|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **学生学号** |  | **实验课成绩** |  |

**学 生 实 验 报 告 书**

|  |  |
| --- | --- |
| **实验课程名称** | 光纤传感技术及应用 |
| **开 课 学 院** | 机电工程学院 |
| **指导教师姓名** | 刘繄 |
| **学 生 姓 名** |  |
| **学生专业班级** |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2024 | -- | 2025 | 学年 | 第 | 二 | 学期 |

实验课程名称：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **实验项目名称** |  | | | **实验成绩** |  |
| **实 验 者** |  | **专业班级** |  | **组 别** |  |
| **同 组 者** |  | | | **实验日期** | **年 月 日** |
| 第一部分：实验预习报告（包括实验目的、意义，实验基本原理与方法，主要仪器设备及耗材，实验方案等） | | | | | |
| 第二部分：实验过程记录（可加页）（包括实验原始数据记录，实验现象记录，实验过程发现的问题等）   1. 实验准备： 2. 检查实验装置是否完好： 在实验开始前，首先检查了所有实验设备是否完好，确保光纤光栅传感器、温控箱、解调仪以及电脑系统工作正常。特别注意检查光纤端口防尘盖是否紧闭，以避免任何灰尘进入光纤端口。 3. 启动解调软件并建立连接：   打开电脑上的解调软件，并与解调仪信息传输设备进行通信。此时，屏幕上已经能够看到光纤光栅反射波长的实时数据，确保设备运行正常。   1. 记录波长信息：   在不同的温度条件下，记录了光纤光栅反射波长的变化。   1. 标定实验：   在实验过程中，根据实验要求，控制温控箱温度，记录实验数据从30~70℃，每5℃为步长，并记录波长数据，本次实验数据记录接口为2的波长数,据，分别记录了三次。  实验记录表   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 温度/℃ | 中心波长/pm | | | | | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均值 | | 30 | 1554074 | 1554039 | 1554081 | 1554065 | | 35 | 1554109 | 1554079 | 1554091 | 1554093 | | 40 | 1554165 | 1554128 | 1554145 | 1554146 | | 45 | 1554205 | 1554189 | 1554197 | 1554197 | | 50 | 1554268 | 1554246 | 1554252 | 1554255 | | 55 | 1554331 | 1554296 | 1554323 | 1554317 | | 60 | 1554376 | 1554340 | 1554331 | 1554349 | | 65 | 1554430 | 1554405 | 1554425 | 1554420 | | 70 | 1554463 | 1554455 | 1554443 | 1554454 |   数据处理表   |  |  | | --- | --- | | 温度差/℃ | 中心波长差/pm | | 5 | 28 | | 5 | 53 | | 5 | 51 | | 5 | 58 | | 5 | 62 | | 5 | 32 | | 5 | 71 | | 5 | 34 |   根据以上数据，并结合光栅中心波长的变化量的表达式：    当温度为30℃时，平均波长为1554065pm，结合实验数据，接下来，计算相邻温度点之间的中心波长差：  中心波长差=当前温度的平均波长−前一个温度的平均波长  例如，温度为35℃时的中心波长差为：  依此类推，计算其他温度点的中心波长差。  再结合光栅中心波长的变化量：：  在本实验中，温度差为恒定的5℃，因此灵敏度的计算如下：  因此，光纤光栅温度传感器的灵敏度为 9.725 pm/℃。   1. 实验结果分析：     通过对实验数据进行线性拟合，得到了以下结果：   * 线性拟合的斜率为10.21 pm/℃，表示温度每增加1°C，光纤光栅的中心波长将变化10.21 pm。 * 线性拟合的截距为1.5537 × 106 pm，表示在温度为0°C时的中心波长（理论值）。   从拟合结果看，数据的线性关系较为理想，可以表明温度与波长之间存在良好的线性依赖。 | | | | | |
| 第三部分 结果与讨论（可加页）  一、实验结果分析（包括数据处理、实验现象分析、影响因素讨论、综合分析和结论等）  二、小结、建议及体会  三、思考题   1. 实验结果分析（包括数据处理、实验现象分析、影响因素讨论、综合分析和结论等）   1.1 数据处理  根据实验数据，首先计算了每个温度点的中心波长的平均值。然后，通过计算相邻温度点之间的波长差，得到温度差与波长差的关系。最后，通过线性拟合，得到了光纤光栅温度传感器的灵敏度。   * 灵敏度计算: 通过对温度差与波长差进行计算，我们得到了传感器的灵敏度为 9.725 pm/℃，表示温度每增加1°C，光纤光栅的中心波长变化为9.725 pm。 * 线性拟合: 通过线性拟合，我们得到了温度与波长变化之间的线性关系。拟合的斜率为 10.21 pm/℃，截距为 1.5537 × 10^6 pm，这表明温度变化与波长变化之间存在非常强的线性关系。   1.2 实验现象分析  从实验过程中观察到的现象来看，随着温度的逐渐升高，光纤光栅的中心波长表现出稳定的线性变化。这表明光纤光栅传感器在温度变化下表现出良好的响应特性。实验中的温度逐渐从30℃升高到70℃，每隔5℃记录一次波长数据。在每个温度点的波长变化都相对较为平稳，表明温度变化对光纤光栅反射波长的影响是可预测的，且光纤光栅对温度变化的响应非常敏感。  1.3 影响因素讨论  在实验过程中，可能影响实验结果的因素包括以下几点：   1. 光纤的热光效应：光纤的折射率随温度变化而变化，当温度变化较大时，光纤的热光效应可能会引入非线性误差。尽管实验中观察到较为线性的结果，但在更大范围的温度变化下，这种效应可能会导致非线性现象。 2. 热膨胀效应：光纤光栅的周期性结构也会受到温度的影响，尤其在高温下，光纤材料的热膨胀系数可能导致光纤光栅周期变化的非线性。 3. 实验设备的精度与误差：解调仪器的测量精度、温控设备的控制精度以及温度测量工具的精度都会对实验结果产生影响。为了减少这些误差，实验设备需要进行校准，并确保设备的稳定性和精确性。 4. 环境因素：实验环境的温度波动、湿度以及空气流动等因素也可能影响实验结果，因此应尽量减少这些外界干扰，保持实验环境的稳定。   1.4 综合分析  通过本次实验，光纤光栅温度传感器的性能得到了较为深入的探讨。实验数据表明，光纤光栅传感器对温度变化具有良好的响应能力，且在实验温度范围内（30℃至70℃）表现出了稳定的线性关系，灵敏度达到 9.725 pm/℃。   * 线性度分析：从线性拟合图表和拟合结果来看，温度和中心波长之间的关系呈现较强的线性特征，拟合的斜率为 10.21 pm/℃，说明温度变化对光纤光栅波长的影响具有较好的线性关系。因此，在合理温度范围内，该传感器的线性度较好，适用于温度测量。 * 灵敏度分析：传感器的灵敏度为 9.725 pm/℃，意味着传感器对温度变化的响应是非常敏感的，能够在较小的温度变化下检测到波长的变化。   1.5 结论  本实验验证了光纤光栅温度传感器在温度变化下的良好性能，温度与波长之间的线性关系较为理想，灵敏度达到9.725 pm/℃。尽管实验结果显示较好的线性关系，但在极端温度变化下，仍需考虑光纤的热光效应和热膨胀效应可能引入的非线性误差。  为了提高实验精度和减少误差，应加强设备的校准，并尽量避免实验环境的不稳定因素对数据的影响。进一步的研究可以探索更高温度范围内的传感器性能以及其他因素对其灵敏度的影响，推动光纤光栅温度传感器在实际应用中的广泛应用。  二、小结、建议及体会  小结  本实验成功验证了光纤光栅温度传感器的工作原理，温度与波长之间存在良好的线性关系。实验结果表明，传感器的灵敏度为 9.725 pm/℃，表明其对温度变化非常敏感，适合用于温度测量。  建议   1. 设备精度：进一步提高实验设备的精度，减少测量误差。 2. 温度范围扩展：在更广泛的温度范围内进行测试，以评估传感器的稳定性。 3. 环境控制：实验环境的温度和湿度应保持稳定，以避免外界干扰。   体会  通过本实验，深入理解了光纤光栅的工作原理及其在温度测量中的应用。实践中，光纤光栅传感器表现出较强的响应性和高灵敏度，对实验的每个细节都需特别注意，以确保数据的准确性。  三、思考题  **问题1 实验结果中波长与温度的关系曲线是否理想？若出现非线性误差，可能是由哪些物理因素导致的?如何减小这些因素的影响？**  1.1 波长与温度的关系曲线理想性  从实验结果的线性拟合图和计算结果来看，波长与温度之间的关系是基本线性的，拟合结果也显示了良好的线性关系，且拟合的斜率为10.21 pm/℃。这意味着温度的变化与光纤光栅的波长变化之间存在较强的线性相关性。因此，可以认为实验中波长与温度的关系曲线在实验条件下是理想的。  1.2 可能的非线性误差原因  尽管实验显示出良好的线性关系，但在实际应用中，非线性误差可能仍然会出现。这些非线性误差的物理因素可能包括：  光纤材料的非线性热光效应：光纤的热光系数可能不是一个常数，而是随着温度变化而变化。当温度变化较大时，这种变化可能导致波长变化出现非线性。  光纤光栅周期的非线性膨胀：热膨胀系数也可能是温度的函数，尤其在较高温度下，这可能导致光纤光栅的周期变化呈现非线性。  测量误差：如果实验测量过程中存在系统误差，例如设备精度问题，环境的温度波动等，也可能导致数据的非线性。  1.3 减小非线性误差的方法  为了减小这些非线性误差，可以采取以下措施：  使用高精度的设备：确保解调仪和温度传感器的精度，减少测量误差。  控制温度范围：在实验中应尽量避免过大的温度变化，保持温度范围适中，避免材料热光效应和膨胀效应的非线性表现。  优化实验条件：例如，确保光纤的放置和固定方式没有对光纤引入额外的压力或应变，避免外界因素（如温度波动、湿度等）对实验结果的影响。  **问题2 实验中为什么要擦拭光纤端面？如果缺少该步骤会带来什么影响？**  2.1 擦拭光纤端面的必要性  光纤的端面直接影响到光信号的传输质量。擦拭光纤端面的主要原因是确保端面清洁，去除可能存在的灰尘、污垢或油污。这些污渍可能会导致光信号的散射或反射，影响测量的准确性。  2.2 缺少该步骤的影响  如果没有擦拭光纤端面，可能会带来以下影响：   * 信号损耗：灰尘或污渍会导致光信号在传输过程中散射或反射，降低信号强度，影响反射光谱的准确性。 * 测量误差：如果端面不干净，可能导致光纤光栅的反射波长出现偏移或信号不稳定，从而影响实验结果的精度。 * 设备损坏：污渍可能会进入设备内部，特别是解调仪器，可能导致设备的长期性能衰退。 | | | | | |