

· 光电器件与材料 ·

正弦型包层结构光纤光栅传输特性的研究

杨莹丽¹, 马鸿雁²

(1. 河南理工大学 计算机科学与技术学院, 河南 焦作 454000; 2. 河南理工大学 安全科学与工程学院, 河南 焦作 454000)

摘要:提出了一种光纤包层半径为正弦函数的光纤光栅. 运用传输矩阵理论对该结构光纤光栅的传输特性进行了分析. 与线性啁啾光栅相比, 在施加一定拉力的情况下, 正弦型包层结构光纤光栅具有理想的箱型反射谱, 边缘陡峭度高. 随着施加拉力的增大, 光栅的反射谱中心波长将向长波方向移动, 且反射带宽增大.

关键词:光纤光栅; 正弦包层; 拉力应变

中图分类号: TN253

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)04-0038-03

Study on the Transmisson of Clading Radius Various Fiber Bragg Grating

YANG Ying-li¹, MA Hong-yan²

(1. School of Computer Science and Technology, Henan Polytechnic University Jiaozuo 454000, China;

2. School of Safety Science and Engineering, Henan Polytechnic University Jiaozuo 454000, China)

Abstract: A fiber grating structure with cladding radius as sinusoidal function along the grating length is introduced. The transmission properties of the this type grating was studies on the basis of the transfer matrix theory. Compared with linearly chirped fiber grating, the fiber grating exhibits a Box spectrum with steep edges and high reflectivity when tension is applied to it. With the tension increasing, the center wave length in the grating reflecting spectrum will move toward the long wave direction and the reflecting bandwidth is greatly widened.

Key words: fiber bragg grating; sinusoidal cladding; tension strain

紫外写入光纤光栅在许多领域都得到了广泛的应用, 它可以用作光滤波器、增益平坦器、光纤激光器中的反射镜以及色散补偿器等^[1-3]. 具有理想箱型反射谱的光纤光栅在密集波分复用系统中具有重要的应用^[4,5]. 为了使光纤光栅的反射谱为理想箱型, 人们提出了不同的办法, 但是这些方法都需要特殊结构的掩膜板, 并且其反射谱特性不具有调节功能^[6-8]. 提出了一种光纤 Bragg 光栅的结构, 其包层的横截面面积按照正弦函数变化. 由于光栅的拉力应变与光栅的横截面面积成线性关系, 因此, 在对光栅施加一定拉力的情况下, 整个光栅各个位置的应变与包层半径函数的平方成线性关系, 从而使光栅的周期也按照正弦函数变化, 成为一个啁啾光纤光栅.

1 光纤光栅结构与特性分析

正弦函数型包层结构光纤光栅(SEFG)的结构如图 1 所示, 光纤芯层中为均匀周期的 Bragg 光栅, 包层的半径沿着光纤轴向变化, 其变化函数可以表示为

$$r = \frac{r_0}{\sqrt{1 + g[1 + f(z)]}} \quad (1)$$

式中, r_0 为包层半径的最大值, 取 $r_0 = 62.5 \mu\text{m}$, 为普通光纤的包层半径; g 为半径变换系数; $f(z)$ 为正弦函数, 可表示为

$$f(z) = \sin\left(\frac{2\pi z}{L}\right) \quad (2)$$

收稿日期: 2009-05-04

作者简介: 杨莹丽(1980-), 女, 陕西岐山人, 硕士, 助教, 主要从事光纤通讯及光纤传感等方面的研究.

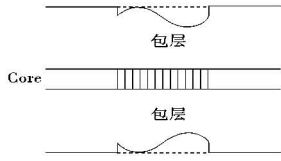


图 1 正弦函数型包层光纤光栅结构图

其中, L 为光纤光栅长度, $-\frac{L}{2} \leq z \leq \frac{L}{2}$.

光纤芯层中的折射率分布可以表示为

$$n(z) = n_0 + \delta n(z) \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda_0} z\right) \right] \quad (3)$$

式中, n_0 为光纤芯层折射率; $\delta n(z) = \delta n \exp\left(-\frac{z}{L^2}\right)$ 为折射率分布切趾函数; δn 为光纤光栅折变量; Λ_0 为光栅周期. 取 $n_0 = 1.458$, $\delta n = 0.002$, $L = 16\ 000\ \mu\text{m}$, $\Lambda_0 = 0.535\ 0\ \mu\text{m}$.

当光纤光栅受到拉力 F 作用时, 会沿着光栅的轴向产生一横向应变 $\epsilon(z)$, 二者之间的关系可表示为

$$\epsilon(z) = \frac{F}{EA(z)} \quad (4)$$

式中, $A(z)$ 为光栅的横截面积; E 为光纤的杨氏模量. 当 F 不变时, $\epsilon(z)$ 随 $A(z)$ 的增大而减小. 当 $\epsilon(z)$ 很小时, 如果忽略 $n(z)$ 随 $\epsilon(z)$ 的变化, 则光栅的周期 Λ 沿光纤轴向会发生变化, 可以表示为

$$\Lambda(z) = \Lambda_0 [1 + \epsilon(z)] \quad (5)$$

将式(1)和式(4)带入式(5)可得

$$\Lambda(z) = \Lambda_0 \left\{ 1 + \frac{F}{\pi E r_0^2} [1 + g(1 + f(z))] \right\} \quad (6)$$

光纤光栅的啁啾系数可以表示为

$$c = \frac{F}{\pi E r_0^2} [1 + g(1 + f(z))] \quad (7)$$

式(7)表明, 光纤光栅的啁啾系数与施加的拉力成正比. 图 2 给出了施加拉力时 $F = 1.0\ \text{N}$, 光栅周期沿光纤轴线的分布, 其中 $g = 0.1$.

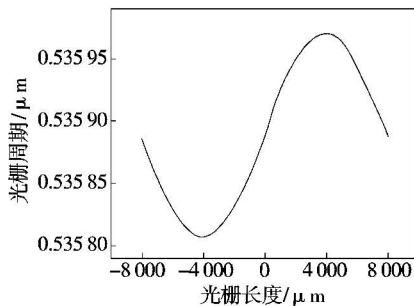


图 2 光栅周期沿光纤轴向的分布

采用传输矩阵算法, 对正弦函数型结构的光纤光栅的传输特性进行了分析. 首先, 给出当拉力 $F = 1.0\ \text{N}$ 时光栅的反射谱, 如图 3 中的实线所示, 该结构的光栅反射谱为理想箱型. 为了比较, 同时给出了相同参数的线性啁啾光纤光栅的反射谱, 如图 3 中虚线所示. 由图 3 可以看出, SEFG 结构的光栅其反射谱的边缘陡峭程度要远远高于线性啁啾光栅.

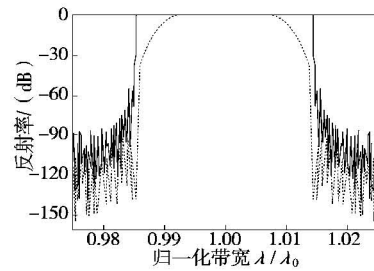


图 3 正弦函数型包层光纤光栅反射谱

图 4 给出的是施加不同拉力的情况下, SEFG 光栅所对应的反射谱. 由图 4 可以看出, 随着拉力的增大, 光栅反射谱的中心波长向长波方向移动; 同时其反射谱带宽也变大, 即光栅的反射谱对拉力较为敏感. 这是因为, 当施加到光栅上的拉力较大时, 其在光栅上产生的应变也较大, 由应变引起的光栅周期即光栅的啁啾系数也同时变大, 最终导致了光栅反射谱的带宽增大及中心波长向长波方向移动. 利用对拉力的敏感性, 可以将该结构的光纤光栅应用于拉力传感器, 也可以对光栅施加不同的拉力对光栅反射谱进行调整, 得到实际需要的反射谱.

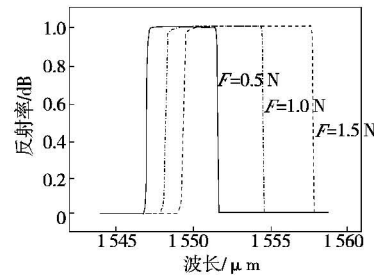


图 4 施加不同拉力时的光栅反射谱

2 结 论

利用传输矩阵理论对正弦包层结构的光纤光栅

传输特性进行了分析,与线性啁啾光栅相比,在施加一定拉力的情况下,该结构的光栅具有理想箱型的反射谱,边缘陡峭度高.随着施加拉力的增大,光栅的反射谱中心波长将向长波方向移动,且反射带宽增大.

参考文献

- [1] Oiwa Masaki, Minami Shunsuke, Tsuji Kenichiro, et al. Influence of nonideal chirped fiber Bragg grating characteristics on all-optical clock recovery based on the temporal Talbot effect[J]. Applied Optics, 2009, 48(4): 679 - 690.
- [2] 陈小刚, 黄德修, 元秀华. 基于超结构光纤光栅和非线性放大环境的 OCDM 系统[J]. 光子学报, 2008(12): 2430 - 2433.
- [3] 姚海凤, 辛丽, 宋瑛林. 级联光纤布拉格光栅光谱特性[J]. 红外与激光工程, 2008, 37(6): 746 - 749.
- [4] P li, T G Ning, T J Li, et al. Studies on the dispersion compensation of fiber Bragg grating in high-speed optical communication system[J]. Acta Phys. Sin, 2005, 54: 1630 - 1635.
- [5] J Kwon, Y Jeon, B Lee. Tunable dispersion compensation with fixed center wavelength and bandwidth using a side-polished linearly chirped fiber Bragg grating [J]. Opt. Fiber Technol, 2005 (11): 159 - 166.
- [6] M Ibsen, M K Durkin, M J Cole, et al. Sinc-sampled fiber Bragg gratings for identical multiple wavelength operation[J]. IEEE Photon. Technol. Lett, 1998, 10: 842 - 844.
- [7] A Carballar, M A Muriel, J Azana. Fiber grating filter for WDM systems: an improved design[J]. IEEE Photon. Technol. Lett. 1999, 11: 842 - 844.
- [8] L Zhang, C X Yang. Improving the performance of fiber gratings with sinusoidal chirps[J]. Appl. Opt, 2003, 42: 2181 - 2187.

(上接第 33 页)

(2) 电视光轴平行性调整

将激光靶置于电视视场中心,发射激光,汇聚激光靶上,调整电视光轴,使激光光斑精确落在电视视场中心,电视光轴与激光光轴平行.

(3) 红外光轴平行性调整

与电视光轴平行性调整相同.

光轴平行性校正的好坏直接影响到跟踪效果,其调整的平行程度可通过读取电视/红外跟踪偏离视场中心的偏格量来进行定量标定.

借助于以上校正原理,对多光轴光电测量装置进行了光轴平行性校正,得到如下校正结果.

电视光轴平行性校正结果

$$\begin{cases} \Delta x & 0, -1, -2 \\ \Delta y & 0, -1, -2 \end{cases}$$

说明: Δx 、 Δy 分别代表 x 、 y 方向光斑偏离电视视场中心量.校正后电视光轴与激光光轴不平行度达到指标.

红外光轴平行性校正结果

$$\begin{cases} \Delta x & 0, -1, +1 \\ \Delta y & 0, -1, -2 \end{cases}$$

说明: Δx 、 Δy 分别代表 x 、 y 方向光斑偏离红

外视场中心量.校正后红外光轴与激光光轴不平行度达到要求.

3 结 论

在介绍大口径平行光管用于探测光轴不平行度原理的基础上,对多光轴光电测量装置室内标校方法进行了研究,通过制作标准激光靶,实现了对电视/红外/激光三者光轴一致性的标校,标校后取得了很好的稳定跟踪效果;并且该标校原理可有效应用到其他多光轴测试设备光轴一致性检测上,具有一定的推广应用价值.

参考文献

- [1] 李世贤, 郑乐年. 光学设计手册[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1990.
- [2] 高雅允, 高岳, 张开华. 军用光电系统[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
- [3] 曲卫东, 雷萍. 大口径平行光管用于光轴平行度测量的实现[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(6): 1528 - 1529.
- [4] 姜峰, 白波. 光电稳瞄系统装调的关键技术[J]. 应用光学, 2007, 28(2): 156 - 158.