

## 用 He-Ne 激光在线检测链板缺陷

杨今才 刘 富

(吉林工业大学电子工程系, 长春, 130025)

金 昌 蓝 宏

(吉林工业大学链转动研究所, 长春, 130025)

**摘要:** 本文提出了利用光学测量滑动链板塌角的方法, 即通过测量滑动链板表面漫反射光的强度分布, 从而获得链板塌角的信息。本装置用 6328Å 的 He-Ne 激光器和 CCD(电荷耦合摄像器件) 作为光的发射接收系统来提取信号, 文中从理论上推导出了它的漫反射光的强度分布, 能够满足生产要求, 从而提出利用漫反射光束来测量链板塌角的变化规律。实验表明: 本仪器具有结构简单, 容易操作的优点, 能够完成链片生产过程中的快速、自动分选功能。

**关键词:** 塌角 漫反射光束 激光 CCD 信号处理

## An on-line detection method of flaw of chain element slice using He-Ne laser

Yang Jincai, Liu Fu

(Department of Electronic Engineering, Jilin University of Technology)

Jin Cang, Lan Hong

(Institute of Chain Transmission, Jilin University of Technology)

**Abstract:** This paper presents an optical method to detect the flaw of chain slice. The information of flaw is detected from the change of intensity distribution of diffuse reflection light from the round edge slice illuminated by a He-Ne laser and recorded with a CCD camera. The theoretical width and maximum deviation of diffuse reflection light are calculated and the position confined condition of CCD camera is given. The experimental results show that the device is simple in structure and easy to operate and able to select the shortcoming slices rapidly and automatically.

**Key words:** flaw beam of diffuse reflection laser CCD signal processing

### 一、引言

为提高链条产品质量, 组装前必须对体积小、表面光滑、塌角缺陷不是很大的链板进行分选。目前处理的方法是人工分选, 它有误差大、选出率低、速度慢、浪费人力和工时等缺点。本文提出了用激光在线检测链板缺陷的方法。并用在链板自动分选整列机上, 通过对 08A, 08B 链板的实际检测, 表明该方法选出率高( $\geq 98\%$ ), 误选率低( $\leq 0.8\%$ )。

### 二、测量系统的基本原理

#### 1. 基本光路设置及边缘塌角测量原理

经过反复实验, 确定用平行光反射、接收作为信号的提取手段。

目前平行光的产生有两种方法:一是通过光学系统将点光源变成平行光,就是通过各种透镜将非平行光变成平行光;二是光源直接发出平行光(如激光)。

(1) 透镜法形成的平行光 用发光二极管作为光源,用一组透镜将其变成平行光。通过实验可知,用这方法得到的平行光,在一定范围内其平行度还是很好的,但它还是不能完成有效分选任务,理论分析有二个方面原因:一是光源本身的能量就不很集中,再加上每通过一次透镜,能量就损失一部分,因此它发出的平行光单位面积能量不大,再经过链板塌角的漫反射后,光强很小,不易接收;二是透镜不能做得太小,所以生成平行光的光束面积较大,照射在塌角上时,漫反射光就会淹没在平行光束中,接收装置接收不到塌角信号。

(2) 激光(让光源直接发出平行光) 本装置选用了 He-Ne 激光器做为直接发出平行光的光源。因为它所固有的方向性好、单色性好、相干性强的优点外,还具有结构简单、寿命长、可靠、小巧、价廉、频率稳定性好、发散角小等特点。它的发光波长为  $6328\text{\AA}$ , 为一种红光(可见光),因此利于选择接收器件,可以用可见光接收器件来接收,也可以用近红外接收器件来接收。它的光束直径很小,发散角小于  $0.13^\circ$  发射功率较大,单位面积的光包含的能量较大,利于接收、处理。因此,本装置选用 He-Ne 激光器作为光源。

## 2. 漫反射光测量滑动链板塌角大小原理

链板表面镀有一层防蚀层,表面极其光滑,平行光照射于其表面,将按原光路返回;另外,

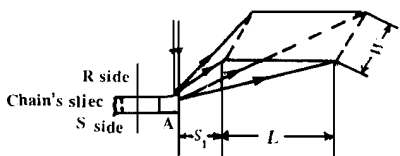


Fig. 1 The diagrammatic sketch of diffuse reflection beam

S 面边缘呈  $90^\circ$  角,不发生漫反射现象。只有平行光照射在 R 面边缘塌角上时,发生漫反射。此漫反射为一束以检测点为顶点的锥状光束。设某一检测点光束的长为  $L$ , 宽为  $W$ , 如图 1 所示。

由于激光发出的平行光,单位面积的能量较大,链板表面的法兰层对光的反射很好,故漫反射光的单位面积的能量也比较大,对接收器件的灵敏度要求就较小(相比之下)。另一方面,漫反射光光束较长,接收器件的安装位置有一定的活动范围,有利于仪器的安装、调试。

## 3. 检测装置的构成及自动分检的工作原理

图 2 所示是该装置的系统框图,其结构主要由激光电源、信号接收器(光电传感器)、信号处理电路、单片机及执行机构等部分组成。

激光器发出的  $6328\text{\AA}$  平行光束,垂直照射在链板滑行的轨道上,当 R 面经过此点时,塌角发出漫反射光,由接收器(光电传感器)对此信号进行探测,并将探测到的漫反射光信号转换成电信号,经放大、检波、二值化处理后,再进入单片机系统对信号进行分析、处理、判别,确认为塌角信号后,驱动执行机构自动进行分选。

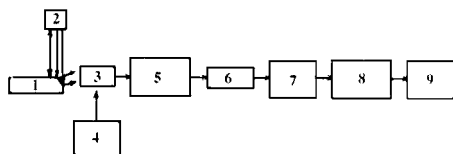


Fig. 2 Composition of system

1- flaw 2- laser 3- CCD 4- CCD's driving  
5- high frequency amplification 6- detector 7- two-value processing 8- single-chip microprocessor  
9- executive body

## 三、漫反射光强的计算

### 1. 激光器输出功率<sup>[1]</sup>

He-Ne 激光器的输出功率

$$P = AI_{\text{out}} = \frac{1}{2} t_1 I_s A \left[ \frac{2LG^3}{\alpha_1 + t_1} - 1 \right] \quad (1)$$

式中,  $A$  为激光束平均截面;  $I_s$  为饱和光强;  $t_1$  为部分反射镜的透射率;  $L$  为增益介质长度;  $\alpha_1$  为部分反射镜的损耗。

## 2. 光的传输

由于所使用的 He-Ne 激光器其输出发散角不大于  $0.13^\circ$  所以传输过程中光束发散可忽略不计, 则其能量发散亦可忽略不计。

光斑(激光束的面积, 设其为  $A_1$ ) 比塌角(设其为  $A_2$ ) 要大得多, 故塌角所能接收的能量要比激光输出的能量小得多。

$$\text{塌角表面接收的激光能量} \quad P_2 = (A_2/A_1)P \quad (2)$$

## 3. 激光在金属面的反射

$$\text{金属表面光的吸收率} \quad k = k_0/n = \alpha N/(4\pi n) \quad (3)$$

式中,  $k_0$ ,  $\alpha$  为吸收系数;  $n$  为电介质材料;  $k$  和  $n$  可以通过以下关系式近似求得:

$$n = \sqrt{1 + k^2} = \sin \overline{\varphi} \tan \overline{\psi} \quad (4)$$

$$k = \tan^2 \overline{\psi} \quad (5)$$

可见,  $\overline{\varphi}$  为入射角,  $\overline{\psi}$  为主方位角<sup>[2]</sup>。式中, 此吸收率不但与材料有关, 还与光入射角度有关。

## 4. 反射光强

由上述分析可知, 反射光强可以由下式近似算出:

$$P_0 = P_2(1 - k) = \left(1 - \frac{\alpha\lambda}{4\pi n}\right) \cdot \frac{A_2}{2A_1} \cdot t_1 I_s A \left(\frac{2LG^3}{\alpha_1 + t_1} - 1\right) \quad (6)$$

由于  $A_1 \approx A$ , 故

$$P_0 = \frac{1}{2} A_2 \cdot t_1 I_s \left(1 - \frac{\alpha\lambda}{4\pi n}\right) \left(\frac{2LG^3}{\alpha_1 + t_1} - 1\right) \quad (7)$$

通过实验证明, 此光强高出线阵 CCD-TCD142D 的接收灵敏度。

## 四、实验结果与分析

实验中, 采用 He-Ne 激光管, 其腔长  $L = 25\text{cm}$ , 发射角小于  $0.13^\circ$  激光源输出电压脉冲幅值为  $4.5\text{kV}$ , 输出电流为  $5 \pm 0.1\% \text{mA}$ 。激光源的好坏也是影响激光器工作参数的一个很重要的原因。我们将设计好的电源加在 He-Ne 激光管上进行工作测试, 测得参数如下: 光束直径  $0.48\text{mm}$ , 输出功率为  $2.1\text{mW}$ , 而且很稳定。也就是激光源与 He-Ne 管能很好的匹配, 故上述方案是合理的。

另外, 验证其光束的能量比较集中, 由以上参数可计算得出, 每平方米面积上激光光束的能量为:

$$\frac{2.1}{\pi \times (0.48/2)^2} \cdot 12.16\text{mW/mm}^2$$

实验证明, 这个光能量虽然在塌角处损失一部分, 但漫反射光仍能高于 CCD 的光照阈值而使 CCD 工作<sup>[3]</sup>。

每台分选整列机有十个分选轨道同时工作, 任选其中一个轨道, 其安装数据及实验结果如下: 激光发光点距检测点高度  $M$  为  $10.0\text{cm}$ 。对厂家提供的两种型号(08A, 08B)的链板进行了实际检测, 得到平均选出率为  $98.05\%$ , 误选率为  $0.8\%$ , 故本装置有选出率高, 误选率低的特点。达到了设计要求。

# 激光散射理论及其在计量测试中的应用

陈 军 尤 政 周兆英  
(清华大学精密仪器系, 北京, 100084)

**摘要:** 本文系统地介绍了一门新近发展起来的学科——光散射及其应用技术。文中概述了散射理论的发展历史, 详细介绍了瑞利散射定律及米氏理论, 分析了散射与粒度、表面轮廓形貌统计特性及晶体内部微缺陷之间的数学关系, 给出了激光散射在粒度、表面粗糙度测试及微缺陷检测中的应用实例。

**关键词:** 散射 瑞利散射理论 米氏理论 测量 应用

## Light scattering theory and its application in measurement

Chen Jun, You Zheng, Zhou Zhaoying  
(Department of Precision Instruments, Tsinghua University)

**Abstract:** In this paper, a newly developed science subject——light scattering and its application in measurement is introduced. The developmental history is reviewed. Based on Rayleigh scattering theory and Mie theory, the relationship between scattering and particle sizing, statistical characteristics of surface topography and micro-defects in crystal are analyzed. At last, some typical application of scattering theory are presented.

**Key words:** scattering Rayleigh scattering theory Mie theory measurement application

## 一、引 言

散射理论的研究开始于上一世纪的 70 年代。1871 年, 瑞利(Lord Rayleigh)首先提出了著名的瑞利散射定律, 并用电子论的观点解释了光散射的本质<sup>[1]</sup>。瑞利散射定律的适用条件是

## 五、结 论

本装置的研制成功地解决了链条生产中一个关键问题。经过一年多实际运行证明, 用激光器和 CCD 作为光的发射接收系统, 来提取在线的链板塌角信号, 具有速度快, 选出率高, 工作稳定等特点。

## 参 考 文 献

- 1 王俊华, 崔砚生, 吴美娟编著. 激光原理及应用. 北京: 清华大学出版社, 1987: 117~ 123
- 2 Tenkins F A, White H E 著, 杨光熊, 郭永康译. 光学基础(下册). 北京: 高等教育出版社, 1994: 152~ 158
- 3 纪 明. 长春光学精密机械学院学报, 1991; 14(2): 1~ 5

\* \* \*

作者简介: 杨今才(附照片), 男, 1936 年 12 月出生。副教授。从事电子技术教学及科研。  
刘 富, 男, 1968 年 7 月出生。博士。从事信号检测及自动控制方面的研究。  
金 昌, 男, 1945 年 7 月出生。副研究员。从事机械学的研究工作。  
蓝 宏, 男, 1955 年 8 月出生。工程师。从事链传动研究与测试工作。