

(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
2014 年 12 月 24 日 (24.12.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/201950 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01B 11/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/079223
- (22) 国际申请日: 2014 年 6 月 5 日 (05.06.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310243113.X 2013 年 6 月 19 日 (19.06.2013) CN
- (71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 张鸣 (ZHANG, Ming); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。朱煜 (ZHU, Yu); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。王磊杰 (WANG, Leijie); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。杨开明 (YANG, Kaiming); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。刘召 (LIU, Zhao); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。成荣 (CHENG,

Rong); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。刘昊 (LIU, Hao); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。徐登峰 (XU, Dengfeng); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。叶伟楠 (YE, Weinan); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。张利 (ZHANG, Li); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。赵彦坡 (ZHAO, Yanpo); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。田丽 (TIAN, Li); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。张金 (ZHANG, Jin); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。胡金春 (HU, Jinchun); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。穆海华 (MU, Haihua); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。尹文生 (YIN, Wensheng); 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。秦慧超 (QIN, Huichao); 中国北京市海淀区 100084

[见续页]

(54) Title: DISPLACEMENT MEASUREMENT SYSTEM FOR TWO-DEGREE-OF-FREEDOM HETERODYNE GRATING INTERFEROMETER

(54) 发明名称: 一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统

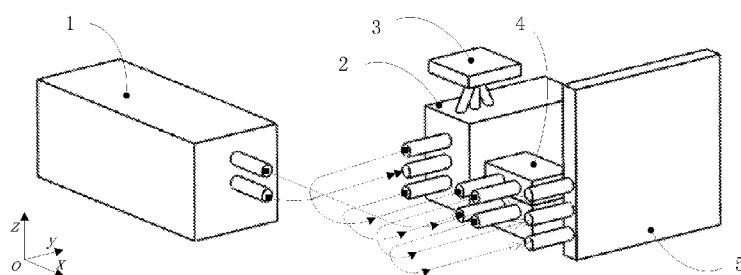


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: A displacement measurement system for a two-degree-of-freedom heterodyne grating interferometer, comprising a double-frequency laser (1), a grating interferometer (2), a measurement grating (3), a receiver (4) and an electronic signal processing component (5), wherein the grating interferometer (2) comprises a polarizing spectroscopy (21), a reference grating (22) and dioptric elements (23a, 23b, 23c). The measurement system achieves the displacement measurement on the basis of the grating diffraction, the optical Doppler effect and the optical beat frequency principle. After the double-frequency laser emitted from the double-frequency laser (1) is incident onto the grating interferometer (2) and the measurement grating (3), two paths of optical signals are output to the receiver (4), and then to the electronic signal processing component (5). When the grating interferometer (2) and the measurement grating (3) conduct two-degree-of-freedom linear relative motion, the system can output two linear displacements. The measurement system can achieve sub-nanometer or even higher resolution and accuracy, and can simultaneously measure two linear displacements. The measurement system has the advantages of insensitivity to the environment, high measurement accuracy, a small volume and light weight, and can improve the comprehensive performance of a workpiece stage as a position measurement system for an ultra-precise workpiece stage of a photoetching machine.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2014/201950 A1



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 (BEIJING 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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))。

一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统, 包括双频激光器 (1)、光栅干涉仪 (2)、测量光栅 (3)、接收器 (4)、电子信号处理部件 (5); 光栅干涉仪 (2) 包括偏振分光镜 (21)、参考光栅 (22)、折光元件 (23a, 23b, 23c); 该测量系统基于光栅衍射、光学多普勒效应和光学拍频原理实现位移测量。双频激光器 (1) 出射的双频激光入射至光栅干涉仪 (2)、测量光栅 (3) 后输出两路光信号至接收器 (4), 后至电子信号处理部件 (5)。当光栅干涉仪 (2) 与测量光栅 (3) 做二自由度线性相对运动时, 系统可输出二个线性位移。该测量系统能够实现亚纳米甚至更高分辨率及精度, 且能够同时测量二个线性位移。该测量系统具有对环境不敏感、测量精度高、体积小、质量轻等优点, 作为光刻机超精密工件台位置测量系统可提升工件台综合性能。

说明书

一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统

技术领域

本发明涉及一种光栅测量系统，特别涉及一种用于光刻机工件台位移测量的二自由度外差光栅干涉仪测量系统。

背景技术

光栅测量系统作为一种典型的位移传感器广泛应用于众多机电设备。光栅测量系统的测量原理主要基于莫尔条纹原理和衍射干涉原理。基于莫尔条纹原理的光栅测量系统作为一种发展成熟的位移传感器以其测距长、成本低、易于装调等众多优点成为众多机电设备位移测量的首选，但精度通常在微米量级，常见于一般工业应用。

半导体制造装备中的光刻机是半导体芯片制作中的关键设备。超精密工件台是光刻机的核心子系统，用于承载掩模板和硅片完成高速超精密步进扫描运动。超精密工件台以其高速、高加速、大行程、超精密、多自由度等运动特点成为超精密运动系统中最具代表性的一类系统。为实现上述运动，超精密工件台通常采用双频激光干涉仪测量系统测量超精密工件台多自由度位移。然而随着测量精度、测量距离、测量速度等运动指标的不断提高，双频激光干涉仪以环境敏感性、测量速度难以提高、占用空间大、价格昂贵、测量目标工件台动态特性差等存在的一系列问题，从而难以满足更高的测量需求。

针对上述问题，世界上超精密测量领域的各大公司及研究机构展开了一系列的研究，研究主要集中于基于衍射干涉原理的光栅测量系统，研究成果在诸多专利论文中均有揭露。

美国专利文献 US7,102,729 B2 (公开日 2005 年 8 月 4 日)、US7,483,120 B2 (公开日 2007 年 11 月 15 日)、US7,940,392 B2 (公开日 2009 年 12 月 24 日)、公开号 US2010/0321665 A1 (公开日 2010 年 12 月 23 日)公开了一种应用于光刻机超精密工件台的平面光栅测量系统及布置方案，该测量系统主要利用一维或二维的平面光栅配合读数头测量工件台水平大行程位移，垂直方向位移测量采用电涡流或干涉仪等传感器，但多种传感器的应用限制工件台测量精度。美国专利文献公开号 US2011/0255096 A1 (公开日 2011 年 10 月 20 日)公开了一种应用于光刻机超精密工件台的光栅测量系统，该测量系统亦采用一维或二维光栅配合特定的读数头实现位移测量，可同时进行水平向和垂向位移测量，但结构复杂；美国专利文献公开号 US2011/0096334 A1 (公开日 2011 年 4 月 28 日)公开了一种外差干涉仪，该干涉仪中采用光栅作为目标镜，但该干涉仪仅能实现一维测量。日本学者 GAOWEI 在研究论文“Design and construction of a two-degree-of-freedom linear encoder for nanometric measurement of stage position and straightness. Precision Engineering 34(2010)145-155”中提出了一种利用衍射干涉原理的单频二维光栅测量系统，该光栅测量系统可同时实现水平和垂直向的位移测量，但由于采用单频激光，测量信号易受干扰，精度难以保证。中国专利文献申请号 201210449244.9 (申请日 2012 年 11 月 09 日)及 201210448734.7 (申请日 2012 年 11

月 09 日) 分别公开了一种外差光栅干涉仪测量系统, 两种干涉仪测量系统中的读数头结构中均采用了四分之一波片用于改变光束的偏振态, 光学结构复杂, 同时光学元件的非理想性将导致测量误差。

发明内容

考虑到上述技术方案的局限, 寻求一种利用光学拍频原理的外差光栅干涉仪测量系统, 该测量系统能够实现二个线性自由度位移的同时测量; 该测量系统测量光路短、环境敏感性低、测量信号易于处理, 分辨率与精度可达亚纳米甚至更高; 同时该光栅干涉仪测量系统还具有结构简洁、体积小、质量轻、易于安装、方便应用等优点。采用该测量系统作为超精密工件台位移测量装置, 能够有效的降低激光干涉仪测量系统在超精密工件台应用中的不足, 使光刻机超精密工件台性能提升。该二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统还可应用于精密机床、三坐标测量机、半导体检测设备等的工件台多自由度位移的精密测量。

本发明的技术方案如下:

一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统, 其特征在于: 包括双频激光器、光栅干涉仪、测量光栅、两个接收器和电子信号处理部件; 光栅干涉仪包括偏振分光镜、参考光栅、第一折光元件和第二折光元件; 双频激光器出射双频正交偏振激光经光纤耦合入射至偏振分光镜后分光, 透射光为参考光, 反射光为测量光;

所述参考光入射至参考光栅后产生两束衍射反射参考光, 两束参考光经第一折光元件后偏转形成两束平行参考光, 两束平行参考光回射至偏振分光镜后透射;

所述测量光入射至测量光栅后产生两束衍射反射测量光, 两束测量光经第二折光元件后偏转形成两束平行测量光, 两束平行测量光回射至偏振分光镜后反射;

其中的一束透射参考光和一束反射测量光重合形成一路测量光信号, 另一束透射参考光和另一束反射测量光重合形成另一路测量光信号, 两路测量光信号分别经光纤传输至两个接收器进行处理分别形成两路测量电信号, 两路测量电信号输入至电子信号处理部件进行处理;

双频激光器同时也输出一束参考电信号至电子信号处理部件; 当测量光栅相对于光栅干涉仪做水平向和垂向两个自由度的线性运动时, 电子信号处理部件将输出二自由度线性位移。

上述技术方案中, 所述的参考光栅、测量光栅均采用一维反射型光栅, 所述的第一折光元件和第二折光元件均采用两个直角棱镜组成, 两个直角棱镜并列布置。

本发明另一技术方案是: 所述的第一折光元件和第二折光元件均采用两个反射镜组成。

本发明另一技术方案是: 所述的第一折光元件和第二折光元件均采用截面为等腰梯形折光的棱镜。

本发明优选技术方案是: 所述的第一折光元件和第二折光元件均采用透镜。

本发明另一优选技术方案是: 所述的两个接收器与电子信号处理部件集成为一体化结构, 所述的两路测量光信号和双频激光器输出的一路参考电信号输入至一体化结构进行处理后, 输出水平向和垂直向二自由度线性运动位移。

本发明所提供的一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统具有以下优点及突出性效

果：

该测量系统能够实现二个线性自由度位移的同时测量；该测量系统测量光路短、环境敏感性低、测量信号易于处理，分辨率与精度可达亚纳米甚至更高；同时该光栅干涉仪测量系统还具有结构简洁、体积小、质量轻、易于安装、方便应用等优点。应用于光刻机超精密工件台的位移测量，对比激光干涉仪测量系统，在满足测量需求的基础上，可有效的降低工件台体积、质量，大大提高工件台的动态性能，使工件台整体性能综合提高。该二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统还可应用于精密机床、三坐标测量机、半导体检测设备等的工件台多自由度位移的精密测量中。

附图说明

图 1 为本发明第一种外差光栅干涉仪位移测量系统示意图。

图 2 为本发明第一种光栅干涉仪内部结构示意图。

图 3 为本发明第二种外差光栅干涉仪位移测量系统示意图。

图 4 为本发明第二种光栅干涉仪内部结构示意图。

图 5 为本发明第三种光栅干涉仪内部结构示意图。

图 6 为本发明第四种光栅干涉仪内部结构示意图。

图中，1——双频激光器，2——光栅干涉仪，3——测量光栅，4——接收器，5——电子信号处理部件，6——一体化结构；21——偏振分光镜，22——参考光栅，23a——直角棱镜，23b——反射镜，23c——折光棱镜，23d——透镜。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的结构、原理和具体实施方式作进一步地详细描述。

请参考图 1，图 1 为本发明第一种外差光栅干涉仪位移测量系统示意图。如图 1 所示，该二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统包括双频激光器 1、光栅干涉仪 2、测量光栅 3、接收器 4、电子信号处理部件 5，测量光栅 3 为一维反射型光栅。

请参考图 2，图 2 为本发明第一种光栅干涉仪内部结构示意图。所述的光栅干涉仪 2 包括偏振分光镜 21、参考光栅 22、第一折光元件、第二折光元件，参考光栅 22 为一维反射型光栅，第一折光元件与第二折光元件均采用两个直角棱镜 23a 组成，两个直角棱镜 23a 并列布置。

结合图 1、图 2 阐述测量系统原理，所述的双频激光器 1 出射双频正交偏振激光经光纤耦合入射至偏振分光镜 21 后分光，透射光为参考光，反射光为测量光。

所述参考光入射至参考光栅 22 后产生两束衍射反射参考光，两束参考光分别经两个直角棱镜 23a 后偏转形成两束平行参考光，两束平行参考光回射至偏振分光镜 21 后透射。

所述测量光入射至测量光栅 3 后产生两束衍射反射测量光，两束测量光经分别经两个直角棱镜 23a 后偏转形成两束平行测量光，两束平行测量光回射至偏振分光镜 21 后反射。

其中的一束透射参考光和一束反射测量光重合形成一路测量光信号，另一束透射参考光和另一束反射测量光重合形成另一路测量光信号，两路测量光信号分别经光纤传输至两个接

收器 4 进行处理分别形成两路测量电信号，两路测量电信号输入至电子信号处理部件 5 进行处理。

双频激光器 1 同时也输出一束参考电信号至电子信号处理部件 5；当测量光栅 3 相对于光栅干涉仪 2 做水平向和垂向（其中垂向运动为微小运动，运动范围为 1mm）两个自由度的线性运动时，电子信号处理部件 5 将输出二自由度线性位移。

二自由度运动位移的表达式为 $x=k_x \times (\alpha - \beta)$ 、 $z=k_z \times (\alpha + \beta)$ ， $k_x = \Lambda / 4\pi$ ， $k_z = \lambda / 4(1 + \cos \theta)$ ，式中 α 、 β 为电子信号处理卡的读数值， Λ 为光栅常数， λ 为激光波长， θ 为光栅衍射角，取 $\Lambda = 1\mu\text{m}$ ， $\lambda = 632.8\text{nm}$ ， α 、 β 的相位分辨率为 $2\pi / 1024$ ，外差光栅干涉仪的 x 、 z 的测量分辨率分别为 0.49nm、0.18nm。

请参考图 3，图 3 为本发明第二种外差光栅干涉仪位移测量系统示意图。如图 3 所示，所述的两个接收器与电子信号处理部件 5 集成为一体化结构 6，所述的两路测量光信号和双频激光器输出的一路参考电信号输入至一体化结构 6 进行处理后，输出水平向和垂直向二自由度线性运动位移。测量系统采用这种一体化结构 6 可有效的减少系统部件数量，提高系统的抗干扰能力，提高系统集成性。

请参考图 4，图 4 为本发明第二种光栅干涉仪内部结构示意图。如图 4 所示，光栅干涉仪内部结构中的第一折光元件、第二折光元件均采用两个反射镜 23b 组成。对比采用直角棱镜 23a 方案，该方案可消除光束通过直角棱镜所引起的测量非线性，但反射镜的安装占据更大的空间。

请参考图 5，图 5 为本发明第三种光栅干涉仪内部结构示意图。如图 5 所示，光栅干涉仪内部结构中的第一折光元件、第二折光元件均采用截面为等腰梯形的折光棱镜 23c。该折光棱镜 23c 将一组直角棱镜 23a 集成，具有结构简洁、便于安装等优点。

请参考图 6，图 6 为本发明第四种光栅干涉仪内部结构示意图。如图 6 所示，光栅干涉仪内部结构中的第一折光元件、第二折光元件均采用透镜 23d 实现光束偏转，对比折光棱镜 23c，采用透镜 23d，占用空间小，可使干涉仪结构更加紧凑、简洁、便于安装。

上述实施方式中给出的测量系统及结构方案能够实现二个线性自由度位移的同时测量；且系统测量光路短、环境敏感性低、测量信号易于处理，分辨率与精度可达亚纳米甚至更高；同时该光栅干涉仪测量系统还具有结构简洁、体积小、质量轻、易于安装、方便应用等优点。应用于光刻机超精密工件台的位移测量，对比激光干涉仪测量系统，在满足测量需求的基础上，可有效的降低工件台体积、质量，大大提高工件台的动态性能，使工件台整体性能综合提高。该三自由度外差光栅干涉仪位移测量系统还可应用于精密机床、三坐标测量机、半导体检测设备等的工件台多自由度位移的精密测量中。

权利要求书

1. 一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统，其特征在于：包括双频激光器（1）、光栅干涉仪（2）、测量光栅（3）、两个接收器（4）和电子信号处理部件（5）；光栅干涉仪（2）包括偏振分光镜（21）、参考光栅（22）、第一折光元件和第二折光元件；双频激光器（1）出射双频正交偏振激光经光纤耦合入射至偏振分光镜（21）后分光，透射光为参考光，反射光为测量光；

所述参考光入射至参考光栅（22）后产生两束衍射反射参考光，两束参考光经第一折光元件后偏转形成两束平行参考光，两束平行参考光回射至偏振分光镜（21）后透射；

所述测量光入射至测量光栅（3）后产生两束衍射反射测量光，两束测量光经第二折光元件后偏转形成两束平行测量光，两束平行测量光回射至偏振分光镜（21）后反射；

其中的一束透射参考光和一束反射测量光重合形成一路测量光信号，另一束透射参考光和另一束反射测量光重合形成另一路测量光信号，两路测量光信号分别经光纤传输至两个接收器（4）进行处理分别形成两路测量电信号，两路测量电信号输入至电子信号处理部件（5）进行处理；

双频激光器（1）同时也输出一束参考电信号至电子信号处理部件（5）；当测量光栅（3）相对于光栅干涉仪（2）做水平向和垂向两个自由度的线性运动时，电子信号处理部件（5）将输出二自由度线性位移。

2. 根据权利要求 1 所述的一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统，其特征在于：所述的参考光栅（22）和测量光栅（3）均采用一维反射型光栅。

3. 根据权利要求 1 所述的一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统，其特征在于：所述的第一折光元件和第二折光元件均采用两个直角棱镜（23a）组成，两个直角棱镜（23a）并列布置。

4. 根据权利要求 1 所述的一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统，其特征在于：所述的第一折光元件和第二折光元件均采用两个反射镜（23b）组成。

5. 根据权利要求 1 所述的一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统，其特征在于：所述的第一折光元件和第二折光元件均采用截面为等腰梯形的折光棱镜（23c）。

6. 根据权利要求 1 所述的一种三自由度外差光栅干涉仪位移测量系统，其特征在于：所述的第一折光元件和第二折光元件均采用透镜（23d）。

7. 根据权利要求 1-6 任一权利要求所述的一种二自由度外差光栅干涉仪位移测量系统，其特征在于：所述的两个接收器与电子信号处理部件（5）集成为一体化结构（6），所述的两路测量光信号和双频激光器输出的一路参考电信号输入至一体化结构（6）进行处理后，输出水平向和垂直向二自由度线性运动位移。

说明书附图

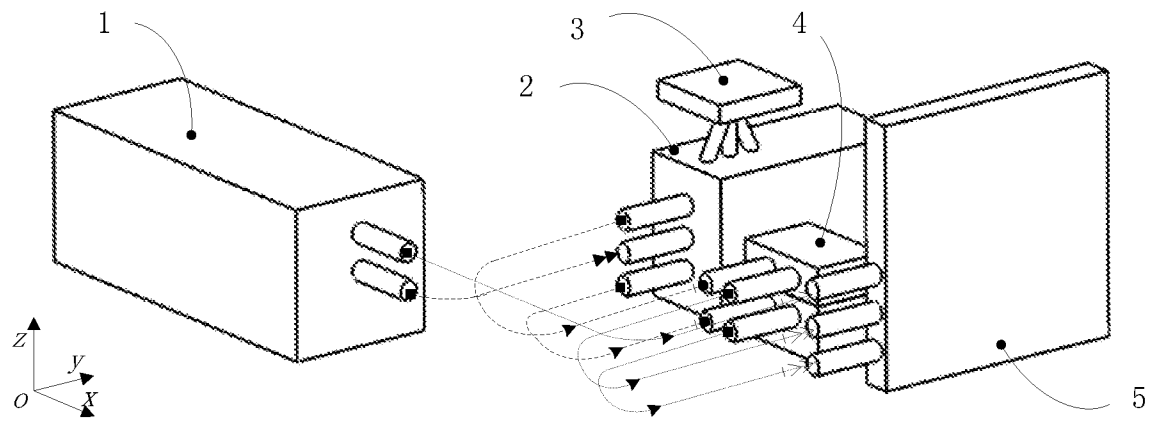


图 1

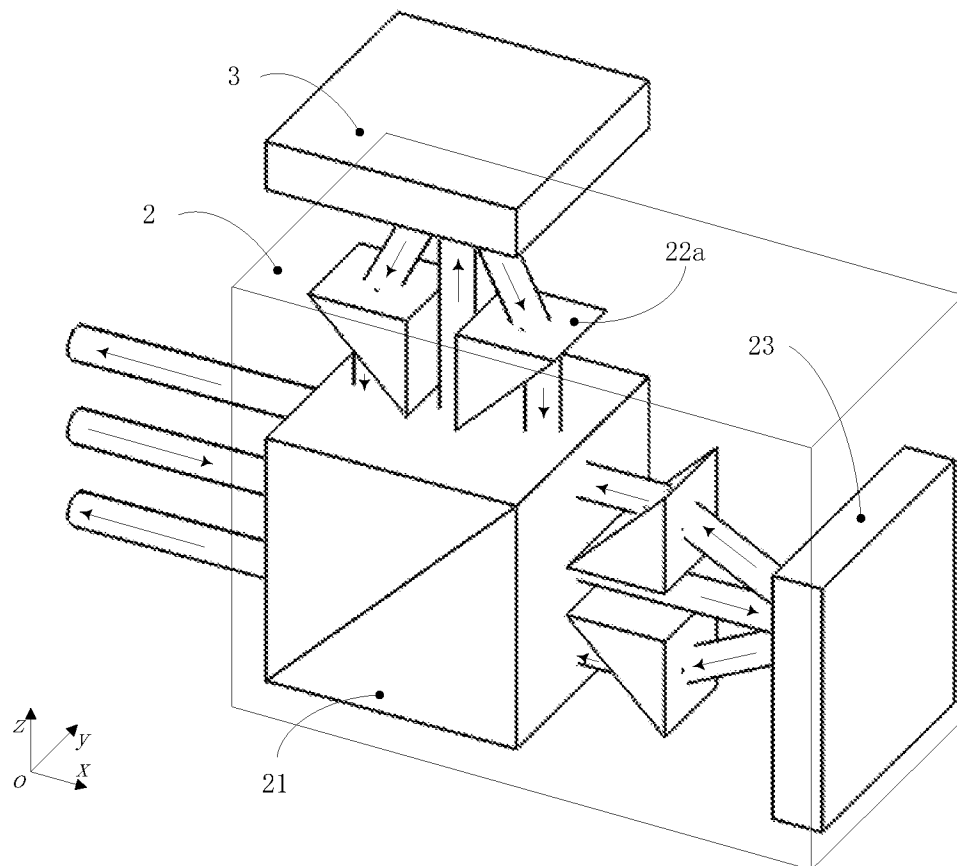


图 2

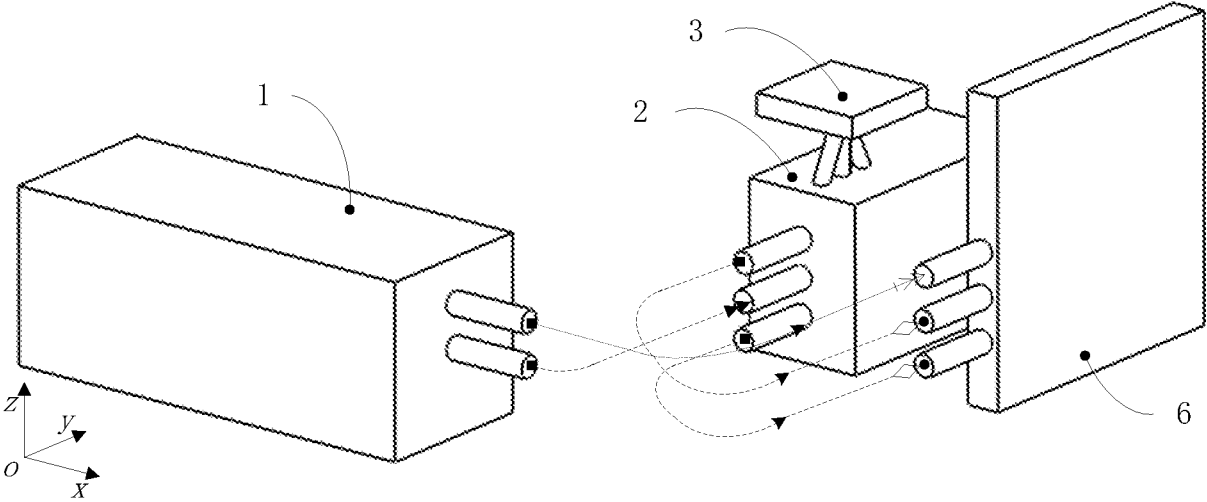


图 3

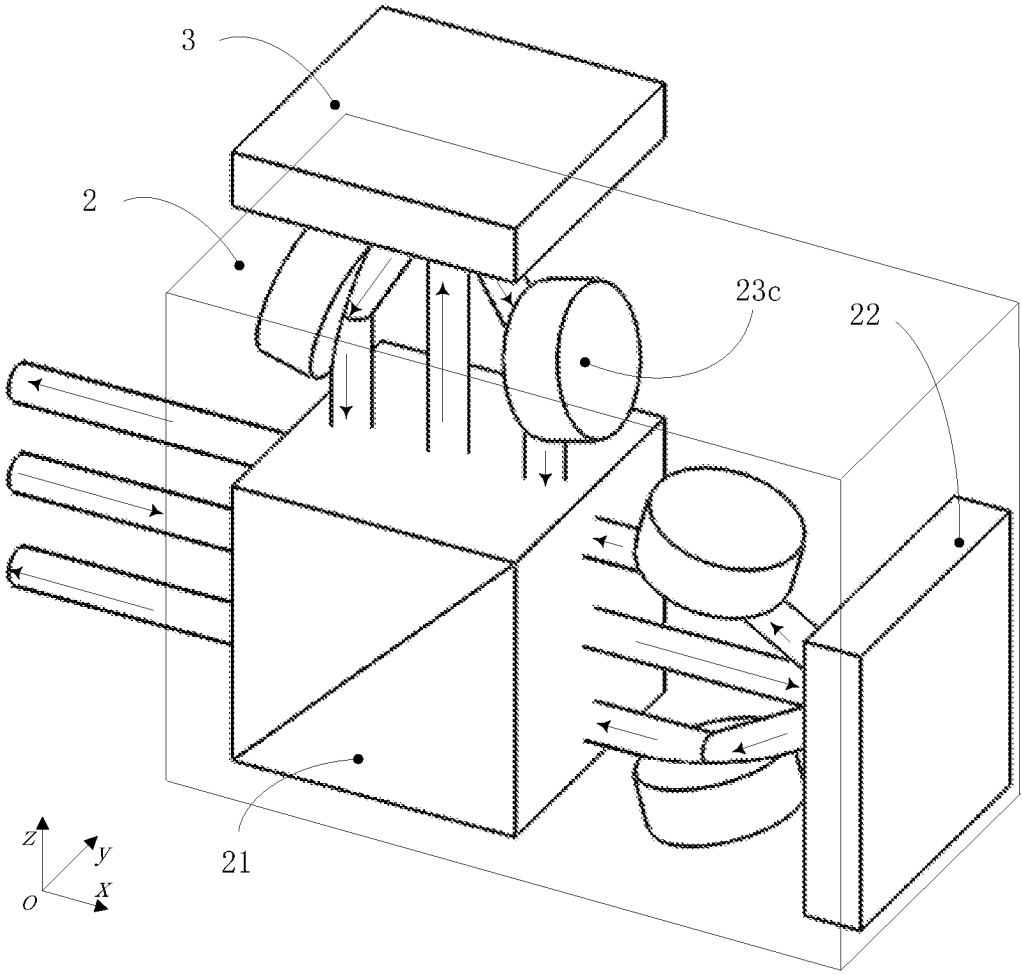


图 4

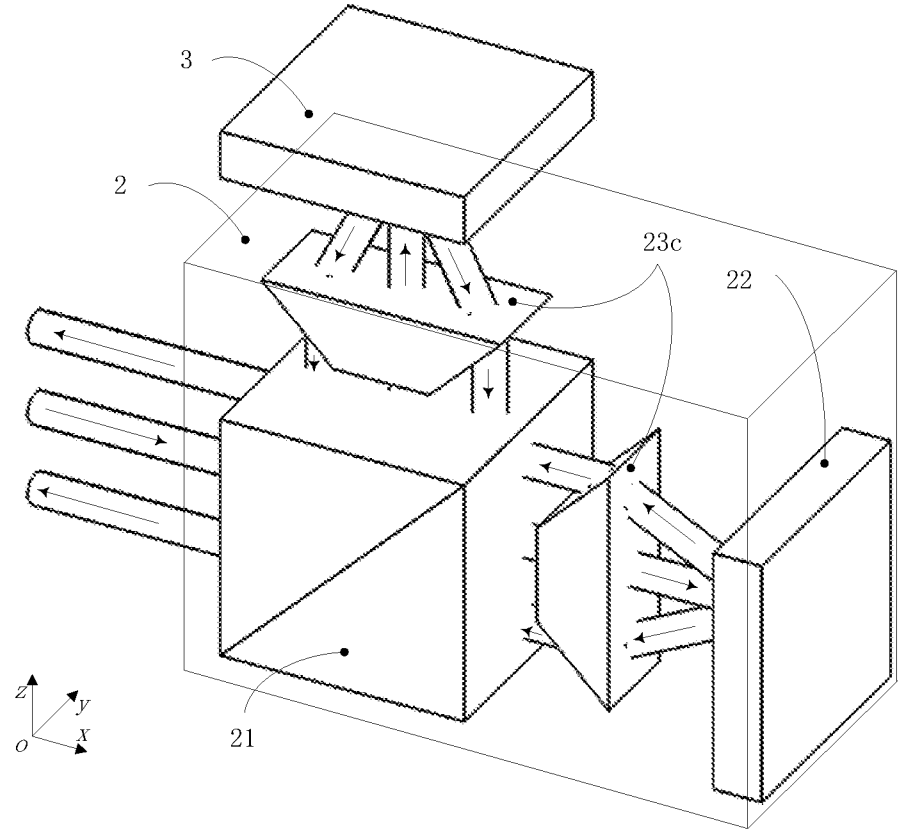


图 5

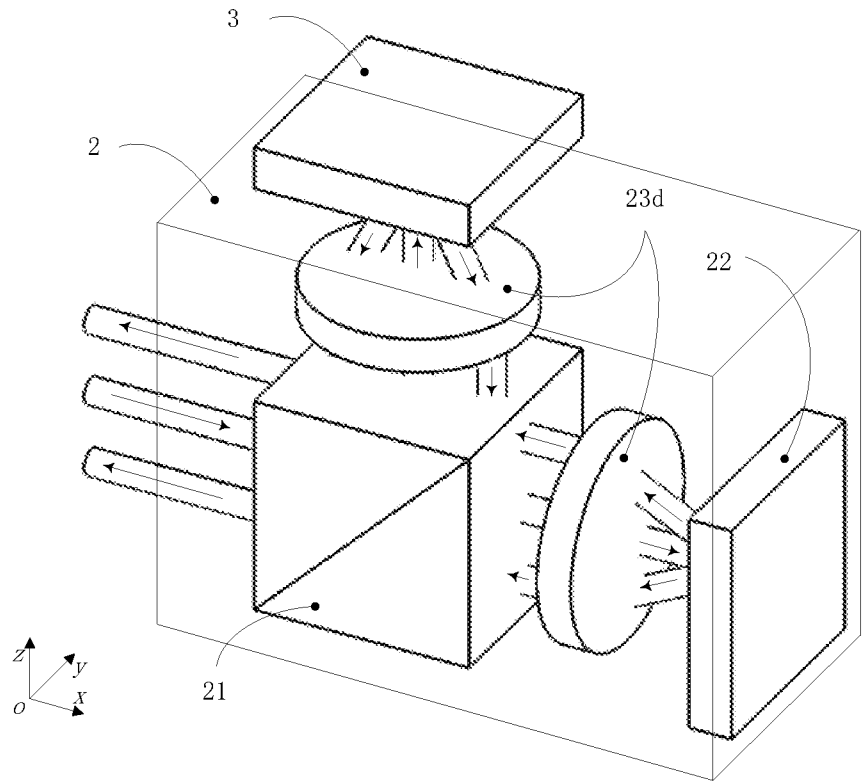


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/079223

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 11/02 (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)

G01B 11/-

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)

CNKI, ISI, CNPAT, WPI, EPODOC: TSINGHUA UNIVERSITY; ZHANG, Ming; ZHU, Yu; WANG, Leijie; QIN, Huichao; dual-frequency, shooting, beat frequency, degree of freedom, horizontal, vertical, zhang m, zhu y, wang l, qin h, two, dual, double, frequency, heterodyne, beat, grating, interfere+, displacement, degree, freedom, dof

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103307986 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 18 September 2013 (18.09.2013), description, page 2, paragraph 0006 to page 4, paragraph 0040, and figures 1-6	1-7
X	CN 102937411 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 20 February 2013 (20.02.2013), description, page 2, paragraph 0006 to page 4, paragraph 0038, and figures 1-6 and 8-10	1-7
X	CN 102944176 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 27 February 2013 (27.02.2013), description, page 2, paragraph 0006 to page 5, paragraph 0049, and figures 1-12	1-7
A	JP 6-177013 A (CANON KK), 24 June 1994 (24.06.1994), the whole document	1-7
A	TW 200928301 A (NATIONAL CENTRAL UNIVERSITY), 01 July 2009 (01.07.2009), the whole document	1-7
A	US 2011/0249270 A1 (ISHIZUKA, K.), 13 October 2011 (13.10.2011), the whole document	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 July 2014 (07.07.2014)	Date of mailing of the international search report 28 July 2014 (28.07.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer SUN, Xueting Telephone No.: (86-10) 82245897

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2014/079223

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103307986 A	18 September 2013	None	
CN 102937411 A	20 February 2013	WO 2014071806 A1	15 May 2014
CN 102944176 A	27 February 2013	WO 2014071807 A1	15 May 2014
JP 6-177013 A	24 June 1994	US 5448357 A	05 September 1995
TW 200928301 A	01 July 2009	None	
US 2011/0249270 A1	13 October 2011	EP 2378243 A1	19 October 2011
		JP 2011220890 A	04 November 2011

A. 主题的分类		
G01B 11/02(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)		
G01B 11/-		
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))		
CNKI, ISI, CNPAT, WPI, EPODOC:清华大学, 张鸣, 朱煜, 王磊杰, 秦慧超, 双频, 外差, 拍频, 光栅, 干涉, 位移, 二, 自由度, 水平, 垂, zhang m, zhu y, wang l, qin h, two, dual, double, frequency, heterodyne, beat, grating, interfere+, displacement, degree, freedom, dof		
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 103307986A (清华大学) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 说明书第2页第0006段-第4页第0040段、附图1-6	1-7
X	CN 102937411A (清华大学) 2013年 2月 20日 (2013 - 02 - 20) 说明书第2页第0006段-第4页第0038段、附图1-6, 8-10	1-7
X	CN 102944176A (清华大学) 2013年 2月 27日 (2013 - 02 - 27) 说明书第2页第0006段-第5页第0049段、附图1-12	1-7
A	JP 特开平6-177013A (CANON KK) 1994年 6月 24日 (1994 - 06 - 24) 全文	1-7
A	TW 200928301A (NATIONAL CENTRAL UNIVERSITY) 2009年 7月 01日 (2009 - 07 - 01) 全文	1-7
A	US 2011/0249270A1 (ISHIZUKA, KO) 2011年 10月 13日 (2011 - 10 - 13) 全文	1-7
☐ 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, 但为了理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		国际检索报告邮寄日期
2014年 7月 07日		2014年 7月 28日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国		孙雪婷
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)82245897

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/079223

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 103307986A	2013年 9月 18日	无	
CN 102937411A	2013年 2月 20日	WO 2014071806A1	2014年 5月 15日
CN 102944176A	2013年 2月 27日	WO 2014071807A1	2014年 5月 15日
JP 特开平6-177013A	1994年 6月 24日	US 5448357A	1995年 9月 05日
TW 200928301A	2009年 7月 01日	无	
US 2011/0249270A1	2011年 10月 13日	EP 2378243A1	2011年 10月 19日
		JP 2011220890A	2011年 11月 04日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)