



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103235489 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201310178623. 3

审查员 孙宏

(22) 申请日 2013. 05. 15

(73) 专利权人 中国科学院光电技术研究所
地址 610209 四川省成都市双流 350 信箱

(72) 发明人 方亮 岳衢 邱传凯 罗先刚
张铁军

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 梁爱荣

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006. 01)

G02B 27/09 (2006. 01)

G02B 26/08 (2006. 01)

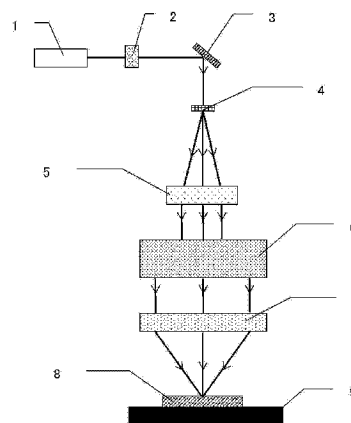
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

可变周期多光束干涉光刻的方法

(57) 摘要

本发明可变周期多光束干涉光刻的方法,包括激光器输出的激光经整形后由分光元件分为多束对称分布的发散光束;经准直透镜后多束发散光束被准直为多束平行于光轴的平行光束;通过连续变倍扩束镜调节各平行光束离光轴的间距;由聚焦透镜对各光束进行聚焦,在焦面上形成多光束干涉图样;将涂有光刻胶的样片置于聚焦透镜的焦面上实现多光束干涉光刻;调节连续变倍扩束镜改变各光束离光轴的距离,从而改变各光束干涉时的入射角,获得可变周期的多光束干涉光刻;通过承片台在 x-y 方向对干涉曝光场进行步进扫描拼接获得大面积曝光。本发明图形周期易调节、能实现大面积多光束干涉光刻等优点,用于平板显示、生物传感、太阳能电池及自清洁结构研究领域。



1. 一种可变周期多光束干涉光刻的方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤 S1:在紫外激光器输出激光的传播方向放置激光整形器件,激光经激光整形器件后被整形为平顶光束,整形后的平顶光束由反射镜反射,以反射后平顶光束的传播方向为系统光轴,在系统光轴上依次放置分光元件、准直透镜、连续变倍扩束镜、聚焦透镜和样片;由分光元件将反射后的平顶光束分为多束对称分布的发散光束;

步骤 S2:多束对称分布的发散光束经过准直透镜后被准直为多束平行于系统光轴的平行光束;

步骤 S3:由连续变倍扩束镜调节各平行光束离系统光轴的间距,由于各平行光束均会被聚焦透镜聚焦于一固定焦点处,因此调节各平行光束离系统光轴的间距将会改变各光束入射至样片上的入射角;

步骤 S4:由聚焦透镜对各平行光束进行聚焦,在焦面上形成多光束干涉曝光场;

步骤 S5:将涂有光刻胶的样片置于聚焦透镜的焦面上,实现多光束干涉光刻;

步骤 S6:通过承片台在 x-y 方向对干涉曝光场进行步进扫描拼接,获得 1 英寸~4 英寸的大面积曝光;

步骤 S7:调节连续变倍扩束镜,改变各平行光束离光轴的间距,从而改变各光束在样片上干涉时的入射角,获得不同周期的多光束干涉光刻。

2. 根据权利要求 1 所述的可变周期多光束干涉光刻的方法,其特征在于:所述分光元件是衍射光学元件、或棱镜。

3. 根据权利要求 2 所述的可变周期多光束干涉光刻的方法,其特征在于:所述衍射光学元件是光栅。

4. 根据权利要求 1 所述的可变周期多光束干涉光刻的方法,其特征在于:所述激光经过分光元件后,被分为光强相等且沿系统光轴旋转对称的多束光。

5. 根据权利要求 1 所述的可变周期多光束干涉光刻的方法,其特征在于:所述分光元件位于准直透镜的焦点处,且多光束入射至准直透镜上时,各光束离系统光轴的距离小于准直透镜的有效口径。

6. 根据权利要求 1 所述的可变周期多光束干涉光刻的方法,其特征在于:步骤 S3 中所述各平行光束离系统光轴的距离能够连续可调,且小于聚焦透镜的口径。

7. 根据权利要求 1 所述的可变周期多光束干涉光刻的方法,其特征在于:所述的聚焦透镜为消球差透镜,且数值孔径不小于最小光刻周期所对应入射角的正弦值。

可变周期多光束干涉光刻的方法

技术领域

[0001] 本发明属于纳米加工技术领域,涉及一种可变周期多光束干涉光刻的方法。

技术背景

[0002] 激光干涉光刻具有高分辨率、无掩模、长焦深、低成本、高效率等优点,广泛应用于周期性微纳结构的制作,在平板显示、高密度存储、高精度测量传感以及太阳能电池抗反吸收等研究领域发挥着重要的作用。

[0003] 激光干涉光刻图形的周期是由相互干涉的两光束入射角决定的,因此,为了获得不同周期的微纳结构,必须调整激光干涉光刻系统中相互干涉的两光束的入射角。对于传统的分光镜分束、反射镜合束的双臂激光干涉光刻系统,要想改变两光束的入射角,必须分别调整两个支路的光路和基片台的位置,这几乎是对整个光刻系统作一次彻底的调整。显然,该调整过程十分烦琐,且光束入射角的控制精度不高,不适合图形周期需要经常改变的应用场合。

[0004] 劳埃镜干涉光刻系统很好的解决了这一问题,它采用反射镜分波面的方法,使反射镜反射到基片的波面与直接入射到基片的波面始终以对称的入射角入射形成干涉,在几乎不需要调整任何光路的情况下,转动劳埃镜即可方便的调整两光束的入射角,获得不同周期的干涉图形。然而,劳埃镜装置只能适用于双光束干涉光刻系统,而无法实现多光束干涉时对光束入射角的调整。

[0005] 目前,现有的多光束干涉光刻系统多采用如图 1 所示的分光镜分束、反射镜合束的多臂光路,入射光经多组半反半透式分光镜分光后在待刻样片表面形成干涉。显然,这种光路的结构比较复杂,不方便调整各光束在样片表面的入射角。另外,还有一种基于透镜准直、聚焦的干涉镜头(参考专利 CN200910028297.1)也可实现多光束干涉光刻,如图 2 所示,经分光元件分光后的各束光经透镜准直后再由聚焦透镜进行合束,在待刻样片表面形成干涉。然而,这种光学结构中没有设计相应的装置来调节各光束在样片表面的入射角,所得光刻线条的周期不能连续可调,因此限制了该干涉镜头的实际应用。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是:针对现有多光束干涉光刻系统光路复杂,光束入射角调整困难等缺点,提出一种可变周期多光束干涉光刻的方法。利用该系统,仅需通过调节连续变倍扩束镜的倍率来改变各光束离光轴的间距,即可实现光束入射角的连续调节,获得不同周期的多光束干涉图形。同时,通过承片台在 x-y 方向对干涉曝光场的步进扫描拼接还可以实现大面积曝光。

[0007] 本发明可变周期多光束干涉光刻的方法解决技术问题所采用的技术方案包括以下步骤:

[0008] 步骤 S1:在紫外激光器输出激光的传播方向放置激光整形器件,激光经激光整形器件后被整形为平顶光束,整形后的平顶光束由反射镜反射,以反射后平顶光束的传播方

向为系统光轴,在系统光轴上依次放置分光元件、准直透镜、连续变倍扩束镜、聚焦透镜和样片;由分光元件将反射后的平顶光束分为多束对称分布的发散光束;

[0009] 步骤 S2:多束对称分布的发散光束经过准直透镜后被准直为多束平行于系统光轴的平行光束;

[0010] 步骤 S3:由连续变倍扩束镜调节各平行光束离系统光轴的间距,由于各平行光束均会被聚焦透镜聚焦于一固定焦点处,因此调节各平行光束离系统光轴的间距将会改变各光束入射至样片上的入射角;

[0011] 步骤 S4:由聚焦透镜对各平行光束进行聚焦,在焦面上形成多光束干涉曝光场;

[0012] 步骤 S5:将涂有光刻胶的样片置于聚焦透镜的焦面上,实现多光束干涉光刻;

[0013] 步骤 S6:通过承片台在 x-y 方向对干涉曝光场进行步进扫描拼接,获得 1 英寸~4 英寸的大面积曝光;

[0014] 步骤 S7:调节连续变倍扩束镜,改变各平行光束离光轴的间距,从而改变各光束在样片上干涉时的入射角,获得不同周期的多光束干涉光刻。

[0015] 本发明的有益效果:本发明在现有干涉镜头的基础上加入了连续变倍扩束镜,通过调节连续变倍扩束镜的倍率改变各光束离光轴的间距,从而实现光束入射角的连续调节,解决了现有多光束干涉光刻中光束入射角不易调节,光刻图形周期不能连续可调的技术问题。本发明具有光路简单、图形周期易调节、能实现大面积多光束干涉光刻等优点,可广泛应用于平板显示、生物传感、太阳能电池以及自清洁结构研究等领域。

附图说明

[0016] 图 1 是现有多光束干涉光刻系统的结构示意图;

[0017] 图 2 是现有基于干涉镜头的干涉光刻系统结构示意图;

[0018] 图 3 是本发明实施例 1 中三光束干涉光刻系统的结构示意图;

[0019] 图中:

[0020] 1 为激光器; 2 为光束整形器件; 3 为反射镜;

[0021] 4 为分光元件; 5 为准直透镜; 6 为连续变倍扩束镜;

[0022] 7 为聚焦透镜; 8 为基片; 9 为 x-y 方向扫描承片台。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图及具体实施方式详细介绍本发明。但以下的实施例仅限于解释本发明,本发明的保护范围应包括权利要求的全部内容,而且通过以下实施例对领域的技术人员即可以实现本发明权利要求的全部内容。

[0024] 本发明的实施例 1,是能够实现图形周期在 $1.32\ \mu\text{m} \sim 5.4\ \mu\text{m}$ 范围内调节的三光束干涉光刻系统。如图 3 所示,本发明实施例 1 所述三光束干涉光刻系统包括紫外激光器 1、激光整形器件 2、反射镜 3、三光束分光元件 4、准直透镜 5、连续变倍扩束镜 6、聚焦透镜 7、基片 8 以及 x-y 方向扫描承片台 9。

[0025] 本发明的可变周期多光束干涉光刻的方法,包括以下步骤:

[0026] 步骤 S1:在紫外激光器 1 输出激光的传播方向放置激光整形器件 2,激光经激光整形器件 2 后被整形为平顶光束,整形后的平顶光束由反射镜 3 反射,以反射后平顶光束的传

播方向为系统光轴,在系统光轴上依次放置分光元件 4、准直透镜 5、连续变倍扩束镜 6、聚焦透镜 7 和样片 8;由分光元件 4 将反射后的平顶光束分为多束对称分布的发散光束;

[0027] 步骤 S2:多束对称分布的发散光束经过准直透镜 5 后被准直为多束平行于系统光轴的平行光束;

[0028] 步骤 S3:由连续变倍扩束镜 6 调节各平行光束离系统光轴的间距,由于各平行光束均会被聚焦透镜 7 聚焦于一固定焦点处,因此调节各平行光束离系统光轴的间距将会改变各光束入射至样片 8 上的入射角;

[0029] 步骤 S4:由聚焦透镜 7 对各平行光束进行聚焦,在焦面上形成多光束干涉曝光场;

[0030] 步骤 S5:将涂有光刻胶的样片 8 置于聚焦透镜 7 的焦面上,实现多光束干涉光刻;

[0031] 步骤 S6:通过承片台 9 在 x-y 方向对步骤 S4 中的干涉曝光场进行步进扫描拼接,获得 1 英寸~4 英寸的大面积曝光;

[0032] 步骤 S7:调节连续变倍扩束镜 6,改变各平行光束离光轴的间距,从而改变各光束在样片上干涉时的入射角,获得不同周期的多光束干涉光刻。

[0033] 其中,所述分光元件是衍射光学元件、或光栅、或棱镜。

[0034] 其中,所述激光经过分光元件后,被分为光强相等且沿系统光轴旋转对称的多束光。

[0035] 其中,所述分光元件位于准直透镜的焦点处,且多光束入射至准直透镜上时,各光束离系统光轴的距离小于准直透镜的有效口径。

[0036] 其中,步骤 S3 中所述各平行光束离系统光轴的距离能够连续可调,且小于聚焦透镜的口径。

[0037] 其中,所述的聚焦透镜为消球差透镜,且数值孔径不小于最小光刻周期所对应入射角的正弦值。

[0038] 该系统中紫外激光器 1 为输出光波长 441nm 的氩镭激光器,三光束分光元件 4 为相位型衍射光学元件,1 级光衍射角为 9° ,所分三光束关于系统光轴旋转对称,准直透镜 5 的焦距为 27mm,口径为 9mm,连续变倍扩束镜 6 的入射口径为 10mm,出射口径为 60mm,能实现扩束比为 2~8 的连续变倍,聚焦透镜 7 的焦距为 200mm,口径为 75mm,数值孔径为 0.18。

[0039] 将三光束分分光元件 4 置于准直透镜 5 的焦点处,激光经整形后由分光元件 4 对称的分为三束光,经准直透镜 5 后变为平行于系统光轴,三平行光束离系统光轴的距离为 $R = f \sin 9^\circ \approx 4.2\text{mm}$,其中 f 为准直透镜的焦距;调节连续变倍扩束镜 6 可以使三光束离系统光轴的距离在 8.4mm~33.6mm 范围内改变;最后经聚焦透镜 7 进行合束干涉时入射角可以在 $2.4^\circ \sim 9.6^\circ$ 范围内连续改变,由公式 $d = \lambda / 2\sin \theta$ (其中 λ 为激光波长, θ 为光束在样片表面的入射角, d 为干涉光刻图形的周期,可得,三光束干涉光刻所获得的周期可在 $1.32 \mu\text{m} \sim 5.4 \mu\text{m}$ 范围内改变;通过承片台 9 在 x-y 方向对干涉曝光场进行步进扫描拼接,可获得大面积曝光。

[0040] 本发明的实施例 2,是能够实现周期在 $656\text{nm} \sim 1.94 \mu\text{m}$ 范围内调节的四光束干涉光刻系统。

[0041] 该系统中紫外激光器 1 为输出光波长 363.8nm 的氩离子激光器,分光元件 4 为四光束分光元件,四光束分光元件为相位型衍射光学元件,1 级光衍射角为 10° ,所分四光束

关于光轴旋转对称,准直透镜 5 的焦距为 25mm,口径为 12.5mm,连续变倍扩束镜 6 的入射口径为 10mm,出射口径为 30mm,能实现扩束比为 1~3 的连续变倍,聚焦透镜 7 的焦距为 50mm,口径为 30mm,数值孔径为 0.3。

[0042] 将分光元件 4 置于准直透镜 5 的焦点处,激光经整形后由分光元件 4 对称的分为四束光,经准直透镜 5 后变为平行于光轴的四束光,四平行光束离系统光轴的距离为 $R = f \sin 10^\circ \approx 4.3\text{mm}$,其中 f 为准直透镜的焦距;调节连续变倍扩束镜 6 可以使四光束离系统光轴的距离在 4.3mm~13mm 范围内改变;最后经聚焦透镜 7 进行合束干涉时入射角可以在 $5.38^\circ \sim 16.2^\circ$ 范围内连续改变,由公式 $d = \lambda / 2\sin \theta$ (其中 λ 为激光波长, θ 为光束在样片表面的入射角) 可得,四光束干涉光刻所获得的周期可在 656nm~1.94 μm 范围内改变;通过承片台 9 在 x-y 方向对干涉曝光场进行步进扫描拼接,可获得大面积曝光。

[0043] 以上所述,仅为本发明中的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉该技术的人在本发明所揭露的技术范围内,可理解想到的变换或替换,都应涵盖在本发明的包含范围之内。

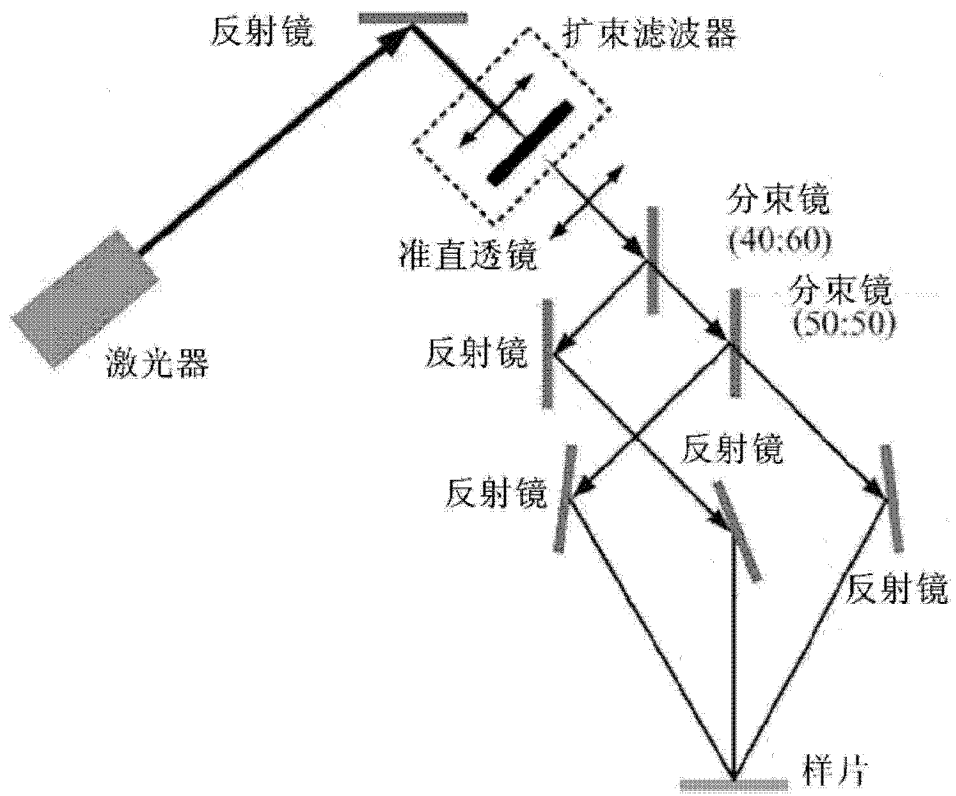


图 1

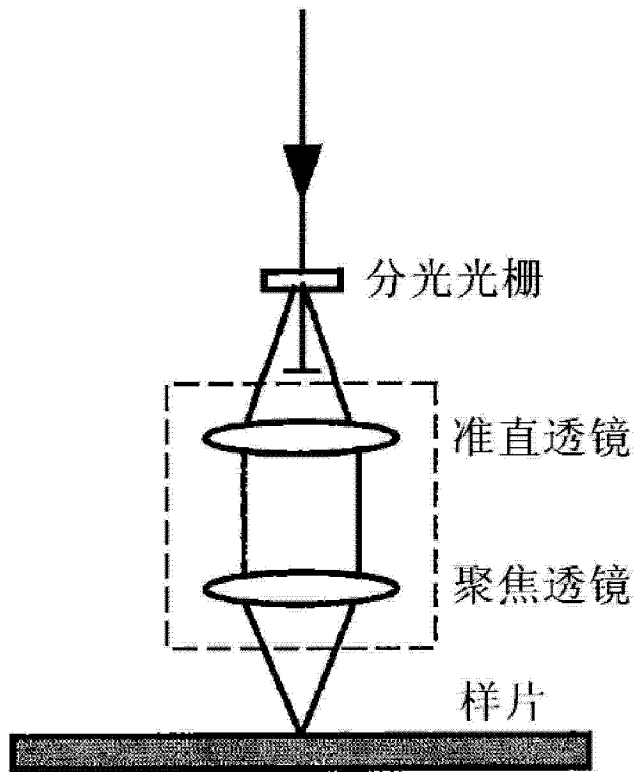


图 2

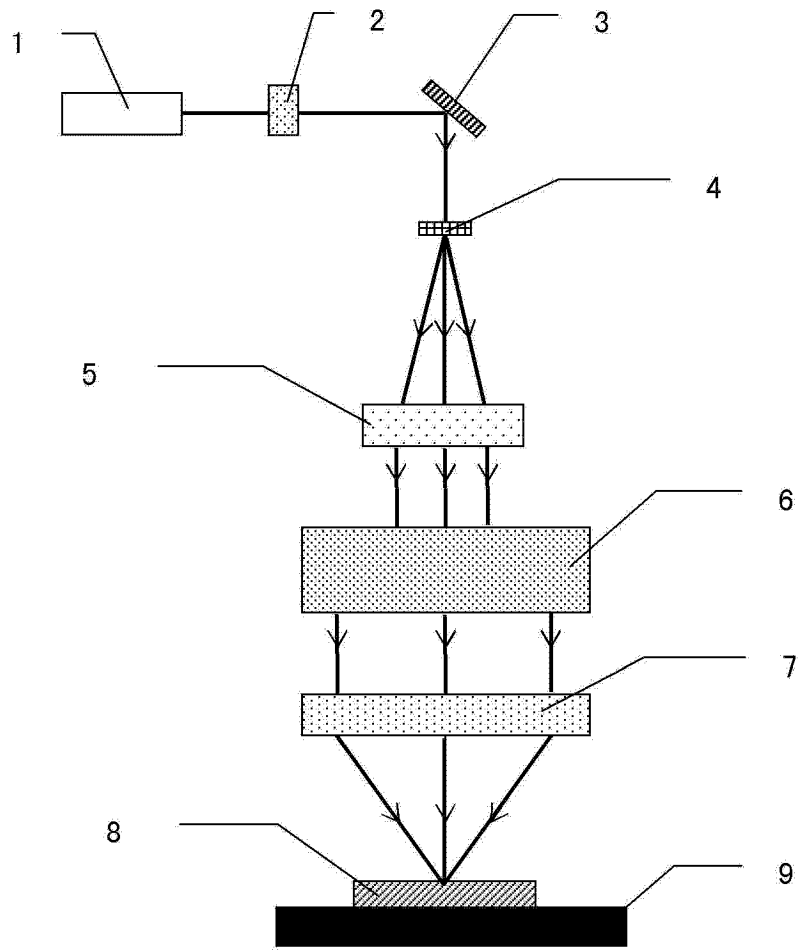


图 3