

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 9/00 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 1/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03805394.2

[45] 授权公告日 2010年3月24日

[11] 授权公告号 CN 100595681C

[22] 申请日 2003.2.27 [21] 申请号 03805394.2

[30] 优先权

[32] 2002. 3. 11 [33] US [31] 60/363,674

[32] 2002. 11. 14 [33] US [31] 10/295,575

[86] 国际申请 PCT/US2003/006041 2003.2.27

[87] 国际公布 WO2003/079117 英 2003.9.25

[85] 进入国家阶段日期 2004.9.6

[73] 专利权人 辛奥普希斯股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 C·皮拉特

[56] 参考文献

WO0203140A1 2002.1.10

US5858580A 1999.1.12

US5807649A 1998.9.15

审查员 国 红

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 钱慰民

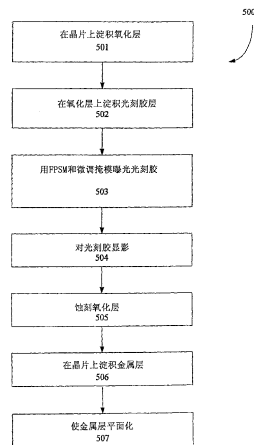
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 7 页

[54] 发明名称

花纹工艺中的全移相掩模

[57] 摘要

全移相掩模 (FPSM) 有利于在难蚀刻金属的花纹工艺中使用。因 FPSM 能配用正性光刻胶, 故原始布线图上的特征可用 FPSM 布线图上的移相器取代。相邻移相器为反相, 如 0 度与 180 度。在一实施例中, 暗场微调掩模可与 FPSM 联用, 该微调掩模包括的切口对应于 FPSM 上的切口, 而 FPSM 上的切口可解决互补的移相器间的相位冲突。在一场合中, 曝光 FPSM 上两个互补的移相器, 微调掩模上的对应切口在金属层内形成一特征。FPSM 和/或微调掩模包括进一步改善印刷分辨率的贴近性校正。



1. 一种在集成电路里形成金属层图案的掩模组，所述掩模组用于花纹工艺，其特征在于，所述掩模组包括：

包括多个移相器的暗场全移相掩模，其中移相器代表金属层内的大多数特征，其中互补的移相器分散在所述全移相掩模上；和

包括至少第一切口的暗场微调掩模，第一切口对应于全移相掩模上的第二切口，第二切口解决全移相掩模上的相位冲突。

2. 如权利要求1所述的掩模组，其特征在于，所述第二切口与全移相掩模上两个互补的移相器相关联，两个互补的移相器和第一切口在金属层内形成一特征。

3. 如权利要求2所述的掩模组，其特征在于，所述全移相掩模还包括在隔离的移相器旁边的辅助移相器。

4. 一种在集成电路里形成金属层图案的掩模组，所述掩模组用于花纹工艺，其特征在于，所述掩模组包括：

包括多个移相器的全移相掩模，其中移相器代表金属层内的大多数特征；

包括至少第一切口的暗场微调掩模，第一切口对应于所述全移相掩模上的第二切口，第二切口解决所述全移相掩模上的相位冲突；

所述第二切口与所述全移相掩模上两个互补的移相器相关联以使得两个互补的移相器和第一切口在金属层内形成一特征；

所述全移相掩模还包括在一组密集间隔移相器的一隔离边缘旁边的辅助移相器。

5. 一种在集成电路里形成金属层图案的掩模组，所述掩模组用于花纹工艺，其特征在于，所述掩模组包括：

包括多个移相器的全移相掩模，其中移相器代表金属层内的大多数特征；

包括至少第一切口的暗场微调掩模，第一切口对应于所述全移相掩模上的第二切口，第二切口解决所述全移相掩模上的相位冲突；

所述第二切口与所述全移相掩模上两个互补的移相器相关联以使得两个互补的移相器和第一切口在金属层内形成一特征；

所述全移相掩模还包括多个辅助移相器，所述辅助移相器与多个中间间隔的移相器相互交替排列。

6. 如权利要求 2 所述的掩模组，其特征在于，所述全移相掩模还包括在半隔离移相器旁边的辅助移相器。

7. 如权利要求 2 所述的掩模组，其特征在于，所述全移相掩模和所述微调掩模中的至少一个包括贴近性校正。

8. 一种在晶片上形成金属图案的方法，其特征在于，所述方法包括：

在晶片上淀积氧化层；

在氧化层上淀积正性光刻胶层；

用暗场全移相掩模曝光正性光刻胶层，所述全移相掩模包括多个移相器，其中互补的移相器分散在所述全移相掩模上；

用包含至少第一切口的暗场微调掩模曝光正性光刻胶层，第一切口对应于全移相掩模上的第二切口，第二切口解决全移相掩模上的相位冲突；

双重曝光后，对正性光刻胶层显影；

根据显影蚀刻氧化层；

在晶片上淀积金属层，其中全移相掩模中的移相器代表金属层内的大多数特征；和

把金属平面化到几乎被蚀刻氧化层的顶面。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述金属是难蚀刻金属。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述金属是铜。

11. 一种用于暗场移相掩模的布线图，所述移相掩模定义了金属层上的多个特征，金属层构成集成电路的一层，其特征在于，所述布线图包括：

多个移相器，代表金属层上的多个特征中的大多数特征，其中互补的移相器分散在所述移相掩模上。

12. 如权利要求 11 所述的布线图，其特征在于，所述公共区内至少两个移相器代表一个特征。

13. 一种制造暗场移相掩模的方法，其特征在于，所述方法包括：

接受在集成电路上用花纹工艺在金属层内限定多个特征的布线图；

转换该布线图，以使用移相掩模中的移相器代表金属层内多个特征中的大多数特征，其中互补的移相器分散在所述移相掩模上；和

把转换的布线图转移到所述移相掩模。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，当在转换的布线图里出现相位冲突时，切割一特征从而形成两个移相器，并将这两个移相器中的一个改为不同的相位以解决相位冲突。

花纹工艺中的全移相掩模

相关申请

本申请涉及发明人克里斯多夫 皮拉特 (Christophe Pierrat) 于 2002 年 11 月 14 日提交的题为“用花纹工艺的全移相掩模 (Full Phase Shifting Mask in Damascene Process)”的非临时申请 10/295, 575 并要求其优先权, 所述申请已转让给本申请受让人。

本申请涉及发明人克里斯多夫 皮拉特于 2002 年 3 月 11 日提交的题为“用花纹工艺的全移相掩模”的临时申请 60/363, 674, 并要求其优先权, 所述申请已转让给本申请受让人。

本申请涉及发明人克里斯多夫 皮拉特于 2000 年 9 月 26 日提交的题为“移相掩模相交线 (Phase Shift Masking Intersecting Lines)”的非临时申请 09/669, 368 并要求其优先权, 所述申请已转让给本申请受让人。

本申请涉及发明人克里斯多夫 皮拉特等人于 2001 年 8 月 17 日提交的题为“光刻掩模相位冲突的解决 (Phase Conflict Resolution for Photolithographic Masks)”的非临时申请 09/932, 239 并要求其优先权, 所述申请已转让给申请受让人。

发明背景

发明领域

已描述过一种在集成电路内形成金属层图案的全移相掩模。尤其是该全移相掩模用于花纹处理, 因而铜等难蚀刻材料可供金属层使用。

相关技术说明

标准的二元掩模包括在透明 (如石英) 基片上形成的图案化不透明 (如铬) 层, 图案用光刻法转移到晶片上。具体地说, 对每一层电路设计, 辐射源 (如光源) 照射在对应于该层的掩模上 (掩模在这里也指刻线)。辐射通过掩模的透明区域而被掩模的不透明区域阻挡, 由此有选择地曝光在晶片上的光刻胶层。

光刻胶层中暴露于辐射区域即受辐射区, 在称为显影剂的特定溶剂中或是可溶解或是不可溶解。若受辐射区可溶解, 则该光刻胶称为正性光刻胶; 反之, 若受辐射区不可溶解, 该光刻胶就称为负性光刻胶。光刻胶层显影后, 下面不

再被光刻胶遮盖的半导体层可用各向异性蚀刻法除去，从而把所需的图案转移到晶片上。可对晶片上集成电路设计的每一层重复该过程。

形成金属层图案的常规工艺包括在晶片上的淀积该金属层，再在金属层上淀积正性光刻胶层，然后用一块透明场二元掩模对正性光刻胶曝光（掩模上的不透明图案代表布线图中的特征）。此时进行蚀刻，在金属层内生成所需的图案。

该工艺适合临界尺度大于 0.13 微米的金属图案，但为了以更小临界尺度增强器件性能，半导体行业正在从铝改为铜，不过铜极难蚀刻，因而像上述的常规金属处理不能用于铜层。

然而，可用花纹工艺形成铜图案。该工艺包括在晶片上形成氧化层，再在该氧化层上淀积负性光刻胶层。该负性光刻胶可用透明场二元掩模曝光，曝光后能容易地蚀刻氧化层的曝光部分，形成所需图案。此时，可淀积铜并使之平面化（如利用 CMP 操作），在铜内形成所需图案。

但正性光刻胶是目前众多应用场合中主要的抗蚀剂，因其分辨率优于负性光刻胶，故要求有一种技术可用正性光刻胶对金属层尤其是难蚀刻金属形成图案。

发明内容

按本发明的一个方面，一类移相掩模（PSM）有利于在花纹工艺中使用。花纹工艺包括对正性光刻胶显影，保证了金属图案的优化分辨率。重要的是，PSM 和正性光刻胶固有的品质有利于把原始布线图转换成为 PSM 布线图。

在一实施例中，提供的一掩模组用于对集成电路中的金属区形成图案。该掩模组包括全移相掩模（FPSM）和暗场微调掩模，前者包括多个移相器，移相器规定了金属层内的大多数特征；后者包括至少一个第一切口，该切口对应于 FPSM 上的第二切口，而第二切口可解决 FPSM 上的相位冲突。在一种情况下，曝光 FPSM 上两个互补的移相器和微调掩模上的第一切口，能在金属层内形成一特征。

FPSM 还包括一个或多个辅助移相器，有时也称为辅助条或散射条。虽然极小的辅助移相器不印刷，但有助于提高印刷分辨率。辅助移相器可以被置于被隔离移相器任何一边，置于一组或多组密集封装的移相器被隔离边缘的旁边，和/或与多个中间间隔的移相器交替。在一实施例中，FPSM 和/或微调掩模包括其它贴近校正。这些贴近校正由基于规则的光学贴近校正（OPC）或基于模型的 OPC 提供。虽然这里使用了光学贴近校正的术语，但一般指任一类贴近校正，如抗蚀剂、蚀刻、微加载等。

还提出一种制造移相掩模（PSM）的示例性技术。在该技术中，可以接受在一金属层内定义多个特征的布线图，需要时可以转换该布线图，用 PSM（这

里称为 FPSM) 中的移相器代表布线图中的大多数特征。在一实施例中, 用移相器以一一对应的关系表示临界与非临界特征。若转换的布线图内出现相位冲突, 可切掉与该相位冲突有关的特征, 从而产生两个移相器。此时, 可将这两个移相器中的一个改为不同的相位。然后用已知的掩模写工艺把转换的布线图传递给 FPSM, 而 FPSM 可在花纹工艺中对金属层如铜形成图案。

还提出一种对金属层形成图案的示例性技术。在该技术中, 在晶片上淀积氧化层。再在该氧化层上淀积正性光刻胶层, 此时, 用全移相掩模 (FPSM) 和微调掩模曝光该正性光刻胶层。FPSM 包括多个移相器, 这些移相器代表金属层内的大多数特征。在一实施例中, 微调掩模是一至少有一个切口的暗场微调掩模, 该切口对应于 FPSM 上的一切口, 而 FPSM 上的该切口解决了 FPSM 上的相位冲突。此时对正性光刻胶层显影, 蚀去氧化层的曝光部分, 把所需图案转移到氧化层。然后在晶片上淀积该金属层, 并对其平面化到基本上被蚀氧化层的顶表面。这样, 所需图案被转移到金属层而无须蚀刻金属。这种花纹工艺尤其适用于铜等难蚀刻金属。

附图简介

本发明或申请文件包含至少一张着色的图纸, 接到请求并付了必要费用后, 美国专利商标局将提供带彩图的本专利或专利申请公报的复印件。

图 1A 示出在金属层上形成三条线的全移相掩模 (FPSM) 布线图。

图 1B 示出对应于图 1A 中 FPSM 布线图的微调布线图, 具体而言, 该微调布线图消除了 FPSM 布线图产生的不重要的特征。

图 1C 示出在曝光两块掩模实现图 1A 的 FPSM 布线图和图 1B 的微调布线图后的空间像。

图 2A 示出包括贴适度校正的 FPSM 布线图, 其中修正的 FPSM 布线图在金属层内形成三条线。

图 2B 示出对应于图 2A 的 FPSM 布线图的微调布线图。

图 2C 示出在曝光掩模实现图 2A 的 FPSM 布线图和图 2B 的微调布线图后的印刷图像。

图 3A 示出一 FPSM 布线图, 包括一隔离的移相器和两个位于该隔离移相器任一侧的辅助移相器。

图 3B 示出一 FPSM 布线图, 包括多个密集间隔的移相器和在其周边的辅助移相器。

图 3C 示出一 FPSM 布线图, 包括与辅助移相器交替的中间间隔的 (即在隔离的与密集间隔的之间) 移相器。

图 3D 示出 FPSM 布线图, 包括在示例配置中的移相器和辅助移相器。

图 3E 示出一 FPSM 布线图, 其中可切掉公共区里多个移相器以解决相位冲突。

图 4 示出一种制造 FPSM 的示例技术。

图 5 示出一种 FPSM 形成金属层图案的示例技术。

附图的详细说明

非花纹层的移相概况

按本发明的一个方面，一类移相掩模（PSM）有利于在用正性光刻胶的花纹工艺中使用。在 PSM 中，配置了互补的移相器（也称为移相器），使一个移相器发射的曝光辐射与另一移相器发射的曝光辐射在相位上相差约 180 度，因而不是相长干扰而合成单幅图像，投射的图像在其边缘重迭处相消干扰，由此在该对移相器之间形成清晰而极小的低亮度图像。该低亮度图像一般代表布线图上的一特征。

如在一实施例中，移相器能印刷布线图的临界特征，这些临界特征由用户规定，包括晶体管门电路。在标准工艺中，该 PSM 能与限定布线图其它特征的透明场微调掩模一起使用。

花纹层的移相概况

按本发明一特征，不用移相器间的低亮度区限定特征，而用移相器形成的高亮度区限定特征，因而 PSM 和正性光刻胶固有的品质有助于把原始布线图转换成可用于花纹工艺的 PSM 布线图。具体而言，用移相器取代特征便于把原始布线图转换成 PSM 布线图。

在一实施例中，在可对金属层几乎限定所有所需布线图特征的全移相掩模（FPSM）上形成移相器。该 FPSM 可与暗场微调掩模一起使用，后者能进一步限定未被 FPSM 曝光而留下的特征区（下面解释）。例如图 1A 示出的 FPSM 布线图 100，能在花纹工艺中用于形成金属层内的特征。FPSM 布线图 100 包括移相器 101、102、103 和 104，其中移相器 101 和 103 提供 0 度相位，移相器 102 和 104 提供 180 度相位。图 1B 用虚线示出了所需的三线条图案。

注意，这里讨论的相位指定（phase assignment）仅作示例，因而移相器 101 和 103 可以是 180 度移相器，而移相器 102 和 104 可以是 0 度移相器。而且，移相器 101 和 103 可以是 185 度移相器，移相器 102 和 104 可以是 5 度移相器。重要的是相邻的移相器的相位差的为 180 度。

为符合这一要求，设置了切口 105，在对 FPSM 布线图 100 的移相器指定相位时可解决潜在的相位冲突。注意，切口 105 在移相器 102 与 103 之间形成一不曝光区域，但图 1B 所示的微调布线图 110 却能曝光特征的该剩余部分，即曝光该区内的光刻胶。具体地说，微调布线图 110 包括的切口 111（几乎是切口 105 的尺寸）可补偿移相器 101 与 102 的相邻性和移相器 103 与 104 的相邻性。注意，对背景包括目标布线图（用虚线示出）的微调布线图 110，实际上

只包括切口 111（白色表示）。在一实施例中，移相器与印刷线条间的宽度关系可以是 1-1，换言之，100nm 宽的移相器大致上限定 100nm 宽的金属线条。注意，贴近效应会影响这一宽度，因而，可对移相器作适当校正，以更精密地接近所需的线宽。

图 1C 示出的空间像 120，通过曝光实现 FPSM 布线图 100 的掩模和实现微调布线图 110 的掩模而形成。在本例中，把微调掩模曝光到 FPSM 能量的两倍（曝光比为 1:2）。换言之，若把 FPSM 曝光到 $N \text{ mj/cm}^2$ ，则把微调掩模曝光到 $2N \text{ mj/cm}^2$ 。空间像 120 的曝光条件是波长（ λ ）为 193nm，部分相干（ σ ）为 0.4，数值孔径（NA）为 0.85。

空间像 120 的兰色部分表示低亮度，红色部分表示高亮度，黄色部分表示中等亮度，等等。高亮度与高曝光相关，低亮度与低曝光相关。由空间像 120 中的黄带与红带可见，高低亮度突然过渡，形成轮廓分明的特征。具体地说，空间像 120 示出三条线 121、122 和 123 的形成（对应于图 1B 虚线示出的目标布线图）。预计的印刷边缘在空间像内以黑色线条示出。

按本发明一个方面，线条 121~123 可以代表氧化层在正性光刻胶层显影后的曝光区。蚀刻这些曝光区后，可用上述花纹工艺淀积铜层并作平面化，在晶片上形成三条铜线条。有利的是，因花纹工艺包括对正性光刻胶显影，故优化了金属图案的印刷分辨率。

注意，参照图 1A 所述的切口和相位指定，可应用于包括弯曲且容易印大的任何区域。换言之，切口和相位指定可在 FPSM 布线图的许多拐角上应用。

为进一步改善蚀刻性能，可对布线图作各种修正以补偿各种贴近效应。这些修正称为贴近校正。称为光学贴近校正（OPC）的一类贴近校正，根据各种贴近效应如蚀刻、抗蚀、微载、其它贴近效应和/或它们的组合，对布线图的几何形状应用系统性变化以改善晶片图案可印性。

基于规则的 OPC 包括对布线图实行一定变化的规则，据此补偿某些把特征印到晶片上时出现的蚀刻失真，如为了补偿线端部缩短，基于规则的 OPC 可对线端部加一锤头。另外，为了补偿拐角变圆，基于规则的 OPC 可按外（或内）角加（或减）衬线（serif shapes）。这些变化能在晶片上形成更接近原来期望的布线图的特征。

在基于模型的 OPC 中，可用一组数学公式（即模型）模拟（即预测）真实的图案转移。在基于模型的 OPC 中，可将布线图中一特征的边缘分成多段，使这些段逐一移动而校正贴近效应。分段点位置由特征形状、大小和/或相对其它特征的位置决定。

图 2A 示出能用于花纹工艺的 FPSM 布线图 200，它类似于 FPSM100 但包括若干贴近校正。FPSM200 包括移相器 201~204，其中移相器 201 和 203 提供 0 度相位，移相器 202 和 204 提供 180 度相位。移相器 201~204 仍在暗场

掩模中形成。

为了符合相邻移相器的相位差接近 180 度的配置，设置了切口 205，用来解决对 FPSM 布线图 200 的移相器指定相位时潜在的相位冲突。为了使切口 205 形成的不重要的特征曝光，设置了微调布线图 210，如图 2B 所示。微调布线图 210 包括尺寸基本上与切口 205 一样的切口 211，用于补偿移相器 201 与 202、移相器 201 与 204 以及移相器 203 与 204 的相邻性。注意，切口 211 包括其内含边缘修正和一个或多个切口的贴近校正。

在一实施例中，可用微调掩模 210 上的附加切口作临界尺度（CD）控制。数字技术公司（Numerical Technologies）公司于 2002 年 2 月 26 日提交的题为“用于全移相掩模的非临界阻断（Non-Critical Blocking for Full Phase Masks）”的美国临时专利申请 60/359,909 描述了这种附加切口，该申请通过引用包括在这里。

图 2C 示出的空间像 220，能通过使实现 FPSM 布线图 200 的掩模和实现微调布线图 210 的掩模曝光而形成。微调掩模仍被曝光到 FPSM 能量的两倍（曝光比为 1:2）。为了比较，空间像 220 的曝光条件与空间像 120 使用的条件相同，如波长（ λ ）为 193nm，部分相干（ σ ）为 0.4，数值孔径（NA）为 0.85。可对空间像 220 使用涉及切割后的段长度的标准 OPC 参数。在一实施例中，OPC 参数包括 FPSM 掩模为 20nm，微调掩模为 40nm。

由空间像 220 中的红带可见，从中等到低亮度的过渡甚至比在空间像 120 中更突然，从而形成三个轮廓极其分明的特征 221、222 和 223。因此与非 OPC 结果（即空间像 120）相比，得到的 OPC 像（即空间像 220）改善了三根线条边缘的直度和亮度。在一实施例中，空间像 120 与 220 都示出 100nm 的特征，预计印刷的边缘在空间像中示为黑线条。示于同页的图 1C 和 2C 示出 OPC 所提供的改善效果。

按本发明一实施例，可用辅助移相器（由于其小尺寸不印出，但仍有助于印刷分辨率）限定隔离的和半隔离的金属线。在密集封装的金属线场合中，各金属线的相位可以交替而提供更佳的特征分辨率，而端部半隔离的金属线也可接纳辅助移相器。具体地说，辅助移相器可用来改善隔离的金属线的印刷，如图 3A 示出的 FPSM 布线图 300，包括一根用移相器 301 限定的隔离的金属线。通过增设位于移相器 301 任一边且相位不同的辅助移相器 302 和 303，更便于限定隔离的金属线。

图 3B 示出的 FPSM 布线图 310，包括多根将用移相器 312~316（相邻移相器的相位相反）限定的密集封装的金属线。在该行端部有半隔离特征例如没有可印的贴近特征的移相器 312 和 316 的情况下，可用辅助移相器。因此在该例中，移相器 312 和 316 分别具有在它们隔离边缘旁边的辅助移相器 311 和 317，以改善其印刷。辅助移相器与特征自身的相位不同。

图 3C 示出的 FPSM 布线图 320，包括将用多根将用移相器 322、324、326 与 328 和交替的辅助移相器 321、323、325、327 与 329 限定的中间间隔或半隔离（即介于隔离与密集封装之间）的金属线，相邻移相器/辅助移相器仍具有相反的相位。注意，包含辅助移相器（如图 3A~3C）并决定这些移相器的相位指定的移相器配置，与布线图中的节距和曝光设定有关。

图 3D 示出的 FPSM 布线图 330，包括在 U 形配置中印刷金属线的移相器 331 和 334。如图所示，除了一个拐角（切口 338）以外，其余的 U 配置的拐角都被限定在移相层上（那个拐角由微调布线图（未示出）上的开口或切口限定）。为改善对应于这些移相器的特征的印刷，对 FPSM 布线图 330 增设了辅助移相器 335、336 与 337。在一实施例中，虽然移相器 331 和 334 实际上限定同一特征，但是设置的切口 338 可解决 U 形金属线与其它特征（未示出）之间潜在的相位冲突。在本例中，有关的暗场微调掩模（未示出）可包括一合适切口，以曝光对应于切口 338 的区，参照图 1B。

图 3E 示出的 FPSM 布线图 350 包括移相器 351~354，所有移相器对应于各个特征，如两根较短金属线旁边的两根金属线。由于在布线图的其它部分（未示出）作相位指定，故相位冲突出现在移相器 351 与 352 之间及移相器 353 与 354 之间。在一实施例中，在切线 355 和 356 指定的区内切割这些移相器，此时移相器 351 的上部被切换到与下部相反的相位，同样地，移相器 354 的下部被切换到与上部相反的相位。这样，有关的暗场微调掩模可以曝光移相器 351 和 354 中形成切口的区域。

图 4 示出一制造 FPSM 和微调掩模的示例性技术 400。在步骤 401，接受在金属层内限定多个特征的布线图（如目标或期望布线图），该布线图可以包括在 GDS II 文档或其它合适格式内。在步骤 402，若有必要，可以转换该布线图，使布线图中几乎所有的特征都由 FPSM 布线图里的移相器限定。在一实施例中，用移相器一一对应地代表临界与非临界的特征。这一转换还包括发现相位冲突，为解决这些相位冲突而切割移相器，按需设置辅助特征以改善印刷分辨率，并根据 FPSM 布线图产生微调掩模布线图。然后在步骤 403，用已知的掩模刻写工艺把转换的布线图（包括 FPSM 与微调两种布线图）转移到物理掩模（或刻线）。在花纹工艺中，该掩模组可用于形成金属层图案。

图 5 示出形成该金属层图案的一示例技术 500。在步骤 501，在晶片上淀积氧化层。在步骤 502，在该氧化层上淀积正性光刻胶层。此时，可在步骤 503 用 FPSM 和微调掩模曝光正性光刻胶层。FPSM 包括多个移相器，这些移相器代表金属层内大多数特征。在一实施例中，微调掩模是有至少一个切口的暗场微调掩模，该切口对应于 FPSM 上的切口，后者解决了 FPSM 上的相位冲突。在步骤 504，对正性光刻胶层显影，这样可在步骤 505 蚀刻氧化层，把所需图案转移到该氧化层。在步骤 506，在晶片上淀积金属层。在步骤 507，金属层

平面化到差不多蚀刻氧化层的顶面，这样就把所需图案转移到金属层而无须蚀刻金属。该花纹工艺尤其适用于铜等难蚀刻金属。

这里虽参照附图详述了本发明诸示例性实施例，但应理解，本发明不限于这些精密的实施例，它们不准备把本发明穷举或限于所揭示的精密形式，因而众多修正与变化是显而易见的。

如不切割拐角的特征（如图 1A、2A、3D 与 3E），可在线条中切割，因而参照图 1A，代替切口 105，可在移相器 104 的位置 106 切割。这里描述的技术可用于各种蚀刻处理技术的掩模布线图，包括紫外、深紫外（DUV）、极度紫外（EUV）、x 射线等。因此，本发明的范围由下列权项及其等效物来限定。

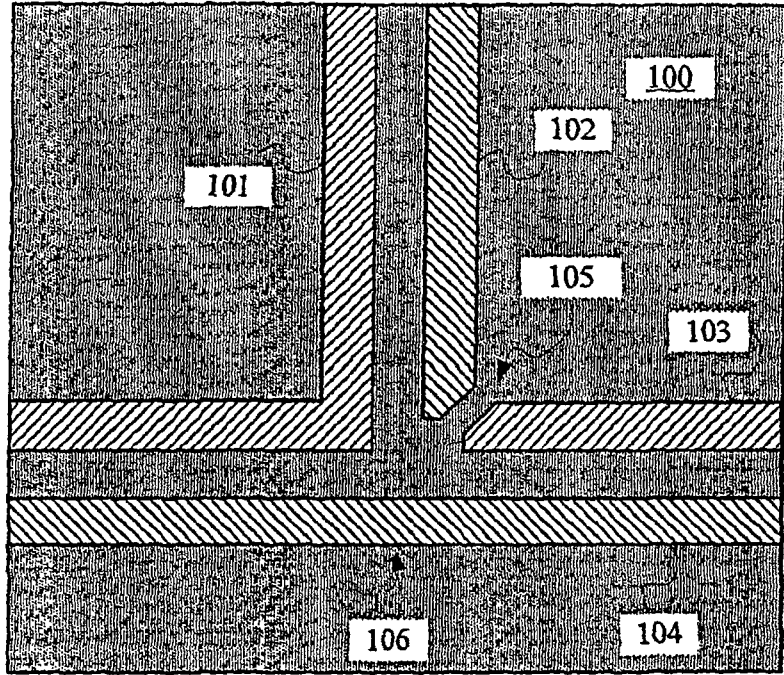


图 1A

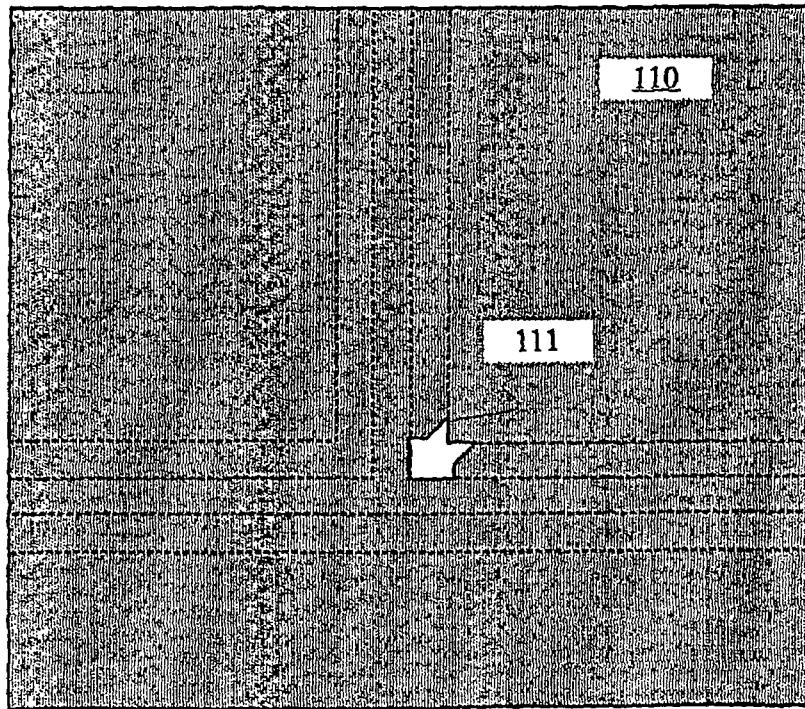


图 1B

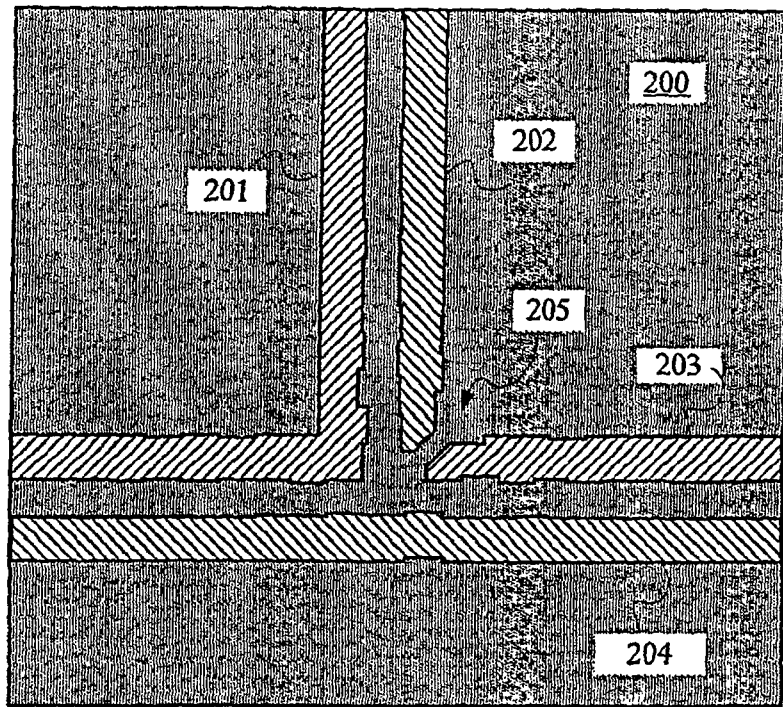


图 2A

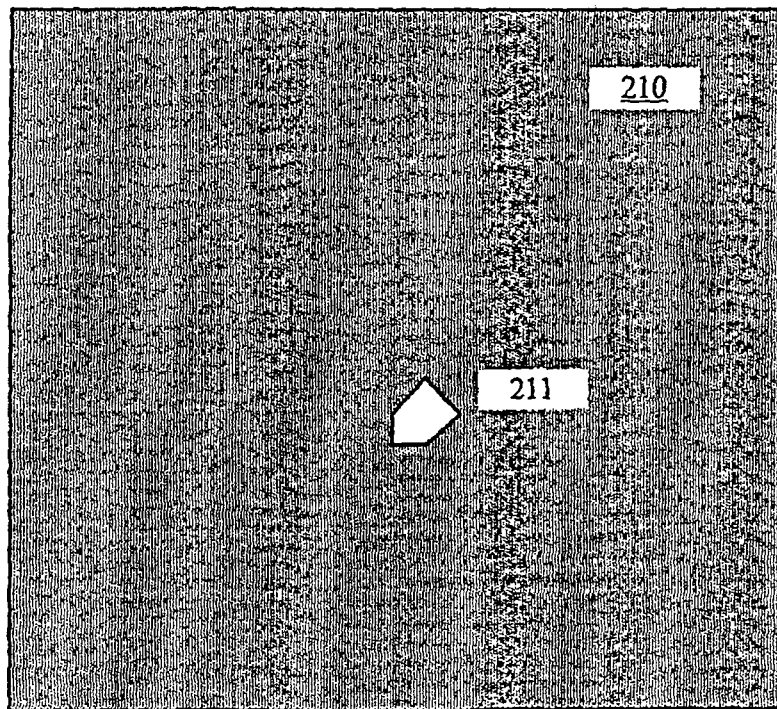


图 2B

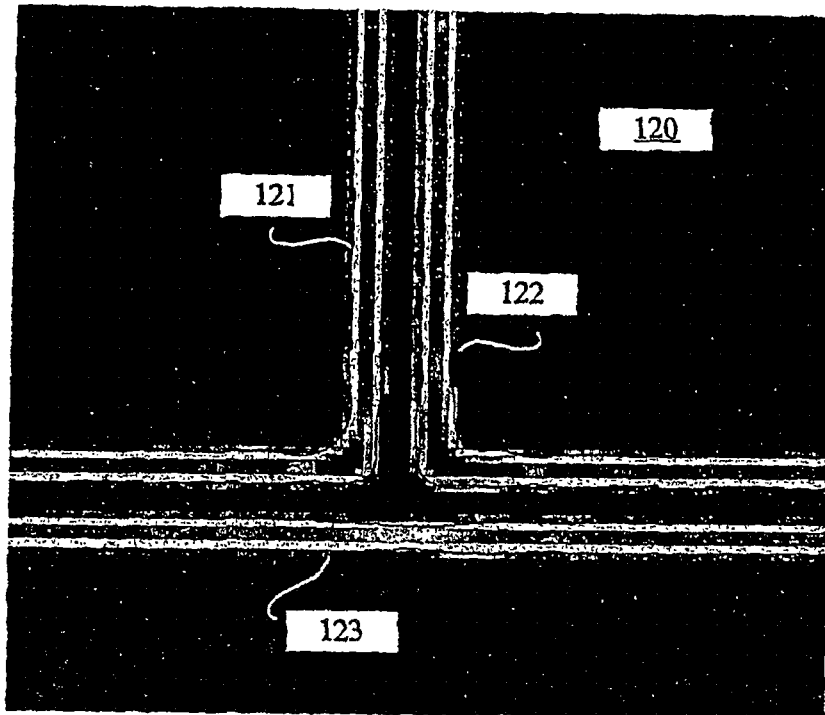


图 10

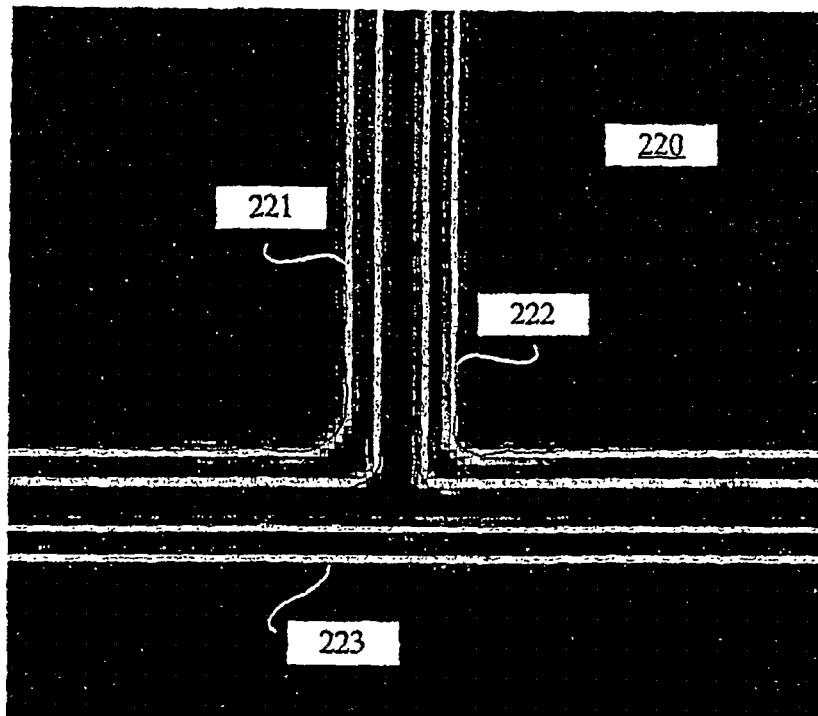


图 20

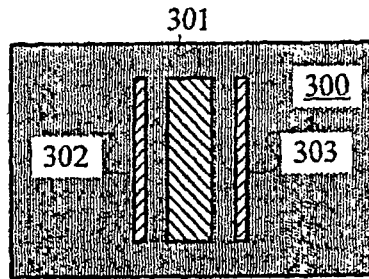


图 3A

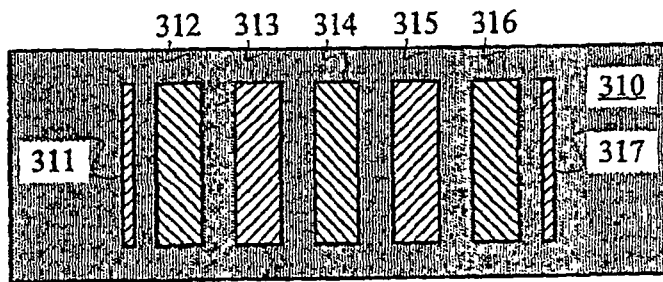


图 3B

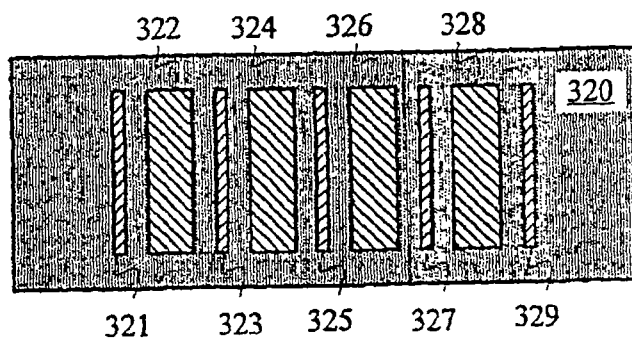


图 3C

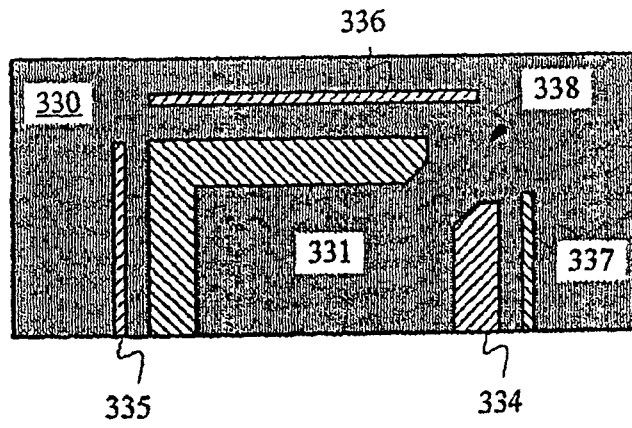


图 3D

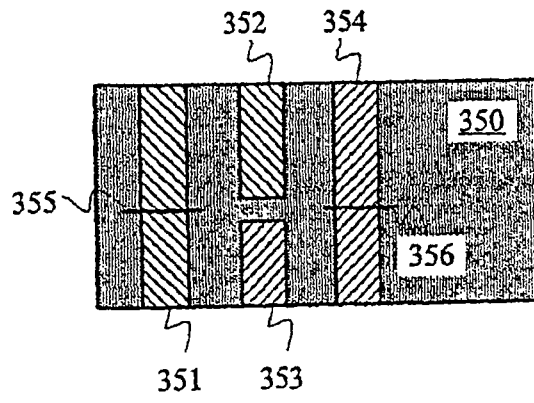


图 3E

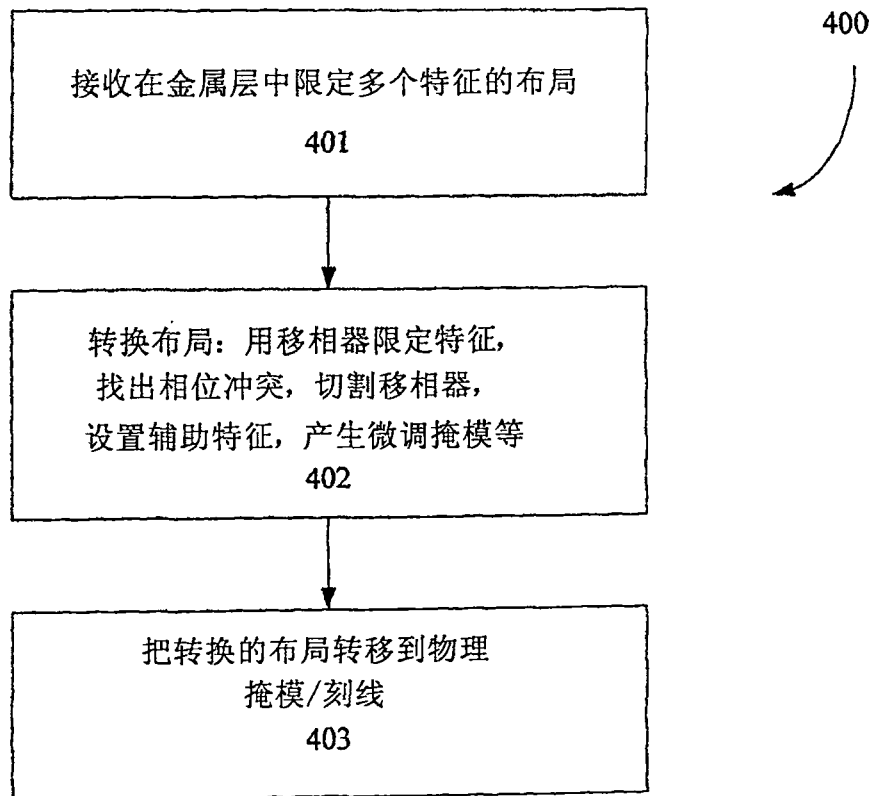


图 4

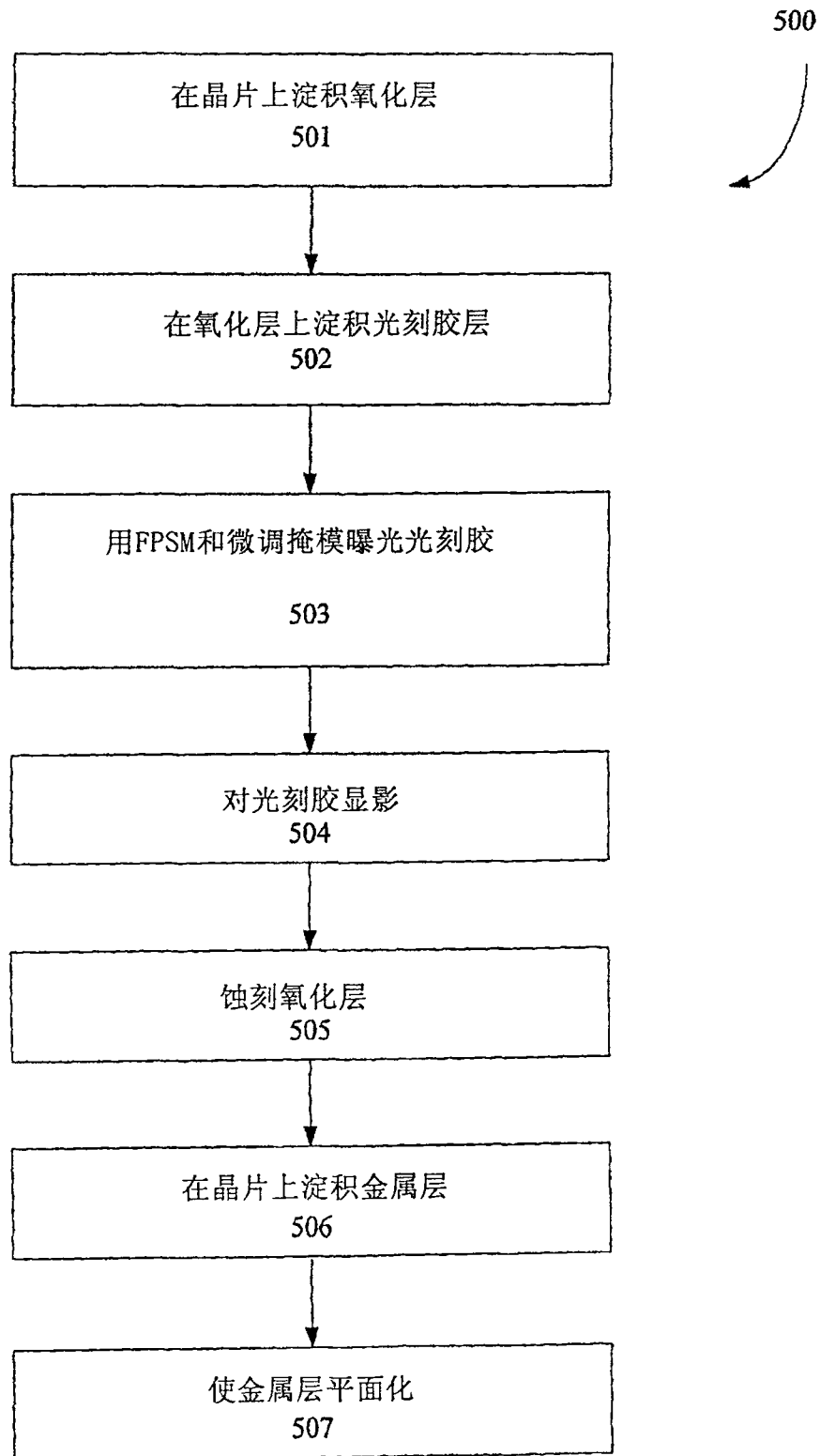


图 5