

基于液晶超薄涂覆层的长周期光纤光栅温度特性的研究

罗海梅 李新碗 王少石 陈建平

(上海交通大学区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室)

摘要: 采用液晶超薄涂覆层的双包层光纤模型, 利用耦合模理论对长周期光纤光栅涂覆层折射率、温度特性进行研究, 并通过实验和计算机模拟, 得出长周期光纤光栅透射谱谐振波长于超薄涂覆层折射率及温度的关系。

关键字: 长周期光纤光栅; 折射率; 液晶

Temperature Response of Long-period gratings coated with LC ultra-thin film

Luo Haimei Li Xinwan Wang Shaoshi Chen Jianping

(The State Key Laboratory of Advanced Optical Communication Systems and Networks)

Abstract: The response of a double-clad fiber model to temperature is studied using coupled-mode theory. Through experiment and simulation, we obtain the relationship between the resonance wavelength of LPG's and the overlay refractive index and temperature. The experimental results fit the computer simulation results well.

Key words: long-period fiber grating; refractive index; liquid crystal

0. 引言

长周期光纤光栅(LPG)是一种新型光纤光栅, 它能够

将光功率从光纤中前向传输导模耦合到前向传输包层膜, 在传输一段距离后发生大幅度衰减, 使光纤光栅的传输谱中有一个或多个损耗峰。近年来, 人们对于简化的阶跃光纤三层模型进行了大量的研究 [1], 此模型中环境折射率低于光纤包层的折射率。最近, 关于具有高折射率纳米厚度涂覆层长周期光纤光栅的双包层光纤模型的研究引起了人们的广泛关注。该研究表明, 当纳米厚度涂覆层的折射率高于光纤包层折射率时, 通过改变环境折射率或涂覆层厚度等参数, 长周期光纤光栅的谐振峰波长会出现大范围的漂移 [2]。本文采用高折射液晶作为涂覆层的材料, 通过改变液晶的温度改变其折射率, 进而在实验中观察长周期光纤光栅的温度特性。实验结果表明该模型下长周期光纤光栅对温度具有高的响应灵敏度和大的谐振峰漂移范围。并通过计算机仿真, 对实验结果进行的比较和分析。

1. 理论分析

长周期光纤光栅是通过紫外光照射单模光纤纤芯使其折射率发生周期性调制而形成的。由模式耦合原理可知, 长周期光纤光栅是导波基模与正向传播的包层模之间的耦合, 它应当满足相位匹配条件:

$$\frac{2\pi}{\lambda}(n_{eff,01} - n_{eff,i1}) + s_0(\zeta_{01,01}(\lambda) - \zeta_{01,i1}(\lambda)) = \frac{2\pi}{\Lambda} \quad (1)$$

式中, $n_{eff,01}$ 和 $n_{eff,i1}$ 分别为纤芯模和包层模的有效折射率; s_0 为第一傅里叶分量系数; $\zeta_{01,01}$ 和 $\zeta_{01,i1}$ 分别为纤芯模和第 i 阶包层模的自耦合系数; Λ 为长周期光纤光栅的周期。

纤芯的有效折射率有纤芯的折射率 n_1 和包层的折射率 n_2 决定。包层的有效折射率不仅对 n_1 和 n_2 敏感, 对环境折射率也敏感。这就意味着当环境折射率改变时, 包层模谐振峰波长会发生漂移。

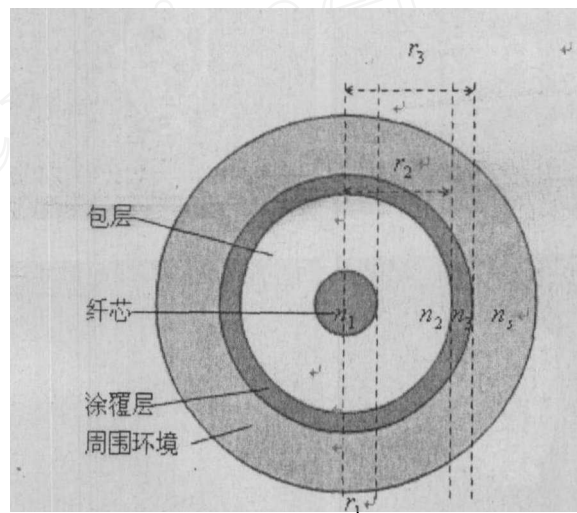


图1 双包层模型结构

图1为所研究的双包层光纤模型横断面结构图。该模型中沿 z 轴方向传播的横截面电磁场分量可用下式来描述 [3]:

$$R_v(r) = \begin{cases} A_0 Z_{v,1} \left(u_1 \frac{r}{r_1} \right) & \text{for } r \leq r_1 \\ A_1 Z_{v,2} \left(u_2 \frac{r}{r_2} \right) + A_2 T_{v,2} \left(u_2 \frac{r}{r_2} \right) & \text{for } r_1 < r \leq r_2 \\ A_3 Z_{v,3} \left(u_3 \frac{r}{r_3} \right) + A_4 T_{v,4} \left(u_3 \frac{r}{r_3} \right) & \text{for } r_2 < r \leq r_3 \\ A_5 K_v \left(v \frac{r}{r_3} \right) & \text{for } r > r_3 \end{cases} \quad (2)$$

其中,

$$Z_{v,i}(x) = \begin{cases} J_v(x) & \text{if } n_{eff} < n_i \\ I_v(x) & \text{if } n_{eff} > n_i \end{cases}$$

$$T_{v,i}(x) = \begin{cases} X_v(x) & \text{if } n_{eff} < n_i \\ K_v(x) & \text{if } n_{eff} > n_i \end{cases}$$

$$u_i = r_i k_0 \sqrt{n_i^2 - n_{eff}^2} \quad \text{for } i = 1, 2, 3$$

$$v = r_3 k_0 \sqrt{n_{eff}^2 - n_s^2}$$

式中, r 为半径, J_ν 和 I_ν 分别为 ν 阶第1类, 第2类一般贝塞尔函数, Y_ν 和 K_ν 分别为 ν 阶第1类, 第2类修正贝塞尔函数, n_1, n_2 和 n 分别为纤芯, 包层和涂覆层的折射率, 而 n_s 为环境折射率, n_{eff} 为有效折射率, r_1 和 r_2 分别是纤芯和包层的半径而 $r_3 - r_2$ 为涂覆层厚度。另外, 根据电磁场在纤芯与包层界面的连续条件以及包层与涂覆层界面的连续条件可求解 A_0 的函数 A_1, A_2, A_3, A_4 和 A_5 。而每一阶包层模的有效折射率都可以通过求解根据横截面磁场连续条件得到的色散方程来得到。

2. 实验系统设计和实验结果分析
2.1 液晶折射率测量

我们首先测量了液晶折射率随温度变化的情况。根据文献[4, 5]给出的折射率测量方案, 测量液晶折射率随温度变化的实验结构示意图如图2所示。我们将一个工作波长为红外波段的功率稳定的光源接到一个3d“X”型光纤耦合器的一个输入端, 该耦合器将入射光引导到探测光纤端面, 探测光纤浸入待测液晶中, 且探测光纤的端面是平切的。由于探测光纤端面的反射, 部分反射光经过耦合器被功率计搜集。功率计搜集到的光功率取决于液晶和探测光纤的折射率。温度控制由温箱提供。

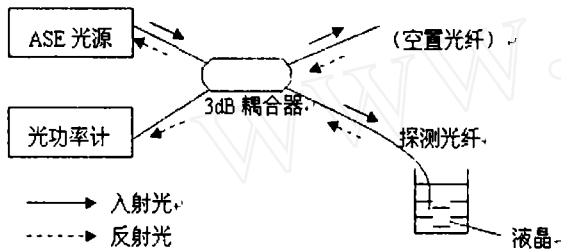


图2 测量随温度变化的液晶折射率实验结构示意图

通过这种方法所测得的由Merck公司提供的型号为MDA-98-3699的液晶随温度变化的曲线如图2所示。温度由20℃变化到65℃, 相应的液晶的折射率从1.477变化到1.515。

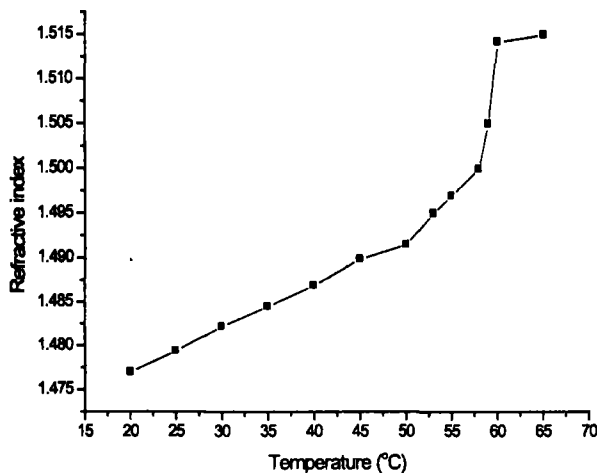


图3 液晶折射率与温度的关系图

2.2 具有高折射率液晶涂覆层的LPG温度特性实验

本文的长周期光纤光栅是利用聚焦的CO2激光脉冲逐点写在Corning SMF28单模光纤上, 其参数为 $n_1=1.468, n_2=1.462$ 。光栅的周期为620 μm , 长度为50mm。该光栅具有超薄的高折射率液晶涂覆层。通过改变温度

改变液晶层的折射率, 得到长周期光纤光栅透射谱以及谐振峰波长随温度变化的曲线如图4和图5所示。

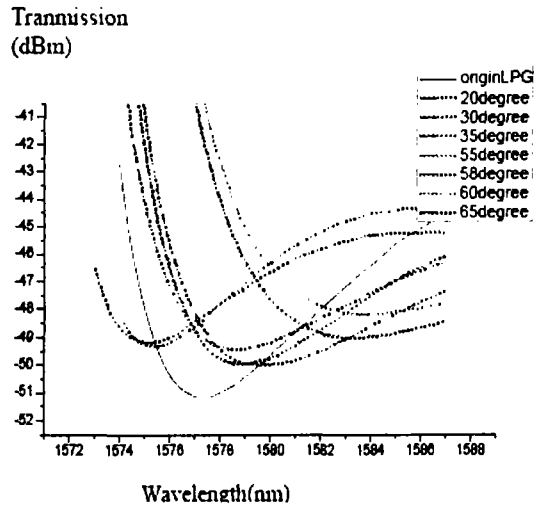


图4 基于液晶的长周期光纤光栅透射谱随温度的变化

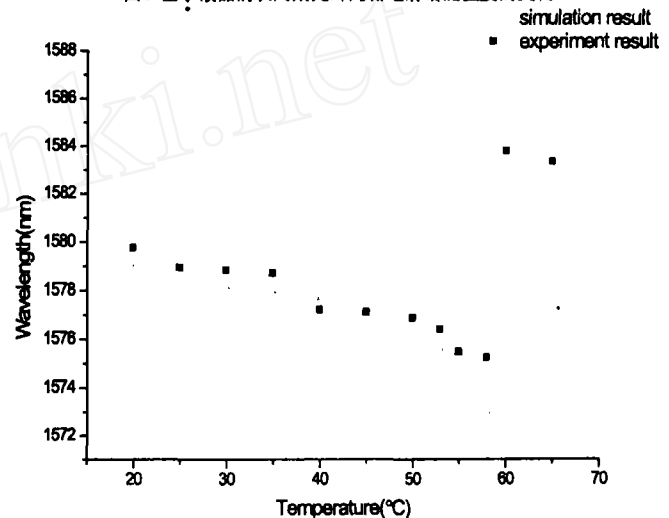


图5 基于液晶的长周期光纤光栅谐振峰随温度的变化

从图4我们可以看出, 在涂上液晶涂层之前, 长周期光纤光栅的谐振峰波长为1577.7nm。涂上液晶涂层之后, 谐振峰波长变为1579.7nm。随着外界的温度由20℃变化到55℃, 谐振峰波长由1579.7nm变化到1575.0nm。特别值得注意的是, 当温度由58℃变化到60℃时, 谐振峰波长跳至1583.753nm, 变化了8nm。根据我们测得的不同温度下液晶折射率的值, 我们同时作了谐振峰波长漂移的理论分析。分析结果表明, 随着温度的变化, 谐振峰波长先由1579.0nm变化到1573.1nm, 然后跳变至1586.7536nm。将仿真结果和实验结果相比较, 我们可以看出实验结果与仿真结果基本一致。

3. 结论

本文利用耦合模理论对长周期光纤光栅的包层模进行了分析, 并利用实验与计算机仿真, 得到了长周期光纤光栅透射谱谐振峰与温度变化的关系图。测量结果表明, 具有高折率纳米厚度涂覆层的长周期光纤光栅对温度变化的灵敏度较高。随着温度的升高, 长周期光纤光栅的谐振峰波长一开始向波长减小的方向漂移, 而在58℃到60℃之间, 发生一个有趣的反向跳变, 即谐振峰

波长向波长增大的方向漂移。

参考文献

- [1] Patrick H J, Kersey A D Chemical sensors based on long-period fibre grating response to index of refraction Conf. on Lasers and Electro-Optics (Baltimore, MD) CThQ5, pp 420-1
- [2] A. Cusano, A. Iadicicco, P. Pilla, L. Contessa, S. Campopiano, and A. Cutolo, "Mode transition in high refractive index coated long period gratings," Opt. Exp. 14, 19-34 (2005)
- [3] M. Monerie, "Propagation in doubly clad single-mode fibers," IEEE J. of Quantum Electro. 18, (1982)
- [4] K. Schmid and A. Penzkofer, Appl. Opt. 22, 1824 s1983d.
- [5] Y. Lu and A. Penzkofer, Appl. Opt. 25, 221 s1986d.

基金项目:

本文工作得到国家863项目(ID:2006AA01z242, 2007AA01Z275), 国家自然科学基金(ID90704002), 以及教育部新世纪人才计划, 上海市曙光人才计划项目资助。

基于蚁群优化算法的网格OBS任务调度研究

杨亚红 吴龟灵 陈建平 李新碗 戴维
(上海交通大学区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室)

摘要: 本文采用蚁群优化算法(ACO)设计了基于光突发交换(OBS)网络的网格任务调度。该算法既考虑了网格用户的需求, 同时结合了网格中计算资源和网络资源的分配。设计了基于ACO算法的两种通路选择规则, 并在一个集中式的网格OBS仿真平台上对这两种选路规则的性能进行了对比分析。

关键词: 网格; 光突发交换; 任务调度; 蚁群优化算法

ACO-based Task Scheduling in Grid over Optical Burst Switching Networks

Yahong Yang Guiling Wu Jianping Chen
Xinwan Li Wei Dai

The State Key Laboratory on Advanced Optical Communication Systems and Networks, Shanghai Jiao Tong University

Abstract: This paper adopts ant colony optimization(ACO) to design the grid Optical Burst Switching(OBS) task scheduling. This algorithm does not only consider the requirement of grid users, but also combines the allocation of computational resource and network resource. Two ACO-based path selection rules are designed and their performance is evaluated on a centralized grid OBS simulation platform.

Key Words: Grid, Optical Burst Switching, Task Scheduling, Ant Colony Optimization

0. 引言

近年来, 许多客户应用难以在本地得到足够的资源服务。例如粒子物理[1], 全球性合作产生大量的实验数据。这就需要有一个先进的网络架构, 通过利用全球分布的计算资源对每年10¹⁵数量级的数据进行处理和分析。另一个例子是高性能计算和可视化[1], 在该系统中, 远程可视化需要10¹⁵数量级的数据, 显然这些流量需要高带宽链接(1Gbit/s)。并且, 如果使用组播软件, 该带宽需求还将随着远程收看者数目的增加而增加。网格正是在这样的背景下被提出来以实现远程资源共享的。基于光纤和密集波分复用(DWDM)的底层架构能保证全球性的大范围访问和充分利用低廉的带宽资源, 是实现全球网格网络的最佳解决方案之一。然而仅仅提供超大容量的带宽是不够的, 还需要灵活、大容量的交换技术。光突发交换(OBS)由于其灵活性、光电控制分离、低响应时间, 是一种很有发展前途的网格底层架构解决方案, 引起了