

南昌大学物理实验报告

课程名称：普通物理实验（3）

实验名称：全息照相

学院：理学院 专业班级：物理学 151 班

学生姓名：黄泽豪 学号：5502115014

实验地点：B310 座位号：14

实验时间：第五周星期四上午 9:45 开始

【实验目的】

1. 掌握全息摄影的基本原理、实验装置以及实验方法
2. 学习拍摄漫反射物体的三维全息图
3. 掌握全息照相的再现性质和观察方法，掌握全息照相的主要特点

【实验原理】

1. 全息照相记录

我们知道，光是电磁波，单色平面光波用电场 E 表示如下：

$$E = E_0 \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

式中， E_0 为振幅， $2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ 为相位，是光波中两个主要特征或信息，任何光波也同样包含着两个信息。。物体的明暗、形状和远近就是靠物光中的振幅、相位来区别的。

2. 全息照相的基本过程

通常全息照相有两个过程：第一，利用光波干涉把物光的全部信息记录在感光板上，由于两束相干光波的振幅、相位差以及两束光间的夹角等决定了感光板上干涉条纹的反差、形状以及疏密程度，因此，干涉条纹中包含了物光波的振幅信息和相位信息。典型的全息记录装置如图 42-1 所示。激光发出的光，一部分照明物体，经物体散射而至感光板，这部分光叫物光（O 光）。另一部分激光照明感光板，叫做参考光（R 光），在感光板上物光和参考光叠加产生干涉，形成条纹，经适当的曝光与冲洗，就得到一张有干涉条纹的“全息照片”——全息图。第二，利用光波的衍射对全息图进行物光波的再现。显然，由于板上所记录的是物光和参考光的干涉图样，它与原始物体没有任何相像。所以要观察物体像，还必须一个再现过程。如图 42-2 所示。用一束与记录时参考光相同的光波照明全息图，并通过它的复杂条纹（就像通过一块复杂光栅一样）发生衍射。由理论分析可知，衍射光波包含有三种成分，以衍射角度来说，他们是 0 级和 ± 1 级衍射光；以再现光波来说，它们是零级光波、物光波以及共轭物光波。当迎着物光波的方向，衍射光的 +1 级方向，可以看到物体的再现立体像，这是虚像，它与原始物体有一样的特征，另外还有由 -1 级会聚衍射光波形成的一个实像，成为共轭像，观察时用屏可以找到。

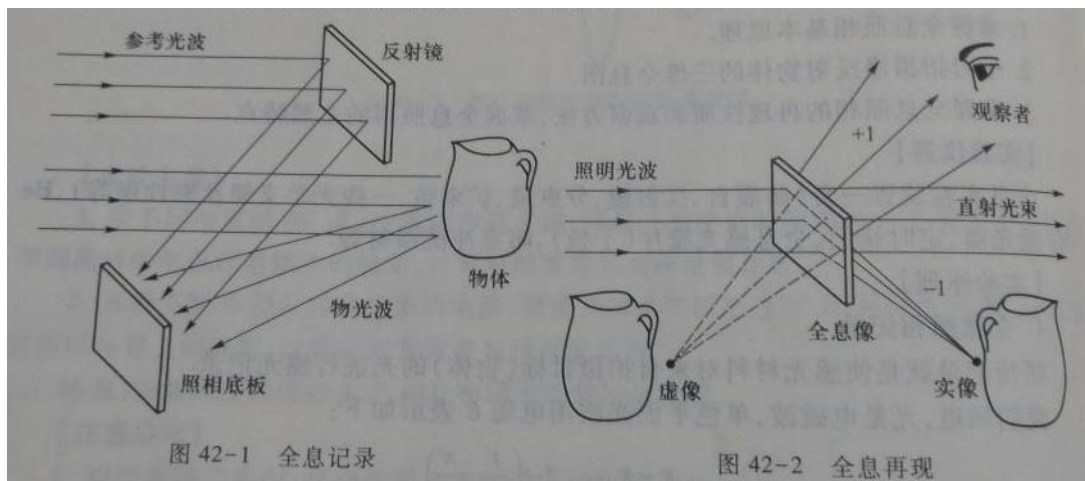


图 42-1 全息记录

图 42-2 全息再现

3. 拍摄系统的技术要求

全息拍摄是在全息干板上记录物光（O 光）与参考光（R 光）在其上的干涉条纹，为了照出合乎要求的全息图，对拍摄系统有一定的要求。

- (1) 要求全息拍摄的光学系统具有很高的机械稳定性。
- (2) 采用良好的相干光源。
- (3) 高分辨率的感光板
- (4) 合理的光路

4. 全息图的主要特点

(1) 体视特性。使全息图再现物光时, 所看到的物体是一副完全逼真的三维立体图像。当我们从不同的角度观察时。就好像面对原物体一样, 可以看到物体的正面和被遮的侧面。

(2) 可分割性。全息照片曝光时, 干板上的任一小区域都记录了整个被拍物体的物光信息, 因此, 即使它被弄碎(或掩盖、玷污)了一部分, 仍可以用残片在现出完整的像。

(3) 多重记录性。全息照相曝光一次后, 只要稍微改变干板的方位(如转一小角度), 就可同一干板上进行两次、三次曝光(在分辨率和总曝光量许可的情况下), 再现时, 就可从不同的时角度观察各自的拍摄内容, 相互不影响。

(4) 物像亮度、大小可调性。由于再现物光是再现光的一部分, 所以再现光强, 物像就亮; 用不同波长的激光再现, 或者沿再现光方向改变全息图的位置, 就可看到不同大小的物像。

【实验仪器】

全息实验装置一套(防震台、反射镜、分束镜、扩束镜、一些光学支架和磁性座等)、He-Ne 激光器、定时快门、全息感光胶片(干板), 暗室冲洗器材等。

【实验内容及步骤】

漫反射物体全息照片的拍摄及再现步骤

1. 熟悉实验环境, 了解防震台的结构, 了解光源及所用光路元件的性能、调节方法, 了解干板的装夹方法, 冲洗设备位置。

2. 调整光路。按光路图布置拍摄光路, 并作如下调整: 调节各元件等高, 使参考光均匀照亮干板夹上的白屏; 调节入射光均匀照明被摄物体, 使物体反射光最强部分照射在白屏上; 调节屏的方位及光路方向, 使物光、参考光的夹角为 40° 左右; 调节物光、参考光的光程大致相等; 最后, 通过轮阻挡住物光、参考光, 目测白屏上两光的强度, 调整扩束镜的远近, 使白屏上的两光的光强比为 1:4 左右。

3. 曝光拍摄: 根据物光、参考光的总强度, 确定曝光时间(通常由实验室给出参考时间), 关闭所有光源, 将干板的药面朝向物体, 取下夹上的白屏, 换夹上干板, 稳定片刻, 启动定时器, 进行定时曝光。这时, 应避免人为的影响, 保持肃静。曝光后, 取下干板, 按照暗室操作规定, 在暗室中进行显影、停影、定影、水洗及冷风干燥等过程。在白光下透射观察全息图时, 若有彩虹现象, 说明拍摄冲洗成功。

4. 物光的全息再现与观察: 按光路图观察再现虚像, 干板药膜面向着扩束照射光, 转动干板, 在照射光与干板的夹角和记录时参考光与干板夹角相同时, 眼睛迎着原物光波方向, 就可以看到原物处有被拍物体逼真的立体虚像。观察时注意比较再现虚像的大小、位置 and 原物体的情况, 体会全息照相的体视性。用有小孔的卡片在全息图的不同部分观察再现虚像, 体会全息照相的可分割性, 记录观察结果。观察再现实像只要拿掉扩束镜, 用白屏在-1 级衍射方向观看看到再现实像。

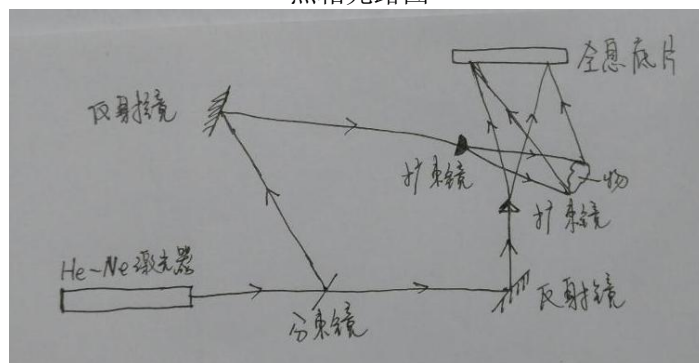
如有条件, 实验室可提供其他类型的全息观察内容。

【注意事项】

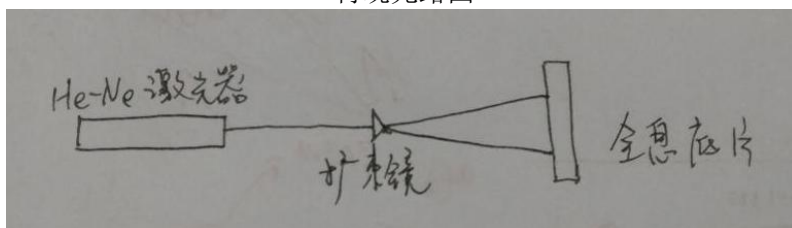
1. 遵守光学实验的操作规定
2. 曝光过程中避免人为的振动, 保持肃静
3. 遵守暗房操作规程
4. 注意安全, 不要直视激光束, 不要随便触摸激光器和电源。

【数据处理】

照相光路图



再现光路图



【实验结果分析与小结】

这个实验是一个非常精确的实验，一点细小的扰动都可能导致实验不成功。所以这就需要在调整仪器的时候细心而谨慎。就比如在调整照相光路时，物光和参考光的角度需要调整到 40° 左右，如果没有达到这个要求，光线不能再干板上形成良好的干涉。同时，还需要使物光和参考光的光程差大致相等。有一个比较好判断的标准，就是物光和参考光在光屏上成的像的大小要大致相同，并且重合在一起。