

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G03F 7/20

H01L 21/00



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410045155.3

[43] 公开日 2004年10月27日

[11] 公开号 CN 1540445A

[22] 申请日 2004.4.23

[21] 申请号 200410045155.3

[30] 优先权

[32] 2003.4.24 [33] EP [31] 03252585.9

[71] 申请人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰维尔德霍芬

[72] 发明人 C·A·科勒 J·B·P·范肖特

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

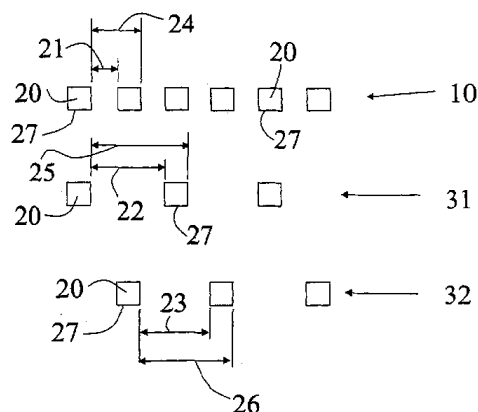
代理人 杨松龄

权利要求书3页 说明书16页 附图9页

[54] 发明名称 光刻处理方法, 和由此制造的器件

[57] 摘要

用于给器件层提供图案的光刻双曝光处理方法, 包括以下步骤: 在第一和第二次曝光步骤前, 将第一掩模图案(31)和第二掩模图案(32)扩大预选扩张距离, 抗蚀剂处理基底的已曝光辐射敏感层以提供相应于所述图案的抗蚀剂已处理特征, 借此每个抗蚀剂已处理特征相应其标称尺寸扩大, 和通过对所述抗蚀剂已处理特征应用补充抗蚀剂处理, 以超过预选收缩的距离收缩所述抗蚀剂已处理特征。



ISSN 1008-4274

1. 一种光刻处理方法，该方法利用多次曝光将所需图案提供到辐射敏感材料层的靶区，所述图案包括多个特征其中最密集特征以节距P布置，该方  
5 法包括：
- 将所述多个特征分离为第一和第二子集的特征，其构成第一和第二子  
图案，每个子图案具有节距大于P的最密集特征；  
特征在于该方法包括
  - 通过扩大所述第一和第二子图案的每个特征，提供第一和第二适配的  
10 子图案；
  - 使用按照第一适配的子图案形成图案的辐射束进行所述靶区的第一次  
曝光，
  - 使用按照第二适配的子图案形成图案的辐射束进行所述靶区的第二次  
曝光，所述第二次曝光与所述第一次曝光并列记录布置，
  - 15 - 抗蚀剂处理已曝光辐射敏感层，以提供中间图案，其包括按照适配的  
第一和第二子图案结合的特征，和
  - 应用补充抗蚀剂处理来收缩中间图案的特征，以使缩小的特征尺寸与所  
述所需图案的相应的特征尺寸相配。
2. 根据权利要求1的光刻处理方法，其中按照超过预选扩张距离的扩  
20 大布置所述第一和第二子图案的每个特征的扩大。
3. 根据权利要求2的光刻处理方法，其中所述预选扩张距离为所布置  
的方向上不均匀的扩张，以补偿中间图案特征的所述收缩在方向上的不均匀。
4. 根据权利要求1, 2或3的光刻处理方法，其中所述最密集特征的所  
述节距P基本上等于临界尺寸CD的两倍。
- 25 5. 根据权利要求4的光刻处理方法，其中所述临界尺寸CD与边缘处  
理范围相关联。
6. 根据权利要求5的光刻处理方法，其中所述边缘处理范围由8%的曝  
光范围和300nm的焦深定义。
7. 根据权利要求5的光刻处理方法，其中所述边缘处理范围由8%的曝  
30 光范围和110nm的焦深定义。

8. 根据权利要求 1, 2 或 3 的光刻处理方法, 其中所述最密集特征的所述节距  $P$  小于临界尺寸  $CD$  的两倍, 所述临界尺寸  $CD$  与对于不包括收缩特征的补充抗蚀剂处理的光刻处理方法的边缘处理范围相关联。

9. 一种光刻处理方法, 该方法利用多次曝光提供所需图案到辐射敏感材料层的靶区, 所述图案包括多个具有临界尺寸  $CDS$  的特征, 所述  $CDS$  小于临界尺寸  $CD$ , 其与对于不包括收缩特征的补充抗蚀剂处理的光刻处理方法的边缘处理范围相关联, 其中最密集特征以小于  $2CD$  的节距布置, 该方法包括:

- 将所述多个特征分离为第一和第二子集特征, 其构成第一和第二子图案, 每个子图案具有节距大于  $2CD$  的最密集特征;

10 特征在于该方法包括

- 扩大所述第一和第二子图案的每个特征, 以便将尺寸  $CDS$  扩大到尺寸  $CD$ , 以提供第一和第二适配的子图案, 其用所述临界处理范围可印刷;

- 使用按照第一适配的子图案形成图案的辐射束进行所述靶区的第一次曝光,

15 - 使用按照第二适配的子图案形成图案的辐射束进行所述靶区的第二次曝光, 所述第二次曝光与所述第一次曝光并列记录布置,

- 抗蚀剂处理已曝光辐射敏感层以提供中间图案, 其包括按照适配的第一和第二子图案结合的特征, 和

20 - 应用补充抗蚀剂处理来收缩中间图案的特征, 以使缩小的特征尺寸与所述所需图案的相应特征尺寸相配。

10. 根据权利要求 1, 2, 3 或 9 的光刻处理方法, 其中所述多个目标特征的分离包括利用计算机程序, 其规则基于图案设计处理和图案分离, 以提供代表所述第一和第二子图案的数据。

11. 根据权利要求 1, 2, 3 或 9 的光刻处理方法, 其中所述多个特征是多个接触孔。

12. 根据权利要求 1, 2, 3 或 9 的光刻处理方法, 其中所述多个特征是多个短沟道。

13. 根据权利要求 12 的光刻处理方法, 其中所述多个短沟道的端点与第一栅格相配, 以及其中第一和第二子图案中相应的子集短沟道的端点与第二栅格相配, 借此与第一栅格上特征的成像相比, 第二栅格上特征的成像对于多

余光学象差的敏感性较小。

14. 根据权利要求 12 的光刻处理方法, 其中第一栅格是蜂窝状栅格, 以及其中第一和第二子图案中短沟道的端点与矩形栅格相配,

5 15. 根据权利要求 1, 2, 3 或 9 的光刻处理方法, 其中在第一次曝光中利用与形成图案一致的衰减相移掩模得到按照第一适配的的子图案形成图案的所述辐射束。

16. 根据权利要求 1, 2, 3 或 9 的光刻处理方法, 其中在第二次曝光中利用与形成图案一致的衰减相移掩模得到按照第二适配的的子图案形成图案的所述辐射束。

10 17. 根据权利要求 15 的光刻处理方法, 其中在第二次曝光中利用与形成图案一致的衰减相移掩模得到按照第二适配的的子图案形成图案的所述辐射束。

18. 根据权利要求 1, 2, 3 或 9 的光刻处理方法, 其中用于收缩中间图案特征的所述补充抗蚀剂处理为化学处理或热处理。

15 19. 根据权利要求 18 的光刻处理方法, 其中所述热处理包括抗蚀剂热回流处理的应用。

20. 根据权利要求 18 的光刻处理方法, 其中所述化学处理步骤包括外敷层处理和烘烤处理的应用。

20 21. 根据权利要求 1, 2, 3 或 9 的光刻处理方法, 其中所述第一适配的子图案或所述第二适配的子图案包括用于提供光学接近修正的辅助特征。

22. 一种器件, 根据权利要求 1, 2, 3 或 9 的方法制造。

## 光刻处理方法，和由此制造的器件

5 技术领域

本发明涉及利用多次曝光将所需图案提供到辐射敏感材料层的靶区的光刻处理方法，所述图案包括多个凭借最密集特征以节距 P 布置的特征。该方法适合使用光刻装置。

背景技术

10 光刻装置是将所需图案应用到基底靶区的设备。该装置通常包括提供辐射束的辐射系统，支承构图部件的支承结构，其中构图部件用来使光束形成图案，保持基底的基底台，和投影系统，将带有图案的辐射束投射到基底的靶区。光刻装置可以用于例如集成电路（ICs）的制造。在这种情况下，构图部件，或者称为掩模或分划板，可用于产生对应于 IC 单层的电路图案，该图案可以  
15 成像在具有辐射敏感材料（抗蚀剂）层的基底（例如硅片）的靶区上（例如包括一个或者多个电路小片的部分）。一般而言，单基底将包含相继曝光的相邻靶区的网格。已知的光刻装置包括所谓的分档器，其中通过一次曝光靶区上的全部图案来照射每一靶区，和所谓的扫描装置，其中通过在投射光束下沿给定方向（“扫描”方向）扫描图案，同时沿与该方向平行或者反平行的方向同步  
20 扫描基底来照射每一靶区。

这里使用的术语“投影系统”应广义地解释为包含各种类型的投影系统，包括折射光学系统，反射光学系统，和反折射光学系统，作为使用的曝光辐射的合适例子，或对于其他因素如浸液的使用或真空的使用。这里术语“镜头”的任何使用可以认为与更普通的术语“投影系统”同义。辐射系统还可以包括  
25 根据任一设计类型操作的部件，这些类型为引导、整形或者控制辐射投影光束，和这样的部件。辐射系统以及投影系统通常包括引导、整形或者控制辐射投影光束的部件。通常，投影系统包括设定投影系统数值孔径（通常称为“NA”）的装置。例如，可调整 NA-光阑可以存在于投影系统的光瞳中。辐射系统典型地包括调整装置，用于设定掩模（在辐射系统的光瞳中）强度分布上游的外和/  
30 或内径向量（通常分别称为  $\sigma$ -外和  $\sigma$ -内）。

光刻装置可以为具有两个（双级）或者多个基底台（和/或两个或者多个掩模台）的类型。在这种“多级式”设备中，可以并行使用这些附加台，或者可以在一个或者多个台上进行准备步骤，而一个或者多个其它台用于曝光。光刻装置也可以是下述类型，即将基底浸入具有相对高折射率的液体例如水中，

5 以便填充投影系统的最后部件和基底间的空间。浸液也可以应用于光刻装置中的其他空间，例如掩模和投影系统的第一部件间。浸入技术在所属领域内是公知的，用于增加投影系统的数值孔径。

对应于 IC 器件单层的电路图案通常包括多个器件图案和互连线。器件图案可以包括不同空间布置的特征，这些布置例如间隔线图案（“带图案”），电

10 容器接触图案，接触孔图案和 DRAM 孤立图案。特征没有必要特性化为其线素限定一封闭轮廓的形状。例如，两个邻近特征末端的空间布置和在所述两个末端间的空间在本文和权利要求的范围中也可以称为特征。

在本文和权利要求的范围中，特征尺寸称为特征具有标称在基底水平的那些尺寸。在掩模处，特征尺寸比标称尺寸大 M 倍，其中 M 为投影系统的放

15 大率（典型地， $|M|=1/4$  或  $1/5$ ）。通常，在掩模处引入附加尺寸偏移以补偿误差发生，例如在图案的投影和曝光期间；子图案特征的这种尺寸再生以下称为偏置和/或光学接近修正（“OPC”）。偏置和/或 OPC 的量也通常依据对应的在基底水平尺寸再生的标称量来表示。当在表达中使用名词“目标”如“目标特征”时，则表示这些特征基本上具有所述器件层所需的标称尺寸。

20 电路图案的制造包括特征间，互连线间，和特征元素间的空间容差控制，以及特征和特征元素的尺寸控制。随着将被印刷的电路小片每区域的特征数目上的增长需求，已经开发分辨率提高技术来改进利用投影光刻装置及光刻处理方法可得到的分辨极限。在器件层制造中允许的两条线之间的最小间隔和/或线或任何其他特征例如接触孔的最小宽度被称为临界尺寸（“CD”）。包括基本上

25 等于 CD 的最小尺寸的特征在本文中被称为“CD 大小的特征”。

对于图案的光刻处理特别要求光刻处理方法的最佳执行和在其极限分辨率处的光刻投影装置的应用，所述图案包括相隔基本上等于 CD 的距离的 CD 大小的特征（例如接触孔）的阵列。为了能够定义周期为节距 P 的特征的阵列，那么在该情况中该阵列基本上等于两倍 CD。在 CD 大小特征时  $P=2CD$  为最小

30 节距的节距被布置用于使用光刻处理方法的印刷。多层也可以包括以大于  $2CD$

的节距定位在一个或多个阵列中的 CD 大小特征。特别地，包括以最小节距和较大节距出现的 CD 大小接触孔的层的印刷是重要的，并需要最新技术的分辨率提高措施。一般来说，“密集特征”通常已知为所述特征的分隔距离在一和两倍目标特征尺寸之间的范围内；相似地，“孤立特征”通常已知为所述特征的分隔距离不小于目标特征尺寸的两倍，然而，没有“密集特征”一般公认的确切定义；也没有“孤立特征”一般公认的确切定义。在下文中，以 2CD 最小节距和 3CD 节距之间的任何节距出现的 CD 大小的特征可以称为密集特征，以大于 3CD 的节距出现的 CD 大小的特征可以称为孤立特征。

另外，在本文和权利要求中的节距概念也应用到至少两个特征组，在该情况中，“节距”涉及两个一致的、邻近的特征的两个相应点之间的相互距离。

投影装置的分辨极限是利用光刻制造方法可得到 CD 的决定的特征之一。该分辨极限通常用投影系统的 NA 和投影束的辐射波长来表示。提高分辨率的传统方法是增加 NA 和减小波长。这些措施具有边界效应，即焦深和对于照射靶区曝光量中的残留误差的不灵敏性变小。对于 CD 大小特征的 CD 尺寸中给定的容差，处理时将可用的焦深和可允许的曝光量的变化量结合通常被称为处理范围。优选分辨率提高措施不应当影响处理范围，因此最小要求的且可得到的处理范围将是利用光刻制造方法可得到最小 CD 的决定的另一特征。

通过将例如离轴照明模式应用到成像密集特征，可以得到分辨率的提高。同样，同轴照明与作为构图部件的相移掩模（“PSM”）结合的使用来成像孤立和 / 或密集特征是公知的。例如，凭借器件图案被具体化为具有 180° 相移或 0° 相移的透射物质的电场相移图案，交替的 PSM 可以用来印刷次波长节距的密集线间隔结构。目前，对于印刷包括密集和孤立的 CD 大小的接触孔的多层器件，提高分辨率尤其重要。为了印刷（即曝光和抗蚀剂处理）这些层，典型地衰减相移掩模（以下称为“att PSM”）用于使投影光束形成图案，另外，投影系统设定为最大 NA，以及使用高  $\sigma$ -外设定的传统照明。例如，以最小和较大节距产生的 90nm 尺寸的接触孔原则上可以用单曝光光刻处理方法印刷，该方法利用配有 193nm 波长的辐射源和 NA=0.9 的投影系统的投影光刻装置，凭借照明模式设定为  $\sigma$ -外=0.75，并用 6% 的 att PSM 使投影光束形成图案。然而，处理范围对于焦深非常关键。对于上述 8% 曝光范围的例子，只有大约 110nm 的焦深可用。典型地，由于基底的不平度和残留焦距误差，因此要求 200

到 300nm 级的焦深，用来控制 CD 使其能够在制造位置的界限内；用 110nm 级的焦深制造具有最小和较大节距的 90nm 接触孔的多层器件是不可行的。

为了改进分辨极限，也使用所谓的“双曝光”处理。典型地，交替的 PSM 被用作构图部件的光刻处理方法包括两个曝光步骤。由于只有 180° 相移或 0° 相移为构图参数，因此除所需相移转换外，交替 PSM 的特征也不可避免在掩模的透明区域出现不希望有的从 180° 相移到 0° 的相移转换。所述不希望有的相移转换在图案的空中图像中引起不希望有的强度下降。后面的强度下降可以通过第二次曝光补偿（使强度下降变得水平）。可以用相应的最佳选择（但通常不同）的照明设定进行两次曝光。然而，该处理不引起处理范围的实质改进。

由于分划板图案处衍射辐射的干涉，另一双曝光方法考虑（address）在密集接触孔的分划板图案的投影图像中假特征（“旁瓣”）的出现问题。为了减轻这个问题，将密集接触孔的图案分离为两个或多个较少密集群集的接触孔的部分图案。这种不太密集图案的成像对于旁瓣影响不是关键性的，并使处理范围得到的改进，然而所述改进是部分的。因此，存在增加用于印刷包括孤立和密集特征的图案的光刻处理方法的处理范围同时至少保持足够分辨率的问题。

### 发明内容

本发明的一个目的是提供一种光刻处理方法，借此减轻上述问题。

根据本发明通过光刻处理方法达到上述目的，该方法利用多次曝光提供所需图案到辐射敏感材料层的靶区，所述图案包括多个特征借此最密集特征以节距 P 布置，该方法包括

- 将所述多个特征分离为第一和第二子集特征，其构成第一和第二子图案，每个子图案具有节距大于 P 的最密集特征；
- 特征在于该方法包括
- 通过扩大所述第一和第二子图案的每个特征，提供第一和第二适配的子图案；
  - 使用按照第一适配的子图案形成图案的辐射束进行所述靶区的第一次曝光，
  - 使用按照第二适配的子图案形成图案的辐射束进行所述靶区的第二次曝光，
- 以与所述第一次曝光的并列记录（registry）布置所述第二次曝光，



- 抗蚀剂处理已曝光辐射敏感层，以提供中间图案，其包括按照适配的第一和第二子图案结合的特征，和
- 应用补充抗蚀剂处理来收缩中间图案的特征，以使缩小的特征尺寸与所述需要图案的相应特征尺寸相配。

5 注意在本文和权利要求的范围中，在所述所需图案的特征和所述中间图案的相应特征（较大尺寸）之间存在区别。为了简单，所述前面和后面的特征以下分别称为“目标特征”和“抗蚀剂处理特征”。

给定所需图案，当双曝光处理在给定光刻装置上进行并且基于将所需图案分离为特征密集度小于所需图案特征密集度的两个子图案时，其适用性可以  
10 依据印刷每个子图案最少需要的处理范围来评定。通常，能够印刷图案的处理范围取决于包括所需图案特征的特征（如 CD 和在所需图案中出现的 CD 大小特征的节距范围）、使用的光刻装置的特征（如照明模式，构图光束的波长，投影系统的最大数值孔径）、和提供到分划板的图案（例如，二元图案或衰减相移图案）的特征。因此，当处理范围被用作能够印刷的标准，和不同光刻处  
15 理相比，必须对这些特征作出解释。

通常，边缘可接受的处理范围被认为是用于同时印刷密集和孤立 CD 大小特征的允许 8 % 曝光范围和至少 300nm 焦深的处理范围。该处理范围以下将称为“边缘处理范围”，但取决于生产环境不同处理范围可以标记为“边缘”。相反地，当边缘处理范围被规定为先验（a-priori）时，和当上述特征被考虑时，  
20 最小可印刷特征尺寸（因此，临界尺寸 CD）跟着后验（a-posteriori）。如果光刻处理包括收缩特征的处理步骤，那么通常在上述意义中，CD 不跟着后验，除非对于该处理步骤的特性给出说明。对于本发明的描述，在没有应用任何收缩处理可印刷的（和在上述后验意义中可定义的）临界尺寸 CD 和小于 CD 的所需临界尺寸（可印刷的，例如通过应用收缩处理）之间的区别是方便的。必  
25 要的，下面的临界尺寸（小于 CD）将称为“缩小的 CD”，并用 CDS 表示。

通过利用第一和第二子图案使投影光束形成图案，借此第一和第二子图案的每个特征被扩大，以及随后通过曝光和抗蚀剂处理已曝光的辐射敏感层以提供大于相应的目标特征的抗蚀剂已处理特征，与对于将被提供的抗蚀剂已处理特征为标称尺寸（即目标特征尺寸）的情况要求有效的这些参数相比，可以  
30 放宽关于最大 NA 和  $\sigma$ -外设定的要求。这种 NA 和  $\sigma$ -外设定的减小引起处理

范围的实质增加。根据本发明的一个方面，利用所述要求放宽的应用与所述补充抗蚀剂处理应用的结合，以改进处理范围，该范围超过用相似的双曝光处理可得到的边缘处理范围，借此特征的所述扩大和收缩被省略。可选择地，以较低 NA 为特征的较低成本光刻投影装置可以用于印刷相同的所需目标图案。作为另一选择，关于投影光束辐射波长的要求可以放宽。波长要求的放宽也导致改进的处理范围。

抗蚀剂处理已曝光辐射敏感层的步骤（以提供多个抗蚀剂已处理特征）通常包括一些处理例如曝光后烘烤，抗蚀剂显影，和硬烘烤。在本文和权利要求的范围中，抗蚀剂处理步骤可以包括如上所述的偏置和 OPC 技术的应用。例如，在靶区图像中经常应用特征偏置抑制旁瓣强度分布，并包括在曝光前用预选扩展距离扩大子图案的特征。这种扩大步骤不是本发明的一部分；实际上，该步骤与降低曝光量的步骤结合，以便抗蚀剂处理后，得到的抗蚀剂已处理特征没有扩大关于相应的目标特征。这种偏置的缺点在于所述曝光量的降低引起可得到的处理范围的减小。相反，根据本发明，抗蚀剂已处理特征关于相应的目标特征扩大，即它们尺寸过大。在第一和第二次曝光前具有预选扩展距离的所述第一和第二子图案的每个特征的扩大可以例如是除涉及偏置的扩大以外的扩大。

为了提供目标特征（以标称尺寸），收缩所述抗蚀剂已处理特征（其根据本发明尺寸过大）超过预选收缩距离，以补偿所述尺寸过大。通过对所述抗蚀剂已处理特征应用补充抗蚀剂处理来提供收缩。对于所述补充抗蚀剂处理，所属领域的技术人员可以使用已知的抗蚀剂处理收缩技术。例如，用于收缩特征的化学和热抗蚀剂处理可以分别从以下文章中获得，即“产生 65nm 的 ArF 光刻法的 RELACS 处理的低节距相关性”，作者 J.Shih, SPIE 汇刊 5039, 2003, 和“对于 193nm 低 kl 光刻法接触的光刻胶回流”，作者 P.K.Montgomery et al., SPIE 汇刊 5039, 2003。这些技术已经示出能够以可控方式使特征尺寸修正达到 50nm 收缩。

根据本发明的一个方面，利用提供所述适配的子图案与应用所述补充抗蚀剂处理的结合，以能够印刷包括密集 CDS 大小特征的所需图案，所述特征包括以小于 2 CD 的最小节距布置的 CDS 大小特征，同时保持印刷子图案的边缘处理范围。这可以通过以下步骤达到

- 将所述 CDS 大小特征分离为第一和第二子集 CDS 大小特征，其构成第一和第二子图案，每个子图案有等于或大于 2 CD 节距的最密集特征；
  - 将每个子图案的 CDS 大小特征扩大到相应的 CD 大小特征，以提供适配的子图案，其用基本上边缘处理范围可印刷。
- 5 - 按照第一适配的子图案用形成图案的辐射束进行所述靶区的第一次曝光，
- 按照第二适配的子图案用形成图案的辐射束进行所述靶区的第二次曝光，以与所述第一次曝光的并列记录布置所述第二次曝光，
  - 抗蚀剂处理已曝光辐射敏感层，以提供中间图案，其包括按照适配的第一和第二子图案结合的特征，和
- 10 - 应用补充抗蚀剂处理来收缩中间图案的特征，以使缩小的特征尺寸与所需图案的相应特征尺寸相配。

在该情况中，以可得到的临界尺寸 CDS 和可得到的具有该临界尺寸特征的最大密度的提高交换处理范围的提高。现在可以印刷具有 2 CDS 最小节距的 CDS 大小特征的图案，然而这用单曝光成像或传统的双曝光成像是不可可能的，

15 除非可以接受边缘处理范围以下的处理范围。然而，后面的选择在生产环境中不可行。当包含已修正的子图案成像的第一和第二次曝光刚好可能具有边缘处理范围时，上述交换被逼到极限。根据本发明的一个方面，处理范围的提高和可得到的临界尺寸 CDS 和可得到的具有该临界尺寸特征的最大密度的提高之间的部分交换也是可能的。

20 根据本发明的方法，当将印刷的器件图案包括多个临界尺寸 CD 的透射密集特征，所述特征互相分离 CD 级的距离（即以两倍 CD 级的节距定位该特征）时尤其有利。在单曝光处理中，可以应用抑制旁瓣印刷的偏置，但这将引起处理范围的减小。另外，对于最大允许扩张存在限制：不能应用大于偏置的扩大，因为得到的两个特征间的不透明区域将小于 CD，因此不能以可控方式印刷。

25 通过将器件图案分离为两个子图案，该限制可以消除。例如，用 193nm 波长的投影装置，以典型的 8 % 曝光范围的单曝光处理范围，由于受焦深的限制(110nm 级)，不能容易地印刷节距在 180nm 到 800nm 范围内的 90nm 接触孔。用根据本发明的方法，在每个子图案中接触孔的最小节距例子为 360nm，并可以应用 30nm 级的扩大和收缩。结果，得到焦深 460nm，8 % 曝光范围的处理范围。

30 利用设计规则检查算法可以将包括多个特征的器件图案分解为两个子图

案。这样的算法可用于电子设计自动软件，其用于设计求值和修正，例如用于光学接近修正。对于本发明这样的分解算法是有用的，即，当器件图案的任何两个邻近特征之间的相互距离至少为临界尺寸 CD 时，分解后得到的第一和第二子图案中任何两个邻近特征之间的相互距离至少为所述临界尺寸 CD 的两倍时。除考虑到偏置和/或 OPC 的尺寸再生外，相互距离的增大能够使子图案特征扩大而没有违反两个透射子图案特征间对于最小吸收器宽度的限制。通过掩模制造技术确定该最小宽度。目前 100nm 级（基底水平）的宽度是可行的。作为选择，可以利用所述相互距离的增加来放置辅助特征（即不印刷的特征如散射条），以提供进一步的光学接近修正，然而，由于邻近特征间缺乏空间，这样的放置在所需图案中是不可能的。

包括多个特征的器件图案可以是这样以至于应用分解为两个子图案是不可能的，借此两个子图案满足下述条件，即分解后得到的第一和第二子图案中任何两个邻近特征之间的相互距离至少为所述临界尺寸 CD 的两倍，然而，得到至少一个满足所述条件的子图案是可能的。在该情况中，不满足所述条件的一个子图案可以被进一步分离，如果必要，分离可以重复直到每个得到的子图案满足所述条件。在该情况中，本发明对于双曝光处理没有限制，而是包括多次曝光处理，由此曝光次数是按照得到的子图案的数目。

尽管在本文中，光刻装置具体用于制造 ICs，但是应该理解这里描述的光刻装置具有其它应用，例如，集成光学系统的制造，磁畴存储器、液晶显示器（LCDs）、薄膜磁头等引导和检测图案。本领域的技术人员将理解，在这种可替换的应用范围中，这里术语“晶片”或者“电路小片”的任何使用可以认为分别与更普通的术语“基底”和“靶区”同义。这里涉及的基底可以在曝光前或后被处理，在例如轨道（典型地将抗蚀剂层涂布到基底和显影已曝光抗蚀剂的工具）或计量或检查工具中。在可适用的地方，可以将这里的公开应用于这种和其他基底处理工具。进一步，可以不止一次的处理基底，例如为了产生多层 IC，因此这里使用的术语基底也可以涉及已经包含多层已处理层的基底。

这里使用的术语“辐射”和“光束”包含所有类型的电磁辐射，其包括紫外辐射（例如具有 365, 248, 193, 157 或 126nm 的波长）和远紫外（EUV）辐射（例如具有 5—20nm 范围内的波长）。

这里使用的术语“构图部件”应广义地解释为涉及能够使投影光束在其

横截面内具有图案的部件，如在基底靶区中形成图案。应当注意，给予投影光束的图案可能不精确地相应于在基底靶区中的所需图案。通常，给予投影光束的图案与在靶区中形成的器件的特殊功能层相应，如集成电路。

构图部件可以是透射或反射的。构图部件的示例包括掩模，程控反射镜阵列，和程控 LCD 板。掩模在光刻中是公知的，它包括如二进制型、交替相移型、和衰减相移型的掩模类型，以及各种混合掩模类型。程控反射镜阵列的例子利用微反射镜的矩阵设备，每个微反射镜能够各自倾斜，以便沿不同方向反射入射辐射光束；按照这种方式，对反射光束进行构图。

支承结构支承即承受构图部件的重量。它保持构图部件的方式取决于构图部件的定向，光刻装置的设计，和其他情况，例如构图部件是否被保持在真空环境中。支承可以使用机械夹紧，真空，或其他夹紧技术，例如真空条件下的静电夹紧。支承结构可以为例如随要求固定或可移动的框架或台，其可以确保构图部件位于所需位置，例如关于投影系统。这里术语“分划板”或“掩模”的任何使用可以认为与更普通的术语“构图部件”同义。

#### 15 附图说明

现在参考所附的示意性附图，将描述本发明的仅作为例子的实施例，其中，相应的参考符号表示相应的部分，其中：

- 图 1 描绘了根据本发明实施例的光刻投影装置；
- 图 2 描绘了包括正方形接触孔阵列的构图部件和两个子图案。
- 20 - 图 3 示出了根据本发明的表示对于单曝光处理的曝光和双曝光处理的曝光的处理范围的图表。
- 图 4 说明了根据在先技术对于单曝光处理的曝光和双曝光处理的曝光的处理范围。
- 图 5 是根据本发明的方法的示意图。
- 25 - 图 6 描绘了与蜂窝状栅格相配的接触孔的所需图案，和两个子图案。
- 图 7 描绘了按照图 6 的子图案之一的适配的子图案。
- 图 8 描绘了按照图 6 中示出的所需图案的中间图案。
- 图 9 说明了短沟道图案和两个相应的子图案。

## 具体实施方式

### 光刻装置

图1示意性地描绘了可以在本发明的方法中使用的光刻投影装置。该装置包括:

- 5 - 辐射系统 Ex, IL, 用于提供辐射投影光束 PB (例如波长小于约 270nm 的 UV 辐射或 DUV 辐射, 如 248, 193, 157, 和 126nm 辐射波长)。在该具体情况中, 辐射系统也包括辐射源 LA;
- 第一目标台 (掩模台) MT, 设有用于保持掩模 MA (例如分划板) 的掩模保持器;
- 10 - 第二目标台 (基底台) WT, 设有用于保持基底 W (例如涂敷抗蚀剂的硅晶片) 的基底保持器; 和
- 投影系统 (“镜头”) PL (例如, 石英和/或 CaF<sub>2</sub> 透镜系统或包括由下列物质制成的透镜元件的反折射系统, 所述物质适合于传统成像或适合于有浸液的情况下成像) 将掩模 MA 的照射部分成像在基底 W 的靶区 C (例如包括一个
- 15 或多个电路小片) 上。

如上所述, 该装置是透射型的 (即具有透射掩模)。然而, 该装置通常也可以是例如 (具有折射掩模) 的折射型。或者该装置可以采用另一类型的构图部件, 例如上述涉及的程控反射镜阵列类型。

源 LA (例如 UV 汞弧光灯, 或 DUV 准分子激光器) 产生辐射束。光束

20 直接或经过如扩束器 Ex 的调节装置后, 照射到照明系统 (照明器) IL 上。照明器 IL 可以包括调节装置 AM, 用于设定光束强度分布的外和/或内径向量 (通常分别称为  $\sigma$ -外和  $\sigma$ -内)。另外, 它一般包括各种其它部件, 如积分器 IN 和聚光器 CO。按照这种方式, 照射到掩模 MA 上的光束 PB 在其横截面具有所需的均匀性和强度分布。

25 应该注意, 图1中的辐射源 LA 可以置于光刻投影装置的壳体中 (例如当源是汞灯时经常是这种情况), 但也可以远离光刻投影装置, 其产生的辐射光束 (例如在合适的定向反射镜的辅助下) 被引导至该装置中; 当光源 LA 是准分子激光器时通常是后面的那种情况。本发明和权利要求包含这两种方案。

30 光束 PB 随后与保持在掩模台 MT 上的掩模 MA 相交。经过掩模 MA 之后的光束 PB 通过镜头 PL, 该镜头将光束 PB 聚焦在基底 W 的靶区 C 上。在

图 1 中未明确描绘的定位装置（和干涉测量装置 IF）的辅助下，基底台 WT 可以精确地移动，例如在光束 PB 的光路中定位不同的靶区 C。类似的，可以使用附加的定位装置（图 1 中未明确描绘）将掩模 MA 相对光束 PB 的光路进行精确定位，例如在从掩模库中机械取出掩模 MA 后或在扫描期间。一般地，在未在图 1 中明确示出的长冲程模块（粗略定位）和短冲程模块（精确定位）的辅助下，可以实现目标台 MT、WT 的移动。然而，在晶片分档器（与分步扫描装置相反）的情况下，掩模台 MT 可仅与短冲程调节器连接，或者固定。可以利用掩模对准标记 M1, M2 和基底对准标记 P1, P2 使掩模 MA 和基底 W 对准。

10 所示的装置可以用在二种不同的模式中：

1. 在步进模式中，掩模台 MT 基本保持不动，整个掩模图像被一次投射（即单“闪”）到靶区 C 上。然后基底台 WT 沿 x 和 y 方向移动，以使不同的靶区 C 能够被光束 PB 照射。
2. 在扫描模式中，情况基本相同，除了所给的靶区 C 没有在单“闪”中曝光。取而代之的是，掩模台 MT 沿给定方向（所谓的“扫描方向，例如 y 方向”）以速度 v 移动，以使投射光束 PB 扫描整个掩模图像；同时，基底台 WT 沿相同或者相反的方向以速度  $V=Mv$  同时移动，其中 M 是镜头 PL 的放大率（典型地， $M=1/4$  或  $1/5$ ）。如此，可以曝光相对大的靶区 C，而没有牺牲分辨率。

#### 20 实施例 1

图 5 中示意性地表示了根据本发明的方法。定义具有节距 P 的最密集特征的所需图案的数据用作输入信息 60，用于将图案分离为第一和第二子图案 61，例如依据在使用计算机的数据载体上设定数据。可以利用市场上可买到的掩模图案设计检查规则工具将图案分离为所述子图案，借此在子图案中出现的最小节距大于 P。其次，数据 61 被修改以至于提供相应的适配的子图案数据 62，借此子图案的特征在尺寸上扩大。典型地，扩大相应于特征边缘的预选扩张距离，其基本上独立于特征的标称尺寸。因此，扩大通常不表示为应用于特征的单放大因数，除非所有的特征形状一致。通常扩张在方向上不均匀。取决于补充抗蚀剂处理 66 的详细特性和适配的子图案特征的空间分布，必须给出引起在 25 某些方向上不均匀收缩的邻近效应的原因。利用使辐射束形成图案的构图部 30

件如分划板,使代表适配的子图案的数据 62 产生相应的图案。其后,执行第一和第二次曝光 63。当然这隐含边缘处理范围可用于进行的这些曝光。抗蚀剂处理 64 后,在抗蚀剂中得到中间图案 65,所述中间图案相应于结合的第一和第二适配的子图案(考虑到例如投影系统的放大率)。考虑到修改子图案时施加的扩大,这些特征大于所需图案的目标特征。最后,通过应用补充抗蚀剂处理 66 例如热回流处理来收缩这些特征。该方法的优点在于以下所述的任意混合,即提高印刷超过印刷这种特征 67 的边缘处理范围的 CD 大小特征的处理范围,和可以被处理的最小临界尺寸 CDS 的减小 68,和相应的可得到 CDS 大小的最小节距。

10 在本发明的第一实施例中,利用 0.9NA 光刻投影装置,使投影光束形成图案的 6%att PSM,以及利用适合于使用投影光束辐射波长 193nm 的正调色抗蚀剂,印刷包括多个接触孔的具有所需图案的器件层。在该实施例中,器件图案包括具有边 27 的正方形接触孔 20 的线性阵列 10,如图 2 所示。每个接触孔的最小尺寸为边 27 的长度;该长度为 90nm,相应于临界尺寸 CD。在图案 10 15 中,接触孔被分离至少为 CD 的距离,如箭头 21 所表示。在图案 10 中存在的节距用 P 表示,并用图 2 中的箭头 24 表示。这里, $P=2CD$ 。图案可以进一步包括接触孔 20,其从图案 10 中存在的任一接触孔中分离,并以大于 P 的节距相互分离。为了简化,没有示出这样的接触孔。

利用市场上可买到的设计检查规则工具,图案 10 分别被分离为第一和第二子图案 31 和 32。图案 31 和 32 中相邻接触孔间的相互距离用箭头 22 和 23 表示,该距离为 3CD。图案 31 和 32 的节距 P1 和 P2,分别用箭头 25 和 26 表示。这里  $P1=P2=2P=4CD$ 。因此子图案的节距被放宽了因数 2。

如果不使用根据本发明的扩大和收缩步骤,那么所述设计检查规则工具将提供除 90nm 尺寸外的 15nm 的偏置命令,产生 120nm 的接触孔边长。应用 25 所述偏置以便在子图案曝光期间抑制旁瓣印刷。为了达到边长 90nm 的目标尺寸,曝光量被降低。偏置量取决于投影装置的 NA 设定和  $\sigma$ -外设定。再次,如果不应用根据本发明的扩大和收缩步骤,那么本实施例曝光的最佳设定为  $NA=0.85$ ,  $\sigma=0.6$ 。图 3 的图表 40 中的实线 41 示出了相应的处理范围。对于给定的、从印刷 CD 的最大允许偏移(标称 CD 的 10%),实线 41 表示曝光范 30 围百分率和纳米焦深间的联系。X1 和 Y1 分别表示 140nm 的焦深和 8%的曝



光范围。

根据发明的本实施例，除 10nm 偏置外通过 15nm 的扩张距离扩大接触孔的尺寸，产生相应于 140nm 掩模水平的 M 倍的正方形边长 27。因此，应用标准抗蚀剂处理步骤后，在晶片水平的扩大接触孔的边长目标为 120nm。该尺寸的增加使印刷对于曝光量和焦距误差的敏感变得更小。本实施例中的两个适配的子图案具体化为 6% att PSM 图案。对于每次曝光，最佳 NA 和  $\sigma$ -外设定现在发现为 NA=0.75 和  $\sigma$ -外=0.4。图 3 的图表 40 中的曲线 42 示出了得到的处理范围，对于适配的子图案的扩大接触孔（相应于 CD 大小接触孔 20，以第一和第二子图案 31 和 32 的节距 4CD 分离）。以 8% 的固定曝光范围，焦深增加到 440nm。图 3 中的曲线 43 类似地示出了处理范围，对于任何孤立的节距远大于 4CD 的扩大接触孔（相应于 CD 大小的接触孔，未在图 2 中示出）。

在进行第一和第二次曝光后，已曝光的辐射敏感层受到抗蚀剂处理，以提供相应的正方形抗蚀剂已处理接触孔的阵列，现在该接触孔具有超过 120nm 尺寸的边长，并以节距 180nm 相隔。其次，利用已知抗蚀剂处理技术例如化学处理使接触孔收缩到最终目标尺寸 90nm。结果，得到节距 180nm，90nm 接触孔的阵列，以在 440nm 焦深处的 8% 曝光范围的处理范围。从涉及印刷以 360nm 节距（子图案的最小节距）定位的接触孔阵列处理的图表 40 中的曲线 42 和曲线 43 中，理解到根据本发明目前的处理其特征为对于图 2 中未示出的接触孔基本上具有相同的曝光范围，并且其从图案 10 中存在的任一接触孔中分离且以大于 360nm 的节距相互分离。本发明能够实现包括 CD 大小特征的器件层的制造，所述特征在最小节距和大于最小节距时具有 90nm 级的 CD，借此 NA=0.9 光刻投影系统的 NA 和  $\sigma$ -外设定可以放宽到 NA=0.75 和  $\sigma$ -外=0.4，或可以使用成本较低的 NA=0.75 的光刻投影系统。

根据本发明的一方面，利用适配的子图案特征之间的最小可用空间的增加在适配的子图案中放置辅助特征（即不印刷的特征如散射条），以提供光学接近修正，上述空间超过所需图案中特征之间的最小可用空间，然而，由于特征间的空间缺乏，这样的放置在所需图案中是不可能的。

对于本实施例的如曲线 41 所表示的上述处理范围，假定为边缘处理范围，即使焦深小于 300nm（其例如在研究环境下可接受）。因此，在 CD 和小于 CD 的临界尺寸 CDS 间没有区别。当以这种方式考虑实施例时，其代表一个如图 5

中的结果 67 所建议的根据本发明的方法被专门地用来提高处理范围的例子。然而，如果不认为曲线 41 表示边缘处理范围（在生产环境下将是这种情况），那么不应用补充抗蚀剂处理 66，90nmCD 大小接触孔的处理被认为是不可能的，在上述描述中，对于目标特征尺寸的 90nm 临界尺寸应该称为 CDS，CD 则是大于 90nm 的尺寸。然而，以下对于另一实施例更详细的描述。

在图 4 中，对于单曝光传统成像（即不使用扩大和收缩处理）以节距 360nm 布置的 90nm 接触孔的处理范围（使用最佳曝光设定： $NA=0.85$  和  $\sigma=0.6$ ）由曲线 41 给出，并与处理范围曲线 51，52，和 53 相比，其表示对于同时处理以节距 180nm（曲线 53），360nm（曲线 52）和 800nm（曲线 51）布置的 90nm 接触孔最佳的单曝光传统处理的处理范围，这种曝光的最佳设定为  $NA=0.90$  和  $\sigma=0.75$ 。从而在图 4 中，子图案如图 2 中的图案 31 的成像与完整的所需图案，如图 2 中示意性示出的图案 10 的成像相比，图 4 示出了仅根据本发明对所需图案进行的分离，而没有提供适配的的子图案和其后收缩的应用（从而，仅提供特征密集度小于所需图案的子图案），仅产生处理范围的极小改善：由曲线 41 和图 4 的坐标轴包围的区域仅极小地大于每个由曲线 51，52，和 53 与图 4 的坐标轴包围的区域。如果由 8% 的曝光范围线和相应的焦深线包围的区域（如图 4 中在  $x_1$  和  $y_1$  处的线）视为曝光范围的测量标准，可以持有同样的结论。

### 实施例 2

图 6 和 7 中说明了根据本发明的一实施例，借此充分地利用所述方法以得到临界尺寸的减小（如图 5 的单元 68 所表示），其可以结合对于这种临界尺寸大小特征排列的最小节距的减小（即以该最小节距排列的接触孔可以在抗蚀剂层中形成图案）来处理。图 6 示出了包括布置在蜂窝状图案中的密集接触孔 74 的所需器件图案，其中蜂窝状图案为一组两个单位单元 70。器件图案可以进一步包括孤立接触孔，未在图 6 中示出。所需接触孔 74 以节距  $P$  出现， $P$  由图 6 中的箭头 75 表示，并且为单接触孔 74 的直径的两倍。

利用本实施例，在设有相移掩模的光刻装置上使用所述方法，然而，由于缺乏足够的处理范围，甚至在最佳条件下该设备的特性仍使得所需图案 70 不能在单曝光中被处理。在边缘处理范围处的单曝光操作允许处理最小节距  $2CD$ ，具有  $CD$  大小的接触孔；当前所需图案的接触孔直径用  $CDS$  表示，借此  $CDS$  小于  $CD$ ， $P$  小于  $2CD$ 。注意收缩特征的补充抗蚀剂处理的应用不会引

起最小节距（小于 2CD 的节距）的减小。接触孔的尺寸将变小（降到 CDS 大小），但是在 2CD 时最小节距将保持不变。在本文中定义占空度 DC 的概念为  $DC = (\text{接触孔的尺寸}) / (\text{接触孔图案的节距})$ ，收缩特征的补充抗蚀剂处理的效果为处理后图案中的最小占空度下降到 0.5 以下，然而所需图案 70 以最小占空度 0.5 为特征（即等于  $CDS / (2CD)$ ）。

对于本实施例，光刻装置为在 193nm 处工作的 0.9NA 装置。用这样的机器，边缘处理范围可用于印刷包括 240nm 最小节距、120nm 密集接触孔的所需图案。接触孔 74 的尺寸为 90nm，最小节距 P 75 为 180nm。如图 6 中所示，所需图案 70 被分为两个子图案 71 和 72。相应的接触孔用虚线 73 表示。原蜂窝状结构以  $90^\circ$  角 77 为特征，因此每个子图案中的最小节距为 1.4 倍 P；节距 76 等于  $1.4 \times 180 = 252\text{nm}$ 。通过将 CDS 大小接触孔 74 扩大到扩大的接触孔 78 来相继修改两个子图案，以便中间图案（见图 5 中的结果 65）以 120nm 直径的接触孔为特征。通过将每个子图案的每个特征扩大预选扩张距离而得到所述结果，如图 7 中所示。图 7 示出了扩大接触孔 78，由扩张孔 81 均匀地应用到相应的 CDS 大小接触孔 74 而产生。对于本实施例，扩张孔 81 应当为 15nm。这是为了印刷 120nm 直径的接触孔，以基底水平需要的扩张比例。给定子图案 71 和 72 的外层，得到的两个接触孔间的最小距离 80 为 132nm，由于 240nm 最小节距的 120nm 接触孔是了边缘地印刷的，因此当前适配的的子图案可以用（轻微地大于）边缘处理范围印刷。考虑到例如在子图案中存在的节距不同于 2CD 的接触孔，如图 7 中左上部和左下部的接触孔，以及其他更多的未在图案 70 或图案 71 和 72 中示出的孤立接触孔，以分划板或任何其他构图部件的水平，必须考虑任何需要的偏置和/或光学接近修正，。以分划板水平，通过掩模分辨率（即可在掩模中形成图案的最小特征尺寸）限制最大允许的扩张。典型地，掩模分辨率为 80nm 级，其在本实施例中将不影响所述限制。利用放大系数为 0.25 的投影系统，以掩模水平的节距 76 为 1008nm，接触孔的标称尺寸以掩模水平为 360nm，因此原则上以掩模水平均匀的扩张  $324\text{nm} - 80\text{nm} = 244\text{nm}$  是可能的。考虑到任何偏置和/或光学接近修正，所属领域的技术人员应当能够调节标称接触孔尺寸的 20% 级的额外扩张。在当前情况中，这样的额外扩张以掩模水平为 72nm，因此充分地低于极限 244nm。因此，利用适配的子图案曝光，同时以与第一次曝光的并列记录布置第二次曝光，然后抗蚀剂处理已双曝光的

抗蚀剂层,得到如图8所示的、包括抗蚀剂已处理密集接触孔91的中间图案90。中间图案中的最小节距为180nm的节距75。补充抗蚀剂处理步骤的应用(图5中的步骤66)接下来用于收缩抗蚀剂已处理特征90,使其下降到目标特征74的尺寸,所述目标特征即所需图案70的CDS大小接触孔。结果,利用适合印刷最佳节距240nm、120nm接触孔蜂窝状图案的装置,得到节距为180nm,90nm接触孔蜂窝状图案。以类似的方式,可以应用所述方法,利用在157nm波长工作的光刻装置和适当的掩模,其特征为对于印刷节距200nm、100nm接触孔图案有充足的处理范围,得到节距为140nm,70nm接触孔蜂窝状图案。

### 实施例3

10 根据本发明的一实施例与实施例1或2相同,其使用在子图案特征间具有衰减相移吸收器的衰减PSM来提高处理窗(window)。

通常,衰减PSM特征为衰减吸收器区域的附加铬屏蔽,提高空间象的对比度。利用本方法,不需要每个子图案的衰减吸收器区域附加铬屏蔽。已经证实根据本发明的双曝光处理中,任何通过在两个透明接触孔或子图案中存在的短沟道之间的衰减吸收器的背景辐射,基本上不降低空间象的对比度。

### 实施例4

根据本发明的一实施例,器件图案的多个目标特征为图9中所示的多个短沟道。短沟道为以等于1:4的纵横比拉长的接触孔。短沟道的最小尺寸通常等于临界尺寸CD,因此这些特征的处理关于处理范围是敏感的。根据本发明和在图5中示意性说明的方法以相似于实施例1-3的任一方式应用到短沟道的所需图案。图9中所需图案100的短沟道的端点可能与蜂窝状栅格101相配,如图9所示。在单曝光中这种图案的投影包含成像处理,其对于使用的光刻装置的投影系统的多余光学象差敏感。这种多余象差的例子为慧差和三波形像差,它的存在由于下列因素引起,即由于投影系统光学设计的固有限制,或由于残留制造误差,或由于关于投影系统的残留环境影响。通过将所需图案分离为子图案102,使子图案中短沟道的端点与矩形栅格103相配,则减小对于多余象差的敏感性,其进一步提高子图案成像的处理范围。

25 虽然以上描述了本发明的具体实施例,但将理解本发明可以以不同于上述的方式实施。这些描述并不打算限制本发明。

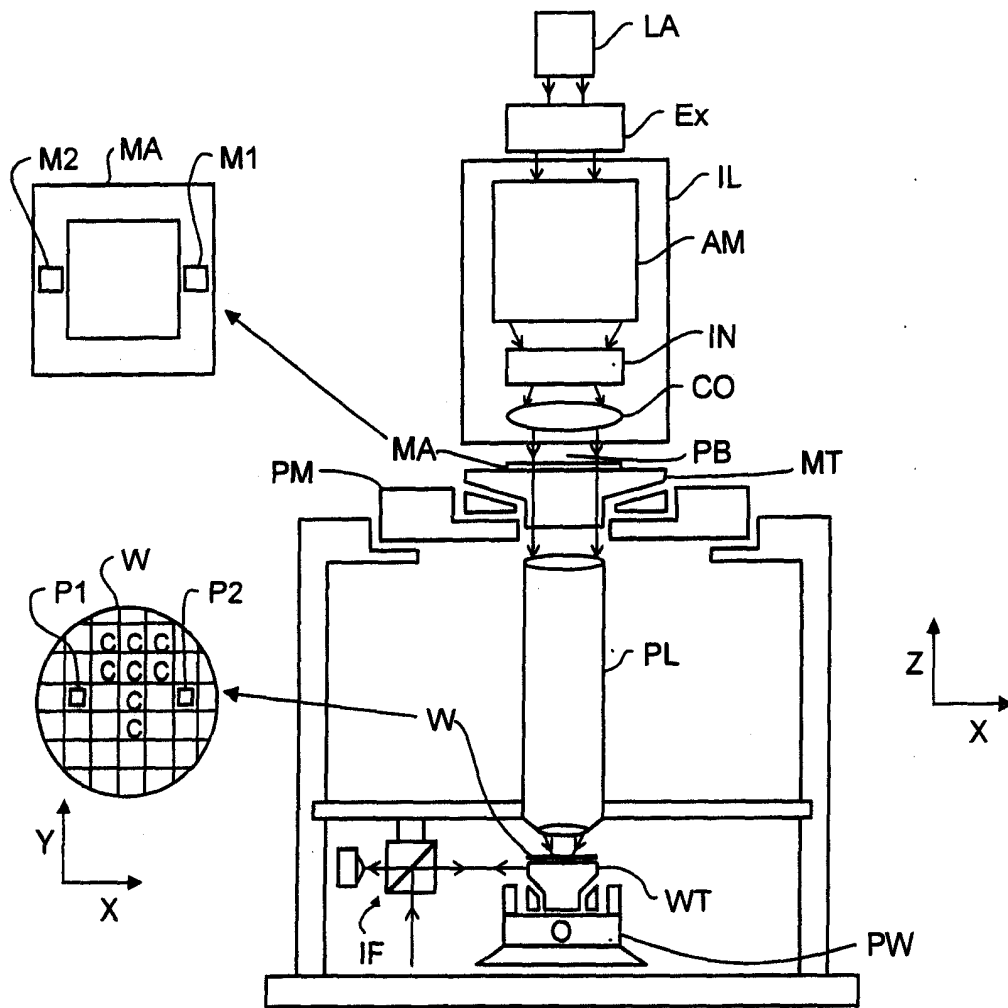


图 1

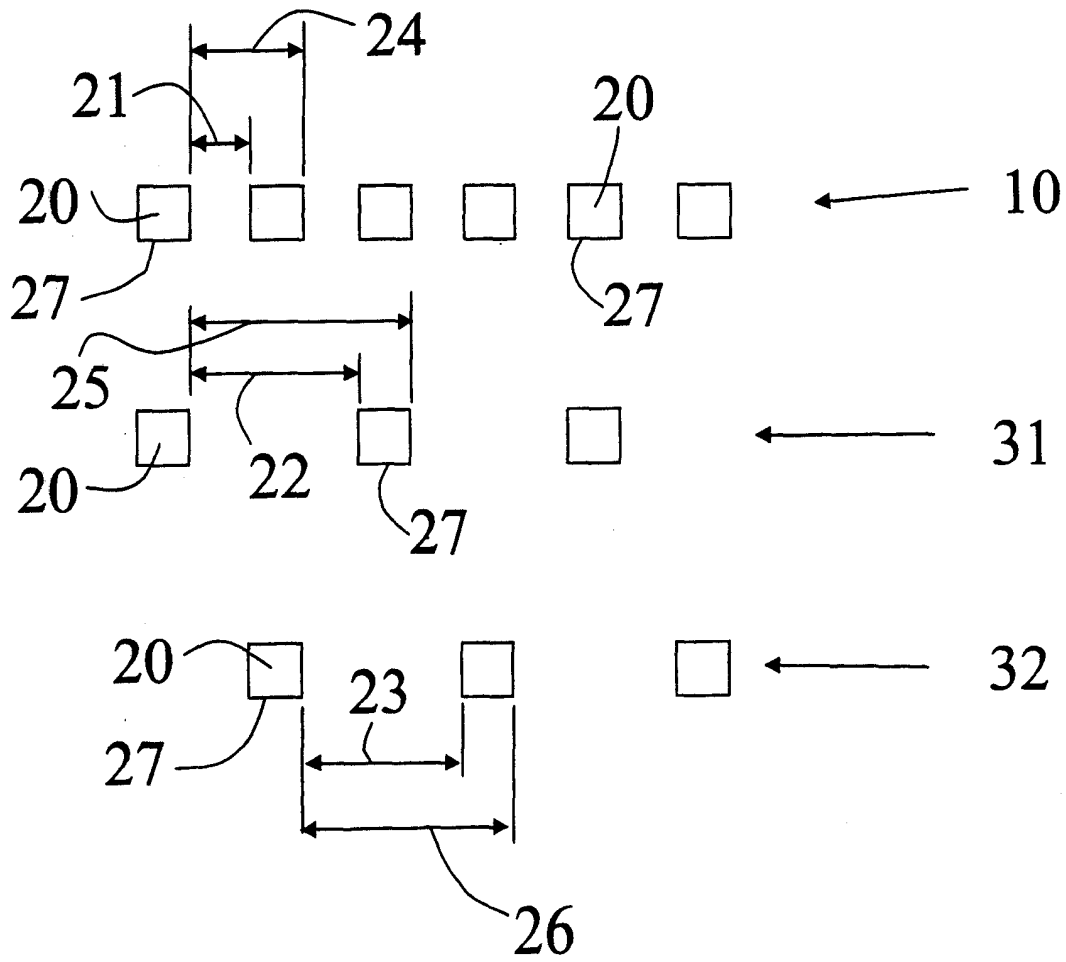


图 2

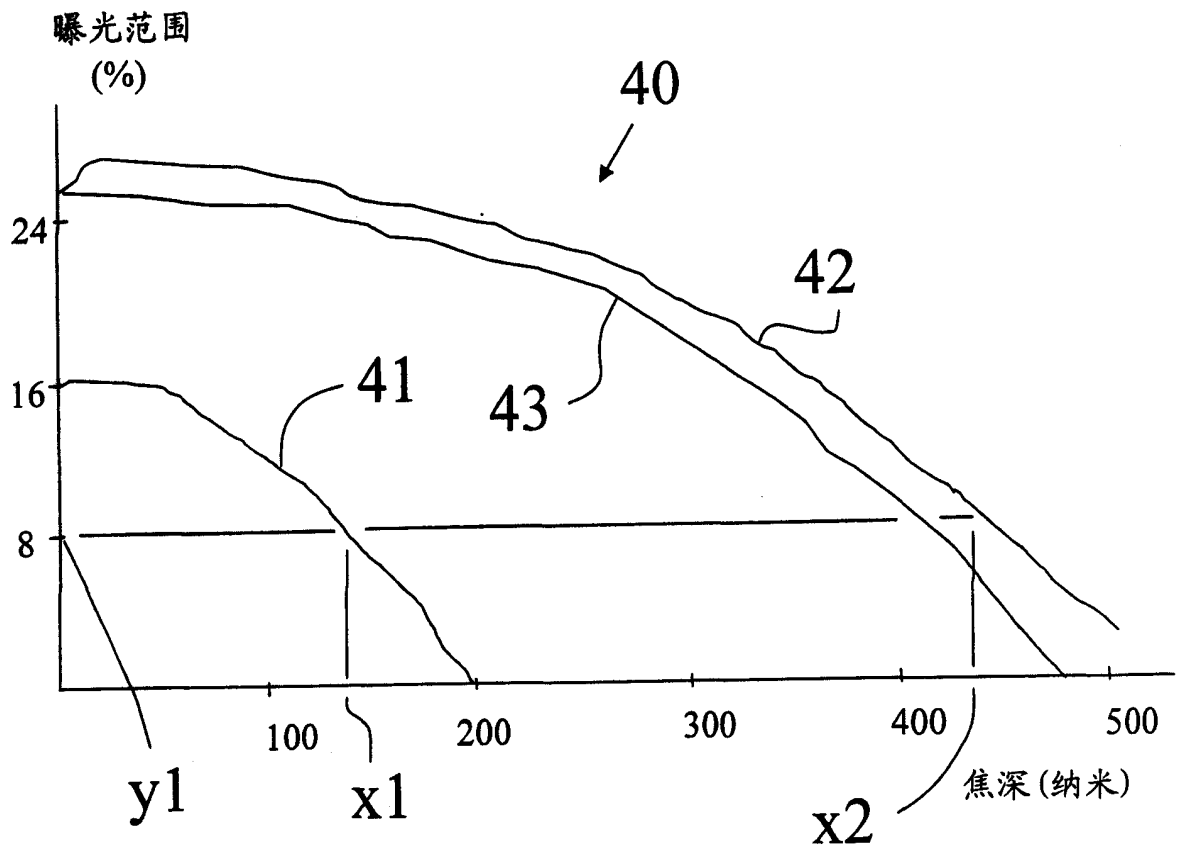


图 3

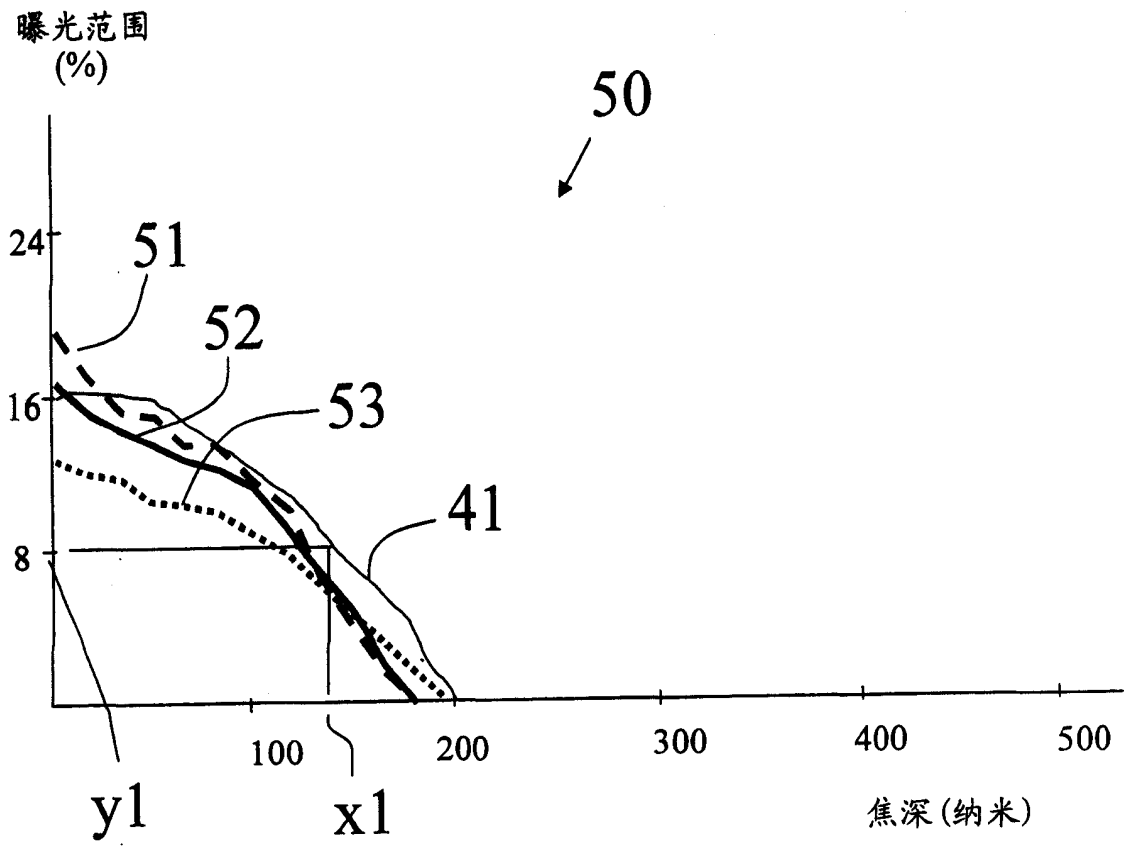


图 4



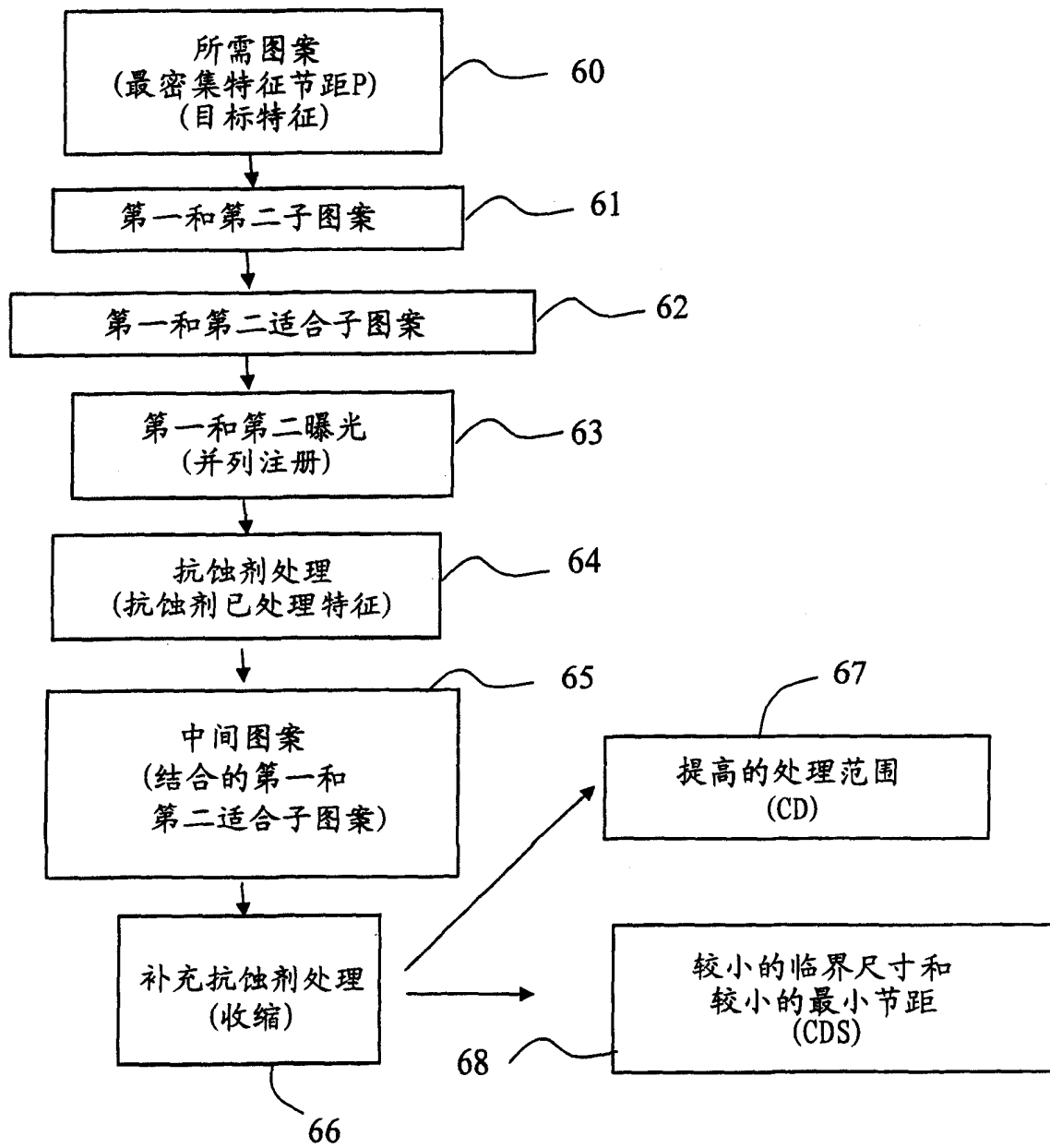


图 5

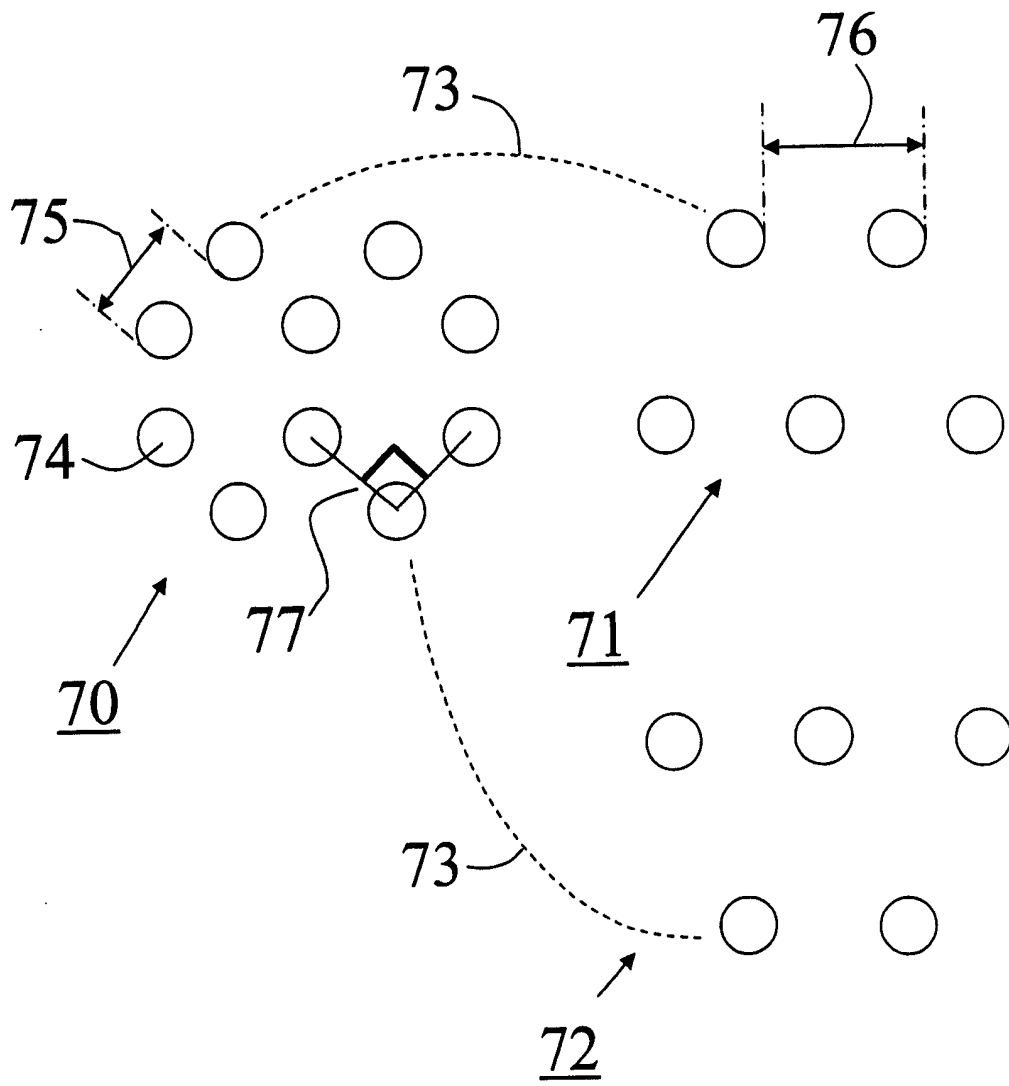


图 6

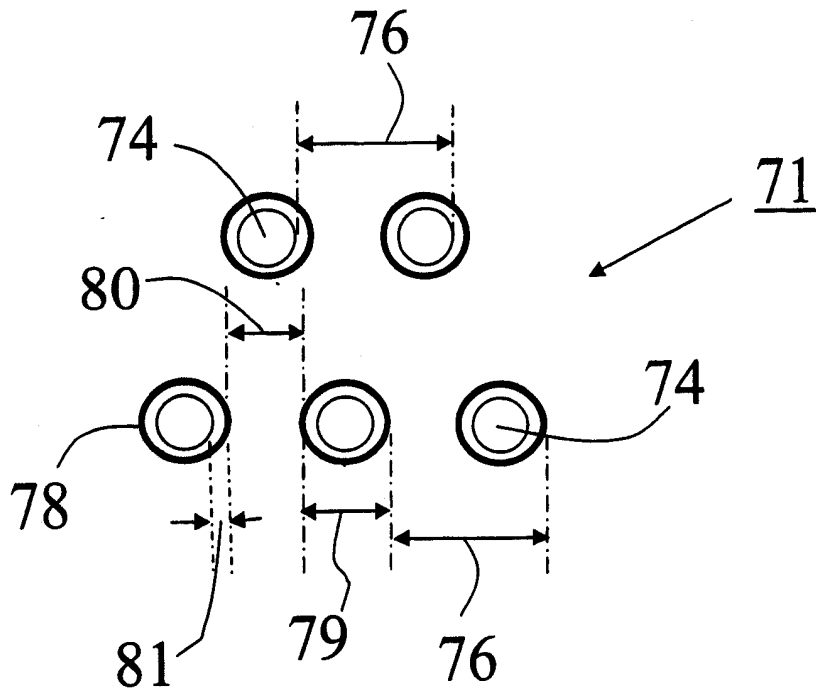


图 7

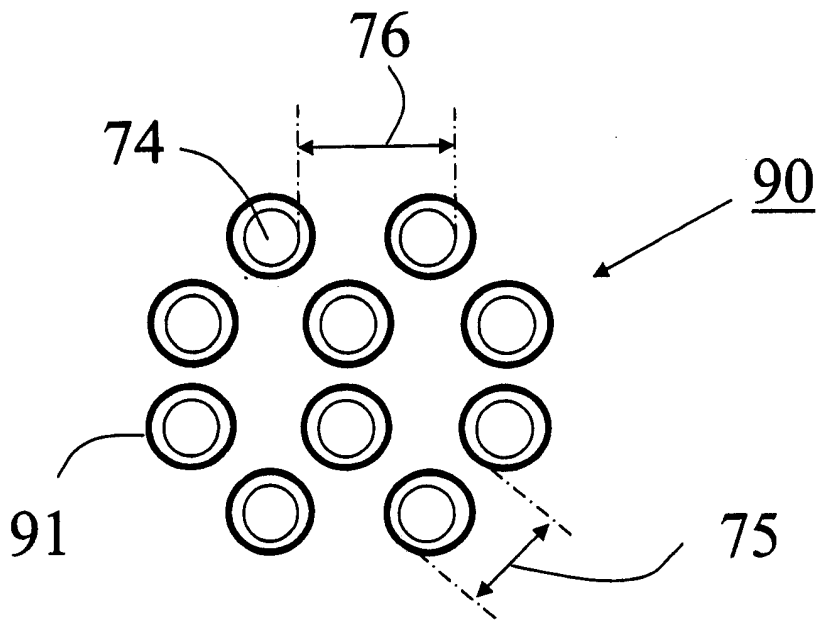


图 8

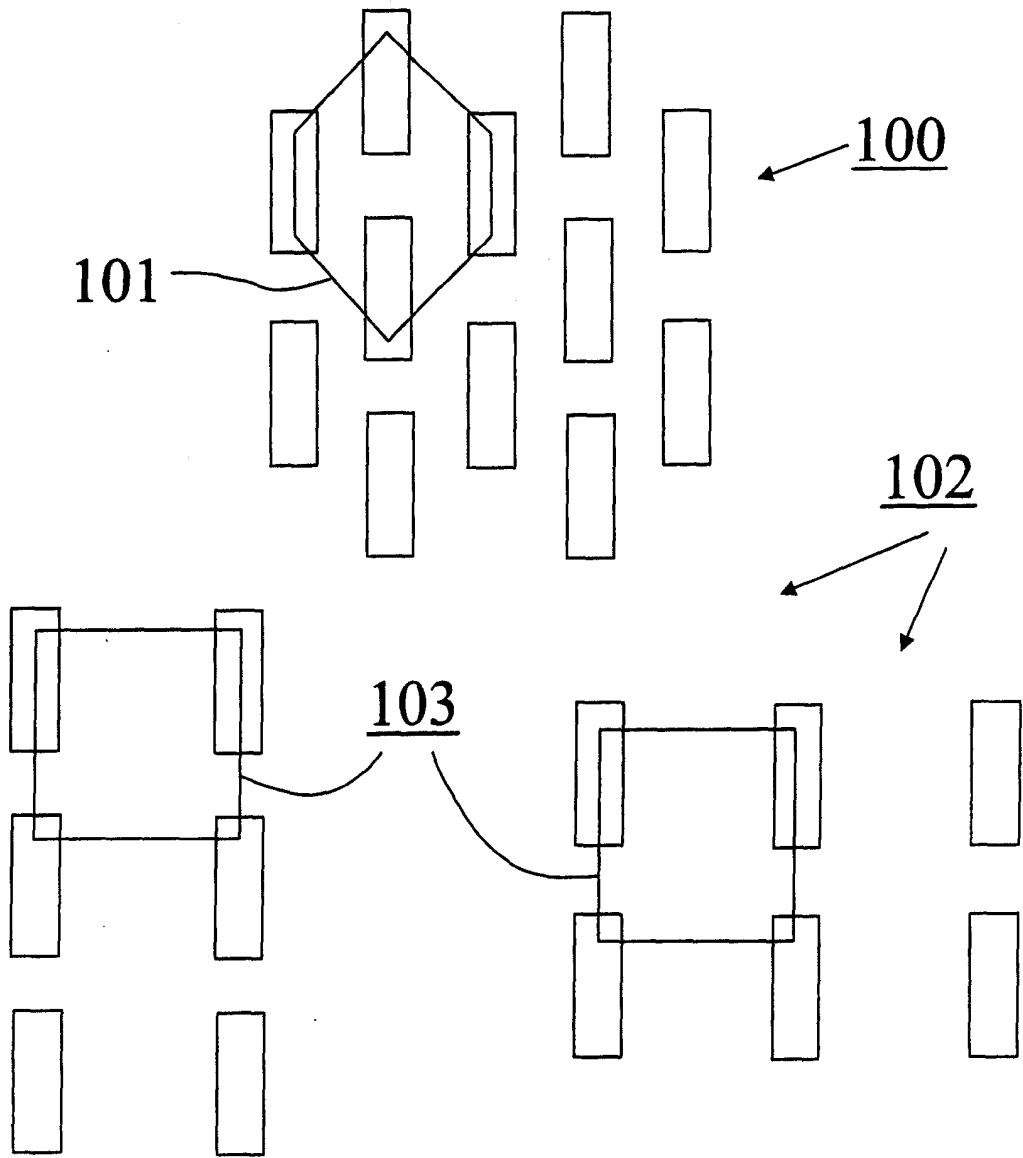


图 9