



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115097697 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 23

(21) 申请号 202210205596.3

(22) 申请日 2022.03.04

(30) 优先权数据

2021-035636 2021.03.05 JP

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 岩谷聪

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

专利代理师 林振波

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G01B 9/02055 (2022.01)

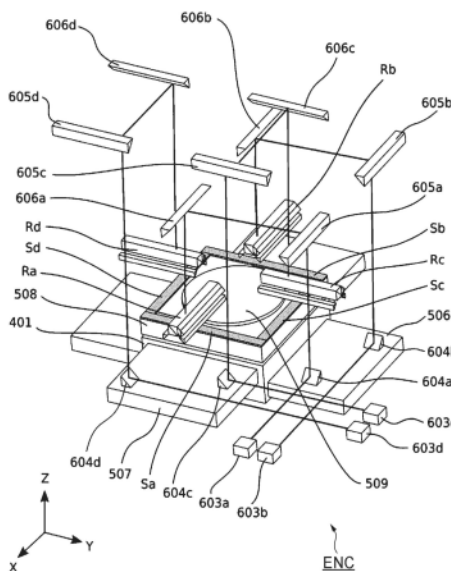
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

工作台装置、光刻设备和物品制造方法

(57) 摘要

本申请涉及工作台装置、光刻设备和物品制造方法。一种工作台装置,包括:工作台,能够在相互正交的第一方向和第二方向上移动;标尺,在工作台上布置成在第一方向上延伸;光学组件,布置成在工作台的可移动范围的至少一部分中面对标尺,并且在第二方向上延伸;和干涉仪,配置成将测量光和参考光发送到光学组件,并接收从光学组件返回的测量光和参考光;其中,光学组件配置成将来自干涉仪的测量光施加于标尺并将参考光和从标尺返回的测量光返回到干涉仪。



1. 一种工作台装置,包括:

工作台,能够在相互正交的第一方向和第二方向上移动;

标尺,在工作台上布置成在第一方向上延伸;

光学组件,布置成在工作台的可移动范围的至少一部分中面对标尺,并且在第二方向上延伸;和

干涉仪,配置成将测量光和参考光发送到光学组件,并接收从光学组件返回的测量光和参考光,

其中,光学组件配置成将来自干涉仪的测量光施加于标尺并将参考光和从标尺返回的测量光返回到干涉仪。

2. 根据权利要求1所述的工作台装置,其中:

光学组件包括:

分束器/合束器,配置成分离由干涉仪提供的测量光和参考光并把要返回干涉仪的测量光和参考光组合,

第一逆反射器,配置成将从分束器/合束器发射并由标尺衍射的测量光向标尺进行逆反射,以将测量光经由标尺返回到分束器/合束器,以及

第二逆反射器,配置成对从分束器/合束器发射的参考光进行逆反射,以将参考光返回到分束器/合束器,以及

其中,分束器/合束器、第一逆反射器和第二逆反射器在第二方向上延伸。

3. 根据权利要求2所述的工作台装置,其中:

分束器/合束器、第一逆反射器和第二逆反射器每个都是平面式逆反射器。

4. 根据权利要求1所述的工作台装置,其中:

标尺布置在工作台的顶面上。

5. 根据权利要求1所述的工作台装置,还包括:

可移动体,配置成与工作台一起在第二方向上移动;

第一反射镜,设置在可移动体中;和

第二反射镜和第三反射镜,固定地布置成与工作台、可移动体和第一反射镜分离,并在第二方向上延伸,

其中,第一反射镜、第二反射镜和第三反射镜布置成在干涉仪和光学组件之间形成测量光和参考光二者的光路。

6. 根据权利要求1所述的工作台装置,还包括:

第二标尺,在工作台上布置成在第一方向上延伸;

第二光学组件,布置成在工作台的可移动范围的至少一部分中面对第二标尺并且在第二方向上延伸;和

第二干涉仪,配置成将测量光和参考光发送到第二光学组件,并接收从第二光学组件返回的测量光和参考光,

其中,第二光学组件布置成在第一方向上与前述光学组件分离。

7. 根据权利要求6所述的工作台装置,还包括:

激光干涉仪系统,配置成测量工作台的位置,

其中,使用激光干涉仪系统也检测使用标尺、光学组件、干涉仪、第二标尺、第二光学组

件和第二干涉仪检测的工作台的位置信息中的至少一些。

8. 根据权利要求7所述的工作台装置,还包括:

致动器,配置成被控制为基于干涉仪、第二干涉仪和激光干涉仪系统提供的信息来驱动工作台。

9. 根据权利要求8所述的工作台装置,其中:

激光干涉仪系统包括激光干涉仪,激光干涉仪配置成将测量激光束施加到工作台的侧面。

10. 根据权利要求8所述的工作台装置,其中:

激光干涉仪系统包括两个激光干涉仪,这两个激光干涉仪配置成分别将测量激光束施加到工作台的侧面中的不同高度位置,以获得工作台的倾斜信息。

11. 根据权利要求1所述的工作台装置,还包括:

激光干涉仪,配置成将测量激光束施加到工作台的侧面以测量工作台的位置。

12. 根据权利要求1所述的工作台装置,还包括:

两个激光干涉仪,配置成分别将测量激光束施加到工作台侧面的不同高度位置,以获得工作台的倾斜信息。

13. 根据权利要求1至12中任一项所述的工作台装置,其中:

提供多个测量装置,以便相对于多个轴来测量工作台,以及所述多个测量装置中的至少一个测量装置具有与光学组件和干涉仪相同的构造。

14. 一种光刻设备,用于将原版的图案转印到基板,光刻设备包括:

转印单元,配置成将原版的图案转印到基板;和

根据权利要求1所述的工作台装置,配置成定位基板。

15. 一种物品制造方法,包括:

使用根据权利要求14所述的光刻设备将图案转印到基板;和

对已在转印中转印有图案的基板进行处理以获得物品。

工作台装置、光刻设备和物品制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工作台装置、光刻设备和物品制造方法。

背景技术

[0002] 在用于制造诸如半导体器件和显示器件之类物品的常规曝光设备中,可以在长时期内稳定地以高分辨率测量物体位置和位移量的激光干涉仪系统已被用作测量工作台位置的测量系统。近年来,由于对特征微细化和生产率提高的需要,要求工作台装置具有高速且高精度的定位性能。在这种情况下,由激光干涉仪的光路中的空气波动引起的测量值变化是阻碍提高器件图案套刻性能(它是曝光设备的最终性能)的因素。

[0003] 日本专利公开号2002-151405公开了一种光学编码器系统,作为激光干涉仪系统的替代方案,该光学编码器系统可以测量用于保持基板的工作台装置相对于六自由度(DOF)的姿态。光学编码器可以包括:标尺,该标尺包括以纳米级微细间距规则排列的二维网格;以及多个头部,每个头部向标尺施加半导体激光束、检测反射光或衍射光并将光转换为增量位置信息。该编码器系统的优点在于:它不受空气波动的影响,并且标尺可以永久固定在测量对象上。这意味着,除非标尺因外部热量或弹性而变形,否则测量值不会改变。还可以通过例如在组装和制造时由干涉仪进行真空测量等方式来校准关于网格的线性或正交性的测量误差。通过与校准和插值技术相结合,编码器可以提供亚纳米级的分辨率。另一方面,编码器会受到诸如标尺网格间距漂移、标尺保持单元漂移和热膨胀等机械性长期变化的影响。

[0004] 日本专利公开号2009-33166公开了一种使用激光干涉仪和编码器两者的测量系统。在该测量系统中,在工作台装置的大范围驱动行程中,编码器执行短期/短区间的高精度测量,并使用激光干涉仪校正长期/长区间的变化。

[0005] 日本专利公开号2013-525750公开了一种能够进行多轴同时测量的干涉式编码器系统,它是常规激光干涉仪系统的扩展。传统上,外差干涉式激光干涉仪已用于曝光设备中。在外差干涉式激光干涉仪中,测量光和参考光从一个公共光源发射,通过将测量对象反射的测量光和用作参考的参考光重叠以使它们相互干扰,从而产生外差信号。外差信号中的相位变化可以转换为测量对象的相对位置变化。日本专利公开号2013-525750公开了一种干涉式编码器,其通过将测量光发送到固定在测量对象上的标尺并使被标尺的阵列网格衍射的测量光与用作参考的参考光干涉来检测测量对象的相对位置变化。

[0006] 当日本专利公开号2013-525750中公开的干涉式编码器系统应用于曝光设备并且工作台装置配备有具有两个以上轴的干涉仪光路和包括二维网格的标尺时,可以在不受周围空气波动影响的情况下高速和高精度地实现对完整3D姿态的检测。

[0007] 然而,当试图将编码器系统安装在迄今为止使用激光干涉仪系统的工作台装置中时,出现的实践问题是由于曝光设备内部布局空间的限制而无法布置头部和标尺。

[0008] 例如,设想将日本专利公开号2002-151405公开的多维编码器系统应用于晶圆工作台。在这种情况下,为了测量晶圆工作台的驱动范围并控制位置,多个编码器头中的每一

个可以安装在工作台的可动部中,并且多个大面积标尺可以固定到在晶圆工作台上用于保持缩小投影透镜的筒体支撑体上。在这种情况下,测量工作台与筒体支撑体或缩小投影透镜之间的相对距离。也就是说,在使用多维编码器的最简单方式中,头部布置在可动部中并且标尺布置在固定部中。

[0009] 然而,除了缩小投影透镜以外,诸如各种光学系统、焦点检测系统、基板输送机构和空调控制机构等子单元也存在于筒体支撑体中,从而很难提供用于布置上述大面积标尺的空间。

[0010] 与此相反,日本专利公开号2009-33166公开了:标尺布置在工作台的可动部侧,并且多个编码器头固定在工作台上,以便通过根据工作台位置切换编码器头来执行位置控制。在标尺布置在可动部中并且每个头布置在固定部中的这种类型中,可以减小标尺的面积,但必须在筒体支撑体侧的二维平面中以恒定间隔布置多个头。此外,除了复杂的头切换操作以外,在实践中很难确保以热稳定和机械稳定的方式固定多个头所需的空间。因此,与每个头布置在可动部中并且标尺布置在固定部中的类型相比,设计难度并未降低。此外,在日本专利公开号2013-525750中公开的技术中,不可避免地要在主体框架部中布置大面积标尺和/或多个头,因此在安装方面也存在如日本专利公开号2002-151405和2009-33166那样的问题。

发明内容

[0011] 本发明提供了包括易安装测量系统的工作台装置、光刻设备和物品制造方法。

[0012] 本发明的第一方面提供了一种工作台装置,包括:工作台,能够在相互正交的第一方向和第二方向上移动;标尺,在工作台上布置成在第一方向上延伸;光学组件,布置成在工作台的可移动范围的至少一部分中面对标尺,并且在第二方向上延伸;和干涉仪,配置成将测量光和参考光发送到光学组件,并接收从光学组件返回的测量光和参考光;其中,光学组件配置成将来自干涉仪的测量光施加于标尺并将参考光和从标尺返回的测量光返回到干涉仪。

[0013] 本发明的第二方面提供了一种光刻设备,用于将原版的图案转印到基板,光刻设备包括:转印单元,配置成将原版的图案转印到基板;和根据第一方面限定的工作台装置。

[0014] 本发明的第三方面提供了一种物品制造方法,包括:使用根据第二方面限定的光刻设备将图案转印到基板;和对已在转印中转印有图案的基板进行处理以获得物品。

[0015] 通过以下参考附图对示例性实施例的描述,本发明的其他特征将变得明显。

附图说明

[0016] 图1是透视图,示意性地示出了测量系统的配置示例,该测量系统包括含在曝光设备中的干涉式编码器系统和激光干涉仪系统;

[0017] 图2A和图2B是示出光学组件的配置示例的视图;

[0018] 图3是示意性地示出测量系统的另一配置示例的透视图,该测量系统包括含在曝光设备中的干涉式编码器系统和激光干涉仪系统;

[0019] 图4是示意性地示出测量系统的又一配置示例的透视图,该测量系统包括含在曝光设备中的干涉式编码器系统和激光干涉仪系统;

- [0020] 图5是示出根据一实施例的曝光设备的配置示例的视图；
- [0021] 图6是示出激光干涉仪系统的配置示例的视图；
- [0022] 图7是示出图4所示的干涉式编码器系统的配置示例的透视图；
- [0023] 图8A和图8B是示出光学组件的另一配置示例的视图。

具体实施方式

[0024] 在下文中,将参考附图详细描述实施例。注意,以下实施例并不旨在限制所要求保护的发明的范围。在实施例中描述了多个特征,但是并不限于发明需要所有这些特征,而是多个这些特征可以适当地组合。此外,在附图中,对相同或类似的配置给予了相同的附图标记,并且省略对它们的冗余描述。

[0025] 在本说明书和附图中,根据XYZ坐标系来描述结构和方向。方向不是指绝对方向,而是指多个方向之间的相对关系。例如,X轴方向、Y轴方向和Z轴方向是相互正交的方向。

[0026] 图5示出了根据一实施例的曝光设备500的配置。曝光设备500配置成将原版(未示出)的图案投影到基板上并曝光基板。曝光设备500可以配置为是在原版和基板静止状态下曝光基板的步进机,或者可以配置为是在扫描原版和基板的同时曝光基板的扫描机。此外,曝光设备500是将原版的图案转印到基板上的光刻设备的示例。注意,在曝光设备500中,原版的图案以潜像形式转印到施加在基板上的光敏材料(光致抗蚀剂)上。

[0027] 照明系统501照明安装在原版工作台502上的原版(未显示),投影系统503将原版的图案投影到安装在基板工作台机构504(也称为工作台装置或定位装置)的工作台上的基板(未显示)上。照明系统501和投影系统503构成了将原版的图案转印到基板上的转印单元。基板工作台机构504可包括:X工作台506,其可在X轴方向上以长行程相对于基座505移动;以及Y工作台507,其可在Y轴方向上以长行程相对于X工作台506移动。基板工作台机构504还可包括微动工作台(工作台)508,其可在X轴方向、Y轴方向、Z轴方向(投影系统503的光轴方向)、 ω_x 轴方向、 ω_y 轴方向以及 ω_z 轴方向(即六个轴方向)以短行程相对于Y工作台507移动。微动工作台508可以理解为是可以在相互正交的X轴方向(第二方向)和Y轴方向(第一方向)上移动的工作台的示例。这里, ω_x 轴方向是围绕X轴的旋转方向, ω_y 轴方向是围绕Y轴的旋转方向, ω_z 轴方向是围绕Z轴的旋转方向。此外, ω_x 轴方向上的位置表示围绕X轴的旋转角, ω_y 轴方向上的位置表示围绕Y轴的旋转角, ω_z 轴方向上的位置表示围绕Z轴的旋转角。保持基板的基板卡盘509可布置在微动工作台508上。然而,基板卡盘509可以理解为是微动工作台508的部件。

[0028] X工作台506可由X线性电机(致动器)510驱动。X线性电机510可包括:X线性电机定子510b,其可由布置在基座505中的多个线圈形成;以及X线性电机可移动元件510a,其可由设置在X工作台506中的永磁体形成。Y工作台507可由Y线性电机(致动器)511驱动。Y线性电机511可包括:Y线性电机定子511b,其可由布置在X工作台506中的多个线圈形成;以及Y线性电机可移动元件511a,其可由设置在Y工作台507中的永磁体形成。

[0029] 轴承可布置在X工作台506和Y工作台507之间。X工作台506由X线性电机510在X轴方向上驱动,Y工作台507也相应地在X轴方向上被驱动。X工作台506和Y工作台507可经由气体轴承被基座505支撑。微动工作台508可以由多个致动器(例如线性电机(未示出))相对于六个轴驱动。在一个示例中,可以提供两个X线性电机以在X轴方向上驱动微动工作台508,

可以提供一个Y线性电机以在Y轴方向上驱动微动工作台508,并且可以提供三个线性电机512以在Z轴方向上驱动微动工作台508。每个线性电机可以包括布置在Y工作台507上的线圈(定子)和设置在微动工作台508中的永磁体(可移动元件)。此外,微动工作台508可以由自重支撑机构(未示出)支撑成使得微动工作台508处于浮在Y工作台507上方的状态下。

[0030] 投影系统503包括多个光学元件和容纳所述多个光学元件的筒体,投影系统503可由筒体支撑体513支撑。筒体支撑体513可经由空气支座514被基座构件515支撑,基座505可经由空气支座516被基座构件515支撑。每个空气支座514和516可以包括例如主动隔振器。主动隔振器减少从地板经由基座构件515传输的振动,并使用内置致动器和传感器来抑制当由筒体支撑体513和基座505支撑的物体移动时产生的振动。基板工作台机构504可以包括激光干涉仪系统LI和干涉式编码器系统ENC,以用于测量微动工作台508的位置。

[0031] 图6显示了激光干涉仪系统LI的配置示例。激光干涉仪系统LI可以包括例如X激光干涉仪组1601、Y激光干涉仪组1602和Z激光干涉仪组1603。X激光干涉仪组1601可包括X激光干涉仪1601a和1601b。每个X激光干涉仪1601a和1601b可以布置成将测量激光束施加到微动工作台508的侧面。X激光干涉仪1601a和1601b可以布置成分别将测量激光束施加到微动工作台508的侧面中的不同高度位置,以获得微动工作台508的倾斜信息(ω_y 轴方向上的旋转角)。每个X激光干涉仪1601a和1601b将沿X轴方向行进的测量光(测量激光束)施加到设置在微动工作台508的侧面中的反射面上,并使反射的测量光与由参考面(未示出)反射的参考光相干涉。每个X激光干涉仪1601a和1601b基于由干涉产生的干涉条纹测量或检测微动工作台508在X轴方向上的位置。基于X激光干涉仪1601a和1601b提供的在X轴方向上的位置之间的差异,可以检测 ω_y 轴方向上的旋转角(倾斜信息)。

[0032] Y激光干涉仪组1602可包括Y激光干涉仪1602a、1602b和1602c。每个Y激光干涉仪1602a、1602b和1602c可以布置成将测量激光束施加到微动工作台508的侧面。Y激光干涉仪1602a和1602b可以布置成分别将测量激光束施加到微动工作台508的侧面中的不同高度位置,以获得微动工作台508的倾斜信息(ω_x 轴方向上的旋转角)。Y激光干涉仪1602b和1602c可以布置成分别将测量激光束施加到微动工作台508侧面中相同高度的不同位置,以获得微动工作台508的旋转信息(ω_z 轴方向上的旋转角)。每个Y激光干涉仪1602a、1602b和1602c将沿Y轴方向行进的测量光(测量激光束)施加到设置在微动工作台508的侧面中的反射面,并使反射的测量光与由参考面(未示出)反射的参考光相干涉。每个Y激光干涉仪1602a、1602b和1602c基于由干涉产生的干涉条纹测量或检测微动工作台508在Y轴方向上的位置。基于Y激光干涉仪1602a、1602b和1602c提供的在Y轴方向上的位置之间的差异,可以检测 ω_x 轴方向上的旋转角和 ω_z 轴方向上的旋转角。

[0033] Z激光干涉仪组1603可包括Z激光干涉仪1603a和1603b。每个Z激光干涉仪1603a和1603b可以布置成将测量激光束施加到微动工作台508的顶面。每个Z激光干涉仪1603a和1603b将沿Z轴方向行进的测量激光束施加到设置在微动工作台508的顶面中的反射面上,并使反射的激光束(测量光)与由参考面(未示出)反射的参考光相干涉。每个Z激光干涉仪1603a和1603b基于由干涉产生的干涉条纹测量或检测微动工作台508在Z轴方向上的位置。基于Z激光干涉仪1603a和1603b提供的在Z轴方向上的位置之间的差异,可以检测 ω_y 轴方向上的旋转角(倾斜信息)。

[0034] 来自Z激光干涉仪1603a的测量光(测量激光束)经由X工作台506上的反射镜1604a

和固定在筒体支撑体513上的反射镜1605a和1606a进入设在微动工作台508顶面中的反射面。反射面反射的测量光经由反射镜1606a、1605a和1604a被引导至Z激光干涉仪1603a。另一方面,来自Z激光干涉仪1603a的参考光(测量激光束)经由X工作台506上的反射镜1604a和固定在筒体支撑体513上的反射镜1605a被施加到反射镜1606a,并被反射镜1606a反射。由反射镜1606a反射的参考光经由反射镜1605a和1604a被引导到Z干涉仪1603a。

[0035] 来自Z激光干涉仪1603b的测量光(测量激光束)经由X工作台506上的反射镜1604b和固定在筒体支撑体513上的反射镜1605b和1606b进入设在微动工作台508顶面上的反射面。反射面反射的测量光经由反射镜1606b、1605b和1604b被引导至Z激光干涉仪1603b。另一方面,来自Z激光干涉仪1603b的参考光(测量激光束)经由X工作台506上的反射镜1604b和固定在筒体支撑体513上的反射镜1605b被施加到反射镜1606b,并被反射镜1606b反射。由反射镜1606b反射的参考光经由反射镜1605b和1604b被引导到Z干涉仪1603b。

[0036] 每个反射镜1604a、1604b、1605a和1605b具有沿X轴方向伸长的形状,并且Z激光干涉仪1603a和1603b布置在基板工作台机构504的外部。通过如上所述的配置,即使当微动工作台508在X-Y平面上以长行程移动时,在微动工作台508上方通过的Z激光干涉仪1603的光路也不被阻挡,并且跟随微动工作台508的移动。因此,无论微动工作台508的X-Y位置如何,测量光(激光束)始终施加于微动工作台508顶面中的参考面。投影系统503设置在反射镜1606a和反射镜1606b之间。因此,当投影系统503位于设在微动工作台508顶面中的两个参考面之一的上方时,可以使用另一个参考面来测量位置。

[0037] 位置传感器(例如,线性编码器)可布置在微动工作台508和Y工作台507之间。在一个示例中,可以布置三个线性编码器以便测量微动工作台508相对于Y工作台507在Z轴方向、 ω_x 轴方向和 ω_y 轴方向上的位置。这样的位置传感器可用于测量微动工作台508的反射面的形状或执行校准。可以使用诸如电容传感器等其他传感器来代替线性编码器。

[0038] 曝光设备500包括控制器550。例如,控制器550可以由诸如FPGA(现场可编程门阵列的缩写)之类的PLD(可编程逻辑器件的缩写)、ASIC(专用集成电路的缩写)、装有程序的通用或专用计算机、或者全部或部分这些构件的组合构成。控制器550可以包括主控制器和工作台控制器。主控制器可以控制曝光设备的总体操作,并将位置指令信息发送给工作台控制器。注意:代替从主控制器向工作台控制器发送位置指令信息,主控制器可以发送生成位置指令信息所需的信息并且工作台控制器可以生成位置指令信息。工作台控制器可配置成基于使用激光干涉仪系统LI和干涉式编码器系统ENC获得的微动工作台508的六轴信息来相对于六轴控制微动工作台508。

[0039] 图1示出了测量系统的配置示例,该测量系统包括含在曝光设备500中的干涉式编码器系统ENC和激光干涉仪系统LI。干涉式编码器系统ENC可含在基板工作台机构504或曝光设备500中,而不影响图5和图6所示基板工作台机构504和激光干涉仪系统LI的布置。干涉式编码器系统ENC可以包括标尺S、光学组件R、和Z干涉仪(干涉仪)603。标尺S可以布置在微动工作台508上,在Y轴方向(第一方向)上延伸。标尺S可布置在微动工作台508的顶面上。可以在标尺S的表面中提供沿Y轴方向以纳米级微细间距排列的网格。标尺S的整个尺寸不必像在可动部中布置头部且在固定部中布置标尺的编码器布局那样具有覆盖微动工作台508在X轴方向和Y轴方向上整个可移动范围的大面积。标尺S在Y轴方向上的长度可以是在Y轴方向上驱动微动工作台508所需的最小长度。此外,标尺S在X轴方向上的宽度可以是透过

光学组件R的测量光反射所需的最小宽度。

[0040] Z干涉仪603可配置成将测量光和参考光发送到光学组件R,并接收从光学组件R返回的测量光和参考光。光学组件R可配置成将来自Z干涉仪603的测量光施加到标尺S,并把参考光和从标尺S返回的测量光返回到Z干涉仪603。

[0041] 光学组件R可以布置成在微动工作台508的可移动范围的至少一部分中面对标尺S。光学组件R可以在X轴方向(第二方向)上延伸。光学组件R可以是具有伸长形状的各光学部件构成的组件。光学组件R可以布置成在标尺S上方与标尺S交叉。光学组件R可以静态地保持在反射镜606和标尺S之间,相对于标尺S保持预定距离。这里,光学组件R可由筒体支撑体513或投影系统503支撑成处于光学组件R的纵向始终平行于反射镜606的纵向(图1中的X轴方向)的姿态。此外,优选地,光学组件R经由隔热构件被筒体支撑体513或投影系统503支撑。

[0042] 光学组件R可以在其内部把从Z干涉仪603发射并经由反射镜604和605以及反射镜606引导至光学组件R的测量光与参考光分离,并将测量光施加于标尺S的表面。此外,光学组件R将标尺S表面反射或衍射的测量光向标尺S逆反射至少一次,将参考光与从标尺S返回的测量光重新组合,并将组合光返回到Z干涉仪603。与标尺S类似,光学组件R在纵向上的长度可以是在X轴方向上驱动微动工作台508和传输测量光所需的最小长度。反射镜604(第一反射镜)可以设置在与微动工作台508一起沿X轴方向(第二方向)移动的X工作台506(可移动体)上。反射镜605(第二反射镜)和反射镜606(第三反射镜)可以固定地布置在远离微动工作台508、X工作台506和反射镜604的位置,并在X轴方向上延伸。反射镜604、605和606可以布置成在Z干涉仪603和光学组件R之间形成测量光和参考光二者的光路。

[0043] 图2A和图2B示出了光学组件R的配置示例。在图2A中,带箭头的实线表示测量光200的光路,带箭头的虚线表示参考光201的光路。箭头表示测量光和参考光各自的行进方向。光学组件R可包括分束器/合束器PBS、第一逆反射器202a和202b以及第二逆反射器203。分束器/合束器PBS把由Z干涉仪603提供的测量光200和参考光201分离,并把要返回到Z干涉仪603的测量光200和参考光201组合。每个第一逆反射器202a和202b将从分束器/合束器PBS发射并经由标尺S衍射的测量光200向标尺S逆反射,以使测量光200由标尺S反射或衍射。即,已进入每个第一逆反射器202a和202b的测量光200被第一逆反射器202a和202b中相应的一个逆反射,然后经由标尺S返回分束器/合束器PBS。每个第一逆反射器202a和202b把被标尺S反射或衍射的测量光200返回到分束器/合束器PBS。第二逆反射器203逆反射从分束器/合束器PBS发射的参考光,并将其返回到分束器/合束器PBS。分束器/合束器PBS、第一逆反射器202a和202b以及第二逆反射器203可以在X轴方向(第二方向)上延伸。

[0044] 经由反射镜604、605和606提供给光学组件R的测量光200和参考光201由分束器/合束器PBS分离,并且只有测量光200施加于标尺S。测量光200被标尺S衍射,以非利特罗角(non-Littrow angle)产生+1阶衍射光200p和-1阶衍射光200m。+1阶衍射光200p被逆反射器202a逆反射,再次被标尺S衍射,并返回到光学组件R。类似地,-1阶衍射光200m被逆反射器202b逆反射,再次被标尺S衍射,并返回到光学组件R。

[0045] 另一方面,由分束器/合束器PBS分离的参考光201被逆反射器203逆反射并返回到分束器/合束器PBS。已从标尺S返回的测量光200的+1阶衍射光200p和-1阶衍射光200m与已从逆反射器203返回的参考光201组合,并从光学组件R向反射镜606发送。测量光200的+1阶

衍射光200p和-1阶衍射光200m以及参考光201在经由反射镜606、605和604行进后被偏振板607组合,并返回到Z干涉仪603。Z干涉仪603根据+1阶衍射光200p和参考光201之间的光程差以及-1阶衍射光200m和参考光201之间的光程差来检测干涉条纹或相位信号。基于干涉条纹或相位差,Z干涉仪603可以生成关于两个自由度(Z轴方向和Y轴方向)的标尺S的位置信息。例如,日本专利公开号2013-525750公开了一种算术表达式,用于将获得的外差相位信号转换为关于两个自由度的位置信息。

[0046] 当光学组件R具有如图1例示沿X轴方向延伸的伸长形状时,Z干涉仪603的光路(测量光200和参考光201二者的光路)跟随微动工作台508在X轴方向上的移动,并在微动工作台508上方在X轴方向(纵向)上移动。因此,即使测量光200和参考光201中每一个相对于光学组件R的入射位置在X轴方向上移动,图2A所示的光路也始终保持在光学组件R的Z-Y截面中,即与纵向正交的平面中。因此,无论测量光200和参考光201中每一个相对于光学组件R在X轴方向上的入射位置如何,测量光200和参考光201二者的光路长度也保持不变。

[0047] 图2B所示每个逆反射器202a、202b和203都可以是通过正交地组合两个平表面获得的伸长棱镜。通过这种配置,测量光200和参考光201中每一个始终垂直于光学组件R的各表面进入,并且只要光学组件R和标尺S的姿态理想地彼此平行,入射光就可被反射两次并返回到与入射方向相反的方向。然而,如果测量光200和参考光201中每一个相对于光学组件R的入射面的入射角根据X轴方向上入射位置而稍微改变,则光沿着相对于与入射方向相反的方向偏移的方向返回,这会导致测量误差。例如,可以假设光学组件R和标尺S的姿态彼此不完全平行并且二者之一在 ω_y 轴方向上旋转的情况、标尺S的表面因热量而变形并随时间变化的物理事件,等等。为了防备由测量光200和参考光201中每一个的光轴偏移或光学组件R和微动工作台508中每一个的姿态变化引起测量误差发生,可以提前生成校正表,以校正干涉式编码器系统ENC的测量值。可以使用激光干涉仪系统LI的X激光干涉仪组1601、Y激光干涉仪组1602和Z激光干涉仪组1603的测量值或含在曝光设备500中的焦点检测单元(未示出)等来生成校正表。

[0048] 为了无论光轴和姿态如何都始终保持光学组件R内部的光路长度保持不变的状态,在光学组件R中形成的每个逆反射器202a、202b和203都可以是平面式逆反射器。图8A和图8B示出了一种配置,其中,图2A和图2B所示逆反射器202a、202b和203分别被替换为平面式逆反射器801a、801b和801。或者,平面式逆反射器可以通过在单个平面中排列“Arbabi, A.等人的Planar metasurface retroreflector. Nat. Photo. 11, 415-420 (2017)”中描述的多个超表面、精细角锥反射镜或精细透镜组件(猫眼)来形成。通过采用平面式逆反射器,可以消除取决于测量光200和参考光201的光轴偏移以及光学组件R和微动工作台508的姿态而定的测量误差,并且可以获得更稳健的干涉式编码器系统ENC。

[0049] 图3示出了测量系统的另一配置示例,该测量系统包括含在曝光设备500中的干涉式编码器系统ENC和激光干涉仪系统LI。在图3所示的配置示例中,干涉式编码器系统ENC包括两个测量装置。第一测量装置可以包括标尺Sa、光学组件Ra、Z干涉仪(干涉仪)603a和反射镜604a、605a和606a。第二测量装置可以包括标尺Sb、光学组件Rb、Z干涉仪(干涉仪)603b和反射镜604b、605b和606b。第一测量装置和第二测量装置中每一个可以布置成测量微动工作台508在Z轴方向和Y轴方向上的位置。在图3所示的配置示例中,激光干涉仪系统LI包括前述的X激光干涉仪组1601(1601a和1601b)和Y激光干涉仪组1602(1602a、1602b和

1602c)。

[0050] 首先,将描述干涉式编码器系统ENC。标尺Sa和Sb可以在Y轴方向上延伸,并且分别沿微动工作台508的顶面的平行于Y轴方向的两侧布置。光学组件Ra可以布置成在微动工作台508的可移动范围的至少一部分中面对标尺Sa,并且在X轴方向上延伸。光学组件Rb可以布置成在微动工作台508的可移动范围的至少一部分中面对标尺Sb,并且在X轴方向上延伸。

[0051] Z干涉仪603a可以经由反射镜604a、605a和606a向光学组件Ra提供测量光和参考光,并接收从光学组件Ra返回的测量光和参考光。Z干涉仪603a可以基于由测量光和参考光产生的干涉条纹来测量或检测微动工作台508在Z轴方向和Y轴方向上的位置。Z干涉仪603b可以经由反射镜604b、605b和606b向光学组件Rb提供测量光和参考光,并接收从光学组件Rb返回的测量光和参考光。Z干涉仪603b可以基于由测量光和参考光产生的干涉条纹来测量或检测微动工作台508在Z轴方向和Y轴方向上的位置。控制器550可以基于由Z干涉仪603a和603b测量的在Y轴方向上的位置之间的差来检测微动工作台508在 ω_z 轴方向上的旋转角。

[0052] 接下来,将描述激光干涉仪系统LI。X激光干涉仪1601a和1601b中每个都可以测量或检测微动工作台508在X轴方向上的位置。控制器550可以基于由X激光干涉仪1601a和1601b测量的在X轴方向上的位置之间的差来检测微动工作台508在 ω_y 轴方向上的位置。Y激光干涉仪1602a、1602b和1602c中的每一个都可以测量或检测微动工作台508在Y轴方向上的位置。控制器550可以基于由Y激光干涉仪1602a和1602b测量的在Y轴方向上的位置之间的差来检测微动工作台508在 ω_x 轴方向上的旋转角。控制器550可以基于由Y激光干涉仪1602b和1602c测量的在Y轴方向上的位置之间的差来检测 ω_z 轴方向上的旋转角。

[0053] 即使当微动工作台508在X-Y平面的可移动范围内移动时,也不会阻挡在微动工作台508上方的Z干涉仪603a和603b的光路,因此测量光束始终可以分别施加于微动工作台508顶面上的标尺Sa和Sb。从每个标尺Sa和Sb返回的测量光束可以与参考光束一起通过单个光路返回到每个Z干涉仪603a和603b。

[0054] Y激光干涉仪1602b和1602c的组合以及Z干涉仪603a和603b的组合可以测量微动工作台508在Y轴方向上的位置和在 ω_z 轴方向上的旋转角。干涉编码器式Z干涉仪603a和603b可在微动工作台508的宽行程或可移动范围内的短期/短区间中执行测量,并且激光干涉仪式Y激光干涉仪1602b和1602c可用于校正长期/长区间中的变化。可基于Y激光干涉仪1602b和1602c的测量结果来生成校正表,用于校正取决于测量光和参考光的光轴偏移以及光学组件Ra和Rb以及微动工作台508的姿态而定的Z干涉仪603a和603b的测量误差。

[0055] 如上所述,可提供一种在使用常规激光干涉仪系统的同时安装有限于Z轴和Y轴的干涉式编码器系统的工作台装置。这样,可以在几乎不改变曝光设备整体布局的情况下转换为高精度编码器系统并改进性能。

[0056] 图4示出了测量系统的另一个配置示例,该测量系统包括含在曝光设备500中的干涉式编码器系统ENC和激光干涉仪系统LI。图7示出了来自图4所示干涉式编码器系统ENC和激光干涉仪系统LI的干涉式编码器系统ENC。可以使用干涉式编码器系统ENC和激光干涉仪系统LI来检测微动工作台508相对于六轴的位置。

[0057] 曝光设备500包括基板工作台机构400,以代替前述基板工作台机构504。基板工作

台机构400可以配置成使得X工作台506和Y工作台507相互交叉。基板工作台机构400可以包括X工作台506、Y工作台507和X-Y工作台401。X工作台506可以在基座505上沿X轴方向长行程移动。Y工作台507可以在基座505上沿Y轴方向长行程移动。X-Y工作台401可以在X工作台506和Y工作台507相互交叉的位置处在基座505上沿X轴方向和Y轴方向移动。基板工作台机构400可以包括微动工作台508,该微动工作台508以六个自由度(即,相对于X轴方向、Y轴方向、Z轴方向、 ω_x 轴方向、 ω_y 轴方向和 ω_z 轴方向)相对于X-Y工作台401以短行程被驱动。保持基板的基板卡盘509可以布置在微动工作台508上。然而,基板卡盘509可以理解为是微动工作台508的构件。

[0058] X工作台506、Y工作台507和X-Y工作台401可经由气体轴承被基座505支撑。X工作台506可由X线性电机驱动,该X线性电机包括可由布置在基座505上的多个线圈形成的X线性电机定子510b和可由设在X工作台506中的永磁体形成的X线性电机可移动元件510a。Y工作台507可由Y线性电机驱动,Y线性电机包括可由布置在基座505上的多个线圈形成的Y线性电机定子511b以及可由设在Y工作台507中的永磁体形成的Y线性电机可移动元件511a。轴承可以布置在X工作台506和X-Y工作台401之间。轴承可以布置在Y工作台507和X-Y工作台401之间。

[0059] 微动工作台508可布置在X-Y工作台401上,并由多个致动器(例如线性电机)相对于六轴驱动。此外,微动工作台508可以由自重支撑机构(未示出)支撑成处于微动工作台508浮在X-Y工作台401上方的状态。位置传感器(例如,线性编码器)可以布置在微动工作台508和X-Y工作台401之间。在一个示例中,可以布置三个线性编码器,以便测量微动工作台508相对于Y工作台507在Z轴方向、 ω_x 轴方向和 ω_y 轴方向上的位置。这样的位置传感器可用于测量微动工作台508的反射面的形状或执行校准。可以使用诸如电容传感器之类的其他传感器来代替线性编码器。

[0060] 首先,将描述干涉式编码器系统ENC。在图4和图7所示的配置示例中,干涉式编码器系统ENC包括四个测量装置。第一测量装置可以包括标尺Sa、光学组件Ra、Z干涉仪(干涉仪)603a和反射镜604a、605a和606a。第二测量装置可包括标尺Sb、光学组件Rb、Z干涉仪(干涉仪)603b和反射镜604b、605b和606b。第三测量装置可包括标尺Sc、光学组件Rc、Z干涉仪(干涉仪)603c和反射镜604c、605c和606c。第四测量装置可以包括标尺Sd、光学组件Rd、Z干涉仪(干涉仪)603d和反射镜604d、605d和606d。

[0061] 每个标尺Sa和Sb由薄板形成,具有沿Y轴方向延伸的伸长形状,沿微动工作台508顶面的平行于Y轴方向的侧边布置。每个标尺Sa和Sb在Y轴方向上的长度可以是在Y轴方向驱动微动工作台508所需的最小长度。此外,每个标尺Sa和Sb在X轴方向上的宽度可以是透过每个光学组件Ra和Rb的测量光反射所需的最小宽度。在每个标尺Sa和Sb的表面上提供沿Y轴方向以纳米级微细间距排列的网格。

[0062] 每个标尺Sc和Sd由薄板形成,具有在X轴方向上延伸的伸长形状,并且沿着微动工作台508的顶面的与X轴方向平行的侧边布置。每个标尺Sc和Sd在X轴方向上的长度可以是在X轴方向上驱动微动工作台508所需的最小长度。此外,每个标尺Sc和Sd在Y轴方向上的宽度可以是透过每个光学组件Rc和Rd的测量光反射所需的最小宽度。在每个标尺Sc和Sd的表面上提供沿X轴方向以纳米级微细间距排列的网格。

[0063] Z干涉仪603a经由反射镜604a、605a和606a向光学组件Ra提供测量光和参考光,并

接收从光学组件Ra返回的测量光和参考光。Z干涉仪603a基于由测量光和参考光产生的干涉条纹来检测微动工作台508在Z轴方向和Y轴方向上的位置。Z干涉仪603b经由反射镜604b、605b和606b向光学组件Rb提供测量光和参考光,并接收从光学组件Rb返回的测量光和参考光。Z干涉仪603b基于由测量光和参考光产生的干涉条纹来检测微动工作台508在Z轴方向和Y轴方向上的位置。控制器550可基于由Z干涉仪603a和603b测量的Y轴方向上的位置之间的差来检测微动工作台508在 ω_z 轴方向上的旋转角。

[0064] Z干涉仪603c经由反射镜604c、605c和606c向光学组件Rc提供测量光和参考光,并接收从光学组件Rc返回的测量光和参考光。Z干涉仪603c基于由测量光和参考光产生的干涉条纹来检测微动工作台508在Z轴方向和Y轴方向上的位置。Z干涉仪603d经由反射镜604d、605d和606d向光学组件Rd提供测量光和参考光,并接收从光学组件Rd返回的测量光和参考光。Z干涉仪603d基于测量光和参考光产生的干涉条纹来检测微动工作台508在Z轴方向和Y轴方向上的位置。控制器550可以基于由Z干涉仪603c和603d测量的在Y轴方向上位置之间的差来检测微动工作台508在 ω_z 轴方向上的旋转角。

[0065] 反射镜605a、605b、606a和606b、光学组件Ra和光学组件Rb的每个具有沿X轴方向的伸长形状,并且Z干涉仪603a和603b布置在基板工作台机构400的外部。投影系统503布置在反射镜606a和606b之间。当投影系统503位于微动工作台508上的标尺Sa和标尺Sb之一的上方时,可以使用其他标尺S执行位置测量。然而,当投影系统503位于标尺Sa和标尺Sb之一的上方时,无法检测 ω_z 轴方向上的旋转角。在这种情况下,可以采用使用激光干涉仪系统LI检测到的 ω_z 轴方向上的旋转角。

[0066] 反射镜605c、605d、606c和606d、光学组件Rc和光学组件Rd的每个具有沿Y轴方向的伸长形状,并且Z干涉仪603c和603d布置在基板工作台机构400的外部。投影系统503布置在反射镜606c和606d之间。当投影系统503位于微动工作台508上的标尺Sc和标尺Sd之一的上方时,可以使用其他标尺S执行位置测量。然而,当投影系统503位于标尺Sc和标尺Sd之一的上方时,无法检测 ω_z 轴方向上的旋转角。在这种情况下,可以采用使用激光干涉仪系统LI检测到的 ω_z 轴方向上的旋转角。

[0067] 在图4和图7所示配置示例中,激光干涉仪系统LI包括X激光干涉仪1601a和1601b及Y激光干涉仪1602a、1602b和1602c。每个X激光干涉仪1601a和1601b测量微动工作台508在X轴方向上的位置。控制器550可基于X激光干涉仪1601a和1601b测量的X轴方向上的位置之间的差来检测微动工作台508在 ω_y 轴方向上的位置。每个Y激光干涉仪1602a、1602b和1602c测量微动工作台508在Y轴方向上的位置。控制器550可基于Y激光干涉仪1602a和1602b测量的Y轴方向上的位置之间的差来检测微动工作台508在 ω_x 轴方向上的旋转角。此外,控制器550可基于由Y激光干涉仪1602b和1602c测量的Y轴方向上的位置之间的差来检测 ω_z 轴方向上的旋转角。

[0068] 干涉式编码器系统ENC和激光干涉仪系统LI都可检测微动工作台508在X轴方向上的位置、Y轴方向上的位置、 ω_z 轴方向上的位置(旋转角)、 ω_x 轴方向上的位置(旋转角)以及 ω_y 轴方向上的位置(旋转角)。换句话说,即使使用激光干涉仪系统LI也可以检测使用干涉式编码器系统ENC检测的微动工作台508的位置信息中的至少一些。

[0069] 干涉编码器式Z干涉仪603a至603d可在微动工作台508的宽行程或可移动范围内的短期/短区间中执行测量,且激光干涉仪式激光干涉仪601和602可用于校正长期/长区间

中的变化。可基于激光干涉仪601和602的测量结果生成校正表,用于校正取决于测量光和参考光的光路偏移或光学组件Ra、Rb、Rc和Rd以及微动工作台508的姿态而定的Z干涉仪603a至603d的测量误差。

[0070] 根据参考图4和图7描述的测量系统、基板工作台装置或曝光设备,可以高精度地检测微动工作台508相对于六轴的位置。此外,根据如上所述的配置,可以在几乎不改变常规曝光设备总体布局的情况下采用高精度编码器系统。

[0071] 除了曝光设备以外,上述测量系统还适用于例如压印设备、光刻设备(例如无掩模带电粒子束绘制设备)或图案转印设备。除了光刻设备以外,上述测量系统还适用于要求高精度定位精度的设备(例如,显微镜或机械加工设备)。

[0072] 下面将描述使用由上述曝光设备代表的光刻设备制造物品的物品制造方法。物品制造方法可包括使用上述光刻设备将图案转印到基板的转印步骤及通过处理在转印步骤中已转印有图案的基板来获得物品的处理步骤。当光刻设备是曝光设备时,物品制造方法可包括使用曝光设备对施加有感光剂的基板进行曝光的曝光步骤、显影基板(感光剂)的显影步骤、及通过处理显影后基板来获得物品的处理步骤。处理步骤包括例如蚀刻、抗蚀剂去除、切割、接合(邦定, bonding)、封装等。根据这种物品制造方法可制造出比常规物品更高品质的物品。

[0073] 虽然已经参考示例性实施例描述了本发明,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应给予最宽的解释,以涵盖所有变型以及等同的结构和功能。

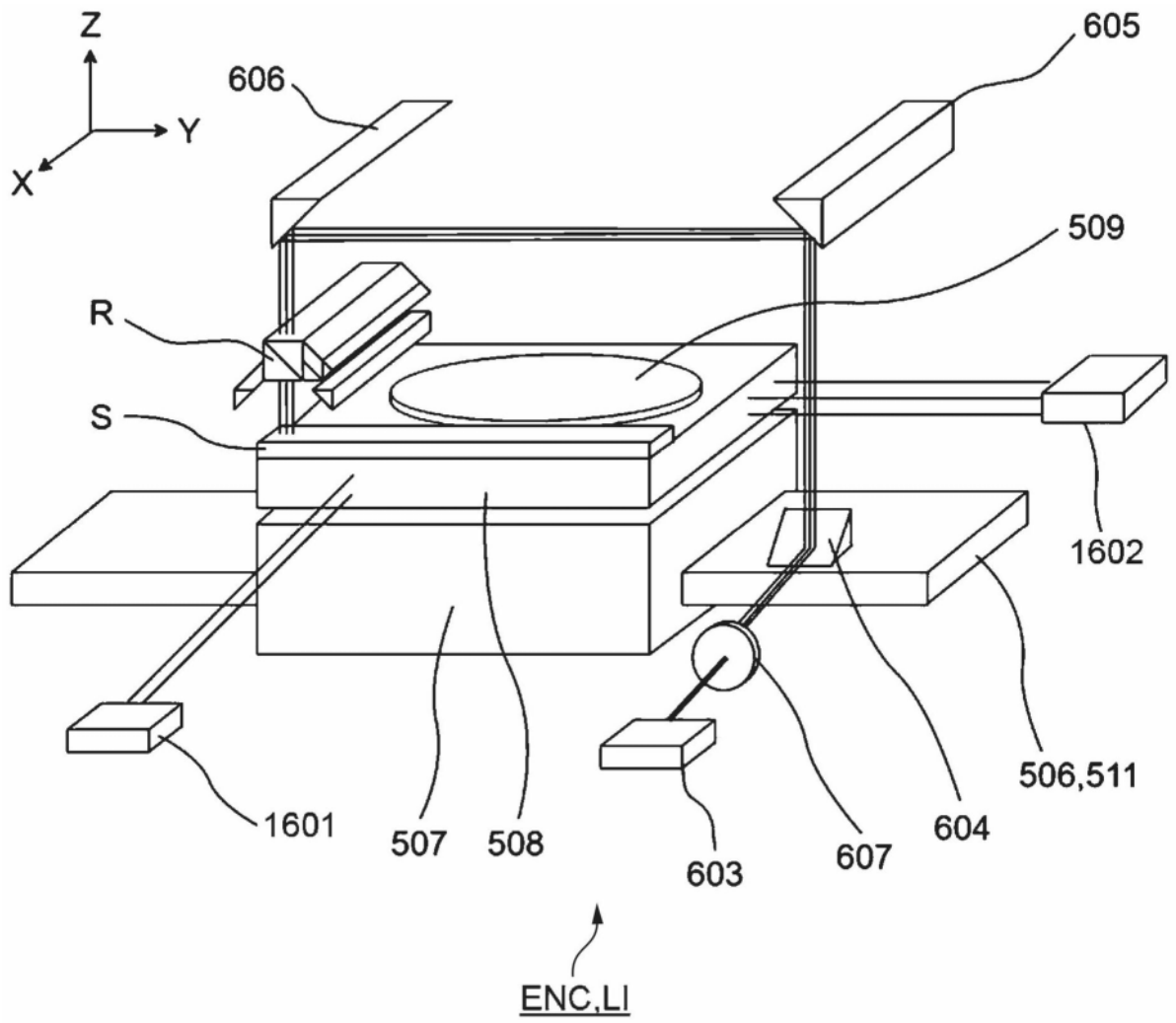


图1

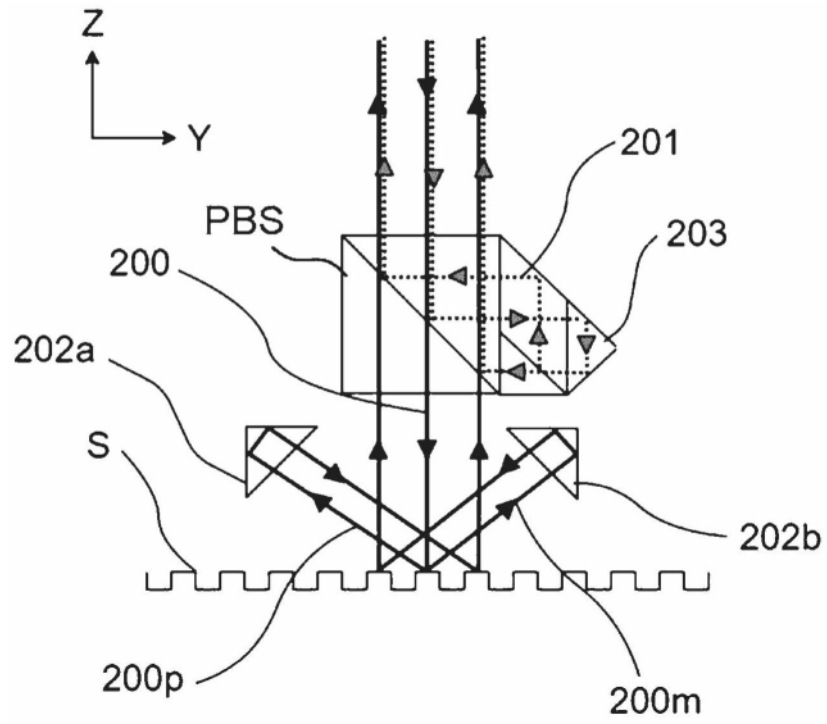


图2A

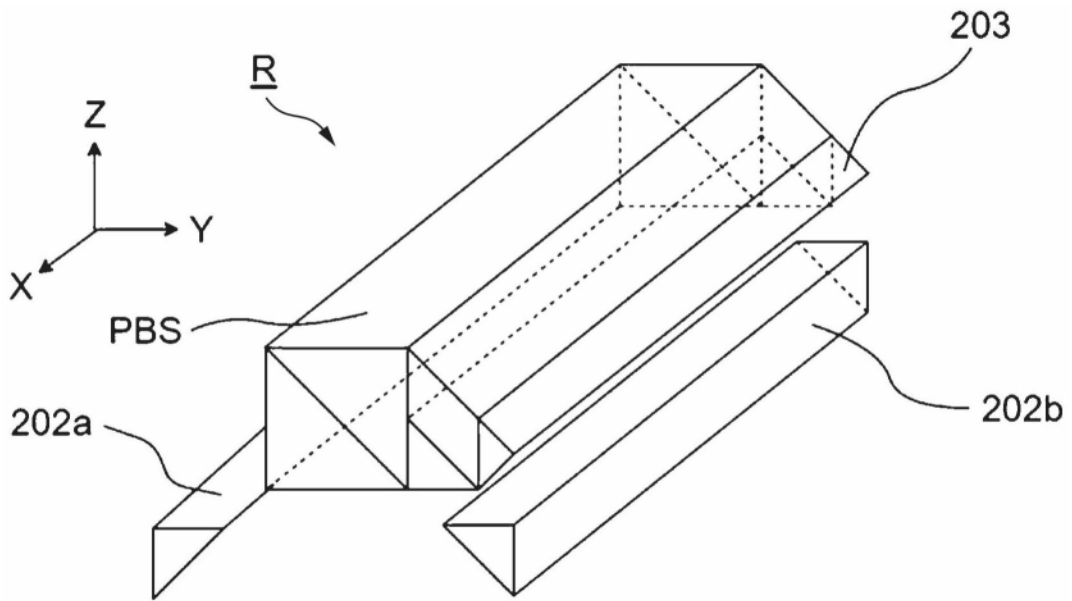
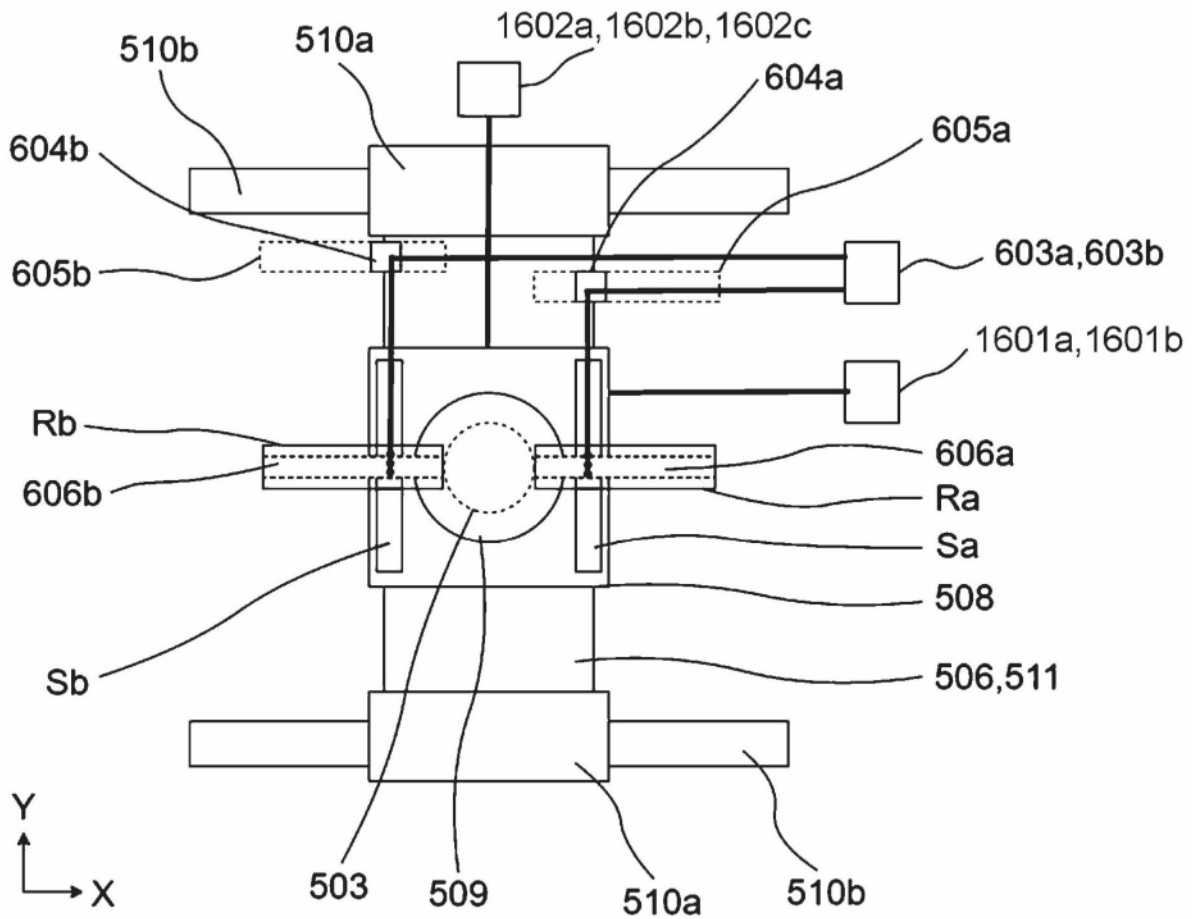


图2B



ENC.LI

图3

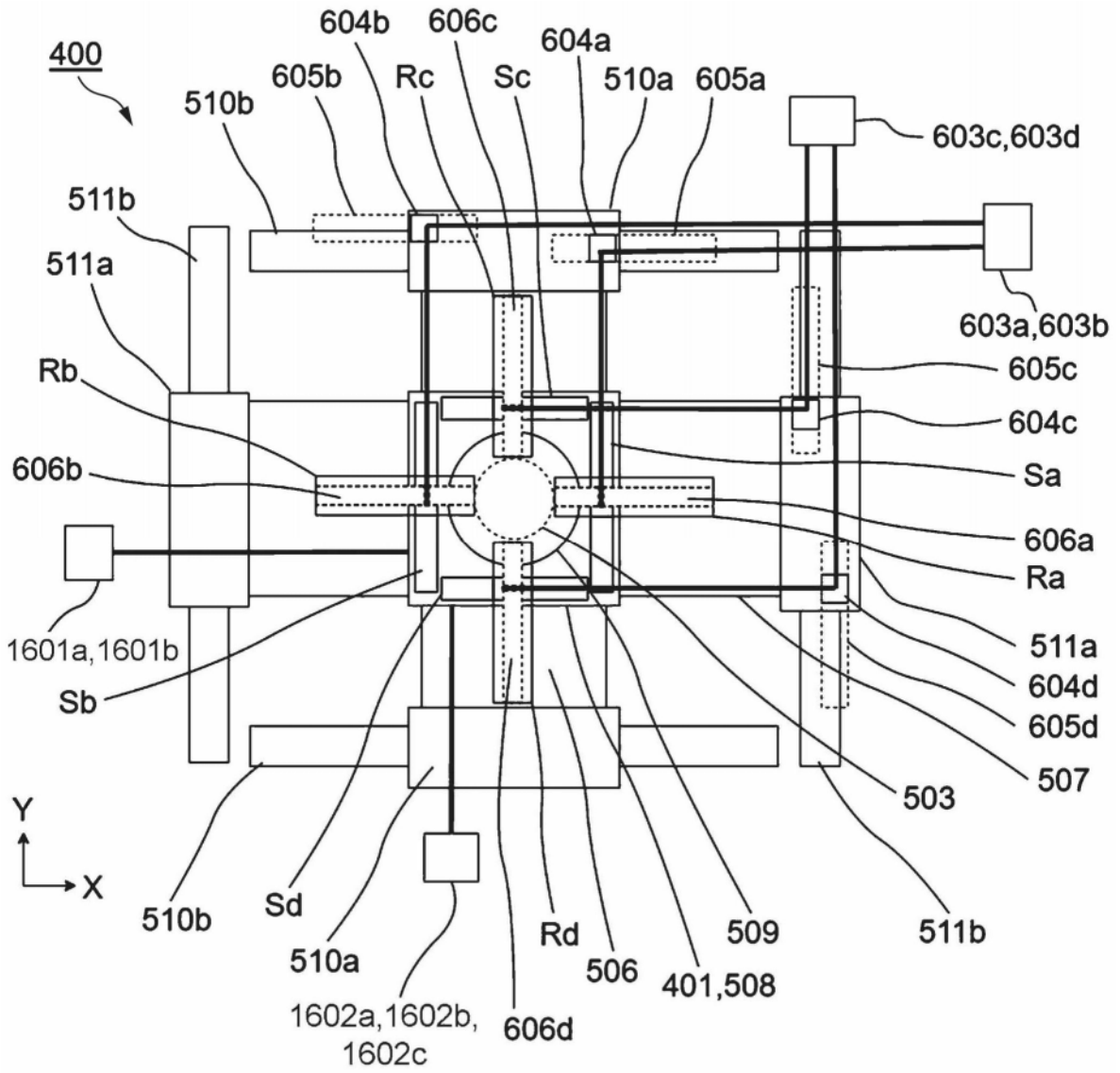


图4

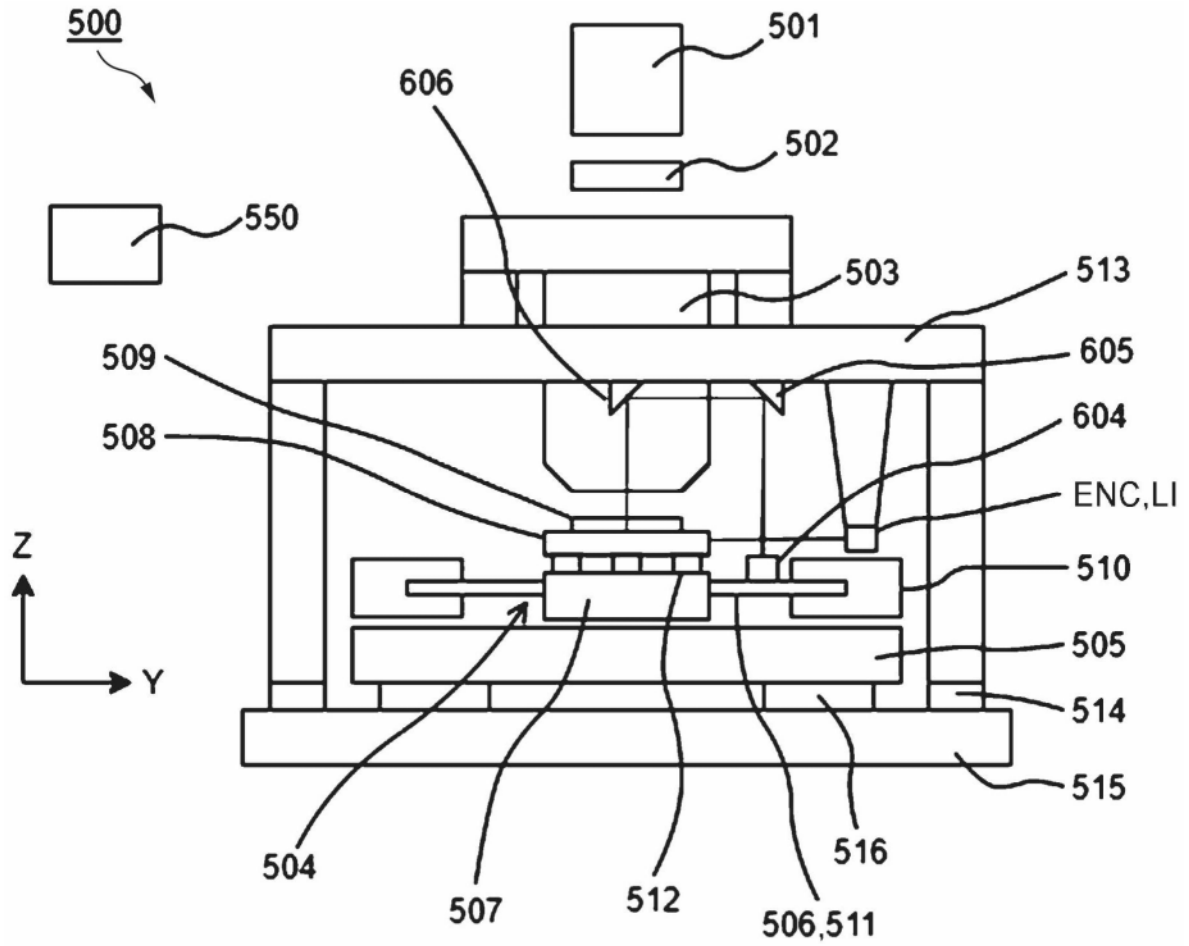


图5

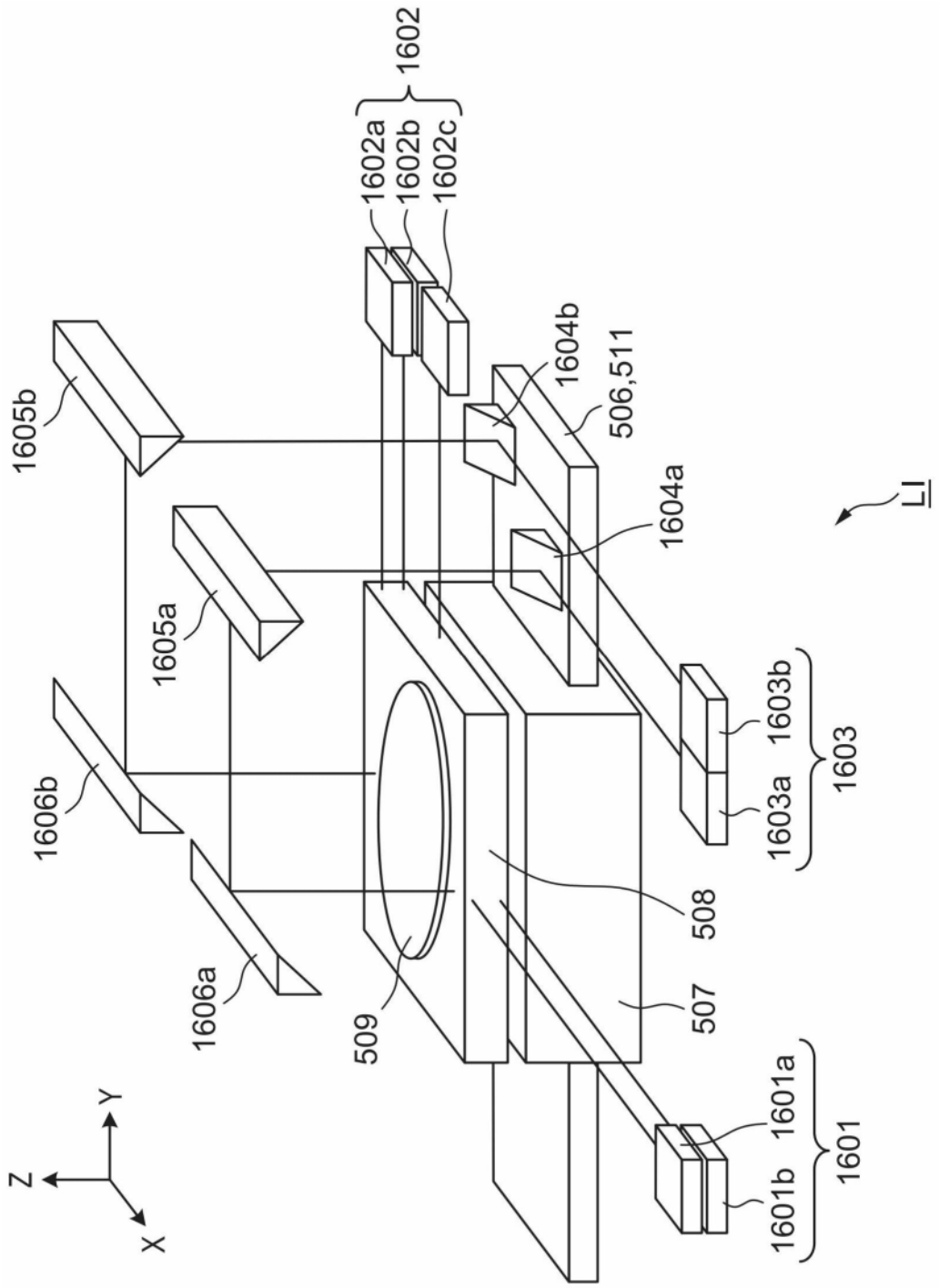


图6

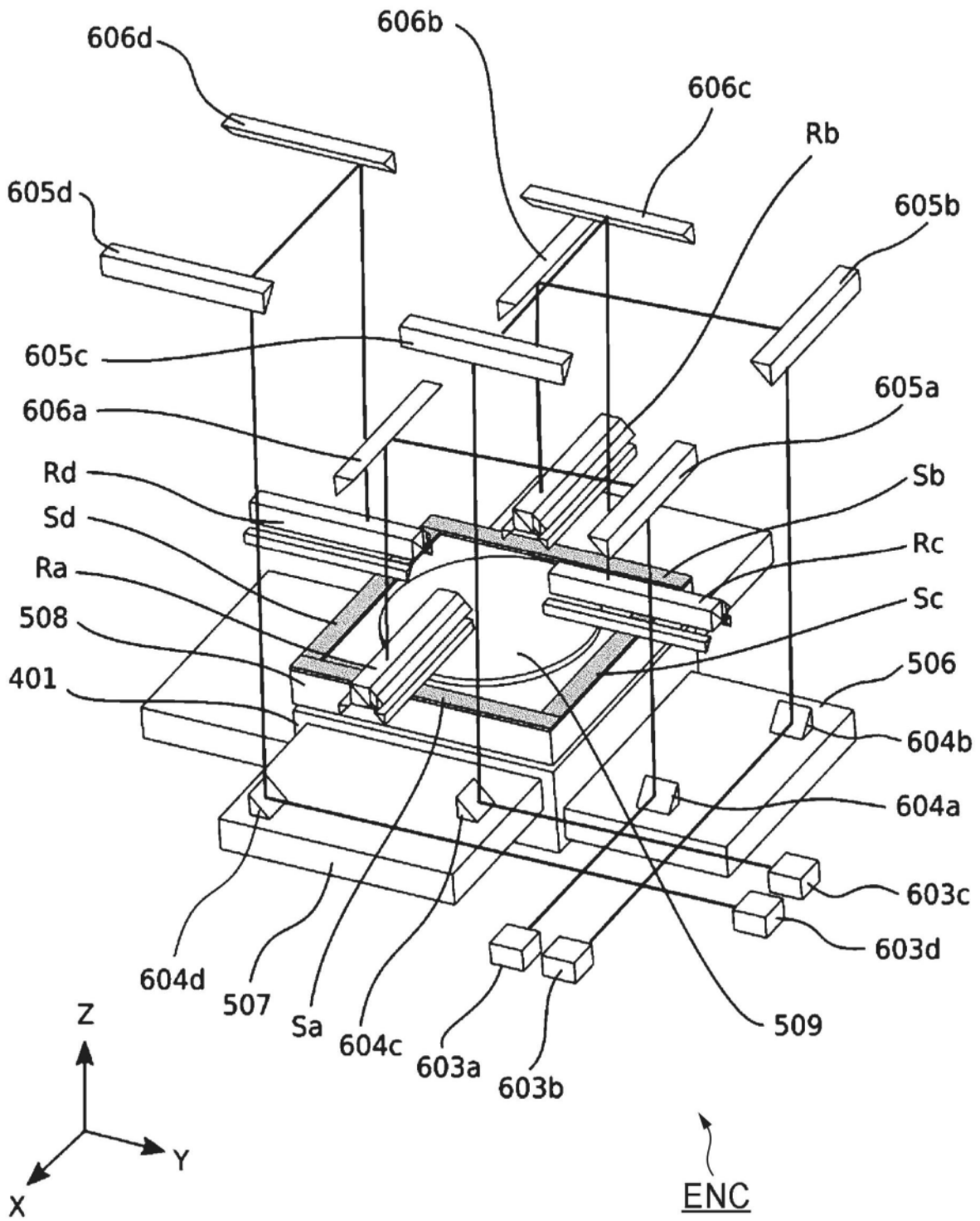


图7

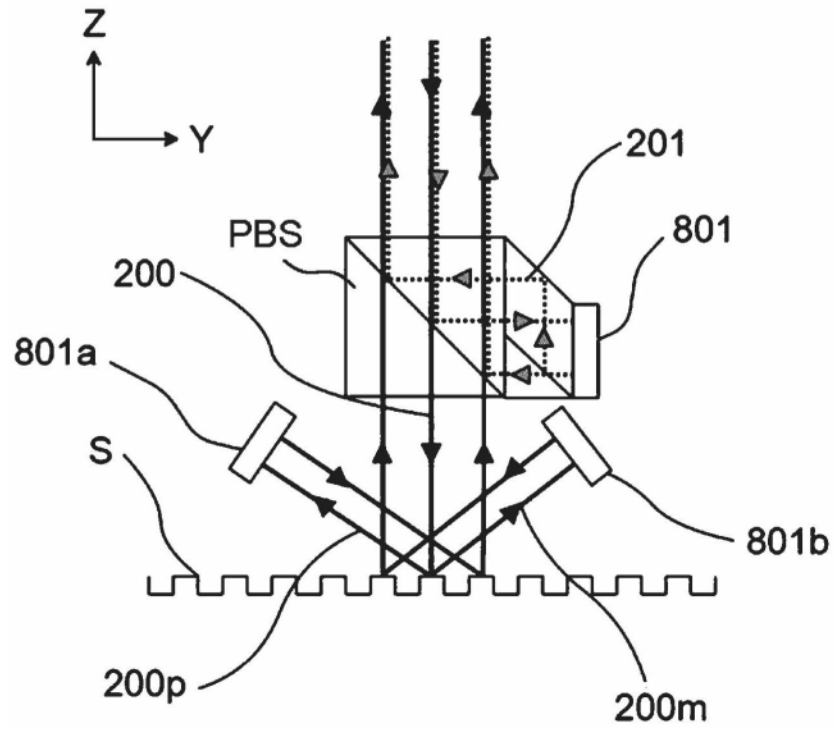


图8A

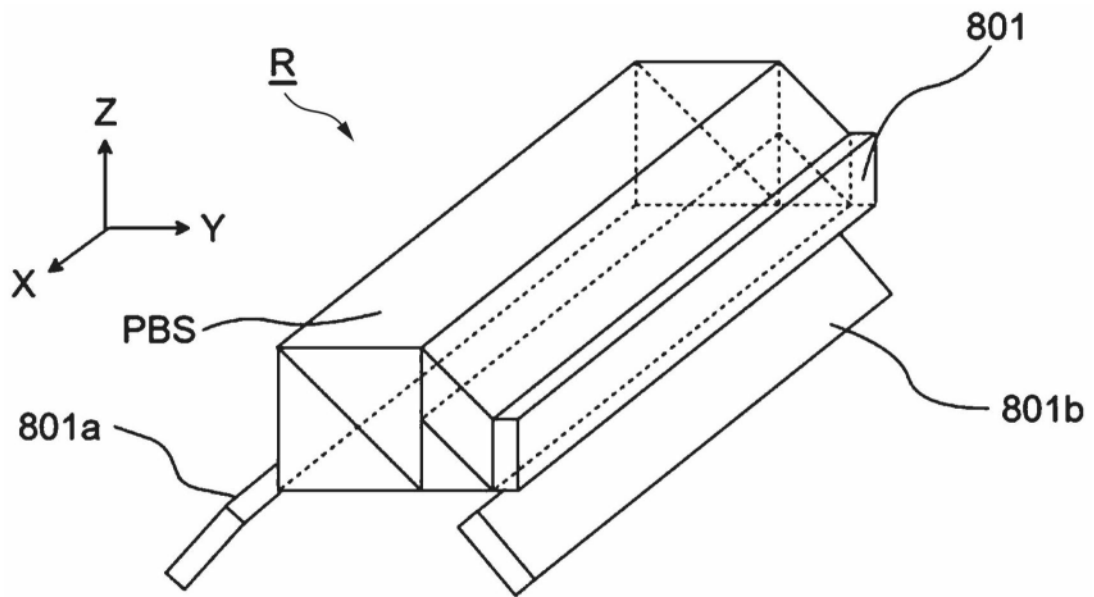


图8B