

近代物理实验报告——双频外差激光干涉仪

物理 4+4 胡喜平 U201811966 hxp201406@gmail.com <https://hxp.plus/>

摘要：光的干涉在精细的测量中有广泛的应用，双频外差激光干涉仪就是一例。本次实验搭建双频外差激光干涉仪，来探索它的性质。

关键词：双频外差激光干涉、声光调制器

一、引言

【实验目的】

掌握声光调制器的使用方法，搭建双频外差激光干涉仪光路，观察参考光和测量光的信号。

二、实验内容与数据处理

【实验原理】

非偏振双频激光干涉仪如图所示，其中两束氦氖激光存在无论是到 PD1 还是 PD2 都存在一定的光程差，为了方便讨论将图上四个位置用字母 A、B、C、D 表示。PD 表示光电测量器，AOM 表示声光调制器。

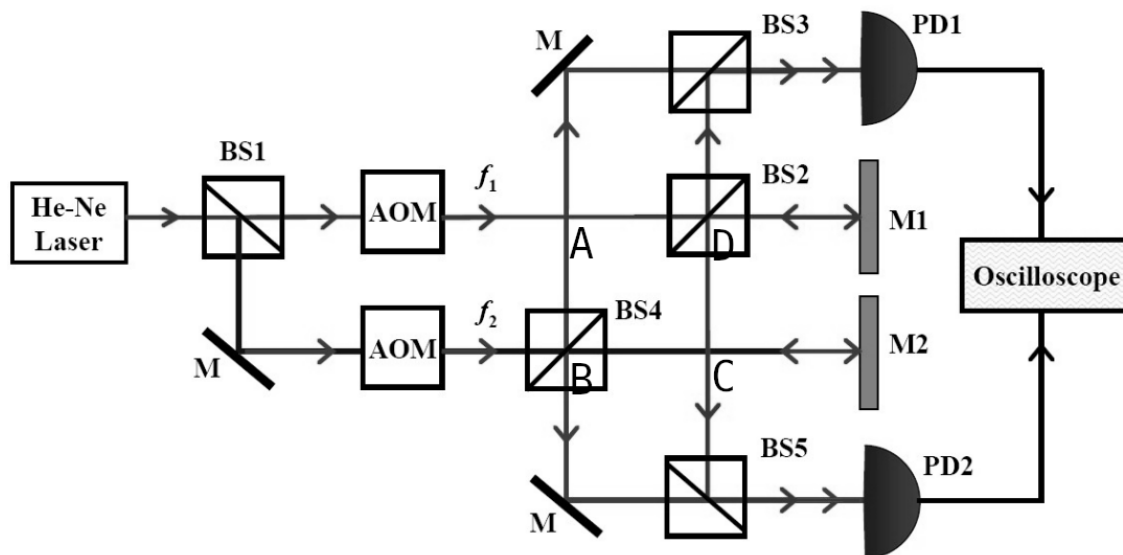


图 1: 非偏振双频激光干涉仪示意图

其中抵达 PD1 的是参考光，抵达 PD2 的是测量光。实验中直接测量的量是两组干涉激光的测量信号的相位差 $\Delta\phi$ ，间接测量反射镜 M2 与 M1 的相对位移 ΔL 。

我们假设刚开始两个反射镜水平方向是没有位移的，那么对于**参考光**，频率为 f_2 的光比频率为 f_1 的光多走的距离是 $2\overline{AB}$ 。而对于**测量光**，频率为 f_2 的光比频率为 f_1 的光多走的距离是 $2\overline{BC'}$ 。

因此为了防止出现奇怪的情况，在搭建实验光路的时候，应当尽量让这个系统保持是二维的，不要让光有竖直方向的偏差。其中实验中测量到的信号的光强信号为：

- 参考光： $I_r \propto I_0 \cos[2\pi(f_1 - f_2)t + (\varphi_{01} - \varphi_{02})]$
- 测量光： $I_m \propto I_0 \cos[2\pi(f_1 - f_2)t + (\varphi_{01} - \varphi_{02}) + \Delta\phi]$

两个反射镜之间的相对位移为：

$$\Delta L = \frac{\lambda}{4\pi} \Delta\phi$$

下面是一个**偏振双频激光干涉仪**示例

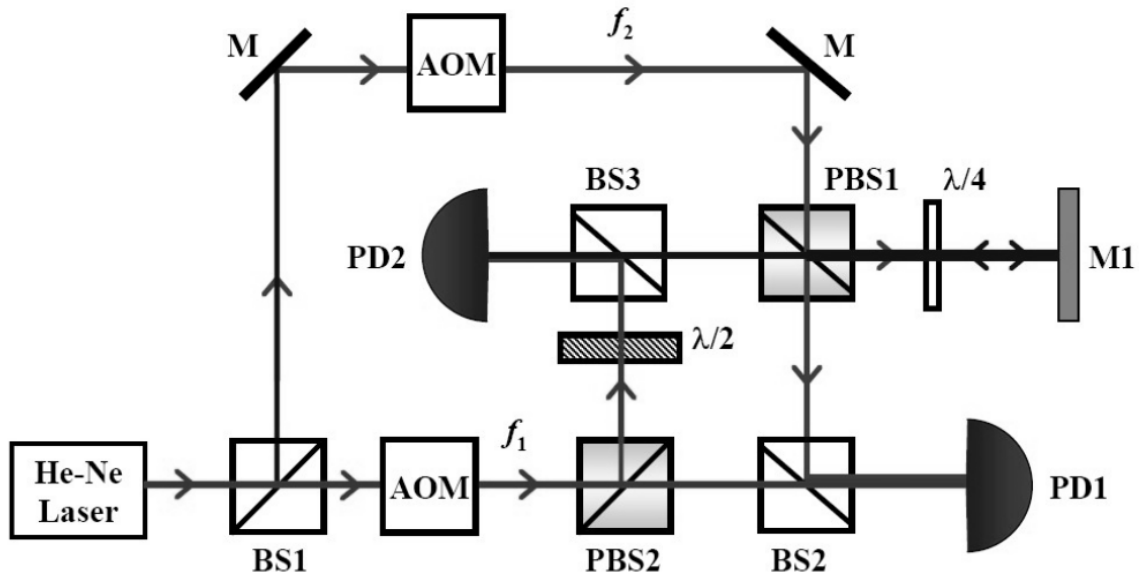


图 2: 偏振双频激光干涉仪示意图

通过移动反射镜 M1，造成测量光的相位发生变化，由于 M1 到 PBS1 的距离光走一来一回了两遍，反射镜位移和相位差之间的关系依然是：

$$\Delta L = \frac{\lambda}{4\pi} \Delta\phi$$

因此用示波器测量 $\Delta\phi$ 可以间接测量 ΔL 。

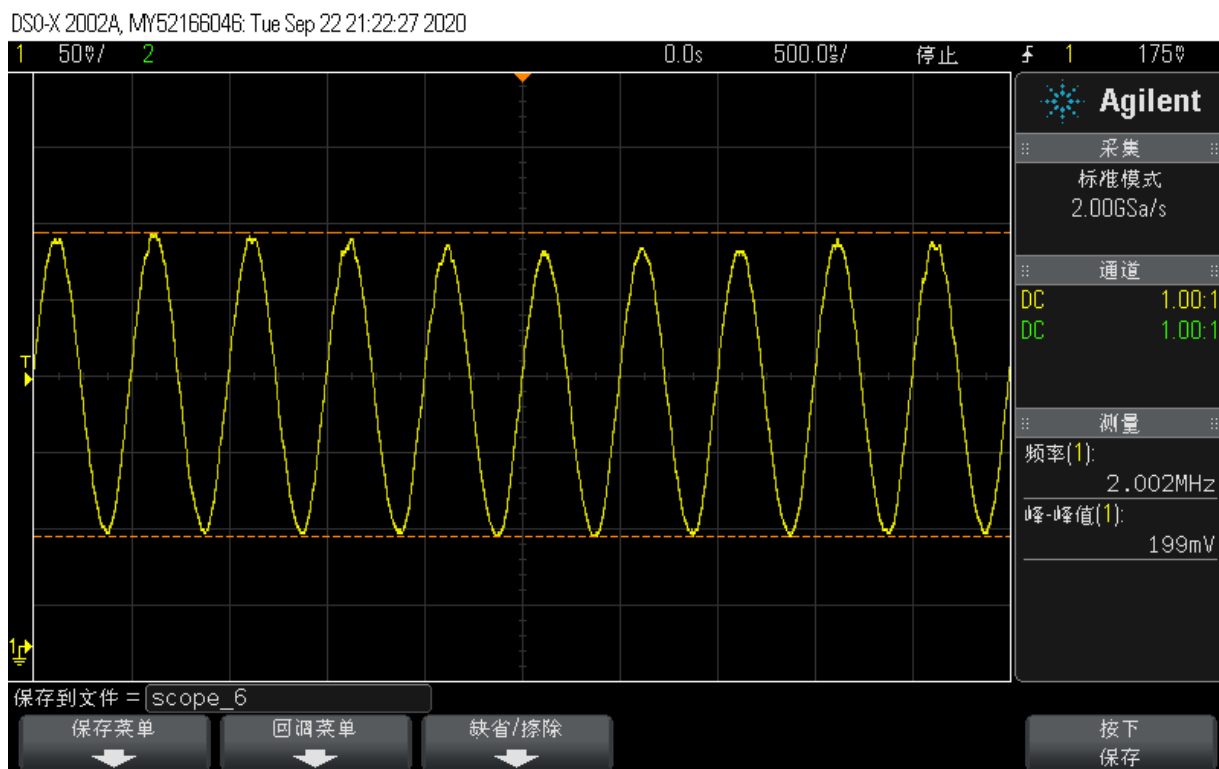
【实验内容】

- 使用声光调制器对激光光束进行调制，产生不同频率的激光。搭建**非偏振双频外差激光干涉仪**光路。
- **不考虑偏振**的情况下，观察和比较参考光和测量光的干涉信号，通过两干涉信号相位差测量决定光程差，得出**相位差与反射镜移动位移**的函数关系。

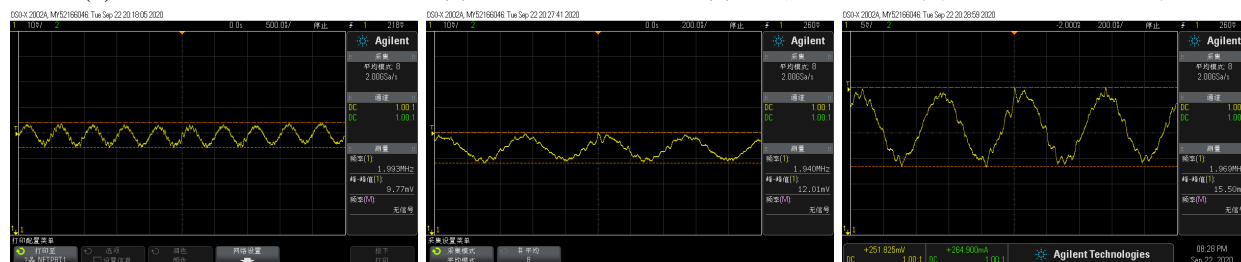
- 考虑偏振的情况下, 设计基于偏振的双频外差激光干涉仪, 重复上述测量。

【实验结果的分析和结论】

我们在实验中由于不知道光学实验的操作要领, 光学实验经验不足, 前期光路总是调不好, 浪费了太多时间。最终还是搭建好了测量光和参考光的光路。实验中我们曾经 4 次搭好参考光路, 得到的示波器图像如下



(a) 实验中得到的最好的参考光图像, 是最后一个出来的图像, 那时候我们已经掌握了做光学实验的要领



(b) 第一次测量到参考光的图像

(c) 第二次测量到参考光的图像

(d) 第三次测量到参考光的图像

图 3: 实验中得到的参考光图像

同时我们使用参考光的搭建经验来搭建了测量光。测量光由于经过了多次反射与透射, 光的强度远没有参考光强, 因此参考光的探测器有测量光 10 倍的灵敏度。我们反复对准光路, 已经竭尽全力使得光路是保持在二维平面内对准的状态, 但是依旧没有得到稳定的图像。后面我们尝试关掉实验室里的灯来使激光看起来更亮, 因为测量光实在太弱了, 肉眼不仔细看很难看见, 关灯后能看的比较清楚, 调节光路的时候会更精准。但是即使是这样还是只能在示波器里面得到模糊的图像, 图像只能勉强看出是驻波, 频率根本无法测量, 因此也没有办法用来测量光的相位差。下面是我们得到的一些图像

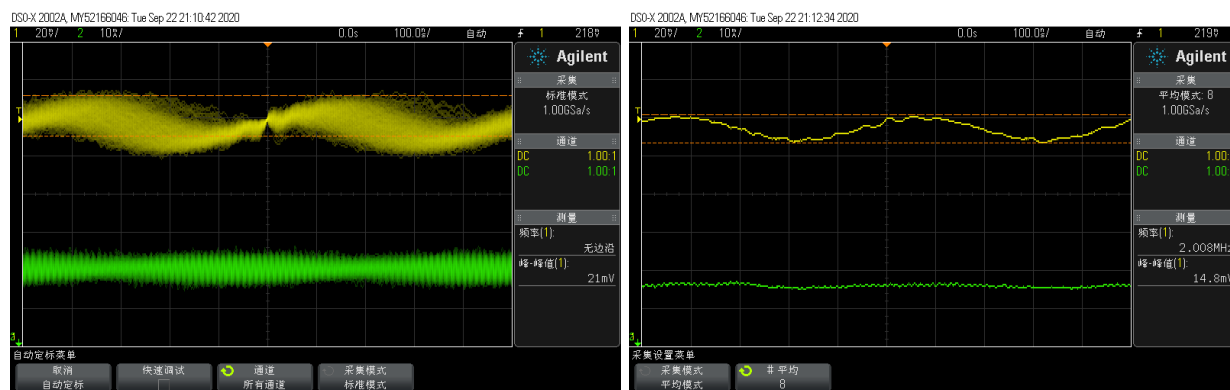


图 4: 实验中得到的测量光图像

图像里参考光一点问题都没有, 频率也测出来是 2MHz, 但是测量光就是测不出频率。可能是激光光源不够强, 也可能是环境噪声太大或者是仪器不够好。

【实验中遇到的问题及解决方法】

通过这次光学实验我找到了光学实验的要领, 就是每一步都要保持光在同一平面。是否光还是平行于实验台需要拿尺子测量, 在近处测量一次光到实验台的距离, 远处测量一次, 距离不能有肉眼可见的一点偏差。

三、参考文献

近代物理实验讲义