



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103674839 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310561722. X

(22) 申请日 2013. 11. 12

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084 信箱 82
分箱清华大学专利办公室

(72) 发明人 王靖 曹良才 金国藩 章恩耀

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐宁 关畅

(51) Int. Cl.

G01N 21/01 (2006. 01)

G02B 7/28 (2006. 01)

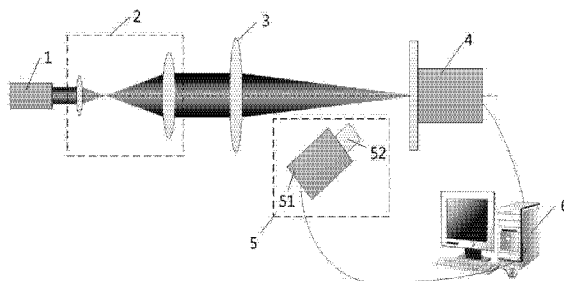
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统及方法,它包括可见光激光光源、准直扩束单元、光束聚焦单元、电控移动样品台、CCD 图像采集单元和计算机,电控移动样品台上装载有一待测样品;可见光激光光源出射的可见激光依次经准直扩束单元和光束聚焦单元后形成锥形标示光路,标示光路发射到待测样品上形成标示光斑,CCD 图像采集单元采集标示光斑并将其发送到计算机,计算机对接收的标示光斑图像进行处理得到标示光斑参数信息,通过标示光斑信息判断标示光斑的离焦状态进而搜索得到对焦位置,并根据搜索得到的对焦位置控制电控移动样品台对待测样品位置进行调节,实现待测样品的自动对焦。本发明可以广泛应用于样品自动定位操作中。



1. 一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统,其特征在于:它包括一可见光激光光源、一准直扩束单元、一光束聚焦单元、一电控移动样品台、一 CCD 图像采集单元和一计算机,所述电控移动样品台上装载有一待测样品;所述可见光激光光源出射的可见激光依次经所述准直扩束单元和光束聚焦单元后形成锥形标示光路,所述标示光路发射到所述待测样品上形成标示光斑,所述 CCD 图像采集单元采集所述标示光斑并将其发送到所述计算机,所述计算机对接收的标示光斑图像进行处理得到标示光斑参数信息,通过标示光斑参数信息判断标示光斑的离焦状态进而搜索得到对焦位置,并根据搜索得到的对焦位置控制所述电控移动样品台对所述待测样品位置进行调节,实现所述待测样品的自动对焦。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统,其特征在于:所述计算机内设置一自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元,所述自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元包括一图像读取模块、一显示模块、一滤波预处理模块、一自动阈值分割模块、一光斑参数提取模块和一自动对焦模块;

所述图像读取模块从所述计算机内存中读取经所述 CCD 图像采集单元所采集的标示光斑图像,并将其分别发送到所述显示模块和滤波预处理模块;所述显示模块用于实时显示采集到的标示光斑图像;所述滤波预处理模块对标示光斑图像进行滤波处理,并将滤波后的标示光斑图像发送到所述自动阈值分割模块;所述自动阈值分割模块通过目标窗口对滤波后的标示光斑图像中的标示光斑区域进行选择,并提取二值化光斑图像;所述光斑参数提取模块对二值化后提取的标示光斑的斑点进行筛选和几何形状补偿,得到理想的有效光斑,并通过计算有效光斑的面积进而得到有效光斑的尺寸和中心坐标,同时将计算得到的有效光斑的尺寸和中心坐标发送到所述显示模块实时显示;所述自动对焦模块根据有效光斑的尺寸判断有效光斑的离焦状态并搜索得到对焦位置,根据搜索得到的对焦位置控制所述电控移动样品台移动实现所述待测样品的自动对焦。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统,其特征在于:所述 CCD 图像采集单元包括一 CCD 摄像头和一成像镜头,所述 CCD 摄像头用于摄取所述待测样品表面的标示光斑,所述成像镜头用于采集标示光斑图像,并通过数据传输接口将其发送到所述计算机。

4. 一种如权利要求 1~3 任一项所述基于光斑检测的可视化样品定位操作系统的定位操作方法,其包括以下步骤:

1) 设置一包括有可见光激光光源、准直扩束单元、光束聚焦单元、电控移动样品台、CCD 图像采集单元和计算机的基于光斑检测的可视化样品定位操作系统,所述计算机内设置有自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元,所述自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元包括有图像读取模块、显示模块、滤波预处理模块、自动阈值分割模块、光斑参数提取模块和自动对焦模块;

2) 将一待测样品装载在电控移动样品台上;

3) 点亮可见光激光光源,经可见光激光光源出射的可见激光依次经准直扩束单元和光束聚焦单元后形成锥形标示光路,标示光路在待测样品表面汇聚形成标示光斑;

4) 调节 CCD 图像采集单元,使待测样品和标示光斑清晰成像,并将采集的标示光斑图像发送到计算机;

5) 图像读取模块读取标示光斑图像并将其发送到显示模块和滤波预处理模块,显示模

块显示采集的样品和标示光斑的实时监测图像；滤波预处理模块对读取的标示光斑图像进行滤波处理；自动阈值分割模块通过目标窗口对滤波后的标示光斑图像中的标示光斑区域进行选择，并提取二值化光斑图像；光斑参数提取模块对二值化光斑图像斑点进行筛选和几何形状补偿，得到理想的有效光斑，并通过计算有效光斑的面积进而得到有效光斑的尺寸和中心坐标；

6) 自动对焦模块根据有效光斑的尺寸判断有效光斑的离焦状态，搜索得到对焦位置即搜索得到有效光斑尺寸最小的位置；

7) 根据步骤 6) 搜索得到的对焦位置，计算机选择相应指令通过控制电控移动样品台的伺服控制系统控制电控移动样品台移动进而对待测样品位置进行调节，即将待测样品移动到有效光斑尺寸最小的位置，实现样品的自动对焦。

一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高精度样品自动定位操作系统及方法,特别是关于一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统及方法。

背景技术

[0002] 在许多精密测量仪器中,尤其是一些非接触式的、以不可见光波作为测量手段的仪器,如太赫兹光谱仪、红外光谱仪、紫外光谱仪等,测量样品的人工操作或操作模块自动化程度过低会大幅影响样品测量点的定位,从而影响测量精度与速度。因此样品的精确定位与自动操作控制系统对于提高仪器的性能十分关键。

[0003] 样品定位操作系统一般包括位置传感模块和伺服控制模块。在测量样品定位操作的实际应用中,仪器操作者往往需要实时监测样品位置信息来选择样品表面的测量点,选定测量点后再将样品精确定位至测量位置,因此对样品伺服控制系统提出了可视化监控、精确自动定位样品的要求。如上所述以不可见光波作为探测手段的仪器中,测量时需要保证测量光路焦点处于样品表面待测点位置处;另外,现有样品定位操作系统通常采用接触式定位方式将样品移动至特定测量位置,其可调性和灵活性较差,在测量光路调整时难以方便地调整定位位置;而且,现有位置传感技术缺乏可视化操作功能,给操作者带来不便,尤其是不可见波段光谱仪,在现有的无标示定位手段下操作者难以监测测量光波,因此无法判断样品测量点是否已精确定位。因此上述因素导致现有技术中的样品定位操作模块的友好程度不高,不能满足太赫兹时域光谱仪等精密测量仪器的样品自动化操作需求。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统及方法,能够实现样品的可视化监控和精确快捷的自动定位操作。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统,其特征在于:它包括一可见光激光光源、一准直扩束单元、一光束聚焦单元、一电控移动样品台、一 CCD 图像采集单元和一计算机,所述电控移动样品台上装载有一待测样品;所述可见光激光光源出射的可见激光依次经所述准直扩束单元和光束聚焦单元后形成锥形标示光路,所述标示光路发射到所述待测样品上形成标示光斑,所述 CCD 图像采集单元采集所述标示光斑并将其发送到所述计算机,所述计算机对接收的标示光斑图像进行处理得到标示光斑参数信息,通过标示光斑参数信息判断标示光斑的离焦状态进而搜索得到对焦位置,并根据搜索得到的对焦位置控制所述电控移动样品台对所述待测样品位置进行调节,实现所述待测样品的自动对焦。

[0006] 所述计算机内设置一自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元,所述自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元包括一图像读取模块、一显示模块、一滤波预处理模块、一自动阈值分割模块、一光斑参数提取模块和一自动对焦模块;

[0007] 所述图像读取模块从所述计算机内存中读取经所述 CCD 图像采集单元所采集的

标示光斑图像,并将其分别发送到所述显示模块和滤波预处理模块;所述显示模块用于实时显示采集到的标示光斑图像;所述滤波预处理模块对标示光斑图像进行滤波处理,并将滤波后的标示光斑图像发送到所述自动阈值分割模块;所述自动阈值分割模块通过目标窗口对滤波后的标示光斑图像中的标示光斑区域进行选择,并提取二值化光斑图像;所述光斑参数提取模块对二值化后提取的标示光斑的斑点进行筛选和几何形状补偿,得到理想的有效光斑,并通过计算有效光斑的面积进而得到有效光斑的尺寸和中心坐标,同时将计算得到的有效光斑的尺寸和中心坐标发送到所述显示模块实时显示;所述自动对焦模块根据有效光斑的尺寸判断有效光斑的离焦状态并搜索得到对焦位置,根据搜索得到的对焦位置控制所述电控移动样品台移动实现所述待测样品的自动对焦。

[0008] 所述 CCD 图像采集单元包括一 CCD 摄像头和一成像镜头,所述 CCD 摄像头用于摄取所述待测样品表面的标示光斑,所述成像镜头用于采集标示光斑图像,并通过数据传输接口将其发送到所述计算机。

[0009] 一种基于光斑检测的可视化样品定位操作系统的定位操作方法,其包括以下步骤:1) 设置一包括有可见光激光光源、准直扩束单元、光束聚焦单元、电控移动样品台、CCD 图像采集单元和计算机的基于光斑检测的可视化样品定位操作系统,所述计算机内设置有自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元,所述自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元包括有图像读取模块、显示模块、滤波预处理模块、自动阈值分割模块、光斑参数提取模块和自动对焦模块;2) 将一待测样品装载在电控移动样品台上;3) 点亮可见光激光光源,经可见光激光光源出射的可见激光依次经准直扩束单元和光束聚焦单元后形成锥形标示光路,标示光路在待测样品表面汇聚形成标示光斑;4) 调节 CCD 图像采集单元,使待测样品和标示光斑清晰成像,并将采集的标示光斑图像发送到计算机;5) 图像读取模块读取标示光斑图像并将其发送到显示模块和滤波预处理模块,显示模块显示采集的样品和标示光斑的实时监测图像;滤波预处理模块对读取的标示光斑图像进行滤波处理;自动阈值分割模块通过目标窗口对滤波后的标示光斑图像中的标示光斑区域进行选择,并提取二值化光斑图像;光斑参数提取模块对二值化光斑图像斑点进行筛选和几何形状补偿,得到理想的有效光斑,并通过计算有效光斑的面积进而得到有效光斑的尺寸和中心坐标;6) 自动对焦模块根据有效光斑的尺寸判断有效光斑的离焦状态,搜索得到对焦位置即搜索得到有效光斑尺寸最小的位置;7) 根据步骤 6) 搜索得到的对焦位置,计算机选择相应指令通过控制电控移动样品台的伺服控制系统控制电控移动样品台移动进而对待测样品位置进行调节,即将待测样品移动到有效光斑尺寸最小的位置,实现样品的自动对焦。

[0010] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本发明包括有可见光激光光源、准直扩束单元、光束聚焦单元、电控移动样品台、CCD 图像采集单元和计算机,由于将可见光激光光源作为标示光源,通过可见光波作为测量光路的标示,因此可以监测测量光波,在测量光路调整时只需调整标示光路与其耦合即可重新实现精确定位,灵活度高、适应性好。2、本发明的计算机内由于设置有自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元,自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元对经 CCD 图像采集单元采集的标示光斑图像分别进行滤波、自动阈值分割,通过光斑参数提取光斑的尺寸和中心坐标,并通过自动对焦寻找有效光斑尺寸最小的位置,根据寻找得到的有效光斑最小尺寸的位置,计算机控制电控移动样品台移动进而对样品位置进行调节,实现样品的自动对焦;因此通过对标示光斑图像进行处理获

得样品位置信息,通过计算机控制精密三维电控平台进行样品定位与操作,能够使样品精确定位,此过程无接触、不影响样品测量,光路结构简单,可移植性高。3、本发明由于设置有显示模块,因此可以实时显示 CCD 图像采集单元采集的图像,并且可以对光斑的尺寸和中心坐标进行实时显示,实现样品状态实时可视化监测,因此可视化操作界面友好、操作方便快捷。本发明可以广泛应用于样品自动定位操作中。

附图说明

[0011] 以下结合附图来对本发明进行详细的描绘。然而应当理解,附图的提供仅为了更好地理解本发明,它们不应该理解成对本发明的限制。

[0012] 图 1 是本发明的光路结构示意图;

[0013] 图 2 是本发明的自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元的结构示意图;

[0014] 图 3 是本发明测量中得到的光斑尺寸-对焦位置曲线示意图,横坐标为样品台位置,纵坐标为光斑尺寸;

[0015] 图 4 是本发明的光斑图像处理算法流程示意图;

[0016] 图 5 是本发明标示光斑图像目标窗口选取示意图。

具体实施方式

[0017] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0018] 如图 1 所示,本发明的基于光斑检测的可视化样品定位操作系统包括一可见光激光光源 1、一准直扩束单元 2、一光束聚焦单元 3、一电控移动样品台 4、一 CCD 图像采集单元 5 和一计算机 6。待测样品通过一现有的样品承载架装载在电控移动样品台 4 上,可见光激光光源 1 作为标示光源,其出射的可见激光依次经准直扩束单元 2 和光束聚焦单元 3 后形成锥形标示光路;锥形标示光路发射到待测样品上形成标示光斑,CCD 图像采集单元 5 采集标示光斑并将其发送到计算机 6;计算机 6 对接收的标示光斑图像进行处理得到标示光斑参数信息,通过标示光斑参数信息判断标示光斑的离焦状态进而搜索得到对焦位置,并根据搜索得到的对焦位置控制电控移动样品台 4 对待测样品位置进行调节使待测样品移动到对焦位置,实现待测样品的自动对焦。

[0019] 在一个优选的实施例中,如图 2 所示,计算机 6 内设置一自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元,自动阈值分割光斑中心及尺寸检测单元包括一图像读取模块 61、一显示模块 62、一灰度提取模块 63、一滤波预处理模块 64、一自动阈值分割模块 65、一光斑参数提取模块 66 和一自动对焦模块 67。图像读取模块 61 从计算机 6 内存中读取经 CCD 图像采集单元 5 所采集的标示光斑图像,并将其分别发送到显示模块 62、灰度提取模块 63 和滤波预处理模块 64,显示模块 62 用于实时显示采集到标示光斑的图像;灰度提取模块 63 用于对标示光斑图像的灰度进行提取,得到标示光斑灰度图;滤波预处理模块 64 对标示光斑图像进行滤波处理,并将滤波后的标示光斑图像发送到自动阈值分割模块 65,为标示光斑进一步提取做准备,本发明进行滤波预处理时采用低通滤波方法,但是不限于此,可以根据实际需要选择合适的滤波方法;自动阈值分割模块 65 对滤波后的标示光斑图像采用自动阈值分割算法进行处理,首先采用一目标窗口对标示光斑图像中的标示光斑区域进行选择,目的是为了减少背景噪声的影响,方便对标示光斑进行处理,然后对已选择的目标区域进行

二值化处理分离标示光斑和背景区域,此过程中将已选择的目标区域发送到灰度提取模块得到已选择目标区域的灰度直方图,通过比较目标窗口前和加目标窗口后的灰度直方图可以看到采用目标窗口后,背景噪声的影响大大降低;光斑参数提取模块 66 对二值化后提取的标示光斑的斑点进行筛选和几何形状补偿,具体包括噪声斑点去除、孔洞填补和形状圆整等处理,得到理想的有效光斑,并通过计算有效光斑的面积进而得到有效光斑的尺寸和中心坐标,同时将计算得到的有效光斑的尺寸和中心坐标发送到显示模块 62 实时显示,另外,根据计算得到的有效光斑的尺寸和中心坐标可以反馈调节自动阈值分割模块 63 中的目标窗口大小的选择,以保证目标窗口可以跟随有效光斑移动,由于光斑图像为动态信息,光斑位置改变时目标窗口需要跟随光斑移动,因此自动阈值分割和窗口选取需要相互反馈调节;自动对焦模块 67 根据有效光斑的尺寸判断有效光斑的离焦状态并搜索得到对焦位置,并根据搜索得到的对焦位置控制电控移动样品台 4 移动实现样品自动对焦,在样品自动对焦的过程中可以利用爬山搜索法搜索处最佳对焦位置(为了减小局部极值的影响可以使用改进后的变步长局部极值搜索法),其中,爬山搜索法为现有技术自动对焦领域常用的方法,具体原理不再赘述。

[0020] 在一个优选的实施例中,可见光激光光源 1 可以采用可见光波段小型固态激光器,所选激光器功率在毫瓦量级,为了使样品表面标示光斑亮度合适,防止亮度过大引起 CCD 图像采集单元 5 曝光过度,可以在激光器出光处增加一可调衰减器,用于对出射激光亮度进行调节。

[0021] 在一个优选的实施例中,准直扩束单元 2 可以采用准直物镜、光阑和凸透镜的组合,目的是获得宽口径的平行光束,采用光阑的目的是使平行光束尽量为圆形并消除边缘杂散光;在集成化系统中,准直扩束单元 2 也可以采用成品扩束准直镜来替代,如本发明实施例中采用长光 BE-10X 扩束镜。另外,光束聚焦单元 3 可以采用孔径大于扩束后光束直径的聚焦透镜。

[0022] 在一个优选的实施例中,CCD 图像采集单元 5 可以包括一 CCD 摄像头 51 和一成像镜头 52,CCD 摄像头 51 用于摄取样品表面的标示光斑,成像镜头 52 用于采集标示光斑图像,并通过数据传输接口将其发送到计算机 6。

[0023] 在一个优选的实施例中,电控移动样品台 4 可以采用现有技术中已有的高精度三维电动平移台,本发明实施例中采用 Thorlabs MTS25-Z8 型号电动平移台,分辨率为 50nm,但是不限于此,可以根据实际需要进行选择。

[0024] 如图 1~5 所示,根据上述的基于光斑检测的可视化样品定位操作系统,本发明的基于光斑检测的可视化样品定位操作的具体操作过程为:

[0025] 1、将待测样品通过一现有的样品承载架装载在电控移动样品台 4 上,本实施例中待测样品采用 2cm×2cm 左右大小的矩形片状;

[0026] 2、点亮可见光激光光源 1,经可见光激光光源 1 出射的可见激光依次经准直扩束单元 2 和光束聚焦单元 3 后形成锥形标示光路,标示光路在待测样品表面汇聚形成标示光斑,其中准直扩束单元 2 和光束聚焦单元 3 可以根据实际需要选择合适参数,本实施例中经准直扩束单元 2 扩束后的平行光束直径为 2cm,光束聚焦单元 3 采用焦距为 150mm 的聚焦透镜;

[0027] 3、调节 CCD 图像采集单元 5,使待测样品和标示光斑清晰成像,并将采集的标示光

斑图像发送到计算机 6；

[0028] 4、自动阈值分割光斑中心尺寸检测单元的图像读取模块 61 读取标示光斑图像并将其分别发送到显示模块 62 和滤波预处理模块 64，显示模块 62 实时显示采集的样品和标示光斑的实时监测图像；滤波预处理模块 64 对读取的标示光斑图像进行滤波处理；自动阈值分割模块 65 通过目标窗口对滤波后的标示光斑图像中的标示光斑区域进行选择（如图 5 所示），并提取二值化光斑图像；光斑参数提取模块 66 对二值化光斑图像斑点进行筛选和几何形状补偿，得到理想的有效光斑，并通过计算有效光斑的面积进而得到有效光斑的尺寸和中心坐标，即：二值化后值为 1 的像素点即为光斑像素点，值为 0 的像素点构成背景区域，通过统计光斑区域像素点数目即可求得有效光斑面积，对光斑区域进行几何处理即可计算得到有效光斑的尺寸和中心坐标，光斑中心坐标即指示了样品表面测量点的位置。

[0029] 5、自动对焦模块根据 67 根据有效光斑的尺寸判断有效光斑的离焦状态，搜索得到对焦位置即搜索得到有效光斑尺寸最小的位置；

[0030] 如图 3 所示，有效光斑尺寸越大，说明样品离标示光路焦点越远，通过有效光斑离焦状态进而判断样品位置，具体过程为：采用对各个样品位置上的有效光斑尺寸进行搜索，利用爬山搜索法搜索最佳对焦位置，即寻找有效光斑尺寸最小的位置。为了减小对焦曲线上局部极值对搜索结果的影响，可以对搜索算法进行适当改进，即采用变步长局部极值搜索法，首先在全局以一定步长进行搜索，在前一次搜索得到的极值点附近处减小步长进一步搜索，重复搜索到有效光斑的最小尺寸时结束。

[0031] 6、根据步骤 5 搜索得到的对焦位置，计算机选择需要的指令例如自动对焦或移动样品位置，并将指令通过控制电控移动样品台 4 的伺服控制系统控制电控移动样品台移动进而对样品位置进行调节，即将样品移动到有效光斑尺寸最小的位置，进而实现样品的自动对焦。

[0032] 上述各实施例仅用于说明本发明，其中所有光学器件可以根据实际情况采用外部支架进行固定，在此不作限定，另外各部件的结构、连接方式和方法的各实施步骤等都是可以有所变化的，凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进，均不应排除在本发明的保护范围之外。

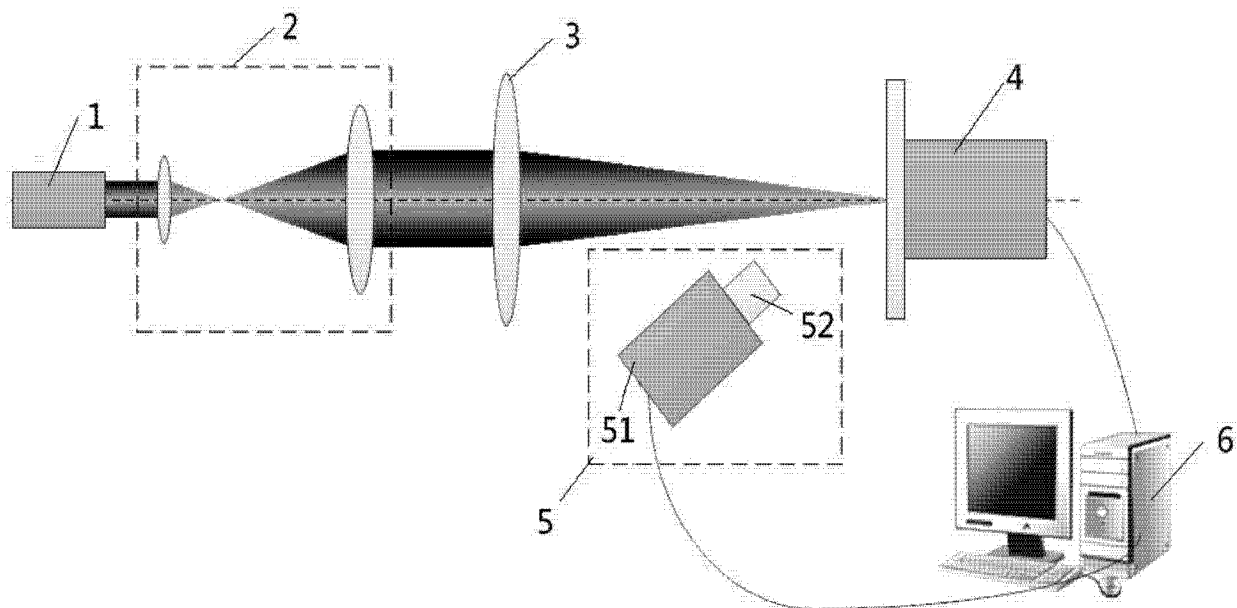


图 1

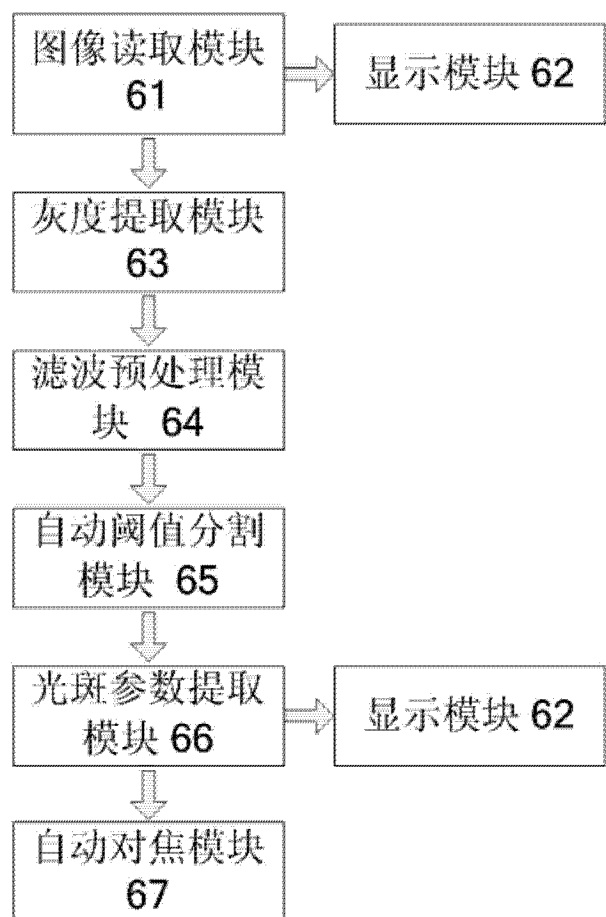


图 2

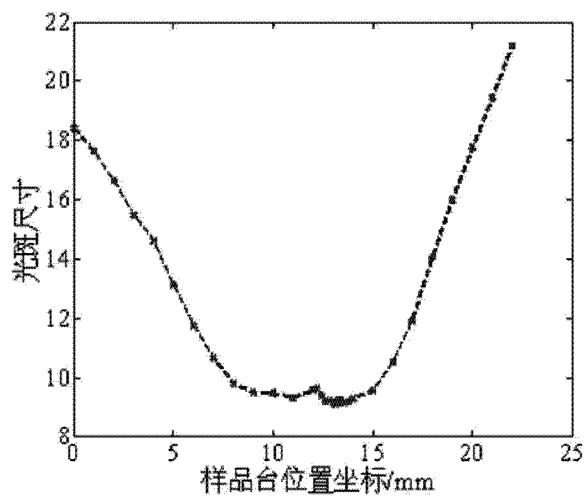


图 3

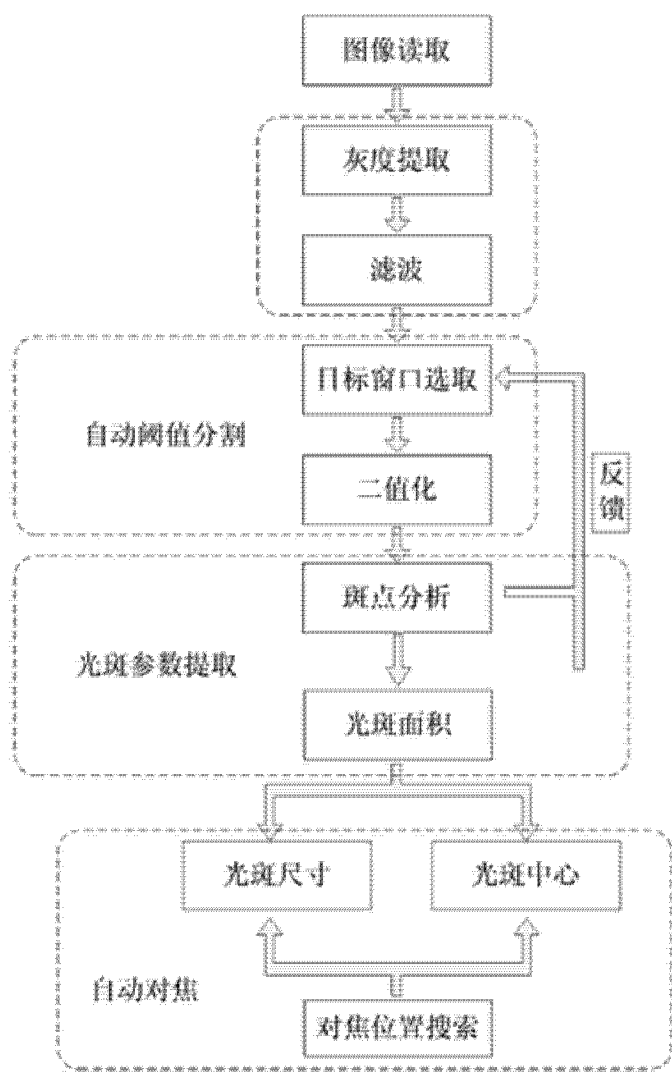


图 4

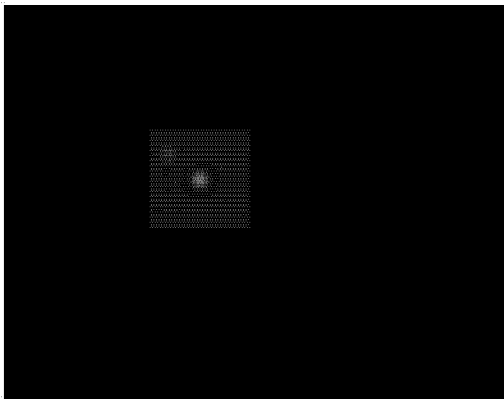


图 5