

新型的光电检测仪器

冯功和 周茂华

(华中理工大学激光技术国家实验室, 武汉, 430074)

摘要: 本文介绍了一种新型光电检测仪器, 仪器利用狭缝的傅里叶变换提取零件的误差信息, 并用计算机进行信息处理, 从而完成精密零件的自动测量和分类, 仪器已通过鉴定。

关键词: 激光 狭缝的傅氏光学变换

A new optoelectronic detector

Feng Gonghe, Zhou Maohua

(National Lab. of Laser Technology, HUST, Wuhan, 430074)

Abstract: This article introduces the new optoelectronic instrument for detection. It utilizes the Fourier transform of laser beam to extract defect data from workpiece, and then carries out optical information processing under microcomputer control. Automatic detect and classification of precision parts are implemented. The instrument had been accredited.

Key words: laser Fourier transform through narrow slot

一、检测原理

1. 精密零件的端跳、径跳简介

由轴和平面轮装配而成的精密零件(如手表中的摆轮、航空仪表中的小齿轮), 由于平面轮的不平度以及和轴装配时的不垂直度, 当零件旋转时引起零件沿 Y 轴的跳动称为端面跳动。由于椭圆度和装配时的不同心度引起 X 轴方向的窜动称为径向跳动如图 1 所示。

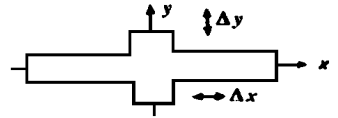


Fig. 1 Axial and radial jitters

2. 狭缝的傅里叶变换及误差信息提取

由衍射理论可知, 宽度为 a 的狭缝, 经激光束垂直照

射后将发生衍射, 焦面上给出狭缝的振幅傅里叶变换(见图 2)。即: 当透过狭缝的激光, 经透镜傅里叶变换后, 其谱振幅分布为:

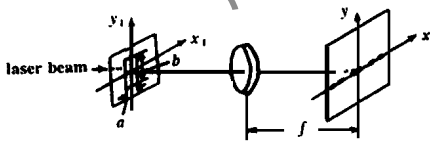


Fig. 2 Fourier transform through narrow slit

$$E(x) = \frac{e^{i\pi f}}{i\lambda f} e^{\frac{ik}{2f}x^2} \int_{-\infty}^{\infty} E(x_1) e^{-\frac{i2\pi x}{\lambda}x_1} dx_1 \quad (1)$$

因为狭缝的长度 $b \gg$ 宽度 a , 所以可只考虑狭缝在一个方向上的衍射效应。式中, $k = 2\pi/\lambda$ 为波数, λ 为入射光波波长, f 为变换透镜焦距, $E(x_1)$ 为狭缝的复振幅分布。

令 $x/f = m$ 为传播方向的余弦。激光光束是高斯分布的准平行光, 为简化起见, 并假定通过狭缝上的平行光是均匀分布的, 即 $E(x_1) = A$ 为一常量, 则(1)式变为

$$E(x) = \frac{e^{ikf}}{i\mathcal{F}} e^{\frac{ik}{2f}x^2} \int_{-\infty}^{\infty} A e^{-\frac{i2\pi x}{\mathcal{F}}x_1} dx_1 = \frac{A e^{ikf}}{i\mathcal{F}} e^{\frac{ik}{2f}x^2} \int_{-a/2}^{a/2} e^{-ikmx_1} dx_1 = c \int_{-a/2}^{a/2} e^{-ikmx_1} dx_1$$

$$= c [(e^{ikma/2} - e^{-ikma/2}) / (ikm)] = ca \frac{\sin(kma/2)}{(kma/2)} = E_0 \text{sinc}(kma/2) \quad (2)$$

式中, $c = [A e^{ikf} / (i\mathcal{F})] e^{\frac{ik}{2f}x^2}$, $E_0 = c \cdot a$ 。光强分布:

$$I(x) \propto |E(x)|^2 = |E_0 \text{sinc}(kma/2)|^2 = |c \cdot a|^2 \text{sinc}^2(kma/2) = I_0 \text{sinc}^2(kma/2) \quad (3)$$

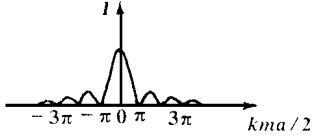


Fig. 3 The intensity distribution of Fourier transform through narrow slit

式中, $I_0 = |E_0|^2 = |c \cdot a|^2$ 。如以 $(kma/2)$ 为横坐标, 可得谱强度分布(见图 3)。而中心点, 即 $x = 0$ 处的谱强度应有下式即:

$$I(0) \propto I_0(0) = A^2 / (\lambda^2 f^2) a^2 = c_0 a^2 \quad (4)$$

当入射光斑大小为定值时, c_0 是系统结构参量和输入光强的函数。当结构和输入光强为定值时, 则中心点谱强度与缝宽 a^2 成正比。

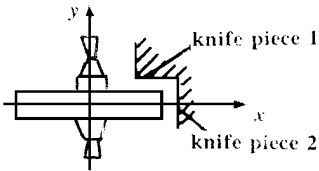


Fig. 4 Set of narrow slot

为了提取端跳和径跳信息, 我们在摆轮的端面 and 径向设置了两个互相垂直的狭缝(见图 4)。用两束激光分别垂直入射到两个狭缝上, 在狭缝的后面设置一个傅里叶变换透镜, 这样在透镜的后焦面上就可得到狭缝的傅里叶谱 $E(x)$ 和 $I(x)$ 。测出中心部分谱强度的变化, 即可知端面 and 径向跳动量。

二、系统结构

图 5 是仪器框图, 由图可知仪器由光路、气路、电路、计算机、机械传动部分组成, 其工作过程是计算机发出指令。首先吹转工件, 使其按合适的速度旋转, 进而自动采样数据以提取误差信息, 经数据信息处理后, 计算机对工件按正品、废品进行自动分类, 并用硬拷贝列式打印测试结果。

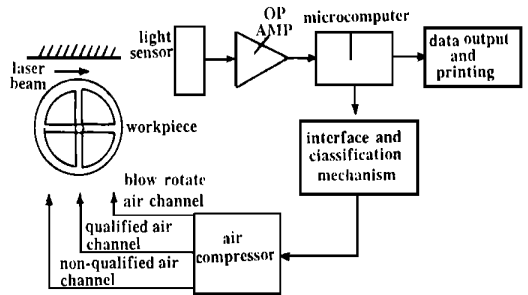


Fig. 5 Block of instrument

三、测试结果及分析

对 100 个工件进行测试按径跳、端跳 ≤ 2 丝为正品, > 2 丝为废品的标准自动分类; 并用光学读数显微镜验证, 其分类精确 $> 90\%$, 满足有关单位要求。

参 考 文 献

1 Goodman J W. Introduction to Fourier Optics, 1968

* * *

作者简介: 冯功和, 男, 1939 年出生。高级工程师。现从事新型激光器研究及激光应用方面工作。