



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103983649 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201410227529. 7

G01N 21/27(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 05. 27

(71) 申请人 中国工程物理研究院流体物理研究所

地址 621000 四川省绵阳市绵山路 64 号

(72) 发明人 骆永全 黄立贤 刘仓理 沈志学  
张大勇 王海峰 储松南 黄智蒙  
赵祥杰

(74) 专利代理机构 成都行之专利代理事务所  
(普通合伙) 51220

代理人 王记明

(51) Int. Cl.

G01N 21/95(2006. 01)

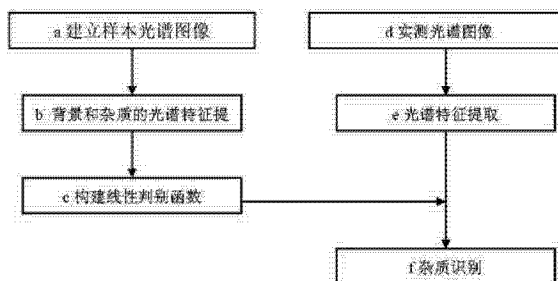
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于光谱成像的异物检测系统及检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于光谱成像的异物检测系统及检测方法,包括照明系统照射在检测台上方,且为被检测物体提供均匀的光照;光谱成像装置:快速获取被检测物在 400nm-1100nm 波段范围内任意光谱通道内的光谱图像,其成像帧频范围 1-1000 帧/秒,空间分辨率 10 μ m-1000 μ m,并将得到的光谱传输给计算机;计算机:接收光谱成像装置输出的光谱图像,并将样本光谱图像与实测的光谱图像进行对比,判断出光谱差异点是否是异物。本发明不仅可获得目标的图像信息,还可获得目标的光谱信息,利用背景与异物光谱信息的差异,可将异物从背景总分辨出来,对于背景与异物在形状和颜色相近的情况,具有实时快速、识别率高的优点,可广泛应用于镍泡沫的检测线。



1. 一种基于光谱成像的异物检测系统,其特征在于,包括一个:

照明系统:照明系统照射在检测台上方,且为被检测物体提供均匀的光照;

光谱成像装置:快速获取被检测物在 400nm-1100nm 波段范围内任意光谱通道内的光谱图像,其成像帧频范围 1-1000 帧/秒,空间分辨率  $10\ \mu\text{m}$ - $1000\ \mu\text{m}$ ,并将得到的光谱传输给计算机;

计算机:接收光谱成像装置输出的光谱图像,并将样本光谱图像与实测的光谱图像进行对比,判断出光谱差异点是否是异物。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于光谱成像的异物检测系统,其特征在于,所述的光谱成像装置包括:

液晶可调滤光片:安装在光学镜头上,用于透过光谱通带内的光,并抑制通带外其他波长的光,在驱动控制器的控制下,其透过的光谱通带波长是可调谐的;

图像传感器:图像传感器包括 CCD 相机,在 CCD 相机上安装有光学镜头,其作用为对目标成像,并将图像传输至图像数据采集设备;

驱动控制器:驱动控制器与液晶可调滤光片之间用 RS-232 串口线相连接,驱动控制器向液晶可调滤光片发送指令,控制液晶可调滤光片的光谱通带波长,并按照由短波长到长波长的顺序,使得通过液晶可调滤光片的光谱通带波长依次变化,从而实现光谱通带连续调谐。

3. 一种基于光谱成像的异物检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

(a) 建立样本光谱图像;

(b) 对样本光谱图像中背景和异物的光谱特征曲线进行提取;

(c) 利用步骤(b)得到的结果构建线性判别函数;

(d) 对被测物体进行光谱图像成像操作;

(e) 对步骤(d)得到的光谱特征进行提取;

(f) 将步骤(e)得到的特征带入步骤(c)得到的线性判别函数进行计算,利用计算的结构判断出被测样品中是否有异物。

4. 根据权利要求 3 所述的一种基于光谱成像的异物检测方法,其特征在于:所述步骤(b)对样本光谱图像中背景和异物的光谱特征曲线进行提取是这样做的:将包含背景和异物的样本光谱图像中,分别提取 10 个背景像素点的光谱值和 10 个异物的光谱值,假设光谱通道数为  $n$ ,背景的光谱值为  $(b1[x_1, x_2 \cdots x_n], b2[x_1, x_2 \cdots x_n], \cdots, b10[x_1, x_2 \cdots x_n])$ ,异物的光谱值为  $(z1[x_1, x_2 \cdots x_n], z2[x_1, x_2 \cdots x_n], \cdots, z10[x_1, x_2 \cdots x_n])$ 。

5. 根据权利要求 4 所述的一种基于光谱成像的异物检测方法,其特征在于:步骤(c)利用步骤(b)得到的结果构建线性判别函数为: $d(X) = x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + \cdots + w_nx_n + w_{n+1}$ ,将样本中背景和异物的光谱值都输入到线性判别函数  $d(X)$ ,将其中的系数值  $(w_1, w_2, w_3 \cdots w_{n+1})$  求解出来,确定该样品线性判别函数的系数。

6. 根据权利要求 5 所述的一种基于光谱成像的异物检测方法,其特征在于:步骤(f)利用计算的结构判断出被测样品中是否有异物是: $d(X) > 0$  时,被检测点  $X$  是异物, $d(X) \leq 0$  时,被检测点  $X$  是背景。

## 一种基于光谱成像的异物检测系统及检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光谱成像技术领域,具体是指一种基于光谱成像的异物检测系统及检测方法。

### 背景技术

[0002] 镍泡沫可用作过滤器材料,处理流体中磁性粒子的磁流导体。其它应用包括应用于储氢媒介、热交换媒介。我国镍泡沫行业运行目前发展形势良好,该行业企业正逐步向产业化、规模化发展。镍泡沫是一种性能优良的吸声材料,在高频具有较高的吸声系数;通过吸声结构的设计可以提高其在低频的吸声性能。镍泡沫也是制造镉-镍电池和氢-镍电池的最佳电极材料之一。通过试验研制成功了用电沉积技术制备镍泡沫的工艺。所用基体材料为多孔的开孔泡沫塑料,采用化学镀镍、真空镀镍和浸导电胶三种方法均可制备导电层,经预镀镍便可在通用的硫酸盐镀镍电解液中电镀厚镍,后经灼烧、还原、退火工序便可得到性能优良的镍泡沫材料。

[0003] 镍泡沫是一种新能源电池的生产材料,在新能源汽车领域具有广泛的应用,但在镍泡沫的生产和加工过程中,会带来少量的铜杂质,而这会带来电池的短路引起爆炸事故。因此,在镍泡沫的生产和加工过程中铜杂质的数量是受到严格限制的,需要相应的异物在线检测装置用于镍泡沫生产过程中铜杂质的在线检测。目前常用的异物或杂质检测系统主要是通过杂质的大小、形状以及其亮度和对比度来从背景中识别和提取的,但当异物同背景的对比度较差或其大小和形状难以识别时,会造成异物识别困难和漏检。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种基于光谱成像的异物检测系统及检测方法,解决目前的镍泡沫的检测方法依赖于检测人员的主观判断、异物同背景的对比度较差或其大小和形状难以识别时容易出现识别困难和漏检的问题,达到精确检测、准确判断杂质的目的。

[0005] 本发明的目的通过下述技术方案实现:

一种基于光谱成像的异物检测系统,包括一个:

照明系统:照明系统照射在检测台上方,且为被检测物体提供均匀的光照;

光谱成像装置:快速获取被检测物在 400nm-1100nm 波段范围内任意光谱通道内的光谱图像,其成像帧频范围 1-1000 帧/秒,空间分辨率 10 μm-1000 μm,并将得到的光谱传输给计算机;

计算机:接收光谱成像装置输出的光谱图像,并将样本光谱图像与实测的光谱图像进行对比,判断出光谱差异点是否是异物。

[0006] 本发明采用在检测台的上方安装一个照明系统,照明系统提供稳定均匀的照明环境,光谱成像装置将被检测的材料的光谱转换成反应其特征的光谱图像;然后由计算机对得到的被检测物体的光谱图像与样本的光谱图像进行对比,得出是否存在异物的结论,从而实现异物判断的自动型,排除了人为的主观意识,而且,利用光谱图像在特定波段的特性

来进行判断,其可靠性很高;从光谱和空间多个维度对异物和背景进行区分和定位,可以实现异物的快速、准确检测,有效提高异物的检出率,在工业生产特定异物和异物的在线或离线检测中具有广泛的应用。

[0007] 所述的光谱成像装置包括:

液晶可调滤光片:安装在光学镜头上,用于透过光谱通带内的光,并抑制通带外其他波长的光,在驱动控制器的控制下,其透过的光谱通带波长是可调谐的;

图像传感器:图像传感器包括 CCD 相机,在 CCD 相机上安装有光学镜头,其作用为对目标成像,并将图像传输至图像数据采集设备;

驱动控制器:驱动控制器与液晶可调滤光片之间用 RS-232 串口线相连接,驱动控制器向液晶可调滤光片发送指令,控制液晶可调滤光片的光谱通带波长,并按照由短波长到长波长的顺序,使得通过液晶可调滤光片的光谱通带波长依次变化,从而实现光谱通带连续调谐。

[0008] 本发明采用液晶可调滤光片安装在 CCD 相机的光学镜头上,其作用类似于普通的光学带通滤光片,透过光谱通带内的光,并抑制通带外其他波长的光,而与普通的光学带通滤光片不同的是,液晶可调滤光片在驱动控制器的控制下,其透过的光谱通带波长是可调谐的,例如工作波段范围为 400-1100nm 的液晶可调滤光片,在驱动控制器的作用下,液晶可调滤光片透过的中心波长可以是 400-1100nm 中任意一个波长,而普通光学滤光片透过的光谱通带是固定的;图像传感器包括光学镜头和 CCD 相机,其作用为对目标成像,并将图像传输至计算机,光学镜头的前端与液晶可调滤光片用螺纹连接,光学镜头的后端连接 CCD 相机,与普通光学成像不同的是景物目标先透过液晶可调滤光片,再进入光学镜头和 CCD 相机,成像后的图像数据中,每一幅图像只有景物目标在光谱通带内的图像信息,形成光谱图像,例如液晶可调滤光片的工作波段为 400-1100nm,光谱通带宽度为 100nm,光谱通带数为 7,则需要对同一景物目标成像 7 次,获得 7 幅光谱图像,其对应的光谱通带范围分别为 400-500nm, 500-600nm, …… 1000-1100nm,通过读取 7 幅图像中同一像素点的图像强度值,即可得到目标的光谱曲线,横坐标为波长,纵坐标为该波长下图像强度值;而对于普通光学成像只有一副图像,其图像包含了 400-1100nm 所有信息,无法提取到目标的光谱曲线;驱动控制器与液晶可调滤光片之间用 RS-232 串口线相连接,驱动控制器向液晶可调滤光片发送指令,控制液晶可调滤光片的光谱通带波长,并按照由短波长到长波长的顺序,例如从 400nm 至 1100nm,使得通过液晶可调滤光片的光谱通带波长依次变化,从而实现光谱通带连续调谐;计算机通过驱动控制器控制液晶可调滤光片的图像传感器的图像数据通过网线传输至计算机,并存储在计算机内。

[0009] 一种基于光谱成像的异物检测方法,包括以下步骤:

(a) 建立样本光谱图像;

(b) 对样本光谱图像中背景和异物的光谱特征曲线进行提取;

(c) 利用步骤(b)得到的结果构建线性判别函数;

(d) 对被测物体进行光谱图像成像操作;

(e) 对步骤(d)得到的光谱特征进行提取;

(f) 将步骤(e)得到的特征带入步骤(c)得到的线性判别函数进行计算,利用计算的结构判断出被测样品中是否有异物。

[0010] 相比普通彩色成像的检测方法,基于光谱成像的异物检测方法,不仅可以获取目标的图像信息,还可以获取目标的光谱信息,对于异物与背景在形状、颜色接近的情况,普通彩色成像的方法很难将异物从背景中分辨出来,而基于光谱成像的异物检测方法,利用异物与背景的光谱差异,将异物分辨出来,可大大提高检测的准确率。

[0011] 所述步骤(b)对样本光谱图像中背景和异物的光谱特征曲线进行提取是这样做的:将包含背景和异物的样本光谱图像中,分别提取10个背景像素点的光谱值和和10个异物的光谱值,假设光谱通道数为 $n$ ,背景的光谱值为( $b1[x_1, x_2 \cdots x_n]$ ,  $b2[x_1, x_2 \cdots x_n]$ ,  $\cdots$ ,  $b10[x_1, x_2 \cdots x_n]$ ),异物的光谱值为( $z1[x_1, x_2 \cdots x_n]$ ,  $z2[x_1, x_2 \cdots x_n]$ ,  $\cdots$ ,  $z10[x_1, x_2 \cdots x_n]$ )。通过测定背景与异物的光谱反射曲线,找到背景与异物光谱反射率曲线差异较大的波段范围,以及所需要光谱通道数,光谱通道数越多,识别准确率越高,但是光谱通道数多会使扫描速度降低,从而使得检测速度降低,因此在满足识别率要求的情况下,光谱通道数越少越好,在考虑这些因素后,选择光谱通道数为10较好。提取样本背景点与异物点的光谱值的作用是用于步骤(c),求解线性判别函数中的系数。

[0012] 步骤(c)利用步骤(b)得到的结果构建线性判别函数为: $d(X) = x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + \cdots + w_nx_n + w_{n+1}$ ,将样本中背景和异物的光谱值都输入到线性判别函数 $d(X)$ ,将其中的系数值( $w_1, w_2, w_3 \cdots w_{n+1}$ )求解出来,确定该样品线性判别函数的系数。确定完线性判别函数形式与系数后,将未知光谱信息输入至线性判别函数,通过计算线性判别函数中 $d(X)$ 的值,就知道该光谱信息代表背景还是异物。

[0013] 步骤(f)利用计算的结构判断出被测样品中是否有异物是: $d(X) > 0$ 时,被检测点 $X$ 是异物, $d(X) \leq 0$ 时,被检测点 $X$ 是背景。

[0014] 本发明与现有技术相比,具有如下的优点和有益效果:

1 本发明一种基于光谱成像的异物检测系统及检测方法,不仅可获得目标的图像信息,还可获得目标的光谱信息,利用背景与异物光谱信息的差异,可将异物从背景总分辨出来,对于背景与异物在形状和颜色相近的情况,本方法相比现有的彩色成像检测方法,具有一定优势;

2 本发明一种基于光谱成像的异物检测系统及检测方法,具有实时快速、识别率高的优点,可广泛应用于镍泡沫的检测线。

## 附图说明

[0015] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明实施例的限定。在附图中:

图1为本发明检测系统原理框图;

图2为本发明检测方法的流程框图;

图3为本发明待测杂质铜屑和背景镍泡沫的光谱反射曲线;

图4为本发明实施例中镍泡沫中显微镜下的铜杂质实物图;

图5为本发明实施例中为异物铜杂质光谱检测结果图。

## 具体实施方式

[0016] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施例和附图,对本

发明作进一步的详细说明,本发明的示意性实施方式及其说明仅用于解释本发明,并不作为对本发明的限定。

## 实施例

[0017] 如图 1 所示,一种基于光谱成像的异物检测系统,包括照明系统:照明系统照射在检测台上方,且为被检测物体提供均匀的光照;光谱成像装置:快速获取被检测物在 400nm-1100nm 波段范围内任意光谱通道内的光谱图像,其成像帧频范围 1-1000 帧/秒,空间分辨率  $10\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ ,并将得到的光谱传输给计算机;计算机接收光谱成像装置输出的光谱图像,并将样本光谱图像与实测的光谱图像进行对比,判断出光谱差异点是否是异物;其中:光谱成像装置包括:液晶可调滤光片安装在光学镜头上,用于透过光谱通带内的光,并抑制通带外其他波长的光,在驱动控制器的控制下,其透过的光谱通带波长是可调谐的;图像传感器包括 CCD 相机,在 CCD 相机上安装有光学镜头,其作用为对目标成像,并将图像传输至图像数据采集设备;驱动控制器与液晶可调滤光片之间用 RS-232 串口线相连接,驱动控制器向液晶可调滤光片发送指令,控制液晶可调滤光片的光谱通带波长,并按照由短波长到长波长的顺序,使得通过液晶可调滤光片的光谱通带波长依次变化,从而实现光谱通带连续调谐。

[0018] 如图 2 所示,本发明一种基于光谱成像的异物检测方法,按照以下步骤进行:

(a) 用光谱仪测试铜杂质和镍泡沫的光谱曲线,确定光谱成像装置的工作波长范围以及光谱通道数,图 3 是铜杂质和镍泡沫的光谱反射曲线图,通过测定镍泡沫与铜杂质的光谱反射曲线,找到镍泡沫与铜杂质光谱反射率曲线差异最大的波段范围,以及所需要光谱通道数。光谱通道数越多,识别准确率越高,但是光谱通道数多会使扫描速度降低,从而使得检测速度降低,因此在满足识别率要求的情况下,光谱通道数越少越好,从图中可以看出,镍泡沫与铜杂质在 400nm-800nm 波段内的光谱反射曲线具有较大的差异,光谱通道数需要 10 个左右;

(b) 建立样本光谱图像;样本即为镍泡沫实物,由于镍泡沫中含铜杂质极少,为了获取更多铜杂质的光谱特征曲线,需要在同一张镍泡沫中放置几十颗铜杂质,铜杂质的大小与实际情况相近。然后利用光谱成像装置对该样本光谱成像,获得样本的光谱图像;

(c) 对样本光谱图像中镍泡沫和铜杂质的光谱特征曲线进行提取,将包含镍泡沫和铜杂质的样本光谱图像中,分别提取 10 个镍泡沫像素点的光谱值和和 10 个铜杂质的光谱值,假设光谱通道数为  $n$ ,镍泡沫的光谱值为  $(b1[x_1, x_2 \cdots x_n], b2[x_1, x_2 \cdots x_n], \cdots, b10[x_1, x_2 \cdots x_n])$ ,铜杂质的光谱值为  $(z1[x_1, x_2 \cdots x_n], z2[x_1, x_2 \cdots x_n], \cdots, z10[x_1, x_2 \cdots x_n])$ ;

(d) 利用步骤(c)得到的结果构建线性判别函数,  $d(X) = x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + \cdots + w_nx_n + w_{n+1}$ ,将样本中镍泡沫和铜杂质的光谱值都输入到线性判别函数  $d(X)$ ,将其中的系数值  $(w_1, w_2, w_3 \cdots w_{n+1})$  求解出来,确定该样品线性判别函数的系数;

(d) 对被测物体进行光谱图像成像操作:图 4 为镍泡沫实物,该镍泡沫中含有一颗铜杂质,并以作标记。利用光谱成像装置对该镍泡沫进行光谱成像,得到一组(共 10 幅)光谱图像。

[0019] (e) 光谱特征提取及计算:从上述光谱图像中依次提取每个像素点对应的光谱曲线,代入步骤 d 中的线性判别函数中,并计算,若  $d(X) > 0$ ,则该像素点为铜杂质,并令该像素

点强度值为 255 (即为亮点);若  $d(X) \leq 0$ , 则该像素点为镍泡沫, 并令该像素点强度值为 0 (即为黑点)。将每个像素点计算完成后, 得到图 5 结果, 从图 5 可以看到图像中有一亮点, 即代表该位置有一颗铜杂质。

[0020] 以上所述的具体实施方式, 对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明, 所应理解的是, 以上所述仅为本发明的具体实施方式而已, 并不用于限定本发明的保护范围, 凡在本发明的精神和原则之内, 所做的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

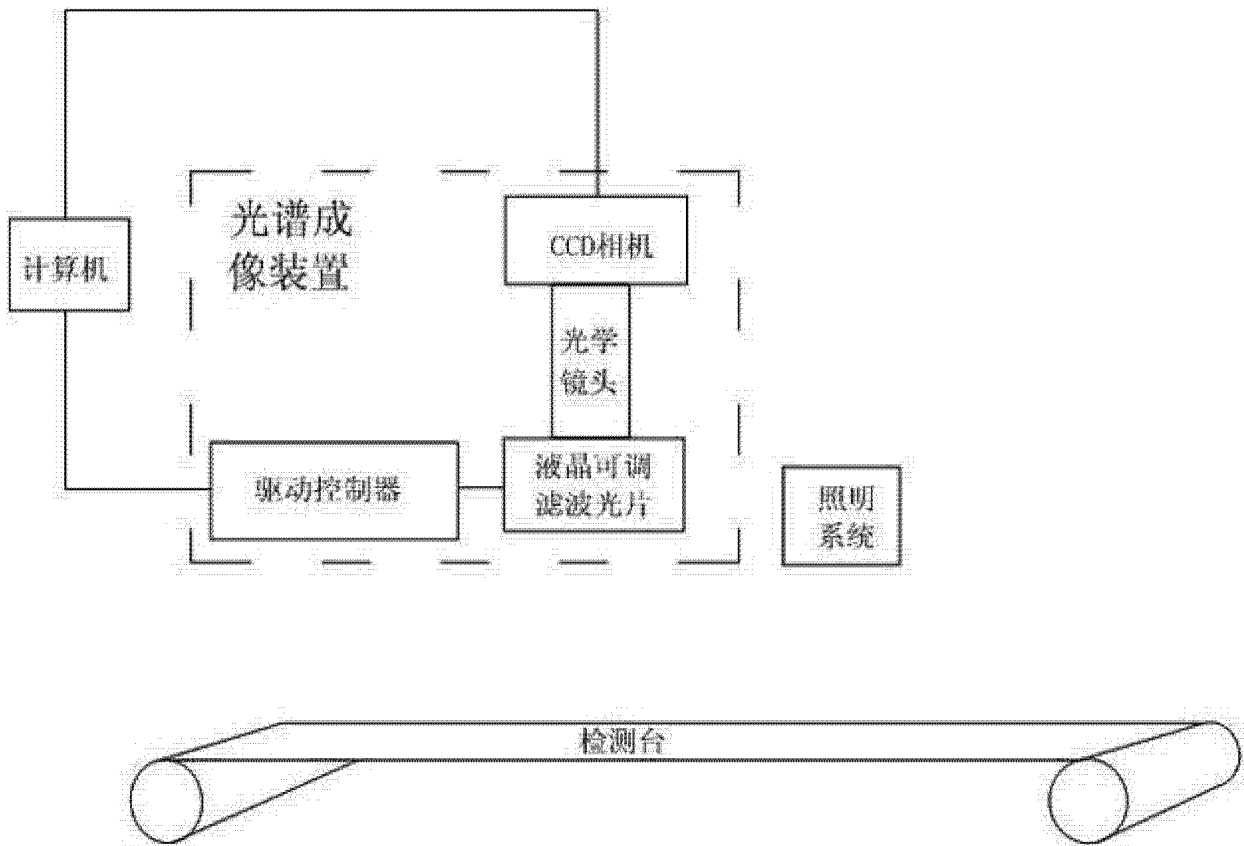


图 1

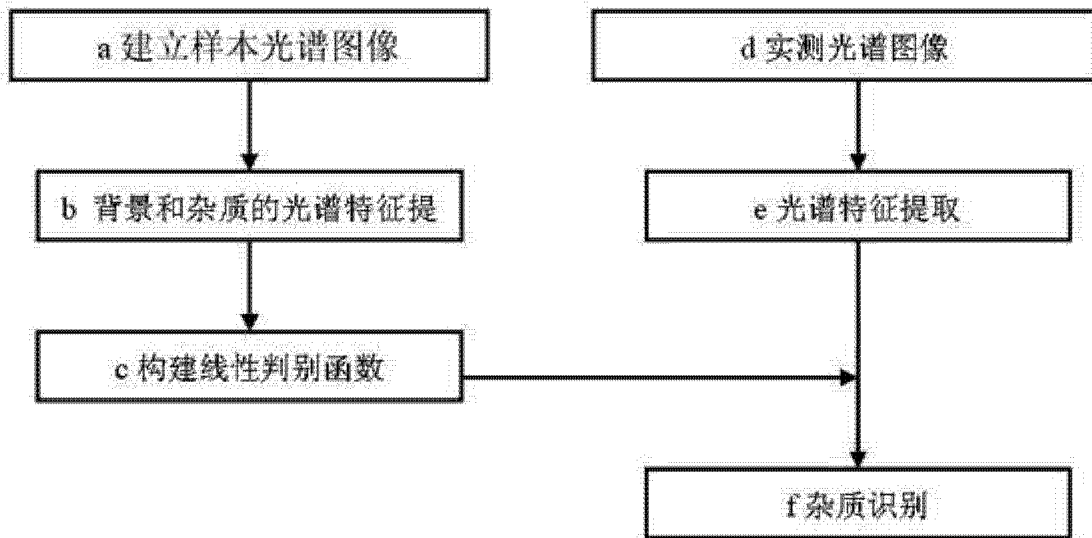


图 2



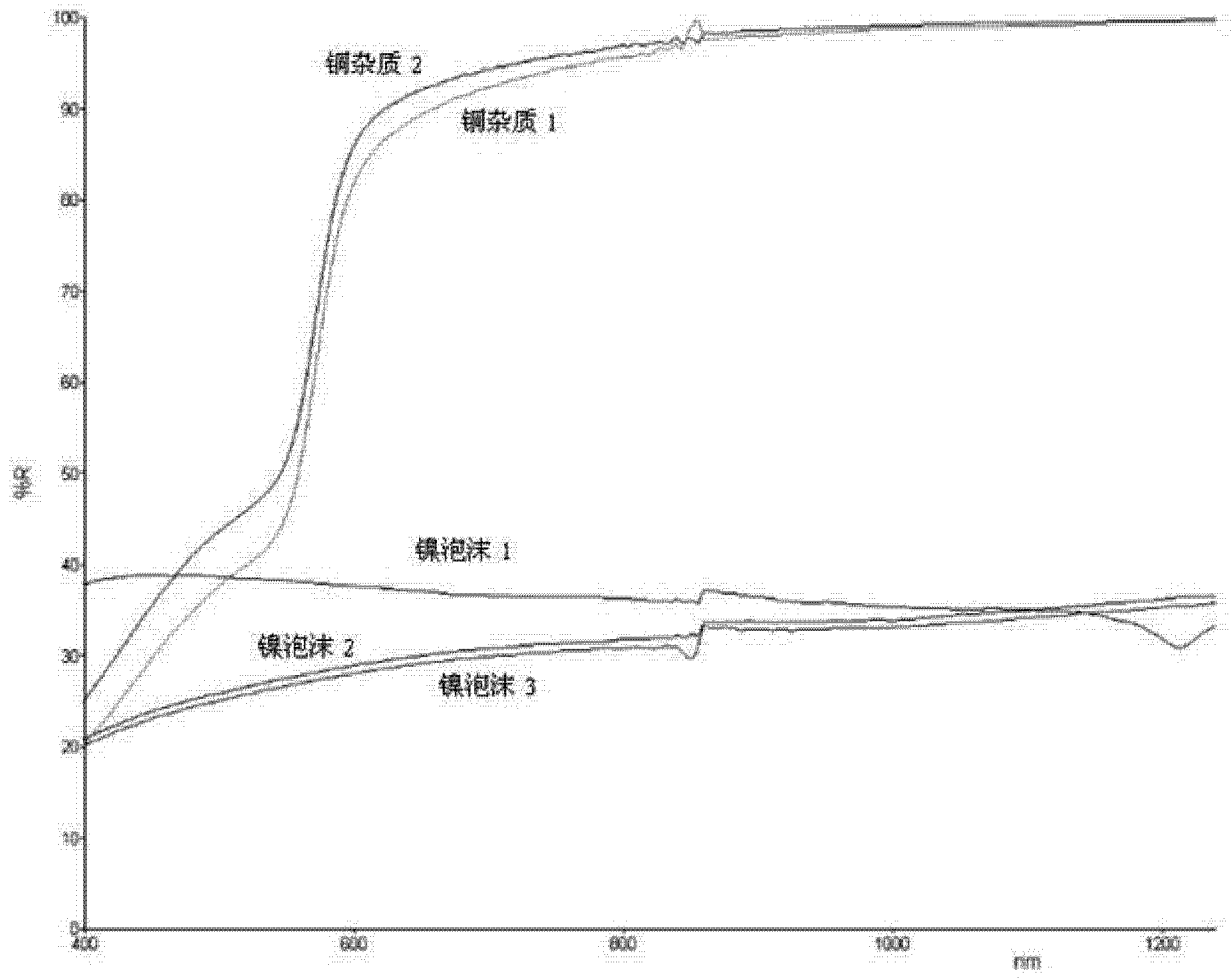


图 3

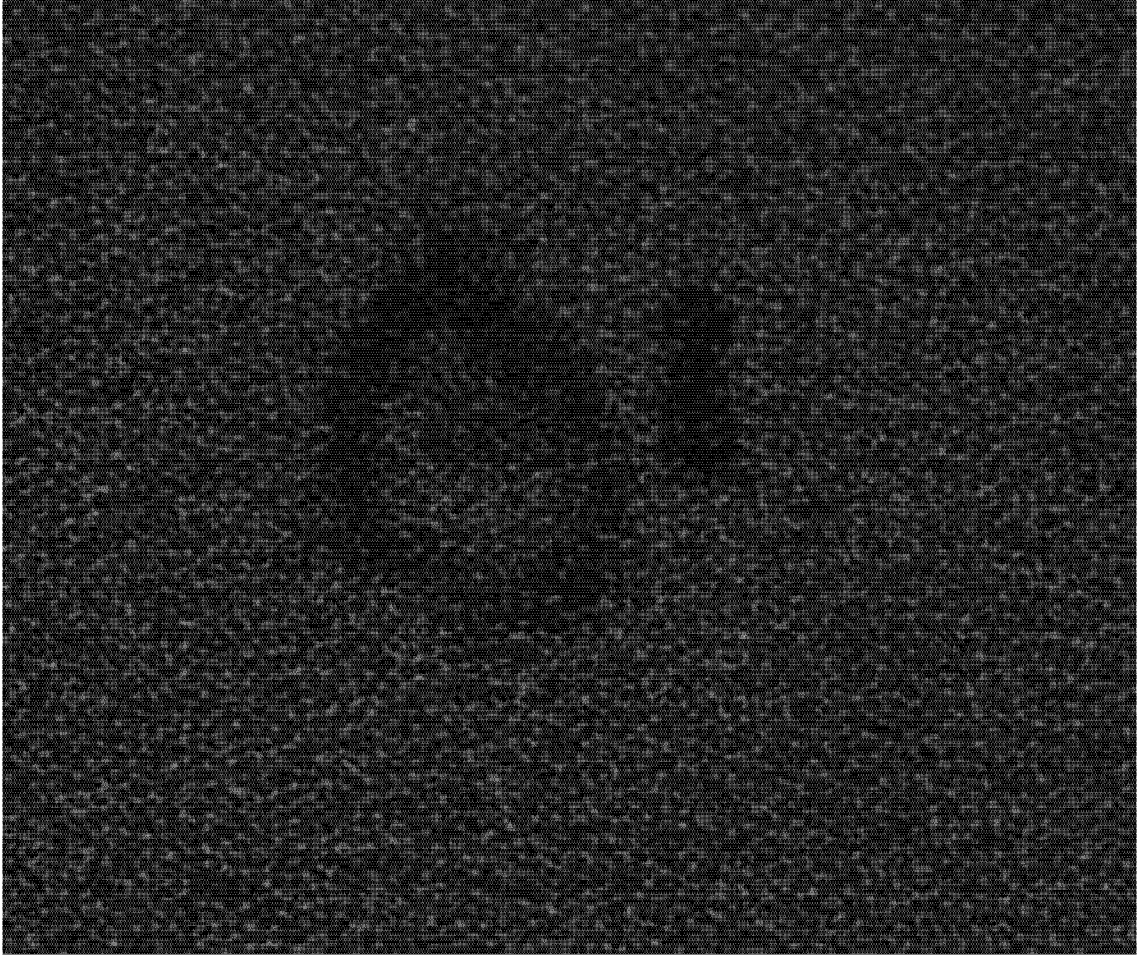


图 4



图 5