

· 光电器件与材料 ·

闪耀光纤光栅在ROF系统中的应用

吴丹, 宁提纲

(北京交通大学电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要: 对ROF(radio over fiber, 光载射频)系统在实际应用过程中的调制方式进行了分析, 同时通过一系列实验证明单边带调制更适合应用于ROF系统的通信过程。因此, 基于闪耀光纤光栅(TFBG, tilted fiber bragg grating)的复耦合模理论对光栅的谱的性能进行了分析和实验, 不难发现, 经过对TFBG进行特定的设计后, 可以将TFBG应用于ROF系统中对双边带信号进行反射或者透射实现单边带调制, 这样既减少了输出振幅随着距离的周期性变化, 也提高了信号的传输效率和接收灵敏度。

关键词: 闪耀光纤光栅; ROF系统; 单边带调制

中图分类号: TN828.6; TN913.7

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-05-0042-05

Application of Tilted Fiber Bragg Grating at Radio over Fiber System

WU Dan, NING Ti-gang

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The modulation mode of radio over fiber (ROF) system in application process is analyzed. Experimental results show that single side band modulation is more suitable for the communication process of ROF system. Based on complex coupled mode theory of tilted fiber Bragg grating (TFBG), the spectrum characteristics of the grating are analyzed and tested. After special designing, TFBG can be used in ROF system to reflect or transmit double side band signals to realize single side band modulation. So output amplitude changing with distance in period is reduced and transmission efficiency and receiving sensitivity of the signals are improved.

Key words: tilted fiber Bragg grating; radio over fiber (ROF) system; single side band modulation

随着科技的进步, 人们对信息获取的要求也在不断提高, 如今无线通信技术得到了普及, 但其传输速率远远没有满足人们的需求, 因此提高传输速率, 是增加数据带宽的最有效方法。在无线通信中, 一旦增加了频率, 那么就意味着会增加损耗, 并会导致蜂窝系统中的每个小区的覆盖范围减小, 进而需要建更多的基站, 增加成本。为了解决这一系列问题, ROF(radio over fiber)技术就应运而生了, 即基站与中心站之间采用光纤连接, 基站只负责光电转换, 中心站完成数据处理的工作, 这种设计方式明显降低了成本, 并且经济可行^[1]。

在ROF系统中, 将RF(radio frequency, 射频)信号调制到光信号上采用的是幅度调制, 常规的幅度调制产生的是DSB信号, 这会导致在接收端可能出现同频不同相的双边带信号出现削减或者抵消的现象, 因此会产生输出幅度随着光纤长度的周期性起伏变化的现象。因此利用闪耀光纤光栅实现单边带调制来提升ROF系统的传输效力^[8]。

由于ROF技术中副载波频率较高, 因此光纤色散对于ROF信号的传输影响不容忽视。在ROF通信系统中, 光纤色散对信号传输的影响, 除了与传统光通信系统中相同的部分——脉冲展宽, 更重要的是体现在

收稿日期: 2014-08-18

基金项目: 国家973项目资助(2010CB328206)

作者简介: 吴丹(1990-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为光通信及无线通信。

色散引起的输出幅度随光纤长度的周期性起伏变化方面^[2]。文中就利用光纤光栅滤波实现单边带调制应用于ROF系统解决传输中存在的问题。

1 ROF系统的应用

图1是利用马赫增德尔调制器调制后的光载毫

米波信号入射到普通光纤中^[9],在接收端利用一个PIN光电探测器进行光电探测,探测后的电信号经过滤波器滤波得到射频信号。为分析毫米波的传输性能,在链路中利用非相干探测将其解调成基带信号,观察其眼图及误码率,通过这些数据对比双边带信号和单边带信号的结果。

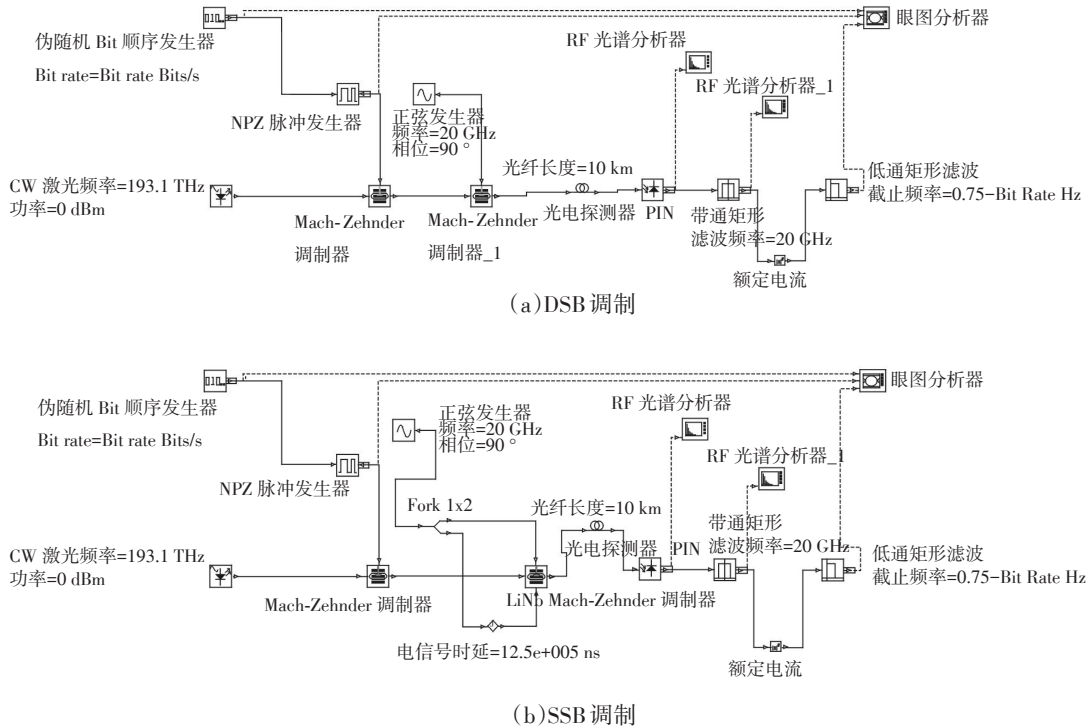
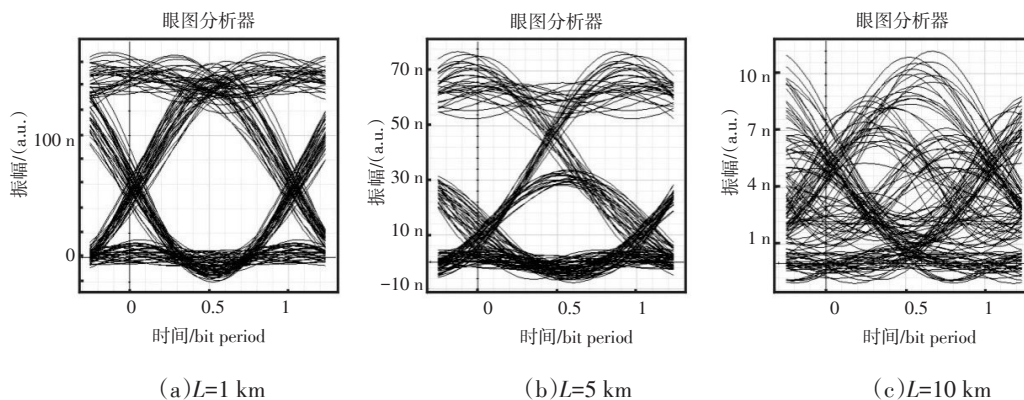


图1 调制实现ROF系统结构图

图2是DSB调制出的基带信号在不同光纤长度下的眼图。误码率分别为 2.29×10^{-14} , 1.65×10^{-13} , 6.7×10^{-22} , 1.11×10^{-21} , 2.5×10^{-11} , 8.38×10^{-6} ,眼图质

量由高变低再变高再变低,总体质量变差。因此可以看出,DSB毫米波存在功率周期性衰落一级码边离效应。



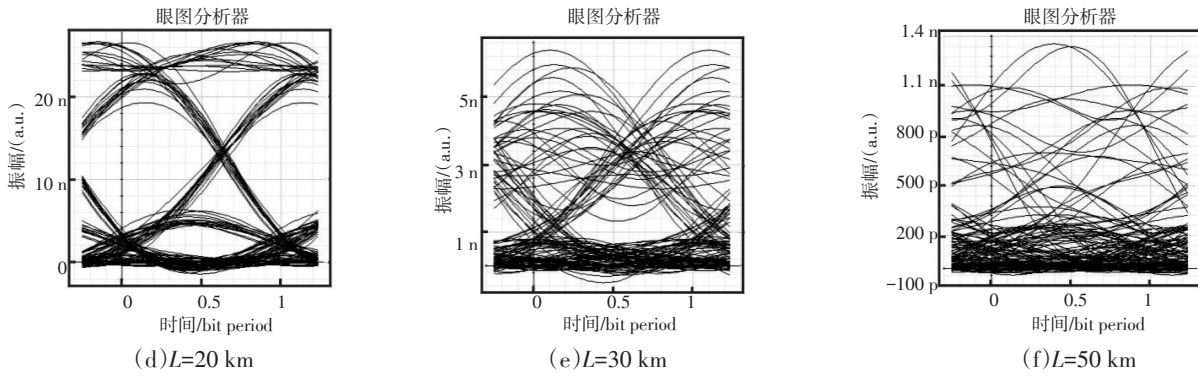


图2 DSB调制产生的基带信号的眼图

图3为SSB调制产生的基带信号的眼图。从图3中可以看出,随着光纤长度的增加,眼图逐渐闭合,质量越来越差,误码率也越来越差,由于SSB光载毫米波的谱结构的原因,信号在光纤中传输的过程中不存在功率周期性衰落现象。

经过上述的实验分析,为提高ROF系统传输效率,减少信号随着距离的周期性变化而发生变化,采用单边带调制方式能够更好地完成信号的传输工作,同时具有更高的保真度。

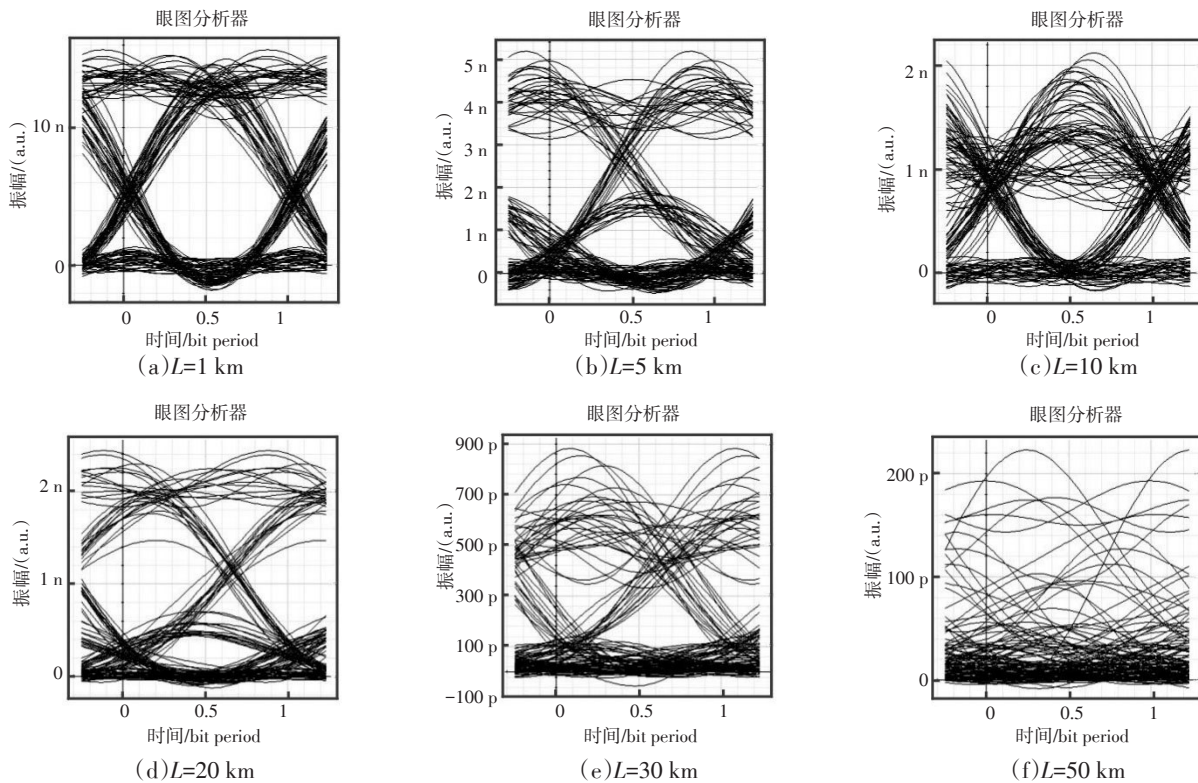


图3 SSB调制产生的基带信号的眼图

2 闪耀光纤光栅的模型

TFBG是一种特殊的短周期光纤光栅,它的折射率调制条纹不像光纤布拉格光栅和长周期光纤布拉格光栅那样垂直于光纤的轴向,而是与光纤轴向

形成了一个夹角 θ ,根据闪耀光纤光栅的倾斜角度可以分为反射型($\theta < 45^\circ$)和透射型($\theta > 45^\circ$)^[3]。闪耀光纤光栅(TFBG)的结构图如图4所示。 Λ 是闪耀光纤光栅的实际周期; Λ_g 是相位掩膜法制作过程中的相位掩模板的周期。这两个周期的关系为:

$\Lambda = \Lambda_g \times \cos \theta$, 由于夹角 θ 的存在, 闪耀光纤光栅显现了偏振依赖性, 并且耦合模式发生了变化, 前向传输的纤芯基模与后向传输的纤芯基模之间产生耦合^[4], 前向传输的纤芯基模与后向传输的包层模之间的耦合, 及当光纤包层直径无限大时产生的前向传输的纤芯基模与辐射模之间的耦合^[6]。

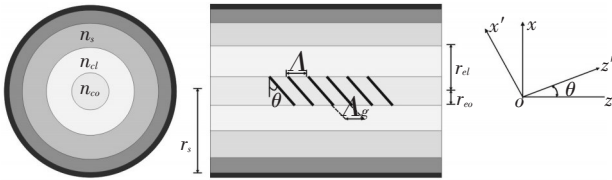


图4 闪耀光纤光栅结构图

3 闪耀光纤光栅的光谱特性分析

传统的振幅调制调制出的射频信号为双边带调制信号, 有两个同频的射频信号, 在输出端经过探测器后两个信号进行叠加, 如果相移量达到 180° , 输出信号将被完全抵消。单边带调制能够很好地解决这个问题, 滤波法用来产生单边带信号^[7]。1997年, J Park 提出了使用FBG作为滤波器实现单边带调制, 但是利用普通的FBG很难达到波长校准并且需要额外电路来抑制载波功率, 闪耀光纤光栅可以解决上述问题, 同时还可以使系统低耗、密集^[8]。

由于倾斜角的影响, 闪耀光纤光栅的折射率变化函数表示为

$$\delta n_{co}(x, z) = \overline{\delta n_{co}}(z') \{1 + \nu \cos[2\pi z'/\Lambda_g + \Phi(z')]\} \quad (1)$$

如图4所示, z' 可以定义为 $z' = x \sin \theta + z \cos \theta$, 光栅的耦合系数可以定义为

$$K'_{\pm}(z) = \sigma(z) + 2\kappa_{\pm}(z) \cos[2\pi z/\Lambda + \Phi(z \cos \theta)] \quad (2)$$

均匀的倾斜光纤布拉格光栅的耦合发生在向前传输的光纤导模和后向传输的纤芯导模之间, 耦合模方程表示为^[9]

$$\frac{dR}{dz} = i\hat{\sigma}R(z) + i\kappa S(z) \quad (3)$$

$$\frac{dS}{dz} = -i\hat{\sigma}R(z) - i\kappa^* S(z)$$

解得反射系数为

$$r = \frac{\sinh^2(\sqrt{\kappa^2 - \hat{\sigma}^2} L)}{\cosh^2(\sqrt{\kappa^2 - \hat{\sigma}^2} L) - \frac{\hat{\sigma}^2}{\kappa^2}} \quad (4)$$

透射率 $t = 1 - r$, 经过数值分析可以得到不同倾角的倾斜光纤光栅的透射谱, 如图5所示。

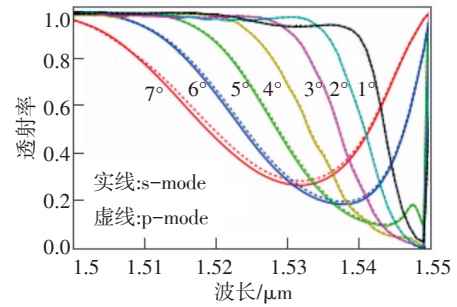


图5 不同倾角的反射率

从图5中不难看出, 不同角度调制, 可以得到不同的透射率, 根据需要过滤不同波长的光信号, 将闪耀光纤光栅放在ROF系统进行测试, 测试电路图如图6所示。测试电路输出信号如图7所示。由图7中不难看出, 输入功率10 mW, DSB信号中上下两边带的功率相同, 都为5.5 mW, 经过光栅滤波过后, 上边带功率为6 mW, 下边带功率为0。实现了很好的滤波效果。

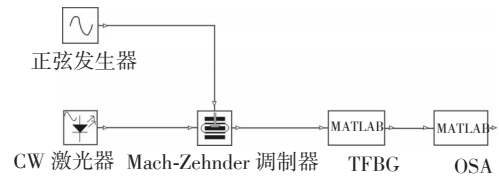
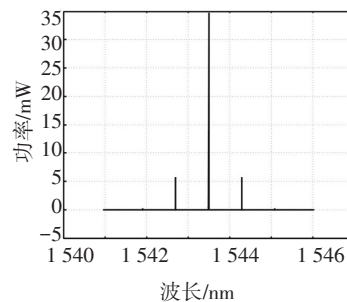
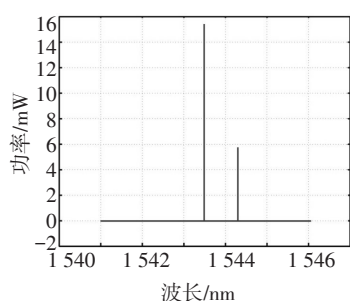


图6 测试电路图

通过理论分析及实验仿真表明, 使用闪耀光纤光栅实现SSB调制可以较好地抑制ROF系统中色散所致衰减情况, 同时解决了用窄带光栅抑制边带时存在的波长对准的问题, 更可以提高载波边带抑制比, 进而可以明显提高ROF系统的传输性能。



(a) 双边带信号



(b)单边带信号

图7 测试电路输出信号

4 结论

通过对ROF系统中调制方式进行分析,发现单边带调制可以更好地实现传输效果,闪耀光纤光栅凭借自身的特点,可以实现单边带调制,不仅可以滤除双边带中的一条边带,还可以使CSR为0 dB,可以很好地应用于ROF系统中达到很好的滤波效果,因此经过设计的闪耀光纤光栅可以应用在ROF系统中来提高信号传输的效率。

参考文献

- [1] Harada H, Sato K, Masayuki F. A radio-on-fiber based millimeter-wave road-vehicle communication system by a code division multiplexing radio transmission scheme[J]. IEEE Trans. Intelligent Transport. Syst, 2001, 2:165-179.
- [2] 杨湘云,胡薇薇,徐安士.毫米波ROF光通信系统中信

号传输色散影响的研究[J]. 北京大学学报, 2006, 42(3):401-405.

- [3] Erdogan T, Sipe J E. Tilted fiber phase gratings[J]. Journal of the Optical Society of America A, 1996, 13(2):296-313.
- [4] Lu Y C, Huang W P, Jian S S. Polarization sensitivities of demodulation techniques for tilted fiber Bragg grating refractometer[R]. Proc. SPIE(Asia Communications and Photonics Conference and Exhibition), 2009, 7630:76300U.
- [5] Wu R, Liu Y Q, Zou J, et al. Fabrication of tilted long-period fiber gratings by CO₂ laser[R]. Proc. SPIE, 2011, 8307:83072D.
- [6] YIN Guo-lu, LOU Shu-qin, LI Qi, et al. Theory analysis of mode coupling in tilted long period fiber grating based on the full vector complex coupled mode theory[D]. School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, 2012.
- [7] YANG Long, NING Ti-gang, Li Jing, et al. The optimization design of tilt-spectral fiber Bragg grating and its application in SSB modulation based radio over fiber system[D]. School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, 2011.
- [8] Ma J X, Yu J, Yu C X, et al. Fiber dispersion influence on transmission of the optical millimeter-waves generated using LN-MZM intensity modulation[J]. J. Lightwave Technol, 2007, 25 (2007): 3244-3256.
- [9] Lim C, Attygalle M. Analysis of optical carrier-to-sideband ratio for improving transmission performance in fiber-radio links[J]. IEEE Trans. Microw. Theory Tech, 2006, 54: 2181-2187.

(上接第19页)

5 结论

在设计了红外点光源和视场耦合型双CCD结构的基础上,通过USB型CCD和凸透镜实现了一种低成本的红外成像方案,继而提出了一种快速的图像滤波和二值化处理算法,通过递归式的连通区域边缘定位和特征比对,实现了对特定目标的实时检测和跟踪,实现了视频采集的全程自动化,目前该系统已应用于电教化教室的自动录播平台中,单个摄像机可替代原有分别固定在多个角度的摄像机群的功能,使用成本大幅降低,且系统小巧灵活,在安防、工业自动化等领域也有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 尤天来,周海徽.红外目标跟踪技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2011.10(21):140-142.
- [2] 宋新,沈振康,王平,等. Mean shift在目标跟踪中的应用[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(9):1405-1409.
- [3] Forsyth D A, Ponce J. Computer Vision: A Modern Approach[M]. 北京:电子工业出版社, 2004.
- [4] 赵强,王国珍. 探求高校精品课程教学录像的摄制思路[J]. 中国医学教育技术, 2008, 2:62-64.
- [5] 黄山涯,陈磊. 录播教室的功能设计及其建设[J]. 实验室研究与探索, 2010(10):378-380.
- [6] 刘陕军. 录播系统在网络课程制作中的应用[J]. 创新科

(下转第64页)