北京航空航天大学
实验报告

学
班
姓
同组[redacted]
日　期：
评　分：5.22

实验名称：多光束干涉和法布里-珀罗干涉仪

一、实验目的

①.了解F-P干涉仪的特点和调节

②.用F-P干涉仪观察多光束干涉并测定钠双线的波长差和膜厚.

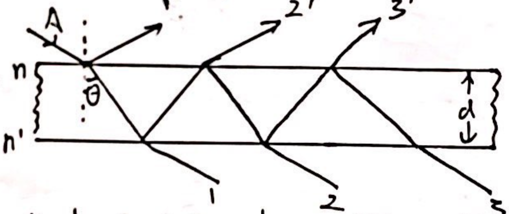
③.巩固一元线性回归法在数据处理中的应用.

二、实验原理

法布里-珀罗干涉仪简称F-P干涉仪，是利用多光束干涉原理设计的一种干涉仪

F-P干涉仪由两块平行的平面玻璃板或石英板制成，在其相对的内表面上镀有平整度很高反射率镀层.为消除两平面相背平面上反射光的干扰，平行板的外表面有一个很小的楔角.

多光束干涉原理：



在这两组光中，相邻光的相位差δ都相同，振幅则不断衰减.

$$\delta = \frac{2\pi\Delta l}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda}2nd\cos\theta = \frac{4\pi nd\cos\theta}{\lambda}$$

式中，$\Delta l = 2nd\cos\theta$ 是光程差，n,d分别是折射率和厚度.

亮纹中心·极大值满足 $\sin^2\frac{\delta}{2}=0$　取 $\sin^2\frac{\delta}{2}=(1R)^2$　代入并考虑 $\sin^2\frac{\delta}{2}\approx\left(\frac{d\delta}{2}\right)^2$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{\lambda d\delta}{2\pi nd\sin\theta} = \frac{\lambda}{2\pi nd\sin\theta} = \frac{1-R}{\sqrt{R}}$$

R越高，条纹越细锐；d越大，条纹越细锐

三、实验仪器

F-P干涉仪(带望远镜)、钠灯(带电源)、He-Ne激光器(带电源)、毛玻璃、扩束镜、消色差透镜、读数显微镜、支架以及供选做的滤色片(绝色)、汞灯.

四、实验内容

1.钠光双线波长差的测定

2.激光干涉圆环的直径的测量

五. 数据处理

(一). 测定钠光波长差

1. 仪器测量数据.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_i/m	35.35770	35.67772	35.97260	36.28098	36.55521	36.89006	37.13054	37.42298	37.71600	38.00947

2 数据处理. 一用一元线性回归法计算.

由原理可知 $d_i = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta\lambda} i + d$ （$\Delta d = \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda}$，$\Delta d = \frac{d_i - d_0}{i}$ $\Rightarrow d_i = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta\lambda} i + d_0$）

令 $i = x$ $d_i = y$ 则 $a = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta\lambda}$

$\bar{x} = 5.5$ $\quad \bar{y} = 36.69434$

$\overline{x^2} = 38.5$ $\quad \overline{y^2} = 1347.18030$

$\overline{xy} = 204.23118$

$\Rightarrow$ ~~$y = 0.292$~~ $\quad a = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta\lambda} = 2.9234 \times 10^{-4}$ m

$b = 3.5086 \times 10^{-2}$ m

$\Rightarrow y = 2.9234 \times 10^{-4} x + 3.5086 \times 10^{-2}$

其中 $r = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sqrt{(\overline{x^2} - \bar{x}^2)(\overline{y^2} - \bar{y}^2)}} = 0.9999$ 具有强烈线性相关性.

现已知 $\bar{\lambda} = 589.3$ nm (钠光波长)

$\therefore \Delta\lambda = \frac{\bar{\lambda}^2}{2a} = \frac{(589.3 \times 10^{-9})^2}{2 \times 2.9234 \times 10^{-4}} = 5.93855 \times 10^{-10}$ m

$\therefore$ 波长差为 5.93855×10^{-10} m.

3. 不确定度计算

$u(a) = a\sqrt{\frac{1}{n-2}\left(\frac{1}{r^2} - 1\right)} = 6.49 \times 10^{-7}$

$\because a = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta\lambda}$ $\quad \ln a = \ln\frac{\bar{\lambda}^2}{2} - \ln\Delta\lambda$ $\quad \therefore \frac{u(a)}{a} = \sqrt{\left(\frac{u(\Delta\lambda)}{\Delta\lambda}\right)^2}$

即: $u(\Delta\lambda) = \Delta\lambda \frac{u(a)}{a} = 1.3181 \times 10^{-12}$

$\therefore \Delta\lambda \pm u(\Delta\lambda) = (5.94 \pm 0.01) \times 10^{-10}$ m

4. 相对误差计算.

理论值 $\Delta\lambda=\Delta\lambda_1-\Delta\lambda_2=0.6nm$

相对误差 $\sigma=\frac{0.6-0.594}{0.6}\times100\%=0.01\%$

(二). 用一元线性回归法、验证 $D_{i+1}^2-D_i^2=$ 常数.

1. 原始数据:

i	6	7	8	9	10	11	12	13
$d_左$/mm	22.580	23.011	23.375	23.709	24.061	24.372	24.670	24.968
$d_右$/mm	12.225	11.795	11.432	11.076	10.680	10.420	10.121	9.805
D_i/mm	10.353	11.216	11.943	12.633	13.381	13.952	14.549	15.163
D_i^2/mm²	107.226	125.799	142.635	159.593	179.051	194.658	211.673	229.916

2. 数据处理.

$D_k^2-D_{k+1}^2=\frac{4\lambda d^2}{nd}$ 令 $k=i+k$ 有 $D_i^2=\frac{4\lambda d^2}{nd}i+\Delta$

令 $y=D_i^2$ $x=i$ 有 $y=a+bx$ $b=\frac{4\lambda d^2}{nd}$

$\bar{x}=9.5$ $\bar{y}=168.819$

$\overline{x^2}=95.5$ $\overline{y^2}=30094.412$

$\overline{xy}=1695.262$

$\Rightarrow b=\frac{\bar{x}\bar{y}-\overline{xy}}{\overline{x^2}-\bar{x}^2}=17.425$ $a=3.278$

$r=\frac{\overline{xy}-\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{(\overline{x^2}-\bar{x}^2)(\overline{y^2}-\bar{y}^2)}}=0.9998$

∴具有强烈~~曲~~线性关系.

$|b|=\frac{4\lambda d^2}{nd}$ 且 $|b|=1.743\times10^{-5}m$ 而 $\lambda=632.8\ nm$ $d=170mm$ 得

$d=\frac{4\lambda d^2}{n|b|}=\frac{4\times632.8\times10^{-9}\times(0.17)^2}{1\times1.743\times10^{-5}}=5.24610\ mm$

∵ $r=0.9998\approx1$ 得证 $D_{i+1}^2-D_i^2=C$

四、思考题

1. 设波长为 $\lambda\pm\Delta\lambda$ 的谱线在 θ 处为主极大，则有 $d\sin\theta=k(\lambda+\Delta\lambda)$，此处有 $Nd\sin\theta=(Nk+1)$，从而有 $k\Delta\lambda=\frac{\lambda}{N}$，由色分辨本领定义，$R=\frac{\lambda}{\Delta\lambda}=kN$，$\Delta\lambda$ 越小，色分辨本领越高 ∴光栅刻度越多，光谱级次越高，色分辨本领越高，N 越大，相邻主极大间的极小和次级大越多，则被挤压得越细线。

2. F-P 干涉仪 $\delta=\delta_0+d\delta$，则 $d\delta=\frac{-4\pi nd\sin\theta d\theta}{\lambda}$；$d\theta=-\frac{\lambda d\delta}{4\pi nd\sin\theta}$.
故 $\Delta\theta=\frac{\lambda\delta}{2\pi nd\sin\theta}=\frac{\lambda}{2\pi nd\sin\theta}\times\frac{1-R}{\sqrt{R}}$，R越大，条纹越细.

北京航空航天大学

实验报告

学　号：

班　级：

姓　名：

同组者：

日　期：

评　分：

实验名称：

	d_i(mm)
1.	35.35740
2.	35.67772
3.	35.97260
4.	36.28098
5.	36.55521
6.	36.84006
7.	37.13059
8.	37.42298
9.	37.71650
10.	38.00947

	L上(mm)	L下(mm)
13	24.968	9.805
12	24.670	10.121
11	24.372	10.420
10	24.061	10.680
9	23.709	11.076
8	23.375	11.432
7	23.011	11.795
6	22.580	12.225

5.22