

劈尖干涉应用于金属线胀系数测定探究*

陈 华

(兴义民族师范学院物理与工程技术学院 贵州 黔西南 562400)

(收稿日期:2020-08-24)

摘 要:金属线胀系数是表征金属物质膨胀特性的重要参数,改变传统的测量方法,将劈尖干涉应用于金属棒的线胀系数测量,达到了预期的测量效果.

关键词:金属线胀系数 劈尖干涉 探究

金属线胀系数测定是大学物理实验中比较重要的实验项目之一,无论使用光杠杆法还是千分表法测量金属棒受热微小伸长量都会引入比较大的测量误差,尤其是光杠杆法调节过程还很繁琐.将劈尖干涉应用到金属线胀系数测定实验中,可以在很大程度上减小测量误差,提高测量准确度.

1 测量原理

金属棒的长度一般随着温度的升高而增加,称为线膨胀,在一定温度范围内,原长为 l 的金属棒受热后,其伸长量 Δl 与原长 l 及温度的增加 Δt 近似成正比,即

$$\Delta l \approx \alpha l \Delta t$$

其中 α 称为该种金属的线胀系数,定义式为

$$\alpha_t = \frac{1}{l} \frac{dl}{dt}$$

若物体在温度 t_1 ($^{\circ}\text{C}$)时的长度为 l ,温度升高到 t_2 时,其长度增加了 Δl ,可求得线胀系数为^[1]

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

传统实验中 Δl 的测量常常采用光杠杆法或千分表法,现改为使用劈尖干涉法测量.测量原理如图1所示.

若任何两条相邻的暗条纹(或明条纹)所对应的空气膜厚度差为^[2]

$$\Delta e = \frac{\lambda}{2} = D \sin \theta$$

所以

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{2D}$$

则

$$h = L \sin \theta = L \frac{\lambda}{2D} \quad (2)$$

式(2)中 L 为两平面玻璃的支线(空气劈尖棱边)到金属棒的距离, D 为两相邻的暗条纹(或明条纹)之间的距离, λ 为入射光波长, h 为 θ 角对应的金属棒长度.

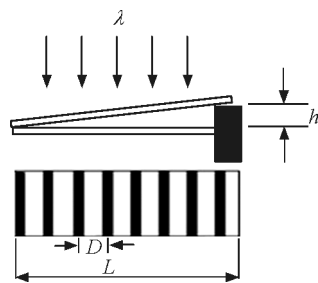


图1 测量原理简图

当金属棒受热后, D 会减小,条纹变密,由此可计算出金属棒受热后的伸长量 Δl ,即式(1)中的 Δl ,进而计算出金属线胀系数.

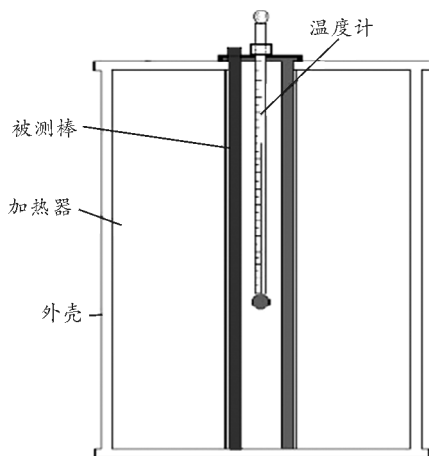
2 测量装置

测量装置包括金属棒加热装置、温度计、钠光灯、移测显微镜、空气劈尖.测量装置简图如图2所示.空气劈尖由两块薄玻璃片A和B构成,金属棒末端与玻璃片A紧密接触,当加热装置使金属棒温度升高时,金属棒的长度将会增加,空气劈尖的厚度也随之增加,劈尖干涉条纹间距发生变化.利用移测显

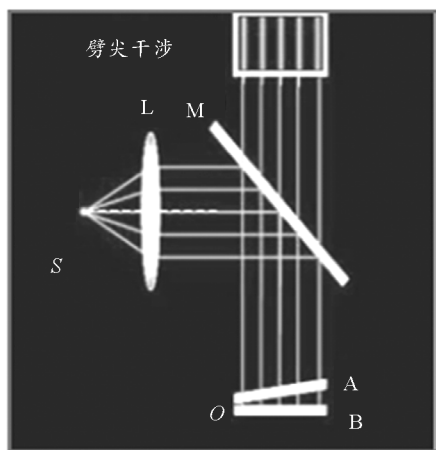
* 贵州省高等学校教学内容和课程体系改革培育项目“地方院校实验教学质量监控体系研究与实践——以兴义民族师范学院二级学院为例”.

作者简介:陈华(1979-),女,本科,高级实验师,主要从事电子技术、实验教学与研究.

显微镜测量不同温度时的干涉条纹间距就能测量出金属棒的微小伸长量,进而测量出金属线胀系数.



(a)



(b)

图2 测量装置简图

3 测量数据收集与整理

测量数据记录如表1所示.

表1 不同温度时暗条纹间距测量数据

温度 $t/^\circ\text{C}$	x_1/cm	x_2/cm	$\Delta x/\text{cm}$	D/cm	L/cm
25.0	27.782	28.772	0.990	0.099 0	10.00
45.0	27.814	28.123	0.309	0.030 9	10.00
65.0	29.905	30.087	0.182	0.018 2	10.00
85.0	27.950	28.077	0.127	0.012 7	10.00
105.0	27.415	27.515	0.100	0.010 0	10.00

Δx 为10个暗条纹间距, D 为相邻暗条纹间距, 将测量结果带入式(2)可计算出不同温度时 θ 角对应的金属棒长度 h 值, 如表2所示, 本实验使用光源为钠光灯, 故取 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$.

表2 不同温度时 h 的值

$t/^\circ\text{C}$	25.0	45.0	65.0	85.0	105.0
$h/(\times 10^{-4} \text{ m})$	0.297 6	0.953 6	1.618 9	2.320 1	2.946 5

以 25.0°C 为起始温度, 可计算出温差为 20°C , 40°C , 60°C , 80°C 时金属棒的线性伸长量分别为

$$\Delta L_1 = (0.953 6 - 0.297 6) \times 10^{-4} \text{ m} = 0.656 0 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta L_2 = (1.618 9 - 0.297 6) \times 10^{-4} \text{ m} = 1.321 3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta L_3 = (2.320 1 - 0.297 6) \times 10^{-4} \text{ m} = 2.022 5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta L_4 = (2.946 5 - 0.297 6) \times 10^{-4} \text{ m} = 2.648 9 \times 10^{-4} \text{ m}$$

将 ΔL 代入式(1)即可计算出金属线胀系数.

表3 金属线胀系数测量结果

温度间隔 / $^\circ\text{C}$	20	40	60	80
$\alpha/(\times 10^{-6} \text{ K}^{-1})$	11.59	11.67	11.91	11.70

注: 使用金属棒长度 l 为 28.30 cm .

分析测量相对误差. 测试所用金属为铁棒, 金属线胀系数参考值为 $11.80 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [1]. 由相对误差计算公式可求出温度间隔为 20°C 时测量结果相对误差 δ .

$$\delta_1 = \frac{|11.59 - 11.80|}{11.80} \times 100\% = 1.78\%$$

同理可计算出温度间隔为 40°C , 60°C , 80°C 时测量相对误差 $\delta_2 = 1.10\%$, $\delta_3 = 0.39\%$, $\delta_4 = 0.85\%$.

δ 最大仅为 1.78% , 由此可见劈尖干涉应用于金属线胀系数测定是可行的.

4 结束语

劈尖干涉应用于金属线胀系数测定是将光学理论与热学理论进行综合实现, 具有测量装置简单、测量方法综合性强、测量准确度较高等特点. 对激发学生思维和提高学生综合实验能力有积极作用, 在大学物理实验课程教学中有一定推广价值.

参考文献

- 杨述武. 普通物理实验1力及热学部分(第4版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009
- 程守洙, 江之永. 普通物理学(第6版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006