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。

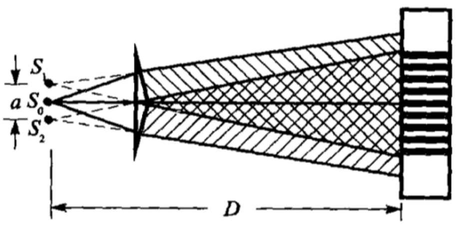

图 4.11.1 双棱镜干涉光路

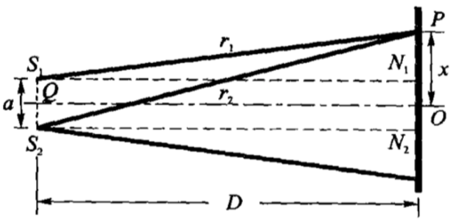

图 4.11.2 双棱镜干涉光程差计算图

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$\triangle L=r_1-r_2$

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：

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

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

可得$r_2^2 - r_1^2 = 2ax$

又有$r_2^2 - r_1^2 = \triangle L(r_2 + r_1)$ 通常$D >> a$，于是有$r_1 + r_2 \approx 2D$，得光程差为$\triangle L = \frac{ax}{D}$

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

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

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

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

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$\triangle x$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$\triangle x$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：$\lambda=\frac{\triangle x\sqrt{bb\prime}}{S+S\prime}$

（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。

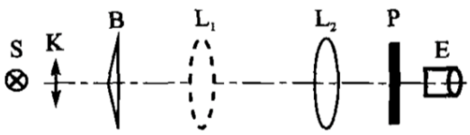

图 4.11.3　双棱镜实验光路图

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

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（$f \approx 20cm$）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△λ

（2）用公式$\lambda=\frac{\triangle x\sqrt{bb\prime}}{S+S\prime}$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

五、数据分析及计算

实验一：双棱镜干涉实验

原始数据记录：

测量序号	1	2	3	4	5
条纹位置/mm	#s111#	#s112#	#s113#	#s114#	#s115#
测量序号	6	7	8	9	10

条纹位置/mm	#s116#	#s117#	#s118#	#s119#	#s1110#
测量序号	11	12	13	14	15
条纹位置/mm	#s1111#	#s1112#	#s1113#	#s1114#	#s1115#
测量序号	16	17	18	19	20
条纹位置/mm	#s1116#	#s1117#	#s1118#	#s1119#	#s1120#

实验参数（单位：cm）				
扩束镜	双棱镜	大像	小像	微测目镜
K	B	L1	L2	E
#s11K#	#s11B#	#s11L1#	#s11L2#	#s11E#

	间距
b	#s11sb#
b'	#s11b1#

数据处理:

对实验数据进行逐差处理

序号	1	2	3	4	5
$10\Delta x_i = (x_{i+10} - x_i)/mm$	#s121#	#s122#	#s123#	#s124#	#s125#
序号	6	7	8	9	10
$10\Delta x_i = (x_{i+10} - x_i)/mm$	#s126#	#s127#	#s128#	#s129#	#s1210#

具体数值计算:

$\overline{10\Delta x} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(10\Delta x)_i}{n}$=#s1210_delta_x#mm

$\overline{\Delta x} = \frac{\overline{10\Delta x}}{10}$ =#s12_delta_x#mm

$a = \sqrt{bb'}$ =#s12_a#mm

$S = K - L2$ =#s12_S#cm

$S' = K - L1$ =#s12_S1#cm

$D = S + S'$ =#s12_D#cm

$\lambda = \frac{a}{D}\Delta x$ =#s12_lambda#nm

由激光理论值λ_0 =#s12_lambda0#nm

相对误差：$\frac{|\lambda-\lambda_0|}{\lambda_0} \times 100\%$ =#s12_error#%

不确定度计算：

由于 u(b)、u(b’)、u(S)、u(S’)均来自成像位置判断不准带来的误差，可取

$\frac{\Delta b}{b} = \frac{\Delta b\prime}{b\prime}$ =#s12_db#，$\Delta S = \Delta S'$ =#s12_dS#cm

$u_a(10\Delta \mathrm{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(10\Delta \mathrm{x}_i - \overline{10\Delta \mathrm{x}})^2}{n\times(n-1)}}$ =#s12ua_10dx#mm

$u_b(10\Delta \mathrm{x}) = \frac{\Delta 仪}{\sqrt{3}} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}}$ =#s12ub_10dx#mm

$u(10\Delta \mathrm{x}) = \sqrt{u_a^2(10\Delta \mathrm{x}) + u_b^2(10\Delta \mathrm{x})}$ =#s12u_10dx#mm

$u(\Delta \mathrm{x}) = \frac{u(10\Delta \mathrm{x})}{10}$ =#s12u_dx#mm

$u_b(S) = u_b(S') = \sqrt{\left(\frac{\Delta 仪}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{\sqrt{3}}\right)^2}$ =#s12u_S#cm

$u_b(b) = \sqrt{\left(\frac{\Delta 仪}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{\sqrt{3}}\right)^2}$ =#s12u_b#mm

$u_b(b') = \sqrt{\left(\frac{\Delta 仪}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b\prime}{\sqrt{3}}\right)^2}$ =#s12u_b1#mm

由$\lambda = \frac{a}{D}\Delta x$，两边取对数，求得

$\frac{u(\lambda)}{\lambda}=\sqrt{\left(\frac{u(\Delta x)}{\Delta x}\right)^2+\left(\frac{u(\mathrm{b})}{2\mathrm{b}}\right)^2+\left(\frac{u(\mathrm{b}\prime)}{2\mathrm{b}\prime}\right)^2+\left(\frac{u(\mathrm{S})}{\mathrm{S}+\mathrm{S}\prime}\right)^2+\left(\frac{u(\mathrm{S}\prime)}{\mathrm{S}+\mathrm{S}\prime}\right)^2}$=#s12u_lbd_lbd#

$u(\lambda)$ =#s12u_lambda#nm

最终结果:

$\lambda \pm u(\lambda) =$ #s12final_lambda#nm