

实验题目: 实验41 迈克耳孙干涉仪的使用

一. 实验名称

迈克耳孙干涉仪的使用.

二. 实验目的

1. 了解迈克耳孙干涉仪的构造原理和调节使用方法;
2. 薄膜的等倾干涉和等厚干涉
3. 改变光程差的大小对等倾干涉的影响

三. 实验仪器

迈克耳孙干涉仪, 低压钠灯, 白炽灯, 带“T”标志的毛玻璃片.

四. 实验原理

1. 等倾干涉环的产生和单色光波长的测量.

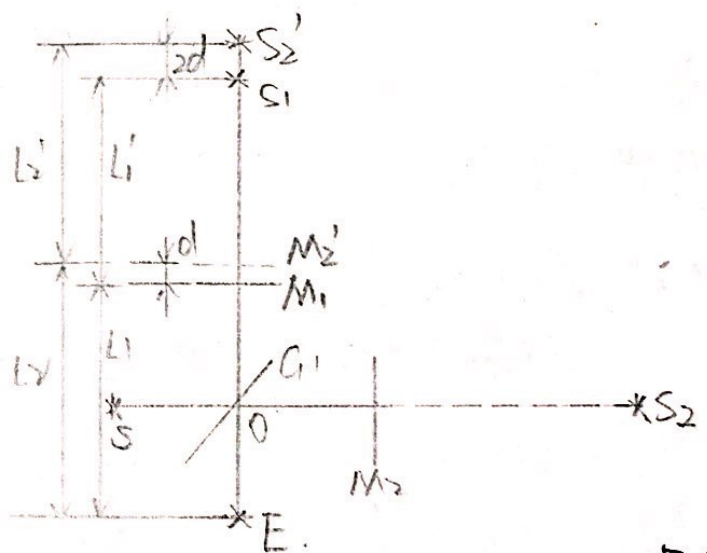
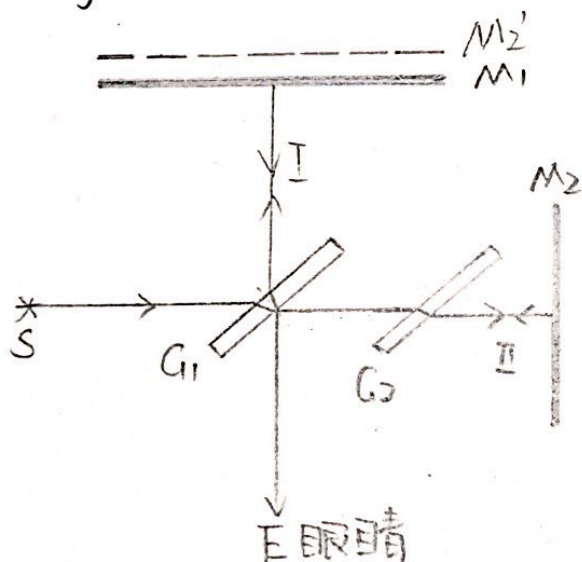


图2. 迈克耳孙干涉仪光路 图3. 干涉仪光路中的相干虚光源

在图2所示的迈克耳孙干涉仪光路中, 当 M_1 和 M_2 两镜面相互

天津大学物理实验报告

附1页

垂直时,眼睛在E处观察到的反射镜 M_2 的虚像 M_2' 是平行于 M_1 的一个平面;而光源S的虚像 S_1 和 S_2' 则可视为两个相干虚光源(参见图3)。其中 S_1 由 G_1 和 M_1 反射得来,而 S_2' 由 G_1 和 M_2 反射得来。若 M_1 与 M_2 相距为 d ,则 S_1 与 S_2' 相距为 $2d$ 。因此,眼睛在E处观察得到干涉现象,如同来自 S_1 和 S_2' 两个虚光源的相干光波叠加产生的干涉图样。就扩展光源而言,发光面上某点,以 i 角入射的光,相当于虚面光源上对应点 S_1 和 S_2' 以 i 角发出的两平行光束的叠加。其光程差 $\delta = 2d \cos i$ 。此式表明当 d 一定时,所有倾角相同的光束具有相同的光程差,会聚到透镜焦平面处的干涉加强与减弱的情况也相同,所以叫做等倾干涉。相同倾角的光束会聚于焦平面以光轴为中心的圆周上,所以干涉条纹为一系列明暗相间的同心圆环。圆心处所对应的入射角 $i=0$,两相干光束光程差最大($\delta=2d$),对应的干涉级最高。从圆心向级数^外逐渐降低(与中疏环相反)。

当移动平面镜 M_1 的位置,使 M_1 与 M_2 的距离 d 逐渐增大时,干涉环会一个一个“冒”出来;反之,当 d 减小时,干涉环会一个一个向中心“缩”进去。每冒出或缩进一个干涉环,相应光程差改变一个波长,也就是 M_1 镜与 M_2 间的距离变化了半个波长。若观察到 ΔN 个干涉环的变化,则距离 d 的变化量 $\Delta d = \frac{\Delta N \lambda}{2}$ 。因而 $\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta N}$ 。

实际观察干涉条纹时,若以人眼取代图中的凸透镜,就能够直接看到干涉环。这时环心总是在眼睛的光轴上,因而随眼睛移动而移动。

(图见下页)。

实验题目:

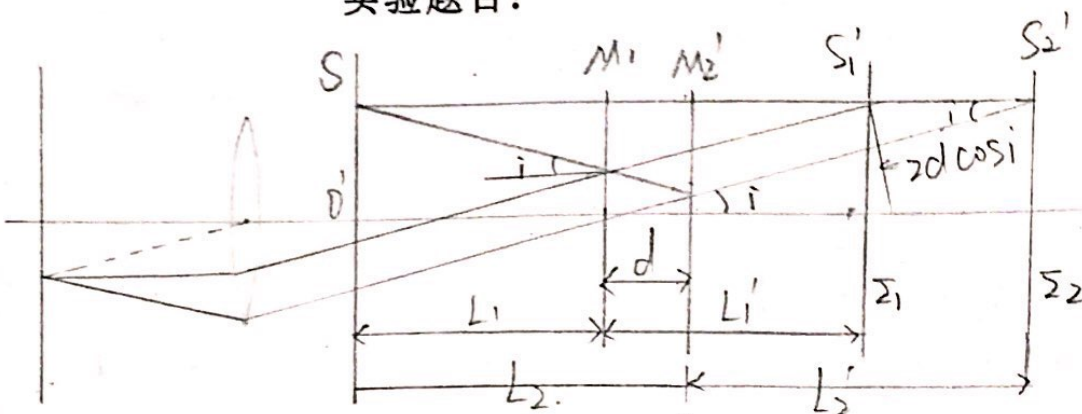


图4. 等厚干涉条纹的产生.

2. 等厚干涉条纹和白光干涉条纹.

当 M_1 与 M_2' 相距很近时, 稍许调斜 M_2' 镜, M_1 与 M_2' 间形成的劈形膜在扩展光源照射下, 可形成定位于镜面附近的等厚干涉条纹. 由 $\delta = 2d \cos i$ 可得.

$$\delta = 2d \cos i = 2d (1 - \sin^2 \frac{i}{2}) \approx 2d (1 - \frac{1}{2} i^2) = 2d - di^2.$$

若 M_1 与 M_2' 相交, 交线上 $d=0$, 所以 $\delta=0$. 因光束 II 被 G_1 反射时有相位变化, 所以在交线处产生较暗的直条纹, 即中央条纹. 在交线两侧附近, 因 d 很小, 而 i 也很小, 故式中的 di^2 项可忽略, 于是有 $\delta=2d$. 所以产生的近似直条纹与中央条纹平行. 离交线较远处因 di^2 项的影响增大, 条纹发生弯曲, 凸向中央条纹.

由于干涉条纹的明暗取决于光程差 δ 与光源波长 λ 之间的关系, 因此若用白光光源, 各种波长的光产生干涉条纹明暗互相重叠. 各色光在中央暗条纹两侧散开, 产生多种混合色. 组成彩色条纹. 而在较高的干涉级, 几乎每一位置都有各种颜色的光.

天津大学物理实验报告

附2.页

出现,基本上合成白色,所以白光干涉条纹每侧可见条纹数较少.

五.实验内容及要求 实验步骤

1. 观察等倾干涉条纹.

(1) 点亮带有毛玻璃窗的钠灯,使毛玻璃片与干涉仪的分束器等高,并正对反射镜 M_2 .

(2) 检查固定镜 M_2 后的3个调节螺丝以及两个微调拉簧螺丝,使其松紧适中,留有双向调节余量.

(3) 调节粗调手轮,使两个反射镜与分束器的距离大致相等.这时视场上将出现经 M_1 镜和 M_2 镜反射的两组毛玻璃上的“T”字影像,调节固定 M_2 后的调节螺丝,使视场中的两组“T”字像重合,直至视场中出现干涉条纹.若条纹很模糊或看不到干涉条纹,可转动粗调手轮约半周,再重新调节两“T”字像重合.调出干涉条纹后,再用两个拉簧螺丝仔细地调节 M_2 镜的方位,把干涉条纹调成环形,环的中心调至视场中央.直到眼睛上下左右移动时,环心处条纹明暗无明显变化,此时 M_2 与 M_1 即达到完全平行.

六.原始数据与数据处理.

用逐差法处理数据.

		20 (环数)	60 (环数)
干涉环变化数目 N_1	0	40	80
M_1 镜的位置 d_1/mm	45.59000	45.60210	45.61566
干涉环变化数目 N_2	160	200	240
M_1 镜的位置 d_2/mm	45.64012	45.65205	45.66435

光波长
(用此反
反面).

此处
地方太
其余数
据见反
面

天津大学物理实验报告

机械学院 大二 年级 工程力学 专业 2 班 姓名 李艺染 成绩

实验日期: 2017.4.25 学号 3015201042 同组实验者 无

续表

实验题目:

用逐差法处理数据, $\Delta N = 120$.

$\Delta N = N_2 - N_1$	160	160	160	160	160
$\Delta d = d_2 - d_1 / \text{mm}$	0.05012	0.04995	0.04869	0.04970	0.04956
$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta N} \times 10^6 / \text{nm}$	626.5	624.38	608.62	621.25	619.50

$$\bar{\lambda} = \frac{626.5 + 624.38 + 608.62 + 621.25 + 619.5}{5} = 620.5 \text{ nm}; \quad \bar{\Delta d} = 0.04960 \text{ mm}.$$

1) 不确定度分析
平均值的标准偏差.

$$S_{\bar{\lambda}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{5 \times 4}} = \sqrt{\frac{1}{20} \times [(626.5 - 620.5)^2 + (624.38 - 620.5)^2 + (608.62 - 620.5)^2 + (621.25 - 620.5)^2 + (619.5 - 620.5)^2]} = 3.11 \text{ nm}.$$

$$U_A = t_{0.683}(3) S_{\bar{\lambda}} = 1.32 \times 3.11 = 4.108 \text{ nm}.$$

$$U_B = \frac{1 \times 10^{-4}}{75 \sqrt{3}} = 0.77 \text{ nm}.$$

$$\text{不确定度 } U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 4.18 \text{ nm}.$$

$$\therefore \text{测量结果 } \lambda = 619.8 \text{ nm} \pm 4.2 \text{ nm}.$$

2) 相对误差分析.

钠光的标准波长为 589.3 nm, $\bar{\lambda} = 620.5 \text{ nm}$.

$$\text{相对误差为 } \frac{|620.5 - 589.3|}{589.3} \times 100\% = 5.3\%$$

天津大学物理实验报告

附3页

七、误差分析.

1. 实验结论: 钠光波长的实验值为 620.5 nm , 与标准值的相对误差为 5.3% .

2. 误差分析.

(1) 干涉是否为严格的等倾干涉影响实验数据精确度. 严格的等倾干涉要求移动反射镜镜面 M_1 和虚反射镜镜面 M_2 严格平行. 当两镜不平行的时候, 形成的条纹不是等倾干涉. 当不是等倾干涉条纹的时候, 就会对波长的计算产生误差.

(2) 读数误差.

肉眼判断缩进或冒出的条纹, 数条纹数时读测微螺旋数时会产生随机误差.

(3) 当人头左右上下移动时, 干涉环会随之有冒出和缩进, 会对数环数目 N 造成影响, 从而形成误差.

八. 拓展与设计

[题目] 利用迈克耳孙干涉仪测一厚度已知的薄片玻璃的折射率. 先导实验公式再进行测量.

[方法1] 插入和不插入透明介质, 分别调出零光程差的彩色条纹. 记下 M_1 镜的位置 d_1 和 d_2 .

$$2|d_1 - d_2| = 2(n-1)h \Rightarrow n = \frac{d_1 - d_2}{h} + 1$$

[方法2] 先是不放玻璃片做好实验, 后放入玻璃片.

观察干涉环移动的个数 N .

$$(n-1)h = k\lambda \Rightarrow n = \frac{k\lambda}{h} + 1$$

原始数据

干涉环变化数目 N . M 镜的位置. d/mm .

0	45.59000
20	45.59610
40	45.60210
60	45.60875
80	45.61566
100	45.62208
120	45.62805
140	45.63411
160	45.64012
180	45.64580
200	45.65205
220	45.65831
240	45.66435

2.1/5up 841
2917.4.25