



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103003754 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 11

(21) 申请号 201180035218. 5

(22) 申请日 2011. 07. 12

(30) 优先权数据

61/365, 538 2010. 07. 19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 01. 17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2011/061822 2011. 07. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/010458 EN 2012. 01. 26

(73) 专利权人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 M·范德斯卡 A·邓鲍夫

A·富克斯 M·库干斯

K·巴哈特塔卡里雅 M·库比斯

S·摩根

(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 王静

(51) Int. Cl.

G03F 7/20(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1916603 A, 2007. 02. 21, 全文.

CN 101231472 A, 2008. 07. 31, 全文.

CN 101566800 A, 2009. 10. 28, 全文.

审查员 王度阳

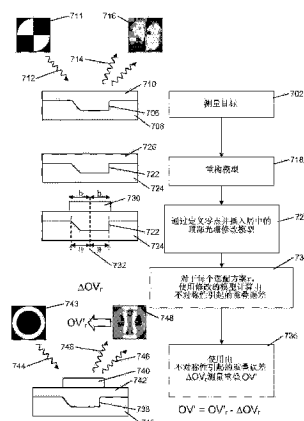
权利要求书2页 说明书15页 附图10页

(54) 发明名称

用于确定重叠误差的方法和设备

(57) 摘要

一种确定重叠误差的方法。测量具有过程引起的不对称性的重叠目标。构造目标的模型。例如通过移动结构中的一个修改模型以补偿不对称性。使用修改的模型计算由不对称性引起的重叠误差。通过从测量的重叠误差中减去由不对称性引起的重叠误差确定产品目标中的重叠误差。在一个示例中,通过改变不对称性 $p(n')$ 、 $p(n'')$ 来修改模型,对多种散射仪测量选配方案重复计算由不对称性引起的重叠误差,确定产品目标中的重叠误差的步骤使用计算的由不对称性引起的重叠误差以选择用于测量产品目标的优化的散射仪测量选配方案。



1. 一种确定重叠误差的方法,所述方法包括步骤:
测量包括第一结构的第一目标的散射性质;
使用所测量的散射性质构造第一结构的模型,所述模型包括与第一结构对应的第一模型结构;
基于第一模型结构的不对称性修改所述模型;
计算第一模型结构和第二模型结构之间的由不对称性引起的重叠误差,在所修改的模型中,第一模型结构和第二模型结构相对于彼此重叠;和
使用所计算的由不对称性引起的重叠误差确定在第二目标中的重叠误差。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中修改所述模型的步骤包括步骤:
定义第一模型结构的位置参数以补偿所述不对称性;和
使用所定义的位置参数将所述第一模型结构和第二模型结构相对于彼此定位。
3. 如权利要求 2 所述的方法,其中定位步骤包括调节所述模型结构中的至少一个在模型中的位置。
4. 如权利要求 2 所述的方法,其中定位步骤包括在所述模型中插入所述第二模型结构。
5. 如权利要求 1 所述的方法,其中修改步骤包括调节用于模型化第一模型结构和第二模型结构之间的重叠误差的重叠参数。
6. 如权利要求 2-5 中任一项所述的方法,其中确定在第二目标中的重叠误差的步骤包括计算第二目标的所测量的重叠误差和由不对称性引起的重叠误差之间的差。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其中修改所述模型的步骤包括调节模型结构参数值以改变由不对称性引起的重叠误差,并且计算由不对称性引起的重叠误差的步骤被对于多个散射性质测量选配方案的多个模型结构参数值重复,并且确定在第二目标中的重叠误差的步骤包括使用所计算的由不对称性引起的重叠误差来选择用于测量第二目标的优化的散射性质测量选配方案。
8. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述参数包括几何参数。
9. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述参数包括材料参数。
10. 如权利要求 7-9 中任一项所述的方法,其中所述模型结构参数将第一模型结构的不对称性模型化。
11. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述第一目标包括第二结构,所述第一结构和第二结构相对于彼此重叠,并且第二模型结构对应第二结构。
12. 如权利要求 1 所述的方法,其中计算由不对称性引起的重叠误差的步骤包括:计算在角度分辨散射仪的光瞳平面中的多个像素处的重叠误差,同时,响应于第一模型结构的不对称性排除具有最大重叠误差的像素。
13. 一种用于确定重叠误差的检验设备,所述检验设备配置成测量包括第一结构的第一目标的散射性质,所述检验设备包括配置成执行以下步骤的至少一个处理器:
使用所测量的散射性质构造第一结构的模型,所述模型包括对应于第一结构的第一模型结构;
基于第一模型结构的不对称性修改所述模型;
计算由第一模型结构和第二模型结构之间的不对称性引起的重叠误差,在所修改的模

型中第一模型结构和第二模型结构相对于彼此重叠；

使用由所计算的不对称性引起的重叠误差确定在第二目标中的重叠误差。

14. 一种光刻设备,包括：

照射光学系统,布置成照射图案；

投影光学系统,布置成将所述图案的图像投影到衬底上；和

如权利要求 13 所述的检验设备。

15. 一种光刻单元,包括：

涂覆器,布置成用辐射敏感层涂覆衬底；

光刻设备,布置成将图像曝光至衬底的通过涂覆器涂覆的辐射敏感层上；

显影装置,布置成对通过光刻设备曝光的图像显影；和

如权利要求 13 所述的检验设备。

用于确定重叠误差的方法和设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2010 年 7 月 19 日递交的美国临时申请 61/365,538 的权益,其在此通过引用将其全文并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于确定重叠误差的方法和检验设备,例如在使用光刻设备通过光刻技术制造器件的过程中。

背景技术

[0004] 光刻设备是一种将所需图案应用到衬底上,通常是衬底的目标部分上的机器。例如,可以将光刻设备用在集成电路 (IC) 的制造中。在这种情况下,可以将可选地称为掩模或掩模版的图案形成装置用于生成待形成在所述 IC 的单层上的电路图案。可以将该图案转移到衬底 (例如,硅晶片) 上的目标部分 (例如,包括一部分管芯、一个或多个管芯) 上。所述图案的转移通常是通过将图案成像到提供到衬底上的辐射敏感材料 (抗蚀剂) 层上。通常,单个衬底将包含连续形成图案的相邻目标部分的网络。公知的光刻设备包括:所谓的步进机,在所述步进机中,通过将整个图案一次曝光到所述目标部分上来辐射每一个目标部分;以及所谓的扫描器,在所述扫描器中,通过辐射束沿给定方向 (“扫描”方向) 扫描所述图案、同时沿与该方向平行或反向平行的方向扫描所述衬底来辐射每一个目标部分。也可以通过将图案压印到衬底的方式将图案从图案形成装置转移到衬底上。

[0005] 为了监测光刻过程,测量图案化的衬底的参数。参数可以包括例如形成在图案化的衬底中或图案化的衬底上的两个层之间的重叠误差和显影后的光致抗蚀剂的临界线宽。可以在产品衬底和 / 或专用量测目标上执行这种测量。存在多种技术用于测量在光刻过程中形成的显微结构,包括使用扫描电子显微镜和各种专用工具。一种快速且非破坏性形式的专用检验工具是散射仪,其中辐射束被引导至衬底表面上的目标上,并且测量散射的或反射的束的性质。通过对比束在其已经被衬底反射或散射之前和之后的性质,可以确定衬底的性质。这例如可以通过将反射束与存储在已知测量库中与已知的衬底性质相关的数据对比来完成。已知两种主要类型的散射仪。光谱散射仪将宽带辐射束引导至衬底上并测量散射到特定窄的角度范围中的辐射光谱 (作为波长的函数的强度)。角度分辨散射仪使用单色辐射束并测量作为角度的函数的散射辐射的强度。

[0006] 半导体器件制造商使用设置在晶片上的光栅对准晶片。对准传感器以亚纳米重复性测量光栅的位置。制造商还使用重叠的光栅测量产品上的重叠。此处,也容易获得亚纳米的总测量不确定性 (TMU) 数。然而,重叠测量和对准传感器对由于例如蚀刻、化学机械抛光 (CMP) 以及沉积等处理步骤造成的标识不对称性是敏感的。这些不对称性导致量级为几纳米的重叠和对准误差。这种作用开始在重叠预算中占支配地位,因而需要解决方案。

[0007] 当前使用例如平均的工具引起的偏移 (TIS) 和 / 或 TIS 变化性 (又称 $TIS \ 3\sigma$) 的参数执行散射仪测量选配方案 (recipe) 选择 (例如每一选配方案具有各种照射偏振性

和波长)。当参考层表现出不对称性的轮廓时存在问题。

[0008] 目标光栅的形状不对称性将通常对测量的重叠产生影响。这种影响可以依赖于用于测量的照射设置而变化。

[0009] 在处理和成像之后,在没有光栅形状的实际知识的情况下执行目标选配方案选择。此外,当前过程的情形没有用于确定选配方案选择。使用基于 TIS 和 / 或 TMU 的合格者 (qualifier) 不总是导致对目标不对称性最具有鲁棒性的测量选配方案。

发明内容

[0010] 根据本发明的第一方面,提供一种确定重叠误差的方法,所述方法包括步骤:测量包括第一结构的第一目标的散射性质;使用所测量的散射性质构造第一结构的模型,所述模型包括与第一结构对应的第一模型结构;基于第一模型结构的不对称性修改所述模型;计算第一模型结构和第二模型结构之间的由不对称性引起的重叠误差,在所修改的模型中第一模型结构和第二模型结构相对于彼此重叠;和使用所计算的由不对称性引起的重叠误差确定在第二目标中的重叠误差。

[0011] 根据本发明的第二方面,提供一种用于确定重叠误差的检验设备,所述检验设备配置成测量包括第一结构的第一目标的散射性质,所述检验设备包括配置成执行以下步骤的至少一个处理器:

[0012] 使用所测量的散射性质构造第一结构的模型,所述模型包括对应于第一结构的第一模型结构;基于第一模型结构的不对称性修改所述模型;计算第一模型结构和第二模型结构之间的由不对称性引起的重叠误差,在所修改的模型中第一和第二模型结构相对于彼此重叠;使用所计算的由不对称性引起的重叠误差确定在第二目标中的重叠误差。

[0013] 根据本发明的第三方面,提供一种光刻设备,包括:照射光学系统,布置成照射图案;投影光学系统,布置成将图案的图像投影到衬底上;和根据第二方面的检验设备。

[0014] 根据本发明的第四方面,提供一种光刻单元,包括:涂覆器,布置成用辐射敏感层涂覆衬底;光刻设备,布置成将图像曝光至衬底的通过涂覆器涂覆的辐射敏感层上;显影装置,布置成对通过光刻设备曝光的图像显影;和根据第二方面的检验设备。

[0015] 根据本发明的第四方面,提供一种计算机程序产品,包含用于确定重叠误差的一个或更多的机器可读指令序列,所述指令适于使一个或更多个处理器执行确定重叠误差的方法,所述方法包括步骤:测量包括第一结构的第一目标的散射性质;使用所测量的散射性质构造第一结构的模型,所述模型包括与第一结构对应的第一模型结构;基于第一模型结构的不对称性修改所述模型;计算第一模型结构和第二模型结构之间的由不对称性引起的重叠误差,在所修改的模型中第一和第二模型结构相对于彼此重叠;和使用所计算的由不对称性引起的重叠误差确定在第二目标中的重叠误差。

[0016] 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,将在下文中参照附图进行详细描述。要注意的是,本发明不限于这里所描述的具体实施例。在这里给出的这些实施例仅是示例性目的。基于这里包含的教导,其他的实施例对相关领域的技术人员来说将是显而易见的。

附图说明

[0017] 合并于此并且形成说明书的一部分的附图示出本发明,并且与所述描述一起用于进一步说明本发明的原理,使得相关领域的技术人员能够制造和使用本发明。

[0018] 图 1 示出一种光刻设备。

[0019] 图 2 示出一种光刻单元或簇。

[0020] 图 3 示出第一散射仪。

[0021] 图 4 示出第二散射仪。

[0022] 图 5 示出由散射仪的测量重构结构的第一示例过程。

[0023] 图 6 示出由散射仪的测量重构结构的第二示例过程。

[0024] 图 7 示出根据本发明实施例的确定重叠误差的方法,示出在模型中居中的顶部光栅的定位。

[0025] 图 8 示出根据本发明实施例的确定重叠误差的方法,示出在模型中偏移的顶部光栅的定位。

[0026] 图 9 示出根据本发明实施例的确定重叠误差的方法,示出底部和顶部光栅两者的测量和重构。

[0027] 图 10 示出根据本发明实施例的确定重叠误差的方法,示出改变模型化的不对称性以确定优化的选配方案。

[0028] 图 11 示出根据本发明实施例的确定重叠误差的方法,示出改变模型化的不对称性以对于大的重叠误差确定优化的选配方案。

[0029] 在结合附图时通过下面阐述的详细说明,本发明的特征和优点将变得更加清楚,在附图中相同的附图标记在全文中表示对应元件。在附图中,相同的附图标记通常表示相同的、功能类似的和 / 或结构类似的元件。元件第一次出现的附图用相应的附图标记中最左边的数字表示。

具体实施方式

[0030] 本说明书公开一个或更多个实施例,其包括本发明的特征。所公开的实施例仅给出本发明的示例。本发明的范围不限于这些公开的实施例。本发明由随附的权利要求来限定。

[0031] 所述的实施例和在说明书中提到的“一个实施例”、“实施例”、“示例性实施例”等表示所述的实施例可以包括特定特征、结构或特性,但是每个实施例可以不必包括特定的特征、结构或特性。而且,这些措词不必表示同一个实施例。此外,当特定特征、结构或特性被结合实施例进行描述时,应该理解,无论是否明确描述,关于其他实施例实施这些特征、结构或特性是在本领域技术人员的知识范围内。

[0032] 本发明的实施例可以在硬件、固件、软件或其任何组合中实施。本发明实施例还可以实施为存储在机器可读介质上的指令,其可以通过一个或更多个处理器读取和执行。机器可读介质可以包括用于存储或传送成机器(例如计算装置)可读取的形式的信息的任何机构。例如,机器可读介质可以包括:只读存储器(ROM);随机存取存储器(RAM);磁盘存储介质;光学存储介质;闪存装置;电、光、声或其他形式的传播信号(例如,载波、红外信号、数字信号等),以及其他。此外,这里可以将固件、软件、程序、指令描述成执行特定动作。然而,应该认识到,这些描述仅是为了方便并且这些动作实际上来源于计算装置、处理器、控

制器或其他执行所述固件、软件、例行程序、指令等的装置。

[0033] 然而,在更详细描述这些实施例之前,给出可以实施本发明的实施例的示例性环境是有指导意义的。

[0034] 图 1 示意地示出一种光刻设备。所述光刻设备包括:照射系统(照射器)IL,配置用于调节辐射束 B(例如紫外(UV)辐射或深紫外(DUV)辐射);支撑结构(例如掩模台)MT,构造用于支撑图案形成装置(例如掩模)MA,并与配置用于根据特定的参数精确地定位图案形成装置的第一定位装置 PM 相连;衬底台(例如晶片台)WT,构造用于保持衬底(例如涂覆有抗蚀剂的晶片)W,并与配置用于根据特定的参数精确地定位衬底的第二定位装置 PW 相连;和投影系统(例如折射式投影透镜系统)PL,其配置成用于将由图案形成装置 MA 赋予辐射束 B 的图案投影到衬底 W 的目标部分 C(例如包括一根或多根管芯)上。

[0035] 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、或其任意组合,以引导、成形、或控制辐射。

[0036] 所述支撑结构支撑图案形成装置,即承载图案形成装置的重量。支撑结构以依赖于图案形成装置的方向、光刻设备的设计以及诸如例如图案形成装置是否保持在真空环境中等其他条件的方式保持图案形成装置。所述支撑结构可以采用机械的、真空的、静电的或其它夹持技术保持图案形成装置。所述支撑结构可以是框架或台,例如,其可以根据需要成为固定的或可移动的。所述支撑结构可以确保图案形成装置位于所需的位置上(例如相对于投影系统)。这里使用的任何术语“掩模版”或“掩模”可以看作与更为上位的术语“图案形成装置”同义。

[0037] 这里所使用的术语“图案形成装置”应该被广义地理解为表示能够用于将图案在辐射束的横截面中赋予辐射束、以便在衬底的目标部分上形成图案的任何装置。应该注意的是,赋予辐射束的图案可能不与衬底的目标部分上的所需图案精确地一致(例如,如果图案包括相移特征或所谓的辅助特征)。通常,被赋予辐射束的图案将与在目标部分上形成的器件中的特定的功能层相对应,例如集成电路。

[0038] 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、可编程反射镜阵列以及可编程 LCD 面板。掩模在光刻术中是公知的,并且包括诸如二元掩模类型、交替型相移掩模类型、衰减型相移掩模类型和各种混合掩模类型之类的掩模类型。可编程反射镜阵列的示例采用小反射镜的矩阵布置,每一个小反射镜可以独立地倾斜,以便沿不同方向反射入射的辐射束。所述已倾斜的反射镜将图案赋予由所述反射镜矩阵反射的辐射束。

[0039] 这里使用的术语“投影系统”可以广义地解释为包括任意类型的投影系统,包括折射型、反射型、反射折射型、磁性型、电磁型和静电型光学系统、或其任意组合,如对于所使用的曝光辐射所适合的、或对于诸如使用浸没液或使用真空之类的其他因素所适合的。这里使用的任何术语“投影透镜”可以认为是与更上位的术语“投影系统”同义。

[0040] 如这里所示的,所述设备是透射型的(例如,采用透射式掩模)。替代地,所述设备可以是反射型的(例如,采用如上所述类型的可编程反射镜阵列,或采用反射式掩模)。

[0041] 光刻设备可以是具有两个(双台)或更多衬底台(和/或两个或更多的掩模台)的类型。在这种“多台”机器中,可以并行地使用附加的台,或可以在一个或更多个台上执行预备步骤的同时,将一个或更多个其它台用于曝光。

[0042] 所述光刻设备还可以是这种类型,其中衬底的至少一部分可以由具有相对高的折射率的液体(例如水)覆盖,以便填充投影系统和衬底之间的空间。浸没液体还可以被施加到光刻设备的其他空间中,例如掩模和投影系统之间的空间。浸没技术用于提高投影系统的数值孔径在本领域中是公知的。这里使用的术语“浸没”并不意味着必须将结构(例如衬底)浸没到液体中,而仅意味着在曝光过程中液体位于投影系统和该衬底之间。

[0043] 参照图 1,照射器 IL 接收来自辐射源 S0 的辐射束。所述源和光刻设备可以是分立的实体(例如当该源为准分子激光器时)。在这种情况下,不会将该源考虑成形成光刻设备的一部分,并且通过包括例如合适的定向反射镜和/或扩束器的束传递系统 BD 的帮助,将所述辐射束从所述源 S0 传到所述照射器 IL。在其它情况下,所述源可以是所述光刻设备的组成部分(例如当所述源是汞灯时)。可以将所述源 S0 和所述照射器 IL、以及如果需要时设置的所述束传递系统 BD 一起称作辐射系统。

[0044] 所述照射器 IL 可以包括用于调整所述辐射束的角强度分布的调整器 AD。通常,可以对所述照射器的光瞳平面中的强度分布的至少所述外部和/或内部径向范围(一般分别称为 σ -外部和 σ -内部)进行调整。此外,所述照射器 IL 可以包括各种其它部件,例如积分器 IN 和聚光器 CO。可以将所述照射器用于调节所述辐射束,以在其横截面中具有所需的均匀性和强度分布。

[0045] 所述辐射束 B 入射到保持在支撑结构(例如,掩模台 MT)上的所述图案形成装置(例如,掩模 MA)上,并且通过所述图案形成装置 MA 来形成图案。已经穿过掩模 MA 之后,所述辐射束 B 通过投影系统 PL,所述投影系统将辐射束聚焦到所述衬底 W 的目标部分 C 上。通过第二定位装置 PW 和位置传感器 IF(例如,干涉仪器件、线性编码器、二维编码器或电容传感器)的帮助,可以精确地移动所述衬底台 WT,例如以便将不同的目标部分 C 定位于所述辐射束 B 的路径中。类似地,例如在从掩模库的机械获取或在扫描期间,可以将所述第一定位装置 PM 和另一个位置传感器(在图 1 中没有明确地示出)用于相对于所述辐射束 B 的路径精确地定位掩模 MA。通常,可以通过形成所述第一定位装置 PM 的一部分的长行程模块(粗定位)和短行程模块(精定位)的帮助来实现掩模台 MT 的移动。类似地,可以采用形成所述第二定位装置 PW 的一部分的长行程模块和短行程模块来实现所述衬底台 WT 的移动。在步进机的情况下(与扫描器相反),掩模台 MT 可以仅与短行程致动器相连,或可以是固定的。可以使用掩模对准标记 M1、M2 和衬底对准标记 P1、P2 来对准掩模 MA 和衬底 W。尽管所示的衬底对准标记占据了专用目标部分,但是他们可以位于目标部分之间的空间(这些公知为划线对齐标记)上。类似地,在将多于一个的管芯设置在掩模 MA 上的情况下,所述掩模对准标记可以位于所述管芯之间。

[0046] 可以将所示的设备用于以下模式中的至少一种中:

[0047] 1. 在步进模式中,在将掩模台 MT 和衬底台 WT 保持为基本静止的同时,将赋予所述辐射束的整个图案一次投影到目标部分 C 上(即,单一的静态曝光)。然后将所述衬底台 WT 沿 X 和/或 Y 方向移动,使得可以对不同目标部分 C 曝光。在步进模式中,曝光场的最大尺寸限制了在单一的静态曝光中成像的所述目标部分 C 的尺寸。

[0048] 2. 在扫描模式中,在对掩模台 MT 和衬底台 WT 同步地进行扫描的同时,将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分 C 上(即,单一的动态曝光)。衬底台 WT 相对于掩模台 MT 的速度和方向可以通过所述投影系统 PL 的(缩小)放大率和图像反转特征来确定。在扫

描模式中,曝光场的最大尺寸限制了单一的动态曝光中的所述目标部分的宽度(沿非扫描方向),而所述扫描移动的长度确定了所述目标部分的高度(沿所述扫描方向)。

[0049] 3. 在另一个模式中,将用于保持可编程图案形成装置的掩模台 MT 保持为基本静止,并且在将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分 C 上的同时,对所述衬底台 WT 进行移动或扫描。在这种模式中,通常采用脉冲辐射源,并且在所述衬底台 WT 的每一次移动之后、或在扫描期间的连续辐射脉冲之间,根据需要更新所述可编程图案形成装置。这种操作模式可易于应用于利用可编程图案形成装置(例如,如上所述类型的可编程反射镜阵列)的无掩模光刻术中。

[0050] 也可以采用上述使用模式的组合和/或变体,或完全不同的使用模式。

[0051] 如图 2 所示,光刻设备 LA 形成光刻单元 LC 的一部分(有时也称为光刻单元或者光刻簇),光刻单元 LC 还包括用以在衬底上执行曝光前和曝光后处理的设备。通常,这些包括用以沉积抗蚀剂层的旋涂器 SC、用以显影曝光后的抗蚀剂的显影器 DE、激冷板 CH 和烘烤板 BK。衬底操纵装置或机器人 RO 从输入/输出口 I/O1、I/O2 拾取衬底,在不同的处理设备之间移动它们,然后将它们输送至光刻设备的进料台 LB。经常统称为轨道的这些装置处在轨道控制单元 TCU 的控制之下,所述轨道控制单元 TCU 自身由管理控制系统 SCS 控制,所述管理控制系统 SCS 也经由光刻控制单元 LACU 控制光刻设备。因此,不同的设备可以被操作用于将生产率和处理效率最大化。

[0052] 为了由光刻设备曝光的衬底被正确地一致地曝光,期望检验曝光后的衬底以测量性质,例如两个层之间的重叠误差、线宽度、临界尺寸(CD)等。如果检测到误差,可以对后续的衬底曝光进行调整(尤其是如果所述检验能够即刻完成,且足够迅速到使同一批次的其他衬底仍将被曝光)。此外,已经曝光后的衬底也可以被剥离并被重新加工(以提高产率),或可以被遗弃,由此避免在已知存在缺陷的衬底上进行曝光。在仅仅衬底的一些目标部分存在缺陷的情况下,可以仅对认为是完好的那些目标部分进行进一步曝光。

[0053] 检验设备被用于确定衬底的性质,且尤其,确定不同的衬底或同一衬底的不同层的性质如何从层到层变化。检验设备可以被集成到光刻设备 LA 或光刻单元 LC 中,或可以是独立的装置。为了能进行最迅速的测量,需要检验设备在曝光后立即测量在曝光后的抗蚀剂层中的性质。然而,抗蚀剂中的潜影具有很低的对比度(在已经曝光于辐射的抗蚀剂的部分和没有曝光于辐射的抗蚀剂的部分之间仅有很小的折射率差),且并非所有的检验设备都对潜影的有用测量具有足够的灵敏度。因此,测量可以在曝光后的烘烤步骤(PEB)之后进行,所述曝光后的烘烤步骤通常是在经过曝光的衬底上进行的第一步骤,且增加了抗蚀剂的经过曝光和未经曝光的部分之间的对比度。在该阶段,抗蚀剂中的图像可以被称为半潜在的。也能够在抗蚀剂的曝光部分或者非曝光部分已经被去除的点上,或者在诸如刻蚀等图案转移步骤之后,对经过显影的抗蚀剂图像进行测量。后一种可能性限制了有缺陷的衬底进行重新加工的可能性,但是仍旧可以提供有用的信息。

[0054] 图 3 示出可以用在本发明中的散射仪。散射仪包括宽带(白光)辐射投影装置 2,其将辐射投影到衬底 W 上。反射的辐射传递至光谱仪检测器 4,该光谱仪检测器 4 测量镜面反射辐射的光谱 10(作为波长的函数的强度)。引起被检测光谱的结构或轮廓可以通过处理单元 PU(例如通过严格耦合波分析和非线性回归,或通过与图 3 底部示出的模拟光谱库进行比较)根据这个数据进行重构。通常,对于所述重构,已知所述结构的通常形式,且通

过根据制作所述结构的工艺的知识假定一些参数,仅留有所述结构的几个参数根据散射测量数据确定。这种散射仪可以被配置为正入射散射仪或斜入射散射仪。然而,在正入射的情况下,该散射仪对图案不对称性不敏感。为了检测零级衍射级中的图案不对称性,需要斜入射。

[0055] 在图 4 中示出更适合用于本发明的另一个散射仪。在该装置中,由辐射源 2 发出的辐射采用透镜系统 12 准直,且透射通过干涉滤光片 13 和偏振器 17、被部分反射表面 16 反射,并经由具有高数值孔径 (NA) (优选至少 0.9,更优选至少 0.95) 的显微镜物镜 15 聚焦到衬底 W 上。浸没式散射仪甚至可以具有超过 1 的数值孔径的透镜。然后,所反射的辐射透射通过部分反射表面 16,进入到检测器 18 中,以便检测散射光谱。检测器可以位于在透镜系统 15 的焦距处的后投影光瞳平面 11 中,然而,光瞳平面可以替代地通过辅助的光学元件 (未示出) 再次成像到检测器上。所述光瞳平面是在其上辐射的径向位置限定入射角而角位置限定辐射的方位角的平面。所述检测器优选为二维检测器,以使得可以测量衬底目标 30 的两维角散射光谱。检测器 18 可以是例如电荷耦合器件 (CCD) 或互补金属氧化物半导体 (CMOS) 传感器的阵列,且可以采用例如每帧 40 毫秒的积分时间。

[0056] 参考束经常被用于例如测量入射辐射的强度。为此,当辐射束入射到分束器 16 上时,辐射束的一部分朝向参考反射镜 14 透射通过所述分束器,作为参考束。然后,所述参考束被投影到同一检测器 18 的不同部分上,或可替代地投影到不同的检测器 (未显示) 上。

[0057] 一组干涉滤光片 13 可用于在例如 405–790nm 或甚至更低 (例如 200–300nm) 的范围内选择感兴趣的波长。干涉滤光片可以是可调的,而不是包括一组不同的滤光片。光栅可能被用于替代干涉滤光片。

[0058] 检测器 18 可以测量单一波长 (或窄波长范围) 的被散射光的强度,所述强度在多个波长处是独立的,或者所述强度集中在一个波长范围上。进而,检测器可以分立地测量横向磁偏振和横向电偏振光的强度和 / 或在横向磁偏振和横向电偏振光之间的相位差。

[0059] 能够采用给出大集光率的宽带光源 (即具有宽的光频率或波长范围以及由此是彩色的),由此允许多个波长的混合。在宽带上的多个波长优选每个具有 $\Delta\lambda$ 的带宽和至少 $2\Delta\lambda$ (即带宽的两倍) 的间距。多个辐射“源”可以是已经被用光纤束分成的扩展辐射源的不同部分。以这样的方式,角分辨散射光谱可以并行地在多个波长上被测量。可以测量包含比二维光谱更多信息的三维光谱 (波长和两个不同角度)。这允许更多的信息被测量,这增加量测过程的鲁棒性 (robustness)。这在 EP1,628,164A 中进行了更详细的描述,该文献的全部内容以引用的方式并入本文中。

[0060] 衬底 W 上的目标 30 可以是一维周期光栅,其被印刷成使得在显影之后,条由实抗蚀剂线形成。目标 30 可以是二维周期光栅,其被印刷成使得在显影之后,光栅由抗蚀剂中的实抗蚀剂柱或过孔形成。所述条、柱或过孔可以替代地被蚀刻到所述衬底中。该图案对于光刻投影设备 (尤其是投影系统 PL) 中的色差和照射对称性敏感,且这种色差的存在将表明其自身在所印刷的光栅中的变化。相应地,所印刷的光栅的散射测量数据被用于重构光栅。一维光栅的参数 (例如线宽和形状) 或二维光栅的参数 (例如柱或过孔的宽度或长度或形状) 可以被输入到重构过程中,所述重构过程由处理单元 PU 根据印刷步骤和 / 或其他散射测量工艺的知识执行。

[0061] 如上所述,目标在衬底的表面上。该目标将通常采用在光栅中的一系列的线的形

状或采用二维阵列中的大致矩形结构。严格光学衍射理论在量测中的用途是有效地计算从目标反射的衍射光谱。换句话说,获得针对于 CD(临界尺寸)一致性和重叠量测的目标形状信息。重叠量测是测量两个目标的重叠以便确定衬底上的两个层是否对准的测量系统。CD 一致性仅是对光谱上的光栅的一致性的测量,用以确定光刻设备的曝光系统是如何工作的。具体地,CD 或临界尺寸是被“写入”到衬底上的对象的宽度,并且是光刻设备能够物理地写入到衬底上的极限。

[0062] 通过使用上述散射仪中的一个结合对诸如目标 30 等目标结构及其衍射性质的建模,可以以许多种方式执行所述结构的形状测量和其他参数的测量。在图 5 表示的第一类型的过程中,衍射图案基于目标形状的第一估计(第一备选结构)计算,并与所观察到的衍射图案对比。然后系统地变化模型的参数并在一系列的迭代中重新计算衍射,以生成新的备选结构,并由此到达最佳拟合。在第二类型的过程中,如图 6 所示,事先计算许多种不同的备选结构的衍射光谱,以形成衍射光谱的“库”。然后,将从测量目标观察到的衍射图案与计算的光谱库对比,以找出最佳拟合。这两种方法可以一起使用:由库可以获得粗拟合,随后通过迭代过程找出最佳拟合。

[0063] 更详细地参考图 5,将综述执行目标形状和/或材料性质的测量方法。对于所述描述,假定目标仅在一个方向上是周期性的(一维结构)。在实际应用中,目标可以在两个方向上是周期性的(二维结构),并且所述处理过程将被相应地修改。

[0064] 在步骤 502 中,使用诸如上述的那些散射仪测量衬底上实际目标的衍射图案。将所测量的衍射图案转递至诸如计算机等计算系统。计算系统可以是上面提到的处理单元 PU,或者其可以是单独的设备。

[0065] 在步骤 503 中,建立“模型选配方案”,其根据多个参数 p_i (p_1 、 p_2 、 p_3 等)限定目标结构的参数化模型。这些参数可以表示例如在一维周期结构中的侧壁角度、特征的高度或深度、特征的宽度。目标材料和下面层的性质也由例如折射系数(在存在于散射仪辐射束中的特定波长条件下)的参数表示。下面将给出具体示例。重要的是,虽然可以通过描述其形状和材料性质的数十个参数限定目标结构,但是模型选配方案将限定这些参数中的许多参数具有固定的值,而其他参数是可变的或“浮动”的参数以用于随后的过程步骤的目的。下面进一步描述一过程,通过这种过程在固定和浮动的参数之间进行选择。此外,我们可以引入多种方法,在这些方法中参数允许变化,而不是完全独立的浮动参数。为了描述图 5 的目的,仅将可变参数看作参数 p_i 。

[0066] 步骤 504:通过设置浮动参数的初始值 $p_i^{(0)}$ (即, $p_1^{(0)}$ 、 $p_2^{(0)}$ 、 $p_3^{(0)}$ 等)来估计模型目标形状。每个浮动参数将在特定的预定范围内生成,如在选配方案中限定的。

[0067] 在步骤 506 中:表示估计的的形状的参数与模型的不同元件的光学性质一起被用于计算散射性质,例如使用严格光学衍射方法,例如 RCWA,或其他麦克斯韦方程的求解器。这给出估计的目标形状的估计的或模型化的衍射图案。

[0068] 在步骤 508、510 中:随后对比所测量的衍射图案和模型衍射图案,并且它们的相似性和差异被用于计算模型目标形状的“价值函数”。

[0069] 在步骤 512 中:假定价值函数指示模型在其精确表示实际目标形状之前需要进行改进,则新的参数 $p_1^{(1)}$ 、 $p_2^{(1)}$ 、 $p_3^{(1)}$ 等被估计并被迭代地反馈至步骤 506。重复步骤 506-512。

[0070] 为了帮助所述搜索,步骤 506 中的计算可以进一步生成价值函数的偏导数,指示

在参数空间中的该特定区域内增大或减小一个参数将增大或减小价值函数所具有的灵敏度。通常价值函数的计算和偏导数的使用在现有技术中是已知的,这里不再详细描述。

[0071] 在步骤 514 中:当价值函数指示该迭代过程以期望的精确度收敛得到解时,将当前估计的参数报告为实际目标结构的测量结果。

[0072] 该迭代过程的计算时间很大程度上由所用的正向衍射模型确定,即使用严格光学衍射理论根据估计的目标结构计算所述估计的模型衍射图案。如果需要更多的参数,则存在更多的自由度。原理上计算时间随自由度的数量的幂增加。在步骤 506 中计算的估计或模型衍射图案可以以多种形式表示。如果所计算的图案被以与在步骤 510 中生成的测量图案相同的形式表示,则简化对比。例如,可以容易地对比模型化的光谱与通过图 3 的设备测量的光谱;可以容易地对比模型化的光瞳图案与通过图 4 的设备测量的光瞳图案。

[0073] 在图 5 之前的整个描述中,术语“衍射图案”在使用图 4 的散射仪的假定下使用。本领域技术人员容易将所述教导适应不同类型的散射仪,或甚至其他类型的测量仪器。

[0074] 图 6 示出替换的示例过程,其中事先计算不同的估计的目标形状(备选结构)的多个模型衍射图案并将其存储在库内用于与实际测量结果比较。下面的原理和术语与图 5 中的过程相同。图 6 的过程步骤如下:

[0075] 在步骤 602 中:生成库的过程开始。可以对每种类型的目标结构生成单独的库。所述库可以由测量设备的用户根据需要生成,或可以由设备的供应商预生成。

[0076] 在步骤 603 中:建立“模型选配方案”,其用多个参数 p_i (p_1 、 p_2 、 p_3 等)限定目标结构的参数化模型。考虑与迭代过程的步骤 503 中的那些参数类似。

[0077] 在步骤 604 中:生成第一组参数 $p_1^{(0)}$ 、 $p_2^{(0)}$ 、 $p_3^{(0)}$ 等,例如,通过生成所有参数的随机值来生成第一组参数 $p_1^{(0)}$ 、 $p_2^{(0)}$ 、 $p_3^{(0)}$ 等,每个参数在其值的预想范围内。

[0078] 在步骤 606 中:计算模型衍射图案并将其存储在库内,表示从由所述参数表示的目标形状预期的衍射图案。

[0079] 在步骤 608 中:生成一组新的形状参数 $p_1^{(1)}$ 、 $p_2^{(1)}$ 、 $p_3^{(1)}$ 等。重复步骤 606-608 数十次、数百次或甚至数千次,直到判断包括所有存储的模型化衍射图案的库是充分完整的为止。每个存储的图案表示多维参数空间中的一样本点。库中的样本应该以任何实际的衍射图案将被充分接近地表示的足够的密度填充 (populate) 在样本空间中。

[0080] 在步骤 610 中:在生成库之后(也可以在生成库之前),将实际目标 30 放置在散射仪中并测量其衍射图案。

[0081] 在步骤 612 中:将测量的图案与存储在库内的模型图案对比以找出最佳匹配图案。可以进行与库内的每个样本的对比,或可以采用更为系统化的搜索策略以降低计算负担。

[0082] 在步骤 614 中:如果找到匹配,则可以将用于生成匹配的库图案的被估计的目标形状确定成近似的物体结构。与匹配样本对应的形状参数被输出作为测量的形状参数。可以在模型衍射信号上直接执行匹配过程,或可以在被优化用于快速评估的替代模型上执行匹配过程。

[0083] 在步骤 616 中:可选地,最接近的匹配样本被用作起始点,并且使用精炼过程获得最终的用于报告的参数。该精炼过程可以包括例如与图 5 中显示的过程极为类似的迭代过程。

[0084] 是否需要精炼步骤 616 取决于执行者的选择。如果库被非常密集地采样,则可能不需要迭代精炼,这是因为总是可以找到好的匹配。另一方面,这种库对于实际使用可能太大了。因而实际的求解方案是对于一组粗略的参数使用库搜索粗略的一组参数,随后是使用价值函数的一次或更多次迭代,以确定更为精确的一组参数从而以期望的精确度报告目标衬底的参数。在执行额外的迭代的情况下,增加计算的衍射图案和多个相关的精炼参数组作为库中的新的条目将是一种选择。以此方式,可以初始地使用基于相对小的计算工作量的库,但是使用精炼步骤 616 中的计算工作建立更大的库。不管使用哪种方案,基于多种备选结构的匹配的良好度也可以获得一个或更多个所报告的可变参数的值的进一步精炼。例如,假定这些备选结构中的两个或全部具有高的匹配得分,则通过在两个或更多个备选结构的参数值之间插值可以得出最终报告的参数值。

[0085] 该迭代过程的计算时间极大程度上由步骤 506 和 606 的正向衍射模型决定,即使用严格光学衍射理论由估计的目标形状对估计的模型衍射图案的计算。

[0086] 本发明涉及确定重叠误差的多个实施例。

[0087] 图 7 示出根据本发明一实施例的确定重叠误差的方法,其示出居中的顶部光栅在模型中的定位。

[0088] 在步骤 702 中:测量晶片上目标的散射性质。所测量的目标包括第一结构 706,例如处理后的光栅,其形成在层 708 和 710 中。结构 706 具有由处理引起的不对称性变形,在该示例中,在左侧的侧壁比右侧的侧壁具有更浅的坡度。使用散射仪,例如参照图 4 所述的散射仪 SM2,用辐射 712 的照射轮廓 711(例如使用孔)照射目标。检测光瞳平面内的散射辐射 714 以获得角度分辨光谱 716。照射轮廓 711 使得可以使用分离地检测的第零级衍射级和更高的衍射级重构目标的至少一种特性。如在分辨光谱 716 所看到的,在对应于照射轮廓的暗象限的两个象限中(右上和左下)示出第一级衍射图案,并且在其他两个象限中示出第零级(反射的)衍射图案。因而衍射级是分离的,没有传统的环形轮廓导致第一衍射级的一部分在光瞳平面中与第零级混淆的缺点。环形照射轮廓可能导致测量的目标不对称性的误差,因为环形照射在衍射光中提供较少的信息。例如,在环形照射中,在包括对测量目标不对称性有用的信息的正入射位置附近没有光束。

[0089] 在步骤 718 中:使用参考图 5 和 6 描述的模型化过程构造目标的模型。模型结构 722 至 726 分别对应目标结构 706 至 710。因而,处理过的重叠目标被重构,包括其不对称性变形。

[0090] 在步骤 728 中:基于第一模型结构 722 的不对称性修改所述模型。这包括限定第一模型结构 722 的位置参数,在本示例中是中心点,以补偿其不对称性。处理后的重构光栅的“0”位置(即“中心”)732 被限定。半导体器件制造商(即,终端用户)可以基于例如与电重叠测量或器件产率相关联的过程或其他方法的物理解释或模型提供限定该中心位置 732 的输入。中心 732 可以例如使用想要的结构形状(没有任何由处理引起的不对称性)的知识限定。

[0091] 在该实施例中,第二模型结构 730(在本示例中表示抗蚀剂光栅)在本阶段被引入至模型。使用位置参数将第一模型结构 722 和第二模型结构 730 相对于彼此定位。这可以在图 7 中通过在模型结构 722 和 730 中的一个或两个的模型中插入所述位置(但是也可以通过移动来完成,如图 9 所示)实现。这种定位可以重叠模型结构,使得它们相对于彼此居

中(图 7、9 和 10)。替换地,可以在有意的偏移 X(如图 8 和 11)的情况下将模型结构 722 和 730 相对于彼此定位。

[0092] 在分析软件中,抗蚀剂光栅 730 被插入和放置在重构的过程叠层中,使得抗蚀剂光栅 730 被居于被处理的光栅 722 的中心 732 的顶部(即,重叠误差为零)。这个可以在软件中被完全执行,因而不需要实际的实验。如图 7 所示,位置已经被调整,使得顶部结构 730 的中心(箭头 b 之间)与下面的结构 722 的中心 732(箭头 a 之间)处于相同的位置。在图 7 中,(在没有任何由处理引起的不对称性的情况下)上模型结构 720 和 730 的宽度(b+b)与下模型结构的宽度(a+a)相等。然而,应该认识到,这些宽度可以是不同的,即 $a \neq b$ 。

[0093] 在步骤 734 中:使用修改的模型确定第一模型结构 722 和第二模型结构 730 之间的不对称性引起的重叠误差 ΔOV_r 。不对称性引起的重叠误差可以计算为光瞳平面内正负第一衍射级之间的强度 Δ ,如在跨光瞳平面中的检测器的像素处确定。甚至对于很小量的不对称性,该像素可以在具有相对大的不对称性引起的重叠误差的光瞳平面内识别。这些像素可以被排除在对整个光瞳平面的由不对称性引起的重叠误差(在下面的步骤 736 中的 ΔOV_r)的数量的计算之外。

[0094] 不对称性引起的重叠误差可以通过数值计算来计算,以在修改的模型上模拟散射仪重叠测量。这种测量在美国专利公开出版物 2006/0033921A1 中公开,其全文通过引用被并入本文。通常,对于多个散射测量选配方案 r 重复这个过程,使得用不同的选配方案(例如具有照射波长和偏振的不同的组合)准备好一组校正 ΔOV_r 用于随后的应用。该不对称性引起的重叠误差 ΔOV_r 是随后在半导体器件制造期间被应用于重叠测量的校正,如在下一步骤 736 中描述的。

[0095] 在步骤 736 中:使用散射仪(例如参照图 4 描述的散射仪 SM2)中的选配方案 r 获得测量的(未校正的)重叠误差 OV'_r ,以测量(例如产品半导体晶片上的)第二目标的角度分辨光谱 748。测量的第二目标包括第一结构 738,例如处理的光栅,其形成在层 740 和 742 中。结构 738 具有与结构 706 中的相类似的由处理引起的不对称性变形。使用散射仪,例如参照图 4 描述的散射仪 SM2,使用辐射 744 的照射轮廓 743 照射目标。检测散射辐射 746 以获得角度分辨光谱 748。环形照射轮廓 743 适用于将要使用的基于衍射的重叠测量方法(例如美国专利公开出版物 2006/0033921A1 中公开的)。该方法不包括任何重构,因而对于产品晶片是足够快的,但是其被下面的处理后的光栅中的不对称性劣化,期望校正这种不对称性。

[0096] 校正后的重叠误差 OV' 通过计算由不对称性引起的重叠误差 ΔOV_r 和第二目标的测量的重叠误差 OV'_r 之差确定。因而,校正的重叠误差 $OV' = OV'_r - \Delta OV_r$ 。

[0097] 在考虑了在测量光瞳平面中的坐标 x 和 y 处的所有像素的情况下,可以使用计算的重叠数 OV'_r 计算重叠校正,即

$$[0098] \quad OV' = \sum_{x,y} OV'_{r,x,y} - \sum_{x,y} \Delta OV_{r,x,y}$$

[0099] 替换地,可以首先单独地计算每个像素的重叠校正,随后通过在全部像素上平均重叠来计算净的重叠误差,即

$$[0100] \quad OV' = \sum_{x,y} (OV'_{r,x,y} - \Delta OV_{r,x,y})$$

[0101] 为了测量在第二目标中的重叠误差 OV' ，可以确定和选择优化的选配方案 r' ，用于根据下文参照图 10 和 11 描述的实施例的所述步骤中。

[0102] 因为目标形状将在整个晶片上改变，可以对晶片上的每个目标或目标的代表性子组执行步骤 702、718、728、734 和 736。

[0103] 该实施例具有减小半导体制造过程中的处理变化的作用，并最终有助于改善重叠。这又提高了半导体制造产率。

[0104] 如参照图 7 描述地，可以对居中的光栅进行用于不同的测量选配方案 r 的由不对称性引起的重叠误差 ΔOV_r 的这些计算，其对于将重叠误差的测量结果校正成接近零是有用的，其中 $OV'_r = 0$ 。然而，为了测量大的重叠误差 $OV'_r \approx X$ ，有益的是，计算在测量的重叠误差 X 附近的所述由不对称性引起的重叠误差，即 $\Delta OV_{r,X \approx OV'_r}$ 。因此，校正后的重叠误差为 $OV' = OV'_r - \Delta OV_{r,X \approx OV'_r}$ 。这是因为基于衍射的重叠的非线性行为。与大的重叠误差相比，对于接近零的重叠误差来说，相同量的目标不对称性将给出稍微的不同的由不对称性引起的重叠误差。参照图 8 和 11 描述了这种方法。

[0105] 图 8 示出根据本发明一实施例的示出确定重叠误差的方法，其示出在模型中偏置的顶部光栅的定位。在图 8 中，与图 7 中相同的附图标记对应相同的步骤和物体。然而，在图 8 中，在步骤 828 中，通过在重构过程叠层上插入表示顶部抗蚀剂光栅的第二模型结构 830 来修改所述模型，使得抗蚀剂光栅 830 从处理后的光栅 722 的中心 732 偏移距离 X （即，重叠误差为 X ）。

[0106] 可以对于 X 的多个值重复这个过程，以对一定范围的偏移 X 建立由不对称性引起的重叠误差的查找表或库。 X 可以等于零，其等同于如图 7 所示的情形。在步骤 834 中，使用修改的模型对每个 X 值确定第一模型结构 722 和第二模型结构 830 之间的由不对称性引起的重叠误差 $\Delta OV_{r,X}$ 。

[0107] 在图 8 中，顶部产品光栅结构 840 示出为具有与下面的产品光栅 738 大约 X 的偏移。步骤 836 与步骤 736 相同，但是不对称性引起的重叠误差的值被选择为匹配测量的重叠误差 X ，即 $\Delta OV_{r,X \approx OV'_r}$ ，然后如上面所述，经过校正的重叠误差变成 $OV' = OV'_r - \Delta OV_{r,X \approx OV'_r}$ 。

$X \approx OV'_r$ 。

[0108] 图 9 示出根据本发明一实施例的确定重叠误差的方法，示出底部光栅和顶部光栅两者的测量和重构。在图 9 中，与图 7 中相同的附图标记对应相同的步骤和物体。然而，在图 9 中示出了第一目标的单位单元横截面，具有重叠于处理过的结构 706 之上的抗蚀剂结构 904，例如抗蚀剂光栅。

[0109] 在步骤 918 中，使用与参照图 5 和 6 描述的相同的模型化过程构造目标的模型。模型结构 920 对应于目标结构 904。在步骤 928 中，模型被修改，使得第一模型结构 722 和第二模型结构 730 被使用位置参数相对于彼此定位。这在图 9 中通过将模型结构 920 的模型中的位置移动至位置 730 实现。这种移动使模型结构重叠，使得它们相对于彼此被居中。替换地，模型结构 722 和 730 可以相对于彼此定位成具有有意的偏移 X ，如参照图 8 介绍的那样。

[0110] 替换地可以通过调节用于对模型结构 722 和 920 之间的重叠误差进行建模的重叠参数来执行对模型的修改,而不移动任何模型结构。因此,模型结构的位置在模型中保持不变。

[0111] 图 10 示出根据本发明一实施例的确定重叠误差的方法,示出改变模型化的不对称性以确定优化的选配方案。

[0112] 在步骤 1002 中:测量晶片上目标(未示出)的散射性质。如参照图 7 讨论的,使用散射仪获得角度分辨光谱 716。

[0113] 在步骤 1004 中:如参照图 7 描述的,构造目标的模型。几何参数 $p^{(n)}$ 是对应于图 7 中的下目标结构 706 的形状的模型结构 722 的参数。具体地, $p^{(n)}$ 是形状参数,其描述下模型结构 722 的不对称性。在本示例中, $p^{(n)}$ 规定了具体的侧壁坡度角。另一类型的几何参数是层厚度参数。替代几何参数,或除去几何参数之外,模型结构参数还可以包括影响辐射散射的材料参数。

[0114] 在下述的步骤 1006 和 1008 中,重构形状模型及其(预期的)变化被馈送入正向计算器中以计算由不对称性引起的重叠误差。

[0115] 在步骤 1006 中:基于下面的模型结构 722 的不对称性来修改模型。在本实施例中,这涉及将参数 $p^{(n)}$ 调整为不同的值 $p^{(n')}$ 和 $p^{(n'')}$,以改变模型结构中的不对称性,并由此改变下模型结构 722 和插入的上模型结构 1030 之间的由不对称性引起的重叠误差。在本示例中, $p^{(n')}$ 和 $p^{(n'')}$ 对应不同的具体的侧壁坡度角。

[0116] 在步骤 1008 中:对于具有参数 $p^{(n')}$ 和 $p^{(n'')}$ 的每个修改后的模型,和对于具有参数 $p^{(n)}$ 的原始模型,对多个散射测量选配方案 r 重复计算由不对称性引起的重叠误差 $\Delta OV_{r,p}$ 。在数值计算中使用修改的模型执行计算,以在每个修改的模型上模拟散射仪重叠测量。

[0117] 在步骤 1010 中:首先通过使用计算的由不对称性引起的重叠误差 $\Delta OV_{r,p}$ 选择用于测量产品目标的(例如具有优化的波长和偏振的)优化的散射仪测量选配方案 r' ,来确定产品目标中的重叠误差 OV 。针对这些模型变化表现最稳定的行为的选配方案被选择为优化的选配方案 r' 。稳定的行为可以被确定为对模型形状参数变化的低灵敏度。情形信息可以用于分析所述变化,例如,如果线被放置在触点的顶部,则重点关注的是通过轮廓的顶部的散射的测量,以选择给出优化结果的选配方案。

[0118] 在步骤 1012 中:使用散射仪(例如参照图 4 描述的散射仪 SM2),用如步骤 1010 中确定的优化的选配方案 r' 获得被测量的重叠误差 $OV'_{r'}$,以测量角度分辨光谱 1014。

[0119] 参照图 10 和 11 描述的实施例可以与参照图 7 至 9 描述的实施例结合。例如,如参照图 10 描述的所确定的优化的选配方案 r' 可以用于测量产品重叠,并随后可以从测量的产品重叠误差中减去由不对称性引起的重叠误差,如参照图 7 描述的。

[0120] 图 11 示出根据本发明一实施例的确定重叠误差的方法,其示出改变模型化的不对称性以确定对于大的重叠误差的优化的选配方案。在图 11 中,图 10 中的相同附图标记对应于相同的步骤和物体。然而,在步骤 1106 中,出于与如参照图 8 所讨论的相同目的,上模型结构 1130 被以偏移 X 插入。此外,在步骤 1108 中,对每个偏移 X 每个选配方案 r 执行由不对称性引起的重叠误差的计算。因而,在步骤 1110 中,可以为每个偏移 X 确定优化的选配方案。最后,在步骤 1112 中,使用非优化的选配方案在产品晶片上的测量可以提供重叠误差的粗略的值。随后,匹配粗测量的产品重叠误差的具有偏移 X 的优化的选配方案可

以被选择以在相同的或随后的预期具有相同的产品重叠误差的目标上执行测量。

[0121] 参照图 10 和 11 描述的本发明的实施例提供选择散射仪测量选配方案的具有鲁棒性的方法。在使用具有不对称的轮廓的参考层的重叠目标时,使用本发明的这些实施例避免增大的过程复杂度以及生产时间和成本。

[0122] 通过执行包含一个或更多个机器可读指令的序列的计算机程序产品,根据本发明的实施例的方法可以被在图 4 中的散射仪 SM2 的处理器 PU 中实施,以使得一个或更多个处理器执行这里所述的方法。

[0123] 散射仪可以是单独的检验设备或可以分别包含到图 1 和 2 的光刻设备 LA 或光刻单元 LC 中。

[0124] 虽然在本文中做出了具体的参考,将方法和设备用于制造 IC,但是应该理解,这里所述的检验方法和设备可以有其他的应用,例如制造集成光学系统、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。本领域技术人员应该认识到,在这种替代应用的情况下,可以将这里使用的任何术语“晶片”或“管芯”分别认为是与更上位的术语“衬底”或“目标部分”同义。这里所指的衬底可以在曝光之前或之后进行处理,例如在轨道(一种典型地将抗蚀剂层涂到衬底上,并且对已曝光的抗蚀剂进行显影的工具)、量测工具和/或检验工具中。在可应用的情况下,可以将所述公开内容应用于这种和其他衬底处理工具中。另外,所述衬底可以处理一次以上,例如为产生多层 IC,使得这里使用的所述术语“衬底”也可以表示已经包含多个已处理层的衬底。

[0125] 虽然上文已经做出了具体参考,将本发明的实施例用于光学光刻术的情形中,应该注意到,本发明可以用在其它的应用中,例如压印光刻术,并且只要情况允许,不局限于光学光刻术。在压印光刻术中,图案形成装置中的拓扑限定了在衬底上产生的图案。可以将所述图案形成装置的拓扑印刷到提供给所述衬底的抗蚀剂层中,在其上通过施加电磁辐射、热、压力或其组合来使所述抗蚀剂固化。在所述抗蚀剂固化之后,所述图案形成装置被从所述抗蚀剂上移走,并在抗蚀剂中留下图案。

[0126] 这里使用的术语“辐射”和“束”包含全部类型的电磁辐射,包括:紫外辐射 (UV) (例如具有或约为 365、355、248、193、157 或 126nm 的波长) 和极紫外 (EUV) 辐射(例如具有在 5-20nm 范围内的波长),以及粒子束,例如离子束或电子束。

[0127] 在允许的情况下,术语“透镜”可以表示各种类型的光学部件中的任何一种或其组合,包括折射式的、反射式的、磁性的、电磁的以及静电的光学部件。

[0128] 尽管以上已经描述了本发明的具体实施例,但应该认识到,本发明可以以与上述不同的方式来实现。例如,本发明可以采用包含用于描述一种如上面公开的方法的一个或更多个机器可读指令序列的计算机程序的形式,或具有存储其中的所述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)的形式。

[0129] 应该认识到,具体实施例部分,而不是发明内容和摘要部分,用于解释权利要求。发明内容和摘要部分可以给出一个或更多个、但不是发明人所构思的本发明的全部示例性实施例,因而不能够以任何方式限制本发明和随附的权利要求。

[0130] 上面借助示出具体功能及其关系的实施方式的功能性构造块描述了本发明。为了方便说明,这些功能性构造块的边界在此任意限定。只要特定功能及其关系被适当地执行,就可以限定替换的边界。

[0131] 具体实施例的前述说明将充分地揭示本发明的一般属性,以致于其他人通过应用本领域技术的知识可以在不需要过多的实验、不背离本发明的整体构思的情况下针对于各种应用容易地修改和/或适应这样的具体实施例。因此,基于这里给出的教导和启示,这种修改和适应应该在所公开的实施例的等价物的范围和含义内。应该理解,这里的术语或措辞是为了描述的目的,而不是限制性的,使得本说明书的术语或措辞由本领域技术人员根据教导和启示进行解释。

[0132] 本发明的宽度和范围不应该受到上述的示例性实施例限制,而应该仅根据随附的权利要求及其等价物限定。

[0133] 上面的描述是说明性的,而不是限制性的。因此,本领域技术人员应该清楚的是,在不背离所附的权利要求的范围的情况下可以对所述的本发明进行修改。

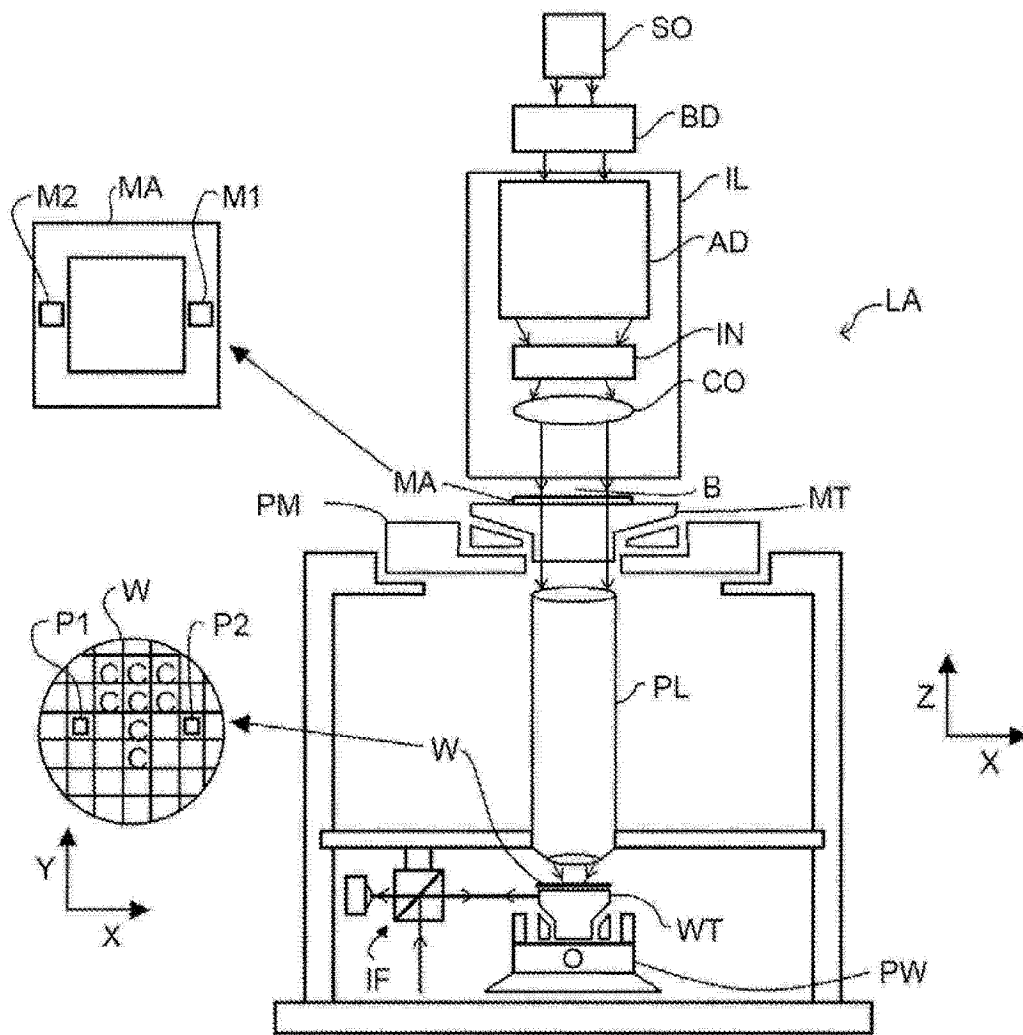


图 1

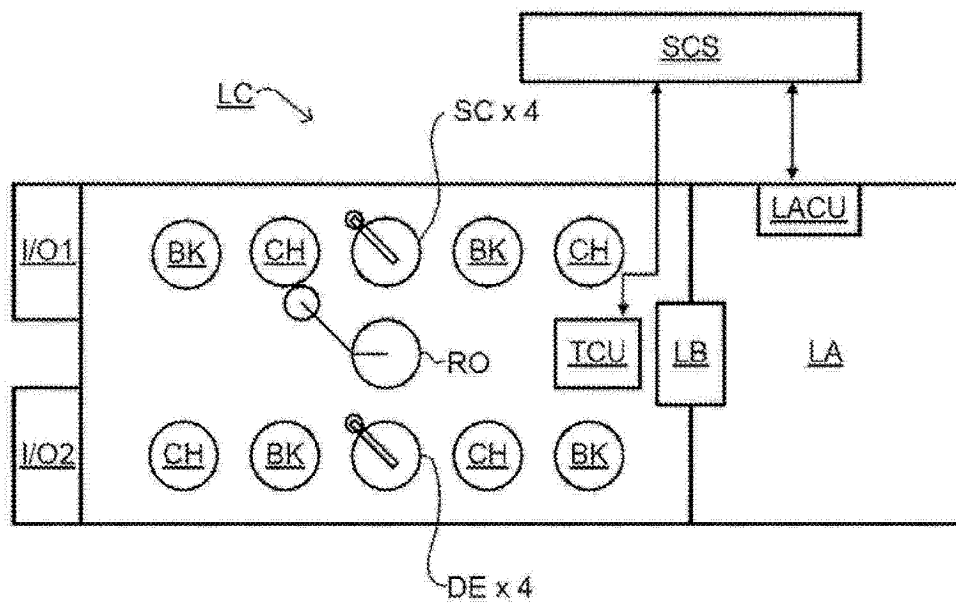


图 2

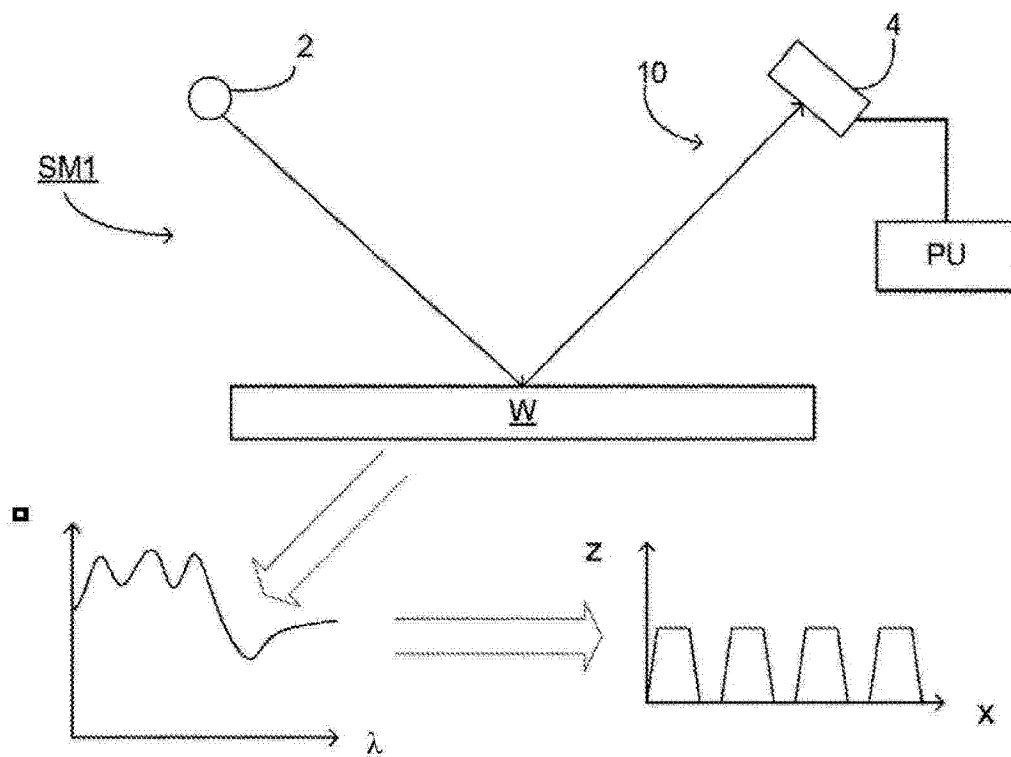


图 3

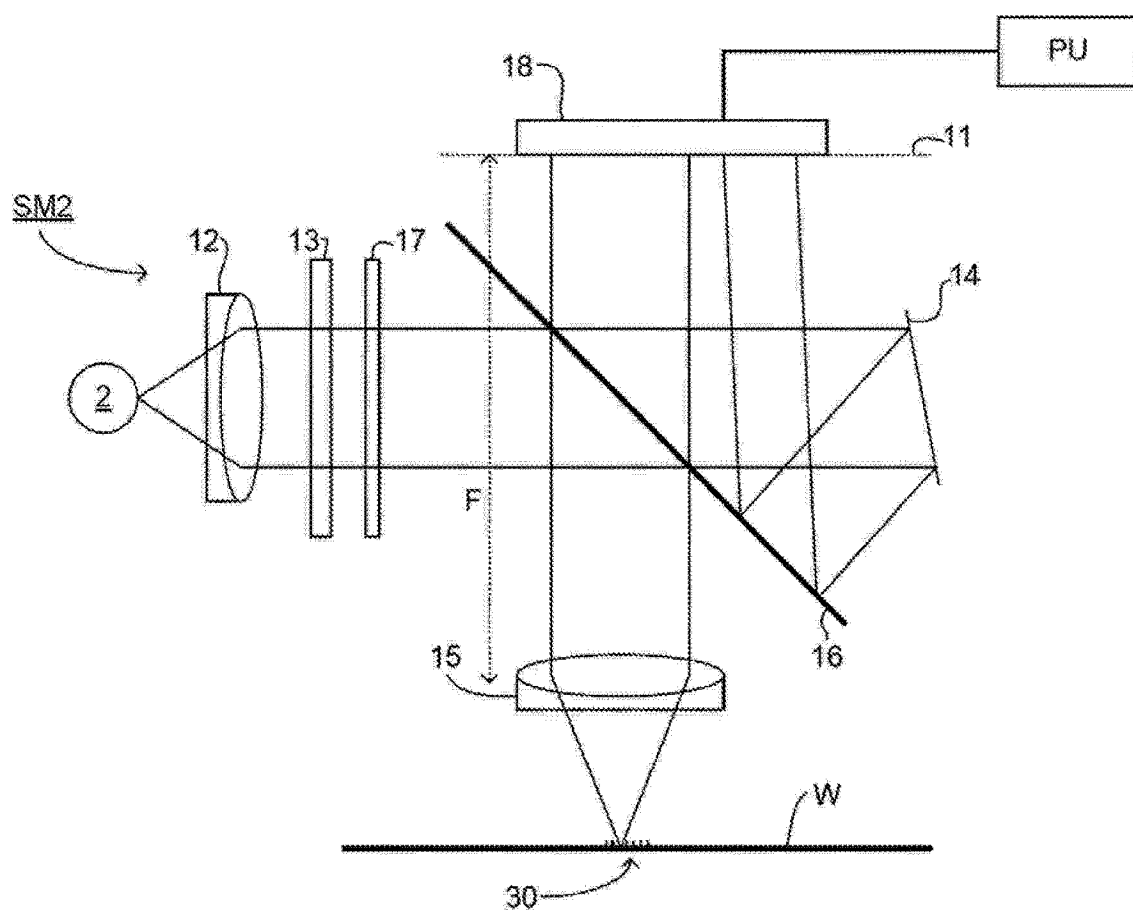


图 4

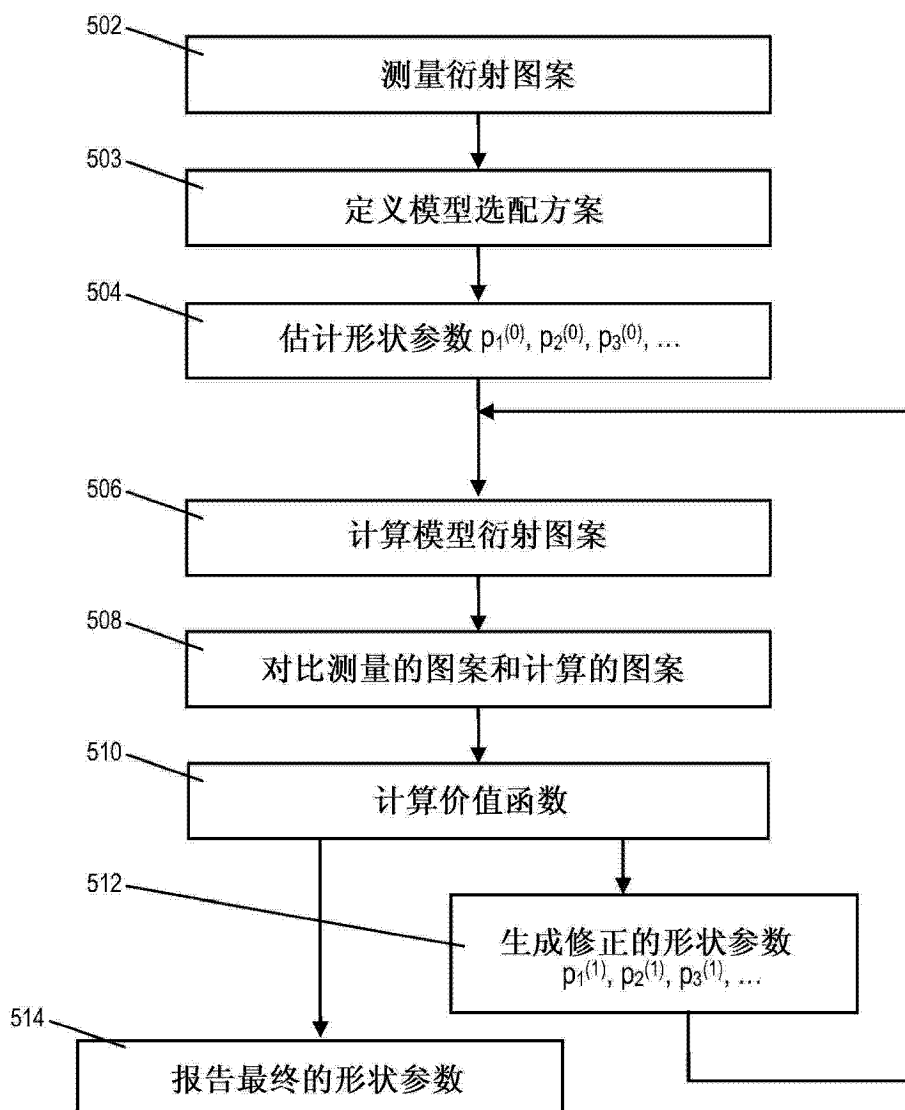


图 5

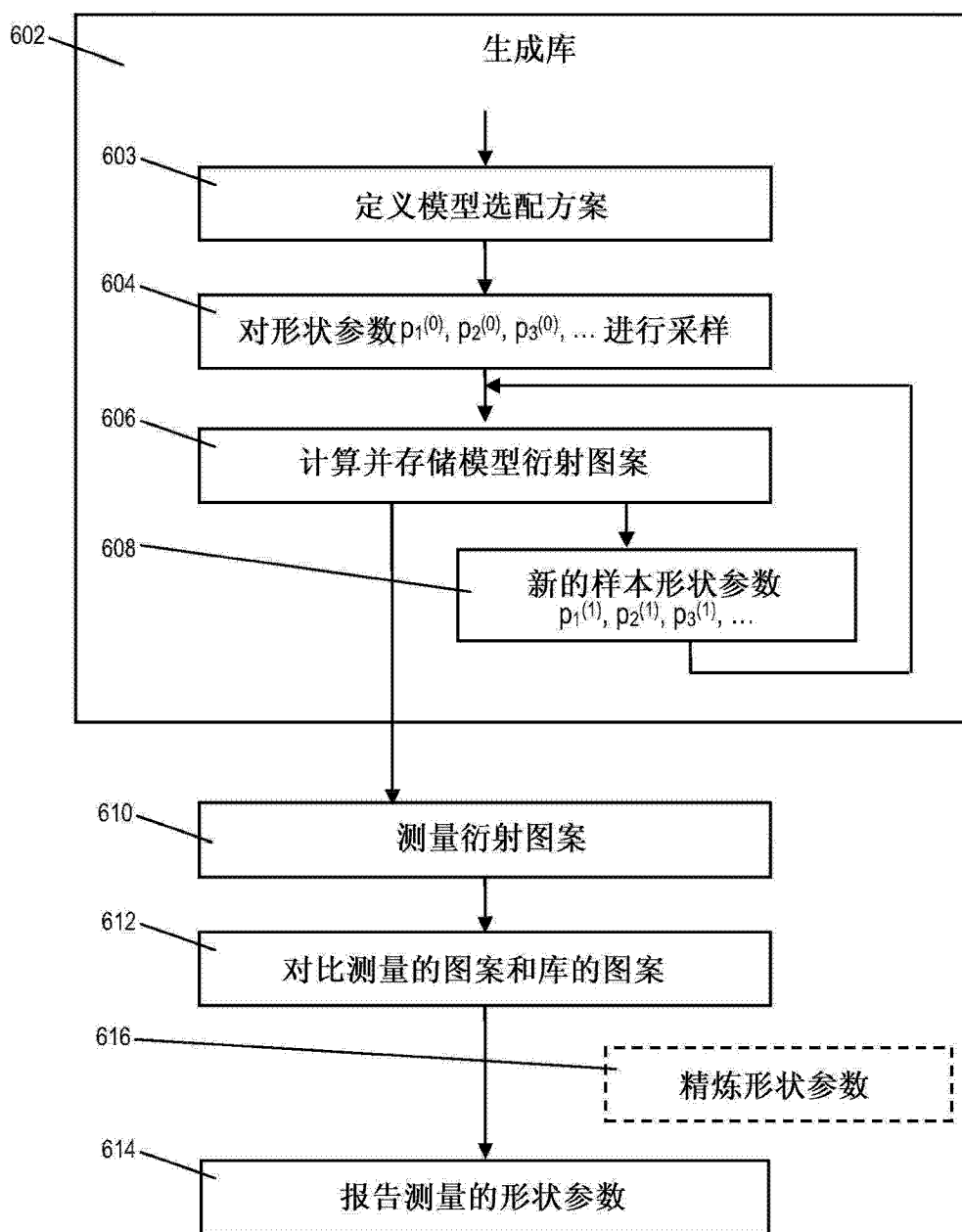


图 6

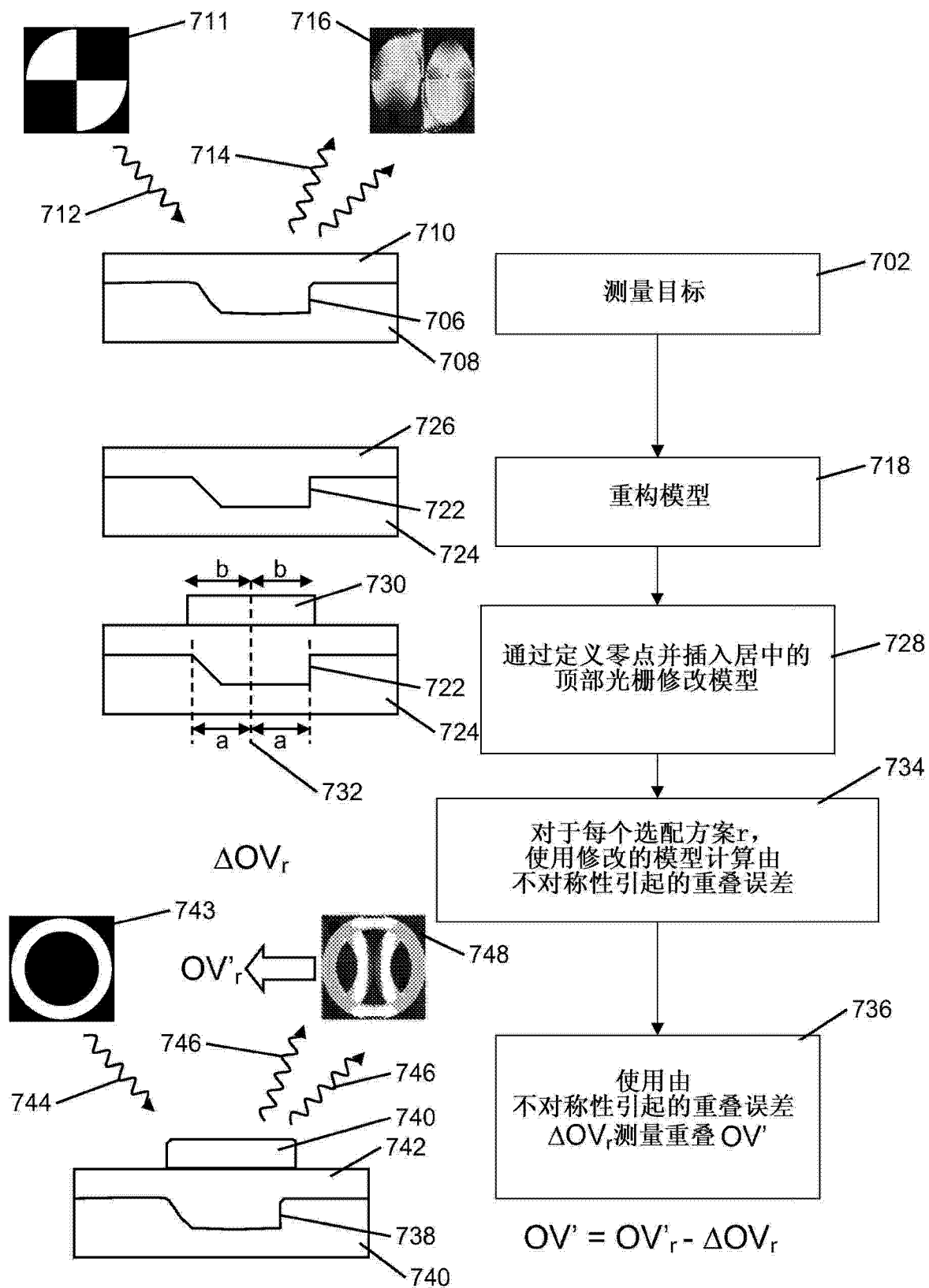


图 7

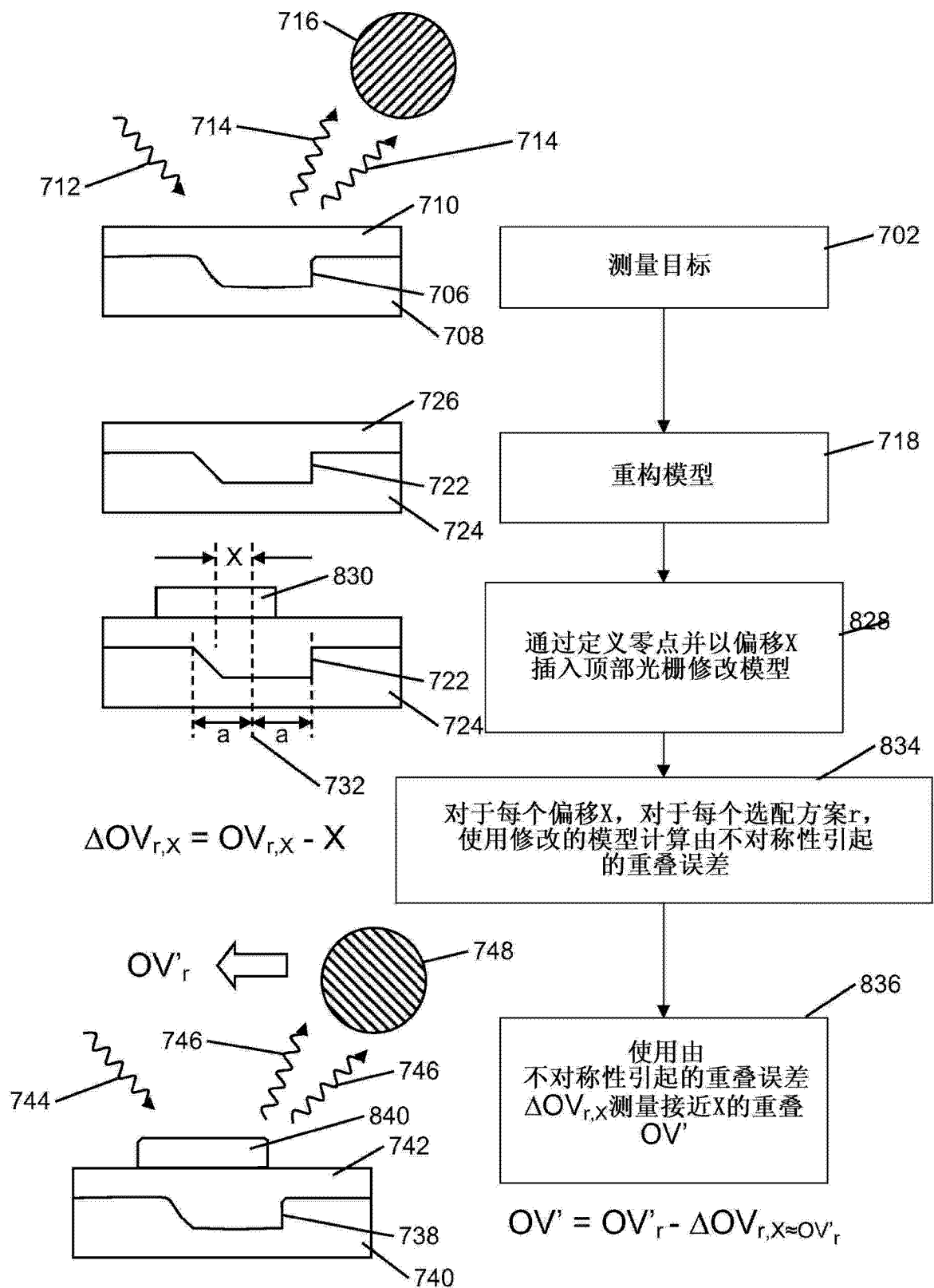


图 8

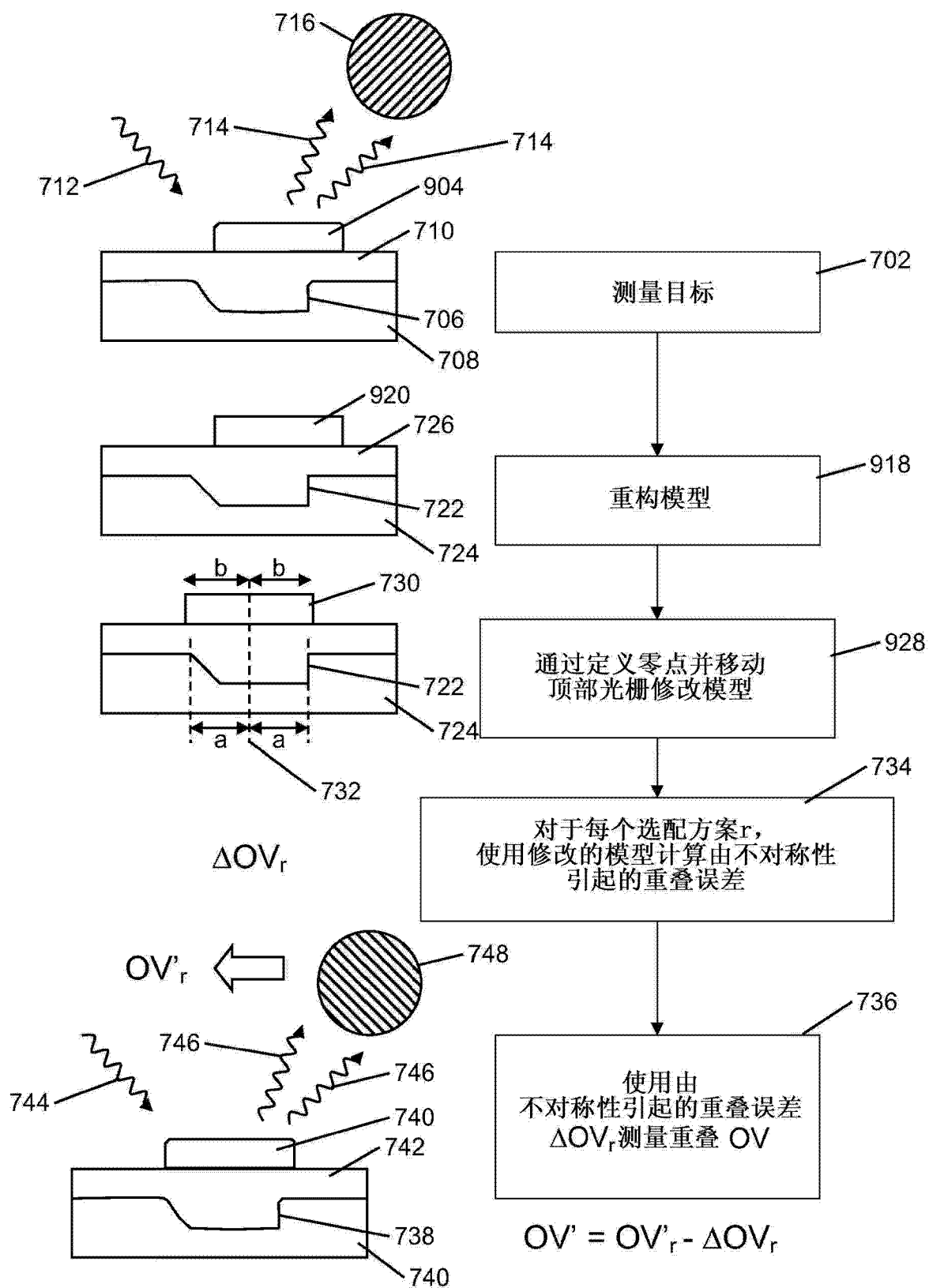


图 9

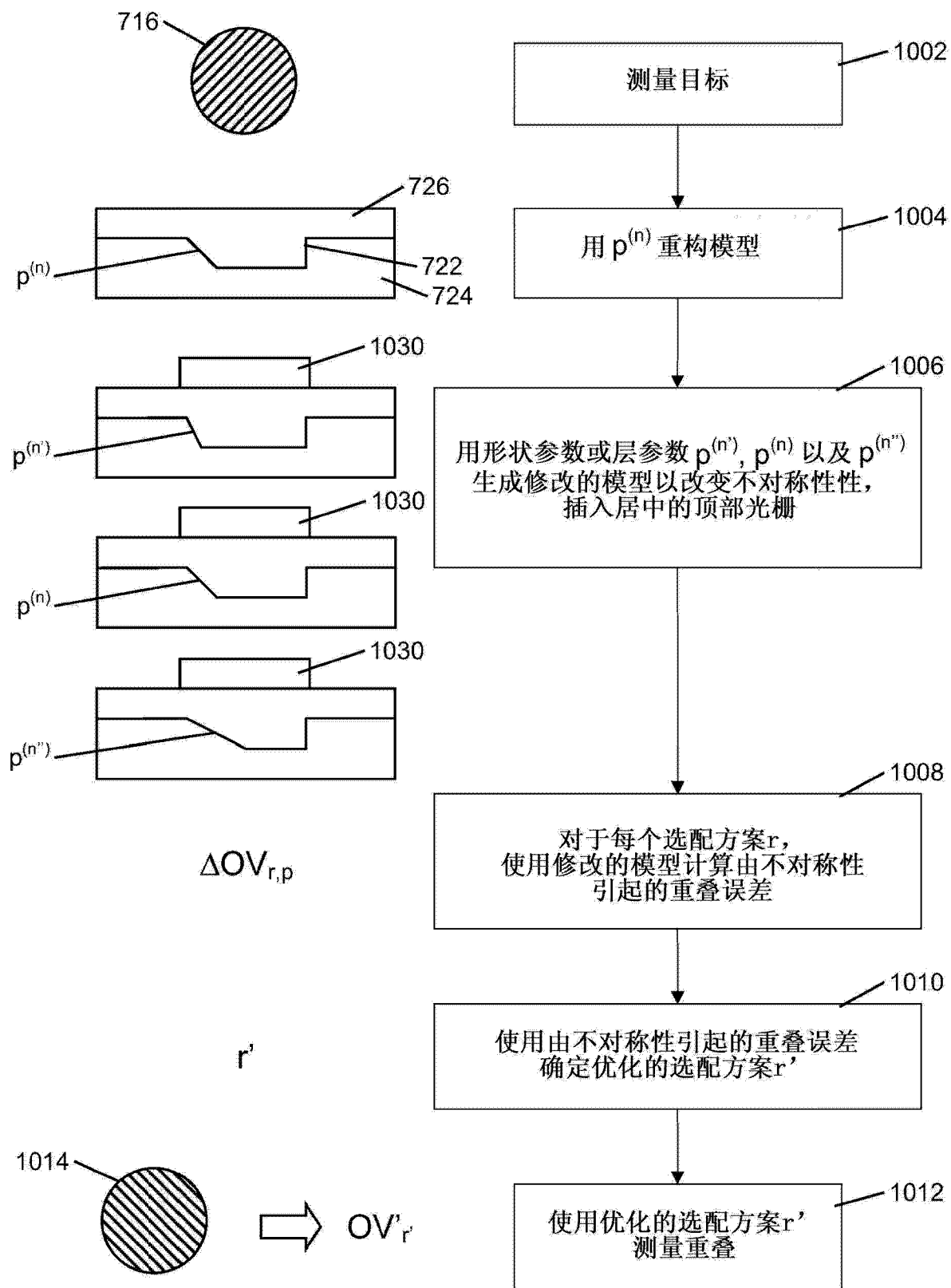


图 10

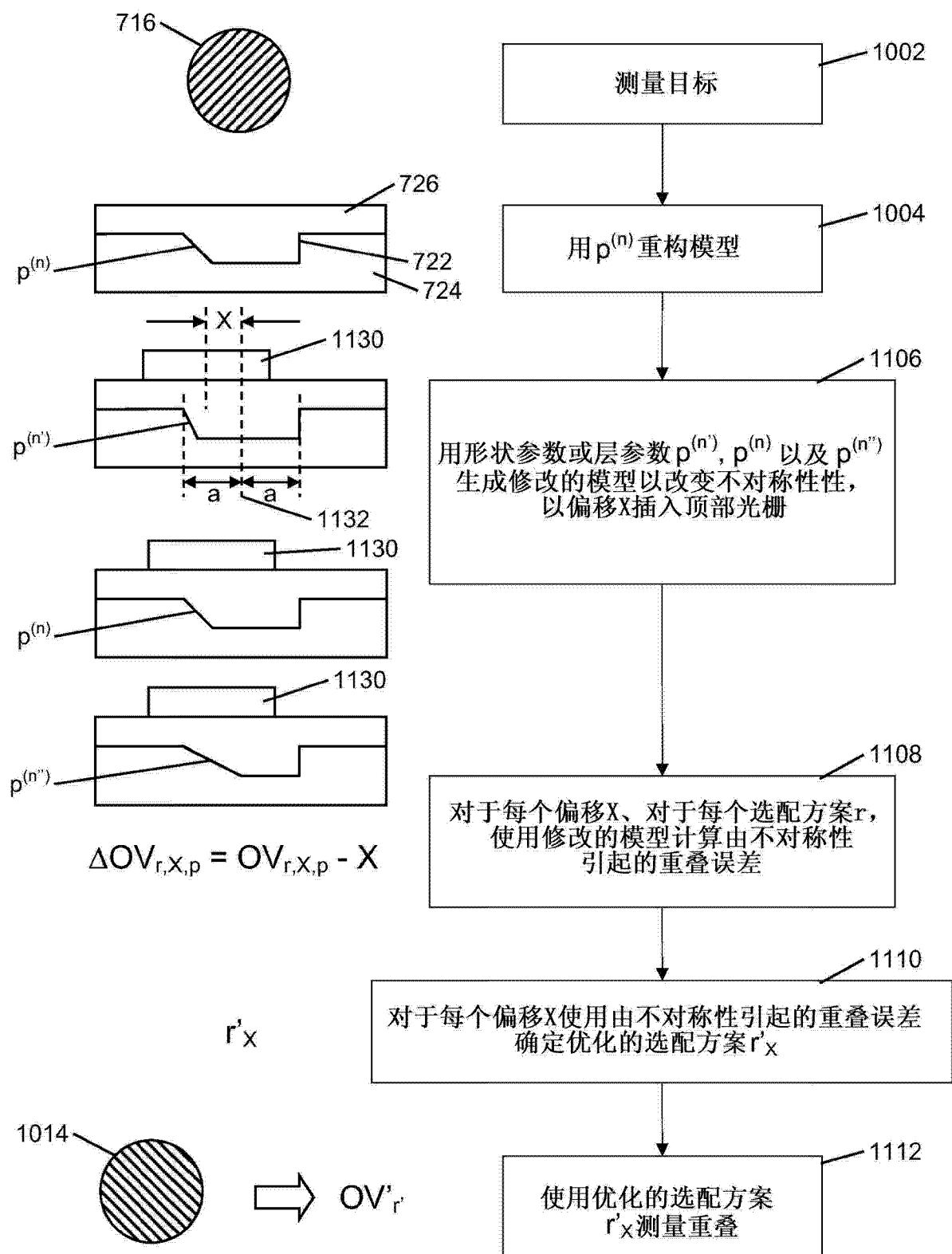


图 11