[19] 中华人民共和国国家知识产权局

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

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510074132.X

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100576093C

[22] 申请日 2005.4.9
[21] 申请号 200510074132.X
[30] 优先权
[32] 2004. 4. 9 [33] US [31] 60/560615
[73] 专利权人 ASML 蒙片工具有限公司
地址 荷兰维尔德霍芬
[72] 发明人 T·莱迪 M·F·A·尤尔龄斯
[56] 参考文献
JP9 - 34101A 1997.2.7
US6670081B2 2003.12.30
US6602642B2 2003.8.5
US5663893A 1997.9.2
US2002/0083408A1 2002.6.27
US6214494B1 2001.4.10
US6536032B1 2003.3.18
US5707765A 1998.1.13
审查员 王振佳
[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 王波波

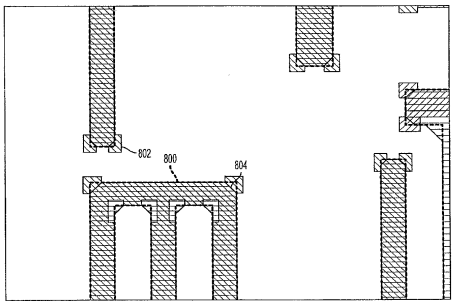
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 16 页

[54] 发明名称

在角部利用倒角与修圆的光学邻近校正

[57] 摘要

公开了一种优化将形成在衬底上的设计的方法。该方法包括近似修圆所述设计的图像的至少一个角部；进而对所述至少一个角部的近似修圆生成所述设计的表达；生成用于成像基于所述表达的所述设计的掩模的初始表达；以及进而对所述掩模的初始表达实施光学邻近校正(OPC)。



1．一种优化将在衬底上形成的设计的方法，包括如下步骤：

（a）基于预定规则的推导确定所述设计的图像的至少一个角部的近似修圆；

（b）基于所述近似修圆选择倒角的切口大小；

（c）依据所述倒角的切口大小斜切至少一个角部来近似修圆；

（d）进而对至少一个角部的所述近似修圆生成所述设计的表达；

（e）生成用于成像基于所述表达的所述设计的掩模的初始表达；以及

（f）进而对所述掩模的初始表达实施光学邻近校正（OPC）。

2．根据权利要求1的优化设计的方法，其中，步骤（f）还包括如下步骤：

（g）进而对所述掩模的初始表达生成所述设计的图像；

（h）估计在步骤（d）中生成的表达和在步骤（g）中生成的图像之间的偏差；

（i）确定步骤（h）的估计结果是否满足预定的约束条件；

（j）若该结果不满足预定约束条件，则依据所述结果生成所述掩模的下一个表达；以及

（k）重复步骤（h）-（j），直到所述偏差满足预定的约束条件。

3．根据权利要求1所述方法，其中，所述预定规则确定衬线的大小。

4．根据权利要求1的方法，还包括选择倒角切口形状的步骤。

5．根据权利要求4的方法，其中，所述切口形状的至少两个角是相等的。

6．根据权利要求1的方法，其中，所述倒角切口大小基于以预定大小递增的倒角形成角。

7．根据权利要求6的方法，其中，所述预定大小是45度。

8．根据权利要求1的方法，其中，所述修圆的近似对应于基于一组预定加工因素的最小修圆。

9．根据权利要求1的方法，其中，所述倒角对应于与所述设计的第一角部对应的第一倒角，在步骤（c）和（d）之间还包括如下步骤：

（l）对临近第一角部的第二角部，确定第二倒角切口的大小；以及

（m）缩减第一倒角和第二倒角中至少一个的大小，以使第一倒角和第二倒角不交切。

10．根据权利要求 9 的方法，其中，

缩减第一倒角和第二倒角的大小按比例进行。

11．根据权利要求 1 的方法，其中，所述预定规则还涉及衬线选择，且所述倒角的大小基于利用所述预定规则已经选择的所述衬线的叠合值进行选择。

12．根据权利要求 2 的优化设计的方法，步骤（f）在步骤（g）之前还包括如下步骤：

（f1）基于掩模制造约束条件，确定所述掩模的初始表达的角部修圆；以及

（f2）基于其中作了角部修圆的初始表达来生成经修改的掩模表达，且后续光学邻近校正步骤基于所述经修改的掩模表达进行。

13．根据权利要求12的优化设计的方法，其中，在各角部的修圆具有预定的半径。

在角部利用倒角与修圆的光学邻近校正

优先权要求

本申请要求2004年4月9日递交的名称为“在角部利用倒角和修圆的光学邻近校正”的美国临时申请号60/560，615的优先权，本申请通过全面参照而包含其公开的内容。

技术领域

本申请涉及光刻，尤其涉及在角部利用倒角和修圆的光学邻近校正技术。

背景技术

光刻装置可以用于例如集成电路（ICs）的制造。在这种情况下，制造中使用的掩模可包含对应于IC每一层的电路图案，该图案可以成像在已涂敷一层辐射敏感材料（抗蚀剂）层的衬底（硅晶片）的靶部曝光区上（例如包括一个或者多个电路芯片（die））。通常，一块晶片会包含一个完整的相邻靶部曝光区网格，该相邻靶部曝光区由投影系统逐个相继照射。在一类光刻投影装置中，通过一次曝光全部掩模图案到靶部曝光区上而照射每一靶部；这种装置通常称作晶片步进缩印机。在另一可选用的装置（一般称为步进扫描装置）中，通过在投射光束下沿给定的参考方向（“扫描”方向）依次扫描掩模图案并同时沿与该方向平行或者反平行的方向同步扫描衬底台来照射每一靶部曝光区。因此一般来说，投影系统有一个放大系数M（通常<1），对衬底台的扫描速度V是对掩模台扫描速度的M倍。可从例如美国专利US6，046，792中找到更多关于这里描述的光刻设备的信息，本申请通过参照而包含该专利的内容。

在使用光刻投影装置的制造方法中，掩模图案成像在至少部分由一层照射敏感材料（抗蚀剂）覆盖的衬底上。在这种成像步骤之前，可以对衬底进行各种处理，如打底，涂敷抗蚀剂和软烘烤。在曝光后，可以对衬底进行其它的处理，如曝光后烘烤（PEB），显影，硬烘烤和测量/检查成像特征。以这一系列工序为基础，图案化例如IC的器件的各层。这种经图案

化的层然后被进行各种不同的处理，如蚀刻、离子注入（掺杂）、镀金属、氧化、化学一机械抛光等完成一个单独的层所需的所有处理。如果需要多层，那么对每一个新的层重复整个处理过程或该过程的变形。最终，在衬底（晶片）上出现器件阵列。然后采用例如切割或者锯断等技术将这些器件彼此分开，单个器件可装在载体上，与管脚等连接。

为了简单起见，投影系统在下文称为“透镜”；可是，该术语应广义地解释为包含各种类型的投影系统，包括例如折射光学装置，反射光学装置，和反折射系统。照射系统还可以包括根据这些设计类型中任一设计的操作部件，该操作部件用于操纵、整形或者控制照射的投射光束，这些部件在下文还可共同地或者单独地称作“透镜”。另外，光刻装置可以具有两个或者多个衬底台（和/或两个或者多个掩模台）。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。例如在美国专利 US5，969，441 和 WO98/40791 中描述的二级光刻装置，这里作为参考引入。

上面提到的光刻掩模包括对应于集成到硅晶片上的电路组件的几何图案。利用 CAD（计算机辅助设计）程序产生用于形成这种掩模的图案，该处理经常被称作 EDA（电子设计自动化）。为了产生功能掩模，大部分 CAD 程序遵循一套预定的设计规则。这些规则根据加工和设计的限度设定。例如，设计规则确定了电路器件（例如栅极，电容器等）或互连线之间的间距容差，以确保电路器件或线不会以不希望的方式彼此接触。该设计规则限度一般称作“临界尺寸”（CD）。电路的临界尺寸可定义为最小线宽或两条线之间的最小间距。因此，CD 限定了所设计电路的总体尺寸与密度。

当然集成电路制作中的一个靶部是在晶片上如实地再现原始电路设计（通过掩模）。然而，由于光刻的特征日益精微的尺寸和高分辨率系统，印刷在衬底上的最终特征易出现一些波纹，即应该为直的边不是直的。该波纹与滤波器原理中的“振铃”（ringring）有关，它是为加强成像较小特征所需的高空间频率而自然产生的附加效应。导致波纹化的其它因素对于本领域普通技术人员来说是公知的。图 1 示出了印刷在衬底上的特征受波纹影响的问题。

在现有技术中，基于模型的（model-based）OPC 对图像和预测图像间的不一致的校正包括以下步骤。（1）将靶部层分为多个部分。（2）在多个部分的每个部分的一个“估计点”（一般在中心）处估计预测图像。（3）基于各自的估计，根据相应部分中心处的各自估计来修改将要印刷的特征，以使靶部和预测图像间的不一致最小化。在发生波纹化的低 kl 系统中或波纹化较普遍的系统中，碰上所述估计点没有放置在各自部分内理想的代表性位置内的情况，常规的基于模型的 OPC 方法会加重波纹化，如图 1 所示。

具体而言，图 2 示出了叠加在有波纹化的预测图像 22 上的靶部图像 20。靶部图像 20 被分为多个部分 24，对于每个部分 24 在估计点 26 处估计图像 22，24。每个估计点 26 位于各自部分 24 的中心处。基于这些估计，修改靶部图像（经修改的掩模 30），如图 3 所示。该经修改的掩模考虑了靶部图像 20 和预测图像 22 间的不一致。根据多个部分 24 的每一部分的中心的估计量，对靶部图像 20 施加Δn 的偏移，其中 n 表示对应的部分 24。换句话说，结果得到的新边如所期待地被调整，在原来预测高的每处向下调整，在原来预测低的每处向上调整。

图 4 示出了基于经修改的掩模 30 的新预测图像 40。通过与预测图像 22 对比，在给定的例中，常规的基于模型的 OPC 技术加重了新预测图像 40 的波纹，这增加了因周围结构而产生断裂或桥接（bridging）的可能性。

通过选择“较好的”估计点，理论上可获得改善的结果，在该方面存在一些受限的策略。尤其是，在角部或邻近角部的估计点可从角部向后移除，以避免过渡校正。这些方法是有益的，但除了一些简单的情形之外，由于周围环境特征与在所关注的特定边上观察到的波纹之间相互影响的复杂性而很难实施。

然而，基于 OPC 的模型利用一个空中（aerial）模型或一个校准模型。该校准模型必须考虑到掩模的性质，制造掩模的工具的特点，抗蚀剂的性质等。由于这一点，利用校准模型有很多缺陷。它们包括大范围的校准工作，其中包括建立掩模和曝光晶片，以及对那些不能归于掩模、半导体或任何相关特性产生的任意成像特性的因素分析。 其主要缺点是为了校准一个模型，必须存在一个较好的掩模。因为空中模型是适宜的，且不依赖于

存在的工具，因此，工业上常用空中模型作为 OPC 模型。但是，空中模型不像使用校准模型时那样对制造和生产缺陷作因素分析。

还需要建立一个用于消除在靶部图像和预测图像之间不一致的方式，以接近实际的缺陷。

发明内容

本说明书中的教导可使上述问题得到缓解，并提出了将衬底上形成的设计优化的新方法。包括以下步骤：对设计的图像的至少一个角部进行近似修圆（rounding）；进一步对至少一个角部的近似修圆生成设计的表达；产生一个掩模的初始表达，该掩模用来基于该表示将所述设计成像；进一步对该掩模的初始表达实施光学邻近校正（OPC）。

OPC 包括以下步骤：进一步对于该掩模的初始表达生成该设计的图像；估计在对近似修圆的进一步设计的表达和所述图像之间的偏差；以及确定步骤的估计结果是否满足预定的约束条件。在结果不满足预定的约束条件的情况下，可以根据所述结果生成该掩模的下一个表达，然后重复 OPC，直到偏差符合预定的约束条件。

可以基于一个预定规则的推导确定近似修圆，所述预定规则可用来确定一个衬线（serif）的尺寸。此外，修圆可通过选择倒角切口的尺寸来近似，并可按该切口的尺寸斜切至少一个角部来近似修圆。

当被斜切的角部邻近另一角部时，进一步调整是必要的，例如减少至少第一倒角（chamfer）和第二倒角之一的尺寸，以使第一倒角和第二倒角不相交。另外一种方式是，可按比例减小第一倒角和第二倒角的尺寸，以使第一倒角和第二倒角不相交。

另一个新的概念包括用于增强 OPC 的方法，其中包括以下步骤：基于掩模制造上的约束条件，确定掩模的初始表达的角部修圆；以及基于其中作了角部修圆的初始表达生成一个经修改的掩模表达。在每个角部的修圆有一个预定的半径。

于是，可对由于成像约束条件的角部修圆和由于掩模制造约束条件的掩模角部修圆这二者可作因素分析。

在以下的部分描述中将阐述本发明另外的目的、优点和新特征，对其一部分本领域技术人员在通过研读下面的说明和附图后将明显领悟，或可

以通过实施例的实现或操作加以了解。通过实践或使用所附的权利要求中特别指出的方法、工具以及它们的结合，可以认识并获得本说明书中教导的目的和优点。

附图说明

通过示范性方式而非限制的方式，附图描述了本发明的一个或多个实施例。在附图中，相同的附图标记表示相同的或相似的元件。

图 1 示出了印刷在衬底上受波纹化影响的示范性特征。

图 2 示出了受波纹化影响的示范性靶部图像和对应的预测图像。

图 3 示出了图 2 的靶部和预测图像及基于图 2 的图像的估计的示范性经修改掩模。

图 4 示出了基于图 3 经修改掩模的示范性预测图像。

图 5A 示出了要印刷的理想特征，图 5B 示出了要印刷的相应的实际特征。

图 6A 示出了相对于特征的负衬线的重叠部分，图 6B 示出了相对于特征的正衬线的重叠部分。

图 7A 示出了在相邻角部的倒角（chamfering）的可能干涉，图 7B 示出了解决所述干涉的倒角调整。

图 8 示出了对靶部图像、加于靶部图像的衬线和靶部图像倒角的模拟。

图 9 示出了通过利用为在每个角部的倒角而调整的经修改的靶部图像的中值估计作的模拟。

图 10 示出了与图 9 相同的模拟，除了未修改的靶部图像以外。

图 11 示出了模型 OPC 循环的示范性流程图。

图 12 示出了由倒角模拟修圆（rounding）的经修改的靶部图像，以及在用修圆修改的步骤中的靶部图像。

图 13 示出了在与图 11 对应的步骤中通常利用修圆的流程图。

图 14 示出了在晶片级上被修圆的角部。

图 15 示意描述一个适于使用借助本发明设计的掩模的光刻投影设备。

图 16 是彩色键的示意图。

具体实施方式

2004年3月30日递交的名为“用于抑制光刻系统印刷特征的波纹的设备、方法和程序产品”的相关美国专利申请号60/557，833（“833”专利申请）描述的是通过相应地调整掩模来克服预测图像不一致的新概念。本申请参照其全部内容而包含该申请。

发明人已经进一步提出通过对已知的印刷制造约束条件补偿靶部图像来减少预测图像的波纹和其它负面影响的新概念。针对一个这样的约束条件，还提出了超过预定锐度（sharpness）的印刷角部的方式。例如，图5A示出了理想的特征50，图5B示出了印刷的实际特征52或特征52的预测图像。理想特征50有一个极大锐度的理想角部54，但是因为制造和物理上的约束条件，理想角部54的形状实际是不能获得的。

在‘833申请里描述了一些用于补偿模型OPC里的靶部图像的角部修圆的新颖方法，其中包括将调整因素应用于在邻近角部或角部作出估计。另外，也可完全清除邻近或位于角部的估计点。因为角部总会有一些修圆，所以调整因素中考虑到这一点，且相应对靶部图像进行调整。

本发明中，另一新颖的方法是修改靶部图像来模拟在各角部的修圆。在印刷过程中角部将总会受到一些修圆，且作为试图校正这种不可避免的修圆的结果，OPC处理会引入一些不希望的结果（“振铃（ringring）”，“缩颈”，“桥接”）。然而，‘833申请教导了方法，通过该方法可选择性地忽略由于角部修圆而产生的不一致，本发明以一种对不可避免的角部修圆进行近似的方式改变靶部，然后利用OPC以试图重现该经修改的靶部。

在利用衬线来改善基于规则的（rule-based）OPC方面，已取得很大的进展。美国专利申请5，663，893、5，707，765和6，670，081提供了对利用衬线的OPC的示范性描述。本申请结合这些专利，参照它们的全部内容。

通常，衬线是定位在电路特征的角部的光刻下的方形特征。在晶片上最后的转印图案中它们用于使角部锐利，用于改善在实际电路图案和最后转印到抗蚀剂层上的电路图案间的一致性。已知在凸顶点上的“正”衬线调整在顶点的掩模的曝光能量，以阻止角部的损失。在凹顶点上的“负”衬线去除在凹顶点上的掩模图案部分，以保持在最终图案上凹顶点的精确

表示。基于为使衬线优化而开发的规则，有一个对“角部锐度”的约束条件的通常理解。

在利用衬线的典型 OPC 中，给定衬线（正和负）的每个边可相对于给定衬线的每个另一边调整，以便于允许修改衬线的整体尺寸。也能够独立于每另一个衬线来修改每个衬线。如‘081 专利所解释的，由预定规则控制那些衬线的修改，它由用户根据要产生的特征图案来选择/确定。众所周知，这样的规则将根据不同的电路设计特征而变化。当然，这些规则也可以与一类具有固定尺寸和间距阈值的衬线有关。

图 6A 和 6B 示出了一个要用衬线进行印刷的图案。为了图解和解释的目的，图中夸大表示了衬线的位置和尺寸。每个衬线都有一个“重叠部分”和“延伸部分”。重叠在特征背景上的负衬线部分是重叠部分（图 6A），而重叠在实际特征上的正衬线的部分是重叠部分（图 6B）。衬线的重叠能被定义为“短重叠”Os 和“长重叠”O_L。相似的，延伸被定义为“短延伸”Es 和“长延伸”E_L。通过任何基于规则的用于调整衬线的大小和定位衬线的方法，可确定对给定角部的每个衬线。

发明人已发现，以与最佳的衬线尺寸相同的方式能产生最佳的倒角即切角。最佳倒角规则不同于衬线校正的理想规则，但这些规则在形式上相似。回到图 5B，如上述的，假定已用衬线将角部 56 的修圆最小化，所留的是不能消除的剩余的角部修圆。如参见图 5B，在 OPC 前，通过斜切角部 54’来近似或模拟这个预期的修圆，随后的 OPC 处理不会在试图消除角部修圆过程中对附近区域的校正进行折衷。

如图 5B 所示，角部修圆采用光滑曲线的形式。如此形状用传统的 EDA 软件处理是困难的或不可能的。在“多边形”近似中，利用直边的顺序可以近似角部。可以发现在这样的多边形的简单性和近似理想曲线图形的精度之间可以折衷。发明人已发现，单个多边形的边在每端有对称的 45 度角时多数情况往往是较好的折衷。将边形成的几何形状限制于 45 度倍数的角在制造掩模中具有实际的益处，因为大多数掩模写入机须用一个“步进的”图案来近似其它角。然而，应理解到较多的交叉边（有时不是 45 度角）能较好地近似实际的角部修圆，可在特定的场合选用。

假定单个倒角边的情况，没有限制它的角，倒角切口将是三角形的，

选择成使它的一直角边等于短重叠 Os，另一直角边等于长重叠 O_L。建立倒角时，忽略定义衬线所需的 Es 和 E_L 的值。Os 和 O_L 通常在长度上不同，因为两个原始靶部边的长度不同，沿短边重叠较短。这近似于在这些场合存在的实际角部修圆的不对称曲线。要限制该角为 45 度，如本发明的优选实施例中的情形，三角形的两直角边必须相等，这时选择较短长度即 O_S。

对于由两条较长线连接的角部，为使一个角部的角部修圆（和与其近似的倒角）不干扰一个邻近角部的角部修圆（和与其近似的倒角），将使 Os 和 O_L 均等于某个名义倒角量。然而，当在邻近角部之间的线相对短的时候，例如在线的一端，有时称作“U”边，一个角部的倒角与干扰邻近角部的倒角。由图 7A 解释这个概念。

一般而言，将衬线放在凸角上和凹角上加衬线规则是有区别的。以凸角的规则为例，设想 40nm 的“名义”衬线尺寸规则（对应于衬线尺寸规则）。然而，在短“U 边”上，参见图 7B，减少了倒角，以仅切断线端的四分之一。当然，可以修改这些规则，以使倒角被切断的部分可为低于线端一半的任何分数，以保留“真正的”U 边。

这可利用调整倒角“平行重叠”以“ps_adj”(正衬线调整规则)参数实现，该调整依靠 U 边的长度是线性的。例如，名义倒角的宽度是 40nm，平行重叠调整可从 160nm 边长度处的 0nm 到 80nm 边长度处的-20nm 线性变化。对于在 80nm-160nm 之间的任何线宽，这产生了线宽 W 的 1/4 的倒角。在该范围的一端，对 160nm 宽的线没有调整，而 40nm 的名义倒角尺寸正好是 160nm 线宽的 1/4。在该范围的另一端，对于 40nm 的名义倒角尺寸，80nm 宽的线被作－20nm 的调整，产生 20nm 倒角，这又是线宽的 1/4。

图 8 示出了靶部图像 800（虚线），衬线 802（斜线阴影），最终在要印刷的特征的各角部的相关倒角 804。放大衬线 802 和倒角 804 的尺寸仅是出于图解的目的，对于给定的图案可能并非最佳。此外，在同一图像上示出衬线 802 和倒角 804，以简单表示上述用于确定倒角 804 尺寸的概念。

图 9 示出了利用中值估计实施的校正而产生的模拟结果，如专利申请‘833 中所描述，也符合本申请中讨论的新概念。图 10 示出了仅在专利申请’833 里描述的由利用中值估计实施的校正而产生的模拟。在图 9 中，900（虚线）指靶部图像，902（斜线阴影）指经校正的掩模图案，904（水

平阴影）指预测的印刷结果。在图 10 中，1000（虚线）指靶部图像，1002（斜线阴影）指经校正的掩模图案，1004（水平阴影）指预测的印刷结果。

选择每个图中指示的 A-E 区域，来比较桥接、缩颈（或收缩）、波纹、线光滑和平均线宽方面的效果。与图 10 中相同的区域相比，参照图 9 中的 A 和 B 可以明显看出，已经缩减桥接。与图 10 中相同的区域相比，参照图 9 中的 C 可以明显看出，已缩减了波纹。与图 10 中相同的区域相比，参照图 9 中的 C 和 D 可以明显看出，平均线宽和线光滑是比较好的。与图 10 中相同的区域相比，参照图 9 中的 E 可以明显看出，已减小了缩颈。

尽管前面提到用于近似修圆的修改靶部图像是一个好的近似，但靶部图像仍只是一种理想的表达。请考虑下述的进一步改进。

用于建立上述图像的模型 OPC 循环如下：（1）确定对应于靶部的掩模表达，（2）计算图像（空中图像或在抗蚀剂里），（3）确定图像和靶部之间的偏离，（4）修改掩模，（5）重复，直到图像是满意的。如上所述，通过修改倒角的靶部图像，此模型 OPC 循环实际上产生了优良的图像。然而，考虑到实际的角部修圆，可以在靶部、掩模上或两者同时进一步修改模型 OPC。

在模型 OPC 循环中可以结合掩模构造函数和/或靶部图像修改函数，以对于含有角部特征的差不多所有光刻印刷不可避免地出现的掩模修圆作因素分析。图 11 示出了结合这些概念的模型 OPC 循环的示意性流程图。在步骤 1100 中，确定初始的靶部图像，如图 8 所示的靶部图像 800。在步骤 1101 中，掩模的初始估计选择为等于靶部，在步骤 1101 之前被确定。在步骤 1100 后可包括步骤 A 和 B，其中选择一个理想的靶部，即，分别在靶部图像的各角部施加具有锐利角部的靶部和近似的修圆或倒角。这种方式产生一个更实际能实现的靶部。靶部的近似修圆这一步骤导致了这样的先验知识：投影系统作为一个低通滤波器起作用，因此将不可能成像尖锐的角部。

在步骤 1102 中可给初始估计的掩模加上修圆（步骤 1102），以在实际掩模上特征的角部的实际修圆中作因素分析。修圆一般是由于掩模制造上的约束条件。这样的制造约束条件对于本领域普通技术人员是公知的。在

步骤 1104 中，基于在步骤 1102 和步骤 1106 中生成的掩模表达而产生的图像，确定生成的图像和表达之间的偏差。基于预定的约束条件，确定图像是否满意（步骤 1108）。设立预定的约束条件和判断图像是否满意的方式在光刻领域中是公知的。如果图像是可接受的，则结束过程（步骤 1110），并可基于用于生成步骤 1104 的图像的掩模表达来生成掩模。另外，如果图像不满意，则掩模的表达可依据公知的 OPC 技术修改（步骤 1112）。重复步骤 1102－1108，直到图像满意为止。

图 12 解释了在步骤 B（图 11）的靶部修改和掩模表达的修改（步骤 1102）间的相似性。更特别地是，图 12 示出了通过倒角模拟修圆而修改的靶部图像 1200，以及在步骤 1104 中为加上修圆而修改了的掩模表达 1202。为了图解和解释目的，相对于靶部图像 1202 稍微放大了靶部 1200。通过对掩模表达修圆，可接近角部不完善的一个更好表达。此外，掩模表达的实际修圆补充了已被加上近似修圆的靶部图像。换句话说，可以说掩模表达的实际修圆将靶部图像的被倒角角部修圆。

图 12 还图示了另一个概念，其中以预定半径 r 将每个角部修圆。如这里所讨论的，修圆的效果是已知的，通常能近似大多数类型的印刷。例如，发明人已发现：对于一种典型的掩模制造工艺，40－80nm 范围内（在掩模原版（reticle）上测量）的半径是可以期待的。当然，不同量值的半径能根据掩模特征的复杂性和掩模制造工艺或掩模－记录系统的参数来选择。

图 13 示出了通常在图 11 的步骤 1102 中加修圆的流程图。通常，检查每个角部（如在步骤 1300 中），在步骤 1302 中加上预定半径的修圆。在步骤 1304 中，生成经修改的掩模表达（参见图 12 的 1202），且基于这个图像实施 OPC。图 14 进一步图示了这个概念。已经被修圆 1404 的一个角部 1400，在晶片级上基本对应于靶部图像的倒角 1402 的尺寸。

因此，可以通过用靶部图像修改来近似修圆或者用掩模表达的修改来模拟由于掩模制造上的约束条件而产生的修圆，或者同时通过这两种修改来进行最终掩模的优化。

图 15 示意描述了适合利用借助于本发明而设计的掩模的光刻投影装置。该装置包括：

照射系统 Ex、IL，用于提供辐射投影光束 PB。在此特例中该照射系统还包括照射源 LA；

第一目标台（掩模台）MT，设有用于保持掩模 MA（例如掩模原版）的掩模保持器，并与用于将该掩模相对于 PL 精确定位的第一定位装置连接；

第二目标台（衬底台）WT，设有用于保持衬底 W（例如涂敷抗蚀剂的硅晶片）的衬底保持器，并与用于将衬底相对于 PL 精确定位的第二定位装置连接；以及

投射系统（“透镜”）PL（例如折射、反射或反射折射光学系统），用于将掩模 MA 的照射部分成像在衬底 W 的靶区 C（例如包括一个或多个电路芯片（die））上。

如本文中所述，该装置是透射型的（即具有透射掩模）。但是该装置通常也可以例如是具有反射掩模的反射型的。或者该装置可以采用其他可选择的利用掩模类型的构图部件，例子包括程控反射镜阵列或 LCD 矩阵。

照射源 LA（例如汞灯或受激准分子激光器）产生照射束。该光束直接或经过如扩束器 Ex 的横向调整装置后，再照射到照射系统（照射器）IL 上。照射器 IL 包括调整装置（AM），用于设定光束强度分布的外和/或内辐向范围（通常分别称为 σ－外和 σ－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 在其横截面具有理想的均匀性和强度分布。

应该注意，图 15 中的照射源 LA 可以置于光刻投射装置的壳体中（例如当光源是汞灯时经常是这种情况），但也可以远离光刻投射装置，它产生的照射光束被（例如借助于适当的定向反射镜）引导至该装置中；当光源 LA 是准分子激光器（例如基于 KrF，ArF 或 F_2 发射激光的）时通常是后面的那种情况。本发明至少包含这两种方案。

光束 PB 然后贯穿保持在掩模台 MT 上的掩模 MA。经过掩模 MA 之后的光束 PB 通过透镜 PL，该透镜将光束 PB 聚焦在衬底 W 的靶区 C 上。在第二定位装置（和干涉测量装置 IF）的辅助下，衬底台 WT 可精确地移动，例如在光束 PB 的光路中定位不同的靶区 C。类似的，例如在从掩模库中机械取出掩模 MA 后或在扫描期间，可以使用第一定位装置 PM 将掩模

MA 相对光束 PB 的光路进行精确定位。一般地，用图 15 中未明确显示的长行程模块（粗略定位）和短行程模块（精确定位），可以实现目标台 MT、WT 的移动。可是，在晶片步进缩印机中（与步进扫描装置相对），掩模台 MT 可仅与短行程执行装置连接，或者固定。

所描述的装置可以按照两种不同模式使用：

—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。然后衬底台 WT 沿 x 和/或 y 方向移动，以使不同的靶区 C 能够由光束 PB 照射；

—在扫描模式中，基本为相同的情况，但是所给的靶区 C 没有在单“闪”中曝光。取而代之的是，掩模台 MT 沿给定的方向（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，衬底台 WT 沿相同或者相反的方向以速度 V＝Mv 同时移动，其中 M 是透镜 PL 的放大率（通常 M＝1/4 或 1/5）。在这种方式中，可以曝光相当大的靶区 C，而不牺牲分辨率。

这里公开的概念可以模拟或在数学上模型化任何类的用于成像子波长特征的成像系统，尤其对新兴的能提供日益较小尺寸波长的成像技术有用。已经使用的新兴技术包括 EUV（远紫外线）光刻，它能使用 ArF 激光器能产生 193nm 波长，甚至用氟激光器产生 157nm 波长。此外，为了产生 20－5nm 范围内的光子，通过使用同步加速器或通过用高能电子撞击材料（硅或等离子体），EUV 光刻能产生该范围内的波长。因为大多数材料在该范围内是吸收性的，所以可以通过具有多层钼和硅的反射镜产生照射。多层反射镜具有 40 层成对的钼和硅层，其中每层的厚度是四分之一波长。用 X 射线光刻甚至可以产生更短的波长。一般，用同步加速器产生 X 射线波长。因为大多数材料在 X 射线波长处是吸收性的，所以一个吸收材料的薄层就可确定特征印刷（正型抗蚀剂）或不印刷（负型抗蚀剂）的部位。

尽管这里公开的概念用于在衬底如硅晶片上成像，但应当理解，所公开的概念可用于任何类型的光刻成像系统，例如那些用于在除硅晶片以外的衬底上成像的系统。

这里所公开的概念可用作模拟器，即用作能在计算机系统上实现的计算机程序产品。计算机系统的软件功能性涉及编程，包括可执行代码，用

于执行上述成像模型。所述软件代码可由通用计算机执行。在操作中，代码，或许还有相关的数据记录，都存储在通用计算机平台内。然而，在其他时间，软件可以存储在其它地方并且/或者被传输过来装入适当的通用计算机系统内。因此，上述讨论的实施方案包括由至少一个机器可读介质装载的、一个或多个代码模块形式的一个或多个软件产品。基本上以这里描述和讨论的实施方案中执行的方式，通过计算机系统的处理器执行这种代码能够使所述平台进行目录和/或软件的下载功能。

这里所使用的术语，例如计算机或机器“可读介质”是指参与将指令提供给处理器以便执行的任何介质。这种介质可以是任何形式，包括但并不限于永久性介质、非永久性介质和传送介质。永久性介质包括，例如光盘或磁盘，如上讨论的作为一个服务平台而操作的任何计算机中的任意存储器件。非永久性介质包括动态存储器，如这种计算机平台的主存储器。物理传送介质包括同轴电缆、铜线和光纤，其中包括含有计算机系统内总线的线。载波传送介质可以是电子或电磁信号，或声波或光波的形式，所述声波或光波是例如在射频（RF）和红外（IR）数据通讯中产生的那些波。因此计算机可读介质的共同形式包括，例如：软盘、软磁盘、硬盘、磁带、任何其它的磁性介质、CD-ROM、DVD、任何其它的光学介质、通常很少使用的介质如穿孔卡片、纸带、任何其他的具有孔图案的物理介质、RAM、PROM 和 EPROM、FLASH-EPROM、任何其它的存储芯片或模块、载波传输数据或指令、传输这种载波的电缆或连接，或任何其它的、计算机从其读取程序代码和/或数据的介质。在将一个或多个指令的一个或多个序列装进处理器以加以执行的过程中，可涉及许多这些形式的计算机可读介质。

尽管前面已经描述了认为是最佳的模式和/或其它示例，但应理解到其中可以有各种修改，且可以各种形式和示例实现本申请公开的主题，并且可以在众多的应用中使用本技术，这里仅仅描述了其中的一些。后附的权利要求意在对落入本发明范围内的任何和所有的应用、修改和变形提出权利要求。

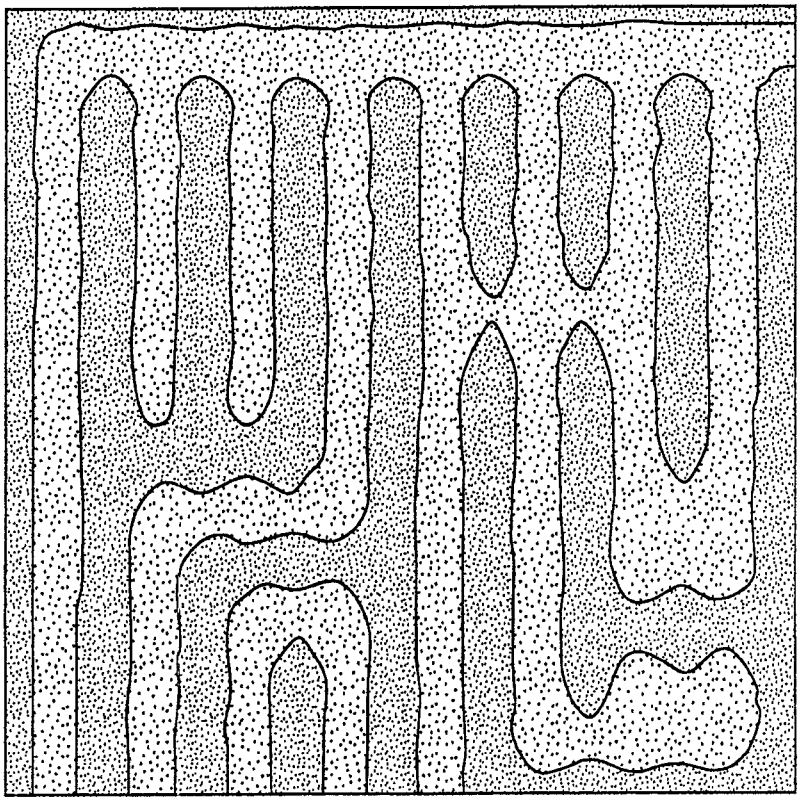


图 1

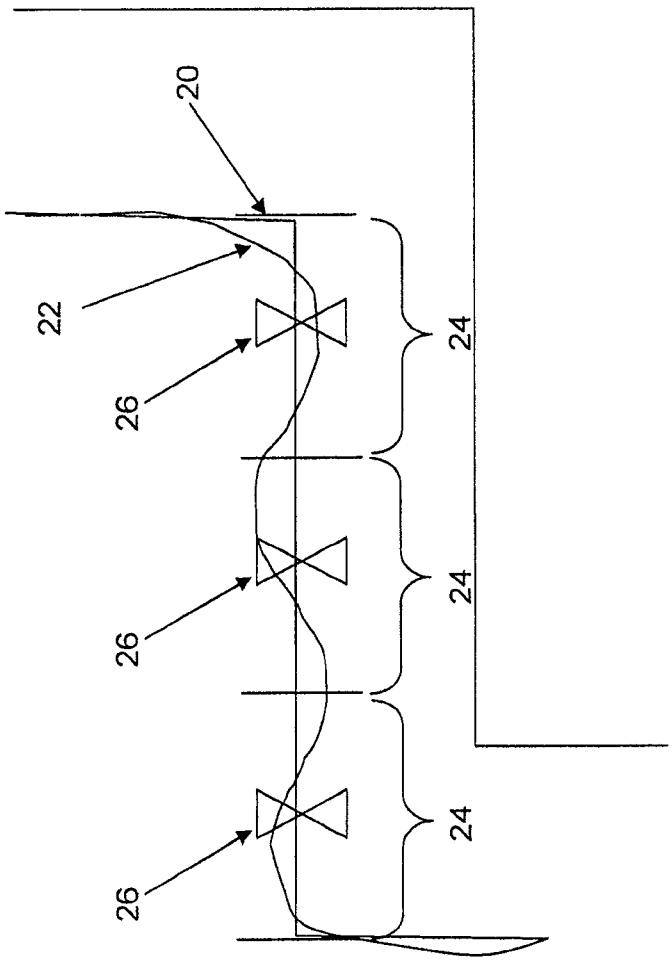


图 2

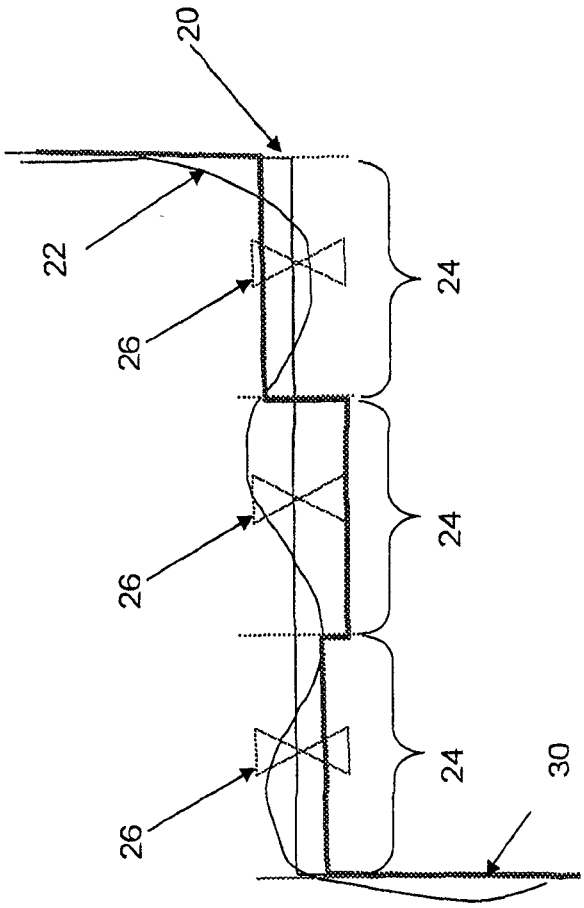


图 3

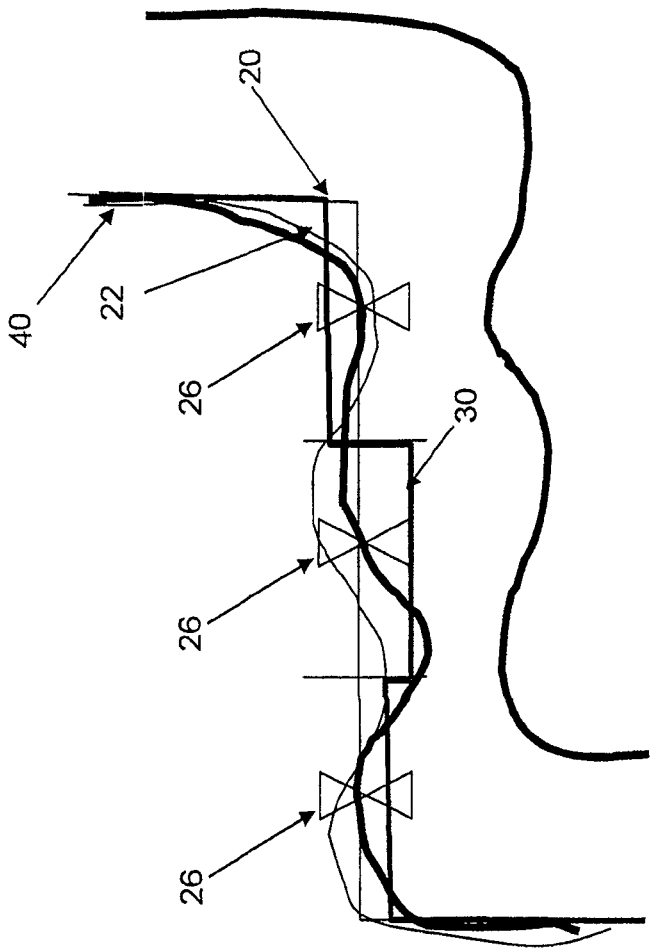


图 4

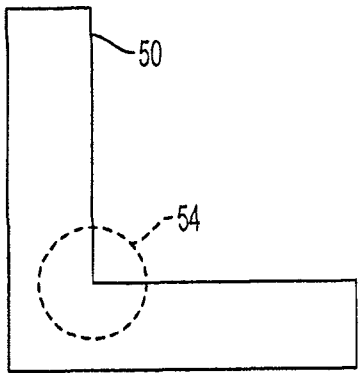


图 5A

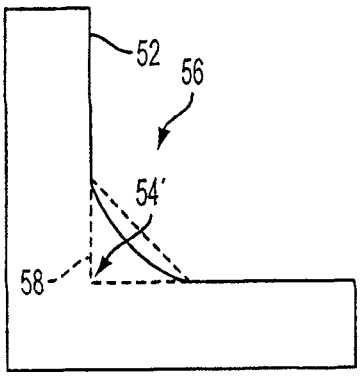


图 5B

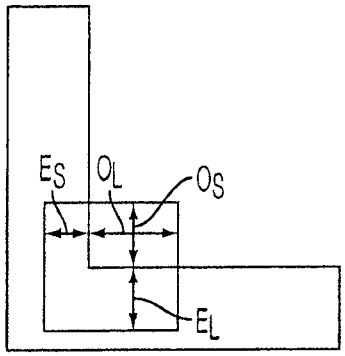


图 6A

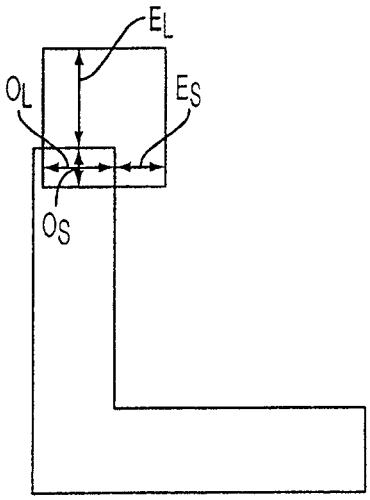


图 6B

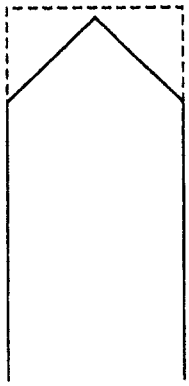


图 7A

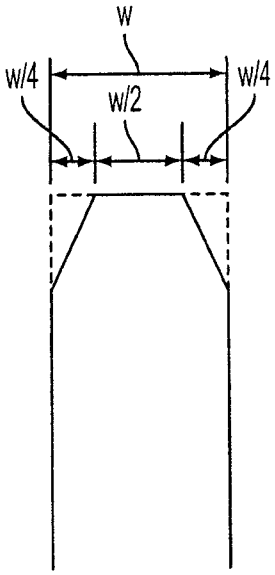


图 7B

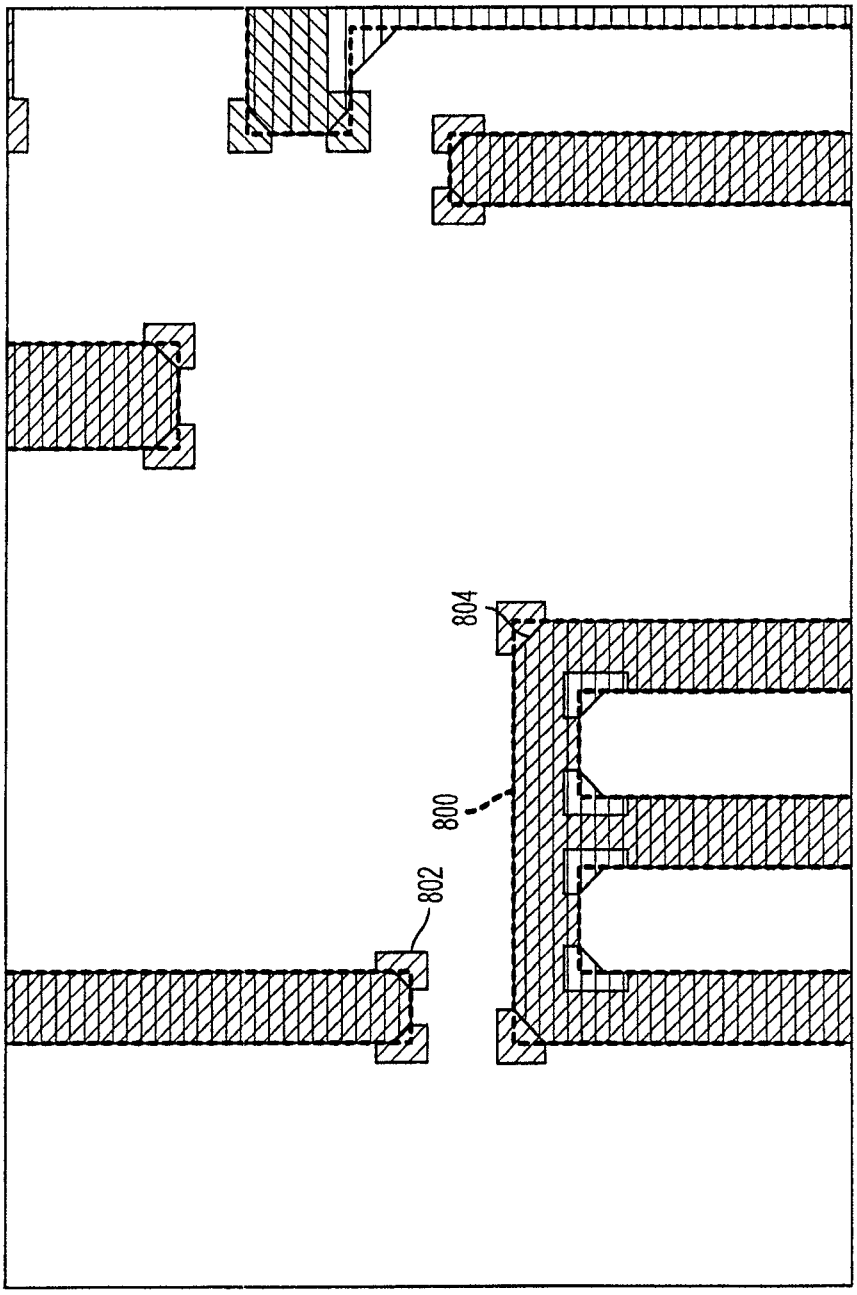


图 8

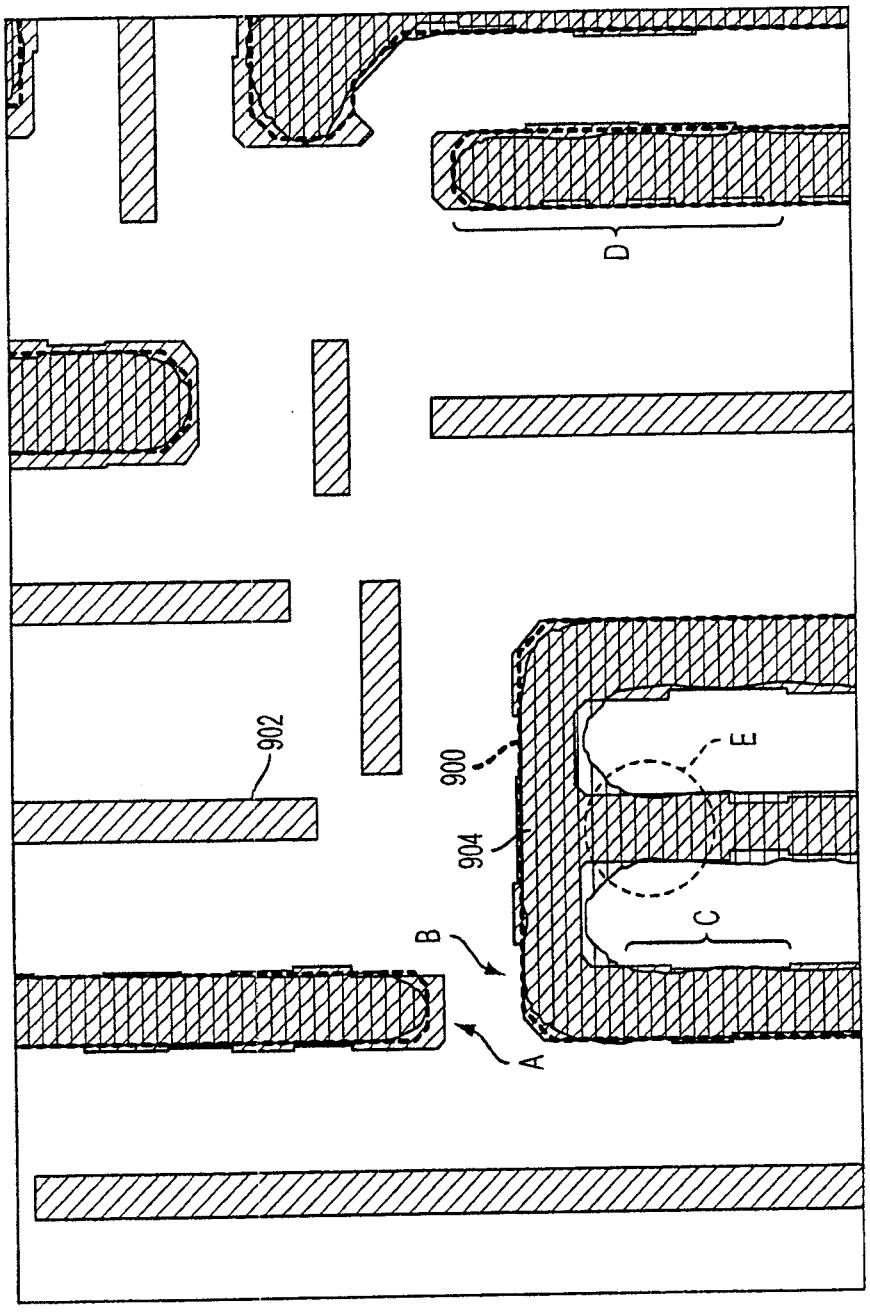


图 9

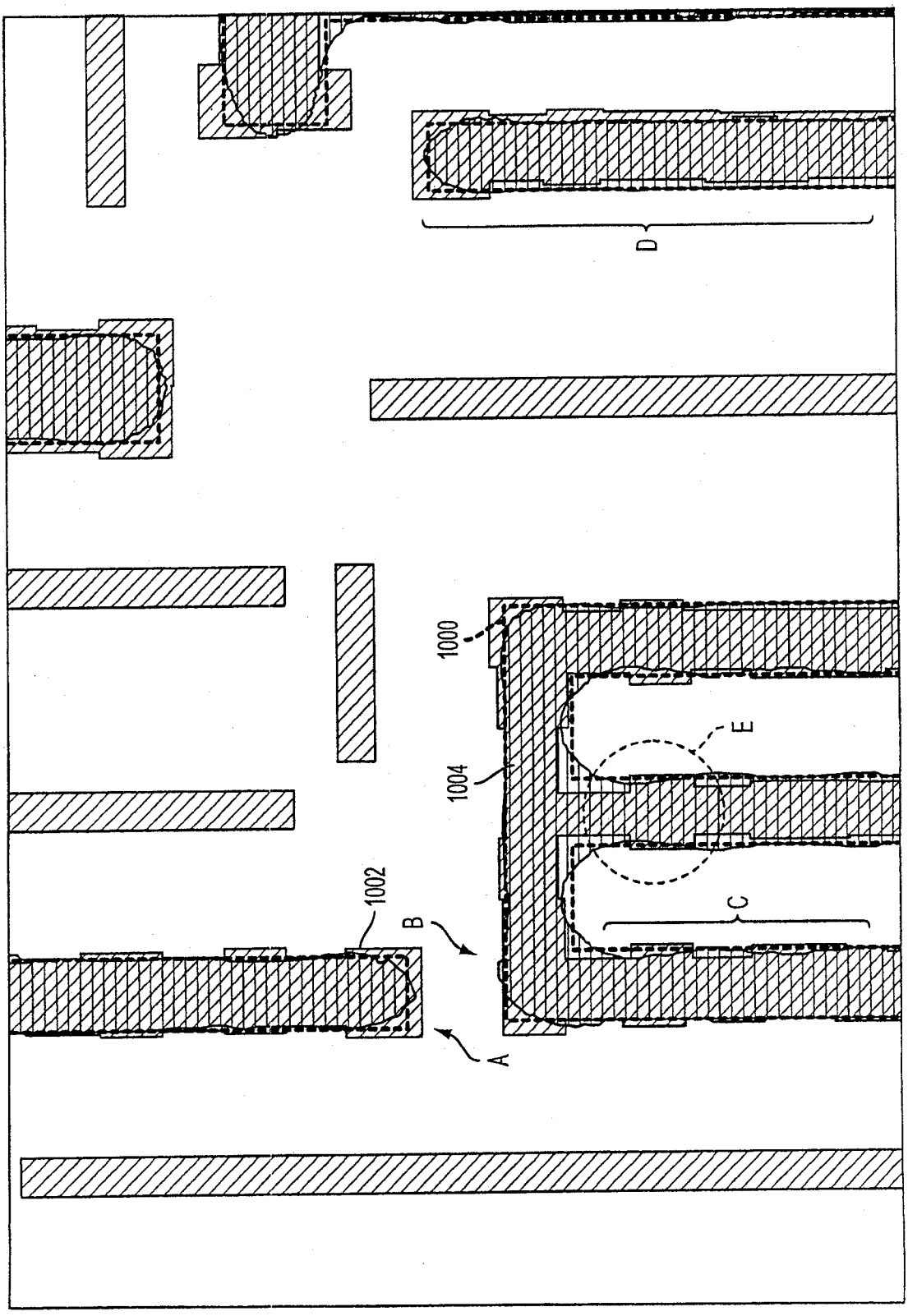


图 10

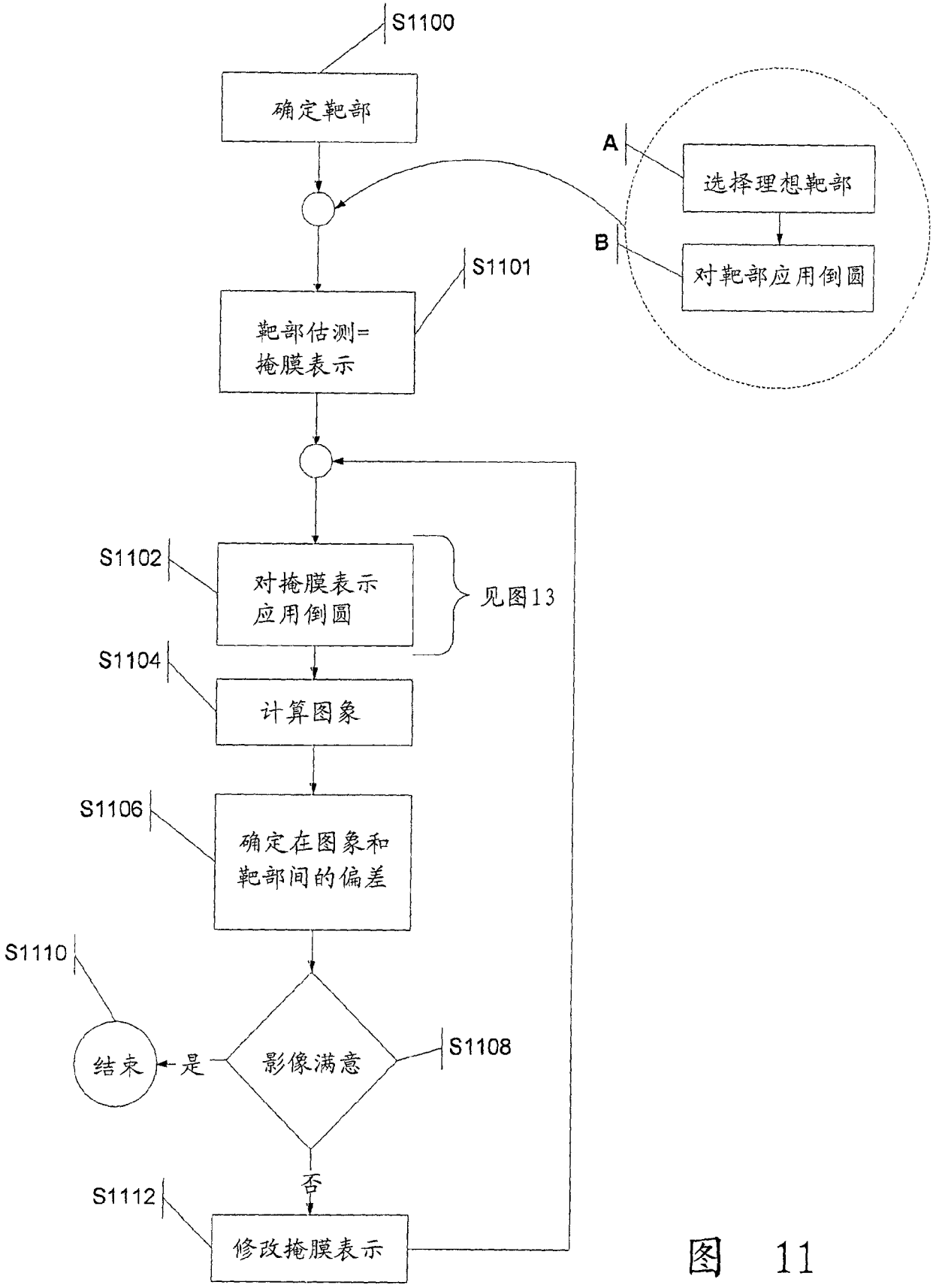

S1100
确定靶部
A
选择理想靶部
B
对靶部应用倒圆
S1101
靶部估测=
掩膜表示
S1102
对掩膜表示
应用倒圆
见图13
S1104
计算图象
S1106
确定在图象和
靶部间的偏差
S1110
结束
是
影像满意
S1108
否
S1112
修改掩膜表示

图 11

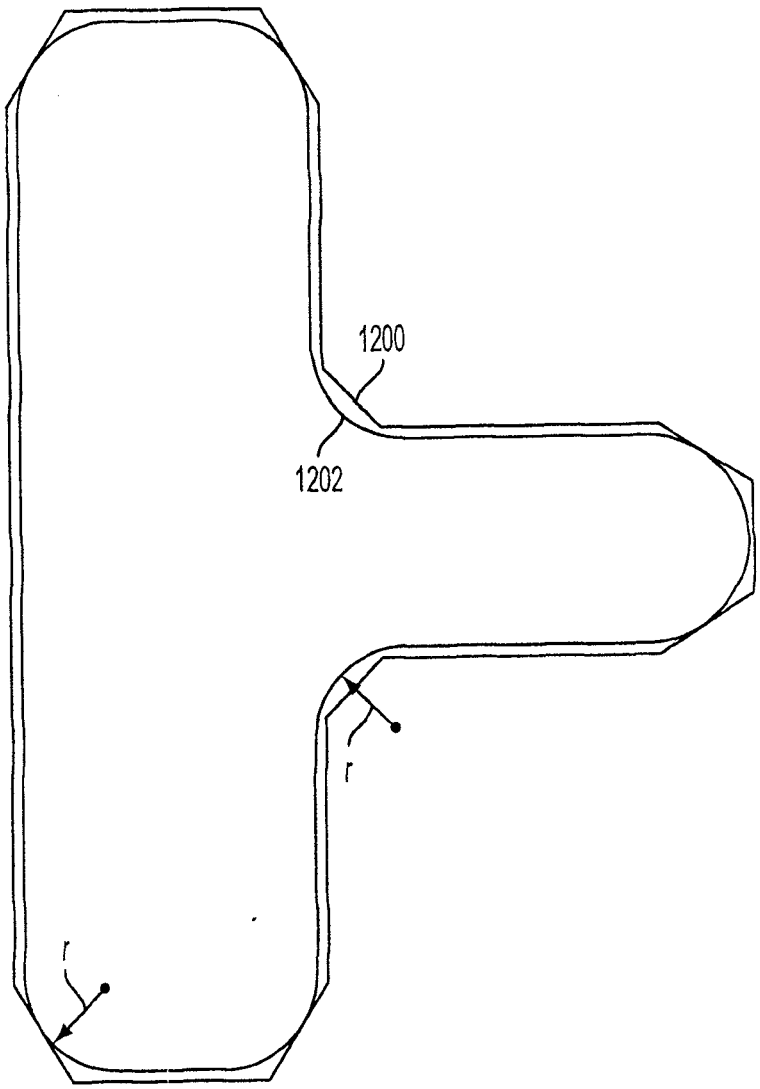


图 12

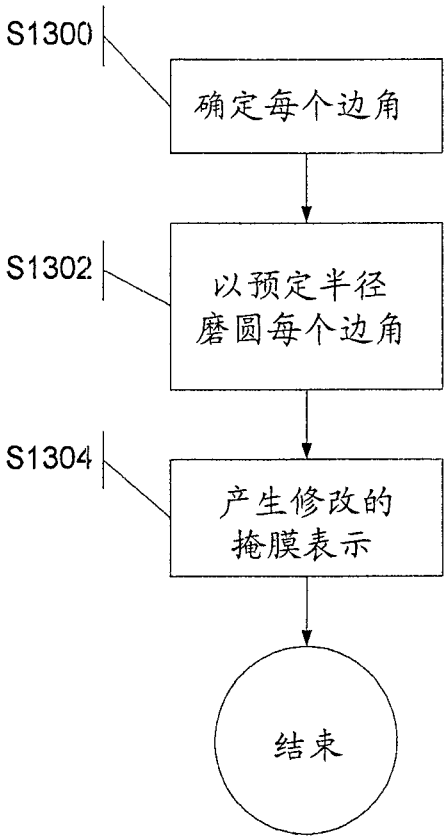


图 13

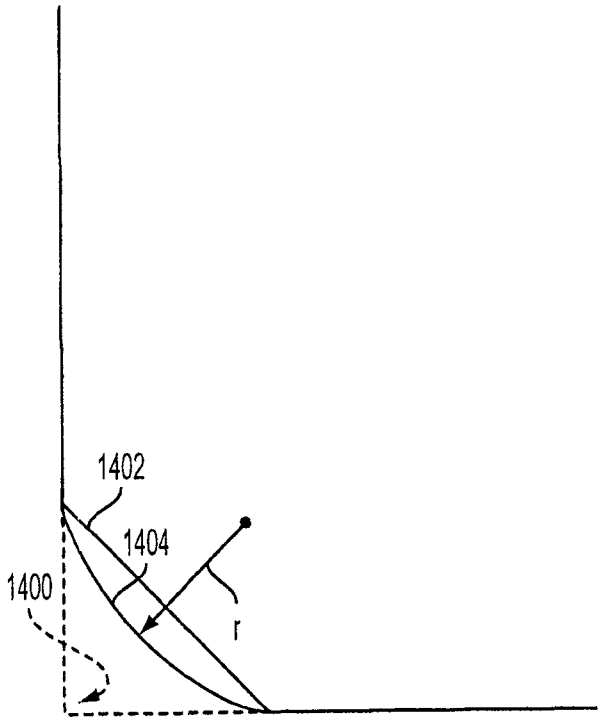


图 14

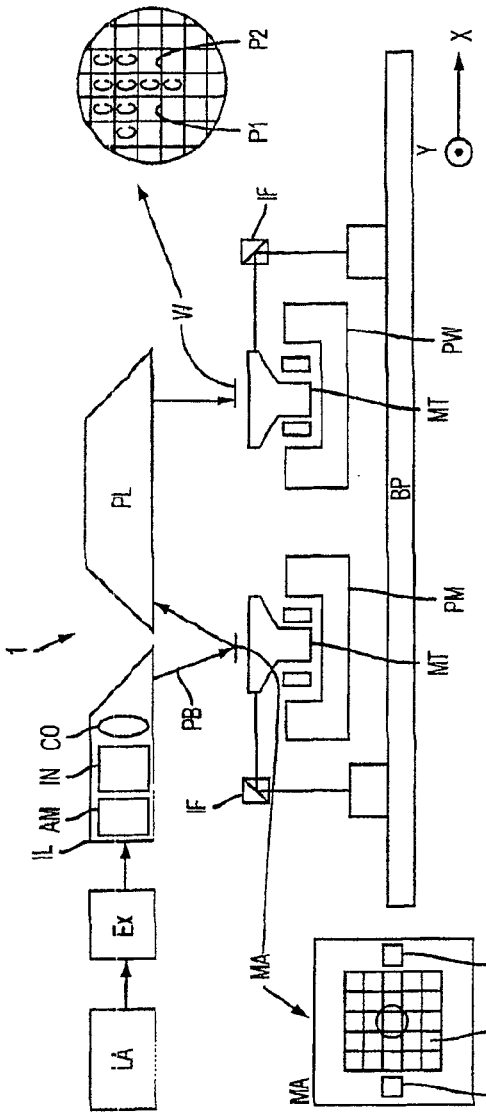
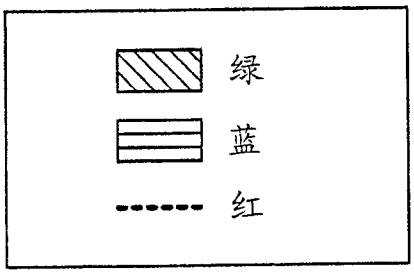


图 15



彩色键

图 16