



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105182701 B

(45)授权公告日 2017. 11. 28

(21)申请号 201510666500.3

审查员 王度阳

(22)申请日 2015.10.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105182701 A

(43)申请公布日 2015.12.23

(73)专利权人 中国科学院上海应用物理研究所

地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

(72)发明人 薛超凡 吴衍青 刘海岗 杨树敏

王连升 赵俊 邵仁忠

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

31002

代理人 邓琪 杨希

(51)Int. Cl.

G03F 7/20(2006.01)

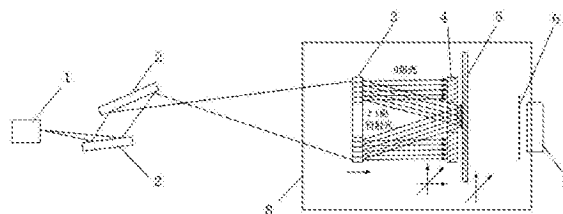
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统

(57)摘要

本发明涉及一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,其包括:依次排列的波荡器光源、多个反射聚焦镜、掩膜光栅、具有光阑孔的级选光阑、具有观察孔的样品台、铝膜以及CCD探测器。本发明通过在掩膜光栅与样品之间增设级选光阑,并通过CCD探测器确保掩膜光栅与级选光阑的位置对准,从而使级选光阑能够可靠遮挡经过掩膜光栅分束产生的0级光,避免该0级光照射到样品上,以使样品上产生的±1级衍射光相干区域的周围不存在0级光区域,由此即可通过移动样品台实现样品上的有效曝光区域的大面积拼接。同时本发明还通过采用反射聚焦镜以及铝膜对X射线进行滤波,从而使得CCD探测器能够清楚观察到掩膜光栅与级选光阑的相对位置,从而即可确保两者的对准精度。



1. 一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,其特征在于,所述系统包括:

依次排列的波荡器光源、多个反射聚焦镜、掩膜光栅、具有光阑孔的级选光阑、具有观察孔的样品台、铝膜以及CCD探测器;

其中,所述多个反射聚焦镜被配置为用于将所述波荡器光源发出的X射线中的能量在1500eV以上的光子滤波反射后传输至所述掩膜光栅;所述掩膜光栅被配置为用于对所述X射线进行分束,并产生0级光和 ± 1 级衍射光;所述级选光阑被配置为用于遮挡所述0级光并供所述 ± 1 级衍射光穿过所述光阑孔后照射在所述样品台上;所述CCD探测器被配置为用于观察通过所述观察孔并经过所述铝膜滤掉能量低于750eV的光子的光束以监测所述级选光阑是否遮挡住所述0级光。

2. 根据权利要求1所述的同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,其特征在于,所述系统还包括与所述级选光阑连接的第一移动装置,其被配置为用于根据所述CCD探测器的观察结果移动所述级选光阑以使其遮挡住所述0级光。

3. 根据权利要求1或2所述的同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,其特征在于,所述系统还包括与所述样品台连接的第二移动装置,其被配置为用于移动所述样品台以使安装于其上的样品通过所述 ± 1 级衍射光形成干涉花纹。

4. 根据权利要求1所述的同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,其特征在于,所述掩膜光栅、级选光阑、样品台和铝膜设置在一真空腔体中,且所述CCD探测器部分位于所述真空腔体中。

5. 根据权利要求1所述的同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,其特征在于,所述反射聚焦镜的数量为2个。

一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统。

背景技术

[0002] X射线干涉光刻(XIL)是利用两束或多束相干X光束的干涉条纹对光刻胶进行曝光的新型先进微、纳加工技术,可以开展几十甚至十几个纳米周期的纳米结构加工,其原理如图1所示,掩模光栅1'把一束X射线分成多束相干光束,并在衬底2'上的光刻胶3'处产生干涉条纹,从而形成曝光图形。XIL技术适用于制备周期为100nm以下的大面积纳米周期结构(即曝光图形),与其他光刻等方法相比,可以更可靠地获得大面积、高质量的亚50nm的高密度周期性纳米结构,在纳米电子学、微纳光学、纳米生物学、纳米器件与材料、光子晶体等研究领域有着广泛的应用。

[0003] 对于单次曝光而言,利用XIL技术得到的曝光图形面积与掩模光栅面积有关。若想得到小周期的纳米结构,那么掩模光栅的面积就会受到一定的限制,目前用于XIL制备小周期曝光图形的掩模光栅的面积最大为 $400\mu\text{m}\times 400\mu\text{m}$,因此曝光图形面积最大即为 $400\mu\text{m}\times 400\mu\text{m}$ 。与电子束曝光等技术相比,XIL单次曝光得到的图形面积已经很大了,但是对于某些研究领域而言却依然不够。以光子晶体为例,小周期大面积的光子晶体可以作为高效探测器广泛应用于高能物理、医学成像、辐射剂量、同步辐射硬X射线等领域。利用XIL技术虽然可以高质量地制备光子晶体,然而单次曝光得到的图形面积却远远不能满足作为探测器的应用需求,这就要将多个曝光区域拼接,以获得更大的曝光面积来满足实际应用的需求。另一方面,利用XIL技术制备的样品往往需要其他实验手段表征,用于测量的实验仪器也对样品尺寸有要求。以纳米磁学为例,样品克尔效应的测量一般利用变波长的克尔设备,但是目前的克尔设备的光斑直径通常不小于 $500\mu\text{m}$,实验要求被测量区域直径必须大于等于 $500\mu\text{m}$,以便光斑能容易地聚焦到图案区域,但利用XIL单次曝光所得的图案区域大小,远远不能满足技术需求,因此也需要对多个图案区域进行拼接以获得大面积而且均整的图案区域来满足测量仪器的要求。

[0004] 然而,由于目前XIL技术利用衍射光栅作为掩膜将光束分开,因此,如图2所示,在有效曝光区域(即 ± 1 级衍射光相干区域4')四周会不可避免的存在0级(衍射)光区域5',从而限制了有效曝光区域的大面积拼接。为此,目前需要研发一种能够形成大面积曝光图形的光刻系统,以满足使用需要。

发明内容

[0005] 为了解决上述现有技术存在的问题,本发明旨在提供一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,以实现曝光图形的大面积拼接。

[0006] 本发明所述的一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,其包括:

[0007] 依次排列的波荡器光源、多个反射聚焦镜、掩模光栅、具有光阑孔的级选光阑、具有观察孔的样品台、铝膜以及CCD探测器;

[0008] 其中,所述多个反射聚焦镜被配置为用于将所述波荡器光源发出的X射线滤波反射后传输至所述掩膜光栅;所述掩膜光栅被配置为用于对所述X射线进行分束,并产生0级光和 ± 1 级衍射光;所述级选光阑被配置为用于遮挡所述0级光并供所述 ± 1 级衍射光穿过所述光阑孔后照射在所述样品台上;所述CCD探测器被配置为用于观察通过所述观察孔并经过所述铝膜滤波的光束以监测所述级选光阑是否遮挡住所述0级光。

[0009] 在上述的同步辐射X射线大面积干涉光刻系统中,所述系统还包括与所述级选光阑连接的第一移动装置,其被配置为用于根据所述CCD探测器的观察结果移动所述级选光阑以使其遮挡住所述0级光。

[0010] 在上述的同步辐射X射线大面积干涉光刻系统中,所述系统还包括与所述样品台连接的第二移动装置,其被配置为用于移动所述样品台以使安装于其上的样品通过所述 ± 1 级衍射光形成干涉花纹。

[0011] 在上述的同步辐射X射线大面积干涉光刻系统中,所述掩膜光栅、级选光阑、样品台和铝膜设置在一真空腔体中,且所述CCD探测器部分位于所述真空腔体中。

[0012] 在上述的同步辐射X射线大面积干涉光刻系统中,所述反射聚焦镜的数量为2个。

[0013] 由于采用了上述的技术解决方案,本发明通过在掩膜光栅与样品之间增设级选光阑,并通过CCD探测器确保掩膜光栅与级选光阑的位置对准,从而使级选光阑能够可靠遮挡经过掩膜光栅分束产生的0级光,避免该0级光照射到样品上,以使样品上产生的 ± 1 级衍射光相干区域的周围不存在0级光区域,由此即可通过移动样品台实现样品上的有效曝光区域的大面积拼接。同时本发明还通过采用反射聚焦镜以及铝膜对X射线进行滤波,从而使得CCD探测器能够清楚观察到掩膜光栅与级选光阑的相对位置,从而即可确保两者的对准精度。

附图说明

[0014] 图1是X射线干涉光刻原理示意图;

[0015] 图2是利用XIL技术获得的曝光图形的示意图;

[0016] 图3是本发明一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统的结构示意图;

[0017] 图4是不同波长光子在CCD探测器上的对应的模糊区域的示意图;

[0018] 图5是本发明中经过滤波后到达CCD探测器上的光子能量范围的示意图。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图,给出本发明的较佳实施例,并予以详细描述。

[0020] 如图3所示,本发明,即一种同步辐射X射线大面积干涉光刻系统,其包括:依次排列的波荡器光源1、多个反射聚焦镜2(在本实施例中,反射聚焦镜的数量为2个)、掩膜光栅3、具有光阑孔的级选光阑4、具有观察孔的样品台5、铝膜6以及CCD探测器7,还包括:与级选光阑4连接的第一移动装置(图中未示)以及与样品台5连接的第二移动装置(图中未示);其中,

[0021] 多个反射聚焦镜2被配置为用于将波荡器光源1发出的X射线中的能量在1500eV以上的光子过滤后反射传输至掩膜光栅3;

[0022] 掩膜光栅3被配置为用于对照射在其上的X射线进行分束,并产生0级光和相互干

涉的±1级衍射光；

[0023] 级选光阑4被配置为用于遮挡穿过掩膜光栅3的0级光并供穿过掩膜光栅3的±1级衍射光穿过其光阑孔后照射在样品台5上；

[0024] CCD探测器7被配置为用于观察通过样品台5上的观察孔并经过铝膜6滤波的光束以监测级选光阑4是否遮挡住穿过掩膜光栅3的0级光；

[0025] 第一移动装置被配置为用于根据CCD探测器7的观察结果移动级选光阑4以使其遮挡住0级光；

[0026] 第二移动装置被配置为用于移动样品台5以使安装于其上的样品通过穿过掩膜光栅3的±1级衍射光形成干涉花纹。

[0027] 在本实施例中，掩膜光栅3、级选光阑4、样品台5和铝膜6均设置在一真空腔体8中，且CCD探测器7部分位于该真空腔体8中。

[0028] 本发明的工作原理如下：

[0029] 本发明通过在掩膜光栅3与样品之间增加级选光阑4 (OSA) 的方法遮挡了通过掩膜光栅3的0级(衍射)光，以消除样品上产生的曝光图形中的0级光曝光区域，并且通过第二移动装置移动样品台5，从而使得样品上由±1级衍射光多次形成的有效的曝光区域可以拼接成大面积图形。

[0030] 为了保证掩膜光栅3与级选光阑4之间的对准精度，即，确保级选光阑4遮挡住穿过掩膜光栅3的0级光，在本发明中，设置有CCD探测器7，在观察时，通过第二移动装置移动样品台5，使其观察孔对准光路，从而使CCD探测器7观察通过该观察孔的光束，根据观察到的光束亮度和位置即可判断0级光是否被遮挡住，若违背遮挡住，则可通过第一移动装置移动级选光阑4，从而使其可靠遮挡0级光。在确保级选光阑4与掩膜光栅3精确对准后，则可通过第二移动装置移动样品台5，从而使其上的样品对准光路，实现光刻。

[0031] 另外，众所周知，由于不同能量的光在CCD探测器7上形成模糊区域的范围也不一样(如图4所示)。XIL实验常用的光子能量为92.5eV(波长为13.5纳米)，这一能量的光子在CCD探测器7上会形成一个几十微米的模糊区域，远大于CCD探测器7的像素尺寸(13.5um)，因此若利用这个能量的光子进行对准，则很难使级选光阑4与掩膜光栅3精确对准，从而会影响曝光图形的大面积拼接。为了尽量减小这一模糊区域以便精确观察掩膜光栅3与级选光阑4之间的相对位置，本发明中选取了更高能量的光子进行对准，根据CCD探测器7的量子响应曲线，选择能量范围在1000eV左右的光子(如图5所示)用于对准级选光阑4与掩膜光栅4，并为此精心设计了反射聚焦镜2与铝膜6配合的滤波系统，其中，反射聚焦镜2用于滤掉能量大于1500eV的光子，而铝膜6则用于滤掉能量低于750eV的光子，从而使得最终到达CCD探测器7上用于对准的光子能量范围在1000eV左右，如图5所示，这一能量的光子可同时满足CCD探测器7上量子响应高且光学模糊区域接近1个像素点，从而可以确保掩膜光栅3与级选光阑4对准精度。

[0032] 经实验表明，利用本发明中加装的级选光阑4已经可以完全遮挡掉0级衍射光，1级相干区域可以实现有效的拼接，拼接后的曝光面积比单次曝光面积大两个数量级以上，利用本发明的XIL实验站已经得到了平方厘米级别的大面积曝光图形，可以满足用户需求。

[0033] 以上所述的，仅为本发明的较佳实施例，并非用以限定本发明的范围，本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的

简单、等效变化与修饰,皆落入发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。

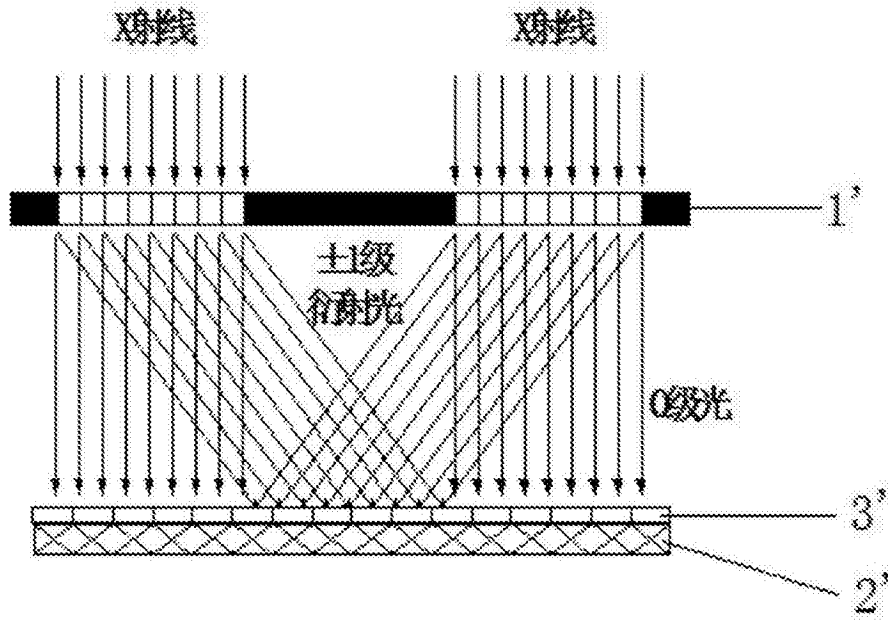


图1

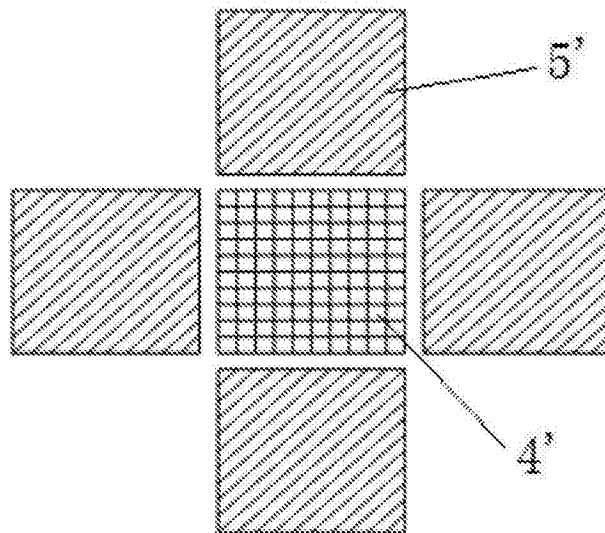


图2

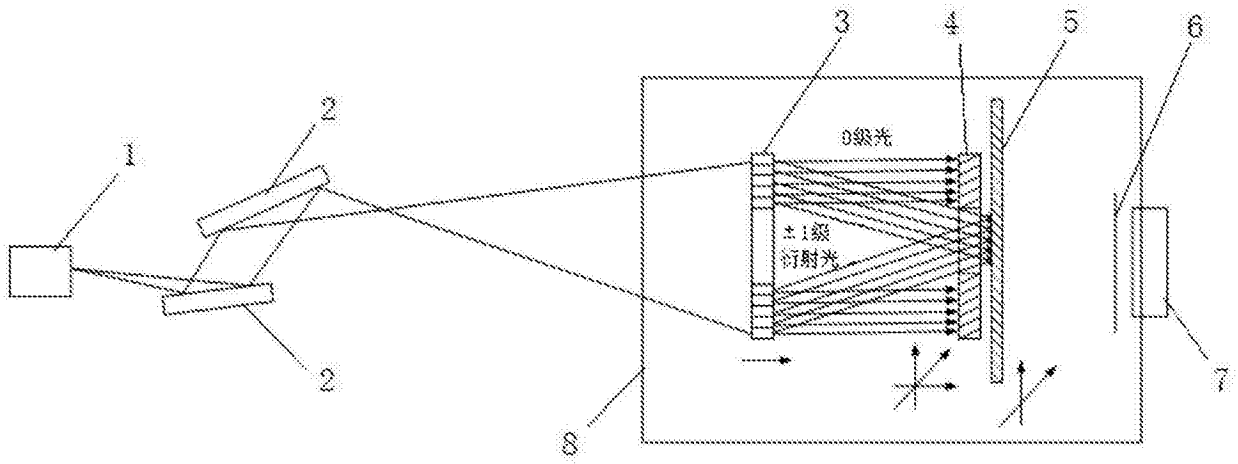


图3

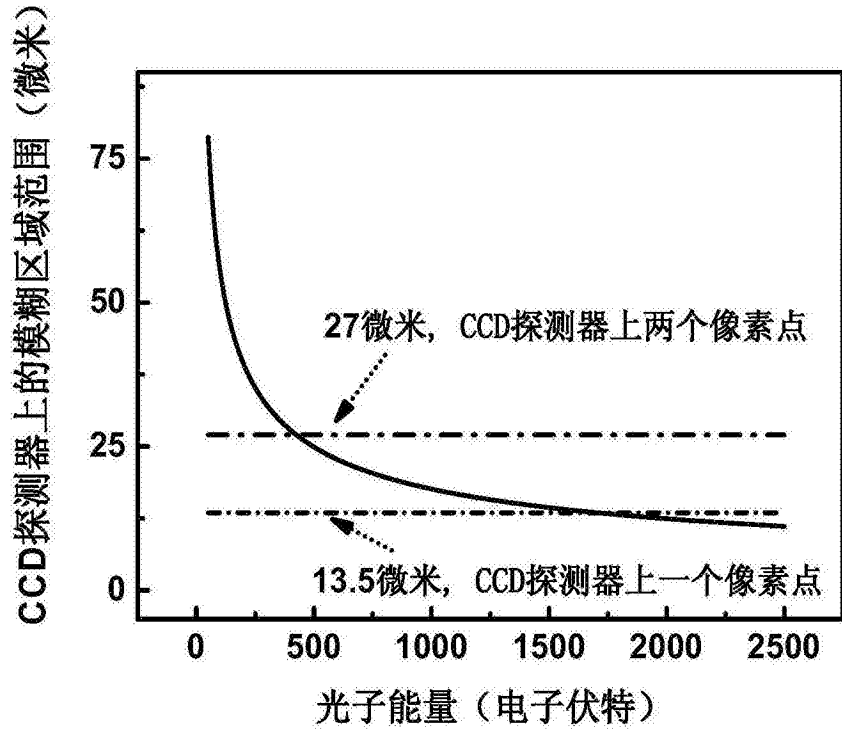


图4

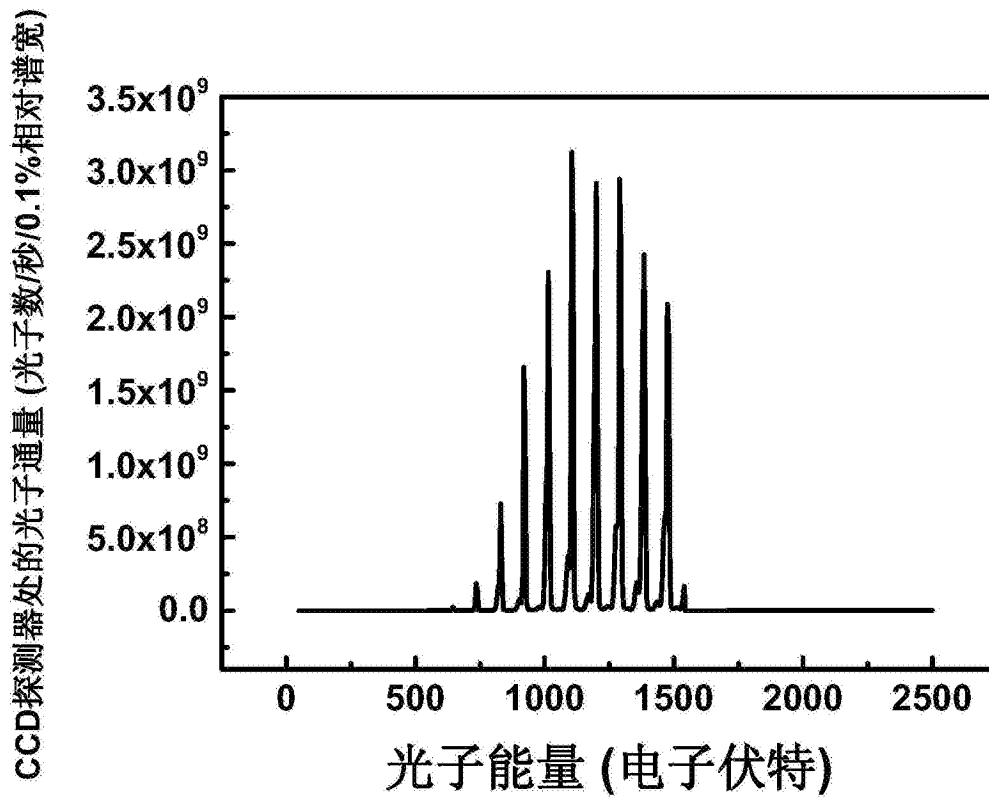


图5