

钠光双棱镜干涉、钠光劳埃镜干涉（1082）

一、实验目的

1. 熟悉掌握采用不同光源进行光路等高共轴调节的方法和技术
2. 用实验研究菲涅尔双棱镜干涉和劳埃镜干涉并测定单色光波长

二、实验原理

实验一 钠光双棱镜干涉

1. 基本原理

菲涅尔双棱镜可看成有两块底面相接，棱角很小（约 1° ）的直角棱镜合成，若置单色光源 S_0 于双棱镜正前方，则从 S_0 射来的光通过双棱镜折射后，变为两束相重叠的光。这两束光仿佛是从 S_0 的两个虚像 S_1, S_2 射出的一样。由于 S_1, S_2 是两个不相干光源，所以若在两数光重叠的区域内放屏，即可观察到干涉条纹。

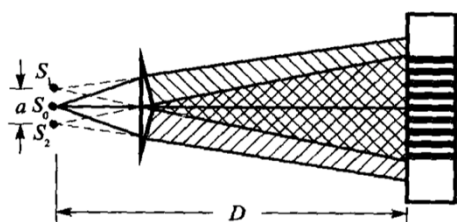


图 4.11.1 双棱镜干涉光路

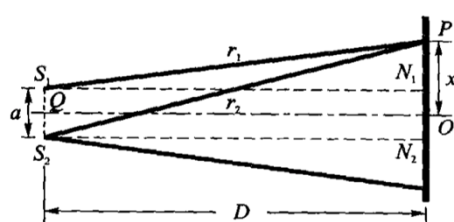


图 4.11.2 双棱镜干涉光程差计算图

根据波动理论中的干涉条件来讨论虚光源 S_1 和 S_2 所发出的光在屏上产生的干涉条纹的分布情况。设虚光源 S_1 和 S_2 的距离为 a ， D 是虚光源到屏的距离。若 p 为屏上任意一点， r_1, r_2 分别为从 S_1, S_2 到 p 的距离，则由 S_1, S_2 发出的光线到 p 的光程差为 $\Delta L = r_1 - r_2$

令 N_1, N_2 分别为 S_1, S_2 在屏上的投影, O 为 N_1, N_2 中点, 并设 $op = x$, 则有:

$$r_1^2 = D^2 + (x - \frac{a^2}{2})$$

$$r_2^2 = D^2 + (x + \frac{a^2}{2})$$

$$\text{可得 } r_2^2 - r_1^2 = 2ax$$

又有 $r_2^2 - r_1^2 = \Delta L(r_2 + r_1)$ 通常 $D \gg a$, 于是有 $r_1 + r_2 \approx 2D$, 得光程差为 Δ

$$L = \frac{ax}{D}$$

$$\text{有 } \Delta L = \frac{ax}{D} = k\lambda (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \frac{2k\pi}{2} \lambda (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

$$x = \frac{D}{a} k\lambda (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) (2k + 1) \frac{D}{a} \frac{\lambda}{2} (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

可知两干涉条纹 (暗纹) 间距离为 $\Delta x = \frac{D}{a} \lambda$

测定 $\Delta x, D, a$ 后得波长 $\lambda = \frac{a}{D} \Delta x$

2.实验方案

(1) 光源的选择: 由上式可知, 当光源、双棱镜及屏的位置确定以后, 干涉条纹的间距 Δx 与光源的波长 λ 成反比。也就是说, 用不同波长的光入射双棱镜后, 各波长产生的干涉条纹将相互错位叠加, 因此为了获得清晰的干涉条纹, 本实验必须用单色光源, 如激光、钠光等

(2) 测量方法: 间距 Δx 可以直接用测微目镜测出, 虚光源间距 a 用二次成像法测得: 当保持物、屏位置不变, 且间距 D 大于 $4f$ 时, 移动透镜可在其间两个位置成清晰的实像, 一个是放大的像, 一个是缩小的像。设 b 为虚光源缩小像间

距, b' 为放大像间距, 则 $a = \sqrt{bb'}$ 。 b, b' 由侧微目镜读出, 同时根据两次成像规律, 若分别测出缩小像和放大像是物距 S, S' , 测物距间距 $D = S + S'$ 。

于是有:
$$\lambda = \frac{\Delta x \sqrt{bb'}}{S + S'}$$

(3) 光路组成: 本实验的具体光路位置如图所示, S 为半导体激光器, k 为扩束镜, B 为双棱镜, P 为偏振片, E 为测微目镜, L 为测虚光源间距 a 所用的凸透镜, 透镜位于 L_1 位置将使虚光源 S_1, S_2 在目镜处成放大像, 透镜位于 L_2 位置, 将使虚光源在目镜处成缩小的像。所有这些光学元件都放置在光具座上, 光具座上附有米尺刻度, 可读出各元件的位置。

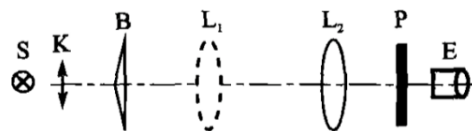


图 4.11.3 双棱镜实验光路图

实验二 钠光劳埃镜干涉

单色光源 S 发出的光以几乎掠入射的方式在平面镜 MN 上发生反射, 反射光可看作是在镜中的虚像, S' 发出的发出的。 S, S' 发出的光波在交叠区发生干涉, Δ

$$x = \frac{D}{a} \lambda, \lambda = \frac{a}{D} \Delta x$$

三、实验仪器

光具座、双棱镜、测微目镜, 凸透镜、扩束镜、偏振片、白屏、可调狭缝、半导体激光器、钠光灯

四、实验内容

1.调节各元件等高共轴

(1) 调整狭缝与凸透镜等高共轴。将狭缝紧贴放在光具座上，紧接着依次放上透镜 ($f \approx 20\text{cm}$) 和白屏，用二次成像法使狭缝与透镜等高共轴。

(2) 调整测微目镜、狭缝和透镜等高共轴。用测微目镜取代白屏，并置于距狭缝 80 厘米位置上，进一步用二次成像法调至测微目镜叉丝与狭缝、透镜等高共轴。

(3) 调整双棱镜或劳埃镜及与其他元件共轴。

<1>双棱镜干涉：在狭缝与透镜之间放上双棱镜，使双棱镜到狭缝的距离为 20 厘米，上、下、左、右移动双棱镜并转动狭缝，直至在测微目镜中观察到等长并列（表示棱脊平行于狭缝）、等亮度（表示棱脊通过透镜光轴）的两条狭缝缩小像。

<2>劳埃镜干涉：移去透镜在狭缝后面放劳埃镜，通过劳埃镜目测观察双光源像，调整狭缝取向至两狭缝相互平行，在调整劳埃镜使双光源等量且相距较近。

2.干涉条纹的调整

要通过测微目镜看到清晰的干涉条纹，实验中必须满足两个条件：

(1) 狭缝宽度足够窄，以使缝宽上相应各点为相干光，具有良好的条纹视见度。但狭缝不能过窄，过窄光强太弱，同样无法观察到干涉条纹。

(2) 棱镜的脊背或劳埃镜反射形成的虚狭缝必须与狭缝的取向相互平行，否则缝的上下相应各点光源的干涉条纹互相错位叠加，降低条纹视见度，也无法观察到干涉条纹。

调整方法如下：

(1) 双棱镜干涉：在上述光学元件调整的基础上移去透镜，进一步交替微调狭缝宽度和狭缝取向，反复若干次，直至通过测微目镜看到最清晰的像为止。

(2) 劳埃镜干涉：通过测微目镜进行观察，同时微微调节劳埃镜和狭缝取向，直至出现清晰的干涉条纹。

3.波长的测量及数据处理

(1) 用一元线性回归法或逐差法计算条纹间距 Δx

(2) 用公式 $\lambda = \frac{\Delta x \sqrt{bb'}}{S+S'}$ 计算入射光源的波长并与光源波长标称值对比求相对误差

(3) 计算波长的不确定度并给出最后结果表示