

# 傅里叶变换物镜的波象差测试

徐德衍

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 给出了国内几种不同规格傅里叶变换物镜波象差的剪切干涉检测结果, 并将其中两种物镜在 Zygo 干涉仪上进行复测, 两者结果完全一致。

## Wavefront deviation measurement of Fourier-transform lenses

Xu Deyan

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

**Abstract:** The wavefront deviations of domestic various Fourier transform lenses are given with shearing interferometry. Two of them are verified with a Zygo interferometer.

### 一、引言

傅里叶变换物镜是相关处理、频谱分析等光学信息处理工作的基本元件, 其象质检验多采用星点法做定性分析; 对已调好的物镜用干涉仪做最后定量检测其波象差。对于焦距长、外形尺寸大、重量重的傅里叶变换物镜, 难以在普通泰曼-格林干涉仪上进行检测。我们用棱镜剪切干涉仪能方便地给出这类物镜波象差检验结果, 而且还能够在物镜装调时控制各组镜片对象质的影响。

### 二、波象差的剪切干涉检验

关于棱镜剪切干涉仪的原理已有过一些报道<sup>[1~3]</sup>, 下面只将棱镜剪切干涉仪用于检验傅里叶变换物镜的方法和结果作一介绍。

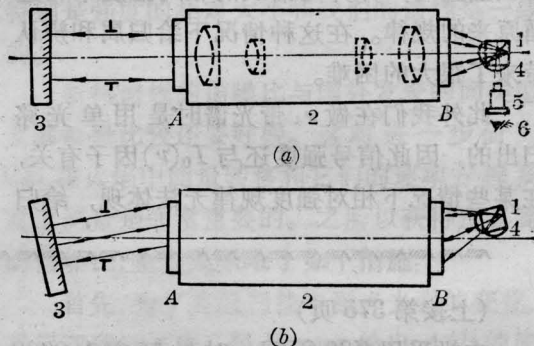


图1 大尺寸傅里叶变换物镜波象差的剪切干涉检验(光源1未画出)  
(a) 轴上检验; (b) 轴外检验

图1(a)、(b)分别示出采用平面自准法方式轴上检验和轴外检验的光路。光源1发出的白光, 经过傅里叶变换物镜2准直后入射到标准平面反射镜3, 再沿原路返回进入棱镜剪切干涉仪4, 用低倍显微镜5观测, 或

收稿日期: 1985年3月25日。

表1 国内六单位研制的傅里叶物镜有关参数

序号	型号	谱面直径 (mm)	焦距 (mm)	相对孔径	工作距 (mm)	适用波长 (nm)	结构型式	研制单位
A	—	80	1300	1:16	115	632.8 546.1 514.5	双远距对称型	上海某研究所
B	FTL1000	80	1000	1:12.5	125	632.8	双远距对称型	天津某大学与杭州某研究所
C	FTL500	40	500	1:12.5	88	632.8	双远距对称型	天津某大学
D	FBJ300	30	308	1:10	303	632.8	单组双片型	北京某大学与北京某工厂
E	—	30	305	1:10	300	632.8	单组双片型	上海某大学

在显微镜5后用相机拍摄。如果被检验物镜适于多色波长处理,即可直接观测到白光剪切干涉条纹;如果该物镜只适于单色波长(例如632.8nm),则要通过相应的滤色片观测。

应该特别指明的是,检验这类物镜应在正向和反向两个方向上进行。也就是说,A向[见图1(a)]检验完毕后,应将B向调至A向,再重复上述检验。这种过程不仅在单组双片型傅里叶物镜中是必须的,在双远距对称型傅里叶物镜检验中也是必要的。实际检验表明,有些傅里叶物镜正、反向波象差有一定的差异。

用这种剪切干涉法,我们曾先后检验了国内几个单位研制生产的不同规格傅里叶变换物镜,其有关参数如表1。

图2示出这些类型傅里叶变换物镜的典型轴上剪切干涉图形。图中(a)(1)、(2)表示序号B一组物镜正向与反向剪切干涉图形,二者基本一致。用Saunders解析法<sup>[4]</sup>测量并计算其中的一幅图形,其数据列于表2( $\nu$ —参考点数,  $q_\nu$ —参考点上的干涉条纹级次,  $\delta_\nu$ —参考点上的波差值)。由表中看出,不同处理方法结果略有差异,最大峰谷值约 $\lambda/6$ 。相应的波差曲线示于图3。

图2(b)(1)是序号A一组物镜的剪切干涉图形,其结果优于图中(a)的波差值。但另一组物镜其中一方向的局部误差较明显(如图2(b)(2))。图2(c)是序号C物镜的全口径

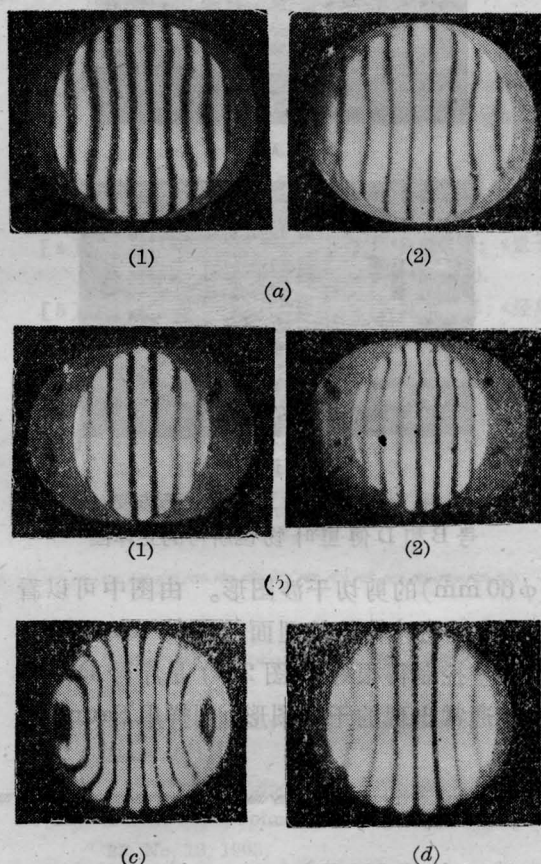


图2 几种傅里叶变换物镜的典型剪切干涉图形

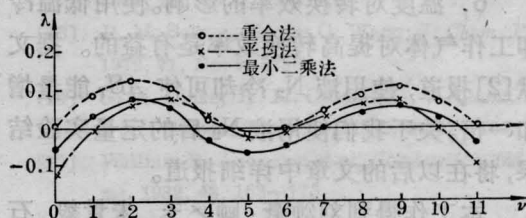
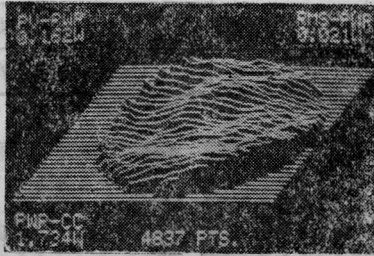


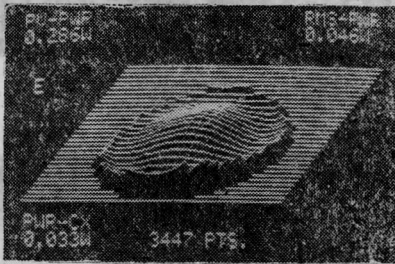
图3 由图2(a)剪切干涉图形得到的波象差曲线

表 2 由图 2(a)剪切干涉图形采用三种处理方法得到的结果

$\nu$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
$Q_{\nu}$	0	-3.931	-3.273	-2.636	-2.014	-1.162	-0.297	0.508	1.261	1.978	2.614	3.307	
$\delta_{\nu}$	重合法	0	0.088	0.127	0.107	0.020	-0.018	-0.001	0.041	0.082	0.104	0.067	-0.002
	平均法	-0.133	-0.005	0.067	0.072	0.003	-0.026	-0.006	0.031	0.060	0.061	-0.004	-0.107
	最小二乘法	-0.059	0.030	0.071	0.052	-0.033	-0.070	-0.051	-0.008	0.035	0.059	0.023	-0.045



(a)  $\lambda/7$



(b) 接近  $\lambda/4$

图 4 用 Zygo Mark III 数字干涉仪对序号 B 和 D 傅里叶物镜所得的立体图

( $\phi 60 \text{ mm}$ ) 的剪切干涉图形。由图中可以看出,在理论计算的处理面范围( $\phi 40 \text{ mm}$ )内,波象差控制得很好。图 2(d) 是序号 D 和 E 物镜通常出现的干涉图形,同样用 Saunders

解析法求得最大峰谷值波象差接近  $\lambda/4$ 。

为了验证上述结果的可靠性,我们用 Zygo Mark III 数字干涉仪对序号 B 和 D 物镜进行复测。干涉仪上输出的立体图分别示于图 4(a)、(b),其中(a)为序号 B 物镜的结果,最大峰谷值波象差为  $0.162 W$ ,即  $\lambda/7$ ,与表 2 所给结果完全一致;(b)为序号 D 物镜的结果,最大峰谷值波象差为  $0.286 W$ ,即接近  $\lambda/4$ ,也与上述结果一致。

乔景文同志协助完成用 Zygo Mark III 型干涉仪复测傅里叶物镜,在检测北京、天津、上海、杭州等地的傅里叶物镜过程中,得到了有关人员的支持与协助,在此一并致谢。

### 参 考 文 献

- [1] Saunders J. B.; *Appl. Opt.*, 1970, **9**, No. 7, 1923.
- [2] 徐德衍;《光学与光谱技术》,1982, No 1, 41.
- [3] D. 马拉卡拉主编,白国强等译;“光学车间检验”,机械工业出版社,1983年, p. 115.
- [4] Saunders J. B.; *J. R. NBS*, 1964, **68C**, No. 3, 155.

(上接第 361 页)

6. 温度对转换效率的影响。使用低温冷却工作气体对提高转换效率是有益的。据文献[2]报道,使用液  $N_2$  冷却可使  $AS_7$  能量增加一倍。关于我们使用液  $N_2$  后的定量实验结果,将在以后的文章中详细报道。

本工作得到刘颂豪、顾之玉、朱景毅、石仑、季春挥、花春贵、杨立书、董成功、李光茂、

詹合英和曹效文等同志的热情帮助和大力支持;胡象魁、陈文琢和钱军等同志参加了部分工作,在此一并表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 郭奕理等;《物理学报》,1985, **34**, No. 1, 24.
- [2] D. J. Brink, D. Proch; *Laser and Optoelektronik*, 1982, No. 3, 41~48.