

## 论文

### 温度和振动对光纤马赫-曾德干涉仪的影响与动态补偿研究

余向志, 李政勇, 王志豪, 吴重庆

北京交通大学 发光与光信息技术教育部重点实验室; 光信息研究所, 北京 100044

#### 摘要:

环境温度变化和振动会引起光纤马赫-曾德干涉仪两臂相差随机性变化,致使干涉仪输出不稳定.本文研究了自然条件下外界温度和振动对基于 $3\times 3$ 耦合器干涉仪的影响,分析结果表明,温度和振动所引起的干扰主要集中于100 Hz以下的低频成分中.为了消除这些干扰,设计了单臂补偿的反馈回路以稳定输出信号,并提出了一种利用象限判决方法来区分反馈正负性的动态补偿方法.实验中利用 $3\times 3$ 耦合器3个输出端中其中2个进行光电变换、差分放大等反馈电路后驱动管状压电陶瓷,使缠绕在其上的光纤伸缩,动态补偿干涉仪相差的漂移,稳定干涉仪输出即 $3\times 3$ 耦合器第三输出端口的信号.针对自然环境下温度和振动引起的干扰,本文研制了一种稳定的动态补偿装置,能有效抑制160 Hz以下的低频干扰,实时补偿干涉仪两臂的相差漂移,干涉仪输出稳定的干涉信号,波动幅度小于5.64%.

关键词: 光纤马赫-曾德干涉仪  $3\times 3$ 耦合器 相位补偿 反馈 稳定性

### Effect of Temperature and Vibration on Optical Fiber Mach-Zehnder Interferometer and Dynamic Compensation

YU Xiang-zhi, LI Zheng-yong, WANG Zhi-hao, WU Chong-qing

Key Lab of Education Ministry on Luminescence and Optical Information Technology; Institute of Optical Information, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China

#### Abstract:

Environment temperature changes and vibration will cause the random change of phase difference between two arms in the Mach-Zehnder interferometer (MZI), resulting in the instability of interferometer outputs. In this paper, the effect of temperature and vibration on the  $3\times 3$  coupler-based interferometer was studied in detail under natural conditions. Results show that the interference frequency caused by temperature and vibration is mainly concentrated in the low frequency section below 100 Hz. In order to eliminate these disturbances, a single-arm compensation feedback loop was designed to stabilize the output signal, and a dynamic compensation method was proposed based on quadrant judgment for distinguishment of positive and negative feedback. In the experiments, two of the three outputs of the  $3\times 3$  coupler are transformed from optical single to electrical one, and drives the piezoelectric ceramic to stretch the fiber wound on it after differential amplifier and other feedback circuits, which dynamically compensate the phase difference drift of the interferometer and stabilize the output namely the third output of the  $3\times 3$  coupler. Considering the disturbances caused by the temperature and vibration under nature environment, a stable dynamic compensation device was successfully demonstrated which can effectively suppress low-frequency interference below 160 Hz, and compensate real-time the phase difference drift between two arms of the interferometer, while the output becomes stable with fluctuations less than 5.64%.

Keywords: Optical fiber Mach-Zehnder interferometer  $3\times 3$  coupler Phase compensation Feedback Stabilization

收稿日期 2012-02-27 修回日期 2012-04-12 网络版发布日期

DOI: 10.3788/gzxb20124109.1041

基金项目:

国家自然科学基金(No.60907027, No.61077048)和北京市自然科学基金(No.4112042)资助

通讯作者: 李政勇(1974-),男,副教授,博士,主要研究方向为光纤通信.Email: zhyli@bjtu.edu.cn

作者简介:

#### 参考文献:

[1] 廖延彪. 光纤光学——原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2010.

[2] JING Zhen-guo, YIN Kai, ZHANG Min, et al. Polarization induced fading eliminating technique for

扩展功能

本文信息

Supporting info

PDF(3263KB)

HTML

参考文献

服务与反馈

把本文推荐给朋友

加入我的书架

加入引用管理器

引用本文

Email Alert

文章反馈

浏览反馈信息

本文关键词相关文章

光纤马赫-曾德干涉仪

$3\times 3$ 耦合器

相位补偿

反馈

稳定性

本文作者相关文章

余向志


李政勇


王志豪

吴重庆

interferometric optical fiber sensor[J]. Acta Photonica Sinica, 2009, 38(8): 2024-2028. 荆振国, 殷锴, 张敏, 等. 干涉型光纤传感器的消偏振衰落技术研究[J]. 光子学报, 2009, 38(8): 2024-2028.


[3] HU Liang, YU You-long, LI Ruo-ming, et al. Research on pressure sensing based on all-fiber Mach-Zehnder interferometer covered by silicon rubber[J]. Acta Photonica Sinica, 2007, 36(7): 1277-1280. 胡亮, 余有龙, 李若明, 等. 使用硅橡胶涂敷的全光纤Mach-Zehnder干涉仪的压力传感研究[J]. 光子学报, 2007, 36(7): 1277-1280.

[4] JUNG Y, LEE S, LEE B H, et al. Ultracompact in-line broadband Mach-Zehnder interferometer using a composite leaky hollow-optical-fiber waveguide[J]. Optics Letters, 2008, 33(24): 2934-2936. 

[5] LI Y, HARRIS E, CHEN L, et al. Application of spectrum differential integration method in an in-line fiber Mach-Zehnder refractive index sensor[J]. Optics Express, 2010, 18(8): 8135-8143. 

[6] TIAN Z, YAM S S, BARNES J, et al. Refractive index sensing with Mach-Zehnder interferometer based on concatenating two single-mode fiber tapers[J]. IEEE Photonics Technology Letters 2008, 20(8): 626-628.

[7] 吴重庆. 光波导理论[M]. 北京:清华大学出版社,2003.

[8] LI Min, XIE Fang, CHEN Zhi-min. Vibration measurement system based on a highly stabilized fiber 3×3 coupler interferometer[J]. Chinese Journal of Lasers, 2010, 37(2): 549-553. 李敏, 谢芳, 陈志敏. 高稳定的光纤3×3耦合器干涉仪测量系统[J]. 光电子激光, 2010, 21(2): 235-239. 


[9] HUANG Tao, WU Chong-qing, WANG Rui-feng, et al. Phase compensation of all-fiber mach-zehnder interferometer[J]. Optics & Optoelectronic Technology, 2007, 5(4): 58-60. 黄涛, 吴重庆, 王瑞峰, 等. 全光纤Mach-Zehnder干涉仪相位补偿的研究[J]. 光学与光电技术, 2007, 5(4): 58-60.


[10] GAO Ya-cheng. Study on the stability and operating point of the optical fiber interferometer. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010. 高亚成. 光纤干涉仪稳定性及其工作点的研究. 北京:北京交通大学, 2010.

[11] XUE Qing, CHEN Jian-ping. Study on the stability of magnetic field sensor based on optical fiber Michelson interferometer[J]. Fiber and Cable and Their Applications, 2006, 18(2): 19-21. 薛青, 陈建平. Michelson干涉型光纤磁场传感器稳定性研究[J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2006, 18(2): 19-21.

[12] DU Zhi-gang. Research on the stability of the demodulation system of the weak magnetic sensor based on optical fiber interferometer. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2008. 都智刚. 干涉型光纤弱磁传感器解调系统稳定性研究. 上海:上海交通大学, 2008.

[13] NI Su-min. A way to improve the sensitivity of optical fiber sensor based on interferometer[J]. Sensor Technology, 1994, 13(4): 54-55. 倪苏敏. 提高干涉型光纤传感器灵敏度的一种方法[J]. 传感器技术, 1994, 13(4): 54-55.

[14] RUIZ P D, HUNTLEY J M, SHEN Y, et al. Vibration-induced phase errors in high-speed phase-shifting speckle-pattern interferometry[J]. Applied Optics, 2001, 40(13): 2117-2125. 

[15] GROOT P J, DECK L L. Numerical simulations of vibration in phase-shifting interferometry[J]. Applied Optics, 1996, 35(13): 2172-2178. 

[16] 刘磊, 王琳. 随机信号与系统[M]. 北京:清华大学出版社, 2011.

[17] WU Dong. Study on the adaptive anti-vibration technology of the phase-shifting interferometer. Nanjing: Nanjing University of Technology and Engineering, 2004. 吴栋. 移相干涉仪自适应抗振技术研究. 南京:南京理工大学, 2004.

#### 本刊中的类似文章

1. 张东平; 齐红基; 方明; 邵建达; 范瑞瑛; 范正修. 微缺陷对薄膜滤光片环境稳定性的影响[J]. 光子学报, 2005, 34(6): 873-876
2. 王永辉, 陈芬, 王国祥, 沈祥, 周亚训, 李军, 戴世勋. 新型GeSe<sub>2</sub>-In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>-AgI玻璃性能研究[J]. 光子学报, 2012, (6): 718-722
3. 贾东方; 谈斌; 王肇颖; 葛春风; 杨天新; 李世忱.

#### 谐波锁模掺铒光纤激光器的稳定性研究

[J]. 光子学报, 2007, 36(3): 391-395

4. 米剑 张春熹 李铮 郭战军. 掺铒光纤超荧光光源平均波长温度稳定性实验研究[J]. 光子学报, 2007, 36(5): 825-829
5. 胡涛平; 颜森林; 罗青. 零色散附近的交叉相位调制不稳定性分析[J]. 光子学报, 2006, 35(9): 1367-1373
6. 夏海平; 章践立; 王金浩; 张约品; 徐铁峰; 聂秋华. Eu<sup>3+</sup>掺杂Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TeO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO玻璃光谱性质[J]. 光子学报, 2006, 35(1): 57-60
7. 李钢. 单模激光Lorenz系统与3D混沌系统之间的混沌同步[J]. 光子学报, 2007, 36(5): 808-811
8. 马军山; 顾文华.

#### 非相干光反馈与非相干光注入混沌同步通信系统仿真分析

[J]. 光子学报, 2007, 36(3): 521-524

9. 吕翎; 邹成业; 赵鸿雁. 非线性反馈控制单模激光Haken-Lorenz混沌系统[J]. 光子学报, 2006, 35(12): 1850-

10. 武同;邱昆.基于双区折射率耦合DFB激光器实现64 Gbit/s归零编码数据全光时钟恢复研究[J].光子学报, 2005,34(9): 1393-1396
11. 钟先琼,向安平,程科.五阶非线性光纤中连续谱相位扰动下的光传输与脉冲串产生[J].光子学报, 2011,40(9): 1328-1332
12. 吕翎;李义;邱东超;刘艳.混沌系统的递次错位反馈控制方法研究[J].光子学报, 2005,34(9): 1307-1310
13. 张华;韩文;文双春;苏文华;傅喜泉.单模光纤中受激喇曼散射对调制不稳定性的影响[J].光子学报, 2005,34(1): 32-37
14. 刘惠兰,张晓青,曹文娟,王俊杰.基于相位凝固技术的激光反馈干涉术[J].光子学报, 2011,40(8): 1172-1176
15. 王剑;于晋龙;胡浩;袁国慧;杨恩泽.用电功率反馈控制信号实现10Gbit/s系统的PMD补偿实验[J].光子学报, 2005,34(2): 248-251

文章评论 (请注意:本站实行文责自负, 请不要发表与学术无关的内容!评论内容不代表本站观点.)

反馈人	<input type="text"/>	邮箱地址	<input type="text"/>
反馈标题	<input type="text"/>	验证码	<input type="text" value="5750"/>
反馈内容	<input type="text"/>		