



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510009077.6

[43] 公开日 2005年8月24日

[11] 公开号 CN 1658073A

[22] 申请日 2005.2.17

[21] 申请号 200510009077.6

[30] 优先权

[32] 2004.2.18 [33] US [31] 10/779866

[71] 申请人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰维尔德霍芬

[72] 发明人 H·布特 M·E·J·布恩曼

P·M·C·M·范登比格拉亚尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

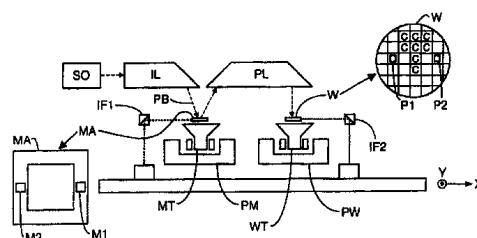
代理人 张雪梅 梁永

权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 4 页

[54] 发明名称 具有前馈调焦装置的光刻装置及器件制作方法

[57] 摘要

本发明公开了一种具有改善的聚焦控制系统的
光刻装置。该光刻装置包括：设置成提供辐射束的
照明系统；设置成支持图形化装置的第一支持结
构，该图形化装置向辐射束截面传递预期图形；包
含用于支撑衬底的衬底支架的第二支持结构；设置
成把图形化的辐射束投影到衬底表面的目标部分的
投影系统；以及设置成定位衬底支架的伺服单元。
该装置进一步包括：设置成测定衬底表面上至少一
个位置点相对于参考平面的距离的传感器单元；存
储器单元，设置成基于衬底表面上相应的该至少一
个位置点的各自的距离，存储衬底表面信息；以及
设置成基于存储的表面信息来确定前馈设定点信号
的计算单元，使得前馈设定点信号被前馈到伺服单
元以定位衬底支架。



1. 一种光刻装置，包含：
设置成提供辐射束的照明系统；
设置成支持图形化装置的第一支持结构，该图形化装置向辐射束
5 截面传递期望图形；
包含用于支撑衬底的衬底支架的第二支持结构；
设置成把图形化的辐射束投影到所述衬底表面的目标部分的投影
系统；
设置成定位所述衬底支架的伺服单元；
10 传感器单元，设置成确定所述衬底表面上至少一个位置点相对于
参考平面的距离；
存储器单元，设置成基于所述衬底表面上相应的所述至少一个位
置点的各自的距离，存储所述衬底的表面信息；以及
设置成基于所述存储的表面信息来确定前馈设定点信号的计算单
15 元，
其中所述前馈设定点信号被前馈到所述伺服单元以定位所述衬底
支架。
2. 权利要求 1 的光刻装置，其中，所述传感器单元包含用于测
量所述衬底的所述表面信息的水平传感器。
- 20 3. 权利要求 2 的光刻装置，其中，所述存储的所述衬底的表面
信息被格式化作为二维坐标的函数的测量距离的阵列，其中各个所
述二维坐标由参考平面上所述相应位置点的正交投影定义。
4. 权利要求 2 的光刻装置，其中，为所述衬底支架提供了基本
上平坦的用于支持所述衬底的支持表面，而且其中参考平面基本上平
25 行于该支持表面定位。
5. 权利要求 4 的光刻装置，其中，参考平面可以位于相对于所
述投影系统固定的位置，使得可以确定所述衬底表面相对于投影系统
的距离。
6. 权利要求 2 的光刻装置，其中，所述计算单元设置成，基于
30 所述表面信息用数学平滑函数拟合所述衬底表面，并基于所述拟合函
数计算出所述前馈设定点信号。
7. 权利要求 6 的光刻装置，其中，所述数学函数包含至少一个

多项式函数，该函数局部拟合所述衬底表面。

8. 权利要求 6 的光刻装置，其中，所述计算单元设置成，计算出所述数学平滑函数的导数，用于计算并结合所述前馈设定点信号中速度信号或力信号中的至少一个。

5 9. 权利要求 2 的光刻装置，其中，所述第二支持结构包含用于支持第二衬底的第二衬底支架；而且其中，把所述图形化的辐射束投影到放置在所述衬底支架上的所述衬底表面的所述目标部分时，确定所述第二衬底的表面信息，所述衬底支架设置成由所述伺服单元基于先前确定的所述衬底的表面信息来定位。

10 10. 一种器件制作方法，包含：
在衬底支架的支持表面上提供衬底；
使用照明系统提供辐射束；
向所述辐射束的截面传递预期图形，所述预期图形由图形化装置提供；

15 通过投影系统把所述图形化的辐射束投影到所述衬底表面；
确定所述衬底表面上至少一个位置点相对于参考平面的距离，所述参考平面位于相对于该投影系统固定的位置；

基于所述衬底表面上相应的所述至少一个位置点的各自的距离，存储所述衬底的表面信息；

20 基于所述存储的表面信息计算设定点信号；
把所述设定点信号前馈到设置成用于定位所述衬底支架的伺服单元；以及

基于所述前馈设定点信号，相对于所述投影系统定位所述衬底支架。

25 11. 一种光刻衬底聚焦控制系统，包含：
具有设置成支撑衬底的衬底支架的衬底支持结构；
设置成定位所述衬底支架的伺服单元；
设置成确定所述衬底的表面上至少一个位置点相对于参考平面的距离的传感器单元；

30 存储器单元，设置成基于所述衬底表面上相应的所述至少一个位置点的各自的距离，存储所述衬底表面信息；以及

设置成基于所述存储的表面信息来确定前馈设定点信号的计算单

元，其中所述前馈设定点信号被前馈到所述伺服单元以定位所述衬底支架。

12. 权利要求 11 的光刻衬底聚焦控制系统，其中，所述传感器单元包含用于测量所述衬底的所述表面信息的水平传感器。

5 13. 权利要求 12 的光刻衬底聚焦控制系统，其中，所述存储的衬底表面信息被格式化作为二维坐标的函数的测量距离的阵列，其中所述二维坐标中的每一个由参考平面上所述相应位置点的正交投影定义。

10 14. 权利要求 12 的光刻衬底聚焦控制系统，其中，为所述衬底支架提供基本上平坦的用于支持所述衬底的支持表面，而且其中参考平面基本上平行于该支持表面定位。

15 15. 权利要求 14 的光刻衬底聚焦控制系统，其中，参考平面位于相对于投影系统固定的位置，该投影系统把图形化的投影束投影到所述衬底，并且其中所述衬底表面相对于所述投影系统的距离被确定。

16. 权利要求 12 的光刻衬底聚焦控制系统，其中，所述计算单元设置成，基于所述表面信息用数学平滑函数拟合所述衬底表面，并基于所述拟合的函数计算所述前馈设定点信号。

17. 权利要求 16 的光刻衬底聚焦控制系统，其中，所述数学函数包含至少一个多项式函数，该函数局部地拟合所述衬底表面。

20 18. 权利要求 16 的光刻衬底聚焦控制系统，其中，所述计算单元设置成，计算所述数学平滑函数的导数，用于计算并结合所述前馈设定点信号中速度信号或力信号中的至少一个。

25 19. 权利要求 12 的光刻衬底聚焦控制系统，其中，所述衬底支持结构包含第二衬底支架，而且其中，当把图形化的辐射束投影到放置在所述衬底支架上的所述衬底表面的所述目标部分上时，确定所述第二衬底的表面信息，所述衬底支架设置成由所述伺服单元基于先前确定的所述衬底的表面信息来定位。

具有前馈调焦控制的光刻装置及器件制作方法

技术领域

5 本发明涉及具有改善的调焦控制的光刻装置。

背景技术

光刻装置可以用于，例如集成电路（IC）的制作。在这种情况下，可以使用图形化装置来产生与 IC 单独层相应的预期电路图形，该图形可以被复制到涂敷了辐射敏感材料（抗蚀剂）层的衬底（硅晶片）的目标部分（例如包含一个或多个芯片）。
10

通常，该装置包含：用于提供辐射投影束的照明系统、用于支持图形化装置的支持结构、用于支撑衬底的衬底支架、以及把图形化射束投影到衬底目标部分的投影系统。例如，在美国专利 No. 6, 046, 792 中可以找到关于这里描述的光刻装置的更多信息，该专利在此被引用
15 作为参考。

这里使用的术语“图形化装置”应广义地理解为是指可以用来向入射的辐射束赋予图形化截面的机械装置，该图形化截面对应于将在衬底目标部分创建的图形；在这里的上下文中也可以使用术语“光阀”。通常，该图形对应于目标部分内正被创建的器件的一个特定功能层，例如集成电路或其它器件（见下文）。这种图形化装置包含：
20

掩模：在光刻中，掩模的概念是众所周知的；它包含例如二元、交变相移、衰减相移以及各种混合掩模类型。把该掩模放置在辐射束内，导致照射到掩模上的辐射根据掩模上图形发生选择性的透射（对于透射型掩模）或反射（对于反射型掩模）。对于掩模，支持结构通常为掩模平台，掩模平台保证掩模在入射的辐射束内被保持在一个预期位置，而且如果需要时可以使掩模相对射束移动。
25

可编程反射镜阵列：这种器件的一个例子为具有粘弹性控制层及反射表面的矩阵可寻址表面。该装置的基本原理在于，（例如）反射表面的编址区域把入射光反射为衍射光，而未编址区域把入射光反射为非衍射光。使用适当的过滤器，可以把所述非衍射光从反射束中过滤出来，只留下衍射光到达衬底；按照这个方式，根据矩阵可寻址表面的编址图形使射束成形。使用合适的电子方法可以执行所要求的矩
30

阵编址。例如，在美国专利 No. 5, 296, 891 及 No. 5, 523, 193 中可以找到这种反射镜阵列的更多信息，这些专利在此被引用作为参考。对于可编程反射镜阵列，所述支持结构可以由例如可以被固定或按要求移动的框架或平台来实现。

- 5 可编程 LCD 阵列：美国专利 No. 5, 229, 872 给出了这种结构的一个例子，该专利在此被引用作为参考。如前所述，这种情况下的支持结构可以由例如可以被固定或按要求移动的框架或平台来实现。

10 为了简化，本说明书的其它部分在某些位置点上明确地提及涉及掩模或掩模平台的例子；然而，应该在前面所定义图形化装置的更广阔背景中理解在这些例子中讨论的普遍原理。

通常，单个晶片会包含由相邻目标部分形成的整个网络，这些目标部分通过投影系统被连续照射，且每次照射一个目标部分。在当前使用位于掩模平台上的掩模进行制图的装置中，可以分为两种不同类型的机器。在一种通常称为晶片分步曝光机 (wafer stepper) 的光刻装置中，通过把整个掩模曝光到目标部分而一次照射所有目标部分。在另一种通常称为分步扫描装置 (step-and-scan apparatus) 的装置中，沿特定参考方向 (“扫描” 方向) 逐渐扫描投影束下方的掩模图形，同时平行或反平行于这个方向同步扫描衬底平台，从而照射各个目标部分。因为，典型地，投影系统具有放大因子 M (通常 < 1)，所以衬底平台被扫描速度 V 将是掩模平台被扫描速度的 M 倍。例如，在美国专利 No. 6, 046, 792 中可以找到关于这里所描述的光刻设备的更多信息，该专利在此被引用作为参考。

25 在使用光刻装置的制作过程中，图形被复制到一个衬底上，该衬底至少部分覆盖了一层辐射敏感材料 (抗蚀剂)。在这个复制步骤之前，衬底可能经过各种工序，例如预涂、涂敷、及软烘烤。曝光之后，衬底将进行其它工序，例如曝光后烘烤 (PEB)、显影、硬烘烤、以及对被复制图形的测量和检查。这一串工序是对例如 IC 的器件的单独一层进行制图的基础。被制图后的层随后会经过各种处理，例如刻蚀、离子注入 (掺杂)、金属化、氧化、化学机械抛光等，所有这些处理意在完成该单独一层。

30 如果需要好几层，则需要对每个新层重复该全部过程或其变形。最终将在衬底 (晶片) 上形成一个器件阵列。这些器件随后通过例如

切割或划片方法被互相分割开，从此，单独的器件可以被安装在载体上，连接到引线等。例如，在 Peter van Zant 写的，McGraw Hill Publishing Co. 于 1997 年出版的，ISBN 号为 0-07-067250-4 的“Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing”一书的第三版中可以找到关于这些工艺的更多信息，该书在此被引用作为参考。

为了简化，下文中把投影系统称为“透镜”；然而，这个术语应广泛地理解成包含各种类型的投影系统，包括折射光学装置、反射光学装置、以及反射折射光学系统。辐射系统可能还包含根据任何这些设计类型来工作的、用于检测、定形或控制投影辐射束的元件，这些元件在下文中也共同地或个别地称为“透镜”。此外，光刻装置也可以为双衬底平台或更多个衬底平台（和/或两个或更多个掩模平台）类型。在这些“多级”设备中，可以并行地使用附加的平台，当一个或多个平台用于曝光时，可以在其它一个或多个平台上进行准备步骤。例如，美国专利 No. 5,969,441 及 WO 98/40791 描述了孪生级（twin stage）光刻装置，这两个专利在此被引用作为参考。

此外，光刻装置也可以为双衬底平台或更多个衬底平台（和/或两个或更多个掩模平台）类型。在这些“多工作台”器件中，可以并行地使用附加的平台，当一个或多个平台用于曝光时，可以在其它一个或多个平台上进行准备步骤。例如，美国专利 No. 5,969,441 及 WO 98/40791 描述了双级（dual stage）光刻装置，这两个专利在此被引用作为参考。

按照传统方法，光刻装置采用控制器把衬底表面定位在投影系统的焦平面。控制器利用反馈伺服信息来定位衬底平台。这样做，只有首先产生伺服误差，控制器才会开始产生作用。这样的结构致性能有限且聚焦非最优化。

发明内容

如这里所实现和广泛描述的本发明的原理，为光刻装置提供了改善的聚焦控制系统，使得可以制作出高质量的衬底。在一个实施方案中，光刻装置包含：设置成提供辐射束的照明系统；设置成支持图形化装置的第一支持结构，该图形化装置向辐射束截面传递预期图形；包含用于支撑衬底的衬底支架的第二支持结构；设置成把图形化的辐

射束投影到衬底表面目标部分的投影系统；以及设置成定位衬底支架的伺服单元。该装置进一步包含：设置成测定衬底表面上至少一个位置点相对于参考平面的距离的传感器单元；存储器单元，设置成基于衬底表面上相应的至少一个位置点的各个距离，存储衬底表面信息；

5 以及设置成基于存储的表面信息来确定前馈设定点信号的计算单元，使得前馈设定点信号被向前馈至伺服单元以便定位衬底支架。优选地，前馈（设定点）信号包含加速度信号，其中该加速度信号可包含所述衬底表面上一个点的加速度。

本发明的一个特性在于其意识到，伺服单元的控制存在改进的空间。本发明的另一个特性在于其发现可以如何实现这种改善。最后，

10 这些特性由根据本发明的光刻装置来获得，该光刻装置设有用于存储衬底表面信息的存储器单元，该信息包含衬底表面上各个位置点分别相对于参考平面的距离，以及基于存储的衬底表面信息来为该伺服单元计算前馈设定点信号的计算单元。

15 由于伺服单元接收前馈设定点信号，所以可以通过一个非常精确和快速（预先确定）的方式执行平台定位，使得与伺服仅由反馈设定点信号控制的情况相反，在将出现偏离平台预期位置的重大位置误差之前，该平台位置得到修正。

传感器单元可能包含用于测量所述表面信息的水平（level）传感器，该信息的格式是作为二维坐标的函数的测量距离的阵列，其中各个二维坐标由参考平面上相应位置点的正交投影定义。优选地，在衬底被（例如吸式夹具或静电夹具）固定或夹住在平台的支持表面上时

20 测量其表面，因为固定或夹在支持表面上时可能会影响表面图形。在获得表面信息后，衬底的表面或“高度图”就已知。

25 该信息随后可以用于对衬底的“高度图”用数学平滑函数进行拟合，其中计算单元可以计算出平滑数学函数的导数，目的在于基于该平滑数学函数与/或该数学函数的导数，确定非常精确的前馈设定点信号。

30 优选地，参考平面被定向成基本上平行于衬底平台的支持表面，其中参考平面可以位于相对于投影系统固定的位置。后者保证可以确定表面相对于投影系统的距离，使得表面信息（“高度图”）与投影系统相关联，从而使能够进行可靠的调焦控制。

一个实施方案的特征在于，第二支持结构包含第二衬底平台，其中光刻装置被构造并设置成，用水平传感器测量放置在第一衬底平台上的衬底的表面信息，同时曝光放置在第二衬底平台上的另一个衬底。之后，第一平台上的衬底被曝光，第一衬底平台被伺服单元基于在所述测量中搜集到的表面信息定位。因此，双级或孪生级的概念被有效地利用于执行本发明。

用这种方式，第一平台上衬底的表面或“高度图”得到确定，同时第二平台上的另一个衬底被曝光。确定了“高度图”之后，但在开始曝光衬底之前，执行计算以预先计算出前馈设定点信号。接着，曝光过的衬底被传送到光刻装置的其它部分，固定在第一平台上后被测量的衬底将被曝光，同时基于已经计算出的前馈设定点信号进行聚焦控制（前馈信号通常也会被应用于减小不可避免的位置、速度、加速度等的误差）。

尽管在本说明书中会具体地参考在 IC 制作中光刻装置的使用，但应该了解到，这里描述的光刻装置可以具有其它应用，例如集成光学系统、磁畴存储器的引导和探测图形、液晶显示器（LCD）、薄膜磁头等等的制作。

技术人员将了解到，在这些备选应用的情况下，使用术语“晶片”或“芯片”可以分别看作与更普通的术语“衬底”或“目标部分”同义。这里所指的术语衬底在曝光之前或曝光之后可以在例如轨道（track）（通常把抗蚀剂应用到衬底上并对曝光后抗蚀剂进行显影的一种工具）或测量或检查工具内进行处理。在本发明可应用的场合中，本说明书内容可应用于这些以及其它衬底处理工具。此外，可以不止一次地处理衬底，例如，为了创建一个多层 IC，因此这里使用的衬底这个术语也可指包含已经多个已处理过的层的衬底。

这里使用的术语“辐射”及“射束”包含所有类型的电磁辐射，包括紫外（UV）辐射（例如，波长为 365、248、193、157 或 126nm）与极紫外（EUV）辐射（例如，波长范围为 5 至 20nm），以及例如离子束或电子束的粒子束。

这里使用的用语“图形化装置”应广泛地理解成是指，可通过其截面向投影束传递一个图形以在衬底目标部分创建图形的工具。应该注意的是，传递给投影束的图形可能不与衬底目标部分的预期图形精

确对应。通常，传递给投影束的图形对应于诸如集成电路的器件内、在目标部分创建的特定功能层。

图形化装置可以是透射的或是反射的。如前所述，图形化装置的例子包括掩模、可编程的反射镜阵列、及可编程的 LCD 面板。掩模在光刻中是众所周知的，它包含诸如二元、交变相移、衰减相移、以及各种混合掩模类型。一个可编程反射镜阵列的例子采用小型反射镜的矩阵排列，可分别倾斜各个反射镜，从而把入射辐射束反射到不同方向；按照这种方式，可以图形化反射束。

支持结构支撑图形化装置，即承受后者的重量。支持结构支撑图形化装置的方式取决于图形化装置的取向、光刻装置的设计、以及例如图形化装置是否保存于真空环境等其它条件。该支持可以使用机械夹紧、真空或者其它夹紧技术，例如真空条件下静电夹紧。支持结构可以是例如可根据要求固定或移动的框架或平台，该框架和平台可以保证图形化装置例如相对投影系统位于预期位置。可以认为，这里使用的术语“光刻版”或“掩模”与更为普通的术语“图形化装置”同义。

这里使用的术语“投影系统”应广泛地理解成包含各种类型的投影系统，包括适合于例如采用曝光辐射、其它使用浸液或使用真空的折射光学系统、反射光学系统、以及反射折射光学系统。可以认为，这里使用的术语“透镜”与更为普通的术语“投影系统”同义。

照明系统也可包含各种类型的光学元件，包括用于引导、定形、或控制辐射投影束的折射、反射、及反射折射光学元件，下文中也共同地或个别地将该元件称为“透镜”。

光刻装置可以为两个（双级）或更多个衬底平台（和/或两个或更多掩模平台）的类型。在这种“多级”机器中，可以并行地使用附加的平台，当一个或多个平台用于曝光时，可以在其它一个或多个平台上进行准备步骤。

光刻装置也可以是这样的类型：其中衬底浸没在具有相对较高的折射率，例如水的液体中，以填充投影系统最终元件与衬底的间隙。浸液也可用于光刻装置中的其它间隙，例如掩模与投影系统第一元件的间隙。在本技术领域，用于提高投影系统数值孔径的浸没方法是众所周知的。

注意，本发明也涉及使用光刻装置制作例如集成电路的方法。

附图说明

在下文中，将参考附图来解释本发明，该附图只是用于阐述而不限制由附带权利要求定义的保护范围。

- 5 图 1 描述了根据本发明一个实施方案的光刻装置；
图 2 描述了衬底表面的示意性的一维表示；
图 3 描述了传统的光刻装置调焦控制；
图 4 描述了根据本发明的用于光刻装置的调焦控制的控制系统；
以及

- 10 图 5 为不同伺服响应分布图的示意性概览图。

具体实施方式

图 1 示意性地描述了根据本发明的一个特定实施方案的光刻装置 1。光刻装置为具有两个衬底平台 WTa 与 WTb 的类型，且包含：

- 15 照明系统 IL：用于提供辐射（例如 UV 或 EUV 辐射）投影束 PB 的照明系统（照明器）IL；

第一支持结构（例如掩模平台或支架）MT：用于支持图形化装置（例如掩模）MA，并被连接到第一伺服单元 PM 以精确地定位图形化装置相对 PL 部分的位置；

- 20 第二支持结构：包含用于支持衬底（例如涂敷了抗蚀剂的晶片）W 的衬底支架（例如晶片平台）WT，并被连接到伺服单元 PW 以精确地定位图形化装置相对 PL 部分的位置；以及

投影系统（例如反射投影透镜）PL：用于把由图形化装置 MA 传递到投影束 PB 的图形成像到衬底 W 的目标部分 C（例如包含一个或多个芯片）。

- 25 如这里所描述的，该装置属于透射类型（即具有透射型掩模）。然而，它通常也可以是例如反射类型（具有反射型掩模）。或者，该装置可以采用其它类型的图形化装置，例如上述类型的可编程反射镜阵列。

- 30 照明器 IL 接收来自辐射源 S0 的辐射束。该源与光刻装置可以为分开的实体，例如当辐射源为等离子体放电源时。在这些情况下，并不把源看作光刻装置的组成部分；借助例如包含适合的聚光镜与/或光谱纯度滤光器的辐射收集器，辐射束从辐射源 S0 传送到照明器 IL。在

其它情况下，该源可以是装置的组成部分，例如当源为汞灯时。可将源 S0 及照明器 IL 称为辐射系统。

5 照明器 IL 可包含用于调整射束角强度分布的装置。通常，至少可以调整照明器的光瞳面内强度分布的外与/或内径向范围（通常分别称为 σ -outer 及 σ -inner）。照明器提供了称为投影束 PB 的经过处理的辐射束，其截面具有预期的均匀性和强度分布。

10 投影束 PB 入射到固定在掩模平台 MT 的掩模 MA 上。投影束 PB 被掩模 MA 反射后穿过透镜 PL，该透镜 PL 把射束聚焦到衬底 W 的目标部分 C。借助于伺服单元 PW 及位置传感器 IF2（例如干涉测量装置），可以精确地移动衬底平台 WT，例如，以在射束 PB 路径内定位不同目标部分 C。类似地，可以使用第一伺服单元 PM 及位置传感器 IF1，例如从掩模库机械获取后或在扫描时，以精确地定位掩模 MA 在射束 PB 路径内的位置。通常，可以借助形成第一伺服单元 PM 及伺服单元 PW 的部分的长冲程模块（粗略定位）及短冲程模块（精细定位），实现载物台 MT 与 WT 的移动。然而，对于（与扫描器相反的）分步曝光机，15 掩模平台 MT 可以仅连接到短冲程传动器，或者可以被固定。可以使用掩模对准标记 M1、M2 及衬底对准标记 P1、P2 来对准掩模 MA 及衬底 W。

所描述的装置可以用于下述优选模式：

20 分步模式（step mode）：掩模平台 MT 与衬底平台 WT 基本上保持静止，而传递到投影束的完整图形在一次扫描内被投影到目标部分 C（即单次静态曝光）。随后沿 X 与/或 Y 方向平移衬底平台 WT，使得不同目标部分 C 被曝光。在分步模式中，曝光区域的最大尺寸限制了单次静态曝光中被成像的目标部分 C 的尺寸。

25 扫描模式（scan mode）：掩膜平台 MT 和衬底平台 WT 被同步扫描，同时传递到投影束的图形被投影到目标部分 C（即单次动态曝光）。由投影系统 PL 的（缩小）放大及图像反转特性确定衬底平台 WT 相对掩模平台 MT 的速度和方向。扫描模式中，曝光区域的最大尺寸限制了单次动态曝光中目标部分（沿非扫描方向）的宽度，而扫描动作的长度决定了目标部分 C（沿扫描方向）的高度。

30 其它模式：支持可编程图形化装置的掩模平台 MT 基本上保持静止，并移动或扫描衬底平台 WT，同时传递到投影束的图形被投影到目标部分 C。在该模式下，通常使用脉冲辐射源，且在每次移动衬底平台

WT 之后或者在扫描中的连续辐射脉冲之间根据需要更新可编程图形化装置。该工作模式可以容易地应用于使用诸如上面提及可编程反射镜阵列的可编程图形化装置的无掩模光刻。

也可以使用上述模式的组合与/或变形，或者使用与上述模式完全不同的模式。

5 实施例

随后将直接描述具有伺服单元的单级 (single-stage) 衬底分步曝光机，该伺服单元只依据反馈信号工作，同时校平 (leveling) 采取动态地 (on-the-fly) 进行。曝光衬底时，由水平传感器 LS 确定一个或多个位置点上的衬底高度 (衬底表面相对于参考框架 RBF 的距离)，所述高度被反馈到伺服单元。水平传感器测得的结果在被控制器使用之前，可以转变为衬底 (晶片) 表面相对于衬底平台 WT 上固定点的距离。

例如，如图 2 所示，衬底 (亦称为晶片) W 和衬底平台 WT (其上固定了衬底 W) 的共同高度定义为 Z_s 。现在，如图 2 所示，如果衬底平台 WT 相对于参考框架 RBF 的位置用干涉仪 IF 测量并用 Z_{IF} 表示，则关系式 $Z_s = Z_{LS} - Z_{IF}$ 成立，且表面相对于晶片平台 WT 的方向已知。要注意到在实际中，绝大部分情况下，不仅测量距离或高度 (Z_{LS})，还测量倾斜 (R_x 和 R_y)。在本说明书中，距离或表面信息也可以包含倾斜，取决于使用场合。

要注意，通常，水平传感器 LS 不产生从聚焦的角度来看并是最佳的信号。这样的例子为，水平传感器测量的晶片区域可能会偏离曝光狭缝。产生最佳聚焦的真实的最佳工作台位置，只能由曝光狭缝内的足够精细的测量栅格来确定，这在动态校平系统中通常没有。工作台并不直接使用水平传感器输出作为其输入，其原因之一就在此。如前所述，如图 2 所示，首先计算出衬底高度。

图 3 示出了平台控制器 2 (亦称为工作台控制器) 的示意性概览图。控制器包含水平传感器 LS，其输出的信号包含测得的衬底 W 表面上位置点相对于参考平面 REF (注意图 2 中的水平传感器 LS 也被固定到参考平面 REF，图中未示出该传感器) 的距离 Z_{LS} (该信号中也可包含倾斜测量结果)。水平传感器 LS 输出的信号传送到组合器 4，并被从测量信号 Z_{IF} 中减去，该测量信号表示衬底平台 WT 相对于参考框架

REF 的位置。组合器 4 的输出等于前一节中描述的 $-Z_s$ ，并通过晶片形状过滤器 WSP 作为工作台控制回路的输入。这意味着，对于较大的 Z_s （厚衬底），组合器 4 的输出小，沿向下的方向控制工作台，因而保持表面位于投影透镜 PL 的焦平面内。

5 接着，由晶片形状过滤器 WSP 处理这个差信号，并产生预形成的最优设定点。此外，晶片形状过滤器 WSP 可以对特别的单个 LS 空间特性进行校正。这样，衬底高度被所谓的“晶片形状过滤器”所过滤，该过滤器试图为伺服单元 PW 创建用于定位晶片工作台的最佳校平设定点。如图 3 所示，晶片形状过滤器 WSP 的输出随后作为由干涉仪控制的晶片工作台 WT 的设定点。

10 同此，得到的平台 WT 的真实位置通过 IF 被反馈到图 3 所示的组合器 6。这样就使用了反馈伺服设定点配置，并尤其用其定位衬底平台，且特别是用于把衬底表面定位在投影系统 PL 的焦平面内。于是注意到，控制器 2 缺少用于伺服单元的前馈设定点信号。因此，只有首先产生伺服误差，控制器才会开始产生效果。其结果是致使性能受限制且聚焦非最佳。

15 这里公开了，根据本发明的光刻装置的一个实施方案。对于该实施方案，将详细讨论一个双级（双工作台或双扫描装置）装置。尽管本发明可以以最佳方式应用于这个双扫描装置，但是容易理解，本发明也可以应用于单工作台机器。

20 在双级装置中，如图 4 所示，首先在测量阶段，由“水平传感器”LS 测量完整的晶片高度图（衬底的表面信息）。测量结果可以存储在存储器单元内（该存储器单元可以通过电子装置连接到水平传感器 LS）。与前文所述类似地，晶片的高度被确定。然而，所用的水平传感器利用更大的测量位置点阵列，并因此产生了远比先前精细的详细数据。这产生了测量距离作为参考平面内的二维坐标的函数的阵列。

由于现在可得到详细的晶片高度图，其分辨率远大于先前描述的设计，所以可以计算出真实的最佳工作台分布。这些分布保证了最佳的晶片聚焦。用块“移动聚焦”（见图 4 中的 MF 模块）表示这个计算。

30 此外，基于该最佳分布，对描述预期工作台 Z、Rx、Ry 位置、并且是工作台位置函数的一系列多项式一起进行拟合。多项式的阶数相对较低（4 或 5），但是每个多项式只描述晶片表面的一小部分（大约

4mm)。该步骤用“多项式拟合”表示，如图4中PF块所示，用于使描述能够从“位置域”（晶片表面为晶片上X、Y位置的函数）平滑地过渡到晶片工作台控制器所使用的“时间域”。

“设定点发生器”SET估算多项式作为时间的函数，并因此创建工作
5 工作台位置设定点。此外，它创建出作为时间的函数的工作台加速度设定点。该步骤要求对多项式进行两次求导，该求导属于简单的符号操作。实际上，加速度是通过估算从原始的4阶或5阶多项式推导出的、新的2阶或3阶多项式而产生的。该实施方案中的计算单元包含块MF、PF、SET。伺服控制器单元用块PW表示。

10 当加速度设定点已知，将其乘以工作台的质量就得到移动工作台所需的力。因此，对工作台施加这个力，使其根据位置设定点移动。工作台根据位置设定点移动时，由于其加速度前馈，工作台控制器的输入为零，因此控制误差为零。总而言之，精确前馈所产生的控制误差，远小于没有该前馈信号的传统控制系统中的控制误差。

15 注意，前馈信号可以根据来自前馈块FF且通向组合器8的给定实线被前馈，使得该前馈信号被注入组合器8（此时组合器8为伺服单元的一部分），其中前馈设定点信号因此被与从反馈控制产生的控制信号组合。注意，由图中虚线可以更清楚地看出，该虚线表示前馈信号实际上被注入伺服单元PW。

20 实验结果表明，相对于只为伺服单元提供反馈设定点信号的传统系统而言，通过应用前馈设定点信号所取得的性能改进非常明显。叠加误差（MA误差）从11nm减小到5nm，衰减误差（MSD误差）从23nm减小到11nm。

25 下文中将对双级光刻装置进行更加详细的描述，该装置不仅具有高的生产能力及优越的动态性能，而且还具有100nm以下光刻所要求的成像能力。双级系统额外价值之一在于使用效率的提高：通过与曝光并行地在上方执行晶片测量等，从而增大了每小时（处理）的净晶片。另外，可以更加广泛地完成这些晶片测量，而且双级系统以其预测和补偿的固有能力强于单工作台系统的性能优点。

30 在测量位置，使用高空间频率测量水平传感器对晶片表面进行彻底的绘图，可生成完整的三维的晶片图。这使得晶片表面可以被最佳地放置在透镜的焦平面内，最小化了散焦并因此得到优化的CD控制。

为了证明双级系统的校平性能优点，使用了好几个具有已知/设计的晶片拓扑的测试案例。其中的一个案例在高拓扑晶片上证明该校平性能优点，该优点通过散焦和 CD 均匀性结果得到体现。通过比较给定本征晶片平整度和狭缝尺寸下，实验散焦结果与理论上可获得的最佳散焦，将显示出接近理想的校平性能。与动态校平相反，分离的测量位置不依赖于曝光扫描速度，消除了晶片高度测量结果和真实曝光校平性能之间关键计时联系。

除了校平性能优点之外，双级系统的全晶片绘图能力使得覆盖待曝光的所有区域进行详细的聚焦位置点监控。在曝光之前测量晶片高度也为获得预期工作台位置进行曝光的方法提供了灵活性，并为提取详细信息进行实时晶片平坦度监控提供了可能。

双级系统允许衬底平行测量和曝光。在测量位置，使用高空间频率水平传感器生成晶片表面的三维地图。该晶片地图空间分辨率为 $2.8\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ ，该分辨率是通过采用尺寸为 $2.8\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 的水平传感器位置点，并在扫描方向过密采样而得到的。晶片的高分辨率地图使得为曝光狭缝尺寸对校平分布图进行优化成为可能。

我们将晶片的非可校正聚焦误差定义为，由于曝光狭缝的尺寸有限所致的晶片拓扑无法完全补偿。对于静态曝光，这些非可校正误差直接对应于散焦误差。然而，对于扫描曝光，非可校正误差随着狭缝在晶片上特定位置被扫描而连续变化。在后者中，在曝光时间内非可校正误差的平均值定义了这个位置在曝光时的平均散焦。我们将这个与狭缝尺寸及晶片拓扑的空间频率和幅度相关的值，定义为模拟散焦或 z 方向移动平均值 ($MA(z)$)。大于狭缝尺寸的拓扑变化可以通过相应地调整工作台的高度和倾斜角度来进行校平。如果拓扑随距离的变化小于狭缝尺寸，则高度变化无法有效地校平。

晶片非可校正误差，即移动平均值 $MA(z)$ ，取决于在狭缝尺寸上所集合的 $Z(y)$ 、 $R_x(y)$ 、及 $R_y(y)$ 设定点。计算的是依赖于曝光狭缝尺寸的相关的移动聚焦优化。这是有限的狭缝尺寸通过被测量晶片表面的最优路径。它产生晶片工作台设定点 $Z(y)$ 、 $R_x(y)$ 、及 $R_y(y)$ 。

聚焦性能显示扫描器把晶片表明定位在一个平坦表面内的能力，该平坦表面与投影透镜的焦平面重叠。这个聚焦性能可以分割为两个不同的贡献：校平贡献和伺服系统贡献。后一个误差为工作台位置相

对校平系统所要求位置的偏离。校平性能包含来自水平传感器的误差源、最终需要的附加过滤、以及晶片的不平坦度。

5 在双级系统中，校平性能主要由校平响应决定。给定一个特定的狭缝尺寸，这就是测量的晶片地图到曝光分布图的数学转换。然而，在单级系统中采用动态校平，对曝光狭缝区域内晶片高度求平均需要动态地完成，而且受到下述因素影响：曝光狭缝区域内传感器位置点的布置与覆盖度，以及施加在各个位置点信号上，把测量的高度转换为倾斜平均高度及倾斜信息的附加过滤。

10 双级系统在生产状态中，晶片曝光时，晶片位置是通过曝光前测量的晶片地图来确定的。该地图是在测量位置上测得的，它给出了为 x 及 y 的函数的，相对于由基准高度定义的参考平面的晶片高度。曝光时，就是使用这个晶片表面的高度地图，把晶片表面定位在焦平面上。

15 双级系统使用九个位置点的水平传感器阵列。该阵列的各个位置点能测量 $2.8 \times 2.5\text{mm}^2$ 范围内的晶片表面高度。沿扫描方向进行重叠测量，空间分辨率可以提高到 $2.8 \times 0.5\text{mm}^2$ 。这意味着，水平传感器位置点没有过滤高度信息以计算曝光狭缝尺寸优化的校平分布图。通过按照与曝光场相对应的模式扫描位于传感器下方的完整的 300mm 晶片，确定完整的晶片高度图。

20 本节将示范在两种不同情况下的双级系统的聚焦性能。首先将展示它如何处理场间高度差异；其次将展示，在处理场内高度差异、本征晶片不平整时，它与理论上校平响应有多么接近。

25 对于晶片工作台的伺服性能，所使用的性能指示器为晶片工作台定位误差的移动平均值 (MA) 及移动标准偏差 (MSD)，即所谓的伺服误差。移动平均值误差 (MA) 是指，在特定位置上正在狭缝内的所有位置误差的平均值。移动标准偏差误差 (MSD) 是指，在特定位置上正在狭缝内的所有位置误差的标准偏差。MA 与聚焦 (垂直轴) 密切关联，而 MSD 与衰减关联更紧。

30 在双级系统中，可以在实际曝光之前确定所有的曝光分布，可以从工作台动力学来优化工作台性能。给出特定的曝光分布，可以预先确定将要施加到工作台的力，如图 5 (前馈) 所示。给定工作台质量，这就允许工作台的平衡移动 (见图 5 中 “---” 所示的前馈曲线 (I))。如果不对工作台施加瞬时的力以校正其位置，可能会导致预期移动出

现不需要的过冲，如图 5 所示没有前馈的系统（见图 5 中“—”所示的无前馈曲线(II)），在双级系统中应用前馈技术可以避免这种情况。

当使用单级时，通常只使用一个闭合回路反馈控制，无法预测即将到来的分布以及将要施加在工作台上的力。如图 5 所示，可以在闭合回路反馈中使用附加的过滤以力图校正这一点（见图 5 中“-●-”所示的具有过滤曲线(III)），当允许在曝光狭缝之前测量该系统时，注意，该信息可以用于大幅改善结果，但仍无法接近采用前馈技术获得的结果。

因此，在具有伺服系统的前馈聚焦控制的双级概念中，该概念只需处理对系统的随机的与不可预测的扰动，而排除了晶片拓扑。

实际中采用例如拓扑增加的衬底（晶片），得到了一些有利的结果，这些衬底包括从原始的 Si 晶片到后端处理过的晶片。这些结果表明，双级系统提供的前馈可能性具有非常明确的优点，且对于具有高拓扑的衬底（晶片），该优点尤其明显。在实际的实验中获得了，拓扑增加的各种晶片的 MA Z 伺服扫描性能结果以及相同晶片组的 MSD Z 伺服性能结果。

在曝光之前对晶片高度进行预先绘图，不仅具有高产量优点，还具有校平性能优点。第一个优点源于如下论据：由于无法使曝光扫描在单级系统的晶片上（外侧向内地）进行扫描所需的任何可能路径限制，在单级系统内都是不需要的。这意味着，在晶片上进行一个简单的曲折移动就足以曝光该晶片。

类似内部场校平性能，根据本发明的双级系统总是胜过传统的单级系统，尽管，边缘场处对理论上可获得的最佳散焦的偏离稍微大于内部场。边缘场处的稍有有点大的散焦是由不同实验的不相同的测量栅格所致。

与单级技术相比，双级技术使用两个不同的卡盘（工作台、平台）。在双级系统的安装时，两个卡盘相互进行校准。两个卡盘的聚焦性能鉴定是采用 LQT 曝光来完成的：在卡盘 1 上曝光一个晶片，而且之后立即（不对晶片进行二次加工）在卡盘 2 上（通过平移聚焦敏感标记）曝光相同的晶片。

这个晶片上的散焦数被分类成与卡盘 1 上晶片相对应的散焦以及与卡盘 2 上晶片相对应的散焦。

随后，根据平均差异、总体倾斜差异以及分布宽度对这两个散焦图进行分析。检测出两个散焦分布之间的差异，得到卡盘与卡盘之间的全局聚焦差异的指示。对于相同的系统组，可以推导出两个散焦图的全局聚焦倾斜之间的差异。

- 5 在曝光之前，双级系统使用水平传感器在测量位置测量每一个晶片。在使用动态校平技术的单级系统中，在实际曝光过程中搜集这个高度信息。在绝大部分单级系统中，使用大尺寸的传感器位置点，高覆盖度地测量曝光区域，或者是选择更小的只部分覆盖待曝光区域的位置点；相反地，双级系统水平传感器测量确定所谓的晶片地图，而且几乎100%地覆盖了整个衬底表面。

- 10 聚焦位置点监控允许双级系统具有基于晶片地图测量的内嵌的测量选项。这样的例子为双扫描 (Twinscan) 的聚焦位置点监控选项，它允许探测聚焦位置点，即使是在晶片曝光之前。聚焦位置点探测是基于晶片地图的原始数据。为了消除晶片的总体形状，把原始数据减去一个2阶平面。

- 15 显而易见的是，器件的拓扑不应该被错误地探测成一个聚焦位置点。由于这个原因，软件算法计算曝光场的平均拓扑，并用其去减先前的晶片地图。实际上，减后仅仅剩下裸露硅衬底的晶片地图。晶片地图数据操作中的另一个步骤为，使用移动平均原理进行X与Y过滤。用户可以定义所使用的矩形的尺寸。这个步骤将产生一个被平滑的晶片地图。最后，通过减去“仅仅衬底”及“被平滑的”晶片地图，产生一个残余地图。

- 20 注意，与单级系统相比，双级系统由于具有更好的衬底测量覆盖度和分辨率，所以双级系统的聚焦位置点探测具有更高的聚焦位置点灵敏度。

- 25 如前所述，高密度的水平传感器测量允许基于晶片地图进行更多的分析。由于对每个被曝光的晶片都测量了全部晶片覆盖度的高度信息，这使得可以根据晶片非可校正误差来鉴定和监控晶片平坦度。而且，双级系统的真实聚焦性能与非可校正误差的计算相关联。因此，除了使用双级系统作为实时平坦度监控，也可以应用于聚焦预测。这
- 30 于是意味着可以实现内嵌的散焦预测。

已经测得高密度的晶片地图，如前所述，这还允许确定管芯内部

的平均拓扑。已知平均场拓扑，就可以通过相曝光场施加聚焦偏移进行场内聚焦优化。未来的应用甚至以此为目标：能够施加场内聚焦偏移以补偿可能的高度测量偏移。这些偏移于是可以从其它测量推导出来，例如，附加传感器、外部计量测量、聚焦校准方法等。

- 5 这证实该系统为一种与曝光扫描速度无关的解决方案，而且远远优于使用反馈伺服技术的简单的单级系统。边缘场也可以被更好地校平。边缘场处的校平性能几乎与内部场校平性能相匹配，这也可以从所示的 CDU 数据反映出来，其中内部和边缘场处的性能没有显著差别。在同一机器中使用两个卡盘，两个卡盘上的聚焦性能可以匹配，其聚
- 10 焦性能对用于而言是相同的，无需对两个卡盘进行区分。

- 尽管上文已经描述了本发明的特定的实施方案，但将会了解到，本发明可以不按所述方式来实施。因此，该描述并非用于限制本发明。描述本发明的结构、工作、及行为时认为，给出了这里所描述的细节程度，对这些实施方案的修改和变化是可能的。因此，前述详细描述
- 15 并非是以任何方式限制本发明；相反，本发明的范围由所附的权利要求定义。

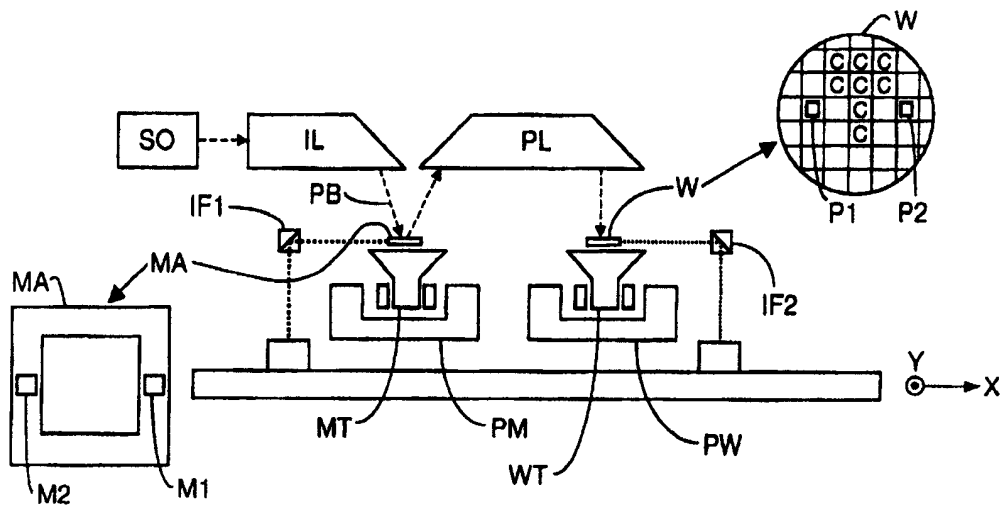


图 1

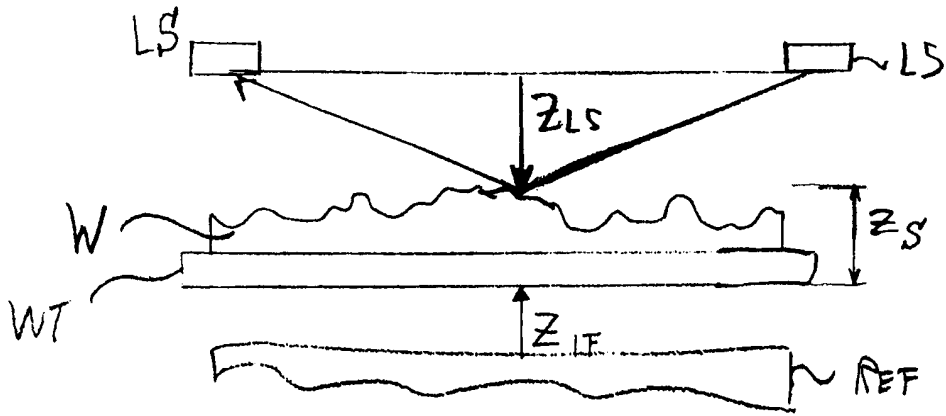


图 2

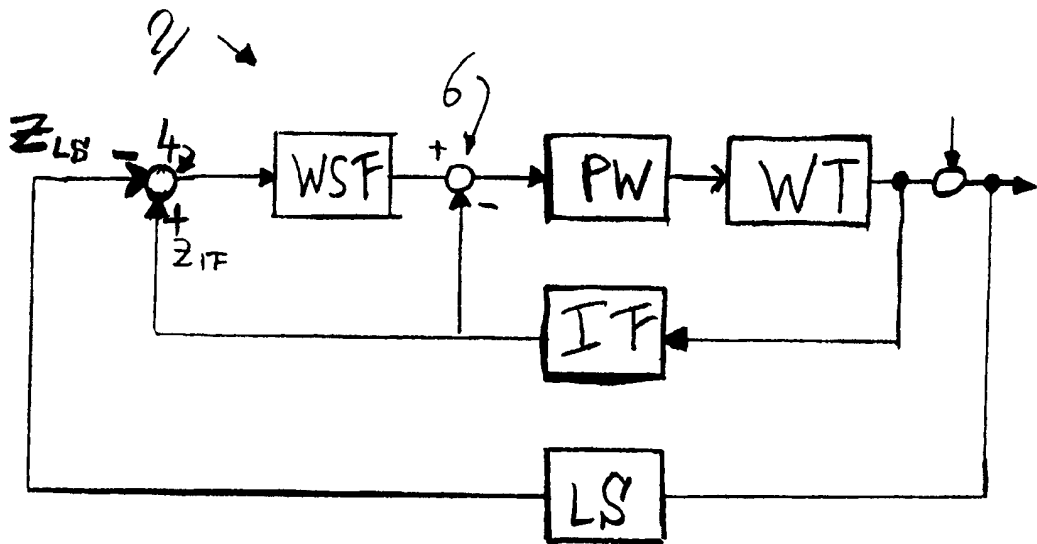


图 3

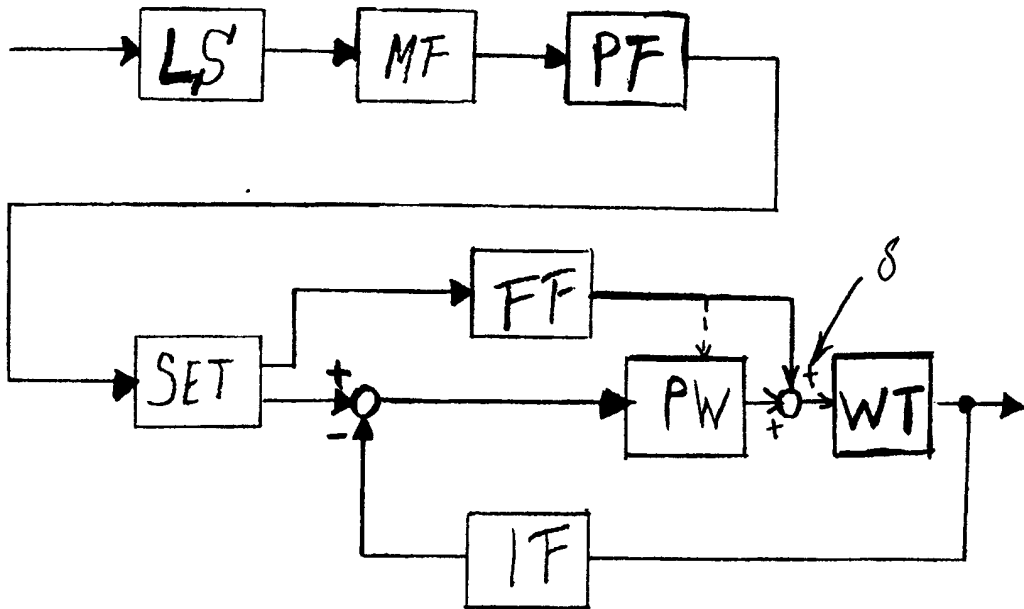


图 4

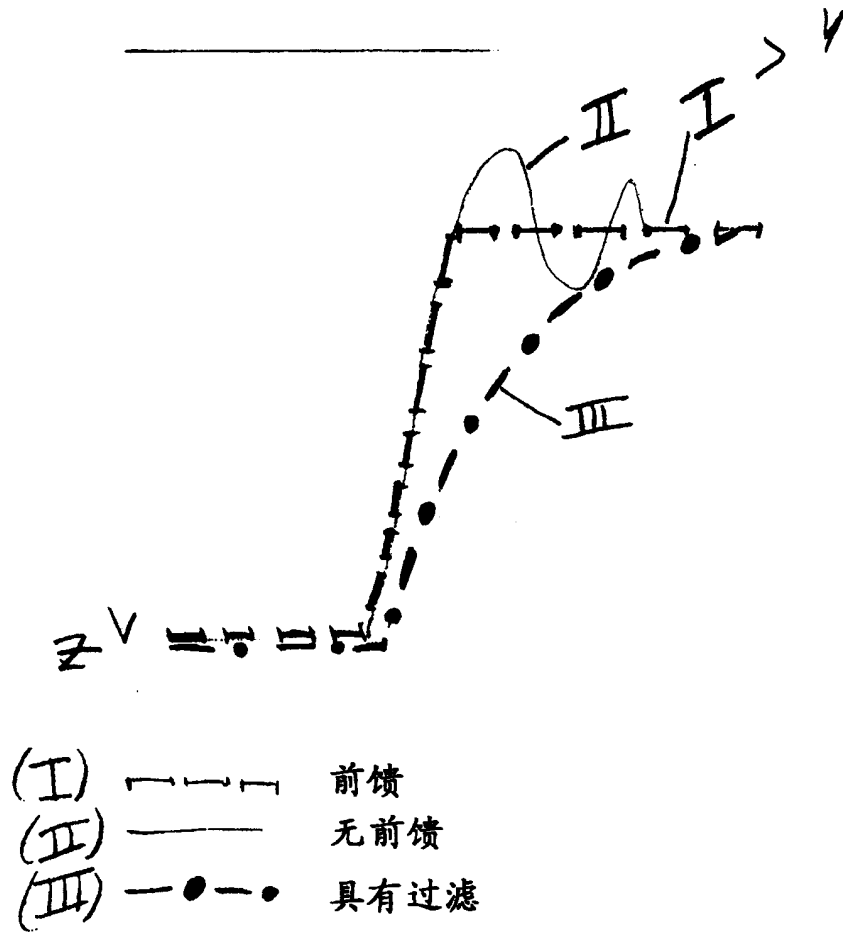


图 5