

CCD 检测激光束折散宽度及在柱面 镜曲率半径测量中的应用

张铁强 郭山河 申铨国

(吉林工业大学应用物理系, 长春, 130025)

摘要: 本文介绍一种检测柱面镜曲率半径方法。该方法的基本原理是利用准直激光束通过柱面镜产生扇形折射光束, 折射光束散开的宽度同柱面镜曲率半径直接相关。利用线阵 CCD 和微机数据处理系统, 可以高精度确定折散光束宽度, 进而确定出柱面半径。将这种检测技术应用汽车灯配光镜柱面半径测量, 测量精度达到 2%。

关键词: 激光束折射 柱面半径 CCD

Measurement of divergent angle width of laser beam with CCD for determination of radius of curvature of cylindrical lens

Zhang Tieqiang, Guo Shanhe, Shen Xuanguo

(Department of Applied Physics, Jilin University of Technology)

Abstract: This paper presented a method for measurement of radius of curvature of a cylindrical lens. While a laser beam goes through a cylindrical lens, the divergent angle width can be precisely determined with a high resolution CCD and a data microcomputer processing system. Then the radius of curvature of the cylindrical lens also can be calculated out. In practical application, measuring accuracy is

五、结 论

研究表明: 本 X 光预电离源电压幅度达 90kV, 电流密度达 $9.2A/cm^2$, 脉宽 $< 100ns$, $f = 400Hz$, 可长时间稳定工作。相应计算表明: 该 X 光源可在 1 个大气压的 He: Xe: Fe 混合气体中, 产生 $2.9 \times 10^8 cm^{-3}$ 的初始预电离电子浓度, 足以满足其均匀放电的要求。进一步的实验研究仍在进行中。

参 考 文 献

- 1 Levatter J I, Lin S C. J A P, 1980; 51(1): 210
- 2 H-J. 奎瑟主编. X 射线光学在固体领域中的应用. 北京: 科学出版社, 1985
- 3 Midorikawa K. IEEE J Q E, 1984; QE-20(3): 198
- 4 Sumida S. A P L, 1978; 33(11): 913
- 5 黄胜涛主编. 固体 X 射线学. 北京: 高等教育出版社, 1985
- 6 Levatter J I. A dissertation for the degree Doctor of Philosophy. San Diego: University of California, 1979
- 7 Levatter J I, Li Z G. Rev Scient Instrum, 1981; 52(11): 1651~ 1654

* * *

作者简介: 王又青, 男, 1963 年 7 月出生。讲师。现主要从事脉冲固体与脉冲气体激光器的研究工作。



high up to 2%。

Key words: laser beam refraction cylindrical surface radius CCD

一、引言

利用激光束的良好平行性,可以实现空间尺度的精密测量^[1]。本文介绍一种利用准直激光束和 CCD 光电成象器件测量柱面镜曲率半径的原理和系统结构,以及在汽车灯配光镜柱面半径检测中的应用。汽车配光镜的结构含有大量柱面单元。各柱面单元使入射的平行光束折散开,形成扇形光束,产生宽视野照明,有利于驾驶员的观察。光束散开的程度与柱面单元曲率半径直接相关,精确地检测柱面半径,对于配光镜模具设计和修正具有明显的实际意义。将前述检测技术应用于配光镜柱面半径测量,得到良好效果。以雾灯配光镜检测为例,每只检测时间不超过 2min,检测精度达到 2%,而且实现了自动控制。

二、原理

1. 计算公式

汽车灯配光镜柱面单元的横截面形状如图 1 所示^[2]。由于配光镜前表面是一曲率半径很大的曲面,可以视为垂直于入射光束的平面。当一束直径为 b 的平行激光束垂直入射到柱面镜上,光线发生偏折,其中边缘光线的偏转角是 θ ,于是整个出射光线汇集成夹角为 2θ 的扇形光束。根据折射定律有

$$n \sin \theta_2 = \sin \theta \tag{1}$$

$$n \sin \theta_1 = \sin \theta_0 \tag{2}$$

式中, n 是柱面镜材料的折射率。由几何关系得到

$$\sin \theta_0 = b / (2R) \tag{3}$$

$$\theta_0 = \theta_1 + \theta_2 \tag{4}$$

联立(1)~(4)式,得到柱面半径 R 是

$$R = b / (2 \sin \theta) \sqrt{n^2 - 2 n^2 \sin^2 \theta + 1} \tag{5}$$

通过测量光束折散角度 θ ,利用(5)式可以计算出柱面半径。

2. CCD 测量原理

CCD 做为一种新型光电探测器件,具有存储和转移信息电荷的能力,能够直接完成空间信息的采集、转换、存储和输出。以 CCD 做为接收器件,使激光束折散光束成象到 CCD 上,光束散开宽度也是 CCD 上照亮的区域。测量光束散开宽度的原理如图 2 所示。从图 2 可以得到被检测散开光束在 CCD 上的影象尺寸 W 是

$$W = (m_2 - m_1) S \tag{6}$$

式中, m_1 和 m_2 分别是 CCD 上边缘亮光敏元序数; S 是相邻光敏元的间隔。如果系统的放大率是 β ,则投影屏上光束宽度 W_0 是

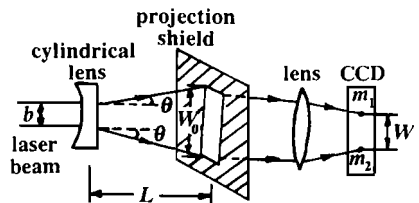


Fig. 2 The measuring principle of optical beam width by CCD

$$W_0 = W/\beta = (S/\beta)(m_2 - m_1) \tag{7}$$

取配光镜到投影屏距离是 L , 则有 $\theta = \text{tg}^{-1}[(W_0 - b)/(2L)]$ (8)

由(8)式和(5)式联立, 通过测量亮光敏元的数目, 可以检测配光镜柱面半径。这种检测方法的精度主要决定于 CCD 光敏元线度。由于 CCD 光敏元尺寸在几个微米量级上, 因此测量精度是比较高的。

三、系统结构

图 3 是检测系统的结构原理图。它主要由光学系统和图象探测、采集及处理系统两部分组成。平行激光束照射到配光镜柱面单元, 散射光束落到投影屏上, 并经光学成像系统成像到线阵 CCD 上, CCD 完成散射光束边缘的探测, 并经数据采集电路将信息送入微机处理系统进行数据处理, 计算出柱面半径, 最后打印结果。

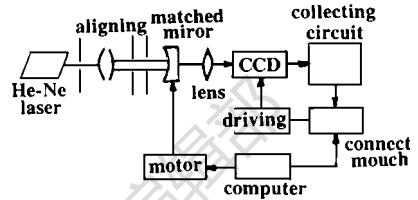


Fig. 3 Schematic diagram of measuring system

激光源采用的是 7mW 的 He-Ne 激光器。在准直扩束部分的焦平面上, 放置一针孔滤波器, 以消除高频杂光。经准直扩束后, 平行激光束通过孔径为 1mm 的双层狭缝, 投射到配光镜上。经配镜折散光束投射到黑片上, 产生狭长的光斑, 光斑通过成像透镜, 以缩小的方式成像到 CCD 上, 成像系统放大率为 1/4~ 1/2。

图象探测、采集系统以 TCD142D 型线阵 CCD 做为探测器, 其光敏元数是 2048 个, 相邻光敏元间距是 14μm。对应于亮斑处, 其象处的光敏元输出高电平; 其它处输出低电平, 并可以存储起来。在采样过程中, 驱动电路数据输出率设计为 2MHz, 即 CCD 单个象素输出周期是 500ns。为了实现数据采集的高速化, 采用帧存器技术, 计算机采用查询方式将帧存器中象素数据读入内存。整个检测在程序控制下自动完成, 配光镜在步进电机推动下, 由微机控制完成移位。

四、结果与分析

取定配光镜到投影屏距离是 120mm, 调节狭缝宽度为 1mm, 选定成像透镜放大率为 1/2, 对折射率为 1.52、半径为 2mm 的标准柱面镜进行检测, 在 CCD 上亮光敏元数是 1166, 相应的柱面半径测量值是 2.03mm, 误差不超过 2%, 表现出较高的精确度。

本系统的一个重要问题是激光束宽度 b 的确定。确定的方法是利用柱面半径已知的标准柱面镜, 测量出亮光敏元数, 计算出 θ 角, 根据(5)式利用迭代方法确定出光束宽度 b 。

实际使用表明, 该系统能实现车灯配光镜柱面半径的连续自动测量, 符合国家标准的要
求。

参 考 文 献

- 1 戴立铭, 江潼君. 仪器仪表学报, 1994; 15(4): 400~ 404
- 2 GB 4660- 84, 汽车雾灯配光性能, 国家标准局, 1985, 6

作者简介: 张铁强, 男, 1956 年出生。副教授, 目前从事光电技术方面教学与研究。

收稿日期: 1995-05-10

