



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102576188 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 01

(21) 申请号 201080045674. 3

G03F 7/20(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 09. 13

G01N 21/956(2006. 01)

G01N 21/95(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/250, 834 2009. 10. 12 US

(56) 对比文件

US 2005/0185174 A1, 2005. 08. 25, 说明书第 [0075-0090] 及附图 8A-9.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 04. 10

CN 1504721 A, 2004. 06. 16, 全文.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/063378 2010. 09. 13

审查员 周庆成

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/045132 EN 2011. 04. 21

(73) 专利权人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 H·克拉莫 H·麦根斯

(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 吴敬莲

(51) Int. Cl.

G03F 1/84(2012. 01)

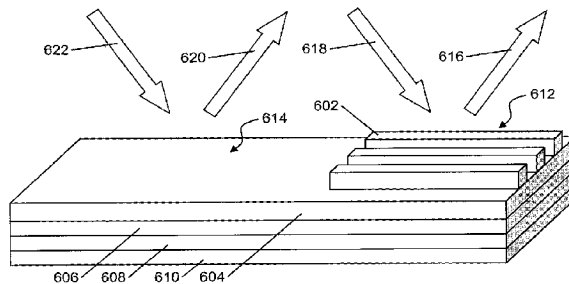
权利要求书3页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

用于确定衬底上的对象的近似结构的方法、  
检验设备以及衬底

(57) 摘要

一种通过重构确定衬底上的对象的近似结构的系统和方法。其可以被应用于例如显微结构的基于模型的量测中, 例如以便估计光刻设备的重叠性能或临界尺寸 (CD)。散射仪被用以确定对象的近似结构, 例如衬底上的叠层上的光栅。晶片衬底具有上层和下层。衬底包括第一散射测量目标区域, 包括叠层对象上的光栅。叠层上的光栅由上层和下层构成。上层被图案化具有周期性光栅。衬底还具有相邻的第二散射测量目标区域, 其中没有上层。第二区域仅具有未图案化的下层。



1. 一种确定衬底上的对象的近似结构的方法,所述衬底包括上层和下层,所述衬底包括第一区域,所述第一区域包括所述对象,所述对象包括上层的图案化部分和下层的一部分,并且所述衬底还包括没有上层的第二区域,所述第二区域包括下层的一部分,所述方法包括步骤:

(a) 检测通过辐射束照射第一区域引起的衍射信号;

(b) 检测通过辐射束照射第二区域引起的电磁散射属性;和

(c) 基于所检测的衍射信号和所检测的电磁散射属性来确定对象的近似结构,其中,确定对象的近似结构的步骤包括以下步骤:

(a1) 估计至少一个被估计的对象结构;

(b1) 由所述至少一个被估计的对象结构确定至少一个模型衍射信号;

(c1) 将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比;和

(d1) 基于将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比的结果确定对象的近似结构,

其中估计至少一个被估计的对象结构的步骤基于所检测的电磁散射属性。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,确定所述对象的近似结构的步骤包括使用所检测的电磁散射属性以确定下层的近似结构。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其中,所述下层的部分在第一和第二区域处是未图案化的,并且所检测的电磁散射属性包括零级反射信号。

4. 如权利要求1或2所述的方法,其中,所述下层的部分在第一和第二区域处是图案化的,并且所检测的电磁散射属性包括衍射信号。

5. 如权利要求1或2所述的方法,其中,所述第一区域与第二区域相邻。

6. 如权利要求1或2所述的方法,其中,在形成上层和下层之后实施第一和第二区域的照射和相应的检测。

7. 如权利要求1所述的方法,还包括在第一库内布置多个模型衍射信号的步骤,并且将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比的步骤包括将所检测的衍射信号与第一库的内容匹配。

8. 如权利要求1或7所述的方法,还包括重复估计至少一个被估计的对象结构、确定至少一个模型衍射信号以及对比所检测的衍射信号的步骤,其中估计至少一个被估计的对象结构的步骤基于之前的重复对比所检测的衍射信号的步骤的结果。

9. 如权利要求7所述的方法,其中,估计至少一个被估计的对象结构的步骤包括通过下面的步骤确定下层的近似结构的步骤:

(a2) 估计至少一个被估计的下层结构;

(b2) 由所述至少一个被估计的下层结构确定至少一个模型电磁散射属性;和

(c2) 对比所检测的电磁散射属性与所述至少一个模型电磁散射属性;和

(d2) 基于所检测的电磁散射属性和所述至少一个模型电磁散射属性的对比结果确定下层的近似结构。

10. 如权利要求9所述的方法,还包括在第二库中布置多个模型衍射电磁散射属性的步骤,并且对比所检测的电磁散射属性和所述至少一个模型电磁散射属性的步骤包括将所检测的电磁散射属性信号与第二库中的内容匹配。

11. 如权利要求 9 或 10 所述的方法,还包括步骤:重复估计至少一个被估计的下层结构、确定至少一个模型电磁散射属性以及对比所检测的电磁散射属性的步骤,其中估计至少一个被估计的下层结构的步骤基于之前的重复对比所检测的电磁散射属性的步骤的结果。

12. 一种用于确定衬底上的对象的近似结构的检验设备,所述衬底包括上层和下层,衬底包括第一区域,第一区域包括所述对象,所述对象包括上层的图案化部分和下层的一部分,并且衬底还包括没有上层的第二区域,所述第二区域包括下层的一部分,所述检验设备包括:

(a) 照射系统,配置成用辐射照射第一和第二区域;

(b) 检测系统,配置成检测由照射第一区域产生的衍射信号和检测由照射第二区域产生的电磁散射属性;和

(c) 处理器,配置成借助于以下步骤基于所检测的衍射信号和所检测的电磁散射属性确定对象的近似结构:

(a1) 估计至少一个被估计的对象结构;

(b1) 由所述至少一个被估计的对象结构确定至少一个模型衍射信号;

(c1) 将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比;和

(d1) 基于将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比的结果确定对象的近似结构,

其中估计至少一个被估计的对象结构的步骤基于所检测的电磁散射属性。

13. 一种用于确定衬底上的对象的近似结构的衬底,所述衬底包括上层和下层,所述衬底包括第一散射测量目标,所述第一散射测量目标包括所述对象,所述对象包括上层的图案化部分和下层的一部分,并且所述衬底还包括第二散射测量目标,所述第二散射测量目标没有上层并且第二散射测量目标包括下层的一部分,所述对象的近似结构由以下步骤确定:

(a) 检测通过辐射束照射第一区域引起的衍射信号;

(b) 检测通过辐射束照射第二区域引起的电磁散射属性;和

(c) 基于所检测的衍射信号和所检测的电磁散射属性来确定对象的近似结构,其中,步骤 (c) 包括以下步骤:

(a1) 估计至少一个被估计的对象结构;

(b1) 由所述至少一个被估计的对象结构确定至少一个模型衍射信号;

(c1) 将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比;和

(d1) 基于将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比的结果确定对象的近似结构,

其中估计至少一个被估计的对象结构的步骤基于所检测的电磁散射属性。

14. 一种制造工具,包括具有存储其上的指令的计算机可读介质,通过计算装置执行指令使计算装置执行用于确定衬底上的对象的近似结构的操作,所述指令适于使一个或多个处理器执行确定衬底上的对象的近似结构的方法,所述衬底包括上层和下层,衬底包括第一区域,第一区域包括所述对象,所述对象包括上层的图案化部分和下层的一部分,并且衬底还包括没有上层的第二区域,所述第二区域包括下层的一部分,所述操作包括步骤:

接收通过辐射束照射第一区域产生的衍射信号；  
接收通过辐射束照射第二区域产生的电磁散射属性；和  
基于所接收的衍射信号和所接收的电磁散射属性确定对象的近似结构，其中，确定对象的近似结构的步骤包括以下步骤：

- (a1) 估计至少一个被估计的对象结构；
- (b1) 由所述至少一个被估计的对象结构确定至少一个模型衍射信号；
- (c1) 将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比；和
- (d1) 基于将所检测的衍射信号与所述至少一个模型衍射信号对比的结果确定对象的近似结构，

其中估计至少一个被估计的对象结构的步骤基于所检测的电磁散射属性。

## 用于确定衬底上的对象的近似结构的方法、检验设备以及衬底

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2009 年 10 月 12 日递交的美国临时申请 61/250,834 的优先权,其在此通过参考全文并入。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及用于确定衬底上的对象的近似结构。本发明可以应用于例如显微结构的基于模型的量测中,例如估计光刻设备的重叠性能或临界尺寸(CD)。

### 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(ICs)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化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。也可能通过将图案压印(imprinting)到衬底的方式从图案化装置将图案转移到衬底上。

[0005] 为了监测光刻过程,需要测量图案化的衬底的参数,例如形成在图案化衬底内或上面的连续的层之间的重叠误差或形成在图案化衬底上的层的临界尺寸。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不同的专用工具。一种专用的检验工具的形式是散射仪,其中辐射束被引导至衬底表面上的对象上,并且测量散射或反射束的属性。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到衬底上并且测量散射到特定的窄的角度范围的辐射的光谱(强度作为波长的函数)。角分辨散射仪使用单色辐射束,并且测量散射辐射的强度作为角度的函数。

[0006] 通过对比束在其已经被衬底反射或散射之前和之后的属性,可以确定衬底的属性。这例如可以通过对比由反射或散射束的测量获得的数据与已知的与已知的衬底属性相关的测量结果的库内存储的数据对比来完成。散射还可以基于由参数化模型得出的计算的信号与诸如衍射信号等测量的光学信号的拟合。

[0007] 目标是收集充分的独立的光学测量信号,以允许以足够的精确度来确定参数。尤其对于复杂的图案,需要用以描述轮廓的参数数量很大,由此要更多的光学测量信号。

### 发明内容

[0008] 根据本发明的第一方面,提供一种确定衬底上的对象的近似结构的方法。衬底包

括上层和下层,所述衬底包括第一区域,所述第一区域包括所述对象,所述对象包括上层的图案化部分和下层的一部分,并且所述衬底还包括没有上层的第二区域,所述第二区域包括下层的一部分。所述方法包括下列步骤。检测通过辐射束照射第一区域产生的衍射信号。检测通过辐射束照射第二区域引起的电磁散射属性。基于所检测的衍射信号和所检测的电磁散射属性确定对象的近似结构。

[0009] 根据本发明的第二方面,提供一种用于确定衬底上的对象的近似结构的检验设备。衬底包括上层和下层。衬底包括第一区域,第一区域包括对象,所述对象包括上层的图案化部分和下层的一部分,并且衬底还包括没有上层的第二区域,所述第二区域包括下层的一部分。所述检验设备包括:照射系统、检测系统以及处理器。照射系统配置成用辐射照射第一和第二区域。检测系统配置成检测由照射第一区域产生的衍射信号和检测由照射第二区域产生的电磁散射属性。处理器配置成基于所检测的衍射信号和所检测的电磁散射属性确定对象的近似结构。

[0010] 根据本发明的第三方面,提供一种计算机程序产品,包括用于确定衬底上的对象的近似结构的一个或多个机器可读指令序列,所述指令适于引起一个或多个处理器执行确定衬底上的对象的近似结构的方法。所述衬底包括上层和下层。衬底包括第一区域,所述第一区域包括所述对象,所述对象包括上层的图案化部分和下层的一部分,并且所述衬底还包括没有上层的第二区域,所述第二区域包括下层的一部分。所述方法包括下列步骤。接收通过辐射束照射第一区域产生的衍射信号。接收通过辐射束照射第二区域引起的电磁散射属性。基于所接收的衍射信号和所接收的电磁散射属性确定对象的近似结构。

[0011] 根据本发明的第四方面,提供一种用于确定衬底上的对象的近似结构的衬底。所述衬底包括上层和下层。所述衬底包括第一散射测量目标,所述第一散射测量目标包括所述对象,所述对象包括上层的图案化部分和下层的一部分,并且所述衬底还包括第二散射测量目标,所述第二散射测量目标没有上层并且第二散射测量目标包括下层的一部分。

[0012] 本发明的其他特征和优点以及本发明不同实施例的结构和操作将在下文中参照附图进行描述。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用途。基于这里包含的教导,其他的实施例对本领域技术人员将是显而易见的。

## 附图说明

[0013] 合并于此并且形成说明书的一部分的附图示出本发明,并且与相关描述一起进一步用于解释本发明的原理,使得本领域普通技术人员能够实现和使用本发明。

[0014] 图 1 示出一种光刻设备。

[0015] 图 2 示出一种光刻单元或簇。

[0016] 图 3 示出第一散射仪。

[0017] 图 4 示出第二散射仪。

[0018] 图 5 示出由散射仪测量重构一维周期衍射光栅的一般过程。

[0019] 图 6 示出根据本发明一个实施例执行用以确定叠层上的光栅的近似结构的测量过程。

[0020] 图 7 示出根据本发明一个实施例执行用以确定叠层上的交叉光栅的近似结构的测量过程。

[0021] 图 8 是示出根据本发明一个实施例的确定在晶片上的对象的近似结构的方法的流程图。

[0022] 图 9 是示出根据本发明一个实施例的确定在晶片上的对象的近似结构的方法的流程图,其中与测量对象并行地执行下层的重构。

[0023] 结合附图通过下面详细的说明,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

[0024] 本说明书公开一个或多个实施例,其中并入了本发明的特征。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。本发明由未决的权利要求来限定。

[0025] 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所有的特定的特征、结构或特性。而且,这些段落不必指的是同一个实施例。此外,当特定特征、结构或特性与实施例结合进行描述时,应该理解,无论是否明确描述,实现将这些特征、结构或特性与其他实施例相结合是在本领域技术人员所知的知识范围内。

[0026] 本发明的实施例可以应用到硬件、固件、软件或其任何组合。本发明实施例还可以应用为存储在机器可读介质上的指令,其可以通过一个或多个处理器读取和执行。机器可读介质可以包括任何用于以机器(例如计算装置)可读形式存储或传送信息的机构。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;传播信号的电、光、声或其他形式(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,这些描述仅为了方便并且这些动作实际上由计算装置、处理器、控制器或其他执行所述固件、软件、程序、指令等的装置来完成的。

[0027] 然而,在详细描述这些实施例之前,给出应用本发明的实施例的示例环境是有利的。

[0028] 图 1 示意地示出一种光刻设备。所述设备包括:照射系统(照射器)IL,其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,其构造用于支撑图案化装置(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化装置的第一定位装置 PM 相连;衬底台(例如晶片台)WT,其构造用于保持衬底(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化装置 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。

[0029] 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。

[0030] 所述支撑结构 MT 支撑,即承载图案化装置的重量。支撑结构 MT 以依赖于图案化装置的方向、光刻设备的设计以及诸如图案化装置是否保持在真空环境中等其他条件的方式

保持图案化装置。所述支撑结构 MT 可以采用机械的、真空的、静电的或其它夹持技术保持图案化装置。所述支撑结构 MT 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 MT 可以确保图案化装置位于所需的位置上(例如相对于投影系统)。这里使用的术语“掩模版”或“掩模”可以看作与更为上位的术语“图案化装置”同义。

[0031] 这里所使用的术语“图案化装置”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上赋予辐射束、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相同(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。

[0032] 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。掩模在光刻技术中是熟知的,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。

[0033] 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。这里任何使用的术语“投影透镜”可以认为是与更上位的术语“投影系统”同义。

[0034] 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)。

[0035] 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。

[0036] 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覆盖(例如水),以便填满投影系统和衬底之间的空间。浸没液体还可以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。浸没技术在本领域是熟知的用于提高投影系统的数值孔径。这里使用的术语“浸没”并不意味着必须将结构(例如衬底)浸入到液体中,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。

[0037] 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开的实体(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。

[0038] 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 IL 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  $\sigma$ -外部和  $\sigma$ -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 IL 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。

[0039] 所述辐射束 B 入射到保持在支撑结构（例如，掩模台 MT）上的所述图案化装置（例如，掩模 MA）上，并且通过所述图案化装置 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 IF（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。

[0040] 可以将所示的设备用于以下模式中的至少一种中：

[0041] 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。

[0042] 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）。

[0043] 3. 在另一个模式中，将用于保持可编程图案化装置的掩模台 MT 保持为基本静止状态，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化装置。这种操作模式可易于应用于利用可编程图案化装置（例如，如上所述类型的可编程反射镜阵列）的无掩模光刻中。

[0044] 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。

[0045] 美国专利第 7, 522, 293 号描述了一种用于多图案化层的光学量测的方法，包括在第二图案化层形成在第一图案化层上之前获得从第一图案化层测量的第一测量衍射信号，所述专利通过参考在此全文并入。在该专利中提出的方法要求每个晶片通过量测工具两次。在形成第二图案化层期间必须存储第一次通过的测量结果。这对后勤工作和数据管理带来影响。第一测量结果必须可以用于第二次测量时的测量工具，优选不依赖于一系列等同测量工具中的实际测量工具。此外，测量工具的校准会在测量过程之间偏移。

[0046] 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。衬底输送装置或机械手 RO 从输入/输出口 I/O1、I/O2 拾取衬底,然后将它们在不同的处理设备之间移动,然后将它们移动到光刻设备的进料台 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量 and 处理效率最大化。

[0047] 为了由光刻设备曝光的衬底被正确地 and 一致地曝光,需要检验经过曝光的衬底以测量属性,例如连续层之间的重叠误差、线厚度、临界尺寸(CD)等。如果检测到误差,可以对连续衬底的曝光进行调整(尤其是如果检验能够即刻完成或足够迅速到使同一批次的其他衬底仍处于待曝光状态时)。此外,已经曝光过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。

[0048] 检验设备被用于确定衬底的属性,且尤其,用于确定不同的衬底或同一衬底的不同层的属性如何从层到层变化。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经过曝光的抗蚀剂层上的属性。然而,抗蚀剂中的潜影具有很低的对比度(在经过辐射曝光的抗蚀剂部分和没有经过辐射曝光的抗蚀剂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效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,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。

[0049] 图 3 示出可以用在本发明的实施例中的散射仪。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,光谱仪检测器 4 测量镜面反射辐射的光谱 10(强度是波长的函数)。通过这个数据,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(RCWA)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)进行重构。通常,对于所述重构,已知所述结构的通常形式,且通过根据所述结构的制作工艺的知识假定一些参数,仅留有结构的一些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。

[0050] 可以用于本发明一个实施例的另一个散射仪如图 4 所示。在该装置中,由辐射源 2 发出的辐射采用透镜系统 12 通过干涉滤光片 13 和偏振器 17 被聚焦,由部分反射表面 16 反射并经由具有高数值孔径(NA)(优选至少 0.9 或更优选至少 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,所反射的辐射通过部分反射表面 16 透射入检测器 18,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 上,然而,光瞳平面可以替代地通过辅助的光学元件(未示出)在检测器上重新成像。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。

[0051] 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,辐射束的一部分通过所述分束器作为参考束朝向参考反射镜 14 透射。然后,所述参考束被投影到同一检测器 18 的不同部分上。

[0052] 一组干涉滤光片 13 可用于在如 405-790nm 或甚至更低(例如 200-300nm) 的范围中选择感兴趣的波长。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。

[0053] 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上是独立的,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场和横向电场偏振光的强度和/或在横向磁场和横向电场偏振光之间的相位差。

[0054] 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而生的色彩),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”可以是已经用光纤束被分割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的信息的三维光谱(波长和两个不同角度)。这允许更多的信息被测量,这增加量测工艺的鲁棒性(robustness)。这在 EP1,628,164A 中进行了更详细的描述,该文档以引用的方式整体并入本文中。

[0055] 衬底 W 上的目标 30 可以是光栅,其被印刷成使得在显影之后,所述条纹为实抗蚀剂线的形式。所述条纹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) 中的像差和照射对称度敏感,且这种像差的存在将表明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。光栅的参数(例如线宽和线形)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实现。

[0056] 如上所述,目标在衬底的表面上。该目标在光栅中将通常具有一系列的线的形状或具有二维阵列形式的大致矩形的结构。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,获得目标形状信息用于 CD(临界尺寸)一致性和重叠量测。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 一致性仅是光谱上的光栅的一致性的测量结果、用以确定光刻设备的曝光系统是如何实现功能的。具体地,CD 或临界尺寸是被“写入”到衬底上的对象的宽度(如图 5 所示的目标的宽度)并且是光刻设备能够物理地写入到衬底上的极限。

[0057] 参照图 5 给出通常对于一维周期结构实施的目标形状和/或材料属性(也称为标记形状)的测量方法。

[0058] 1. 在 504,估计目标形状 502。估计的形状被给定不同的参数,例如  $\alpha^{(0)}$ 、 $\beta^{(0)}$ 、 $X^{(0)}$  等。这些参数中的每一个可以是例如每个侧壁的角度、目标的顶部的高度、目标顶部处的宽度、目标底部处的宽度等。

[0059] 2. 通常,严格的光学衍射方法,例如 RCWA 被用于计算(506) 散射属性,例如估计的目标形状的估计的衍射图案或模型衍射图案。例如估计的反射或透射系数或模型反射或透

射系数等其他电磁散射属性可以用于代替估计的或模型衍射图案或者用于获得估计的或模型衍射图案。

[0060] 3. 随后通过使用辐射束照射衬底上的目标并检测衍射束来测量衬底上的实际目标 508 的衍射图案 506, 其图案将依赖于目标的属性。测量的衍射图案和模型衍射图案发往诸如计算机等计算系统。

[0061] 4. 随后比较 512 测量的衍射图案和模型衍射图案, 任何差值被馈给“价值函数”计算 514。

[0062] 5. 使用将特定目标参数的敏感度与衍射图案的形状相关联的价值函数估计 516 新的形状参数。这可以给出较靠近图 5 中底部形状 518 的形状, 其具有诸如  $\alpha^{(1)}$ 、 $\beta^{(1)}$ 、 $X^{(1)}$  等新的参数。这些可以被迭代地反馈至步骤 1 和重复步骤 1 至 5, 直到获得想要的精确性, 由此确定近似的目标结构。

[0063] 这个迭代过程的计算时间主要由前向衍射模型 (即, 使用严格的光学衍射理论由估计的目标形状计算估计的模型衍射图案) 确定。如果需要更多的参数, 则需要更多的计算时间。

[0064] 在步骤 2 可以计算用于不同的估计的目标形状的多个模型衍射图案并存储在库内。随后, 在步骤 4 中, 将测量的衍射图案与步骤 2 中生成的库内的模型衍射图案对比。如果发现匹配, 则可以确定用以产生匹配的库图案的估计的目标形状时近似的对象结构。因此, 如果使用库并且找到匹配则可以不需要迭代。替换地, 库搜索可以用于确定一组的粗略的形状参数, 随后通过使用价值函数一次或多次迭代来确定一组更加精确的形状参数, 以便确定近似的对象结构。

[0065] 图 6 示出正在执行以确定对象的近似结构的测量, 在本示例中对象是根据本发明的一个实施例的晶片衬底上的叠层上的光栅。

[0066] 晶片衬底具有上层 602 和下层 604。下层可以由若干层 604 至 610 形成。虽然在图中上层被示出为具有一个层 602, 但是其可以由多于一个层构成。衬底具有第一散射测量目标区域 612, 其包括叠层上的光栅。叠层上的光栅由上层 602 和下层 606-610 构成。上层 602 被图案化具有周期性光栅。衬底还具有相邻的第二散射测量目标区域 614, 其中没有上层。通过让这些区域相对于晶片的直径彼此靠近, 则跨经晶片的结构的变化和材料参数的变化被最小化。当这些区域相邻或靠近, 也可以较快在区域之间移动。第二区域 614 仅具有未图案化的下层 606-610。

[0067] 通过测量由辐射束 618 照射第一区域 614 产生的衍射辐射 616 检测衍射信号, 并基于由衍射辐射 616 检测的衍射信号以及使用检测的电磁散射属性 (此处是通过测量由辐射束 622 照射第二区域 614 产生的反射光 620 获得的零级反射信号) 确定叠层上的光栅的近似结构, 来确定叠层上的光栅的结构。辐射束 618 和 622 可以是相同的辐射束和 / 或来自相同的散射仪。确定叠层上的光栅的近似结构的步骤涉及使用检测的零级反射信号以确定下层的近似结构。

[0068] 可以以任何次序完成在第一和第二区域 612 和 614 的测量。首先测量第二区域 614 的优点在于, 下层的近似结构的重构可以在检测到零级反射信号就开始, 并且例如同时在晶片台将衬底从第二区域 614 移动至第一区域 612。这意味着, 如果下层重构足够快, 则一旦完成通过测量衍射辐射 616 来检测衍射信号, 叠层上的光栅的重构就可以将下层模型

直接馈给其中。

[0069] 在形成上层 602 和下层 604-610 之后,执行第一和第二区域 612 和 614 的照射以及相应的检测。

[0070] 根据图 5 的方法可以执行确定图 7 中的区域 612 中的叠层上的光栅的近似结构的步骤,其中来自衍射辐射 616 的测量的衍射信号对应所测量的衍射图案 506,估计目标形状(即,叠层上光栅的结构)的步骤 504 是基于检测的来自第二区域 614 的零级反射信号。

[0071] 通过以与图 5 的方法类似的方法,确定下层 604-610 的近似结构可以完成该估计步骤 504,但是其中使用通过测量来自第二区域 614 的反射辐射 620 检测的零级反射信号,而不是使用图 5 中的测量的衍射图案 506。

[0072] 参照图 5 中相应的编号,根据下面的步骤执行确定下层 604-610 的近似结构的方法。

[0073] 1. 估计下层结构 504。估计的结构被给定不同的参数,例如  $\alpha^{(0)}$ 、 $\beta^{(0)}$ 、 $X^{(0)}$  等。这些参数中的每一个可以是例如层的厚度、层的材料属性等。

[0074] 2. 通常,严格的光学衍射方法,例如 RCWA 被用于计算散射属性或反射属性,例如估计的下层结构的估计的零级反射信号或模型零级反射信号。其他电磁散射属性,例如估计的或模型反射或透射系数可以用以代替估计的或零级反射信号,或用以获得估计的或零级反射信号。

[0075] 3. 然后,通过用辐射束 622 照射衬底上的目标第二区域 614 并检测反射的零级束 620 来测量衬底上实际的下层结构的零级反射信号以获得零级反射信号,其特征将依赖于下层结构的属性。这种测量的零级反射信号和模型零级反射信号被前馈至诸如计算机等计算系统。

[0076] 4. 然后,对比 512 测量的零级反射信号和模型零级反射信号,并且任何差值或差异被馈给“价值函数”的计算 514。

[0077] 5. 使用将特定目标参数的敏感度与零级反射信号相关联的价值函数估计 516 新的下层结构参数。这可以得出下层结构,其具有诸如  $\alpha^{(1)}$ 、 $\beta^{(1)}$ 、 $X^{(1)}$  等新的参数。这些可以被迭代地反馈至步骤 1 和重复步骤 1 至 5,直到获得想要的精确性,由此确定近似的下层结构。

[0078] 图 7 示出测量,其被执行以确定对象的近似结构,在该示例中对象是根据本发明一个实施例的晶片衬底上的叠层上的交叉光栅。图中与图 6 相同的部件用与图 6 中相同的附图标记表示。图 7 中的差异在于,下层 704 在散射测量目标区域 712 和 714 处都被图案化具有相同的图案,在该示例中是周期性光栅。因为下层 704 中的图案,辐射束 622 被衍射。因此,通过测量衍射辐射 720 获得检测的检测的电磁散射属性是衍射信号或衍射图案。

[0079] 可以根据图 5 的方法执行确定图 7 中的区域 712 内叠层上的交叉光栅的近似结构的步骤,其中由测量来自第一区域 712 的衍射辐射 616 得来的衍射信号对应步骤 3 中测量的衍射图案 506,并且估计目标形状(即,叠层上交叉光栅的结构)的步骤 504 是基于由第二区域 714 所检测的衍射图案。

[0080] 该估计步骤 504 可以通过再次依据图 5 的方法确定下层 704、606-610 的近似结构来完成,但是其中,由检测来自第二区域 714 的衍射辐射 720 得来的衍射图案对应图 5 中的测量的衍射图案 506。

[0081] 虽然在图 6 和 7 中示出的示例中使用一维周期性光栅,但是可以使用例如具有二维周期性的其他散射测量目标结构。

[0082] 图 8 是示出根据本发明一个实施例的确定晶片上的对象的近似结构的方法的流程图。在测量 804 下层位置(例如,图 6 中的 614 和图 7 中的 714)之后,存储 806 结果。808 处,移动晶片台将散射仪对准主位置。测量 810 主位置,存储 812 结果。最后,使用所存储的下层和主位置测量结果来重构主位置结构(例如,图 6 中的区域 612 内的叠层上的光栅,或图 7 中区域 712 内的叠层上的交叉光栅)。

[0083] 图 9 是示出根据本发明一个实施例的确定晶片上的对象的近似结构的方法的流程图 902。与参照图 8 描述的方法对比,与测量主位置并行地执行下层的重构。在测量 904 下层位置之后,使用下层位置测量结果执行下层的重构 906。存储 908 最终的下层模型。同时,移动 910 晶片台以将散射仪与主位置对准。测量 912 主位置,并存储结果 914。最后,使用存储的下层模型和主位置测量结果重构主位置结构(例如图 6 的区域 612 内叠层上的光栅,或图 7 的区域 712 内的叠层上的交叉光栅)。

[0084] 本发明的多个实施例测量与将要被测量的下层之上的图案化上层的位置类似或不远的不同位置上的图案化下层或未图案化的下层的特征参数。

[0085] 本发明的优点在于,仅需要一次量测通过。来自下层的数据不需要存储较长时间段,并且将可在第二测量中自动地可用。可以在相同的校准状态、相同的工具上执行两次测量,由此减小误差。

[0086] 上面参照图 3 和 4 描述的处理单元 PU 可以配置成通过使用这里所说的方法重构对象的近似结构。

[0087] 处理单元 PU 可以与包含用于确定衬底上的对象的近似结构的一个或多个机器可读指令序列的计算机程序产品协同操作,所述指令适于引起 PU 中的一个或多个处理器执行这里所述的方法。在这种布置中,在处理单元 PU 上运行的软件模块可以接收衍射信号和来自散射仪的其他部件的电磁散射属性。

[0088] 虽然在本文中详述了检验方法和设备用在制造 ICs(集成电路),但是应该理解到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(LCDs)、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。

[0089] 虽然上面详述了本发明的实施例在光刻设备的应用,应该注意到,本发明可以有其它的应用,例如压印光刻,并且只要情况允许,不局限于光学光刻。在压印光刻中,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,所述图案形成装置从所述抗蚀剂上移走,并在抗蚀剂中留下图案。

[0090] 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。

[0091] 在允许的情况下,术语“透镜”可以表示不同类型的光学构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构件。

[0092] 术语“电磁”包括电和磁。

[0093] 术语“电磁散射属性”包括:包括光谱(例如作为波长的函数的强度)、衍射图案(作为位置/角度的函数的强度)以及横向磁偏振和横向电偏振光的相对强度和/或横向磁偏振和横向电偏振光之间的相差的散射测量参数和反射和透射系数。例如通过使用反射系数可以计算衍射图案本身。

[0094] 因此,虽然参照反射散射描述了本发明的实施例,但是本发明也可以应用至透射散射。

[0095] 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。

[0096] 结论

[0097] 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多个、但不是发明人预期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未决的权利要求。

[0098] 上面借助示出具体功能的应用及其关系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实施就可以限定替换的边界。

[0099] 具体实施例的前述说明将充分地揭示本发明的一般特性,以致于其他的实施例通过应用本领域技术人员知识可以在不需要过多的实验、不脱离本发明的一般概念的情况下容易地修改和/或适应不同应用。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和说明而不是限制,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。

[0100] 本发明的宽度和范围不应该被上述的示例性实施例限制,而应该仅根据下面的权利要求及其等价物限定。

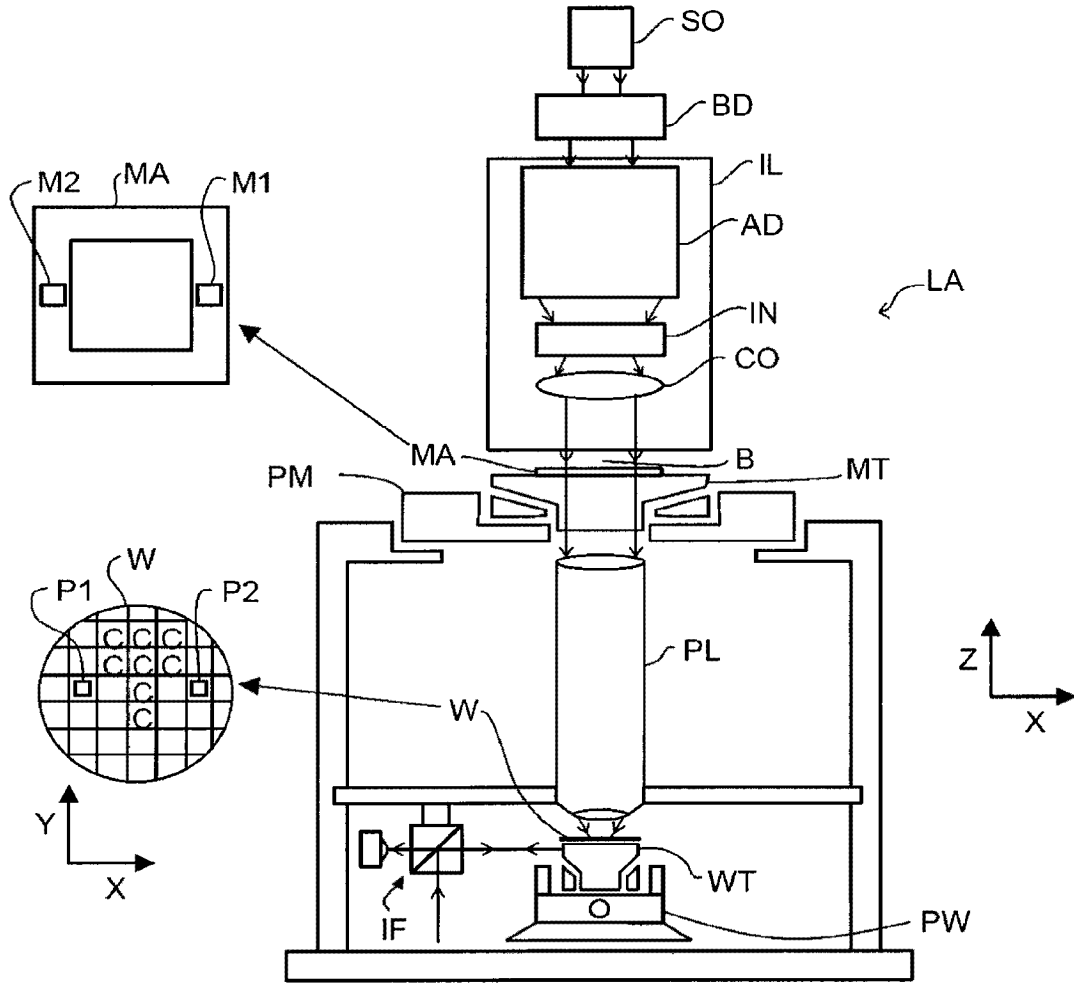


图 1

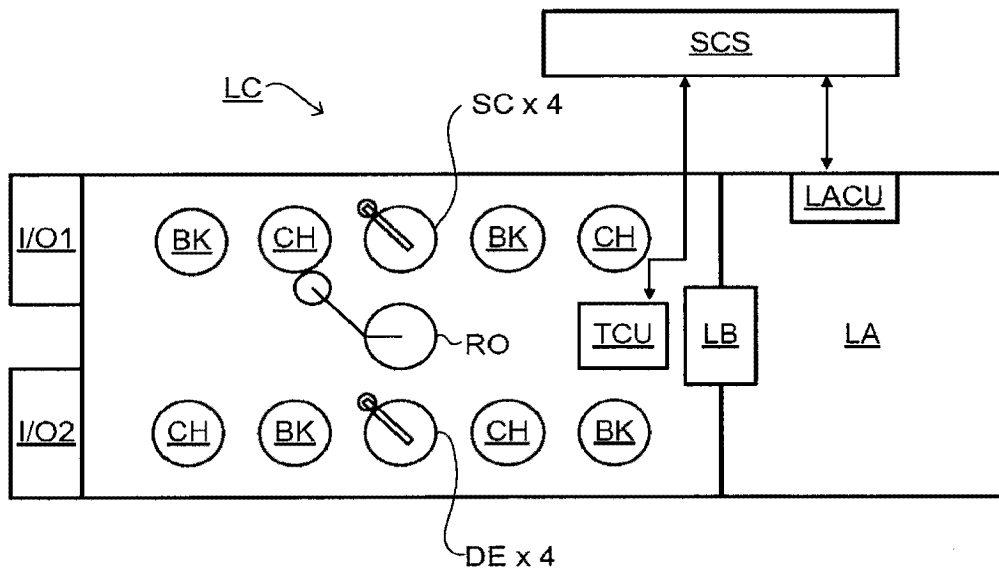


图 2



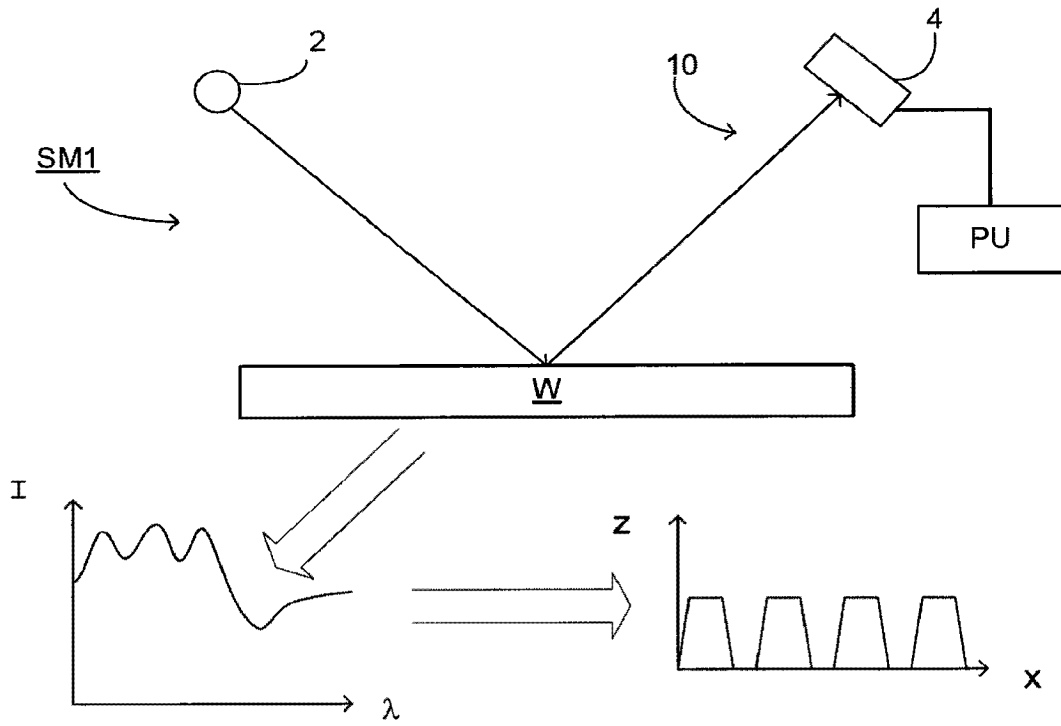


图 3

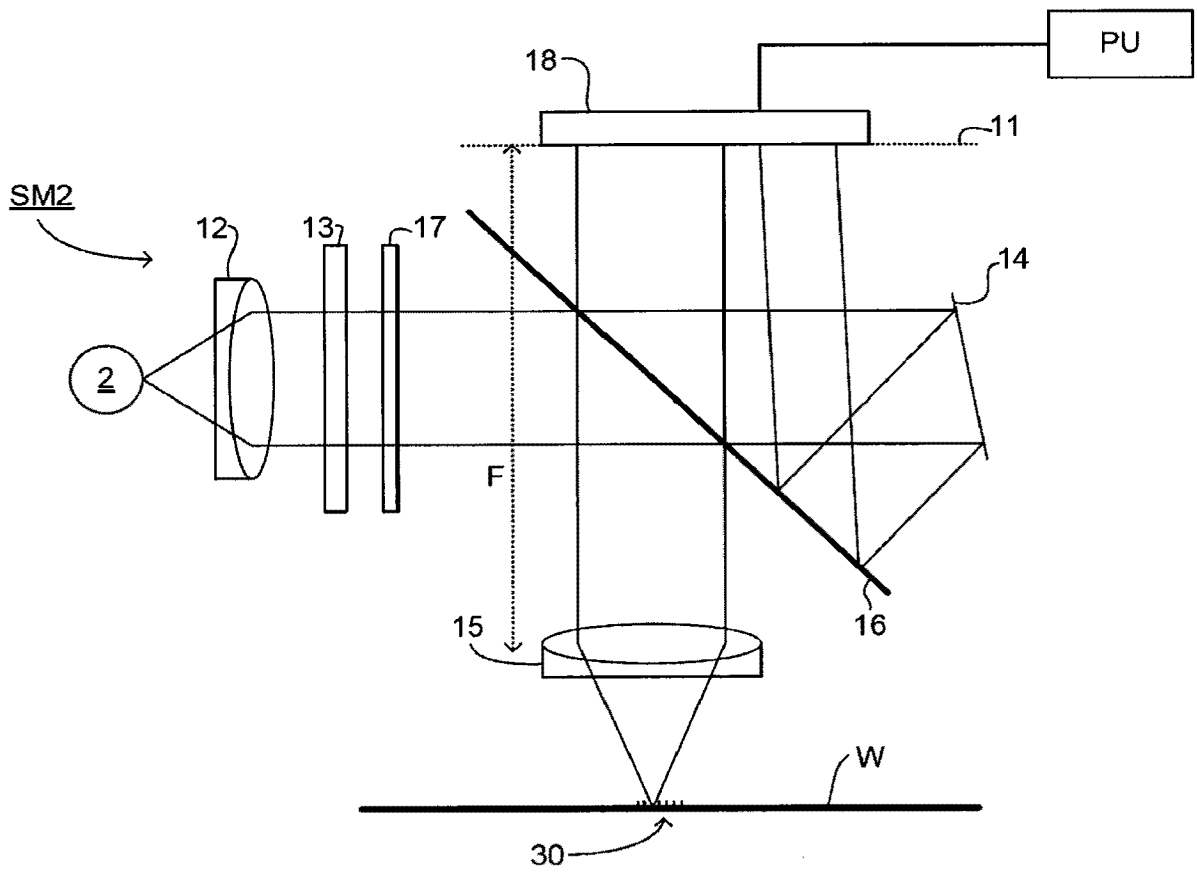


图 4

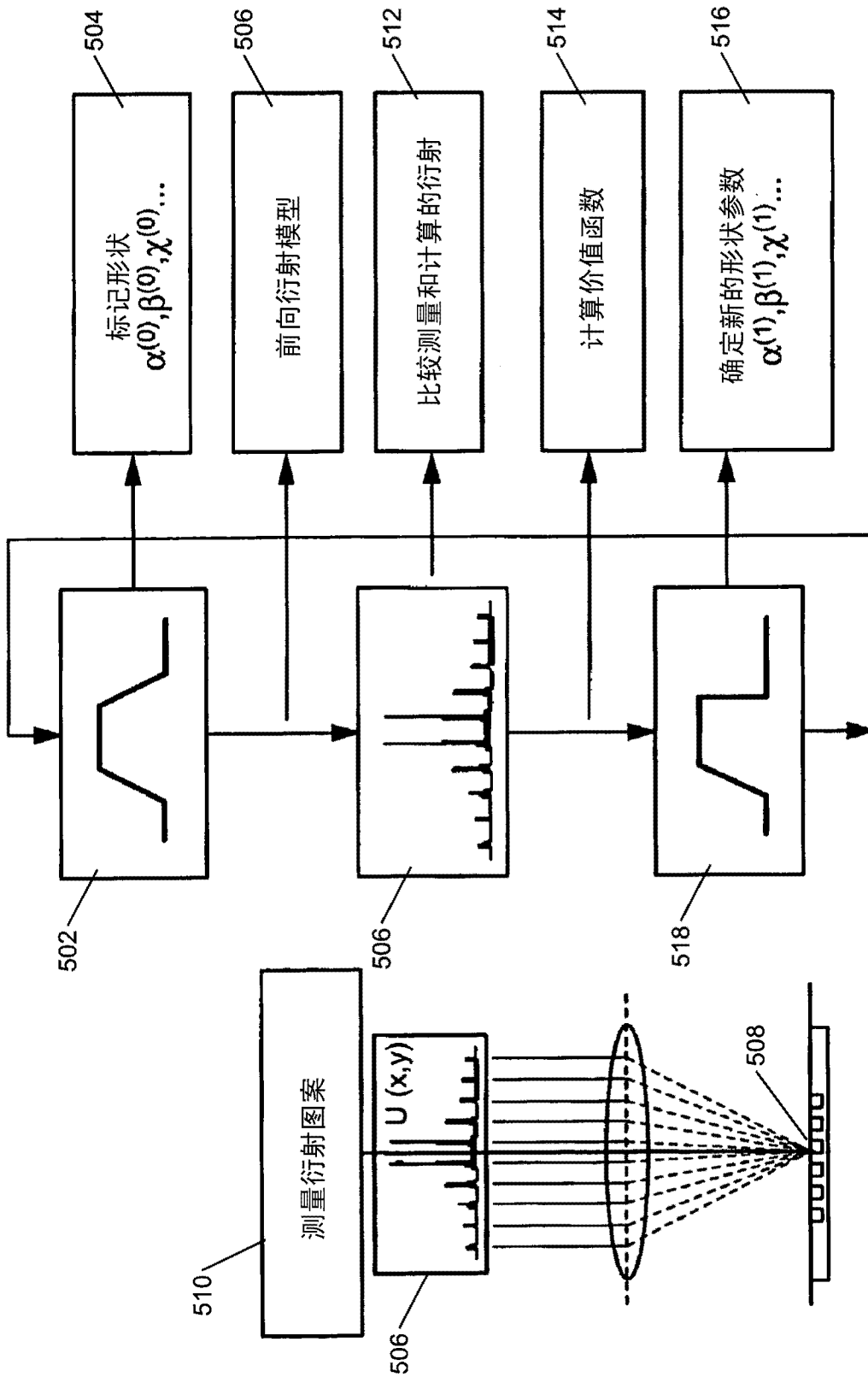


图 5

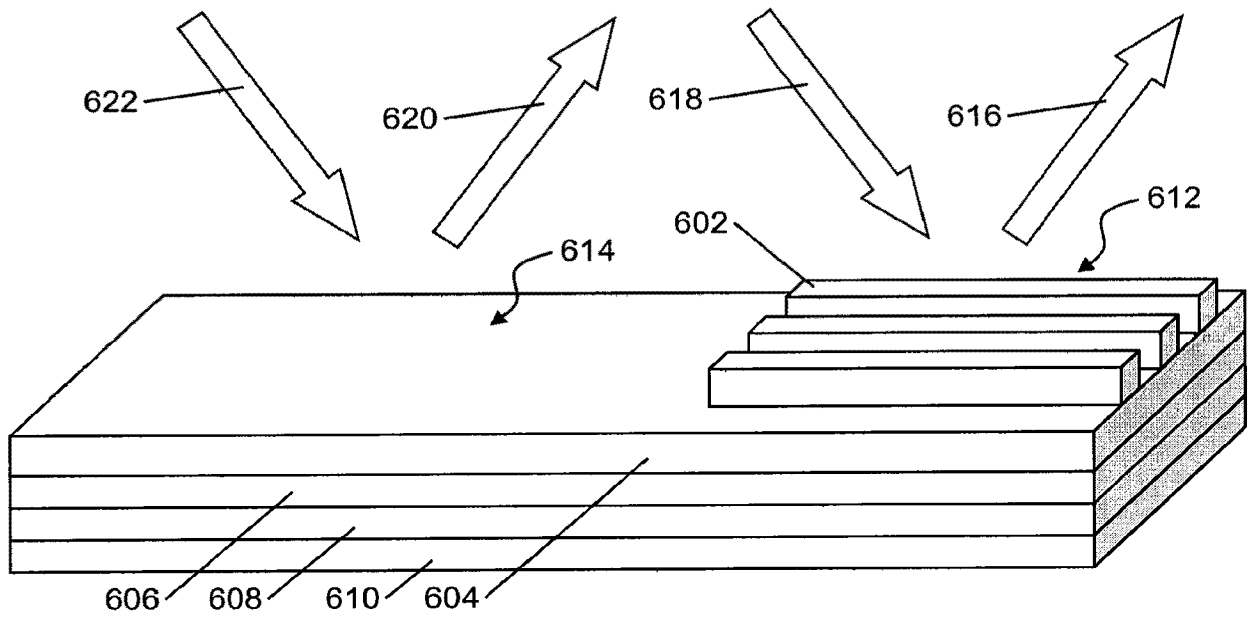


图 6

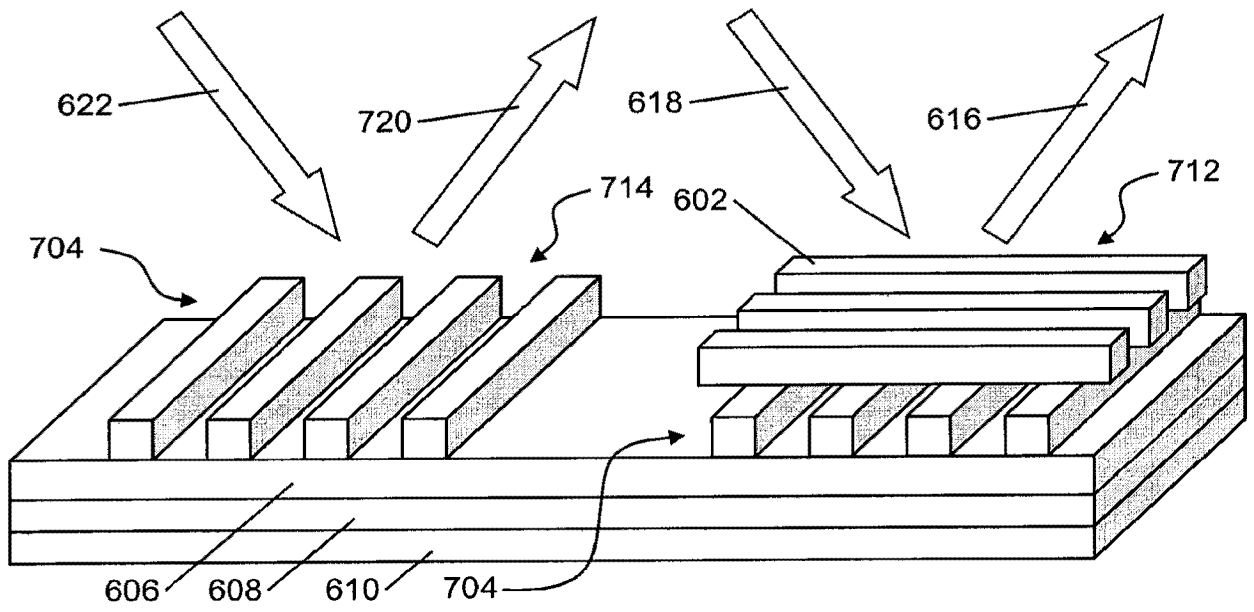


图 7

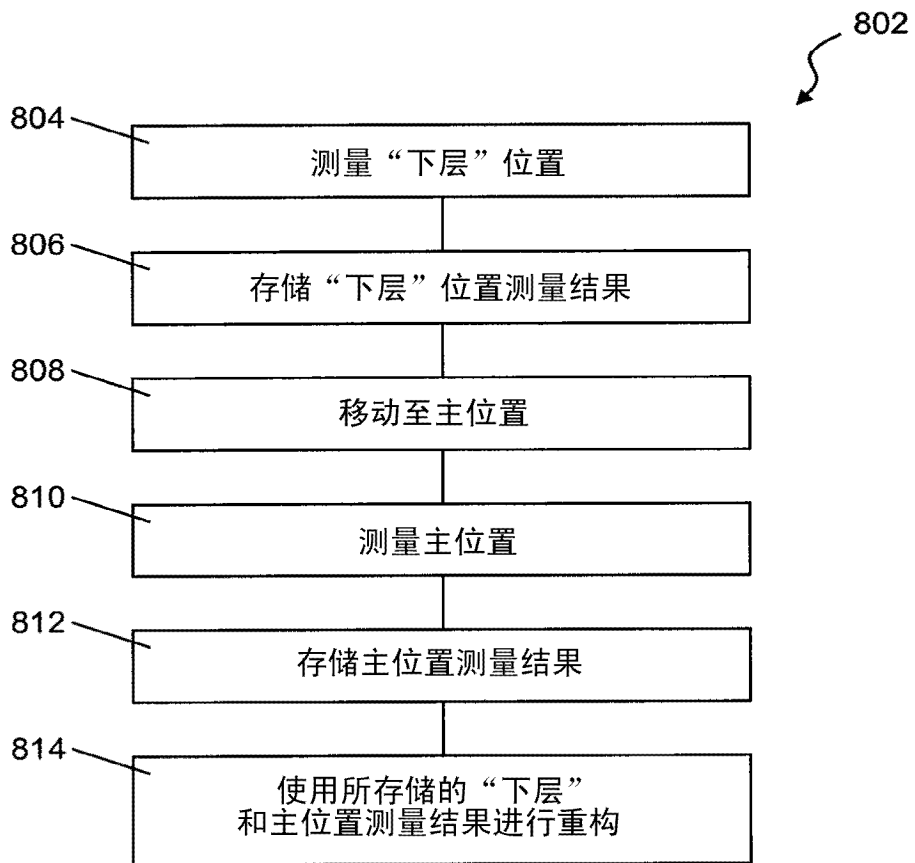


图 8

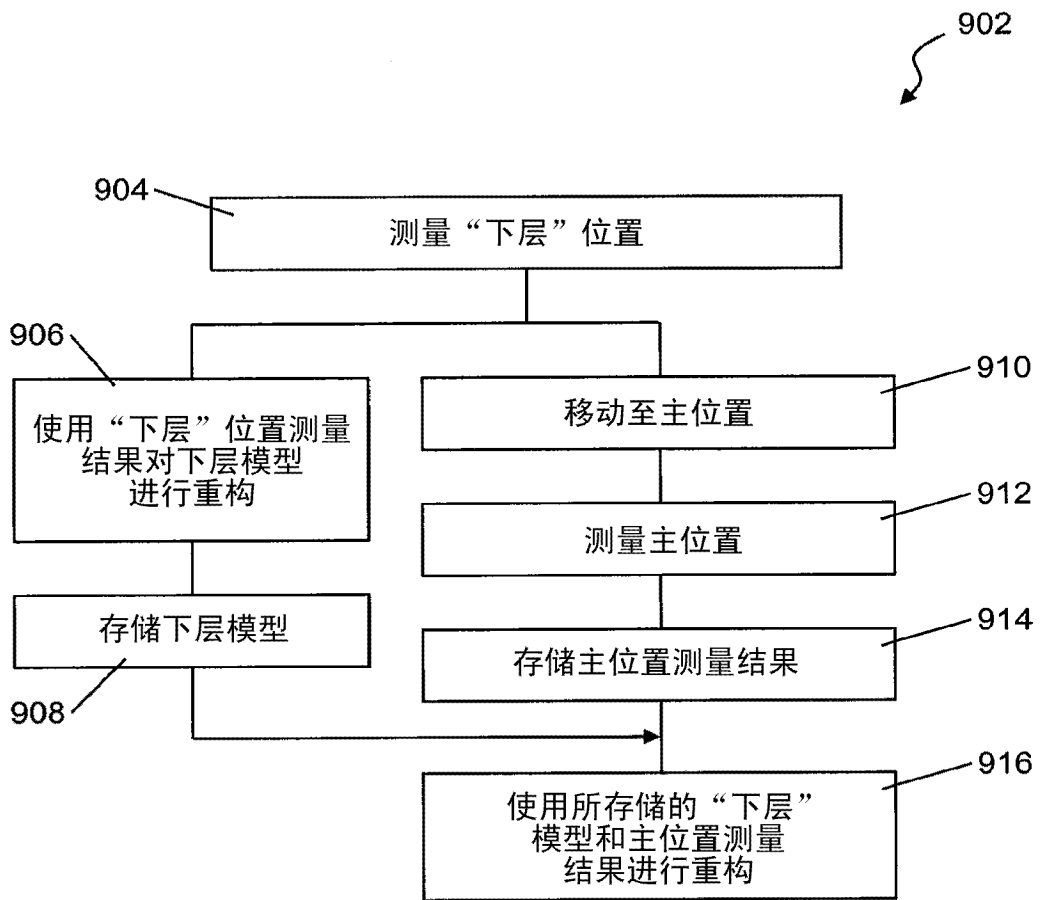


图 9