



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115769148 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 07

(21) 申请号 202180030346.4

(74) 专利代理机构 北京市汉坤律师事务所  
11602

(22) 申请日 2021.02.19

专利代理师 魏小微 吴丽丽

(30) 优先权数据

62/979,635 2020.02.21 US

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.10.21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/018916 2021.02.19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/168359 EN 2021.08.26

(71) 申请人 昂图创新有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 李志洋 T·杨

权利要求书2页 说明书22页 附图17页

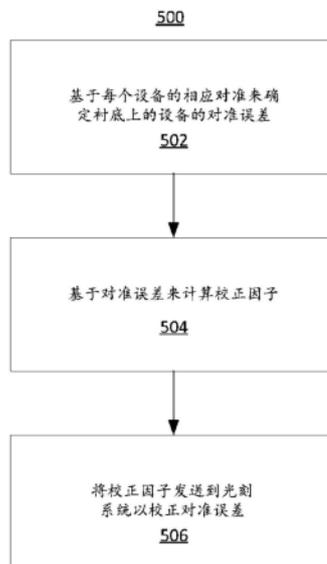
## (54) 发明名称

用于校正光刻过程中的套刻误差的系统和方法

## (57) 摘要

随着半导体芯片的特征尺寸缩小,光刻过程中需要各层之间更严格的套刻。这意味着可能需要更先进且更大的套刻校正来确保裸片被正确制造成芯片,尤其是在重新建构的衬底中,在该衬底中,该裸片可在形成该衬底的过程中移位。提供了用于校正光刻过程中的这些套刻误差的系统和方法。可通过调节载物台和光罩来进行附加旋转(theta)和投影图像尺寸(mag)校正以校正存在于重新建构的衬底中的套刻误差。此外,可进行这些调节,从而允许逐位点或逐区校正,而不是过去一直进行的光罩卡盘的一次调节。这些校正可减轻与扇外型晶圆级封装(FOWLP)和扇外型面板级封装(FOPLP)相关联的一些问题。

CN 115769148 A



1. 一种用于在曝光之间校正光刻过程中的套刻误差的方法,包括:  
调节光罩以在曝光之间使衬底上的多个设备的套刻误差最小化;  
在调节所述光罩的同时调节载物台以使所述衬底上的所述多个设备的所述套刻误差最小化;以及  
在调节所述光罩和所述载物台之后使所述衬底上的所述多个设备曝光。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中调节所述光罩涉及旋转调节 $\theta$ 。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中调节所述光罩涉及放大率调节。
4. 根据权利要求1所述的方法,还包括:  
调节所述光罩以进行旋转调节 $\theta$ ;以及  
调节所述载物台以基于所述光罩的所述调节来进行X和Y调节。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中程式控制所述调节所述光罩和所述调节所述载物台。
6. 根据权利要求1所述的方法,还包括独立地针对区来调节标尺以及针对所述区内的单独曝光位点来调节放大率。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述调节所述光罩和所述调节所述载物台以封装级执行。
8. 根据权利要求1所述的方法,还包括在调节所述载物台的同时调节放大率校正,其中在完成所述载物台的所述调节之前完成所述放大率调节。
9. 根据权利要求1所述的方法,还包括通过调节透镜内的压电致动器以调节逐个位点的放大率校正,来调节放大率校正。
10. 一种被配置为在曝光之间校正光刻过程中的套刻误差的装置,包括:  
用于调节光罩以在曝光之间使衬底上的多个设备的套刻误差最小化的装置;  
用于在调节所述光罩的同时调节载物台以使所述衬底上的所述多个设备的所述套刻误差最小化的装置;和  
用于在调节所述光罩和所述载物台之后使所述衬底上的所述多个设备曝光的装置。
11. 根据权利要求10所述的装置,其中调节所述光罩涉及旋转调节 $\theta$ 。
12. 根据权利要求10所述的装置,其中调节所述光罩涉及放大率调节。
13. 根据权利要求10所述的装置,其中用于调节所述光罩的所述装置进行旋转调节 $\theta$ ;并且  
用于调节所述载物台的所述装置基于所述光罩的所述调节来进行X和Y调节。
14. 根据权利要求10所述的装置,其中程式控制用于调节所述光罩的所述装置和用于调节所述载物台的所述装置。
15. 根据权利要求10所述的装置,其中用于调节所述光罩的所述装置独立于区的标尺调节来调节所述区的曝光位点内的放大率。
16. 根据权利要求10所述的装置,其中调节所述光罩和调节所述载物台以封装级执行。
17. 一种被配置为在曝光之间校正光刻过程中的套刻误差的装置,包括:  
光罩卡盘,所述光罩卡盘被配置为调节光罩以在曝光之间使衬底上的多个设备的套刻误差最小化;  
载物台,所述载物台被配置为在调节所述光罩的同时调节以使所述衬底上的所述多个

设备的所述套刻误差最小化;和

光源,所述光源用于在调节所述光罩和所述载物台之后使所述衬底上的所述多个设备曝光。

18.根据权利要求17所述的装置,其中所述光罩卡盘被配置为调节所述光罩以进行放大率调节。

19.根据权利要求17所述的装置,其中所述光罩卡盘被配置为调节旋转 $\theta$ ;并且所述载物台被配置为基于所述光罩卡盘调节来进行X和Y调节。

20.根据权利要求17所述的装置,其中所述光罩卡盘被配置为进行旋转调节 $\theta$ 。

## 用于校正光刻过程中的套刻误差的系统和方法

[0001] 本申请要求2020年2月21日提交的名称为“光刻中的扩展Theta和Mag校正(Extended Theta and Mag Correction in Lithography)”的美国临时申请No.62/979,635的权益,该美国临时申请的公开内容全文以引用方式并入本文。

### 技术领域

[0002] 本公开整体涉及制造半导体设备,并且更具体地涉及用于校正光刻过程(lithographic process)中的套刻误差(overlay error)的方法。

### 背景技术

[0003] 半导体设备是现代电子设备和计算设备的基本部件。半导体设备是利用半导体材料的电特性的电子部件。可通过引入电场或磁场来操纵半导体材料的导电性。可通过优化光刻加工技术来改善半导体材料的性能。制造过程的改善已引起半导体设备的尺寸、速度和成本的指数级改善。然而,持续存在对更快、更可靠且更高性能的半导体设备的需求。

[0004] 在典型半导体制造过程中,使用光刻技术来加工裸整晶圆或面板以在其上形成电路。然后通常将这些具有电路的衬底分成称为裸片的更小工件。这些裸片构成常见电子设备的基础。然而,在半导体制造过程期间,可发生光刻过程中的套刻误差。这些套刻误差可基本上为随机的,例如环境因素诸如温度或大气压力变化的结果,或可为系统性因素的结果,诸如与取放系统相关联的一致定位误差。

[0005] 光刻过程中的套刻误差可引起过程的良率下降并且还可导致系统生产量降低或甚至产品故障。未能正确校正套刻误差可导致电子设备失效,其中裸片不工作或它们过早失效。良率(其被定义为从过程产生的优质裸片的数量除以经历该过程的裸片的总数)直接影响制造商预期可获得的收益。更低良率或反映更低质量的良率将降低制造商可赢得的产品收益量。因此,需要更好的校正因子来改善良率。

### 发明内容

[0006] 根据一个或多个实施方案,本文描述了用于改善集成电路设备的质量的系统和方法。随着半导体芯片的特征尺寸缩小,光刻过程中需要各层之间更严格的套刻。这意味着可能需要更先进且更大的套刻校正来确保裸片被正确制造成芯片,尤其是在重新建构的衬底中,在所述衬底中,该裸片可在形成该衬底的过程中移位。提供了用于校正光刻过程中的这些套刻误差的系统和方法。可通过调节载物台(stage)和光罩(reticle)来进行附加旋转(theta)和投影图像尺寸(mag)校正以校正存在于重新建构的衬底中的套刻误差。此外,可进行这些调节,从而允许逐位点或逐区校正,而不是过去一直进行的光罩卡盘(reticle chuck)的一次调节。这些校正可减轻与扇外型晶圆级封装(FOWLP)和扇外型面板级封装(FOPLP)相关联的一些问题。

[0007] 在一个实施方案中,方法包括调节光罩以在衬底上的各曝光之间使衬底的套刻误差最小化;调节载物台以在衬底上的各曝光之间使衬底的套刻误差最小化;以及在调节光

罩和载物台之后使衬底曝光。可进行使用光罩和载物台两者的该校正,使得在调节载物台的同时发生光罩调节。也可连续地进行光罩和载物台调节。

[0008] 在另一个实施方案中,提供了在各曝光之间校正光刻过程的各层之间的套刻误差的方法,该方法包括使衬底上的多个设备曝光;基于检查信息来调节载物台以校正衬底上的第二多个设备上的X、Y和theta;调节光罩卡盘以校正衬底上的第二多个设备中的mag误差;以及使衬底上的第二多个设备曝光。该实施方案包括用于在各曝光之间校正光刻过程的各层之间的套刻误差的装置,该装置包括光源,该光源使衬底上的多个设备曝光;载物台,该载物台基于检查信息来调节以校正X、Y和theta;光罩卡盘,该光罩卡盘经调节以校正衬底上的第二多个设备中的mag误差;以及光源,该光源使衬底上的第二多个设备曝光。

[0009] 在一个实施方案中,提供了在各曝光之间校正光刻过程的各层之间的套刻误差的方法,该方法包括检查衬底上的多个设备以确定该多个设备中的mag误差并创建映射信息;基于该映射信息来调节光罩卡盘以校正衬底上的该多个设备中的mag误差;以及使衬底上的该多个设备曝光。该实施方案包括用于在各曝光之间校正光刻过程的各层之间的套刻误差的装置,该装置包括检查系统,该检查系统检查衬底上的多个设备以确定该多个设备中的mag误差并创建映射信息;光刻系统,该光刻系统包括光罩卡盘,该光罩卡盘基于该映射信息来调节以校正衬底上的该多个设备中的mag误差;以及光源,该光源使衬底上的该多个设备曝光。

[0010] 在另一个实施方案中,提供了在各曝光之间校正光刻过程的各层之间的套刻误差的方法,该方法包括使衬底上的多个设备曝光;调节光罩卡盘以校正衬底上的第二多个设备中的mag误差;以及使衬底上的第二多个设备曝光。该实施方案包括用于在各曝光之间校正光刻过程的各层之间的套刻误差的装置,该装置包括光源,该光源使衬底上的多个设备曝光;光罩卡盘,该光罩卡盘经调节以校正衬底上的第二多个设备中的mag误差;以及光源,该光源使衬底上的第二多个设备曝光。

[0011] 根据一个实施方案,所公开的方法从在光学上检查具有多个集成电路设备的衬底开始。从衬底的该多个设备中识别有差异的设备(如果有的话)。根据光学检查的结果来确定该多个设备中的每个设备相对于衬底的对准。该对准的确定省略了被识别为有差异的设备中的至少一些设备(如果有的话)。至少部分地基于检查、识别和确定步骤来生成用于使该多个设备曝光的程式(recipe)。注意,术语“程式”是半导体行业中的专门术语,其用于描述加工集成电路设备所需的指令集和相关或支持信息。该程式包括关于一个或多个曝光区(exposure shot)、用于使这些曝光区曝光的顺序和用于在该一个或多个曝光区中的至少两个曝光区之间移动的路径的信息。使用光刻系统来实现该程式以使该多个设备的至少一部分曝光。可使用相同或不同光刻图案重复地执行该过程,直到满意地形成期望的结构。

[0012] 减少衬底上、特别是重新建构的衬底上的集成电路设备间的套刻并调整这些设备之间的残余失准是本公开中所述的技术的优点。有利地,集成电路设备相对于其衬底的对准的确定可作为缺陷检查过程的一部分来获得,在该缺陷检查过程中,评估了集成电路的图像的差异和缺陷。用于对其上支撑衬底的机械载物台进行检查的成像设备的视场的仔细校准提供了对准目的所需的定位信息。

[0013] 在一个实施方案中,衬底的该多个设备可基于其所确定的对准来分组(例如,以建立多组类似对准的设备)。一个或多个曝光区被平铺在衬底的相应组设备中的每组上方。在

一个示例中,作为“曝光区”的一部分的光刻图案被平铺在相应组设备上方,以使得这些光刻图案与这些设备充分对准。这些光刻图案可具有不同形状或阵列。该平铺的特征在于由曝光区曝光的基本上所有设备都满足预先确定的对准标准。然后在该一个或多个曝光区之间限定一个或多个路径,从而建立用于执行这些设备的光刻曝光的程式。

[0014] 在一个实施方案中,衬底的基本上所有设备都可由曝光区曝光,使得相应设备与曝光区之间的对准满足预先确定的对准标准。平铺在一组上方的该一个或多个曝光区可对不同数量的设备进行寻址和/或可具有不同形状。

[0015] 在一个实施方案中,可建立一组初始条件,该组初始条件包括一组容许曝光区、衬底上的一个设备分组和对准标准。针对初始条件中的连续扰动,迭代进行平铺和限定步骤。为平铺和限定步骤的每次迭代分配得分。该得分可考虑在这些平铺限定的每个曝光区之间移动所需的路径。对于任何给定平铺,多个路径可以是可能的并且将为每个平铺确定至少一个路径。将基于生产量、良率或一些其他组的标准来对平铺和路径的各种组合进行评分。基于具有最优得分的平铺和限定步骤的迭代来建立该程式。在一个实施方案中,初始条件的连续扰动可以是选自以下的修改:曝光区的尺寸的修改、曝光区的深宽比的修改、曝光区的面积的修改、用于限定一组的可接受对准的预先确定范围的修改、初始选择的设备的选择、一组初始选择的设备的选择、一组初始选择的设备的尺寸的修改以及一组初始选择的设备的深宽比的修改。

[0016] 在一个实施方案中,可选择一组设备以及标称上将使所有所选择的组的设备曝光的曝光区。该曝光区配合到衬底的一组多个设备。确定所选择的组的设备中的每个设备是否满足曝光区与所选择的组的多个设备对准的阈值对准标准。所选择的曝光区作为该程式的一部分来建立,其中所选择的组的设备中的每个设备满足曝光区与所选择的组的多个设备对准的阈值对准标准。所选择的组的设备被细分成一个或多个子组,其中所选择的组的设备中预先确定的数量的设备不满足阈值对准标准,进行该细分而使得预先确定的曝光区在标称上将使该设备子组中的所有设备曝光。重复配合、确定和细分步骤,直到衬底的基本上所有设备与曝光区进行平铺。

[0017] 在一个实施方案中,生成用于使该多个设备曝光的程式包括选择具有最大面积的曝光区,该曝光区可应用于具有一组设备的衬底的区域。所选择的曝光区配合到该组设备。针对所选择的曝光区、该区域和基于该组设备的对准的配合来计算预期良率。确定预期良率是否满足对准标准。响应于确定预期良率满足对准标准,作为该程式的一部分来建立所选择的曝光区。响应于确定预期良率不满足对准标准,划分所选择的曝光区并且重复选择、配合、计算和确定预期良率是否满足对准标准的步骤,直到预期良率满足对准标准。

[0018] 在一个实施方案中,使用动态编程技术来生成用于使该多个设备曝光的程式。从多个预先存在的曝光区中选择一个预先存在的曝光区。该多个预先存在的曝光区中的每个预先存在的曝光区具有预先求解的视场尺寸、形状和取向。将一组多个设备与所选择的预先存在的曝光区进行比较。确定所选择的预先存在的曝光区是否满足该组设备的对准标准。响应于确定所选择的预先存在的曝光区满足该组设备的对准标准,作为该程式的一部分来建立所选择的预先存在的曝光区。响应于确定所选择的预先存在的曝光区不满足该组设备的对准标准,从该多个预先存在的曝光区中选择另一个预先存在的曝光区,并且重复比较和确定所选择的预先存在的曝光区是否满足该组设备的对准标准的步骤,直到满足该

组设备的对准标准。

[0019] 根据另一个实施方案,确定多个集成电路设备相对于它们所属的衬底的对准。基于这些设备的所确定的对准来对这些设备进行分组以建立多组设备。该多组中的每组与光刻图案的一个或多个阵列进行平铺。在光刻图案的每个平铺阵列之间限定路径,从而建立用于执行这些设备的光刻曝光的程式。根据该程式来对衬底的这些设备进行光刻曝光以在这些设备上形成结构的至少一部分。

[0020] 在一个实施方案中,可基于该对准来确定该多个设备中的一个或多个设备的失准。可校正结合这些设备的后续衬底的该多个设备的失准以减少该多个设备间的失准(例如,通过修改用于形成当前衬底的工具的操作)。

[0021] 在一个实施方案中,可重复地对该多组设备进行平铺以生成多个不同平铺。为每个不同平铺限定路径。可生成每个不同平铺及其相应路径的组的得分,该得分至少部分地基于覆盖该多个设备所需的光刻图案的阵列数和沿着所限定的路径行进所需的时长。选择具有最优得分的不同平铺。所选择的平铺用于建立程式。

[0022] 在一个实施方案中,可重复地对这些组的设备进行平铺以生成多个不同平铺。为每个不同平铺限定多个路径。基于沿着所限定的路径行进所需的时长来为每个不同平铺选择路径。为每个不同平铺及其所选择的路径的组合生成得分,该得分至少部分地基于覆盖该多个设备所需的光刻图案的阵列数和沿着所限定的路径行进所需的时长。选择具有最优得分的不同平铺和路径。所选择的平铺用于建立程式。

[0023] 在另一个实施方案中,提供了改善集成电路设备的质量的方法。确定多个设备相对于它们所属的衬底的对准。所选择的组的设备配合到光刻图案的阵列。确定光刻图案的阵列与所选择的组的设备的对准是否满足预先确定的对准质量。在满足该对准质量的情况下(例如,在足够高百分比的设备正确对准的情况下),光刻图案的阵列被建立为用于使所选择的组的设备曝光的曝光区。在不满足该对准质量的情况下,光刻图案的一个或多个更小阵列迭代地配合到所选择的组的设备的子组,直到满足对准质量并且建立用于使所选择的组的设备曝光的曝光区。在每个所建立的曝光区之间限定路径,从而建立用于执行这些设备的光刻曝光的程式。使衬底的这些设备曝光以在这些设备上形成结构的至少一部分。

[0024] 如上,集成电路设备的对准测量结果可用于确定该多个设备中的一个或多个设备的套刻误差。套刻误差可包括在形成集成电路设备所属的衬底期间出现的对准误差。可校正结合这些设备的后续衬底的多个设备的失准(例如,通过修改用于形成当前衬底的工具的操作)以减少该多个设备间的失准。

[0025] 在一个实施方案中,可通过将设备配合到预先确定的曝光区或通过将曝光区配合到在对准的基础上限定的组来接近用于对衬底进行光刻曝光的程式或指令集的建立的优化。最终目标在任一种情况下均为相同的,即,以高效方式获得光罩与这些设备之间的优质对准。在另一个实施方案中,确定多个设备相对于它们所属的衬底的对准。然后基于这些设备的所确定的对准来对这些设备进行分组。这建立了多组设备,该组的每个设备具有类似对准。各种形状和尺寸的曝光区或光刻图案阵列在数学意义上被平铺在该多组设备上方以限定用于将该多组设备中的每组设备与光刻图案的一个或多个阵列进行平铺的曝光区。在每个平铺图案之间限定路径。所限定的曝光区与路径一起建立用于执行这些设备的光刻曝光的程式。一旦程式在手边,就根据该程式来使衬底的这些设备曝光以在这些设备上形成

结构的至少一部分。确定这些设备的对准的一种有益效果是这些衬底上的这些设备的失准可用于校正或减少待形成的后续衬底上的设备的后续失准。

[0026] 在一个实施方案中,可基于该对准来确定该多个设备中的一个或多个设备的失准。可校正结合这些设备的后续衬底的多个设备的失准以减少该多个设备间的失准。

[0027] 确定第二衬底上的第二组或多个设备中的设备的对准,并且基于第二多个设备中的每个设备的相应对准来将这些设备分组成一个或多个组,即,将具有类似对准的设备分组在一起。基于这些设备的分组来建立曝光系统诸如步进机的视场,并且确定用于使第二多个设备曝光的运动路径。该路径通常基于该一个或多个组和视场。对该路径进行评分和评估以确保得分满足阈值。如果该路径不满足该阈值,则迭代地重复第二组设备的分组、视场的确定、路径的确定和得分的确定以形成连续分组、视场和路径,直到评估的得分通过该阈值。一旦满足该标准,就使用满足该阈值的视场和路径来使第二多个设备曝光。

[0028] 提供了方法、计算机程序产品和通过用于校正套刻误差的方法来制造的产品。确定了安装在衬底上的一组设备中的每个设备的对准。基于每个设备的相应对准来确定安装在衬底上的该组设备的对准误差。基于对准误差来计算一个或多个校正因子。将该一个或多个校正因子发送到光刻系统以便校正对准误差。

[0029] 提供了方法、计算机程序产品和通过用于确定优化曝光路径的方法来制造的产品。确定了安装在衬底上的多个设备中的每个设备的对准。基于每个设备的相应对准来将该多个设备分组成一个或多个组。确定了用于使该一个或多个组的每组中的设备曝光的视场或曝光区。基于该一个或多个组和视场来确定用于使该多个设备曝光的步进机路径。确定所确定的步进机路径的得分,然后检查该得分是否满足阈值。响应于确定该得分不满足该阈值,迭代地重复该多个设备的分组、确定视场和/或确定步进机路径的步骤,直至满足该阈值的此类时间。为这些操作的每次迭代计算得分。

[0030] 提供了方法、计算机程序产品和通过用于进行光刻曝光过程的方法来制造的产品。确定了重新建构的衬底中的多个设备的对准。将该多个设备通过其对准来组织成一个或多个组,每组对应于可由曝光系统寻址的视场。限定了在预先确定的套刻误差容限以内与该组中的基本上所有设备的对准匹配的对准处将每个对应视场寻址到其相应组设备的序列和路径。使用限定的序列和路径使这些组设备中的每组设备曝光,从而修改这些设备。

[0031] 通过参考以下详细描述和附图,这些和其他优点对于本领域普通技术人员而言将是显而易见的。

## 附图说明

[0032] 图1A示出了示例性半导体晶圆;

[0033] 图1B示出了示例性半导体面板;

[0034] 图2A至图2F示出了具有不同对准程度的示例性半导体设备;

[0035] 图3示出了被称为步进机的光刻系统;

[0036] 图4示出了优化衬底的光刻曝光的示例性方法;

[0037] 图5示出了用于校正衬底上的设备的套刻误差的方法;

[0038] 图6示出了用于确定晶圆的最佳曝光的方法;

[0039] 图7示出了部分半导体衬底曝光平铺;

- [0040] 图8示出了可用于使衬底曝光的多个示例性曝光区阵列；
- [0041] 图9示出了将视场平铺在衬底上方以用于光刻加工的方法；
- [0042] 图10示出了用于生成光刻加工的程式的方法；
- [0043] 图11a至图11d示出了曝光区应用于衬底的区域；
- [0044] 图12示出了用于实施本发明的云通信布置；
- [0045] 图13示出了根据附加实施方案的用于校正衬底上的设备的套刻误差的方法；
- [0046] 图14示出了衬底上的设备的套刻误差的逐区校正；
- [0047] 图15示出了映射标记和衬底上的不同对准的设备；
- [0048] 图16示出了用于光刻加工的系统；和
- [0049] 图17示出了用于光刻加工的分分布式系统。

### 具体实施方式

[0050] 存在用于光刻加工中的多个不同校正因子。这些不同校正因子用于使衬底中的裸片或设备与光刻机的曝光对准。如果该对准不精确，则衬底中的裸片将具有缺陷并且不会工作或不会按预期工作。这被半导体制造商视为不可接受并且这些有缺陷的设备不能出售，从而给半导体制造商造成经济损失。用于使裸片与曝光对准的校正因子包括被称为mag的放大率校正因子、被称为 $\theta$  (theta)的旋转因子以及被称为x和y的平移运动。还存在其他校正因子，诸如标尺校正(scale correction)和陷阱(trap)。当尝试使曝光与裸片或设备对准时，可一起使用这些校正因子。问题在于当前一些校正因子诸如mag在开始曝光过程前被全局地设定之后受到限制并且一些因子具有有限的范围，诸如载物台 $\theta$ 校正限制。这意味着曝光与衬底中的设备的对准存在限制。此外，由于必须重置并校准光刻机的操作，一些校正因子影响了光刻机的速度。这意味着在光刻机加工晶圆或面板时可进行的校正存在限制。已使用独特且有趣的技术克服了这些限制以扩展可以用这些校正因子进行的操作。可通过在光刻机上的六个运动度上操纵光罩位置来进行这些扩展校正。

[0051] 在许多不同类型的衬底100上执行用于形成半导体或其他电子设备的光刻加工。最常见的半导体晶圆之一是半导体晶圆W，诸如图1a所示的半导体晶圆。晶圆W通常是不同直径的平坦盘状物体。晶圆W通常包括取向结构101，诸如图所示的缺口。标记、平边和其他结构可替代缺口。晶圆W通常由半导体材料诸如硅、砷化镓等形成，但在一些情况下，使用玻璃或复合材料诸如环氧树脂。这些晶圆W通常具有200mm或300mm直径，但更大和更小的晶圆W也是常见的。

[0052] 图1b示出了通常使用光刻过程来寻址的一种类型的通用面板P。与晶圆W一样，面板P也可由半导体材料或者玻璃或复合材料形成。面板P呈大致矩形或正方形的形状。面板P可具有任何有用的尺寸，但通常在下表中限定的“代”尺寸中遇到。

[0053]

代	尺寸 (mm)
Gen. 1	300x400
Gen. 2	360x465
Gen. 2.5	400x500
Gen. 3	550x650
Gen. 3.5	620x750

Gen.4	730x920
Gen.5	1100x1300
Gen.6	1500x1850
Gen.7	1870x2200
Gen.7.5	1950x2200
Gen.8	2200x2500

[0054] 如本文所用,术语“衬底”将统一指晶圆和面板。在分别特定于晶圆或面板的一些特定信息要进行关联的情况下,将使用这些特定术语。

[0055] 在制造的各个阶段,衬底100可为裸露的,还没有形成于其上的电路,或可包括设备104,例如集成电路设备。一些衬底100可具有整体在相同衬底上形成的设备104。其他衬底100可包括多个设备104,这些设备取自离散且单独的衬底100,然后使用粘合剂、模塑或灌封材料来连接在一起以形成复合或重新建构的衬底100。一般说来,与其上原生地形成设备104的那些衬底100相比,重新建构的衬底100往往具有差得多的对准。

[0056] 图2a至图2f示出了何谓设备104中的失准。图2a中的设备104表示重新分布层(RDL),该RDL通常形成半导体设备封装的一部分。设备104包括连接到迹线106的凸块105。在图2a中,相应凸块105和迹线106彼此电接触。凸块105和迹线106彼此单独地形成,但由于用于形成这些结构的光刻图案彼此在设备104上正确对准,因此凸块105和迹线106是结构良好的并具有可接受的质量。

[0057] 图2b示出了由光刻图案形成设备104的凸块105的场景,该光刻图案与迹线106的光刻图案在X和Y方向上偏移了量 $\delta X$ 和 $\delta Y$ 。需注意,迹线106中的许多迹线不与凸块105形成电接触。图2c示出了用于形成凸块105的光刻图案相对于用于形成迹线106的光刻图案旋转了角度 $\theta$ 的场景。同样,凸块105与迹线106之间存在不良连接。出于本公开的目的,将仅相对于设备104和衬底100在XY平面内的平移和旋转来讨论对准。还可使用本发明的方法和装置调整XY平面外的其他高阶像差诸如缩放、翻转、倾斜、套刻误差等,但为了清晰起见,省略了此类调整。上文所提及的类型的像差更全面地描述于J.D.Armitage Jr.、J.P.Kirk,“套刻畸变图案的分析(Analysis Of Overlay Distortion Patterns)”,《SPIE会议录》(Proc.SPIE) 921, (1988)。

[0058] 图2d示出了由于X和Y方向上存在平移而需要进行套刻校正的情况。这可在裸片或设备具有与其相对于其他裸片或设备的位置相关联的误差时发生。此处,设备210未处于基于衬底对准指示器而预期的第二层212的位置处。可因例如重新建构的晶圆的固化过程或取放机器而出现这些误差。图2e示出了由于设备或裸片中存在旋转 $\theta$ 而需要进行套刻校正的情况。此处,设备210未处于基于衬底对准指示器而预期的第二层214的位置处。同样,可因例如重新建构的晶圆的固化过程或取放机器而带来该误差。

[0059] 图2f示出了由于设备或裸片中存在放大作用而需要进行套刻校正的情况。此处,设备210大于第二层216的预期尺寸。在先进封装应用中,可使用各种加工技术,包括一些高温处理。如果第一层设备或裸片在与下一层曝光不同的温度下制造,则衬底上的这些设备或裸片的尺寸可根据下一层曝光时的温度来膨胀或收缩。这些尺寸变化带来了 $\text{mag}$ 误差。在没有 $\text{mag}$ 补偿的情况下,第二层曝光将不匹配第一层裸片或设备的正确尺寸并且这将引起可导致设备失效的套刻误差。

[0060] 图3是可因本发明的应用而受益的光刻系统300的示意图。光刻系统300包括基部302,该基部通常为安置在隔离支撑件(未示出)上的大块成品花岗岩。基部302的大质量和隔离支撑件的设计的组合提供了光刻系统300与地面振动的隔离。隔离支撑件还防止机器力进入工厂地面并干扰附近机械。基部302和隔离支撑件可由常见的商业部件和材料构造。

[0061] 在基部302的顶部上的是大网格电机台板304,诸如美国专利No.5,828,142(该专利据此以引用方式并入)中公开的大网格电机台板。大网格电机台板304可包括约1mm正方形的软铁齿的矩阵,这些软铁齿在X和Y方向上隔开约1mm的间隙。所有齿之间的间隙填充有非磁性材料(通常为环氧树脂)。该表面被打磨得非常平整,达到几微米的公差,以提供空气轴承质量表面。平整度还可用于控制主X、Y、 $\theta$ 载物台306(下文称为主载物台306)的翻转和倾斜(载物台干涉仪系统中的阿贝偏移误差的可能来源)。

[0062] 网格电机台板304所覆盖的区域足够大而允许主载物台306移动到所有所需的位置。行进区域允许移动到衬底交换位置(在系统前沿处)并贯穿曝光区域。本文所述的实施方案的行进区域与载物台306上承载的衬底的尺寸相关。

[0063] 载物台306在其主体内具有多个执行电机(未示出)。这些电机被布置为驱动载物台跨越网格电机台板304。两个电机被取向为在X轴方向上驱动主载物台306。两个附加电机以 $90^\circ$ 进行取向以在Y轴方向上驱动主载物台306。可差分驱动任一对或两对电机以提供小旋转运动( $\theta$ )。这样,可控制主载物台306以沿非常直的线移动,即使网格电机台板304中的齿图案可能不是直的。

[0064] 在图3中,载物台306被示出为具有安装在其上的卡盘320。所示的卡盘320具有适于支撑作为面板P的衬底100的形状因数。如美国专利No.7,385,671所述,卡盘320可因此替代适于保持不同衬底100诸如硅晶圆W的不同数量或类型的卡盘或顶板。美国专利No.7,385,671据此以引用方式并入。

[0065] 刚性桥结构308将投影相机310支撑在主载物台306上方。投影相机310具有安装在透镜外壳314中的大约2X(即,两倍)缩小的投影透镜312。透镜外壳314安装在两个Z轴(垂直)空气轴承(未示出)上。这些空气轴承可在商业上购买并且优选地为箱轴颈样式,其为非常刚性的。该Z轴运动用于在聚焦所需的小距离内上下移动透镜外壳314和投影透镜312。投影透镜312优选地在其图像侧处为远心的,以使得焦点的小变化不会引起图像尺寸或图像布置误差。需注意,可以设想到其他光学布置和放大率并且本文所述的光学布置不应被视为限制性的。

[0066] 投影透镜外壳314具有附接到其底部的单独、实时、自动聚焦传感器(未示出)。这些传感器使用简单光学器件将激光二极管光源变换成衬底100处的聚焦狭缝光。来自该狭缝的一些光从衬底100反射出并由实时自动聚焦传感器的接收侧捕获。反射的狭缝光由接收光学器件成像到线性CCD阵列(未示出)上。使用图像处理软件将反射的狭缝的图像定位在CCD阵列上。然后使用反射的狭缝的图像的位置的任何移位来控制投影相机310的Z轴驱动器316,直到恢复CCD阵列上的该图像的位置。这样,投影相机310的“焦点”保持在恒定间隙处。在光刻系统的构造期间,Z轴的以微米为单位的运动用于确定CCD阵列上的图像以像素单元为单位的运动。该校准允许后续焦点偏移的转换以实现为Z轴焦点控制系统中的像素偏移。

[0067] 附接到透镜外壳314的顶部的是折叠反射镜330。该反射镜330将投影相机310的其

余部分置放在该图的左侧。在该实施方案中,投影透镜312被设计为在其物侧处具有长工作距离以允许使用折叠反射镜330。需注意,通过从投影相机310省略折叠反射镜,可实现直线光路。还可使用具有不同取向的折叠反射镜进一步形成投影相机310的光路以满足存在的任何空间要求。

[0068] 投影相机310具有其自身的6轴光罩卡盘332,该6轴光罩卡盘保持光罩334,该光罩包括要成像到衬底100的相应设备104上的(光刻)图案或掩模。可使用音圈来移动光罩卡盘332。光罩334可被称为图像源。应当理解,其他设备也可用作图像源,诸如动态地生成掩模的多反射镜光阀或LCD光阀(即,无掩模图像源)。作为6轴光罩卡盘的光罩卡盘332意指其具有运动的6个自由度。

[0069] 载物台306用于在光刻曝光过程期间进行调节。然而,如先前所提及,载物台306在其可在各曝光之间应用的 $\theta$ 校正量方面受到限制,并且单独的载物台306不能进行mag校正。

[0070] 根据本公开的技术移动光罩卡盘332和载物台306两者以增加可在各曝光之间或以特定频率应用的校正量。可按每个位点(也称为曝光场)、每个区(也称为区域)或每个封装来进行光罩卡盘332和载物台306调节。可移动光罩卡盘332以调节 $\theta$ (旋转)、mag(放大率)和陷阱,同时可移动载物台306以调节X、Y和 $\theta$ 。光罩卡盘332和载物台306可大约同时移动,或光罩卡盘332和载物台306的移动可重叠。光罩卡盘332和载物台可在各曝光之间彼此独立地移动。总之,与仅移动载物台306相比,光罩卡盘332和载物台306的移动提供可在加工衬底时应用的大得多的校正范围。

[0071] 当前系统的光学器件在整个面板或晶圆内仅支持 $\pm 400$ ppm。该新特征允许光刻系统实现每个曝光位点的 $\pm 400$ ppm,从而允许特别特定于局部变形的校正以及要在各曝光之间进行的mag校正。通过组合载物台306和光罩卡盘332两者的校正能力, $\theta$ 校正可在各曝光之间在每个位点或每个区的基础上将该范围从 $\pm 650\mu\text{Rad}$ 扩展到 $\pm 2.25\text{mRad}$ 。这提供了角度校正能力的接近3.5x增加。根据该实施方案,可上下(垂直地)移动投影透镜以校正mag误差或可上下(垂直地)移动光罩卡盘以校正mag误差。

[0072] 在一个实施方案中,这些校正基于期望的规格,诸如用户设计的程式。光罩卡盘332和载物台306的移动可由软件控制。该软件接收与衬底中的裸片或设备有关的测量数据,并且使用该测量数据来确定对光罩卡盘332(其移动光罩334)和载物台306的必要调节。该软件可被配置为执行确定如何基于光罩334的移动来调节载物台306的计算。该软件可基于用户指定的程式来对光罩卡盘332和载物台306进行调节。在一些实施方案中,该软件被配置为通过使用压电、音圈或其他合适的电机或技术激活和移动投影透镜312来调节mag。

[0073] 由包围汞灯的灯罩340提供用于光刻曝光的照明,该汞灯在一个实施方案中输出约3500瓦功率。灯罩340内的光源被收集、聚焦和滤波,然后在快门342附近离开灯罩340。需注意,如图所示,灯罩340包括折叠反射镜331,该折叠反射镜允许投影相机310的光路变得更紧凑。图3所示的投影相机310的折叠布置仅是可使用或常用的许多配置中的一种配置。

[0074] 当打开快门342时,来自灯罩340的光源穿过聚光透镜组件344,穿过光罩334,穿过投影透镜312,并且利用光罩334所施加的图像使衬底100曝光。众所周知,衬底100涂覆有光敏电阻涂层。剂量传感器(未示出)可以是快门342的一部分。在相机310所投影的图案与设备104充分对准的情况下,获得了优质产品,诸如图2a所示的产品。

[0075] 前述描述涉及光刻系统的步进机型配置。其他配置诸如扫描仪和压印光刻系统是

熟知的并且可因本发明的应用而受益。

[0076] 图4示出了根据一个或多个实施方案的用于在光刻期间优化衬底100的曝光的方法400。还可应用方法400以在半导体制造过程期间校正和/或考虑晶圆上的失准。

[0077] 在步骤402处,形成衬底100(晶圆W或面板P)。衬底100可包括设备104或通常使用光刻过程形成的其他电路或结构。衬底100可使用设备104原位形成或可为重新建构的衬底100,其中多个设备104使用取放或类似的系统来单独地放置成阵列,然后模塑或灌封以形成重新建构的衬底100。

[0078] 在步骤404处,确定衬底100上的设备104的对准。可使用检查系统来确定该对准。可使用任何合适的检查系统。合适的检查系统的一个示例是得自马萨诸塞州威尔明顿的昂图创新公司(Onto Innovation Inc.,Wilmington,MA)的Firefly<sup>®</sup>半导体检查系统。检查系统促进衬底100上的每个设备或每组设备的失准的识别和正确对准的计算。在一些实施方案中,该检查系统可为光刻系统的一部分。

[0079] 将在下文更详细描述方法500。在步骤405处,使用衬底100的设备104的对准误差(和其他缺陷)来确定校正因子,这些校正因子可应用于光刻系统以矫正源自检查或光刻系统的后续套刻误差。从实际的角度来看,这些校正因子用于生成偏移,这些偏移修改光刻系统及具体地光罩卡盘332和载物台306的操作。这些校正因子可包括对光罩卡盘332和/或载物台306增加或减少的具体距离或角度。例如,载物台306可被指示移动到标称X、Y位置,而由于在对准步骤404期间检测到的误差,该位置实际上不正确。由作为步骤500的输出的校正因子生成的偏移修改标称X、Y位置。这些校正因子也可为应用于衬底100的对准的一组距离或角度,其中可通过以下方式校正该对准:应用校正因子以使衬底的X、Y、mag和 $\theta$ 对准偏移,从而减少或消除系统性误差。这些校正因子可为固定的,因为其中系统性误差随时间推移而始终如一,或者这些校正因子可基于一个或多个环境特性诸如温度或压力而瞬变。也可以以这种方式校正加性或累积误差。可基于在步骤500处识别的对准来识别对准误差。

[0080] 相对于设备104所属的衬底100和/或相对于其他设备104来识别对准误差,即,在一些情况下,相对于衬底100来确定设备104的对准,并且在其他情况下,获得所选择的设备104之间的对准。捕获对准数据并将对准数据记录在与每个衬底100和/或设备104相关联的数据文件中以供未来使用和参考。此类数据文件的示例是逗号分隔值(CSV)或可扩展标记语言(XML)文件。也可使用其他文件类型。基于所识别的对准误差,计算校正因子并将校正因子反馈给用于执行步骤402的机构和过程。将在下文相对于图5进一步详细地讨论步骤405。

[0081] 在步骤406处,确定包括衬底100的曝光路径的最优程式。使用每个设备104的对准(在步骤404处确定)来寻找将使价值最大化的最优曝光程式。在一个实施方案中,该优化的输入包括所确定的对准以及生产量和良率目标,但最终,优化过程的目标是使价值最大化。如本领域技术人员所意识到的,对准可与良率直接相关。在半导体设备的各层彼此充分对准的情况下,该设备按设计的那样工作的可能性较高。该相关性有时用作指定对准公差简略表达,即,指定光刻过程的高良率输出,就是要求对准的极高精度。由于掩模/光罩与设备104的对准具有与其相关联的时间成本,因此更严格的对准要求将减慢衬底100的加工。在该范围的一端,完全良率会降低生产量,因为过多对准或低效路径占用加工时间。在该范围的另一端,在使用过少或过粗对准的情况下良率会变差。

[0082] 本发明的一种有益效果是在步骤404处获得的相同对准信息可用于生成光刻曝光的对准并用于生成校正因子,这些校正因子可用于去除设备104在衬底100中放置的系统性误差。这消除了对多个检查和对准过程的需求并节省了时间,从而增加了制造过程的生产量。

[0083] 最优曝光程式将按对准来对设备分组并且将这些组分解成组块,这些组块易于由可用曝光区尺寸和形状的现有集合来寻址。可用曝光区尺寸和形状由光罩卡盘332中的光罩334上发现的掩模或图案、可替代卡盘332中的光罩的附加光罩334上的掩模或图案以及可动态修改光罩上的图案的掩蔽设备的使用来限定。选择曝光区和曝光区之间的行进路径的数量和次序以使生产量的降低最小化。在一些情况下,使用熟知的牛耕式路径并改变曝光区尺寸和形状可能更好。在其他情况下,使用复杂路径可能更好,在该复杂路径中,在移至另一个尺寸和形状的曝光区之前使相同尺寸和形状的多个曝光区曝光。随时间推移,在步骤404处识别并反馈给步骤402的对准误差将减少套刻误差,这将降低对准/曝光过程的复杂性,从而促进在步骤406处确定最优路径并增加价值。

[0084] 将在下文相对于图6进一步详细地讨论步骤406。

[0085] 在步骤408处,使用合适的光刻系统诸如步进机系统300基于所确定的最优曝光程式来使衬底100曝光。在步骤410处继续衬底100的加工,直到已完成所有衬底。

[0086] 图5示出了根据一个或多个实施方案的用于校正衬底100诸如重新建构的晶圆或面板上的设备的套刻误差的方法500。可如图4的步骤405处那样实现方法500。

[0087] 在步骤502处,基于每个设备的对准来确定衬底100上的设备104的相应对准误差。可在图4的步骤404处使用检查系统确定每个设备的对准。在一个实施方案中,将每个设备的所测量的对准与该设备的目标对准进行比较,然后基于该比较来计算每个设备的相应对准误差或偏移。

[0088] 通常通过捕获衬底上形成的足够宽间距的基准标记的图像来确定整个衬底100在全局级别上的对准。如上所述,这可使用光学检查系统诸如Firefly<sup>®</sup>半导体检查系统进行。在衬底100暂时固定到其上的卡盘或载物台的坐标系中指定基准标记的位置。使用基准点的XY位置与这些标记的标称或指定位置的比较来生成校正因子,诸如用于对准衬底100的简单XY偏移。可通过将在基准点之间绘制的线条的角度与标称指定对准轴线进行比较来确定角度校正因子(例如, $\theta$ 偏移)。这些校正因子与结合图4和图5所述的那些校正因子类似并且在一些情况下可与之相同。一旦已应用校正因子以使衬底100的坐标系与光刻系统的坐标系对准,就可移动和/或旋转光罩卡盘332或其上支撑有衬底100的载物台306两者以实现相对于所选择的坐标系的正确对准。

[0089] 如本文所用,术语“对准”描述设备104或衬底100的物理取向的过程和与该物理取向相关的数据。并且由于相对于某物来测量物理取向,对准也表明存在设备104或衬底100可定位在其内的参照系或坐标系。这些参照系或坐标系可单独地或合为一组使用一个或多个设备104以建立坐标系。类似地,衬底100自身可限定参照系。还应当理解,与衬底100交互的各种工具或系统诸如检查系统或光刻系统也可限定坐标系。上文提及的数据文件(例如,CSV、XML、...)捕获关于衬底100及其设备104的位置的信息。然后可使用该数据建立一个或多个变换,即,衬底100和/或其设备104的取向与将作用于衬底100的系统和/或其部件的取

向之间的数学关系。这点的示例是使用**Firefly**<sup>®</sup>检查系统确定存在于衬底100上的设备104相对于由存在于衬底100上的基准点限定的坐标系的对准。然后涉及光刻系统的后续过程步骤将仅要求光刻系统确定衬底100相对于光刻系统的坐标系的对准。所记录的对准数据随后将促进通过变换直接了解设备104相对于光刻系统的对准。可通过对准机构(诸如下文所述的那些对准机构)原位确定变换(诸如所述的那些变换)。还可通过相应机构/系统的校准先验地确定这些变换,即,可在将衬底100实际放置在光刻系统中之前确定设备104相对于光刻系统和其部件(诸如光罩)的位置。

[0090] 可如上所述的那样通过以下方式在光学上执行单独设备104的对准:捕获单独设备104的图像,识别基准点(其通常仅仅是设备104上的已知位置中的独特特征),并且识别其相对于衬底100自身的坐标系的XY位置和 $\theta$ 取向。衬底100和其中包含的设备104的对准可如上所述的那样使用图像进行,但也可使用非成像技术诸如激光三角测量法、共焦感测、干涉测量法等进行。在此类非成像技术中,非成像传感器将能够定位设备的某方面,诸如上述基准点和/或特征。如将理解的,该对准步骤产生每个设备104相对于其所属的衬底100的对准信息或变换。该数据被保持在数据库或文件中,该数据库或文件被保留并且每当以某种方式作用于衬底100时可被查询。结果是利用该保存的对准数据,可通过衬底100与检查或处理系统诸如光刻步进机300的坐标系的简单对准来立即访问对准数据,从而允许系统300与设备104的立即对准而无需再一次测量其在光刻步进机300上的对准。

[0091] 保留上述对准数据的数据库或数据文件通常以便携且可修改的格式诸如XML格式保持。这些数据文件还能够保持设备104结构的多层的对准数据。该多层数据可用于帮助确定加工衬底100的最优程式或方法。例如,虽然设备104相对于其衬底的基本对准可能不会随时间推移而改变,但可能的是过程步骤可以以失准方式形成设备104的层。只要该失准自身不会使设备104不可操作,就可执行后续加工(更多层)。但由于设备104的最上层中存在套刻误差,对该设备的正确对准不一定与正确对准前一层的情况相同。将要求后续过程步骤调整前一层的套刻误差。如将理解的,**Firefly**<sup>®</sup>或其他检查或对准系统的使用使得相对容易按层识别并记录失准。

[0092] 上述数据文件的一种用途是设备104在衬底100中的定位的系统性误差的识别。虽然该类型的误差最常见于更多变的重新建构的衬底,但从头形成的晶圆和面板似乎也可具有各种类型的系统性误差。系统性对准误差是始终且可预测地存在于每个衬底或设备中的对准误差。此类系统性对准误差可为放置系统(例如,取放系统)或形成重新建构的衬底的模塑过程的结果。基于每个设备相对于衬底和/或其他设备的相应对准误差来确定对准误差。在一个实施方案中,设备104在衬底100上的平均对准用作由此测量对准误差的基线对准。在另一个实施方案中,由基于衬底100自身所限定的坐标系的标称对准来测量对准误差。在这两种情况下,确定并保留设备104相对于衬底100的绝对位置以及衬底100的任何基准标记或其他对准标记。

[0093] 在步骤504处,基于所确定的对准误差来计算校正因子。如上所指示,对准误差是所测量的X、Y、mag、陷阱和 $\theta$ 偏移。在多个衬底100之间识别并测量系统性误差和随机误差。虽然应当理解,可在单个衬底内表征对准差异或“误差”,但制造设备104的过程容易出现横跨多个衬底100的误差。识别并量化设备104的对准的误差可以简单到执行相应设备104与

其理想对应物之间的简单数学比较。可使用更多涉及的过程来量化此类对准误差并确定此类误差是系统性的还是随机的。需注意,术语“对准误差”和“校正因子”是相关的,因为这两组信息可用于识别设备104和衬底100的位置偏差并且可用于确保处理系统300可易于与可变对准的设备104对准。校正因子可具有作为用于校正光刻系统的操作的对准信息的附加内涵。

[0094] 在步骤506处,将校正因子发送(或反馈)到光刻系统。因此光刻系统可在使衬底100上的设备104曝光之前基于这些校正因子以对准误差被校正或最小化的这种方式调节光罩卡盘332和/或载物台306。将校正因子反馈回到布置处的目标是使设备104的对准的误差最小化。

[0095] 图13示出了根据附加实施方案的用于校正衬底100上的设备的套刻误差的方法1310。可使用Mag和theta ( $\theta$ ) 校正函数补偿裸片或设备移位或前一层特征图案。

[0096] 在步骤1312处,使第一层图案曝光并显影以模拟前一层裸片移位或前一层特征(例如,使用RDL或通孔)。

[0097] 在步骤1314处,对第一层图案进行映射。可由检查系统执行该映射,该检查系统可进行多次测量以理解衬底上的单独裸片或设备的位置。当对层进行映射时,随后可使用处理器和驻留在存储器上的软件来计算校正因子,该处理器和该软件可位于检查系统、基于云的计算系统或光刻系统上。该软件从检查系统获取测量结果,并且计算下一层将如何在衬底中的裸片或设备上套刻并计算校正该套刻所需的调节。这些映射结果确定投影图像尺寸(mag)和旋转( $\theta$ )的光罩卡盘调节以及X移位、Y移位和旋转(X、Y、 $\theta$ )的载物台调节。对于每个曝光位点而言,由光罩卡盘基于映射结果来调节光罩位置以补偿mag和theta。在映射步骤1314中确定mag、theta、X和Y。

[0098] 在步骤1316处,确定 $\theta$ 误差,并且将其与阈值进行比较。在一个实施方案中,该阈值为0.65mrad。如果 $\theta$ 误差大于 $\pm 0.65\text{mrad}$ ,则在步骤1320处执行载物台校正以校正0.65mrad,并且对其余误差执行光罩卡盘校正。否则,在步骤1318处仅对小于 $\pm 0.65\text{mrad}$ 的 $\theta$ 误差执行载物台校正。在一个实施方案中,单独的光罩卡盘校正可校正至多 $\pm 1.00\text{mrad}$ ,而光罩卡盘与载物台校正一起可提供至多 $\pm 1.65\text{mrad}$  theta补偿。载物台校正的theta调节的阈值取决于工具,并且其他工具可具有可高于或低于 $\pm 0.65\text{mrad}$ 的theta的不同载物台调节。例如,一些工具可具有至多 $\pm 1.00\text{mrad}$ 的theta载物台调节。载物台还可在步骤1318期间调节X和Y校正。

[0099] 在步骤1318或1320之后,在步骤1322处确定放大率误差。当映射结果指示特征大于或小于第一层上应该的大小时,基于步骤1314的映射结果来确定放大率误差。

[0100] 如果存在放大率误差,则在垂直方向上调节光罩卡盘以在步骤1324处提供放大率校正,例如通过调节透镜以放大第二层的投影图像。然后在步骤1326处在每个位点上校正的情况下使第二层曝光并且显影。

[0101] 如果不存在放大率误差,则在步骤1328处在没有mag校正的情况下使第二层曝光。

[0102] 图14示出了套刻误差的逐区校正。此处示出为晶圆的衬底1400具有四个区:区1 1410、区2 1412、区3 1414和区4 1416。每个区具有多个对准标记1418和多个裸片或设备1420。光刻系统使用对准标记1418来确定设备1420的对准和套刻,然后在区1 1410中针对投影图像尺寸(mag)和旋转( $\theta$ )来调节光罩卡盘并且针对X移位、Y移位和旋转(X、Y、 $\theta$ )来调

节载物台。随后光刻系统使区1 1410中的设备1420曝光并移动到下一区1412,在该区处,光刻系统使用对准标记来确定设备的对准和套刻,然后在区2 1412中针对投影图像尺寸(mag)和旋转( $\theta$ )来调节光罩卡盘并且针对X移位、Y移位和旋转(X、Y、 $\theta$ )来调节载物台。之后光刻系统使区2 1412中的设备曝光。光刻系统重复该过程,直到衬底1400上的所有设备已曝光。在另一个实施方案中,检查系统用于确定设备的位置并且创建映射文件,该映射文件可用于在每个区对光罩卡盘和载物台进行调节。

[0103] 图15示出了映射标记和衬底上的不同对准的设备。衬底1500包括衬底上具有不同对准程度的多个设备1518。套刻误差包括与设备1512相比设备1514上的X、Y和theta偏移误差。还存在放大率误差(mag)设备1516。设备1516因过程制造技术而具有改变的尺寸,所述过程制造技术使设备1516暴露于可使该设备膨胀或收缩的不同温度。全局对准标记1510用于在衬底上对准并且创建用于在衬底上设置坐标平面的参照点。然后映射标记可落入衬底的坐标平面内。当添加附加层时,全局对准标记可用于定位衬底并且映射软件可确定整个衬底中所需的套刻校正。检查系统确定该设备的拐角的映射标记和该设备的位置,以使得该软件可确定特定设备的套刻误差以及光罩卡盘和载物台要在光刻系统上进行的调节。还可在接收到来自检查系统的位置信息之后由该软件确定映射标记。

[0104] 在讨论可优化诸如光刻的过程的方法之前,稍微更详细地讨论对于优化优选的标准或品质因数的类型很重要。用于确定适当路径和曝光程式的评分可采取任何有用的形式。在一个实施方案中,基于过程标准和数据来计算品质因数。该品质因数可为成本,在这种情况下要使其最小化。在其他情况下,该品质因数可为利润,在这种情况下要使其最大化。还可设想到优化落在前述情况之间的其他场景。在一些情况下,启发法可用于代替更机械的品质因数方法以制定期望的路径和曝光程式。

[0105] 可应用一个或多个标准来测量对准和总体光刻过程的成功或质量。此外,对准和光刻质量的一些评估可为时移的,即,可在已完成光刻之后根据系统的输入诸如所得功能性半导体设备的对准质量、生产量及光学和电气测试的结果来进行该评估,作为光刻过程的成功“回顾”。诸如对准的标准可使用将由光罩投影的图案在一对一的基础上评估,或在对准被确定为介于一组设备与用于使这些设备曝光的对应光罩图案之间时在多对多的基础上评估。用于建立光刻过程是否可接受的极限、范围或阈值可在进行该过程之前基于期望的结果来建立。另选地,可基于已经过分析而识别合适的值的过去数据来建立这些极限、范围或阈值。作为示例,在一些实施方案中,可接受的对准标准可被建立为0%和5%之间的一致性变化。该范围可根据应用而较高或较低,并且如本领域技术人员将理解的,通过修改该范围,可以修改光刻过程的良率和生产量。

[0106] 确定用于加工衬底100的最优程式是一个重大问题。在极高级别,该过程涉及识别曝光区或视场的合适布置以便以满足既定对准和生产量标准的方式将设备104覆盖在衬底100上。图6示出了识别用于衬底100的光刻曝光的合适程式的一种高级方法600。

[0107] 由于先前已在步骤404处确定设备104的对准,将衬底100上的设备104按其相应对准进行分组,如步骤602处所指示。接下来,在步骤604处,每组设备104具有被映射或平铺在其上方的多个曝光区。所有或基本上所有设备104被如此覆盖。如步骤606处那样确定路径以确保将这些组中的每组的每个曝光区呈现给投影相机310以便曝光。由于期望确保该过程以高效方式进行,因此如步骤608处那样为映射和路径寻找步骤确定得分。然后在步骤

610处评估这些得分以确定它们是否满足预先确定的阈值。在不满足该阈值的情况下或在期望使这些得分最小化或最大化的情况下,可重复步骤602-608。有利地,可在不占用光刻系统300的情况下离线执行该过程。

[0108] 再次转到步骤602,将曝光区布置到设备104的过程涉及将设备分组成一个或多个类似对准的组。在一个实施方案中,这使用blob分析或群集技术进行,其中评估初始选择的设备104附近的设备104以确定这些相邻设备的对准是否在可接受对准的预先确定的范围内。在所有相邻设备104被分类为包括初始选择的设备104的组的一部分之后,选择后续未分组的设备104并且再次采用该分析来识别相邻设备104是否为包括随后选择的设备104的组的一部分。一个接一个地继续该过程,直到衬底100的所有设备104被识别为一组的一部分,即使所考虑的组仅包括单个设备104。

[0109] 在一个实施方案中,基于设备的对准偏离网格有多远来确定分组,该网格由用于对衬底100的设备104进行光刻曝光的光罩334建立。由于具有存储在如上所述的数据文件中的每个设备104相对于衬底100的对准数据,而促进了该过程。从初始选择的设备开始,将光罩334的坐标系与初始选择的设备对准。该对准及光罩上的图案的间距和取向建立了相邻设备应位于的标称位置。然后将与初始选择的设备相邻的设备104的实际对准与标称位置进行比较以确定它们是否在对准公差以内。在相邻设备104确实在对准公差以内的情况下,相邻设备被视为包括初始选择的设备104的一组的一部分。以这种方式评估与初始选择的设备相邻的所有设备104。之后,评估与新建立的组相邻的设备以确定它们是否在对准公差以内。继续该过程,直到没有相邻设备在对准公差以内。之后,选择在新建立的组之外的设备104并且继续该分组过程。正如想象的那样,继续该过程,直到衬底100的所有设备104是一组的一部分。另选地,在一组超过预先确定的尺寸(通常为可由光刻系统曝光的最大曝光区的尺寸)的情况下,可终止该分组过程。

[0110] 用于对设备104进行分组的标准可改变。在另一个实施方案中,选择一小组设备104并且使光罩的图案阵列与之匹配以建立网格。虽然在该实施方案中初始选择的设备104的数量为任意的,但需要至少两个设备。期望确保可使用光罩与设备104的共同对准来使初始选择的设备104一起成功曝光,但是应当理解,在一些情况下,并非所有设备104都可成功对准。话虽如此,在初始选择的设备104不能一起对准的情况下,通常优选的是选择另一组设备来限定一组。如上,将评估与初始选择的组的设备104相邻的设备104以确定它们的对准是否将落入相对于光罩所建立的网格的对准公差以内。将相邻设备添加到新建立的组,直到再也找不到满足对准公差的设备。之后,选择一组后续设备104以限定后续组。选择一组设备以限定一组的一种有益效果是这可避免基于一些设备104中高度可变的对准来限定组的问题。使用多个设备104建立一组消除了对准的高度可变性。

[0111] 图7中示出了重新建构的晶圆W如何在不同对准处具有设备104的简化表示。设备104的不同对准由设备104的组的不同填充图案表示。需注意,图7所示的组仅是示例性的,并且在具有更小设备104的、不良对准的重新建构的衬底S的情况下复杂性可大得多,或在用设备104从头开始形成衬底100的情况下复杂性可小得多。

[0112] 一旦识别衬底100上的所有组,就转到步骤604,在该步骤中,将曝光视场(下文称为“曝光区”)映射到在步骤602处确定的相应组的设备104上。图8示出了可在曝光期间投影到衬底100上的设备104上的多个可能曝光区80。每个曝光区80包括要投影到设备104上的

一个或多个图案。每个曝光区80的图案形成与标称设备104排列对准的阵列。在设备104的对准相当好的情况下,大曝光区阵列诸如阵列81使大量设备同时曝光。更小的曝光区80更好地匹配更小组的设备104的对准。例如,阵列87包括用于使单个设备104曝光的单个图案。

[0113] 曝光区80优选地是规则的直线图案阵列。阵列81-90中的每个阵列可完全形成在光罩上并且在对准到设备104之后按原样曝光。还可通过使用掩蔽设备、刀片、空间光调制器等(未示出)减小较大阵列的尺寸来形成曝光区阵列。例如,可通过分别掩蔽阵列81的1/2和3/4来形成阵列82和83。更复杂的形状诸如阵列88、89和90可形成到与包括阵列81的光罩相同或不同的光罩中。光罩上的阵列的高效布置为本领域技术人员所知。光刻系统300包括用于对准、处理、改变和/或掩蔽一个或多个光罩334的光罩卡盘332。可使用多个光罩来建立更大数量的曝光区80。

[0114] 用于将曝光区80映射到衬底100的设备上的过程的一个实施方案可被建模为平铺或2D排样问题。图9中的方法900示出了用于执行步骤604的一种合适方法的更详细示例。出于本申请的目的,应当理解,术语“平铺”可用作名词和动词。在其动作意义上,平铺是指投影相机310所投影的图像(曝光区80)的阵列配合到相应设备104上的过程,使得所有或基本上所有设备104同时或一个接一个地曝光。在衬底100上的所有设备104共用单个对准的情况下,该平铺过程很简单。但在设备104的对准不同的情况下,有必要将来自投影相机310的投影平铺到具有匹配的或至少充分类似的对准的设备104或设备104的组上。在其专有名词意义上,术语“平铺”是指不同尺寸和/或对准的投影或曝光区在衬底100的设备104上方的布置。

[0115] 可由选择曝光区的用户手动地形成平铺,这些曝光区与所选择的集合或组的设备104充分对准。然而,该手动过程较慢并且用户不太可能能够在任何合理的时间量内进行平铺的优化。在更自动化的系统未能找出解决方案的情况下或在实际考虑因素表明应修改自动生成的平铺的情况下,完全或部分的手动平铺是有用的。

[0116] 通过如在步骤902处那样识别要平铺的第一组设备来将曝光区80平铺于在步骤902处识别的组上方。在步骤904处从该组所有可用曝光区(例如曝光区81-90)中选择第一曝光区80。在步骤902和904处选择的组和曝光区可被视为该过程的初始条件。通过改变或扰动这些初始条件,可以修改平铺过程自身的结果。扰动初始条件可涉及任意地选择曝光区80,该曝光区将应用于任意选择的组的设备104。而且,也可如上文所述的那样修改在步骤602处识别的分组。虽然可任意地选择第一曝光区80,但优选的是按预先确定的次序对可用的曝光区80进行排序。这可基于任何期望的特性,但按尺寸的降序排序是有用的。由于曝光操作的效率与曝光区80的尺寸成正比,因此期望确保更大且更少的曝光区80用于平铺在步骤602中识别的组。因此,将优选地从来自该组所有可用曝光区的最大曝光区80开始。

[0117] 在步骤906处通过尝试将所选择的曝光区80配合到所选择的组中来继续该平铺过程。在步骤908处进行曝光区80是否将配合到该组设备内的确定。这可按多种方式进行,包括将曝光区80和该组中的设备104建模为多联骨牌。可旋转和/或平移多联骨牌模型化曝光区80,直到识别配合在其余设备104上方的曝光区80取向和尺寸。只要曝光区80将配合在该组设备上方,就继续该填充或配合过程。在曝光区80将不配合到该组设备104上的情况下,步骤910确定该组设备是否已被完全覆盖。在该组未被曝光区80完全覆盖的情况下,该过程返回到步骤904。在这种情况下,选择不同曝光区80并且配合过程前进至步骤906。需注意,

在已按尺寸对该组可用曝光区80进行排序的情况下,该下一曝光区80将为下一最小曝光区80,但如上所提及,始终可能从该组可用曝光区80中选择任意一个曝光区。继续该过程,直到所选择的组中的所有或基本上所有设备被曝光区80覆盖。步骤910考虑了该组是否已被覆盖,并且在情况是这样时,该过程移至步骤912,该步骤考虑了步骤902中识别的所有组是否已被覆盖。在组仍未被覆盖的情况下,步骤914将该过程移动到下一组设备上。在所有组已被覆盖的情况下,过程900在步骤916处移动到后续衬底(如果有的话)上。还可使用更形式化的平铺算法来生成这些组的设备104的平铺。

[0118] 可对曝光区80在衬底100上的这些组的设备上方的平铺计算得分。该得分可用于确定是否已实现该平铺的阈值,或可用于通过比较过程900的结果的后续迭代来进行优化。可使用的一个得分将仅仅对用于覆盖衬底100的设备的曝光区80的数量进行计数。如将理解的,更大的曝光区80往往更高效,因此平铺中的更少曝光区80将被视为更高效的平铺。另一个得分可涉及考虑与用于覆盖衬底100的设备的每个曝光区80相关联的成本。例如,可将权重分配给每个曝光区阵列尺寸,以使得更低效的平铺将比更高效的平铺得分更高。在该示例中,与尺寸成反比的乘数可应用于每个曝光区阵列尺寸的计数。得分相应地在曝光区阵列尺寸更小时比曝光区阵列尺寸更大时增加得更快。可按类似方式应用其他成本。例如,使用具有规则矩形形状的曝光区80按理更简单。更复杂的曝光区阵列形状诸如图8中的曝光区88、89和90可能需要复杂的掩蔽操作或甚至可改变的附加光罩。在这种情况下,虽然此类复杂形状的使用可在一些情况下保证曝光区的更准确对准,但这些更复杂的形状的使用可能不受欢迎,因为采用这些曝光区阵列形状需要额外时间。于是得分可能为:得分 =  $\Sigma$  (成本  $\times$  每个曝光区阵列尺寸的计数)。可将该得分与阈值进行比较,其中得分低于预先确定的设定阈值的任何平铺立即可接受。另选地,可记录该得分并将该得分用于优化目的。

[0119] 在一个实施方案中,建立了等于使整个衬底100曝光所需的曝光区80总数的得分。之后,从不同初始选择的组的设备104开始重新运行上述分组过程。将曝光区80配合到后续组并且记录新得分。继续该过程达预先确定的迭代次数或直到获得某个阈值得分。在该实施方案中,最低得分(最少曝光区)识别最优解。在另一个实施方案中,生成基于曝光区的总数和每个曝光区的复杂性的得分。该类型的得分可涉及对界定每个曝光区80所需的线段总数进行求和。考虑到具有正方形和矩形形状的规则阵列更易曝光,更少的边界线段可指示更简单且更高效的解决方案。在又一个实施方案中,曝光区80的每个平铺的得分可由曝光区的数量、每个曝光区中的设备的数量和界定每个曝光区所需的线段的数量的组合形成。此处的想法是具有更简单、更规则形状的更少且更大的曝光区比更多的曝光区更好,其中每次曝光的设备更少并掩蔽要求更复杂。

[0120] 在一个实施方案中,将曝光区80平铺到衬底100的设备104上的优化可被表征为分枝定界优化问题。在这种情况下,将过程900进行多次,在每种情况下,起始条件的一些变化或如何选择曝光区可用于生成给定衬底100的另选平铺解决方案。对每种另选平铺解决方案进行评分和比较。可为任何给定组的设备或任何期望的曝光区阵列尺寸或配置进行该类型的优化。继续优化直到已达到迭代时间或次数的任意极限,然后选择最优解。另选地,继续优化直到满足某个预先确定的阈值。这种阈值可基于客观确定的得分或可启发式地基于系统300的用户的经验。又一个优化极限可为最小值(局部或全局)的识别。

[0121] 过程600中的下一步是使用在步骤604处确定的平铺来确定用于使衬底100上的设

备104曝光的路径。该路径寻找步骤606可被表征为旅行商型问题,但优选地一些简化将用于减少可涉及识别最优路径的计算开销。确定用于衬底曝光的路径的一种方法是使用贪婪启发法。贪婪启发法涉及始终将具有最低成本的段选择为下一路径段。与曝光区80平铺到衬底100上的优化一样,成本可包括客观距离测量以及与因修改对准、改变光罩或在光罩上掩蔽曝光区阵列所引起的开销相关的时间因素。继续该过程直到生成所有曝光区80将已被访问和曝光的程式。

[0122] 可再次使用分枝定界方法进行用于曝光的路径的优化。需注意,也可使用其他优化技术。在实现分枝定界方法中,贪婪启发法将被中断而使得在沿着显影路径的某点处作出不太理想的选择。在扰动贪婪启发法中,可识别不同局部最小值/最大值路径。这可通过简单地从多个不同初始曝光区80开始来实现。另选地,在使用贪婪启发法使路径显影期间的任何点处,可选择更昂贵的路径段,贪婪启发法在扰动之后再次被使用。在每种情况下,出于如上所述的比较和优化目的,确定得分。就路径而言,要被最小化的关键特性是时间。在这种情况下,得分可呈现从一个曝光区80到另一个曝光区的行进时间连同可能引起的附加时间的核算一起的概要形式,该附加时间诸如为掩蔽或改变光罩或修改曝光区80的对准以匹配设备104所需的时间。比较使用分枝定界型优化方法生成的路径的得分并且选择最优值。如上所讨论,满足预先确定的时间阈值的第一路径、在设定时间或计算极限内获得的得分最佳的路径、或局部或全局最小值或最大值可被选择为最优路径。

[0123] 作为另外的示例,用于使半导体衬底100曝光的程式的建立为迭代过程。识别类似对准的设备104的组的平铺过程可进行很多次,每次迭代产生设备104的不同分组。可对不同分组中的每个分组执行平铺,以使得类似对准的设备的每个分组具有配合到其上的曝光区80。同样,可为相应分组中的每个分组生成多个平铺。此外,可为多个平铺中的每个平铺生成多个路径。为了识别最优程式,为平铺和路径生成得分。这些得分也可生成为平铺和路径的相应得分的组合。可以理解,该过程在计算能力方面可能较昂贵。因此,通常期望在数值上(例如,不超过约500次迭代)或在时间上(例如,不超过约5分钟计算)任意地限制迭代次数。还可为这些得分设定阈值,一旦前瞻性程式满足该阈值,就将终止该建立过程。

[0124] 可各自单独地优化以上识别的步骤604和606。还可以一起优化这些步骤,特别是在这些步骤连续地进行的情况下。例如,可为曝光区80的新生成的平铺布置确定路径,之后将曝光区80的第二平铺布置连同相关联的路径一起确定。由于给定平铺中的曝光区80的数量与跟随访问这些曝光区中的每个曝光区的路径所需的时间直接相关,可使用路径得分来识别用于光刻程式的合适平铺/路径。并且,如上所表明,还可使用良率和生产量来生成基于收益的得分。

[0125] 图10和图11中示出了另一种用于生成光刻加工程式的方法。图10中示出了该方法的一般方法1000。该方法省略了上述按对准对设备进行分组的概念,转而直接前进至将曝光区80平铺到衬底100的设备104上。如该方法中所用,术语“区域”应用于将被曝光区80覆盖的区域。区域为与对准在其上方的曝光区80大致相同的尺寸,但由于区域可被细分,该术语不应被视为与术语曝光区或视场相同。方法1000从初步步骤1002开始,在该步骤中确定该区域是否尚未被平铺。应当理解,该步骤是用于确保平铺过程在完成时结束的逻辑步骤。在区域仍然要被平铺的情况下,在步骤1004处选择第一区域或可能下一区域。然后选择具有最大面积的曝光区,该曝光区可应用于所选择的区域以实现最佳生产量。然后在步骤

1006处将所选择的曝光区象征性地放置在该区域上方,并且在步骤1008处确定所选择的曝光区与其区域的最佳配合。基于所确定的最佳配合,在步骤1010处计算该区域、曝光区和配合的组合的预期良率。预期良率是组成曝光区的图案是否足够充分对准的评估以合理地输出可接受质量的IC设备。在一个实施方案中,在整个曝光区内逐一设备进行该预期良率评估,并且结算满足预先确定的对准标准或要求的设备104总数的百分比。使用该结算,确定曝光区的累积预期良率,并且在该预期良率可接受的情况下,该区域被视为已被成功平铺/对准并且记录该曝光区以用作曝光程式的一部分。一旦识别成功的曝光区,就将该曝光区建立为该程式的一部分并且该过程将返回到步骤1002以确定衬底100的所有区域是否已被平铺。在所有区域已被平铺的情况下,该过程将在步骤1014处前进至下一衬底(如果有的话)。图11a和图11b示出了曝光区80应用于区域1020,其中对准/良率可接受。在图11a中的曝光区80内,用于仅单个设备104'的对准被视为超出规格,因此良率相对较高,为大约98%。因此,图11a中曝光区80应用于的区域1020被视为已被成功平铺并且该过程已移至如图11b中所见的后续区域1020。

[0126] 在区域、曝光区和对准的给定组合不满足预先确定的良率要求的情况下,过程1000将从步骤1010前进至步骤1012,在后一步骤中,将所选择的区域分成一个或多个子区域。如图11b中所见,相对更大数量的设备104'不在对准规格以内。在该示例中,良率将为大约90%。假设该良率值不可接受(例如,在良率阈值已被预先确定为大约92%的情况下),区域1020将被分成越来越小的子区域直到满足良率阈值。这通过以下方式实现:迭代进行步骤1004至1012,直到获得期望的良率值。

[0127] 步骤1012涉及将曝光区80分成覆盖区域1020的一个或多个小曝光区80'。如上所提及,期望使用可应用于区域1020的最大曝光区开始过程1000。这是由于使用更大曝光区的相对效率。在图11c中,将首先选择的曝光区替换为两个更小的曝光区80'。需注意,图8所示的曝光区81-90中的任何曝光区等可用作过程1000的一部分。

[0128] 如图11c中所见,覆盖子区域1022的上部曝光区80'具有大约84%的良率,这低于95%的示范性阈值。覆盖子区域1022中的另一个子区域的下部曝光区80'具有大约97%的良率。因此,下部子区域1022将被接受为已被成功平铺,而上部子区域1022将在步骤1012处被进一步细分。如图11d所示的那样继续该过程,其中所有区域和子区域已与所选择的曝光区进行平铺,使得每个曝光区具有超过预先确定的良率阈值的基于对准的良率。

[0129] 在一个实施方案中,可应用启发法以进一步增加系统300的生产量。例如,图11d中的最右上子区域80'包括设备104的4×4阵列,当由4×4曝光区寻址时,这些设备之一不能与这些设备的其余部分充分对准。如果良率阈值被设定为95%,则将再次细分该子区域,直到区域/子区域、曝光区、其对准和良率阈值之间存在一致性。这可产生多个额外曝光区,从而降低生产量。可将单独逻辑回路应用于图10的过程以评估是否可为了增加系统300的生产量而放弃一个或多个设备104'。例如,考虑到衬底100的良率阈值为95%,只要保持衬底100的总良率,就可能丢弃难以与其周围设备104相符的原本良好的设备104'以减少使衬底100完全曝光所需的曝光区的数量。这将增加系统300的生产量,同时保持良率要求。需注意,这种类型的启发法可在每次区域被细分成子区域时持续不断地应用(在通过良率阈值时停止)或在整个衬底已与曝光区80进行平铺之后全局地应用。也可应用其他此类启发法以修改良率或生产量或两者的某种组合。这种类型的启发法可基于某种质量度量/期望的

最终用途或甚至在超过一种类型的IC设备104包括在衬底100上的情况下结合各种设备104的相对值。

[0130] 本领域技术人员应当理解,解决难题诸如在每次提出问题时从第一原则出发将视场或曝光区平铺在设备组上方是资源密集型的。最终减轻计算工作负荷的一种方式是在为每个衬底生成解决方案时将这些解决方案保留到视场平铺解决方案。被称为动态编程的该技术允许使用先前生成的解决方案而不是每次计算新的解决方案。假设衬底上的设备的对准的系统性误差在许多衬底中的各衬底间是类似的,用于将视场布置在第一衬底的设备上方的平铺解决方案应提供用于将视场平铺在后续衬底的设备上方的至少部分解决方案。通过对准问题的预先存在的解决方案不满足既定标准的那些区域中生成一个或多个最优视场的对准解决方案来调整连续衬底上的设备的对准的随机误差。

[0131] 在实践中,本发明的一个实施方案可涉及使用预先存在的对准程式作为起始点。在该方法中,可比照正在分析的衬底上的设备的对准信息来测试每个预先存在的视场尺寸、形状和取向。在预先存在的视场不满足正在分析的衬底的设备的预先确定的对准标准的情况下,搁置这些设备并且该过程前进至下一预先存在的视场。如所述的那样继续该过程,直到已相对于正在分析的衬底的设备测试了所有预先存在的视场。在所有经评估的视场满足预先确定的标准的情况下,预先存在的程式(其包括视场尺寸、形状和对准信息)可用于正在评估的衬底的曝光。在已搁置设备的情况下,如上所述的对准算法用于确定其余设备的可接受的对准和视场。继续该过程直到所有设备104与正确对准的视场进行平铺。需注意,在一些情况下,如上所表明,可从曝光过程完全省略一个或多个设备,只要对整个衬底这样做满足对准和良率的预先确定的标准即可。

[0132] 除了使用第一衬底的预先存在的对准程式来布置或可能预先解决连续衬底的一些对准问题之外,还可使用建立的对准和视场布置解决方案的库。虽然很可能仅基本上类似的衬底(例如,来自类似或相同批次或产品系列并具有相同尺寸、间距和设备尺度的衬底)可被证明可用于在动态加工中确定对准,但甚至迥异的衬底的对准也可提供衬底上的一些或甚至所有设备的对准解决方案。

[0133] 图12示出了根据一个实施方案的用于实施本发明的云通信布置。在使用中,数据向用于形成衬底的系统(或工具或机构)1200、用于进行检查并确定衬底上的设备的对准的系统1204和用于在衬底上执行光刻的系统1202来回流动。虽然系统1200、1202和1204之间的直接连接是可能的,但优选的是利用标准联网或云通信系统1206来促进通信。此外,通过使用诸如所示的云布置,系统1200、1202和1204可彼此在地理上远离。考虑到可在地理上转移衬底100以在不同设施处加工,系统1200、1202和1204也可按暂时隔开的方式执行功能。如本申请的其他地方所提及,可按任何可用的格式记录数据,但XML通常是优选的。

[0134] 可使用数字电路或使用一个或多个计算机来实现本文所述的系统、装置和方法,该一个或多个计算机使用熟知的计算机处理器、存储器单元、存储设备、计算机软件和其他部件。通常,计算机包括用于执行指令的处理器以及用于存储指令和数据的一个或多个存储器。计算机还可包括或耦接到一个或多个大容量存储设备,诸如一个或多个磁盘、内部硬盘和可移动磁盘、磁光盘、光盘等。

[0135] 应当理解,用于在其加工中在衬底上至多所有点处形成IC设备的工具和装置在很大程度上是计算机控制的。并且,虽然这些装置可各自彼此独立地工作,但通常情况下,这

些装置通过各种类型的网络来连接。这样,可远程地控制和监测其操作。数据和指令手动输入到这些装置尽管是可能的,但被弃用,转而支持使用自动化程式创建方法并且甚至重新利用来自类似、预先存在的衬底或产品的预先存在的程式。在更优选的实施方案中,涉及测量衬底100上的设备104的对准、将设备104布置到模塑件中以形成复合衬底、或作为光刻过程的一部分来使设备104曝光的每个装置具有与之相关联的计算机,该计算机处理该装置自身的操作并且还处理通过标准或待实现的通信系统来与其他计算机、服务器、网络、数据库、存储介质或基于云的计算系统的通信/数据传输。远程计算机或系统可协调上述装置的操作以高效地产生集成电路设备104。在一个实施方案中,连接到网络的服务器保持程式储存库,如上所提及,该程式储存库是用于单独地或彼此相结合地操作该装置的指令集。程式可按任何可用的格式以电子方式表示,但是已发现XML和各种TXT文件格式是可用的。

[0136] 除了通常用于指示装置加工多个衬底100的程式之外,以本地或分布式方式与装置相关联的各种计算机可创建、修改和保留涉及关于单独衬底100的数据的结果文件。这些结果文件可构成集中式数据库或单独计算机文件。在任一种情况下,当加工衬底100时,更新数据库或单独计算机文件。这些数据库或计算机文件可包括数据诸如与每个衬底100相关的文本、数值和/或图像数据。该数据可涉及整个衬底100、单独设备104或设备104的组、相对于衬底、设备或设备组实施的单独过程。根据用户的判断,结果文件可包括已相对于设备104进行的从创建到完成的每一事项的完整记录。与往常一样,可使用该概念的其他变型。重要的是结果文件可用于记录衬底100的单独设备104的对准的事实。这些对准可由作为系统的一部分或连接到系统的各种计算机用来实施任何前述方法或过程。在装置重复地加工衬底100及其设备104时,可迭代地使用这些结果文件来记录该衬底及其设备的进度。

[0137] 图16示出了用于光刻加工的系统。系统1610包括检查系统1612和光刻系统1614。检查系统1612和光刻系统1614如本文所述的那样工作。计算单元1616包括处理器1618、存储器1620、输入/输出设备1622和软件1624。处理器1618可为一个处理器或多个处理器以及专门处理器。存储器1620是计算机可读介质,诸如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、磁盘驱动器和固态驱动器或这些的任何组合。输入/输出设备1622包括用于与检查系统1612、光刻系统1614通信以及通过使用键盘、鼠标或其他输入设备及用于显示信息的屏幕来与用户通信的界面。软件1624包括可在处理器1618上运行的可执行文件、固件和/或指令。计算衬底上的设备的标记和套刻误差的映射软件可为软件1624的一部分。软件1624还可包括用于操作检查系统1612和光刻系统1614的指令。检查系统1612和光刻系统1614可向计算单元1616传送数据和指令,该计算单元可通过其输入/输出设备1622来接收该数据和指令。

[0138] 图17示出了用于光刻加工的分布式系统。分布式系统包括检查系统1710、光刻系统1712、服务器1714和通信线路1716。检查系统1710和光刻系统1712如本文所述的那样工作并且各自包括如本文所述的计算单元1616。服务器1714包括计算单元1616并且可用于运行和存储映射软件,该映射软件计算衬底上的设备的标记和套刻误差。服务器1714可为云计算系统、远程服务器或本地服务器的一部分。检查系统1710和光刻系统1712可通过通信线路1716传送数据和指令。该数据可包括来自检查系统1710的测量结果和光刻系统1712的映射信息。在一些实施方案中还可通过通信线路1716发送关于要对套刻校正进行的调节的指令。在其他实施方案中,光刻系统1712中的计算单元1616可生成光刻系统要对套刻校正

进行的调节。

[0139] 构成该系统的一部分或连接到该系统的计算机可包括通用和专用微处理器或中央处理单元 (CPU)，它们可单独地使用或彼此按任何合适的线性或平行布置来组合使用。在如本领域技术人员所理解的正常过程中连接并使用各种类型和数量的数据存储设备，诸如随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、磁盘驱动器、固态驱动器等。输入/输出设备 (诸如键盘、鼠标、平板电脑、打印机、扫描仪、显示屏等) 被类似地包括并且以其充分理解的容量使用。

[0140] 前述具体实施方式应被理解为在每个方面都是说明性和示例性的而非限制性的，并且本文所公开的本发明的范围不应由具体实施方式来确定，而是由根据专利法所允许的全部广度来解释的权利要求来确定。应当理解，本文示出和描述的实施方案仅说明本发明的原理，并且在不脱离本发明的范围和精神的情况下，本领域技术人员可实现各种修改。在不脱离本发明的范围和精神的情况下，本领域技术人员可实现各种其他特征组合。

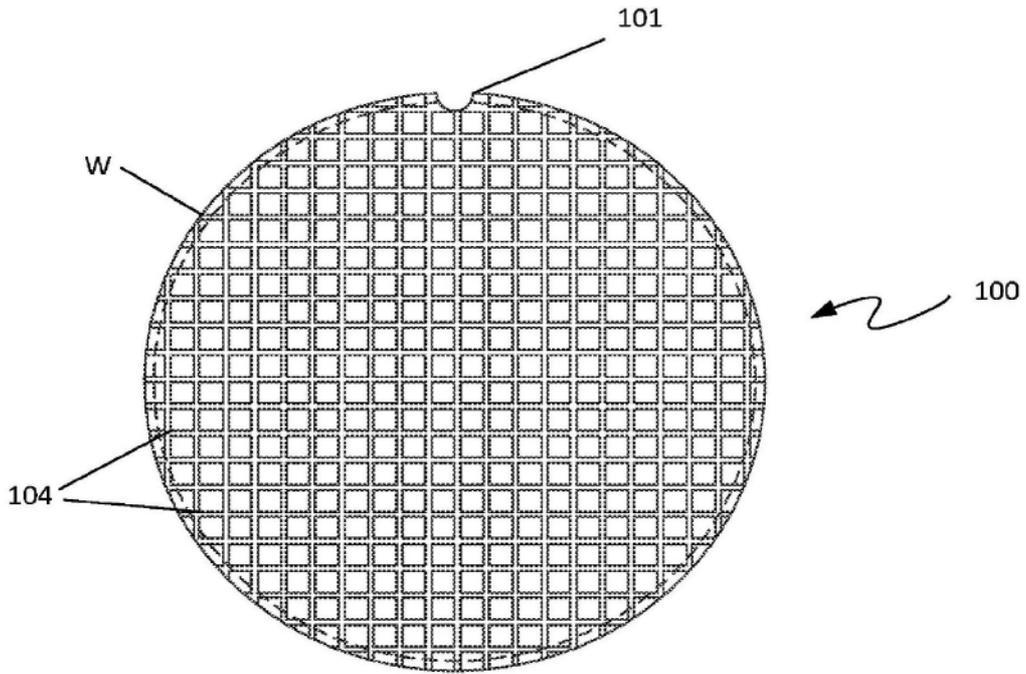


图1A

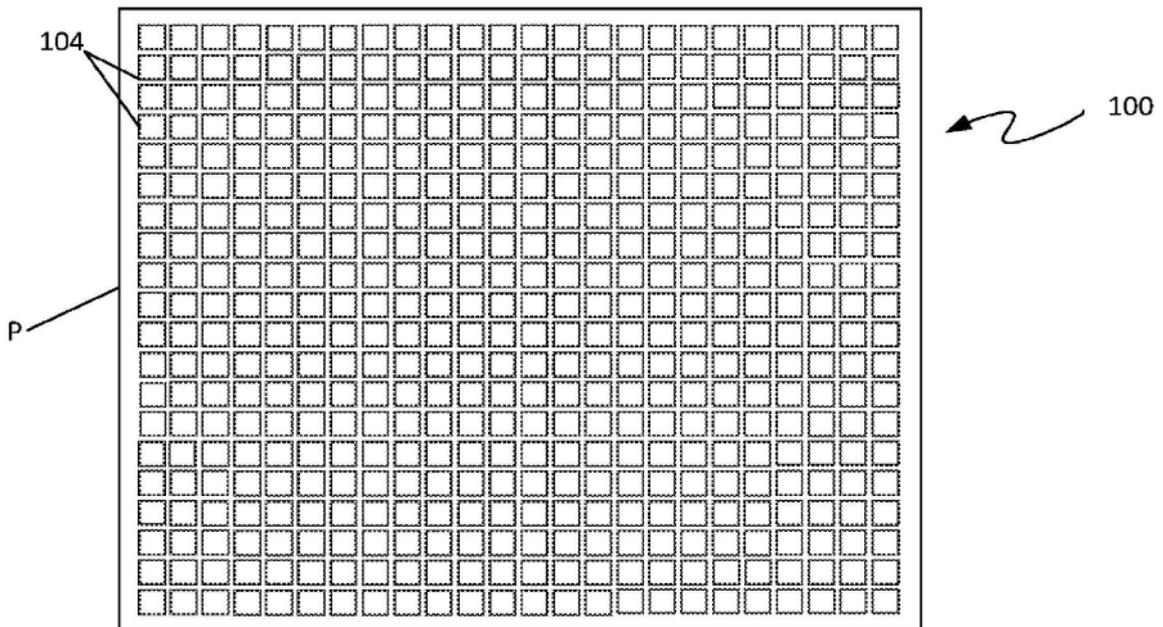


图1B

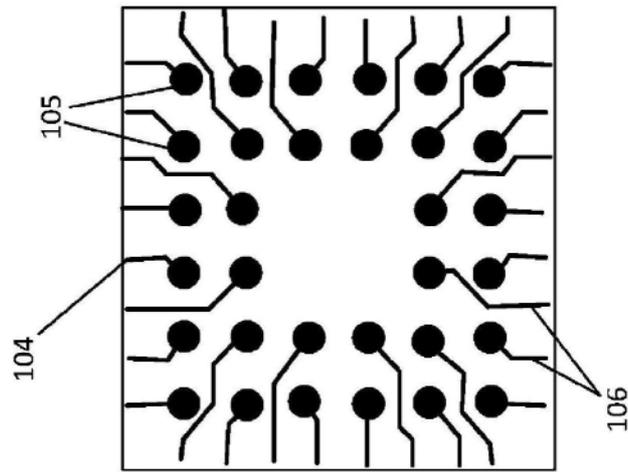


图2a

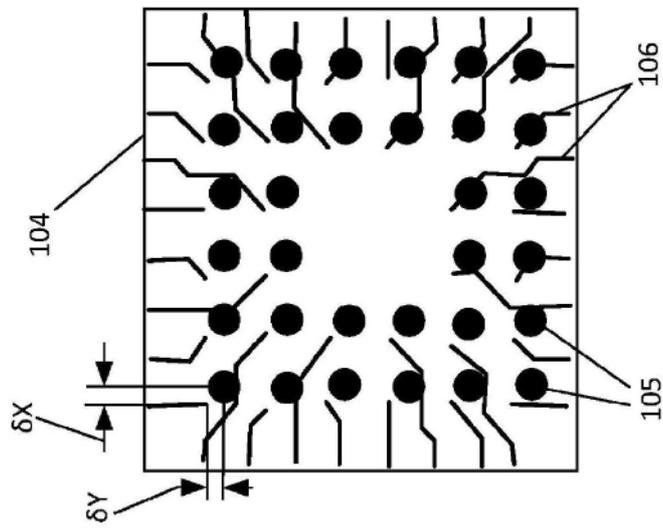


图2b

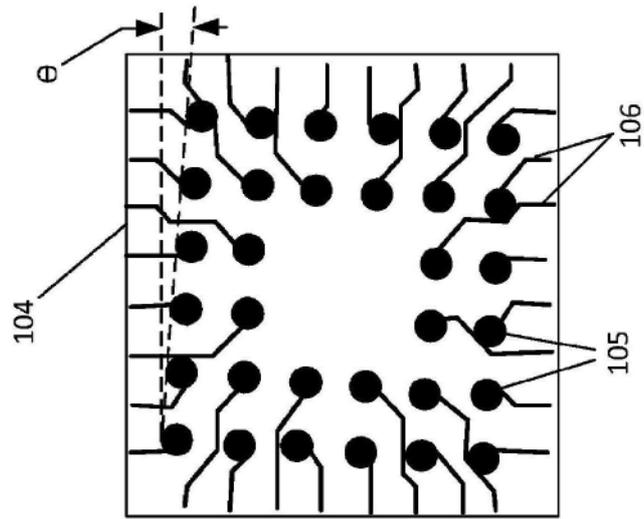


图2c

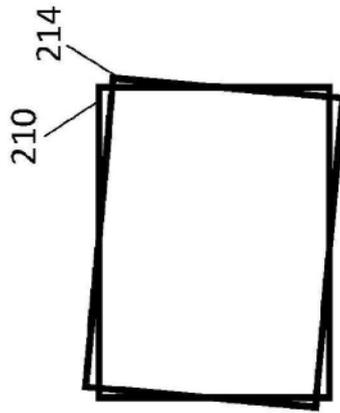


图2C

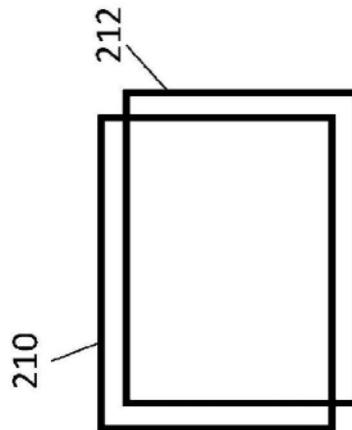


图2D

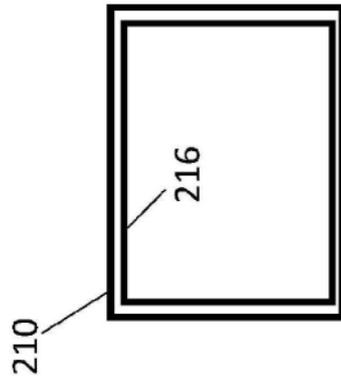


图2F

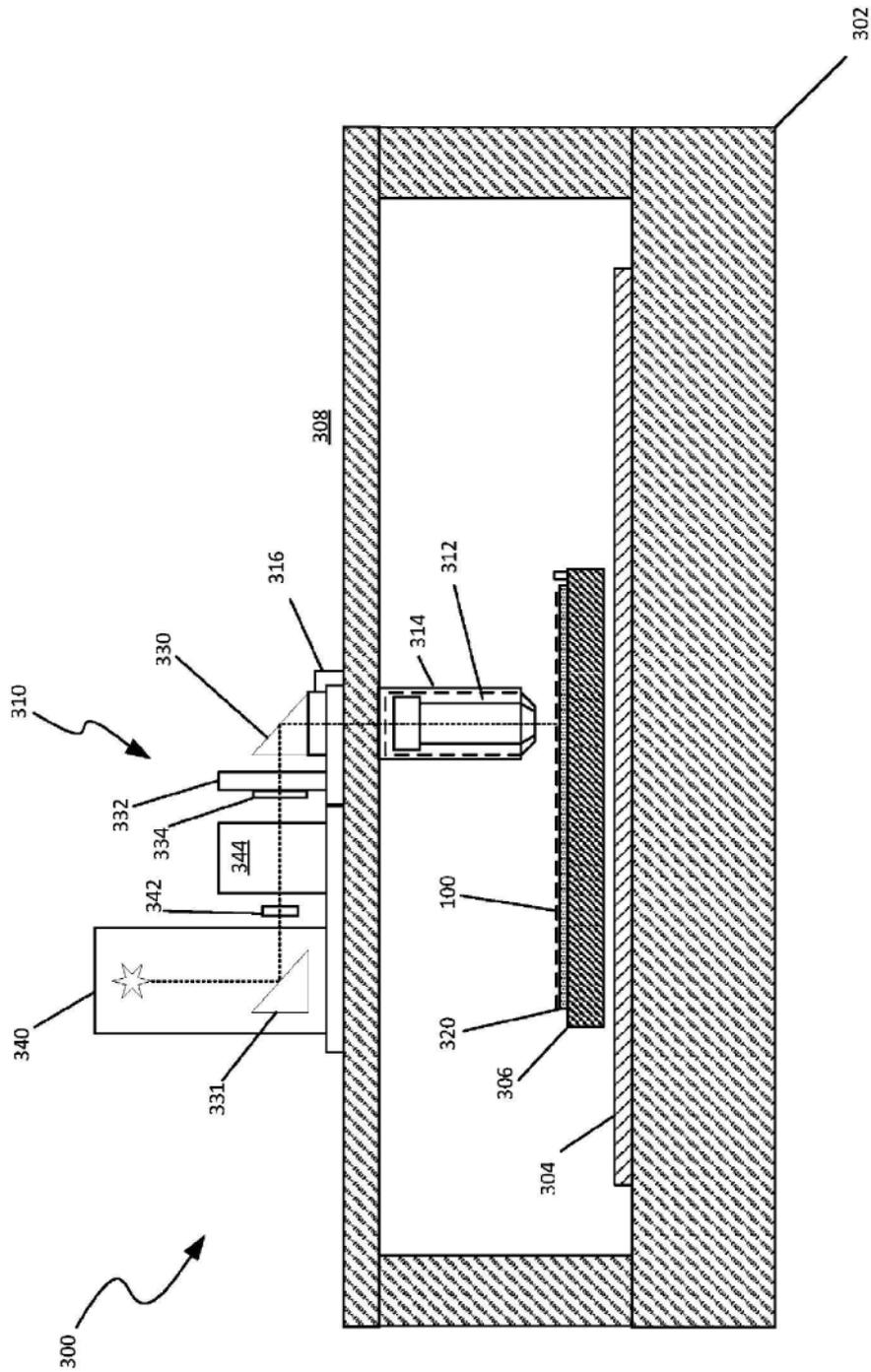


图3

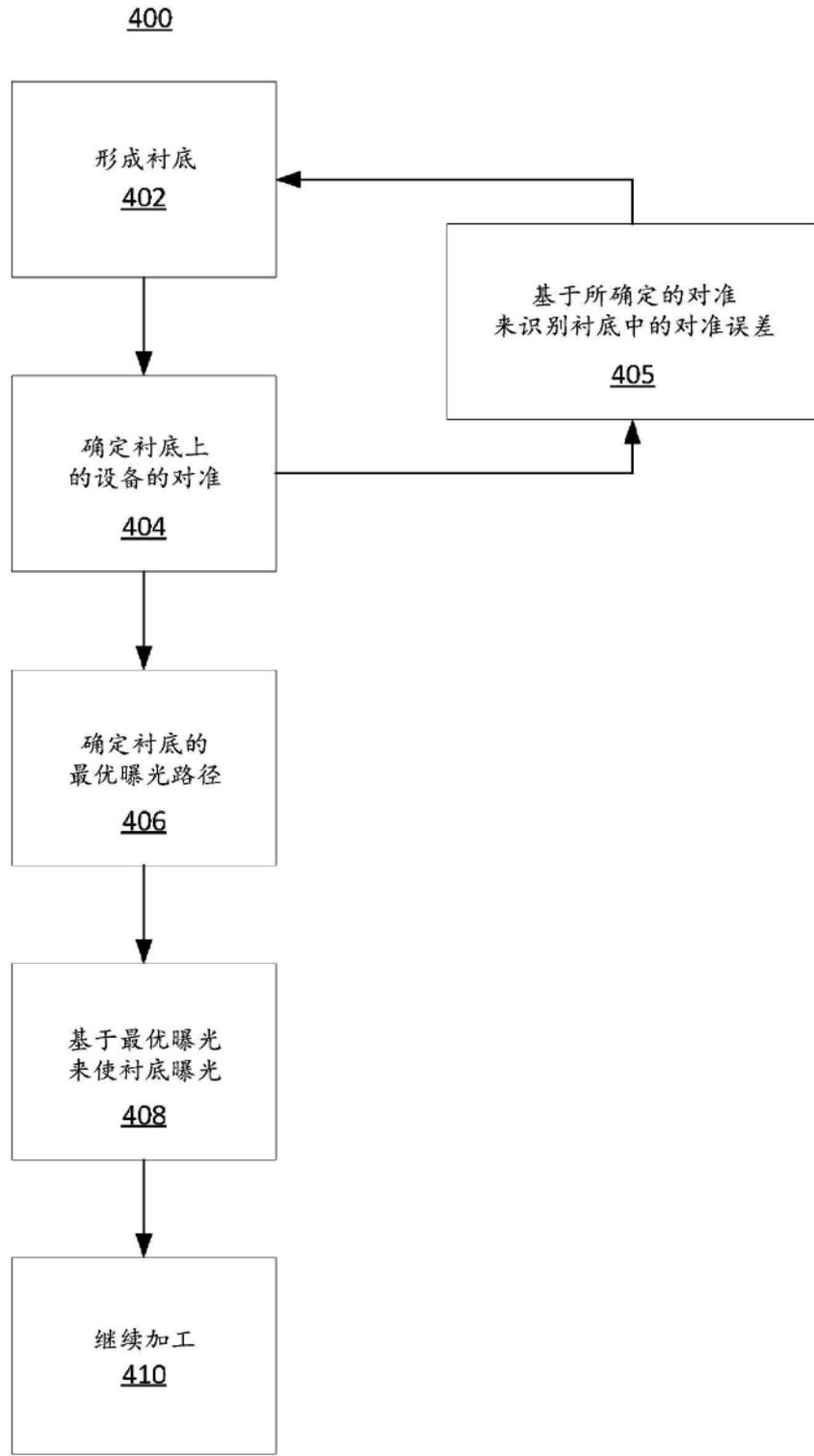


图4

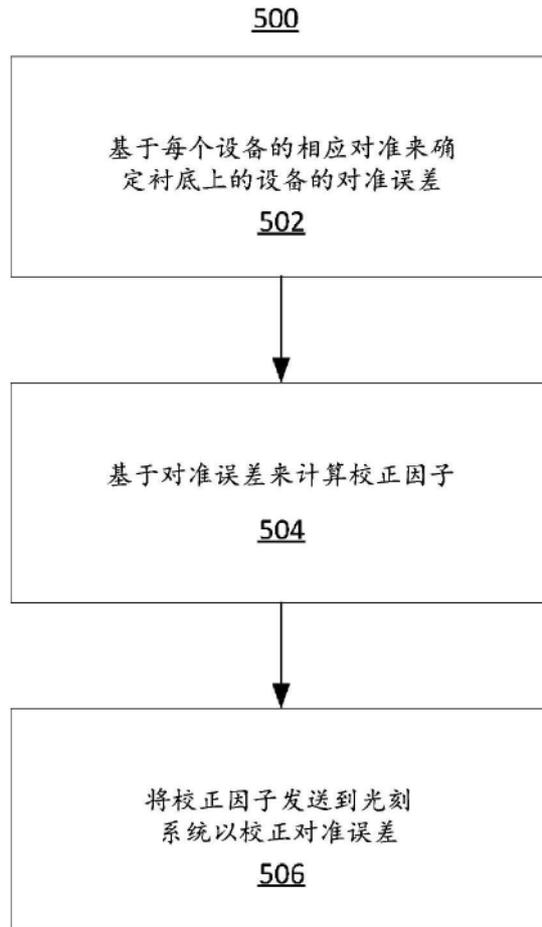


图5

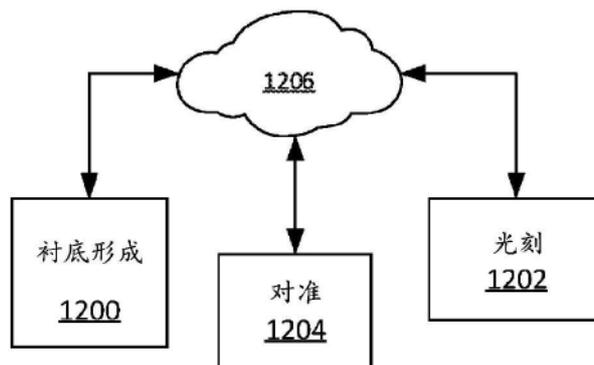


图12

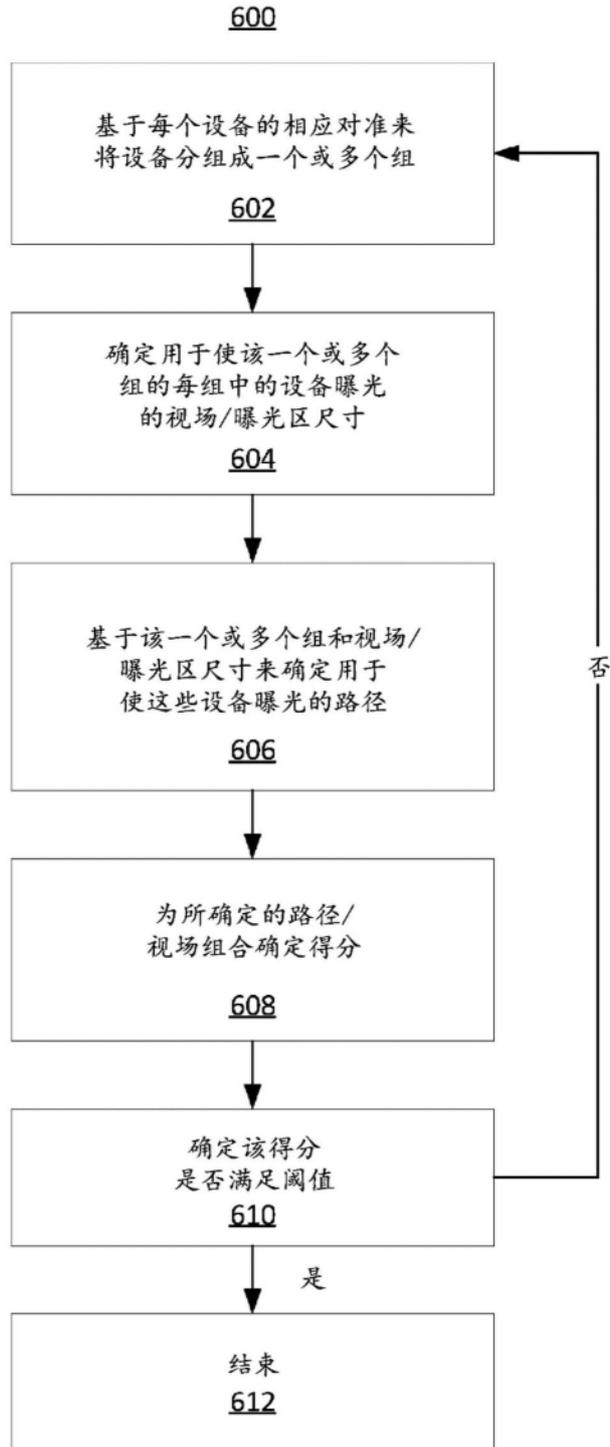


图6

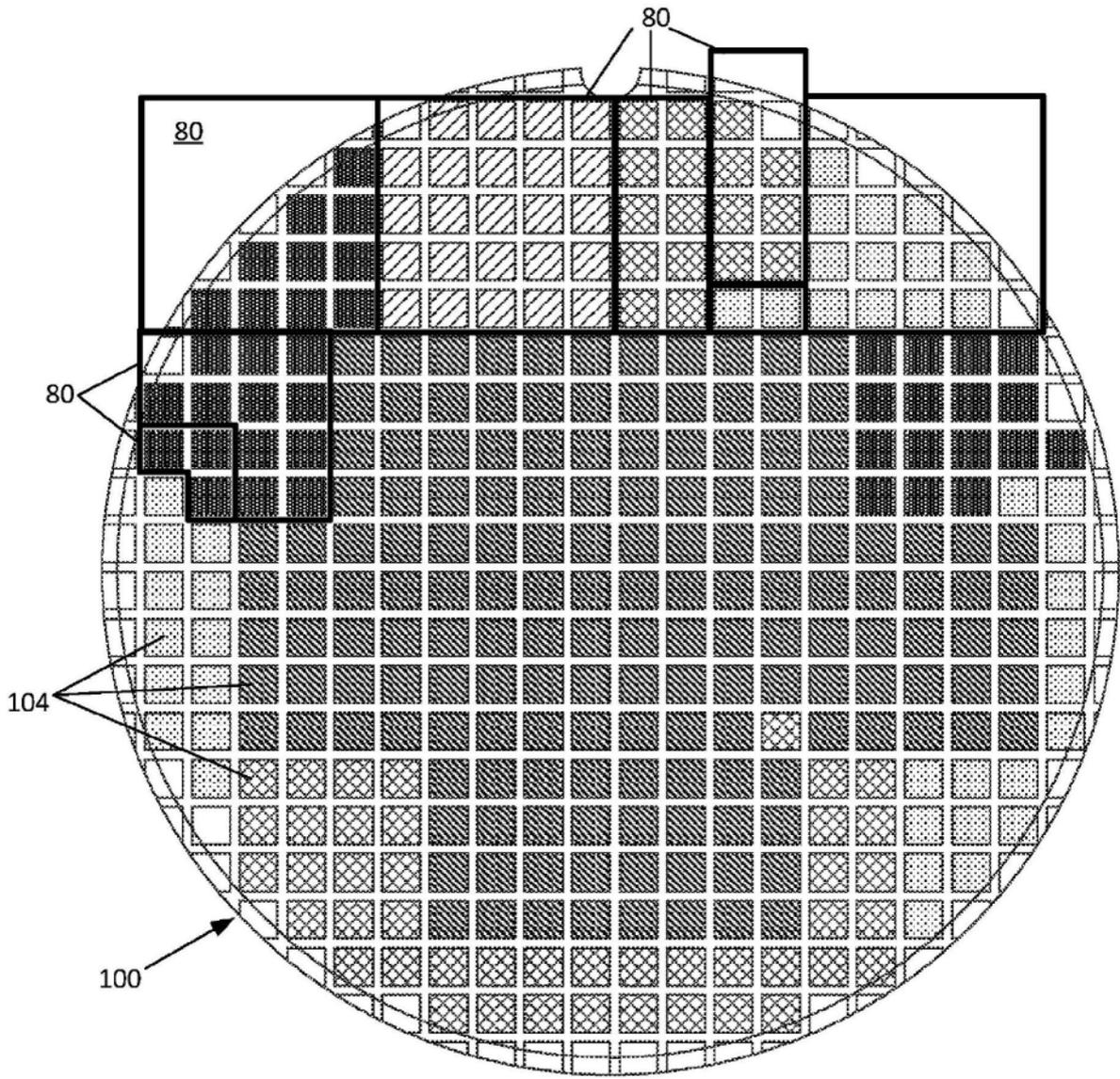


图7

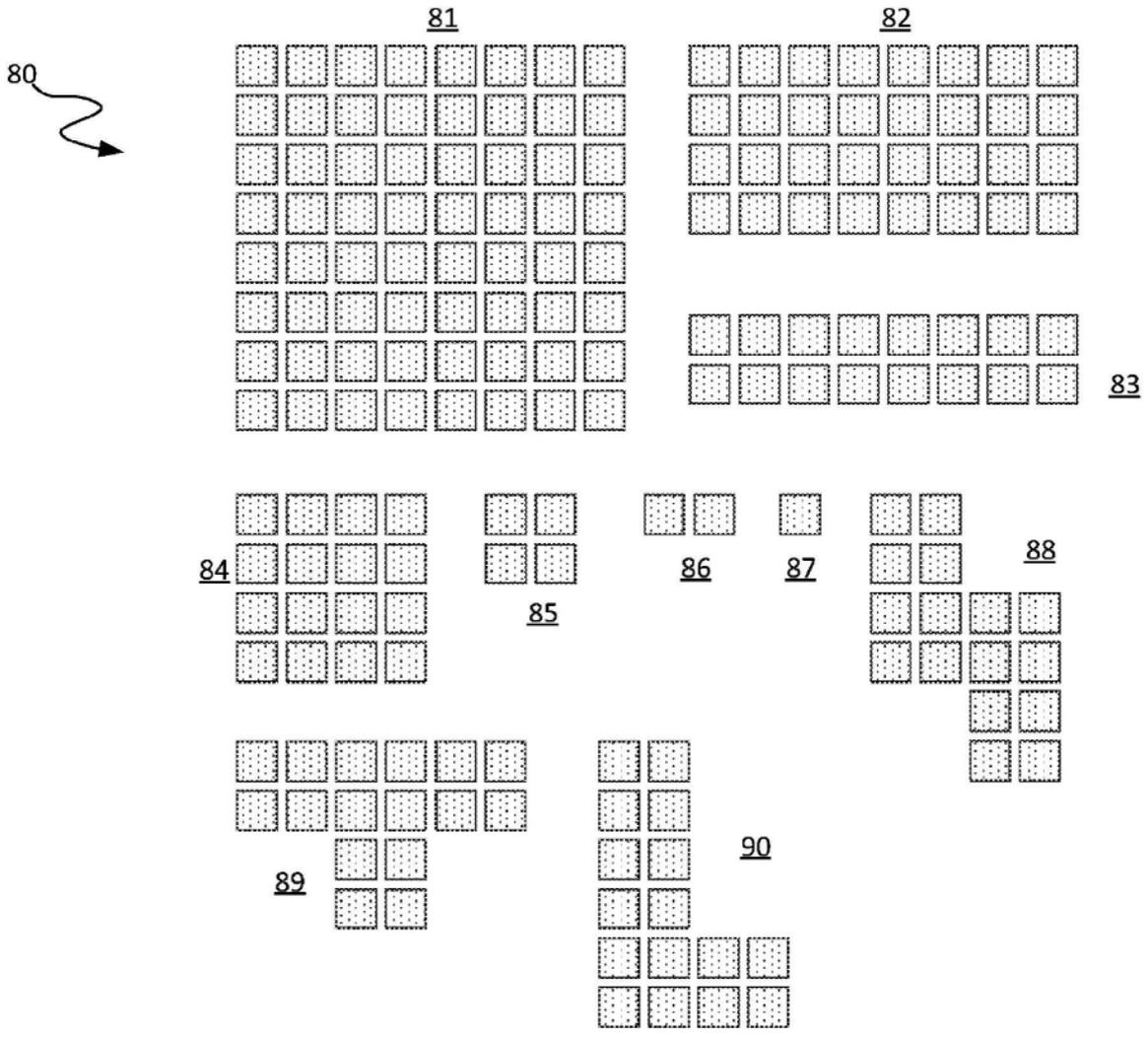


图8

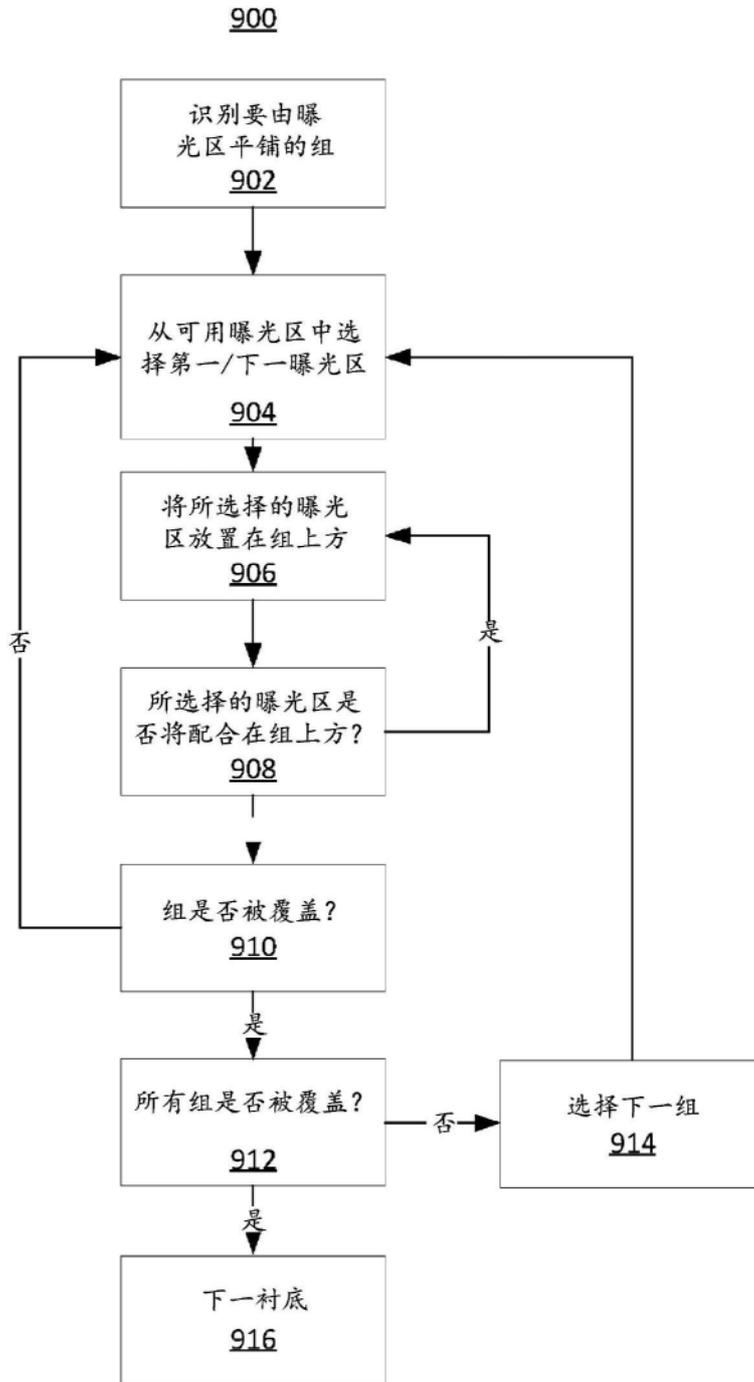


图9

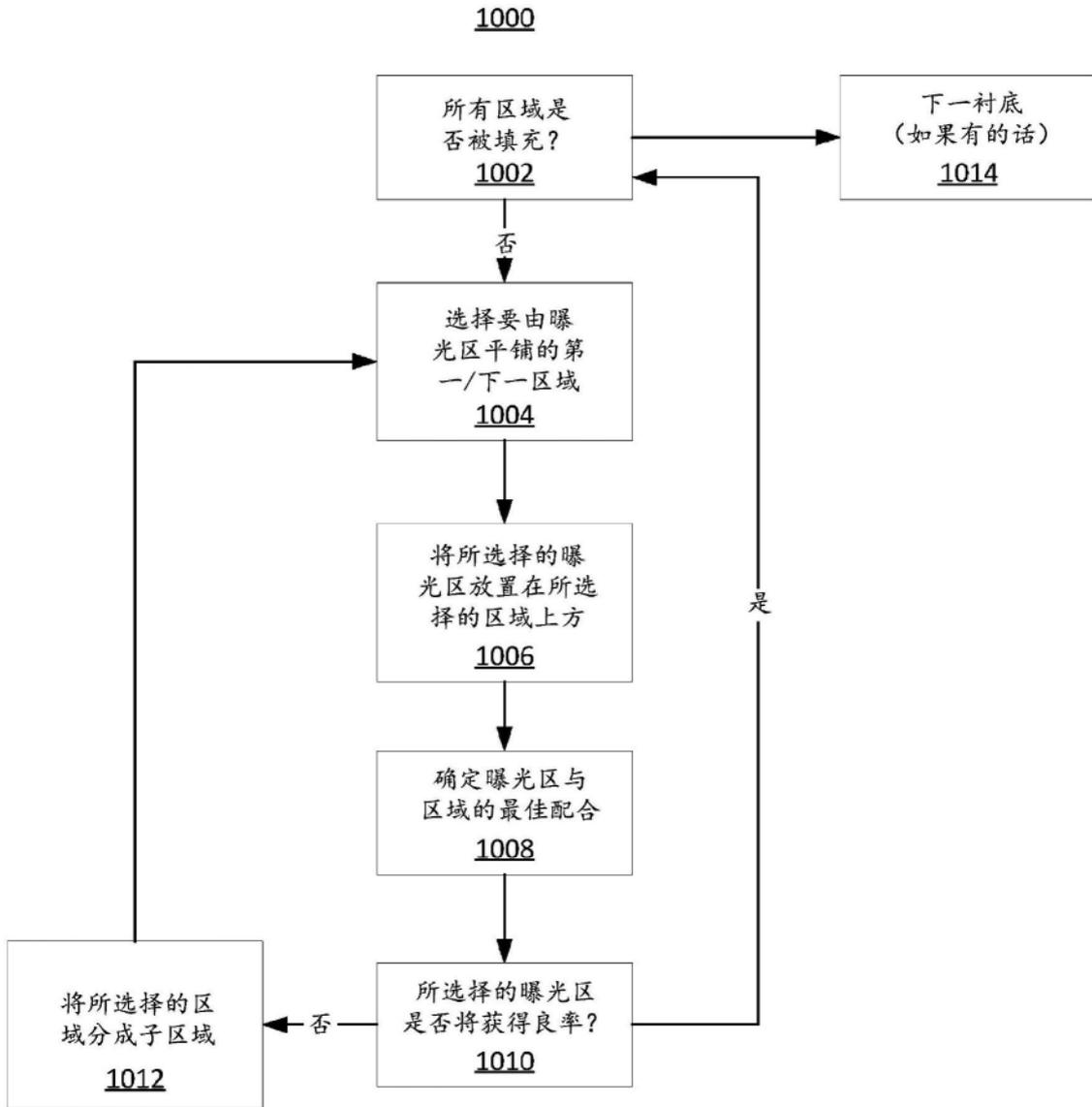


图10

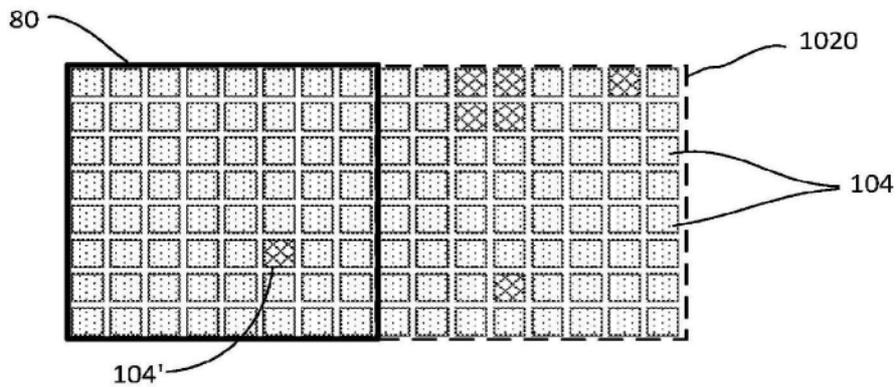


图11a

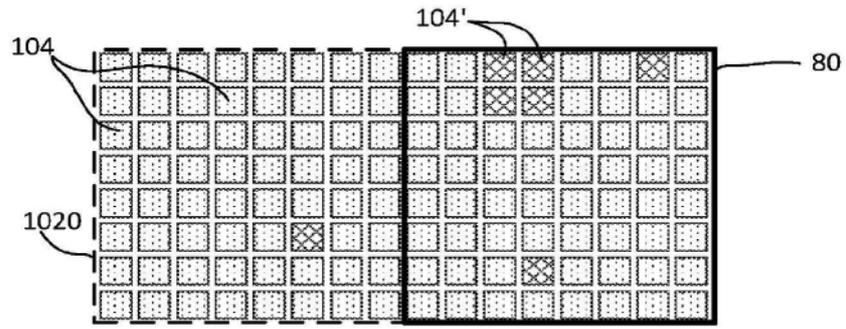


图11b

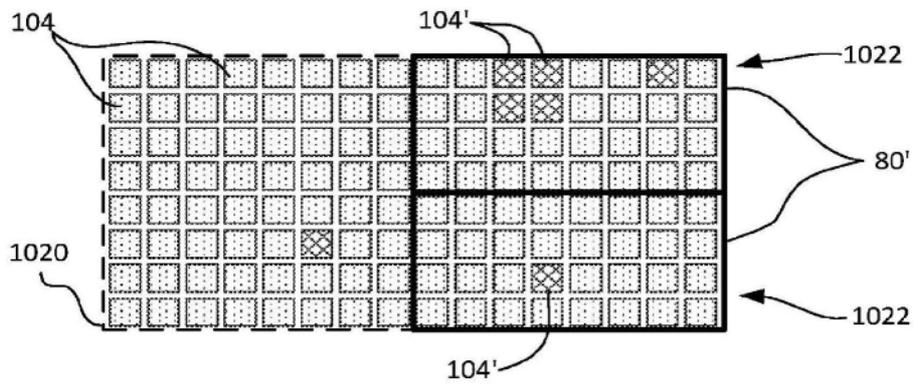


图11c

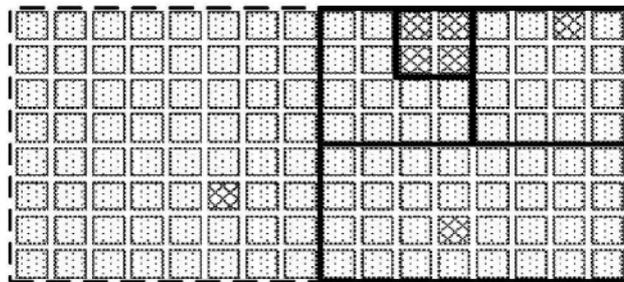


图11d

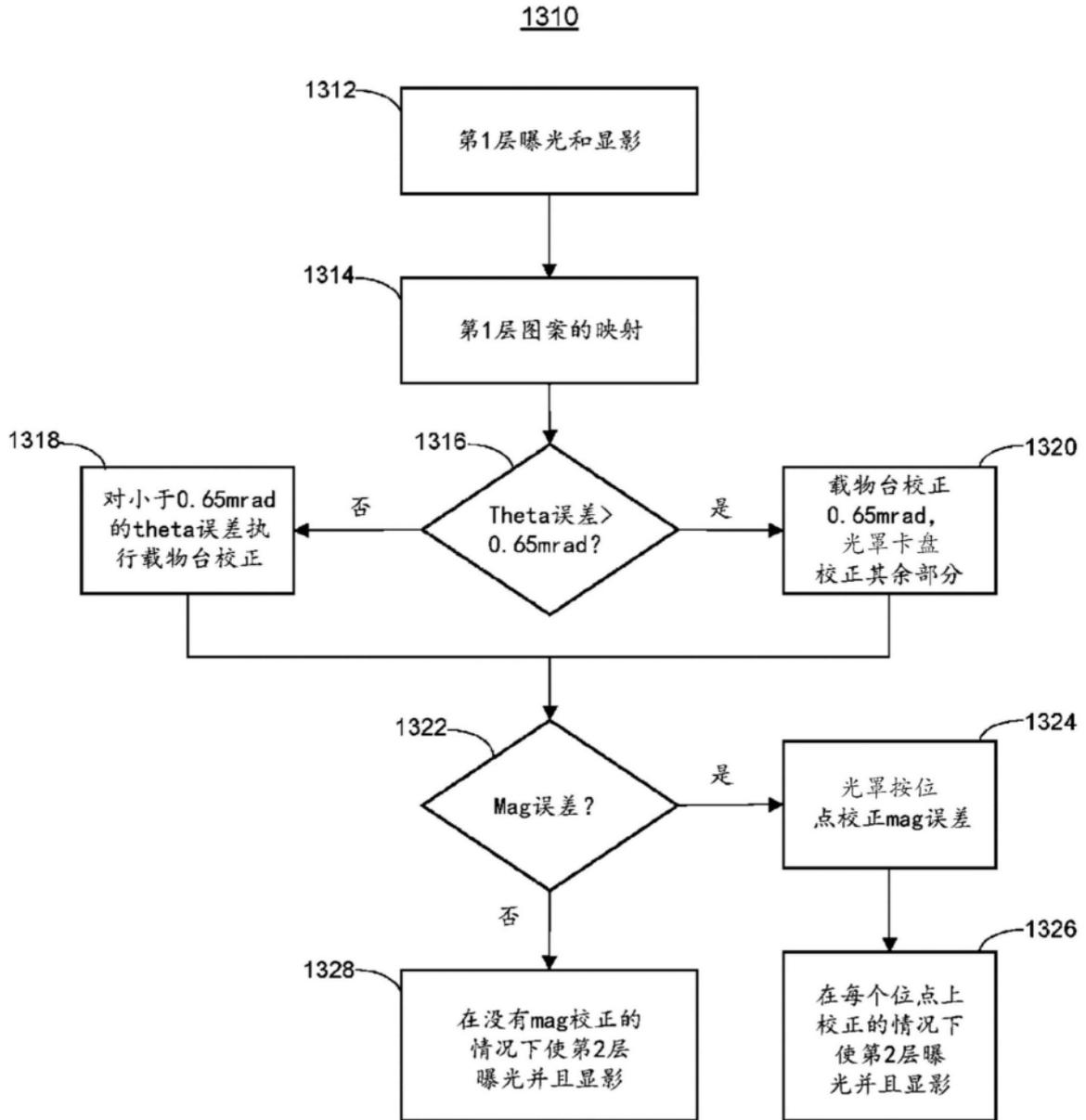


图13

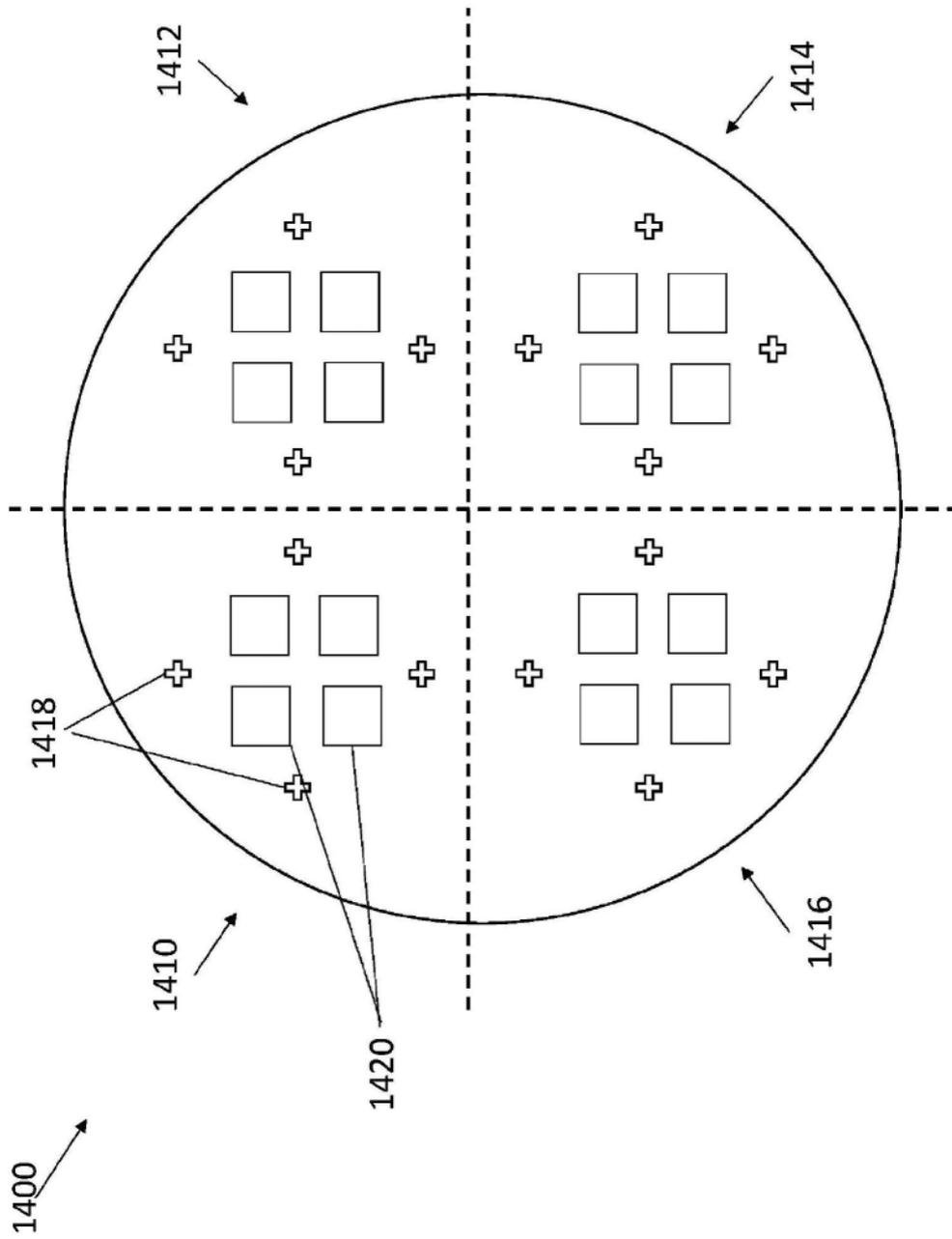


图14

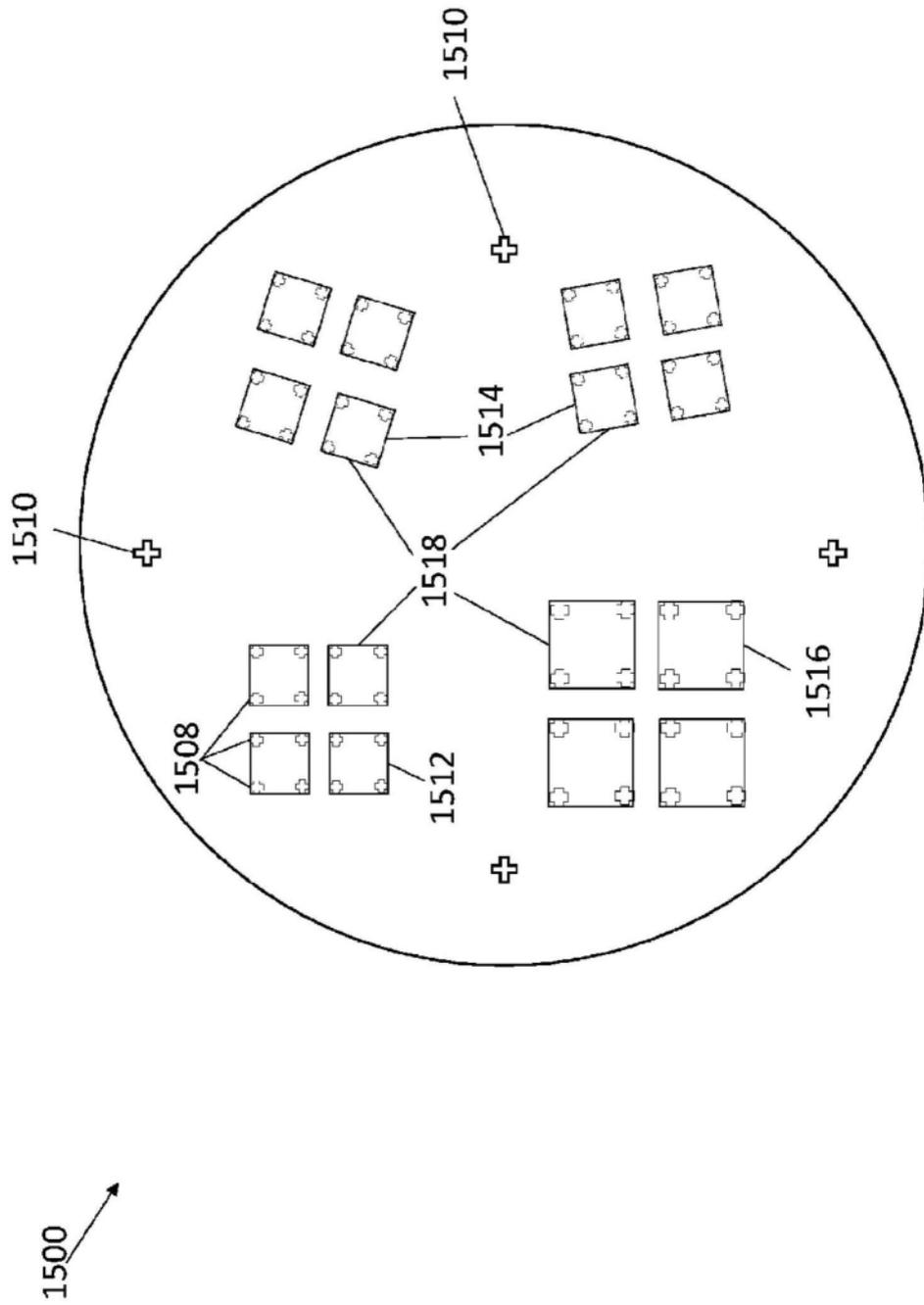


图15

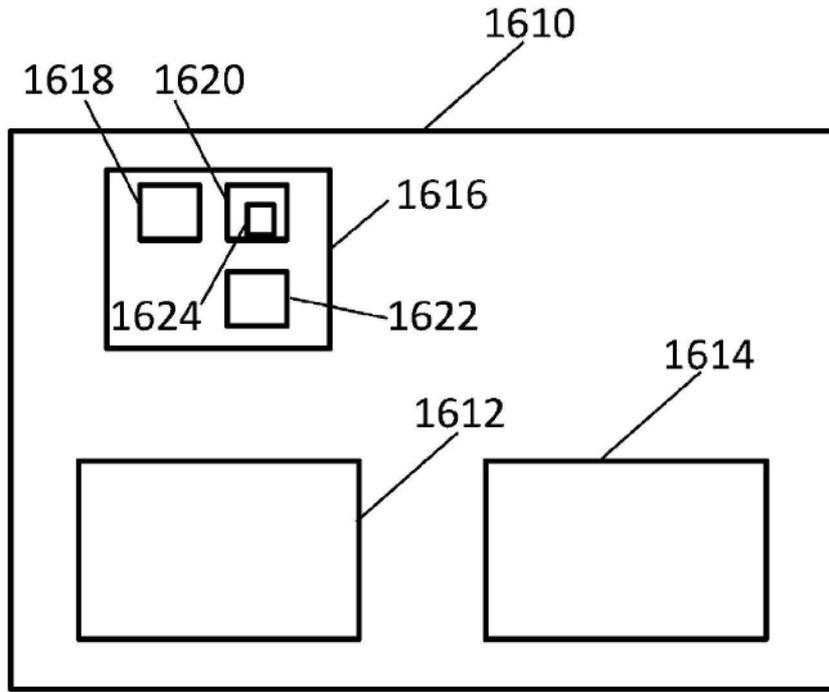


图16

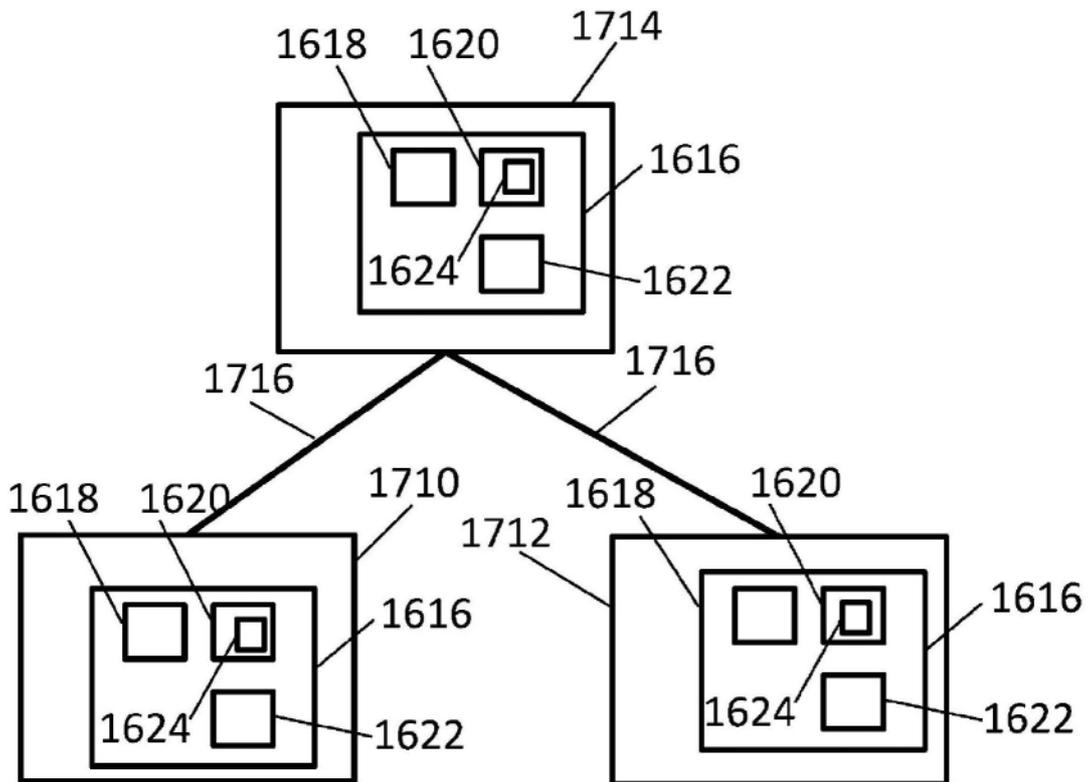


图17