

采用全息光栅作分束器的斜入射干涉仪

曹 明

摘要: 本文探讨了一种用全息透射式衍射光栅作分束器的斜入射干涉方法和装置, 该装置主要用于检测非光学表面。实验检测了毛玻璃表面、照相乳剂面和金属钢、铜、铝板表面。通过选择不同衍射效率的光栅或选择光栅不同衍射级次的衍射光进行干涉可改善干涉图的条纹对比度。该装置简单易调, 且调好后具有很好的稳定性。

一、引 言

光学干涉法已广泛应用于对光学面平整度的检测, 但将此方法应用于检测非光学面时就遇到了困难, 因垂直入射时这些表面的反射率很低。

当光束以近掠射的大倾角入射时, 可提高表面反射率。按这一设想, Langenbeck 设计了 Lloyd 干涉仪用于检测非光学表面^[1]。Abramson 利用一棱镜传递以近切入射的准直光束, 并通过聚焦镜观察 Fizeau 条纹^[2]。此后, Birch 又提出一种用透射式衍射光栅作分束器的光栅斜入射干涉仪^[4]。

用斜入射法作表面平整度的干涉检测具有很多长处, 最主要的有下列两点: 一、可检测反射率很低的非光学表面; 二、用较小口径的入射波面可检测大面积表面。

本文所探讨的是一种采用全息透射光栅作分束器的斜入射干涉仪, 结构上与 Birch 的干涉仪类似, 所不同的是干涉仪中的两个分束器分别选用不同衍射效率的光栅, 这一改进改善了干涉条纹的对比度, 扩大了可检测的非光学表面范围。

二、斜入射干涉仪基本原理及装置

图 1 为采用全息光栅的斜入射干涉仪原理简图。平面波 W 垂直入射到第一块光栅分束器上, 其零级衍射光直接到达第二块光栅, 一级衍射光斜入射到被检面, 反射后与零级光在第二块光栅处相汇, 经光栅 2 衍射的任意两束同向传输的光均可发生干涉, 图示所选的是参考光经光栅 2 衍射的一级光和工作光的零级光。

对于一平行于照明光束且垂直于光栅表面放置的理想平面, 得到的干涉图将是一片均匀照明。若被检面某处有一小的起伏 Δh 如图 1 所示, 则对应于这部分的光程差改变量为 $2\Delta h$

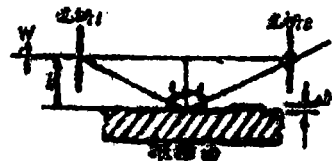


图 1

注: 本文作者的导师为刘瑞祥, 辅助导师为王雅黎

$(\cos i)$, 干涉级次的变化为

$$\Delta N = 2\Delta h (\cos i) / \lambda$$

若使用光栅常数为 p 、一级衍射角为 θ 的衍射光栅, 则上式可改写为

$$\Delta N = 2\Delta h / p$$

可见被检面的起伏量为光栅常数的一半时, 对应于干涉级次改变 1。

整个斜入射光栅干涉仪的配置主要由三大部分组成, 即照明系统 (包括一台 He-Ne 激光器和平行光管)、干涉仪主体 (包括光栅分束器和被检样板) 和成像记录系统。

整个光学系统的像差主要由第一块光栅引入。全息光栅在制作过程中的非线性处理或基片厚度的不均都将导致入射波面变形。第二个光栅所引入的像差对两相干光波完全相同, 不影响最终得到的干涉图。因此, 对第一块光栅的质量要求较高, 而第二块光栅的质量相对来说不是十分重要。

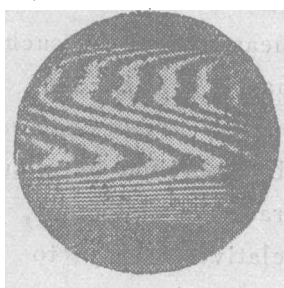
三、实验结果与条纹对比度的改善

实验检测了乳剂表面、毛玻璃和一组金属表面, 均得到了清晰的干涉图。图 2 所示为乳剂表面和铝板表面的干涉图, 干涉仪所使用的分束器为 220 线/mm 的光栅, 检测灵敏度为 $2.25\mu\text{m}$ 。

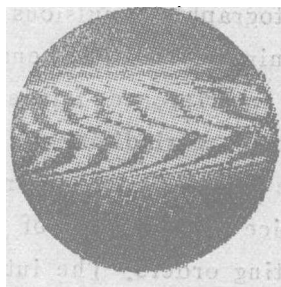
上面所列的几种非光学表面均无法用普通的垂直入射干涉仪检测。由此可见, 在非光学表面的干涉法检测中斜入射干涉仪具有其独特的优势。

文献^[4]中 Birch 以增大物光的入射角 (即选用光栅常数较大的光栅作分束器) 来改善条纹对比度。但其结果将导致仪器检测灵敏度下降。

选用两块光栅周期相同而衍射效率不同的光栅分别作干涉仪中的两个分束器也可改善干涉条纹的对比度, 具体地说, 即第一个分束器选用高衍射效率的光栅而第二个分束器则用衍射效率相对较低的光栅。另一更简单的方法是选用相同光栅的不同衍射级次的光进行干涉, 例如选参考光的 0 级和工作光的 1 级或参考光的 2 级和工作光的 1 级等。



全息干板乳剂面



铝板表面

图 2

四、总 结

综上所述, 采用全息光栅作分束器的斜入射干涉仪适合于对非光学面平整度的干涉法检测。本文所述的斜入射光栅干涉仪结构简单, 易于调试且调好后具有很好的稳定性。

斜入射干涉仪检测的对象大多是很粗糙的非光学面，其干涉图不象一般光学平面的干涉图那样容易分析判读，对许多表面来说斜入射干涉法仅是提供了一种非常灵敏的定性检测方法。

参 考 文 献

- [1] P. H. Langenbeck, Appl. Opt., 6, 1707 (1967).
- [2] N. Abramson, Optik, 30, 56 (1969).
- [3] J. D. Briers, Appl. Opt., 10, 519 (1971)
- [4] K. G. Birch, 1973a National Physical Laboratory UK, Report MON 4 March
- [5] P. Hariharan, Optical Eng., 14, 257 (1974).
- [6] M. V. R. K. Murty, R. P. Shukla, Optical Eng., 15, 461 (1976).
- [7] A. F. Fercher, H. Z. Hu, and U. Vry, Appl. Opt., 24, 2181 (1985)

Grazing Incidence Interferometer Using Holographic Gratings As Beam-Splitters

Cao Ming

Abstract

In this paper a grazing interferometry for measuring the flatness of non-optical surfaces is described. Many different surfaces have been examined, ranging from groundglass and photographic emulsions to metals such as steel, brass and aluminium, etc. The sensitivity of the measurement is such that one interference fringe represents a change of one half of the grating periodicity in height on the surface under examination. The visibility of interferogram can be improved by a suitable choice of gratings of different diffraction efficiency, or the grating orders. The interferometer is relatively easy to set-up and stable once aligned.