

文章编号: 0253-2239(2003)10-1266-3

用计算全息法检测大口径凸非球面的研究*

常 军¹ 李凤友¹ 翁志成¹ 张增宝¹ 姜会林² 丛小杰¹

(1 长春光学精密机械与物理研究所国家应用光学重点实验室, 长春 130022)
(2 长春理工大学光电工程学院, 长春 130022)

摘要: 针对大口径的凸非球面零件使用特殊材料(如采用碳化硅)时无法用传统的背部检验方法的难题,初步研究了计算全息法检测凸非球面的原理和方法。所研究的凸曲面为一扁球面,口径为 100 mm,通过设计得出了相应的结果,实现了新型光学元件——二元光学面在凸曲面检验中的应用。

关键词: 二元光学; 光学设计; 计算全息法; 非球面检测

中图分类号: TH703 文献标识码: A

1 引 言

二次曲面凸面镜的检验比凹面镜要复杂,这是因为大多数辅助镜的尺寸比被检面的尺寸要大很多,给选材和加工上带来了很大的困难。对于大口径的凸非球面,传统的检测方法是使用背部检验。但当零件使用特殊材料(如采用碳化硅)时,此时无法再使用传统的背部检验方法。为了克服这个困难,使用衍射光学元件检测大口径非球面方法近年来得到了广泛的注意,它主要包括光学全息法和计算全息法。光学全息法用于检测非球面是于 1966 年提出的,由于采用这种方法必须有高精度的参考非球面实体,因此它在检测非球面的用处有限;计算全息法(CGH)是 1971 年提出的,由于克服了光学全息法中必须有参考非球面实体的难题,可以说是全息法的一个重大突破^[1]。本文初步研究了计算全息法检测凸非球面的原理和方法,所研究的凸曲面为一扁球面,口径为 100 mm,通过设计得出了相应的结果,尝试了二元光学在凸曲面检验中的应用。

2 检测原理

2.1 计算全息法检测非球面方法分类

计算全息法检测凸非球面的方法有两种,如图 1 和图 2。图 1 中二元面在检测透镜的第一面上,这种方法要求被检非球面的材料可被透过。图 2 表示

的是另外一种检测方法,二元面在检测镜的第二面,此时对被检非球面材料没有特殊要求,是本文研究的重点。这两种方法的优点是参考光与被检光大部分共路,抗干扰能力强。缺点是计算全息法制作比较困难。

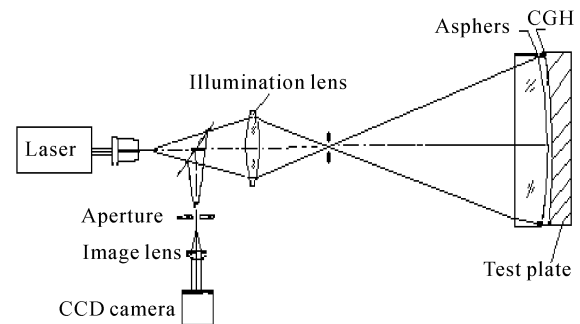


Fig. 1 Configuration for CGH test plate measurement (first method)

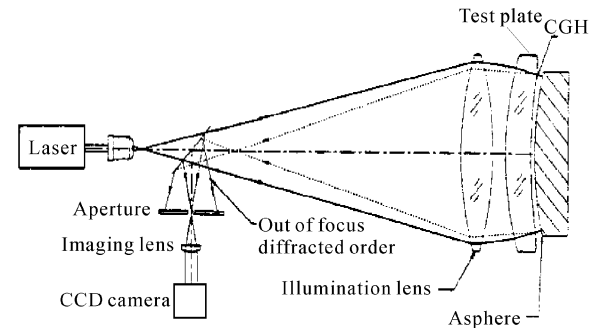


Fig. 2 Configuration for CGH test plate measurement (second method)

2.2 第二种计算全息法检测非球面方法的工作原理

如图 2 所示^[2~6],光波经过照明透镜到达检测镜的计算全息面时,0 级光透过,直接到达被检非球

* 国家自然科学基金(69978020)资助课题。

E-mail: ciom_cj@cax.com.cn

收稿日期:2002-08-02; 收到修改稿日期:2002-09-27

面,通过设计照明透镜和检测镜,使得直接照射到被检非球面的光波波面和理想被检非球面相吻合,此光波返回作为被检光波;另一部分光经过检测镜上的计算全息面衍射返回,此级次衍射光一般选取 1 级光波,也可选取 -1 级光波,作为参考光。它与从被检面反射回的光波相干涉。被检光波和参考光波的干涉条纹经成像透镜成像,被 CCD 相机记录并得到处理。计算全息面在这不仅需要承担补偿部分球差作用,还起到了分光元件的作用。

3 模拟结果

待检凸面非球面的参量为:孔径 $D=100\text{ mm}$, 球面半径为 500 mm ,非球面系数为 1。

我们使用光学设计软件对检测凸非球面的光学系统进行了设计,光路结构如图 3 所示。

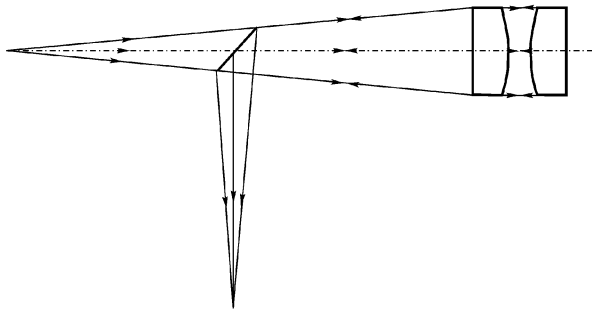


Fig. 3 The design layout for CGH test plate measurement
光线追迹得到了该系统在出瞳位置得到的干涉图见图 4,波峰-波谷波像差值(P-V wavefront)为 0.0173λ 。

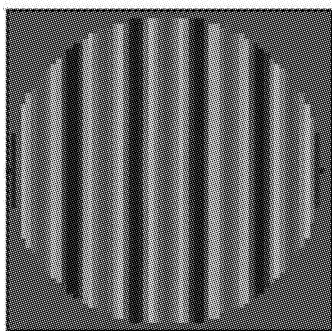


Fig. 4 The interferogram map of two waves at the exit position

4 设计与二元面数据

检测光学系统中各元件结构参量如表 1 所示。

Table 1 The system structure parameters for CGH test plate measurement

Radius	Distance	Lens material	Aspheric coefficient
Infinity	300.418		
	1	Bk7	
	340.370		
-695.60	30.000	Bk7	
-186.40	40.000		
236.00	30.000	Bk7	
502.00	10.000		
500.00	-10.000	Mirror	
502.00	-30.000	Bk7	
236.00	-40.000		
-186.40	-30.000	Bk7	
-695.60	-340.374		
	-1	Bk7	
Infinity	300.418		

关键元件球面样板的二元面的相位数据见表 2,二元相位图如图 5 所示。

Table 2 The parameters of binary surface

Binary	Max term	Norm radius	Coeff. on p^2	Coeff. on p^4
6	2	50	-581.058	110.904

从设计的结果可知,在最大半孔径 47.28 mm 处的球面计算全息法样板上每毫米共有大约 2.25 个环带周期,每一个周期由透射光的和反射光两部分环带构成。

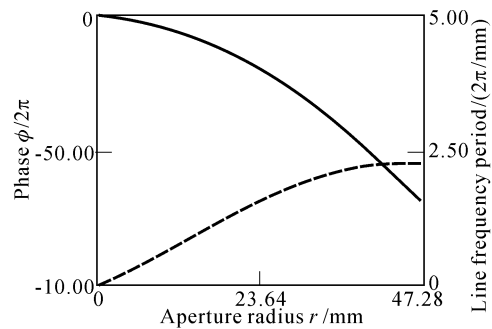


Fig. 5 The phase distribution of binary surface

结论 针对目前检测凸曲面反射镜所存在的困难,研究了新型光学元件——二元光学面在凸曲面检验中的应用,通过使用计算全息法来检测凸非球面,用以确保当光学元件选择特殊材料时,依然能够正常检测和加工。文章中用实例加以分析和说明了这种检测方法。

参 考 文 献

- 1 Buralli D A, Morris G M. Design of diffractive singlets for monochromatic imaging. *Appl. Opt.*, 1991, **30**(16):2151~2158
- 2 Burge J H, Anderson D S. Full aperture interferometric test of convex secondary mirrors using holographic test plates. *Proc. SPIE*, 1994, **2199**:181~198
- 3 Burge J H. Fizeau interferometry for large convex surface. *Proc. SPIE*, 1995, **2536**:127~137
- 4 Burge J H. Measurement of large convex asurferes. *Proc. SPIE*, 1997, **2871**:362~373
- 5 Greivekamp, Hohn E. Sub-Nyquist interferometry. *Appl. Opt.*, 1987, **26**(24):5245~5248
- 6 Veldkamp W B. *Binary Optics*; McGraw-Hill Yearbook of science and Technology. New York; Mc Graw-Holland,1990

Testing Large Convex Aspherical Surface with Computer-Generated Holography

Chang Jun¹ Li Fengyou¹ Weng Zhicheng¹ Zhang Zengbao¹
Jiang Huilin² Cong Xiaojie¹

1 The State Key Lab. of Applied Optics, Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Physics, The Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022
2 Optic-Electronic Institute, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022

(Received 2 August 2002; revised 27 September 2002)

Abstract: It is difficult to use the back testing method to test the large aperture asphere component made with special material such as the SiC. To solve this problem, the CGH for the convex surface testing is discussed and the practical optical parameters are given. The sample is a convex surface with the aperture of 100 mm, the obtained result indicates the possibility of the binary optics used in the convex surface testing.

Key words: binary optics; optical design; computer-generated holograms (CGH); aspherical surface testing

《光学学报》重要通告

为了加快稿件的处理速度,促进期刊的电子化、网络化,本刊从 2003 年 5 月 1 日起一律采用电子邮件(E-mail)方式投稿。单位证明原件通过传统邮件方式寄过来。

未曾给《光学学报》编辑部留过电子邮件地址的《光学学报》审稿专家,请尽快把你们的电子邮件地址发给本刊编辑部,以便实行电子邮件方式审稿。

本刊的主网站是 <http://gxxb.chinajournal.net.cn>。网站上的“本刊动态”栏有以下内容,敬请广大作者、读者、审稿专家等各方面人士留意:

本刊最新的征稿简则——《光学学报》征稿简则(2003 年 10 月 1 日版);

《版权转让协议》

《光学学报》清样发送预告(每月刊登一次);

《光学学报》2002 年 22 卷第 6~12 期,2003 年 23 卷第 1 期~近期的目录(这对查找、阅读、引用《光学学报》近期的文章时是很方便的);

科技论文写作方面的信息;

以及其他紧急信息都可从本刊动态及时获得。

电 话:021-69918011, 69918428

E-mail:gxxb@mail.shcnc.ac.cn

传 真:021-69918011

《光学学报》编辑部

2003 年 8 月 11 日