

激光工作物质的高精度检验

Abstract: Mark III system provides both fringe measurement technique and phase measurement technique to perform optical wavefront measurements for wide spectroscopic application. Optical plates, spheres, lens systems and optical materials have been tested with fringe and phase measurement techniques.

一、引言

光学干涉仪是测量光学元件面形、评价透镜质量最常用的手段。七十年代人们将微型电子计算机及相位探测技术应用到干涉计量上,使干涉条纹的数据处理成为独立系统而将高精度光学元件的检验发展到一新阶段。美国贝尔实验室^[1]首先研制成带微型计算机的条纹扫描干涉仪,使干涉条纹的测量精度由 $\frac{\lambda}{10}$ 提高到 $\frac{\lambda}{50} \sim \frac{\lambda}{100}$ 。我们运用 Mark III 型干涉仪测量了各种光学元件及光学材料的质量,对仪器的性能进行了分析和讨论。

二、实验结果和讨论

Mark III 型激光数字波面干涉仪是将位相测量技术应用于费索干涉仪上,利用实时相位同步检验技术高精度测定光学波阵面的先进设备。系统采用压电陶瓷调节干涉图形;用 100×100 二极管阵列测量光强变化,并以电压形式通过多道电缆送到处理机中。评定面形质量的主要量值即最大峰谷值(PV值)及均方值(RMS值)。系统不仅仅能够实时数字显示出最大峰谷值(PV)及均方值(RMS),还可实时显示和绘图输出表面形状的立体图(OPD)、打印出 PV、RMS 值及全面采样点的面形数据。

我们选择了几种典型的光学元件及材料进行测量,讨论该仪器在测量高精度光学平面、透镜和光学系统质量以及激光工作物质的光学均匀性等方面的应用及特点。

1. 高精度平面测量

测量光路图见图 1 所示。将反射率 $R=4\%$ 的透射平板装在压电陶瓷驱动的相位插座上,在光路中放入光束衰减片,将被测平面放在二轴调整架上,调整干涉仪使之产生干涉图象,可分别作相位测量或条纹测量。

图 2 显示出三块光学平板的干涉图形、表面形

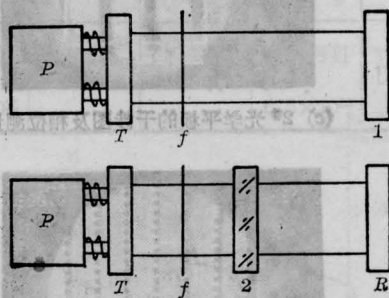


图 1 光学平面测量光路图

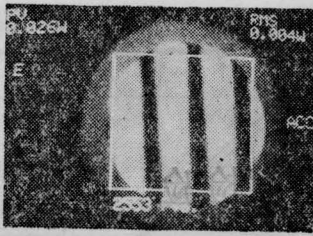
P—相位插座; f—衰减片; 1—被测件(反射样品);
2—被测件(透射样品); R—反射平板

状的 3D 图及数据处理结果。1[#]、2[#] 样品的干涉条纹看来极相似,肉眼已分辨不出两者的干涉条纹畸变程度及差别。但从 3D 图看出 1[#] 样品的面形精度较高,因其波面呈波浪形起伏(通常高精度表面为波浪形误差),2[#] 平板的波面呈凹形。相位测量数据表明 1[#] 样品面形精度 PV 值 $= 0.026\lambda$ (即 $\frac{\lambda}{40}$), 2[#] 的 PV 值 $= 0.037\lambda$ ($\frac{\lambda}{27}$), 其精度低于 1[#] 样品。

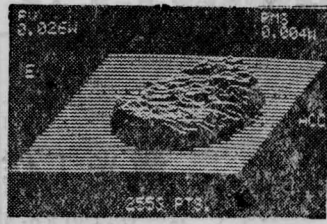
3[#] 干涉仪平板的测定系采用条纹测量,先拍摄成 7~10 根干涉条纹图照片后放在 ZAPP 系统上自动探测条纹中心,再用手修正后测定数据,平板的 PV 值为 0.039λ ($\frac{\lambda}{25}$)。

2. 透镜、光学系统质量及曲率半径测量

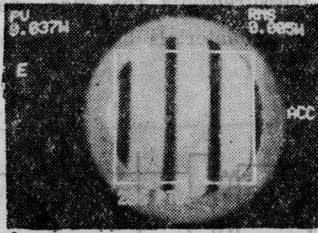
在测量前选择与被测件相对孔径相匹配的球面镜作为参考镜装在相位插座上,被测球面装在带微尺的 5 轴调整架上,作同轴调整使被测球面的球心与参考球面焦点相重合而产生干涉后测量其面形精度,将被测球面向前或向后移动则可测量球面曲率半径 R_s ; 如测量光学系统,需在被检元件后面放置反射平板作零位检验。



(a) 1# F-P 标准具的干涉图及相位测量



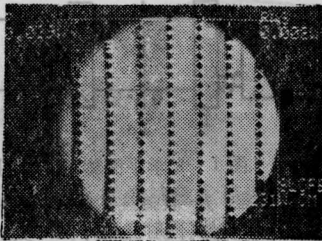
(b) 1# F-P 标准具的 3D 图



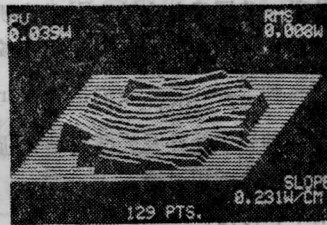
(c) 2# 光学平板的干涉图及相位测量



(d) 2# 光学平板的 3D 图

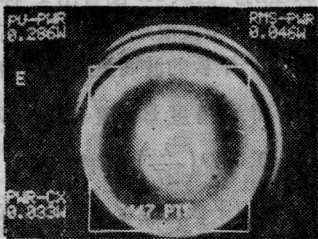


(e) 3# 干涉仪平板的条纹测量



(f) 3# 干涉仪平板的 3D 图

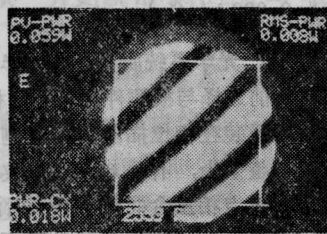
图 2 光学平面元件的干涉图及数据处理



(a) 1# 傅里叶物镜的干涉图及相位测量



(b) 1# 傅里叶物镜的 3D 图



(c) 2# 球面镜的干涉图及相位测量



(d) 2# 物镜的 3D 图

图 3 傅里叶变换物镜与球面镜的干涉图及数据处理

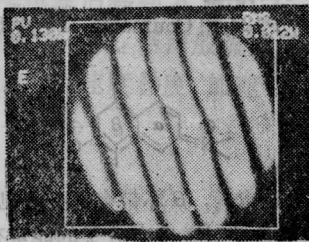
图3(a)是一傅里叶变换组合物镜系统的测试结果。测试过程中,还可以校正系统中各物镜而使组合物镜的质量达到理想效果。图3(c)是在一球面镜的测量数据及干涉图,利用调试机构使物镜的干涉图调试至最佳位置,图中所示PV-PWR是在此位置并经计算机处理所得相减离焦值(达到最小),从而除去了数据中的调整误差。

3. 激光材料的光学均匀性测定

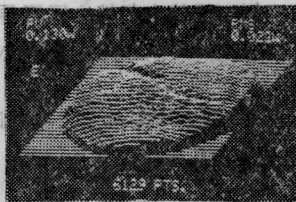
材料的光学均匀性是指内部折射率变化的程度(包括整体和局部区域),在实际应用中根据需要而制成各种形状和尺寸的元件,有些元件在传统的干涉仪上很难调试且达不到高精度要求,用 Mark III 系统则可很容易地达到。举例如下:

1) 大尺寸光学元件的测定:测量象核聚变装置所用的这种大型磷酸盐玻璃棒(尺寸为 $200 \times 400 \times 50$ mm),因为用费索系统及工作台大(长2.4m、宽1m)而极易调试。其干涉图及数据处理结果见图4。从3D图看出因材料的局部缺陷而出现沟槽状波面畸变引起质量下降。打印数据指出样品的其他区域PV值为 0.06λ ,而在沟槽状处 $PV=0.130\lambda$,此区域的光学质量明显下降。

2) 样品中不同部位质量的测量与比较:在测试



(a) 大尺寸磷酸盐玻璃棒($200 \times 400 \times 50$ mm)的干涉图及相位测量



(b) 磷酸盐玻璃棒的透射波干涉图及数据处理

图4 大尺寸磷酸盐玻璃棒的透射波干涉图及数据处理

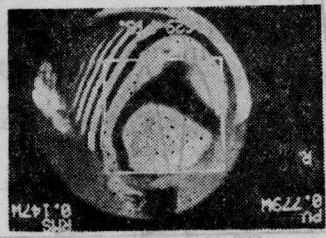
中可以用光标对样品的任意部位进行测定,其中图5(a)是取孔径充满样品截面时的测量结果;图5(b)是取局部区域所测的结果,由于除去了右下侧多条纹的部位而使PV值由 1.790λ 降为 0.77λ 。用此方法可以进行晶体毛坯的选棒工作。

常用的激光棒尺寸均较小(直径小于10mm),为了精确测量小直径样品的光学质量,必需配上孔径转换器使输出光束孔径从102mm缩小到33mm,这种条件下最小可测量直径为3mm。

上述结果表明:当被测件精度高于 $\frac{\lambda}{10}$ 时,则干涉条纹的畸变量很难用肉眼分辨,而Mark III系统测量精度可达 $\frac{\lambda}{50}$,只需数十秒钟就能完成条纹取样、数据处理等全部过程。



(a) 2* YAG:Nd 晶体光标取全部截面时的相位测量



(b) 2* YAG:Nd 晶体取孔径为截面的70%时的相位测量

图5 YAG:Nd 晶体的光学均匀性测定

参考文献

[1] J. H. Bruning; *Appl. Opt.*, 1974, 13, No. 11, 2693~2703.

(中国科学院上海光机所)

乔景文 邓佩珍

1985年8月8日收稿

激光染料 CarboStyil 124 的光谱和激光性能

Abstract: Laser dye carboStyil 124 was synthesized. The spectral and laser properties of it