

用像全息和光电检测实时测量振动

王 策

(苏州大学激光研究室)

提 要

本文采用实时像全息和光电检测相结合的方法,测量振动的系统,对反射性能较差的粗糙表面也可测量,而光电检测部分非常简单。文中给出了测量实例。

一般的激光干涉法适宜于测量光滑物体的离面振动。对于粗糙表面,已报道了带有聚焦元件的迈克尔逊干涉仪和激光反馈干涉等测量系统^[1~3]。它们往往对光学元件及电子检测装置有较高的要求,或需要将照明光束聚焦到样品表面起伏比光波长小得多的区域,使散射光接近同一相位。全息干涉术可适用于粗糙表面,其中时间平均法能给出表面振幅的分布,但不适宜对实际经常遇到的整体离面振动作实时测量。R. Dandliker等人曾将光电检测和全息术结合起来精确测量条纹^[4],原则上此法可用于振动的测量,但这种方法采用菲涅耳全息图,光能利用率较低。本文采用实时像全息与光电检测相结合的方法,光能利用率较高,因而对反射性能较差的粗糙表面也可测量,而光电检测部分只需要硅光电二极管,简单的放大器和示波器。

一、测量系统

测量系统的光路如图1所示。激光器发出的光束经分束器 BS 分为两束,一束透过 BS 经透镜 L_1 后垂直照射到待测振动的粗糙物面 O 上,透镜 L_1 又将照射点成像于光电二极管 PD 上,全息干板 H 位于像前某一位置;另一束光经 BS 、 M_1 、 M_2 反射,再经透镜 L_2 扩束后作为参考光照射到 H 上。

按实时全息的要求将静止物点 O 的单次曝光全息图经原位处理(或处理后精确复位),并用原参考光再现。当物点 O 作离面振动时,再现的物光束与实际物光束发生干涉,物面每移动半个波长,干涉光束的光程差就变化一个波长,干涉处的光强就发生一次周期性的变化。用光电二极管在光强集中的像点处接收此光信号并转换成电信号,经放大后送入示波器显示。示波器上通常显示出类似调频波的波形,这是由于振动物体的速度发生周期性变化而造成的,相应于振幅位置的两个宽峰间的波峰数乘以 $\lambda/2$ 即为振动幅度的峰——峰值,三个宽峰间的时间间隔即为振动的周期。

这里采用像全息的光路布置,可以很方便地集中较多的散射光到像点。通常使物面位于透镜的焦点附近,以充分利用透镜的集光本领。对于反射性能较差的粗糙表面,可选用相

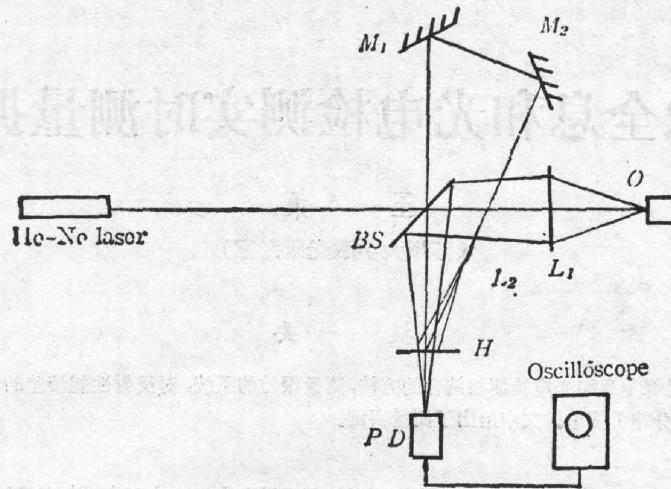


Fig. 1 Configuration of the measurement system

对孔径较大的透镜。由于焦点附近光束较细，因而有可能对某些细小的物体或网状物进行测量。

此外，为了充分利用光能，提高电信号的信噪比，在实验中还需对全息图作漂白处理。我们采用硫酸铜漂液，一方面提高了衍射效率，另一方面提高了全息片的透明度，因而两干涉光束的强度大大增强了。这样，即使对黑色粗糙表面，仅用光电二极管及简单的放大器也可获得较高信噪比的波形。

二、测量实例

利用上述方法我们测量了超声波抛光机振动头的振幅，还对反射率较低的扬声器黑纸盒及黑色网状防尘罩作了测振实验。所用的 He-Ne 激光器的功率为 12 mW，硅光电二极管为 2CU2E 型，放大器增益约 60

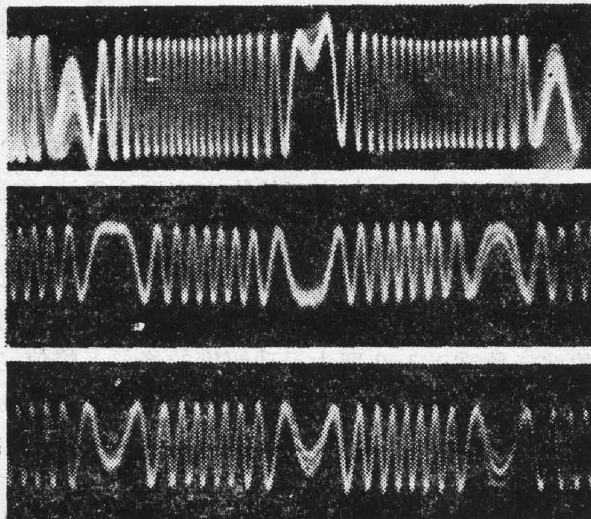


Fig. 2 Oscillograms

管为 2CU2E 型，放大器增益约 60 dB，带宽约 1 MHz，与光电二极管一起装在屏蔽盒内，示波器为 SR-37 型双迹示波器。测量抛光机时，由于试验的铝质振动头反射率较高，用相对孔径 1:3.5 的透镜成像。测扬声器纸盆及防尘罩时，因表面反射率低，采用了相对孔径 1:1 的透镜。图 2 中 (a)、(b)、(c) 分别为超声振动头、扬声器纸盆及防尘罩振动时示波器上所显示的波形。扬声器为 $2\frac{1}{2}$ " 电动扬声器，(b)、(c) 是在相同音频信号激励下获得的（电

压 230 mV, 频率 920 Hz)。

容易算出, 图 2 中 (a)、(b)、(c) 相应的振幅为 5λ , $2\frac{1}{8}\lambda$, $2\frac{1}{4}\lambda$, λ 为激光的波长。当然扬声器纸盆上各点振幅是不同的, 图 2(b) 仅反映了测量点的情况。振幅测量的精度与一般干涉测振相同, 为 $\lambda/4$ 。要进一步提高测量精度, 可在实时像全息光路的基础上采用文献 [4] 介绍的差频干涉法或加入移相器的外差法^[5], 但相应的测量装置就比较复杂。从波形图还可算出超声振动头的频率约为 2.8×10^4 Hz, 扬声器的振动频率约为 9.6×10^3 Hz。由于扫描时基的误差小于 7%, 再加上 5% 的读数误差, 周期或频率的测量误差将为 12%。若给示波器输入误差较小的标准时标, 则测量误差可减小一些。

从图 2(b)、(c) 可看到, 即使对黑色的纸盆及网状防尘罩, 波形图的信噪比还是较好的。这一测量系统的不足之处是用干板作全息记录, 处理速度较慢。此外, 用示波器观察大振幅产生的波形图时, 波峰较密, 不易数清。若能采用合适的实时器件, 以及用特殊的计数器计数并将振幅数字显示, 则本方法有可能获得一定的实际应用。

感谢凌德洪教授的指导及顾华俭同志在光电检测方面提供的帮助。

参 考 文 献

- [1] R. A. Bruce and G. L. Fitzpatrick; *Appl. Opt.*, 1975, 14, No. 7 (Jul), 1621.
- [2] R. Keller *et al.*; *Appl. Opt.*, 1975, 14, No. 7 (Jul), 1617.
- [3] 郭转运, 张光寅; 《中国激光》, 1984, 11, No. 11 (Nov), 683.
- [4] C. M. 维斯特; 《全息干涉度量学》, (机械工业出版社, 1984), 96.
- [5] K. A. Stetson; *Opt. Lett.*, 1982, 7, No. 5 (May), 233.

Real-time vibration measurement by image holography and photodetection

WANG CE

(Laser Research Laboratory, Suzhou University)

(Received 16 April 1985; revised 15 July 1985)

Abstract

A system for real-time measurement of vibration using image holography and photodetection is described in this paper. This system can be used to measure samples having rough surfaces with poor reflectance. The photodetection instrument required here is very simple. Some examples of the measurement are given.