

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610064221.0

[43] 公开日 2007年7月11日

[11] 公开号 CN 1996149A

[22] 申请日 2006.12.8

[21] 申请号 200610064221.0

[30] 优先权

[32] 2005.12.9 [33] US [31] 11/297641

[32] 2006.3.9 [33] US [31] 11/371232

[71] 申请人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰费尔德霍芬

共同申请人 ASML 控股有限公司

[72] 发明人 H·威瑟 D·W·卡兰

R·-H·穆尼格施米特

R·B·韦纳

J·T·G·M·范德文

G·H·罗宾斯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 王小衡 梁永

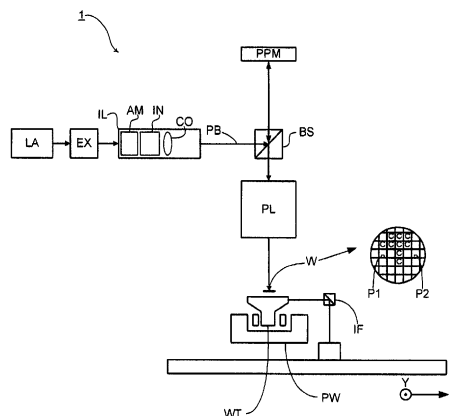
权利要求书6页 说明书16页 附图7页

[54] 发明名称

光刻设备及器件制造方法

[57] 摘要

用于在辐射脉冲期间补偿光刻设备中衬底的运动的设备和方法包括提供被配置来与衬底基本上同步地移动入射到衬底上的构图的辐射束的可在枢轴上转动的反射镜。



1. 一种光刻投影设备, 包括:
投影系统, 用于将构图的辐射束投射到衬底的目标部分上;
定位结构, 用于在由构图的辐射束曝光期间相对于投影系统移动衬底;
可在枢轴上转动的反射镜, 用于在构图的辐射束的至少一个脉冲期间相对于投影系统移动构图的辐射束; 和
致动器, 用于根据基本上对应于辐射系统的脉冲频率的振荡定时而振荡地在枢轴上转动反射镜以便在所述至少一个脉冲期间与衬底的运动基本上同步地扫描构图的辐射束。
2. 如权利要求 1 所述的设备, 其中该致动器由控制器控制, 其中该控制器、致动器和辐射系统被互连在控制环路结构中, 并且其中该控制环路用于保持反射镜的振荡和辐射系统的脉冲之间的基本同步。
3. 如权利要求 1 所述的设备, 其中该可在枢轴上转动的反射镜由支撑组件支撑, 并且振荡定时的频率基本上对应于反射镜及其支撑组件的共振频率。
4. 如权利要求 3 所述的设备, 其中支撑组件还包括致动器。
5. 如权利要求 4 所述的设备, 其中支撑组件还包括配重, 其被构造和布置用于将由致动器产生的力与该设备的剩余部分相隔离。
6. 如权利要求 1 所述的设备, 其中致动器包括多个电机, 其被构造和布置成将转动力施加到反射镜上。
7. 如权利要求 1 所述的设备, 其中在使用中, 反射镜以正弦运动振荡。
8. 如权利要求 7 所述的设备, 其中在使用中, 辐射系统的脉冲在定时上基本上对应于反射镜振荡的正弦运动的过零区间。
9. 如权利要求 1 所述的设备, 其中在使用中, 构图的辐射束相对于投影系统的位置可以被进一步地改变以补偿衬底在构图的辐射束的脉冲期间的运动误差。
10. 如权利要求 1 所述的设备, 其中配置致动器以便其可以控制可在枢轴上转动的反射镜的振荡的中点的位置。
11. 如权利要求 10 所述的设备, 其中该可在枢轴上转动的反射镜用于关于第一轴振荡并且该致动器用于控制可在枢轴上转动的反射镜关于第一轴振荡

的中点的角位置。

12. 如权利要求 10 所述的设备, 其中该可在枢轴上转动的反射镜用于关于第一轴振荡, 并且该致动器用于控制可在枢轴上转动的反射镜关于第二轴振荡的中点的角位置, 该第二轴与第一轴基本上垂直并且位于与在构图的辐射束将入射到该可在枢轴上转动的反射镜的位置处的该可在枢轴上转动的反射镜的表面基本上平行的平面内。

13. 如权利要求 1 所述的设备, 其中致动器用于控制辐射系统的脉冲频率和可在枢轴上转动的反射镜的振荡的相对相位。

14. 如权利要求 1 所述的设备, 其中致动器构造用于相对致动器基座振荡地在枢轴上转动该可在枢轴上转动的反射镜, 并且还包括第二致动器, 该第二致动器用于控制基座相对于投影系统的位置。

15. 如权利要求 14 所述的设备, 其中该致动器用于关于第一轴振荡该可在枢轴上转动的反射镜, 并且第二致动器用于控制基座相对于投影系统关于第二轴的角位置, 第二轴基本上与第一轴平行。

16. 如权利要求 14 所述的设备, 其中该致动器用于关于第一轴振荡该可在枢轴上转动的反射镜, 并且第二致动器用于控制基座相对于投影系统关于第三轴的角位置, 第三轴基本上与第一轴垂直并位于与在构图的辐射束将入射到该可在枢轴上转动的反射镜的位置处的该可在枢轴上转动的反射镜的表面基本上平行的平面内。

17. 如权利要求 14 所述的设备, 其中第二致动器包括洛仑兹致动器并配置成使从致动器传递给光刻投影设备其它部分的振动最小化。

18. 如权利要求 1 所述的设备, 其中反射镜基本上是平面的。

19. 如权利要求 1 所述的设备, 其中最接近投影系统的光瞳面或其共轭面定位反射镜。

20. 如权利要求 1 所述的设备, 其中反射镜位于投影系统的光瞳面的共轭面内。

21. 如权利要求 1 所述的设备, 其中定位结构用于在构图的辐射束的多个脉冲期间以及脉冲之间的间隔期间以基本上恒定的速度相对投影系统移动衬底, 并且, 其中在使用时, 在该构图的辐射束的至少一个脉冲的持续时间内与衬底的运动基本上同步地移动该构图的辐射束。

22. 如权利要求 1 所述的设备, 其中在使用时, 该构图的辐射束在该构图的辐射束的多个脉冲期间与衬底的运动基本上同步地被扫描, 以便可以将图形多次投射到衬底上基本上相同的位置。

23. 如权利要求 22 所述的设备, 其中 (i) 构图的辐射束的强度, (ii) 可编程构图结构的照明, (iii) 光瞳过滤, 或 (iv) (i) 至 (iii) 的任意组合, 可对于被引导到衬底上基本上相同的位置的构图的辐射束的多次投射的至少一次而改变。

24. 如权利要求 1 所述的设备, 其中, 在使用时, 在被引导到衬底上基本上相同的位置的构图的辐射束的多次投射之间改变图形的结构。

25. 如权利要求 1 所述的设备, 包括用于控制反射镜运动的控制器, 所述控制器包括:

参考信号发生器, 用于产生对应于反射镜的期望运动的参考信号;

传感器, 用于测量反射镜的实际运动; 和

信号补偿器, 用于根据测量的反射镜的运动和参考信号之间的相差来调节参考信号以产生补偿信号;

其中补偿信号用于控制致动器。

26. 如权利要求 25 所述的设备, 其中所述信号补偿器进一步根据测量的反射镜的运动和由参考信号代表的期望运动之间的幅度差异调节参考信号以产生补偿信号。

27. 如权利要求 1 所述的设备, 包括用于控制反射镜运动的控制器, 所述控制器包括:

参考信号发生器, 用于产生对应于反射镜的期望运动的参考信号;

传感器, 用于测量反射镜的实际运动; 和

共振频率调节单元, 用于响应于测量的反射镜的运动和参考信号之间的相差调节反射镜振荡的共振频率。

28. 如权利要求 27 所述的设备, 其中反射镜由至少一个活动架支撑并且共振频率调节单元用于控制所述活动架的刚度。

29. 如权利要求 28 所述的设备, 其中活动架包括包含磁-流变流体的腔; 并且所述共振频率调节单元用于控制施加给所述腔的磁场。

30. 如权利要求 27 所述的设备, 其中共振频率调节单元构造为使得其可

以调节反射镜和支撑反射镜的支架中的至少一个的质量。

31. 如权利要求 30 所述的设备，其中所述反射镜和所述支架中的至少一个包括一个或多个腔；并且所述共振频率调节单元用于控制所述一个或多个腔内的流体量。

32. 一种器件制造方法，包括：

相对于投影系统移动衬底，该投影系统在曝光期间将构图的辐射束投射到衬底上；

根据基本上对应于构图的辐射束的脉冲频率的振荡定时而振荡地在枢轴上转动可在枢轴上转动的反射镜从而与衬底的运动基本上同步地改变构图的辐射束的路径；以及

将构图的辐射束投射到衬底上。

33. 如权利要求 32 所述的方法，其中移动衬底包括在构图的辐射束的多个脉冲期间以及脉冲之间的间隔期间以基本上恒定的速度相对投影系统移动衬底，并且其中在该构图的辐射束的至少一个脉冲的持续时间内与衬底的运动基本上同步改变所述路径。

34. 如权利要求 32 所述的方法，还包括在该构图的辐射束的多个脉冲期间与衬底的运动基本上同步地改变构图的辐射束的路径，以便可以将图形多次投射到衬底上基本上相同的位置。

35. 如权利要求 34 所述的方法，还包括在被引导到衬底上基本上相同的位置的构图的辐射束的多次投射之间改变图形的结构。

36. 如权利要求 34 所述的方法，还包括对于被引导到衬底上基本上相同的位置的多次投射的至少一次改变 (i) 构图的辐射束的强度，(ii) 可编程构图结构的照明，(iii) 光瞳过滤，或 (iv) (i) 至 (iii) 的任意组合。

37. 如权利要求 32 所述的方法，其中该反射镜以正弦运动振荡。

38. 如权利要求 37 所述的方法，其中构图的辐射束的脉冲在定时上基本上对应于反射镜的正弦运动的过零区间。

39. 如权利要求 32 所述的方法，其中构图的辐射束的路径被进一步改变以补偿在构图的辐射束的脉冲期间的衬底的运动误差。

40. 一种包括投影系统的设备，该投影系统具有：

可在枢轴上转动的反射镜，用于接收构图的辐射束；和

致动器，在功能上被连接到该可在枢轴上转动的反射镜并且用于振荡地在枢轴上转动反射镜。

41. 如权利要求 40 所述的设备，其中该可在枢轴上转动的反射镜位于光学系统的光瞳面内或其共轭面内。

42. 如权利要求 40 所述的设备，其中致动器用于以 1-10kHz 范围的频率振荡反射镜。

43. 如权利要求 40 所述的设备，其中还包括：

辐射源；和

构图装置，其被构造和布置成接收由辐射源提供的辐射束并且构图该辐射束。

44. 如权利要求 43 所述的设备，其中该构图装置是可编程构图装置。

45. 一种光刻设备，包括：

用于调节辐射束的照明系统；

构造成支撑构图装置的支架，该构图装置能够在辐射束的截面上赋予该辐射束图形以形成构图的辐射束；

构造成保持衬底的衬底台；和

用于将构图的辐射束投射到衬底的目标部分上的投影系统；

其中该设备包括：

用于测量构图装置位置的位置测量系统；

用于测量衬底位置的位置测量系统；以及

辐射束位置调节器，用于响应于构图装置和衬底的测量的相对位置与期望的相对位置的偏差相对于投影系统的位置调节投射到衬底上的构图的辐射束的位置。

46. 如权利要求 45 所述的设备，其中所述辐射束位置调节器包括可在枢轴上转动的反射镜，其用于相对于投影系统移动构图的辐射束；以及致动器，用于控制反射镜的位置。

47. 一种器件制造方法，包括：

使用构图装置构图辐射束；

将构图的辐射束投射到衬底的目标部分上以形成曝光；

在所述曝光期间测量构图装置的位置；

在所述曝光期间测量衬底的位置；

使用辐射束位置调节器以响应于构图装置和衬底的测量的相对位置与期望的相对位置的偏差相对于投影系统调节投射到衬底上的构图的辐射束的位置。

光刻设备及器件制造方法

技术领域

本发明涉及光刻投影设备及方法。

背景技术

这里使用的术语“可编程构图结构”应当被广义地解释成表示任何可用来赋予入射辐射束构图的截面的可配置或可编程的结构或领域，所述构图的截面对应于将在衬底的目标部分上生成的图形；术语“光阀”和“空间光调制器”（SLM）也可在本文中用到。总的来说，这种图形与在目标部分诸如集成电路中生成的器件或其他器件（见下文）中的特定功能层相对应。此类构图结构的例子包括：

一可编程反射镜阵列。这种装置的一个例子是具有黏弹性控制层和反射层的矩阵可寻址表面。该装置的基本原理是（例如）反射表面的被寻址的区域将入射辐射反射为衍射辐射，而未寻址的区域将入射辐射反射为非衍射辐射。使用合适的过滤器可以将非衍射辐射从反射束中过滤掉，而只留下衍射辐射；以这种方式，辐射束就变为根据矩阵可寻址表面的寻址图形进行构图。以相应的方式可以使用光栅光阀阵列（GLVs），其中每个 GLV 可包括多个反射带，其中各个反射带可相对彼此变形（例如在施加一个电压时）以形成一个将入射辐射反射为衍射辐射的光栅。可编程反射镜的另一个可选的实施例使用了非常小（可能用显微镜才可见的）的反射镜的矩阵布置，其中每个反射镜在施加了合适的局部电场或通过使用压电致动装置可单独地关于轴倾斜。例如，这些反射镜可以是矩阵可寻址的，因此被寻址的反射镜将入射辐射束以一不同方向反射给未寻址的反射镜；以此方式，反射束根据矩阵可寻址反射镜的寻址图形被构图。可使用合适的电子装置执行所需的矩阵寻址。在上面描述的两种情况中，构图装置可包括一个或多个可编程反射镜阵列。这里所提到的关于反射镜的更多信息可从例如美国专利 No.5296891 和 5523193 以及 PCT 专利申请 No.WO98/38597 和 WO98/33096 中发现，这些文件的内容已结合在此作为参考。在可编程反射镜阵列的情况下，支撑结构可实现为例如可按要求固定或可移动

的框架或平台。

—可编程 LCD 阵列。美国专利 No.5229872 中给出了该结构的一个例子，其内容已在结合在此作为参考。如上所述，在这种情形中，支撑结构可实现为例如可按需要固定或可移动的框架或平台。

应该意识到，在使用特征的预偏置、光学邻近校正特征、相变技术和/或多次曝光技术时，“显示”在可编程构图结构上的图形可以与最终转移到衬底或其层上的图形有相当大的不同。

光刻投影设备可以用在例如集成电路 (ICs)、平板显示器和其他包括精细结构的装置制造中。在这种情况下，可编程构图结构可生成对应于例如 IC 的单独层的电路图形，并且该图形可被成像到已经被涂布了一层辐射敏感材料（例如抗蚀剂）的衬底（例如玻璃板或硅或其他半导体材料的晶片）上的目标部分（例如包括一个或多个管芯和/其一部分）中。通常，单独的衬底将可包含整个矩阵 (matrix) 或通过投影系统连续照射（例如一次一个地）的相邻目标部分的网络。

光刻投影设备可以是通常称作为步进和扫描(step-and-scan)设备的类型。在这种设备中，每个目标部分都通过在给定参考方向（“扫描”方向）上通过辐射束连续地扫描掩模图形来照射，同时平行或反平行于该方向基本上同步地扫描衬底台。由于通常投影设备具有放大因子 M （通常小于 1），所以扫描衬底台的速度 V 是因子 M 乘以扫描掩模台的速度。扫描型设备中的束具有隙缝并在扫描方向上具有一个缝宽。关于这里所描述的关于光刻设备的更多信息例如可从美国专利 No.6046792 中发现，其内容已在结合在此作为参考。

在使用光刻投影设备的生产过程中，图形（例如在掩模中）被成像到至少部分由辐射敏感材料（例如抗蚀剂）层覆盖的衬底上。在成像之前，衬底还要经历各种其它工序诸如修缘 (priming)、抗蚀剂涂布和/或软烘焙。在曝光之后，衬底还要进行其他工序，例如曝光后烘焙 (PEB)、显影、硬烘焙，和/或成像特征的测量/检查。这套工序可作为构图器件（例如 IC）的单独层的基础。例如，这些转移过程将在衬底上导致构图的抗蚀剂层。此后还会有一个或多个图形处理，例如沉积、蚀刻、离子植入（掺杂）、金属化、氧化、化学-机械抛光等，其中每个步骤都用于产生、修改或完成单独层。如果需要多个层，则对每个新层重复整个过程或其变型。最后在衬底（晶片）上就会呈现器件阵列。这

些器件随后通过诸如切割（dicing）或锯割（sawing）的技术被彼此分离，从而单独的器件可以被安装到载体上，连接到管脚上等。关于这些处理的更多信息例如可从 Peter van Zant 所著，书名为“Microchip Faabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing”（第三版，McGraw Hill Publishing 公司出版，1997 年，ISBN 0-07-067250-4）的书中发现。

术语“投影系统”应被广泛地解释为包含了不同形式的投影系统，例如包括了折射光学器件、反射光学器件、反折射系统以及微透镜阵列。应该理解在该应用中的术语“投影系统”简单地指用于将图形从可编程构图结构传送到衬底上的任何系统。为简单起见，在下文中投影系统指的是“投影透镜”。辐射系统还可包括根据这些设计类型的任何一个操作的用于引导、成形、减小、放大、构图、和/或其他控制辐射束的组件，并且这些组件还可在下面全部地或单独的指“透镜”。

另外，光刻设备还可以是具有两个或多个衬底台（和/或两个或多个掩模台）的类型。在这种“多级”装置中，附加的台可以被并行地使用，或在一个或多个台上进行预备步骤的同时一个或多个其他台用于曝光。例如在美国专利 No.5969441 以及 PCT 申请 No.WO98/40791 中对双级光刻设备进行了描述，其内容已在此作为参考引入。

光刻设备还可以是这样的类型，其中将衬底浸没在具有相对高折射率的液体（例如水）中，从而填充投影系统的最终元件和衬底之间的空间。浸没液体还可被应用到光刻设备中的其他空间，例如位于掩模和投影系统的第一元件之间。使用浸没技术来提高投影系统的有效数值孔径在本领域中是公知的。

在本文献中，术语“辐射”和“束”用于包括所有类型的电磁辐射，包括紫外线辐射（例如具有 365、248、193、157 或 126nm 的波长）和 EUV（远紫外辐射，例如具有范围 5-20nm 的波长），以及粒子束（例如离子束或电子束）。

在目前所知的利用可编程构图结构的光刻投影设备中，在构图的辐射束的路径上（例如位于可编程构图结构的下方）扫描衬底台。在可编程构图结构上设置图形并随后在辐射系统的脉冲期间在衬底上曝光该图形。在辐射系统的下一次脉冲之前的时间间隔中，衬底台将衬底移动到曝光衬底的下一个目标部分（可能包括之前的目标部分的全部或部分）所需的位置，并且如果需要的话，更新可编程构图结构上的图形。这种过程可以重复进行直到衬底上的一条完整

的线（例如目标部分的行）已经被扫描，从而开始了一条新线。

在辐射系统的脉冲所持续的小且有限的时间内，衬底台必然已移动一个小且有限的距离。此前，这类移动对于利用可编程构图结构的光刻投影设备不是问题，例如，因为在脉冲期间衬底移动的尺寸相对于正在衬底上曝光的特征的尺寸相对较小。因此产生的误差不显著。然而，随着衬底上制造的特征的尺寸变得更小，这种误差就变得更加显著了。美国专利申请 No.2004/0141166 中对此问题提出了一种解决方案。

虽然在本文中在制造 IC 中对使用根据本发明的实施例的设备的进行了特定的参照，但应明确理解的是这种设备也具有许多其他可能的应用。例如，可以在集成光学系统、用于磁畴存储器的引导和检测图形、液晶显示面板（LCD）、薄膜磁头、薄膜晶体管（TFT）LCD 面板、印刷电路板（PCBs）、DNA 分析装置等的制造过程中得到应用。本领域技术人员可以认识到，在这类可选应用的上下文中，任何用到的术语“晶片”或“管芯”应认为可以分别被更加通用的术语“衬底”和“目标部分”所代替。

发明内容

根据本发明的一个实施例，提供了一种光刻投影设备，包括投影系统，用于将构图的辐射束投射到衬底的目标部分上；定位结构，用于在由构图的辐射束曝光期间相对于投影系统移动衬底；可在枢轴上转动的（pivotable）反射镜，用于在构图的辐射束的至少一个脉冲期间相对于投影系统移动构图的辐射束；和致动器，用于根据基本上对应于辐射系统的脉冲频率的振荡（oscillation）定时而振荡地在枢轴上转动反射镜以便在所述至少一个脉冲期间与衬底的移动基本上同步地扫描构图的辐射束。

根据本发明的一个实施例，提供了一种器件制造方法，包括：提供脉冲辐射束；根据期望的图形对脉冲辐射束构图；将构图的辐射束投射到至少部分地覆盖衬底的辐射敏感材料层的目标部分上；相对投影系统移动衬底，该投影系统在曝光期间中将构图辐射束投射到衬底上；以及根据基本上对应于构图的辐射束的脉冲频率的振荡定时而振荡地在枢轴上转动可在枢轴上转动的反射镜，从而在构图的辐射束的至少一个脉冲期间相对于投影系统改变构图的辐射束的路径，其中在所述至少一次脉冲期间与衬底的移动基本上同步地改变该路径并

且其中该构图的辐射束的截面被投射到与衬底的目标部分表面基本上平行的平面上。

根据本发明的一个实施例，提供了一种器件制造方法，包括：相对于投影系统移动衬底，该投影系统在曝光期间将构图的辐射束投射到衬底上；根据基本上对应于构图的辐射束的脉冲频率的振荡定时而振荡地在枢轴上转动可在枢轴上转动的反射镜从而与衬底的移动基本上同步地改变构图的辐射束的路径；以及将构图的辐射束投射到衬底上。

根据本发明的一个实施例，这里提供了一种光刻设备，包括：

用于调节辐射束的照明系统；

构造成支撑构图装置的支架，该构图装置能够在辐射束的截面上赋予该辐射束图形以形成构图的辐射束；

构造成保持衬底的衬底台；和

用于将构图的辐射束投射到衬底的目标部分上的投影系统；

其中该设备包括：

用于测量构图装置位置的位置测量系统；

用于测量衬底位置的位置测量系统；以及

辐射束位置调节器，用于响应于构图装置和衬底的测量的相对位置与期望的相对位置的偏差相对于投影系统的位置调节投射到衬底上的构图的辐射束的位置。

根据本发明的一个实施例，提供了一种器件制造方法，包括：

使用构图装置构图辐射束；

将构图的辐射束投射到衬底的目标部分上以形成曝光；

在所述曝光期间测量构图装置的位置；

在所述曝光期间测量衬底的位置；

使用辐射束位置调节器以响应于构图装置和衬底的测量的相对位置与期望的相对位置的偏差相对于投影系统调节投射到衬底上的构图的辐射束的位置。

附图说明

仅通过举例的方式参照示意性附图描述本发明的实施例，其中：

图1描述了根据本发明的一个实施例的光刻投影设备；

图 2 示意地描述了根据本发明的一个实施例的用来移动构图的辐射束的结构；

图 3 示意地描述了一个结构，用来在该结构部分移动之后移动构图的辐射束；

图 4 示意地描述了一个结构，用来在该结构进一步移动之后移动构图的辐射束；

图 5 示意地描述了可用于控制该结构的移动的控制环路的一个示例；

图 6 示意地描述了用来移动构图的辐射束的结构的变形；

图 7 示意地描述了根据本发明的一个特定实施例的控制系统；

图 8 示意地描述了根据本发明的不同的特定实施例的控制系统；

图 9 示意地描述了可通过本发明的一个特定实施例使用的柔性支架；

图 10 示意地描述了将本发明应用于利用掩模来构图辐射束的光刻设备。

在这些附图中，相应的附图标记表示相应的部件。

具体实施方式

本发明的实施例包括，例如方法和设备，其可用于减少在辐射系统的脉冲期间由衬底的移动造成的误差。

图 1 示意地描述了根据本发明的一个特定实施例的光刻投影设备 1，该设备包括：

用于提供辐射束的辐射系统（例如，具有能够提供辐射束的结构）。在这个特定例子中，用来提供辐射束 PB（例如 UV 或 EUV 照射）的辐射系统 Ex、IL 还包括了辐射源 LA；

可编程构图结构 PPM（例如可编程反射镜阵列），配置成用于将图形施加给辐射束。通常，可编程构图结构的位置相对于投影系统 PL 是固定的。然而，它也可以替代地被连接到用来将其相对于投影系统 PL 精确定位的定位结构上；

用于保持衬底的目标台（衬底台）WT。在这个例子中，衬底台 WT 被提供有用于保持衬底 W（例如涂布抗蚀剂的半导体晶片）的衬底保持器并被连接到用于相对于投影系统 PL 和（例如干涉测量）测量结构 IF 精确定位衬底的定位结构 PW，测量结构 IF 用于准确地指示衬底和/或衬底台相对于投影系统 PL

的位置；以及

投影系统（“投影透镜”）PL（例如石英和/或 CaF_2 投影透镜系统、包括了由这些材料制成的透镜元件的反折射系统、和/或反射镜系统），用于将构图的辐射束投影到衬底 W 的目标部分 C（例如包含一个或多个管芯和/或其一个或多个部分）上。投影系统可将可编程构图结构的图像投射到衬底上。

如这里所描述的，该设备为反射型的（例如，具有反射可编程构图结构）。然而，通常，其也可是透射型的（例如，具有透射可编程构图结构），或具有两种类型的特点。

源 LA（例如汞灯、受激准分子激光器、电子枪、激光产生的等离子体源或放电等离子体源，或围绕储存环或同步加速器中的电子束的路径配置的波动器（undulator））产生辐射束。该辐射束被直接或横穿一个调节结构或场例如一个束扩展器 Ex 后被输送到照明系统（照明器）IL 中。照明器 IL 包括用于设定辐射束中强度分布的外和/或内径向范围（通常称作 σ -外和 σ -内）的调节结构或场 AM，其可影响由辐射束传送到例如衬底上的辐射能量的角分布。另外，该设备通常包括不同的其他组件，例如积分器 IN 和聚光器 CO。以这种方式，照射在可编程构图结构 PPM 上的束 PB 在其截面上具有期望的均匀性和强度分布。

关于图 1 应该注意的是源 LA 可位于光刻投影设备的壳体内（通常当源 LA 是例如汞灯时），但是也可远离光刻投影设备，其产生的辐射束被引入该设备（例如借助于适当的定向反射镜）；后面的方案通常是当源 LA 是受激准分子激光器时。本发明的一个或多个实施例和权利要求包含了这两种方案。在典型的源 LA 中，存在可在光刻成像处理中导致成像误差的多个影响因素。在一个实施例中，其中源 LA 提供脉冲辐射，例如可包括脉冲振幅变化、脉冲宽度变化、脉冲-脉冲变化，即所知的抖动（jitter）。

辐射束 PB 从而截取（intercept）被保持在掩模台（未示出）的可编程构图结构 PPM。在被可编程构图结构 PPM 选择性地反射之后（可选择地，横穿之后），辐射束 PB 通过投影系统 PL，后者将辐射束 PB 会聚到衬底 W 的目标部分 C 上。在图 1 的实施例中，分束器 BS 用来将辐射束引导到构图结构 PPM，同时还允许它穿过投影系统 PL，但是其他可选的几何尺寸也在本发明的一个或多个实施例的范围之内。应该意识到，虽然这里所描述的本发明的实施例与

结合了可编程构图结构以将图形赋予辐射束的光刻设备相关，本发明不限于这种设置。特别地，本发明的实施例可以和这样的光刻投影设备共同使用，在该光刻投影设备中，例如保持在掩模台上掩模被用于将图形赋予辐射束。

借助于定位结构（以及干涉测量结构 IF），衬底台 WT 可被精确地移动，以便例如在辐射束 PB 的路径上定位不同的目标部分 C。当使用时，可编程构图结构 PPM 的定位结构可以被用于相对于辐射束 PB 的路径准确地定位可编程构图结构 PPM（例如在放置了可编程构图结构 PPM 之后、在扫描之间，和/或在扫描期间）。

通常，可借助于未在图 1 中明确示出的长冲程模块（例如用于粗定位）和短冲程模块（例如用于精细定位）实现目标台 WT 的移动。可以使用类似的系统来定位可编程构图结构 PPM。应该意识到，为了提供所需要的相对运动，辐射束可选地或附加地是可移动的，而目标台和/或可编程构图结构 PPM 可具有固定位置。可编程构图结构 PPM 和衬底 W 可以利用衬底对准标记 P1、P2（可能与可编程构图结构 PPM 的对准标记结合使用）来对齐。

该描述的设备可用于多种不同的模式。在一个扫描模式中，掩模台可在给定方向（所谓“扫描方向”，例如 y 方向）以速度 v 运动，因此引起辐射束 PB 扫描掩模图像。与此同时，衬底台 WT 以速度 $V=Mv$ 沿相同或相反的方向同步地移动，其中 M 是投影系统 PL 的放大率（通常 $M=1/4$ 或 $1/5$ ）。在某些实施例中，缩小率显著小于 1，例如小于 0.3、小于 0.1、小于 0.05、小于 0.01、小于 0.005、或小于 0.0035。同样地，预计 M 可大于 0.001，或位于一个从 0.001 到前面所提到的上限的范围之内。以此方式，就可以对一个相对大的目标部分进行曝光，而不损害分辨率。

在另一种模式中，掩模台基本上保持固定地保持可编程构图结构，并且在赋予辐射束的图形被投射到目标部分 C 上的同时移动或扫描衬底台 WT。在这种模式下，通常使用脉冲辐射源并且如果需要的话在衬底台 WT 的每次移动之后或在扫描期间的连续辐射脉冲之间更新可编程构图结构。这种操作模式可以容易地应用到使用可编程构图结构例如上面所提到的可编程反射镜阵列的光刻设备中。

也可以使用上面所描述的模式组合和/或变形，或使用完全不同的模式。例如附图 1 中所描述的设备可以用于下列方式。在脉冲模式中，可编程构

图结构 PPM 基本保持固定, 并且使用脉冲辐射源将整个图形投射到衬底的目标部分 C 上。衬底台 WT 以基本恒定的速度移动以便使得辐射束 PB 跨衬底 W 扫描一条线。可编程构图结构 PPM 上的图形可根据需要在辐射系统的脉冲之间进行更新, 并且对脉冲进行定时以便在衬底 W 上的所需位置处曝光连续的目标部分 C。因此, 辐射束 PB 可以跨衬底 W 扫描以曝光一条衬底的整个图形。该过程可重复进行直到整个衬底 W 被逐行曝光。也可以使用不同的模式。

由于衬底台在成像期间的相对运动, 辐射源 LA 处的时域变化映射到衬底台 WT 处的空间域变化。这产生了两个主要影响。首先, 当脉冲间隔发生变化时, 衬底上的成像位置也发生变化。例如, 稍长于平均值的脉冲间隔会导致衬底的成像部分之间的更大的距离。第二, 由于在脉冲区间衬底的较长或较短部分横穿图像场, 脉冲持续时间的变化会导致模糊效应。

为了解决衬底台 WT 的运动, 根据本发明的一个实施例的装置包括形成投影系统 PL 一部分的反射镜 10, 如图 2 所示。特别地, 反射镜 10 最好最接近投影系统 PL 的光瞳定位或是位于其共轭面内。虽然附图 2 显示的投影系统为具有平分 (bisecting) 投影系统 PL 的反射镜 10 两部分装置, 但这通常并不是本发明的一个或多个实施例所需要的。相反的, 投影系统 PL 的特定布置可以根据其他期望的成像特性按需变化。应该意识到, 反射镜 10 应该是基本上平面的, 虽然在实际中也可能允许某些弯曲, 由此投影系统的一部分光功率驻留在反射镜中。

还布置有一个或一组致动器 12, 用来在成像操作期间移动反射镜 10。在一个特定的实施例中, 致动器 12 被布置以相对高的频率关于一个小的角度反复地转动反射镜 10, 也就是振荡地在枢轴上转动反射镜。具体地, 关于位于反射镜的反射面的轴转动。

附图 2 中所示的系统具有 1:1 的放大率, 以及反射镜 10 的相对大的转动。因此, 像平面 16 上的焦点 14 从光轴 18 移动一个相对大的量 d 。在实际中, 这可以是显著缩小的, 并且反射镜 10 的倾斜也可以非常小, 以便位移量也非常的小。特别地, 图像的位移应该基本上对应于衬底台在辐射源的单个脉冲持续时间期间横穿的距离。

例如, 在边缘射线位置的在反射镜 10 处的 1nm 的位移映射为在像平面 16 处的 $1/\text{NA}$ 的位移量, 其中 NA 是投影系统 PL 的数值孔径。类似地, 在光瞳

D [以 m]处在辐射束直径上平移 (translate) 的反射镜转动变化 a' [以 rad/s] 等于如下的衬底级的速度 v [以 m/s]: $v=a' D/ (2NA)$ 。

图 3 和 4 所示示意地示出了由于连续的脉冲被成像到聚焦平面上, 在单次扫描中后来的多次。在图 3 中, 反射镜 10 转动通过它的过零区间(zero-crossing), 焦点 14 与光轴 18 对齐。图 4 继续该运动并且焦点 14 再一次在与图 2 的初始位移相反的方向远离光轴 18。

在典型的光刻设备中, 源 LA 具有约 1-10kHz 的脉冲重复率。因此, 保证反射镜 10 能与该频率同相地适当振动是有益的, 这意味着致动器或多个致动器 12 适用于高频操作。另外, 如果这样设计反射镜 10 使得沿着其相关的安装结构, 其具有与源 LA 的脉冲频率基本上相等的共振频率, 那么移动反射镜 10 所需的能量就可以被最小化。这就具有了附加效果, 即致动器上的负载及从而反射镜 10 的变形负载应将被最小化。

为了进一步达到将反射镜 10 的振动的频率与源 LA 的脉冲频率相匹配的目标, 可能包括在控制环路中与反射镜 10 相连的传感器 30、其 (多个) 致动器 12, 和衬底台 (如果需要)。为了将反射镜的移动与源脉冲频率同步, 还可以使用不同的方法。例如, 来自振动反射镜上的传感器 30 的信号可用于触发源脉冲, 或是可用锁相环系统, 其中源频率固定为反射镜的平均共振频率, 同时控制器将反射镜频率及相位调节为固定的源频率。如另一例子, 提供外部定时源触发源脉冲并且用于控制反射镜运动的相位及幅度。

除了确保反射镜 10 的振动的频率与源 LA 的频率基本上同步, 保证反射镜 10 的转动速度的振幅 A 相应于衬底台的扫描速度是有益的。

另外例如, 在典型系统中, 实际的值如下。扫描速度可以约是 10mm/s, $NA=1$, 和 $D=20\text{mm}$ 。这导致在反射镜 10 的正弦转动运动的过零区间处的 $a' = 1\text{rad/s}$ 。假定对于正弦运动 $a=A\sin(2\pi t)$, 其中 A 是弧度制的振幅, 因此时间导数等于: $a' = A 2\pi \cos(2\pi t)$ 。在 $t=0$ 时这就变为: $a' = A 2\pi$ 。因此对于 1Hz 的振动, 反射镜运动的幅度变为: $A=0.16\text{mrad}$ 。

选择反射镜的正弦转动运动可允许一些有利的影响。特别地, 通过选择靠近过零区间的运动的一部分与成像脉冲一致, 和小的振幅, 正弦运动基本上是线性的。另外, 在运动的端点处逐渐减速和加速降低了反射镜上的压力, 而如果不检查的话, 该压力会随着时间导致反射镜的变形。然而应该意识到, 本发

明的一个或多个实施例并不限于使用正弦转运动。

反射镜还可被耦合到一个或多个配重 (balance masses)。一个或多个配重用于承受和隔离致动器振动反射镜时产生的力。特别地, 一个或多个配重用于在与致动器产生的力相反的方向可以自由运动, 保持配重-反射镜系统的动量守恒, 由此减小引入到光刻设备的其他部分的力。

尽管, 如上所述, 反射镜组件 (也即反射镜、其相关的安装结构及驱动其的致动器系统的组合) 的共振频率可以设定为与源 LA 的脉冲频率相匹配, 在实际中这很难精确地实现。例如, 由于制造误差或工作期间的热效应, 组件的共振频率可有大到 1% 的变化。另外, 源 LA 的频率在工作时也可变化, 导致需要以不是精确的其共振频率的另一频率操作反射镜。另外, 对于某些构造, 还期望相对大的阻尼。

因此, 可预计如果希望使用一个锁相环 (PPL) 或是位置伺服控制来控制反射镜的振荡, 就需要控制器以为反射镜振荡频率的多倍的频率操作。例如, 如果源具有 6KHz 的脉冲频率, 反射镜也将具有相同的频率而反射镜的控制器将具有例如 60KHz 的频率。应该意识到采样频率应该是期望的振荡频率的整数倍从而避免产生不期望的谐波。

然而, 在本发明的一个特定实施例中, 提供了一种附图 7 所示的控制系统。在此结构中, 信号发生器 40 产生一个对应于反射镜运动的期望的振荡频率、相位和振幅的参考信号。然后该信号通过相位补偿器 41 和振幅补偿器 42 进行修正以产生相位和振幅补偿信号 43。该补偿信号被提供给致动器系统 44, 从而导致反射镜 45 的振荡。传感器 46 用于测量反射镜的实际运动。

从而, 相位和振幅计算单元 47 确定反射镜的实际运动与由信号发生器 40 产生的参考信号所代表的期望运动之间的差异。据此, 相位和振幅计算单元 47 确定反射镜的期望和实际运动之间的相差以及反射镜运动的期望和实际振幅之间的差异。这些差异分别被反馈给相位补偿器 41 和振幅补偿器 42, 以产生相位和振幅补偿信号 43。有利的是, 虽然参考信号发生器 40 和测量反射镜运动的传感器 46 需要以多倍于反射镜振荡频率的频率工作的电子器件, 但是相位和振幅计算单元 47、相位补偿器 41 和振幅补偿器 42 不需要以如此高的频率工作。因此, 控制系统的成本就可以被降低。然而在实际中, 相位和振幅计算单元 47 的至少一部分可在较高的采样频率下工作。

图 8 显示了根据本发明另一特定实施例用于反射镜运动的控制系统。和前面一样，信号发生器 50 产生一个代表反射镜的所需运动的参考信号。振幅补偿器 51 调节信号的振幅以提供一个将被提供给致动器系统 53 的振幅补偿信号 52，从而导致反射镜 54 的振荡。和前面一样，传感器 55 用于测量反射镜的运动并且相位和振幅计算单元 56 测量反射镜的实际运动和由信号发生器 50 产生的参考信号表示的期望运动之间的差异。

如上面讨论的相对于图 7 的特定实施例，相位和振幅计算单元 56 确定反射镜运动的期望和实际相位和振幅之间的差异并将振幅差异反馈给振幅补偿器 51，用于产生振幅补偿信号 52。但是，在这个特定实施例中，相位补偿器 57 利用反射镜的期望和实际运动之间的相差确定反射镜组件的共振频率的所需变化。这还提供给共振频率调节单元 58，其调节反射镜组件的共振频率从而减小反射镜的期望和实际运动之间的相差。

如上面讨论的相对于图 7 的实施例，虽然参考信号发生器 50 和传感器 55 必须以为反射镜振荡频率的多倍的频率工作，但控制系统的剩余部分可以在较低频率下工作。因此，可以最小化控制系统的成本。有利的是，因为在这个实施例中反射镜组件的共振频率被调节到与所需的振荡频率相匹配，必须被提供给反射镜组件的致动器系统的驱动信号的幅度就可大大减小。在这个方面上，应该意识到驱动信号的幅度不仅受反射镜组件内阻尼的影响，还受到反射镜组件的期望振荡频率与固有共振频率之间的差异的大小的影响。因为反射镜组件可以被安装在投影系统内，因此减小反射镜组件所需的驱动信号的幅度是很有利的。提供给反射镜组件的驱动信号的幅度越大，反射镜组件内所产生的热量就越大，因此会对投影系统的精度产生不利的影响。

反射镜组件的共振频率可以通过提供一种系统来调节，通过该系统流体或其它材料，例如金属削屑 (shavings)，可以被有控制地加入反射镜组件或从反射镜组件中去除从而调节其质量。可选地或附加地，通过改变反射镜组件的刚度来调节共振频率。后面的方法避免了例如由于从反射镜组件加入和/或去除质量的方法所导致的反射镜组件的重心位置改变所带来的混乱。

图 9 显示了一个通过其可以调节反射镜组件刚度的结构。特别地，图中示出了活动架 (flexible mount) 60 可以用于将反射镜 61 安装到投影设备内的基准 62，例如设备的基准架或基座上。活动架 60 包括一个填充磁-流变 (MR)

流体的腔 63。邻近腔 63 是一个或多个连接到控制器 65 的电磁铁 64。磁-流变流体的一个属性是流体的粘性和由此的刚度可以作为应用到流体的磁场的函数改变。因此，通过调节应用给腔 63 内的磁-流变流体的磁场，就可以调节活动架 60 的刚度。调节一个或多个这样的活动架 60 的刚度就可以调节整个反射镜组件的刚度。也可以使用用于调节反射镜组件刚度的其他结构。

本发明所的实施例能够提供这样一种能力：由于减小了与衬底台运动相关的模糊，从而增加脉冲时间。增加的脉冲时间的一个有利的结果是能够减小峰值强度，而不减小每次脉冲的总能量，从而减小对光学元件潜在的损害。另一有用的结果是时间模式（temporal mode）的数量会增加，从而减少光学系统中的斑点。最后，较长的脉冲时间允许截短（truncate）单个脉冲的能力，从而允许脉冲-脉冲剂量控制调节。

由衬底在辐射脉冲期间相对于投影系统的运动所引起的误差可以通过提供一个或多个设备来与衬底在辐射脉冲期间的运动基本上同步地移动构图的辐射束来减小，该设备允许辐射束更精确地保持在衬底上对准。可用于移动构图的辐射束的其他可选结构也落在本发明一个或多个实施例的范围之内。

特别地，还可以补偿在辐射脉冲期间衬底相对于投影系统的运动的误差。这样的误差例如是与衬底相对于投影系统的期望运动的偏差，例如衬底以一个基本恒定的速度相对投影系统扫描。与该期望运动的偏差可由用于控制衬底运动的系统中的缺陷引起，例如用于控制衬底位置的致动器内的接头（toggling）或电机力因数（force factor）变化，和/或从光刻设备内的其他部件传递给衬底的振动。

衬底相对于投影系统的运动与衬底期望运动的偏差可以通过一个传感器的输出而得出，该传感器用来测量衬底或保持衬底的支架的位置或位移。

衬底的期望位置与衬底的实际位置之间的差异对应于所需要的反射镜 10 的位置变化。相应地，可以配置（多个）致动器 12 通过以与源 LA 的脉冲频率基本上同步地振荡反射镜所需的运动的组合来控制反射镜 10 的运动以便构图的辐射束以与衬底的期望位置加校正值基本上同步地扫描，以便补偿衬底的运动相对其期望运动的偏差。

校正反射镜 10 以补偿与衬底的期望运动的偏差可以通过调节反射镜 10 振荡的中点来实现。可选地或附加地，可以通过控制反射镜 10 的振荡和辐射源

LA 的脉动 (pulsing) 之间的相差来实现该调节。

可选地或附加地, 如图 6 所示, 可以提供一个或多个第二致动器 20, 通过调节 (多个) 致动器 12 的位置, 相应于补偿衬底的运动与其期望的运动的偏差所需的校正提供对反射镜 10 的位置的调节。例如, (多个) 致动器 12 可控制反射镜 10 相对于 (多个) 致动器 12 的基座 12a 的位置。(多个) 第二致动器 20 就可因此配置为控制 (多个) 致动器 12 的基座 12a 相对于光刻设备内的基准的位置。相应地, (多个) 致动器 12 用于控制反射镜 10 的振荡, 以便构图的辐射束被与衬底的期望运动基本上同步地扫描并且使用 (多个) 第二致动器 20 以便为衬底的运动与其期望的运动的偏差提供任何所需的校正。

无论该校正被如何施加到反射镜 10 的运动上, 应该意识到可以施加校正以便使反射镜 10 关于与反射镜关于其振荡的轴相同的轴转动。可选地或附加地, 施加校正以使反射镜 10 关于位于与构图的辐射束入射到该反射镜的位置处的反射镜的表面基本上平行、但与反射镜关于其振荡的的轴垂直的面内的轴转动。因此, 可以分别在平行和/或垂直于衬底扫描运动的方向上对与期望的衬底运动的偏差的校正进行调节。

(多个) 致动器 12 和第二致动器 20 中的一个或两者可以由任何合适的致动器或其组合构成。特别地, 可使用一个或多个压电元件作为 (多个) 致动器 12, 20。可选地, (多个) 致动器中的一个或两者可以是洛伦兹 (Lorentz) 致动器。这类结构的一个优点是其可以被设置成使从一个组件传递到另一个组件的振荡最小化。相应地, (多个) 第二致动器 20, 可以特别是洛伦兹 (Lorentz) 致动器并配置来使从振荡反射镜 10 的致动器 12 传递给设备的其它部分的振荡最小化。

总之, 应该意识到 (多个) 致动器 12, 20 中的一个或两者都能够在多至六个自由度上调节反射镜的位置。

期望在辐射系统的一系列脉冲及脉冲之间的间隔期间以基本恒定的速度相对投影系统移动衬底。这里所描述的设备从而可用于在辐射系统的至少一个脉冲的持续时间内与衬底的运动基本上同步的移动构图的辐射束。使衬底以基本恒定的速度运动可减小衬底台及与之相关的位置驱动器的复杂程度, 并且与衬底的运动基本同步地移动构图的辐射束可以减少由此产生的误差。

可以在多个脉冲期间与衬底的运动基本上同步地移动构图的辐射束。这种

设置可以使可编程构图结构的图像多次投射到衬底的同一位置上。这种技术可以在例如当构图的辐射束的脉冲强度不足以在衬底上产生完全曝光时使用。与衬底基本上同步地移动构图的辐射束可以减少衬底上图形的连续曝光之间产生套刻精度 (overlay) 误差。

通过每个脉冲在衬底上曝光的可编程构图结构的连续图形可能不同。例如,可以在一个或多个随后的脉冲中做出一个或多个校正以补偿第一脉冲中的误差。可选择地,可以利用图形改变来产生用于一个或多个特征的灰度级图像(例如通过仅对于全部数量脉冲的一部分曝光那些成像到衬底的给定部分上的特征)。

可选地或附加地,对于被投射到衬底的同一部分的辐射系统的一个或多个脉冲可改变构图的辐射束的强度、可编程构图结构的照明和/或光瞳过滤 (pupil filtering)。例如可使用这种技术来增加使用在前面描述的段落中的技术产生的灰度级的数目或者可以被用于对于在不同方向定向的特征优化不同的曝光。

虽然在上面对于使用可编程构图结构对与光刻设备中期望的衬底运动的偏差进行补偿描述了上述结构,但应该意识到该概念同样可用于通过掩模将图形施加给辐射束的设备中。在这种情况下,该掩模可被安置在支架上,因此它可以相对于被投射到其上的辐射束与衬底相对于由掩模构图的辐射束的运动同步地扫描。在这种情况下,衬底的运动准确的反映掩模的运动就是必需的。但是,当衬底和掩模的相对运动发生误差时,就可以用与上面所描述相同的方式,通过使用调节投射到衬底上的辐射束相对于投影系统的位置的可调节反射镜补偿这些误差。然而应意识到在这种情况下,只需要反射镜的校正运动,而不需要如上所述的提供与辐射系统的脉冲同步的反射镜的振荡和更新可编程构图结构的图形所需的系统元件。更进一步意识到,如果投影系统通过一个给定的因子缩小投射到衬底上的掩模的图像,则与掩模的运动相比可以通过相同的因子减小衬底的运动。

附图 10 描述了这样一个系统,它包括辐射源 70,例如调节辐射束的照明系统和使用来自源 70 的辐射束 72 照明的掩模 71。投影系统 73 用于将辐射束投射到衬底 74 上。然而如上所述,提供可转动安装的反射镜 75 用于调节投射到衬底 74 上的构图的辐射束 76 相对于投影系统 73 的位置。提供致动器系统 77 用于控制可转动安装的反射镜 75 的运动。在附图 10 中为清楚起见,可转动安

装的反射镜 75 在投影系统 73 后面示出。然而，需要意识到可转动安装的反射镜可以是投影系统 73 的一部分或提供在投影系统之前。另外，可以提供一个或多个附加的可转动安装的反射镜来提供改进的对构图的辐射束相对于投影系统的运动的控制。同样应该意识到也可使用其他机构以调节构图的辐射束相对投影系统的位置。

提供测量系统 78、79 分别用于测量掩模 71 和衬底 74 的运动。基于这些测量，考虑投影系统 73 的放大率，控制器 80 确定构图的辐射束 76 相对于投影系统 73 的位置的所需的调节以补偿掩模 71 和衬底 74 的期望的相对运动中的偏差。相应地，所需信号供给到致动器 77 以调节构图的辐射束 76 相对投影系统 73 的位置。

尽管上面对本发明的特定实施例进行了描述，应该意识到所要求保护的本发明可以用不同于所描述的方式去实现。例如，虽然这里描述了使用光刻设备曝光衬底上的抗蚀剂，应该意识到本发明绝不仅限于该用途，并且根据本发明的实施例的设备可用于在无抗蚀剂光刻中投射构图的辐射束。因此，已经清楚地说明了对这些实施例的描述的意图不再与所要求保护的本发明。

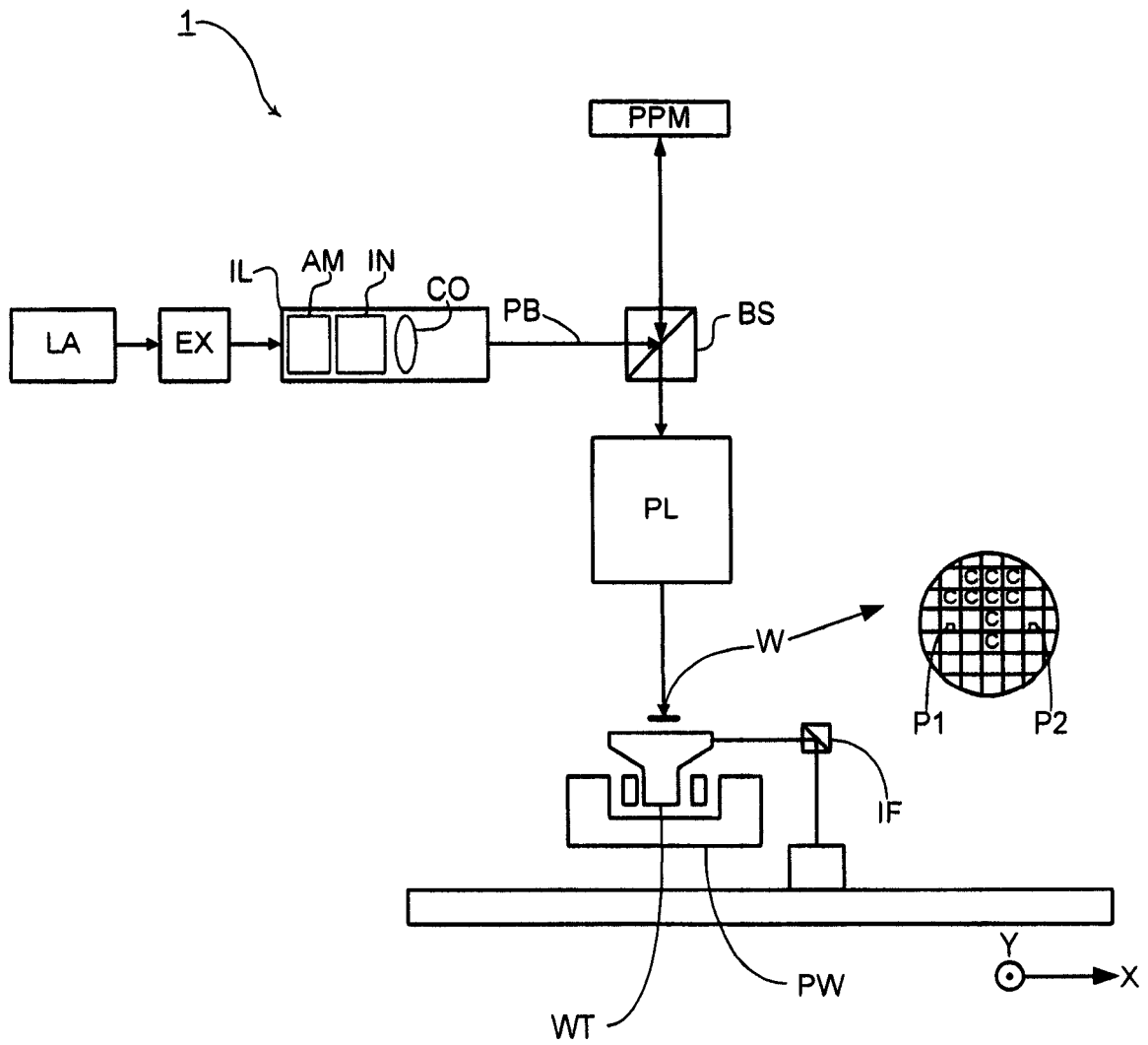


图 1

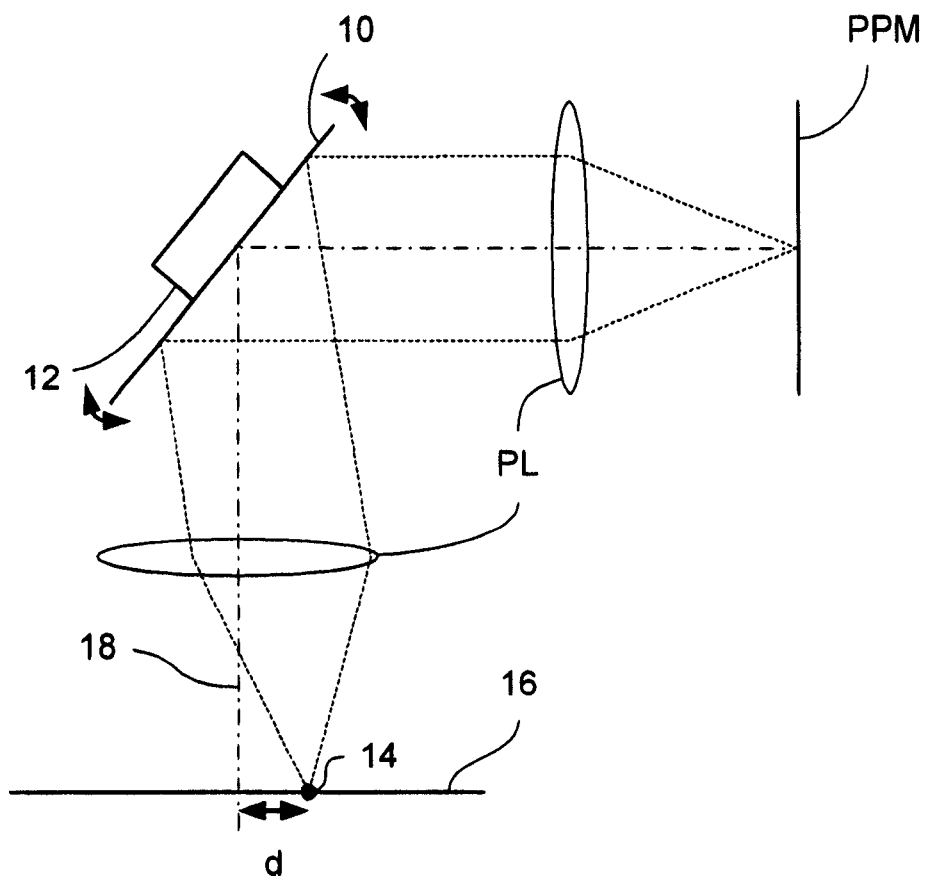


图 2

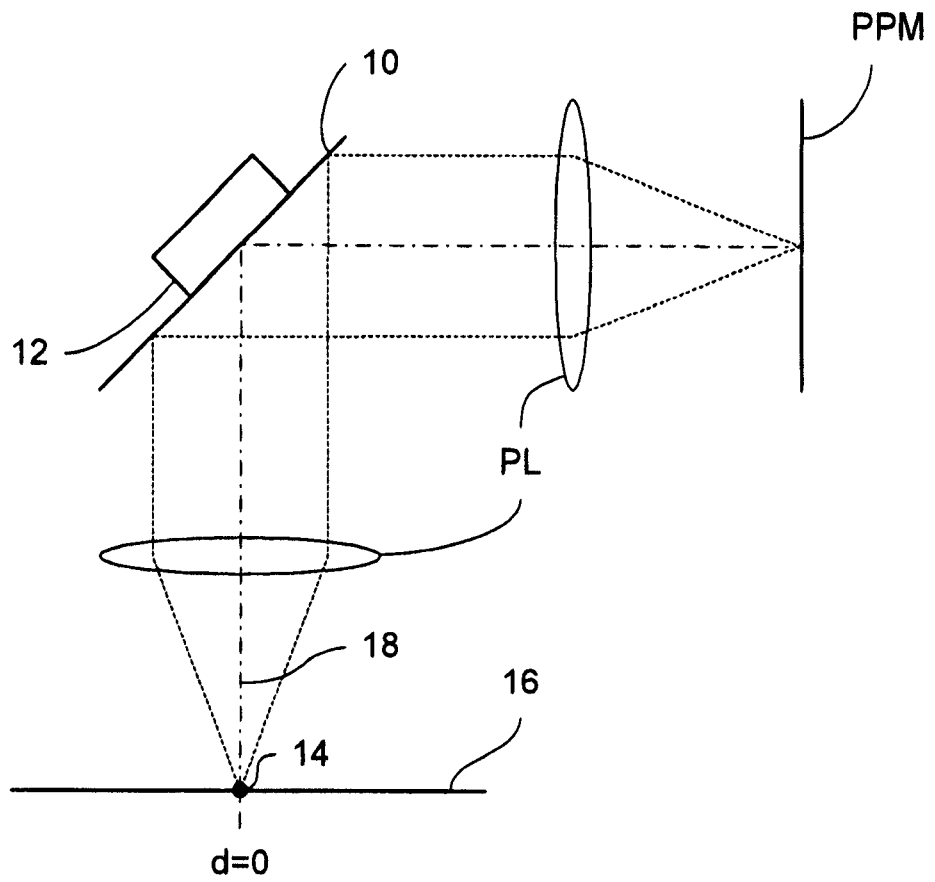


图 3

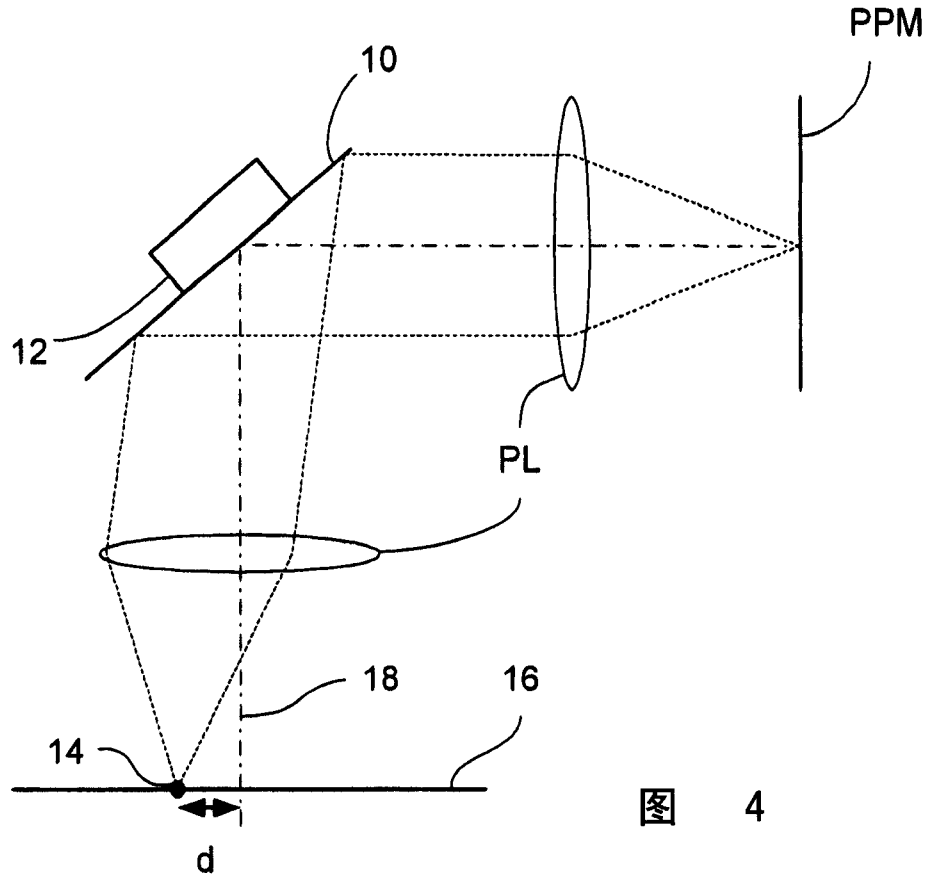


图 4

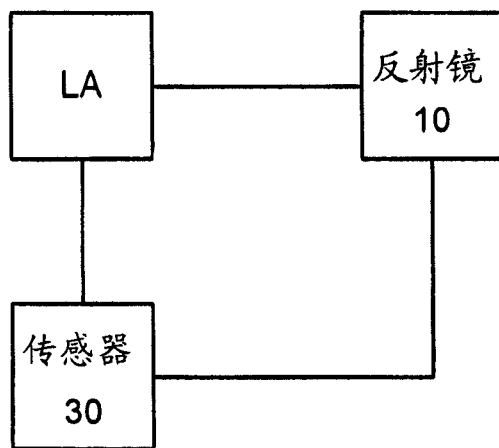


图 5

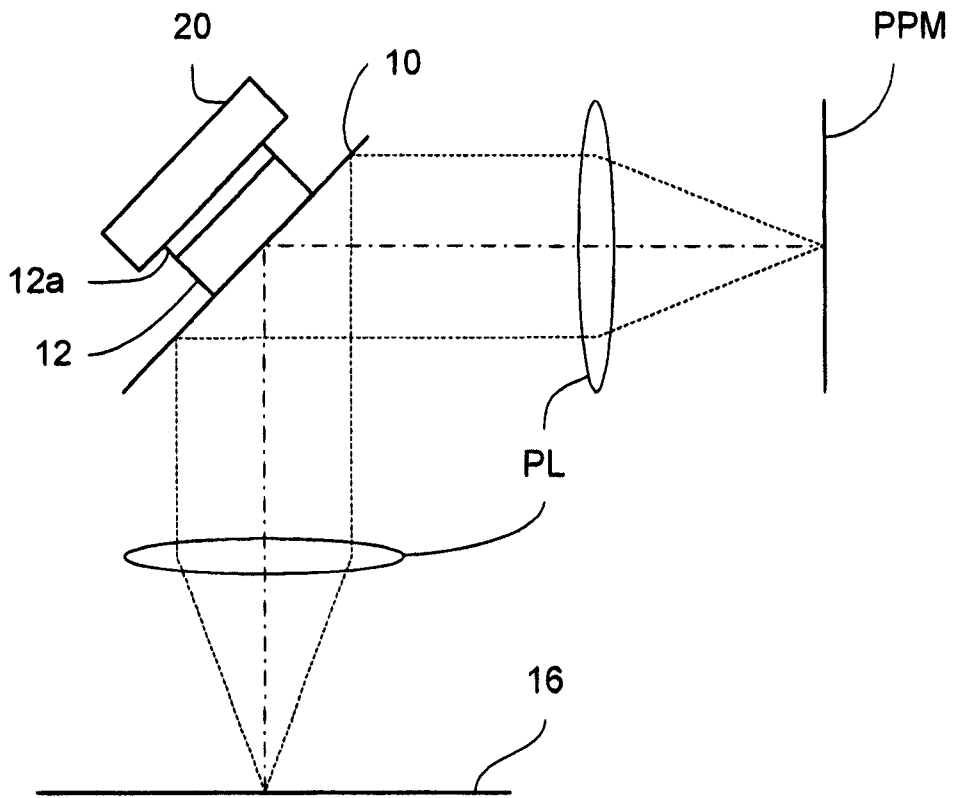


图 6

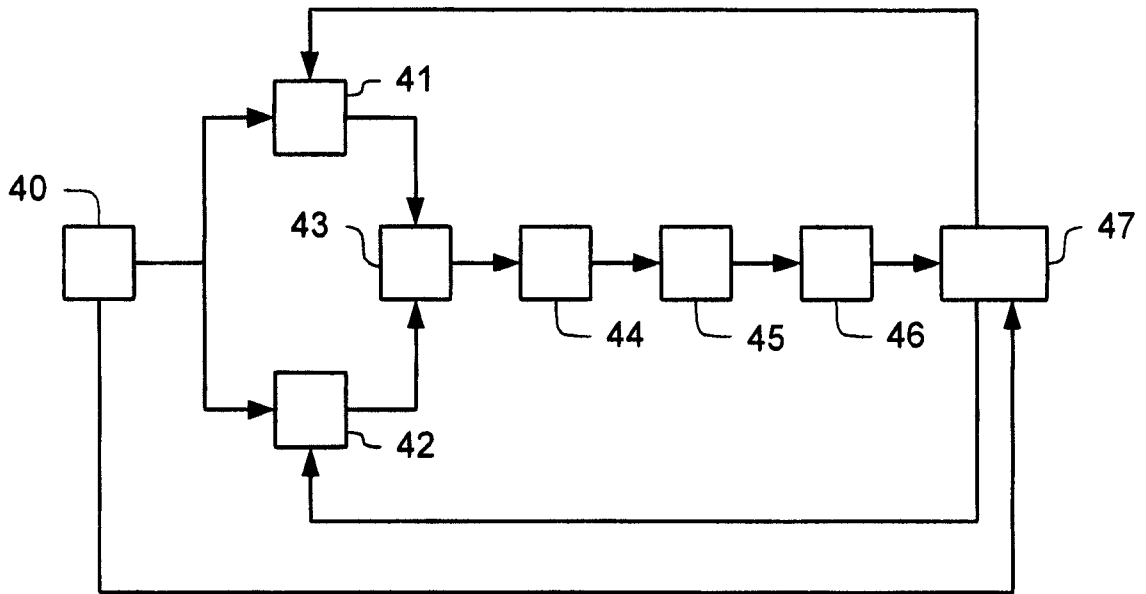


图 7

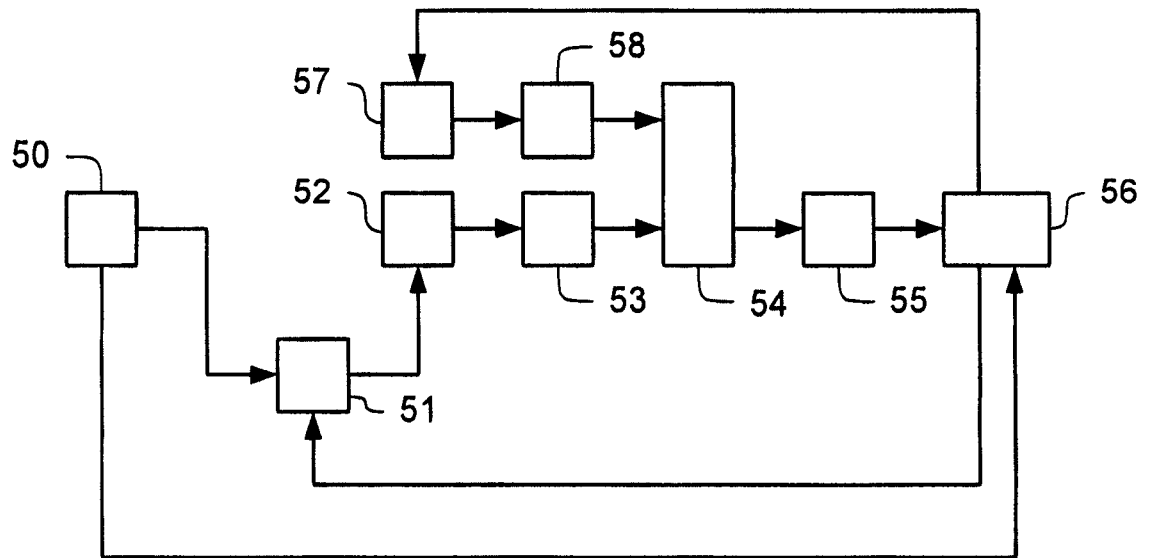


图 8

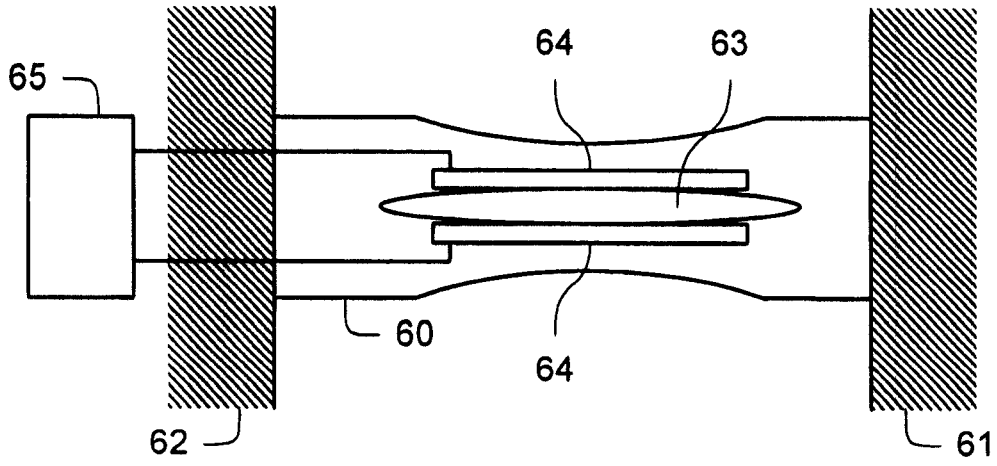


图 9

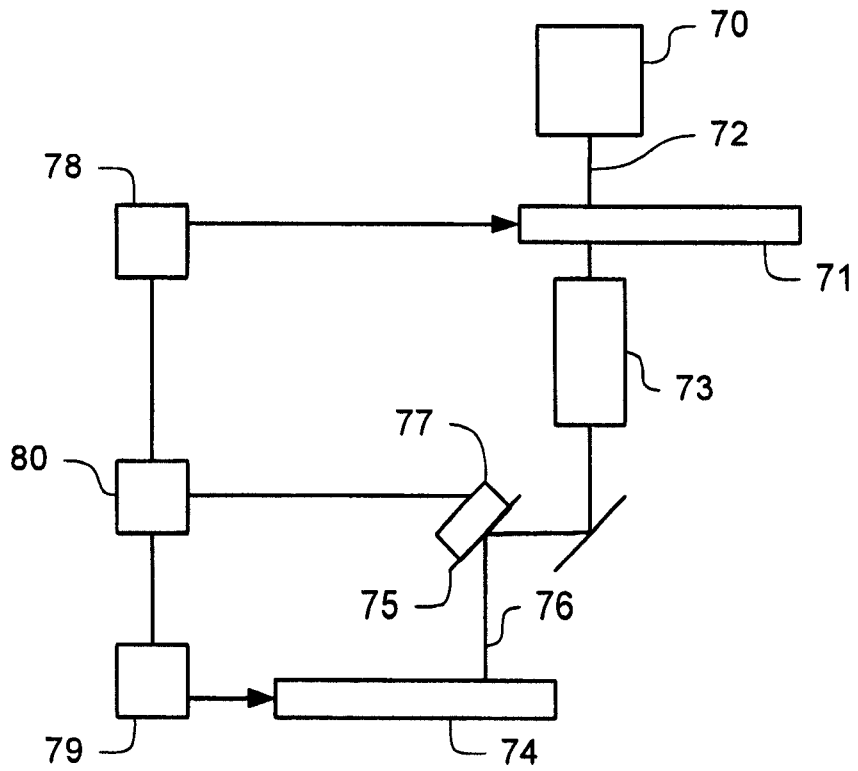


图 10