

# 普通单模光纤色散补偿传输的实验研究\*

赵玉成 魏道平 李唐军 陈根祥 简水生  
(北方交通大学光波技术研究所, 北京 100044)

**摘 要** 利用自行设计的悬臂梁调节机构, 对 12 cm 长的均匀光纤光栅进行中心波长和啾啾的同时线性调谐后, 将其应用于 20 Gb/s、100 km 普通单模光纤的色散补偿实验中, 取得了良好的补偿效果。

**关键词** 啾啾光纤光栅, 色散补偿, 可调谐, 悬臂梁。

普通单模光纤的零色散点在  $1.31 \mu\text{m}$  处, 在  $1.55 \mu\text{m}$  低损耗窗口处有  $17 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$  左右的色散。这已成为将现有的常规单模光纤通信系统升级为高速或超高速光纤通信系统的主要障碍之一。如何解决普通单模光纤的色散补偿问题成了引人关注的研究课题。目前, 已提出了一些可能的技术方案来解决这一问题, 包括色散补偿光纤<sup>[1]</sup>、激光预啾啾<sup>[2]</sup>、中点光谱反转<sup>[3]</sup>、色散管理传输<sup>[4]</sup>和啾啾光纤光栅<sup>[5]</sup>等。在已提出的这些技术中, 利用啾啾光纤光栅进行色散补偿是目前最被看好的一种色散补偿方案, 这是因为啾啾光纤光栅为无源偏振不敏感器件, 与现有的光纤系统兼容, 插入损耗小且易于进行大批量生产。关于利用啾啾光纤光栅进行色散补偿的研究工作我们曾作过报道<sup>[8]</sup>, 最近, 利用自行设计的悬臂梁调节机构<sup>[9]</sup>, 实现了 20 Gb/s、100 km 普通单模光纤的色散补偿传输, 取得了良好的色散补偿效果。

实验装置如图 1 所示。光源采用 Santec 公司生产的 TSL-210 pulse 型波长可调谐激光器, 实验中, 利用 2.5 Gb/s 的微波发生器来驱动可调谐激光器, 使之产生脉宽(FWHM)为 32 ps、周期为  $T = 400 \text{ ps}$  (2.5 Gb/s) 的光脉冲信号, 其波形如图 2(a) 所示。光源的光谱图如图 2(b)

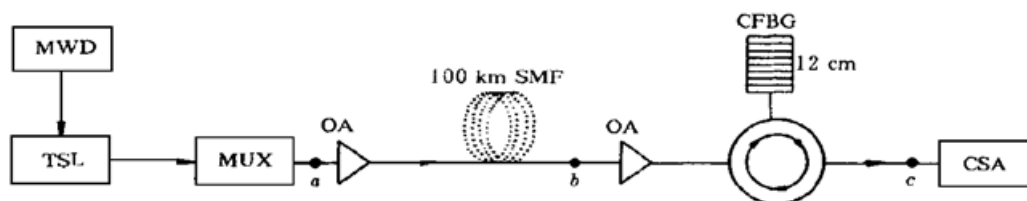


Fig. 1 Experimental setup for 20 Gb/s, 100 km dispersion compensation. MWD: 2.5 Gb/s microwave driver, TSL: TSL-210 pulse wavelength tunable laser, MUX:  $8 \times 2.5 \text{ Gb/s}$  optical time division multiplexer, SMF: single mode fiber, CFBG: chirped fiber Bragg grating, OA: optical amplifier, CSA: communication signal analyzer

\* 国家科委 863 高科技项目和集成光电子学国家重点实验室资助。

收稿日期: 1999-01-25; 收到修改稿日期: 1999-04-16

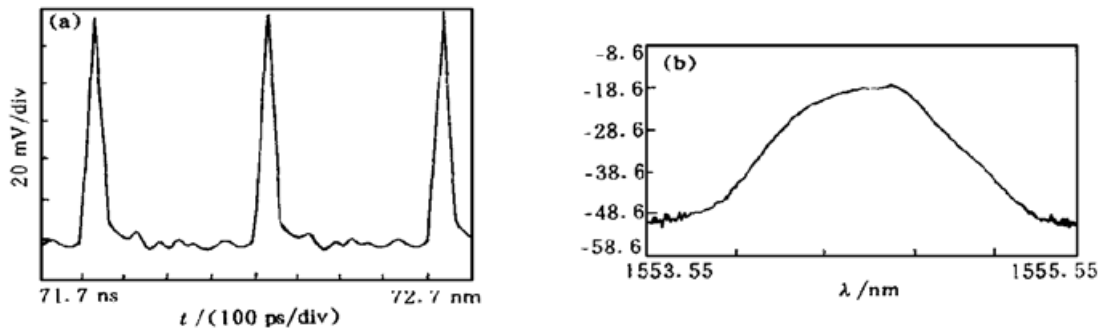


Fig. 2 (a) Original pulses (2.5 Gb/s), (b) Spectrum of the optical pulse source

所示, 中心波长为 1554.57 nm, 谱宽为 0.44 nm。2.5 Gb/s 光信号通过自行研制的  $8 \times 2.5$  Gb/s 光纤型时分复用器后, 复用为 20 Gb/s 的光脉冲信号, 在 *a* 点利用 Tektronix 公司生产的 CSA803A 通信信号分析仪进行测量, 其波形如图 3(a) 所示。20 Gb/s 信号经过光放大器(OA)

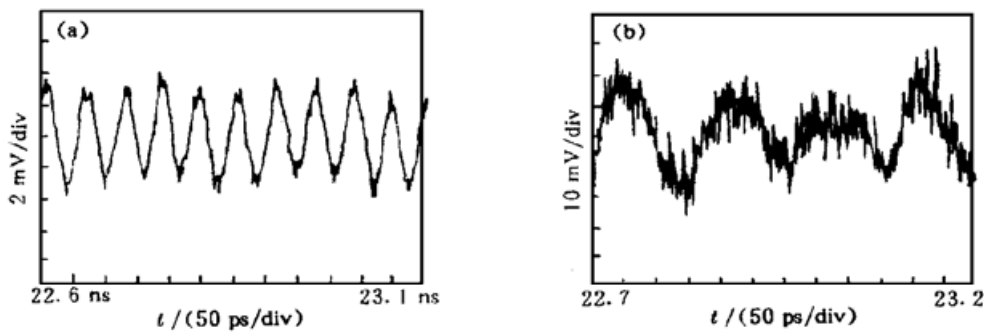


Fig. 3 (a) Pulses after multiplexing (20 Gb/s), (b) Pulses after 100 km transmission

进行光功率补偿后, 进入 100 km 普通单模光纤进行传输。由于光纤的色散和损耗, 光脉冲被展宽, 同时幅度下降, 在 *b* 点用通信信号分析仪进行测量。由于各个脉冲相互叠加, 造成整个 20 Gb/s 信号叠加后的无序状态, 显示的波形中已无法分出单个脉冲, 如图 3(b) 所示。展宽的光脉冲再由一级光放大器(OA)进行光功率补偿后, 进入啁啾光纤布拉格光栅(CFBG)进行色散补偿, 这一啁啾光纤布拉格光栅就是通过自行设计的悬臂梁调节机构对 12 cm 长均匀光纤光栅进行波长和啁啾的线性调谐而得到的。20 Gb/s 光脉冲信号由啁啾光栅补偿后, 在 *c* 点测得其波形, 如图 4 所示。

对比图 3(a) 和图 4 可以看出, 20 Gb/s 的光脉冲信号经 100 km 普通单模光纤传输后展宽, 经过啁啾布拉格光栅补偿后, 基本恢复到原状。这一实验结果表明, 采用我们自行设计的悬臂梁调节机构来实现对光纤光栅中心波长和啁啾的同时线性调谐, 在 20 Gb/s、100 km 普通单模光纤的色散补偿实验中, 调谐后的光纤光栅取得了良好的色散补偿效果。对这一色散补偿方案的进一步研究表明, 采用悬臂梁调节机构来对光纤光栅的中心波长和啁啾进行调谐, 不仅可以解决利用啁啾光纤光栅进行色散补偿时光纤光栅中心波长与激光器发射波长之间的对准问题及光纤光栅反射带宽与激光器光谱带宽之间的匹配问题, 而且可以通过调节光纤光栅的线性啁啾系数, 来实现对不同传输距离光纤色散的补偿。实验结果表明, 这一色散补偿方案具有简单实用、可操作性强的特点, 可以作为实际应用中优选方案之一。

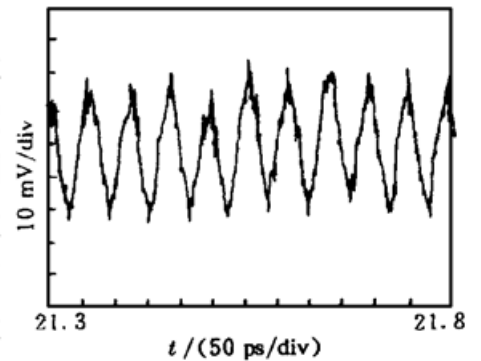


Fig. 4 Pulses after dispersion compensation with 12 cm fiber Bragg grating (20 Gb/s)

## 参 考 文 献

- [1] Takeda N, Ryu S, Akiba S. 2.5 Gbit/s, 8-channel, 1056 km densely spaced coherent WDM transmission experiment. *Electron. Lett.*, 1996, **32**(10): 907908
- [2] Jung J H, Shin S Y, Lee C H. Effects of pre-chirping on the repeaterless dispersion-managed transmission system. *Electron. Lett.*, 1996, **32**(9): 831833
- [3] Gnauck A H, Jopson R M, Iannone P P *et al.*. Transmission of two wavelength-multiplexed 10 Gbit/s channels over 560 km of dispersion fiber. *Electron. Lett.*, 1994, **30**(11): 727728
- [4] Franz B, Pohlmann W, Wedding B *et al.*. Field experiments at 10 Gbit/s over 80, 160 and 240 km of standard single-mode fiber installed between Sesimbra and Lisbon using dispersion supported transmission technique. *Electron. Lett.*, 1995, **31**(21): 18601861
- [5] Hill K O, Theriault S, Malo B *et al.*. Chirped in-line Bragg grating dispersion compensators: Linearisation of dispersion characteristic and demonstration of dispersion compensation in 100 km, 10 Gbit/s optical fibre link. *Electron. Lett.*, 1994, **30**(21): 17551756
- [6] Ouellette F, Krug P A, Stephens T *et al.*. Broadband and WDM dispersion compensation using chirped sampled fibre Bragg gratings. *Electron. Lett.*, 1995, **31**(11): 899901
- [7] Loh W H, Laming R I, Gu X *et al.*. 10 cm chirped fibre Bragg grating for dispersion compensation at 10 Gbit/s over 400 km of non-dispersion shifted fibre. *Electron. Lett.*, 1995, **31**(25): 22032204
- [8] 秦玉文, 赵玉成, 李唐军等. 光纤光栅色散补偿实验研究. *光学学报*, 1998, **18**(11): 15971598
- [9] Qin Yuwen, Zhao Yucheng, Zhang Jinsong *et al.*. Uniform fiber Bragg grating chirp tuning and its application in dispersion compensation. *Photonics China' 98, SPIE*, 1998, **3552**: 133138

## Experimental Study on Dispersion Compensation Transmission of Standard Single Mode Fiber

Zhao Yucheng    Wei Daoping    Li Tangjun  
Chen Genxiang    Jian Shuisheng

(*Institute of Lightwave Technology, Northern Jiaotong University, Beijing 100044*)

(Received 25 January 1999; revised 16 April 1999)

**Abstract** Utilizing the cantilever beam mechanical tuning device developed by the authors both the center wavelength and the linear chirp of a 12 cm uniform fiber grating are tuned to compensate dispersion of 20 Gb/s transmission over 100 km standard single mode fiber. Experimental results show that the effect of dispersion compensation is favorable.

**Key words** chirped fiber gratings, dispersion compensation, tunable, cantilever beam.