

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01B 11/08 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

G06K 9/36 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810124418.8

[43] 公开日 2009年1月28日

[11] 公开号 CN 101354240A

[22] 申请日 2008.7.15

[21] 申请号 200810124418.8

[71] 申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市御道街29号

[72] 发明人 赵志敏 郑敏 俞晓磊 王开圣  
李洪均 陈远

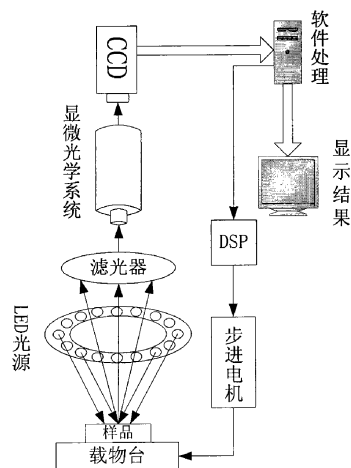
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

## [54] 发明名称

基于显微光学的微纳米级纤维高精度测量系统

## [57] 摘要

本发明所述的是一种新型的基于显微光学的微纳米级纤维高精度测量系统，它是由显微光学放大系统、光电转换装置以及计算辅助测量系统组成。其特点是采用环形LED作为系统光源照射在待测样品上，反射光通过系统适配的滤光器后，经过显微光学放大系统将纤维图像放大，形成高质量的显微图像；经过CCD将光信号转换为电信号，并通过模数转换器将数字信号传输至计算机主机中；应用配套的图像测量系统对采集得到的纤维数字图像进行图像预处理及图像测量；最后显示测量得到的纤维形态参数。本发明所述系统能够采集高质量显微图像，具有测量精度高、可靠性好、成本低、检测范围广等特点。



1、一种基于显微光学的微纳米级纤维高精度测量系统，其特征在于，包括下列步骤：

第一步骤：纤维显微光学图像采集步骤，其特征在于，基于显微光学成像技术，选用适当的光源和适配合适的光学器件，以获得清晰、高质量的纤维光学图像，提高测量精度；具体包括下列步骤：

步骤一：采用结构稳定、低能耗的 LED，将若干个均匀分布的 LED 构成的环型 LED 组作为系统的光源，每个 LED 以一定角度照射到载物台上的样品；

步骤二：适配合适的光学滤光器，光源照射在纤维样品上，发射光经过滤光器滤除杂散光后，作为显微光学放大系统的光信号输入；

步骤三：将步骤二的输出信号输入到显微光学放大系统中，将对样品进行光学放大；

第二步骤：光电转换步骤，采用高分辨率 CCD 将第一步骤输出的光学信号转换为电信号，并通过模数转换器件将电信号转化为数字信号，将纤维数字图像信号传输至计算机；

第三步骤：计算机图像测量步骤，应用计算机图像处理技术，将第二步骤输出的纤维数字图像信号进行图像预处理，利用特定的算法计算纤维的直径；具体包括下列步骤：

步骤一：显微数字图像预处理，将原图像转换为灰度图像，并将图像反色、然后选择适合的图像滤波模板对灰度图像进行滤波，去除图像中的噪声点、对图像进行二值化，并对纤维图像进行填充处理，将纤维中的亮点填充、最后对图像进行边缘检测得到纤维的精确边缘；

步骤二：纤维直径测量，采用水平集方法提取纤维的中心线，并用链码技术跟踪纤维中心线，在中心线中确定计算起始点并每隔一定步长确定下一个计算点、依次提取计算点处中心线的垂线，计算该点处纤维的直径并储存、计算结束后统计该纤维的平均直径。

2、根据权利要求 1 所述的基于显微光学的微纳米级纤维高精度测量系统，其特征在于，显微光学放大器件结构集成度高，体积微小，特别适用于现场条件测量，具有适应性强的特点。

3、根据权利要求1所述的基于显微光学的微纳米级纤维高精度测量系统，其特征在于系统适用范围广泛，系统适用于畜牧业、纺织业、通讯和医疗器械等领域的动物纤维、植物纤维、玻璃纤维以及人体管状微小结构等的检测。

4、根据权利要求1所述的基于显微光学的微纳米级纤维高精度测量系统，其特征在于，计算机主机控制 DSP 驱动步进电机，带动微位移载物台移动，使显微系统自动聚焦。

5、根据权利要求1所述的基于显微光学的微纳米级纤维高精度测量系统，其特征在于，图像处理软件不仅能测量纤维直径，还具有测量纤维其他形态参数的功能。

## 基于显微光学的微纳米级纤维高精度测量系统

### 1 技术领域

本发明涉及一种新型的纤维图像采集、处理与测量系统，特别涉及一种适合微纳米级纤维测量的显微光学图像高质量采集系统，同时涉及一种测量范围很广的显微光学图像分析与处理系统。

### 2 背景技术

目前纤维细度检测的基本方法主要有纤维显微投影法、光学纤维直径分析法（显微图像法）和轮廓扫描法，而光学摄像及快速图像处理方法由于其处理速度快、操作简单等特点成为当今最常用的纤维检测方法。图像法的基本原理是利用显微光学系统采集纤维的光学显微图像，经过 CCD、图像采集卡转换为数字图像，最后利用计算机图像辅助处理技术测量纤维的细度。目前应用的纤维图像采集和处理系统，采用普通方法采集纤维的反射或透射图像，这种图像易受背景的选择和纤维上杂质的影响，出现图像对比度不强、纤维边缘不清晰等问题。对于大尺度（百微米级）纤维，这类问题通过后期计算机图像预处理方法可以适当解决，但对于小尺度（微纳米级）纤维，仅仅依靠图像预处理方法并不能有效的解决图像不清晰带来的测量误差，直接影响了系统检测纤维直径的精度。纤维直径是确定纤维品质和使用价值最重要的参数之一，高品质的纤维直径一般是在几微米甚至纳米的数量级上。对于这种极细纤维，目前的图像测量系统已经不能满足高精度的要求。因此，急需研制一种新型的纤维高精度测量系统，以解决现存的问题。

### 3 发明内容

本发明要解决的第一个问题就是提供一种高清晰度、高对比度的纤维光学图像采集系统与设计方案，以大大提高后期图像测量的精度。本发明要解决的第二个问题就是提供一个适合测量纤维形态参数的专业配套软件，使整个系统界面更简洁、操作更简单。

鉴于上述需解决的问题，本发明的目的是研制一种高精度、适合微纳米级纤维检测的显微光学图像采集与处理系统。要提高系统测量的精度，首要是解决原图像的清晰度问题，本发明在采集图像之前，先对不同纤维进行光谱分析，根据纤维的光学本质适配合适的滤光器，添加至显微光学系统中，有效地解决了纤维图像对比度不强、边缘不清晰等问题，进而提高后期图像测量的精度。本发明研制的系统具有精度高、可靠性好、

成本低、处理速度快、检测范围广等特点。

本发明所述的高精度纤维图像采集、处理与测量系统（图 1），采用环形 LED 作为系统光源照射在待测样品上，反射光经过系统适配的滤光器，进入显微光学放大系统进行光学图像放大；经过信号采集和转换系统采集光信号并通过光电转化装置将光信号转换为电信号，通过模数转换器将数字信号传输至计算机主机中；应用配套的图像测量系统对采集得到的纤维显微数字图像进行图像预处理及图像测量；最后显示测量得到的纤维形态参数。

为了达到上述的发明目的，本发明第一个技术方案是设计纤维光学图像采集系统，以便采集到高质量纤维图像，该方法包括下列步骤：

第一步骤：纤维显微光学图像采集步骤，其特征在于，基于显微光学成像技术，选用适当的光源，适配合适的光学器件，以获得清晰、高质量的纤维光学图像，从而提高测量精度；具体包括下列步骤：

步骤一：采用结构稳定、低能耗的 LED，将若干个均匀分布 LED 构成的环型 LED 组作为系统的光源，每个 LED 均以一定角度照射至样品；本步骤中采用可自动调焦微位移样品台，利用 DSP 驱动步进电机（图 2），带动样品台移动，实现对样品的自动聚焦功能；

步骤二：适配合适的光学滤光器，光源照射在纤维样品上，发射光经过滤光器滤除杂散光后，作为显微光学放大系统的光信号输入；本步骤中，通过对纤维进行特征光谱分析研究，根据各种不同纤维物质的光谱特性，适配相应的滤光器，与系统其他部件配合使用可实现高清晰度图像采集；

步骤三：将步骤二的输出信号输入到显微光学放大系统中，将信号进行光学放大；本步骤中核心部件是显微光学成像模块，光学成像模块由光学镜头、光源、成像光路、辅助性机械结构等部分构成，显微光学图像必须考虑其像质、清晰度、对比度以及可处理性，主要涉及如下几个因素：图像放大率、成像空间、图像质量；

图 3 为显微成像光路，其公式如下：

$$\Delta = \frac{2Du|\beta|z}{D^2\beta^2 - z^2} \approx \frac{2Df(\beta+1)z}{D^2\beta^2}$$

$\Delta$ ——成像空间

$D$ ——入瞳直径

$u$ ——物距

$\beta$ ——放大率

$z$ ——CCD 像元尺度

$f$ ——焦距

本步骤中由于采用结构集成度高、体积微小的显微光学放大器件，特别适用于现场测量。

第二步骤：光电转换步骤，采用高分辨率的 CCD 将第一步骤输出的放大后光学信号转换为电信号，通过模数转换器件将电信号转化为数字信号后传输至计算机；

本发明第二个技术方案是设计和编制专门的纤维图像处理和测量软件，软件设计分图像预处理和图像测量两个步骤。

第一步骤（图像预处理）：

图 4 为预处理算法的流程图，显微图像采集与转化系统传输至计算机中的是纤维的彩色图像，首先需要将彩色图像转换为适合软件处理的灰度图像并将图像反色、然后选择适合的滤波模板对灰度图像进行滤波，去除图像中的噪声点、对图像进行二值化处理，并对纤维内部进行填充处理，将纤维中的亮点填充、最后对图像进行边缘检测及边缘跟踪处理，得到适合图像测量的图像；

第二步骤（图像测量算法）：

图 5 为图像测量算法的流程图，首先采用水平集方法提取纤维的中心线，应用链码技术跟踪提取出的中心线、在中心线中确定计算起始点并每隔一定步长确定下一个计算点、依次提取计算点处中心线的垂线，计算该点处纤维的直径并储存、计算结束后统计该纤维的平均直径。

本发明涉及的纤维图像采集、处理与测量系统，根据纤维的光学本质来采集纤维图像，由于显微光学系统采集得到的纤维图像质量高，使得后期的图像处理的精度也得到了极大的提高。本发明所述的系统可适用于动物纤维、植物纤维、玻璃纤维以及人体管状微小结构等的测量，特别适合测量微小尺度纤维的测量，应用范围十分广泛。本发明所述的系统配有自行编制的专门图像处理软件，软件操作简单、功能强大、测量范围广、精度高。

#### 4 附图说明

图 1 系统框图

图 2 显微光路图

图 3 DSP 驱动电路图

图 4 图像预处理流程图

图 5 图像测量流程图

图 6 系统结构图

图 7 配套软件界面图

图 8 图像预处理结果图

图 9 软件测量结果显示图

## 5 具体实施方式

实施例子：以测量植物—棉花的纤维为例，如图 6 所示为具体实施方式的系统结构图，此系统主要由以下部分组成：光源、载物台、显微光学放大系统、图像采集转换系统（CCD）、计算机。采用环型 LED 组作为系统的光源，光源从正上方照射到植物纤维样品上，植物纤维的反射光经过适配的滤光器滤除杂散光后传入显微光学系统的光学镜头；通过 CCD 将显微放大后的光学信号转换为电信号，然后经过模数转换器件将电信号转换为数字信号传送至计算机主机中；

根据成像情况，利用 DSP 驱动步进电机，带动微位移载物台移动，使显微图像自动聚焦，图 2 所示工作原理；控制脉冲由脉冲输入端输入，倍频励磁器用来进行脉冲分配，产生四相电压，在某相(如 a 相)输出为高电平时，该相的驱动三极管导通，在三极管的集电极该相电流被放大，步进电机中该相绕组中由较大电流流过，通过不断的变相，步进电机能持续转动；

最后通过自制的配套图像处理软件对数字图像进行图像处理与计算,在显示器上显示经计算得出的纤维直径。

图 7 为显微图像采集系统采集得到的实测纤维显微图像在配套软件中的显示图。图中所示纤维图像与普通方法采集得到的纤维图像相比，图像中由于背景上杂质产生的噪声明显的减少，图像的对比度和纤维边缘的清晰度及连续性都得到了显著的改善。背景噪声的减少和图像对比度的增强方便了后期的计算机图像预处理，而纤维边缘的清晰度和连续性的改善有效地提高了纤维直径测量的精度。图 8 为使用配套图像处理软件的显微图像预处理结果图，图 9 为软件显示测量结果图。

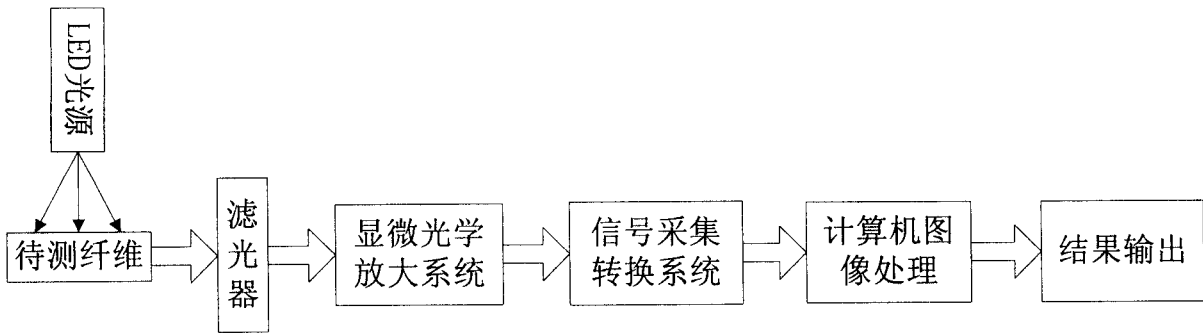


图 1

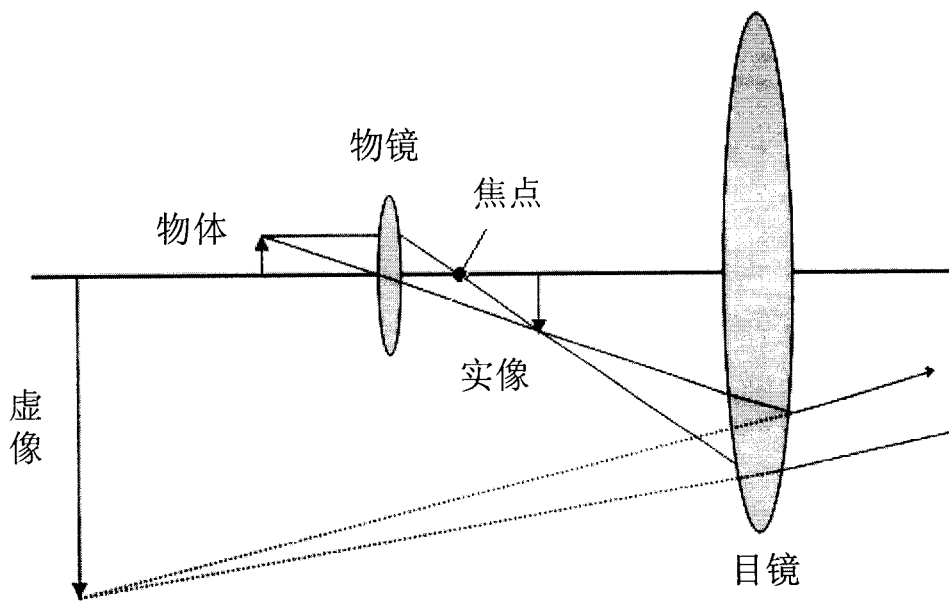


图 2

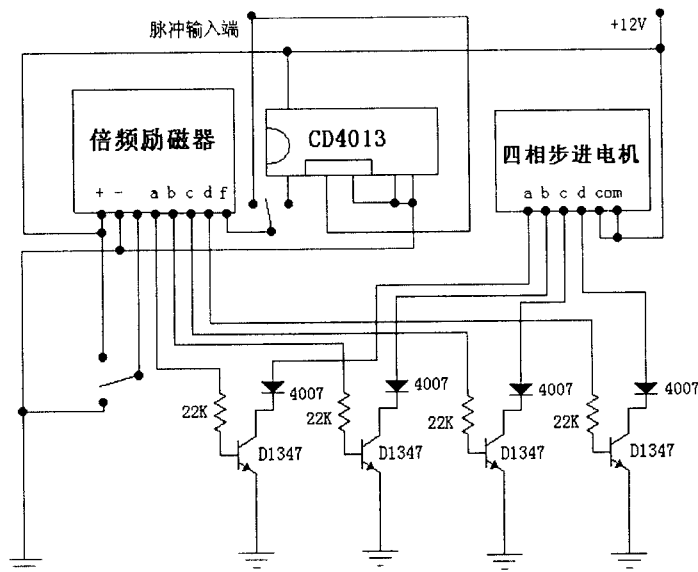


图 3



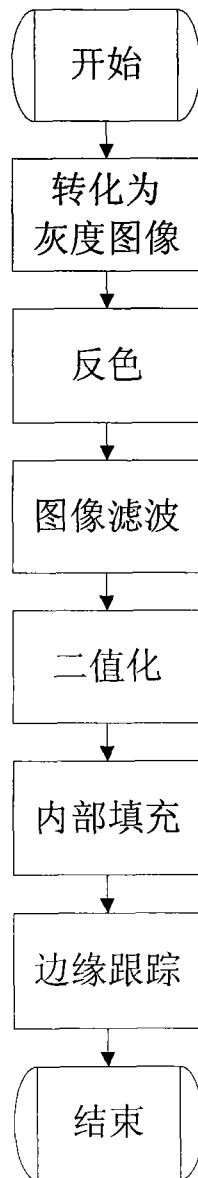


图 4

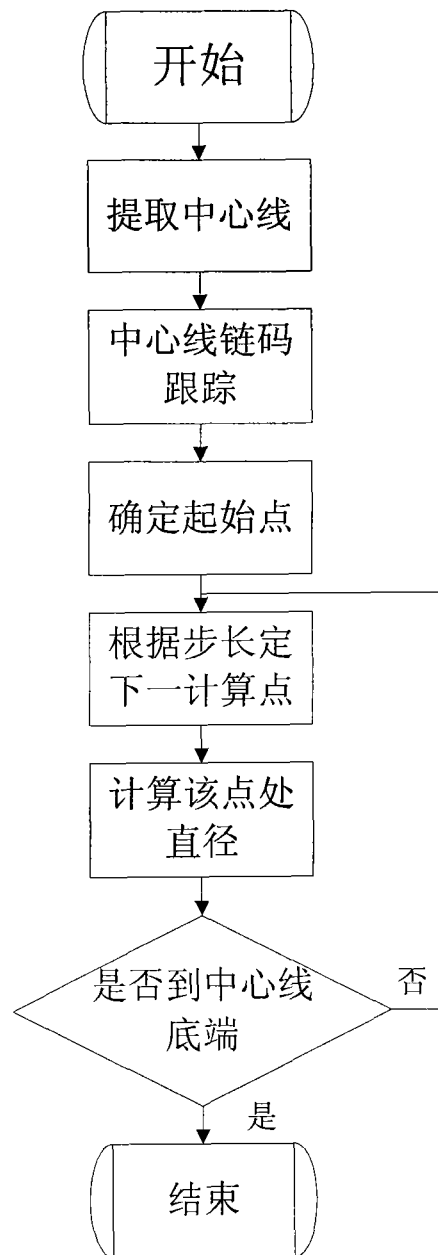


图5

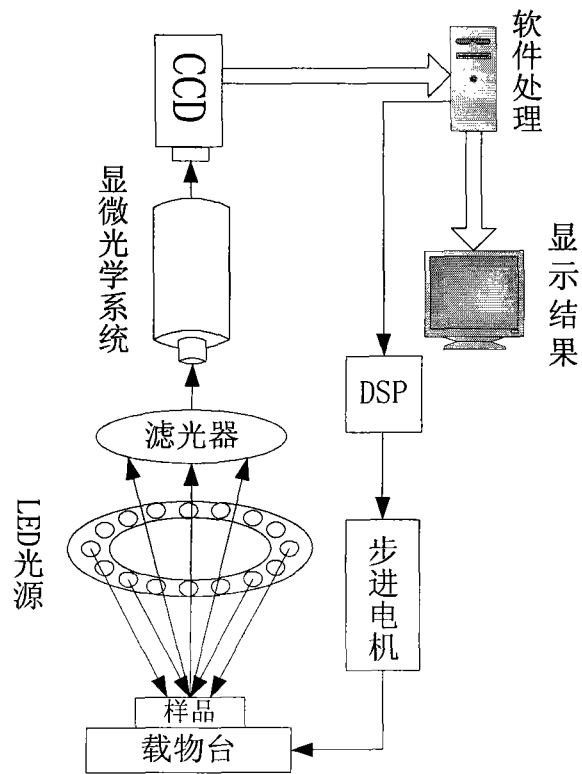


图 6

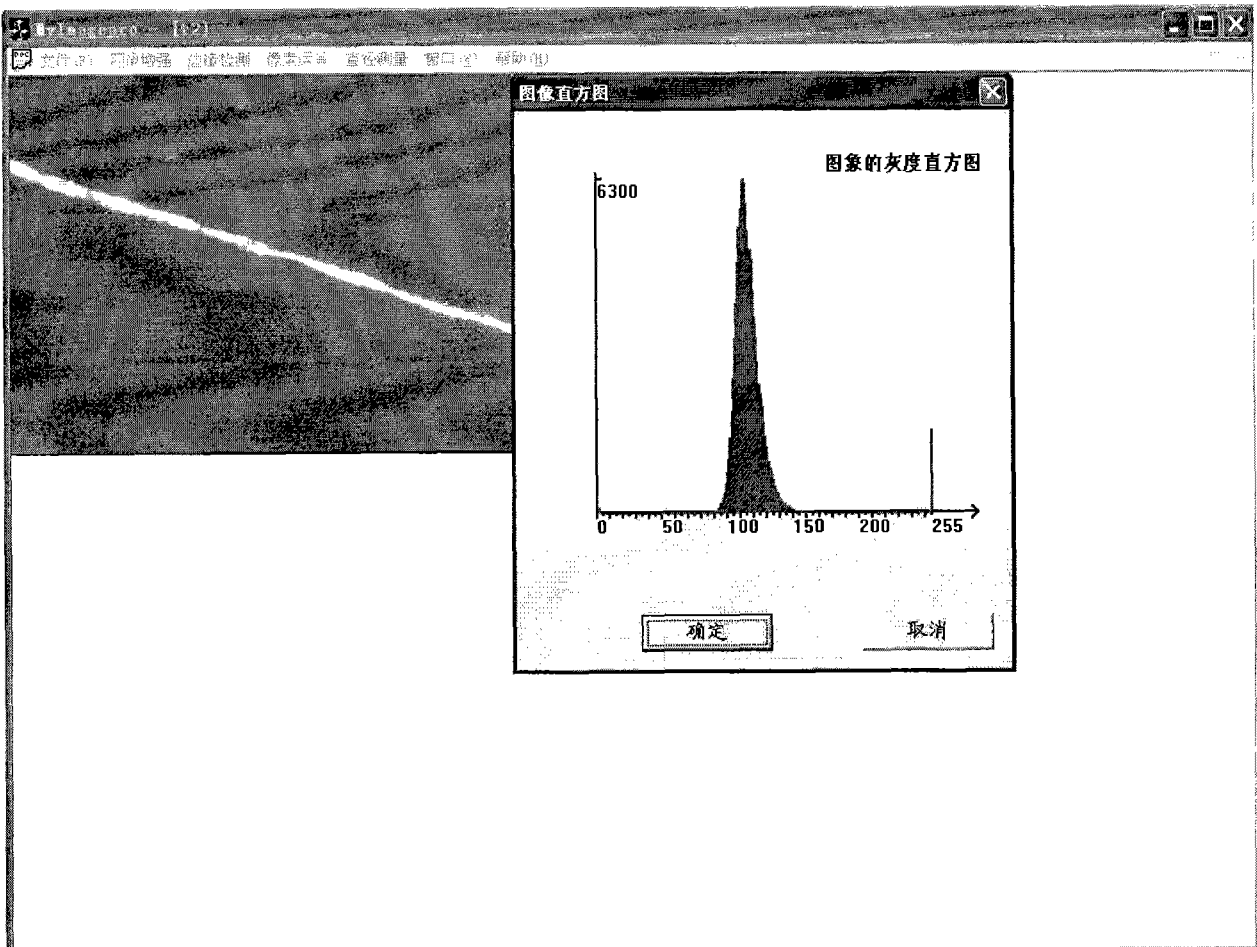
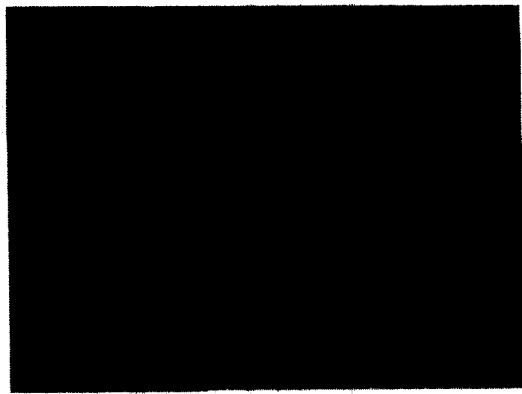


图 7



图像反色图



图像二值化图

图 8

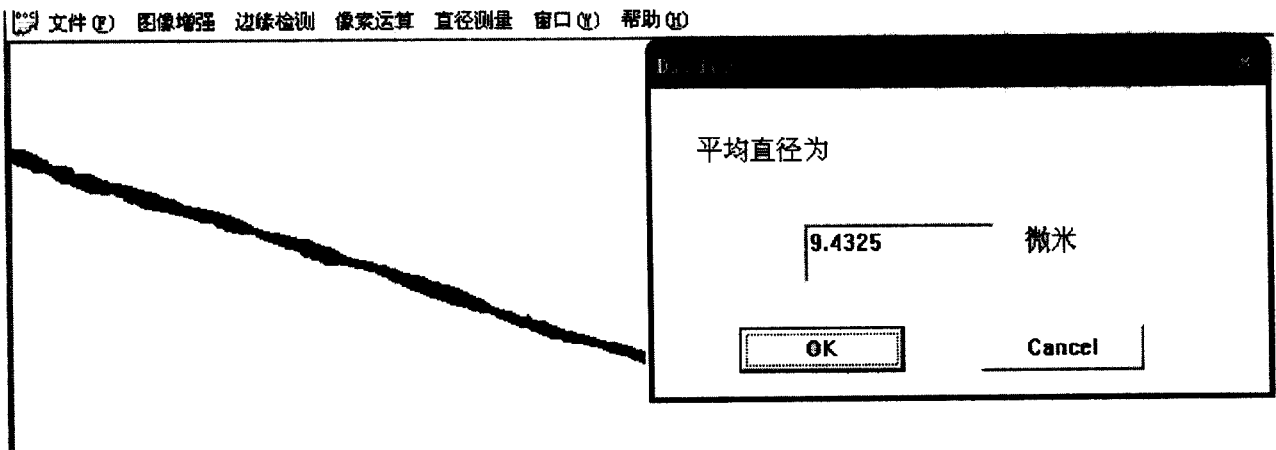


图 9