

利用等厚干涉测量微小厚度

一、实验目的

1. 理解等厚干涉的基本原理，掌握劈尖干涉的形成条件和干涉条纹的特点。
2. 学会使用读数显微镜、劈尖装置等仪器，掌握其调节和使用方法。
3. 利用劈尖干涉现象测量微小厚度（如薄片厚度、细丝直径），学习用逐差法处理实验数据，减小系统误差，提高数据处理的准确性。

二、实验仪器

读数显微镜、劈尖装置（由两块平面玻璃组成）、钠光灯（波长 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$ ）、待测物体、擦镜纸等。

三、实验原理

1 等厚干涉基本概念

将两块光学平面玻璃叠放，一端紧密接触（棱边），另一端插入待测样品，两玻璃间形成劈尖。当一束平行单色光垂直照射空气劈尖，光线会在劈尖的上、下两个表面发生反射，两束反射光在劈尖的上方相遇并产生干涉现象。由于劈尖上厚度相同的地方，两束反射光的光程差相同，因此会形成一系列平行于劈尖棱边的等间距干涉条纹，这种干涉称为等厚干涉。

2 劈尖干涉的光程差与条纹特点

假设劈尖由折射率为 n 的透明介质制成，劈尖夹角为 θ ，入射光为单色光，波长为 λ 。当光线垂直入射（入射角 $i=0$ ）时，劈尖的上表面反射光和下表面反射光的光程差 Δ 满足：

$$\Delta = 2nd + \lambda/2$$

式中： d 为劈尖某点的薄膜厚度； $\lambda/2$ 为半波损失。

干涉条纹的明暗条件：

明纹： $\Delta = k\lambda$ ($k=0,1,2,\dots$)

暗纹： $\Delta = (2k+1)\lambda/2$ ($k=0,1,2,\dots$)

由于背景光等因素干扰，分辨暗条纹中心较容易，使叉丝对准暗环宽度的几何中分点误差最小，所以一般选暗环测量对象。代入光程差公式得 $2nd=k\lambda$ ，即 $d=k\lambda/2n$ 。若劈尖为空气劈尖（ $n_{\text{空气}} = 1$ ），则 $d=k\lambda/2$

设相邻暗纹间距为 Δx ，劈尖角为 θ （极小， $\tan\theta \approx \theta$ ），则 $\tan\theta = \lambda/(2\Delta x)$ 。

若待测物体到棱边距离为 L ，待测物体厚度为 D ，由几何关系得 $\tan\theta = D/L$ ，联立得测量公式： $D = (L\cdot\lambda)/(2\Delta x)$ 。实际测量中，通过测量从“第 k 条”暗纹到“第 $k+m$ 条”暗纹的总间距 l ，得 $\Delta x = l/m$ ，代入公式计算 D 。

四、实验步骤

1. 熟悉并正确使用读数显微镜，相关内容参考教材 7.2.4.1 部分。
2. 将劈尖装置放置在读数显微镜的载物台上，待测物体夹在劈尖两块玻璃的一端，确保劈尖棱边清晰、无歪斜，物体与玻璃接触紧密，无气泡。
3. 打开钠光灯，待光源稳定后，调节光源使光线垂直照射劈尖，通过 45° 半反半透镜反射至劈尖表面。
4. 从侧面观察物镜，缓慢下降镜筒至接近劈尖（避免碰撞），再通过目镜缓慢上升镜筒，直至观察到明暗清晰、间距均匀的平行干涉暗纹；调节劈尖位置，使条纹与目镜十字叉丝纵线平行。
5. 条纹间距测量：转动鼓轮，使叉丝对准第 k 条暗纹中心，记录读数 x_k ；继续同方向旋转，依次对准第 $k+10$ 、 $k+20$ 、 $k+30$ 、 $k+40$ 、 $k+50$ 条暗纹，分别记录读数 x_{k+10} 至 x_{k+50} ，共 6 组数据。
5. 劈尖长度测量：转动读数显微镜鼓轮，使十字叉丝竖丝对准劈尖的棱边,将叉丝移至棱边（条纹最密集、厚度为 0 的位置,第 0 级暗纹），记录读数 $x_{(0)}$ ；同方向使十字叉丝竖丝对准待测物体的边缘（条纹畸变处），记录读数 $x_{(l)}$ ，计算 $L=|x_{(l)}-x_{(0)}|$,重复测量 3 次，取平均值。
6. 实验结束：待老师检查数据后，关闭钠光灯，整理仪器。

五、数据记录与处理

1. 列表记录数据

表 1 条纹位置读数记录表（单位：mm）

测量次数	x_k (k 级)	x_{k+10}	x_{k+10}	x_{k+10}	x_{k+10}	x_{k+10}
1						

2						
3						

表 2 劈尖长度 L 测量记录表（单位：mm）

测量次数	$x_{(l)}$	$x_{(t)}$	$L= x_{(t)}-x_{(l)} $	平均值
1				
2				
3				

2. 用逐差法处理数据。

六、注意事项

1. 劈尖装置的两块玻璃应清洁无污渍、无划痕，避免影响干涉条纹的清晰度；待测物体应夹在劈尖一端的中间位置，确保劈尖夹角均匀，条纹间距一致。
2. 调节读数显微镜时，应由下向上，避免镜头与劈尖玻璃碰撞，损坏仪器；读数时，鼓轮应单向转动，避免空程差。
3. 观察干涉条纹时，应使十字叉丝竖丝对准条纹中心，确保读数准确；测量条纹间距时，应选取清晰、间距均匀的区域进行测量，避免选取边缘模糊的条纹。
4. 钠光灯点燃后，需预热 3-5 分钟待光源稳定后再进行实验，实验过程中避免触碰光源，关闭后需冷却片刻再整理。
5. 实验过程中保持实验台稳定，避免振动导致条纹偏移，影响测量精度；数据记录应及时、准确，读数保留到仪器精度的下一位。

七、预习思考题

1. 读数显微镜的回程误差是如何产生的？如何避免或减小回程误差？
2. 为什么劈尖干涉的条纹是平行于棱边的等间距条纹？如果劈尖夹角增大，条纹间距会如何变化？

八、分析讨论题

1. 实验中为什么选择暗纹进行测量？明纹和暗纹测量的精度有区别吗？
2. 如果劈尖之间不是空气，而是折射率为 n 的透明液体，测量公式会发生什么变化？如何计算待测厚度？

3. 若实验中干涉条纹模糊不清，可能的原因有哪些？如何解决？