

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G03F 9/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580018208.5

[43] 公开日 2009年3月4日

[11] 公开号 CN 101379435A

[22] 申请日 2005.6.2

[21] 申请号 200580018208.5

[30] 优先权

[32] 2004.6.3 [33] US [31] 60/576,570

[86] 国际申请 PCT/US2005/019392 2005.6.2

[87] 国际公布 WO2005/121903 英 2005.12.22

[85] 进入国家阶段日期 2006.12.4

[71] 申请人 得克萨斯州大学系统董事会

地址 美国得克萨斯州

[72] 发明人 A·谢尔拉 S·V·斯利尼瓦森

K·阿杜斯米利

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司  
代理人 陈 炜

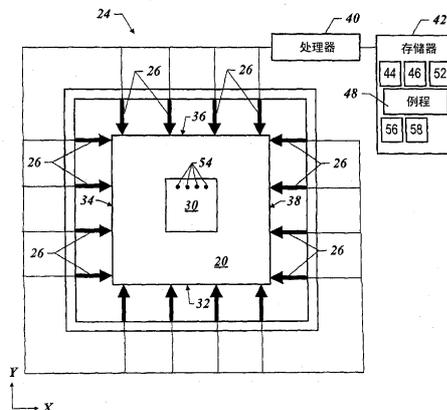
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

## [54] 发明名称

用于改进显微蚀刻的对齐和覆盖的系统和方法

## [57] 摘要

本发明提供一种用于确定要施加于衬底的力以使衬底变形、并校正覆盖未对齐的方法。



1. 一种用于确定布图器件最小化其上所记录的图案与参考图案之间的尺寸变化所用的变形参数的方法，所述方法包括：

比较所述记录图案的特征相对于所述参考图案的相应特征之间的空间变化；  
以及

确定施加于所述布图器件以减小所述尺寸变化的变形力，其中所述力具有预定的限制。

2. 如权利要求所述的方法，其特征在于，所述限制包括在所述变形力中略去张力。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述限制包括略去会减弱所述布图器件的结构完整性的高幅度力。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，确定还包括确定受限力矢量，且所述变形力根据所述受限力矢量来确定。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，确定还包括最小化覆盖误差的最大绝对值的幅度。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，确定还包括确定施加于所述布图器件以减小所述尺寸变化的压缩变形力。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，确定还包括确定施加于所述布图器件的多对所述变形力，还包括将所述多对变形力施加于所述布图器件，且所述多对变形力的各个力具有相同的幅度和方向，且所述一对力之一的方向与关联于所述一对力的另一个力的方向相反。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，比较还包括将所述布图器件上的覆盖特征与关联于将所述图案写在所述布图器件上的计算机数据的相应覆盖特征作比较。

9. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，确定还包括最小化覆盖误差的最大绝对值的幅度，并识别全局最小值。

10. 一种用于确定布图器件最小化其上所记录的图案与参考图案之间的尺寸变化所用的变形参数的方法，所述方法包括：

比较所述记录图案的特征相对于所述参考图案的相应特征之间的空间变化；

以及

确定施加于所述布图器件以减小所述尺寸变化的变形力，且全部所述变形力是施加于所述布图器件的压缩力。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，确定还包括确定所述变形力使全部所述变形力具有与其相关联的、低于预定阈值的幅度。

12. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，确定还包括最小化覆盖误差的最大绝对值的幅度。

13. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，确定还包括确定施加于所述布图器件的多对所述变形力，还包括将多对所述变形力对施加于所述布图器件，所述多对变形力的各个力具有相同的幅度和方向，且所述一对力之一的方向与关联于所述一对力的另一个力的方向相反。

14. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，比较还包括将所述布图器件上的覆盖特征相对于关联于用于将所述图案写在所述布图器件上的计算机数据的相应覆盖特征作比较。

15. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，确定还包括最小化覆盖误差的最大绝对值的幅度，并识别全局最小值。

16. 一种用于确定布图器件最小化其上所记录的图案与参考图案之间尺寸变化所用的变形参数的系统，所述方法包括：

用于比较所述记录图案的特征相对于所述参考图案的相应特征之间的空间变化的装置；以及

用于确定施加于所述布图器件以减小所述尺寸变化的变形力、且全部所述变形力是施加于所述布图器件的压缩力的装置。

17. 如权利要求 16 所述的系统，其特征在于，用于确定的装置还包括用于确定所述变形力使全部所述变形力具有小于预定阈值的与其相关联的幅度的装置。

18. 如权利要求 16 所述的系统，其特征在于，用于确定的装置还包括用于最小化覆盖误差的最大绝对值的幅度的装置。

19. 如权利要求 16 所述的系统，其特征在于，确定还包括用于确定施加于所述布图器件的多对所述变形力的装置，还包括用于将多对所述变形力对施加于所述布图器件，所述多对变形力的各个力具有相同幅度和方向，且所述一对力之一的方向与关联于所述一对力的另一个力的方向相反的装置。

---

## 用于改进显微蚀刻的对齐和覆盖的系统和方法

### 背景技术

本发明一般涉及显微蚀刻，尤其涉及改进衬底图形化过程中的对齐和覆盖。

显微蚀刻在形成需要将多层图案彼此重叠地转移到衬底上的集成电路时使用。结果，图案向衬底的转移是集成电路的制造中的重要工艺。图案转移技术也用于光学技术、生物技术等。衬底图形化的通用技术是称为光刻的光学蚀刻。称为母图案的原始图案存储在光掩模上。光掩模通常是使用高精度激光或电子束将图案记录其中的熔融石英片。将光掩模图案转移到涂敷于正在处理的衬底顶部的光致抗蚀剂材料上。然后对衬底进行蚀刻、并将所转移的图案用于控制蚀刻工艺从而可在衬底上建立期望图案。另一图形化工艺称为压印蚀刻，其中模子的形貌限定了转移到衬底上的图案。

在上述图形化工艺的任一个中，称为临界尺寸（CD）的图案中最小特征尺寸可保持在 10 nm 内。结果，图案向衬底的成功转移要求相对于衬底上现有图案特征的精确定位。一般成功规则是对于要起作用的图案层，该图案上的每一点必须以该图案中 CD 的 1/3 内的精度与下层图案的每一点对齐。各种技术节点的覆盖要求可从 <http://public.itrs.net> 站点的半导体国际技术向导获得。适当定位所转移图案的工艺称为对齐。通过实现适当的对齐，可获得期望的图案覆盖。具体地，对齐准确度可在一些对齐标记的位置处测量。该准确度是图形化工具的对齐系统中精度的量度。

作为图案中各个点对齐的量度的覆盖准确度可在除对齐标记位置外的要图形化区域中的任何位置进行测量。结果，覆盖信息可包括除了关联于对齐信息的误差信息外的误差信息。例如，覆盖误差可因透镜畸变、夹盘导致的晶片畸变、以及总称为图案器件的掩模/模子上的图像位置误差产生，这在即使精确对齐的情况下也可导致显著的覆盖误差。这些误差可在所转移图案中导致可大大减小生产率的畸变。图案至图案覆盖误差一般通过测量区域中点格的对齐来量化。现有技术曾尝试减小对齐标记处的对齐误差。

White 等人的美国专利 No. 6,847,433 公开了可变形支架、系统、和工艺，其

中来自许多势源的掩模图像和晶片上已有图案之间的长程误差（蚀刻、度量、或覆盖误差的任一个）得到校正。长程误差使用贯穿透镜对齐度量系统或透镜周围度量系统来确定。变形值被确定以补偿长程误差。该变形值通过解联立方程或有限元线性应力分析（FEA）来确定。然后，使用诸如压电陶瓷的致动器推或拉掩模或晶片以实质上将掩模的投影图像和晶片上已有图案重新对齐，来使掩模或晶片在平面中变形相关于所确定变形值的量。该方法确保对齐标记处的对齐，却不必在整个区域上覆盖。该技术的另一缺点和其它现有技术对最小化图案畸变的尝试涉及确定变形值的计算要求，特别是如果这种类型的校正要在时间约束下实时进行时。通常，变形值的确定需要可能会增加系统成本的大量计算能力，且常常不精确。

因此所需要的是经改进的校正对齐和覆盖误差以及计算变形值的系统或技术。

### 发明内容

本发明涉及一种用于确定布图器件最小化其上所记录的图案和参考图案之间的尺寸变化所用的变形参数的方法和系统。为此，该方法包括：比较所述记录图案的特征与所述参考图案的相应特征之间的空间变化；以及确定施加于所述布图器件以减小所述尺寸变化的变形力，且所述变形力具有预定的约束。该系统执行该方法的功能。这些和其它实施方式在下文中更加全面地讨论。

### 附图说明

图 1 是根据本发明的蚀刻系统的简化视图；

图 2 是根据本发明在图 1 中示出的布图器件的支架的简化平面图；以及

图 3 是示出根据本发明确定的畸变矢量的简化平面图。

### 具体实施方式

图 1 示出根据本发明一实施方式的蚀刻系统 10，它包括具有支架 16 的平台 12。衬底 14 设置在支架 16 上，例如底座或者卡盘。支架 16 可与平台 18 通过已知机构可移动地耦合或者固定地连接。相对于支架 12 设置的是图像生成系统 18。图像生成系统 18 可以是本领域中任何已知技术，包括诸如可从德国慕尼黑的 Suss Microtec 购得的 MA300Plus 的分档器中包含的光刻，或诸如在由得克萨斯州奥斯丁的 Molecular Imprints, Inc. 出售的 Imprio™ 250 中包含的压印蚀刻图形化系统。图

像生成系统包括：布图器件 20，具有形成其上的作为要在衬底 14 上形成的图案的基础的原始图案；以及光化学能量源，和需要将光化学能量通过布图器件 20 传输并入射在衬底 14 上的光学子系统，它们通常示为光学部件 22。在光刻系统中，布图器件 20 通常是掩模。在压印蚀刻系统中，布图器件 20 是模板的图形化区域，通常称为模子。

参看图 1 和 2，围绕器件 20 的是便于对齐和覆盖对准的驱动器系统 24。为此，系统 10 包括多个耦合于帧 28 和布图器件 20 之间的多个驱动器 26，在本实施方式中，布图器件 20 是具有通常与压印蚀刻相关联的、整体形成其中的模子 30 的熔融石英模板。模子 30 在其上可具有特征，例如凹陷和凸起，或者基本上无特征以定义基本上平坦的（如果不是平面的）表面。各个驱动器 26 被配置成便于在布图器件 20 的四边 32、34、36、和 38 之一上产生力。多个驱动器 26 被配置成在相对两边出现相等数目的驱动器。具体地，期望驱动器 26 在布图器件 20 的相对两边上成对配置，且一对的每个驱动器 26 与该对驱动器的剩余另一个驱动器 26 相对设置。驱动器 26 以及图案生成系统 18、底座 16 和平台 12 的操作通过与其电通信的处理器 40 的控制来实现。为此，控制程序存储于存储器 42 中作为计算机可读编码。存储器 42 与处理器 40 进行数据通信，从而控制程序可由处理器 40 执行以产生传输至驱动器 26 的控制信号。

参看图 1 和 2，通过选择性地使布图器件 20 变形，系统 24 便于对齐和覆盖对准。这便于校正图案形状的各个参数，即放大特征、偏斜/正交特征以及梯形特征。放大特征可以是放大误差，例如其中整个图案从正方形变成矩形。偏斜/正交特征可以是偏斜/正交误差，其中相邻边彼此形成锐角或直角而非直角。梯形特征可以是梯形误差，其中正方形/矩形呈现不等边四边形形状，其中不等边四边形根据美国/美洲的定义来定义且包括梯形。为了控制图案形状，布图器件 20 可选择性地由驱动器 26 变形，从而如果不能抵消则最小化所出现的畸变，由此减小覆盖误差。为此，使用已知图像放置或图像对准系统，例如可从伊利诺斯州 Bannockburn 的 Leica Microsystems 购得的 LMS IPRO3，对布图器件 20 进行检查。涉及布图器件 20 上特征的位置的所测信息 44 可被映射到存储器 42 中。所测信息 44 表示的特征是布图器件 20 上出现的、便于覆盖和对齐技术的参考标记。这些特征可包括任何已知的对齐标记，例如框中框、叉中叉和/或游标刻度标记，称为覆盖特征。该覆盖特征在如果空间允许的情况下通常位于布图器件 20 的不同区域，并且排列在多边形（如果不是矩形）栅格中。

载入存储器 42 的将是会与所测信息 44 作比较的参考信息 46。参考信息 46 可包括有关覆盖特征的最佳或期望位置的、以及因此布图器件 20 上图案的信息。该信息可从可用作测量布图器件 20 的标准的现有参考布图器件（未示出）中获得。或者，参考信息 46 可从用于在布图器件 20 上形成图案的 GDS 文件中获得。考虑到布图器件 20 上图案中的误差或畸变可有助于用来形成布图器件 20 的写入和蚀刻工艺，用于计算机辅助设计软件的这类计算机数据可提供具有最佳图案的最准确反映的参考信息。示例性计算机数据通过由加利福尼亚州 Mountain View 的 Synopsis, Inc. 出售的 CATS™ 软件采用。

同时参看图 2 和 3，便于所测信息 44 与参考信息 46 作比较的例程 48 也存储在存储器 42 中。例程 48 包括所测信息 44 中的特征相对于参考信息 46 中的相应特征之间的 X 和 Y 的位置变化，并产生下表中示出的图像位置变化数据：

点	X ( $\mu\text{m}$ )	Y ( $\mu\text{m}$ )		点	X ( $\mu\text{m}$ )	Y ( $\mu\text{m}$ )
1	0.01	-0.012		19	-0.008	0.007
2	0	-0.003		20	-0.022	0.013
3	-0.003	-0.001		21	-0.024	0.017
4	0.013	-0.013		22	-0.011	0.012
5	0.016	-0.016		23	-0.005	0
6	0.018	-0.014		24	0.001	0
7	0.012	-0.012		25	0.01	-0.001
8	-0.001	-0.001		26	-0.006	0.006
9	-0.012	-0.004		27	-0.006	0.012
10	-0.001	-0.007		28	0.003	0
11	0.005	-0.014		29	0.012	-0.006
12	0.009	-0.013		30	0.016	-0.005
13	-0.004	-0.004		31	0.011	-0.01
14	-0.017	0.005		32	0.002	-0.001
15	-0.02	0.01		33	-0.005	0.004
16	-0.01	-0.002		34	0.011	-0.003
17	-0.007	-0.008		35	0.016	-0.011
18	0	-0.007		36	0.019	-0.006

图像位置变化表

根据图像位置误差表中的数据可产生畸变矢量 50。畸变矢量 50 是关联于所测信息 44 的覆盖特征相对于关联于参考信息 46 的相应覆盖特征的空间位置差异的矢量化表示。结果，畸变矢量 50 包括映射到存储器 42 的、有关布图器件 50 上图案特征的空间位置集 54 的数据 52。根据图像位置变化数据所产生的示例性畸变矢量 50 可映射到存储器中，作为以特征 1 开始并以特征 36 结束的数列，将各个特征的 x

和  $y$  变化识别如下:  $\{0.01, -0.012, 0, -0.003, \dots 0.019, \text{和} -0.006\}$ 。

空间位置 54 表示布图器件 20 上覆盖特征的空间位置。数据 52 包括所测信息 44 与参考信息 46 之间差异的方向和幅度的特征。具体地, 数据 52 包括有关沿两个正交轴、在图像化器件 20 上各个覆盖特征的空间位置 54 相对于最佳/期望图案的相应覆盖特征的空间位置之间的距离的信息。

处理器 40 基于例程 48 操作, 以处理有关畸变矢量 50 的数据并产生信号, 这些信号由驱动器 26 感测, 以选择性将布图器件 20 变形、并且减小(如果不能消除)所测信息 44 与参考信息 46 之间的差异, 由此最小化布图器件上的图案相对于最佳/期望图案之间的覆盖变化。关联于所测信息 44 的覆盖特征与关联于参考信息 46 的相应覆盖特征之间的距离可通过产生空间位置 54 的平移移动来最小化。为此, 通过解如下的逆转换函数, 例程 48 确定由驱动器 26 施加以便于选择性变形布图器件 20 的负载:

$$(1) \quad [A]\{f\} = \{u\}$$

其中  $[A]$  表示对布图器件 20 指定的顺应性矩阵 (Compliance Matrix),  $\{f\}$  是称为力矢量的元素  $f_i$  的一维矩阵, 其中  $i$  从 1 至  $m$  变化,  $m$  是力对的数目。力矢量  $\{f\}$  的元素  $f_i$  是从中确定期望负载的加权系数。 $\{u\}$  表示关联于所测信息 44 的特征的空间平移必须进行, 以便于与参考信息 46 中相应特征的空间位置匹配, 即  $\{u\}$  表示畸变矢量 50 的加性逆元。一旦顺应性矩阵  $[A]$  被确定, 力矢量  $\{f\}$  就可根据方程 (1) 确定。信号由处理器 40 产生用来使驱动器 26 将必需的负载施加于布图器件 20, 该负载是力矢量  $\{f\}$  的函数。这样, 布图器件 20 中的畸变得以最小化(如果没有消除的话)。

顺应性矩阵  $[A]$  相关于制作布图器件 20 的材料。具体地, 顺应性矩阵  $[A]$  部分地由与形成布图器件 20 的材料相关联的杨氏模量和泊松比限定。在该示例中, 布图器件 20 由熔融石英形成, 但也可由石英、蓝宝石、硅、金属等形成。确定顺应性矩阵  $[A]$  的一种方法使用有限元分析 (FEA)。为此, 使用任何已知的建模技术, 诸如以商标为 Pro/Engineer™ 2001 出售的软件和商标为 Pro/Mechanica™ 2001 出售的有限元解算器软件, 可产生称为建模器件 56 的布图器件 20 的 FEA 模型、并将其存储在存储器 42 中。

采用 FEA, 可响应于由驱动器 26 的模拟加载获得建模器件 56 的多个数据点 58 的每一个的空间位移的测量。数据点 58 表示建模器件 56 上图案的覆盖特征的空间位置。为了获得有用信息, 与数据点 58 相关联的覆盖特征对应于与空间位置

54 相关联的布图器件 20 的相同特征相关联。在本示例中，各个数据点 58 与空间位置 54 之一相关联，从而各个数据点 58 对应于不同于与剩余数据点 58 相关联的空间位置 54 的多个空间位置 54 之一。

当确定顺应性矩阵[A]时，假设力由一对驱动器施加以使其相等且相反，从而保持力和力矩的平衡，进而满足以下条件：

$$(2) \quad \Sigma F_x = 0;$$

$$(3) \quad \Sigma F_y = 0; \text{ 以及}$$

$$(4) \quad \Sigma M_z = 0$$

其中  $F_x$  是在 X 方向的力， $F_y$  是在 Y 方向的力且  $M_z$  是围绕 Z 轴的力矩。对于每个数据点 58，沿 X 和 Y 轴的位移可以定义如下：

$$(5) \quad X_n = f_1 x_{1n} + f_2 x_{2n} + \dots + f_m x_{mn}$$

$$(6) \quad Y_n = f_1 y_{1n} + f_2 y_{2n} + \dots + f_m y_{mn}$$

其中  $f_i$  是来自驱动器对 i 的力的幅度，n 标示数据点且  $x_{in}$ 、 $y_{in}$  表示数据点 n 沿 X、Y 方向响应于来自驱动器对 i 的单位力的以毫米/牛顿为单位的移动。在本示例中，n 是从 1 至 4 的整数且 i 是从 1 至 8 的整数。基于以上在方程 2-4 列出的条件，对于 4 个覆盖特征的示例顺应性矩阵[A]如下：

$$A = 1e-5 * \begin{matrix} -0.0350 & -0.3316 & -0.6845 & -0.4965 & 0.4924 & 0.2550 & 0.2025 & -0.5387 \\ 0.4923 & 0.2551 & 0.2028 & -0.5388 & -0.0349 & -0.3316 & -0.6845 & -0.4957 \\ 0.0311 & 0.3313 & 0.6848 & 0.4965 & 0.5387 & -0.2034 & -0.2557 & -0.4926 \\ 0.4930 & 0.2550 & 0.2026 & -0.5389 & -0.4989 & -0.6846 & -0.3310 & -0.0323 \\ -0.4992 & -0.6846 & -0.3310 & -0.0329 & 0.4931 & 0.2549 & 0.2025 & -0.5388 \\ 0.5385 & -0.2033 & -0.2556 & -0.4925 & 0.0313 & 0.3313 & 0.6848 & 0.4973 \\ 0.4938 & 0.6847 & 0.3318 & 0.0333 & 0.5393 & -0.2036 & -0.2560 & -0.4925 \\ 0.5393 & -0.2034 & -0.2559 & -0.4927 & 0.4941 & 0.6846 & 0.3319 & 0.0338 \end{matrix}$$

已知顺应性矩阵[A]，例程 48 可确定由驱动器 26 产生用来最小化覆盖误差作为力矢量{f}的力的幅度。具体地，例程 48 从方程 (1) 中解得力矢量{f}如下：

$$(7) \quad \{f\} = [A]^{-1}\{u\},$$

其中[A]是方矩阵。如果[A]不是方矩阵，即顺应性矩阵[A]行的数目（行数目 = 2\*数据点数目）大于力对的数目（列的数目 = 力对的数目），则方程 (7) 表示如下：

$$(8) \quad \{f\} = \{A^T A\}^{-1} A^T \{u\}$$

其中  $A^T$  是顺应性矩阵[A]的转置矩阵。

然而，可期望例程 48 确定满足诸如幅度和方向的某些预定义限制的力矢量{f}。例如，可期望避免张力，因为这可能需要用非预期机械耦合来实现覆盖调节，例如通过将驱动器 26 之一接合到布图器件 20 来施加张力。

此外，可期望最小化可能削弱布图器件的结构完整性的剩余力，而无关于

使用张力还是压缩力。为此，期望例程 48 使用以下限制确定力矢量 $\{f\}$ ：

$$(9) \quad f_i \geq 0; \text{ 以及}$$

$$(10) \quad f_i \leq f_{\max}$$

其中如上所述， $f_i$ 是 $\{f\}$ 矢量的元素。通常正元素  $f_i$ 表示图像化器件 20 上的压缩负载。例程 48 可根据布图器件 20 的材料的已知机械性质计算最大力限值  $f_{\max}$ 。通过 (9) 和 (10) 示出的限制，方程 (1) 可变形如下：

$$(11) \quad [A]\{f\} - \{u\} = \{e\}$$

因此问题变成找出力矢量 $\{f\}$ 以使误差矢量 $\{e\}$ 最小化。如上所述 $[A]$ 是顺应性矩阵。例程 48 在如下给出的无穷范数下可最小化误差矢量 $\{e\}$ ：

$$(12) \quad \max(|[A]\{f\} - \{u\}|)$$

选择最小化无穷范数的原因是相信覆盖误差绝对值的幅度确定图案层的有效性。如上所述，对于要起作用的图案层，认为最大覆盖误差应小于图案的最小特征尺寸的 1/3。因此，对于由方程 (9) 和 (10) 示出的限制，需要使例程 48 最小化该最大绝对误差，即无穷范数如下：

$$(13) \quad \text{Min} (\max |[A]\{f\} - \{u\}|)$$

目标函数(13)是根据决策变量即力  $f_i$  分段线性凸函数。根据定义分段线性凸函数是非线性的。因此，集中差值的域可包括若干局部最小值。期望使例程 48 识别全局最小值，即通过解方程 13 获得的符合方程 (9) 和 (10) 的限制的最小值。为此，例程 48 需要用一范围的试验/猜想开始矢量进行若干次迭代，并实现定向寻找例程。根据本发明的典型迭代过程从计算了函数值的初始点开始。该过程进行到函数具有较低值的解。这使例程 48 计算有关函数的信息直至识别到收敛。在公差范围内没有发现函数值的进一步减小的最小值处，例程 48 结束该过程。

诸如牛顿-拉富生 (Newton-Raphson) 方法、共轭梯度法、准牛顿法的任何已知迭代定向搜索技术都可用于获得最佳力矢量 $\{f\}$ 。实现这些技术的一种方法是使用存储在存储器 42 中、并由使用诸如可从 Microsoft 公司购得的 WINDOWS®的标准操作系统的处理器 40 运行的 Microsoft EXCEL。如上所述根据有限元分析获得的数据以矩阵形式进行核对并输入，且例如根据方程 (1) 在矩阵之间建立适当的关系。

一种改进计算力矢量 $\{f\}$ 的方法是通过将非线性公式 (13) 转化成线性问题。为此，将方程 (11) 代入方程 (13)。这允许例程 48 将方程 (13) 如下表示成数据 52 的数列：

$$(14) \quad \text{Minimize}(\text{Maximum}(|e_1|, |e_2| \dots |e_n|))$$

其中， $e_i$  是误差矢量  $\{e\}$  的元素。通过例程 48 展开方程 (14)，可得到如下：

$$(15) \quad \text{Minimize}(\text{Maximum } e_1, -e_1, e_2, -e_2, \dots e_n, -e_n)$$

通过例程 48 用变量  $w$  代替  $(\text{Maximum } e_1, -e_1, e_2, -e_2, \dots e_n, -e_n)$ ，方程 (15) 可如下定义：

$$(16) \quad \text{Minimize } (w)$$

提供以下限制：

$$(17) \quad w \geq e_i$$

$$(18) \quad w \geq -e_i$$

即，除了方程 (1)、(9) 和 (10) 的限制，例程 48 可使用如下限制求解表示为方程 (16) 的非线性方程 (13)：

$$(19) \quad w \geq [A]\{f\} - \{u\}; \text{ 以及}$$

$$(20) \quad w \geq \{u\} - [A]\{f\}$$

将方程 (13) 重新表示成线性问题的一个优点是使用诸如单形法的伪多项式算法，线性问题有可能在有限数量的步骤内收敛到全局最小值。这使例程 48 确定全局最小值所需的计算能力得到最小化。然而，仍可使用迭代搜索技术。而且，最常用的非线性编程技术收敛于局部最佳值，除非进行了仔细检验。当 EXCEL 尝试求解非线性问题时这将会发生。结果，将方程 (13) 重新表示为线性问题便于获得数据 52 的集中的最小值，同时最小化所需的计算能力。

上述本发明的实施方式是示例性的。可对上述公开进行许多改变和更改，同时保持在本发明的范围内。例如，如果未消除因图像放置和诸如放大的其它特征引起的覆盖误差、压印蚀刻情形中的正交和梯形误差，则上述方法是针对衰减讨论的。例如在光刻情形中，如果放大、正交和/或梯形误差未出现或未通过其它方法校正，则上述的本发明可用于最小化未校正的覆盖误差。因此，本发明的范围应未受到以上描述限制，而相反应由所附权利要求书及其等效方案的全部范围所确定。

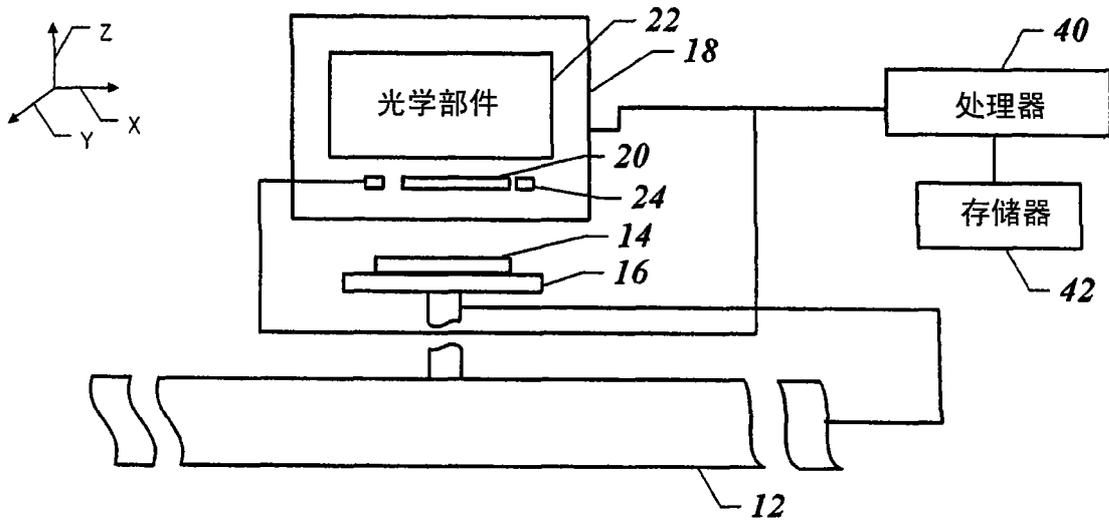


图 1

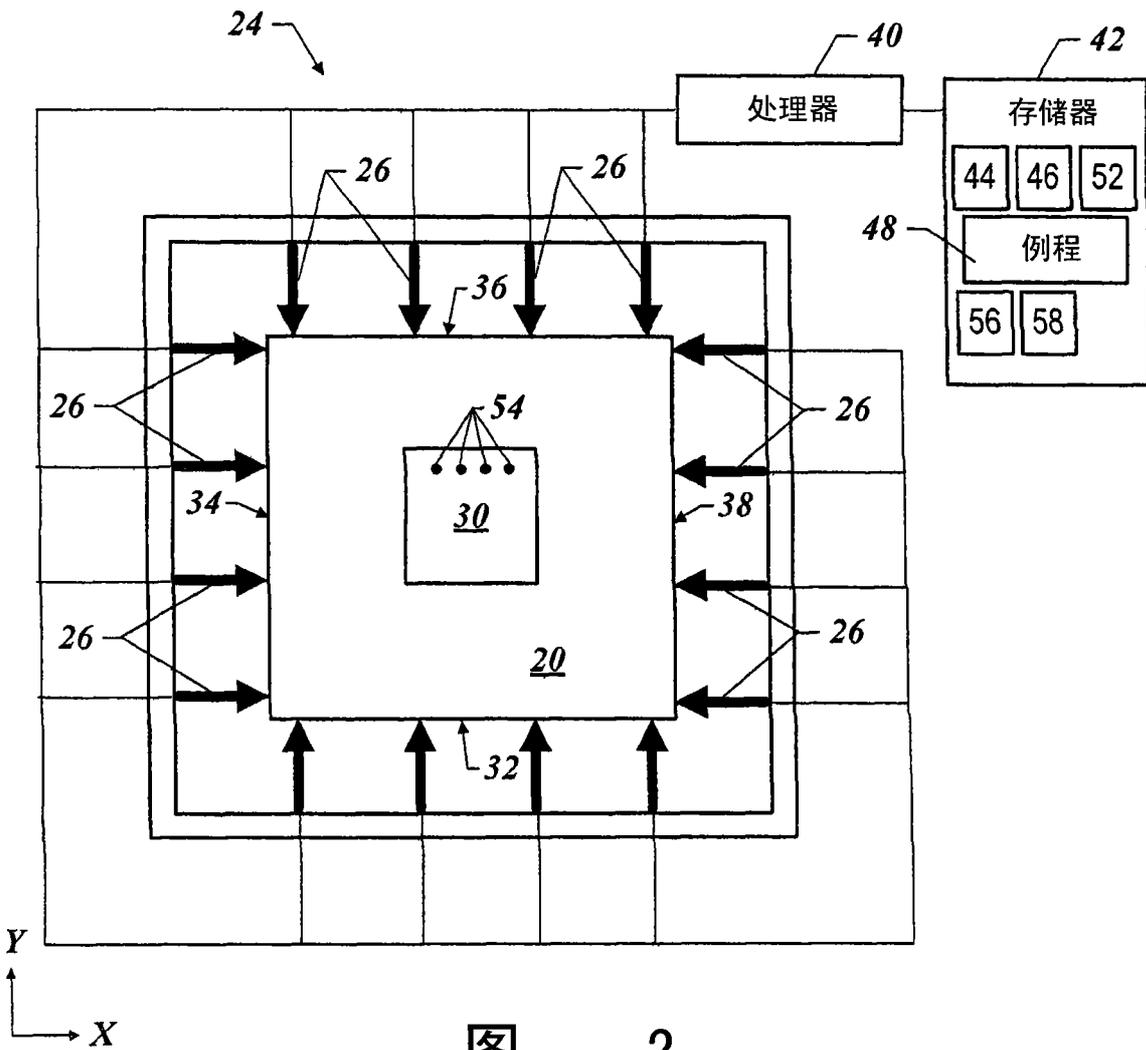


图 2

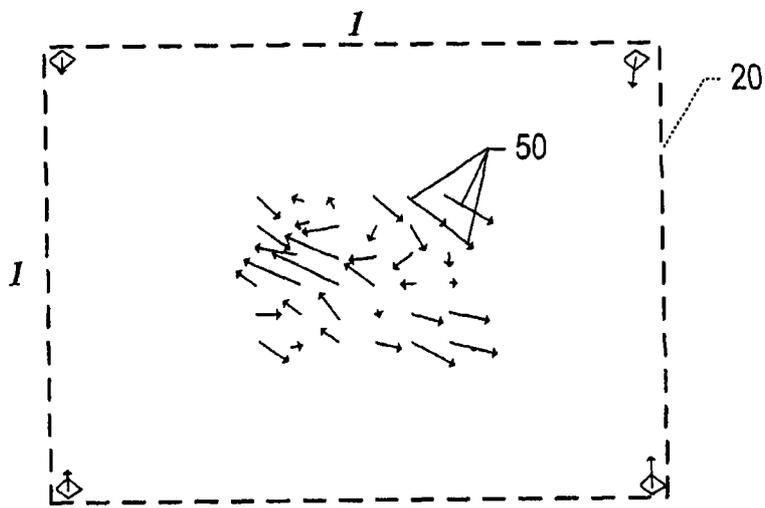


图 3