

# 一种 50 GHz 信道间隔光通道监测仪的研究

屈文俊<sup>1,2</sup>, 胡强高<sup>1,2</sup>, 谢 卉<sup>1,2</sup>, 孙莉萍<sup>1,2</sup>

(1. 武汉光迅科技股份有限公司, 湖北 武汉 430074; 2. 光纤通信技术和网络国家重点实验室, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 为实现 50 GHz 信道间隔的密集波分复用 (DWDM) 系统中的光通道性能监测, 文章提出一种基于衍射光栅的 OCM (光通道监测仪) 结构, 介绍了该 OCM 的工作原理。从理论上对其工作范围、响应时间、波长分辨率和通道分辨能力进行了计算和分析, 并制作了样品进行实验测试。结果表明, 对于传输速率为 10 Gbit/s/40 Gbit/s 混合传输的 50 GHz 信道间隔的 DWDM 系统, 该 OCM 可以对波长、功率性能进行准确监测。

**关键词:** 密集波分复用; 光通道监测仪; 信道间隔; 混合传输系统

中图分类号: TN256 文献标志码: A 文章编号: 1005-8788(2012)03-0057-02

## Research on an optical channel monitor working at 50 GHz channel intervals

Qu Wenjun<sup>1,2</sup>, Hu Qianggao<sup>1,2</sup>, Xie Hui<sup>1,2</sup>, Sun Liping<sup>1,2</sup>

(1. Accelink Technologies Co. Ltd., Wuhan 430074, China;

2. State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Networks, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** For the purpose of realizing the optical channel monitoring in WDM systems with 50 GHz channel intervals, we present a design of diffractive grating-based Optical Channel Monitor (OCM) and introduce its working principle. Then we calculate and analyze its insertion loss, working range, response time, wavelength and channel resolutions and conduct experimental tests on the sample. The results show that this OCM module can accurately monitor the channel wavelength and power performance of the WDM systems at 50 GHz intervals and with hybrid transmission rates of 10 Gbit/s/40 Gbit/s.

**Key words:** DWDM; optical channel monitor; channel interval; hybrid transmission system

## 0 引言

光通道性能监测是 WDM(波分复用)系统走向智能化、高速率化的标志之一。WDM 系统常常会因为光纤传输中的信号损伤、非线性等因素导致波长和功率偏移, 造成 QoS(服务质量)劣化。而具有 OCM(光通道监测仪)的 WDM 系统能够在各个节点对所有信道的信息进行有效监测, 以便于系统反馈, 灵活修正信道波长, 调节功率, 实现智能化传输。OCM 在 WDM 系统中的功能也逐渐从支持模块向传输模块转变, 未来其必将成为传输过程中不可或缺的部分。因此 OCM 一直以来都是光通信领域的重要研究课题<sup>[1-2]</sup>。

WDM 系统速率和容量不断提升, 通信需求的增长正迫使传输网络由 10 Gbit/s(以下简称 10 G)向 40 Gbit/s(以下简称 40 G)系统演进, 许多商用系统已经开始了 10 G 信号与 40 G 信号的混传, 50 GHz 信道间隔的 WDM 系统也已经得到了广泛应用。因此适用于新一代 WDM 系统的 OCM 需要具有高波长精度、高功率精度、高波长分辨率和高扫描速度等特性<sup>[3]</sup>。本文提出一种 OCM 结构, 可以

工作在 50 GHz 间隔的 DWDM(密集波分复用)系统中, 对 10 G 和 40 G 信号都能准确监测。

## 1 结构设计与工作原理

传统 OCM 的结构分为两种, 一种是基于衍射原理, 即在衍射光栅后布置阵列探测器进行探测; 另一类是基于干涉原理, 即利用干涉形成滤波效果, 对单一波长进行探测。

本文提出的方案不同于上述两种方案, 而是采用一种基于衍射光栅的滤波结构, 通过调整入射光的角度形成滤波效果, 然后对单一波长进行探测。具体结构如图 1 所示。入射光从输入端进入, 经 MEMS(微电子机械系统)转镜系统反射, 以一定的入射角进入光栅, 经光栅衍射后在固定接收端被接收, 接收端设置 PIN(光电二极管)采样, 经光电转换后与外部数据处理系统相连。

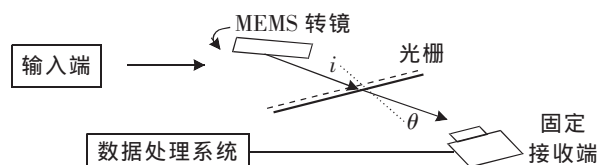


图 1 OCM 基本结构

收稿日期: 2011-11-22

基金项目: 国家“八六三”计划资助项目(2009AA03Z443)

作者简介: 屈文俊(1986-), 男, 湖北武汉人, 硕士研究生, 主要从事光器件方面的研究。

图1中,光栅与接收端的角度取定后,接收端只针对固定的衍射角进行接收,而根据光栅方程,  $d(\sin\theta + \sin i) = m\lambda$ , 进入接收端的光波长应满足  $\lambda = d(\sin\theta + \sin i)/m$ , 式中,  $d$  为光栅常数,  $i$  为入射角,  $\theta$  为衍射角,  $\lambda$  为波长,  $m$  为衍射级数, 因此改变入射角就可以改变进入接收端的光波长, 形成滤波效果。而 MEMS 转镜的转动可以控制光入射到光栅的入射角, 同时决定了接收端接收的波长。通过外加电压来控制 MEMS 转镜的转动, 理论上可以在接收端依次获得全部波长的光。

OCM 工作时, DWDM 系统中多个波长的混合波通过输入端进入, 控制 MEMS 转镜进行一次全转角的转动, 同时固定接收端在时序上进行多次采样, 每个采样点利用接收端的 PIN 转换出光电流, 对应于光功率, 传输到外部数据处理系统进行记录、处理。在所有取样点扫描完成后可以绘制出一条光功率对应波长的谱线。该谱线的每一个峰都表示了具有对应波长的光, 功率可以读出, 而无峰的地方表示不包含该波长的光。

## 2 性能分析

### (1) 响应时间

响应时间主要包括 MEMS 的响应时间、通信时间、数据处理和计算时间。当采样点为 4 000 个时, 施加对应步长的单点电压时, MEMS 的响应时间  $< 20 \mu\text{s}$ , MEMS 扫描周期  $< 100 \text{ ms}$ , 加上外部通信、数据记录、处理和计算, 整个扫描周期  $< 500 \text{ ms}$ 。

### (2) 波长扫描范围

由于光栅的自由光谱范围非常大, 故波长扫描范围只与 MEMS 的转角幅度相关。由光栅方程可知, 理论上 MEMS 转角约为  $4.0^\circ$  即可覆盖 DWDM 系统 1 528~1 568 nm 共 40 nm 的扫描范围。

### (3) 波长分辨率

波长分辨率由 MEMS 的最小转动步长与设计取样点数决定。如设计取样点为 4 000 个时, 40 nm 的扫描范围内每两个取样点的间隔为 10 pm, 故该 OCM 的波长分辨率为 10 pm。该分辨率可以完全满足 50 GHz 信道间隔的 DWDM 系统的要求。

### (4) 通道分辨率

通道分辨率与光栅分光谱线的展宽有关。根据瑞利判据可以知道<sup>[4]</sup>, 两条谱线重合的最小值达到单个谱线的 81% 时无法分辨两条光线, 所以一条谱线展宽到 40.5% 时, 其展宽宽度的两倍可以认为是

极限分辨率。

在采用 940 线/mm 的光栅时, 通道分辨率  $< 0.3 \text{ nm}$ , ITU 规定 50 GHz 信道间隔为 0.4 nm, 该 OCM 可以达到要求, 甚至考虑到传输速率导致谱形展宽的要求时, 该 OCM 依然适用。

## 3 实验研究

依照工作原理制作了一个基于衍射原理的 OCM 模块, 对 C 波段 1 528~1 568 nm 区间进行实验研究。实验装置如图 2 所示, 设备采用 96 波的多通道 10G/40G 调制光源, 安捷伦公司 86142B 型光谱仪。

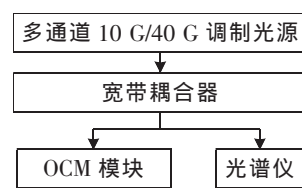
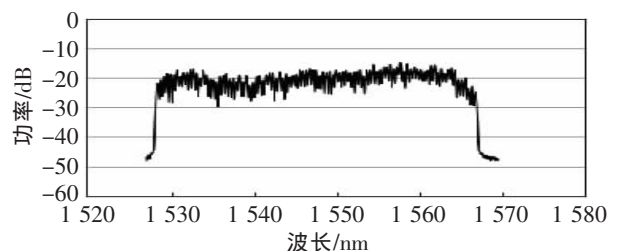


图2 OCM 实验装置图

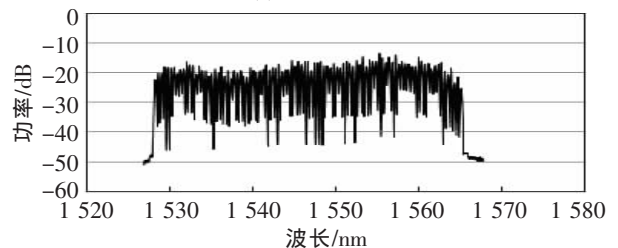
进行实验时, 多通道 10 G/40 G 调制光源发出混合光, 一束进入已经过波长功率标定的 OCM 模块, 另一束进入光谱仪,

最终对 OCM 模块与光谱仪产生的谱线以及 WDM 模式波长和功率计算结果进行对比, 验证 OCM 模块的工作特性。

随机组合 10 G/40 G 光波组成满足 ITU 规定的 96 波 DWDM 系统要求, 经 OCM 模块后得到的谱线如图 3(a) 所示, 光谱仪采得数据扫描点得到的谱线如图 3(b) 所示。由图 3 可知, 全部 96 波都已监测到, 寻峰没有漏判错判。



(a) OCM 光谱



(b) 光谱仪光谱

图3 波长监测图

所有峰对应的波长由测试的光谱数据及单峰的波长定标数据计算得出, 图4所示为波长误差对比

(下转第 70 页)

系统仿真所设定的门限值之内。

#### 4 结束语

本文主要对中断概率接纳控制策略在 TD-LTE 系统资源动态分配中的应用做了相关研究,从仿真结果来看,采用多时隙策略时,系统对下行业务的支持较好,且上行与下行的中断概率均能够达到门限值的要求;而采用多码策略时,系统对上行、下行业务基本处于公平分配资源状态。并且在多时隙策略下,由于对优先级较高的下行业务采用了资源调配策略,导致上行业务的中断概率偏高。在实际应用

中,我们应该根据该研究结果结合所在小区的实际状况,合理选择对应策略。

参考文献:

- [1] 王映民. TD-LTE 技术原理与系统设计 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2010.
- [2] 蔡跃明. 基于中断概率边界的博弈功率控制算法 [J]. 解放军理工大学学报, 2011, (12): 205-210.
- [3] 王俊波. 分布式天线系统中的上行中断概率分析 [J]. 电子与信息学报, 2011, 33 (5): 1136-1140.

(上接第 58 页)

图,所有波长误差范围均在 20 pm 左右,绝对误差  $< \pm 15$  pm,远小于 DWDM 系统中的波长监测精度要求 ( $< \pm 50$  pm)。

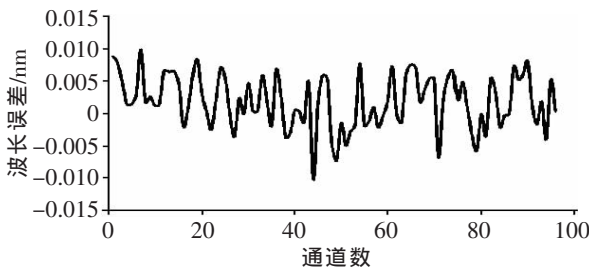


图 4 波长误差对比

实验中对响应时间进行了测试,从外加电压开始计算,至输出谱线和计算结果,耗时  $< 500$  ms,小于 DWDM 系统中的响应时间要求 ( $< 1\ 000$  ms)。

所有峰对应的功率由测试的光谱数据及单峰的功率定标数据计算得出,与光谱仪 WDM 模式功率结果相对比,光功率误差结果如图 5 所示,96 波 10 G/40 G 信号的功率误差范围  $< \pm 0.4$  dB,满足

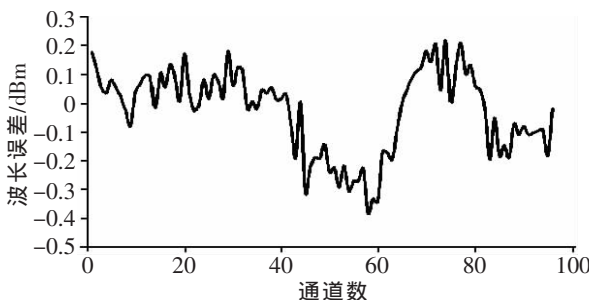


图 5 光功率误差结果

DWDM 系统的功率监测精度要求 ( $< \pm 1$  dB)。

实验结果表明,该 OCM 模块在 50 GHz 信道间隔、10 G/40 G 混合传输的 DWDM 系统中能够完整监测到全部信道,对信道波长功率参数也能够准确测定。

#### 4 结束语

本文提出了一种基于衍射光栅的 OCM 结构,介绍了其工作原理,理论分析了各指标参数,并制作了样品模块进行实际测试。测试结果表明,该 OCM 的工作范围为 40 nm,覆盖整个 C 及 C+ 波段,通道功率误差  $< \pm 0.4$  dB,通道波长误差  $< \pm 15$  pm,完全满足 50 GHz 间隔 DWDM 系统的光通道性能监测要求。

参考文献:

- [1] Adam Desmore, Kirill Pimenov, Yury Logvin, et al. Monolithically Integrated Optical Channel Monitor for DWDM Transmission System [J]. Journal of Lightwave Technology, 2004, 22(1):146-148.
- [2] 何俊,杨明,刘明睿,等. DWDM 系统光通道性能在线监控模块 [J]. 光通信研究, 2006, (1):48-50.
- [3] 阳华,张湘英,陈选育. 光层性能检测 [J]. 光通信技术, 2009, (4):38-40.
- [4] 郁道银,谈恒英. 工程光学 [M]. 北京:机械工业出版社, 2006.