

# 迈克尔逊干涉仪仿真实验报告

## 【目的要求】

1. 掌握 M-干涉仪的调节方法；
2. 调出非定域干涉和定域干涉条纹；
3. 了解各类型干涉条纹的形成条件，花纹特点，变化规律及相互间的区别；
4. 用 M-干涉仪测量气体折射率。

## 实验器材：

氦氖激光器，小孔光栅，扩束透镜，M-干涉仪

## 实验原理：

### 二、实验原理

#### 1. 迈克尔孙干涉仪的结构和原理：

迈克尔孙干涉仪的原理图如图 1 所示，A 和 B 为材料、厚度完全相同的平行板，A 的一面镀上半反射膜，M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub> 为平面反射镜，M<sub>2</sub> 是固定的，M<sub>1</sub> 和精密丝杆相连，使其可前后移动，最小读数为  $10^{-4}\text{mm}$ ，可估计到  $10^{-5}\text{mm}$ ，M<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub> 后各有几个小螺丝可调节其方位。

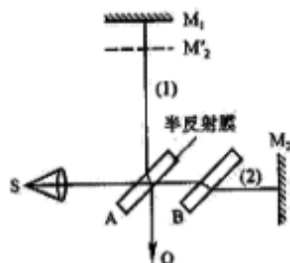


图 1 迈克尔孙干涉仪的原理图

光源 S 发出的光射向 A 板而分成 (1)、(2) 两束光，这两束光又经 M<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub> 反射，分别通过 A 的两表面射向观察处 O，相遇而发生干涉，B 作为补偿板的作用是使 (1)、(2) 两束光的光程差仅由 M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub> 与 A 板的距离决定。

由此可见，这种装置使相干的两束光在相遇之前走过的路程相当长，而且其路径是互相垂直的，分的很开，这正是它的主要优点之一。从 O 处向 A 处观察，除看到 M<sub>1</sub> 镜外，还可通过 A 的半反射膜看到 M<sub>2</sub> 的虚像 2'，M<sub>1</sub> 与 M<sub>2</sub> 镜所引起的干涉，显然与 M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>' 引起的干涉等效，M<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub>' 形成了空气“薄膜”，

因  $M_2'$  不是实物，故可方便地改变薄膜的厚度（即  $M_1$  和  $M_2'$  的距离），甚至可以使  $M_1$  和  $M_2'$  重叠和相交，在某一镜面前还可根据需要放置其他被研究的物体，这些都为其广泛的应用提供了方便。

## 2. 点光源产生的非定域干涉：

一个点光源  $S$  发出的光束经干涉仪的等效薄膜表面  $M_1$  和  $M_2'$  反射后，相当于由两个虚光源  $S_1$ 、 $S_2$  发出的相干光束（图 2）。若原来空气膜厚度（即  $M_1$  和  $M_2'$  之间的距离）为  $h$ ，则两个虚光源  $S_1$  和  $S_2$  之间的距离为  $2h$ ，显然只要  $M_1$  和  $M_2'$ （即  $M_2$ ）足够大，在点光源同侧的任一点  $P$  上，总能有  $S_1$  和  $S_2$  的相干光线相交，从而在  $P$  点处可观察到干涉现象，因而这种干涉是非定域的。

若  $P$  点在某一条纹上，则由  $S_1$  和  $S_2$  到达该条纹任意点（包括  $P$  点）的光程差  $\Delta$  是一个常量，故  $P$  点所在的曲面是旋转双曲面，旋转轴是  $S_1$ 、 $S_2$  的连线，显然，干涉图样的形状和观察屏的位置有关。当观察屏垂直于  $S_1$ 、 $S_2$  的连线时，干涉图是一组同心圆。下面我们利用图 3 推导  $\Delta$  的具体形式。光程差

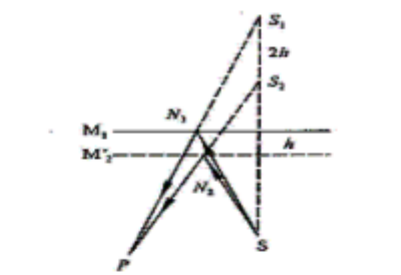


图 2 点光源的薄膜干涉

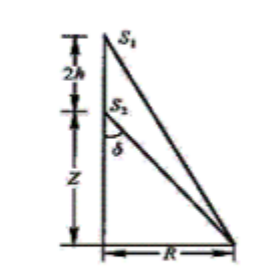


图 3 薄膜干涉计算示意图

$$\Delta = \sqrt{(Z+2h)^2 + R^2} - \sqrt{Z^2 + R^2} = \sqrt{Z^2 + R^2} \left[ \left( 1 + \frac{4Zh + 4h^2}{Z^2 + R^2} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]$$

把小括号内展开，则

$$\begin{aligned}\Delta &= \sqrt{Z^2 + R^2} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{4Zh + 4h^2}{Z^2 + R^2} \right) - \frac{1}{8} \left( \frac{4Zh + 4h^2}{Z^2 + R^2} \right)^2 + \dots \right] \\ &\approx \frac{2hZ}{\sqrt{Z^2 + R^2}} \left[ \frac{Z^3 + ZR^2 + R^2h - 2h^2Z - h^3}{Z(Z^2 + R^2)} \right] \\ &= 2h \cos \delta \left[ 1 + \frac{h}{Z} \sin^2 \delta - \frac{2h^2}{Z^2} \cos^2 \delta - \frac{h^3}{Z^3} \cos^2 \delta \right]\end{aligned}$$

由于  $h \ll Z$ , 所以

$$\Delta = 2h \cos \delta \left( 1 + \frac{h}{Z} \sin^2 \delta \right) \quad (1)$$

从式 (1) 可以看出, 在  $\delta = 0$  处, 即干涉环的中心处光程差有极大值, 即中心处干涉级次最高。如果中心处是亮的, 则  $\Delta_1 = 2h_1 = m\lambda$ 。若改变光程差, 使中心处仍是亮的, 则  $\Delta_2 = 2h_2 = (m+n)\lambda$ , 我们得到

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{1}{2}(\Delta_2 - \Delta_1) = \frac{1}{2}n\lambda \quad (2)$$

即  $M_1$  和  $M_2$  之间的距离每改变半个波长, 其中心就“生出”或“消失”一个圆环。两平面反射镜之间的距离增大时, 中心就“吐出”一个个圆环。反之, 距离减小时中心就“吞进”一个个圆环, 同时条纹之间的间隔 (即条纹的稀疏) 也发

生变化。由式 (2)  $\Delta h = \frac{1}{2}n\lambda$  可知, 只要读出干涉仪中  $M_1$  移动的距离  $\Delta h$  和数出相应吞进 (或吐出) 的环数就可求得波长。

把点光源换成扩展光源, 扩展光源中各点光源是独立的、互不相干的, 每个点光源都有自己的一套干涉条纹, 在无穷远处, 扩展光源上任两个独立光源发出的光线, 只要入射角相同, 都会会聚在同一干涉条纹上, 因此在无穷远处就会见到清晰的等倾条纹。当  $M_1$  和  $M_2'$  不平时, 用点光源在小孔径接收的范围内, 或光源离  $M_1$  和  $M_2'$  较远, 或光是正入射时, 在“膜”附近都会产生等厚条纹。

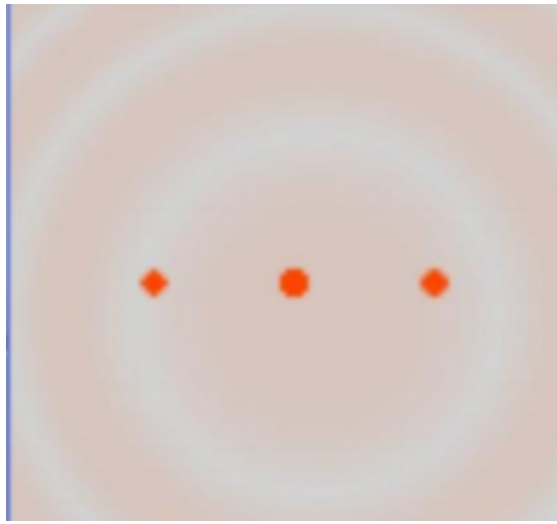
### 3. 条纹的可见度:

使用绝对的单色光源, 当干涉光的光程差连续改变时, 条纹的可见度一直是不变的。如果使用的光源包含两种波长  $\lambda_1$  及  $\lambda_2$ , 且  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  相差很小, 当光程

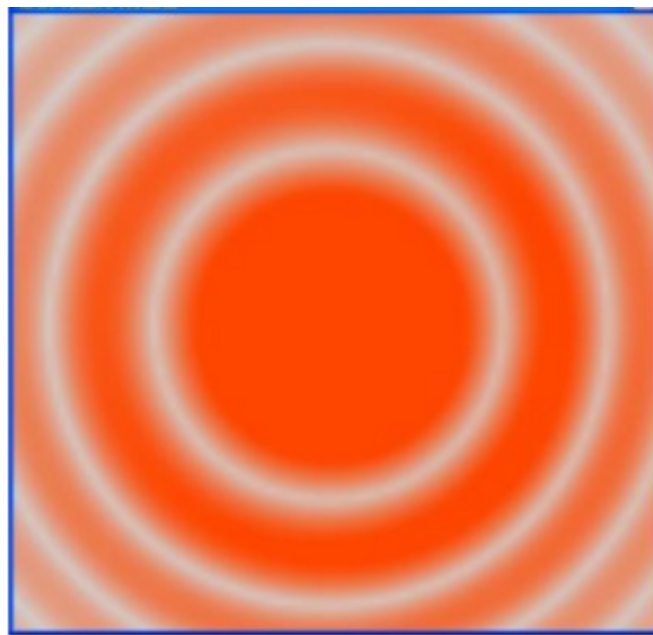
## 实验过程:

### 测量氦激光器波长

双击迈克尔逊干涉仪, 点击观察屏 (毛玻璃)。鼠标按下  $M_2$  镜上的三个旋钮调节  $M_2$  镜的方向, 使两排光点重合。



移除小孔光阑，放入扩束镜。看见干涉仪上出现明亮的干涉条纹。小心的调节M2镜上的旋钮，使条纹圆环的中心在毛玻璃的中心。



调节粗调旋钮，使条纹处于比较容易数清楚的粗细，然后选择一个位置作为起始位置，记下此时的读数，点击微调旋钮进行调节，当图像“吞吐”100个条纹的时候记下当前读数，连续记录8次数据。

实验	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$d/\text{mm}$	41.33	41.36	41.40	41.43	41.46	41.49	41.52	41.55	41.59

经计算，得波长约为637nm