

迈克尔逊干涉仪

迈克尔逊干涉仪是一种著名的经典干涉仪，其主要特点是利用分振幅法产生双光束以实现干涉。在近代物理和近代计量技术中，迈克尔逊干涉仪具有一定的地位。后来，人们又将该干涉仪的基本原理推广到许多方面，研制成各种形式的干涉仪。激光出现以后，有了单色性非常好的光源，它的各种应用就更为广泛。

实验采用迈克尔逊干涉仪、氦氖激光器。干涉仪相关技术指标见前文实验设备介绍部分

【实验原理】

1 等倾干涉

当 M_1 和 M_2' 互相平行时，得到的是相当于平行面板的等倾干涉条纹。等倾干涉是薄膜干涉的一种。薄膜此时是均匀的，光线以倾角 i 入射，由于入射角相同的光经薄膜两表面反射形成的反射光在相遇点有相同的光程差，也就是说，凡入射角相同的就形成同一条纹，故这些倾斜度不同的光束经薄膜反射所形成的干涉花样是一些明暗相间的同心圆环。这种干涉称为等倾干涉。倾角 i 相同时，干涉情况一样（因此叫做“等倾干涉”）。

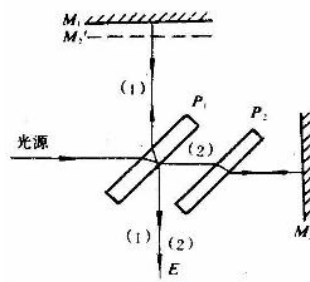


图1

如果是面光源入射，其干涉图样定位于无限远(为什么?)，这时在E处放一汇聚透镜，并在其焦平面上放一屏，则在屏上可观察到一圈圈的同心圆。对于入射角 i 相同的各束光，如图2所示，其光程差均为：

$$\delta = 2d \cos i \quad (1)$$

对于 k 级亮条纹，显然是由满足下式的入射光反射而成的：

$$\delta = 2d \cos i = k \lambda \quad (2)$$

在同心圆的圆心处 $i = 0$ ，干涉条纹的级数最高，此时有：

$$\delta = 2d = k \lambda \quad (3)$$

当移动 M_1 使间隔 d 增加时，圆心的干涉级次增加，我们就可看到中心条纹一个一个向外“冒出”，而当 d 减小时，中心条纹将一个一个地“缩”进去。每“冒出”或“缩进”一个条纹， d 就增加或减小了 $\lambda/2$ 。如果测出 M_1 移动的距离 Δd ，数出相应的“冒出”或“缩进”的条纹个数 Δk ，就可以算出光源的波长：

$$\lambda = 2 \Delta d / \Delta k \quad (4)$$

如果是点光源入射，其干涉面是非定域，通常是用He-Ne激光做光源，使激光束通过扩束镜会聚后发散，此时就得到了一个相干性很好的点光源。它发出的球面波先被分光板 P_1 分光，然后射向两全反射镜，经 M_1 和 M_2 反射后，在人眼观察方向就得到了两个相干的球面波，它们如同是由位于 M_1 后的两个虚点光源 S_1 和 S_2 产生的，如图3所示。由两相干的虚点光源产生的两列球面波，在空间相遇处都能进行干涉，干涉条纹不定域，故称非定干涉。非定干涉的

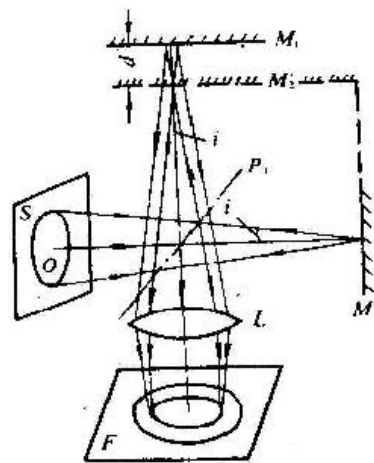


图2

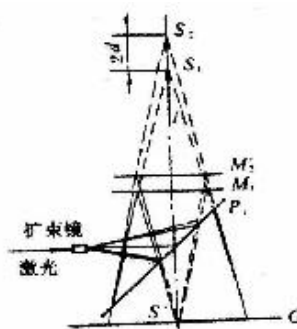


图3

图样，随观察屏的不同方向和位置而不同。当观察屏垂直于 S_1 和 S_2 连线时，是同心圆条纹，圆心是 S_1 和 S_2 连线延长线和屏的交点。如转动观察屏不同角度，则可看到椭圆，双曲线和直线等几种干涉图样。

如调节反射镜 M_2 的微调螺钉，使 $M_1 \parallel M_2'$ ，此时和 M_1 平行放置的观察屏上就出现同心圆条纹，圆心在光场中心。两虚点光源的间距为 M_1 和 M_2 间距 d 的两倍，即圆心处光程差为 $2d$ 。与前面讨论等倾干涉情况类似，当 d 增加时，中心条纹一个个“冒出”，反之，一个个“缩进”。这时同样也可用公式（4）来计算波长（请推导一下）。

2 等厚干涉

当 M_1 和 M_2' 不平行而有一个很小的角度时，形成一个楔形的空气层，这时就出现等厚干涉条纹，薄膜干涉的另一种。等厚干涉是由平行光入射到厚度变化均匀（ $d \neq$ 常数）、折射率均匀的薄膜上、下表面而形成的干涉条纹（其干涉面靠近薄膜），由于薄膜厚度相同的地方形成同条干涉条纹，故称等厚干涉。如图 4 所示，当 d 很小，即 M_1 和 M_2' 相交时，由面光源上发出的光束，经楔形空气层两面反射所产生的等厚干涉条纹定位于楔形空气层的表面。要看清楚这些条纹，眼睛必须聚焦在 M_1 镜附近，也可用凸透镜将空气楔成象在其共轭面上。此时，相干处的光程差公式仍如上面的（1）式，由于 d 很小，光程差的变化主要取决于 d 的变化，入射角变化的影响可以忽略不计。因此在空气楔上

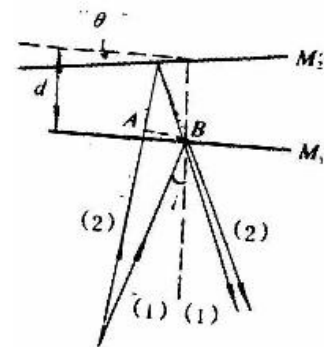


图4

厚度相同的地方有相同的光程差，我们就可以观察到平行于楔棱的直条纹。当 d 增大时，入射角 i 的变化对光程差的影响不能忽略，此时将引起条纹的弯曲，并凸向楔棱一边，即凸向 M_1 和 M_2' 的交线。

【实验内容】

1、非定域干涉条纹的调节和激光波长的测量

根据基本仪器介绍把干涉仪调到 M_1 和 M_2 大至垂直。然后在光阑后放一扩束镜使光束汇聚，形成点光源，并使其发出的球面波照射到 G_1 上，再在 E 处放置一毛玻璃屏 H ，这时在屏上就可看到干涉条纹，此时再调节 M_2 下两个相互垂直的微调螺钉，使 M_1 和 M_2' 严格平行，在屏上就可看到非定域的同心圆条纹，且圆心位于光场的中间。

转动粗动手轮使 M_1 前后移动，观察中心条纹冒出或缩进，说明 M_1 和 M_2' 之间的距离是增大还是减小。并观察间隔 d 自较大的值逐渐变小至零，然后又由零逐渐往反向增大时，干涉条纹的粗细与疏密的变化，并解释原因。

转动微量读数鼓轮，使 M_1 移动，数出在圆心处冒出或缩进干涉条纹的个数 ΔK ，并记录 M_1 对应的移动距离 Δd 便可由公式

$$\lambda = 2 \Delta d / \Delta K$$

2、等倾条纹的调节和观察

在扩束镜与分光板 G_1 之间放一毛玻璃，使激光束经透镜发出的球面波漫射成为扩展的面光源。眼睛在 E 处（图 2）通过 G_1 向 M_1 方向看，便可直接看到等倾条纹，进一步调节 M_2 的微调螺钉，使上下左右移动眼睛时，各圆的大小不变，而仅仅是圆心随眼睛移动而移动，并且干涉条纹反差大，此时 M 和 M' 完全平行了。我们看到的就是严格的等倾条纹。

移动 M_1 镜，观察条纹变化规律，并测波长，要求同 1。

3、等厚条纹的调节和观察

在实验内容 2 的基础上，微微转动 M_2 的微调螺钉，此时 M_1 和 M_2' 不再平行，等倾条纹被破坏，转动粗动手轮，使 M_1 前后移动，观察干涉条纹的变化规律，即条纹的形状、粗细、疏密如何随 M_1 的位置而变。并简要分析所观察到的现象。

【数据处理】

实验要求取 $\Delta K \geq 30$ ，连续重复 10 次，即总共数出至少 300 次变化数，用逐差法得出激光的波长。计算任意一次测量值的标准偏差作绝对误差，并写出结果表达式。所得波长平均值与标准值 632.8nm 比较，求百分误差。

【误差分析】

【注意事项】

1、不可触及激光器两端的高压电极，不要让激光射入眼内，调节固定激光管圆环上的固定螺钉时，动作在轻，要上下螺丝配合调节，否则会损坏激光管。

2、注意消除仪器的空程误差，采取数据过程微量读数鼓轮一定要单方向转动。

3、实验未全部完成，不要移动或破坏已调节好的部分。

【思考题】

1、如何由等厚干涉的光程差公式： $\delta = 2d \cos i$ 来说明当 d 增大时，条纹由直变弯？（提示：当入射角 i 不大时， $\cos i = 1 - 1/2 i^2$ ）

2、为什么不放补偿板就调不出白光干涉条纹？

3、在非定域干涉中，如何由一个实的点光源产生两个虚的点光源？