



1. 一种用于评估掩模的被评估图案的方法,该方法包含:
  - 模拟标称图案的多种变化以提供多个变异图案;
  - 计算多组矩;每组矩代表所述多个变异图案中的变异图案的图像;
  - 确定多种关系;每种关系联系所述标称图案与变异图案之间的差和多个标称矩与代表所述变异图案的图像的一组矩之间的差,和所述多个标称矩代表标称图案的图像;
  - 响应所述多种关系中的至少一种关系而确定映射函数;
  - 利用所述映射函数接收或计算代表被评估图案的图像的多个矩;其中需要用于代表多个矩的信息的占用空间小于形成被评估图案的所述图像的像素信息的占用空间;以及
  - 处理所述多个矩,以确定被评估图案的至少一个形状参数。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述处理步骤包含确定被评估图案的多个矩与多个标称矩之间的矩差。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述确定步骤利用光学系统的模型,该光学系统获得被评估图案的所述图像。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述处理步骤包含响应相应的矩差而确定被评估图案和标称图案之间的图案差。
5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,该方法包含响应映射矩差到图案差的映射函数而确定所述图案差。
6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述映射函数为线性函数。
7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述处理步骤包含提供被评估图案的轮廓的表示,所述被评估图案包含多个向量,每个向量平分由标称轮廓所限定的角度。
8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,该方法包含计算物体的多个被评估图案中的每个被评估图案的形状参数之间的差。
9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,该方法包含在不同的被评估图案的多个矩之间进行比较,以确定被评估图案的至少一个形状参数。
10. 一种用于评估掩模的被评估图案的系统,该系统包含:
  - 用于模拟标称图案的多种变化以提供多个变异图案的模拟模块;
  - 用于计算多组矩的矩计算器,每组矩代表所述多个变异图案中的变异图案的图像;
  - 用于确定多种关系的确定模块;每种关系联系所述标称图案与变异图案之间的差和多个标称矩与代表所述变异图案的图像的一组矩之间的差,以及所述多个标称矩代表标称图案的图像;
  - 用于响应所述多种关系中的至少一种关系而确定映射函数的确定模块;
  - 用于利用所述映射函数接收或计算代表被评估图案的图像的多个矩的接收和计算模块;其中需要用于代表多个矩的信息的占用空间小于形成被评估图案的所述图像的像素信息的占用空间;以及
  - 用于处理所述多个矩,以确定被评估图案的至少一个形状参数的处理模块。
11. 根据权利要求10所述的系统,进一步包括:用于获得被评估图案的所述图像的光学系统;以及矩差计算器,所述矩差计算器用于通过利用获得被评估图案的所述图像的所述光学系统的模型来计算所述多个矩和由所述矩计算器计算的所述多组矩之间的矩差。
12. 根据权利要求10所述的系统,其特征在于,所述映射函数是线性映射函数。

13. 根据权利要求 10 所述的系统,进一步包括:用于提供包含多个向量的被评估图案的轮廓的表示的表示模块,每个向量平分由标称轮廓所限定的角度。

14. 根据权利要求 10 所述的系统,进一步包括:用于计算物体的多个被评估图案中的每个被评估图案的形状参数之间的差的计算模块。

## 用于评估掩模的被评估图案的方法和系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请为非临时申请,要求享有 2007 年 1 月 10 日提交的美国专利申请 No. 60/884, 308 的权益,并在此引入所述美国专利申请作为参考。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及掩模(也称之为光掩模)的自动光学检察的领域。

### 背景技术

[0004] 微电子器件的性能总是受到微电子器件临界特征尺寸变化的限制,术语上称为临界尺寸或 CD。微电子器件通常使用掩模(或光掩模)在光刻工艺中制造。后者为半导体器件制造中的主要工艺之一,并且包含根据待要生产的半导体器件的电路设计而构图晶圆的表面。该电路设计首先构图在掩模上。因此,为了获得操作半导体器件,掩模必须无缺陷。然而,掩模通常重复使用以在晶圆上产生多个裸片单元(die)。建立生产价值工艺需要严格控制全部的光刻工艺。在该工艺内,CD 控制为关于器件性能和产率的确定因素。

[0005] 当临界尺寸较大时,器件尺寸中的系统变化,诸如由材料物理性质引起的或由于设备或生产工艺导致的那些因素,对总误差估计并没有很大地贡献并因此在很大程度上可以被忽略。然而,随着临界特征的最小尺寸降低到大约 65nm 以下,之前被忽略的系统变化现在可能占较大部分的总误差估计。特别地,系统的掩模 CD 误差可占总晶圆光刻工艺 CD 估计的 50% 以上。

[0006] 典型的 CD 测量是耗时的,且包含包括多个像素的图像的复杂图像处理方案。

[0007] 需要提供一种用于评估掩模的被评估图案的有效系统和方法。

### 发明内容

[0008] 一种用于评估掩模的被评估图案的方法,该方法包括:模拟标称图案的多种变化以提供多个变异图案;计算多组矩;每组矩代表所述多个变异图案中的变异图案的图像;确定多种关系;每种关系联系所述标称图案与变异图案之间的差和所述多个标称矩与代表所述变异图案的图像的一组矩之间的差,和所述多个标称矩代表标称图案的图像;响应所述多种关系中的至少一种关系而确定映射函数;利用所述映射函数接收代表被评估图案图像的多个矩;其中需要代表多个矩的信息的占用空间小于形成被评估图案的图像的像素信息的占用空间;以及处理多个矩以确定被评估图案的至少一个形状参数。

[0009] 便利地,处理步骤包括确定被评估图案的多个矩与多个标称矩之间的矩差。

[0010] 便利地,处理步骤包含响应矩差而确定被评估图案与标称图案之间的图案差。

[0011] 便利地,该方法包含响应映射矩差到图案差的映射函数而确定所述图案差。

[0012] 便利地,映射函数为线性函数。

[0013] 便利地,确定步骤响应获得被评估图案的图像的光学系统的模型。

[0014] 便利地,处理步骤包含提供被评估图案的轮廓的表示,所述被评估图案包含多个

向量,每个向量平分由标称轮廓所限定的角度。

[0015] 便利地,该方法包含计算物体的多个被评估图案中的每个被评估图案的形状参数之间的差。因而,不是将每个被评估图案与标称图案之间进行比较而是可以将一个被评估图案与另一被评估图案进行比较。

[0016] 便利地,该方法包含在不同的被评估图案的多个矩之间进行比较,以确定被评估图案的至少一个形状参数。该比较步骤可用于在整个物体上或物体的整个各种区域上而映射形状变化。

[0017] 一种用于评估掩模的被评估图案的系统,该系统包含:

[0018] 用于模拟标称图案的多种变化以提供多个变异图案的模拟模块;

[0019] 用于计算多组矩的矩计算器,每组矩代表多个变异图案中的变异图案的图像;

[0020] 用于确定多种关系的确定模块;每种关系联系所述标称图案与变异图案之间的差和多个标称矩与代表所述变异图案的图像的一组矩之间的差,以及所述多个标称矩代表标称图案的图像;

[0021] 用于响应所述多种关系中的至少一种关系而确定映射函数的确定模块;

[0022] 用于利用所述映射函数接收或计算代表被评估图案的图像的多个矩的接收和计算模块;其中需要用于代表多个矩的信息的占用空间小于形成被评估图案的所述图像的像素信息的占用空间;以及

[0023] 用于处理所述多个矩,以确定被评估图案的至少一个形状参数的处理模块。

[0024] 便利地,该映射函数为线性映射函数。

[0025] 便利地,所述系统进一步包括用于接收被评估图案的所述图像的光学系统;以及矩差计算器,所述矩差计算器用于通过利用获得被评估图案的所述图像的所述光学系统的模型来计算所述多个矩和由所述矩计算器计算的所述多组矩之间的矩差。

[0026] 便利地,所述系统进一步包括:用于提供包含多个向量的被评估图案的轮廓的表示的表示模块;每个向量平分由标称轮廓所限定的角度。

[0027] 便利地,所述系统进一步包括:用于计算物体的多个被评估图案中的每个被评估图案的形状参数之间的差的计算模块。

[0028] 一种计算机程序产品,包含计算机可用的媒质,该媒质具有计算机可读程序,其中当在计算机上执行时,所述计算机可读程序使计算机:接收或计算代表被评估图案的图像的多个矩,其中需要代表所述多个矩的信息的占用空间基本上小于形成被评估图案的所述图像的像素信息的占用空间;以及处理所述多个矩以确定被评估图案的至少一个形状参数。

[0029] 便利地,该计算机程序产品使计算机:确定被评估图案的多个矩与多个标称矩之间的矩差;其中所述多个标称矩代表标称图案的图像。

[0030] 便利地,该计算机程序产品使计算机响应所述矩差而确定被评估图案与标称图案之间的图案差。

[0031] 便利地,该计算机程序产品使计算机响应映射矩差到图案差的映射函数而确定所述图案差。

[0032] 便利地,映射函数为线性函数。

[0033] 便利地,该计算机程序产品使计算机响应获得被评估图案图像的光学系统的模型

而确定所述矩差。

[0034] 便利地,该计算机程序产品使计算机确定映射图像差到图案差的映射函数。

[0035] 便利地,该计算机程序产品使计算机:模拟所述标称图案的多种变化以提供多个变异图案;计算多组矩;每组矩代表多个变异图案中的变异图案的图像;确定多种关系;每种关系联系所述标称图案与变异图案之间的差和多个标称矩与代表变异图案图像的矩组之间的差;以及响应多种关系中的至少两种关系而确定所述映射函数。

[0036] 便利地,该计算机程序产品使计算机提供包含多个向量的被评估图案的轮廓的表示,每个向量平分由标称轮廓所限定的角度。

[0037] 便利地,该计算机程序产品使计算机计算物体的多个被评估图案中的每个被评估图案的形状参数之间的差。

[0038] 便利地,该计算机程序产品使计算机对不同的被评估图案的多个矩之间进行比较,以确定被评估图案的至少一个形状参数。

### 附图说明

[0039] 为了理解本发明并且看出本发明实际上是怎样实施的,现在将仅以非限定实施例的方式参照附图描述实施方式,其中在附图中:

[0040] 图 1 示出了根据本发明实施方式的用于评估掩模图案的方法;

[0041] 图 2 示出了根据本发明实施方式的产生映射矩差到图案差的映射函数的步骤;

[0042] 图 3 示出了标称图案和被评估图案;以及

[0043] 图 4 示出了根据本发明实施方式的用于评估掩模图案的系统。

### 具体实施方式

[0044] 本发明提供一种用于评估掩模的被评估图案的方法、系统和计算机程序。常规地,评估图案的一个或多个结构要素以及尤其评估图案的轮廓可以相对快的方式来评估。所述评估的结果可用于 CD 测量,评估整个掩模的 CD 变化(或部分掩模),将预期的掩模布局与实际掩模布局相比较,建模用掩模产生的晶圆的布局,等等。

[0045] 常规地,掩模的被评估图案的图像由多个矩表示。多个矩可能彼此不同。表示这些多个矩需要的信息的存储空间基本上小于形成图案的图像的像素信息的存储空间。由于更小量信息被存取、检索和处理,因此所述存储空间减小(也称为压缩)可有助于加速评估过程。

[0046] 常规地,每个矩是对图案的图像的多个像素的响应,从而有助于减少随机噪声。图案以及尤其该图案的轮廓包括第一个或多个系统组件,反应设计意图和实质技术因素,以及一个或多个随机组件,从图案的一个瞬间到另一瞬间变化,例如,部件轮廓上的波纹。使用多个矩允许图案的系统组件的恢复。

[0047] 根据本发明的实施方式,评估的图案是一组理想相同(迭代)图案的部分。

[0048] 注意当多个矩与其他多个矩比较时,则每个矩与相应矩相比较。同样适应于各矩之间的差——计算相应矩之间的差。

[0049] 常规地,方法 100 的执行以及尤其映射函数  $f$  的一些近似可能需要被评估图案的存储空间可在较小的范围内偏离。通常地,掩模的实际布局(包括被评估图案)和标称布局

(包括标称图案)之间的差别不会很大。

[0050] 术语“图案差”可意指两个或多个图案之间的一个或多个差别。术语“矩差”可意指两个或多个矩之间的一个或多个差,其中该两个或多个差可以是与两个或多个图案关联。

[0051] 图 1 示出用于根据本发明实施方式评估掩模的图案的方法 100。该图案还称为被评估图案以区分该图案和标称图案。

[0052] 方法 100 以任一步骤 110 或 120 开始。

[0053] 步骤 110 包括产生将矩差映射到图案差的映射函数。图案差是掩模的被评估图案和掩模的标称图案(也称为理想图案或预期图案)之间的差别。

[0054] 被评估图案的图像以及标称图案的图像可由多个矩来表示。矩差反应表示图案的图像的多个矩和表示标称图案的图像的多个矩之间的差。

[0055] 每个矩(也可称为广义矩)可具有以下形式:

[0056]  $A^{(k)}$  是第  $k$  矩,而指数  $K$  是大于 1 的正整数,但常规地小于甚至远小于图案的图像的像素( $X \times Y$ )的数量。指数  $x$  和  $y$  表示图案的图像的行和列。 $S_{x,y}$  是属于图像的第  $x$  行和第  $y$  列的像素。诸如像素  $S_{x,y}$  的像素形成图像的像素信息。

[0057] 变量  $a^{(k)}$  是对  $S_{x,y}$  赋值的权(第  $k$  矩的)。

[0058] 权可选择先验或与给定掩模的图案匹配。根据图像处理中公知的所谓统计矩,例如泽尔尼克(Zernike)、勒让德(Legendre)、切比雪夫(Chebyshev)矩等可选择先验权。

[0059] 图 2 示出根据本发明更详细的步骤 110。

[0060] 步骤 110 包括(i)步骤 112 模拟多次( $M$ )迭代的标称图案以提供多个变异图案( $Pa(1)$ - $Pa(M)$ );(ii)步骤 114 计算多组矩  $A(1)$ - $A(M)$ ;每组矩( $A(m)$ )表示多个变异图案  $Pa(1)$ - $Pa(M)$  中变异图案( $Pa(m)$ )的图像;(iii)步骤 116 确定多个关系  $R(1)$ - $R(M)$ ;每个关系( $R(m)$ )联系标称图案与变异图案( $Pa(m)$ )之间的差和多个标称矩  $A_0$  与表示变异图案( $Pa(m)$ )的图像的一组相应矩( $Aa(m)$ )之间的差;以及(iv)步骤 118 响应多个关系中的至少两个关系来确定映射函数。

[0061] 常规地,以迭代的方式执行步骤 110。在每次迭代期间模拟变异图案( $Pa(m)$ ),计算表示所述变异图案( $Pa(m)$ )的一组矩( $Aa(m)$ ),计算标称图案( $P_0$ )和变异图案( $Pa(m)$ )之间的差和多个标称图案( $A_0$ )和表示所述变异图案的一组矩( $Aa(m)$ )之间的差之间的关系。在每次迭代后,该方法确定是否停止该迭代或者执行对于另一变异图案( $Pa(m+1)$ )的另一迭代。一旦找到映射函数或者当执行预定次数的迭代( $M$ )时可停止所述迭代。

[0062] 步骤 120 包括接收映射函数。

[0063] 步骤 110 和步骤 120 后接着步骤 130,接收或计算表示被评估图案( $Pe$ )的多个矩( $Ae$ )。步骤 130 可包括(用方框 132 示出)接收这些多个矩还可包括接收(如用方框 134 示出)被评估图案的图像( $Ie$ )以及计算(如用方框 136 示出)这些多个矩。

[0064] 常规地,表示多个矩需要的信息的存储空间基本上小于形成结构图案的图像的像素信息的存储空间。

[0065] 步骤 130 后接着步骤 140,处理多个矩( $Ae$ )以便确定被评估图案( $Pe$ )的形状参数(诸如轮廓)。

[0066] 步骤 140 通常包括步骤 142、144 和 146 中的至少一个步骤。

[0067] 步骤 142 包括确定表示被评估图案( $Pe$ )的多个矩和表示标称图案( $P_0$ )的多个标

称矩(A0)之间的矩差(表示  $\Delta A$ )。注意 A 包括所有 K 矩  $A^{(1)}$  到  $A^{(K)}$ 。A 可以是向量但这不是必须的。A0 包括所有 K 标称矩  $A0^{(1)}$  到  $A0^{(K)}$ 。A0 可以是向量但这不是必须的。

[0068] 步骤 144 包括响应所述矩差来确定被评估图案(Pe)和标称图案(P0)之间的图案差(表示  $\Delta P$ )。图案差也称为差参数(DP)。

[0069] 步骤 144 可包括响应将可能的矩差(可能的  $\Delta A$ )映射到可能的图案差(可能的  $\Delta P$ )的映射函数来确定图案差。

[0070] 映射函数 f 可考虑评估图案的图像的光学系统的模型。该模型应当用作表示通过光学系统获得的图像的矩而图案差表示使这些图像得以获得的图案。

[0071] 注意在被评估图案和标称图案之间的差较小的情形下函数 f 可以是线性函数： $\Delta P=f(\Delta A)=C \times \Delta A$ 。注意  $\Delta A$  和  $\Delta P$  可用向量表示而 C 可以是矩阵。

[0072] 注意一旦图案差已知,逆映射函数( $f^{-1}$ )可用于得出矩差。数学条件： $\Delta A=f^{-1}(\Delta P)$ 。

[0073] 注意在被评估图案和标称图案之间的差较小的情形函数  $f^{-1}$  可以是线性函数： $\Delta P=f(\Delta A)=C \times \Delta A$ 。注意  $\Delta A$  和  $\Delta P$  可用向量表示而 C 可以是矩阵。

[0074] 注意映射函数 f 的其他近似(非线性)可以作必要的修正来应用。例如,当线性近似不够精确时可以使用  $f(\Delta A)$  的分解的二次方分量以近似映射函数 f。注意  $\Delta A$  和  $\Delta P$  可用向量表示以及  $\Delta P=f(\Delta A)=B \times \Delta A \times B^{-1}$ 。

[0075] 一旦已知图案差则该图案的形状可通过增加(或减去)来自标称图案的这些差,如步骤 146 所示,响应图案差  $\Delta P$  和标称图案(P0)获取被评估图案。

[0076] 注意被评估图案(Pe)和标称图案(P0)之间的图案差( $\Delta P$ )可以以不同方式表示。这些表示通常精确并需要较小的存储空间。

[0077] 根据本发明的再一实施方式,图案的轮廓用分段线差值图案的轮廓来表示。

[0078] 被评估图案的轮廓的表示包括被评估图案的边缘和标称图案的相应至高点之间的差。

[0079] 根据本发明的实施方式这些差由边缘偏差和边缘半径来表示。标称图案由多边形来表示(尤其通过列出多边形的至高点)以及被评估图案和标称图案之间的差由移位一定偏移的边缘来表示,以及每个角通过一定半径的角修整来变圆。在该情形下  $\Delta P$  可包括一系列偏差和半径。

[0080] 根据本发明另一实施方式,图案差( $\Delta P$ )可以定义为被评估图案坐标的位移( $\Delta x, \Delta y$ )。因此,如果被评估图案大于预期,小于预期,偏移至右或偏移至左,所述偏移用所述一对 x 和 y 坐标来表示。

[0081] 根据本发明的再一实施方式,这些图案差由多个向量表示,每个向量平分由定义向量的一对多边形线限定的角。图 3 示出标称图案 10 和被评估图案 20。标称图案 10 具有 8 个至高点 12。二十四个参考点限定在标称图案 10 上,八个定位在至高点 12 上而八对参考点 14 定位在从每个顶点延伸的不同线上。虚线 16 从八对的每个参考点延伸并在交叉点 22 处与被评估图案 20 相交。每条虚线 18 平分由相连形成顶点的两条线定义的角。每条虚线 18 在顶点交叉点 24 与被评估图案 20 相交。 $\Delta P$  可包括虚线 18 和任选地虚线 16 的表示。

[0082] 图 4 示出用于根据本发明的实施方式评估掩模的图案的系统 200。

[0083] 系统 200 可包括光学系统,所述光学系统包括镜片、图像采集电路和其他光学获得被评估图案的图像需要的部件,但这不是必须的。例如,系统 200 可接收表示被评估图案的图像的信息,所述信息通过不是系统 200 的部件的光学系统而获得。

[0084] 图 4 示出包括光学系统 202 (所述光学系统 202 包括镜片 204 和图像采集电路 206)、存储器 208 和处理器 210 的系统 200。

[0085] 系统 200 所示为连接至存储单元 212。信息可以不同方式分配在存储器单元 208 和存储单元 212 之间。

[0086] 图 4 示出存储器单元 208 作为存储被评估图案信息 220 和标称图案信息 222,而存储单元 212 存储光学系统 202 的模型 224。注意存储单元 212 可存储整个掩模的计算机辅助设计(CAD)表示 226 而存储器单元 208 仅存储小部分关于特定标称图案的该信息。常规地,标称图案信息 222 包括标称矩和表示标称图案形状的信息。

[0087] 系统 200 可执行多步骤的方法 100。处理器 210 可处理被评估图案的多个矩以及工艺额外信息(诸如关于标称图案的信息)以便确定被评估图案的至少一个结构参数。

[0088] 常规地,处理器 210 可执行多个软件模块,可包括专用硬件模块或连接至专用硬件模块,诸如但不限于矩计算器 232、矩差计算器 234、矩差到图案差模块 236、图案重建模块 238 和附加模块,诸如但不限于 CD 模块 240、CD 变化模块 242、映射函数生成模块 244 等。

[0089] 矩计算器 232 接收形成图案的图像的像素信息(诸如标称图案、改变的图案,被评估图案)并计算表示图像的多个矩(诸如  $A_0, A(1) - A(M)$ )。

[0090] 矩差计算器 234 计算通过矩计算器 232 计算的多个矩(诸如被评估图案的矩或改变的图案的矩)之间以及多个标称矩之间的矩差( $\Delta A$ )。

[0091] 矩差到图案差模块 236 应用映射函数以便从通过矩差计算器 234 计算的矩差获得图案差。

[0092] 图案重建模块 238 由标称图案和通过矩差到图案差模块 236 计算的图案差来重建被评估图案或修改的图案。

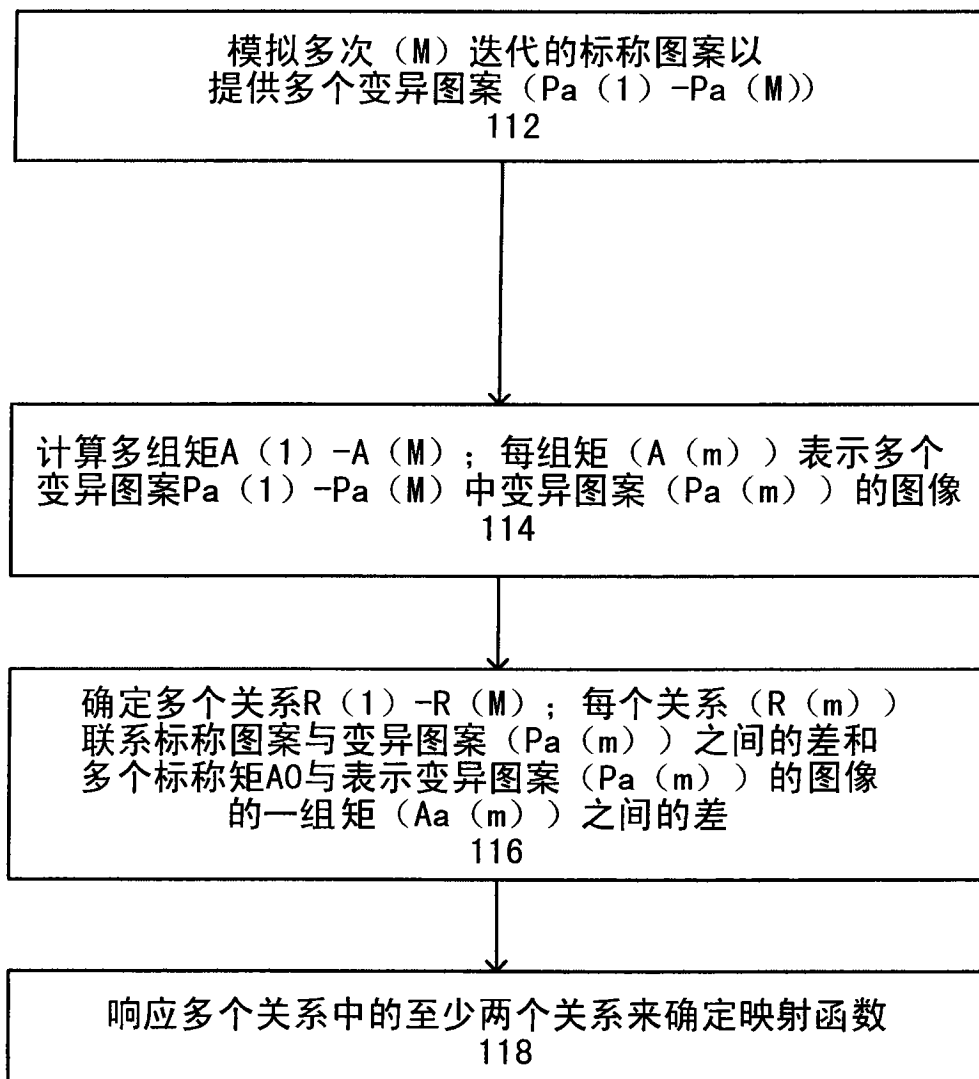
[0093] 映射函数生成模块 244 通过应用步骤诸如方法 100 的步骤 120 得到逆映射( $f^{-1}$ )。在映射函数确定过程的多次迭代期间可以使用其他模块诸如矩计算器 232 和矩差计算器 234。一旦已知逆映射函数,映射函数生成模块可计算(非逆)映射函数  $f$ 。

[0094] CD 模块 240 响应图案的轮廓可计算被评估图案的临界尺寸,或可计算相邻被评估图案之间的距离。

[0095] CD 变化模块 242 可分析从定位在掩模的不同位置的多个图案获得的 CD 测量以便确定整个掩模或掩模的一个或多个部分表面上的 CD 变化。

[0096] 本领域的技术人员将容易理解可对前述的本发明应用各种修改和变化,而不偏离由附加的权利要求书限定的范围。





110

图 2

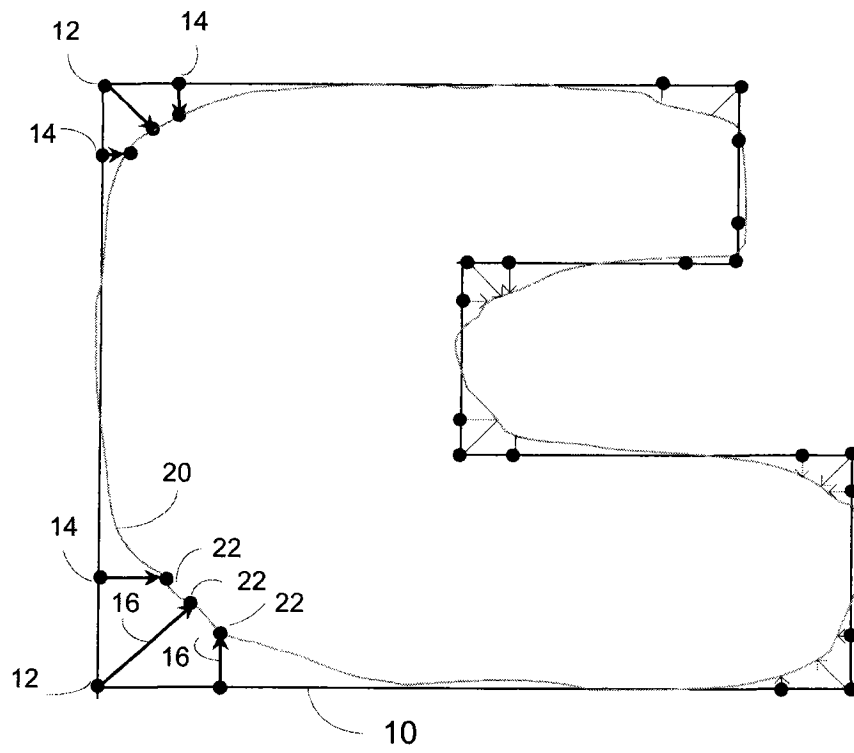
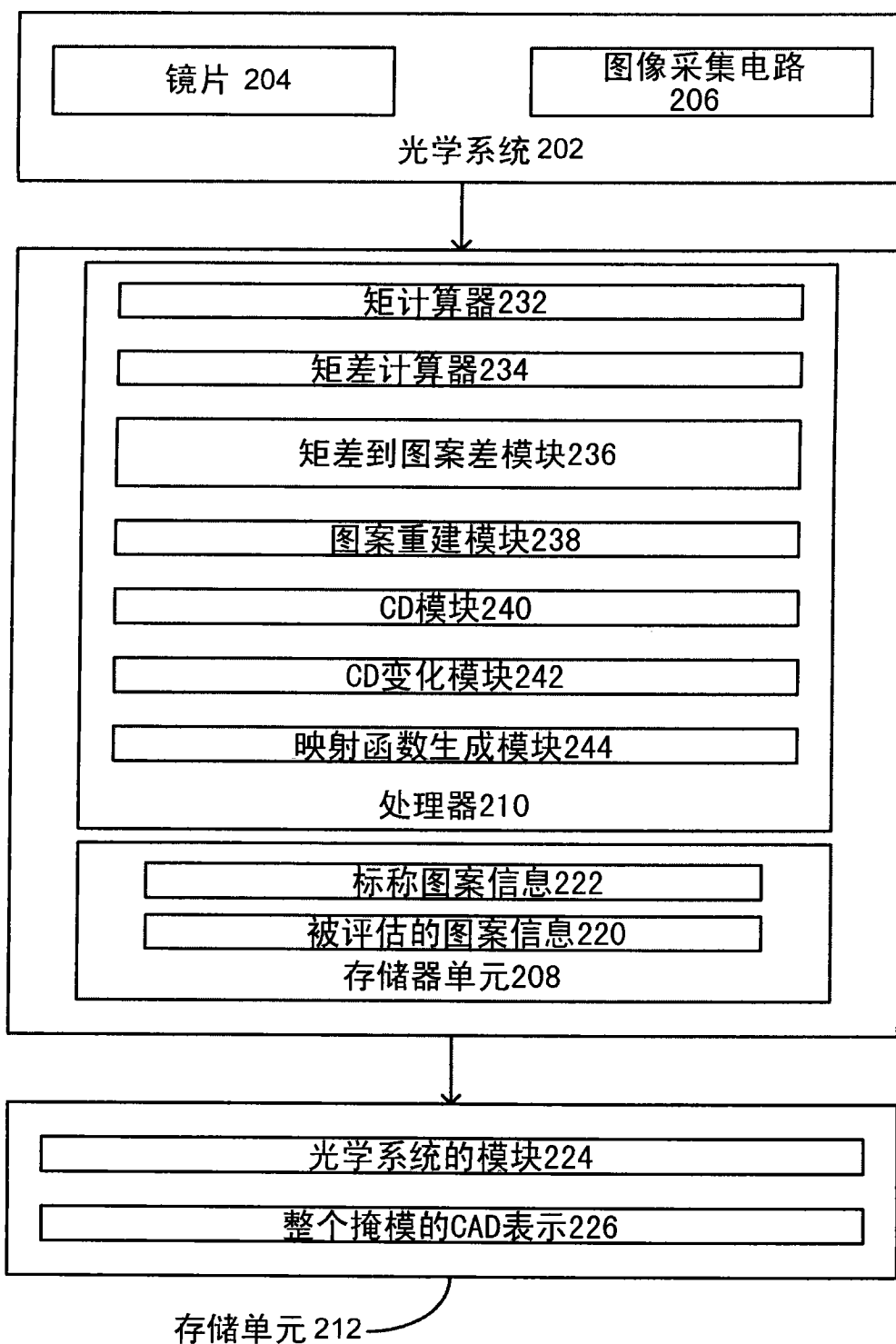


图 3



200

图 4