

淮南师范学院实验报告

学院： 电子工程学院 专业： 物理学 班级： _____

学号： _____ 姓名： _____ 日期： _____

实验名称：实验十四 全息照相

实验目的：

- 掌握像面全息图的记录和再现原理。
- 学习搭建物光与参考光光路并制作全息图。
- 观察全息再现像，分析光强比、稳定性和几何条件对像质的影响。

实验原理：

全息记录利用相干物光 O 与参考光 R 在记录介质上的干涉，将物光的振幅和相位信息编码为强度分布：

$$I = |O + R|^2 = |O|^2 + |R|^2 + OR^* + O^*R.$$

经显影、定影后，全息图成为复杂衍射光栅。用与记录参考光相同或相近的光照明时，衍射光重建原物光波前，从而形成虚像或实像。

若物光与参考光夹角为 θ ，干涉条纹间距近似为

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2\sin(\theta/2)}.$$

记录时参考光通常略强于物光，以获得较好的条纹调制度。相同波长和几何条件下再现时，

像面全息图的横向放大率近似为 $M = \Delta x_i / \Delta x_p$ 。

主要仪器设备：氦氖激光器、分束镜、反射镜、扩束镜、准直镜、被摄物、全息干板及夹具、减振平台、显影和定影器材。

实验步骤：

- 在减振平台上布置激光器和分束镜，将激光分成物光和参考光两路。
- 调节反射镜、扩束镜和准直镜，使物光均匀照明物体并到达干板，参考光均匀照明同一区域。
- 调整两路光程差，使其小于激光相干长度；设置两束光夹角约 30° 。
- 测量物光和参考光光强，调节至参考光略强于物光；遮光静置，待平台稳定后曝光。

- 按规定时间显影、漂洗、定影和干燥全息干板。
- 用参考光方向照明全息图，观察再现像并测量像距和像宽。
- 操作中严禁直视激光束，曝光期间不得触碰平台。

原始数据记录：

本实验记录像面全息图拍摄时的光路参数、光强比和再现像尺寸。激光波长取 $\lambda=632.8\text{ nm}$ 。

表 1 全息记录光路参数

次数	物光路/cm	参考光路/cm	两束光夹角/(°)	物光强/(mW·cm ⁻²)	参考光强/(mW·cm ⁻²)	曝光时间/s
1	80.2	82.0	30.0	0.38	0.70	5.0
2	80.0	81.6	30.0	0.40	0.72	5.0
3	80.4	82.2	30.0	0.39	0.71	5.0

表 2 再现像尺寸测量记录

次数	记录时物距 z _p /mm	再现像距 z _i /mm	物宽Δx _p /mm	再现像宽Δx _i /mm
1	300.0	302.0	20.0	20.1
2	300.0	304.0	20.0	20.3
3	300.0	301.0	20.0	20.1

数据处理：

参考光与物光在干板上的干涉条纹间距近似为

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2\sin(\theta/2)}.$$

当 $\theta = 30.0^\circ$ 、 $\lambda = 0.6328\text{ }\mu\text{m}$ 时，

$$\Lambda = 1.22\text{ }\mu\text{m},$$

说明记录介质需要具有微米量级的分辨能力。

光强比定义为

$$K = \frac{I_r}{I_o}.$$

表 3 参考光与物光光强比

次数	I _r /I _o
1	1.84
2	1.80
3	1.82

平均光强比 $\bar{K} = 1.82$ 。

再现像横向放大率为

$$M = \frac{\Delta x_i}{\Delta x_p}.$$

表 4 再现像横向放大率

次数	$\Delta x_i/\Delta x_p$
1	1.005
2	1.015
3	1.005

平均横向放大率 $\bar{M} = 1.008$ ，接近 1，表明记录与再现几何条件基本一致。

实验结果与讨论：

本实验设定参考光与物光夹角约 30°，估算干涉条纹间距约 1.22 μm；参考光与物光光强比约为 1.82，曝光时间取 5 s。再现像横向放大率约为 1.008，能够观察到与物体轮廓一致的再现像。

全息照相对稳定性要求较高。曝光期间若光路振动达到波长量级，干涉条纹对比度会明显下降。参考光过强会使物光信息相对不足，参考光过弱则条纹对比度下降；本实验取参考光略强于物光，以兼顾曝光和条纹调制度。再现像清晰度还受干板处理、物体离板距离、光束扩束均匀性和再现光方向影响。