

种物理现象同时发生,同时存在于同一电磁过程之中,正是能量转化与守恒这一普遍规律在电磁现象中的生动体现。很清楚,如果其中一个定则不存在,那么就会失去能量转化的条件,因而使另一个定则也就失去了存在前提。进一步的分析,不难发现左、右手定则就是磁场中运动电荷受电磁力的规律:  $F = qv \times B$  的两个不同的反映。式中,  $F$  是电荷所受到的电磁力,  $q$  是电荷电量,  $v$  是电荷运动速度,  $B$  是磁感强度。所以,只有这样从能量转化与守恒的观点来分析左、右手定则所描述的两种物理现象之间既相互对立又相互依存的辩证关系,才是抓住了本质。

通过以上的分析,把一些基本的概念和规律用矛盾斗争和转化的观点串了起来,找到了它们之间的内在联系,使学员能够比较深入地理解和掌握。学员们深有体会地说:“应用辩证法指导教学,受到很大启发。在加、减、乘、除的数学运算中也反映了事物的内在联系。例如在欧姆定律  $I = \frac{U}{R}$  的关系中,一个简单的除号却反映了电压和电阻在形成电流上的矛盾斗争。”“这样教学既学习了自然科学知识,又学习了唯物辩证法。这对于用无产阶级的世界观来转变我们的思想,起到了积极的推动作用。”

## 装置简单的全息干涉实验

周尚文 刘国英

(兰州大学物理系激光组)

在本刊四卷三期上,我们介绍过一种可挪动、拆卸的装有简单防震装置的“光全息照相实验”,这里我们再介绍应用此装置进行的一些全息干涉实验,并探讨用这个装置进行全息干涉计量的可能性。

### 一、实验装置

实验装置和上次相同,这次只在原来防震台的底座内添加了一些重物(约200公斤),所有实验都改在白天进行。开始一部分实验(如后面图5、9b等)仍用横模为  $TEM_{00}$  的激光管,后来因这只管子不出光了,便换用我们实验室自制的激光管,功率约为1mW,横模是  $TEM_{00}$ 。

大部分实验用图1所示的光路。物光束与参考光束的强度比约1:5。

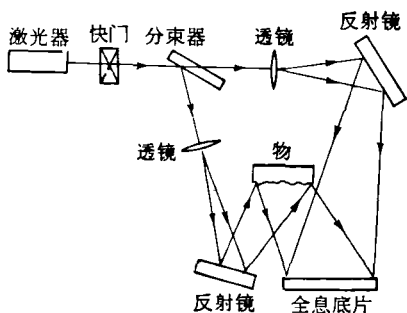


图1 全息照相实验光路示意图

记录材料用的是天津感光胶片厂1974年出产的

第5期

一批1型全息底片,按照上次实验所述的方法和仪器,确定了这批底片的合适曝光量为1800 [格·秒]。为了缩短曝光时间,底片在使用前都经过敏化,其工艺流程如下:

1. 于水中浸半分钟;
2. 于5%的三乙醇胺水溶液中浸7秒钟;
3. 用水漂洗半分钟;
4. 于不透光容器中自然干燥。

对一批底片,最好试验确定合适的处理时间,两次水洗对底片敏化的均匀程度有显著改进。敏化了的底片的合适曝光量为300 [格·秒]。

### 二、全息干涉实验

1. 实时干涉。对拍摄物,按正常的全息照相程

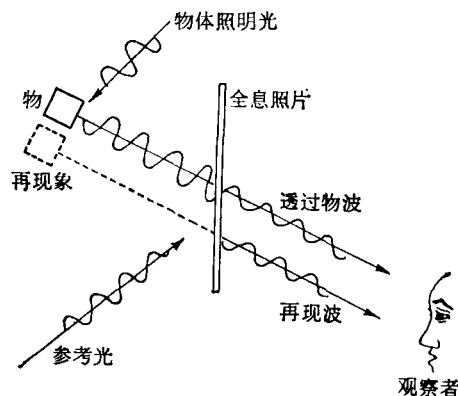


图2 再现波和透过物波相干示意图

序,制成全息照片。假如用原来的参考光束照明全息照片,同时用原物光束照明物体,这样在全息照片后的空间内就可同时观察到全息再现光波和透过全息照片的物光波(如图2),二者是相干的。若再现像上各点严格地与物体上的相应点重合,相干的结果将看到物体是暗的。若再现像和物的位置发生了可与使用波长长度相比拟的变动,相干的结果将观察到亮的物体与一组干涉条纹。这种全息照相的再现光波与物光波的相干现象,叫做实时干涉现象。

为了观察实时干涉,应保证光路的各个部分在拍摄全息片时和观察时的情况一样,特别是底片在曝光后,要经过显、定影处理和干燥等过程。因此,使底片(乳胶面)在曝光时和实时观察时的位置相同是一个关键问题。为此,我们采用了实时法中使用较广的底片就地冲洗法,即把已曝光的底片在支持架上保持不动,在显、定影过程中尽量避免触动底片和支持架。我们的底片架很简单如图3所示。显、定影液盛在大小合适的容器内,用手拿着进行冲洗。

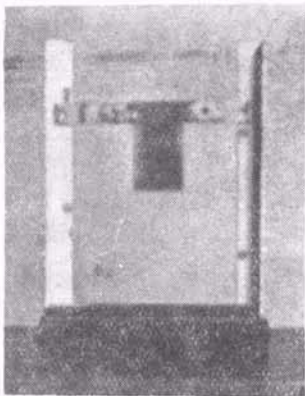


图3 底片架

观察实时干涉的第二个问题是全息照片的再现像较暗,而用物光照明的物体很亮,这对干涉现象的观察造成很大不便。因此,需把物光减弱,使在全息照片后分别看到的物体和再现像的亮暗差不多,这个过程叫亮度匹配,经过匹配后,一般就会看到反差较好的干涉条纹。物光的减弱,可在物光光路的扩展光束透镜前加个透射率在10%左右的多层介质膜反射镜。另一简单方法是:用一块宽1厘米的底片,分段进行不同曝光量的均匀曝光,显、定影后就可作为透射率可调的亮度匹配片,使用方便效果也好。

为了确定这种简易防震装置的稳定性对实时干涉的影响,作了以下的试验。拍摄物为直径10厘米、厚1厘米,中央有一直径0.8厘米圆孔的圆铁盘,盘表面喷了银灰色漆以增强对光的漫射。在曝光和观察之间,仪器各部分没有人为变动,底片冲洗完干燥约2小时后,观察到的条纹数最少,有一两条,随着底片乳胶膜

继续变干收缩,干涉条纹数增多,经过24小时后,观察到的条纹如图4所示。实验表明,底片冲洗完毕后,就可进行实时观察,即使在完全干燥后,用这种简单装置的结果也是可以和用其它装置的结果比较的<sup>[1]</sup>。

对一个圆形部分外径为8.5厘米的轴瓦,全息照片制成后,将轴瓦绕竖直轴作了微小转动,观察到的实时干涉条纹如图5。对此条纹的分析,是可以确定轴瓦转动的角位移的。



图4 底片冲洗后出现的干涉条纹

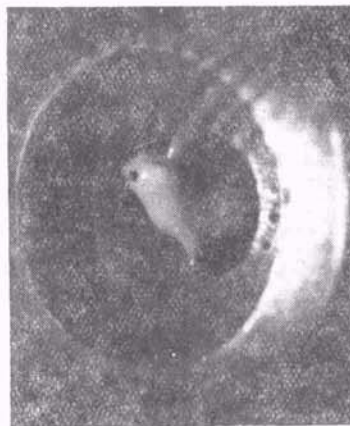


图5 圆形轴瓦作微小转动时观察到的实时干涉条纹

利用实时干涉现象,可以把用全息照片记录的物体状态(如拍摄时的轴瓦位置),和物体的另一状态(如转动后的轴瓦位置)进行干涉比较。它的优点是通过观察干涉条纹的变化,可以实时地、连续地观察物体状态的变化(如逐渐转动轴瓦,就可看到干涉条纹陆续增加),进行实时全息干涉计测。它的缺点要求光路的各部分、底片的位置等现场情况保持的很好,这对很多情况是不方便的或者是不现实的。

**2. 两次曝光干涉。** 在同一块底片上,对一个物



体的两个状态各作一次全息照相的曝光，然后将底片显、定影。再现时将会得到与两个状态相对应的两个像或再现光波(如图 6)，这两个光波也是相干的，这种干涉现象叫两次曝光干涉。

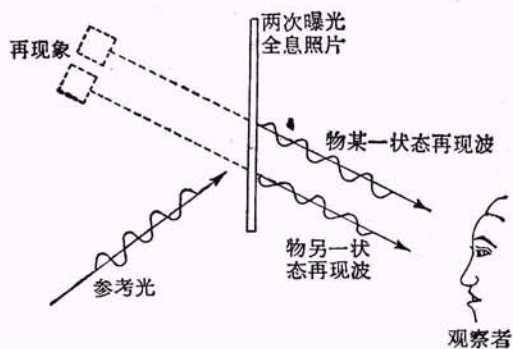


图 6 二个再现波相干示意图

两次曝光的实验是比较容易的，每一次曝光的时间是一般全息照相合适的曝光时间的一半。这种实验的关键问题是物体两个需要拍摄的状态的选择。这种



图 7 圆盘两次曝光全息照片的再现情况

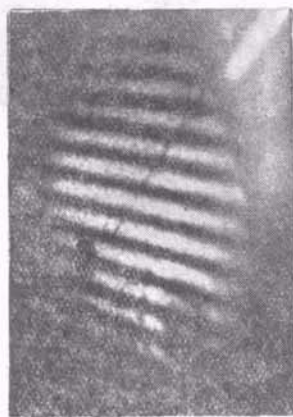


图 8 圆盘轻微转动前后两次曝光全息照片的再现情况

选择通常是用实时法观察确定的。

首先，我们检验了本装置的稳定性对两次曝光干涉的影响，对前述圆铁盘作了两次曝光。全息照片的再现如图 7。两次曝光时和曝光之间整个仪器没有人为的变动，两次曝光之间的时间间隔，考虑到实验中可能遇到的最不利情况，用了 40 分钟，每次曝光时间为 10 秒。干涉条纹表明了各种未控制因素的影响程度。

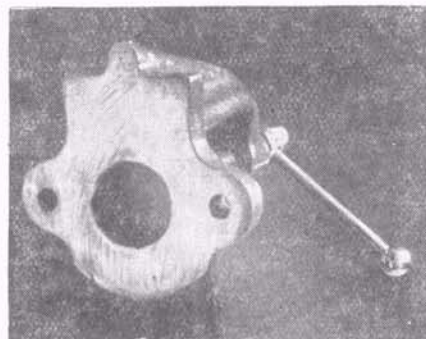
图 8 是将圆盘绕水平轴作了轻微转动前后两次曝光全息照片的再现情况。

两次曝光的全息照片拍成后，对两个比较状态作了永久性的全息记录，以后在任何时候，用激光源都可再现出干涉条纹，它与实时干涉相互补充，成为全息干涉计量的另一主要方法。

### 三、全息干涉计量举例

全息干涉计量已应用在无损检验、微位移测定等方面。

全息干涉计量是利用全息干涉现象对物体表面各点的微小位移的定性或定量的观测。这种位移可能是物体整体的机械运动的结果，也可能是施加其他作用的结果，如物体受力的形变、受热膨胀、物体表面的化学腐蚀或沉积等。关于这个方面，我们的工作很少，现



(a) 小虎钳实物照片



(b) 两次曝光再现的全息照片

图 9 小虎钳两次曝光实验

将工作中接触到的有关事例介绍如下。

图9的拍摄物是可固定在桌边的小虎钳的底座(图9a是实物照片,虎钳主体已卸掉),底座端面最宽处分别约7.5厘米和8.5厘米,底座夹固在竖直的铁块上,在两次曝光之间将固定螺丝旋紧 $30^\circ$ ,干涉条纹的分布如图9b所示,它反映了底座端面因旋紧而产生

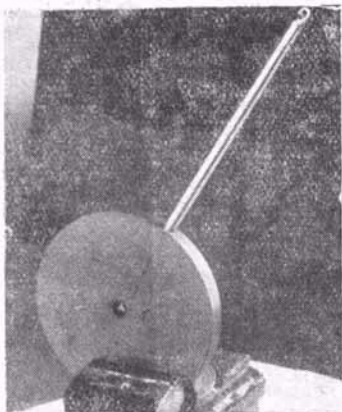
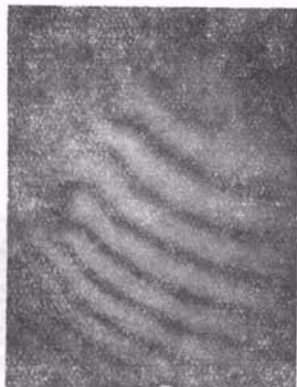
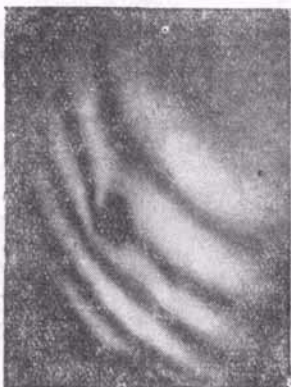


图10 圆盘上插入温度计实物照片



(a) 插入温度计



(b) 拔去温度计

图11 圆盘两次曝光的全息照片

的形变情况。

为了测定圆铁盘的其温度,在盘侧打了一个直径0.6厘米、深4厘米的小孔,插入温度计,圆盘是在下部夹住的,实物如图10。两次曝光是在圆盘中部温度分别为 $21^\circ\text{C}$ 和 $38^\circ\text{C}$ 时进行,升温是用放在圆盘中央孔内的电烙铁加热,烙铁由通电到温度稳定约需40分钟。观察表明,当插温度计的小孔位于上方时(图10所示的位置),与小孔底部所在位置对应的盘面处的干涉条纹有一局部凸起(如图11a)。图11b是当拔去温度计,并把小孔转到下方时的情况。另外,用放在圆盘背后的小电炉加热时,所得的结果大致相似。我们知道,全息干涉计量对蜂窝结构或夹层结构等的内部缺陷的无损检验是成功的。用加热或机械的办法,使这些物体发生形变,利用相应的干涉条纹的局部变异,就足以揭示其内部缺陷的存在。但对探测较大的金属物体的内部缺陷是不适用的<sup>[1]</sup>。

为了检察敏化后底片的干燥程度的影响,我们作了如下的两次曝光试验。保持仪器和拍摄物不动,将干燥底片的下半部在水中浸1分钟,去掉表面沾附的水滴,立即进行曝光,然后将底片在支持架上自然干燥半小时,进行第二次曝光,观察比较全息照片上半部和下半部的再现情况,就可了解底片干燥程度的影响。图12是把照相机摆在能同时看到从全息照片的上部再现的和下部再现的部分再现现象的地方的照片,根据条纹变化可见干湿界限AB是明显的。



图12 底片干燥程度对再现干涉条纹的影响

通过以上观察,可以看出,利用这种简单装置,进行某些无损检验是可能的。另外,作为教学中的全息干涉实验也是比较经济的。

#### 参 考 文 献

- [1] Lo, D. S., *Rev. Sci. Instrum.*, **43** (1972), 1498.
- [2] Raterink, H. J. et al., *Optik.*, **40** (1974), 193.