

一种离台全息照相法

阎其昌 盛拱北 万中义

(西南师范大学物理系)

本文叙述了一种不用防振台的连续激光全息照相法。在光路设计上,除通常的物光和参考光之外,增加了供监视用的辅助光路,通过监视由它形成的宽干涉条纹的漂移来控制曝光。在整个系统的稳定性很差和完全未用防振设备的情况下,拍得了满意的全息图。

众所周知,离台全息照相的困难主要来自环境振动的干扰。然而,如果能够克服这一困难,对扩大全息照相的应用范围有十分重要的意义。近10余年来,有一些这方面的报道^[1-3],但都有相当的局限性。文献[1]所报道的用反射全息二次曝光法拍出了起重叉车的液压柱与车架间的连接销因应变而产生的干涉条纹分布,但只能拍摄物体上的某些局部;文献[2]报道了用夹层全息干涉法(sandwich hologram interferometry)研究一台铣床在受力时的应变分布;文献[3]则是用时间平均法,研究了一辆轿车车身的振动模式。为了取得成功,后两项研究都非常重视环境的选择,要求地基稳固,远离振源,地面振幅在 μm 的量级,频率在1Hz左右,甚至将实验室建在岩坑中。这样的条件是十分苛刻的,但就其本质而言与采用防振台并无区别,因而没有充分体现离台全息照相的价值。

本文提出了一种新的离台全息照相法,可称为监控曝光法。实验表明,即使是在整个系统完全不具备整体性和稳定性很差的情况下,也能得到满意的结果。

一、原理、光路和方法

为了探明环境干扰对全息图干涉条纹影响的性质,我们进行了模拟实验。在普通实验台或直接在实验室的磨石地面上组装一双光束干

涉光路,形成宽约1cm的干涉条纹。在明条纹中置一光电探测器,将信号输入X-Y记录仪,记录因条纹漂移引起的某点光强的变化,其结果如图1所示。可以看出,干涉条纹的漂移由两种模式构成:一种是频率较高、振幅小的随机振动,其振动“周期”远小于曝光时间,这种漂移将导致全息图中条纹调制度的降低。如果将其视为三角波形,可以证明,当振幅为1/6条纹宽度时,振幅型全息光栅的调制度损失为4%,因此这种小幅度的漂移,影响并不严重。显著影响全息图质量的是另一种大幅度的低速漂移,这种漂移大体是在条纹稳定位置的两侧移动的,其漂移距离有时可达几个条纹的宽度。如果在曝光时间内出现这种大幅度漂移,记录介质上将得不到有足够调制度的条纹,导致全息图质量严重退化。

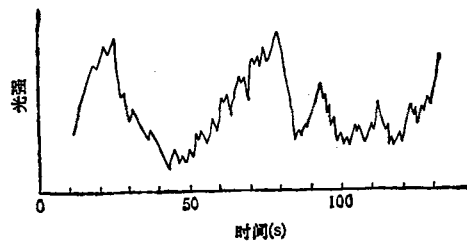


图1 光场中一点的光强变化曲线

如上所述,显著影响全息图质量的条纹漂移一般是在条纹的稳定位置两侧缓慢地往复移动的,因而可以采取控制曝光时机的方法以排除那些严重干扰所造成的影响。

实验光路如图 2 所示, O 为被摄物体, P₁ 为全息干板(天津 I 型), P₂ 为监视屏, 1, 2 两束光在半透射半反射镜 M₆ 处叠加后经 L₃ 扩束在 P₂ 上形成较宽的干涉条纹, 供监视用。只要光路布置合理, 监视屏上的条纹漂移情况, 在相当大的程度上可以反映全息图上条纹的漂移情况。拍摄时, 当发现条纹漂移量达到一定程度时, 例如约 1/4 个条纹时, 暂停曝光, 等条纹漂回到此范围内时, 再继续曝光。这样经数次曝光, 使累计曝光时间达到预定值后, 按常规进行显影、定影处理, 即可得到一幅好的全息图。图 3 是用

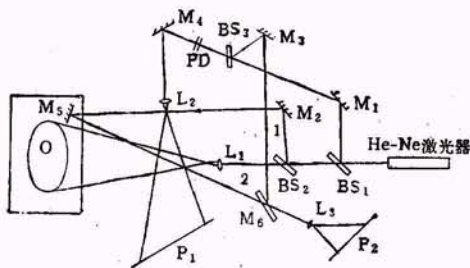


图 2 实验光路图

O 为被摄物体; M₁~M₅ 为反射镜; L₁~L₃ 为扩束镜; BS₁~BS₂ 为分束镜; M₆ 为半透射半反射镜; PD 为一对偏振片

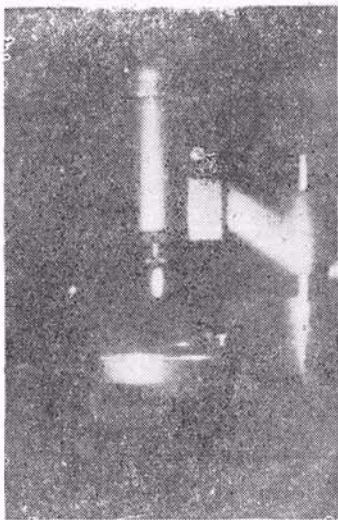


图 3 一架显微镜的全息再现现象

(上接第 546 页)

$$\frac{\Delta f}{f} = K \cdot \Delta\varphi = 10^{-2} / 1^\circ \times 0.01^\circ = 10^{-11},$$

表明所测激光束频率稳定度的精度为 10^{-11} , 完全能满足研究工作的需要。

这种方法拍得的全息图的再现现象, 其质量是令人满意的。

被摄物是一架测量显微镜(灰色), 放在两个叠放的木凳上, 其它光学元件和全息干板放在一张 $1.25 \times 1.25\text{m}^2$ 的木质实验台上, He-Ne 激光器的功率约 20mW, 放在另一张实验台上, 累计曝光时间约 1min。显然, 这样的布置根本不具备整体性, 其中被摄物的稳定性又是最差的, 在这样的条件下, 通常是无法拍出全息图的。本实验的成功, 说明了本方法是可行的

二、讨 论

1. 光路的安排应尽量使记录系统与参照系统的光路走向一致, 使参照系统反映的情况与记录系统反映的尽量一致。

2. 反射镜 M₅ 位置的选择, 应使监视屏上的干涉条纹漂移对干扰的反应最敏感, 以保证干扰对全息图上的干涉条纹的影响小于对参照条纹的影响, 一般说以放在载物台的一角为好。

3. 控制精度可根据要求和环境条件许可而定。但当参照条纹漂移量达到半个条纹的宽度时, 应停止曝光。

4. 不难利用电子技术实现自动控制曝光。

5. 本方法的缺点是光路比较复杂, 曝光过程较长。此外, 若遇到监视屏上的条纹连续定向漂移而不再回复的情况时, 本方法就不适用了。

感谢黄杨同志参加了部分实验工作。

[1] D. B. Neumann and R. C. Renn, *Exp. Mech.*, 15 (1975), 241.

[2] N. Abramson, *Appl. Opt.*, 9(1977), 2521.

[3] H. Yamashita et al., *The International Conference on Holography Applications' 1986 Digest*, China Academic Publishers, (1986), 170.

用相位差测量激光束频率稳定度的方法对任何类型、任何波长的激光束均能适用, 并且不论是长期稳定度还是瞬时稳定度, 均能在线实时测试。

(东南大学微电子中心 孙大有)