

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 迈克尔逊干涉仪的调整和使用

学 院: 信息与通信工程学院

班 级: 2018211128

姓 名: 吴辉强

学 号: 2018213487

任课教师: 杨胡江

实验日期: 2019.11.29

成 绩: 95

北京邮电大学 物理实验中心 印制

实验目的

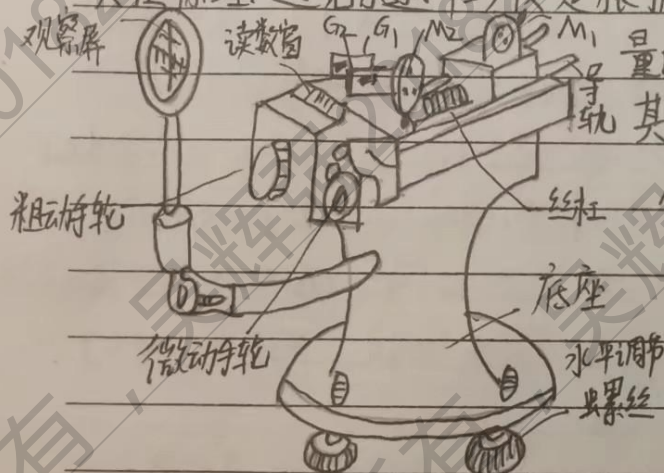
1. 了解迈克尔逊干涉仪的结构, 学习调节和使用方法
2. 观察不同定域状态的干涉条纹
3. 测量单色光的波长
4. 观察光源的光谱分布影响干涉条纹清晰程度的现象
5. 测量钠光的波长差和相干长度

实验仪器名称 [型号、主要参数]

迈克尔逊干涉仪, 半导体激光器, 钠光灯

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

实验原理: 迈克尔逊干涉仪是根据光的干涉原理制成的一种进行精密测量的仪器, 在科学技术上有着广泛应用, 其外形结构图如左图所示。



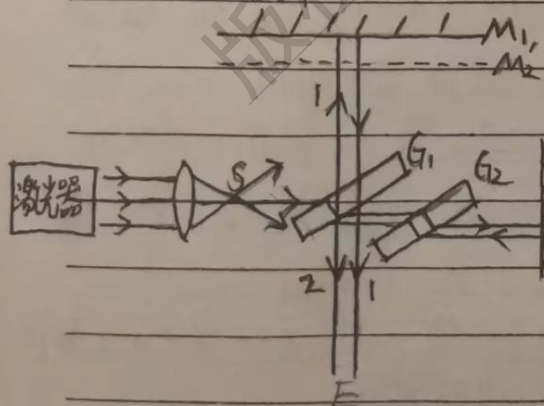
M_1 : 活动反射镜 M_2 : 固定反射镜

G_1 : 分光板 G_2 : 补偿板

M_1 镜位置由三个读数尺所读出的数值来确定, 分别为主尺(毫米)、粗动手轮刻度、微动手轮刻度。读数前须

调零, 先调微动手轮, 再调粗动手轮, 且转动方向一致。

12) 光路分析



光路原理图

光源 S 上一点发出的光线射到玻璃平板 G_1 的半反射层被分为光线 "1" 和 "2", 其是相干光。放上 G_2 后, 使光线 "2" 补偿了到达 E 时光路中缺少的光程, 故称 G_2 为补偿板。光线 "2" 也可看作从半反射层中看到的 M_2 的虚像 M' 反射而来, 因 M' 非实物, 故可方便改变 M_1 和 M' 之间的距离。

2. 点光源产生的非定域干涉条纹

两个相干的单色点光源所发出的球面波在相遇的空间处处皆产生干涉现象, 因此这种干涉为非定域干涉。

如图, 点光源 S 经 M_1, M_2 反射后相当于两个虚光源 S_1, S_2 发出的相干光束, 但 $S_1, S_2 = 2d$ 。

屏上出现的干涉条纹为同心圆。

由于 $L \gg d$, $\Delta L = \frac{2dL}{\sqrt{L^2 + r^2}} = 2d \cos \theta = k\lambda$ (明纹)

$(2k+1)\frac{\lambda}{2}$ (暗纹)

k : 级数, λ : 波长

其中, 对 $\theta=0$ 的明条纹, $\Delta L = 2d = k\lambda$, $\Delta d = \Delta k \cdot \frac{\lambda}{2}$

从迈克耳逊干涉仪测出 Δd 并数出“吞吐”环数 k , 可求波长 λ 。

3. 面光源产生定域干涉条纹。由面光源产生的在特定区域内存在的干涉现象,

称为定域干涉, 可分为等倾干涉和等厚干涉。

1) 等倾干涉: M_1, M_2 相互平行, $\Delta L = AC + BC - AD = 2d \cos \theta$

干涉条纹是一系列与 θ 对应的明暗相间的同心圆环形干涉条纹。

d 增加时, 圆环从中心“吐出”条纹; d 减小时, 圆环“吞进”条纹变稀疏。

2) 等厚干涉: M_1, M_2 有一个很小的角度, θ 很小, $\cos \theta \approx 1$ 。

$$\Delta L = 2d.$$

出现一组平行于 M_1 和 M_2 交线的明暗相间的直条纹。

4. 光源的光谱分布对干涉条纹的影响。

1) 双谱线使干涉条纹的清晰程度随光程差作周期性变化, $\Delta L = \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda}$

2) 谱线的宽度使干涉条纹的清晰程度随光程差的增加而下降, $\Delta L = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$

实验步骤: 1. 测量氦氖激光的波长: 每吞(或吐)50环记录一次数据, 连续测量。

2. 调出清晰、无视差的钠光干涉条纹 3. 测量钠光两谱线的波差:

干涉条纹的可见度为周期性变化, 连续记录干涉条纹消失。

注意事项: 1. 迈克耳逊干涉仪非常精密, 操作不可急躁; 不能用手或其他东西触摸其各光学元件 2. 激光不能直射眼 3. 测量前须调整零点。

杨朝江

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

1. 测量氦氖激光的波长

k_i	0	50	100	150	200
$d_i(\text{mm})$	37.41686	37.44125	37.45804	37.47479	37.49128
k_i	250	300	350	400	450
$d_i(\text{mm})$	37.50784	37.52444	37.54125	37.55812	37.57419

用图解法, 如图, 求得 $\frac{\Delta d}{\Delta k} \approx 3.31429 \times 10^{-4} \text{ mm}$

利用公式 $\lambda = 2 \frac{\Delta d}{\Delta k} = 6.62858 \times 10^{-4} \text{ mm} = 662.858 \text{ nm}$

与标称值 (650nm) 比较:

百分误差为 $\frac{662.858 - 650}{650} \times 100\% \approx 1.978\%$

2. 测量钠光两谱线波长差 (选作)

i	1	2	3	4	5	6
$d_i(\text{mm})$	34.680	34.871	35.197	35.476	35.789	36.081

用逐差法: $\Delta d = \frac{(d_6 + d_5 + d_4) - (d_3 + d_2 + d_1)}{3^2} \times 10^6 \text{ nm} \approx 288666.7 \text{ nm}$

利用公式: $\Delta \lambda = 2 \Delta d \approx \frac{\lambda^2}{\Delta \lambda} = \frac{(589.3 \text{ nm})^2}{\Delta \lambda}$

$\Rightarrow \Delta \lambda = \frac{(589.3 \text{ nm})^2}{2 \times 288666.7 \text{ nm}} \approx 0.6015 \text{ nm}$

与公认值 0.597nm 进行比较:

百分误差为 $\frac{0.6015 - 0.597}{0.597} \times 100\% \approx 0.75\%$

回答问题与实验总结

1. 等厚干涉条纹的形成需要 M_1 、 M_2 不再垂直, 也即 M_1 、 M_2' 不再平行, 而是有微小夹角, 且二者之间所加的空气膜较薄(使得分开的两个波列再次相遇产生干涉)。

2. 如果不加补偿板 G_2 , 则不易看到中心圆斑及条纹, 干涉条纹模糊不清甚至根本就看不清干涉条纹, 因光程差偏大, 所能看到的条纹级数高, 能量低。加补偿板 G_2 , 其与分光板材料相同, 厚度相当, 则不会产生较多额外的光程差, 使干涉现象更明显, 消除了两相干光之间的不对称。特别是在使用复色光(尤其是白光)作光源时, 因为玻璃和空气的色散不同, 补偿板更不可缺少。

实验总结: 通过本次实验, 体会到迈克尔逊干涉仪设计的巧妙, 在使用仪器中加深了对干涉现象的理解。将课堂上大物的理论知识应用到实践, 提高了自己动手能力, 同时, 在操作精密仪器时一定要爱护仪器, 在读数测量时要有足够的耐心进行精准操作, 以减小误差, 总之, 收获颇多!

任课教师指导意见

实验3.11 迈克尔逊干涉仪的调整与使用

姓名 吴辉强 合作者 _____ 班级 201821128 教师 杨胡江 实验时间 2019.11.29 实验组号 9

一、预习要点

1. 各种类型干涉条纹的形成条件、特点、变化规律及相互之间的区别；
2. 迈克尔逊干涉仪的结构、调节方法；
3. 迈克尔逊干涉仪如何消除螺距引起的误差及正确读数的方法。

二、实验注意事项

1. 在实验过程中，不能用手触摸干涉仪的所有光学面；
2. 注意不能裸眼直接看激光光源；
3. 迈克尔逊干涉仪很精密，操作时同学要轻调慢拧，不要冲着仪器说话、咳嗽等；
4. 测量读数时，要消除螺距差；
5. 在调节反光镜背后的三个螺钉及两个微调弹簧时，要轻微旋转，不宜调的过紧；实验完毕后，要把螺钉及弹簧都恢复到松弛状态；
6. 在改变 M_1 镜位置的过程中，不得将拖板调至两个尽头，以免损坏仪器。

三、数据表格

1. 测量氦氖激光的波长：每吞（或吐）50环记录一次数据，连续测量。
请在调整刻度零点且圆环吞吐均匀后，再开始记录。

k_i	0	50	100	150	200
d_i (mm)	37.41686	37.44125	37.45804	37.47479	37.49128
k_i	250	300	350	400	450
d_i (mm)	37.50784	37.52444	37.54125	37.55812	37.57419

2. 调出清晰、无视差的钠光干涉条纹（选作）。

北京邮电大学物理实验要求及原始数据表格

3. 测量钠光两谱线的波长差：干涉条纹的可见度为周期性变化，连续记录干涉条纹消失（即可见度最差）的位置，连续测量（只读主尺和粗调手轮的读数）（选作）。

i	1	2	3	4	5	6
d_i (mm)	34.680	34.871	35.197	35.476	35.789	36.081

杨胡江

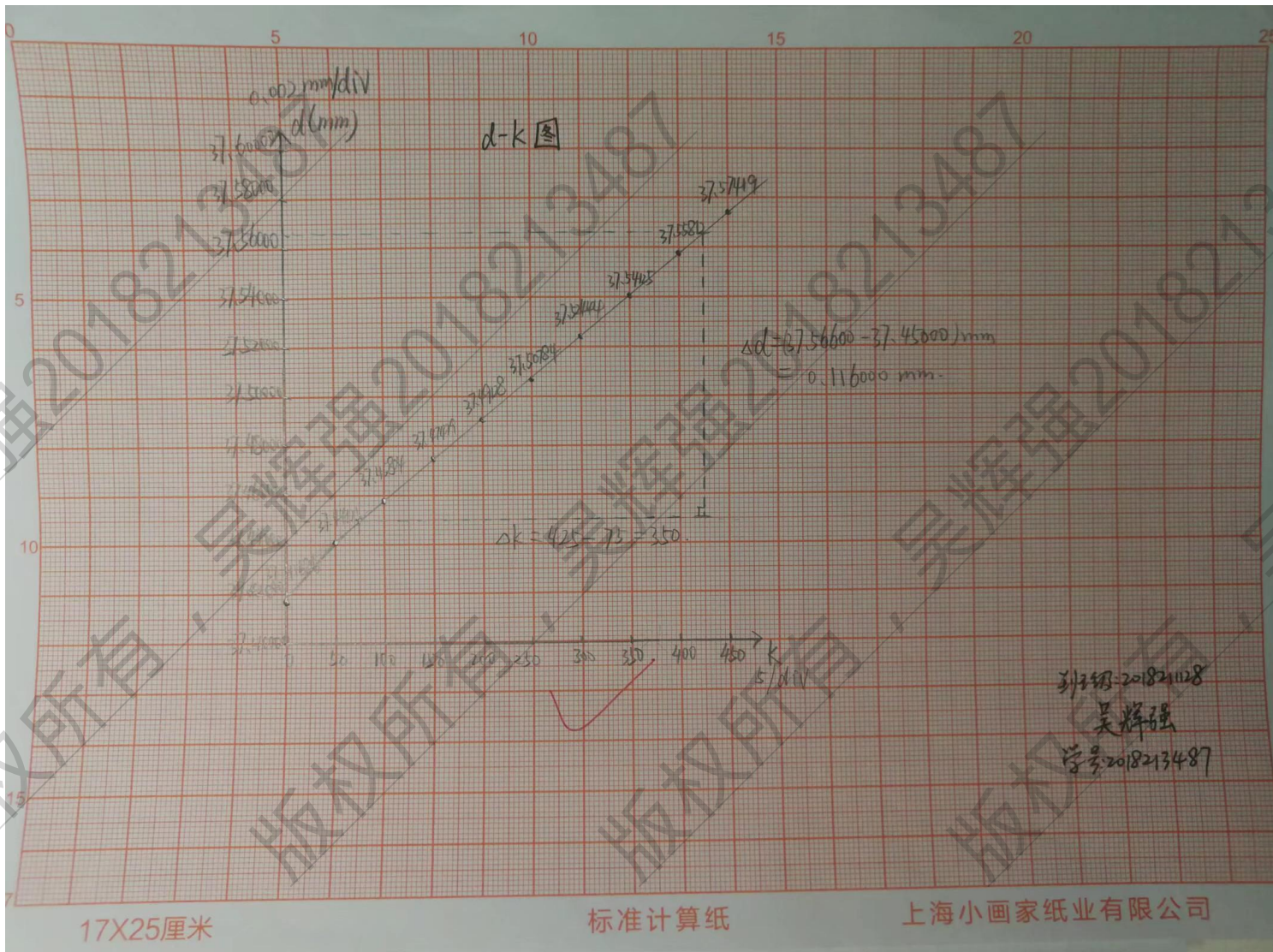
教师签字

四、数据处理要求

- 计算半导体激光的波长：作 $d-k$ 图，图解法求 $\frac{\Delta d}{\Delta k}$ ，并利用公式 $\lambda = 2 \frac{\Delta d}{\Delta k}$ ，计算激光的波长 λ ，与标称值（650nm）进行比较，计算百分误差；
- 列表用逐差法处理数据，并利用公式 $\Delta L_p = 2\Delta d \approx \frac{\bar{\lambda}^2}{\Delta \lambda}$ ， $\bar{\lambda}$ 取公认值 589.3nm，计算钠光两谱线的波长差 $\Delta \lambda$ ，并与公认值 0.597nm 进行比较；（选作）

五、思考题

- 在什么情况下，可以观察到等厚干涉直条纹？
- 如果不加补偿板 G_2 会发生什么现象？试解释。



313组-2018211128
吴辉强
学号2018213487

17X25厘米

标准计算纸

上海小画家纸业有限公司