



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109313402 A

(43)申请公布日 2019.02.05

(21)申请号 201780034179.4

(22)申请日 2017.05.17

(30)优先权数据

62/345,678 2016.06.03 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.11.30

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2017/061779 2017.05.17

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/207269 EN 2017.12.07

(71)申请人 ASML控股股份有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72)发明人 K·修姆 I·M·P·阿尔茨

J·L·克鲁泽 I·策玛

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华 张宁

(51)Int.Cl.

G03F 9/00(2006.01)

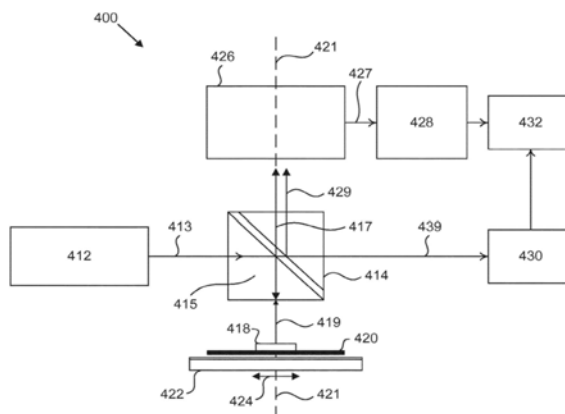
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54)发明名称

对准系统晶片堆叠光束分析器

(57)摘要

一种对准系统获得从晶片堆叠返回的光的特性。光束分析器测量波长、偏振和光束轮廓的变化。该测得信息允许在线工艺变化校正。校正提供单个标记堆叠变化的光学监控,并接着提供信息以减小单个标记工艺变化诱发的精确性误差。



1. 一种对准系统,包括:
 - 辐射源,被配置用于产生光;
 - 物镜投影系统,被配置用于接收所产生的光并且引导所产生的光朝向其上具有多个目标的衬底;
 - 光学分束器,被配置用于从所述衬底接收光并且将所接收的光分成第一光束和第二光束;
 - 光束分析器,被配置用于测量所述第一光束;
 - 干涉仪,被配置用于基于已经从所述衬底上的所述图案反射的所述第二光束以及参考光束,产生干涉图案;
 - 检测器,被配置用于从所述干涉仪接收所述干涉图案;以及
 - 处理器,被配置用于接收并且处理所述干涉图案和所述第一光束的测量,以及指引所述对准系统在基于处理结果的位置处放置所述衬底。
2. 根据权利要求1所述的对准系统,其中,所述光束分析器被进一步配置为测量所述第二光束。
3. 根据权利要求2所述的对准系统,其中,所述光束分析器被进一步配置为测量所述第一光束的波长、偏振和光束轮廓,以及基于所述第一光束确定所述多个目标中的每个目标的套刻偏移。
4. 根据权利要求3所述的对准系统,其中,所述处理器被进一步配置为使用所述干涉图案和所述第一光束的测量,对于所述多个目标中的每个目标确定光学堆叠工艺信息。
5. 根据权利要求4所述的对准系统,其中,所述光学堆叠工艺信息包括标记工艺变化诱发的光学信息。
6. 根据权利要求5所述的对准系统,其中,所述处理器被进一步配置为通过测量印刷图案位置与所述多个目标中的每个目标之间的距离来确定与所述多个目标中的每个目标相关联的套刻偏移。
7. 根据权利要求6所述的对准系统,其中,所述处理器被进一步配置为通过比较所述套刻偏移来对于所述多个目标中的每个目标确定套刻偏移误差。
8. 根据权利要求7所述的对准系统,其中,所述处理器被进一步配置为将类似套刻偏移误差分组成集合。
9. 根据权利要求8所述的对准系统,其中,所述处理器被进一步配置为使用所述套刻偏移误差的集合创建偏移校正表。
10. 根据权利要求9所述的对准系统,其中,所述处理器被进一步配置为使用所述偏移校正表来校正所述对准系统。
11. 一种用于对准衬底的方法,包括:
 - 使用辐射源光产生光;
 - 在物镜投影系统中接收所产生的光并且引导所产生的光朝向其上具有多个目标的衬底;
 - 在光学分束器中接收来自所述衬底的光,所述光学分束器将所接收的光分成第一光束和第二光束;
 - 测量所述第一光束;

基于已经从所述衬底上的所述图案反射的所述第二光束以及参考光束产生干涉图案；
在检测器中接收来自所述干涉仪的所述干涉图案；以及
在处理器中接收并且处理所述干涉图案和所述第一光束的测量，以及指引所述对准系统在基于处理结果的位置处放置所述衬底。

12. 根据权利要求11所述的方法，进一步包括，测量所述第二光束。

13. 根据权利要求12所述的方法，其中，测量所述第一光束进一步包括：测量所述第一光束的波长、偏振和光束轮廓，以及基于所述第一光束确定所述多个目标中的每个目标的套刻偏移。

14. 根据权利要求13所述的方法，其中，所述处理进一步包括：使用所述干涉图案和所述第一光束的测量，对于所述多个目标中的每个目标确定光学堆叠工艺信息。

15. 根据权利要求14所述的方法，其中，所述光学堆叠工艺信息包括标记工艺变化诱发的光学信息。

16. 根据权利要求15所述的方法，其中，所述处理进一步包括：通过测量印刷图案位置与所述多个目标中的每个目标之间的距离来确定与所述多个目标中的每个目标相关联的套刻偏移。

17. 根据权利要求16所述的方法，其中，所述处理进一步包括：通过比较所述套刻偏移，对于所述多个目标中的每个目标确定套刻偏移误差。

18. 根据权利要求17所述的方法，其中，所述处理进一步包括将类似套刻偏移误差分组成为集合。

19. 根据权利要求18所述的方法，其中，所述处理进一步包括使用所述套刻偏移误差的集合创建偏移校正表。

20. 根据权利要求19所述的方法，其中，所述处理进一步包括使用所述偏移校正表来校正所述对准系统。

对准系统晶片堆叠光束分析器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求享有于2016年6月3日提交的美国临时专利申请No.62/345,678的优先权,并且该申请在此通过全文引用的方式并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及一种对准系统,其例如可以用于光刻设备中。

背景技术

[0004] 光刻设备是将所需图案施加至衬底的目标部分上的机器。光刻设备可以用于例如集成电路(IC)的制造中。在该情形中,备选地称作掩模或刻线板的图案化装置可以用于产生与IC的单个层相对应的电路图案,并且可以将该图案成像至具有辐射敏感层(抗蚀剂)的衬底(例如硅晶片)上的目标部分(例如包括一个或数个管芯的一部分)上。一般地,单个衬底将包含后续曝光的相邻目标部分的网络。已知的光刻设备包括所谓的步进机,其中通过将整个图案一次性曝光至目标部分上而照射每个目标部分,以及所谓的扫描机,其中通过沿给定方向(“扫描”方向)扫描图案穿过光束而同时同步地平行于或反平行于该方向扫描衬底而照射每个目标部分。也可能通过将图案压印至衬底上而将图案从图案化装置转移至衬底。另一光刻系统是干涉仪光刻系统,其中没有图案化装置,而是相反地光束被分割成两个光束,以及通过使用反射系统使得两个光束在衬底的目标部分处相干。相干使得在衬底的目标部分上形成线条。

[0005] 在光刻操作期间,不同的处理步骤可以要求在衬底上顺序地形成不同层。因此,可以需要相对于形成在其上的现有的图案而以高精度度定位衬底。一般地,对准标记放置在待对准的衬底上并且定位参照第二目标。光刻设备可以使用对准系统以用于检测对准标记的位置并使用对准标记对准衬底以确保从掩模精确曝光。在两个不同层处对准标记之间未对准测量作为套刻误差。

[0006] 理想地,套刻误差仅仅是在光刻系统内衬底定位的产物。然而实际上,套刻误差源自对准系统与衬底之间的相互作用。对准系统和衬底中变化可以在评估对准标记的真实位置中产生误差。该误差已知为“工艺上”精确性误差。对准系统光学元件包含制造像差,并且因此无法等同。同样,衬底(例如晶片堆叠)具有源自制造和后制造工艺的特性变化。该“工艺上”精确性问题限制了对准系统的健壮性。

[0007] 因此,需要补偿对准系统中变化和衬底中工艺变化。

发明内容

[0008] 根据一个实施例,一种对准系统包括产生光的辐射源、光学调制单元、光学分束器、干涉仪、一个或多个检测器、光束分析器以及处理器。

[0009] 在一个实施例中,将由辐射源产生的光引导朝向衬底。光学分束器将从衬底上图案衍射、或从衬底反射的光束分裂成子光束。干涉仪干涉至少一个子光束并根据干涉产生

输出光。一个或多个检测器从干涉仪接收输出光,并且确定衬底的对准状态。光束分析器从光学分束器接收已经从衬底上图案衍射或从衬底反射的至少一个子光束,并且提供图案的套刻误差测量或者光束分布的光学状态。光束分析器也可以基于光束分布而确定产品堆叠分布。处理器利用相关性算法以基于从一个或多个检测器和光束分析器接收的信息而确定套刻偏移误差,以及使用所确定的套刻偏移误差和产品堆叠分布产生校正表。处理器使用校正表以确定对于每个掩模的校正,并将校正返回馈送至对准系统以用于校正套刻偏移中的误差。处理器可以重复对于每个标记的以上过程,并且可以产生自我学习反馈回路以用于改善衬底的对准状态。处理器随后可以引导对准系统在更新的位置放置衬底以用于改进对准精确性。

[0010] 以下参照附图详细描述本发明的其他特征和优点、以及本发明各个实施例的结构和操作。应该注意,本发明不限于在此所述的具体实施例。在此仅为了示意说明目的展示这些实施例。基于在此所包含的教导,额外的实施例对于本领域技术人员将是明显的。

附图说明

[0011] 在此所包含并形成了说明书的一部分的附图说明了本发明,并且与说明书一起进一步用于解释本发明的原理以及使得本领域技术人员制造和使用本发明。

[0012] 图1A是根据一个实施例的反射式光刻设备的示意图。

[0013] 图1B是根据一个实施例的透射式光刻设备的示意图。

[0014] 图2是根据一个实施例的反射式光刻设备的更详细示意图。

[0015] 图3是根据一个实施例的光刻单元的示意图。

[0016] 图4A和图4B是根据各种实施例的增强对准系统的示意图。

[0017] 图5是可以用在根据一个实施例的设备中的计算机系统。

[0018] 图6是用于使用根据各个实施例的增强对准系统并使用信息以提供更精确对准的检查晶片的方法的流程图。

[0019] 当结合附图时本发明的特征和优点将从以下所阐述的详细说明书变得更明显,其中遍及全部相同的参考符号标识对应的元件。在附图中,相同的参考数字通常指示等同、功能类似、和/或结构类似的元件。其中元件首次出现的附图由对应参考数字中最左侧数位指示。除非另外指示,遍及本公开所提供的附图不应解释为按照比例绘制。

具体实施方式

[0020] 本说明书公开了包括本发明特征的一个或多个实施例。所公开的实施例仅仅示例化了本发明。本发明的范围不限于所公开的实施例。本发明由所附权利要求限定。

[0021] 在说明书中描述为并参考“一个实施例”、“一实施例”、“示例性实施例”等的实施例指示了所述实施例可以包括特定的特征、结构或特性,但是并非每个实施例必须包括该特定特征、结构或特性。此外,该短语不必涉及相同的实施例。进一步,当结合实施例描述特定特征、结构或特性时,应该理解,不论是否明确描述,结合其他实施例而实现该特征、结构或特性在本领域技术人员的知识范围内。

[0022] 然而,在更详细描述这些实施例之前,展示其中可以实施本发明实施例的示例性环境是有益的。

[0023] 反射式和透射式光刻系统的示例

[0024] 图1A和图1B分别是其中可以实施本发明的一个实施例的光刻设备100和光刻设备100'的示意图。光刻设备100和光刻设备100'均包括以下项:照射系统(照射器)IL,被配置用于调节辐射束B(例如深紫外或极紫外辐射);支撑结构(例如掩模工作台)MT,被配置用于支撑图案化装置(例如掩模、刻线板或动态图案化装置)MA并连接至被配置用于精确地定位图案化装置MA的第一定位器PM;以及衬底工作台(例如晶片工作台)WT,被配置用于固定衬底(例如涂覆了抗蚀剂的晶片)W并连接至配置用于精确地定位衬底W的第二定位器PW。光刻设备100和100'也具有投影系统PS,被配置用于将由图案化装置MA赋予辐射束B的图案投影至衬底W的目标部分(例如包括一个或多个管芯)C上。在光刻设备100中,图案化装置MA和投影系统PS是反射式的。在光刻设备100'中,图案化装置MA和投影系统PS是透射式的。

[0025] 照射系统IL可以包括用于引导、定形、或控制辐射束B的各种类型光学部件,诸如折射式、反射式、折反射式、磁性、电磁、静电、或其他类型光学部件、或其任意组合。

[0026] 支撑结构MT以取决于图像化装置MA相对于参考框架的定向、光刻设备100和100'的至少一个的设计、以及诸如图案化装置MA是否固定在真空环境中的方式之类的其他条件而固定图案化装置MA。支撑结构MT可以使用机械、真空、静电或其他夹持技术以固定图案化装置MA。支撑结构MT可以是框架或工作台,例如,如需要的话,其可以是固定或可移动的。通过使用传感器,支撑结构MT可以确保图案化装置MA处于所需位置处,例如,相对于投影系统PS。

[0027] 术语“图案化装置”MA应该广义地解释为涉及可以用于在其截面中赋予辐射束B图案以便于在衬底W的目标部分C中产生图案的任何装置。赋予辐射束B的图案可以对应于在目标部分C中所形成的器件中的特定功能层以形成集成电路。

[0028] 图案化装置MA可以是透射式(如图1B的光刻设备100'中)或反射式(如图1A的光刻设备100中)。图案化装置MA的示例包括刻线板、掩模、可编程镜面阵列、以及可编程LCD面板。掩模在光刻中广泛已知,并且包括诸如二元、交替相移、和衰减相移的掩模类型,以及各种混合掩模类型。可编程镜面阵列的示例采用小镜面的矩阵布置,每个小镜面可以单独地倾斜以便于沿不同方向反射入射的辐射束。倾斜的镜面在由小镜面的阵列所反射的辐射束B中赋予图案。

[0029] 术语“投影系统”PS可以包括任何类型投影系统,包括折射、反射、折反射、磁性、电磁或经典光学系统、或其任意组合,如对于所使用曝光辐射合适的,或者对于其他因素诸如在衬底W上使用沉浸液体或者使用真空合适的。真空环境可以用于EUV或电子束辐射,因为其他气体可以吸收太多辐射或电子。可以因此借助于真空壁和真空泵而向整个光束路径提供真空环境。

[0030] 光刻设备100和/或光刻设备100'可以是具有两个(双平台)或更多衬底工作台WT(和/或两个或更多掩模工作台)的类型。在该“多平台”机器中,额外的衬底工作台WT可以并行使用,或者可以在一个或多个工作台上执行预备步骤而同时一个或多个其他衬底工作台用于曝光。在一些情形中,额外的工作台可以不是衬底工作台WT。

[0031] 参照图1A和图1B,照射器IL从辐射源S0接收辐射束。源S0和光刻设备100、100'可以是分离的物理实体,例如,当源S0是受激准分子激光器时。在该情形中,源S0不应视作形成了光刻设备100或100'的一部分,并且辐射束B借助于包括例如合适的引导镜面和/或扩

束器的光束输送系统BD(在图1B中)而从源S0传至照射器IL。在其他情形中,源S0可以是光刻设备100、100'的整体部分-例如当源S0是汞灯时。源S0和照射器IL以及如果需要的话与光束输送系统BD一起可以称作辐射系统。

[0032] 照射器IL可以包括调节器AD(在图1B中)用于调节辐射束的角强度分布。一般地,可以调节在照射器的光瞳面中强度分布的至少外侧和/或内侧径向范围(通常分别称作“ σ -外侧”和“ σ -内侧”)。此外,照射器IL可以包括各种其他部件(在图1B中),诸如积分器IN和聚光器C0。照射器IL可以用于调节辐射束B以在其截面中具有所需均匀性和强度分布。

[0033] 参照图1A,辐射束B入射在图案化装置(例如掩模)MA上,其被固定在支撑结构(例如掩模工作台)MT上,并由图案化装置MA图案化。在光刻设备100中,辐射束B从图案化装置(例如掩模)MA反射。在从图案化装置(例如掩模)MA反射之后,辐射束B穿过投影系统PS,其将辐射束B聚焦至衬底W的目标部分C上。借助于第二定位器PW和位置传感器IF2(例如干涉仪装置、线性编码器或电容性传感器),衬底工作台WT可以精确地移动(例如以便于在辐射束B的路径中定位不同目标部分C)。类似地,第一定位器PM和另一位置传感器IF1可以用于相对于辐射束B的路径精确地定位图案化装置(例如掩模)MA。可以使用掩模对准标记M1、M2以及衬底对准标记P1、P2对准图案化装置(例如掩模)MA和衬底W。

[0034] 参照图1B,辐射束B入射在图案化装置(例如掩模MA)上,其被固定在支撑结构(例如掩模工作台MT)上,并由图案化装置图案化。已经横越了掩模MA,辐射束B穿过投影系统PS,其将光束聚焦至衬底W的目标部分C上。投影系统具有与照射系统光瞳IPU共轭的光瞳PPU。辐射的一部分从在照射系统光瞳IPU处强度分布发源并横越掩模图案而并未受到在掩模图案处衍射的影响,并且在照射系统光瞳IPU处产生强度分布的图像。

[0035] 借助于第二定位器PW和位置传感器IF(例如干涉仪装置、线性编码器、或电容性传感器),可以精确地移动衬底工作台WT(例如,以便于在辐射束B的路径中定位不同目标部分C)。类似地,可以使用第一定位器PM和另一位置传感器(图1B中未示出)以相对于辐射束B的路径精确地定位掩模MA(例如,在从掩模库机械检索之后或者在扫描期间)。

[0036] 一般地,可以借助于形成了第一定位器PM部件的长冲程模块(粗略定位)和短冲程模块(精细定位)而实现掩模工作台MT的移动。类似地,可以使用形成了第二定位器PW部件的长冲程模块和短冲程模块实现衬底工作台WT的移动。在步进机(与扫描机相反)的情形中,掩模工作台MT可以仅连接至短冲程促动器或者可以固定。掩模MA和衬底W可以使用掩模对准标记M1、M2以及衬底对准标记P1、P2对准。尽管衬底对准标记(如所示)占据了专用目标部分,它们可以位于目标部分之间的空间中(已知为划片线对准标记)。类似地,在其中在掩模MA上提供多于一个管芯的情形中,掩模对准标记可以位于管芯之间。

[0037] 掩模工作台MT和图案化装置MA可以在真空腔室中,其中真空中的机器人IVR可以用于将图案化装置诸如掩模移入和移出真空腔室。备选地,当掩模工作台MT和图案化装置MA在真空腔室外时,真空外机器人可以用于各种运输操作,类似于真空中机器人IVR。真空中和真空外机器人两者均需要校正以用于将任何载荷(例如掩模)平滑转移至转运站的固定运动安装架。

[0038] 光刻设备100和100'可以用于以下至少一个模式:

[0039] 1. 在步进模式中,支撑结构(例如掩模工作台)MT和衬底工作台WT保持基本上固定,此时将赋予辐射束B的整个图案一次性投影至目标部分C上(也即单次静态曝光)。衬底

工作台WT随后沿X和/或Y方向偏移以便可以曝光不同目标部分C。

[0040] 2. 在扫描模式中, 同步地扫描支撑结构 (例如掩模工作台) MT和衬底工作台WT而此时将赋予辐射束B的图案投影至目标部分C上 (也即单次动态曝光)。衬底工作台WT相对于支撑结构 (例如掩模工作台) MT的速率和方向可以由投影系统PS的缩放和图像反转特性确定。

[0041] 3. 在另一模式中, 支撑结构 (例如掩模工作台) MT保持基本上固定而固定了可编程图案化装置, 并且移动或扫描衬底工作台WT, 此时将赋予辐射束B的图案投影至目标部分C上。可以采用脉冲辐射源S0, 并且如需要的话在每次衬底工作台WT移动之后或者在扫描期间在连续辐射脉冲之间更新可编程图案化装置。该操作模式可以容易地应用于无掩模光刻, 其利用可编程图案化装置诸如可编程镜面阵列。

[0042] 也可以采用对所述使用模式的组合和/或变化, 或者使用完全不同的使用模式。

[0043] 在另一实施例中, 光刻设备100包括极紫外 (EUV) 光源, 其被配置用于产生用于EUV光刻的EUV辐射束。一般地, EUV源被配置在辐射系统中, 并且对应的照射系统被配置为调节EUV源的EUV辐射束。

[0044] 图2更详细示出了光刻设备100, 包括源收集器设备S0、照射系统IL以及投影系统PS。源收集器设备S0被构造并设置为使得可以在源收集器设备S0的包围结构220中维持真空环境。可以由放电产生的等离子体源形成发生EUV辐射的等离子体210。可以由气体或蒸气, 例如Xe气、Li蒸气或Sn蒸气, 产生EUV辐射, 其中产生非常热的等离子体210以发出在电磁频谱的EUV范围内的辐射。非常热的等离子体210由例如引起至少部分电离化等离子体的放电而形成。对于辐射的高效产生可以需要Xe、Li、Sn蒸气或任何其他合适气体或蒸气的例如10Pa的分压。在一个实施例中, 提供受激锡 (Sn) 的等离子体以产生EUV辐射。

[0045] 由热等离子体210发出的辐射从源腔室211经由任选的位于源腔室211中开口中或背后的气体阻隔壁或污染物陷阱230 (在一些情形中也称作污染物阻隔壁或箔陷阱) 而传至收集器腔室212中。污染物陷阱230可以包括通道结构。污染物陷阱230也可以包括气体阻隔壁, 或者气体阻隔壁与通道结构的组合。进一步在此所示的污染物陷阱或污染物阻隔壁230至少包括通道结构, 如本领域已知的那样。

[0046] 收集器腔室212可以包括辐射收集器C0, 其可以是所谓的掠入射收集器。辐射收集器C0具有上游辐射收集器侧251和下游辐射收集器侧252。横越收集器C0的辐射可以反射离开光栅频谱过滤器240以聚焦在虚源点IF中。虚源点IF通常称作中间焦点, 并且源收集器设备被设置为使得中间焦点IF位于包围结构220中开口219处或附近。虚源点IF是发出辐射等离子体210的图像。光栅频谱过滤器240特别用于抑制红外 (IR) 辐射。

[0047] 随后辐射横越照射系统IL, 其可以包括多面场镜面装置222和多面光瞳镜面装置224, 设置用于在图案化装置MA处提供辐射束221的所需角度分布, 以及在图案化装置MA处辐射强度的所需均匀性。一旦在由支撑结构MT所固定的图案化装置MA处反射了辐射束221, 形成图案化的光束226并且由投影系统PS经由反射元件228、230将图案化的光束226成像至由晶片平台或衬底工作台WT所固定的衬底W上。

[0048] 一般可以在照射光学单元IL和投影系统PS中存在比所示更多的元件。光栅频谱过滤器240可以任选地存在, 取决于光刻设备的类型。进一步, 可以比附图中所示那些存在更多镜面, 例如可以比图2中所示在投影系统PS中存在1-6个额外反射元件。

[0049] 收集器光学元件C0如图2中所示描绘为具有掠入射反射器253、254和255的嵌套收

集器,仅作为收集器(或收集器镜面)的示例。掠入射反射器253、254和255围绕光轴O轴向对称布置,并且该类型的收集器光学元件C0优选地与放电产生等离子体源通常称作DPP源组合使用。

[0050] 示例性光刻单元

[0051] 图3示出了光刻单元300,有时也称作光刻单元或集群。光刻设备100或100'可以形成光刻单元300的部分。光刻单元300也可以包括用于在衬底上执行曝光前和曝光后工艺的设备。常规地,这些包括用于沉积抗蚀剂层的旋涂器SC、用于显影已曝光抗蚀剂的显影器DE、冷却板CH和烘焙板BK。衬底固定器或机器人R0从输入/输出端口I/O1、I/O2拾取衬底,在不同工艺设备之间移动它们,并随后将它们输送至光刻设备的进料台LB。通常共同地称作轨道的这些装置在轨道控制单元TCU控制之下,TCU自身由监管控制系统SCS控制,SCS也经由光刻控制单元LACU控制了光刻设备。因此,可以操作不同的设备以最大化产量和处理效率。

[0052] 示例性对准系统

[0053] 为了控制光刻工艺以将器件特征精确地放置在衬底上,一般在衬底上提供对准标记,并且光刻设备包括由此必须精确地测量衬底上标记的位置的一个或多个对准系统。这些对准系统是有效的位置测量设备。从不同时刻和不同制造者已知不同类型掩模和不同类型对准系统。当前光刻设备中广泛使用的系统类型是基于如美国专利序列号6,961,116(den Boef等人)中所述的自参考干涉仪。通常分立地测量标记以获得X和Y位置。然而,可以使用在已公开专利申请US2009/195769A(Bijnen等人)中所述的技术执行X和Y测量的组合。在此通过全文引用的方式将其全部内容并入本文。

[0054] 图4A说明了根据一个实施例的可以实施作为光刻设备100或100'的一部分的对准系统400的剖视图的示意图。在该实施例的示例中,对准系统400可以被配置为相对于图案化装置(例如图案化装置MA)对准衬底(例如衬底W)。对准系统400可以被进一步配置为检测在衬底上对准标记的位置,并使用对准标记的所检测位置相对于图案化装置或光刻设备100或100'的其他部件而对准衬底。该衬底的对准可以确保在衬底上一个或多个图案的精确曝光。

[0055] 根据一个实施例,对准系统400可以包括照射系统412、分束器414、干涉仪426、检测器428、光束分析器430以及套刻计算处理器432,根据该实施例的示例。照射系统412可以被配置为提供具有一个或多个通带的电磁窄波段辐射束413。在示例中,一个或多个通带可以在大约500nm至大约900nm之间的波长频谱内。在另一示例中,一个或多个通带可以在大约500nm至大约900nm之间的波长频谱内的离散窄通带。照射系统412可以被进一步配置为提供在长时间段期间(例如照射系统412的寿命期间)具有基本上恒定中心波长(CWL)值的一个或多个通带。照射系统412的该配置可以帮助防止实际CWL值从所需CWL值偏移,如上所述,在当前对准系统中。并且因此,恒定CWL值的使用可以与当前对准系统相比改进对准系统(例如对准系统400)的长期稳定性和精确性。

[0056] 根据一个实施例,分束器414可以被配置为接收辐射束413,并将辐射束413分割成至少两个辐射子束。在一个示例中,辐射束413可以分割成辐射子束415和417,如图4A中所示。分束器414可以被进一步配置以将辐射子束415引导至防止在平台422上的衬底420上。在一个示例中,平台422沿方向424可移动。辐射子束415可以被配置为照射对准标记或位于

衬底420上的目标418。在该实施例的示例中,可以采用辐射敏感薄膜涂覆对准标记或目标418。在另一示例中,对准标记或目标418可以具有一百八十度对称性。也即,当对准标记或目标418围绕垂直于对准标记或目标418平面的对称轴线旋转一百八十度时,已旋转的对准标记或目标418可以基本上等同于未旋转的对准标记或目标418。衬底420上目标418可以是(a)包括由固体抗蚀剂线条形成的条棒的抗蚀剂层光栅,或(b)产品层光栅,或(c)套刻目标结构中的合成光栅堆叠,其包括套刻在或交织在产品层光栅上的抗蚀剂光栅。条棒可以备选地刻蚀至衬底中。该图案对于光刻投影设备,特别是投影系统PL,中的色像差(chromatic aberration)敏感,并且照射对称性以及该像差的存在将在印刷光栅的变化中表明它们自己。在器件制造中用于测量线条宽度、间距和关键尺寸的一个线内(in-line)方法采用了已知为“散射测量”的技术。散射测量的方法描述在Raymond等人的“Multiparameter Grating Metrology Using Optical Scatterometry”, J.Vac.Sci.Tech.B, Vol.15, no.2, pp.361-368 (1997) 以及Niu等人的“Specular Spectroscopic Scatterometry in DUV Lithography”, SPIE, Vol.3677 (1999) 中,在此通过全文引用的方式将其并入本文。在散射测量中,由目标中周期性结构反射光,并检测在给定角度下得到的反射光谱。重构了引起反射光谱的结构,例如使用严格耦合波分析(RCWA)或者通过与模拟所获得图案库比较。因此,印刷光栅的散射测量数据用于重构光栅。光栅的参数诸如线条宽度和形状可以输入至由处理单元PU所执行、从印刷步骤和/或其他散射测量工艺已知的重构进程中。

[0057] 根据一个实施例,分束器414可以被进一步配置为接收衍射辐射束419并将衍射辐射束419分割成至少两个辐射子束。在一个示例中,辐射束419可以分割成衍射辐射子束429和439,如图4A中所示。

[0058] 应该注意,即使分束器414示出为引导辐射束415朝向对准标记或目标418并引导衍射的辐射子束429朝向干涉仪426,本公开并未限于此。对于本领域技术人员明显的是,可以使用其他光学布置以获得照射在衬底420上对准标记或目标418并检测对准标记或目标418的图像的类似结果。

[0059] 如图4A中所示,干涉仪426可以被配置为通过分束器414接收辐射子束417和衍射辐射子束429。在一个示例性实施例中,衍射的辐射子束429可以是可以从对准标记或目标418反射的辐射子束415的至少一部分。在该实施例的示例中,干涉仪426包括光学元件的任何合适集合,例如,可以被配置用于基于接收到的衍射辐射子束429形成对准标记或目标418的两个图像的棱镜组合。应该知晓,无需形成良好品质的图像,但是应该知晓应该解析对准标记418的特征。干涉仪426可以被进一步配置为相对于两个图像中的另一个以一百八十度旋转两个图像的一个,并且干涉测量地重组已旋转和未旋转的图像。

[0060] 在一个实施例中,检测器428可以被配置为当对准系统400的对准轴线421穿过对准标记或目标418的对称中心(未示出)时,接收经重组的图像并检测干涉。该干涉可以由对准标记或目标418是一百八十度对称的,并且重组的图像相长或相消地干涉,根据示例性实施例。基于检测到的干涉,检测器428可以被进一步配置为确定对准标记或目标418的对称中心的位置,并且因此检测衬底420的位置。根据一个示例,对准轴线421可以与垂直于衬底420并穿过图像旋转干涉仪426中心的光束对准。检测器428可以被进一步配置为通过实施传感器特性并与晶片标记工艺变化相互作用而估算对准标记或目标418的位置。

[0061] 在另一实施例中,检测器428通过执行以下测量中的一个或多个而确定对准标记

或目标418的对称中心的位置:1.测量对于各个波长的位置变化(颜色之间位置偏移);2.测量对于各个阶量的位置变化(衍射阶量之间的位置偏移);以及3.测量对于各个偏振的位置变化(偏振之间的位置偏移)。该数据可以例如采用任何类型对准传感器获得,例如SMASH(智能对准传感器混合)传感器,如美国专利No.:6,961,116中所述,其采用了具有单个检测器和四个不同波长的自参考干涉仪,并且提取软件中对准标记,或者Athena(使用高阶对准增强的先进技术),如美国专利No.:6,297,876中所述,其将七个衍射阶量中的每一个引导至专用检测器,在此通过引用的方式将其并入本文。

[0062] 在一个实施例中,光束分析器430可以被配置为接收并确定衍射辐射子束439的光学状态。光学状态可以是光束波长、偏振或光束分布的度量。光束分析器430可以被进一步配置为确定平台422的位置并将平台422的位置与对准标记或目标418的对称中心的位置相关联。就此而言,可以参照平台422精确地知晓对准标记或目标418的位置以及因此知晓衬底420的位置。备选地,光束分析器430可以被配置为确定对准系统400或任何其他参考元件的位置以使得可以参照对准系统400或任何其他参考元件而知晓对准标记或目标418的对称中心。光束分析器可以是具有一些形式的波段选择性的点或成像偏振计。根据一个实施例,光束分析器430可以直接地集成至对准系统400中,或者经由数种光纤连接:根据其他实施例的保留单模,多模或成像的偏振。

[0063] 在一个实施例中,光束分析器430可以被进一步配置为确定衬底420上两个图案之间的套刻数据。这些图案中的一个图案可以是在参考层上的参考图案。另一个图案可以在已曝光层上的已曝光图案。参考层可以是已经存在于衬底420上的已刻蚀层。参考层可以由光刻设备采用在衬底上曝光的参考图案而产生。已曝光层可以是与参考层相邻的已曝光的抗蚀剂层。已曝光层可以由光刻设备采用在衬底420上曝光的曝光图案而产生。衬底420上已曝光图案可以对应于由平台422引起衬底420的移动。在一个实施例中,测得的套刻数据也可以指示在参考图案与曝光图案之间的偏移。测得套刻数据可以用作校正数据以校正由光刻设备所曝光的曝光图案,从而在校正之后可以最小化在已曝光层与参考层之间的偏移。

[0064] 在一个实施例中,光束分析器430可以被进一步配置为确定衬底420的产品堆叠轮廓的模型,并且可以被配置用于在单次测量中测量目标418的套刻、关键尺寸和焦点。产品堆叠轮廓包含关于堆叠产品的信息,诸如对准标记、目标418或衬底420,并且可以包括作为照射变化的函数的标记工艺变化所诱导的光学签名度量。产品堆叠轮廓也可以包括产品光栅轮廓、标记堆叠轮廓、以及标记非对称性信息。光束分析器430的示例是由ASML, Veldhoven, The Netherlands制造的Yieldstar™,如美国专利No.8,706,442中所述,在此通过全文引用的方式并入本文。光束分析器430可以被进一步配置为处理与在该层中已曝光图案的特定属性相关的信息,并且可以是套刻参数(层相对于衬底上之前层的定位精确度或者第一层相对于衬底上标记的定位精确度的指示)、层中所描绘图像的焦点参数和/或关键尺寸参数(线条宽度及其变化)。其他参数是与已曝光图案的所示图像的品质相关的图像参数。检测器阵列可以连接至光束分析器430,并且允许如下所述的精确堆叠轮廓检测的可能性。对于检测器阵列,许多选项是可能的:一束多模光纤,每个信道的离散管脚检测器,或CDD或CMOS(线性)阵列。一束多模光纤的使用使得任何耗散元件为了稳定性原因而远程地定位。离散PIN检测器提供大的动态范围但是每个需要分立的预放大器。元件的数目因此受

限。CCD线性阵列提供可以高速读出的许多元件,并且如果使用相位阶跃检测,这是特别感兴趣的。

[0065] 在一个实施例中,第二光束分析器430'可以被配置为接收并确定衍射辐射子束429的光学状态,如图4B中所示。光学状态可以是光束波长、偏振或光束轮廓的度量。第二光束分析器430'可以等同于光束分析器430,或者可以被配置用于执行光束分析器430的至少所有功能,诸如确定平台422的位置并且将平台422的位置与对准标记或目标418的对称中心的位置相关联。就此而言,对准标记或目标418的位置以及因此衬底420的位置可以参考平台422而精确地得知。第二光束分析器430'也可以被配置为确定对准系统400或任何其他参考元件的位置,从而对准标记或目标418的对称中心可以参考对准系统400或任何其他参考元件而得知。光束分析器430'可以被进一步配置为确定两个图案之间的套刻数据以及衬底420的产品堆叠轮廓的模型。第二光束分析器430'也可以被配置为在单次测量中测量目标418的套刻、关键尺寸和焦点。

[0066] 在一个实施例中,第二光束分析器430'可以直接地集成至对准系统400中,或者其可以经由数种类型的光线而连接:根据其他一些实施例的保留了单模,多模或成像的偏振。备选地,可以组合第二光束分析器430'和光束分析器430以形成被配置用于接收并确定两个衍射辐射子束429和439的光学状态的单个分析器。

[0067] 在一个实施例中,套刻计算处理器432从检测器428和光束分析器430接收信息。信息可以包括由光束分析器430所构造的产品堆叠轮廓的模型。备选地,套刻计算处理器432可以使用所接收的关于产品标记的信息而构造产品标记轮廓的模型。在任一情形中,套刻计算处理器432使用或包括产品标记轮廓的模型构造堆叠产品和套刻标记轮廓的模型。随后使用堆叠模型以确定套刻偏移并最小化对于套刻偏移测量的频谱效应。处理器432可以基于从检测器428和光束分析器430接收的信息而产生基本校正算法,该信息包括但不限于照射光束的光学状态,对准信号和相关位置估算,光瞳面、成像面以及额外平面中的光学状态。处理器432可以利用基本校正算法以参考晶片标记特征化对准系统400。

[0068] 在一个实施例中,套刻计算处理器432可以被进一步配置为基于从检测器428和光束分析器430接收的信息对于每个标记相对于传感器估算值而确定印刷图案位置偏移误差。信息包括但不限于产品堆叠轮廓、套刻的测量、衬底420上每个对准标记或目标418的关键尺寸和焦点。套刻计算处理器432可以利用集群算法以将标记分组成类似恒定偏移误差的集合,并基于信息创建对准误差偏移校正表。集群算法可以是基于套刻测量,与偏移误差的每个集合相关的位置估算和额外光学堆叠工艺信息。对于许多不同的标记计算套刻,例如,套刻目标具有围绕已编程套刻偏移的正和负偏置。测量了最小套刻的目标被视作参考(当以最佳精确性测量时)。从该测得小套刻,以及其对应目标的已知已编程套刻,可以推论得出套刻误差。表1示出了可以如何执行。所示的示例中最小测得套刻是-1nm。然而这与具有-30nm的已编程套刻的目标相关。因此工艺必须已经引入29nm的套刻误差。

[0069]

表 1							
已编程套刻	-70	-50	-30	-10	10	30	50
测得套刻	-38	-19	-1	21	43	66	90
测得和已编程套刻 之间的差异	32	31	29	31	33	36	40
套刻误差	3	2	-	2	4	7	11

[0070] 最小值可以视作参考点,并且相对于该点,可以计算在测得套刻与由于已编程套刻所预期的套刻之间的偏移。该偏移确定了对于具有类似偏移的每个标记或标记集合的套刻误差。因此,在表1的示例中,最小测得套刻是-1nm,在具有30nm已编程套刻的目标位置处。将预期与其他目标处测得套刻之间的差异与该参考比较。诸如表1的表也可以在不同照射设置之下从标记和目标418获得,可以确定并选择导致最小套刻误差的照射设置以及其对应的校正因子。接下来,套刻计算处理器432可以将标记分组成类似套刻误差的集合。可以基于不同的工艺控制诸如对于不同工艺的不同的误差容限而调节用于对标记分组的准则。

[0071] 在一个实施例中,套刻计算处理器432可以确认群组的所有或大多数组元具有类似偏移误差,并且基于其额外的光学堆叠度量而将来自集群算法的单个偏移校正应用于每个标记。套刻计算处理器432可以确定对于每个标记的校正并且将校正反馈回至光刻设备100以用于校正套刻中的误差,例如通过将校正反馈至对准系统400中。

[0072] 应该理解,套刻计算处理器432可以实施在如图5中所示的一个或多个计算机系统50中。计算机系统50可以是形式为套刻计算处理器432的专用计算机,根据一些实施例,或者备选地,是控制了光刻设备的中央计算机。计算机系统50可以设置用于加载包括计算机可执行代码的计算机程序产品。这可以使得当下载了计算机程序产品时计算机系统50控制光刻和检查设备的前述使用。

[0073] 连接至处理器27的存储器29可以存储可应用于选择的衬底对准标记或套刻度量目标的一个或多个集合的位置,以及用以从该至少一个集合选择合适的衬底对准标记或套刻度量目标的选择规则。选择规则是基于关于哪些衬底对准标记或套刻度量目标位置最佳取决于一个或多个选择准则的实验或理论知识。存储器29可以包括许多存储器部件,例如硬盘31,只读存储器(ROM) 62,电可擦除可编程只读存储器(EEPROM) 63或随机访问存储器(RAM) 64。无需展示所有前述存储器部件。进一步,并非必要的是,前述存储器部件物理靠近处理器27或相互靠近。它们可以位于隔开一定距离处。

[0074] 处理器27也可以连接至用户接口,例如键盘65或鼠标66。也可以使用触摸屏、轨迹球、语音转换器或者对于本领域技术人员已知的其他接口。

[0075] 处理器27可以连接至读取单元67,其设置用于从数据载体读取并在一些情形下在数据载体上存储例如形式为计算机可执行代码的数据,数据载体例如软盘68或CDROM 69。也可以使用DVD或对于本领域技术人员已知的其他数据载体。

[0076] 处理器27也可以连接至打印机70以在纸上打印输出数据,以及连接至对于本领域

技术人员已知的任何其他类型显示器的显示器71,例如监视器或LCD(液晶显示器)。

[0077] 处理器27可以借由负责输入/输出(I/O)的发射器/接收器73而连接至通信网络72,例如公用交换电话网络(PSTN),局域网(LAN),广域网(WAN)等。处理器27可以设置用于经由通信网络72与其他通信系统通信。在本发明的实施例中,外部计算机(未示出)例如操作者的个人计算机可以经由通信网络72登录至处理器27。

[0078] 处理器27可以实施作为独立系统或者作为并行操作的许多处理单元,其中每个处理单元设置用于执行更大程序的子任务。处理单元也可以划分成具有数个子处理单元的一个或多个主处理单元。处理器27的一些处理单元可以甚至位于离开其他处理单元一定距离处并且经由通信网络72通信。

[0079] 校正对准系统的示例性方法

[0080] 图6说明了根据一个实施例的用于使用增强对准系统以测量衬底上目标的位置的流程图600。增强对准系统提供了具有之前所述常规精确误差的标记位置的常规测量。此外,其提供了关于标记和传感器的额外光学信息,其可以用于减小产品上对准误差。仅为了示意说明目的,将参照图1-图5中所示的示例性操作环境而描述图6中所示步骤。然而,流程图600不限于这些实施例。应该知晓,可以取决于具体应用以不同顺序执行或者不执行该步骤。

[0081] 在步骤602中,使用监控晶片对于对准系统400执行基本校正校正。已经之前使用包含特殊散射测量标记的特殊刻线板曝光了监控晶片。根据一个实施例,监控晶片中的至少一个是衬底420。处理器432可以基于从检测器428和光束分析器430接收的信息而创建基本校正算法,信息包括但不限于照射光束的光学状态,对准信号和相关联位置估算、光瞳面、成像面和额外平面中的光学状态。处理器432可以利用基本校正算法以参考晶片标记特征化对准系统400。

[0082] 在步骤604中,使用处理晶片对于对准系统执行基本对准系统校正。处理器432可以更新基本校正算法并基于从检测器428、光束分析器430和第二光束分析器430'接收的信息参考晶片标记特征化对准系统400,信息包括但不限于照射光束的状态,对准标记和相关联位置估算,光瞳面、成像面和额外平面中的光学状态。

[0083] 在步骤606中,套刻计算处理器432可以基于从检测器428和光束分析器430接收的信息针对每个标记相对于传感器估算来确定处理晶片上印刷图案位置偏移误差。套刻计算处理器432可以利用集群算法以将标记分组为类似恒定偏移误差的集合,并基于信息创建对准误差偏移校正表。套刻计算处理器432也可以利用从步骤602和604获得的校正信息以对于每个标记确定校正。

[0084] 在步骤608中,套刻计算处理器432可以将校正反馈回至光刻设备100用于校正套刻偏移的误差,例如通过将校正馈送至对准系统400中,并且使用已校正的系统来处理衬底420。可以使用已知制造工艺由光刻投影设备来处理衬底420,并将图案(例如套刻标记或刻线板中产品图案)成像至至少部分地由辐射敏感材料(抗蚀剂)层所覆盖的衬底420上。在该成像之前,衬底420可以经受各种工序,诸如涂底、抗蚀剂涂覆和软烘焙。可以在曝光之前在已校正的对准系统400中对准衬底420。在曝光之后,衬底420可以经受其他工序,诸如曝光后烘焙(PEB)、显影、硬烘焙以及所成像特征的测量/检查。因此,将衬底420与套刻标记以及产品图案一起曝光,并且显影抗蚀剂以在堆叠晶片上印刷套刻标记。

[0085] 在步骤610中,套刻计算处理器432可以针对已曝光衬底420上的每个对准标记或目标418来相对于传感器估算测量印刷图案位置偏移误差。测量信息包括但不限于衬底420上每个对准标记或目标418的产品堆叠轮廓、套刻测量、关键尺寸和焦点。套刻计算处理器432可以利用集群算法以将标记分组成类似恒定偏移误差的集合,并且基于信息来创建对准误差偏移校正表。集群算法可以是基于套刻测量、位置估算以及与偏移误差的每个集合相关联的额外光学堆叠工艺信息。从该测得的套刻以及其对应目标的已知已编程套刻,可以推论得出套刻误差。

[0086] 在步骤612中,套刻计算处理器432可以对于每个标记确定校正并将校正反馈回至光刻设备100以用于校正套刻中的误差,例如通过将校正馈送至对准系统400中。因此工艺创建用于校正对准系统400的自学习反馈回路。

[0087] 最终标记

[0088] 尽管在本文中已经对于在IC制造中使用光刻设备做了参考,应该理解,在此所述的光刻设备可以具有其他应用,诸如集成光学系统、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)、薄膜磁头等的制造。本领域技术人员一个个知晓,在该备选应用的上下文中,在此术语“晶片”或“管芯”的任何使用可以视作分别与更常用术语“衬底”或“目标部分”含义相同。可以在例如轨道(通常施加抗蚀剂层至衬底并显影已曝光抗蚀剂的工具)、度量工具和/或检查工具中在曝光之前或之后处理在此所涉及的衬底。其中可应用的,本公开在此可以适用于这些和其他衬底处理工具。进一步,可以多于一次处理衬底,例如以便于产生多层IC,因此在此所使用的术语衬底也可以涉及已经包含了多个已处理层的衬底。

[0089] 尽管可以已经对于在光学光刻的上下文中使用本发明实施例做了具体参考,应该知晓,本发明可以用于其他应用,例如压印、电子束和粒子光刻,以及其中上下文允许的,不限于光学光刻。在压印光刻中,图案化装置中的拓扑限定了在衬底上产生的图案。图案化装置的拓扑可以压入提供至衬底的抗蚀剂层中,通过施加电磁辐射、热量、压力或其组合而在衬底上固化抗蚀剂。在抗蚀剂固化了之后从抗蚀剂移出图案化装置而在其中留下图案。

[0090] 应该理解,在此短语或术语是为了描述而非限定的目的,以使得本说明书的术语或短语应由本领域技术人员依据在此的教导而解释。

[0091] 在此所述的实施例中,术语“透镜”和“透镜元件”如上下文所允许的,可以涉及各种类型光学部件的任意一个或组合,包括折射、反射、折反射、电磁和静电光学部件。

[0092] 进一步,在此使用的术语“辐射”、“光束”和“光”包括所有类型电磁辐射,包括紫外(UV)辐射(例如具有365、298、193、157或126nm波长 λ)、极紫外(EUV或软X射线)辐射(例如具有在5-20nm范围内诸如例如13.5nm的波长)、或工作在小于5nm下的硬X射线、以及粒子束诸如离子束、电子束、原子或分子。它们可以曝光抗蚀剂层或直接地产生图案。一般地,具有在大约400至大约700nm之间波长的辐射视为可见辐射;具有在大约780-3000nm之间波长的辐射(或更大)视作IR辐射。UV涉及具有大约100-400nm波长的辐射。在光刻内,术语“UV”也适用于可以由水印放电等产生的波长:G线436nm;H线405nm;和/或I线365nm。真空UV或VUV(也即由气体吸收的UV)涉及具有范围大约100-200nm波长的辐射。深UV(DUV)通常涉及具有范围从126nm至428nm波长的辐射,并且在实施例中,受激准分子激光器可以产生在光刻设备内使用的DUV辐射。应该知晓,具有范围在例如5-20nm内波长的辐射涉及具有某一波段的辐

射,其至少一部分在5-20nm范围内。

[0093] 如在此所使用的术语“衬底”通常描述了其上添加后续材料层的材料。在实施例中,衬底自身可以图案化并且也可以图案化在其顶部上所添加的材料,或者可以保留并未图案化。

[0094] 尽管以上已经描述了本发明的具体实施例,应该知晓,可以与如所述不同实践本发明。说明书并未意在限定本发明。

[0095] 应该知晓,详细说明书部分而非发明内容和摘要部分意在用于解释权利要求。发明内容和摘要部分可以产生如由本发明人所设想的本发明的一个或多个而非全部示例性实施例,并且因此,并非意在以任何方式限定本发明及其所附权利要求。

[0096] 以上已经借助于说明了具体功能的实施方式及其相互关系的功能构建组块而描述了本发明。为了描述说明的方便已经在此任意定义了这些功能构建组块的边界。可以定义备选边界,只要合适地执行了所指定功能及其相互关系。

[0097] 具体实施例的前述说明也完全揭示了本发明的普遍性本质以使得他人可以通过应用在本领域技术人员能力范围内的认知而容易地对于各种应用修改和/或改变该具体实施例,而并未采用过度的实验,并未脱离本发明的通常概念。因此,基于在此所展示的教导和指引,这些修改和改变有意设计为在所公开实施例的含义和等价形式范围内。

[0098] 尽管以上已经描述了本发明的具体实施例,应该知晓的是可以除了所述那些之外实践本发明。例如,本发明可以采取计算机程序的形式,包含了描述了如上所述方法的机器可读指令的一个或多个序列,或者具有存储在其中的该计算机程序的数据存储媒介(例如半导体存储器、磁盘或光盘)。

[0099] 本发明的宽度和范围不应受限于任意上述示例性实施例,而是应该仅根据以下权利要求和它们等价形式而限定。

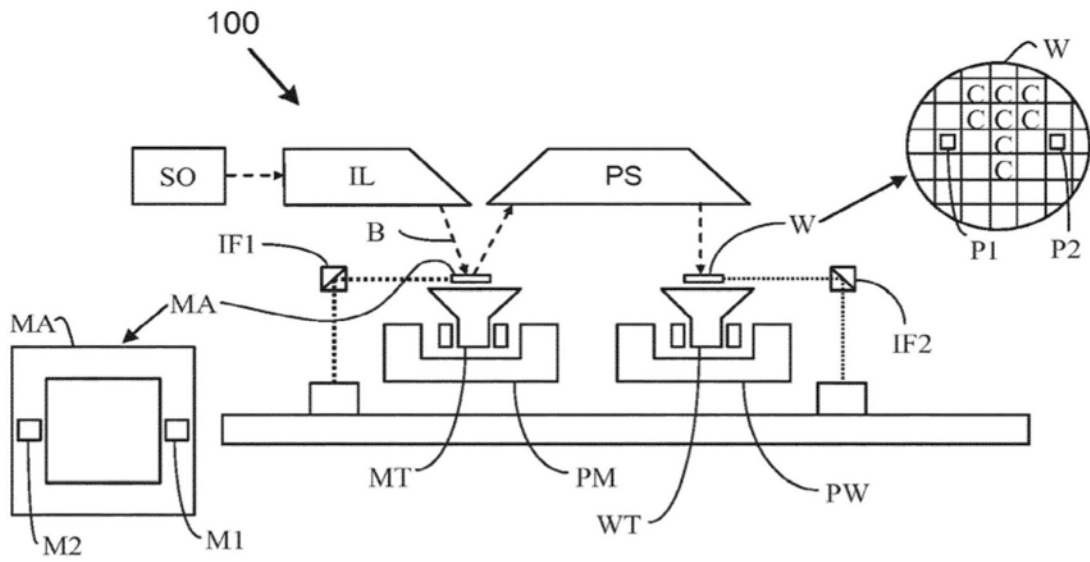


图1A

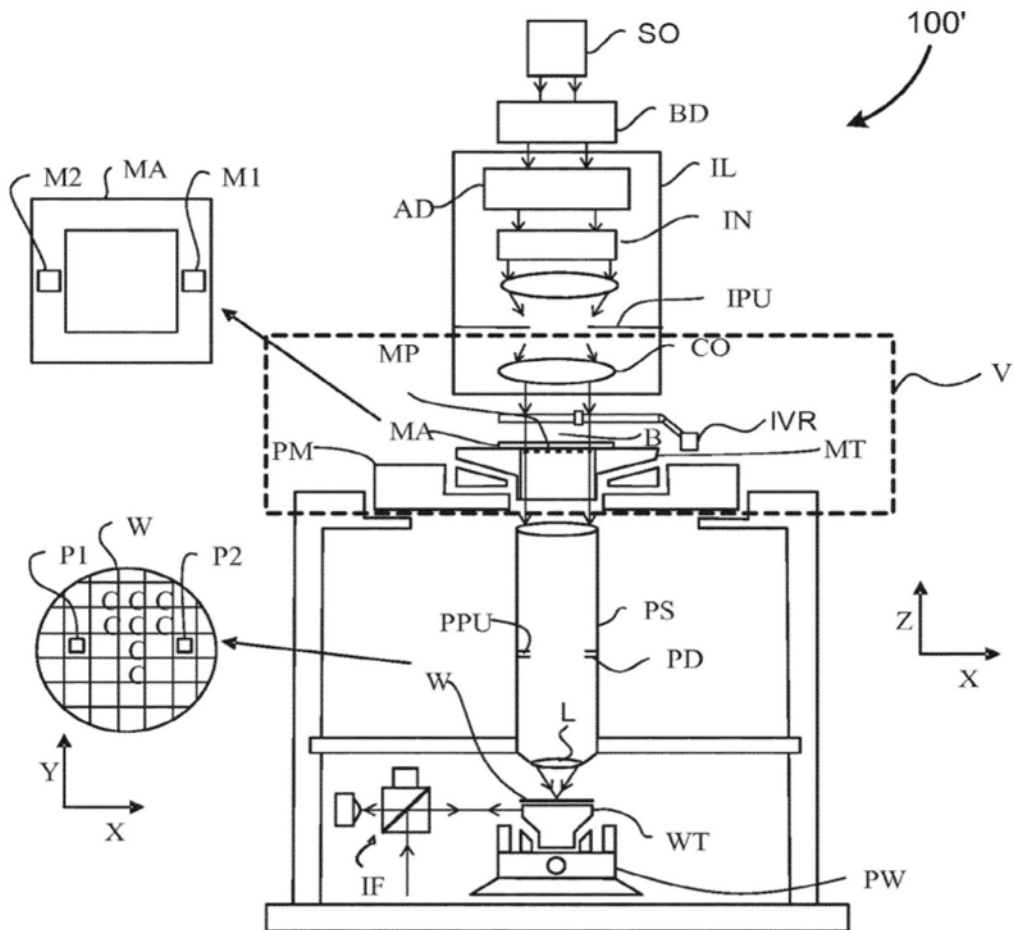


图1B

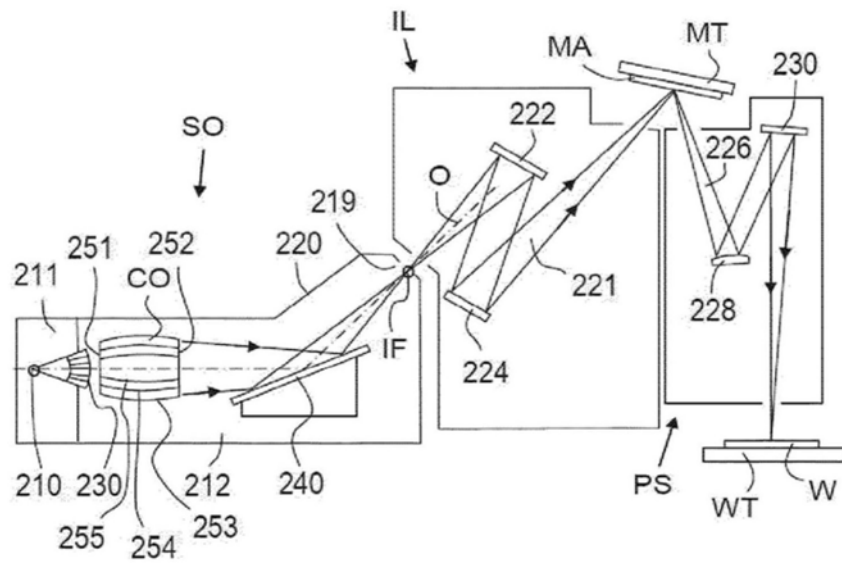


图2

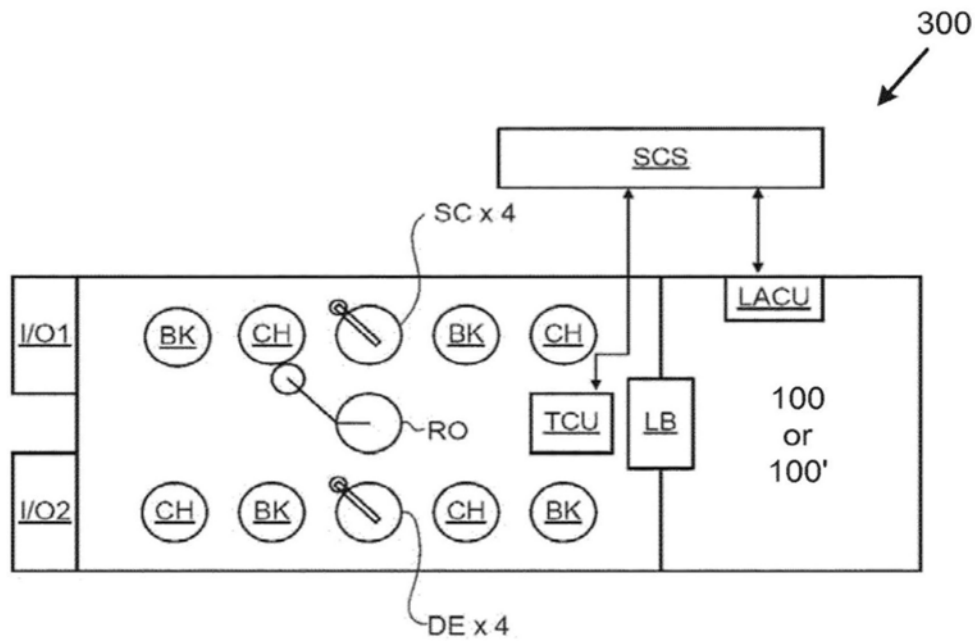


图3

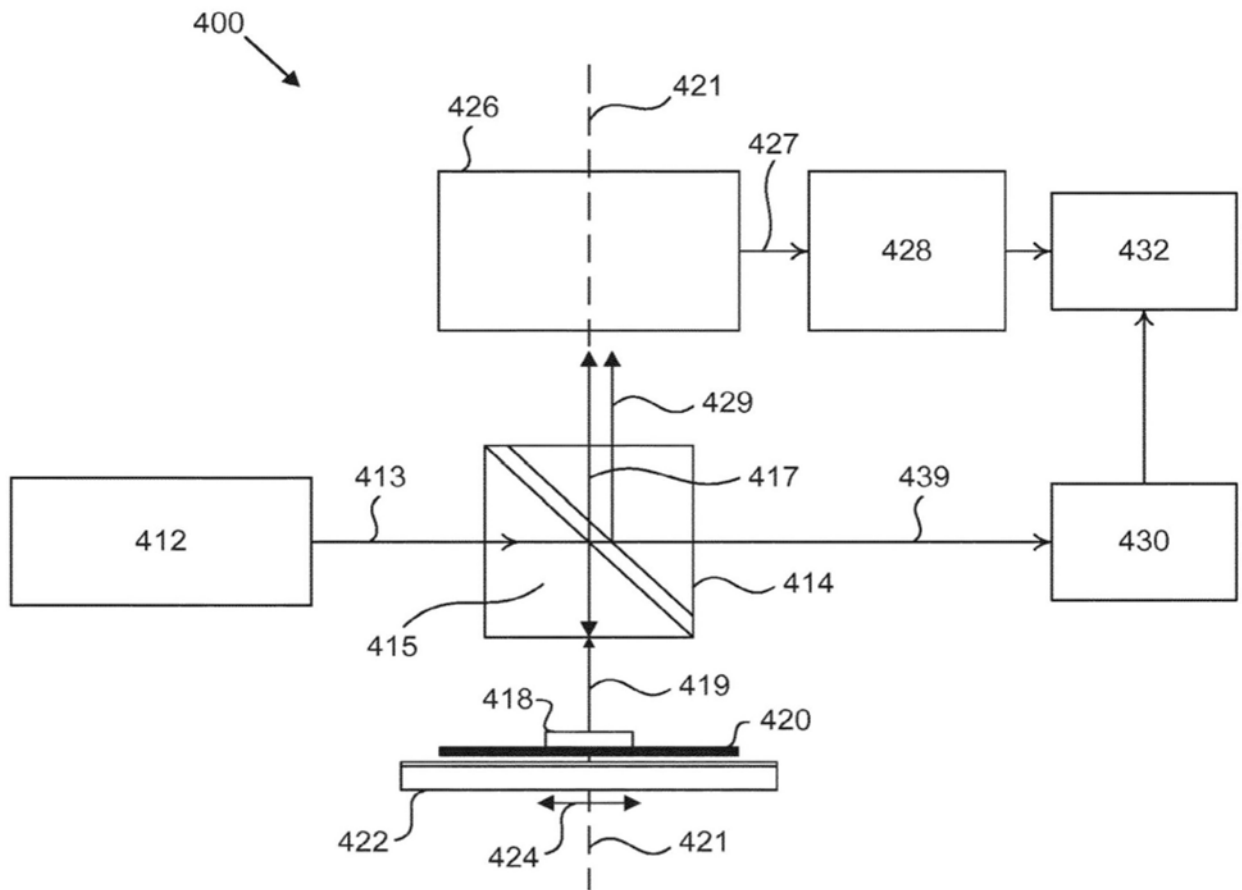


图4A

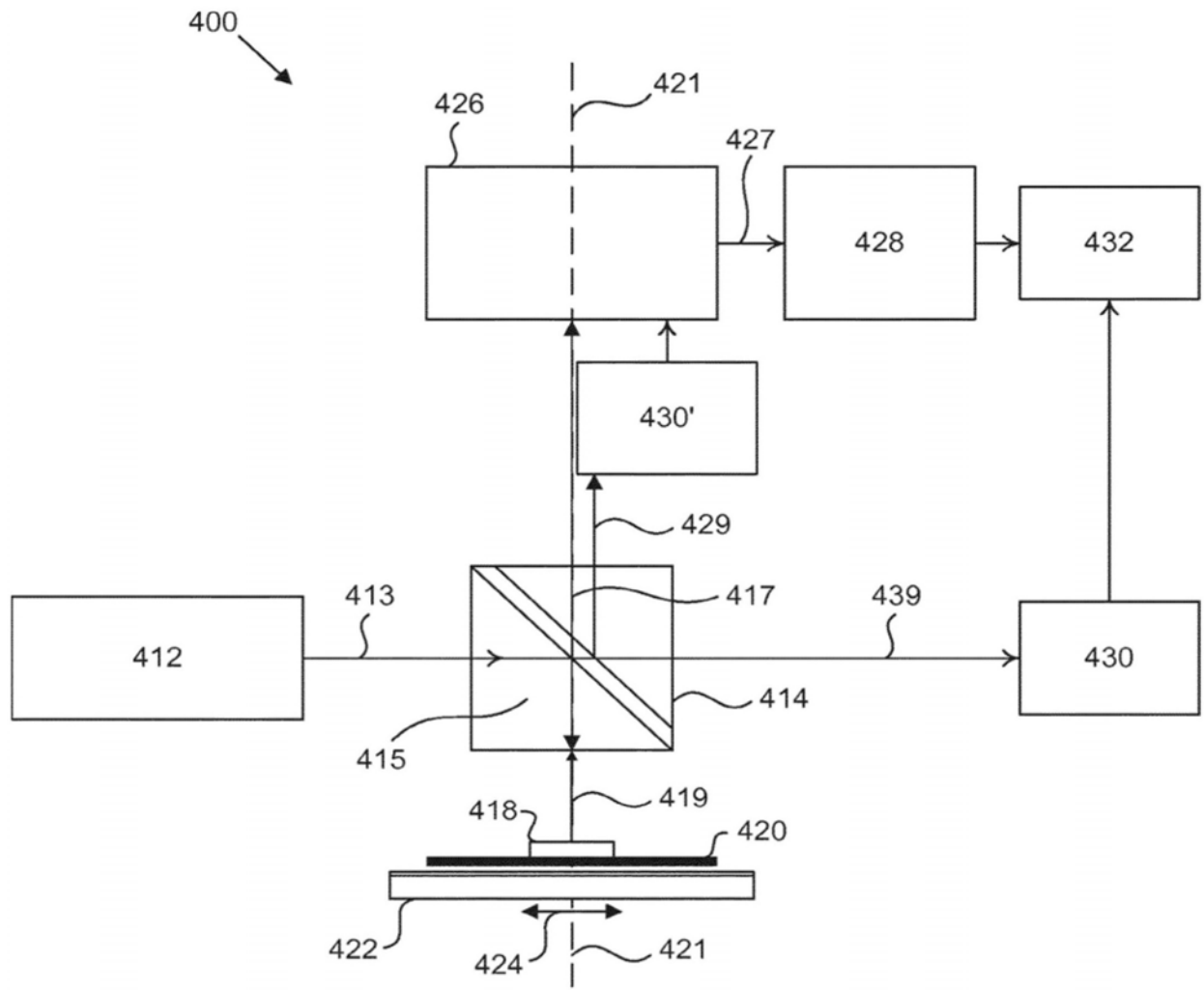


图4B

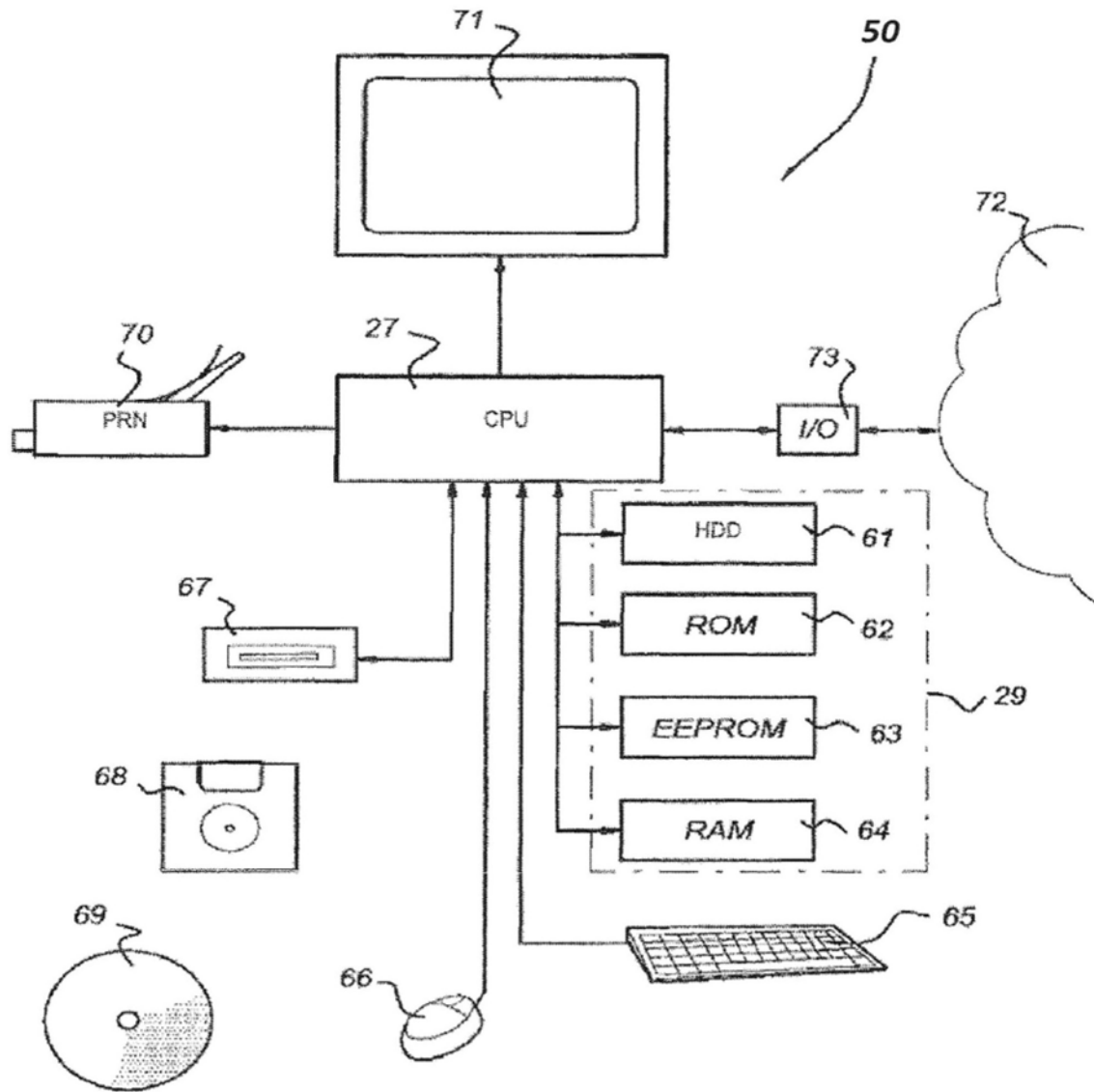


图5

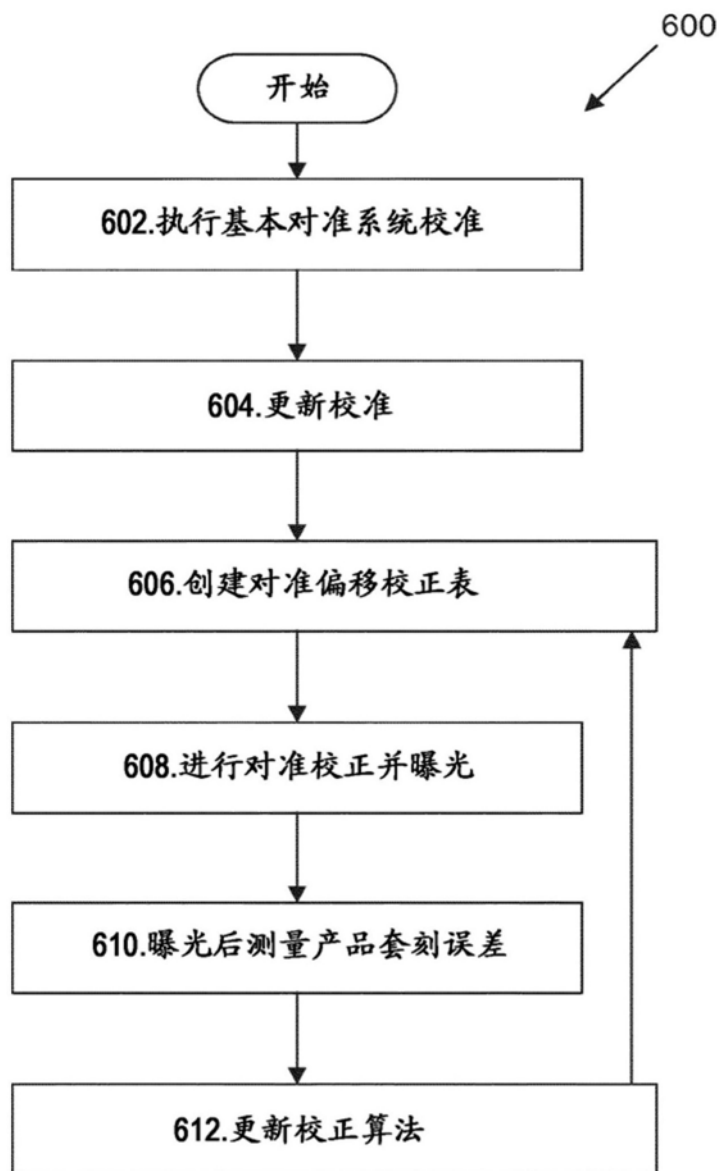


图6