

教师签字

总成绩

(注: 为力保实验质量, 防止抄袭与后5位, 请大家合作。)

## 实验(49) 全息照相

## 一. 实验目的

1. 学习静态全息照片的拍摄技术及其再现像观察的方法;
2. 了解全息照相技术的基本原理和主要特点。

## 二. 实验原理

物体上各点发出的光是一种电磁波。所谓全息照像, 它能够把光波的全部信息——振幅和位相, 全部记录下来, 并能完全再现被拍摄光波的全部信息, 从而再现物体的立体像。

1. 全息照相的记录——光的干涉: 全息照相是利用光的干涉原理记录物光波的全部信息。氦-氖激光器 HN 射出的光束通过分光板 S 分成两束。一束经反射镜 M<sub>1</sub> 反射, 再由扩束透镜 L<sub>2</sub> 使光束扩大后照射到被摄物体 D 上, 经物体表面反射后照射到感光底片 H 上。这部分光叫做物光(O光)。另一束光经 M<sub>1</sub> 反射, L<sub>1</sub> 扩束后直接投影到 H 上, 这部分光叫参考光(R光)。两束光到达底片上的每一点都有确定的相位关系。由于激光的高度相干性, 两束光在全息干板上叠加, 形成稳定的干涉花样并被记录下来。

$$d_i = \frac{\lambda}{2 \sin \frac{\theta_i}{2}} \quad \lambda - \text{相干光波长} \quad \theta_i - \text{物光与参考光之间的夹角}$$

干涉图像中亮条纹和暗条纹之间亮暗程度的差异, 取决于两束光波的强度等多种因素。

2. 全息照相的再现——光的衍射: 全息照相在全息干板上记录的不是被摄物体的直观形象, 而是无数组干涉条纹复杂的组合。其中每一组干涉条纹有如一组复杂的光栅, 因此当我们观察全息照相时, 必须采用一定的再现手段, 即用拍摄时相同的激光作照明光(再现光), 并使它与全息干板的夹角与拍摄时参考光和全息干板的夹角相同。

三. 实验主要步骤或操作要点

## 3. 全息照相的特点

- (1) 全息照片所再现出的被摄物体形象是一个三维立体像。
- (2) 同一张全息干板可进行多次重复曝光记录。
- (3) 若用不同波长的激光束照射全息照片, 再现像可以得到放大或缩小。再现光的波长大于原参考光时, 像放大; 反之缩小。
- (4) 全息照相再现出的物光波是再现光的一部分。

## 实验步骤:

### 拍摄静物的全息照片

#### 1. 在全息台上布置光路

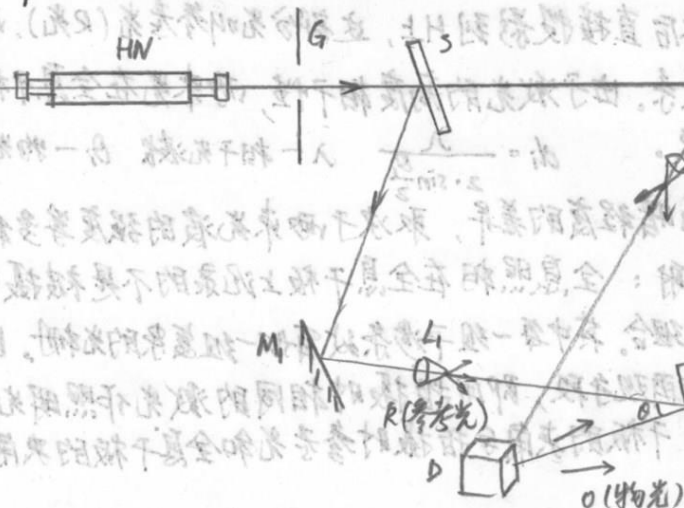
- (1) 物光路和参考光路大致等光程
- (2) 放入  $L_1$  和  $L_2$ , 使被摄物和全息干板位置分别受到光束及参考光束均匀的照明。
- (3) 调整参考光与物光的光强比在合适的范围内。

#### 2. 曝光

- (1) 由光强情况选定曝光时间
- (2) 挡住激光束, 装全息干板。全息干板乳胶面应向着激光束。
- (3) 静置数分钟, 然后曝光。

#### 3. 全息干板的显影、定影

#### 4. 经冲洗、吹干后, 即可准备观察再现像。



拍摄全息照片的原理光路图。

#### 四. 实验数据

物光光程:  $75.8\text{cm}$

显影时间:  $1.5\text{min}$

参考光光程:  $75.0\text{cm}$

定影时间:  $5\text{min}$

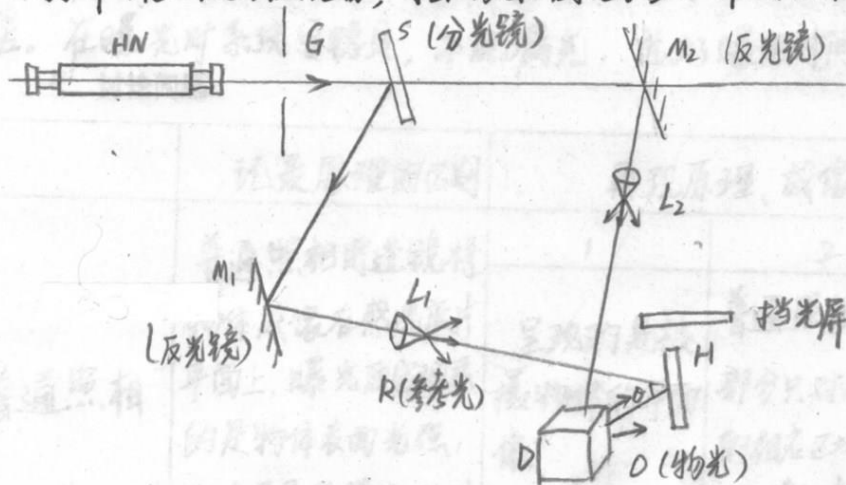
曝光时间:  $25\text{s}$

夹角:  $35^\circ$

$$\text{光程差} = 75.8\text{cm} - 75.0\text{cm} = 0.8\text{cm}$$

#### 五. 实验步骤

1. 本实验在防震实验台上进行, 调节各光学元件的中心等高, 使激光束大致与实验台平行.
2. 打开 He-Ne 激光器, 摆好如图光路, 并使其相对位置符合实验条件.



3. 由于 S (分光镜) 的作用, 用  $M_1$  反射较强的一束光.
4. 调节物光光程与参考光光程差小于  $3\text{cm}$  且尽量小.
5. 调节 D 与 H 间距离约为  $10\text{cm}$ , 且  $30^\circ < \theta < 45^\circ$ .
6. 调节 H 屏方向使其法线平分  $\theta$  角.
7. 将各元件固定, 调整其俯仰角, 使光路打到准确位置.
8. 在光路中加入  $L_1$  与  $L_2$ , 并加入挡光屏.

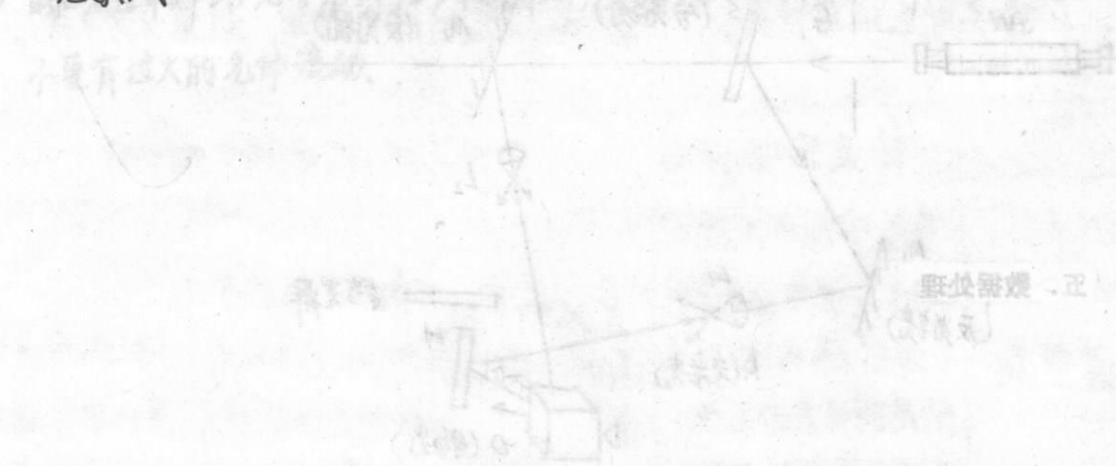
9. 确定曝光时间为 25s.

10. 关掉快门. (包括劣质的绿色光屏). 取出底片并安装, 装好后先用  
手将其包住, 以防止提前曝光.

11. 远离实验台, 避免振动, 减少噪声, 启动快门.

12. 显影及定影. 显影液与定影液由实验室提供. 显影时间 1.5 min,  
定影时间 5 min. 之后将底片放在清水中冲洗直至药水全部冲净.  
晾干.

13. 观察成像.



1. 光源 - 光源位于右侧, 发出光线, 经过透镜 (焦距为 20 cm) 后, 在屏幕上形成倒立的实像.

2. 透镜 - 透镜位于光源和屏幕之间, 焦距为 20 cm. 当物体位于透镜前 10 cm 处时, 成像在透镜后 40 cm 处.

3. 物体 - 物体位于透镜前 10 cm 处, 高度为 10 cm. 成像在透镜后 40 cm 处, 高度为 40 cm.

4. 成像 - 成像在透镜后 40 cm 处, 高度为 40 cm. 成像为倒立的实像.

5. 实验 - 实验过程中, 保持光源、透镜和屏幕的位置不变, 改变物体的位置, 观察成像的变化.

6. 结论 - 实验结果表明, 当物体位于透镜前 10 cm 处时, 成像在透镜后 40 cm 处, 高度为 40 cm. 成像为倒立的实像.



## 六. 实验结论及现象分析

**实验现象：**按照实验要求摆好光路后，物体表面上有经过发散的  
红光，且光强合适。安装好底片后进行照像，曝光时间为25s，其间  
没有干扰情况，曝光效果较好。定影并清洗后再进行观察可以看到  
清晰的物像，但需要多次观察找到观察物像的最合适的角度。

## 实验结论：

实验中获得清晰的再现像的关键是要选用具有良好的相干性和稳定性的  
激光作光源。光路的调整是至关重要的。一个好的光路既要使物光和参考光  
发生干涉，还要保证干涉条纹间隔清晰，反差合适。所以首先调好物光和参考光的  
光程，再调整物光与参考光之间的夹角及物光和参考光的光强比，保证清晰度和  
反差。在曝光时系统要稳定，不能漏光，选好曝光时间，避免人为干扰。

## 七. 讨论问题

	记录原理的区别	再现原理、成像特点的区别		
		1	2	3
普通照相	普通照相用透镜将物体成像在感光底片平面上，曝光后它记录的是物体表面光强，无法记录光振动的位相。	呈现的是被摄物体的平面像	普通照相的每一部分只对应物体的相应区域。照片一旦撕碎，任一片都无法反映原物体的完整形象。	同一张普通照相多次重复曝光，则记录的家重叠再现。
全息照相	全息照相拍摄依据的是光的干涉原理。它记录的 not 是被摄物体的直观形象，而是包含物光波信息的无数组干涉条纹的复杂组合。即利用干涉原理记录了物光波的振幅和位相。	全息照相再现是依据光的衍射原理。它能完全再现被摄物光波的全部信息从而再现物体的立体像。	全息底片上任一小区域都以不同的物光倾角记录了来自整个物体各点的光信息。因此一片碎片能再现完整的物体像。	同一张全息感光板可进行多次重叠曝光，并能互不干扰地再现各自的图像。

## 2. 必须具备下列三个基本实验条件:

- (1) 高分辨率的记录介质, 从而保证形成的这中幅十分密集, 十分复杂的干涉图像能记录下来.
- (2) 相干性好的光源, 从而保证拍摄时物光, 参考光形成良好的干涉条纹系统.
- (3) 良好的减振装置.

### 注意:

- (1) 尽量减少物光与参考光的光程差.
- (2) 使参考光和物光的光强比在  $2:1 \sim 10:1$  之间.
- (3) 曝光过程中, 感光底片除参考物光之外, 要防止其他杂散光照射上.
- (4) 曝光过程中各光学元件应严格固定, 严格防止各种振动干扰, 不要大声说话, 不要有过大的气体流动.