

迈克尔逊干涉仪实验

实验原理

1、迈克尔逊干涉仪的结构和原理

迈克尔逊干涉仪的原理图如图 1 所示。A、B 为材料、厚度相同的平行板，A 的一面镀上半反射膜， M_1 和 M_2 为平面反射镜， M_2 是固定的， M_1 与精密丝杆相连，可以前后移动。 M_1 和 M_2 后各有三个小螺丝调节其方位。

光源 S 发出的光射向 A 板而分成强度近似相等的两部分：反射部分 1 射到 M_1 ，经 M_1 反射后再次透过 A 进入接收器；透射部分 2 射到 M_2 ，经 M_2 反射后再经 A 的半反射膜反射到眼睛。这两束相干光束中各光线光程差不同，它们相遇时产生一定的干涉图样。为了使入射光线具有各种倾角，光源是扩展的。玻璃板 B 起到补偿光程的作用：反射光束 1 通过玻璃板 A 前后共三次，而透射光束 2 只通过 A 一次；有了 B，透射光束将往返通过它两次，从而使两束光在玻璃媒质中的光程完全相等。如果光源是单色的，补偿与否无关紧要，但在使用白光时，就非有补偿板不可了。

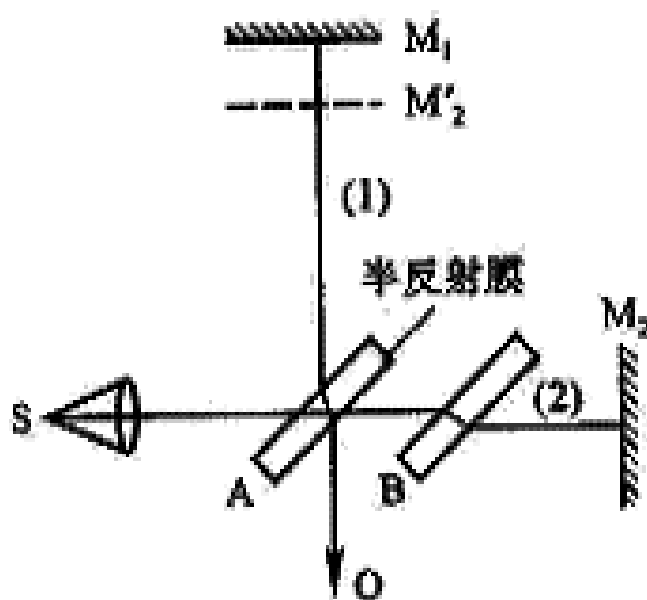


图 1 迈克尔逊干涉仪的原理图

2、干涉条纹

点光源 S 发出的光束，经干涉仪等效薄膜表面 M_1 和 M'_2 反射后，相当于由

两个虚光源 S_1 和 S_2 发出的相干光束，如图 2 所示。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 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

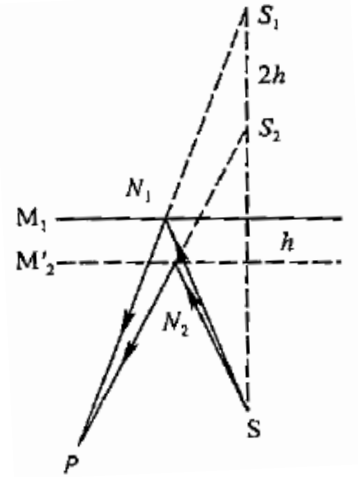


图 2 点光源的薄膜干涉

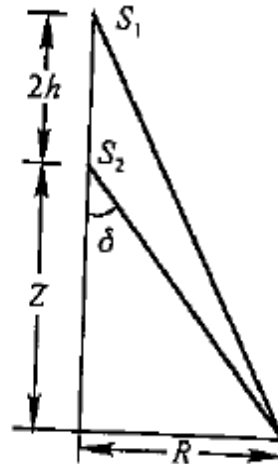


图 3 薄膜干涉计算示意图

若 P 点在某一条纹上，则由 S_1 和 S_2 到达该条纹任意点的光程差 Δ 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 和 S_2 的连线时，干涉图是一组同心圆，如图 3 所示，任意一点 P 的光程差 Δ

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

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

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

从式中可以看出，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，即 $\Delta_1 = 2h_1 = m\lambda$ 。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（2）式 $\Delta h = \frac{1}{2}n\lambda$ 可知，只要读出干涉仪中 M_1 移动的距离 Δh 和数出相应吞进（或吐出）的环数就可求得波长。

实验内容

1. 观察非定域干涉条纹：

（1）调整光路，使 M_1 和 M_2 垂直，（即 $M_1 \perp M_2$ ）

打开 He-Ne 激光器，使激光束基本垂直 M_2 面，在光源前放一小孔光阑，调节 M_2 上的三个螺钉（有时还需调节 M_1 后面的三个螺钉），使从小孔出射的激光束经 M_1 与 M_2 反射后在毛玻璃上重合，这时能在毛玻璃上看到两排光点一一重合。

（2）去掉小孔光阑，换上短焦距透镜而使光源成为发散光束，在两光束程差不太大时，在毛玻璃屏上可观察到干涉条纹，轻轻调节 M_2 后的螺钉，应出现圆心基本在毛玻璃屏中心的圆条纹。

（3）转动鼓轮，观察干涉条纹的形状，疏密及中心“吞”、“吐”条纹随程差的改变而变化的情况。

2. 测量 He-Ne 激光的波长：

采用非定域的干涉条纹测波长：缓慢转动微动手轮，移动 M_1 以改变 h ，中心每“生出”或“吞进”50 个条纹，记下对应的 h 值。连续记录 11 组 50 个条纹对应的 h 值，利用逐差法计算波长

思考题

1. 迈克尔逊干涉仪的分光板（分束器）有何作用？若分光板存在微小倾斜，会对实验产生什么影响？
2. 如何利用迈克尔逊干涉仪测量透明薄膜的折射率？请简述实验思路。

迈克尔逊干涉仪实验报告

实验题目：迈克尔逊干涉仪测量测量激光波长

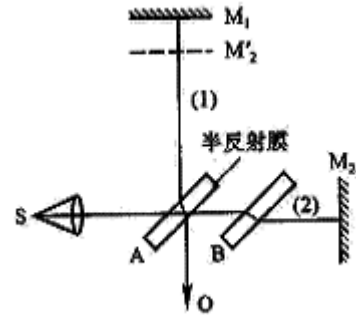
实验目的

- 了解迈克尔逊干涉仪的干涉原理和迈克尔逊干涉仪的结构。
- 掌握迈克尔逊干涉仪的调整和使用方法。
- 测量单色光（氦氖激光）的波长。

实验原理

1、迈克尔逊干涉仪的结构

(1) 结构图



2. 测量激光波长原理

相干光束在任意一点 P 的光程差 $\delta = 2d \cdot \cos \theta$ ，在圆心处的光程差最大， $\delta = 2d$ ，其中 d 为平面镜 M1 与 M2 镜像 M2' 的距离。

如果中心处是亮的，此时 $\delta = 2d_1 = k_1 \lambda$ ；

若改变光程差，使中心处仍是亮的，则 $\delta = 2d_2 = k_2 \lambda$

$$\left. \begin{array}{l} \delta = 2d_1 = k_1 \lambda \\ \delta = 2d_2 = k_2 \lambda \end{array} \right\} \rightarrow 2\Delta d = \Delta k \lambda$$

因此，测量干涉仪中 M1 移动的距离 Δd ，并计数相应吞进（或吐出）的环数，则激光的波长为

$$\lambda = \frac{2}{\Delta k} \Delta d$$

实验仪器

迈克尔逊干涉仪，氦氖激光器

实验内容及数据

1.调整仪器，观察干涉条纹：

(1) 调整光路，使M1和M2垂直，（即M1// M2'）

(2) 去掉小孔光阑，换上短焦距透镜而使光源成为发散光束，在两光束光程差不太大时，在

毛玻璃屏上可观察到干涉条纹，轻轻调节M2后的螺钉，应出现圆心基本在毛玻璃屏中心的圆条纹。

(3) 转动鼓轮，观察干涉条纹的形状，疏密及中心“吞”、“吐”条纹随光程差的改变而变化的情况。

2. 测量He-Ne激光的波长：

采用非定域的干涉条纹测波长:缓慢转动微动手轮，移动 M1 以改变 h ，中心每“生出”或“吞进” $n=50$ 个条纹，记下对应的 d 值。为了提高精度，本实验要求连续记录 12 组数据，即 n 连续变化 550 个条纹。

d1	d2	d3	d4	d5	d6
d7	d8	d9	d10	d11	d12

数据处理

误差分析

思考题