

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01B 11/02 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910096755.5

[43] 公开日 2009年8月26日

[11] 公开号 CN 101514887A

[22] 申请日 2009.3.16

[21] 申请号 200910096755.5

[71] 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号

[72] 发明人 周一览 杨建华 舒晓武 刘承

[74] 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司  
代理人 周烽

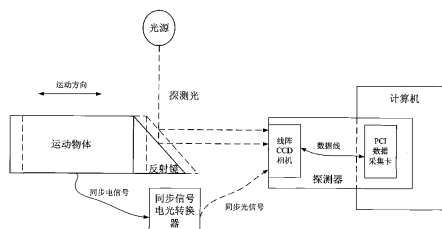
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

## [54] 发明名称

物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统

## [57] 摘要

本发明公开了一种物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统，它主要由光源、反射镜、探测器、同步信号电光转换器和计算机组成；所述探测器由线阵 CCD 相机与 PCI 数据采集卡通过数据线连接组成，PCI 数据采集卡模块插于计算机的 PCI 插槽中；本发明检测速度快，时间分辨率可达 0.1 毫秒；检测的位置分辨率高，可达亚微米量级；采用带阈值的数字化求重心法计算光斑位置，检测到的位置精度高，可达微米量级；通过电光转换将运动物体的同步电信号转换为光信号，从而可以简便地提取出运动的整周期数据；记录并显示物体运动的高分辨率时间 - 位移曲线，从而既可以实时监测、计算物体的运动特性，也可以一次采集若干时间的数据供事后分析。



- 1、一种物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统，其特征在于，它主要由光源、反射镜、探测器、同步信号电光转换器和计算机组成。所述探测器由线阵 CCD 相机与 PCI 数据采集卡通过数据线连接组成，PCI 数据采集卡模块插于计算机的 PCI 插槽中。
- 2、根据权利要求 1 所述物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统，其特征在于，所述光源由 LED、狭缝和照相机镜头依次固定在结构件上组成。
- 3、根据权利要求 1 所述物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统，其特征在于，所述反射镜为 45 度平面镜。
- 4、根据权利要求 1 所述物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统，其特征在于，所述同步信号电光转换器由激光二极管及其驱动电路组成，驱动电路包括直流电源、达林顿管和 2 个电阻。所述直流电源的正端连接到激光二极管的正端，直流电源的负端与运动物体同步电信号的负端一起连接到达林顿管的发射极，运动物体同步电信号的正端经过一个电阻连接到达林顿管的基极，激光二极管的负端经过另一个电阻连接到达林顿管的集电极。

## 物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统

### 技术领域

本发明涉及运动对象的实时检测技术，尤其涉及一种物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统。

### 背景技术

使用 CCD 相机测量物体微小形变及微小位移的图像式监测系统已被广泛提出，这些系统的原理都是将物体状态的变化转换为 CCD 相机像面上成像位置的变化，再通过数据处理，折算出物体实际的形变或位移量。然而这些系统的被测对象是处于静态或者是准静态情况下，因而此类系统的工作方式是静态的，即对物体的检测时间间隔相对较长。对于在小范围位移内以一定方式进行运动的物体，要准确、高速获得物体的运动参数，使用上述系统就无法得到所需的结果，必须设计一种新颖的检测系统，提高检测的分辨率和速度，从而实现对物体微位移运动的检测。

### 发明内容

本发明的目的是针对现有技术的不足，提供一种物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统。

本发明的目的是通过以下技术方案来实现的：一种物体微位移运动的高分辨率高速数字检测系统，它主要由光源、反射镜、探测器、同步信号电光转换器和计算机组成。所述探测器由线阵 CCD 相机与 PCI 数据采集卡通过数据线连接组成，PCI 数据采集卡模块插于计算机的 PCI 插槽中。

进一步地，所述光源由 LED、狭缝和照相机镜头依次固定在结构件上组成。

进一步地，所述反射镜为 45 度平面镜。

进一步地，所述同步信号电光转换器由激光二极管及其驱动电路组成，驱动电路包括直流电源、达林顿管和 2 个电阻。检测的运动物体上具有同步电信号，所述直流电源的正端连接到激光二极管的正端，直流电源的负端与同步电

信号的负端一起连接到达林顿管的发射极，同步电信号的正端经过一个电阻连接到达林顿管的基极，激光二极管的负端经过另一个电阻连接到达林顿管的集电极。

本发明的有益效果是：

- 1、检测速度快，时间分辨率可达 0.1 毫秒；
- 2、检测的位置分辨率高，可达亚微米量级；
- 3、采用带阈值的数字化求重心法计算光斑位置，检测到的位置精度高，可达微米量级；
- 4、通过电光转换将运动物体的同步电信号转换为光信号，从而可以简便地提取出运动的整周期数据；
- 5、记录并显示物体运动的高分辨率时间-位移曲线，从而既可以实时监测、计算物体的运动特性，也可以一次采集若干时间的数据供事后分析。

#### 附图说明

- 图 1 是本发明结构示意及检测原理图；  
图 2 是本发明光源部分结构示意图；  
图 3 是本发明中同步信号电光转换器电路示意图；  
图 4 是本发明中所述运动物体的时间-位移曲线图；  
图 5 是本发明中计算机处理数据的流程图。

#### 具体实施方式

如图 1 所示，本发明由光源、反射镜、探测器、同步信号电光转换器、计算机五个部分组成。探测器由线阵 CCD 相机与 PCI 数据采集卡通过数据线连接组成，PCI 数据采集卡模块插于计算机的 PCI 插槽中。

光源可采用 PROLIGHT 公司的 5W 大功率平板白光 LED，如图 2 所示，LED 使用直流稳压电源供电，与狭缝一起安装于光源结构件上，前端安装照相机镜头以调节出射光的形状和强度。

反射镜为 45 度平面镜。

探测器部分的线阵 CCD 相机可采用 DALSA 公司的 P2-22-4K30 型号 CCD 相机，PCI 数据采集卡可采用 CORECO 公司的 0C-64E0-IPR00 X64-CL iPro 型号 PCI 数据采集卡，该 CCD 相机与数据采集卡为配套产品，附有专用数据线，连接 CCD

相机与数据采集卡。

同步信号电光转换器由激光二极管及其驱动电路组成。如图 3 所示, 12V 直流电源的正端连接到激光二极管的正端, 12V 直流电源的负端与同步电信号的负端一起连接到达林顿管的发射极, 同步电信号的正端经过一个 10K 欧的电阻 R 连接到达林顿管的基极, 激光二极管的负端经过一个 470 欧电阻连接到达林顿管的集电极。当运动物体的同步电信号到达时, 达林顿管导通, 激光二极管被点亮, 产生同步光信号; 无同步信号时, 达林顿管截止, 激光二极管熄灭。同步信号电光转换器部分的电气系统与探测器部分的电气系统完全隔离, 并使得探测器部分简便的获取了同步电信号的时间信息, 极大的简化了后续处理。

系统检测原理如图 1 所示, 将光源安装在物体上方, 反射镜粘贴在物体表面。光源发射的光线入射到移动中的物体上, 并由反射镜反射到 CCD 相机像面形成随物体移动而移动的光斑。CCD 相机经过 A/D 转换后输出表示线阵上各像素光强的数字量值到数据采集卡, 通过更改线阵 CCD 相机的曝光时间可以得到不同的检测速度, 本系统设置检测频率为 10KHz, 时间分辨率为 0.1 毫秒。数据采集卡将收集到的光强信息置于计算机内存中, 再由计算机进行数据处理, 分析光强信号的变化, 即得到物体的运动信息并可对之进行进一步分析。

此外, 将 CCD 相机像面分为两块, 使用机械结构隔离。一部分用于接收测试光, 即光源出射的平行光由反射镜反射到 CCD 相机的像面形成的位移信号光斑, 如上文所述, 该光斑的位置随物体的运动而改变; 另一部分用于接收同步光信号, 即同步电信号到来时, 激光二极管照亮 CCD 相机的像面形成的同步信号光斑, 该光斑的位置不随物体的运动改变, 且与反映物体运动形成的位移信号光斑不相关。

平行狭缝光在 CCD 像面上的形成的光斑一般覆盖数百个像素点, 对于每个特定采样时刻, CCD 均输出一组代表各像素点光强的数字量值, 采用数字化求重心法对这组数据进行计算, 提取光斑的重心点, 代表这一时刻光斑的位置。数字化求重心法的特点是精度很高, 分辨率可达亚微米量级, 为了使得重心计算更为准确, 还可引入光强阈值作为辅助手段, 在测试前, 首先对背景光进行测试, 得到平均光强, 以平均光强加一倍标准差作为光强阈值。实际计算中, 光强低于阈值的像素点将不参与计算。光强高于阈值的像素点, 将实际光强减去光强阈值后参加计算。引入光强阈值辅助后, 去除了噪声和干扰等原因所造成的非目标信号的影响, 提取光斑重心的误差可以抑制在微米量级。

假设线阵 CCD 相机有 4096 个像素, 每个像素点测量的光强经过 A/D 转换后数字量值为  $V_i$  ( $i$  为像素号), 则数字化求重心法的计算公式为:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^{4096} V_i * i}{\sum_{i=1}^{4096} V_i}。在 T_k 时刻提取的光强重心值 X_{ck} 代表 T_k 时刻光斑的位置，$$

那么以时间值  $T_k$  ( $k=1, 2, 3, \dots, n$ ) 作为横坐标，光强重心值  $X_{ck}$  ( $k=1, 2, 3, \dots, n$ ) 作为纵坐标作图，就得到  $T_1$  时刻到  $T_n$  时刻时间范围内光斑的运动轨迹，也就是物体的运动轨迹，其效果如图 4 所示。

图 5 示出了计算机进行数据处理流程。程序的核心功能是：按照给定的采样参数，采集 CCD 各像素点的光强分布、计算一段时间内 CCD 线阵上光强重心点的运动轨迹，显示于计算机屏幕上，同时记录数据文件于计算机硬盘中，再根据时间基准计算该运动轨迹的特性。工作方式可以是实时采集并显示，也可以是一次采集若干时间的数据供事后分析。

标定测试结果证明，该系统可以高速（典型值如 10KHz）记录并显示物体在小范围位移（典型值如 2mm）内的时间-位置曲线，进而分析物体的运动特性，位置精度可优于 2 微米。

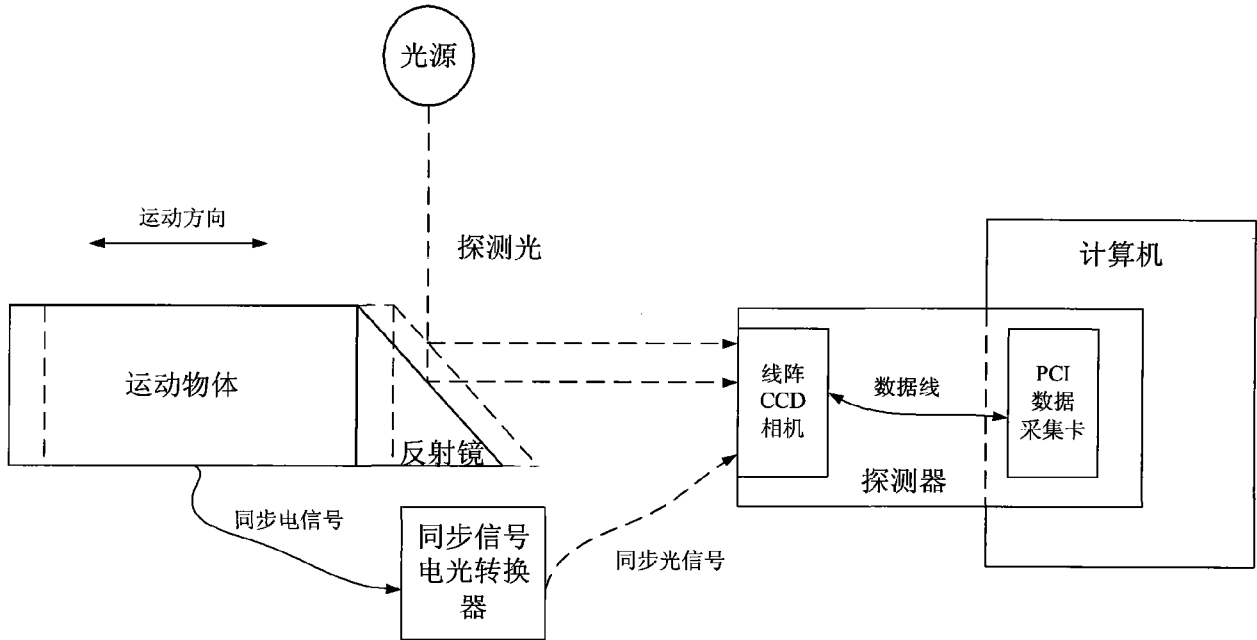


图 1

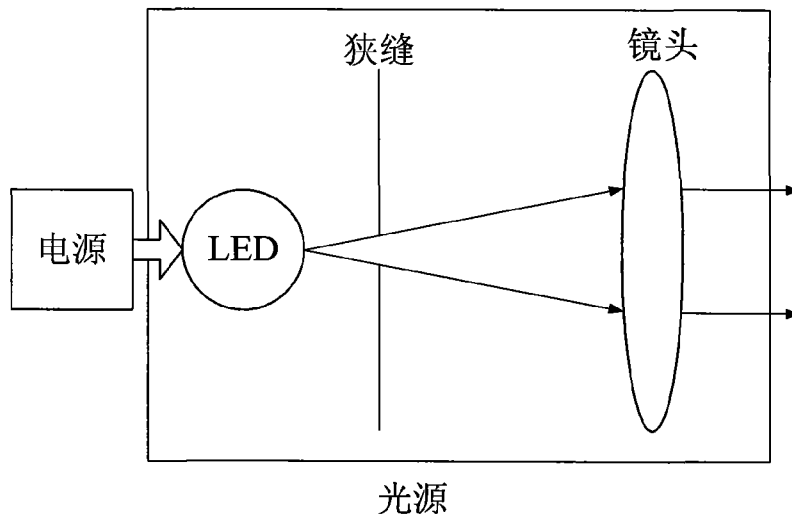


图 2

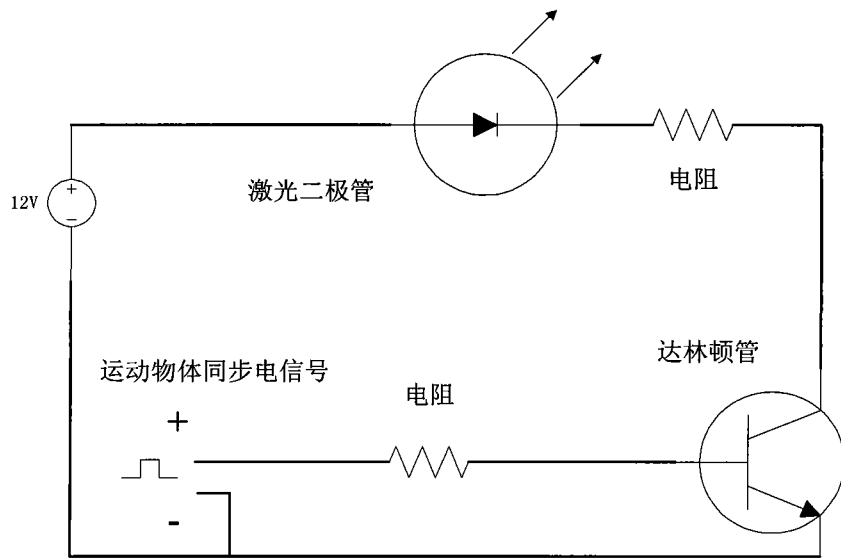


图 3

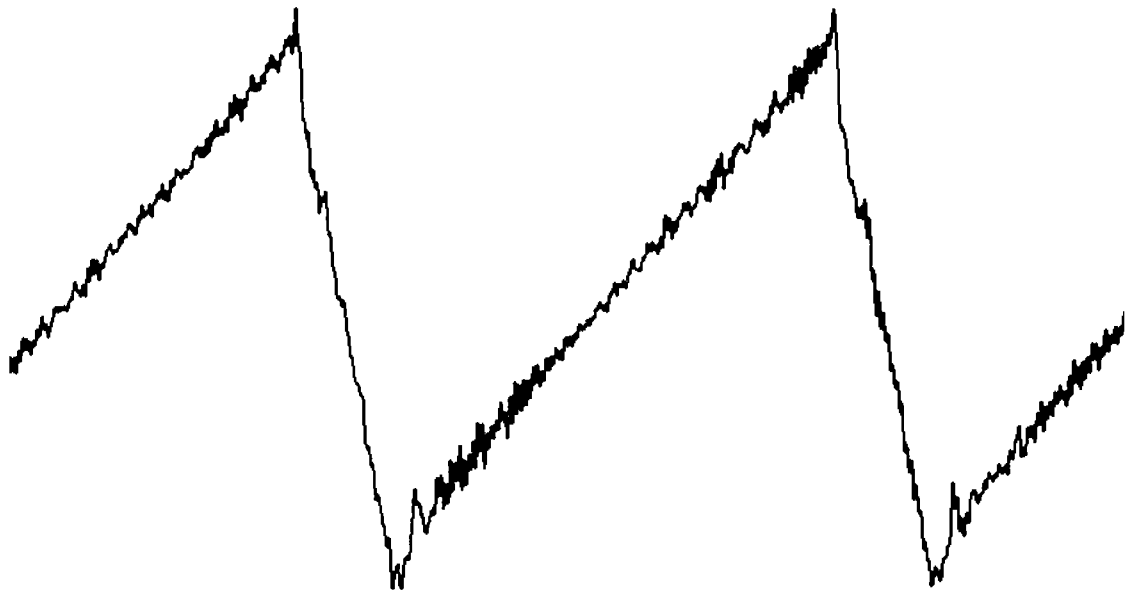


图 4



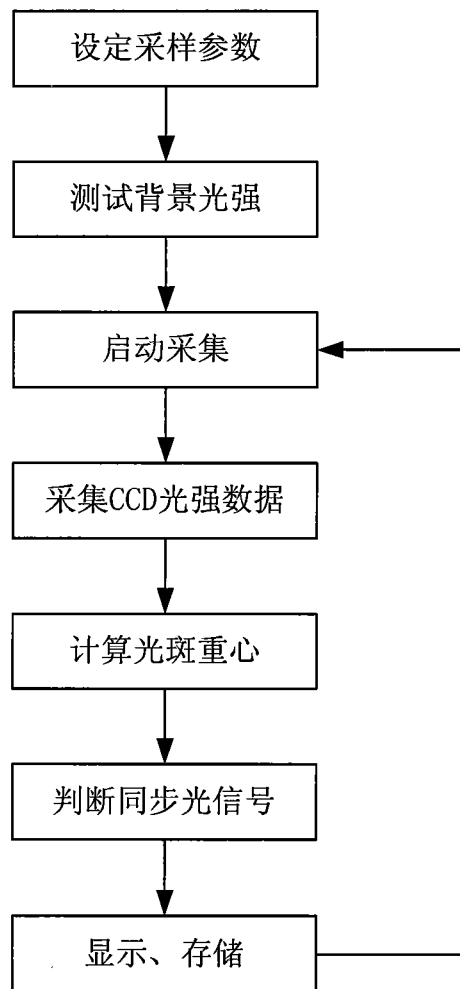


图 5