

全息照相与全息光栅

一、实验目的：

1. 学习全息照相的基本技术和再现立体像的方法。
2. 了解全息光栅的原理。
3. 学会制作全息光栅和测定光栅常数。

二、实验仪器：

全息光台、氦氖激光器及电源，快门及定时曝光器、反射镜、分束镜、扩束镜、准直镜、载物台、全息干板、洗相设备。

三、全息照相实验原理

全息照相可以重现物体的立体像，是一种形成光学像的新方法。而且，无论是从基本原理，还是从拍摄和观察方法上来看，全息照相都与普通照相有着本质上的区别。普通照相所记录的是物体通过透镜系统成像时像平面上的光强（或振幅），而全息照相所记录的是底板所在平面上物光波前的全部信息（振幅和相位）。直接观察全息照片时，看不到被摄物体的像，只有再现光通过全息底板衍射后，才可再建物光波前，使我们看到立体像，故全息照相过程分为全息记录和波前重现两个步骤。

为了记录物光在底板平面上的振幅分布和相位分布，需要另一与之相干的光波（参考光）和它一起投射到底板上进行干涉。下面为全息照相光路图中的一种：

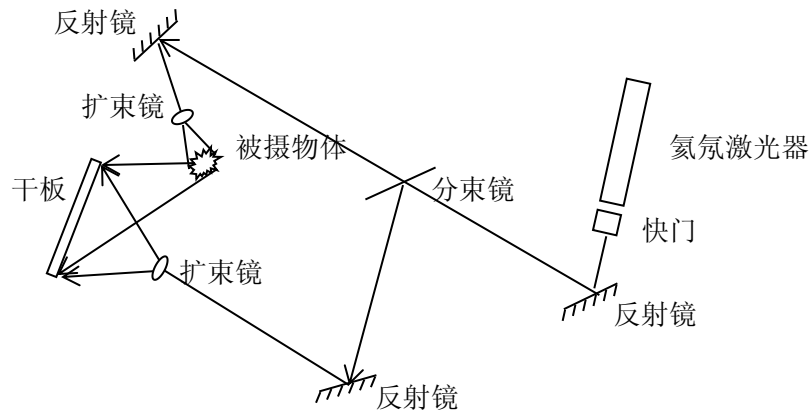


图 1 全息照相拍摄光路之一

激光器发出的相干光经分束镜分为透射和反射两束光，其中一束反射光再经反射镜转向扩束镜扩束之后作为参考光直接打在干板上。另一束透射光经另一反射镜转向前再经一扩束镜扩束后照射在被摄物体上，再由被摄物体发出散射光照到底板上称为物光。

物光与参考光相互干涉，形成复杂的干涉条纹被记录在照相底板上，就得到被摄物体散射光的全部信息。要拍好一张全息照片需要具备三个基本条件：第一，要有一个很好的相干光源；第二，保证全息照相所用系统的稳定性；第三，高分辨率的感光底板。全息一型干板其极限分辨率每毫米可达 3000 条（普通感光胶片每毫米只可记录 50 至 100 条条纹）。

四、全息照相实验内容与步骤：

1. 打开激光器，设计安排光路；参考光与物光的光程大致相等、光强比一般在 5: 1 到 10: 1 为宜；

2. 关闭曝光定时器的快门，将干板装在板夹上，乳胶面对着光入射的方向，静置两分钟左右曝光。
3. 将曝光后取下的干板进行暗室处理。
 - (1) 置于 D-19 显影液中显影 2 分钟，取出在清水中冲洗一下；
 - (2) 置于 F-5 定影液中定影 3 分钟，取出在清水中冲洗一下；
 - (3) 置于 R-10 漂白液中漂洗到黑色去净取出，水洗一分钟（开灯操作）。
4. 观察全息图：
 - (1) 漫反射物体虚像的观察：将底板放在经扩束镜扩束的激光光路中，如图所示，转动底板，当光束射于底板上的角度满足拍摄时参考光的入射角度时，可看到被摄物体的三维立体虚像。

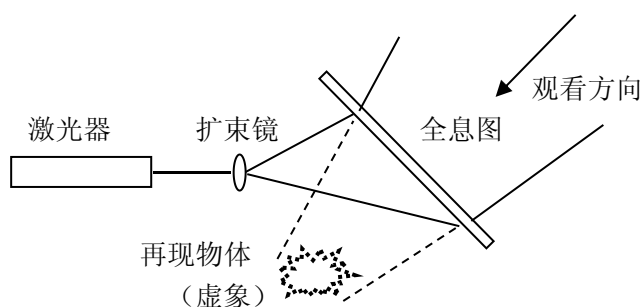


图 2 观看全息再现虚像光路

- (2) 漫反射物体实像的观察：全息底板上的每一点都记录了物光波前的全部信息，因此，可以用激光器发出的激光束直射底板上任意一处的玻璃面如图所示，用毛玻璃做屏，放在适当的位置，可在屏上看到物体的实像

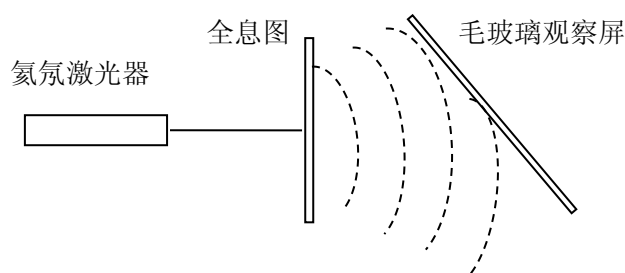


图 3 观看全息再现实像光路

五、全息光栅实验原理

全息光栅是一种衍射光栅，人们充分利用了单色光双光束干涉条纹具有等宽等距的特点来制造全息光栅。全息光栅制作的原理简单。操作方便，所用光路灵活，利用如图所示光路以及其他的平行的光路都可以制作全息光栅。全息光栅不仅可以代替一般光栅用于教学实验，还可以根据某些实验的特殊要求，如卷积演示，光学微分，图象相减等实验来制造各种空间频率的全息光栅，全息正交光栅，全息复合光栅等等。

两束相干平行光成一定角度相交时，将在相交区域形成干涉条纹，用全息干板将此干涉

条纹拍摄下来便是一块全息光栅，实验采用的是如下图所示的光路：

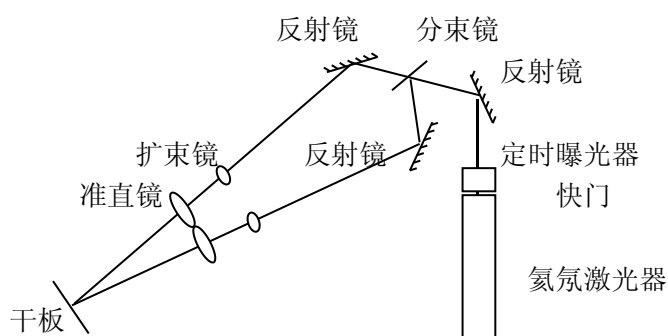


图 4 拍摄全息透射光栅光路图

光路主要由一块分束镜、三块反光镜、两个准直透镜、两个扩束镜、快门和氦氖激光器组成。从氦氖激光器出射的单色光波经反射、分光、再反射、调等距后，再经扩束、准直汇聚在干板上。且两束光之间的交角越大，干涉条纹越密，拍摄的防震要求越高。

干涉条纹间隔用 d 表示，则空间频率为 $n=1/d$

θ 取不同角度相应的条纹间隔 d 与空间频率 n 的关系如下表所示：

θ	15°	30°	60°	150°
d (μm)	2.4	1.2	0.63	0.33
n (条/毫米)	410	820	1580	3050

$$n = \frac{1}{d} \text{ (条/毫米)}$$

六、全息光栅实验步骤：

1. 在工作台上按上图摆好光路；
2. 关闭快门，放好干板，曝光 5 秒，取下干板进行暗室处理；
3. 利用分光仪测量出摄制的全息光栅的衍射角，计算光栅常数 d (测量方法参看实验十一)。

计算光栅常数公式：
$$d = \frac{K\lambda}{\sin \phi}$$
 (其中 ϕ 为 λ 的衍射角)

七、实验报告的要求：

1. 认真记下全息照相对所用光路各元件之间相对位置、被摄物体相对位置、物光与参考光相对于底板的大致角度 (画图说明)；
2. 记录曝光时间、显影、定影条件；
3. 画图说明再现光路、虚实像的位置方向；
4. 拍摄全息光栅有详细的原理和步骤；有光路图；有光栅拍摄成败的原因分析。
5. 回答下列思考题：
 - A. 全息照相是怎样记录物光位相的 (简要说明)
 - B. 全息图片与普通相片有什么区别？
 - C. 实验过程中发现什么问题，你是怎样解决的？