

光纤光栅温度传感与测量

[实验目的]

1. 了解光纤传感器的工作原理及相关特性;
2. 掌握光纤光栅位移传感的测量方法;

[实验原理]

当紫外光照射光纤时, 光纤的折射率将发生永久性的变化, 该作用称为光纤的光敏性。光纤光栅是利用光纤材料的光敏性, 通过紫外光曝光的方法使折射率沿光纤光栅长度方向形成周期性的永久变化(如图 1、图 2 所示)。其作用实质上是在纤芯内形成一个窄带的滤光器或反射镜, 当一束宽光谱光经过光纤光栅时, 满足光纤光栅布拉格条件的波长将产生反射, 其余的波长透过光纤光栅继续传输。

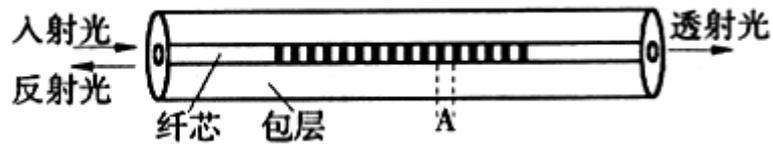


图 1 光纤光栅的剖面结构图

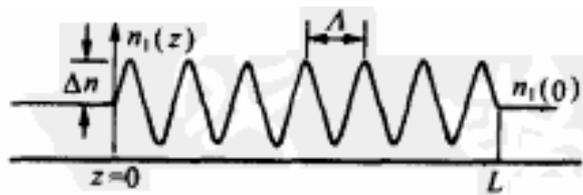


图 2 光纤光栅的芯层折射率分布图

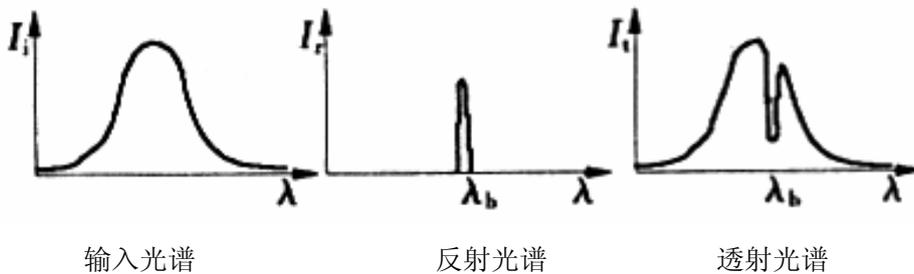


图 3 光纤光栅的输入光谱、透射光谱和反射光谱

光纤光栅反射谱如图 3 所示。光纤光栅中最重要的特性指标是其 Bragg 反射波长 λ_B ，可以表示为： $\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda$ 。其中， n_{eff} 是光纤光栅的有效折射率， Λ 为

光栅周期。从图 3 我们可以清楚的看到光纤光栅对于光反射的情况。只有波长满足布拉格条件的光波长可以被反射，其它的都可以透过。

随着紫外写入光纤光栅制作技术的日益完善, 光纤光栅在光纤传感领域的应用得到了迅速发展。光纤光栅 Bragg 波长受应力和温度特性的影响, 对光纤光栅 Bragg 波长的偏移进行测量, 即可测知其所受到的应力和温度, 这是光纤光栅用于光纤传感的主要工作原理。

光纤光栅在传感技术方面可以对多种物理量进行传感和检测, 光纤光栅已实现温度、应力、应变、加速度、水声等参量的传感与测量。光纤光栅型传感器除了光纤传感器的基本优点之外, 还具有分辨率高、重复性好、稳定性高、测量动态范围大, 可以进行绝对测量, 不必考虑光源强度的随机起伏波动, 对光路的损耗不敏感, 能满足多参量、复用式、阵列式、分布式传感的要求。

当光纤光栅的温度升高时, 由于光纤材料的热光效应, 其有效折射率会增加; 而且由于热胀冷缩效应, 光栅周期也会增长, 从而使 λ_B 向长波长方向移动, 波长偏移量 $\Delta\lambda_T$ 为

$$\Delta\lambda_T = [(\alpha + e)\Delta T]\lambda_B \quad (1)$$

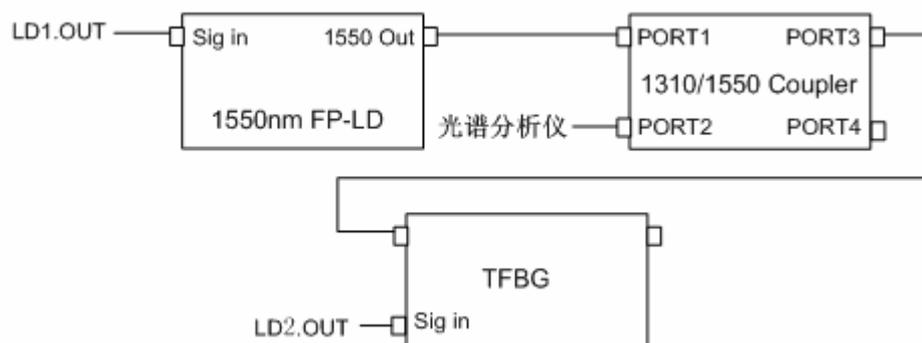
其中 α 为光纤材料的热胀系数; ΔT 为温度变化量; e 为热光系数。本实验测量用光纤光栅作温度传感时的定标曲线。

当光纤光栅发生应变时, 一方面由于光纤沿轴向和径向的伸缩, 导致光栅周期改变; 另一方面光纤的轴向和径向的伸缩还会产生光弹效应, 它会使光纤的有效折射率发生改变, 从而使 Bragg 波长 λ_B 产生偏移, 其波长偏移量 $\Delta\lambda_S$ 为

$$\Delta\lambda_S = (1 - p_e)\varepsilon\lambda_B \quad (2)$$

其中 p_e 为光弹性常数, ε 为光纤光栅的应变变量。

[实验装置]



[实验内容]

1. 实验装置连接

按图示光路连接实验装置，将实验仪主机背板通讯接口用串行通讯电缆连接至计算机主机 COM1 口，打开实验仪主机电源后再运行计算机上的测试软件。

2. 光纤光栅反射光谱测量

- a. 将 1550nm 半导体激光器光输出连接至 1310/1550 Coupler 输入端 PORT1，将 1310/1550 Coupler 输出端 PORT3 连接至光纤光栅温度传感器 PORT1。将 1310/1550 Coupler 端口 PORT2 连接至 OPM。
- b. 将 1550nm 激光器控制端口连接至 LD1，将光纤光栅温度传感器控制端口连接至 LD2。设置 LD2 温度为 -10°C ，设置 LD1 工作模式(MOD)为恒流模式(ACC)，待 LD2 温度稳定后缓慢调节 LD1 驱动电流(I_c)，使得 OPM 显示最大。LD1 电流不得超过 40mA。
- c. 将 1310/1550 Coupler 端口 PORT2 改接至 C 波段光谱分析器，输出狭缝置 0.1mm。
- d. 将光谱分析器功率探头输出连接至 PD, OPM MOD 置 PD/mW, 量程(OPMRTO)置 100uW 档。
- e. 测量光纤光栅反射光谱，波长范围 1540-1580nm，波长间隔 0.1nm。记录峰值波长。

3. 光纤光栅温度传感器定标

- a. 测量出光纤光栅在 -10°C 、 -5°C 、 0°C 、 5°C 下的反射光谱，记录其峰值位置。
- b. 求光纤光栅温度传感器定标关系式。

[注意事项]

1. 系统上电后禁止将光纤连接器对准人眼，以免灼伤。
2. 光纤连接器陶瓷插芯表面光洁度要求极高，除专用清洁布外禁止用手触摸或接触硬物。空置的光纤连接器端子必须插上护套。
3. 所有光纤均不可过于弯曲，除特殊测试外其曲率半径应大于 30mm。