

光学玻璃材料的破坏和折射率变化的测量研究*

朱鹏飞 孟绍贤 谢兴龙 林尊琪

(中科院上海光学精密机械研究所高功率激光物理国家实验室,上海,201800)

摘要:介绍了一套用 Nomarski 干涉仪测量、面阵 CCD 摄像、微机实时监控记录光学玻璃材料在激光作用下破坏的装置,并对试验室原有的 Nomarski 干涉仪进行了优化设计,提高了它的探测灵敏度,使整套设备更加小型化。

关键词:破坏 Nomarski 干涉仪 测量

Investigation of the damage process and the change of reflective index of optical materials

Zhu Pengfei, Meng Shaoxian, Xie Xinglong, Lin Zunqi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai, 201800)

Abstract: A detecting system for real time study on the damage of optical materials is described. The system is comprised of a Nomarski interferometer and a digital camera. With the system connected with a computer, the detecting and recording process can be automatically realized. Furthermore, the design of former Nomarski interferometer is optimized so that the size of the system is reduced and the detection resolution is improved.

Key words: damage Nomarski interferometer detection

引 言

透明材料的破坏和折射率变化测量,一直是人们关心的课题,所谓透明材料,包括透明固体(各种光学元件)、液体、气体和等离子体,为了进行这种测量,给出被测物体的空间轮廓,发展了阴影、纹影、干涉、全息等一系列测量技术。我国较早地开展了对等离子体的瞬态进行阴影、纹影和干涉测量,采用与主激光同步,经过后向喇曼压缩的光探针,成功地拍摄了等离子体膨胀过程中的阴影、纹影等照片,并用 Nomarski 干涉仪获取了等离子体膨胀过程中某一瞬间的密度分布^[1]。

近年来,进一步发展了 Nomarski 干涉仪与数字相机相结合,进行了光学玻璃材料破坏过程的稳态和瞬态干涉图的测量^[2,3],更精确地确定光学玻璃材料的破坏阈值。作者在上述基础上,进一步改进了 Nomarski 干涉仪,提高了它的探测灵敏度,使整套设备更加小型化,并用改进的装置进行了初步测试,获得了预期的效果。

1 透明材料的破坏和折射率变化测量的基本方法及原理

为了确定透明介质的破坏和折射率变化,通常采用阴影、纹影、全息和干涉测量方法^[1]。阴影方法可确定光线的线性移动,纹影方法可以确定光线的角偏移,而干涉方法可以确定空间

* 863 高技术资助。

不同位置的时间差。

$$\text{阴影法测得的光强变化为: } I = k \int_{z_1}^{z_2} \left(\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 n}{\partial y^2} \right) dz$$

$$\text{纹影法测得的光强变化为: } I = k \int_{z_1}^{z_2} \left(\frac{\partial n}{\partial x} + \frac{\partial n}{\partial y} \right) dz$$

纹影法与干涉仪相结合将是更有希望的。由于干涉仪与光束的光程变化有关,因此在定量测量折射率中它的优点超过了阴影设备。纹影方法对光程变化梯度灵敏,所以,用纹影方法对确定冲击波和稀疏带的形状和位置更灵敏。

全息术可以将光波的振幅和位相全部记录下来,激光全息的基本原理是用分光镜将照射激光分成两束,一束经透镜使光束扩大照射在被摄物体上,再经过物体反射(或透射)后照射在感光片上,这部分叫作物光;另一束经反射镜改变光路,再由透镜扩大后直接投射到感光片上,这部分叫参考光。由于激光是相干光,物光和参考光在感光片上叠加,形成干涉条纹,因为从被摄物体上各点反射出来的物光,在振幅和位相上都不相同,所以,感光片上各处的干涉条纹也不相同:强度不同使条纹变形程度不同,位相不同使条纹的密度形状不同。因此,被摄物体反射光中的全部信息都从不同的浓淡程度和不同疏密分布的干涉条纹形式记录下来。

干涉法常用 Mach-Zehnder 干涉仪^[4]和 Nomarski 干涉仪。Mach-Zehnder 干涉仪的缺点是:对于相干长度很短的光源,它很难调节两干涉光臂的等光程,且不易与普通的显微镜相结合。Nomarski 干涉仪是严格的等光程干涉,非常适合相干性很差的短脉冲光源的干涉,可对破坏的原始冲击波进行探测,研究超短超快现象。Nomarski 干涉仪有望与普通的光学显微镜相结合,形成所谓的干涉显微镜,干涉显微镜显然要比普通的光学显微镜的分辨率更高。

下面我们将要看到的是由 Wollaston 棱镜组成的 Nomarski 干涉仪^[5],它是我们用来检测透明介质的破坏的主要工具。所谓 Wollaston 棱镜,就是把两个双折射棱镜以光轴互相垂直的角度胶合起来,所以,入射到该棱镜中的光就分成寻常光线和非寻常光线,若把起偏镜的振动面置于两光轴的角平分线上,则两束光的强度相等。因此,Wollaston 棱镜自然就是一个分光镜,与会聚透镜相结合就成为 Nomarski 干涉

仪,如图 1 所示。其中,1 为 He-Ne 激光器;2,8 为偏振片;3,7 为 Wollaston 棱镜;4,6 为透镜;5 为待检测的玻璃材料;9 为显微物镜;10 为 CCD 光敏面;11 为凸透镜;12 为凹透镜;13 为反射镜;14 为 Nd YAG 激光器。

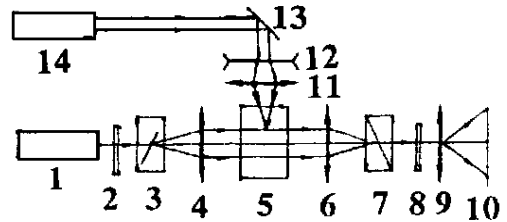


Fig. 1 Scheme of a Nomarski interferometer

He-Ne 激光经过第 1 个 Wollaston 棱镜

后被分成的两束光,照射在待检测的玻璃材料,一束光经过材料的破坏点,另一束光经过材料的完好部分。这样,其中的一束光带有破坏点的信息,另一束作为参考光,经过第 2 个 Wollaston 棱镜合二为一后进行干涉,形成干涉图。干涉图像由 CCD 进行接收,经过图像采集卡采集后送至计算机实时显示和存储。

2 试验装置以及优化设计

我们实验室原有装置(如图 2 所示)的缺点是:(1)光路太长,在进行瞬态测量时常因试验

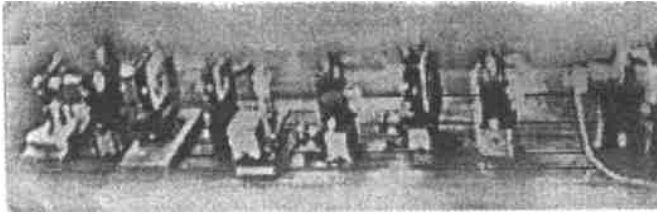


Fig. 2 The photograph of a Nomarski interferometer

1 个 Wollaston 棱镜分成的两束光才能被第 2 个 Wollaston 棱镜精确地重新合并成一束光进行干涉)。装调、加工时必然会有误差影响测量精度。

鉴于以上两个原因,我们对原有的 Nomarski 干涉仪进行了优化设计。优化设计后的试验装置如图 3(1 为 CCD 光敏面;2 为显微物镜;3 为 He-Ne 激光器;4 为半反半

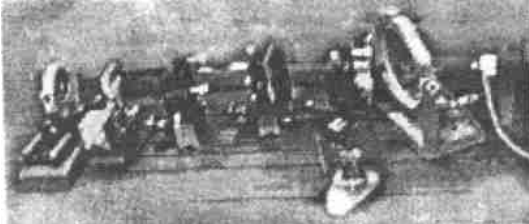


Fig. 4 The photograph of a optimum Nomarski interferometer

透平面镜;5 为偏振片;6 为 Wollaston 棱镜;7 为透镜;8 为待检测的玻璃材料;9 为反射镜;10 为凸透镜;11 为凹透镜;12 为反射镜;13 为 Nd YAG 激光器)和图 4 所示。用于材料破坏的是一台调 Q Nd YAG 激光器,输出脉宽 20ns,能量 50mJ,重复频率 10Hz。光学破坏测量记录装置包括 He-Ne 激光器、Nomarski 干涉仪、CCD 和 Pentium-500 计算机。

3 试验结果及分析

优化设计后,光学系统的长度缩短为原来的一半,整台仪器更加小型化。用较为廉价的平面反射镜代替了一个昂贵的 Wollaston 棱镜,从而降低了试验成本,同时也降低了加工与装调的难度。更有意义的是:反射镜使干涉光来回两次通过破坏材料,加大了破坏点与非破坏点的光程差,为优化设计前光程差的两倍,使干涉效果更为明显,更加易于观察与记录。



Fig. 5 Interferograms of damage process detected by the optimum Nomarski interferometer

a—before damage b—start deforming c—damaged slightly d—damaged gradually e—damaged seriously

的照片。可以看出,干涉效果很明显,这是因为优化设计后,干涉光来回两次通过破坏材料,加大了破坏点与非破坏点的光程差,为优化前光程差的两倍,破坏过程更加易于观察与记录。

场地大小限制,放置起来很不方便。(2)它的器件组成中有两个昂贵且完全相同的 Wollaston 棱镜,试验成本高。不仅如此,装调时要求它们的光轴互相平行,加工制作时要求两个 Wollaston 棱镜的参数完全一致(只有这样,第

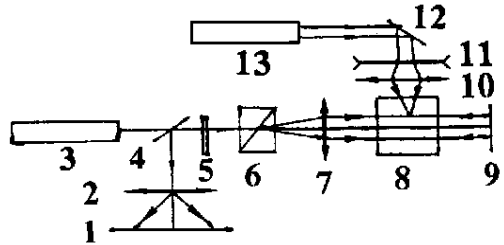


Fig. 3 Scheme of a optimum Nomarski interferometer

透平面镜;5 为偏振片;6 为 Wollaston 棱镜;7 为透镜;8 为待检测的玻璃材料;9 为反射镜;10 为凸透镜;11 为凹透镜;12 为反射镜;13 为 Nd YAG 激光器)和图 4 所示。用于材料破坏的是一台调 Q Nd YAG 激光器,输出脉宽 20ns,能量 50mJ,重复频率 10Hz。光学破坏测量记录装置包括 He-Ne 激光器、Nomarski 干涉仪、CCD 和 Pentium-500 计算机。

激光测量中狭缝非匀速移动引起的失真及校正 *

楼宇丽 李俊昌

(昆明理工大学基础部,昆明,650093)

摘要: 在红外大功率激光功率密度分布的测试研究中,利用平动狭缝采样,通过计算机对采样光斑的灰度处理获得激光功率密度,是一种方便适用的方法。讨论了狭缝非匀速运动对采样结果的失真及其校正方法。

关键词: 激光测量 数字信号处理 图像处理

The distortion induced by nonuniform motion of the slit in the process of laser power density measurement and its correction

Lou Yuli, Li Junchang

(Kunming University of Science and Technology, Kunming, 650093)

Abstract: In the process of the study on power density distribution of infrared high power laser, it is convenient to acquire laser power density through processing the laser image gradation by computer. The image is obtained via the method of translation slit. The distortion induced by nonuniform motion of the slit in the process of laser power density measurement and its correction is discussed in the paper.

Key words: laser measurement digital signal processing image processing

* 国家自然科学基金资助。

4 结 论

本试验测量记录了光学玻璃材料在激光作用下的破坏,并对 Nomarski 干涉仪进行了优化设计,减少了一个昂贵的 Wollaston 棱镜,降低了实验成本,同时使光学系统的长度缩短了一半,整台仪器更加小型化。往返式光路结构提高了光学元件的利用率,使干涉光先后两次通过破坏材料,并加大了破坏点与非破坏点的光程差,使干涉效果更为明显。光路简单紧凑,易于调整。本试验初步地了解了破坏过程,有关破坏的机理还有待于进一步研究。

参 考 文 献

- 1 孟绍贤,江志明,徐至展 *et al.* 核聚变与等离子体物理,1989;9(2):102
- 2 於海武,孟绍贤. 光学学报,1996;16(11):1646
- 3 Yu H W, Meng Sh X. SPIE,1996;2885:55
- 4 Ward B, Emmony D C. Journal of Modern Optics, 1990;37(4):803~811
- 5 陈 飞. CCD 摄像技术在光学玻璃材料破坏测量研究中的应用. 上海光机所硕士论文, 1997:52~53

作者简介:朱鹏飞,男,1974年9月出生。在读博士研究生。现从事超短超强激光单元技术的研究。