



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103838089 B

(45)授权公告日 2017.01.18

(21)申请号 201310593722.8

(22)申请日 2013.11.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103838089 A

(43)申请公布日 2014.06.04

(30)优先权数据

2012-257363 2012.11.26 JP

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 三上晃司

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 欧阳帆

(51)Int.Cl.

G03F 7/20(2006.01)

G03F 1/36(2012.01)

(56)对比文件

US 2012/0208111 A1, 2012.08.16,

审查员 丁文

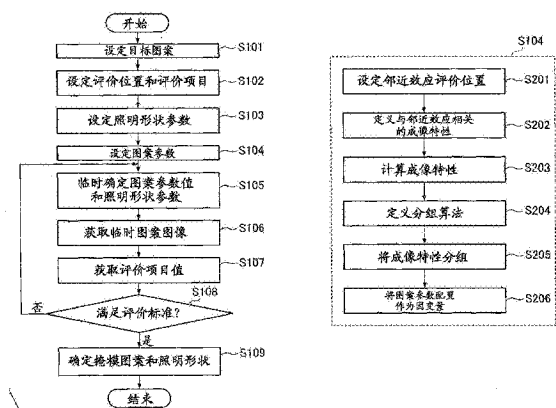
权利要求书2页 说明书15页 附图5页

(54)发明名称

确定掩模图案和曝光条件的方法以及计算机

(57)摘要

本发明涉及确定掩模图案和曝光条件的方法以及计算机。一种确定方法包括如下步骤：设定用于定义掩模的多个图案元素的形状的第一参数；设定用于定义有效光源分布的第二参数；以及在改变第一参数和第二参数的值的同时重复掩模图案的图像的计算以及评价项目的值的计算的过程，由此确定有效光源分布以及掩模图案，其中通过使用表示邻近效应的指标的将图案元素的参数设定作为一个参数。



1.一种用于通过使用计算机确定由照明光学系统形成的有效光源分布以及用在曝光设备中的掩模的图案的确定方法,所述曝光设备包括被配置为使用来自光源的光照射掩模的照明光学系统和被配置为将掩模的多个图案元素的图像投影到衬底上的投影光学系统,所述方法包括如下的步骤:

设定用于评价在投影光学系统的像面上的掩模的多个图案元素的图像的评价位置、以及用于在评价位置处评价的评价项目;

设定用于定义掩模的多个图案元素的形状的第一参数;

设定用于定义有效光源分布的第二参数;以及

在改变第一参数和第二参数的值的同时重复掩模的多个图案元素的图像的计算以及评价项目的值的计算的过程,由此确定有效光源分布以及掩模的图案,

其特征在于,

在设定第一参数的步骤中,掩模的多个图案元素中的图案元素的第一参数通过使用表示邻近效应的指标的值得设定作为一个图案元素的一个第一参数,所述邻近效应为掩模的多个图案元素中的与评价图案元素相邻的相邻图案元素对评价图案元素的评价位置处的评价图案元素的图像所具有的邻近效应,

在重复所述过程时,在改变所设定的一个第一参数的值的同时计算掩模的多个图案元素的图像和评价项目的值。

2.根据权利要求1所述的确定方法,其中设定第一参数的步骤包括如下的步骤:

定义图像形成特性;

设定被配置为评价图像形成特性的第二评价位置;

计算关于每个第二评价位置的图像形成特性的每个值;

将所计算出的图像形成特性的值分组到预设的组中,并且将图像形成特性的多个值分组到一个组中;以及

将与被分组到一个组中的图像形成特性的值对应的第二评价位置中的第一参数设定作为一个第一参数。

3.根据权利要求2所述的确定方法,

其中设定第一参数的步骤包括定义用于将所计算出的图像形成特性的值分组到预设数量的组中的算法的步骤,以及

其中所述算法是用于在被输入到相同的组中的图像形成特性的值的范围内分组的算法,以及

其中,在分组的步骤中,计算图像形成特性的值的范围中的每个组的中值,并且对于包括所计算出的中值的每个组执行分组。

4.根据权利要求3所述的确定方法,其中中值被计算为使中值和各个图像形成特性的值之间的差的平方和最小化。

5.根据权利要求3所述的确定方法,其中使用等差数列设定中值。

6.根据权利要求1所述的确定方法,其中表示邻近效应的指标是评价图案元素的图像和相邻图案元素的图像之间的尺寸差。

7.根据权利要求1所述的确定方法,其中表示邻近效应的指标是在使用第一有效光源分布照射评价图案元素的情况与使用具有与第一有效光源分布的形状不同的形状的第二

有效光源分布照射评价图案元素的情况之间的评价图案元素的尺寸差。

8.根据权利要求3所述的确定方法,还包括改变组的数量并且重复有效光源分布和掩模的图案的确定的步骤。

9.根据权利要求8所述的确定方法,其中通过对于有效光源分布和掩模的图案的确定的计算次数是否已经超过预定数量,来确定是否改变组数量。

10.一种用于通过使用计算机确定由照明光学系统形成的有效光源分布以及用在曝光设备中的掩模的图案的确定设备,所述曝光设备包括被配置为使用来自光源的光照射掩模的照明光学系统和被配置为将掩模的多个图案元素的图像投影到衬底上的投影光学系统,所述确定设备包括:

用于设定用于评价在投影光学系统的像面上的掩模的多个图案元素的图像的评价位置、以及用于在评价位置处评价的评价项目的装置;

用于设定用于定义掩模的多个图案元素的形状的第一参数的装置;

用于设定用于定义有效光源分布的第二参数的装置;以及

用于在改变第一参数和第二参数的值的同时重复掩模的多个图案元素的图像的计算以及评价项目的值的计算的过程,由此确定有效光源分布以及掩模的图案的装置,

其特征在于,

当设定第一参数时,掩模的多个图案元素中的图案元素的第一参数通过使用表示邻近效应的指标的值被设定作为一个图案元素的一个第一参数,所述邻近效应为掩模的多个图案元素中的与评价图案元素相邻的相邻图案元素对评价图案元素的评价位置处的评价图案元素的图像所具有的邻近效应,

当在重复所述过程时,在改变所设定的一个第一参数的值的同时计算掩模的多个图案元素的图像和评价项目的值。

确定掩模图案和曝光条件的方法以及计算机

技术领域

[0001] 本公开涉及确定掩模图案和曝光条件的方法以及用于其的计算机。

背景技术

[0002] 曝光设备是在用于半导体装置等的制造工艺中包括的光刻步骤中通过投影光学系统将掩模(原版)上形成的图案转印到感光的衬底(其表面上形成有抗蚀剂层的晶片(wafer)等)上的设备。近来曝光设备被配置为通过使用诸如变形照明、光学邻近校正(optical proximity correction, OPC)等之类的超分辨率技术运行被用作曝光条件的在照射掩模时的照明形状(有效光源分布)或者掩模图案的优化, 以便顺应装置小型化的发展。在照明形状的优化期间, 首先, 设定对于装置的目标图案(布局图案)、对于图像形成特性的评价位置、以及评价位置处的评价项目(例如尺寸、焦深(DOF)、曝光裕度、等等)。然后, 执行转印图案(要形成在投影光学系统的像面上的图案)的计算, 该转印图案与照明形状的变化关联, 由此获得对于转印图案上的评价位置处的评价项目的值。转印图案的计算以及评价值的计算被重复直到值满足评价标准或者直到照明形状的改变的次数达到预定次数为止。在这时候, 可以用数字表示照明形状, 并且例如, 在具有特定强度的环状的照明中, 照明形状由使用内侧 σ 和外侧 σ 作为参数(变量)的函数来表示。使用蒙特卡罗方法(Monte Carlo Method)等来优化这些参数。然而, 即使掩模的图案是相同的, 当照明形状被改变时, 转印图案也改变。因此, 当改变照明形状时, 存在转印图案将偏离目标图案的可能性。因此, 需要OPC以便确保转印图案和目标图案之间的对应。每当照明形状改变或者当照明形状改变了特定量时运行OPC。以这样的方式顺序地校正照明形状和掩模图案的方法被称为传统的源掩模优化(Source Mask Optimization, SMO)技术。

[0003] 在这点上, 正变得越来越难以在掩模上形成具有足够精度的图案以便跟上小型化的快速发展。这是由于与照明形状分离地优化掩模图案的事实。如上面公开的, 作为依赖于照明形状的结果, 通常在确定(优化)照明形状之后运行OPC。因此, 因为掩模图案随着OPC的运行的结果而改变, 所以可能有在运行OPC之前确定的照明形状将不再最佳的情况。在该上下文中, 日本专利申请公开No. 2011-95729公开了当处理作为装置的存储单元或者电路元件的库单元等时用于同时优化照明形状和掩模图案的SMO技术。这个技术使得能够确定照明形状(照明形状参数)和掩模图案(图案参数)两者, 由此使得能够在衬底上形成具有足够精度的转印图案。

[0004] 当应用于具有相对大量的图形的装置图案(诸如单元块或者外围电路)时, 日本专利申请公开No. 2011-95729中公开的技术由于形成优化变量的一部分的大量的图案参数而需要用于优化收敛的时间。结果, 例如, 虽然可以提出在预定次数处截断优化计算, 但是在那种情况下, 不能获得高精度图案参数或者照明形状参数。

发明内容

[0005] 本公开提供一种用于有效确定曝光条件和掩模图案由此使得能够在衬底上形成

高精度图案的方法。

[0006] 本公开涉及一种用于通过使用计算机确定由照明光学系统形成的有效光源分布以及用在曝光设备中的掩模的图案的确定方法,所述曝光设备包括被配置为使用来自光源的光照射掩模的照明光学系统和被配置为将掩模的多个图案元素的图像投影到衬底上的投影光学系统。所述方法包括如下的步骤:设定用于评价在投影光学系统的像面上的掩模的多个图案元素的图像的评价位置、以及用于在评价位置处评价的评价项目;设定用于定义掩模的多个图案元素的形状的第一参数;设定用于定义有效光源分布的第二参数;以及在改变第一参数和第二参数的值的同时重复掩模的多个图案元素的图像的计算以及评价项目的值的计算的过程,由此确定有效光源分布以及掩模的图案。在设定第一参数的步骤中,掩模的多个图案元素中的图案元素的参数通过使用表示邻近效应的指标的值被设定作为一个参数,所述邻近效应为掩模的多个图案元素中的与评价图案元素相邻的相邻图案元素对评价图案元素的评价位置处的评价图案元素的图像所具有的邻近效应。

[0007] 从以下参考附图的示例性实施例的描述中本发明更多的特征将变得清晰。

附图说明

[0008] 图1是示出根据第一示例性实施例的确定方法的次序的流程图。

[0009] 图2A示出根据第一示例性实施例的目标图案的形状。

[0010] 图2B示出根据第一示例性实施例的设定图案参数的示例。

[0011] 图2C示出根据第一示例性实施例的照明形状。

[0012] 图2D示出根据第一示例性实施例的关于照明形状的偏振方向。

[0013] 图3是示出各个比较示例中的评价项目值的衰减的图示。

[0014] 图4是示出根据第一示例性实施例的评价项目值的衰减的图示。

[0015] 图5是示出根据第二示例性实施例的评价项目值的衰减的图示。

[0016] 图6是示出根据第三示例性实施例的确定方法的次序的流程图。

具体实施方式

[0017] 下面将参考附图描述用于运行本公开的优选实施例。

[0018] 第一示例性实施例

[0019] 首先,将描述与本公开的第一示例性实施例有关的曝光条件和掩模图案的确定方法。例如,在用于半导体装置等的制造工艺中包括的光刻步骤中,使用曝光设备,该曝光设备被配置为通过使用包括光源的照明光学系统将光照射到掩模(原版)上并且由此通过投影光学系统将掩模上形成的图案转印到感光的衬底(晶片等)上。特别地,根据本示例性实施例的确定方法确定(优化)用在此类曝光设备中的掩模的图案以及特别在掩模的照明被配置为曝光条件时的照明形状(有效光源分布)。在该上下文中,照明形状是在照明光学系统的光瞳面上形成的光强分布,并且还包括照射掩模的光的角分布。图1是示出根据这个示例性实施例的确定方法的次序的流程图。确定方法由通用信息处理设备(计算机)例如以程序的配置的方式运行。

[0020] 首先,在S101中,设定要在衬底上形成的图案(目标图案)。目标图案根据环境被配置作为各种阵列(布置(disposition)),并且包括诸如测试图案之类的规则的阵列、诸如除

存储单元以外的装置图案之类的具有随机的布置的图案等等。接下来,在S102中,设定用于评价在投影光学系统的像面上形成的临时图案(转印图案)的图像的评价位置、以及用于在评价位置处评价的特征。用于评价的特征包括以下中的至少一个:临时图案的图像的尺寸、散焦特性、相对于临时图案的曝光光量的尺寸的变化、或者作为临时图案的图像被聚焦为给定标准的曝光量或焦点的范围。接下来,在S103中,照明形状参数(第二参数)被设定以便定义临时照明形状。例如,表征照明形状的基本形状(例如,偶极形状或者四极(quadrupole)(交叉极(cross pole))形状)的曝光参数被设定作为照明形状参数。接下来,在S104中,图案参数(第一参数)被设定以便定义与目标图案对应的临时图案的形状。更具体地,掩模图案被配置为多个多边形,并且表征多边形的参数被设定作为图案参数。在这个配置中,使得掩模图案的形状对应于通过多个多边形的组合形成的形状,并且多个多边形的各个边的长度被设定作为图案参数。下面将描述在S104中设定图案参数的流程(从S201到S206),但是首先将描述包括S105以及在S105之后的流程。

[0021] 在S105到S109中,根据在S104中设定的图案参数和在S103中设定的照明形状参数来配置参数空间。在参数空间中,优化图案参数和照明形状参数。图案参数和照明形状参数具有有限范围,并且因此,必须在该有限范围内优化图案参数和照明形状参数。首先,在S105中,对于图案参数值和照明形状参数值的值执行临时计算。根据本实施例的确定方法通过改变图案参数值和照明形状参数值的值而朝向最佳值收敛。因此,当在有限范围中时,任意值可以被临时地确定为图案参数值和照明形状参数值的值。接下来,在S106中,基于在S105中临时确定的图案参数值和照明形状参数值获取(计算)在投影光学系统的像面上形成的临时图案图像。更具体地,当使用由在S105中临时确定的照明形状参数值定义的临时的照明形状(临时的有效光源分布)照射由在S105中临时确定的图案参数值定义的临时图案时,获取临时图案的图像。接下来,在S107中,关于在S106中获取的临时图案的图像获取(计算)在S102中设定的评价位置处的评价项目的值。然后在S108中,确定临时图案的图像上的评价位置处的评价项目的值是否满足评价标准。响应于曝光设备的性能或者目标图案的精度对于每个评价项目预设评价标准。在该上下文中,当确定临时图案的图像上的评价位置处的评价项目的值满足评价标准(“是”)时,处理进行到S109。另一方面,当确定临时图案的图像上的评价位置处的评价项目的值不满足评价标准(“否”)时,处理返回到S105并且图案参数值和照明形状参数值被再次临时地确定,由此重复S106、S107和S108中的步骤。换句话说,图案参数值和照明形状参数值被改变,并且处理被重复直到临时图案的图像上的评价位置处的评价项目的值满足评价标准为止。当再次临时地确定图案参数值和照明形状参数值时,图案参数值和照明形状参数值的组合使得能够临时确定先前没有临时地确定的值。在这时候,不是改变图案参数值和照明形状参数值两者,而是那些值中的仅仅一个被改变。然后,在S109中,首先,由在S104中临时确定的图案参数定义的临时图案被确定作为掩模图案。然后,由在S104中临时确定的照明图案参数定义的临时照明形状被确定作为照射掩模时的照明形状(曝光条件)。

[0022] 接下来,在描述作为本示例性实施例的特性特征的在S104中设定图案参数的流程(从S201到S206)之前,出于参考的目的,将描述其中从S201到S206的流程被省略的配置以便澄清本示例性实施例的优点。特别地,将描述如下的配置,在该配置中与光学邻近效应(proximity effect)关联的图像形成特性(相邻的掩模图案对评价位置处的图像的影响)

使用基于中心图案和其它图案之间的关键尺寸(CD)差的指标。首先,将描述使用用于掩模的所有变量的第一比较示例。在第一比较示例中,在S101中设定的目标图案被配置为具有多个类似的矩形图案的排列(arrangement)示例。图2A-2D是第一比较示例中的目标图案形状或者照明形状的示意性平面图。图2A-2D中的各个条件也应用于以下描述的示例性实施例(当来自S201的图案参数的设定被考虑时)。图2A是示出目标图案的形状的示意图。目标图案包括以具有在x方向上为240nm和在Y方向上为160nm的节距的 5×5 格子配置的多个图案元素。这些图案中的一个被配置为具有50nm的x宽度和40nm的Y宽度的矩形。图2B是示出图案参数的设定示例的示意图。第j行和第i列中的矩形的各个边的长度(x方向和Y方向上的长度) $PA(i, j)$ 和 $PB(i, j)$ ($1 \leq i \leq 5, 1 \leq j \leq 5$)被设定作为关于掩模图案的图案参数。图2C是示出照射掩模时的照明图案(照明形状的基本形状)的示意图。如图2C中所示出的,照明形状被配置为具有偶极形状,并且在圆周方向上和孔径角(aperture angle)方向上具有相同的强度。关于照明形状, Pa 被设定作为照明形状的外侧 σ ,并且外侧 σ 和内侧 σ 的比例 Pb 以及孔径角 $P\phi$ 被设定作为照明形状参数。图2D是示出照明形状中的偏振方向的示意图。偏振方向被取为x偏振光。

[0023] 如上所述,考虑到装置特性或者掩模的制造特性,图案参数被设定为有限范围。例如,当图案参数 PA 、 PB 太小时,不会转印检查中的图案。另一方面,当图案参数 PA 、 PB 太大时,相邻的图案之间的间隔将变窄,并且存在不会获得期望的分辨率的可能性。在这点上,响应于装置的容限、重叠精度以及图案的尺寸等等,适当地设定图案参数的下限值和上限值。以同样方式,考虑到曝光设备的性能或者掩模的光刻特性,照明形状参数被设定为有限范围。即使在可以定义照明形状参数的形状时,如果曝光设备(照明光学系统)不能形成那个形状,用于照明形状参数的值也没有实际用途。在这点上,对于照明形状参数的下限值和上限值被设定在可以由曝光设备形成的范围中。在曝光光的波长为193nm并且投影光学系统的孔径数(NA)为1.35的情况下考虑关于图2C中示出的照明形状和图2B中示出的掩模图案的照明形状和掩模图案的优化。

[0024] 首先,在S102中,如图2B中所示出的,将用于评价与目标图案对应的临时图案的图像的评价位置设定为评价位置 $EP1(i, j)$ 和 $EP2(i, j)$ ($1 \leq i \leq 5, 1 \leq j \leq 5$)。评价位置 $EP1$ 、 $EP2$ 处的理想尺寸(参考值)分别为50nm和40nm。用于评价的特征被设定为临时图案的图像尺寸和参考尺寸之间的差的均方根 $CD_RMS(nm)$ 。图案参数 PA 、 PB 的极限范围被设定为 $20nm < PA(i, j) < 100nm$,并且 $10nm < PB(i, j) < 90nm$ 。此外,照明形状参数的极限范围被设定为 $0.7 < Pa < 0.95, 0.5 < Pb < 0.8$,并且 $0度 < P\phi < 150度$ 。表1示出图案参数 PA 的分配(allocation)并且表2示出图案参数 PB 的分配。使用这个设定配置参数空间($PA(i, j), PB(i, j), Pa, Pb, P\phi$) ($1 \leq i \leq 5, 1 \leq j \leq 5$),该参数空间包括图案参数 PA 和 PB 以及照明形状参数。

[0025] 表1

[0026]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	$PA(1, 1)$	$PA(2, 1)$	$PA(3, 1)$	$PA(4, 1)$	$PA(5, 1)$
j=2	$PA(1, 2)$	$PA(2, 2)$	$PA(3, 2)$	$PA(4, 2)$	$PA(5, 2)$
j=3	$PA(1, 3)$	$PA(2, 3)$	$PA(3, 3)$	$PA(4, 3)$	$PA(5, 3)$
j=4	$PA(1, 4)$	$PA(2, 4)$	$PA(3, 4)$	$PA(4, 4)$	$PA(5, 4)$

j=5	PA(1,5)	PA(2,5)	PA(3,5)	PA(4,5)	PA(5,5)
-----	---------	---------	---------	---------	---------

[0027] 表2

[0028]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	PB(1,1)	PB(2,1)	PB(3,1)	PB(4,1)	PB(5,1)
j=2	PB(1,2)	PB(2,2)	PB(3,2)	PB(4,2)	PB(5,2)
j=3	PB(1,3)	PB(2,3)	PB(3,3)	PB(4,3)	PB(5,3)
j=4	PB(1,4)	PB(2,4)	PB(3,4)	PB(4,4)	PB(5,4)
j=5	PB(1,5)	PB(2,5)	PB(3,5)	PB(4,5)	PB(5,5)

[0029] 在该上下文中,为了澄清优化变量的减少效果,首先,将通过使用53个变量(包括50个图案参数)作为独立变量的下降单纯形法(downhill simplex method)并且在不减少变量的数量的情况下执行同时的优化。图3是示出在该情况下的评价项目值的衰减的图示,并且示出与对于优化执行的计算的数量(次数)对应的作为评价项目值的CD_RMS(nm)。特别地,“50个变量”的符号表示第一比较示例。如图3中示出的结果所示出的,第一比较示例中的评价项目值在800次计算之后继续衰减,并且因此要求非常长的时间段来收敛。

[0030] 此外,将描述关于利用考虑目标图案的对称性的变量的第二比较示例。通常当减少用在优化计算中的优化变量的数量时,已知的是存在更快收敛的趋势。在该上下文中,出于参考的目的,将考虑如下的配置,在该配置中以与第一比较示例相同的方式在没有考虑从S201到S206的流程的情况下,通过使用与图案的物理形状的对称性有关的信息来减少变量的数量。在这个配置中,减少图案参数的数量的方法是通过使用对称性特性(诸如相邻的形状的布置排列的重复或者镜像反转),来减少变量。例如,如图2A中所示出的图案(组)的图案参数可以通过构成如下面的公式(1)到公式(4)中所示出的对于对称图案的共有变量来被减少。

[0031] $PA(1,j)=PA(5,j)(1)$

[0032] $PA(2,j)=PA(4,j)(2)$

[0033] $PA(i,1)=PA(i,5)(3)$

[0034] $PA(i,2)=PA(i,4)(4)$

[0035] 表3示出当使用上述配置所共有的变量时的图案参数PA的分配。表4示出图案参数PB的分配。在表3和表4中,具有相同的变量名的图案参数具有相同的值。如这些表所示出的,在这个配置中存在18个图案参数,当被添加到三个照明形状参数时构成21个变量。通过使用具有这些21个变量(包括18个图案参数)作为独立变量的下降单纯形法,执行优化。评价项目值的衰减对应于图3中示出的图示中的“18个变量”的符号。表5示出所确定的对于图案参数PA的值,并且表6示出所确定的对于图案参数PB的值。此外,在这时候所确定的对于照明形状参数的值是具有0.904的值的Pa,具有0.637的值的Pb,以及53度的 $P\phi$ 。

[0036] 表3

[0037]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	PA(1,1)	PA(2,1)	PA(3,1)	PA(2,1)	PA(1,1)
j=2	PA(1,2)	PA(2,2)	PA(3,2)	PA(2,2)	PA(1,2)

j=3	PA(1,3)	PA(2,3)	PA(3,3)	PA(2,3)	PA(1,3)
j=4	PA(1,2)	PA(2,2)	PA(3,2)	PA(2,2)	PA(1,2)
j=5	PA(1,1)	PA(2,1)	PA(3,1)	PA(2,1)	PA(1,1)

[0038] 表4

[0039]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	PB(1,1)	PB(2,1)	PB(3,1)	PB(2,1)	PB(1,1)
j=2	PB(1,2)	PB(2,2)	PB(3,2)	PB(2,2)	PB(1,2)
j=3	PB(1,3)	PB(2,3)	PB(3,3)	PB(2,3)	PB(1,3)
j=4	PB(1,2)	PB(2,2)	PB(3,2)	PB(2,2)	PB(1,2)
j=5	PB(1,1)	PB(2,1)	PB(3,1)	PB(2,1)	PB(1,1)

[0040] 表5

[0041]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	75.1	74.9	65.3	74.9	75.1
j=2	60.5	75.3	59.6	75.3	60.5
j=3	69.8	60.6	54.1	60.6	69.8
j=4	60.5	75.3	59.6	75.3	60.5
j=5	75.1	74.9	65.3	74.9	75.1

[0042] 表6

[0043]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	48.0	48.2	54.4	48.2	48.0
j=2	56.2	45.6	55.9	45.6	56.2
j=3	49.0	56.8	62.3	56.8	49.0
j=4	56.2	45.6	55.9	45.6	56.2
j=5	48.0	48.2	54.4	48.2	48.0

[0044] 在第二比较示例中,如图3中所示出的,与其中第一比较示例中的图案参数全部是独立变量的配置相比,优化的收敛更快速。出于参考的目的,表7示出第一比较示例和第二比较示例中的用于优化的计算次数以及CD_RMS的值(nm)。

[0045] 表7

[0046]

计算的次数	CD_RMS (nm)	
	50个变量	18个变量
200	20.5	11.5
400	11.4	4.5
600	7.1	1.2
800	6.4	1.1

[0047] 以这样的方式,可以通过使用关于具有规则排列的图案(诸如测试图案)的对称性特性(诸如镜象反转)使先前独立的图案参数减少至少一半。然而,当如第二比较示例中一样使用基于对称性特性的变量的压缩时,实际上难以如表3和表4所示地配置小于或等于18个变量。与测试图案对比,因为在具有随机排列的图案(诸如除存储单元的装置图案以外的装置图案)中存在很少的表现出重复或者对称性特性的图案组,所以难以有效地使得能够通过使用那个方法进一步压缩。也就是说,在以上述方式的变量的压缩期间仅仅考虑图案形状的对称性是不足够的。在这点上,如下所述的本示例性实施例与图案形状的对称性特性的提取无关地减少优化变量的数量。

[0048] 首先,在图1中的S201中,评价位置(第二评价位置)被设定,该评价位置用于评价与投影光学系统的像面上形成的转印图案的邻近效应有关的图像形成特性。与图2B中示出的评价位置EP1、EP2相同的位置被处理作为邻近效应的评价位置。此外,因为图案参数PA、PB构成多边形的一边,所以到该边的两端的宽度被取为评价的对象。当图案参数为多边形的边缘位置时,图像的移动分量可以被取为评价的对象。

[0049] 接下来,在S202中,参考评价位置处的图像形成特性或者照明形状参数,定义与邻近效应有关的图像形成特性。例如,被照射的转印图案中的在检查中的图案的图像与目标图案(中心图案,图2A中的行3、列3中的图案元素)的图像之间的尺寸差(CD差)可以被用作图像形成特性的指标。可替代地,使用两个照明(第一照明和第二照明)在相同的评价位置处的CD差可以被用作指标。以这样的方式,虽然响应于照明形状变化的图像形成特性可以构成邻近效应的代表性的指标,但是不存在关于那个指标的限制。特别地,在本示例性实施例中, $P_a=0.91$, $P_b=0.73$,以及 $P_\phi=30^\circ$ 被设定作为照明形状参数,并且对于邻近效应的每个评价位置计算CD值CD_EP1和CD_EP2。根据公式(5)和公式(6)获得的值 $\Delta EP1$ 、 $\Delta EP2$ 被定义作为与邻近效应有关的图像形成特性。

[0050] $\Delta EP1(i,j)=CD_EP1(i,j)-CD_EP1(3,3)$ (5)

[0051] $\Delta EP2(i,j)=CD_EP2(i,j)-CD_EP2(3,3)$ (6)

[0052] 虽然图像形成特性的一般的定义不限于用在本示例性实施例中的对于照明形状参数的设定值,但是优选的是在优化期间它落入设定范围内。

[0053] 接下来,在S203中,基于用公式(5)和公式(6)表示的定义获取(计算)邻近效应的全部评价位置处的图像形成特性的值。基于用公式(5)表示的定义获取的图像形成特性 $\Delta EP1$ 的计算结果被示出在表8中,并且基于用公式(6)表示的定义获取的图像形成特性 $\Delta EP2$ 的计算结果被示出在表9中。

[0054] 表8

[0055]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	-11.1	-10.3	-9.9	-10.3	-11.1
j=2	-2.1	-1.6	-1.3	-1.6	-2.1
j=3	-0.6	-0.2	0.0	-0.2	-0.6
j=4	-2.1	-1.6	-1.3	-1.6	-2.1
j=5	-11.1	-10.3	-9.9	-10.3	-11.1

[0056] 表9

[0057]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	-7.9	-7.1	-6.8	-7.1	-7.9
j=2	-1.9	-1.4	-1.1	-1.4	-1.9
j=3	-0.6	-0.2	0.0	-0.2	-0.6
j=4	-1.9	-1.4	-1.1	-1.4	-1.9
j=5	-7.9	-7.1	-6.8	-7.1	-7.9

[0058] 接下来,在S204中,定义用于将S203中获取的图像形成特性分组成多个组的算法。具体地定义进入相同的组的图像形成特性的范围。首先,设定分组的组数量n。组数量n可以预先确定一个值并且可以被直接输入,或者输入到相同的组中的图像形成特性的数值范围可以被定义,由此通过使用实际图像形成特性来计算和确定组数量。在此,组数量为8,并且算法定义关于图像形成特性的总共8组的分组,其中对于 $\Delta EP1$ 为4组并且对于 $\Delta EP2$ 为4组。设定的组数量n等于对于在优化中使用的图案参数的独立变量的数量。如果假设分组中的图案参数的最佳值响应于图像形成特性的较大差别而不同,则优选的是在相同的组内在图像形成特性方面存在小偏差。这个观察意味着对于每个组的中值(median value)被计算为使得对于每组图像形成特性的中值与图像形成特性的各个差的平方和被最小化。更具体地,当关于 $\Delta EP1$ 提供4组时,组的中值被计算作为值 $X(k) \{k=1, 2, 3, 4\}$,并且 $x(k)$ 的值被计算以便使公式7中的 E_x 最小化。以同样方式,当关于 $\Delta EP2$ 提供4组时,组的中值被计算作为值 $Y(k) \{k=1, 2, 3, 4\}$,并且 $Y(k)$ 的值被计算以便使公式8中的 E_y 最小化。

[0059] 等式1

$$[0060] \quad E_x = \sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^5 \text{Min}[(\Delta EP1(i, j) - X(1))^2, (\Delta EP1(i, j) - X(2))^2, (\Delta EP1(i, j) - X(3))^2, (\Delta EP1(i, j) - X(4))^2]$$

[0061] (7)

[0062] 等式2

$$[0063] \quad E_y = \sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^5 \text{Min}[(\Delta EP2(i, j) - Y(1))^2, (\Delta EP2(i, j) - Y(2))^2, (\Delta EP2(i, j) - Y(3))^2, (\Delta EP2(i, j) - Y(4))^2]$$

[0064] (8)

[0065] 结果得到的 $x(k)$ 和 $Y(k)$ 的值被示出在表10中。当取 $x(k)$ 为中值的组被取为 $G_X(k)$ 并且取 $Y(k)$ 为中值的组被取为 $G_Y(k)$ 时,这是与使用表11中示出的范围的分类(categorization)相同的配置。

[0066] 表10

[0067]

X(1)	-11.12	Y(1)	-7.92
X(2)	-10.14	Y(2)	-7.03
X(3)	-1.74	Y(3)	-1.54
X(4)	-0.32	Y(4)	-0.33

[0068] 表11

[0069]

$-\infty \leq GX(1) < -10.63$
$-10.63 \leq GX(2) < -5.94$
$-5.94 \leq GX(3) < -1.03$
$-1.03 \leq GX(4) < \infty$
$-\infty \leq GY(1) < -7.48$
$-7.48 \leq GY(2) < -4.28$
$-4.28 \leq GY(3) < -0.94$
$-0.94 \leq GY(4) < \infty$

[0070] 接下来,在S205中,S204的细节被应用于S203中获取的图像形成特性,以便由此运行实际图像形成特性的分组。更具体地,分组被执行,以使得x(k)和Y(k)的值与组的中值一致。关于表8中示出的图像形成特性 $\Delta EP1$ 的实际分组被示出在表12中,并且关于表9中示出的图像形成特性 $\Delta EP2$ 的实际分组被示出在表13中。如这些表所示出的,当一个组由相同的参数构成时,50个图案参数可以被压缩到总共八个参数。

[0071] 表12

[0072]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	GX(1)	GX(2)	GX(2)	GX(2)	GX(1)
j=2	GX(3)	GX(3)	GX(3)	GX(3)	GX(3)
j=3	GX(4)	GX(4)	GX(4)	GX(4)	GX(4)
j=4	GX(3)	GX(3)	GX(3)	GX(3)	GX(3)
j=5	GX(1)	GX(2)	GX(2)	GX(2)	GX(1)

[0073] 表13

[0074]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	GY(1)	GY(2)	GY(2)	GY(2)	GY(1)
j=2	GY(3)	GY(3)	GY(3)	GY(3)	GY(3)
j=3	GY(4)	GY(4)	GY(4)	GY(4)	GY(4)
j=4	GY(3)	GY(3)	GY(3)	GY(3)	GY(3)
j=5	GY(1)	GY(2)	GY(2)	GY(2)	GY(1)

[0075] 虽然完全随机地取组的中值X(k)和Y(k),但是在这点上不存在限制。例如,可以如公式(9)和公式(10)中示出地定义Dx和Dy,并且如公式(11)和公式(12)所示的X(k)和Y(k)

的中值可以被设定为等差数列。

$$[0076] \quad D_x = \{\text{Max}(\Delta EP1) - \text{Min}(\Delta EP1)\} / 4 \quad (9)$$

$$[0077] \quad D_y = \{\text{Max}(\Delta EP2) - \text{Min}(\Delta EP2)\} / 4 \quad (10)$$

$$[0078] \quad X(k) = (k-1) \times D_x + \text{Min}(\Delta EP1) + D_x / 2 \quad (11)$$

$$[0079] \quad Y(k) = (k-1) \times D_y + \text{Min}(\Delta EP2) + D_y / 2 \quad (12)$$

[0080] 在S206中,与被分组到同一组中的评价位置对应的图案参数被配置为因变量(也就是说,单组变量)并且分配作为图案参数。其后,处理进行到图1中的S105。

[0081] 图4是示出当在本示例性实施例中三个照明形状参数和8个独立的图案参数时的评价项目值(图像形成特性的指标值)的衰减的图示。“8个变量”的符号表示与本示例性实施例有关的结果,并且出于参考的目的,也记录第二比较示例的结果(“18个变量”)。所确定的图案参数PA的值被示出在表14中并且所确定的图案参数PB的值被示出在表15中。所确定的照明图案参数的值是如此以至Pa是0.916,Pb是0.647并且Pφ是102度。

[0082] 表14

[0083]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	36.6	40.7	40.7	40.7	36.6
j=2	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1
j=3	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1
j=4	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1
j=5	36.6	40.7	40.7	40.7	36.6

[0084] 表15

[0085]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	44.8	41.0	41.0	41.0	44.8
j=2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2
j=3	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9
j=4	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2
j=5	44.8	41.0	41.0	41.0	44.8

[0086] 在本示例性示例中,如图4中所示出的,与第二比较示例中的18个独立的图案参数的配置相比,优化的收敛更快速。出于参考的目的,表16示出第二比较示例和本示例性示例中的优化的计算次数以及CD_RMS的值(nm)。

[0087] 表16

[0088]

计算的次数	CD_RMS (nm)	
	18个变量	8个变量
200	11.5	1.2
400	4.5	1.2
600	1.2	1.2
800	1.1	1.1

[0089] 如上所述,本示例性实施例的确定方法首先使得能够同时优化(确定)照射掩模时的照明形状以及作为可以以足够精度形成在衬底上的图案的掩模图案两者。此外,这个确定方法定义在检查中的图案与目标图案之间的图像的CD差作为与邻近效应有关的图像形成特性的指标,并且使用基于这个指标分组的图案参数,由此使得能够利用比先前可能的计算次数更少的计算次数来有效地引入最佳解。例如,虽然在使用传统地已经使用对称性特性的变量的压缩时存在对压缩数的限制,但是在本示例性实施例中,与对称性特性无关地有效地减少用于优化的独立变量。这个确定方法发现,在图案排列随机(诸如除存储单元以外的装置图案)(包括相当大量形状的图案)时,关于初始大量的图案参数的优化,对于减少收敛时间特别有利。

[0090] 如上所述,本示例性实施例提供用于有效确定曝光条件与使得能够在衬底上以高精度形成图案的掩模图案的方法,以及用于在信息处理设备上运行这个过程的程序。

[0091] 第二示例性实施例

[0092] 接下来,将描述根据本公开的第二示例性实施例的用于曝光条件和掩模图案的确定方法。第一示例性实施例考虑与邻近效应有关的图像形成特性作为中心图案(目标图案)和为了计算评价值而在检查中的其它图案之间的图像CD差。与此对比,本示例性实施例不同于第一示例性实施例之处在于,图像形成特性被不同地定义,并且特别地,本示例性实施例考虑其中与邻近效应有关的图像形成特性被取为两个照明操作(第一照明和第二照明)之间的CD差的配置。以与第一示例性实施例相同的方式,使用图2C中示出的照明形状和图2B中示出的掩模图案执行参数的确定,并且使得邻近效应的评价位置以同样方式接近参考尺寸。在下面的描述中,参考在上面的第一示例性实施例的描述中使用的图1中的每个步骤描述确定方法的次序。在下面的描述中没有重复的图1中的其它步骤被理解为与第一示例性实施例中描述的那些相同。

[0093] 首先,在照明形状参数为 $P_a=0.91$, $P_b=0.73$ 和 $P_\phi=30^\circ$ 度时邻近效应的评价位置 $EP1(i,j)$ 的CD值和邻近效应的评价位置 $EP2(i,j)$ 的CD值被分别配置作为 $CD1_EP1(i,j)$ 和 $CD1_EP2(i,j)$ 。另一方面,在照明形状参数为 $P_a=0.95$, $P_b=0.73$ 和 $P_\phi=30^\circ$ 度时邻近效应的评价位置 $EP1(i,j)$ 的CD值和邻近效应的评价位置 $EP2(i,j)$ 的CD值被分别配置作为 $CD2_EP1(i,j)$ 和 $CD2_EP2(i,j)$ 。在该情况下,在图1中的S202中,与邻近效应有关的图像形成特性 $\Delta EP1$ 、 $\Delta EP2$ 被如下面的公式(13)和公式(14)中示出地定义。

$$[0094] \quad \Delta EP1(i,j)=CD2_EP1(i,j)-CD1_EP1(i,j) \quad (13)$$

$$[0095] \quad \Delta EP2(i,j)=CD2_EP2(i,j)-CD1_EP2(i,j) \quad (14)$$

[0096] 接下来,在S203中,基于用公式(13)和公式(14)表示的定义公式获取(计算)邻近效应的全部评价位置处的图像形成特性。基于用公式(13)表示的定义公式获取的图像形成特性 $\Delta EP1$ 的结果被示出在表17中,并且基于用公式(14)表示的定义公式获取的图像形成特性 $\Delta EP2$ 的结果被示出在表18中。

[0097] 表17

[0098]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	-0.5	-1.4	-1.4	-1.4	-0.5
j=2	0.3	-0.4	-0.5	-0.4	0.3
j=3	-1.1	-1.9	-2.0	-1.9	-1.1
j=4	0.3	-0.4	-0.5	-0.4	0.3
j=5	-0.5	-1.4	-1.4	-1.4	-0.5

[0099] 表18

[0100]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	0.0	-0.7	-0.7	-0.7	0.0
j=2	1.6	1.0	0.9	1.0	1.6
j=3	0.7	0.1	0.0	0.1	0.7
j=4	1.6	1.0	0.9	1.0	1.6
j=5	0.0	-0.7	-0.7	-0.7	0.0

[0101] 接下来,在S204中,定义用于将S203中获取的图像形成特性分组成多个组的算法。组数量n被设定为10,并且在此,算法定义关于图像形成特性的总共10组的分组,其中对于 $\Delta EP1$ 为5组并且对于 $\Delta EP2$ 为5组。当 $\Delta EP1$ 被分成5组时,组的中值被计算作为值 $x(k)$ $\{k=1, 2, 3, 4, 5\}$, 并且 $x(k)$ 的值被计算以便使公式7中的 E_x 最小化。以同样方式,当关于 $\Delta EP2$ 提供5组时,组的中值被计算作为值 $Y(k)$ $\{k=1, 2, 3, 4, 5\}$, 并且 $Y(k)$ 的值被计算以便使公式8中的 E_y 最小化。也就是说,分组算法与在第一示例性实施例中使用的分组算法相同。所获取的 $x(k)$ 和 $Y(k)$ 的值被示出在表19中。当具有 $x(k)$ 的中值的组被取为 $G_X(k)$ 并且具有 $Y(k)$ 的中值的组被取为 $G_Y(k)$ 时,该分类与使用表20中示出的范围的分类相同。

[0102] 表19

[0103]

X(1)	-1.96	Y(1)	-0.69
X(2)	-1.43	Y(2)	0.01
X(3)	-1.11	Y(3)	0.75
X(4)	-0.49	Y(4)	0.98
X(5)	0.30	Y(5)	1.58

[0104] 表20

[0105]

$-\infty \leq G_X(1) < -1.69$
$-1.69 \leq G_X(2) < -1.27$

$-1.27 \leq GX(3) < -0.8$
$-0.8 \leq GX(4) < -0.09$
$-0.09 \leq GX(5) < \infty$
$-\infty \leq GY(1) < -0.34$
$-0.34 \leq GY(2) < 0.38$
$0.38 \leq GY(3) < 0.87$
$0.87 \leq GY(4) < 1.28$
$1.28 \leq GY(5) < \infty$

[0106] 接下来,在S205中,S204的细节被应用于S203中获取的图像形成特性,以便由此运行实际图像形成特性的分组。在本示例性实施例中分组也被执行以使得 $x(k)$ 和 $Y(k)$ 的值与组的中值一致。关于表17中示出的图像形成特性 $\Delta EP1$ 的实际分组被示出在表21中,并且关于表18中示出的图像形成特性 $\Delta EP2$ 的实际分组被示出在表22中。如这些表所示出的,当一个组由相同的参数构成时,50个图案参数可以被压缩到总共10个参数。

[0107] 表21

[0108]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	GX(4)	GX(2)	GX(2)	GX(2)	GX(4)
j=2	GX(5)	GX(4)	$G \times (4)$	GX(4)	GX(5)
j=3	GX(3)	$G \times (1)$	GX(1)	GX(1)	$G \times (3)$
j=4	GX(5)	$G \times (4)$	GX(4)	GX(4)	GX(5)
j=5	$G \times (4)$	GX(2)	GX(2)	GX(2)	$G \times (4)$

[0109] 表22

[0110]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	GY(2)	GY(1)	GY(1)	GY(1)	GY(2)
j=2	GY(5)	GY(4)	GY(4)	GY(4)	GY(5)
j=3	GY(3)	GY(2)	GY(2)	GY(2)	GY(3)
j=4	GY(5)	GY(4)	GY(4)	GY(4)	GY(5)
j=5	GY(2)	GY(1)	GY(1)	GY(1)	GY(2)

[0111] 在S206中,与被分到同一组中的评价位置对应的图案参数被配置为因变量,图案参数被分配,并且其后,该处理以与第一示例性实施例相同的方式进行到S105。

[0112] 图5对应于图4,并且是示出在三个照明形状参数和10个独立的图案参数被用在本示例性实施例中时的评价项目值(对于图像形成特性的指标值)的衰减的图示。“10个变量”的符号表示本示例性实施例的结果,并且出于参考的目的,也记录第二比较示例的结果(“18个变量”)。所确定的图案参数PA的值被示出在表23中并且所确定的图案参数PB的值被示出在表24中。所确定的照明图案参数的值是如此以至 P_a 是0.873, P_b 是0.728并且 P_ϕ 是74度。

[0113] 表23

[0114]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	51.5	46.9	46.9	46.9	51.5
j=2	39.2	51.5	51.5	51.5	39.2
j=3	73.5	50.3	50.3	50.3	73.5
j=4	39.2	51.5	51.5	51.5	39.2
j=5	51.5	46.9	46.9	46.9	51.5

[0115] 表24

[0116]

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=1	48.8	51.6	51.6	51.6	48.8
j=2	55.4	47.7	47.7	47.7	55.4
j=3	40.4	48.8	48.8	48.8	40.4
j=4	55.4	47.7	47.7	47.7	55.4
j=5	48.8	51.6	51.6	51.6	48.8

[0117] 在本示例性示例中,如图5中所示出的,与第二比较示例中的使用18个独立的图案参数的配置相比,优化的收敛更快速。出于参考的目的,表25示出第二比较示例和本示例性示例中的优化的计算次数以及CD_RMS的值(nm)。

[0118] 表25

[0119]

计算的次数	CD_RMS (nm)	
	18个变量	10个变量
200	11.5	1.8
400	4.5	1.3
600	1.2	1.2
800	1.1	1.2

[0120] 以上述方式,根据本示例性实施例的确定方法定义两个照明操作之间的CD差作为与邻近效应有关的图像形成特性的指标,并且使用参考指标被分组的图案参数以便由此获得与第一示例性实施例相同的效果。

[0121] 第三示例性实施例

[0122] 接下来,将描述根据第三示例性实施例的用于曝光条件和掩模图案的确定方法。在本示例性实施例中,通过使用分组来减少独立的优化变量,使优化的收敛进一步更快速。以这样的方式,关于变量的自由度被进一步增大并且进一步增强最终解(获取最佳解)。在本示例性实施例中,优化的收敛进一步更快速并且新的步骤被添加到根据图1中示出的示例性实施例的确定方法,由此使得结果得到的解接近最佳解。

[0123] 图6对应于图1并且是示出根据本示例性实施例的确定方法的次序的流程图。在图6中,与图1中示出的步骤相同的那些步骤由相同的步骤编号表示,并且有关的描述不会被

重复。特别地,被配置为确定是否已经超过定义的计算次数的步骤作为S301被插入在被配置为在S102中设定的评价位置处获取评价项目的步骤(S107)与被配置为确定评价项目的值是否满足评价标准的步骤(S108)之间。此外,在S301中计算次数被确定为没有超过预定数量(“是”)时,被配置为改变(增大)组数量n的步骤(S302)被包括。在该情况下,首先,通过预先设定初始组数量n,开始图案参数和照明形状参数的优化。然后,在计算次数不超过预定数量(例如,20次)时,过程进行到S302并且组数量被增大。在S302中,例如,通过在第一次为2、在第二次为4、在第三次为8、在第四次为16来逐渐地实现增大,并且其后,以同样方式继续优化过程。在计算与邻近效应有关的图像形成特性时的照明形状参数应用关于紧挨着先前的优化过程获得的值。此外,图案参数也应用作为最佳解获得的值作为初始值。以这样的方式,本示例性实施例以逐步的方式增大图案参数的数量,并且因此使用(输入)在优化过程期间对于优化的各个初始值作为接近于最佳解的值。因此,优化的收敛被进一步促进,并且最后全部变量可以被配置为独立参数并且结果得到的解是最佳解。

[0124] 虽然已经参考示例性实施例描述了本发明,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围将被给予最宽的解释从而包括所有这样的修改、等同的结构与功能。

[0125] 本申请要求2012年11月26日提交的日本专利申请No.2012-257363的权益,该日本专利申请的整体通过参考被并入于此。

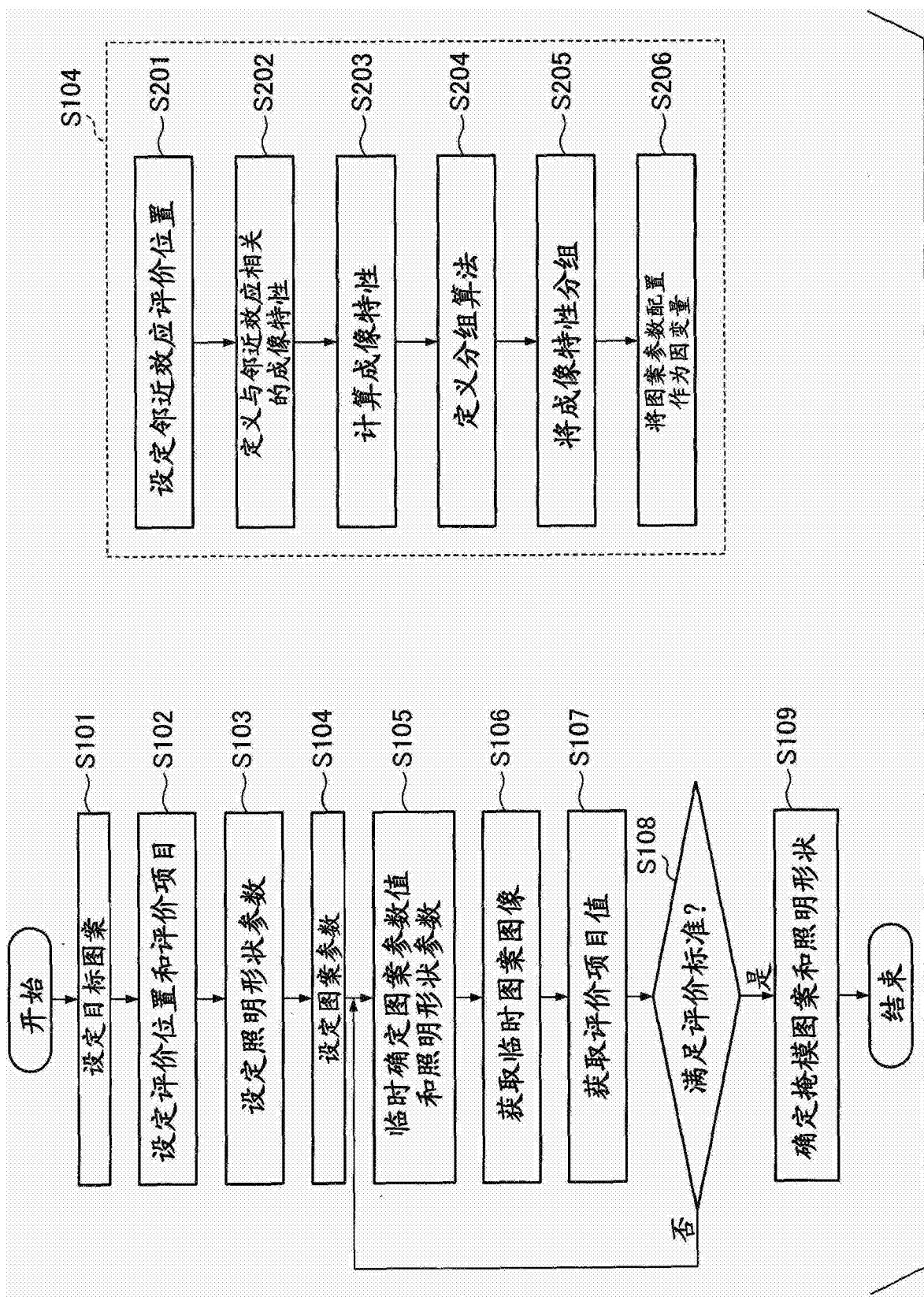


图1

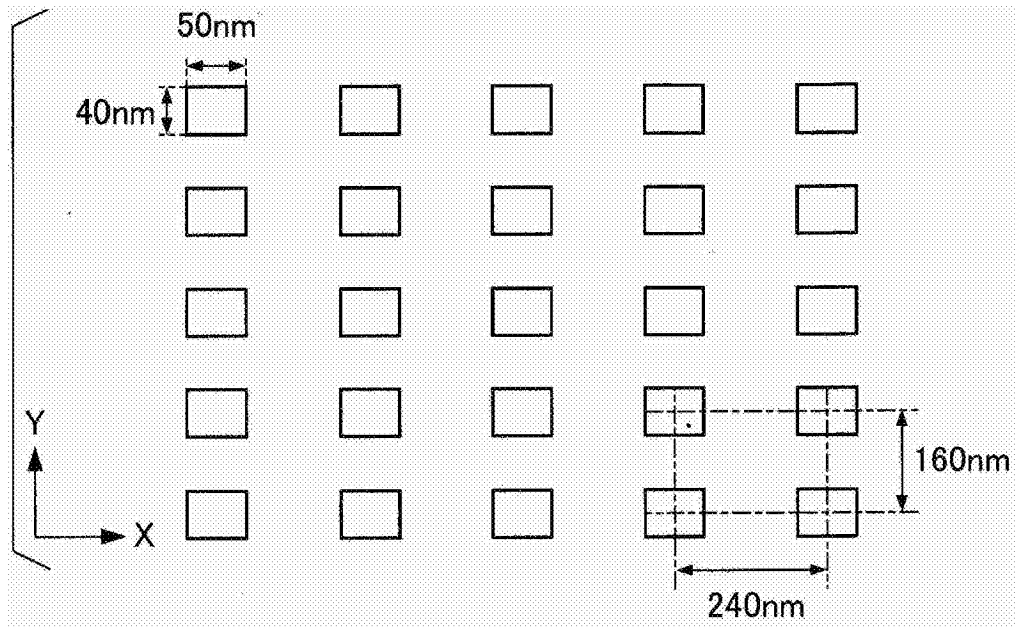


图2A

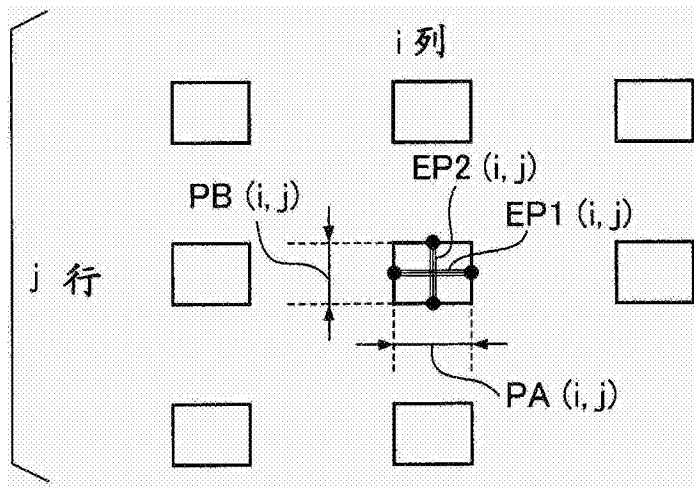


图2B

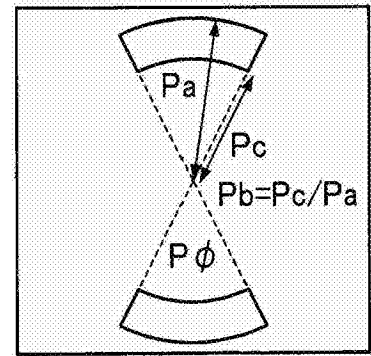


图2C

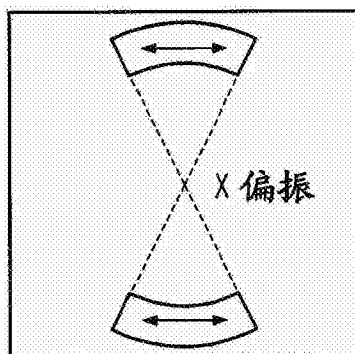


图2D

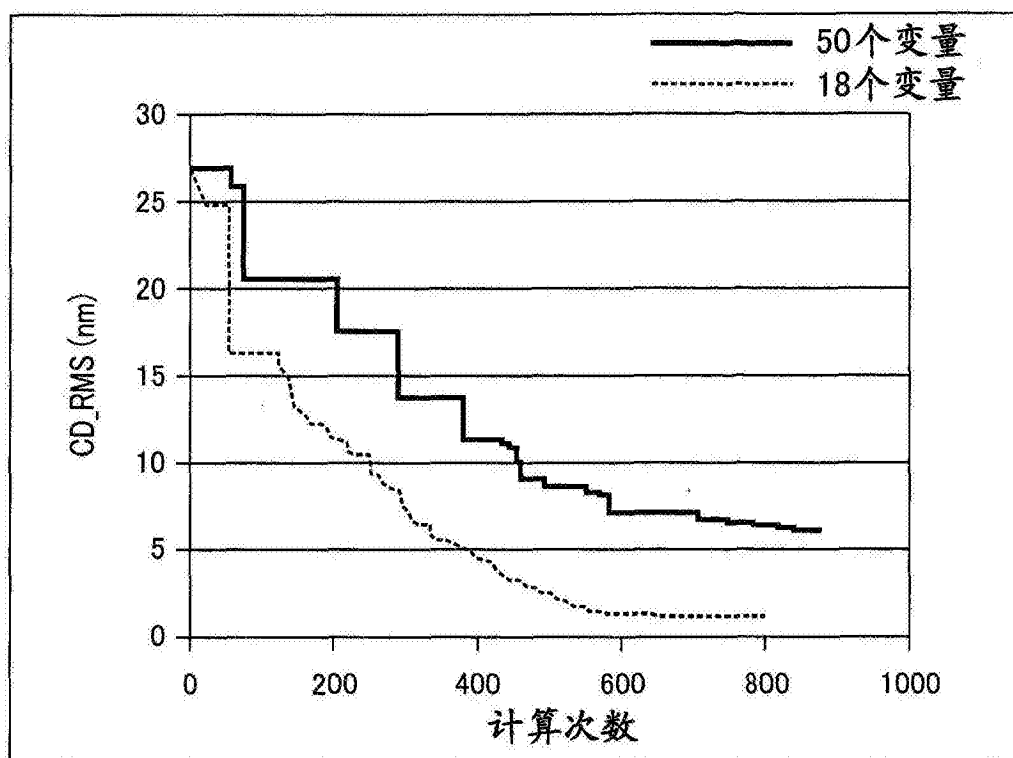


图3

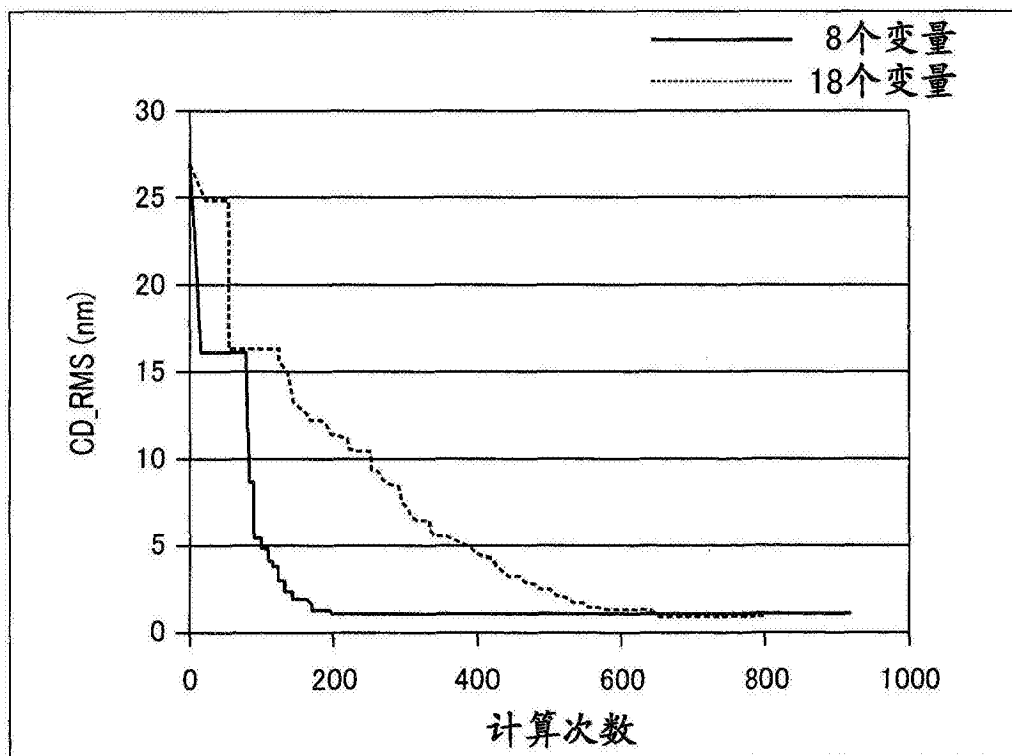


图4

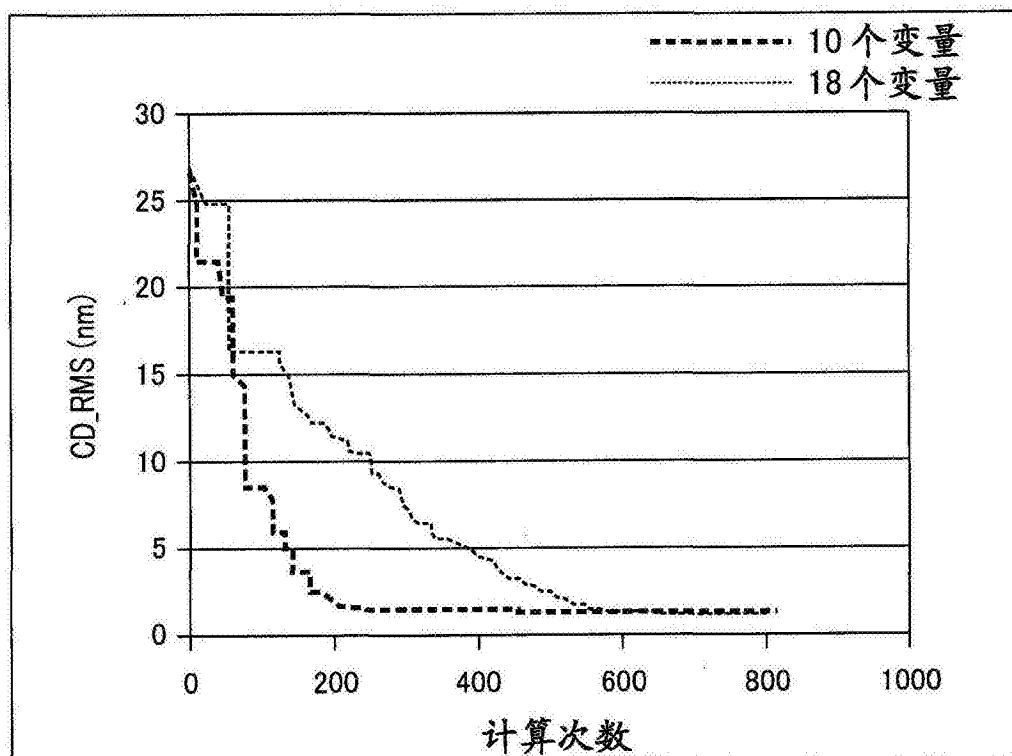


图5

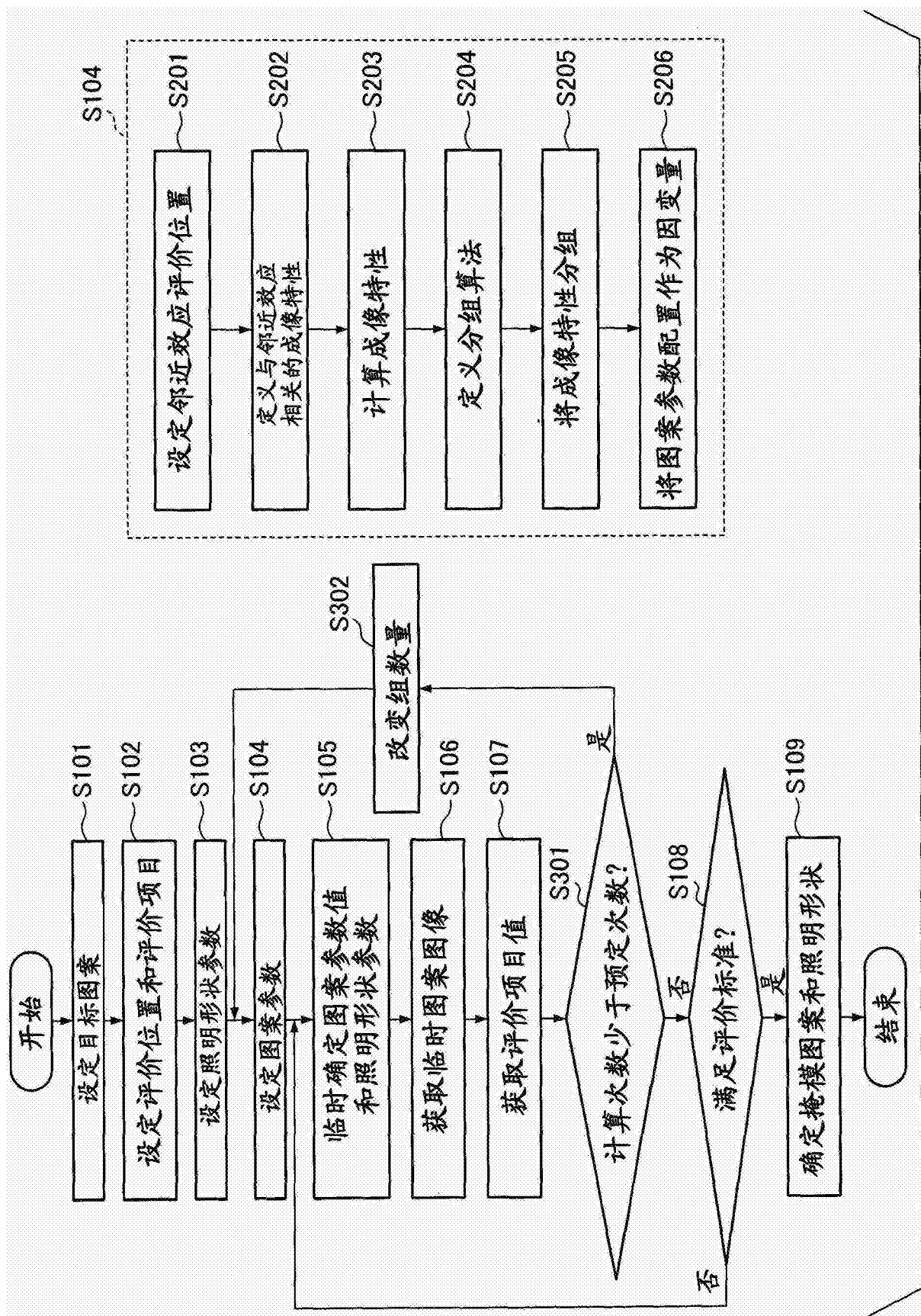


图6