



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109995998 A  
(43)申请公布日 2019.07.09

(21)申请号 201910034869.0  
(22)申请日 2019.01.15  
(66)本国优先权数据  
201910003528.7 2019.01.03 CN  
(71)申请人 中国科学院生物物理研究所  
地址 100101 北京市朝阳区大屯路15号  
(72)发明人 季刚 李喜霞 张建国 孙飞  
(74)专利代理机构 北京中强智尚知识产权代理有限公司 11448  
代理人 黄耀威  
(51)Int.Cl.  
H04N 5/232(2006.01)  
G06T 7/00(2017.01)  
G06T 7/12(2017.01)

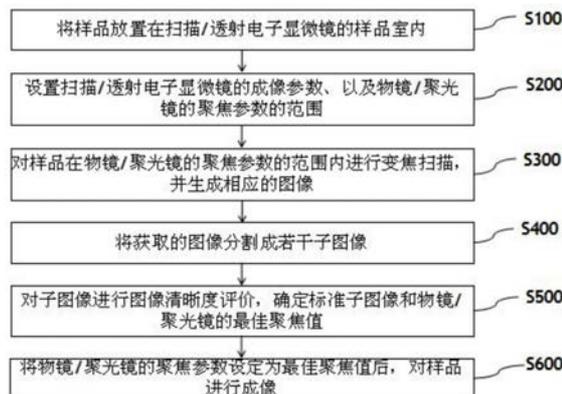
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法

(57)摘要

本发明公开了一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,包括如下步骤:将样品放置在扫描/透射电子显微镜的样品室内;设置扫描/透射电子显微镜的成像参数、以及物镜/聚光镜的聚焦参数的范围;通过扫描/透射电子显微镜对样品在物镜/聚光镜的聚焦参数的范围内变焦扫描,并生成相应的图像;将获取的图像分割成若干子图像;对子图像进行图像清晰度评价,确定标准子图像,将标准子图像所对应的物镜/聚光镜的聚焦参数定为物镜/聚光镜的最佳聚焦值;将物镜/聚光镜的聚焦参数设定为最佳聚焦值后,对样品进行成像。通过该方法对扫描/透射电子显微成像进行自动聚焦,只需要采集一张样品图像即可聚焦。



1. 一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特征在于,包括如下步骤:

将样品放置在扫描/透射电子显微镜的样品室内;

设置所述扫描/透射电子显微镜的成像参数、以及物镜/聚光镜的聚焦参数的范围;

通过所述扫描/透射电子显微镜对所述样品在所述物镜/聚光镜的聚焦参数的范围内进行变焦扫描,并生成相应的图像;

将获取的所述图像分割成若干子图像;

对所述子图像进行图像清晰度评价,确定清晰度最高的所述子图像并将其作为标准子图像后,将所述标准子图像所对应的所述物镜/聚光镜的聚焦参数定为所述物镜/聚光镜的最佳聚焦值;

将所述物镜/聚光镜的聚焦参数设定为所述最佳聚焦值后,对所述样品进行成像。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特征在于,在通过所述扫描/透射电子显微镜对所述样品在所述物镜/聚光镜的聚焦参数的范围内进行变焦扫描,并生成相应的图像时,包括:

保持所述样品静止,通过所述扫描/透射电子显微镜的电子束对所述样品进行行扫描和帧扫描,确定所述样品的图像特征区域;

在所述样品的图像特征区域内,通过所述电子束对所述样品进行扫描成像时,保持所述样品随所述电子束在帧扫描方向同步移动,以适应不同形式的所述样品的动态聚焦。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特征在于,对所述子图像进行图像清晰度评价时,包括:

将所述物镜/聚光镜的聚焦参数和图像清晰度评价值分别作为横坐标和纵坐标描绘成分析曲线后,通过所述分析曲线分析所述子图像的清晰度随聚焦参数变化趋势。

4. 根据权利要求3所述的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特征在于,在将所述物镜/聚光镜的聚焦参数和图像清晰度评价值分别作为横坐标和纵坐标描绘成分析曲线时,包括:

将所述图像沿帧扫描方向进行等间距等宽度分割形成所述子图像;

在所述子图像的宽度设定的较宽时,使分割后的相邻的两个所述子图像之间有部分重合区域,在所述子图像的宽度设定的较窄时,使分割后的相邻的两个所述子图像之间没有重合区域甚至有间隙区域。

5. 根据权利要求1所述的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特征在于,在对所述子图像进行图像清晰度评价,确定清晰度最高的所述子图像并将其作为标准子图像时,包括:

通过图像清晰度评价函数对所述子图像进行图像清晰度进行评价,得到不同所述子图像的清晰度评价值,通常清晰度越高评价值越大,进而获得所述子图像的最高清晰度评价值。

6. 根据权利要求5所述的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特征在于,所述图像清晰度评价函数包括边缘梯度检测的评价函数、基于相关性原理的评价函数、基于统计原理的评价函数或基于变换的评价函数。

7. 根据权利要求1所述的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特

征在于,在将获取的所述图像分割成若干子图像时,包括:将获取的所述图像沿所述物镜/聚光镜的聚焦参数变化的梯度方向进行分割,获得若干子图像。

8.根据权利要求7所述的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特征在于,在所述图像沿所述物镜/聚光镜的聚焦参数变化的梯度方向进行分割时,所述扫描方向为帧扫描方向。

9.根据权利要求1至8任一项所述的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,其特征在于,将所述物镜/聚光镜的聚集参数设定为所述最佳聚焦值后,还包括:

将获得的所述样品的图像与所述标准子图像进行清晰度实时对比,若获得的所述样品的图像与所述标准子图像的清晰度相同或在允许偏差范围值内,则对所述样品进行成像;

若获得的所述样品的图像的清晰度低于所述标准子图像的清晰度或超出了所述允许偏差范围,则对所述样品在所述物镜/聚光镜的聚焦参数的设定范围内进行变焦扫描,生成相应的变焦扫描图像,并通过分析变焦扫描图像的子图像的清晰度确定所述物镜/聚光镜的最佳聚焦值后,再将所述物镜/聚光镜的聚焦参数设定为所述物镜/聚光镜的最佳聚焦值对所述样品进行成像。

## 一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于扫描电子显微镜/透射电子显微镜扫描透射模式成像领域,具体涉及一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法。

### 背景技术

[0002] 扫描电子显微镜是用来观察物体表面形貌、元素组成及分布和结构解析的分析设备。发射的电子束在样品表面进行扫描,通过电子与物质间的相互作用,被激发的区域将产生二次电子、背散射电子、俄歇电子、特征x射线和连续谱X射线等信号,通过配置不同类型的探测器对各种信号进行检测,即可获得待测样品形貌、元素分布、晶体结构等信息。

[0003] 透射电子显微镜以其原子分辨能力可对物质进行高分辨成像、电子衍射解析物相结构、元素分析等,在物理学、材料科学、化学、生物学、医学等诸多领域发挥着重要作用。透射电子显微镜具有多种成像手段,平行束高分辨成像、电子衍射、会聚束电子衍射、衍射衬度明场像、暗场像,扫描透射模式的明场像、暗场像、高角环形暗场像等。其中扫描透射(Scanning Transmission Electron Microscopy,STEM)模式成像是一种非常重要的成像手段。扫描透射模式是通过聚光镜系统把电子束会聚成一个很小的束斑,在样品上进行面扫描,通过探测器获得经样品散射的电子信号并成像,从而得到样品的结构甚至成分信息。该成像模式在亚埃分辨的配有球差矫正器的场发射电镜中广泛应用。同时扫描透射模式可以穿透更厚的样品(是平行束透射电镜允许样品厚度的2~4倍),同时获得更好的衬度,在生物样品的切片成像以及扫描透射电子断层三维重构技术中获得重要应用。

[0004] 在扫描电子显微镜/透射电子显微镜扫描透射模式成像过程中,图像聚焦是非常重要的一步,他决定了图像的最终质量。其原理就是扫描电镜通过物镜的调节把电子束会聚到样品上,通常显示的参数为工作距离,透射电镜通过聚光镜的调节把电子束会聚到样品上,通常显示的参数为绝对或相对的聚光镜电流。在自动化的图像采集,自动聚焦功能的准确性和聚焦速度尤为重要。目前的自动聚焦方法的原理,是在同一个视野内,物镜/聚光镜系统采用设定范围内的一系列聚焦参数进行系列成像,每个图像对应一个聚焦值,然后对该系列图像进行清晰度评价,清晰度越高分值越高,分值最高的图像对应的聚焦值即为最佳的物镜/聚光镜聚焦参数。

[0005] 然而,现有的扫描电子显微镜/透射电子显微镜扫描透射模式成像的自动聚焦方式必须要拍若干张照片(通常五张以上),因此耗费时间较长,通常还需要二次聚焦,第一次为粗聚焦,第二次为精确聚焦,耗费的时间会更长。同时增加了电子辐照剂量,对于不耐辐照损伤的样品则有很大影响。为了减少聚焦时间、提高效率和降低辐照剂量,通常采用减小成像面积、减少驻留时间的方法。但是,减少驻留时间,会使图像信噪比下降,有时会造成自动聚焦失败。因此,提供一种用于扫描电子显微镜/透射电子显微镜扫描透射模式成像的快速自动聚焦方法具有重要的意义。

## 发明内容

[0006] 针对以上现有技术存在的不足之处,本发明提供了一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法。

[0007] 为达到上述目的,本发明所采用的技术方案为:

[0008] 一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,包括如下步骤:

[0009] 将样品放置在扫描/透射电子显微镜的样品室内;

[0010] 设置所述扫描/透射电子显微镜的成像参数、以及物镜/聚光镜的聚焦参数的范围;

[0011] 通过所述扫描/透射电子显微镜对所述样品在所述物镜/聚光镜的聚焦参数的范围内进行变焦扫描,并生成相应的图像;

[0012] 将获取的所述图像分割成若干子图像;

[0013] 对所述子图像进行图像清晰度评价,确定清晰度最高的所述子图像并将其作为标准子图像后,将所述标准子图像所对应的所述物镜/聚光镜的聚焦参数定为所述物镜/聚光镜的最佳聚焦值;

[0014] 将所述物镜/聚光镜的聚焦参数设定为所述最佳聚焦值后,对所述样品进行成像。

[0015] 进一步的,在通过所述扫描/透射电子显微镜对所述样品在所述物镜/聚光镜的聚焦参数的范围内进行变焦扫描,并生成相应的图像时,包括:

[0016] 保持所述样品静止,通过所述扫描/透射电子显微镜的电子束对所述样品进行行扫描和帧扫描,确定所述样品的图像特征区域;

[0017] 在所述样品的图像特征区域内,通过所述电子束对所述样品进行扫描成像时,保持所述样品随所述电子束在帧扫描方向同步移动,以适应不同形式的所述样品的动态聚焦。

[0018] 进一步的,对所述子图像进行图像清晰度评价时,包括:

[0019] 将所述物镜/聚光镜的聚焦参数和图像清晰度评价价值分别作为横坐标和纵坐标描绘成分析曲线后,通过所述分析曲线分析所述子图像的清晰度随聚焦参数变化趋势。

[0020] 进一步的,在将所述物镜/聚光镜的聚焦参数和图像清晰度评价价值分别作为横坐标和纵坐标描绘成分析曲线时,包括:

[0021] 将所述图像沿帧扫描方向进行等间距等宽度分割形成所述子图像;

[0022] 在所述子图像的宽度设定的较宽时,使分割后的相邻的两个所述子图像之间有部分重合区域,在所述子图像的宽度设定的较窄时,使分割后的相邻的两个所述子图像之间没有重合区域甚至有间隙区域。进一步的,在对所述子图像进行图像清晰度评价,确定清晰度最高的所述子图像并将其作为标准子图像时,包括:

[0023] 通过图像清晰度评价函数对所述子图像进行图像清晰度进行评价,得到不同所述子图像的清晰度评价价值,通常清晰度越高评价价值越大,进而获得所述子图像的最高清晰度评价价值。

[0024] 进一步的,所述图像清晰度评价函数包括边缘梯度检测的评价函数、基于相关性原理的评价函数、基于统计原理的评价函数或基于变换的评价函数。

[0025] 进一步的,在将获取的所述图像分割成若干子图像时,包括:

[0026] 将获取的所述图像沿所述物镜/聚光镜的聚焦参数变化的梯度方向进行分割,获

得若干子图像。

[0027] 进一步的,在所述图像沿所述物镜/聚光镜的聚焦参数变化的梯度方向进行分割时,所述扫描方向为帧扫描方向。

[0028] 进一步的,将所述物镜/聚光镜的聚焦参数设定为所述最佳聚焦值后,还包括:

[0029] 将获得的所述样品的图像与所述标准子图像进行清晰度实时对比,若获得的所述样品的图像与所述标准子图像的清晰度相同或在允许偏差范围值内,则对所述样品进行成像;

[0030] 若获得的所述样品的图像的清晰度低于所述标准子图像的清晰度或超出了所述允许偏差范围,则对所述样品在所述物镜/聚光镜的聚焦参数的设定范围内进行变焦扫描,生成相应的变焦扫描图像,并通过分析变焦扫描图像的子图像的清晰度确定所述物镜/聚光镜的最佳聚焦值后,再将所述物镜/聚光镜的聚焦参数设定为所述物镜/聚光镜的最佳聚焦值对所述样品进行成像。

[0031] 本发明提供一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,具有以下优点:

[0032] 1、该自动聚焦方法适用扫描电子显微镜和透射电子显微镜扫描透射模式成像等点扫描成像的方式。

[0033] 2、通过该方法进行自动聚焦,只需要采集一张样品图像即可聚焦,与现有技术中需要拍几张的方法相比,大大节约了时间,效率提升数倍;

[0034] 3、由于该方法对样品的采集图像相对较少,因此可大大减少对样品的电子辐照损伤的影响,尤其是对电子辐照损伤敏感样品。

## 附图说明

[0035] 图1为本发明示例性实施例的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法的方法流程图;

[0036] 图2为本发明示例性实施例的样品在物镜/聚光镜的聚焦参数的范围内进行变焦扫描成像原理示意图;

[0037] 图3为本发明示例性实施例的另一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法的方法流程图;

[0038] 图4为本发明示例性实施例的样品的图像特征区域内的扫描图像(透射电子显微镜成像类似,未画出);

[0039] 图5为本发明示例性实施例的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法的图像被分割成若干子图像的示意图;

[0040] 图6为本发明示例性实施例的另一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法的图像被分割成若干子图像的示意图;

[0041] 图7为本发明示例性实施例的一种适用于扫描电子显微镜成像的自动聚焦方法的图像清晰度评价随工作距离变化曲线图;

[0042] 图8为本发明示例性实施例的一种适用于透射电子显微镜成像的自动聚焦方法的图像清晰度评价随相对聚光镜电流变化曲线图;

[0043] 图9为本发明示例性实施例的一种适用于扫描电子显微镜成像的自动聚焦方法的

变焦扫描的扫描图像；

[0044] 图10为本发明示例性实施例的一种适用于透射电子显微镜成像的自动聚焦方法的变焦扫描的透射图像；

[0045] 图11为本发明示例性实施例的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的样品随电子束同步移动变焦扫描图像。

### 具体实施方式

[0046] 下面参照附图对本发明进行更全面的描述,其中说明本发明的示例性实施例。下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0047] 实施例中的扫描电镜以FEI公司的Helios nanolab 600i场发射双束扫描电子显微镜为例说明,透射电镜以FEI公司的Tallos F200C 200kV场发射透射电子显微镜为例说明。为解决现有技术中扫描电子显微镜/透射电子显微镜扫描透射模式成像的自动聚焦方式耗费时间较长、以及在自动聚焦过程中容易损伤样品等问题,本实施例结合附图1至附图11提供一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,用于对扫描/透射电子显微镜的图像进行自动聚焦。

[0048] 如图1所示,一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,包括如下步骤:

[0049] S100、将样品放置在扫描/透射电子显微镜的样品室内;

[0050] S200、设置扫描/透射电子显微镜的成像参数、以及物镜/聚光镜的聚焦参数的范围;

[0051] 例如:在适用于扫描电子显微镜成像的自动聚焦时,将扫描电子显微镜的加速电压设置为2kV,束流设置为0.17nA,放大倍数设置为1200倍,物镜工作距离设置为在3.74mm到3.90mm之间;在适用于透射电子显微镜扫描透射成像模式的自动聚焦时,将透射电子显微镜的加速电压设置为200kV,束流设置为20uA,放大倍数设置为19000倍,第二聚光镜相对电流值,显示界面上以相对百分数显示,设置范围20.50%-27.70%。

[0052] S300、通过扫描/透射电子显微镜对样品在物镜/聚光镜的聚焦参数的范围内进行变焦扫描(如图2为扫描/透射电子显微镜沿帧扫描方向,进行变焦扫描成像的工作示意图),并生成相应的图像;

[0053] S400、将获取的图像分割成若干子图像(在本实施例中,把图像分为33个子图像);

[0054] S500、通过选用边缘梯度检测的评价函数中的加窗梯度函数对子图像进行图像清晰度评价,确定清晰度最高的子图像并将其作为标准子图像后,将标准子图像所对应的物镜工作距离/聚光镜电流(在本实施例中,物镜的工作距离为3.82mm,聚光镜的聚光镜电流为23.875%)定为物镜/聚光镜的最佳聚焦值;

[0055] S600、将物镜/聚光镜的聚焦参数设定为最佳聚焦值后,对样品进行成像。

[0056] 其中,扫描/透射电子显微镜的成像参数为电压值,电子束束流及成像放大倍数等。

[0057] 采用本实施例提供的一种适用于扫描/透射电子显微镜成像的自动聚焦方法,是利用扫描/透射电子显微镜扫描透射模式能够基于点扫描来实现动态聚焦功能的原理来设计的,通过扫描/透射电子显微镜对样品在预设的扫描电子显微镜的物镜工作距离/透射电子显微镜的聚光镜电流范围内进行变焦扫描,使在扫描/透射电子显微镜上获得的一张图像上,就可观察到梯度聚焦参数下对应产生的图像清晰度的变化;再通过对整幅图片进行子图像分割,对每个子图像分别进行图像清晰度评价,来确定清晰度最高的子图像,并将该子图像所对应的焦点值作为扫描电子显微镜的物镜/透射电子显微镜的聚光镜的最佳聚焦值;因此,该方法可以最少仅用一张图像,就可以对扫描/透射电子显微镜的图像进行自动聚焦,达到提高自动聚焦效率,减少电子辐照剂量,提高的样品的图像采集通量的目的,尤其适用于自动化图像采集流程。

[0058] 作为一优选实施方式,如图3所示,在通过扫描/透射电子显微镜对样品在物镜/聚光镜的聚焦参数的范围内进行变焦扫描,并生成相应的图像时,包括:

[0059] S301、保持样品静止,通过扫描/透射电子显微镜的电子束对样品进行行扫描和帧扫描,确定样品的图像特征区域;

[0060] S302、在样品的图像特征区域内,通过电子束对样品进行扫描成像时,保持样品随电子束在帧扫描方向同步移动,以适应不同形式的样品的自动聚焦。

[0061] 在电子束由上到下进行帧扫描的同时,样品也以同样的速度随着电子束同步移动,使电子束在每一行扫描到样品的几乎同一个位置,所得的图像在帧扫描方向(也就是上下方向)被拉长,形成类似竖条纹状图形。如图4所示为样品的实际图像,图11为样品随电子束同步移动动态聚焦图像,可以看出图11在上下方向上图像特征一致,并出现先模糊后清楚再模糊的变化特点。因此,在截取子图像后,每幅子图像特征差别不大,有利于后期图像清晰度评价的准确性。这种成像方式,使得本专利自动聚焦方法具有广泛的普适性。

[0062] 作为一优选实施方式,对子图像进行图像清晰度评价时,包括:

[0063] 将物镜的工作距离或聚光镜的电流值作为横坐标,将子图像进行图像清晰度评价作为纵坐标描绘成分析曲线后,通过分析曲线分析子图像的清晰度变化趋势。

[0064] 通过将物镜/聚光镜的工作距离/电流值作为横坐标和图像清晰度评价作为纵坐标,能够在通过曲线坐标描绘分析出子图像所对应的清晰度,还能够观察出所有子图像的清晰度变化规律的规律,进而更容易确定清晰度最高的子图像,以及其所对应的物镜/聚光镜的最佳聚焦值。

[0065] 进一步的,在将扫描电子显微镜的物镜的工作距离和图像清晰度评价分别作为横坐标和纵坐标描绘成分析曲线时,或将透射电子显微镜聚光镜的电流值和图像清晰度评价分别作为横坐标和纵坐标描绘成分析曲线时,包括:

[0066] 将图像沿帧扫描方向进行等间距等宽度分割形成子图像,如图5所示;

[0067] 在子图像的宽度设定的较宽时,使分割后的相邻的两个子图像之间有部分重合区域,在子图像的宽度设定的较窄时,使分割后的相邻的两个子图像之间没有重合区域甚至有间隙区域,其中,不同的分割方式对子图像的清晰度评价计算及曲线分析没有本质影响。

[0068] 例如,如图6、7和8所示,图像分割的子图像较多时(分成33个子图像),使分析曲线更为平滑(曲线中有33个点),获得的最佳聚焦值更为准确。而且,子图像的多少,只与子图像的分割的数量有关,成像时只拍一张照片,这与传统的聚焦方式不同。传统的聚焦方式,

在曲线上描绘几个点,就要拍几张图片。

[0069] 作为一优选实施方式,在对子图像进行图像清晰度评价,确定清晰度最高的子图像并将其作为标准子图像时,包括:

[0070] 通过图像清晰度评价函数对子图像进行图像清晰度进行评价,得到不同子图像的清晰度评价值,进而获得子图像的最高清晰度评价值。

[0071] 其中,图像清晰度评价函数包括边缘梯度检测的评价函数、基于相关性原理的评价函数、基于统计原理的评价函数或基于变换的评价函数。

[0072] 作为一优选实施方式,如图9和10所示,在将获取的扫描图像分割成若干子图像时,包括:

[0073] 将获取的图像沿物镜的工作距离变化的梯度方向进行分割,获得若干子图像。

[0074] 作为一优选实施方式,在将获取的透射图像分割成若干子图像时,包括:

[0075] 将获取的图像沿聚光镜的聚焦值变化的梯度方向进行分割,获得若干子图像。

[0076] 进一步的,在图像沿所述物镜/聚光镜的聚焦参数变化的梯度方向进行分割时,所述扫描方向为帧扫描方向。

[0077] 其中,在物镜/聚光镜的工作距离进行梯度变化时,扫描方向为帧扫描方向。沿帧扫描方向可实现按聚焦梯度的变焦扫描,进而使从扫描/透射电子显微镜获得的样品的图像在一张图像上具有从上到下清晰度不同的变化。

[0078] 作为一优选实施方式,将物镜/聚光镜的工作距离设定为最佳聚焦值后,还包括:

[0079] 将获得的样品的图像与标准子图像进行清晰度实时对比,若获得的样品的图像与标准子图像的清晰度相同或在允许偏差范围值内,则对样品进行成像;

[0080] 若获得的样品的图像的清晰度低于标准子图像的清晰度或超出了允许偏差范围,则对样品在所述物镜/聚光镜的工作距离的范围内进行变焦扫描,生成相应的变焦扫描图像,并通过分析变焦扫描图像的子图像的清晰度确定物镜/聚光镜的最佳聚焦值后,再将物镜/聚光镜的工作距离设定为物镜/聚光镜的最佳聚焦值对样品进行成像。

[0081] 通过将获得的样品的图像与标准子图像进行清晰度实时对比,来监测物镜/聚光镜的工作距离是否为物镜/聚光镜的最佳聚焦值,并在物镜/聚光镜的工作距离不是其最佳聚焦值时,物镜/聚光镜与样品之间的距离进行重新调整,确保最终得到的样品的图像为清晰度与标准子图像的清晰度相同。

[0082] 本发明的描述是为了示例和描述起见而给出的,而并不是无遗漏的或者将本发明限于所公开的形式。很多修改和变化对于本领域的普通技术人员而言是显然的。选择和描述实施例是为了更好说明本发明的原理和实际应用,并且使本领域的普通技术人员能够理解本发明从而设计适于特定用途的带有各种修改的各种实施例。

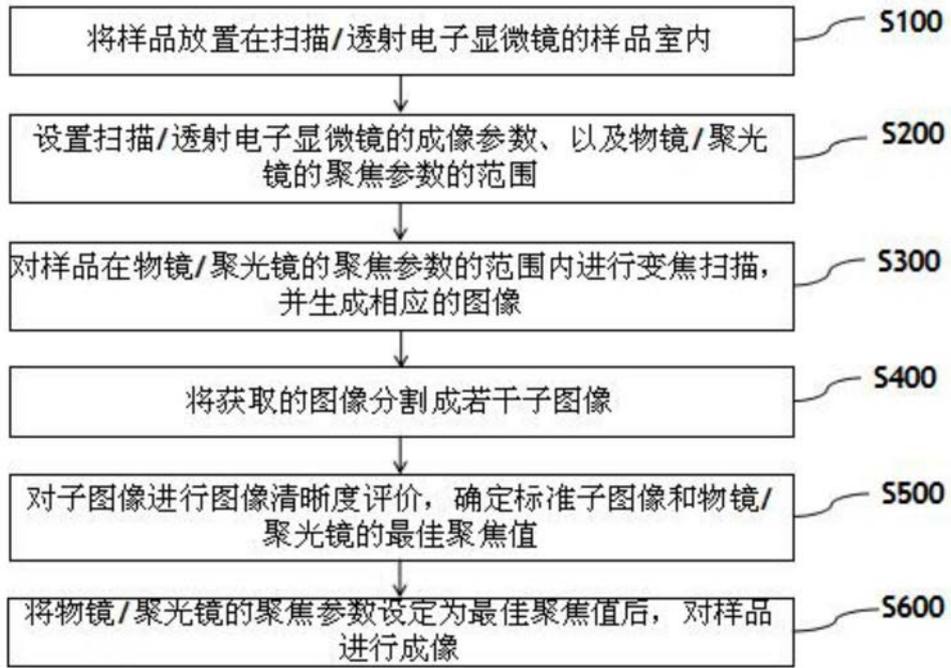


图1

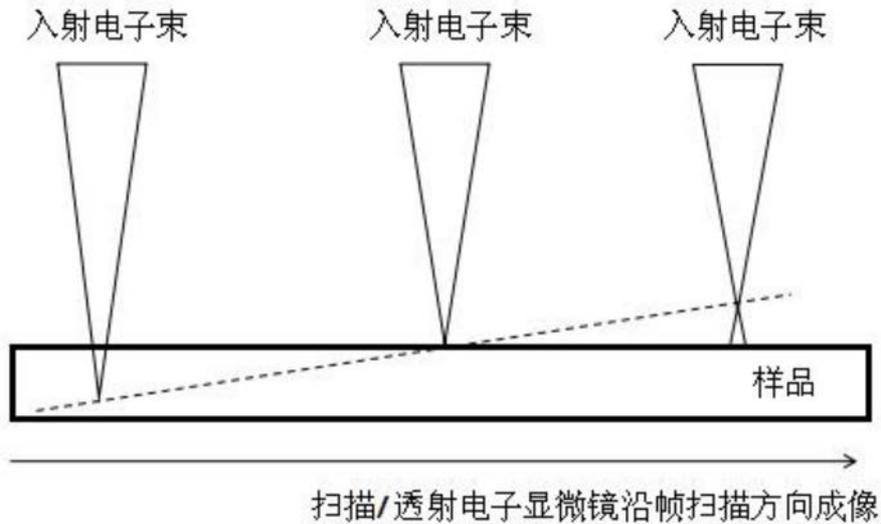


图2

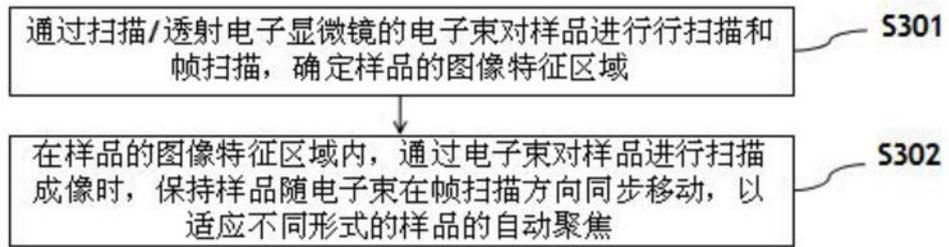


图3

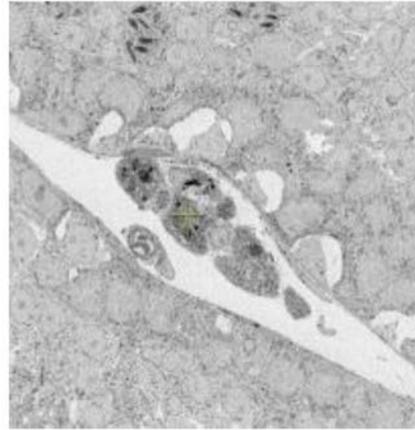


图4

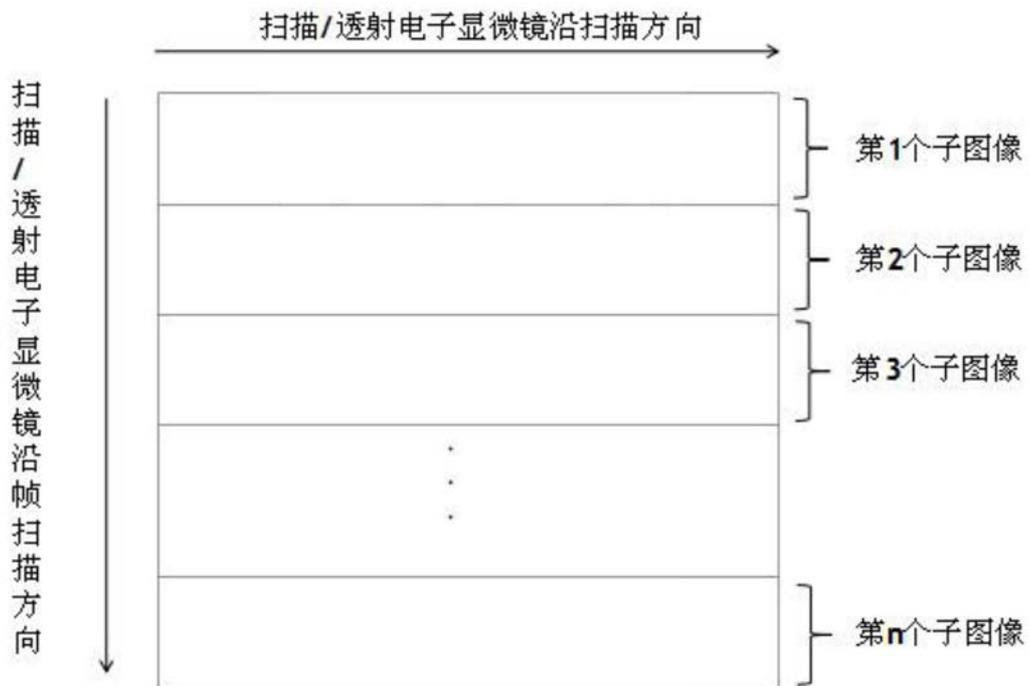


图5

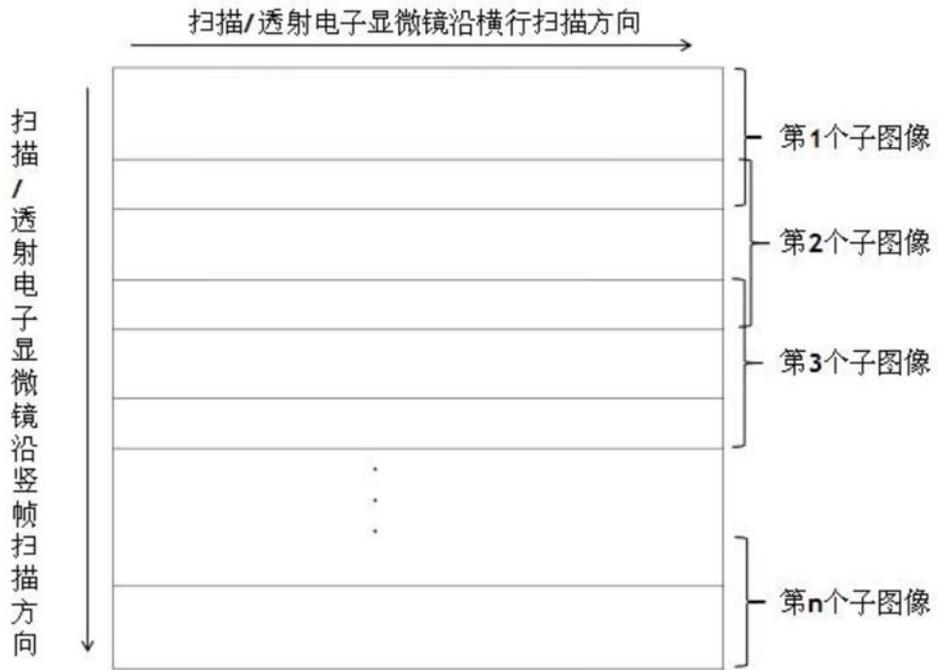


图6

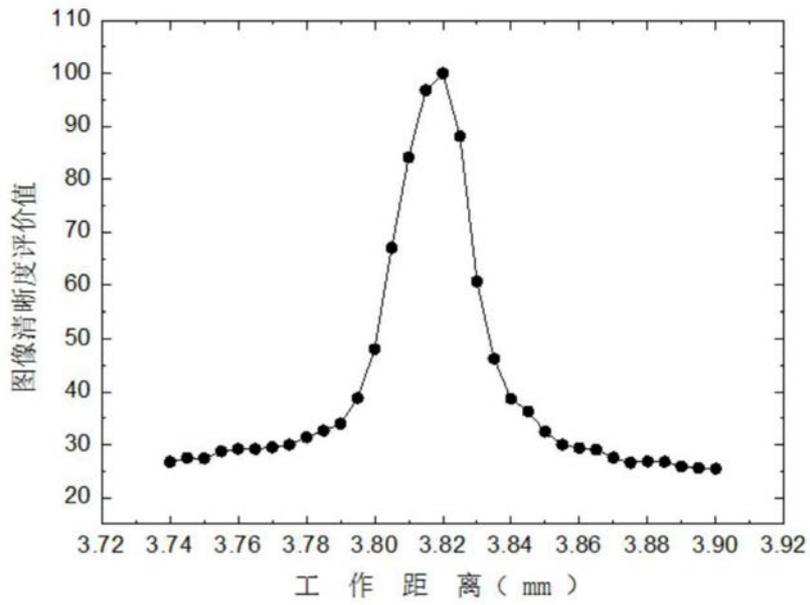


图7

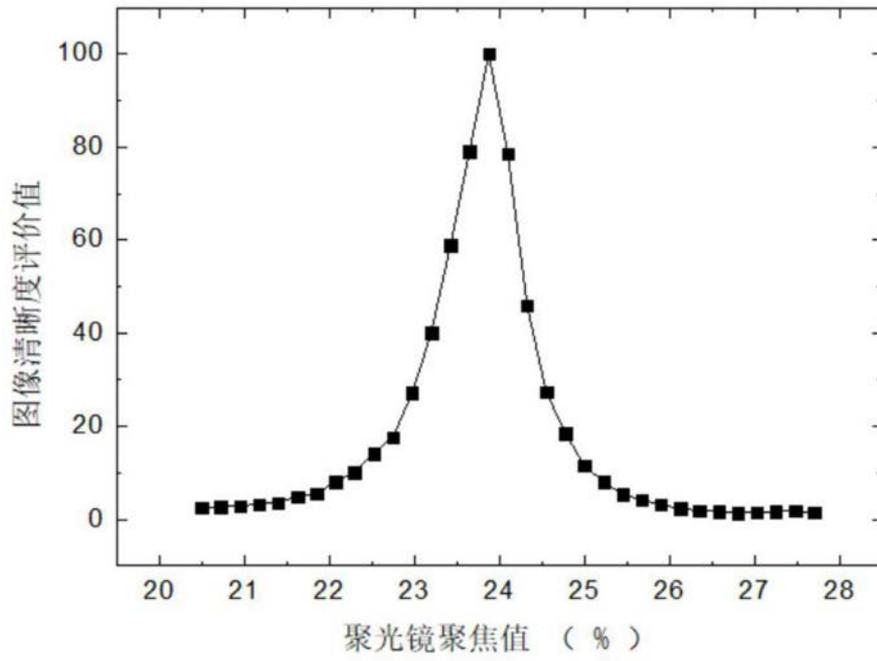


图8

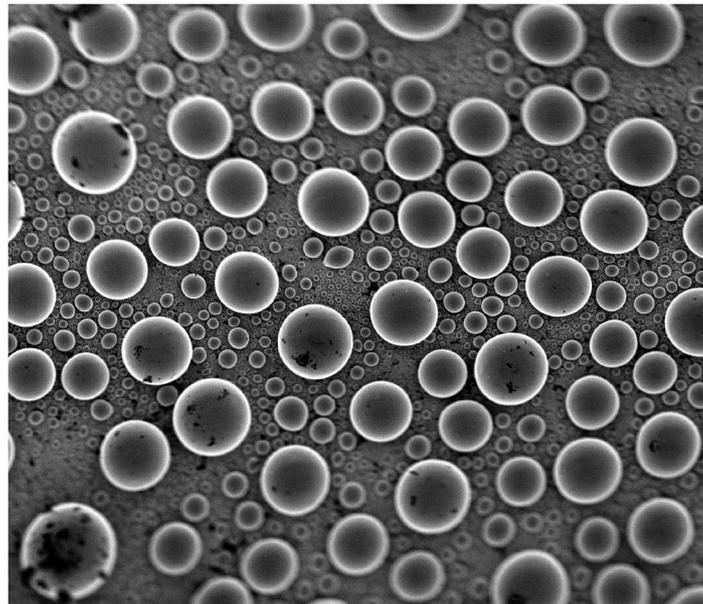


图9

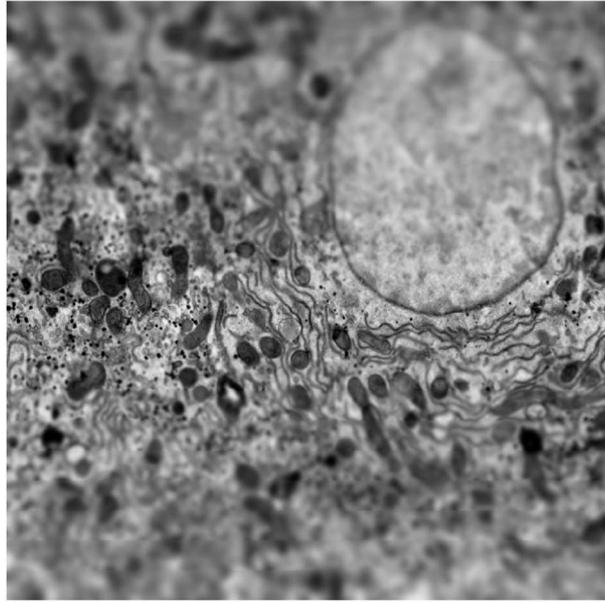


图10



图11