

# 检测柱透镜象差的全息干涉法

周万治 卢振武

(中国科学院长春光学精密机械研究所)

## 提 要

本文提出一种检测柱透镜象差的全息干涉法。文中详细介绍了全息干涉法的原理,具体实验以及有关调整问题。整个过程操作方便,光路按排简单。

关键词: 柱透镜,狭缝,全息干涉法。

随着现代光学技术的发展,柱透镜在很多领域都得到了应用<sup>[1~3]</sup>。但是由于柱透镜所具有的特殊结构,泰曼干涉仪检测柱透镜比较困难。理想的安排应该在柱透镜的后面放置一个标准柱面反射镜,它不仅加工困难,而且也存在检测问题。为了避免使用柱面反射镜,有人建议在柱透镜的后焦面上放置一个平面反射镜<sup>[4]</sup>。这种安排所产生的干涉图不能真实地反映出被测波面的误差。最近,我们采用全息干涉法对柱透镜的象差进行了检测,取得较好效果。下面介绍方法的原理,实验实例以及光路调整等有关问题。

## 一、检测原理

众所周知,任何小孔,只要它的孔径小于聚焦在它上面的光束的爱里(Aris)斑,则通过小孔衍射出来的波面就是标准球面波<sup>[5]</sup>。同样道理,任何狭缝,只要它的宽度小于聚焦在它上面的柱面波的理想焦线宽度  $L$

$$L = 2\lambda f / D, \quad (1)$$

其中  $\lambda$  是光波长,  $f$  为柱透镜焦距,  $D$  是柱透镜主截面宽度。则通过该狭缝衍射出来的波面就是标准柱面波。

### 1. 标准柱面波

如图1所示,由激光器发出的激光经扩束器  $BE$  扩束后入射到分束器  $BS$  上,分束后的物光经  $M_1$  反射到被测柱透镜  $OL$  上,然后经过在其焦面上的狭缝  $S$  的滤波和由  $M$  反射的参考光一起照明全息干板  $H$ ,干板经过显影、定影、水洗和干燥处理就制成了狭缝衍射全息图,把它复位后即可作为标准柱面波对柱透镜进行干涉检测。

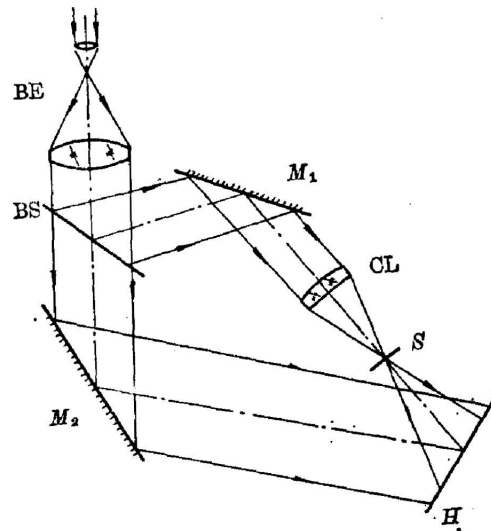


Fig. 1 Diagram of experiment

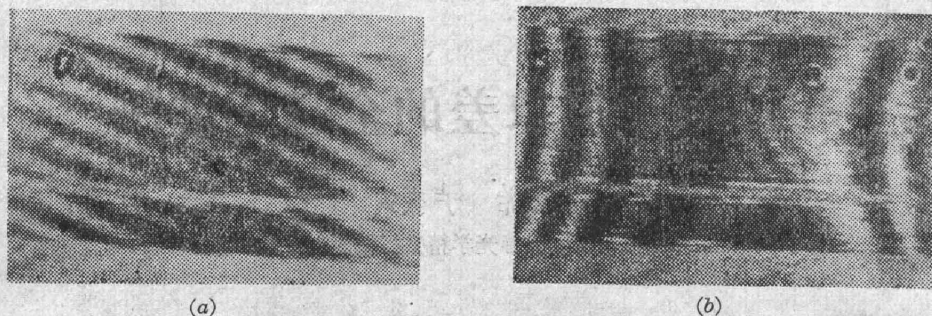


Fig. 2 Interferograms taken by the setup shown in Fig. 1

(a) with slit; (b) without slit

## 2. 检测

首先把  $S$  去掉, 然后用未经滤波的物光和参考光同时照明全息图, 于是在物光和参考光方向上将出现相同分布的干涉图形。由理论分析可知<sup>[6]</sup>, 干涉图形代表被测透镜的象差。显然, 本方法采用的是单程干涉, 其中与被测波面相比较的标准波面是通过全息再现技术产生的。

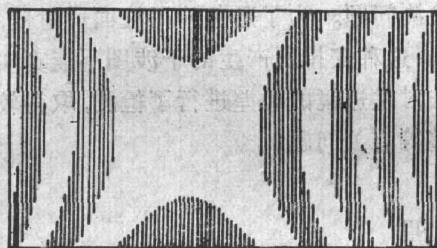


Fig. 3 Computer-generated interferogram based on the interferogram shown in Fig. 2 (b)

图 2 就是用这一装置拍摄的两幅干涉图形, 被测柱透镜为平凸透镜, 长 90 mm, 宽 50 mm, 焦距 350 mm, 狭缝宽  $8 \mu\text{m}$ , 长 15 mm (中下部断开, 可从干涉图上发现), 所以用此狭缝只能演示这种检测方法的原理。实际检测时, 狭缝至少要和被测柱透镜的焦线一样长。图 2(a) 表示没有去掉  $S$  时的干涉图; 图 2(b) 表示去掉狭缝后的干涉图形。从干涉图上看, 波面呈现象散误差。水平方向误差为 3 个条纹, 垂直方向在狭缝长度范围内为  $-0.5$  个条纹, 水平方向倾斜约  $-1$  个条纹。图 3 表示以

这些参数绘制的计算机干涉图。其形状基本和干涉图一致。精度高的柱透镜在平行于焦线方向不应有明显的误差, 所以, 这一柱透镜的质量较差。

## 二、调 整

调整的关键在于把狭缝准确地调到和被测柱透镜焦线相重合的位置上。根据焦线和狭缝的相对几何关系, 调整可分为交叉, 离焦和倾斜校正。交叉指狭缝与焦线有一横向夹角, 离焦指狭缝与焦线有一纵向位移, 倾斜指它们之间有一纵向夹角。狭缝与焦线的某种确定关系都对应一种确定的衍射图形, 所以可以通过衍射图形的形状确定焦线与狭缝的相对位置。图 4 表示当狭缝相对于焦线沿逆时针转一小角交叉时的衍射图形, 其中图 4(a) 表示狭缝在焦前, 图 4(b) 表示狭缝在焦面上, 图 4(c) 表示狭缝在焦后。由这三幅图形可以看出, 衍射图可以简化成由三部分线段连接而成, 其中左右两侧线段互相平行, 方向与狭缝偏离方向一致, 它们由中间线段连接起来。当狭缝在焦前时, 右侧线段下部分在左侧线段的上部以下, 中间线段自左向右上升; 当狭缝在焦后时, 中间线段自左向右下降; 当狭缝在焦面上时,

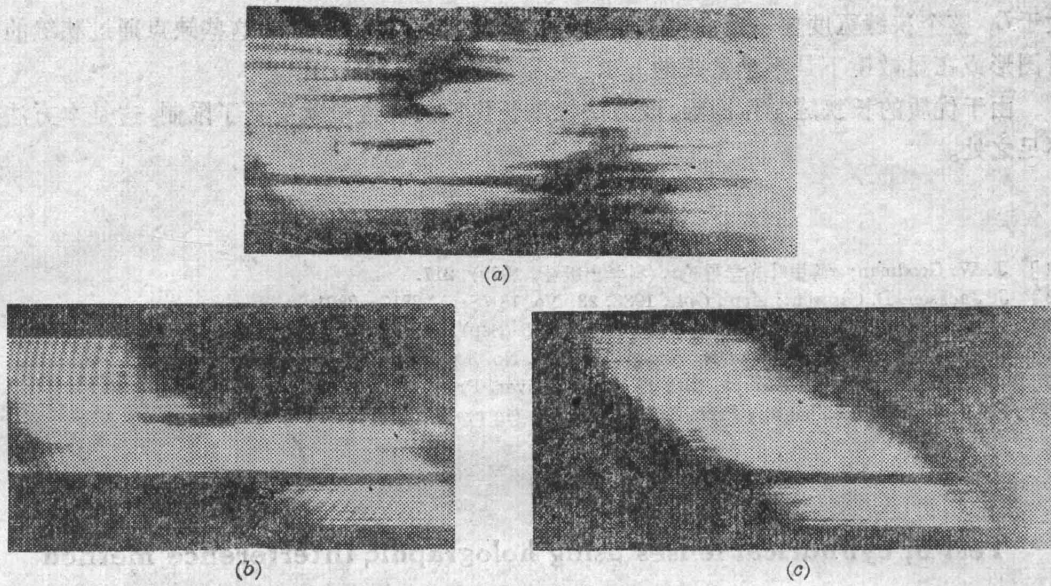


Fig. 4 Diffraction patterns of the slit  
(a) in front of the focal line; (b) at the focal line; (c) behind the focal line

中间线段水平。同样,当狭缝相对于焦线沿顺时针转一小角时,也将出现类似的衍射图形,其区别在于,对于每种不同的离焦状态,衍射图呈现出和图3成左右对称的形状。这样,调整狭缝就有了依据。首先,把狭缝大致放在焦面位置上,边调整边观察衍射图形,使衍射图的线段由细变粗,并且中间线段逐渐趋于水平,这时的狭缝即处于焦面位置。然后,根据衍射图的形状确定狭缝的偏转方向,调整狭缝,使左右倾的线段的距离逐渐减少直到最后形成一条宽度由中间逐渐向两边减少的衍射光带(如图5所示),如果存在纵向倾斜,则光带上同水平坐标不同位置具有不同的光强分布。于是,调整狭缝和柱透镜的纵向倾角直到光强分布一致为止。到此,就完成了狭缝的调整。

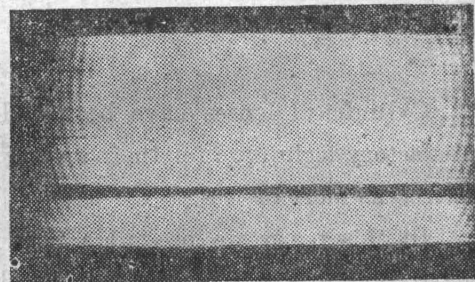


Fig. 5 Diffraction pattern of the slit when it is coincident with the focal line

### 三、讨论与结论

上面所介绍的检测柱透镜的方法,是全息术和干涉术相结合在光学检测中的一个具体应用实例。这种方法具有操作方便,检测结构简单的特点,特别是应用狭缝的衍射作用产生的标准柱面波代替了标准柱面反射镜是本文和传统干涉术的最大区别。由于实现了被测波面和标准波面的直接比较,干涉图上直接表征了被测波面的误差,从而成功地解决了柱透镜的干涉检测问题。

为了得到良好的标准柱面波,对狭缝要有一定的要求。首先狭缝的宽度要适当,不能

大于 $L$ , 整个狭缝宽度要一致, 并且刃口不能有弯曲和缺陷, 狭缝的这些缺点通过狭缝的衍射图形或在显微镜下是不难发现的。

由于优质的长狭缝制作困难, 该方法检测长焦线的柱透镜就受到了限制, 这是本方法的不足之处。

### 参 考 文 献

- [1] J. W. Goodman; 《傅里叶光学导论》, (科学出版社, 1979), 217.
- [2] J. Jackson, D. Casasent; *Appl. Opt.*, 1983, **28**, No. 18 (Sep), 2817~2821.
- [3] L. Huff, R. L. Fusek; *Opt. Engng*, 1980, **19**, No. 5 (Sep), 691~695.
- [4] D. Alvin, D. Schnurr *et al.*; *Opt. Engng*, 1981, **20**, No. 3 (May/Jun), 412~416.
- [5] W. H. Steel; *Interferometry*. (2th ed. Camb Univer. Press, 1983), 201.
- [6] Zhou Wanzhi, Lu Zhenwu; *Proc. SPIE*, Vol. 673 (in press).

## Test of cylindrical lenses using holographic interference method

ZHOU WANZHI AND LU ZHENWU

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 8 September 1986; revised 20 October 1986)

### Abstract

Cylindrical lenses have been widely used in moder optics, but there is still no satisfactory technique for their testing. The methods available at present all have some drawbacks more or less.

In this paper we present a new method for testing a cylindrical lens by using holographic interferometry. The principle of the method is discussed and the experimental results are given, also discussed is a method for adjusting the relative position between the slit and cylindrical lens.

This method has several advantages, such as simple structure, easy operation and decrease in the requirement on optical elements. Therefore, this method can. be used in routine test of cylindrical lenses.

**Key Words:** Cylindrical lenses; slit; holographic interference method.