

课程编号 1800450037

得分	教师签名	批改日期

深 圳 大 学 实 验 报 告

课程名称： 大学物理实验（二）

实验名称： 干涉法测热膨胀系数

学 院： 电子与信息工程学院

指导教师： 李颖贞

报告人： 蔡岱南 组号： 17

学号 2022280376 实验地点 致原楼 211

实验时间： 2023 年 10 月 30 日

提交时间： 2023 年 11 月 7 日

一、实验目的

- 1、了解迈克尔逊干涉仪的基本原理。
- 2、采用干涉法测量试件的线性热膨胀系数。

二、实验原理

1、平均线性热膨胀系数

线性热膨胀系数：固体物质的温度每改变 1°C 时，单位长度的伸长量。

在实际的测量当中，通常测得的是固体材料在室温 T_1 下的长度 L_1 及其在温度 T_1 至 T_2 之间的伸长量 ΔL_{21} 就可以得到热膨胀系数，这样得到的线性热膨胀系数是平均线性热膨胀系数：

$$\alpha \approx \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)} = \frac{\Delta L_{21}}{L_1(T_2 - T_1)} \quad (1)$$

2、迈克尔逊干涉仪原理

迈克尔逊干涉仪是由美国物理学家 Albert A. Michelson 发明的一种光学干涉仪器。迈克尔逊干涉仪的基本原理就是利用分光镜将一束入射光波分成透射和反射的两束光波，然后利用两个平面镜的反射，使得这两束光波再回到分光镜上，并且使得再次经过分光镜透射和反射的光波相遇。由于相遇的两束光波是由入射光波通过分振幅产生，两者之间存在着一定的相位关系，这种相位关系可以由相遇时形成的干涉光强信息呈现出来。基于这样的原理，迈克尔逊干涉仪被发展成多种实验检测技术和仪器设备。

迈克尔逊干涉仪光路如下图所示：

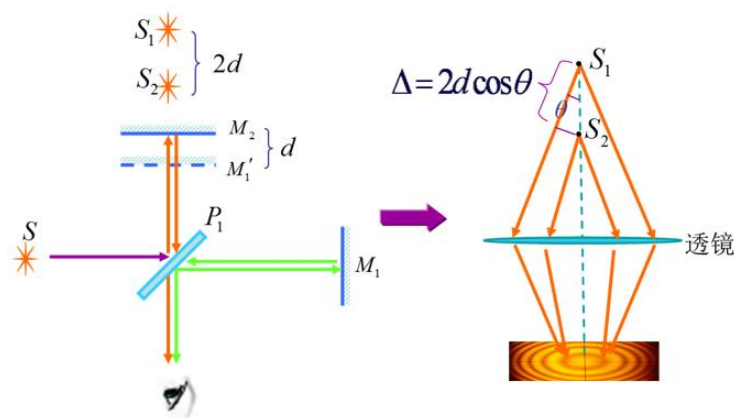


图1 迈克尔逊干涉仪光路

观察图1可发现：

分束镜将入射光分成两束，一束反射至反射镜 M_1 ，另一束透射至反射镜 M_2 ，在观测者看来，等效于在前方有两个光源 S_1 和 S_2 。

S_1 和 S_2 是相干光源，在屏形成干涉条纹。

3、等倾干涉条纹形成

光程和 d 及 θ 有关，在 d 不变时， θ 相同地方形成同一级条纹，所以叫等倾干涉。等倾干涉示意图如下：

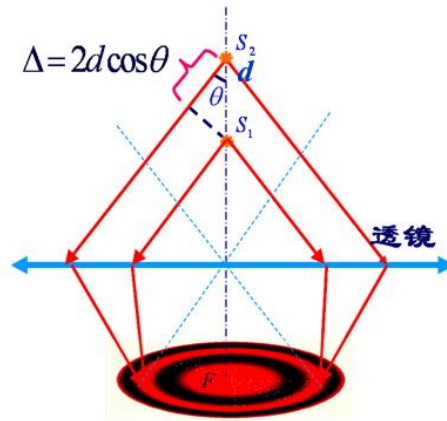


图2 等倾干涉示意图

等倾条纹的特征：

- 1、倾角相同的地方构成内疏外密同心圆环；
- 2、 $K = 2d \cos \theta / \lambda$ ， θ 越小，级数越大；
- 3、在中心附近， $\cos \theta \sim 1$ ， d 每改变 $\lambda/2$ ，条纹就冒出或消失一个；
- 4、若平面镜不严格垂直，干涉将兼有等厚和等倾成分，条纹是弯曲的。

4、干涉法测量线膨胀系数

采用迈克尔逊干涉法测量试件的线膨胀系数如图3所示：

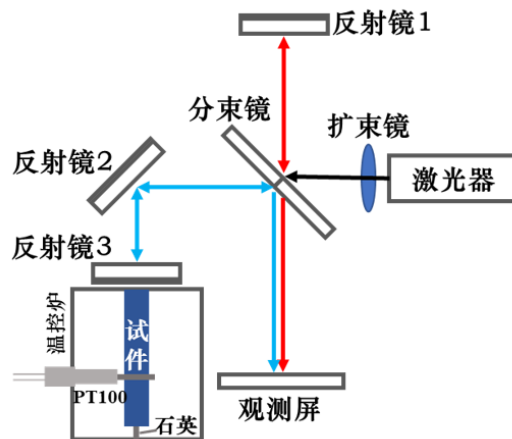


图3 迈克尔逊干涉法测量试件的线膨胀系数

根据迈克尔逊干涉原理可知，长度为 L_1 的待测试件被温控炉加热，当温度从 t_1 上升至 t_2 时，试件因线膨胀推动迈克尔逊干涉仪动镜(反射镜3)的位移量与干涉条纹变化的级数 N 成正比，即：

$$\Delta L = N \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

式中 λ 为激光的光波波长。

将式(2)带入式(1)得：

$$\alpha = \frac{N \frac{\lambda}{2}}{L_1(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

三、实验仪器

实验仪器如图 4 所示。

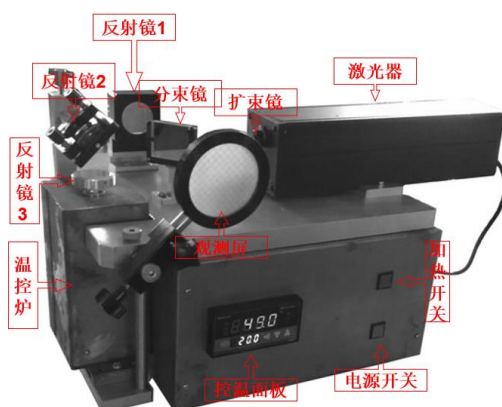


图 4 干涉法测量线膨胀系数实验仪器

四、实验内容与步骤

实验内容：

采用迈克尔逊干涉法测量试件的线性热膨胀系数。

实验步骤：

1、光路调节

(1) 调节反射镜 1、反射镜 2，使从分束镜过来的入射光斑和从反射镜 3 反射的光斑重合（图 b、图 c）；

(2) 将扩束镜放置在激光器出口（图 d），仔细调节，毛玻璃屏上将出现干涉条纹（图 e），通过微调反射镜 1 将干涉环调节到毛玻璃屏中便于观察的位置。

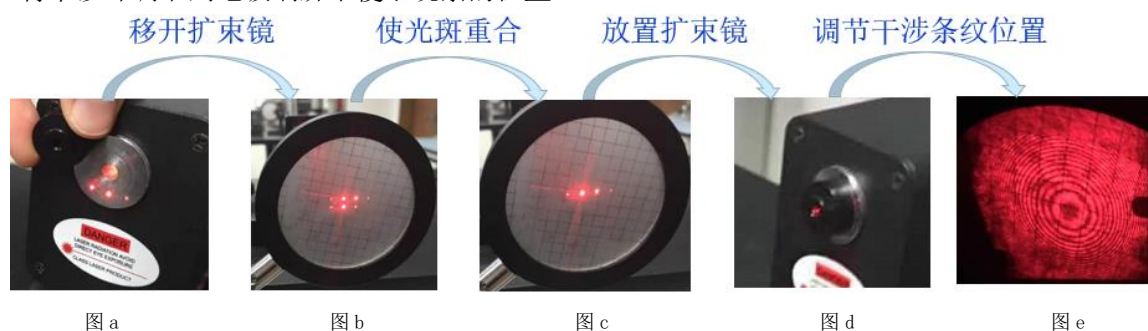


图 5 光路调节过程

2、记录初始温度 T_1 ，每升高 5°C 干涉条纹变化数 N ，在 60°C 以下，测量 4 个 5°C 即可；从而根据测得的数据，计算每个温度区域的试件的线膨胀系数。

五、数据处理

1、数据记录表格：

温度℃变化区间	24-29℃	29-34℃	34-39℃	39-44℃
干涉环变化数 N	51	49	48	45

2、数据处理：

温度℃变化区间	24-29℃	29-34℃	34-39℃	39-44℃
干涉环变化数 N	51	49	48	45
试件伸长量（nm）	16136.4	15503.6	15187.2	14238
线膨胀系数 α （ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）	21.5	20.7	20.3	19.0

已知 He-Ne 激光器波长： $\lambda = 632.8\text{nm}$ ，试件尺寸： $L = 150\text{mm}$ ，
以温度℃变化区间为 30-35℃为例：

$$\text{试件伸长量 } \Delta L = N \frac{\lambda}{2} = 51 \times \frac{632.8}{2} = 16136.4 \text{ nm} \quad (4)$$

$$\text{线膨胀系数 } \alpha = \frac{\Delta L}{L(T_2 - T_1)} = \frac{16136.4 \times 10^{-3}(\mu\text{m})}{150 \times 10^3(\mu\text{m}) \times 5} = 21.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

3、以温度为横坐标，线性热膨胀系数为纵坐标画折线图，观察线性热膨胀系数随温度升高的变化趋势。

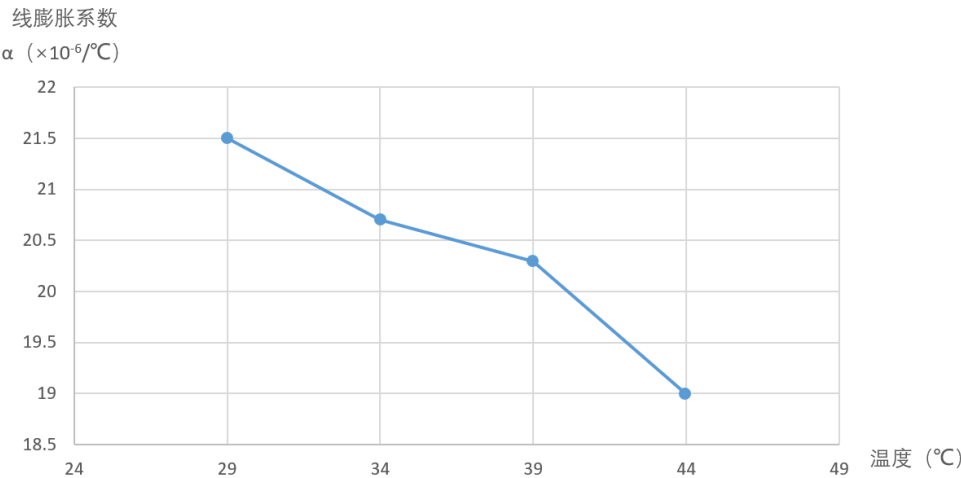


图 6 线性热膨胀系数随温度升高的变化趋势

日期：2023 年 10 月 31 日

由图 5 可以看出：随着温度升高，试件的线性热膨胀系数逐渐降低。

六、结果陈述

1、通过实验测量计算，各温度区间的热膨胀系数为：

温度区间	24-29℃	29-34℃	34-39℃	39-44℃
线膨胀系数 α （ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）	21.5	20.7	20.3	19.0

2、通过绘制并观察线性热膨胀系数-温度折线图可得：

随着温度升高，试件的线性热膨胀系数逐渐降低。

3、误差分析：

- (1) 温度的影响。每一种材料都有它的温度膨胀系数，温度越高对它的影响越大，产生的误差同样也大。
- (2) 金属棒本身重量对金属产生拉伸作用。对金属线膨胀系数会产生的误差。
- (3) 实验仪器不够精密带来的误差。如：由于铜棒本身制造的不均匀，导致中下部温度高，上部温度偏低，使测量结果有所不同。
- (4) 如果在实验过程中，学生不小心触碰桌子和仪器引发震动，都可能会导致干涉环变化数目的漏读，进而引起误差。
- (5) 实验过程中环境灯光不稳定，进而导致成像不稳定，可能会影响干涉环变化数目的读取。

七、思考题

1、实验过程中，接收屏上干涉条纹的中心位置不断在改变，请分析原因并找出处理方法。

答：分析原因：

当被测物体受热时，其长度发生变化，导致干涉仪光路中的光程差发生变化。干涉条纹的中心位置是由光程差引起的相位差决定的，因此当光程差发生变化时，干涉条纹的中心位置也会随之改变。

处理方法：

实验开始前调节俯仰螺丝，尽量让中央明纹出现在接收屏中心。

2、根据实验结果，不同温度下样品的热膨胀系数是否相同？试分析原因。

答：根据实验结果，不同温度下样品的热膨胀系数不相同。由于杂质含量不同、化学成分不同（指合金）、内部的晶粒大小不同以及测量误差的存在，最终的结果不同。

指导教师批阅意见

成绩评定

预习 (20 分)	操作及记录 (40 分)	数据处理与结果陈述 (30 分)	思考题 (10 分)	报告整体 印象	总分