

# 迈克尔逊干涉仪实验报告

周四晚第 6 组

甘城屹

## 实验现象描述与简要解释

### 一. 迈克尔逊干涉仪的调节步骤

1. 将固定镜 $M_2$ 的两个微动螺丝放到中间的合适位置，将 $M_1$ 与 $M_2$ 后的小螺钉拧到合适位置，使得有调节的余地。
2. 将激光调水平。放入小孔光阑 P，前后移动之。当 P 距离光源远时，调整激光器俯仰，当 P 距离光源近时，调整激光器高低，直至激光恰好穿过小孔光阑。
3. 自准直法调平面镜。在小孔光阑 P 背面可观察到两组平行的光点，拧动 $M_1$ 与 $M_2$ 后的小螺钉，移动这两组光点，使得两组中最亮的两个光点恰好通过小孔，此时 $M_2$ 的像 $M_2'$ 与 $M_1$ 平行。

### 二. 非定域干涉圆条纹和椭圆条纹的调节步骤，圆条纹的变化规律及解释

1. 在光阑 P 与分光镜之间加入一个小透镜 L，使光束汇聚成一个点光源。调节 L 的高低及位置，使得其在 P 上反射的两个光斑大致在小孔处重合，此时元件共轴。
2. 竖起光屏（与 $M_1$ 大致平行），即可接收到非定域圆条纹。
3. 转动光屏，使之与 $M_1$ 有一个倾角，此时即可观察到非定域椭圆条纹。
4. 圆条纹的变化及解释：

(1).变化：在观察到圆条纹时发现条纹内部粗疏，外部细密。向某一方向转动粗调转轮，观察到条纹中心“吐出”圆条纹，同时条纹变密；向另一个方向转动粗调转轮，观察到条纹中心“吞进”圆条纹，同时条纹变疏。

(2).解释：

a.条纹形状：如图，P 点对应光程差为 $\Delta = S_2'P - S_1P \approx 2d\cos\theta$ 。

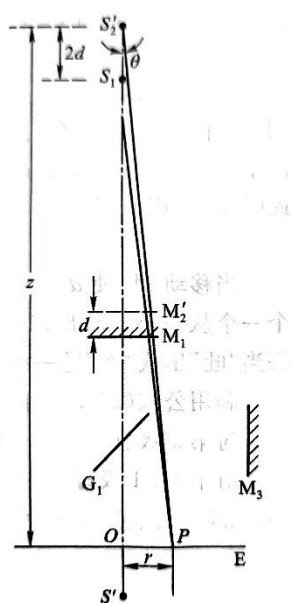
当 $r \ll z$ 时， $\cos\theta \approx 1 - \frac{1}{2}\theta^2$ ， $\theta \approx \frac{r}{z}$ ，则有： $\Delta = 2d\left(1 - \frac{r^2}{z^2}\right)$

令 $\Delta = k\lambda$ ，则 $2d\left(1 - \frac{r^2}{z^2}\right) = k\lambda$ ，此即亮纹条件，轨迹为圆。

b.条纹间距： $2d\left(1 - \frac{r_k^2}{z^2}\right) = k\lambda$ ， $2d\left(1 - \frac{r_{k-1}^2}{z^2}\right) = (k-1)\lambda$ ，

条纹间距为 $\Delta r = r_{k-1} - r_k \approx \frac{\lambda z^2}{2r_k d}$ ，级数越高，半径越小，间距越大，则条纹内部粗疏，外部细密。

c.吞吐现象：分析 $2d\left(1 - \frac{r_k^2}{z^2}\right) = k\lambda$ ，移动 $M_1$ ，当 d 增大时，级次不变时，半



径  $r$  增大，观察到，中心“吐出”条纹；反之  $d$  减小时，中心“吞进”条纹。

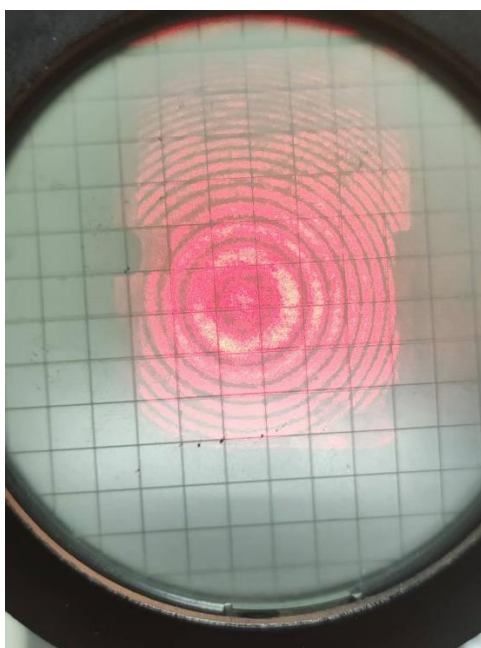


图 1 非定域圆条纹

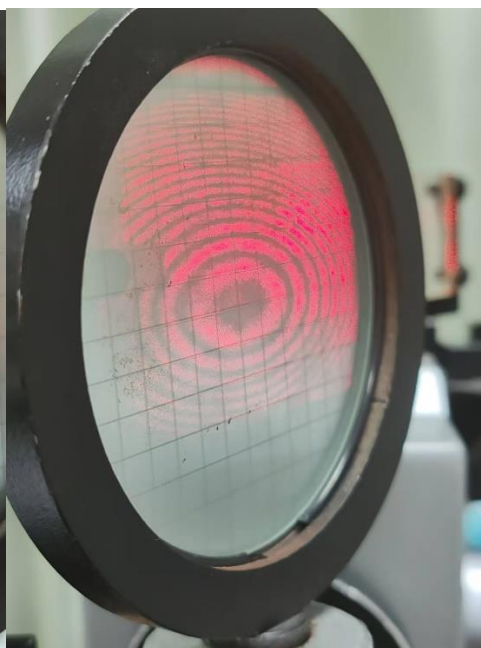


图 2 非定域椭圆条纹

### 三．非定域直条纹和双曲条纹的调节方法

在观察到非定域圆条纹的基础上，转动  $M_2$  的微动螺丝，使得  $M_2$  的像  $M_2'$  与  $M_1$  有一个倾角，再转动粗调转轮，使  $M_1$  向减小  $d$  的方向，观察到条纹由弯变直再变弯，弯曲条纹即双曲条纹，中间状态为直条纹。当虚光源  $S_2'$  与  $S_1$  连线和光屏平行时，观察到直条纹。

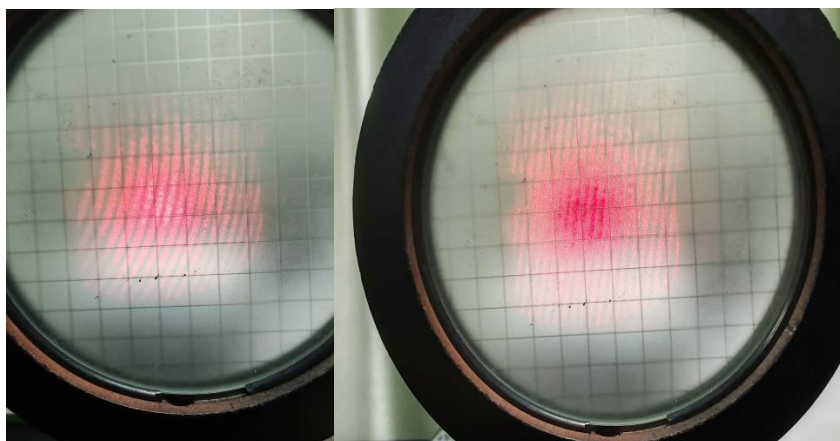


图 3 双曲条纹

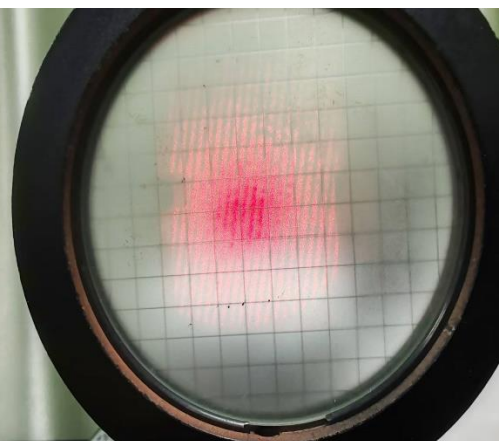


图 4 直条纹

### 四．定域干涉等倾条纹的调节方法，等倾条纹的变化规律及解释

1. 调回观察到非定域圆条纹的状态，调节  $d$  使得条纹粗而疏。
2. 此时在透镜与分光镜之间加入毛玻璃片，使得点光源变为扩展光源，此时取下光屏，用眼睛代替作为接收器进行观察，观察到圆条纹。移动眼睛，发现条纹中心有“吞吐”现象，说明并非标准的定域干涉， $M_2$  的像  $M_2'$  与  $M_1$  并没有严格平行。

- 左右移动眼睛，条纹中心有“吞吐”现象，则调节左右方向上的微动螺丝使得“吞吐”现象消失；上下移动眼睛，条纹中心有“吞吐”现象，则调节上下方向上的微动螺丝使得“吞吐”现象消失，只是圆心位置随眼睛位置变化而变化，此时观察到的圆条纹为定域干涉等倾条纹，且内部粗疏，外部细密。
- 转动粗调转轮，改变  $d$ ，发现条纹中心有“吞吐”现象。

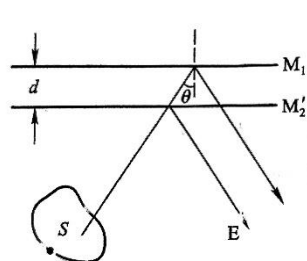


图 22-4 等倾干涉原理

$$\text{光程差 } \Delta = 2d \cos \theta$$

观察到一组同心圆，每一个圆对应一个特定的倾角  $\theta$

中心处， $\theta=0$ ，则  $\Delta = 2d = k\lambda$ 。

$d$  增大时，干涉级次变大，观察到“吐”现象； $d$  减小时，干涉级次变小，观察到“吞”现象。

下面讨论条纹间距：

$$2d \cos \theta_k = k\lambda$$

$$2d \cos \theta_{k+1} = (k+1)\lambda$$

$$\text{结合 } \cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

$$\text{则有 } \Delta\theta_k = \theta_k - \theta_{k+1} = \frac{\theta_k^2 - \theta_{k+1}^2}{\theta_k + \theta_{k+1}} \approx \frac{(2 - 2\cos\theta_k) - (2 - 2\cos\theta_{k+1})}{2\theta_k} = \frac{\lambda}{2d\theta_k}$$

当  $d$  一定时，越靠中心， $\theta_k$  越小， $\Delta\theta_k$  越大，则条纹中间粗疏外部细密。

## 五. 定域干涉等厚条纹的调节方法，等厚条纹的变化规律及解释

- 在观察到等倾条纹的基础上，左右移动微动螺丝使得  $M_2$  的像  $M_2'$  与  $M_1$  有一个倾角。
- 转动粗调转轮调节  $M_2$  的像  $M_2'$  与  $M_1$  的距离  $d$ ，观察到条纹形状由弯变直再变弯。当条纹形状为直条纹时，观察到的是等厚干涉。
- 此时转动微动螺丝，条纹疏密发生变化。

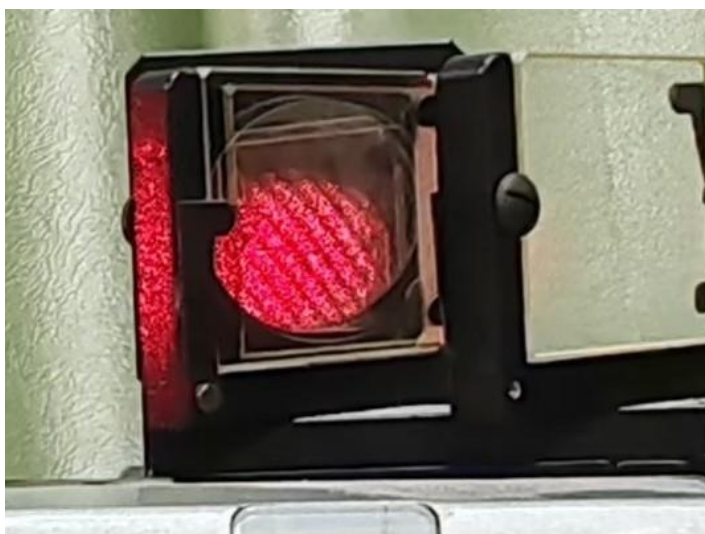
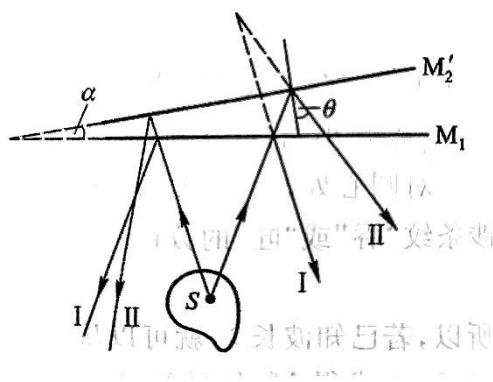


图 5 等厚干涉条纹



$\alpha$ 小时, 光程差近似为  $\Delta = 2d \cos \theta \approx$

$$2d \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) = 2d - d\theta^2,$$

同时, 在交棱附近,  $d\theta^2$ 极小而可以忽略不计, 则

$$\Delta \approx 2d$$

故条纹形状为直条纹。

当转动微动螺丝,  $\alpha$ 改变,  $d$ 随之改变, 条纹间距也随之变化。

#### 六. 白光等厚干涉条纹的调节方法及干涉条纹的现象描述

1. 在等厚干涉的基础上, 在毛玻璃屏的前方加入白色光源。此时原等厚干涉条纹作为调节的参考, 白光干涉条纹在调节为直条纹附近出现。
2. 转动转轮使得原等厚干涉条纹略微弯曲, 向使得条纹变直的方向极其缓慢地转动粗调转轮, 直到观察到彩色的白光干涉条纹。(若激光干涉条纹由弯变直再变弯, 说明错过了白光干涉条纹, 需要重新调节。)

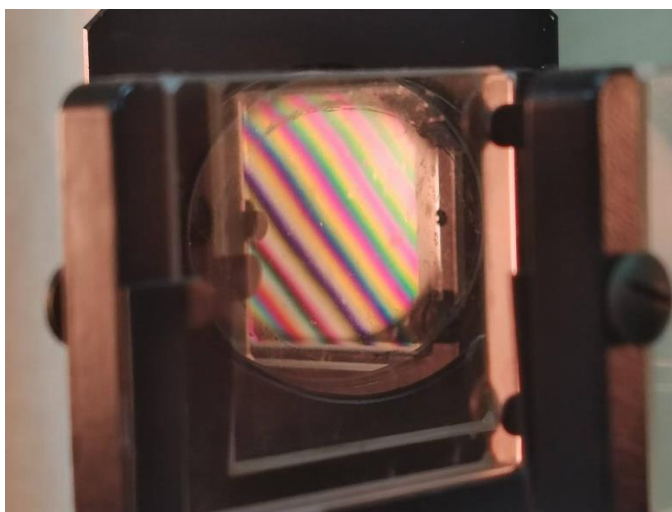


图 6 白光干涉条纹 (实验中, 在  $M_1$  位置为 48.88512mm 时观察到)