1.04I_{th}$ (I_{th} = 阈值电流). 图 3 是多模注入锁定的光谱图,图 3(a)表示三波长注入锁定,从左至右波长依次是:1544.420 nm,1551.108 nm和1555.528 nm,光谱图上最后一个波长 1558.932 nm 表示稳频激光器,其作用是提高 F-P 半导体激光器的注入锁定速度,增加边模抑制比.图 3(b)表示四波长注入锁定,从左至右波长依次是:1544.398 nm,1546.596 nm,1551.088 nm 和 1555.505 nm,稳频激光器的波长是 1558.912 nm.

从眼图上可以比较四波长注入锁定前后的信号

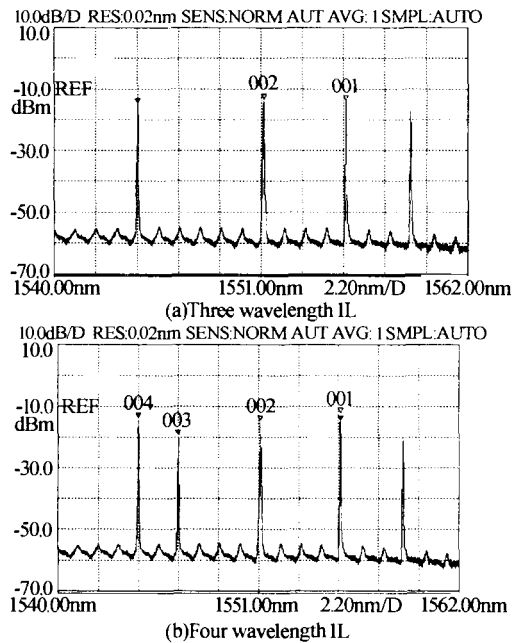


图3 F-P 半导体激光器的多模注入锁定
Fig. 3 Multi-wavelength IL for F-P laser diode

变化,如图 4. 可以看到, F-P 半导体激光器实现注入锁定后的眼图更加清晰. 调节图 1 中四个调制解调器后面的偏振控制器,在大约 90° 范围内仍能看到清晰的眼图,超过此范围眼图逐渐变得模糊直至非常混乱. 这是由于偏振扰频器使输入偏振态一直处于动态随机变化过程中,当输入偏振态处于工作区域时,可以看到清晰的眼图而在误差区域内眼图变得模糊,这一点与我们所说的关于误差区域的理论符合得很好. 在实验中每一支路都使用一个偏振扰频器,这样可以产生四路偏振态独立的、互不相关的随机输入信号. 从图 4 可以看到四波长注入锁定时第二路波长图(b)的眼图不太理想,这是由于失谐波长没有调节到最佳状态造成的.

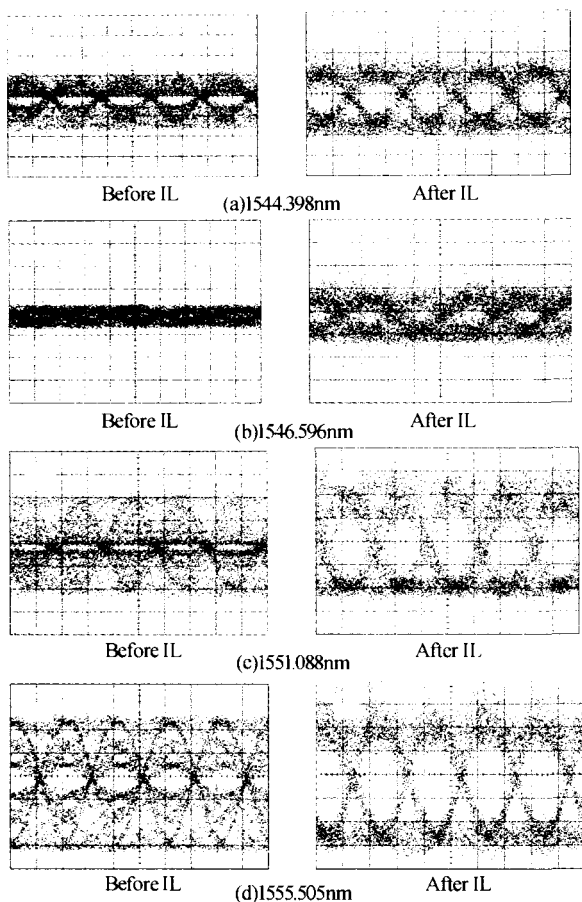


图 4 四波长注入锁定前(左)后(右)的眼图比较
Fig. 4 The comparison of eye diagram before (left) and after (right) for four wavelength IL.

Multi-wavelength Injection-locking Using Fabry-Perot Laser Diode

Lü Yali^{1,2}, Wei Bingjiang², Tan Huayao³, Wu Jian¹, Lin Jintong¹

¹ Optical Communications Center, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876

² Department of Electronic and Information Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong

³ Photonics Research Centre and Department of Electrical Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong

Received date: 2004-07-09

Abstract TE mode has larger cord coefficient and reflective index than TM mode in Fabry-Perot laser diode, when they realize injection locking without power less. The signal from TE mode increases, meanwhile, the signal from TM mode decreases. This character makes Fabry-Perot laser diode like a polarizer. Using the principle of injection locking for Fabry-Perot laser diode, we transfered the polarized light into part polarized light, reducing the polarization sensitivity for the transmission signal, improving the quality of the transmission signal. Besides, multi-wavelength injection-locking was demonstrated by using Fabry-Perot laser diode for the first time.

Keywords Fabry-Perot laser diode; Polarization sensitivity; Multi-wavelength injection-locking; Power less



Lü Yali was born in 1970, in Shannxi Province. She received her B. S. from Changchun Institute of Optics and Fine Machine, in 1988. Getting the M. S. degree in information and telecommunication system from Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, in 1996. She is now pursuing her Ph. D. degree in Beijing University of Posts and Telecommunications. As a student visitor, she engaged in polarization mode dispersion in optical communications system in Hong Kong Polytechnic University from 2002 to 2004. Her major research field is polarization mode dispersion and optical transmission.

3 结论

用 F-P 半导体激光器首次实现演示了三波长和四波长注入锁定, 使入射信号由偏振光转换为部分偏振光, 降低了通信系统中传输信号的偏振敏感性.

参考文献

- 1 张晓光, 于丽, 郑远, 等. 光纤通信系统中偏振模色散自适应补偿实验研究. 光子学报, 2003, **32**(12): 1474~1478
Zhang X G, Yu L, Zheng Y, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(12): 1474~1478
- 2 Alan Eli Willner, Reza Motaghian Nezam S M, Lianshan Yan, et al. Monitoring and control of polarization-related impairments in optical fiber systems. *J Lightwave Technol*, 2004, **22**(2): 106~125
- 3 陈烈辉, 高锦岳. 用于高阶偏振模色散补偿的高效动态补偿器. 光子学报, 2003, **32**(6): 702~705
Chen L H, Gao J Y. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(6): 702~705
- 4 姚和军, 妥采云, 曾丽, 等. 一种可编程 PMD 模拟器. 光子学报, 2004, **33**(3): 326~328
Yao H J, Lou C Y, Zeng L, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(3): 326~328
- 5 Chan L Y, Chung W H, Wai P K A, et al. Simultaneous re-polarization of two 10 Gb/s polarization-scrambled wavelength channels using a mutual-injection-locked laser diode. *IEEE Photon Technol Lett*, 2002, **14**(12): 1740~1742