

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021 年 5 月 6 日 (06.05.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/083045 A1

(51) 国际专利分类号:
G03F 7/20 (2006.01) *G02B 27/28* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/123228

(22) 国际申请日: 2020 年 10 月 23 日 (23.10.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201911050187.5 2019 年 10 月 31 日 (31.10.2019) CN

(71) 申请人: 清华大学(TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。北京华卓精科科技股份有限公司(BEIJING U-PRECISION TECH CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市大兴区

北京经济技术开发区经海四路 156 号院 10 号楼 4 层, Beijing 100176 (CN)。

(72) 发明人: 朱煜(ZHU, Yu); 中国北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。王磊杰(WANG, Leijie); 中国北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。张鸣(ZHANG, Ming); 中国北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。徐继涛(XU, Jitao); 中国北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。成荣(CHENG, Rong); 中国北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。郝建坤(HAO, Jiankun); 中国北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。李鑫(LI, Xin); 中国北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专

(54) Title: PHASE MEASUREMENT DEVICE FOR LASER INTERFERENCE PHOTOLITHOGRAPHY SYSTEM, AND METHOD FOR USING SAME

(54) 发明名称: 用于激光干涉光刻系统的相位测量装置及其使用方法

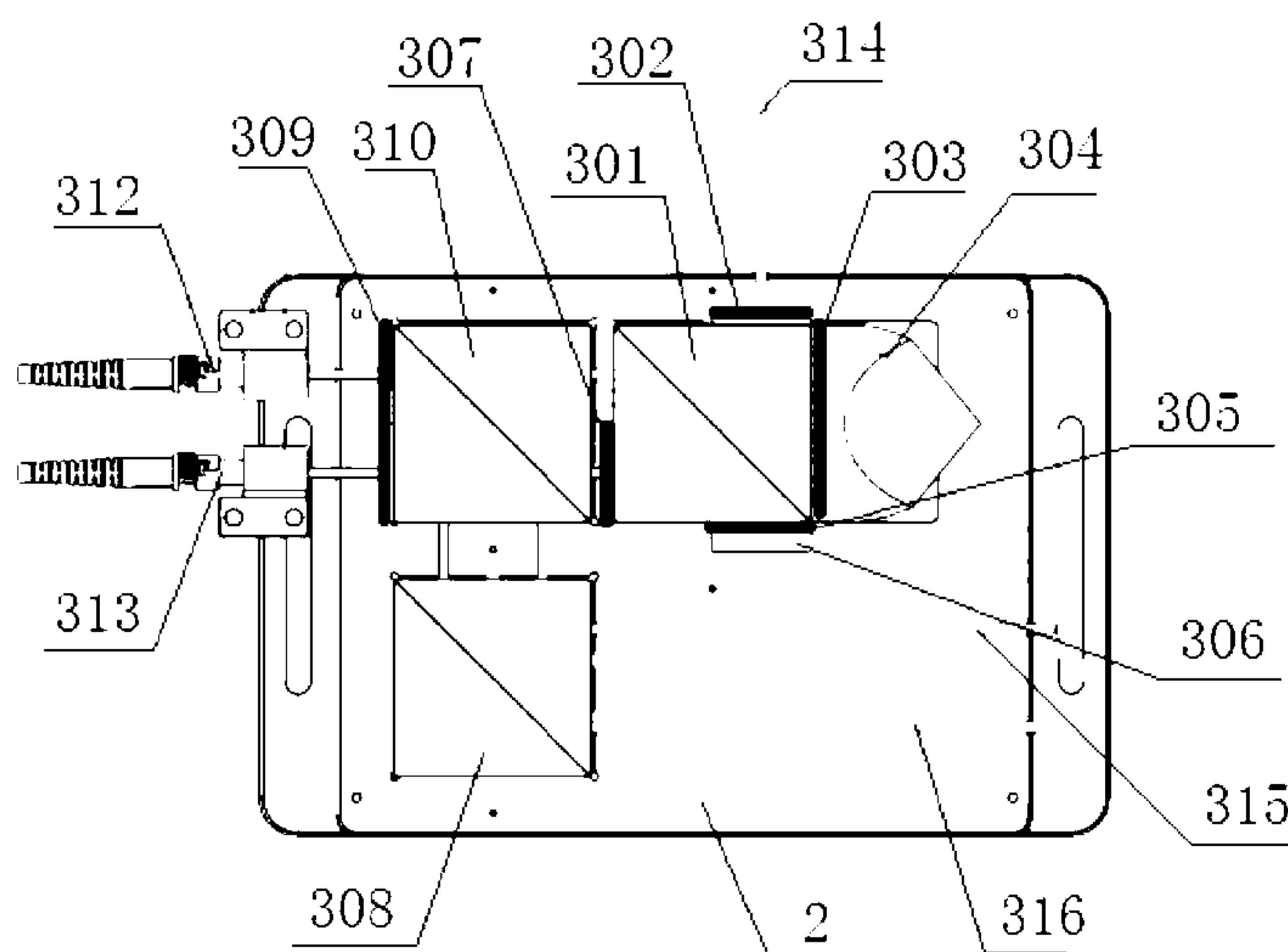


图 2

(57) Abstract: Disclosed are a phase measurement device for a laser interference photolithography system, and method for using same, the phase measurement device comprising a first wave plate (302), a first polarization splitting prism (301), a fourth wave plate (303), a backward reflector (304), a third wave plate (305), a reflector (306), a second wave plate (307), a polarizing film (309), a second polarization splitting prism (308), a third polarization splitting prism (310), a first photoelectric detector (312), a second photoelectric detector (313), and a base (2), wherein the first polarization splitting prism (301), the second polarization splitting prism (308), the third polarization splitting prism (310), the first photoelectric detector (312), and the second photoelectric detector (313) are fixed on the base (2); the first wave plate (302), the second wave plate (307), the third wave plate (305), and the fourth wave plate (303) are respectively arranged around the periphery of the first polarization splitting prism (301); the polarizing film (309) is arranged on an

[见续页]

WO 2021/083045 A1

利办公室, Beijing 100084 (CN)。 杨开明(YANG, Kaiming); 中国北京市100084信箱82分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。 范玉娇(FAN, Yujiao); 中国北京市100084信箱82分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。 高思齐(GAO, Siqi); 中国北京市100084信箱82分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京鸿元知识产权代理有限公司 (GRANDER IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区光华路7号汉威大厦东区18A6室, Beijing 100004 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

emitting face of the third polarization splitting prism (310); the backward reflector (304) is arranged on an outer side of the fourth wave plate (303); and the reflector (306) is arranged on an outer side of the third wave plate (305), such that a phase measurement optical path system is formed. An interferometric signal is resolved to obtain a measurement light phase for variable-period interference exposure fringe control.

(57) 摘要: 一种用于激光干涉光刻系统的相位测量装置及使用方法, 包括第一波片(302)、第一偏振分光棱镜(301)、第四波片(303)、后向反射镜(304)、第三波片(305)、反射镜(306)、第二波片(307)、偏振片(309)、第二偏振分光棱镜(308)、第三偏振分光棱镜(310)、第一光电探测器(312)、第二光电探测器(313)和基座(2); 第一偏振分光棱镜(301)、第二偏振分光棱镜(308)、第三偏振分光棱镜(310)、第一光电探测器(312)和第二光电探测器(313)固定在基座(2)上, 第一波片(302)、第二波片(307)、第三波片(305)及第四波片(303)分别设置在第一偏振分光棱镜(301)四周, 偏振片(309)与第三偏振分光棱镜(310)出射面, 后向反射镜(304)在第四波片(303)外侧, 反射镜(306)在第三波片(305)外侧, 组成相位测量的光路系统。干涉测量信号经解算得到测量光相位, 用于变周期的干涉曝光的条纹控制。

用于激光干涉光刻系统的相位测量装置及其使用方法

5 本申请要求于2019年10月31日提交的中国专利申请No. 201911050187.5
的优先权和权益，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

10 本申请属于光学仪器仪表技术领域，特别涉及一种用于激光干涉光刻系
统的相位测量装置及其使用方法。

背景技术

15 光栅器件作为大型天文望远镜、惯性约束核聚变激光点火系统、光刻系
统等重大工程系统中的关键器件，近年来对尺寸、栅线密度、精度等要求不
断提高，同时，光栅的应用类型也不在局限于一维光栅，还包括二维光栅、
弯曲光栅、变周期光栅等。光栅制造正在向米级尺寸、纳米级精度、亚万级
栅线密度的量级迈进，多样化高精度密栅线的大尺寸光栅的制造成为了光栅
制造领域的亟需解决的热点问题。

20 机械刻划、激光直写、机械拼接等传统光栅制造技术均存在不同的技术
缺陷，机械刻划主要缺点包括大面积制造精度低、加工周期长、制造的光栅
存在鬼线等，激光直写主要缺点包括大面积制造精度低、加工周期长等，机
械拼接则存在拼接精度差、拼接过程复杂、成本昂贵等缺点。因此，上述量
级光栅的制造难以通过传统技术来实现。激光干涉光刻技术是一种利用两束
或者多束激光干涉产生的周期性图形曝光感光基底制造微纳阵列器件的重要
25 技术，主要应用于制造特征尺寸低于亚波长的柱阵、光栅、孔阵、点阵、微
透镜阵列等器件，这些微阵列器件广泛应用于国防、民生、科研等领域。通
过激光干涉光刻技术可实现密栅线高精度、且加工周期短的大面积光栅制造，
激光干涉光刻技术也逐步成为了大面积高精度光栅制造技术中的主流。干涉
光刻技术在大面积高精度光栅制造的应用中的主要难点为干涉光刻系统的研
30 发。决定干涉光刻系统中图形锁定精度的是干涉图形相位锁定系统，其中的

关键模块为相位测量装置。针对高精度干涉光刻系统的研发，多个光栅制造系统公司及研究机构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，对于相位测量装置的研究成果在诸多专利中均有揭露。

University of Texas at Arlington 的学者提出了一种较为常用的干涉图形相位锁定系统。系统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控制器，控制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，最终获取较好的曝光质量。传感器采用 CCD 接受光信号并进行光电转换，由于 CCD 分辨率与帧率的限制，难以做到高速高精度的相位调制，并不能满足高精度光栅图形的制作要求。

MIT 的学者提出了一种基于零差相位测量干涉仪相位锁定系统方案。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具有 180° 相差的干涉信号，干涉信号通过光电转换后作差放大得到电压信号。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电光调制器 EOM (Electro-optic Modulator) 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。锁定系统采用光电探测器作为光电转换，所用双通道零差相位测量干涉仪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，并非最优选择。

麻省理工学院在美国专利 US6,882,477B1 中公开了一种扫描激光干涉光刻系统，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作步进扫描运动的基底实现大面积光栅制作，经准直后的小尺寸光束干涉有效的消除了干涉图形的相位非线性误差；同时，为防止系统干涉图形相对于运动的基底平台发生相位漂移引起误差，该光刻系统列举了一种基于外差测量原理的图形锁定装置，该装置通过在干涉光路中布置三个声光调制器产生外差相位测量的频差，利用光束采样器采样干涉光束至外差相位计进行图形相位检测，检测的相位反馈至控制器控制声光调制器调制相位实现图形锁定；外差测量方式具有高速、高精度等图形相位锁定的优点，但利用该结构进行变周期光栅制造时，曝光光束的偏移会使测量光束光斑分离，无法对变周期

光栅制造的干涉曝光系统实现实时的条纹控制。

综上所述，现有技术中的相位测量设备存在以下问题：CCD 分辨率与帧率的限制，难以做到高速高精度的相位调制；零差相位测量干涉仪抗干扰能力较差；现有外差测量干涉仪无法对变周期光栅制造的干涉曝光系统实现条纹控制；即现有技术中的相位测量均存在一定的局限性，无法实现对变周期干涉曝光系统的相位测量及完成在制作变周期光栅过程中的条纹控制。

发明内容

为了解决上述问题，本申请提供了一种用于激光干涉光刻系统的相位测量装置，包括第一波片、第一偏振分光棱镜、第四波片、后向反射镜、第三波片、反射镜、第二波片、偏振片、第二偏振分光棱镜、第三偏振分光棱镜、第一光电探测器、第二光电探测器和基座；所述第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜固定在基座上，且第一偏振分光棱镜的出射面与第三偏振分光棱镜的一个入射面相邻，第二偏振分光棱镜的出射面与第三偏振分光棱镜的另一个入射面相邻；第一光电探测器和第二光电探测器位于第三偏振分光棱镜的出射面方向固定在基座上；

所述第一波片的快轴方向与第一偏振分光棱镜边缘呈 45° 角设置在第一偏振分光棱镜的一个入射面，且第一波片边缘与第一偏振分光棱镜入射面直角边相切；所述后向反射镜的边线方向与第一偏振分光棱镜底部边线垂直设置在第一偏振分光棱镜的另一入射面；所述第四波片的快轴方向与第一偏振分光棱镜边缘呈 45° 角设置在第一偏振分光棱镜和后向反射镜之间；所述第三波片的快轴方向与第一偏振分光棱镜边缘呈 45° 角设置在第一偏振分光棱镜的一个出射面，且第三波片与第一波片同轴；所述反射镜与第三波片同轴设置在背离第一偏振分光棱镜的第三波片外侧；所述第二波片设置在第一偏振分光棱镜与第三偏振分光棱镜之间，且位于经反射镜反射、第三波片透射和第一偏振分光棱镜反射后的光束线路上，第二波片的边缘与第一偏振分光棱镜的出射面直角边相切；偏振片的偏振方向与第三偏振分光棱镜呈 45° 角设置在第三偏振分光棱镜的出射面，

其中，所述第一波片、第三波片和第四波片都是四分之一波片，所述第二波片为二分之一波片，

其中，参考光以 s 偏振态入射第一波片透射至第一偏振分光棱镜入射面，经第一偏振分光棱镜后的反射光以 s 偏振态依次经过第四波片、后向反射镜反射、第四波片后变为 p 偏振态，再经过第一偏振分光棱镜、第三偏振分光棱镜和偏振片透射形成第一路参考光；经第一偏振分光棱镜后的透射光依次经过第三波片透射、反射镜反射和第三波片透射后变为 s 偏振态，然后经过第一偏振分光棱镜反射至第二波片透射后变为 p 偏振态，再经过第三偏振分光棱镜和偏振片透射形成第二路参考光；

第一路测量光以 s 偏振态入第二偏振分光棱镜的入射面，依次经过第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜反射到偏振片透射，与第一路参考光干涉形成第一测量信号入射第一光电探测器输出；第二路测量光附加频率为以 s 偏振态入第二偏振分光棱镜的入射面，依次经过第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜反射到偏振片透射，与第二路参考光干涉形成第二路测量信号入射第二光电探测器输出。

优选地，还包括外壳，所述外壳罩着第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜并固定在基座。

优选地，所述基座的上表面设置第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜的安装凹槽，第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜固定在基座的凹槽上。进一步地，所述基座上的第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜的安装凹槽采用六点定位方法加工定位。

优选地，所述第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜分别与基座通过速干胶粘接。

优选地，所述第一波片、第四波片、第三波片及第二波片分别与第一偏振分光棱镜通过范德华力粘接，偏振片与第三偏振分光棱镜通过范德华力粘接。

优选地，所述后向反射镜与第四波片通过紫外固化胶粘接；所述反射镜与第三波片通过紫外固化胶粘接。

本申请还提供了上述用于激光干涉光刻系统的相位测量装置的使用方法，参考光附加频率为 120MHz、以 s 偏振态入射第一波片透射至第一偏振分光棱镜入射面，经第一偏振分光棱镜后的反射光以 s 偏振态依次经过第四波

片、后向反射镜反射、第四波片后变为 p 偏振态，再经过第一偏振分光棱镜、第三偏振分光棱镜和偏振片透射形成第一路参考光；经第一偏振分光棱镜后的透射光依次经过第三波片透射、反射镜反射和第三波片透射后变为 s 偏振态，然后经过第一偏振分光棱镜反射至第二波片透射后变为 p 偏振态，再经过第三偏振分光棱镜和偏振片透射形成第二路参考光；

第一路测量光附加频率为 100MHz、以 s 偏振态入第二偏振分光棱镜的入射面，依次经过第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜反射到偏振片透射，与第一路参考光干涉形成第一测量信号入射第一光电探测器输出；第二路测量光附加频率为 100MHz、以 s 偏振态入第二偏振分光棱镜的入射面，依次经过第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜反射到偏振片透射，与第二路参考光干涉形成第二路测量信号入射第二光电探测器输出；解算输出的第一测量信号和第二路测量信号得到第一路测量光和第二路测量光的相位。

采用上述用于激光干涉光刻系统的相位测量装置及其使用方法，得到的第一测量信号和第二路测量信号的频率相同，均为 20MHz 频差的干涉信号；当激光干涉光刻曝光周期改变时，第一路测量光与第二路测量光间距改变，同时向偏振分光镜中心或边缘偏移，参考光向偏振分光镜中心或边缘偏移相同距离，保证输出的测量信号始终保持合束，信号强度并不会随之改变，由此完成对激光干涉光刻变周期曝光的实时条纹控制。

光路为采用一种外差测量方法，外差测量光束（参考光）分别与两束测量光束形成两路同频差干涉信号，包含两束测量光相位信息与外差光束相位信息，通过位移解算消除外差相位并获得两束测量光相位数据。

本申请的相位测量装置可用于变周期的干涉曝光系统，该相位测量装置利用一种基于外差测量原理的条纹控制方案，实现对变周期干涉曝光系统的条纹控制。该相位测量装置具有高速高精度的测量优点，且光路结构简洁、激光利用率高。是制造变周期光栅的光刻系统中不可或缺的关键仪器设备。该装置具有高速高精度的测量优点，采用高度集成化结构，光路结构简洁、激光利用率高。

附图说明

图 1 为本申请的用于激光干涉光刻系统的相位测量装置的立体示意图；

图 2 为图 1 实施例打开外壳后的结构示意图。

图中：1-外壳，2-基座，301-第一偏振分光棱镜，302-第一波片，303-第四波片，304-后向反射镜，305-第三波片，306-反射镜，307-第二波片，308-第二偏振分光棱镜，309-偏振片，310-第三偏振分光棱镜，312-第一光电探测器，313-第二光电探测器，314-参考光，315-第一路测量光，316-第二路测量光。

具体实施方式

为了更进一步阐述本申请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申请做进一步详细描述，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申请要求的保护范围限定。

如图 1 所示的用于激光干涉光刻系统的相位测量装置可选实施例，该装置为方形盒体状，其中的光路系统器件在由外壳 1 和基座 2 形成的盒体内，第一光电探测器 312 和第二光电探测器 313 伸出盒体外，外壳 1 以螺丝与基座 2 固定连接，第一光电探测器 312 和第二光电探测器 313 可接收第三偏振分光棱镜 310 经偏振片透射后的干涉测量信号，即第一光电探测器 312 接收第一测量信号，第二光电探测器 313 接收第二测量信号，输送到解算系统。

如图 2 所示的相位测量装置，由图 1 所示的实施例去除外壳 1，包括第一波片 302、第一偏振分光棱镜 301、第四波片 303、后向反射镜 304、第三波片 305、反射镜 306、第二波片 307、偏振片 309、第二偏振分光棱镜 308、第三偏振分光棱镜 310、第一光电探测器 312、第二光电探测器 313 和基座 2；所述第一偏振分光棱镜 301、第二偏振分光棱镜 308 和第三偏振分光棱镜 310 固定在基座 2 上，且第一偏振分光棱镜 301 的出射面与第三偏振分光棱镜 310 的一个入射面相邻，第二偏振分光棱镜 308 的出射面与第三偏振分光棱镜 310 的另一个入射面相邻；第一光电探测器 312 和第二光电探测器 313 位于第三偏振分光棱镜 310 的出射面方向固定在基座 2 上；

所述第一波片 302 的快轴方向与第一偏振分光棱镜 301 边缘呈 45° 角设置在第一偏振分光棱镜 301 的一个入射面，且第一波片 302 边缘与第一偏振分光棱镜 301 入射面直角边相切；所述后向反射镜 304 的边线方向与第一偏

振分光棱镜 301 底部边线垂直设置在第一偏振分光棱镜 301 的另一入射面；
所述第四波片 303 的快轴方向与第一偏振分光棱镜 301 边缘呈 45° 角设置在
第一偏振分光棱镜 301 和后向反射镜 304 之间；所述第三波片 305 的快轴方
向与第一偏振分光棱镜 301 边缘呈 45° 角设置在第一偏振分光棱镜 301 的一个
5 出射面，且第三波片 305 与第一波片 302 同轴；所述反射镜 306 与第三波
片 305 同轴设置在背离第一偏振分光棱镜 301 的第三波片 305 外侧；所述第
二波片 307 设置在第一偏振分光棱镜 301 与第三偏振分光棱镜 310 之间，且
位于经反射镜 306 反射、第三波片 305 透射和第一偏振分光棱镜 301 反射后
的光束线路上，第二波片 307 的边缘与第一偏振分光棱镜 301 的出射面直角
10 边相切；偏振片 309 的偏振方向与第三偏振分光棱镜 310 呈 45° 角设置在第
三偏振分光棱镜 310 的出射面。本实施例中的第一波片 302、第三波片 305 和
第四波片 303 都是四分之一波片，第二波片 307 为二分之一波片，第一波片
302、第二波片 307、第三波片 305 及第四波片 303 分别与第一偏振分光棱镜
301 通过范德华力粘接，偏振片 309 与第三偏振分光棱镜 310 通过范德华力粘
15 接，后向反射镜 304 与第四波片 303 通过紫外固化胶粘接；所述反射镜 306
与第三波片 305 通过紫外固化胶粘接。

可以在基座 2 的上表面分别设置第一偏振分光棱镜 301、第二偏振分光棱
镜 308 和第三偏振分光棱镜 310 的安装凹槽，三个凹槽呈直角三角形布置，
其中第三偏振分光棱镜 310 位于直角点，凹槽采用六点定位方法加工定位，
20 提高定位精度，保证内部镜组相对位置的高精度，然后把第一偏振分光棱镜
301、第二偏振分光棱镜 308 和第三偏振分光棱镜 310 固定在对应的凹槽上，
通过速干胶分别以底面粘接在基座凹槽中。

上述的相位测量装置用于激光干涉光刻系统使用时，用参考光 314 附加
频率为 120MHz、以 s 偏振态经过第一波片 302 透射变为圆偏振态入射至第一
25 偏振分光棱镜 301，第一偏振分光棱镜 301 的反射光以 s 偏振态经过第四波片
303 透射、后向反射镜 304 反射、第四波片 303 透射后变为 p 偏振态经过第一
偏振分光棱镜 301、第三偏振分光棱镜 310 及偏振片 309 透射形成第一路参考
光；第一偏振分光棱镜 301 的透射光经过第三波片 305 透射、反射镜 306 反
射、第三波片 305 透射后变为 s 偏振态经过第一偏振分光棱镜 301 反射至第二
30 波片 307 透射后变为 p 偏振态，经过第三偏振分光棱镜 310 和偏振片 309 透

射形成第二路参考光；第一路测量光 315、第二路测量光 316 附加频率均为 100MHz、以 s 偏振态平行从第二偏振分光棱镜 308 的入射面入射，依次经过第二偏振分光棱镜 308 反射、第三偏振分光棱镜 310 反射、偏振片 309 透射后，再分别与第一路参考光和第二路参考光干涉形成第一测量信号和第二测量信号，两束测量信号分别入射第一光电探测器 312 和第二光电探测器 313 变为电信号形式输送解算可得到光束相位。两束干涉测量信号频率相同，均为 20MHz 频差的干涉信号；当激光干涉光刻曝光周期改变时，第一路测量光 315 与第二路测量光 316 间距改变，同时向偏振分光镜中心或边缘偏移，参考光 314 向偏振分光镜中心或边缘偏移相同距离，可保证输出的测量信号始终保持合束，信号强度并不会随之改变，由此完成对激光干涉光刻变周期曝光的实时条纹控制。

上述快轴方向指波片中传播速度快的光矢量方向。范德华力又称范德瓦尔斯力（van der Waals force），指分子间作用力。

当然，本申请还可有其它多种实施例，在不背离本申请精神及其实质的情况下，本领域技术人员可根据本申请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申请的权利要求的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种用于激光干涉光刻系统的相位测量装置，其特征在于，包括第一波片、第一偏振分光棱镜、第四波片、后向反射镜、第三波片、反射镜、第二波片、偏振片、第二偏振分光棱镜、第三偏振分光棱镜、第一光电探测器、第二光电探测器和基座；所述第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜固定在基座上，且第一偏振分光棱镜的出射面与第三偏振分光棱镜的一个入射面相邻，第二偏振分光棱镜的出射面与第三偏振分光棱镜的另一个入射面相邻；第一光电探测器和第二光电探测器位于第三偏振分光棱镜的出射面方向固定在基座上；

所述第一波片的快轴方向与第一偏振分光棱镜边缘呈 45° 角设置在第一偏振分光棱镜的一个入射面，且第一波片边缘与第一偏振分光棱镜入射面直角边相切；所述后向反射镜的边线方向与第一偏振分光棱镜底部边线垂直设置在第一偏振分光棱镜的另一入射面；所述第四波片的快轴方向与第一偏振分光棱镜边缘呈 45° 角设置在第一偏振分光棱镜和后向反射镜之间；所述第三波片的快轴方向与第一偏振分光棱镜边缘呈 45° 角设置在第一偏振分光棱镜的一个出射面，且第三波片与第一波片同轴；所述反射镜与第三波片同轴设置在背离第一偏振分光棱镜的第三波片外侧；所述第二波片设置在第一偏振分光棱镜与第三偏振分光棱镜之间，且位于经反射镜反射、第三波片透射和第一偏振分光棱镜反射后的光束线路上，第二波片的边缘与第一偏振分光棱镜的出射面直角边相切；偏振片的偏振方向与第三偏振分光棱镜呈 45° 角设置在第三偏振分光棱镜的出射面，

其中，所述第一波片、第三波片和第四波片都是四分之一波片，所述第二波片为二分之一波片，

其中，参考光以 s 偏振态入射第一波片透射至第一偏振分光棱镜入射面，经第一偏振分光棱镜后的反射光以 s 偏振态依次经过第四波片、后向反射镜反射、第四波片后变为 p 偏振态，再经过第一偏振分光棱镜、第三偏振分光棱镜和偏振片透射形成第一路参考光；经第一偏振分光棱镜后的透射光依次经过第三波片透射、反射镜反射和第三波片透射后变为 s 偏振态，然后经过第一偏振分光棱镜反射至第二波片透射后变为 p 偏振态，再经过第三偏振分光棱镜和偏振片透射形成第二路参考光；

第一路测量光以 s 偏振态入第二偏振分光棱镜的入射面,依次经过第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜反射到偏振片透射,与第一路参考光干涉形成第一测量信号入射第一光电探测器输出;第二路测量光附加频率为以 s 偏振态入第二偏振分光棱镜的入射面,依次经过第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜反射到偏振片透射,与第二路参考光干涉形成第二路测量信号入射第二光电探测器输出。

2. 根据权利要求 1 所述的用于激光干涉光刻系统的相位测量装置,其特征在于,还包括外壳,所述外壳罩着第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜并固定在基座。

3. 根据权利要求 1 所述的用于激光干涉光刻系统的相位测量装置,其特征在于,所述基座的上表面设置第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜的安装凹槽,第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜固定在基座的凹槽上。

4. 根据权利要求 3 所述的用于激光干涉光刻系统的相位测量装置,其特征在于,所述基座上的第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜的安装凹槽采用六点定位方法加工定位。

5. 根据权利要求 1 所述的用于激光干涉光刻系统的相位测量装置,其特征在于,所述第一偏振分光棱镜、第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜分别与基座通过速干胶粘接。

6. 根据权利要求 1 所述的用于激光干涉光刻系统的相位测量装置,其特征在于,所述第一波片、第二波片、第三波片及第四波片分别与第一偏振分光棱镜通过范德华力粘接,偏振片与第三偏振分光棱镜通过范德华力粘接。

7. 根据权利要求 1 所述的用于激光干涉光刻系统的相位测量装置,其特征在于,所述后向反射镜与第四波片通过紫外固化胶粘接;所述反射镜与第三波片通过紫外固化胶粘接。

8. 一种用于激光干涉光刻系统的相位测量装置的使用方法,其特征在于,参考光附加频率为 120MHz、以 s 偏振态入射第一波片透射至第一偏振分光棱镜入射面,经第一偏振分光棱镜后的反射光以 s 偏振态依次经过第四波片、后向反射镜反射、第四波片后变为 p 偏振态,再经过第一偏振分光棱镜、第三偏振分光棱镜和偏振片透射形成第一路参考光;经第一偏振分光棱镜后的透

射光依次经过第三波片透射、反射镜反射和第三波片透射后变为 s 偏振态，然后经过第一偏振分光棱镜反射至第二波片透射后变为 p 偏振态，再经过第三偏振分光棱镜和偏振片透射形成第二路参考光；

第一路测量光附加频率为 100MHz、以 s 偏振态入第二偏振分光棱镜的入射面，依次经过第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜反射到偏振片透射，与第一路参考光干涉形成第一测量信号入射第一光电探测器输出；第二路测量光附加频率为 100MHz、以 s 偏振态入第二偏振分光棱镜的入射面，依次经过第二偏振分光棱镜和第三偏振分光棱镜反射到偏振片透射，与第二路参考光干涉形成第二路测量信号入射第二光电探测器输出；解算输出的第一测量信号和第二路测量信号得到第一路测量光和第二路测量光的相位。

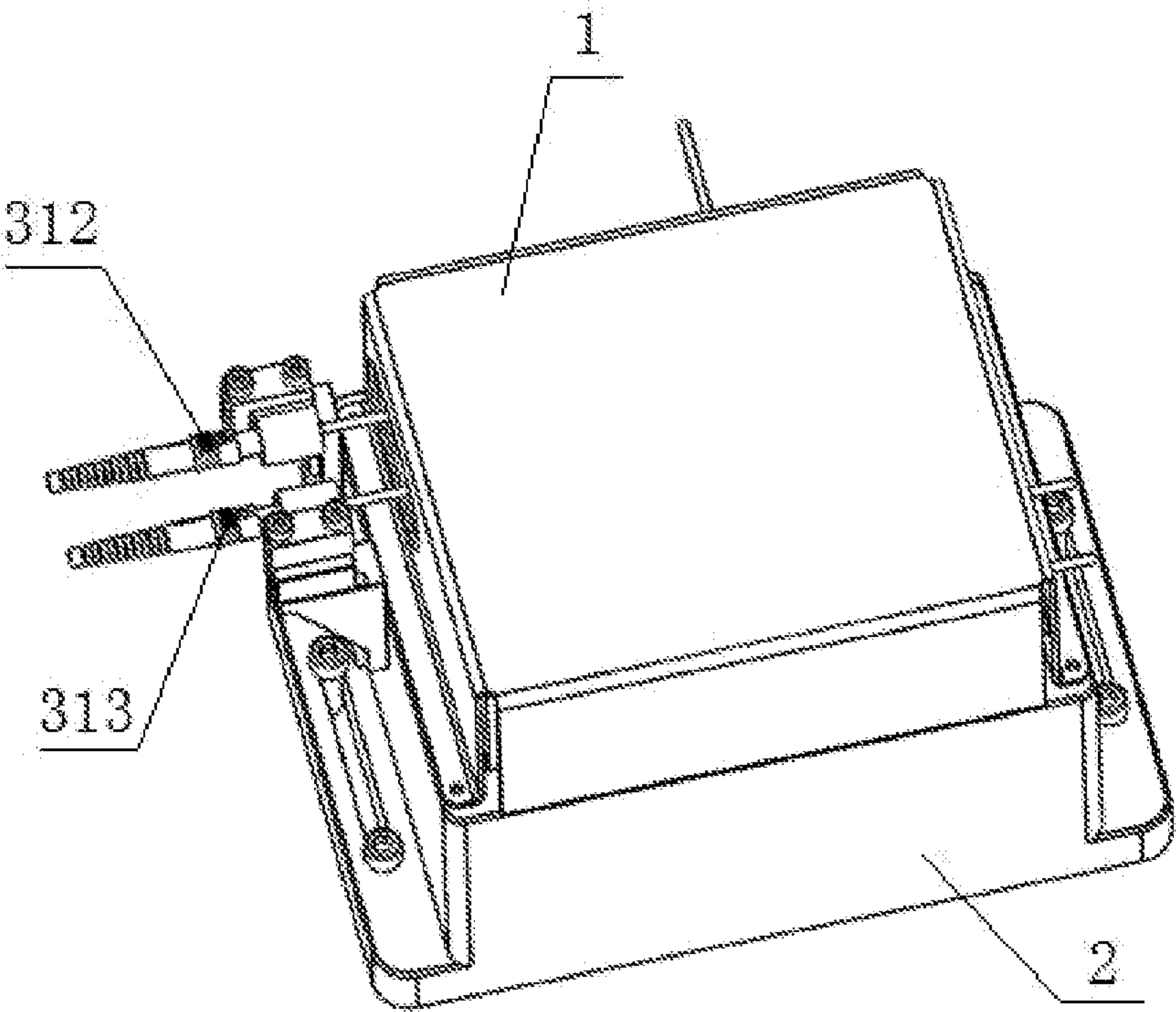


图 1

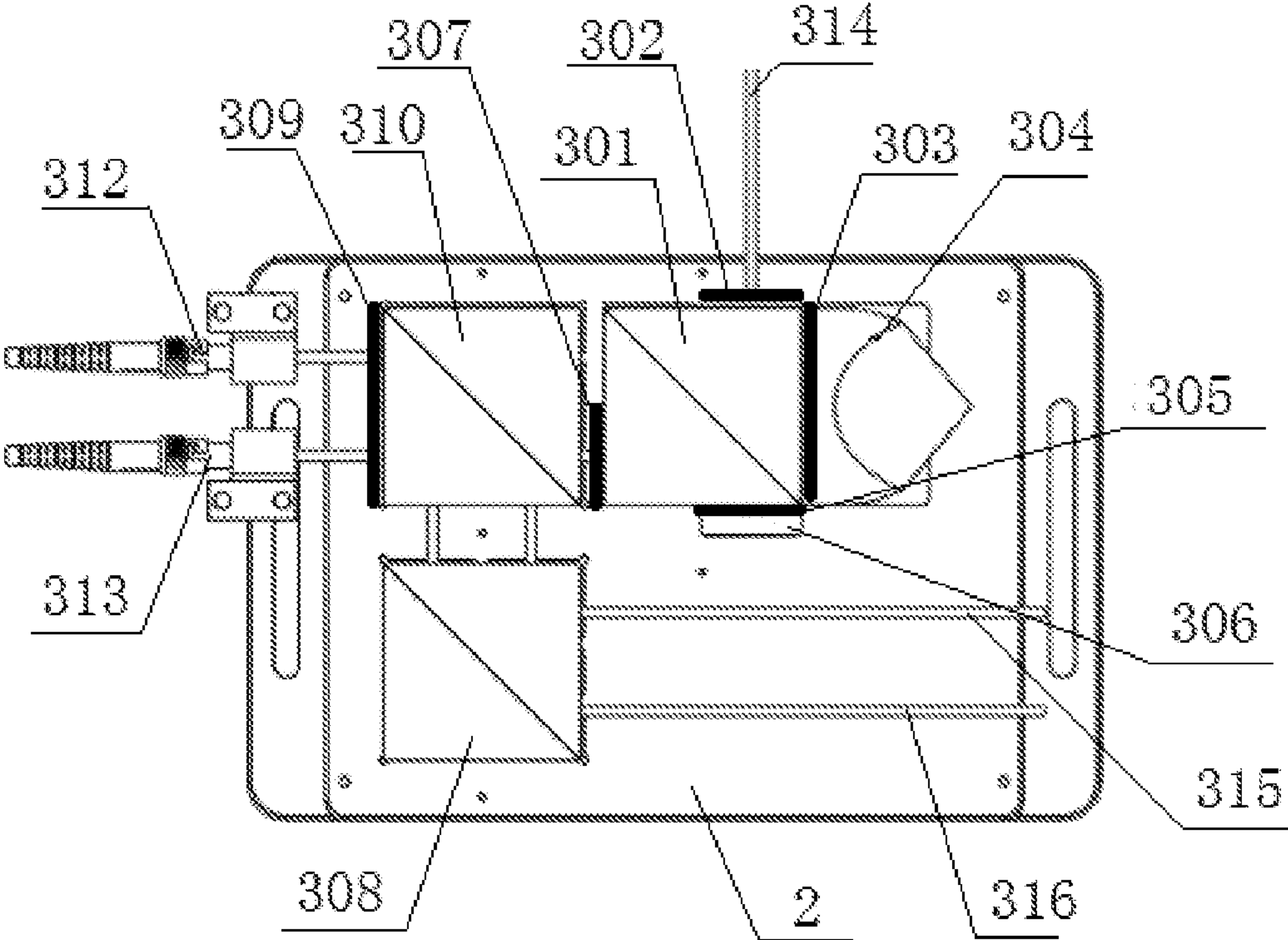


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/123228

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F 7/20(2006.01)i; G02B 27/28(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F,G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 清华, 激光, 光刻, 干涉, 相位 or 位相, 测量, 参考, 探测 or 检测 or 探头 or 传感, 分束 or 分光, 偏振, 棱镜, 波片, 反射, laser, expos+ or photoengrav+ or photofabricat+ or photolithogra+ or lithophotogra+, interfer+, phase?, mirror? or reflect+, beam?, split+, polar+, pbs?, wave w plate?, detect+ or sens+ or monitor+ or measur+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110837213 A (TSINGHUA UNIVERSITY et al.) 25 February 2020 (2020-02-25) description, paragraphs [0008]-[0030]	1-8
A	CN 103092002 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 08 May 2013 (2013-05-08) description, paragraphs [0040]-[0048], and figures 1-10	1-8
A	CN 106225667 A (HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 14 December 2016 (2016-12-14) entire document	1-8
A	CN 101413783 A (AVIC I BEIJING CHANGCHENG INSTITUTE OF METROLOGY & MEASUREMENT) 22 April 2009 (2009-04-22) entire document	1-8
A	US 6137574 A (ZYGO CORPORATION) 24 October 2000 (2000-10-24) entire document	1-8
A	US 4765741 (HEWLETT PACKARD COMPANY) 23 August 1988 (1988-08-23) entire document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 January 2021	26 January 2021
Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088 China	
Facsimile No. (86-10)62019451	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/123228

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110837213	A	25 February 2020	None			
CN	103092002	A	08 May 2013	CN	103092002	B	07 January 2015
CN	106225667	A	14 December 2016	CN	106225667	B	02 October 2018
CN	101413783	A	22 April 2009	CN	101413783	B	27 June 2012
US	6137574	A	24 October 2000	DE	60022868	T2	22 June 2006
				EP	1169613	A1	09 January 2002
				WO	0055573	A9	11 July 2002
				JP	4509389	B2	21 July 2010
				DE	60022868	D1	03 November 2005
				JP	2002539443	A	19 November 2002
				EP	1169613	B1	28 September 2005
				WO	0055573	A1	21 September 2000
				TW	421708	B	11 February 2001
US	4765741		23 August 1988	HK	201096	A	15 November 1996
				EP	0284304	A1	28 September 1988
				JP	2650953	B2	10 September 1997
				DE	3866143	D1	19 December 1991
				JP	S63252203	A	19 October 1988
				EP	0284304	B1	13 November 1991

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2020/123228
A. 主题的分类 G03F 7/20(2006.01) i; G02B 27/28(2006.01) i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G03F, G02B 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC: 清华, 激光, 光刻, 干涉, 相位 or 位相, 测量, 参考, 探测 or 检测 or 探头 or 传感, 分束 or 分光, 偏振, 棱镜, 波片, 反射, laser, expos+ or photoengrav+ or photofabricat+ or photolithogra+ or lithophotogra+, interfer+, phase?, mirror? or reflect+, beam?, split+, polar+, pbs?, wave w plate?, detect+ or sens+ or monitor+ or measur+		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 110837213 A (清华大学 等) 2020年 2月 25日 (2020 - 02 - 25) 说明书第[0008]-[0030]段	1-8
A	CN 103092002 A (清华大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0040]-[0048]段, 图1-10	1-8
A	CN 106225667 A (合肥工业大学) 2016年 12月 14日 (2016 - 12 - 14) 全文	1-8
A	CN 101413783 A (中国航空工业第一集团公司北京长城计量测试技术研究所) 2009年 4月 22日 (2009 - 04 - 22) 全文	1-8
A	US 6137574 A (ZYGO CORPORATION) 2000年 10月 24日 (2000 - 10 - 24) 全文	1-8
A	US 4765741 (HEWLETT PACKARD COMPANY) 1988年 8月 23日 (1988 - 08 - 23) 全文	1-8
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2021年 1月 6日		国际检索报告邮寄日期 2021年 1月 26日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 张玥 电话号码 86-(10)-53962603

国际检索报告 关于同族专利的信息				国际申请号 PCT/CN2020/123228			
检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110837213	A	2020年 2月 25日	无			
CN	103092002	A	2013年 5月 8日	CN	103092002	B	2015年 1月 7日
CN	106225667	A	2016年 12月 14日	CN	106225667	B	2018年 10月 2日
CN	101413783	A	2009年 4月 22日	CN	101413783	B	2012年 6月 27日
US	6137574	A	2000年 10月 24日	DE	60022868	T2	2006年 6月 22日
				EP	1169613	A1	2002年 1月 9日
				WO	0055573	A9	2002年 7月 11日
				JP	4509389	B2	2010年 7月 21日
				DE	60022868	D1	2005年 11月 3日
				JP	2002539443	A	2002年 11月 19日
				EP	1169613	B1	2005年 9月 28日
				WO	0055573	A1	2000年 9月 21日
				TW	421708	B	2001年 2月 11日
US	4765741		1988年 8月 23日	HK	201096	A	1996年 11月 15日
				EP	0284304	A1	1988年 9月 28日
				JP	2650953	B2	1997年 9月 10日
				DE	3866143	D1	1991年 12月 19日
				JP	S63252203	A	1988年 10月 19日
				EP	0284304	B1	1991年 11月 13日