



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105403170 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201510922156. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2015. 12. 11

G01B 11/24(2006. 01)

(71) 申请人 华侨大学

地址 362000 福建省泉州市丰泽区城东

申请人 麦克奥迪实业集团有限公司

(72) 发明人 易定容 刘志群 崔长彩 余卿
王梓

(74) 专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所
有限公司 35204

代理人 张松亭 杨锴

权利要求书2页 说明书3页

(54) 发明名称

一种显微 3D 形貌测量方法及装置

(57) 摘要

本发明涉及一种显微 3D 形貌测量方法，步骤如下：1) 分别在焦前与焦后拍摄载物台上的待测物体的图像 $I_f = I_f(i, j)$ 、 $I_b = I_b(i, j)$, $0 \leq i < I$, $0 \leq j < J$; 其中，I 是图像总行数，J 是图像总列数；2) 根据如下公式计算得到待测物体在每一个位置 (i, j) 的待测图像 $I(i, j)$, 公式为：

$$I(i, j) = \frac{I_f(i, j) - I_b(i, j)}{I_f(i, j) + I_b(i, j)}$$

预先刻度的 $I(h)$ 曲线对比，确定待测物体在每一个位置 (i, j) 表面形貌相对高度 $h(i, j)$, $0 \leq i < I$, $0 \leq j < J$ 。本发明所述的方法实现的纵向形貌测量效率高，仅仅获取两幅图像就能够以非接触的方式实现多点测量待测物的表面高度，不需要采用传统方法进行层层扫描来获取多幅图像。虽然获得刻度曲线时候需要多个图像，但是一台仪器只需要刻度一次，即可一直用于后续使用，使用不同的标本也不需要重新刻度。

1. 一种显微 3D 形貌测量方法, 其特征在于, 步骤如下:

1) 分别在焦前与焦后拍摄载物台上的待测物体的图像 $I_f = I_f(i, j)$ 、 $I_b = I_b(i, j)$, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$; 其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数;

2) 根据如下公式计算得到待测物体在每一个位置 (i, j) 的待测图像 $I(i, j)$, 公式为:

$$I(i, j) = \frac{I_f(i, j) - I_b(i, j)}{I_f(i, j) + I_b(i, j)}$$

3) 将待测图像 $I(i, j)$ 与预先刻度的 $I(h)$ 曲线对比, 确定待测物体在每一个位置 (i, j) 表面形貌相对高度 $h(i, j)$, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的显微 3D 形貌测量方法, 其特征在于, 步骤 1) 中, 图像 $I_f = I_f(i, j)$ 的获取步骤为: 通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台, 使得载物台表面在显微镜物镜焦面前方 v_f ; 将摄像头置于显微成像系统的成像面上, 拍摄一幅放置在载物台上的待测物体的图像 $I_f = I_f(i, j)$, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$; 其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数。

3. 根据权利要求 1 所述的显微 3D 形貌测量方法, 其特征在于, 步骤 1) 中, 图像 $I_b = I_b(i, j)$ 的获取步骤为: 通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台, 使得载物台表面在显微镜物镜焦面后方 v_b ; 将摄像头置于显微成像系统的成像面上, 拍摄一幅放置在载物台上的待测物体的图像 $I_b = I_b(i, j)$, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$; 其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数。

4. 根据权利要求 1 所述的显微 3D 形貌测量方法, 其特征在于, 步骤 1) 中, 图像 $I_f = I_f(i, j)$ 与 $I_b = I_b(i, j)$ 的失焦距离相同。

5. 根据权利要求 1 所述的显微 3D 形貌测量方法, 其特征在于, 步骤 3) 中, $I(h)$ 曲线的获取步骤为: 依次在载物台上放置若干不同高度的全反射平面的物体, 对每个物体分别在焦前与焦后拍摄图像 $I_F(i, j)$ 、 $I_B(i, j)$, 对每一点 (i, j) 根据如下公式计算出参考图像 $I(h, i, j)$, 绘制得到相应的 $I(h)$ 曲线, 公式为:

$$I(h, i, j) = \frac{I_F(i, j) - I_B(i, j)}{I_F(i, j) + I_B(i, j)}$$

其中, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$ 。

6. 根据权利要求 5 所述的显微 3D 形貌测量方法, 其特征在于, 图像 $I_F(i, j)$ 的获取步骤为: 将摄像头放置在显微成像系统的成像面的位置, 通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台, 使得载物台表面在显微镜物镜焦面前方 v_f ; 依次放置 $N \geq 2$ 个不同高度 $h_i = k * \delta$ 的具有全反射平面的物体于载物台, 对每一个物体拍摄一张图像 $I_F(i, j)$, 其中;

$$i \leq N, \delta = \frac{Z_{\max} - Z_{\min}}{N}$$

7. 根据权利要求 5 所述的显微 3D 形貌测量方法, 其特征在于, 图像 $I_B(i, j)$ 的获取步骤为: 将摄像头放置在显微成像系统的成像面的位置, 通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台, 使得载物台表面在显微镜物镜焦面后方 v_b ; 依次放置 $N \geq 2$ 个不同高度 $h_i = k * \delta$ 的具有全反射平面的物体于载物台, 对每一个物体拍摄一张图像 $I_B(i, j)$, 其中;

$$i \leq N, \delta = \frac{z_{\max} - z_{\min}}{N}.$$

8. 根据权利要求 5 所述的显微 3D 形貌测量方法, 其特征在于, 图像 $I_F(i, j)$ 、 $I_B(i, j)$ 的失焦距离相同。

9. 一种显微 3D 形貌测量装置, 其特征在于, 运行权利要求 1 至 8 任一项所述的显微 3D 形貌测量方法, 载物台通过电机移动至特设的位置, 通过所述的显微 3D 形貌测量方法获取 3D 形貌或者进行 3D 重建。

一种显微 3D 形貌测量方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及数字显微领域,更具体地说,涉及一种显微 3D 形貌测量方法,以及一种显微 3D 形貌测量装置。

背景技术

[0002] 在先进数字显微镜以及现今追求高精度分辨率观察分析仪器中,有的具有高达微米甚至纳米的横向分辨率,然而纵向分辨率常常局限在几个微米,纵向分辨率难以提高。

[0003] 专门为了实现光学切片、提高纵向分辨率的激光扫描共聚焦显微镜,在纵向上的分辨率也难以达到亚微米,而且 3D 成像速度非常缓慢。需要在纵向上不同的 Z 位置获取多层光学切片图像,之后来重建,获取每一个水平位置 XY 的表面高度 Z 值。由于需要在 X 方向、Y 方向, Z 方向 3 个方向激光扫描,因此该方法非常耗时。

[0004] 另外在电动数字显微镜成像过程中,实时判断目标表面距离物镜成像面的距离也是难以解决的问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种用于数字显微镜或者放大倍数大于 1 的数字成像系统中快速获得 3D 重建或者 3D 形貌的显微 3D 形貌测量方法,以及一种显微 3D 形貌测量装置。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种显微 3D 形貌测量方法,步骤如下:

[0008] 1) 分别在焦前与焦后拍摄载物台上的待测物体的图像 $I_f = I_f(i, j)$ 、 $I_b = I_b(i, j)$, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$;其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数;

[0009] 2) 根据如下公式计算得到待测物体在每一个位置 (i, j) 的待测图像 $I(i, j)$, 公式为:

$$[0010] I(i, j) = \frac{I_f(i, j) - I_b(i, j)}{I_f(i, j) + I_b(i, j)}$$

[0011] 3) 将待测图像 $I(i, j)$ 与预先刻度的 $I(h)$ 曲线对比,确定待测物体在每一个位置 (i, j) 表面形貌相对高度 $h(i, j)$, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$ 。

[0012] 作为优选,步骤 1) 中,图像 $I_f = I_f(i, j)$ 的获取步骤为:通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台,使得载物台表面在显微镜物镜焦面前方 v_f ;将摄像头置于显微成像系统的成像面上,拍摄一副放置在载物台上的待测物体的图像 $I_f = I_f(i, j)$, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$;其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数。

[0013] 作为优选,步骤 1) 中,图像 $I_b = I_b(i, j)$ 的获取步骤为:通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台,使得载物台表面在显微镜物镜焦面后方 v_b ;将摄像头置于显微成像系统的成像面上,拍摄一副放置在载物台上的待测物体的图像 $I_b = I_b(i, j)$, $0 \leq i < I,$

$0 \leq j < J$; 其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数。

[0014] 作为优选, 步骤 1) 中, 图像 $I_f = I_f(i, j)$ 与 $I_b = I_b(i, j)$ 的失焦距离相同。

[0015] 作为优选, 步骤 3) 中, $I(h)$ 曲线的获取步骤为: 依次在载物台上放置若干不同高度的全反射平面的物体, 对每个物体分别在焦前与焦后拍摄图像 $I_F(i, j)$ 、 $I_B(i, j)$, 对每一点 (i, j) 根据如下公式计算出参考图像 $I(h, i, j)$, 绘制得到相应的 $I(h)$ 曲线, 公式为:

$$[0016] I(h, i, j) = \frac{I_F(i, j) - I_B(i, j)}{I_F(i, j) + I_B(i, j)}$$

[0017] 其中, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$ 。

[0018] 作为优选, 图像 $I_F(i, j)$ 的获取步骤为: 将摄像头放置在显微成像系统的成像面的位置, 通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台, 使得载物台表面在显微镜物镜焦面前方 v_F ; 依次放置 $N \geq 2$ 个不同高度 $h_i = k * \delta$ 的具有全反射平面的物体于载物台, 对每一个物体拍摄一张图像 $I_F(i, j)$, 其中; $i \leq N$, $\delta = \frac{z_{max} - z_{min}}{N}$ 。

[0019] 作为优选, 图像 $I_B(i, j)$ 的获取步骤为: 将摄像头放置在显微成像系统的成像面的位置, 通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台, 使得载物台表面在显微镜物镜焦面后方 v_B ; 依次放置 $N \geq 2$ 个不同高度 $h_i = k * \delta$ 的具有全反射平面的物体于载物台, 对每一个物体拍摄一张图像 $I_B(i, j)$, 其中; $i \leq N$, $\delta = \frac{z_{max} - z_{min}}{N}$ 。

[0020] 作为优选, 图像 $I_F(i, j)$ 、 $I_B(i, j)$ 的失焦距离相同。

[0021] 一种显微 3D 形貌测量装置, 运行所述的显微 3D 形貌测量方法, 载物台通过电机移动至特设的位置, 通过所述的显微 3D 形貌测量方法获取 3D 形貌或者进行 3D 重建。

[0022] 本发明的有益效果如下:

[0023] 本发明所述的方法实现的纵向形貌测量效率高, 仅仅获取两幅图像就能够以非接触的方式实现多点测量待测物的表面高度, 不需要采用传统方法进行层层扫描来获取多幅图像。虽然获得刻度曲线时候需要多个图像, 但是一台仪器只需要刻度一次, 即可一直用于后续使用, 使用不同的标本也不需要重新刻度。

[0024] 本发明所述的方法实现的纵向形貌测量精度高, 高于显微镜物镜的纵向光学分辨率。

[0025] 本发明所述的设备结构简单: 对于传统的数字显微镜, 仅仅需要添加一个电机如步进电机使得载物台或者物镜可以纵向移动到指定距离, 即可通过所述的显微 3D 形貌测量方法获取 3D 形貌或者进行 3D 重建。

具体实施方式

[0026] 本发明为了解决现有技术存在的不足, 提供一种显微 3D 形貌测量方法, 以及一种显微 3D 形貌测量装置。本发明的核心技术方案是: 通过实时拍摄少量图像, 再通过与预先标定的曲线对比, 计算出目标平面上每一点离开物镜的 Z 距离。

[0027] 所述的显微 3D 形貌测量方法, 步骤如下:

[0028] 步骤 1) 分别在焦前与焦后拍摄载物台上的待测物体的图像 $I_f = I_f(i, j)$ 、 $I_b = I_b(i, j)$, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$; 其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数。

[0029] 具体地,图像 $I_f = I_f(i, j)$ 的获取步骤为:通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台,使得载物台表面在显微镜物镜焦面前方 v_f ;将摄像头置于显微成像系统的成像面上,拍摄一幅放置在载物台上的待测物体的图像 $I_f = I_f(i, j), 0 \leq i < I, 0 \leq j < J$;其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数。

[0030] 图像 $I_b = I_b(i, j)$ 的获取步骤为:通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台,使得载物台表面在显微镜物镜焦面后方 v_b ;将摄像头置于显微成像系统的成像面上,拍摄一幅放置在载物台上的待测物体的图像 $I_b = I_b(i, j), 0 \leq i < I, 0 \leq j < J$;其中, I 是图像总行数, J 是图像总列数。

[0031] 图像 $I_f = I_f(i, j)$ 与 $I_b = I_b(i, j)$ 的失焦距离相同,即载物台表面在显微镜物镜焦面前方的距离 v_f 与载物台表面在显微镜物镜焦面后方的距离 v_b 大小相等,方向相反。

[0032] 步骤 2) 根据如下公式计算得到待测物体在每一个位置 (i, j) 的待测图像 $I(i, j)$,公式为:

$$[0033] I(i, j) = \frac{I_f(i, j) - I_b(i, j)}{I_f(i, j) + I_b(i, j)};$$

[0034] 步骤 3) 将待测图像 $I(i, j)$ 与预先刻度的 $I(h)$ 曲线对比,确定待测物体在每一个位置 (i, j) 表面形貌相对高度 $h(i, j), 0 \leq i < I, 0 \leq j < J$ 。

[0035] $I(h)$ 曲线的获取步骤为:依次在载物台上放置若干不同高度的全反射平面的物体,对每个物体分别在焦前与焦后拍摄图像 $I_F(i, j)、I_B(i, j)$,对每一点 (i, j) 根据如下公式计算出参考图像 $I(h, i, j)$,绘制得到相应的 $I(h)$ 曲线,公式为:

$$[0036] I(h, i, j) = \frac{I_F(i, j) - I_B(i, j)}{I_F(i, j) + I_B(i, j)};$$

[0037] 其中, $0 \leq i < I, 0 \leq j < J$ 。

[0038] 具体地,图像 $I_F(i, j)$ 的获取步骤为:将摄像头放置在显微成像系统的成像面的位置,通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台,使得载物台表面在显微镜物镜焦面前方 v_f ;依次放置 $N \geq 2$ 个不同高度 $h_i = k * \delta$ 的具有全反射平面的物体于载物台,对每一个物体拍摄一张图像 $I_F(i, j)$,其中; $i \leq N, \delta = \frac{z_{\max} - z_{\min}}{N}$

[0039] 图像 $I_B(i, j)$ 的获取步骤为:将摄像头放置在显微成像系统的成像面的位置,通过移动显微镜的物镜或者移动显微镜的载物台,使得载物台表面在显微镜物镜焦面后方 v_b ;依次放置 $N \geq 2$ 个不同高度 $h_i = k * \delta$ 的具有全反射平面的物体于载物台,对每一个物体拍摄一张图像 $I_B(i, j)$,其中; $i \leq N, \delta = \frac{z_{\max} - z_{\min}}{N}$

[0040] 图像 $I_F(i, j)、I_B(i, j)$ 的失焦距离相同,即载物台表面在显微镜物镜焦面前方的距离 v_f 与载物台表面在显微镜物镜焦面后方的距离 v_b 大小相等,方向相反。

[0041] 基于所述的显微 3D 形貌测量方法,本发明还提供一种显微 3D 形貌测量装置,用于实现上述的显微 3D 形貌测量方法,载物台通过电机移动至特设的位置,通过所述的显微 3D 形貌测量方法获取 3D 形貌或者进行 3D 重建。

[0042] 上述实施例仅是用来说明本发明,而并非用作对本发明的限定。只要是依据本发明的技术实质,对上述实施例进行变化、变型等都将落在本发明的权利要求的范围内。