



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114008528 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 01

(21) 申请号 202080027453.7

(22) 申请日 2020.04.03

(30) 优先权数据

19167261.7 2019.04.04 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.10.08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2020/059614 2020.04.03

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/201530 EN 2020.10.08

(71) 申请人 ASML荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

申请人 通快激光系统半导体制造有限公司

(72) 发明人 R·A·C·M·比伦斯 袁佳跃

N·J·A·H·博南 M·A·兰贝特

A·K·霍普夫 S·皮勒

T·M·埃尔金 S·M·B·鲍默

德克·简·威尔弗瑞德·克拉恩德
尔

M·兰詹 F·B·施佩林

A·S·特奇科夫 J·维特

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 张启程

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

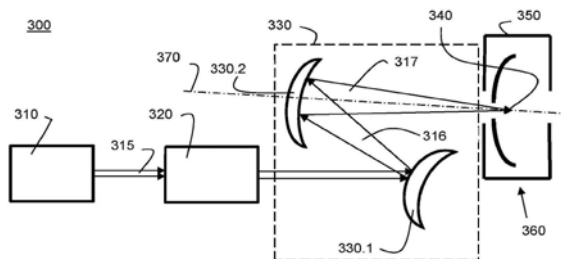
权利要求书4页 说明书17页 附图8页

(54) 发明名称

激光聚焦模块

(57) 摘要

描述了一种用于EUV辐射源的激光聚焦系统(330),所述激光聚焦系统包括:-第一曲面反射镜(330.1),所述第一曲面反射镜被配置成从束传递系统接收激光束并且产生第一反射激光束(316);-第二曲面反射镜(330.2),所述第二曲面反射镜被配置成接收所述第一反射激光束(316)并且产生第二反射激光束(317),其中,所述激光聚焦系统(330)被配置成将所述第二反射激光束(317)聚焦到所述EUV辐射源(360)的容器(350)中的目标部位(370)。



1. 一种用于EUV辐射源的激光聚焦系统,所述激光聚焦系统包括:
 - 第一曲面反射镜,所述第一曲面反射镜被配置成从束传递系统接收激光束并且产生第一反射激光束;
 - 第二曲面反射镜,所述第二曲面反射镜被配置成接收所述第一反射激光束并且产生第二反射激光束,其中,所述激光聚焦系统被配置成将所述第二反射激光束聚焦到所述EUV辐射源的容器中的目标部位。
2. 根据权利要求1所述的激光聚焦系统,其中所述第二反射激光束的光轴与水平面之间的角度小于25度,优选小于20度。
3. 根据权利要求1所述的激光聚焦系统,其中所述第二反射激光束的光轴与水平面之间的角度介于50度与75度之间。
4. 根据权利要求1、2或3所述的激光聚焦系统,其中所述第一曲面反射镜被配置成以小于30度的入射角接收所述激光束。
5. 根据权利要求1、2或3所述的激光聚焦系统,其中所述第一曲面反射镜被配置成以介于30度与45度之间的入射角接收所述激光束。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述第二曲面反射镜被配置为以小于30度的入射角接收所述激光束。
7. 根据权利要求1至5中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述第二曲面反射镜被配置成以介于30度与45度之间的入射角接收所述激光束。
8. 根据前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述第一曲面反射镜包括抛物面、球面、椭圆面、轴对称或自由形式反射表面。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述第二曲面反射镜包括椭圆形、抛物线形、球形、轴对称或自由曲面反射表面。
10. 根据前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,还包括一个或更多个额外的反射镜,所述一个或更多个额外的反射镜被配置成将所述激光束朝向所述第一曲面反射镜重新定向。
11. 根据权利要求10所述的激光聚焦系统,其中被配置成将所述激光束朝向所述第一曲面反射镜重新定向的额外的反射镜的数量小于5。
12. 根据权利要求10所述的激光聚焦系统,其中所述额外的反射镜中的一个或更多个额外的反射镜被配置成克服入射激光束与由所述第一曲面反射镜要求的激光束之间的取向的差异。
13. 根据权利要求10所述的激光聚焦系统,其中所述一个或更多个的额外的反射镜包括潜望镜系统。
14. 根据权利要求13所述的激光聚焦系统,其中所述潜望镜系统被配置成克服所接收的激光束与重新定向的激光束之间的部位的差异。
15. 根据权利要求13或14所述的激光聚焦系统,其中所述潜望镜系统被配置成在大致垂直的方向上平移所述激光束。
16. 根据权利要求13至15中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述潜望镜系统包括第一潜望镜反射镜,所述第一潜望镜反射镜用于接收所述激光束并且将所述激光束朝向第二

潜望镜反射镜反射,所述第二潜望镜被配置成将所述激光束朝向所述第一曲面反射镜反射。

17.根据权利要求10至16中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述额外的反射镜中的一个或更多个反射镜是曲面的。

18.根据权利要求17所述的激光聚焦系统,其中曲面的所述一个或更多个额外的反射镜包括椭球面、抛物面、球面、轴对称或自由形式反射表面。

19.根据权利要求17或18所述的激光聚焦系统,其中曲面的所述一个或更多个额外的反射镜形成望远镜系统,所述望远镜系统被配置成改变所述激光束的直径。

20.根据权利要求18或19所述的激光聚焦系统,其中曲面的所述一个或更多个额外的反射镜形成望远镜系统,所述望远镜系统被配置成改变所述激光束的发散度。

21.根据权利要求10至20中任一项所述的激光聚焦系统,其中,被朝向所述第一曲面反射镜重新定向的激光束、所述第一反射激光束和所述第二反射激光束被布置在大致同一平面中。

22.根据权利要求10至20中任一项所述的激光聚焦系统,其中,被朝向所述第一曲面反射镜重新定向的激光束、所述第一反射激光束和所述第二反射激光束被布置在实质上不同的平面中。

23.根据权利要求10至20中任一项所述的激光聚焦系统,其中由所述一个或更多个额外的反射镜所接收的激光束和被朝向所述第一曲面反射镜重新定向的激光束限定第一平面,并且其中所述第一反射激光束和所述第二反射激光束限定第二平面,所述第二平面不同于与所述第一平面。

24.根据权利要求23所述的激光聚焦系统,其中所述第一平面大致垂直于所述第二平面。

25.根据权利要求23所述的激光聚焦系统,其中所述第二平面不垂直于所述第一平面。

26.根据权利要求23或25所述的激光聚焦系统,其中所述第二平面平行于所述第一平面。

27.根据权利要求22、23或24所述的激光聚焦系统,其中被朝向所述第一曲面反射镜重新定向的激光束被布置在所述第一平面与所述第二平面两者中。

28.根据权利要求22、23或24所述的激光聚焦系统,其中,被朝向所述第一曲面反射镜重新定向的激光束没有被布置在所述第二平面中。

29.根据前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,其中如由所述第一曲面反射镜所接收的激光束、所述第一反射激光束和所述第二反射激光束没有被布置在同一平面中。

30.根据前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,还包括控制单元,所述控制单元被配置成控制所述EUV容器内的所述第二反射激光束的焦点的位置。

31.根据权利要求30所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成接收表示所述第二反射激光束的目标的部位的目标部位信号,并且其中,所述控制单元被配置成基于所述目标部位信号来控制所述第二反射激光束的焦点的位置。

32.根据权利要求31所述的激光聚焦系统,其中所述目标部位信号包括目标部位轨迹,所述目标部位轨迹表示作为时间的函数的所述目标的部位。

33.根据权利要求31所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成基于所述目标

位置轨迹来控制所述激光束的定时。

34. 根据权利要求33所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成在大致垂直于所述目标位置轨迹的平面中控制所述EUV容器内的焦点的位置。

35. 根据权利要求34所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成控制所述激光束的定时,以便在所述目标到达或跨越过所述平面时将所述激光束聚焦到所述目标上。

36. 根据权利要求35所述的激光聚焦系统,其中所述平面包括所述EUV辐射源的收集器反射镜的焦点。

37. 根据权利要求30至36中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成通过控制所述第一曲面反射镜、或所述第二曲面反射镜、或所述额外的反射镜中的一个或更多个额外的反射镜中的至少一个的位置、取向或形状来以三个自由度控制所述EUV容器内的焦点的位置。

38. 根据权利要求37所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成以一个、两个或三个自由度来控制所述第二曲面反射镜的位置和/或取向。

39. 根据权利要求38所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成以一个、两个或三个自由度来控制所述第一曲面反射镜的位置和/或取向。

40. 根据权利要求39所述的激光聚焦系统,其中所述第一曲面反射镜和所述第二曲面反射镜被安装至框架上。

41. 根据权利要求40所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成以一个、两个或三个自由度来控制所述框架的位置和/或取向。

42. 根据权利要求38至41中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述第一曲面反射镜、所述第二曲面反射镜和所述一个或更多个额外的反射镜包括至少一个长行程反射镜和至少一个短行程反射镜。

43. 根据权利要求42所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成在相对较大的范围内控制所述至少一个长行程反射镜的位置和/或取向,并且在相对较短的范围内控制所述至少一个短行程反射镜的位置和/或取向。

44. 根据权利要求43所述的激光聚焦系统,其中所述至少一个长行程反射镜包括一劳永逸设定功能。

45. 根据权利要求44所述的激光聚焦系统,其中所述至少一个长行程反射镜包括小于5Hz的带宽。

46. 根据权利要求43所述的激光聚焦系统,其中所述至少一个短行程反射镜包括大于0,1Hz的带宽。

47. 根据引用权利要求31的前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成通过以一个或更多个自由度控制单个反射镜来以一个自由度控制所述焦点的位置。

48. 根据引用权利要求31的前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成通过以一个或更多个自由度控制多个反射镜来以一个自由度控制所述焦点的位置。

49. 根据引用权利要求31的前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成通过以M个自由度控制一个或更多个反射镜来以N个自由度控制所述焦点

的位置,其中 $M=N$ 。

50. 根据引用权利要求31的前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,其中,控制单元被配置成通过以 M 个自由度控制一个或更多个反射镜来以 N 个自由度控制所述焦点的位置,其中 $M \neq N$ 。

51. 根据权利要求31至50中任一项所述的激光聚焦系统,还包括被配置成检测所述目标的部位的检测器,所述检测器被配置成输出所述目标部位信号。

52. 根据权利要求31至51中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述控制单元被配置成以两个自由度在大致垂直于所述目标的轨迹的平面中控制所述EUV容器内的焦点的位置。

53. 根据前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统,其中所述激光束具有大致平行于所述水平面的光轴。

54. 根据权利要求16所述的激光聚焦系统,其中所述第一潜望镜反射镜和/或所述第二潜望镜反射镜实质上是平面反射镜。

55. 根据权利要求16所述的激光聚焦系统,其中所述第一潜望镜反射镜和/或所述第二潜望镜反射镜包括曲面反射镜。

56. 根据权利要求16所述的激光聚焦系统,其中所述第一潜望镜反射镜和/或所述第二潜望镜反射镜实质上是平面反射镜。

57. 一种激光源,包括根据前述权利要求中任一项所述的激光聚焦系统。

58. 一种EUV辐射源,包括根据权利要求57所述的激光源。

59. 一种光刻设备,包括根据权利要求58所述的EUV辐射源。

激光聚焦模块

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年4月4日递交的欧洲申请19167261.7的优先权,该欧洲申请的全部内容通过引用并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及可以被应用于EUV辐射源中的激光聚焦系统。本发明还涉及包括激光聚焦系统的EUV辐射源。

背景技术

[0004] 光刻设备是一种将期望的图案施加到衬底(通常是在衬底的目标部分上)上的机器。例如,光刻设备可以用于集成电路(IC)的制造中。在这种情况下,可以将可替代地称为掩模或掩模版的图案形成装置用于产生待形成于IC的单层上的电路图案。可以将该图案转印到衬底(例如硅晶片)上的目标部分(例如包括管芯的一部分、一个或更多个管芯)上。图案的转印通常通过将图案成像到设置在衬底上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上进行。通常,单个衬底将包含被连续形成图案的相邻目标部分的网络。

[0005] 光刻术被广泛地看作制造IC和其它器件和/或结构的关键步骤之一。然而,随着通过使用光刻术制造的特征的尺寸变得越来越小,光刻术正变成允许制造微型IC或其它器件和/或结构的更加关键的因素。

[0006] 图案印制的极限的理论估计可以由用于分辨率的瑞利法则给出,如方程式(1)所示:

$$[0007] \quad CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

[0008] 其中 λ 是所用辐射的波长,NA是用以印制图案的投影系统的数值孔径, k_1 是依赖于过程的调节因子,也称为瑞利常数,CD是所印制的特征的特征大小(或临界尺寸)。由方程式(1)知道,特征的最小可印制大小的减小可以由三种途径实现:通过缩短曝光波长 λ 、通过增大数值孔径NA或通过减小 k_1 的值。

[0009] 为了缩短曝光波长并因此减小最小可印制大小,已经提出使用极紫外(EUV)辐射源。EUV辐射是具有在5至20nm范围内(例如在13至14nm范围内)的波长的电磁辐射。已进一步提出可使用具有小于10nm的波长的EUV辐射,例如在5至10nm范围内(诸如6.7nm或6.8nm)的波长。可能的源包括激光产生的等离子体(LPP)源,但也可能有其它类型的源。

[0010] 在2009年12月的Lithography Asia 2009的SPIE Proceedings的第7520卷中的Benjamin Szu Min Lin、David Brandt、Nigel Farrar的论文“High power LPP EUV source system development status”(SPIE数字图书馆参考DOI:10.1117/12.839488)中描述了用于EUV光刻的LPP源的开发中的当前进展的示例。在光刻设备中,源设备通常将包含于其自身的真空壳体内,同时设置小出口孔阑以将EUV辐射束耦合到待使用所述辐射的光学系统中。

[0011] 为了对光刻术的高分辨率图案化中有所用,必须对EUV辐射束进行调节,以在其到达掩模版时获得期望的参数,诸如强度的均一性和角度分布。美国专利申请公开号US 2005/0274897A1(卡尔蔡司/ASML)和US 2011/0063598A(卡尔蔡司)中描述了照射系统的示例。示例系统包括“蝇眼”照射器,所述“蝇眼”照射器将所述EUV光源的非常不均一的强度分布转换成较均一和可控源。

[0012] 为了在LPP辐射源中产生EUV辐射,使用激光器或激光系统来辐照目标,诸如Sn液滴。特别地,这种LPP辐射源可以包括一个或更多个激光器,用于利用一个或多个预脉冲和主脉冲来辐照所述目标,以转换所述目标并且产生所述EUV辐射。

[0013] 通常,这种激光器或激光系统包括激光聚焦系统,所述激光聚焦系统被配置成将激光束(例如,预脉冲激光束或主脉冲激光束)聚焦到LPP辐射源或EUV源的容器内的目标部位上。这种激光聚焦系统的已知布置可能是相当庞大的,并且可能产生聚焦激光束,所述聚焦激光束不具有用于辐照所述目标的期望的光学性质,且因而有效地将所述目标转成EUV辐射。

发明内容

[0014] 本发明实施例的各方面旨在提供用于EUV辐射源中的替代激光聚焦系统。

[0015] 根据本发明的一方面,提供了一种用于EUV辐射源的激光聚焦系统,所述激光聚焦系统包括:

[0016] -第一曲面反射镜,所述一曲面反射镜被配置成从束传递系统接收激光束并且产生第一反射激光束;

[0017] -第二曲面反射镜,所述第二曲面反射镜被配置成接收所述第一反射激光束并且产生第二反射激光束,

[0018] 其中,所述激光聚焦系统被配置成将所述第二反射激光束聚焦到所述EUV辐射源的容器中的目标部位。

[0019] 根据本发明的另一方面,提供了一种激光源,所述激光源包括根据本发明的激光聚焦系统。

[0020] 根据本发明的又一方面,提供了一种EUV辐射源,所述EUV辐射源包括根据本发明的激光源。

[0021] 根据本发明的又一方面,提供了一种光刻设备,所述光刻设备包括根据本发明的EUV辐射源。

[0022] 将由本领域技术人员根据下面的示例的描述来理解本发明的这些方面及其各种可选特征和实现方式。

附图说明

[0023] 现在将参考随附的示意性附图、仅通过举例的方式来描述本发明的实施例,在附图中相对应的附图标记指示相对应的部件,并且在附图中:

[0024] 图1示意性地描绘了根据本发明实施例的光刻系统;

[0025] 图2描绘了图1的设备的更详细视图;

[0026] 图3描述了一种激光系统,包括根据本发明的激光聚焦系统;

- [0027] 图4描绘了本领域已知的激光聚焦系统；
- [0028] 图5描绘了根据本发明实施例的激光聚焦系统；
- [0029] 图6描述了应用于LPP辐射源中的燃料目标和被配置成射向所述燃料目标的激光束。
- [0030] 图7描述了根据本发明的激光聚焦系统，其中实施了第一控制策略；
- [0031] 图8描述了根据本发明的激光聚焦系统，其中实施了第二控制策略；
- [0032] 图9描述了根据本发明的激光聚焦系统，其中实施了第三控制策略。
- [0033] 图10至图12描绘了根据本发明的激光聚焦系统的三个可能实施例。

具体实施方式

[0034] 图1示意性地描绘了根据本发明实施例的光刻系统100，所述光刻系统包括光刻设备和被配置用于产生EUV辐射（例如EUV辐射束）的EUV辐射源。在如图所示的实施例中，所述EUV辐射源包括源收集器模块S0。在如图所示的实施例中，所述光刻扫描设备包括：照射系统（照射器）IL，所示照射系统被配置成调整辐射束B（例如，EUV辐射）；支撑结构（例如，掩模台）MT，所述支撑结构被构造成支撑图案形成装置（例如，掩模、或掩模版）MA，并且连接到被配置成准确地定位所述图案形成装置的第一定位器PM；以及衬底台（例如，晶片台）WT，所述衬底台被构造成保持衬底（例如，涂覆有抗蚀剂的晶片）W，并且连接到被配置成准确地定位所述衬底的第二定位器PW；以及投影系统（例如，反射投影系统）PS，所述投影系统PS被配置成将由图案形成装置MA赋予到辐射束B的图案投射到衬底W的目标部分C（例如，包括一个或更多个管芯）上。

[0035] 所述照射系统IL可以包括各种类型的光学部件，例如折射型、反射型、磁性型、电磁型、静电型或其它类型的光学部件，或其任何组合，用于引导、成形或控制辐射。

[0036] 所述支撑结构MT保持所述图案形成装置MA的方式依赖于图案形成装置的取向、光刻设备的设计、和其它条件，诸如例如所述图案形成装置是否被保持在真空环境中。所述支撑结构可以使用机械式、真空式、静电式或其它夹持技术来保持图案形成装置。所述支撑结构可以是例如可以根据需要固定或移动的框架或台。所述支撑结构可确保图案形成装置处于例如相对于投影系统的期望的位置。

[0037] 术语“图案形成装置”应广义地解释为指任何可以用于在在辐射光束的横截面中向辐射束赋予图案的装置，诸如在衬底的目标部分中创建图案。赋予所述辐射束的图案可对应于在目标部分中创建的器件（诸如集成电路）中的特定功能层。

[0038] 所述图案形成装置可以是透射型的或反射型的。图案形成装置的示例包括掩模、可编程反射镜阵列和可编程LCD面板。掩模在光刻中是公知的，包括诸如二元掩模、交替相移掩模、和衰减相移掩模、以及各种混合掩模类型的掩膜类型。可编程反射镜阵列的一个示例采用小反射镜的矩阵布置，每个小反射镜可以单独地倾斜以便在不同方向反射入射的辐射束。倾斜的反射镜在由反射镜矩阵反射的辐射束中赋予图案。

[0039] 投影系统，如同照射系统，可以包括各种类型的光学部件，例如折射型、反射型、磁性型、电磁型、静电型或其它类型的光学部件，或其任何组合，视所使用的曝光辐射或其它因素（诸如真空的使用）而定。可能期望使用真空以供进行EUV辐射，因为其它气体可能会吸收太多辐射。因此，借助真空壁和真空泵，可以为整个光束路径提供真空环境。

[0040] 如这里所描绘的,所述设备是反射型的(例如,采用反射型掩模)。

[0041] 所述光刻设备可以是具有两个(双平台)或更多个衬底台(和/或两个或更多个掩模台)的类型。在这种“多平台”机器中,可以并行地使用额外的台,或者在一个或更多个台上执行准备步骤,而同时使用一个或更多个其它台用于曝光。

[0042] 参照图1,照射器IL接收来自所述EUV辐射源的所述源收集器模块S0的极紫外辐射束。用以产生EUV光的方法包括但不必限于将材料转换为等离子体状态,该材料具有在EUV范围内具有一个或更多个发射线的至少一种元素,例如氫、锂或锡。在通常称为激光产生等离子体(“LPP”)的一种这样的方法中,所需的等离子体可以通过使用激光束辐照燃料来产生,燃料例如是具有所需的发射线元素的材料液滴、束流或簇团。源收集器模块S0可以是包括用于提供用于激发燃料的激光束的激光器(在图1中未示出)的EUV辐射系统的一部分。所形成的等离子体发射输出辐射,例如EUV辐射,其通过使用设置在源收集器模块中的辐射收集器收集。所述激光器和所述EUV辐射源可以是分立的实体,例如当使用CO₂激光器提供激光束用于燃料激发时。

[0043] 在这种情况下,所述激光器不被视为形成所述光刻系统的一部分,并且辐射束借助包括例如合适的定向反射镜和/或束扩展器的这样的束传递系统从所述激光器传递到所述源收集器模块。在其它情况下,所述源可以是所述源收集器模块的组成部分,例如当所述源是放电产生等离子体EUV发生器(通常被称为DPP源)时。

[0044] 所述照射器IL可以包括用于调整辐射束的角强度分布的调节器。通常,至少可以调整所述照射器的光瞳平面中的强度分布的外部径向范围及/或内部径向范围(通常分别称为 σ -外部和 σ -内部)。此外,所述照射器IL可以包括各种其它部件,诸如琢面场和光瞳反射镜装置。所述照射器可以用于调节辐射束,以在其横截面中具有期望的均一性和强度分布。

[0045] 辐射束B入射到保持在支撑结构(例如,掩模台)MT上的图案形成装置(例如,掩模)MA上,并且由图案形成装置进行图案化。在已从所述图案形成装置(例如,掩模)MA反射之后,辐射束B传递通过投影系统PS,投影系统PS将所述束B聚焦到衬底W的目标部分C上。借助第二定位器PW和位置传感器PS2(例如干涉装置、线性编码器、或电容传感器),可以准确地移动衬底台WT,例如,以便将不同的目标部分C定位在辐射束B的路径中。类似地,第一定位器PM和另一位置传感器PS1可以用来相对于所述辐射束B的路径准确地定位所述图案形成装置(例如,掩模)MA。图案形成装置(例如,掩模)MA和衬底W可以使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2来对准。

[0046] 所描绘的设备可以在以下模式中的至少一种中使用:

[0047] 1. 在步进模式,支撑结构(例如,掩模台)MT和衬底台WT基本上保持静止,而赋予到辐射束的整个图案被一次投射到目标部分C上(即,一次静态曝光)。然后,衬底台WT在X和/或Y方向上移动,使得可以曝光不同的目标部分C。

[0048] 2. 在扫描模式,同步扫描支撑结构(例如,掩模台)MT和衬底台WT,同时赋予到辐射束的图案被投射到目标部分C上(即,单次动态曝光)。衬底台WT相对于支撑结构(例如,掩模台)MT的速度和方向,可以通过投射系统PS的(缩小)放大率和图像反转特性来确定。

[0049] 3. 在另一模式,支撑结构(例如,掩模台)MT保持基本静止,以保持可编程图案形成装置,并且在赋予辐射束的图案被投射到目标部分C上的同时,衬底台WT被移动或扫描。在

此模式,通常采用脉冲辐射源,并且在衬底台WT的每次移动之后或在扫描期间的连续辐射脉冲之间,根据需要更新可编程图案形成装置。这种操作模式可以易于被应用于利用可编程图案形成装置(诸如上述类型的可编程反射镜阵列)的无掩模光刻术。

[0050] 也可以采用上述使用模式或完全不同的使用模式的组合和/或变型。待说明的实施例涉及扫描,如刚才提到的模式2和3中那样。

[0051] 尽管在本文中可以具体地提到光刻设备在IC制造中的使用,但应理解,本文中所描述的光刻设备可以具有其它应用,诸如制造集成光学系统、用于磁畴存储器的引导和检测图案、平板显示器、液晶显示器(LCD)、薄膜磁头等。本领域技术人员应了解,在这些替代应用的情境中,可以认为本公开对术语“晶片”或“管芯”的任何使用分别与更上位的术语“衬底”或“目标部分”同义。可以在曝光之前或之后在例如涂覆显影系统或轨道(通常将抗蚀剂层施加至衬底且显影经曝光的抗蚀剂的工具)、量测工具和/或检查工具中处理本文中提到的衬底。在适用时,可以将本文中的公开内容应用于这样的衬底处理工具和其它衬底处理工具。另外,可以将衬底处理一次以上,例如以便产生多层IC,使得本文中所使用的术语衬底也可以指已经包含多个处理后的层的衬底。

[0052] 图2更详细地示出了系统100,所述系统包括EUV辐射源(包括源收集器模块S0)和光刻扫描设备(包括照射系统IL),以及投影系统PS。所述EUV辐射源的所述源收集器模块S0被构造和布置成使得可以将真空环境维持于所述源收集器模块S0的围封结构220中。系统IL和PS同样被包含在它们自身的真空环境中。EUV辐射发射等离子体210可由激光产生的LPP等离子体源形成。源收集器模块S0的功能是从所述等离子体210传输EUV辐射束20使其聚焦于虚拟源点。所述虚拟源点通常称为中间焦点(IF),并且所述源收集器模块被布置成使得所述中间焦点IF位于所述围封结构220中的孔阑221处或附近。所述虚拟源点IF是辐射发射等离子体210的图像。

[0053] 所述辐射从所述中间焦点IF处的孔阑221横穿所述照射系统IL,在此示例中,所述照射系统IL包括琢面场反射镜装置22和琢面光瞳反射镜装置24。这些装置形成所谓的“蝇眼”照射器,所述“蝇眼”照射器被布置成在所述图案形成装置MA处提供期望的辐射束21角度分布,以及在所述图案形成装置MA处提供期望的辐射强度均一性。当束21在所述图案形成装置MA处被反射时,由所述支撑结构(掩模台)MT保持,形成图案化束26,并且所述图案化束26由所述投影系统PS经由反射元件28、30成像到由晶片台或衬底台WT所保持的衬底W上。

[0054] 每个系统IL和PS被布置在其自身的真空或近真空环境中,由类似于围封结构220的围封结构限定。照射系统IL和投影系统PS中通常可能存在比所示出的更多的元件。此外,可能存在比图中所示出的那些反射镜更多的反射镜。例如,除了图2中所示出的那些反射元件外,照射系统IL和/或投影系统PS中还可能存在一至六个额外的反射元件。例如,上文提到的美国专利申请公布示出了所述照射系统中的三个额外的元件。

[0055] 更详细地考虑源收集器模块S0,包括激光器223的激光能量源被布置成将激光能量224沉积到燃料(诸如氙(Xe)、锡(Sn)或锂(Li))中,从而产生具有几十eV的电子温度的高度电离的等离子体210。利用其它燃料材料,例如Tb和Gd,可以产生较高能量的EUV辐射。在这些离子的去激发和复合/再结合过程中所产生的高能辐射从所述等离子体发射,由近正入射收集器C0收集并且被聚焦在孔阑221上。等离子体210和孔阑221分别位于收集器或收集器反射镜C0的第一焦点和第二焦点处。

[0056] 为了输送燃料(例如液体锡),在围封件220内布置了液滴发生器226,所述液滴发生器被布置成朝向等离子体210的期望位置发射高频液滴流228。在操作中,激光能量224与液滴发生器226的操作同步地被传递,以传递辐射脉冲,从而将每个燃料液滴转变为等离子体210。液滴的传递频率可以是数千赫兹,例如50kHz。在实践中,激光能量224以至少两个脉冲被传递:具有有限能量的预脉冲在液滴到达等离子体部位之前被传递到液滴,以便将燃料材料汽化成小型云状物,然后激光能量224的主脉冲被传递到云状物的期望的部位处,以产生所述等离子体210。在所述围封结构220的相反侧上设置截留器或阱230,以捕获由于任何原因没有被转化为等离子体的燃料。

[0057] 所述源收集器模块和所述光刻设备中的许多额外的部件存在于典型设备中,尽管此处没有被图示。这些包括用于减少或减轻所围封的真空内污染的影响的布置,例如,用以防止燃料材料的沉积损伤或损害收集器或收集器反射镜C0和其它光学器件的性能。此外,一个或多个光谱纯度滤波器将被包括在源收集器模块S0和/或照射系统IL中。这些滤波器用于消除由激光器和/或等离子体210所产生的、除了想要的UV辐射波长之外的尽可能多的不想要的波长的辐射。光谱纯度滤波器可以位于虚拟源点附近或在介于收集器与虚拟源点之间的任何点处。所述滤波器可以被放置于辐射路径中的其它部位处,例如,在虚拟源点IF的下游。可以部署多个滤波器。本领域技术人员熟悉针对这些措施的需求以及可以实施这些措施的方式,且出于本公开的目的而不需要其它的细节。

[0058] 更详细地参考来自图2的激光器223,本实施例中的激光器是MOPA(主振荡器功率放大器)类型。这由在图中标记为M0的“主”激光器或“种子”激光器组成,随后是功率放大器(PA)。设置束传递系统240以将激光能量224传递到模块S0中。实际上,激光能量的预脉冲元素将由单独的激光器传递,图中没有被单独地显示。激光器223、燃料源(即液滴发生器)226和其它部件例如可以由源控制模块242控制。

[0059] 如本领域普通技术人员将知晓的,参考轴X、Y和Z可以被限定用于测量和描述所述设备、其各个部件和辐射束20、21、26的几何形状和行为。在所述设备的每个部分处,可以限定X、Y和Z轴的局部参考坐标系。Z轴在所述系统中给定点处与方向光轴O大致重合,且通常垂直于所述图案形成装置(掩模版)MA的平面并且垂直于衬底W的平面。在所述源收集器模块中,X轴与燃料流(228,如下所述)的方向大致重合,而Y轴与所述燃料流正交,如图2所指示指向页面之外。另一方面,在保持所述掩模版MA的所述支撑结构MT附近,X轴通常横向于与Y轴对准的扫描方向。为方便起见,在示意图2的此区域中,X轴指向页面外,再次如所标记的。这些命名或称号是在本领域中常规的名称,且为了方便起见将在本文中采用。原则上,可以选择任何参考系来描述所述设备及其行为。

[0060] 更详细地参考所述照射系统,琢面场反射镜装置22包括多个分立琢面的阵列,使得EUV辐射束20被划分为多个子束,其中一个子束在图中被标记为260。将每个子束朝向琢面光瞳反射镜装置24上的单个琢面引导。光瞳反射镜装置24的琢面被布置成将它们的分立的子束引导到作为图案形成装置MA的狭缝状区域的目标上。当从所述源收集器模块到达的照射在其角度分布上非常不均匀时,分成子束260和组合成单个束21被设计用于在狭缝区域上产生非常均匀的照射。众所周知,装置22和/或24的琢面可以是能够操纵的和/或能够遮蔽的,以便实施不同的照射模式。

[0061] 调节后的EUV辐射束21通过调节和遮蔽模块262而被传递到图案形成装置MA。此模

块包括遮蔽单元,也称为掩模版掩模(REMA),其可能具有在X方向和Y方向上限定照射狭缝的范围的可移动刀片或叶片。通常,应用于EUV型光刻设备中的照射狭缝可以是弯曲的。

[0062] 在REMA前面也可能是照射均一性校正模块(UNICOM)。

[0063] 为了在衬底W上曝光目标部分C,在衬底台WT上产生辐射脉冲,并且掩模台MT执行同步运动266、268以通过照射狭缝扫描图案形成装置MA上的所述图案。

[0064] 美国专利申请公开号2005/0274897A1和2011/0063598A中描述了包括REMA和UNICOM功能的照射系统的示例。

[0065] 在源控制器242中应用了许多措施。此类措施包括监控,以确保在所述源收集器模块S0的出口处所述虚拟源点IF与所述孔阑221对准。在基于LPP源的系统中,对准的控制通常是通过控制所述等离子体210的部位来实现的,而不是通过移动所述收集器光学器件C0来实现的。所述收集器光学器件、出口孔阑221和所述照射器IL在设置过程期间准确地对准,使得孔阑221位于收集器光学器件的第二焦点处。然而,由所述源光学器件的出口处的EUV辐射形成的所述虚拟源点IF的确切部位依赖于所述等离子体210相对于收集器光学器件的第一焦点的确切部位。为了足够准确地固定此部位以维持充分的对准,通常需要主动监测和控制。

[0066] 为此,此示例中的源控制模块(控制器)242通过控制燃料的喷射以及也例如控制来自激光的激励脉冲的定时来控制所述等离子体210(EUV辐射的源)的部位。在典型示例中,激光辐射224的激励脉冲以50kHz(周期20 μ s)的速率发送,并且呈爆发式地持续从(比如)20ms到20秒的任何时间。每个主激光脉冲的持续时间可以是约1 μ s,而产生的EUV辐射脉冲可以持续约2 μ s。通过适当的控制,维持所述EUV辐射束被收集器C0精确地聚焦在孔阑221上。如果不能实现此情形,则全部或部分束将照射于所述围闭结构的周围材料。

[0067] 向所述源控制模块242供应来自一个或更多个传感器阵列(未示出)的监测数据,所述一个或更多个传感器阵列提供与等离子体的部位的信息有关的第一反馈路径。传感器可以是各种类型,例如,如在上述美国专利申请公开号2005/0274897A1中所描述的。传感器可位于沿辐射束路径的多于一个位置处。仅为了示例,它们可以例如位于场反射镜装置22的周围和/或后面。刚才描述的传感器信号可以用于控制所述照射器IL和投影系统PS的光学系统。它们也可以经由反馈路径用于协助所述源收集器模块S0的控制模块242,以调整所述EUV等离子体源210的强度和位置。例如,可以对所述传感器信号进行处理以确定所述虚拟源IF的观测部位,并且这被外推以间接地确定所述EUV源的部位。如果所述虚拟源部位发生漂移,则如由所述传感器信号所指示的,由所述控制模块242应用校正以使所述束在孔阑221中重新居中/位于中心。

[0068] 与完全依赖于来自照射器传感器的信号不同,通常可以在所述源收集器模块S0中设置额外的传感器和反馈路径,以提供对所述辐射源的更快速、直接和/或自容式即自持式的控制。此类传感器可以包括一个或更多个摄像头,例如,监控所述等离子体的部位。以这种方式,在孔阑221中维持定位束20,并且避免对设备的损坏,并且维持所述辐射的高效使用。

[0069] 上文参考图1和图2所描述的EUV辐射系统将通常包括激光器或激光系统(图1中未示出),用于提供激发所述燃料(例如锡(Sn)液滴)的激光束。通常,激光器或激光系统被配置成以至少两个脉冲传递激光能量:具有有限能量的预脉冲在液滴到达等离子体部位之前

被传递到液滴,以便将燃料材料汽化成小型云状物。然后,激光能量的主脉冲被传递到云状物的期望的部位处,以产生所述等离子体。由此产生的等离子体发射输出辐射(例如EUV辐射),该辐射使用被设置于所述源收集器模块中的辐射收集器来收集。

[0070] 通常,例如,当使用CO₂激光器以提供用于燃料激发的激光束时,所述激光系统和所述EUV辐射源可以是分立的实体。

[0071] 在这种布置中,所述激光系统可以例如包括被配置成产生一个或更多个激光束的激光器、被配置成将所产生的激光束从激光器朝向所述EUV辐射源引导或导引的可选的激光束传递系统、以及被配置成将所述激光束聚焦到所述EUV辐射源的容器内的目标(例如,锡液滴)上的激光聚焦系统。

[0072] 本发明提供一种可以应用于这种激光系统中的激光聚焦系统。

[0073] 图3示意性地示出了激光系统300,所述激光系统300包括被配置成产生激光束315的激光器或光源310。此类激光器或光源310可以例如包括种子激光器以及一个或更多个功率放大器,用于产生所述激光束315。所述激光系统300还包括被配置成将所述激光束315朝向期望的部位引导或导引的束传递系统320。在如图所示的实施例中,所述激光系统300还包括根据本发明实施例的激光聚焦系统330。应注意,所述激光聚焦系统330也可以用于将激光束朝向期望的部位引导或导引,如下文将更详细地解释的。

[0074] 在如图所示的实施例中,所述激光聚焦系统330包括第一曲面反射镜330.1,所述第一曲面反射镜被配置成从所述束传递系统320接收所述激光束315并且产生第一反射激光束316。所述激光聚焦系统330还包括第二曲面反射镜330.2,所述第二曲面反射镜被配置成接收第一反射激光束316并且产生第二反射激光束317。在如图所示的实施例中,所述激光聚焦系统330被配置成将所述第二反射激光束317聚焦到目标部位340上。图3示意性地示出了布置在EUV辐射源或源收集器模块360的容器或围封件350内的目标部位340。这样的围封件350因而可以与如图2所示所述源收集器模块的围封件220进行比较。

[0075] 与图2所示的布置相反,根据本发明实施例的所述激光聚焦系统330被布置成使得所述第二反射激光束317具有大致平行于水平面的光轴370。在本发明的实施例中,所述激光聚焦系统因而被配置成使得聚焦在所述EUV辐射源中的液滴目标上的激光束317具有大致水平的光轴,即大致平行于所指示的Y方向。在本发明的意义内,大致水平是指相对于水平面小于或等于25度、优选地小于20度的角度。诸如系统330之类的激光聚焦系统的应用使得能够将所述第二反射激光束317布置成与如从束传递系统所接收的所述激光束315基本平行。在本发明的意义内,当两个激光束之间的取向的差小于25度、优选小于20度时,两个激光束可以被配置成基本上平行的。在激光束315具有大致水平的取向的情况下,聚焦在所述液滴目标上的激光束317的光轴因而相对于竖直轴(即所指示的Z轴)成大于65度的角度。如本领域技术人员将理解的,聚焦于所述目标上的激光束317的光轴的选择也影响下游的所产生的EUV光的光轴。特别地,正如例如根据图2所示的布置所明白的,所产生的EUV辐射束的光轴0将通常在与聚焦在所述目标液滴上的激光束的光轴224相同的方向上。通常,如图3所示,聚焦在所述液滴目标(通常为燃料目标)上的所述激光束将经由收集器反射镜(例如,图3中所示的反射镜380或图2中所示的反射镜C0)中的中心开口来辐照目标,所述反射镜将所产生的EUV辐射基本上沿与聚焦在所述燃料目标上的激光束相同的光轴聚焦。如此,根据本发明的所述激光聚焦系统能够沿大致水平的轴产生EUV辐射束,而在光刻

设备中所使用的已知EUV辐射源设计中,所述EUV辐射束的光轴0,例如,应用于图2所示的照射系统IL的所述EUV辐射束的角度相对于水平面处于相对较大的角度。发明人已经观察到,相对较大角度的应用不利地影响到下游的照射系统IL和投影系统PS的设计选项。已经设想到,所产生的EUV辐射束的相对较小角度的应用使得能够设计具有较少部件的所述EUV辐射源下游的光学系统。作为如图3所示布置的替代方案,由此所述第二反射激光束317具有大致平行于水平面的光轴370,所述激光聚焦系统可以被配置成使得介于所述第二反射激光束317的光轴370与水平面之间的角度在50度与75度之间。

[0076] 可以进一步指出,与如应用于EUV辐射源中的激光聚焦系统的典型或已知设计相比,根据本发明的所述激光聚焦系统也导致改进的光学设计。例如,如从图3可见的,根据本发明的所述激光聚焦系统应用曲面反射镜330.2作为将激光束317引导至燃料目标或朝向目标部位340引导的最终光学元件。在已知的激光聚焦系统中,通常将会应用平面反射镜作为所述最终光学元件。图4示意性地示出了这种已知布置的示例。如图4示意性地所示,所述激光聚焦系统400包括曲面反射镜400.1,曲面反射镜400.1被配置成接收激光束401并且将激光束401朝向第二曲面反射镜400.2反射,所述第二曲面反射镜400.2将激光束朝向第三平面反射镜400.3反射,所述第三平面镜400.3沿基本垂直的光轴403将激光束朝向焦点402聚焦。发明人已经观察到,已知设计可能存在以下一个或多个缺陷:第三平面反射镜400.3可能由于所述反射镜的变形而导致系统像差中的重大贡献,诸如像散。由于平面第三反射镜上的入射角依赖于入射的部位,因此也可能导致延迟。此外,因为平面第三反射镜相对靠近于所述焦点402,且因而等离子体产生部位,且其取向接近于水平的,因此其可能更容易受到污染或劣化,例如涂层或光学表面品质劣化。

[0077] 根据本发明,提供了一种激光聚焦系统,其中消除或减轻了这些缺点。在本发明的实施例中,将激光束317聚焦到目标或目标部位上的最终反射镜330.2因而是曲面反射镜而不是平面反射镜。可以应用于本发明的此类反射镜的示例包括球面反射镜、抛物面聚光器(paraboloid)或抛物线形反射镜、椭圆反射镜、轴对称反射镜或自由形式反射镜。根据本发明,沿聚焦于所述目标部位上的激光束的光学路径的倒数第二个反射镜330.1也是曲面反射镜。在实施例中,所述反射镜被配置成发散所接收的激光束,例如,从激光源或束传递系统所接收的激光束。通过应用对所接收的激光束进行发散的发散反射镜作为倒数第二个反射镜,则聚焦在所述目标部位上的激光束317可以被配置成具有相对较大的数值孔径(NA),而同时相对远离所述目标部位340。或者,换句话说,在如果反射镜330.1将不会是发散反射镜而是平面反射镜的情况下,则射中第二反射镜330.2的光束316的横截面将会更小,并且为了获得具有相对较大NA的聚焦激光束317,反射镜330.2将必须相对靠近于所述目标部位340。使第二反射镜330.2处于与所述目标部位340相距的相对较大的距离提供了减轻所述反射镜的污染的风险的优势,所述污染例如是由聚焦激光束317射中所述燃料目标而引起的。如此,具有发散倒数第二反射镜330.1且随后具有会聚反射镜330.2(其将聚焦激光束朝向目标部位反射)的序列可以被认为提供优于现有技术激光聚焦系统的显著优势。通过提供沿大致水平的光轴朝向所述目标部位的聚焦激光束,可以获得其它优点。

[0078] 在本发明的实施例中,所述激光聚焦系统的第一曲面反射镜和/或第二曲面反射镜被配置成以相对较小的入射角接收所述激光束。在实施例中,激光束到所述第一曲面反射镜、所述第二曲面反射镜或两者上的入射角小于或等于30度,优选地小于或等于25度。通

过这样做,可以实现所述激光束照射于液滴目标或燃料目标上的更准确的波前。为了实现这一点,反射镜的竖直位置应相对地较接近于彼此。换句话说,当所述曲面反射镜330.1和330.2的竖直位置实质上不同时,可能难以实现期望的低入射角。通常,从激光源或束传递系统所接收的激光束315的竖直位置低于聚焦在所述目标部位340上的聚焦激光束317的期望的竖直位置。此外,出于实际原因,将所述激光源或激光束传递系统提升到期望的高度以便使激光束到达期望的竖直位置从而实现所述激光聚焦系统的曲面反射镜的相对较小的入射角,可能是麻烦的或不期望的。为了避免这种情况,本发明的实施例还包括一个或更多个额外的反射镜,所述一个或更多个额外的反射镜被配置成将激光束(例如从所述束传递系统所接收的激光束315)朝向第一曲面反射镜重新定向。由于一个或更多个额外的反射镜被配置成重新定向或重新定位所述激光束,以使其到达相对于第一曲面反射镜的适当部位和取向,因此所述一个或更多个额外的反射镜也可以被视为束传递系统的一部分。

[0079] 在本发明的实施例中,被配置成将激光束朝向第一曲面反射镜重新定向的额外的反射镜的数量小于5。

[0080] 在本发明的实施例中,所述一个或更多个额外的反射镜可以包括或形成潜望镜或望远镜系统。这样的系统可以例如被配置成在竖直方向上平移如由所述激光源或所述束传递系统所提供的激光束315。因而,如在本发明实施例中所应用的这种潜望镜系统能够在竖直方向上平移如由所述激光聚焦系统所接收的激光束315。

[0081] 图5示意性地显示了根据本发明实施例的激光聚焦系统430,所述激光聚焦系统包括潜望镜系统,所述潜望镜系统包括被配置成反射入射激光束315(例如从激光源或激光束传递系统接收的激光束)的一对反射镜410.1、410.2,使得从所述潜望镜系统的第二反射镜410.2反射离开的激光束318在升高的竖直位置处沿大致水平的方向传播。在如图所示的实施例中,入射激光束315例如在竖直方向上升高一距离D。通过升高如从所述激光源或束传递系统所接收的激光束315,可以将激光束在曲面反射镜330.1和330.2处的入射角保持相对较小。当在考虑到没有平面反射镜410.1和410.2的情况下,则反射镜330.1将必须位于反射镜410.1的部位处以接收激光束315时,这是可以理解的。

[0082] 在如图所示的实施例中,所述潜望镜系统410.1、410.2包括两个平面反射镜410.1、410.2。替代地,所述潜望镜系统410.1、410.2的一个或多个反射镜也可以是曲面反射镜。通过在所述潜望镜系统中应用一个或更多个曲面反射镜,可以调整入射激光束315的特性。特别地,可以通过使用所述潜望镜系统中的一个或更多个曲面反射镜来控制入射激光束315的尺寸。此外,通过在所述潜望镜系统中使用一个或更多个曲面反射镜,所述潜望镜系统的出射激光束318可以变成为发散或会聚激光束。

[0083] 如将由技术人员理解的,本发明中所应用的所述潜望镜系统也可以包括两个以上的反射镜,例如三个或四个。

[0084] 在本发明的实施例中,所述激光聚焦还包括控制单元,所述控制单元被配置成控制所述目标部位340的位置,即所述第二反射激光束317在所述EUV容器360内的焦点的部位,如图3中所图示。对所述激光束317的焦点的部位的这种控制有助于确保激光束317射中燃料目标,例如锡液滴。

[0085] 图6示意性地示出了如可能出现于EUV容器中的燃料目标的轨迹。图6示意性地示出了燃料目标源510,上面也称为液滴发生器226,所述燃料目标源被配置成产生燃料目标

的流,例如锡液滴。所产生的燃料目标的流被配置成沿轴520传播。所述轴520例如可以跨越收集器反射镜(诸如图2所示的反射镜C0)或图3所示的反射镜380)的焦点530。轴520被认为限定了如应用于EUV容器中的坐标系的z方向。在图6中,虚线550表示所述EUV容器内的xy平面,所述xy平面550包括焦点530。如图所示的焦点530可以被视为对应于如图5所示的目标部位340,即激光束317应被聚焦的部位,以便实现所述燃料目标到EUV光的有效转换。在如图所示的实施例中,所述焦点530例如可以位于所限定的xyz坐标系的原点。由于燃料目标源510和/或所施加燃料中的缺陷,燃料目标的实际轨迹522可能稍微偏离理想的或期望的轨迹520。因此,如由所述激光聚焦系统所提供的激光束317可能必须聚焦在稍微不同的部位530'处,以便有效地将所述燃料目标转换为EUV光。为了预测所述燃料目标的可能的偏离轨迹,期望控制所述目标部位的位置,即由所述激光聚焦系统所输出的激光束被聚焦的位置。

[0086] 为了控制所述目标部位的位置,根据本发明的激光聚焦系统的实施例还包括控制系统540。控制单元540例如可以被体现为控制器、微控制器、计算机等。所述控制单元540可以包括用于接收一个或更多个输入信号542的一个或更多个输入端子540.1和用于输出一个或更多个输出信号544以供控制所述激光聚焦系统的一个或更多个输出端子540.2。

[0087] 在本发明的实施例中,如所应用的所述控制单元540可以被配置成接收表示待被所述激光聚焦系统的激光束317射中的燃料目标的部位的目标部位信号,作为输入信号542。此类目标部位信号可以例如由被配置成检测诸如燃料目标之类的目标的部位的检测器来产生。在图6中,示意性地示出了这样的检测器570。在如图所示的实施例中,所述检测器570被配置成当所述目标532跨越过平面560时检测目标532,例如液体燃料目标。在实施例中,所述检测器可以包括被配置成当所述目标532跨越过平面560时确定该目标532的x,y部位的多个检测器或一个或更多个检测器阵列。所述检测器570还可以被配置成输出表示所述目标的所述x,y部位的目标部位信号。在如图所示的实施例中,平面560大致平行于平面550,并且被布置在所述燃料目标源510与包括所述收集器反射镜的焦点530的平面550之间。如此,所述检测器570将在所述燃料目标跨越过平面550之前检测所述燃料目标532。在所述目标从部位532移动到部位530'的时间期间,所述控制单元540可以基于如所接收的目标部位信号,导出部位530'的坐标,即所述燃料目标将跨越过平面550的部位。基于所述燃料目标的部位的所述确定的坐标,所述控制单元540随后可以确定一个或更多个输出信号544(也称为控制信号),所述一个或更多个输出信号544用于控制所述激光聚焦系统以使激光束317的焦点大致与所述燃料目标的部位530'重合。

[0088] 在实施例中,所述一个或更多个输出信号544例如可以被应用于控制所述激光聚焦系统的一个或更多个光学元件的位置、取向和/或形状,由此控制由所述激光聚焦系统所输出的激光束(例如激光束317)的焦点的位置。在这样的实施例中,所述一个或更多个输出信号例如可以被应用于控制如在根据本发明的所述激光聚焦系统中所应用的一个或更多个反射镜的位置、取向和/或形状。通过控制如应用于所述激光聚焦系统中的一个或更多个反射镜的位置、取向和/或形状,能够以一个或更多个自由度来控制第二反射激光束317的焦点的位置。

[0089] 在实施例中,所述激光聚焦系统的所述一个或更多个光学元件可以被安装到一个或更多个框架。在这样的实施例中,可以通过控制一个或更多个框架的位置来控制如所应

用的一个或更多个反射镜的位置、取向和/或形状。在具有所述激光聚焦系统的至少两个光学元件的实施例中,可以将至少两个光学元件安装到公共框架,使得可同步地和/或同时地控制它们的位置、取向和/或形状。

[0090] 根据本发明,可以实施各种控制策略,以确保当所述燃料目标到达所述部位时,如由所述激光聚焦系统所输出的所述第二反射激光束317聚焦在所述目标部位上。

[0091] 所述策略可以包括通过控制所述第一潜望镜反射镜、第二潜望镜反射镜、第一曲面反射镜或第二曲面反射镜或其任何组合中的至少一个的位置、取向或形状,以一个或更多个自由度来控制EUV容器内的焦点的位置。如所应用的控制策略还可以包括控制激光束或激光脉冲的定时,由此控制沿燃料目标的轨迹被辐照于所述燃料目标的何部位。

[0092] 作为第一示例,所述控制单元被配置成通过控制所述第一潜望镜反射镜、第二潜望镜反射镜、第一曲面反射镜或第二曲面反射镜或其任何组合中的一个的位置、取向或形状,来以三个自由度控制所述EUV容器内的焦点的位置。图7示意性地图示了这样的示例。图7示意性地示出了根据本发明实施例的激光聚焦系统530,所述激光聚焦系统530包括第一潜望镜反射镜410.1、第二潜望镜反射镜410.2、第一曲面反射镜330.1和第二曲面反射镜330.2。所述激光聚焦系统530可以有利地被应用于将激光束317聚焦到焦点620,所述焦点例如对应于EUV辐射源的收集器反射镜的焦点。在如图所示的示例中,假设Z轴与如由所述激光聚焦系统530所输出的所述第二反射激光束317的光轴重合,Y轴如图中所示,假设X轴垂直于YZ平面。与图6的坐标系相比,图7所示的X轴可能例如与图6所示的Z轴重合或平行。在如图所示的实施例中,所述第二曲面反射镜330.2被配置成能够沿Z轴、Y轴和X轴移位。这种移位可以例如由致动器组件610实现。这种致动器组件可以例如包括一个或更多个致动器,用于沿所指示的轴使反射镜330.2移位。如本领域技术人员将理解的,反射镜330.2在Z方向、Y方向或X方向上的移位也将导致所述第二反射激光束317的焦点620的移位。如此,通过以三个自由度来控制所述第二曲面反射镜330.2的位置,可以根据预期目标部位,即当供应激光脉冲时所述燃料目标预期所在的部位来调整所述焦点620。当使用这样的实施例时,所述激光聚焦系统的所述控制单元可以例如被配置成确定燃料目标在某一时刻(例如当激光被发射时的时刻)将在何处。在这样的实施例中,所述控制单元(例如控制单元540)因而可以基于如所接收的目标部位信号来确定所述燃料目标的轨迹,并且使用此轨迹来控制所述激光聚焦系统,以将激光束317聚焦到当激光发射时所述目标将处于的部位。在这样的实施例中,因而假定所述激光器的定时或发射是固定的。基于当激光将被发射的已知时刻和所述目标的已知轨迹,所述控制单元确定所述目标在已知发射时刻将在何处。在替代实施例中,激光器的发射,尤其是所述激光器的发射的定时,可以被视为变量。在这样的实施例中,以仅两个自由度来控制焦点位置就足够了。参考图6,可以指出,所述控制单元540可以被配置成确定已在通过平面560时被检测到的特定目标将何时到达或跨越过所述平面550。基于此,所述控制单元可以被配置成控制发射所述激光束317的时间,使得当所述燃料目标到达或跨越过所述平面550时发射激光。在这种实施例中,因而无需通过控制所述激光束沿所述Z轴的取向或位置来控制所述焦点沿图6所示Z轴的位置。如此,在本发明的实施例中,所述激光聚焦系统的所述控制单元被配置成以与所述激光束的受控定时相结合的两个自由度来控制所述激光焦点的位置。在这种实施例中,如图7示意性地所示的所述致动器组件610可以被配置成与所述激光束的定时的控制相结合以控制激光束317在如图所指示的YZ

平面内的焦点的位置,以便确保由激光束317处于期望的部位(例如,尽可能靠近于使用所述激光聚焦系统的EUV辐射源的收集器反射镜的焦点)处辐照所述燃料目标。

[0093] 在如图7所示的实施例中,所述致动器组件610被配置成以三个或两个自由度来控制所述第二曲面反射镜330.2的位置,以便控制激光束317的焦点620的位置。通过控制如应用于根据本发明的所述激光聚焦系统中的一个或更多个其它反射镜的位置,可以获得类似的效果。

[0094] 在如可以应用于根据本发明的激光聚焦系统中的控制策略的第二示例中,所需的焦点控制被分布在多个反射镜上。图8示意性地示出了这样一个实施例。图8示意性地示出了根据本发明实施例的激光聚焦系统630,所述激光聚焦系统630包括第一潜望镜反射镜410.1、第二潜望镜反射镜410.2、第一曲面反射镜330.1和第二曲面反射镜330.2。假设如图7所示的类似坐标系XYZ。在如图所示的实施例中,所述激光聚焦系统630还包括第一致动器组件610,所述第一致动器组件被配置成在Z方向上,即在所述第二反射激光束317的光轴方向上定位或移位所述第二弯曲反射镜330.2。所述激光聚焦系统630还包括第二致动器组件720,所述第二致动器组件被配置成围绕Y轴和X轴旋转或倾斜所述第二潜望镜反射镜410.2。借助于所述第一致动器组件710和所述第二致动器组件720,因而以三个自由度来控制传播穿过所述激光聚焦系统的激光束。通过这样做,通过控制所述第二曲面反射镜330.2在Z方向上的位置并且使第二潜望镜反射镜410.2围绕X轴和Y轴倾斜,因而以三个自由度X、Y、Z来控制所述第二反射激光束317的焦点620。Z、Rx和Ry (Rx和Ry是指绕X轴和Y轴旋转或倾斜)。通过这样做,也能够以三个自由度来控制所述第二反射激光束317的焦点620。这样的激光聚焦系统630因而可以有利地被应用于控制EUV辐射源内的激光焦点620的位置。

[0095] 以如上论述的类似方式,如由第二示例所图示的控制策略也可以与对激光束的发射的定时的控制相结合。通过这样做,仅以两个自由度对位置或取向的控制可能足以获得对激光焦点的有效控制,即,由此所述第二反射激光束317被配置成聚焦于燃料目标的目标部位上的控制。

[0096] 图9示意性地图示了如可以应用于根据本发明的激光聚焦系统的实施例中的控制策略的第三示例。图9示意性地示出了根据本发明实施例的激光聚焦系统930,所述激光聚焦系统930包括第一潜望镜反射镜410.1、第二潜望镜反射镜510.2、第一曲面反射镜330.1和第二曲面反射镜330.2。在如图所示的实施例中,所述第二潜望镜反射镜510.2是曲面反射镜,而不是平面反射镜。第二潜望镜反射镜510.2可以是凹面反射镜或凸面反射镜。在如图所示的实施例中,所述激光聚焦系统930还包括致动器组件800,所述致动器组件被配置成控制所述第二潜望镜反射镜510.2的位置和取向。具体地,致动器组件800被配置成沿所述第二潜望镜反射镜510.2的光轴510.3定位或移位所述反射镜510.2。通过这样做,可以修改或调整激光束317的焦点620沿Z轴的位置。所述致动器组件800可以进一步被配置成(例如以与第二示例的致动器组件720类似的方式)围绕Y轴和X轴旋转或倾斜所述第二潜望镜反射镜510.2。通过这样做,再次获得以三个自由度对激光束317的焦点620的位置的控制。以如上所论述的类似方式,如由第三示例所图示的所述控制策略也可以与对所述激光束的发射的定时的控制相结合。通过这样做,仅以两个自由度对位置或取向的控制可能足以获得对激光焦点的有效控制,即,由此所述第二反射激光束317被配置成聚焦于燃料目标的目标部位的控制。

[0097] 作为如何使用根据本发明的激光聚焦系统来控制焦点位置的第四示例,可以提到一个或更多个可变形反射镜的使用。通过使用可变形反射镜,也可以控制所述第二反射激光束317的焦点620的位置。例如,通过调整这种可变形反射镜的曲率,焦点位置620可以沿激光束317的光轴移位。

[0098] 在实施例中,可以有利地组合如上所描述的各种控制策略。

[0099] 在本发明的实施例中,通过对所述激光聚焦系统的两个或更多个光学部件(例如反射镜)的组合控制,建立以特定自由度或方向对所述第二反射激光束317的焦点的位置的控制。如本领域技术人员将理解的,应用于激光聚焦系统中的各种不同光学部件(例如反射镜)可能具有不同的特性,诸如不同的重量、不同的谐振频率等等。因此,针对于所应用的不同反射镜或光学部件,关于能够获得的准确度或分辨率的控制性能或能力可能不同。此外,对于不同的光学部件,可用或可获得的范围可能不同,在这方面,范围是指所述焦点在一定自由度的情况下的可用或可能移位范围。

[0100] 鉴于这些特性,使用仅一个部件来以特定自由度控制所述焦点的位置可能是次优的。例如,通过使用两个或两个以上光学部件对所述自由度进行组合控制来以特定自由度控制所述焦点的位置可能是有利的。

[0101] 参考如上描述的示例,可以指出,如图7至图9所指示的,激光束317的焦点在Z方向上的定位可以通过所述第二曲面反射镜330.2的平移,或通过所述第二潜望镜反射镜410.2的平移或曲面潜望镜反射镜510.2的移位或变形来确定。与仅使用所述选项中的一个选项来在Z方向上移位所述激光束317的焦点不同,例如,通过至少两个部件的组合移位或变形来实现所需的焦点移位(例如,基于目标部位信号)可能是有利的。通过这样做,可以通过至少两个部件的联合努力来获得关于以特定自由度控制所述焦点的位置的要求。

[0102] 作为示例,可以例如通过控制所述激光聚焦系统的第一反射镜的移位和控制所述激光聚焦系统的第二反射镜的移位来获得对激光束317的焦点在Z方向上的位置的控制。在这种实施例中,所述第一反射镜的移位可以例如能够实现焦点位置沿Z方向在相对较大的范围内的移位,而第二反射镜的移位可以例如能够实现焦点位置沿Z方向在相对较小的范围内的但具有较高准确度的移位。在这种实施例中,所述第一反射镜的移位可能导致焦点在相对较大范围内沿Z方向的粗略定位,而第二反射镜的移位可能因而导致所述焦点在相对较小范围内沿Z方向的精细定位。使用两个或更多个光学部件的这种组合努力,可以实现改进的性能和/或可以放宽一个或更多个光学部件的控制要求。

[0103] 在根据本发明的这种实施例(即,由此通过至少两个部件的组合努力以特定自由度来控制所述焦点的位置的实施例)中,所述激光聚焦系统的所述控制单元可以被配置成基于如所接收的所述目标部位信号来确定用于控制所述至少两个部件的第一光学部件的第一控制信号和用于控制所述至少两个部件的第二光学部件的第二控制信号。在这种实施例中,所述第一控制信号可以被配置成使第一光学部件移位、旋转或变形,以便以特定自由度实现所述焦点的第一移位,而所述第二控制信号可以被配置成使所述第二光学部件移位、旋转或变形,以便以特定自由度实现所述焦点的第二移位;第一移位和第二移位的组合,导致焦点被移位到所需位置。

[0104] 为了实现这样的组合控制努力,由此应用两个或更多个光学部件(诸如反射镜)以实现组合目标,例如以特定自由度实现特定的焦点位置,可以应用各种控制策略。

[0105] 在实施例中,所述控制单元被配置成通过以一个或多个自由度控制单个反射镜来以一个自由度控制所述焦点的位置。替代地,所述控制单元可以被配置成通过以一个或多个自由度控制多个反射镜来以一个自由度控制所述焦点的位置。一般来说,如在根据本发明的所述激光聚焦系统的实施例中所应用的控制单元可以被配置成通过以M个自由度控制一个或多个反射镜来以N个自由度控制所述焦点的位置,其中 $M=N$,M和N为非零整数。替代地,所述控制单元可以被配置成通过以M个自由度控制一个或多个反射镜来以N个自由度控制所述焦点,其中 $M \neq N$ 。

[0106] 在本发明的实施例中,如所应用的一组反射镜,即第一曲面反射镜、第二曲面反射镜以及可选地一个或多个额外的反射镜,包括至少一个长行程反射镜和至少一个短行程反射镜。在本发明的意义内,长行程反射镜是指可以在相对较大范围内移位的反射镜,而短行程反射镜是指可以在相对较短范围内移位的反射镜。如此,在本发明的一个实施例中,所述激光聚焦系统的所述控制单元可以被配置成在相对较大的范围内控制至少一个长行程反射镜的位置和/或取向,并且在相对较短的范围内控制至少一个长行程反射镜的位置和/或取向。

[0107] 在这样的实施例中,所述激光聚焦系统的所述控制单元可以例如包括用于控制至少一个长行程反射镜的低带宽控制器和用于控制至少一个短行程反射镜的高带宽控制器。所述低带宽控制器可以例如被配置成应用所述长行程反射镜的一劳永逸设定式(set and forget)控制。在这样的实施例中,所述低带宽控制可以用于使高带宽控制去饱和即降低饱和度。

[0108] 在实施例中,至少一个长行程反射镜可以在小于5hz的带宽的情况下受控。在一个实施例中,至少一个短行程反射镜可以控制在大于0,1Hz的带宽的情况下受控。

[0109] 为了使根据本发明的所述激光聚焦系统的所述一个或多个反射镜移位或变形,可以应用各种类型的致动器。这些致动器的示例包括但不限于电磁致动器,诸如洛伦兹致动器或压电致动器。一般而言,任何线性或旋转致动器可以适于或被调适成被应用来控制如在根据本发明的所述激光聚焦系统中所应用的反射镜的位置、取向或形状。

[0110] 图5至图9图示了根据本发明的激光聚焦系统的各个方面和实施例。如上文所提到的,所述激光聚焦系统采用曲面反射镜作为最终反射镜和倒数第二个反射镜,以将激光束引向焦点或目标部位340、530、620。根据本发明的所述激光聚焦系统的各种实施例包括最终曲面反射镜和倒数第二个曲面反射镜上游的额外的反射镜。

[0111] 可以指出,针对在如所应用的不同反射镜的空间中的位置和取向存在多种选择。在这方面,可以指出,尽管图5至图9中所示的激光束被绘制于单一平面,但实际上这种情况并非是必需的。

[0112] 因此,图10至图12示意性地图示了根据本发明的激光聚焦系统的三个可能实施例,其中并非所有激光束都被布置于同一平面。这些布置也可以被称为平面外布置。

[0113] 图10示意性地示出了激光束1000的路径,该激光束1000由第一反射镜1010接收且然后沿着反射镜1020、1030、1040朝向焦点FP行进。在如图所示的实施例中,反射镜1040和1030例如可以分别对应于如上所描述的最终反射镜330.2和倒数第二个反射镜330.1。

[0114] 在如图所示的实施例中,反射镜1010和1020例如可以对应于反射镜或潜望镜系统,诸如如上所描述的反射镜410.1和410.2。

[0115] 在如图10所示的实施例中,可以观察到,第一反射镜1010接收到的激光束1000以及分别指向反射镜1020和1030的激光束1000.1和1000.2布置在一平面(即立方体1050的前平面)中。在如图所示的实施例中,激光束1000.2、1000.3和1000.4也被布置在由附图标记1060所指示的平面中。在如图所示的实施例中,激光束1000、1000.1和1000.2因而被布置在第一平面中,而激光束1000.2、1000.3和1000.4被布置在不同的第二平面中。可以看出,在如图所示的实施例中,所述第一平面垂直于所述第二平面。可以指出的是,情况并非必需如此。

[0116] 图11示意性地示出了根据本发明的所述激光聚焦系统的实施例,由此所述第一平面(即立方体1050的包括激光束1000、1000.1和1000.2的所述前平面)不垂直于第二平面1070,所述第二平面包括激光束1000.2、1000.3和1000.4。与图10示意性地所示的布置相比,还可以指出激光束1000.1不再垂直于激光束1000。

[0117] 在图10和图11的实施例中,激光束1000.2、1000.3和1000.4被布置于同一平面(平面1060或平面1070)。可以指出,可以设计不要求每个平面包含激光束1000、1000.1、1000.2、1000.3和1000.4中的三个激光束的替代性平面外布置。

[0118] 图12示意性地示出了根据本发明的激光聚焦系统的替代实施例,由此激光束1000.2、1000.3和1000.4没有被布置于同一平面。在如图所示的实施例中,激光束1000、1000.1和1000.2被布置在立方体1050的前平面中,而激光束1000.3和1000.4被布置在平面1060中。与图10的布置相反,激光束1000.2没有被布置在与激光束1000.3和1000.4相同的平面中。

[0119] 可以指出,从光学视角来看,使到达所述倒数第二个反射镜的激光束、到达所述最终反射镜的激光束和由所述最终反射镜所发射的激光束位于同一平面可能是优选的。

[0120] 尽管如图10至图12所示的反射镜1010和1020可以被称为潜望镜系统的反射镜,但是可以指出,也可以在不使用潜望镜系统的情况下实践本发明。

[0121] 在这方面,可以指出,被配置成接收激光束(诸如激光束1000)并且被配置成将激光束1000朝向倒数第二个曲面反射镜1030重新定向的单个反射镜可以用于替换如图10至图12所示的反射镜1010和1020。

[0122] 一般而言,根据本发明的激光聚焦系统因而可以包括,除了最终曲面反射镜和倒数第二个曲面反射镜之外,一个或更多个额外的反射镜,用于将激光束朝向所述第一曲面反射镜(即倒数第二曲面反射镜)重新定向。在这种布置中,可以限定一平面(该平面包括由所述一个或更多个额外的反射镜的最下游反射镜所接收的激光束和由所述最下游反射镜朝向倒数第二曲面反射镜反射的激光束)。在图10至图12中,反射镜1020可以用作所述一个或更多个额外的反射镜的所述最下游反射镜。

[0123] 关于所述一个或更多个额外的反射镜的使用,所述激光聚焦系统的平面外布置也可以被限定为这样一种布置:由此如由最下游的反射镜(例如反射镜1020)朝向倒数第二曲面反射镜(例如反射镜1030)所反射的激光束、由倒数第二曲面反射镜所反射的激光束、和由倒数第二曲面反射镜(例如反射镜1040)所反射的激光束没有被布置在同一平面中。在这种布置中,被朝向第一曲面反射镜重新定向的激光束、第一反射激光束和第二反射激光束因而被布置在实质上不同的平面中。

[0124] 根据本发明的所述激光聚焦系统可以有利地被应用于根据本发明的激光源中。这

种激光源可以例如包括种子激光器、一个或更多个功率放大器以及可选的束传递系统。

[0125] 根据本发明的所述激光源可以有利地被应用于LPP辐射源,例如用于产生适于在EUV光刻设备中使用的EUV辐射的辐射源。

[0126] 虽然本发明的具体实施例已经在上文中描述过,但是应当理解,本发明可以用并非所描述的方式实践。所述设备的行为可以在很大程度上由包含用于实施如上所披露的方法的某些步骤的一个或更多个机器可读指令序列的计算机程序、或者具有存储在其中的这种计算机程序的数据存储介质(例如半导体存储器、磁盘或光盘)来定义。上文的描述旨在是示例性的而非限制性的。因而,本领域的技术人员将明白,在不背离下面阐述的权利要求书的范围的情况下,可以对所描述的发明进行修改。

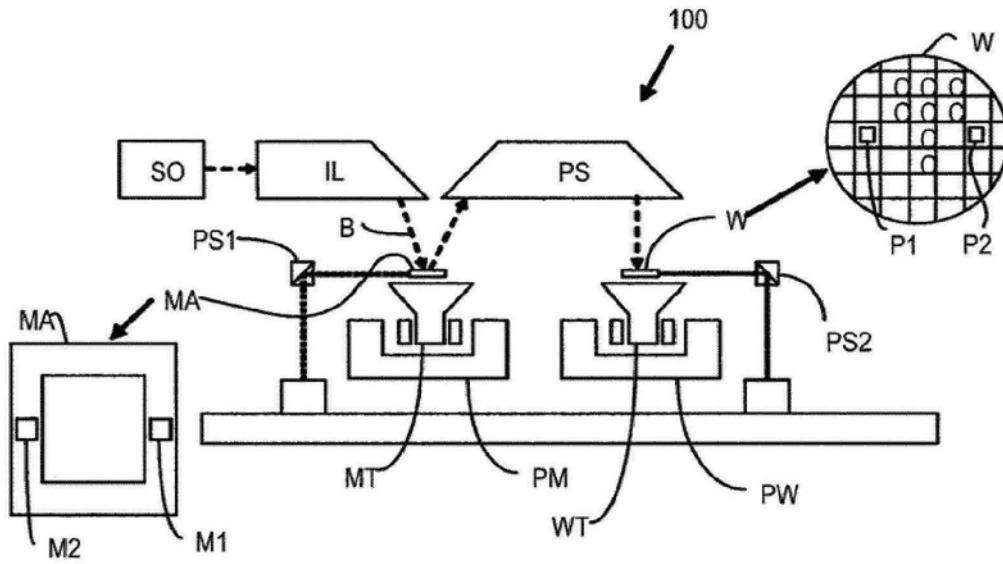


图1

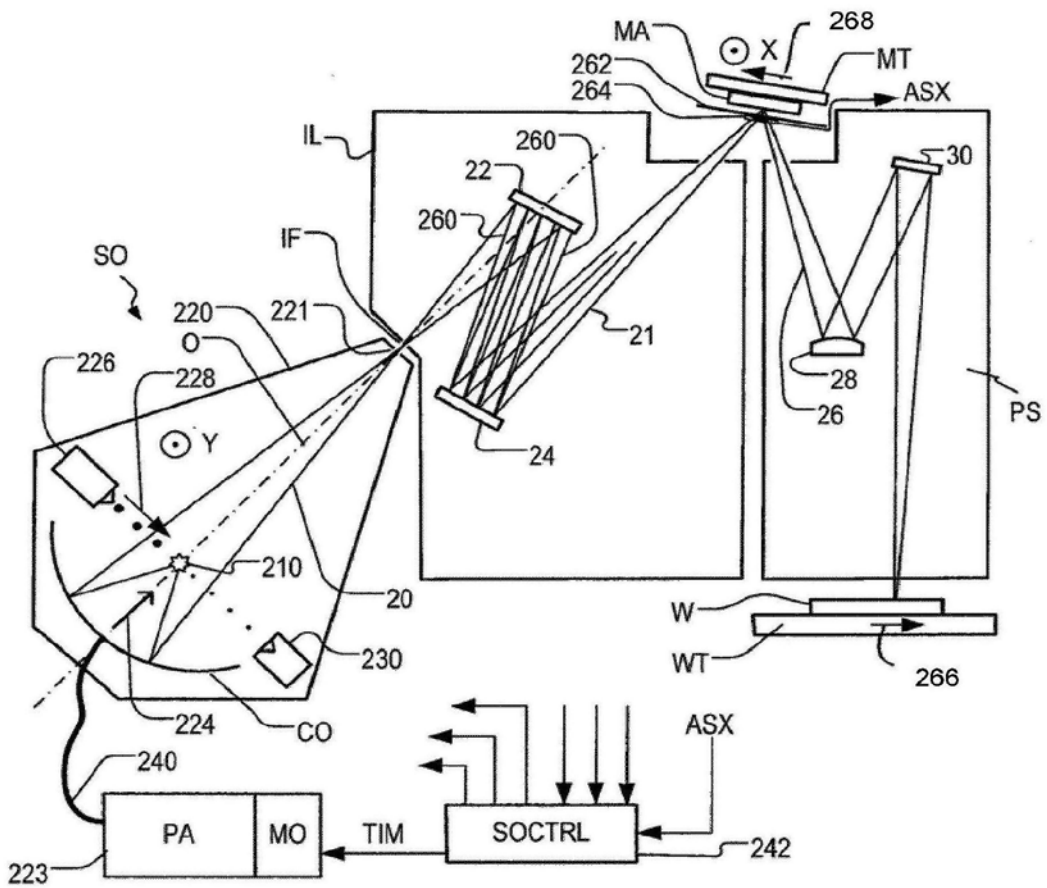


图2

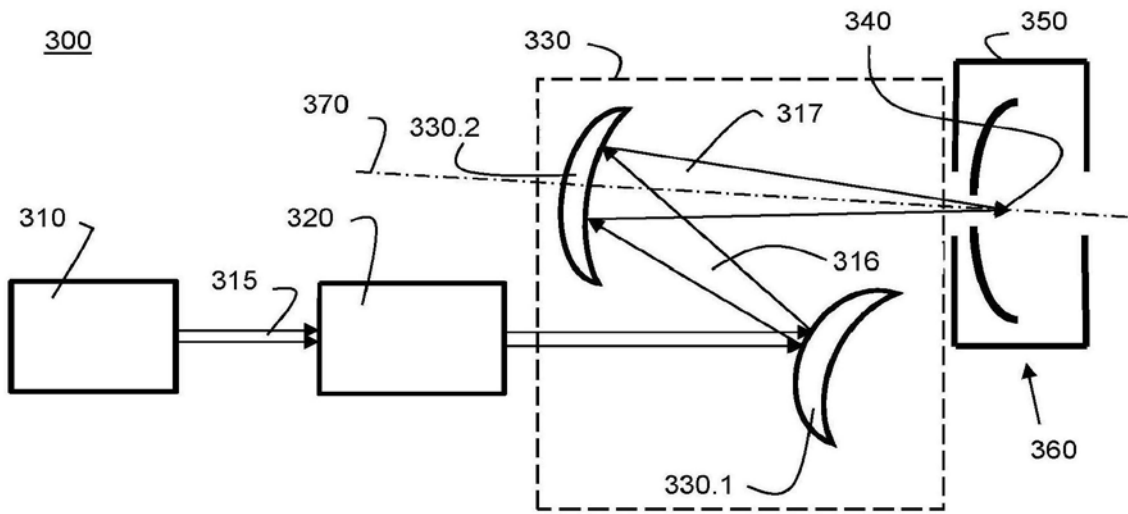


图3

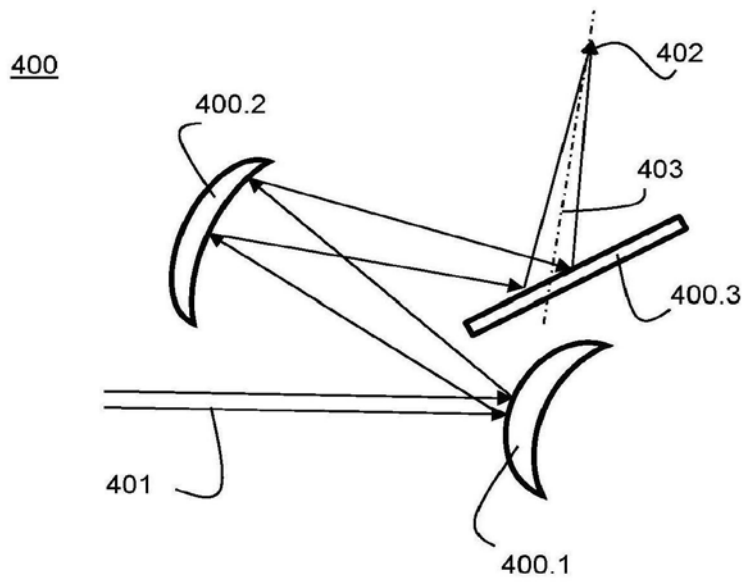


图4

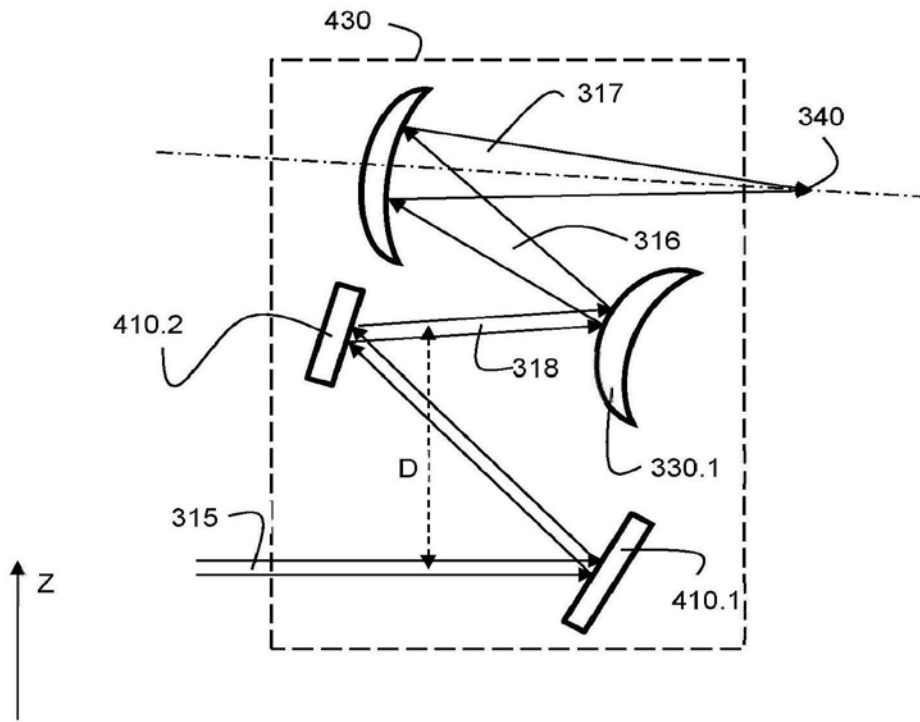


图5

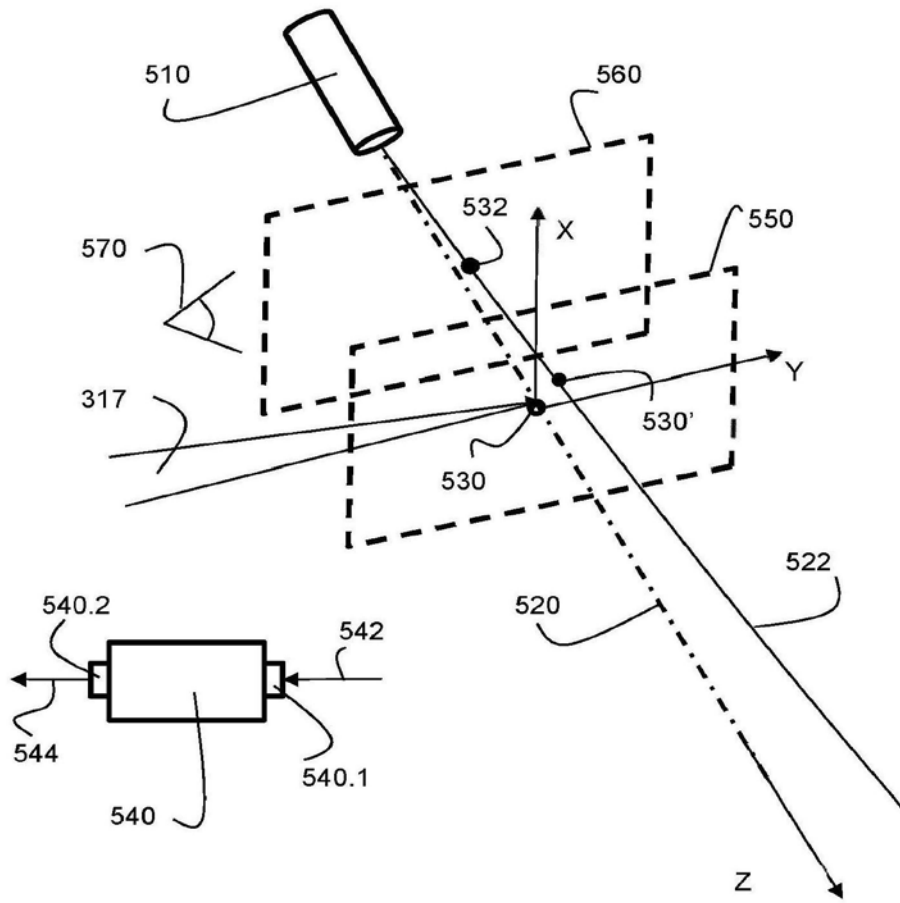


图6

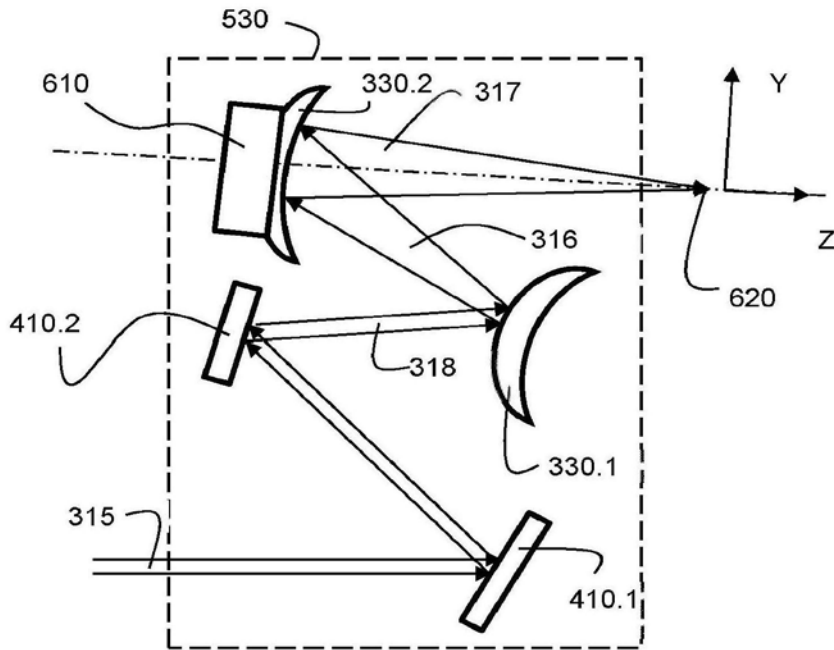


图7

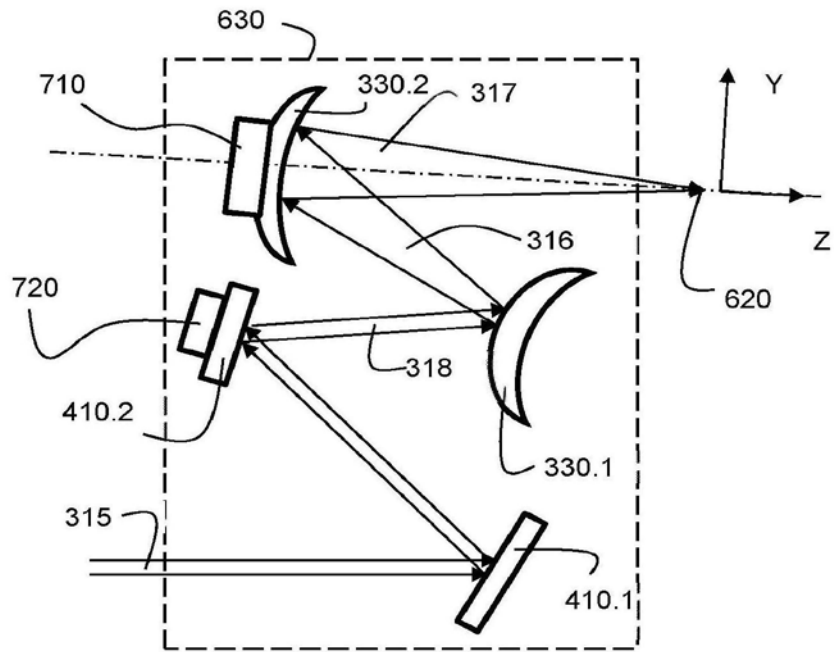


图8

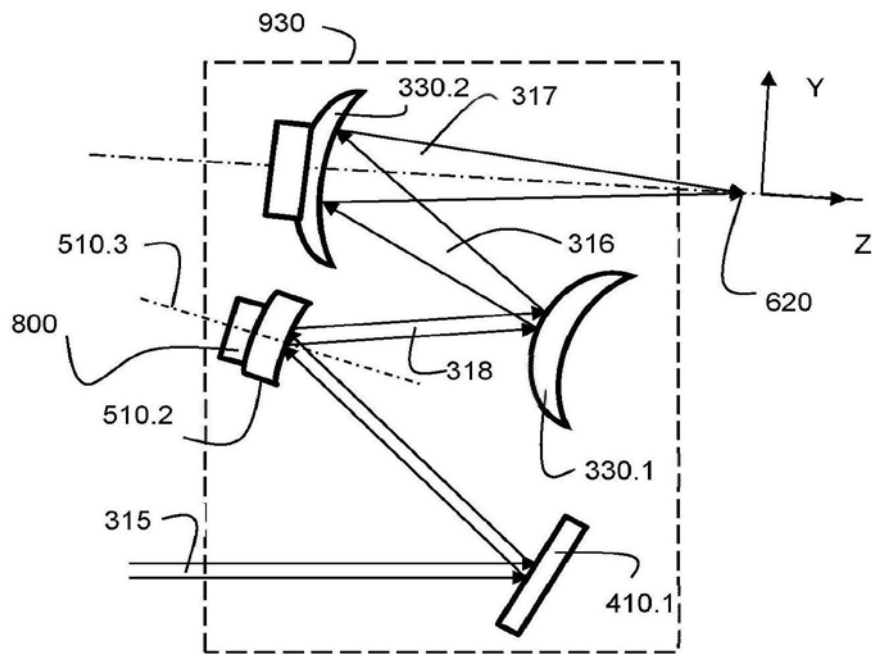


图9

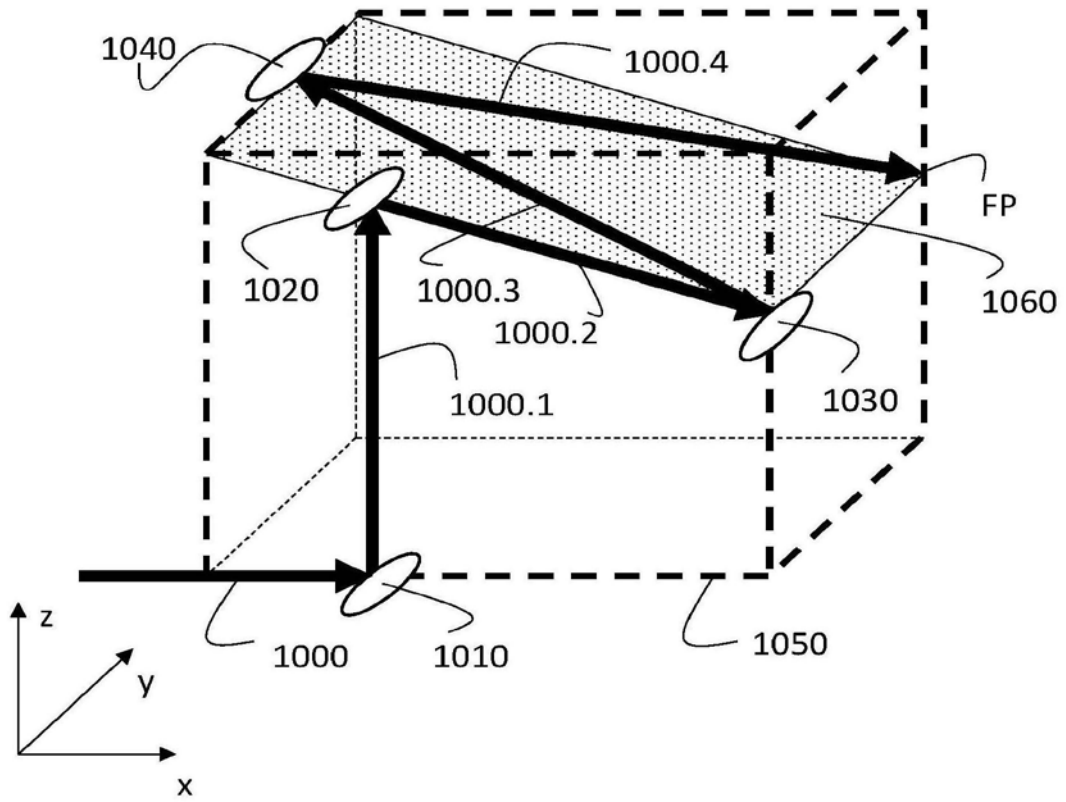


图10

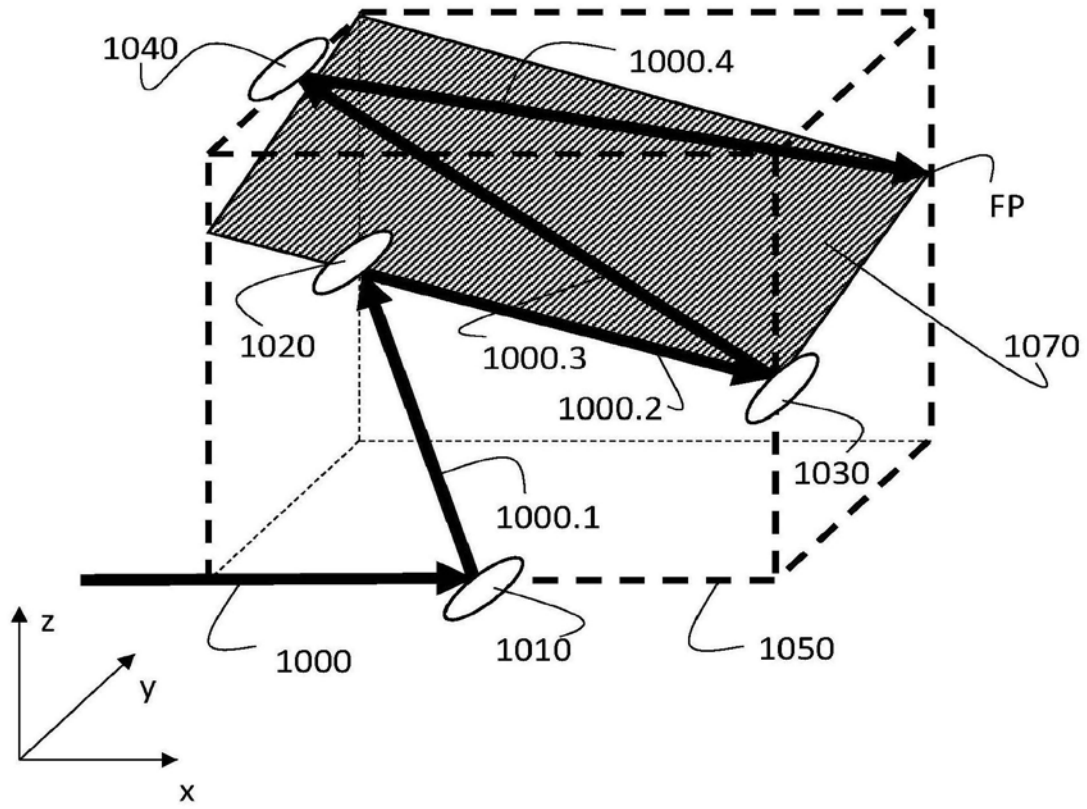


图11

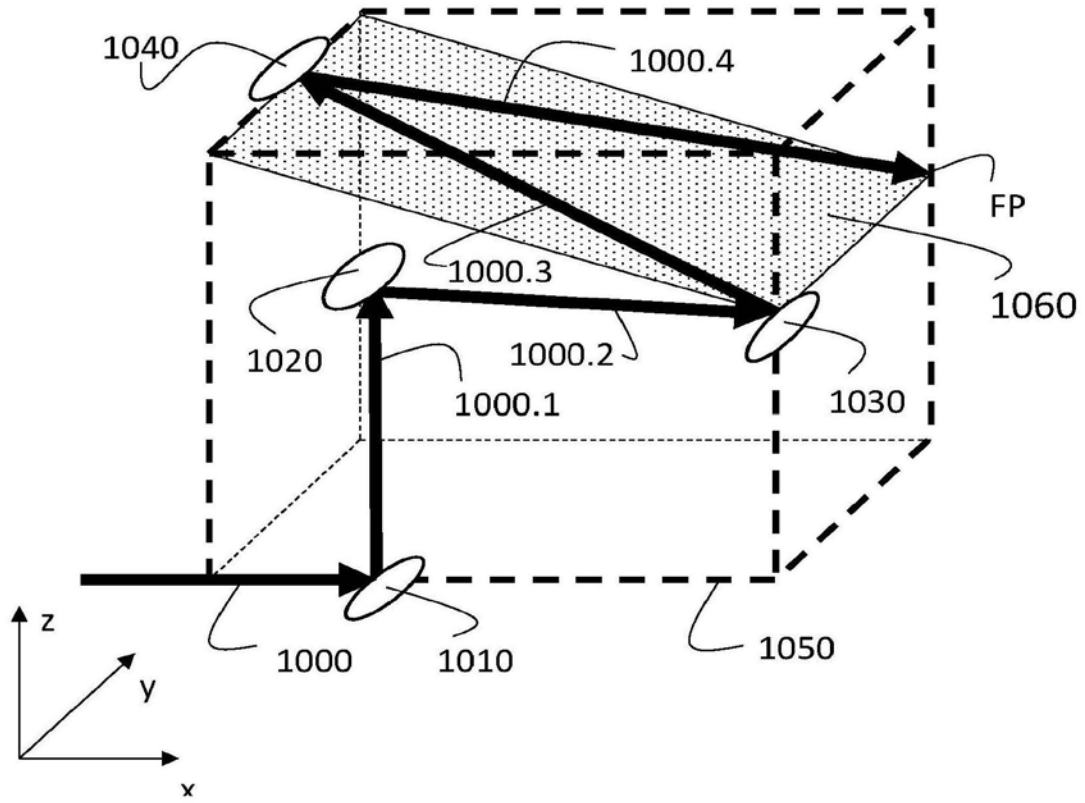


图12