



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110837214 B

(45) 授权公告日 2020.12.08

(21) 申请号 201911050366.9

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2019.10.31

G03F 7/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 张乐

申请公布号 CN 110837214 A

(43) 申请公布日 2020.02.25

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区北京市100084

信箱82分箱清华大学专利办公室

专利权人 北京华卓精科科技股份有限公司

(72) 发明人 王磊杰 朱煜 张鸣 徐继涛

成荣 郝建坤 杨开明 李鑫

高思齐 范玉娇

(74) 专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司

公司 11327

代理人 吴金水 张超艳

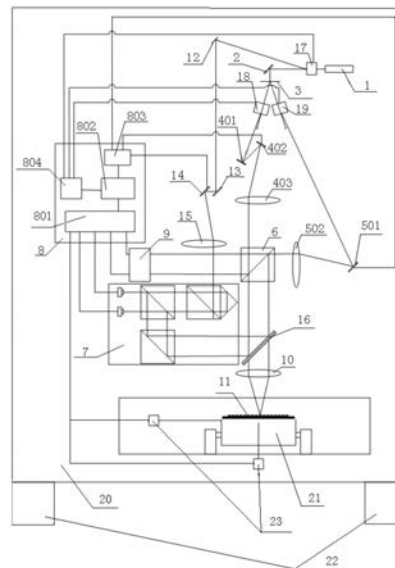
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

扫描干涉光刻系统

(57) 摘要

本发明属于光学仪器仪表设备技术领域,提供了一种扫描干涉光刻系统,包括外差光路、第一干涉光路、第二干涉光路、运动台和控制子系统;运动台,所述运动台上承载基底,以位移测量干涉仪测量运动台的位移,第一束光和第二束光在基底上聚焦干涉曝光;控制子系统根据各种测量信息生成指令,对相应器件的角度或者光束的相位进行调节,完成对第一束光和第二束光干涉曝光条纹相位漂移的锁定。本发明的扫描干涉光刻系统具有条纹图形锁定精度高、激光利用率高等优点,利用外差相位计测量曝光光束的相位,位移测量干涉仪测量运动台的运动误差,通过控制子系统进行补偿控制曝光干涉条纹,可用于制造大面积高精度密栅线渐变周期光栅。



1. 一种扫描干涉光刻系统,其特征在于,包括:

外差光路:由激光器发出的激光经第一相位调制器分出零级衍射光 and 一级衍射光,其中一级衍射光依次经过第三反射镜反射、第四反射镜反射、第三万向反射镜反射和第四透镜透射后成为外差相位计的外差光束;

第一干涉光路:所述第一相位调制器分出的零级衍射光经第一反射镜反射到光栅分束器,经光栅分束器分成第一束光和第二束光;其中第一束光依次经过第三相位调制器、第二万向反射镜反射和第二透镜透射至分光棱镜,经分光棱镜的透射光给角度测量模块,经分光棱镜的反射光给光束提取镜,光束提取镜的透射光至第三透镜透射聚焦在基底上;经光束提取镜的反射光为外差相位计的第一条输入光束;

第二干涉光路:所述光栅分束器分出的第二束光依次经过第二相位调制器、第二反射镜反射、第一万向反射镜反射和第一透镜透射至分光棱镜,经分光棱镜的反射光给角度测量模块,经分光棱镜的透射光给光束提取镜,光束提取镜的透射光至第三透镜透射聚焦在基底上;经光束提取镜的反射光为外差相位计的第二条输入光束;

运动台,所述运动台上承载基底,以位移测量干涉仪测量运动台的位移,第一束光和第二束光在基底上聚焦干涉曝光;

控制子系统:第一条输入光束、第二条输入光束和外差光束经外差相位计得到两个干涉测量电信号传输至信号接收端,角度测量模块得到第一束光和第二束光的角速度信息传输给信号接收端,位移测量干涉仪测量运动台的位移信息传输给信号接收端,信号接收端给到处理器进行解算得到曝光条纹相位漂移信息,处理器生成补偿指令传输给相位调制执行器,由相位调制执行器把补偿指令下达给第一相位调制器、第二相位调制器和第三相位调制器进行相位调制,以完成对曝光条纹相位漂移的锁定;处理器生成控制指令传输给驱动器调节第一万向反射镜、第二万向反射镜和第三万向反射镜的角度以调整第一束光和第二束光在基底上聚焦曝光的角度,将曝光光束相位锁定于光栅基底,实现对干涉条纹的控制,基于外差测量原理的外差相位计测量曝光光束之间的相位,实现在变周期过程中光束偏移不会影响测量信号的强度变化。

2. 根据权利要求1所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,还包括基座和隔振器,所述外差光路、第一干涉光路、第二干涉光路、运动台和控制子系统设置在基座上,所述隔振器安装在基座底部。

3. 根据权利要求1或者2所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,所述外差相位计包括第一波片、第一偏振分光棱镜、第二波片、第二偏振分光棱镜、偏振片、第一光电探测器、第二光电探测器、第三偏振分光棱镜、反射镜、第三波片、后向反射镜和第四波片;外差相位计的光路结构如下:

外差光束从第一波片处输入,经第一波片透射变为圆偏振态入射第一偏振分光棱镜,经第一偏振分光棱镜的反射光经第四波片透射到后向反射镜,经后向反射镜反射转向回到第四波片透射,变为p偏振态,再依次经第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和偏振片透射形成第一条参考光;经第一偏振分光棱镜的透射光经过第三波片透射到反射镜,经反射镜反射回第三波片透射后变为s偏振态到第一偏振分光棱镜,再经第一偏振分光棱镜反射和第二波片透射后变为p偏振态,再依次经第二偏振分光棱镜和偏振片透射形成第二条参考光;

第一条输入光束以s偏振态由第三偏振分光棱镜的入射面入射,依次经第三偏振分光棱镜和第二偏振分光棱镜反射,再经偏振片透射形成第一路测量光;

第二条输入光束与第一条输入光束平行,以s偏振态由第三偏振分光棱镜的入射面入射,依次经第三偏振分光棱镜和第二偏振分光棱镜反射,再经偏振片透射形成第二路测量光;

第一路测量光与第一条参考光合光形成了一束干涉测量信号入射至第一光电探测器,第二路测量光与第二条参考光合光形成了另一束干涉测量信号入射至第二光电探测器;

第一光电探测器和第二光电探测器分别把接收到的干涉测量信号转换为电信号再传输至信号接收端。

4. 根据权利要求1所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,所述第一透镜、第二透镜、第三透镜和第四透镜都是凸透镜。

5. 根据权利要求1所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,所述第二相位调制器和第三相位调制器采用声光调制器。

6. 根据权利要求3所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,所述第一波片、第三波片和第四波片为四分之一波片。

7. 根据权利要求3所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,所述第二波片为二分之一波片。

8. 根据权利要求3所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,所述运动台以步进的方式运动,第一万向反射镜、第二万向反射镜、第三万向反射镜跟随步进周期调节角度,再经后续制备工艺得到线性渐变周期光栅。

9. 根据权利要求3所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,所述运动台以步进的方式运动,第一万向反射镜、第二万向反射镜、第三万向反射镜跟随步进周期调节角度,第一相位调制器、第二相位调制器和第三相位调制器进行相位调制跟随步进周期做固定频差调整,再经后续制备工艺得到弯曲渐变周期光栅。

10. 根据权利要求4-9中任意一项所述的扫描干涉光刻系统,其特征在于,还包括双频激光器、第二分光棱镜和第五反射镜,位移测量干涉仪包括X轴位移测量干涉仪和Y轴位移测量干涉仪,所述双频激光器发出的激光给第二分光棱镜分光后一束给X轴位移测量干涉仪,另一束经第五反射镜给Y轴位移测量干涉仪。

## 扫描干涉光刻系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于光学仪器仪表设备技术领域,特别是涉及一种扫描干涉光刻系统。

### 背景技术

[0002] 近年来,各大工程项目如大型天文望远镜、惯性约束核聚变激光点火系统、光刻系统等对光栅器件的性能需求不断提高,其指标向着纳米级精度、亚万级栅线密度的量级发展。同时,应用类型也更加多样化,包括二维光栅、弯曲变周期光栅等。

[0003] 扫描干涉光刻作为一种制造微纳阵列器件的重要技术,可实现大尺寸高精度密栅线的光栅制造,其核心为通过一种多束激光干涉所产生的干涉图形在感光基底平面处曝光的图形显影技术实现,现已成为大尺寸高精度密栅线光栅制造技术中的主流。

[0004] 激光干涉光刻技术的主要难点是在大面积高精度光栅制造中的精度控制,高精度激光干涉光刻系统具有很大的研发难度。世界多个著名光栅制造系统公司及研究机构针对高精度干涉光刻系统的研发展开了一系列的研究,研究主要集中于高精度干涉光刻系统。

[0005] 现有技术中较为常用的一种激光干涉光刻系统,使曝光光源经分光反射光路在基底处形成干涉图形,由于振动、空气扰动的影响,基底处的干涉图形将发生漂移,从而影响曝光质量。利用从两曝光光束引出的光重合入射至CCD (Charge-coupled Device) 形成干涉条纹,CCD通过监测空间干涉条纹图像的移动来获取基底处干涉图形的漂移量,并将漂移量作为反馈输入至处理器,处理器控制压电陶瓷驱动反射镜座调节干涉图形相位,从而实现干涉图形的锁定,来获取较好的曝光质量。压电陶瓷调制范围较大,但其调制速度较慢,且由于CCD分辨率与帧率的限制,难以实现高性能的光栅制造。

[0006] 还有学者提出了一种基于零差锁定的扫描干涉光刻系统,曝光光源经分光反射光路在基底处形成干涉图形。为防止干涉图形漂移,系统利用基底附近的分光镜分别提取左右曝光光束形成两路干涉信号,两路干涉信号经过光电转换后得到电压信号。干涉图形受外界干扰影响发生相位漂移而引起电压信号变化,以电压信号作为反馈来控制相位调制器调节干涉图形相位来保持电压稳定,从而实现干涉图形的锁定。所用双通道零差外差相位计的测量信号为直流信号,其抗干扰能力较差不易实现高精度测量,相位求解、细分及判向也都较为困难,无法满足高精度锁定的需求。

[0007] 美国专利US6,882,477B1中公开了一种扫描干涉光刻系统,该光刻系统利用两束经准直后的小尺寸光束干涉形成干涉图形曝光,曝光光束通过透镜聚焦实现曝光角度的变化,从而实现变周期的干涉光刻,该系统采用一种基于外差测量方法的图形控制系统,通过对曝光光束的相位检测反馈至处理器控制声光调制器实现图形锁定,运动台承载基底在扫描步进过程中会产生运动误差,导致光栅图形相对基底产生动态漂移;该专利另外公开了一种扫描干涉光刻技术,光束通过反射镜折返在基底聚焦实现干涉曝光,但该系统在进行变周期曝光时,光束偏移使测量信号分离,无法实现对干涉图形的高精度控制。

[0008] 以上所述可见现有技术中的扫描干涉光刻均存在一定的局限性,难以实现高精度的变周期光栅制造。

## 发明内容

[0009] 为了解决上述问题,本发明提供了一种扫描干涉光刻系统,其特征在于,扫描干涉光刻系统包括:

[0010] 外差光路:由激光器发出的激光经第一相位调制器分出零级衍射光和一级衍射光,其中一级衍射光依次经过第三反射镜反射、第四反射镜反射、第三万向反射镜反射和第四透镜透射后成为外差相位计的外差光束;

[0011] 第一干涉光路:所述第一相位调制器分出的零级衍射光经第一反射镜反射到光栅分束器,经光栅分束器分成第一束光和第二束光;其中第一束光依次经过第三相位调制器、第二万向反射镜反射和第二透镜透射至分光棱镜,经分光棱镜的透射光给角度测量模块,经分光棱镜的反射光给光束提取镜,光束提取镜的透射光至第三透镜透射聚焦在基底上;经光束提取镜的反射光为外差相位计的第一条输入光束;

[0012] 第二干涉光路:所述光栅分束器分出的第二束光依次经过第二相位调制器、第二反射镜反射、第一万向反射镜反射和第一透镜透射至分光棱镜,经分光棱镜的反射光给角度测量模块,经分光棱镜的透射光给光束提取镜,光束提取镜的透射光至第三透镜透射聚焦在基底上;经光束提取镜的反射光为外差相位计的第二条输入光束;

[0013] 运动台,所述运动台上承载基底,以位移测量干涉仪测量运动台的位移,第一束光和第二束光在基底上聚焦干涉曝光,将光栅干涉图形投影至涂胶基底,后续再通过显影、刻蚀和清洗等制备工艺即制成光栅;

[0014] 控制子系统:第一条输入光束、第二条输入光束和外差光束经外差相位计得到两个干涉测量电信号传输至信号接收端,角度测量模块得到第一束光和第二束光的角速度信息传输给信号接收端,位移测量干涉仪测量运动台的位移信息传输给信号接收端,信号接收端给到处理器进行解算得到曝光条纹相位漂移信息,处理器生成补偿指令传输给相位调制执行器,由相位调制执行器把补偿指令下达给第一相位调制器、第二相位调制器和第三相位调制器进行相位调制,以完成对曝光条纹相位漂移的锁定;处理器生成控制指令传输给驱动器调节第一万向反射镜、第二万向反射镜和第三万向反射镜的角度以调整第一束光和第二束光在基底上聚焦曝光的角度。

[0015] 优选地,还包括基座和隔振器,所述外差光路、第一干涉光路、第二干涉光路、运动台和控制子系统设置在基座上,所述隔振器安装在基座底部。

[0016] 优选地,所述外差相位计包括第一波片、第一偏振分光棱镜、第二波片、第二偏振分光棱镜、偏振片、第一光电探测器、第二光电探测器、第三偏振分光棱镜、反射镜、第三波片、后向反射镜和第四波片;外差相位计的光路结构如下:

[0017] 外差光束从第一波片处输入,经第一波片透射变为圆偏振态入射第一偏振分光棱镜,经第一偏振分光棱镜的反射光经第四波片透射到后向反射镜,经后向反射镜反射转向回到第四波片透射,变为p偏振态,再依次经第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和偏振片透射形成第一条参考光;经第一偏振分光棱镜的透射光经过第三波片透射到反射镜,经反射镜反射回第三波片透射后变为s偏振态到第一偏振分光棱镜,再经第一偏振分光棱镜反射和第二波片透射后变为p偏振态,再依次经第二偏振分光棱镜和偏振片透射形成第二条参考光;

[0018] 第一条输入光束以s偏振态由第三偏振分光棱镜的入射面入射,依次经第三偏振

分光棱镜和第二偏振分光棱镜反射,再经偏振片透射形成第一路测量光;

[0019] 第二条输入光束与第一条输入光束平行,以s偏振态由第三偏振分光棱镜的入射面入射,依次经第三偏振分光棱镜和第二偏振分光棱镜反射,再经偏振片透射形成第二路测量光;

[0020] 第一路测量光与第一条参考光合光形成了一束干涉测量信号入射至第一光电探测器,第二路测量光与第二条参考光合光形成了另一束干涉测量信号入射至第二光电探测器;

[0021] 第一光电探测器和第二光电探测器分别把接收到的干涉测量信号转换为电信号再传输至信号接收端。

[0022] 优选地,所述第一透镜、第二透镜、第三透镜和第四透镜都是凸透镜。

[0023] 优选地,所述第二相位调制器和第三相位调制器采用声光调制器。

[0024] 进一步地,所述第一波片、第三波片和第四波片为四分之一波片。

[0025] 进一步地,所述第二波片为二分之一波片。

[0026] 进一步地,所述运动台以步进的方式运动,第一万向反射镜、第二万向反射镜、第三万向反射镜跟随步进周期调节角度,再经后续的显影、刻蚀和清洗等制备工艺得到线性渐变周期光栅。

[0027] 进一步地,所述运动台以步进的方式运动,第一万向反射镜、第二万向反射镜、第三万向反射镜跟随步进周期调节角度,第一相位调制器、第二相位调制器和第三相位调制器进行相位调制跟随步进周期做固定频差调整,再经后续的显影、刻蚀和清洗等制备工艺得到弯曲渐变周期光栅。

[0028] 进一步地,还包括双频激光器、第二分光棱镜和第五反射镜,位移测量干涉仪包括X轴位移测量干涉仪和Y轴位移测量干涉仪,所述双频激光器发出的激光给第二分光棱镜分光后一束给X轴位移测量干涉仪,另一束经第五反射镜给Y轴位移测量干涉仪。

[0029] 本发明提供的扫描干涉光刻系统,具有条纹图形锁定精度高、激光利用率高等优点,在现有扫描干涉光刻系统技术的基础上,利用一种基于外差测量原理的外差相位计测量曝光光束之间的相位,可实现在变周期过程中光束偏移不会影响测量信号的强度变化,测量信号始终保持合束,完成实时测量;利用位移测量干涉仪测量运动台在曝光期间的运动误差,控制子系统通过补偿干涉图形的相位漂移与运动台运动过程中的相对误差,将曝光光束相位锁定于光栅基底,实现对干涉条纹的控制,本发明可用于制造大面积高精度密栅线渐变周期光栅。

## 附图说明

[0030] 图1为本发明的扫描干涉光刻系统实施例示意图;

[0031] 图2为外差相位计的内部光路示意图;

[0032] 图3为运动台的位移测量光路示意图;

[0033] 图4为采用本发明的运动台步进的蛇形运动轨迹。

[0034] 图中:1-激光器,2-第一反射镜,3-光栅分束器,401-第二反射镜,402-第一万向反射镜,403-第一透镜,501-第二万向反射镜,502-第二透镜,6-分光棱镜,7-外差相位计,701-第一波片,702-第一偏振分光棱镜、703-第二波片,704-第二偏振分光棱镜,705-偏振

片,706-第一光电探测器,707-第二光电探测器,708-第三偏振分光棱镜,711-反射镜,712-第三波片,713-后向反射镜,714-第四波片;8-控制模块,801-信号接收端,802-处理器,803-驱动器,804-相位驱动器;9-角度测量模块,10-第三透镜,11-基底,12-第三反射镜,13-第四反射镜,14-第三万向反射镜,15-第四透镜,16-光束提取镜,17-第一相位调制器,18-第二相位调制器,19-第三相位调制器,20-基座,21-运动台,22-隔振器,23-位移测量干涉仪,24-双频激光器,25-第二分光棱镜,26-第五反射镜。

### 具体实施方式

[0035] 为了更进一步阐述本发明为解决技术问题所采取的技术手段及功效,以下结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细描述,需要说明的是所提供的附图是示意性的,相互间并没有完全按照尺寸或者比例绘制,因此附图和具体实施例并不作为本发明要求的保护范围限定。

[0036] 如图1所示的扫描干涉光刻系统可选实施例,该系统包括:

[0037] 外差光路:由激光器1发出的激光经第一相位调制器17分出零级衍射光和一级衍射光,其中一级衍射光依次经过第三反射镜12、第四反射镜13和第三万向反射镜14反射以及第四透镜15透射后,成为外差相位计7的外差光束;

[0038] 第一干涉光路:所述第一相位调制器17分出的零级衍射光经第一反射镜2反射到光栅分束器3,经光栅分束器3分成第一束光和第二束光;其中第一束光依次经过第三相位调制器19、第二万向反射镜501反射和第二透镜502透射至分光棱镜6,经分光棱镜6的透射光给角度测量模块9,经分光棱镜6的反射光给光束提取镜16,光束提取镜16的透射光至第三透镜10透射聚焦在基底11上;经光束提取镜16的反射光为外差相位计7的第一条输入光束;

[0039] 第二干涉光路:所述光栅分束器3分出的第二束光依次经过第二相位调制器18、第二反射镜401反射、第一万向反射镜402反射和第一透镜403透射至分光棱镜6,经分光棱镜6的反射光给角度测量模块9,经分光棱镜6的透射光给光束提取镜16,光束提取镜16的透射光至第三透镜10透射聚焦在基底11上;经光束提取镜16的反射光为外差相位计7的第二条输入光束;

[0040] 运动台,所述运动台21上承载基底11,以位移测量干涉仪23测量运动台21的位移,第一束光和第二束光在基底11上聚焦干涉曝光,再经后续的显影、刻蚀和清洗等制备工艺把基底11制作成光栅;

[0041] 控制子系统:第一条输入光束、第二条输入光束和外差光束经外差相位计7得到两个干涉测量电信号传输至控制模块8的信号接收端801,角度测量模块9得到第一束光和第二束光的角度信息也传输给信号接收端801,位移测量干涉仪23测量运动台21的位移信息也传输给信号接收端801,信号接收端801再把信息给到处理器802进行解算得到曝光条纹相位漂移信息,处理器802生成补偿指令传输给相位调制执行器804,由相位调制执行器804把补偿指令下达给第一相位调制器17、第二相位调制器18和第三相位调制器19进行相位调制,以完成对曝光条纹相位漂移的锁定;处理器802生成控制指令传输给驱动器803调节第一万向反射镜401、第二万向反射镜501和第三万向反射镜14的角度以调整第一束光和第二束光在基底11上聚焦曝光的角度;

[0042] 还包括基座20和隔振器22,所述外差光路、第一干涉光路、第二干涉光路、运动台和控制子系统设置在基座20上,所述隔振器22安装在基座20底部实现整套系统的稳定性要求;

[0043] 上述第一透镜403、第二透镜502、第三透镜10和第四透镜15都是凸透镜,第二相位调制器18和第三相位调制器19采用声光调制器。

[0044] 如图2所示的外差相位计,该外差相位计7包括第一波片701、第一偏振分光棱镜702、第二波片703、第二偏振分光棱镜704、偏振片705、第一光电探测器706、第二光电探测器707、第三偏振分光棱镜708、反射镜711、第三波片712、后向反射镜713和第四波片714;外差相位计7的光路如下:

[0045] 外差光束从第一波片701处输入,经第一波片701透射变为圆偏振态入射第一偏振分光棱镜702,经第一偏振分光棱镜702的反射光经第四波片714透射到后向反射镜713,经后向反射镜713反射转向回到第四波片714透射,变为p偏振态,再依次经第一偏振分光棱镜702、第二偏振分光棱镜704和偏振片705透射形成第一条参考光;经第一偏振分光棱镜702的透射光经过第三波片712透射到反射镜711,经反射镜711反射回第三波片712透射后变为s偏振态到第一偏振分光棱镜702,再经第一偏振分光棱镜702反射和第二波片703透射后变为p偏振态,再依次经第二偏振分光棱镜704和偏振片705透射形成第二条参考光;

[0046] 第一条输入光束以s偏振态由第三偏振分光棱镜708的入射面入射,依次经第三偏振分光棱镜708和第二偏振分光棱镜704反射,再经偏振片705透射形成第一路测量光;

[0047] 第二条输入光束与第一条输入光束平行,以s偏振态由第三偏振分光棱镜708的入射面入射,依次经第三偏振分光棱镜708和第二偏振分光棱镜704反射,再经偏振片705透射形成第二路测量光;

[0048] 第一路测量光与第一条参考光合光形成了一束干涉测量信号入射至第一光电探测器706,第二路测量光与第二条参考光合光形成了另一束干涉测量信号入射至第二光电探测器707;

[0049] 第一光电探测器706和第二光电探测器707分别把接收到的干涉测量信号转换为电信号再传输至信号接收端801;

[0050] 上述第一波片701、第三波片712和第四波片714为四分之一波片,第二波片703为二分之一波片。

[0051] 如图3所示的运动台的位移测量光路,包括双频激光器24、第二分光棱镜25和第五反射镜26,位移测量干涉23仪包括X轴位移测量干涉仪和Y轴位移测量干涉仪,所述双频激光器24发出的激光给第二分光棱镜25分光后一束给X轴位移测量干涉仪,另一束经第五反射镜26给Y轴位移测量干涉仪,X轴位移测量干涉仪和Y轴位移测量干涉仪分别测量运动台21的位移及其误差。

[0052] 采用本发明制作线性渐变周期光栅时,运动台以步进的方式运动,在控制子系统的控制下,第一万向反射镜、第二万向反射镜、第三万向反射镜跟随步进周期调节角度。若制作弯曲渐变周期光栅时,运动台以步进的方式运动,在控制子系统的控制下,第一万向反射镜、第二万向反射镜、第三万向反射镜跟随步进周期调节角度,第一相位调制器、第二相位调制器和第三相位调制器进行相位调制跟随步进周期做固定频差调整。

[0053] 如图4所示,采用本发明进行变周期光栅的制作时,运动台21在X-Y平面做步进运



动,其运动轨迹为图示的蛇形运动轨迹。

[0054] 本发明的扫描干涉光刻系统是基于外差相位计图形控制的,利用一种外差相位测量结构与位移测量干涉仪,可精确测量在扫描曝光过程中的相位漂移误差及基底运动误差,控制系统将干涉图形相位相对于基底锁定控制,再经后续的显影、刻蚀和清洗等制备工艺完成高精度渐变周期光栅的制造。

[0055] 当然,本发明还可有其它多种实施例,在不背离本发明精神及其实质的情况下,本领域技术人员可根据本发明做出各种相应的改变和变形,但这些相应的改变和变形都属于本发明的权利要求的保护范围。

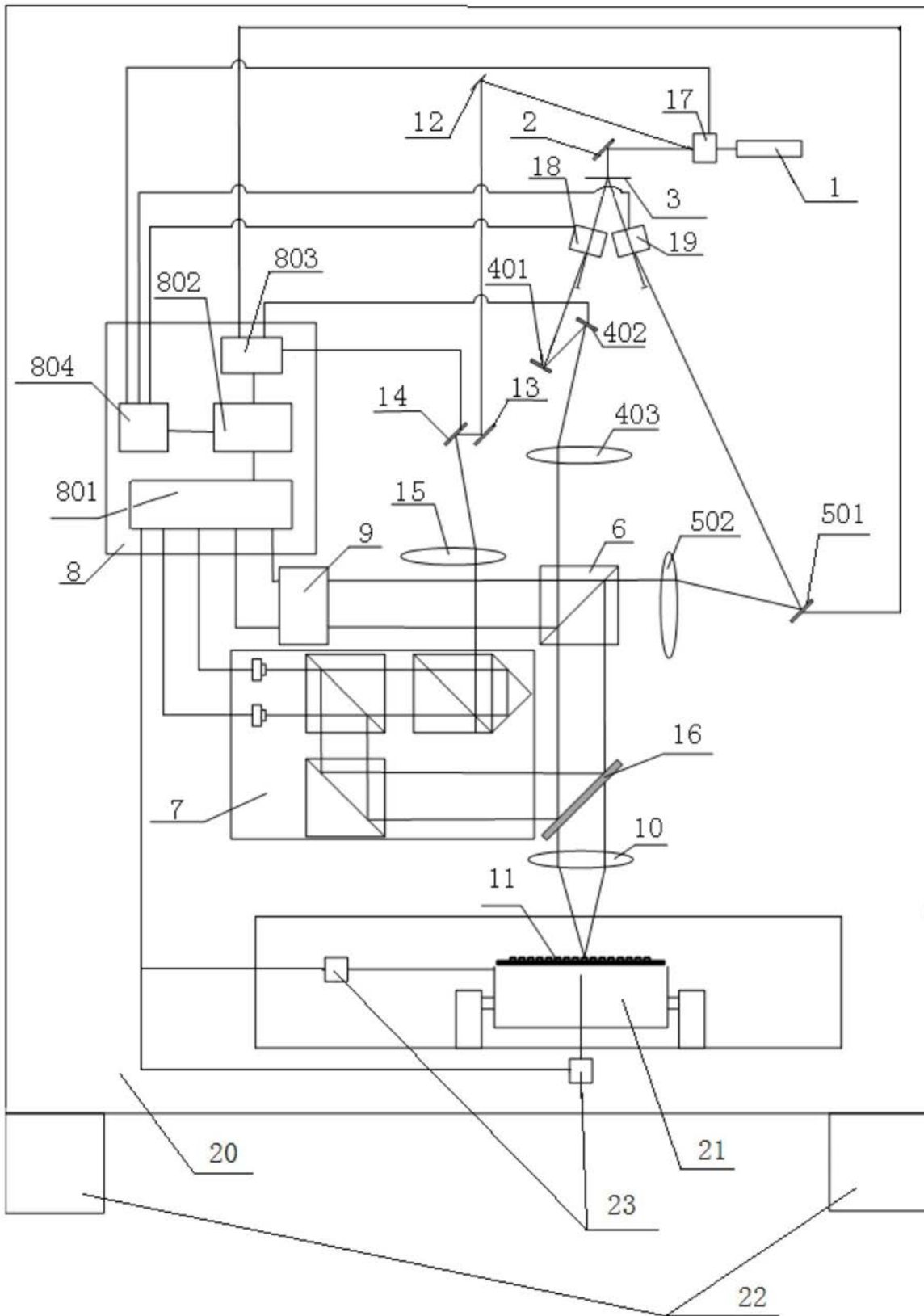


图1

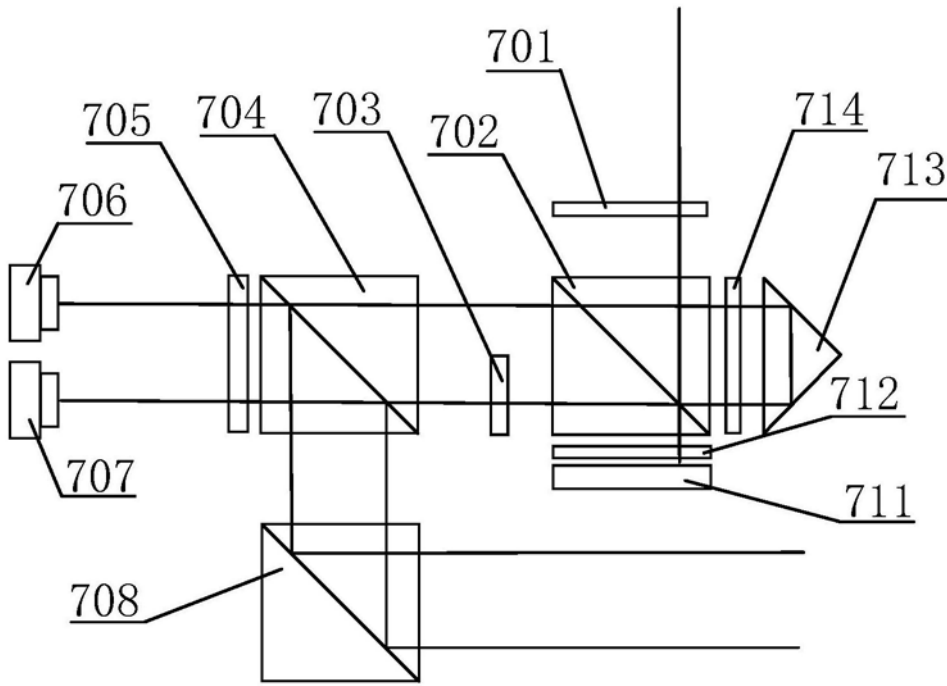


图2

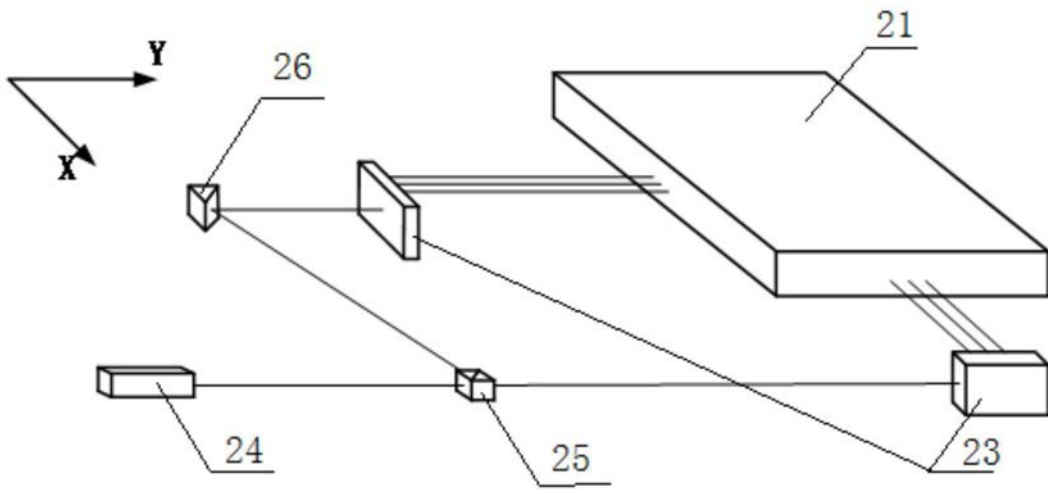


图3

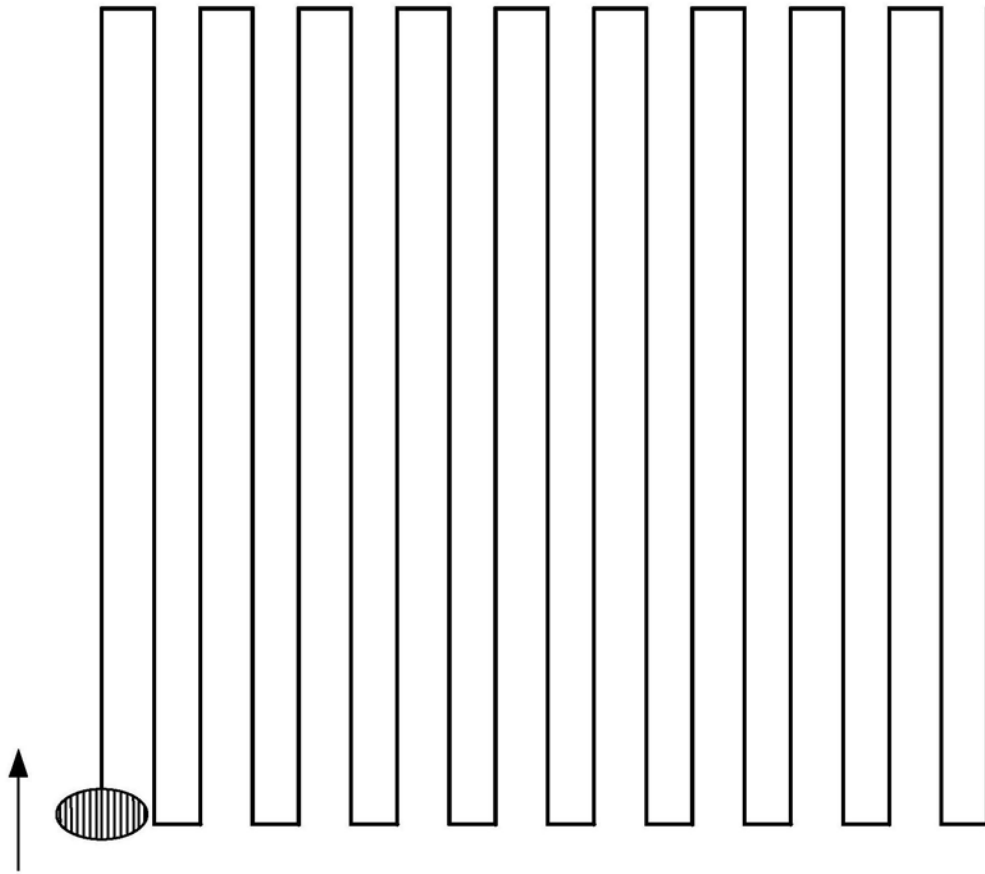


图4