

旋转孔径散斑照相法测量动态热形变

顾杰 沈永昭 王开福 蔡振岩

(苏州大学物理系)

Rotating aperture method of speckle photography for analysing deformation of a dynamic heating object

Gu Jie, Shen Yongzhao, Wang Kaifu, Cai Zhenyan

(Department of Physics, Suzhou University, Suzhou)

Abstract: Rotating aperture method of speckle photography is applied to measure deformation of dynamic heating objects for the first time. The dynamic process can be recorded on a single specklegram and can be resolved or reconstructed continuously by whole-field filtering. The quantitative analysis agrees well with results of other methods.

一、基本原理

文献[1]描述了转孔散斑照相法的基本原理,指出了应用于各种动态问题的可能性。本文将其应用于动态热形变问题,得到满意结果。转孔法的特点是非接触式测量、全场显示和反映全过程等;并且设备简单,操作方便,防震要求低,是研究动态热形变的有效工具。

记录和分析见文献[1]。将一基本孔径装在靠靠成像镜头前的旋转装置上,用一连续激光照明被测物体。当物体的温度发生变化时,其热形变场随之变化。通过匀速转动的孔径使胶片曝光,然后对处理后的散斑图作全场分析。条纹公式为

$$I(x, y, \theta) = K \cos^2 \frac{\pi}{\lambda f} [u(x, y, \theta)x_f + v(x, y, \theta)y_f], \quad (1)$$

其中 K 是常数; λ 是光波波长; f 是变换透镜的焦距; (x_f, y_f) 是滤波位置的直角坐标, (r, θ) 是滤波位置的极坐标, $r = \sqrt{x_f^2 + y_f^2}$, $\theta = \arctg \frac{y_f}{x_f}$; u 和 v 是 x 和 y 方向的散斑位移场,

$$\left. \begin{aligned} u(x, y, \theta) &= u\left(x, y, t + \frac{1}{2}mT\right) - u(x, y, mt), \\ v(x, y, \theta) &= v\left(x, y, t + \frac{1}{2}mT\right) - v(x, y, mt), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中 t 是时刻, T 是动态过程的持续时间。 T 与孔径转动周期相等时,曝光一个周期制成散斑图,取 $m=1$ 。 T 为孔径转动周期 $1/2$ 时,半个周期对动态过程曝光,另半个周期对参考状态曝光,取 $m=0$ 。

二、实验

取一铝质圆盘为试件,加热后放入旋转双孔散斑记录光路中。使盘面温度均匀,在其降温过程中曝光半周,待铝盘冷却后,再对静态曝光半周。图1是将衍射晕照片和全场条纹照片按一定位置剪贴后翻拍制成的,中间是衍射晕,周围是每隔 $\pi/12$ 在相应晕环上滤波所得条纹。

由(1)、(2)式可导出热应变计算式

$$\varepsilon_s = \frac{\lambda f}{r \Delta}, \quad (3)$$

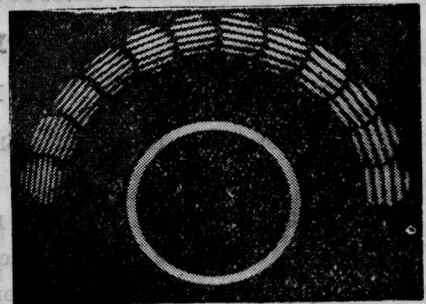


图1

表 1

滤波位置 θ	$\frac{\pi}{24}$	$\frac{\pi}{8}$	$\frac{5\pi}{24}$	$\frac{7\pi}{24}$	$\frac{3\pi}{8}$	$\frac{11\pi}{24}$	$\frac{13\pi}{24}$	$\frac{5\pi}{8}$	$\frac{17\pi}{24}$	$\frac{19\pi}{24}$	$\frac{7\pi}{8}$	$\frac{23\pi}{24}$
散斑分析 $\varepsilon_s(10^{-3})$	1.46	1.39	1.31	1.25	1.16	1.10	1.03	0.994	0.935	0.891	0.847	0.811
热电偶分析 $\varepsilon_k(10^{-3})$	1.42	1.33	1.25	1.19	1.12	1.06	1.01	0.959	0.909	0.862	0.819	0.785
相对误差 $\eta(\%)$	3.17	4.94	4.40	4.89	3.79	3.72	2.67	3.59	2.86	3.40	3.42	3.26

式中 Δ 是散斑条纹间距。

另一方面用热电偶测定了铝盘的降温曲线,也可计算热应变

$$\varepsilon_k = \alpha \Delta K, \quad (4)$$

式中 α 是铝材的线膨胀系数, ΔK 是铝盘温度相对于室温的差值。表 1 给出了实验及对比结果误差未超过 5%。

第二个实验中,将一铝板边缘三点固定,中心加热,在升温过程中用直三位孔^[2]记录散斑图。图 2 是实验所得照片,中间是衍射晕,外、中、里圈上的各条纹图是在外、中、内晕环上各相应位置上滤波得到的。由这些条纹可求出给定边界条件和热源情况下各时刻的动态热形变场。

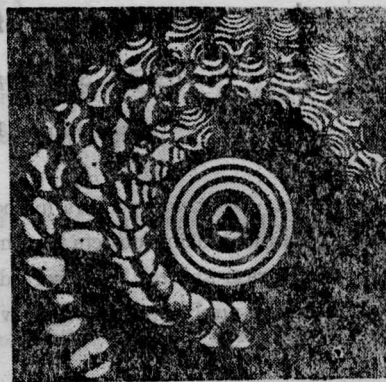


图 2

参 考 文 献

- 1 顾杰 *et al.* 光学学报, 1987; 7(12):1069

- 2 顾杰 *et al.* 光学学报, 1987; 7(5): 394

(收稿日期: 1987年1月19日)

激光沉积硅膜的形成和微结构

杨 静 然

(中国科学院长春应用化学所)

Formation and microstructure of silicon film deposited by laser light

Yang Jingran

(Changchun Institute of Applied Chemistry, Academia Sinica, Changchun)

Abstract: The formation of silicon film deposited by pulsed Nd: YAG laser on glass and NaCl substrate is reported. The film thickness was about 200nm. The deposited silicon film was irradiated by pulsed ultraviolet laser. Formation and microstructure of the film were studied by infrared spectroscopy, X-ray diffraction diagram and electron microscopy. The formation stage of the deposited film was studied with a scanning electron microscope.