



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110955119 A

(43)申请公布日 2020.04.03

(21)申请号 201911220743.9

(22)申请日 2019.12.03

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 梁宜勇

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 邱启旺

(51)Int.Cl.

G03F 7/20(2006.01)

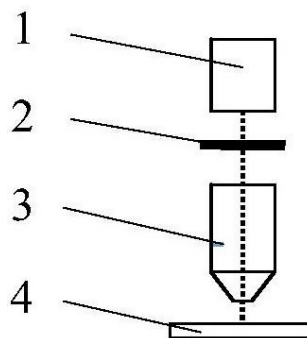
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种涡旋光远场超分辨重复光刻方法

(57)摘要

本发明公开了一种涡旋光远场超分辨重复光刻方法,该方法利用涡旋光聚焦产生的暗中空光场,远场光刻出非独立线条,再通过基于正光刻胶的多次曝光获得高密度超分辨图形。本发明方法展示的超分辨光刻具有可加工图形自由、工作距离大、可高速安全加工等特点。



1. 一种涡旋光远场超分辨重复光刻方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

(1) 激光器 (1) 经过涡旋光发生器 (2) 产生涡旋光束,再通过物镜 (3) 将涡旋光束聚焦在基板 (4) 表面事先涂覆的可化学冻结型光刻胶上,所述基板通过涡旋光束相对基板通过扫描手段进行第一次光刻。第一次光刻后所得第一线 (5) 的线条间距大于线条宽度的5倍。

(2) 对第一次光刻后的基板 (4) 表面涂覆可化学冻结型光刻胶 (6),所述光刻胶 (6) 的涂覆高度大于第一线 (5) 的高度,激光器 (1) 经过涡旋光发生器 (2) 产生涡旋光束,再通过物镜 (3) 将涡旋光束聚焦在基板 (4) 表面事先涂覆的可化学冻结型光刻胶上,所述基板通过涡旋光束相对基板通过扫描手段进行第二次光刻。

(3) 第二次光刻得到第二线 (7),所述第二线 (7) 与第一线 (5) 形成叉指结构。

(4) 重复步骤2-3,直至叉指结构的密度达到应用需求。

2. 根据权利要求1所述涡旋光远场超分辨重复光刻方法,其特征在于,所述涡旋光束为相位上呈螺旋分布的光场。

3. 根据权利要求1所述涡旋光远场超分辨重复光刻方法,其特征在于,所述涡旋光束通过计算全息法、空间光调制器或涡旋相位板等产生。

4. 根据权利要求1所述涡旋光远场超分辨重复光刻方法,其特征在于,所述光刻胶均为正性光刻胶,除了最后一次光刻采用普通正性光刻胶,其余次光刻使用的光刻胶为可化学冻结型正性光刻胶。

## 一种涡旋光远场超分辨重复光刻方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种超分辨激光光刻方法,具体地说,涉及一种涡旋光远场超分辨重复光刻方法。

### 背景技术

[0002] 激光光刻可加工自由微细图形,超分辨激光光刻可拓展至亚波长,这对于当前的超结构、超材料、超表面等光学应用极为有用。现有超分辨激光光刻大多基于近场光学原理,由于其探针与加工表面间隙为数十纳米,会带来许多应用问题,如探针易损伤、加工速度缓慢等;基于远场光学原理的主要是投影光刻,它需要掩模板,同时其超分辨效果有限,主要通过减小光刻波长、增大光学数值孔径等传统方法实现精细线条。

[0003] 涡旋光远场超分辨重复光刻,基于远场光学,物镜与加工表面间隙高达数百微米,可高速安全加工;由于采用激光扫描直接写入而无需掩模板,且其超分辨利用的是涡旋光的特点。涡旋光具有螺旋状的位相波阵面,光场分布具有中心位相奇点,经物镜聚焦后其衍射极限光斑的中心是个黑点。可以用此暗中空光斑进行激光光刻,但所得的线条是非独立的,即相邻两个线条的最短距离依赖于光斑的衍射极限大小。重复光刻,同时结合可化学冻结型光刻胶,可提高线条密度,从而获得超分辨高密度图形。

[0004] 利用涡旋光直接光刻极为罕见,将它与重复光刻结合,同时利用可化学冻结型光刻胶,则更未见报道。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是针对现有技术的不足,提供一种涡旋光远场超分辨重复光刻方法。该方法将涡旋光进行聚焦,得到暗中空衍射极限光斑,然后进行光刻得到超分辨线条,再利用重复光刻提高线条密度,最终得到高密度的超分辨图形。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:一种涡旋光远场超分辨重复光刻方法,该方法包括如下步骤:

[0007] (1) 激光器经过涡旋光发生器产生涡旋光束,再通过物镜将涡旋光束聚焦在基板表面事先涂覆的可化学冻结型光刻胶上,所述基板通过涡旋光束相对基板通过扫描手段进行第一次光刻。第一次光刻后所得第一线条的线条间距大于线条宽度的5倍。

[0008] (2) 对第一次光刻后的基板表面涂覆可化学冻结型光刻胶,所述光刻胶的涂覆高度大于第一线条的高度,激光器经过涡旋光发生器产生涡旋光束,再通过物镜将涡旋光束聚焦在基板表面事先涂覆的可化学冻结型光刻胶上,所述基板通过涡旋光束相对基板通过扫描手段进行第二次光刻。

[0009] (3) 第二次光刻得到第二线条,所述第二线条与第一线条形成叉指结构。

[0010] (4) 重复步骤2-3,直至叉指结构的密度达到应用需求。

[0011] 进一步地,所述涡旋光束为相位上呈螺旋分布的光场。

[0012] 进一步地,所述涡旋光束通过计算全息法、空间光调制器或涡旋相位板等产生。

[0013] 进一步地,所述光刻胶均为正性光刻胶,除了最后一次光刻采用普通正性光刻胶,其余光刻使用的光刻胶为可化学冻结型正性光刻胶。

[0014] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0015] 1. 本发明采用的是远场光刻方式,相对近场光刻方式,具有技术成熟、成本低廉、安全可靠、可高速加工等特点;远场光刻的超分辨机理是远场聚焦涡旋光的暗中空特性,而非近场光学的超分辨原理;

[0016] 2. 本发明采用扫描手段将所需光刻图形写入到基板上,取消了掩模板,相对投影光刻,本发明的光刻图形加工自由灵活;

[0017] 3. 本发明采用的是一种特殊的重复光刻方案,每轮光刻结束后并不转移当前图形到基板上,而是将光刻胶化学冻结后直接进入下一轮光刻,这样可减少作业环节提高加工效率。

[0018] 4. 每次重复光刻时的胶层涂覆厚度有一定自由度,即最后又指型线条的高度可不一样,可满足某些有特殊3D结构需求的场景。

## 附图说明

[0019] 图1是本发明方法所采用的的光刻机结构示意图;

[0020] 图2是第一次光刻后的状态;

[0021] 图3是第二次涂覆光刻胶后的状态;

[0022] 图4是第二次光刻后的状态;

[0023] 图中:1. 激光器,2. 涡旋光发生器,3. 物镜,4. 基板,5. 第一线条,6. 可化学冻结型光刻胶,7. 第二线条。

## 具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0025] 如图1所示,本发明涡旋光远场超分辨重复光刻方法包括如下步骤:

[0026] (1) 激光器1经过涡旋光发生器2产生涡旋光束,所述涡旋光束为相位上呈螺旋分布的光场,该涡旋光束通过计算全息法、空间光调制器或涡旋相位板等产生。将涡旋光束再通过物镜3将涡旋光束聚焦在基板4表面事先涂覆的可化学冻结型正性光刻胶上,所述基板通过涡旋光束相对基板通过扫描手段进行第一次光刻。所述扫描手段可以是线扫描或点扫描,或者是基板4移动或聚焦激光束移动。在第一次光刻后进行烘干、显影、化学冻结等环节,得到第一线条5,如图2所示。第一次光刻后所得第一线条5的线条间距远大于线条宽度。该第一线条5为超分辨但非独立,即相邻两个第一线条5的最短距离依赖于光斑的衍射极限大小,如光斑的衍射极限为500nm,涡旋光中心暗点为100nm,则相邻两个线宽为100nm的第一线条5的最近距离为500nm,不能再靠近了。

[0027] (2) 对第一次光刻后的基板4表面再次涂覆可化学冻结型正性光刻胶6,如图3,由于第一线条5被化学冻结后已失去敏感性,所以其对后续光刻胶工艺不敏感,即第一线条5不会被破坏。所述正性光刻胶6的涂覆高度可略大于第一线条的高度,激光器1经过涡旋光发生器2产生涡旋光束,再通过物镜3将涡旋光束聚焦在基板4表面事先涂覆的可化学冻结型光刻胶上,所述基板通过涡旋光束相对基板通过扫描手段进行第二次光刻。

[0028] (3) 第二次光刻得到第二线条7,如图4,第二线条7也是超分辨的,所述第二线条7与第一线条5形成叉指结构。基板4在上述第一次光刻后被移动过,这会涉及到基板4的重定位(套刻),即使得基板4的位置必须保持不变。

[0029] (4) 重复步骤2-3,直至叉指结构的密度达到应用需求。除了最后一次光刻采用普通正性光刻胶,其余次光刻使用的光刻胶为可化学冻结型正性光刻胶。

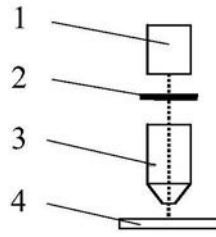


图1



图2

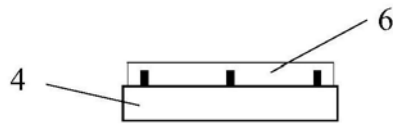


图3

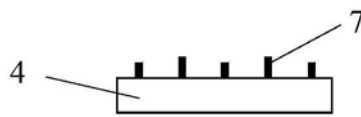


图4