



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104810232 B

(45)授权公告日 2017.12.29

(21)申请号 201510084685.7

(22)申请日 2010.05.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104810232 A

(43)申请公布日 2015.07.29

(30)优先权数据

61/179,762 2009.05.20 US

(62)分案原申请数据

201080032733.3 2010.05.19

(73)专利权人 迈普尔平版印刷IP有限公司

地址 荷兰代夫特

(72)发明人 T.范德皮尤特 M.J.-J.维兰德

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 高巍

(51)Int.Cl.

H01J 37/317(2006.01)

G03F 7/20(2006.01)

(56)对比文件

US 2005/0253093 A1,2005.11.17,说明书第[0027]-[0032]段、附图1-4.

US 2003/0219572 A1,2003.11.27,说明书第[0009],[0038]-[0042]段.

US 6501869 B1,2002.12.03,全文.

US 2004/0135983 A1,2004.07.15,说明书第[0112]-[0129]段、附图7,10-14.

CN 1934503 A,2007.03.21,全文.

审查员 黄宇

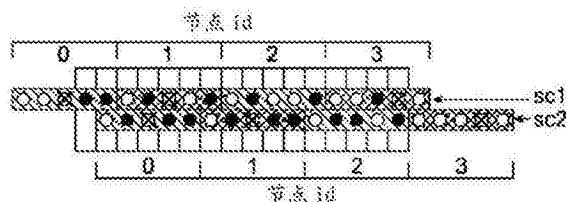
权利要求书2页 说明书53页 附图40页

(54)发明名称

两次扫描

(57)摘要

本发明涉及二次扫描,具体提出一种根据图案数据将晶片曝光的带电粒子光刻系统,该系统包括:电子光学柱,用于生成曝光晶片的多个电子小束,所述电子光学柱包括用于将所述小束接通或切断的小束阻断器阵列;将用于控制所述小束的切换的小束控制数据提供给所述小束阻断器阵列的数据路径;和晶片定位系统,用于在所述电子光学柱下方以x-方向移动晶片,所述晶片定位系统被提供以来自所述数据路径的同步信号,以将所述晶片与来自所述电子光学柱的电子束对准;其中所述数据路径包括用于处理图案数据并生成所述小束控制数据的一个或多个处理单元和用于将所述小束控制数据传送到所述小束阻断器阵列的一条或多条传输信道。



1. 一种根据图案数据将晶片曝光的带电粒子光刻系统(100), 该系统包括:

带电粒子光学柱(102), 用于生成曝光晶片的多个带电粒子小束, 所述带电粒子光学柱包括孔隙阵列(111), 用于从带电粒子源(110)生成的带电粒子束中生成带电粒子小束, 所述带电粒子光学柱包括小束阻断器阵列(117)和束光阑阵列(118), 所述小束阻断器阵列(117)和束光阑阵列(118)被配置为一起操作以通过阻挡小束或让小束通过而将所述小束接通或切断; 生成并发送用于控制所述小束的切换的小束控制数据的数据路径(103); 和

晶片定位系统(101), 用于在所述带电粒子光学柱下方以x-方向移动晶片, 所述晶片定位系统被提供以来自所述数据路径的同步信号, 以将所述晶片与来自所述带电粒子光学柱的带电粒子束对准;

其中所述数据路径(103)包括:

被配置成用于离线处理图案数据以生成中间数据的处理单元, 和用于存储中间数据的中央存储单元;

被配置成用于接收一部分中间数据并且被配置成用于实时处理所述部分中间数据以生成所述小束控制数据的另外的处理单元; 和

用于在所述小束控制数据被生成之后立即将所述小束控制数据传送到所述小束阻断器阵列的一条或多条传输信道;

其中, 所述离线处理包括针对图案数据的渲染处理以获得多级位图格式的中间数据; 以及

其中, 所述实时处理包括针对图案数据的递色处理以获得二级位图格式的所述小束控制数据。

2. 如权利要求1所述的系统, 其中所述数据路径被分割成多条传输信道, 每条传输信道被分配成传送针对单独的图案束的小束控制信号, 所述单独的图案束包括多个单个的小束。

3. 如权利要求1所述的系统, 其中所述小束被布置成多个群组, 并且其中每条传输信道用于传送对于其中一个群组的小束的小束控制数据。

4. 如权利要求3所述的系统, 其中所述数据路径包括多个复用器, 每个复用器用于将对于多个小束的控制数据复用。

5. 如权利要求4所述的系统, 其中所述小束阻断器阵列(117)包括逻辑, 用于将接收到的控制信号解复用以导出用于分别控制多个小束阻断器电极的多个控制信号。

6. 如前述权利要求1所述的系统, 其中所述数据路径包括电气至光学转换装置, 用于将所述另外的处理单元生成的小束控制数据转换成要传送到所述带电粒子光刻系统的光学信号。

7. 如权利要求6所述的系统, 其中所述传输信道包括用于传送小束控制信号的单个光纤。

8. 如权利要求6所述的系统, 其中所述小束阻断器阵列包括光电转换装置, 该光电转换装置用于接收所述光学信号并将其转换成用于控制所述小束的电气信号。

9. 如权利要求6-8中任一项所述的系统, 其中所述数据路径包括有孔的镜子(148)和用于将所述光学信号引导到所述有孔的镜子的透镜阵列(147), 并且, 其中所述镜子被布置成用于将所述光学信号偏转到所述带电粒子光刻机器的小束阻断器阵列上。

10. 如权利要求1-8中的任一项所述的系统,进一步包括第一数目的所述另外的处理单元,其足够用于处理所述中间数据以生成第一小束控制数据。

11. 如权利要求1-8中的任一项所述的系统,进一步包括X-Y交叉点,被布置成将所述另外的处理单元切换到所述传输信道中的任何一个传输信道。

12. 如权利要求1-8中的任一项所述的系统,其中所述数据路径包括信道和子信道,该信道代表数据路径构件,专用于控制包含多个小束的一个图案束且载有小束控制信号以根据图案数据来写入一个条带,并且子信道代表专用于控制在图案束内的单个小束的数据路径构件。

13. 如权利要求12所述的系统,其中为每十二条传输信道提供七个处理单元。

14. 如权利要求11所述的系统,其中所述带电粒子光刻系统分配所述小束的第一子集,用于曝光所述晶片的第一部分,并分配所述小束的第二子集,用于曝光所述晶片的第二部分;并且

其中所述X-Y交叉点被布置成将所述另外的处理单元连接到第一传输信道子集,和将所述另外的处理单元连接到第二传输信道子集,其中所述第一传输信道子集与用于扫描所述晶片的第一部分的所述小束的第一子集相对应,所述第二传输信道子集与用于扫描所述晶片的第二部分的小束的第二子集相对应。

15. 如权利要求1-8中的任一项所述的系统,其中第一数目的所述另外的处理单元足够用于处理所述中间数据以生成第一小束控制数据,和处理所述中间数据以生成第二小束控制数据,但没有能力处理所述中间数据以同时生成所述第一和第二小束控制数据。

16. 如权利要求1-8中的任一项所述的系统,其中所述光刻系统适用于以两次扫描将所述晶片曝光,其中根据图案数据的第一部分来将所述晶片的第一部分曝光,随后根据图案数据的第二部分来将所述晶片的第二部分曝光,并且

其中所述另外的处理单元包括内存,所述内存划分成用于存储所述图案数据的第一部分的第一内存部分和用于存储所述图案数据的第二部分的第二内存部分,并且

其中在将当前批次的晶片的一个晶片的第二部分曝光期间,用于下一批次的晶片的一个晶片的图案数据的下一个部分可被加载到所述第一内存部分中。

17. 如权利要求1-8中的任一项所述的系统,其中所述带电粒子是电子。

两次扫描

[0001] 本案是申请号为201080032733.3,申请日为2010年5月19日,题目为“两次扫描”的申请的分案。

技术领域

[0002] 本发明涉及无屏蔽(maskless)带电粒子光刻设备,尤其涉及数据路径、用于实施修正的方法以及用于此类设备的扫描方法。

背景技术

[0003] 集成电路的设计典型地以计算机可读文件来表示。GDS-II文件格式(用于图形数据信号的GDS标准)是数据库文件格式,是用于集成电路或IC布局原图的数据交换的光刻工业标准。对于使用屏蔽的光刻机器,典型地使用GDS-II文件以制造接着被光刻机器使用的屏蔽或一组屏蔽。对于无屏蔽的光刻机器,以电子方式处理GDS-II文件以使其成为适用于控制光刻机器的格式。对于带电粒子光刻机器,GDS-II文件被转换成用于控制在光刻制程中使用的带电粒子束的一组控制信号。

[0004] 可使用预处理单元来处理GDS-II文件以生成用于目前的光刻系统的中间数据。视架构选项而定,此中间数据是位图(bitmap)格式或是向量格式的区域描述。目前的光刻系统使用中间数据,以使用大量的电子束来将图案(pattern)写入晶片。

[0005] 必须界定数据路径的架构来实施能够以最低成本放大到全域的高容量所需的所有特征。对于全域的高容量机器所需的数据路径特征,含有为工具校准和制程变化所需的修正。

[0006] 在又另一方面,本发明提供了使用带电粒子光刻机器根据图案数据将晶片曝光的方法,其中该带电粒子光刻机器生成用于将晶片曝光的多个带电粒子小束。该方法包括提供向量格式的图案数据,渲染向量图案数据以生成多级图案数据,将多级图案数据递色以生成两级图案数据,将两级图案数据供应给带电粒子光刻机器,和基于两级图案数据将带电粒子光刻机器生成的小束接通或切断,其中基于修正数据来调整所述图案数据。

[0007] 调整图案数据可包括基于第一修正数据调整向量图案数据,基于第二修正数据调整多级图案数据,及/或基于第三修正数据调整两级图案数据。

[0008] 渲染向量图案数据可包括定义像素格的阵列,和根据向量图案数据定义的特征基于像素格的相对覆盖范围为像素格分配多级值。将多级图案数据递色可包括通过在多级图案数据上应用误差扩散来形成两级图案数据。误差扩散可包括将多级图案数据的像素的量化误差分布到多级图案数据的一个或多个相邻像素。误差扩散的应用可包括定义像素的阵列,将像素的阵列划分成多个部分,每个部分被指派成由不同小束曝光,为每个部分确定误差扩散参数,使用误差扩散参数为每个部分内的像素指派两级值。误差扩散参数值可包括两级值的较高级的阈值和权重值。误差扩散参数可进一步包括两级值的较低的级的权重值。阈值可等于高级像素值的50%。

[0009] 阈值等于高级像素值和低级像素值的平均值。确定误差扩散值可基于小束电流

测量值来进行。误差扩散参数值可以是阈值,并且为一部分内的像素 格指派两级值可基于与为该部分确定的阈值相比较来进行。误差扩散参数可以是代表两级值的较高级的值,并且其可以是一维误差扩散或二维误差扩散。可通过不准许向具有的多级值等于或小于另外的阈值的一个或多个像扩散,来对误差扩散的应用进行限制,并且该另外的阈值可等于零。

[0010] 可通过不准许扩散到位于向量图案数据中描述的特征以外的一个或多个像素,来对误差扩散的应用进行限制。

[0011] 第一修正数据可包括邻近效应修正,可包括剂量修正、形状修正,或剂量修正和形状修正的组合。第一修正数据可包括抗蚀剂加热修正,对一个或多个小束的位置变化的补偿的修正、对晶片场域相对于晶片的定位误差的补偿的修正,和/或对晶片场域的尺寸误差的补偿的修正。

[0012] 修正可包括对向量图案数据的调整,其导致将多级图案数据移位少于一个完整的像素。在曝光晶片的期间,可在机械扫描方向上移动晶片,并且修正可包括对向量图案数据的调整,该调整导致对多级图案数据的移位,该移位具有在机械扫描方向上和基本上垂直于机械扫描方向的方向上的分量。第一修正数据可包括对小束控制信号传送到光刻机器的传送时间的变化的补偿的修正。

[0013] 该方法可包括由小束阻断器(blanker)阵列中的小束阻断器电极将小束接通和切断,每个小束阻断器电极接收小束控制信号,其中第一修正数据包括对小束控制信号被小束阻断器电极接收的时间上的差异的补偿的修正。小束可被偏转以扫描晶片的表面,并且第一修正数据可包括对不同小束经历的偏转量的变化的补偿的修正。

[0014] 将多级图案数据递色可包括基于与阈值进行的比较来为多级图案数据的每个相应多级值指派高值或低值,并且可通过从多级图案数据减去高级值的权重或低级值的权重来计算量化误差,高级值的权重是基于第二修正数据定义的。低级值的权重可基于第二修正数据来定义。阈值可基于第二修正数据来定义。将多级图案数据递色可包括通过将多级图案数据的相应多级值与阈值相比来确定两级值,并且其中调整图案数据包括基于第二修正值调整阈值。

[0015] 第二修正数据可包括对一个或多个小束的位置变化的补偿的修正、对晶片场域相对于晶片的定位误差的补偿的修正,和/或对晶片场域的尺寸误差的补偿的修正。该修正可包括对多级图案数据的调整,相当于将多级图案数据移位小于一个完整像素。

[0016] 在曝光晶片的期间,可在机械扫描方向上移动晶片,并且修正可包括对多级图案数据的调整,该调整导致具有在机械扫描方向上和基本上垂直于机械扫描方向的方向上的分量的移位。第二修正数据可包括用于在由不同小束或小束群组曝光的区域之间实现软边缘的修正。该软边缘可通过将多级图案数据乘以软边缘因子来作成,软边缘因子随着与边缘相距的距离线性增大直至达到最大值。最大值可以是1,因子的起始值可以是在边缘处为0,并且软边缘可具有约为0.5到1.5微米的宽度。

[0017] 第三修正数据可包括对一个或多个小束的位置变化的补偿的修正、对晶片场域相对于晶片的定位误差的补偿的修正,和/或对晶片场域的尺寸误差的补偿的修正。在曝光晶片期间,可在机械扫描方向上移动晶片,并且第三修正数据可包括在机械扫描方向上一个完整像素的移位。在曝光晶片的期间,可在机械扫描方向上移动晶片,并且第三修正

数据可包括在基本上垂直于机械扫描方向的方向上的一个完整像素的移位。

[0018] 提供向量格式的图案数据的步骤可包括：提供描述了装置设计的多个层的设计数据，和转换一层设计数据以生成向量格式的二维图案数据。设计数据可包括GDS-II格式或OASIS格式的数据。向量图案数据可包括描述在晶片上形成的图案的特征的形状的向量数据，和与该特征相关联的剂量值。向量图案数据可包括描述在晶片上形成的图案的特征的形状的向量数据，和对于晶片上的相应区域的剂量值的阵列。

[0019] 多级图案数据可包括指派给像素格的多级值的阵列，并且多级图案数据可包括灰度位图数据。两级图案数据可包括黑/白位图数据。

[0020] 渲染和栅格化步骤可由离线处理执行，由此对于整个晶片的图案数据的渲染和栅格化在晶片扫描开始之前完成。可为每个设计执行渲染和栅格化步骤。渲染和栅格化步骤可由线内处理执行，由此对于晶片的第一组场域的图案数据的渲染和栅格化在第一组场域的扫描开始之前完成，而对于晶片的剩余场域的图案数据的渲染和栅格化在第一组场域的扫描期间继续进行。第一组场域和剩余场域可以是不重叠的。第一组场域和剩余场域一起构成了要被曝光的晶片的全部区域。

[0021] 第一组场域可在晶片的第一个扫描中被曝光，剩余场域在晶片的第二个扫描中被曝光。可分配小束的第一子集，其用于曝光第一组场域，并分配小束的第二子集，其用于曝光剩余场域。渲染和栅格化步骤可对于每个晶片执行一次，并且可通过实时处理来执行，由此对于晶片的第一组场域的渲染和栅格化在扫描第一组场域期间继续进行。渲染和栅格化步骤可对于晶片的每个场域执行一次，并且可在曝光晶片期间执行。

[0022] 在本发明的进一步的方面中，提供了根据图案数据将晶片曝光的带电粒子光刻系统。该系统包括电子光学柱，用于生成曝光晶片的多个电子小束，该电子光学柱包括用于将小束接通或切断的小束阻断器阵列、用于传送用于控制小束的切换的小束控制数据的数据路径，和用于在电子光学柱下方以x-方向移动晶片的晶片定位系统。晶片定位系统被提供以来自数据路径的同步信号，以将晶片与来自电子光学柱的电子束对准。数据路径进一步包括用于生成小束控制数据的一个或多个处理单元，和用于将该小束控制数据传送到小束阻断器阵列的一条或多条传输信道。

[0023] 传输系统可包括多条传输信道，每条传输信道用于传送对于小束的相应群组的数据。小束可被布置到多个群组中，每条传输信道用于传送对于其中一个群组的小束的小束控制数据。数据路径可包括多个复用器，每个复用器用于将对于一个群组的小束的小束控制数据复用。系统可进一步包括多个解复用器，每个解复用器用于将对于一个群组的小束的小束控制数据解复用。数据路径可包括电气至光学转换装置，用于将处理单元生成的小束控制数据转换成要传送到带电粒子光刻机器的光学信号。

[0024] 传输信道可包括用于传导光学信号的光纤，并且小束阻断器阵列可包括光电转换装置，该光电转换装置用于接收光学信号并将其转换成用于控制小束的电气信号。传输信道可包括透镜阵列和镜子，该透镜阵列用于将光学信号引导到镜子上，该镜子用于将光学信号偏转到带电粒子光刻机器的小束阻断器阵列上。

[0025] 该系统进一步包括第一数目的处理单元，其足够用于处理图案数据以便为被分配成用于曝光晶片的第一部分的小束的第一子集生成第一小束控制数据。该系统进一步包括交叉连接开关，用于将处理单元连接到传输信道子集。

[0026] 小束可布置成多个群组,每个处理单元用于为任意一个群组的小束生成小束控制数据,并且每个传输信道专用于传输对于一个群组的小束的小束控制数据。可为每十二条信道提供七个处理单元。

[0027] 带电粒子光刻系统可具有被分配成用于曝光晶片的第一部分的小束的第一子集和用于曝光晶片的第二部分的小束的第二子集,并且交叉连接开关可将处理单元连接到与用于扫描晶片第一部分的小束的第一子集相对应的第一传输信道子集,且将处理单元连接到与用于扫描晶片第二部分的小束的第二子集相对应的第二传输信道子集。第一数目的处理单元可足够用于处理图案数据以生成第一小束控制数据,和处理图案数据以生成第二小束控制数据,但没有能力处理图案数据以同时生成第一和第二小束控制数据。

[0028] 光刻系统可适用于以两次扫描曝光晶片,其中根据第一图案数据来曝光晶片的第一部分,随后根据第二图案数据来曝光晶片的第二部分,并且处理单元可包括内存,内存划分成用于存储第一图案数据的第一内存部分和用于存储第二图案数据的第二内存部分。并且在将当前批次的晶片的一个晶片的第二部分曝光期间,用于下一批次的晶片的一个晶片的第一图案数据可被加载到第一内存部分中。

[0029] 在本发明的另一方面中,涉及在带电粒子光刻系统中用于曝光晶片的方法。该方法包括生成多个带电粒子小束,所述小束被布置成群组,每个群组包括小束阵列,在小束下以晶片扫描速度在第一方向上移动晶片,以偏转扫描速度在基本上垂直于第一方向的第二方向上偏转小束,和调整晶片扫描速度以调整由小束施加到晶片上的剂量。小束可使用平行投射写入策略来曝光晶片,并且偏转扫描速度可包括小束扫描速度和回扫速度。

[0030] 每个小束阵列可具有在该阵列的小束之间在第一方向上的投射间距 P_{proj} ,和等于投射间距 P_{proj} 乘以该阵列中的小束数目的群组距离,其中扫描步进(等于在各个扫描之间小束与晶片之间的在x-方向上的相对移动)等于群组距离除以整数K。可藉由调整小束扫描速度和/或回扫速度,或藉由调整小束偏转时间,来调整扫描步进,其中小束偏转时间包括用于在y-方向上的一个小束扫描的时间和小束回扫时间。偏转时间可等于群组距离除以整数K,再除以小束扫描速度。该方法可以是使得K满足K与每个阵列中的小束数目的最大公分母为1的要求。

[0031] 在又另一方面,本发明涉及在带电粒子光刻系统中用于曝光晶片的方法。该方法包括生成多个带电粒子小束,所述小束被布置成群组,每个群组包括小束阵列,在小束下以晶片扫描速度在第一方向上移动晶片,以偏转扫描速度在基本上垂直于第一方向的第二方向上偏转小束,在小束被偏转以在晶片上曝光像素时根据图案数据将小束接通和切断,和相对于偏转扫描速度调整晶片扫描速度,以调整第一方向上的像素宽度。

[0032] 小束可使用平行投射写入策略来曝光晶片,并且偏转速度可包括小束扫描速度和回扫速度。每个小束阵列可具有在该阵列的小束之间的在第一方向上的投射间距 P_{proj} ,和等于投射间距 P_{proj} 乘以该阵列中的小束数目的群组距离,扫描步进(可等于在各个扫描之间小束与晶片之间的在x-方向上的相对移动)等于群组距离除以整数K。可藉由调整小束扫描速度和/或回扫速度来调整扫描步进。可藉由调整小束偏转时间来调整扫描步进,其中小束偏转时间包括用于在y-方向上的一个小束扫描的时间和小束回扫时间。偏转时间可等于群组距离除以整数K,再除以小束扫描速度。该方法可以是使得K满足K与每个阵列中的小束数目的最大公分母为1的要求。

[0033] 在仍另一方面,本发明提供了一种用于在带电粒子光刻系统中曝光晶片的方法。该方法包括生成多个带电粒子小束,所述小束被布置成群组,每个群组包括小束阵列,产生所述小束与所述晶片之间在第一方向上的相对移动,以偏转扫描速度在基本上垂直于x-方向的第二方向上偏转小束,使得每个小束在晶片上曝光多条扫描线,和调整在第一方向上的相对移动和在第二方向上的小束偏转,以调整小束在晶片上施加的剂量。每个小束阵列可具有在该阵列的小束之间的在第一方向上的投射间距 P_{proj} ,和等于投射间距 P_{proj} 乘以该阵列中的小束数目的群组距离,在小束和晶片之间的在第一方向上的相对移动等于群组距离除以整数K。

[0034] K的值可被选择成使得K与每个阵列中的小束数目的最大公分母为1。扫描线的宽度可以是投射间距 P_{proj} 除以整数K。在小束被偏转以在晶片上曝光像素时根据图案数据将小束接通和切断,并且像素在第一方向上的宽度可以是投射间距 P_{proj} 除以整数K。

[0035] 在仍进一步的方面,本发明涉及用于定义使用光刻处理在目标上写入的特征的方法。该方法包括定义格的阵列,所述特征占用其中的一个或多个格,并且为每个格描述落入在该格内的特征的所有棱角。该棱角可由棱角位置、第一向量和第二向量描述,这两个向量起始于所述位置。可通过两个坐标和/或通过Cartesian坐标描述棱角位置。每个向量可通过指定向量方向的方位码来描述。

[0036] 该特征可被定义为由向量和在以预定方向(诸如顺时针方向)从第一向量移动到第二向量时的格边界界定的区域。可为部分落入格内但其他部分在格内不具有棱角的特征定义伪棱角。伪棱角可通过朝向为相对于彼此成180度的第一和第二向量来描述。

[0037] 向量可被选择成仅具有平行于格边界或垂直于格边界的方向,和/或仅具有平行于格边界、垂直于格边界或与格边界成45度的方向。

[0038] 可定义最小特征间距,并且格可具有等于或小于最小特征间距的尺寸。格可具有等于或小于2的平方根的一半乘以最小特征间距的尺寸。最小特征间距可被定义为等于或大于格的尺寸乘以2的平方根的尺寸。

[0039] 对于具有定向成与格边界成45度角的边缘的特征或特征的部分,最小特征间距可被定义成具有等于或大于格的尺寸乘以2的平方根的尺寸。可为每个格定义棱角的最大数目。每个格可含有一个或多个特征,和/或多个特征中的一个特征的一部分。每个格可包括用于晶片的场域的一部分的图案数据,或者晶片的场域的条带的图案数据。

[0040] 在另一方面中,本发明包括处理在光刻系统中使用的图案数据的方法,该方法包括提供向量格式的图案数据,转换向量图案数据以生成基于格的格式的图案数据,和将基于格的图案数据栅格化以生成用于在光刻处理中使用的两级图案数据。基于格的图案数据可包括描述了占用格阵列中的一个或多个格的特征的格数据,格数据为每个格描述落入该格内的特征的任意棱角。可在执行光刻处理的同时,以实时处理执行对基于格的图案数据的栅格化。将基于格的图案数据栅格化可包括渲染基于格的图案数据以生成多级图案数据,和将多级图案数据递色以生成两级图案数据。

[0041] 在又另一个方面中,本发明提供了使用生成用于曝光晶片的多个带电粒子小束的带电粒子光刻机器根据图案数据将晶片曝光的方法,该方法包括提供向量格式的图案数据,转换向量图案数据以生成基于格的格式的图案数据,和将基于格的图案数据栅格化以生成两级图案数据,将两级图案数据流到用于将带电粒子光刻机器产生的小束接通或

切断的小束阻断器阵列,和基于该两级图案数据将小束接通或切断。

[0042] 基于格的图案数据可包括描述了占用格阵列中的一个或多个格的特征 的格数据,格数据为每个格描述落入该格内的特征的任意棱角。可在光刻机 器正在曝光晶片的同时,以实时处理执行对基于格的图案数据的栅格化。将 基于格的图案数据栅格化可包括渲染基于格的图案数据以生成多级图案数 据,和将多级图案数据递色以生成两级图案数据。

发明内容

[0043] 本发明提供一种使用多个带电粒子小束将晶片曝光的方法。该方法包 括:识别在这些小束中的无作用小束;将这些小束的第一子集分配成用于将 晶片的第一部分曝光,第一子集不包括所识别的无作用小束;执行第一扫描, 其使用这些小束的第一子集将晶片的第一部分曝光;分配这些小束的第二子 集,其用于将晶片的第二部分曝光,第二子集亦不包括所识别的无作用小束; 以及,执行第二扫描,其使用这些小束的第二子集将晶片的第二部分曝光; 其中晶片的第一与第二部分不重叠且合起来包含将被曝光的晶片的完整区 域。

[0044] 第一与第二子集大小可基本相等,而且第一与第二部分大小可基本相 等。第一与第二部分可各自包含从该晶片的多个场域所选择的条带。识别无 作用小束的步骤可包括测量这些小束以识别失效或不合规格的小束。测量这 些小束可包括将多个小束引导向传感器且侦测这些小束的存在、将该多个小 束引导向传感器且测量小束位置、将该多个小束扫描到传感器且测量小束偏 转及/或将该多个小束扫描到传感器且测量小束电流。

[0045] 该多个小束可被分成群组,每个群组的小束用于将在晶片的每个场域内 的对应条带曝光。相对于多个小束的晶片位置在第二扫描开始时可与在第一 扫描开始时不同。

[0046] 该方法可进一步包括:计算相对于多个小束的该晶片的第一晶片位 置;在开始第一扫描前,将该晶片移动到第一位置;计算相对于多个小束的 该晶片的第二晶片位置; 以及,在开始第二扫描前,将该晶片移动到第二位 置;其中第一位置连同将这些小束的第一子集分配到该晶片的第一部分的步 骤,以及第二位置连同将这些小束的第二子集分配到该晶片的第二部分的步 骤,造成第一和第二部分被这些小束子集的仅有一者中的小束所曝光。

[0047] 该方法可替代地进一步包括:执行算法以确定第一位置连同这些小束 的第一子集到该晶片的第一部分的分配以及第二位置连同这些小束的第二 子集到该晶片的第二部分的分配,将造成第一和第二部分被这些小束子集的 仅仅一个子集的小束所曝光。

[0048] 该方法可包括:根据小束控制数据在每个扫描期间由小束阻断器阵列 接通及切断这些小束。小束控制数据可包括用于在第一扫描期间切换这些小 束的第一子集的第一小束控制数据,以及用于在第二扫描期间切换这些小束 的第二子集的第二小束控制数 据,且其中该方法进一步包括在第一扫描期 间将第一小束控制数据传送到小束阻断器阵列,且在第二扫描期间将第二小 束控制数据传送到小束阻断器阵列。

[0049] 该方法可进一步包括:处理图案数据以生成小束控制数据,且其中第 二小束控制数据是在第一扫描期间生成的。该处理可包括将图案数据栅格化 生成小束控制数据,且 其中对于第二小束控制数据的栅格化是在第一扫描期 间执行的。图案数据的处理可包括准备小束控制数据,用于流到小束阻断器 阵列,且其中第二小束控制数据被准备用于在第

一扫描期间流到阻断器阵列。

[0050] 该方法可进一步包括：处理图案数据以生成小束控制数据，且其中将被曝光的下个晶片的第一小束控制数据可在当前被曝光的晶片的第二扫描期间生成。处理图案数据可包括将图案数据栅格化以生成小束控制数据，且对于将被曝光的下个晶片的第一小束控制数据的栅格化可在当前被曝光的晶片的第二扫描期间执行。处理图案数据可包括准备小束控制数据，用于流到小束阻断器阵列，且将被曝光的下个晶片的第一小束控制数据可被准备，用于在当前被曝光的晶片的第二扫描期间流到阻断器阵列。

[0051] 该方法可进一步包括：提供第一数目的处理单元，其足够用于处理图案数据以生成第一小束控制数据；提供第二数目的信道，其用于将小束控制数据传送到小束阻断器阵列，每个信道传送对于对应群组的小束的数据；将这些处理单元连接到对应于用于将晶片的第一部分曝光的这些小束的第一子集的信道；在这些处理单元中处理图案数据以生成第一小束控制数据；以及，将第一小束控制数据传送到小束阻断器阵列。

[0052] 该方法可进一步包括：提供第三数目的处理单元，其足够用于处理图案数据以生成第二小束控制数据；提供第四数目的信道，其用于将小束控制数据传送到小束阻断器阵列，每个信道传送对于对应群组的小束的数据；将这些处理单元连接到对应于用于将晶片的第二部分曝光的这些小束的第二子集的信道；在这些处理单元中处理图案数据以生成第二小束控制数据；以及，将第二小束控制数据传送到小束阻断器阵列。

[0053] 第一数目的处理单元可足够用于处理图案数据以生成第一小束控制数据且处理图案数据以生成第二小束控制数据，但是不够用于处理图案数据以同时生成第一与第二小束控制数据。对于每十二个信道可提供七个处理单元。

[0054] 在另一方面，本发明提出一种光刻系统，其包括：带电粒子光学柱，其包括阻断器，用于生成带电粒子小束以用于将图案投射到目标上；目标支座，柱和目标支座相对于彼此为可移动地并入到系统中，该系统进一步包括数据路径，其用于处理图案数据且将图案数据转移到该柱的阻断器，该阻断器被配置成能够关于在目标上的投射将这些小束的每一个接通及切断，该数据路径包括处理单元，其用于处理图案数据成为投射数据，投射数据对应于在目标支座和柱的相对移动时形成小束的投射区域的在目标上的条带，该数据路径又包括连接到阻断器的信道，用于通过该投射数据个别地控制小束，该系统进一步装有开关，用于在不同的信道之间切换连接处理单元。

附图说明

[0055] 在附图中说明了本发明的各个方面和本发明的实施例的某些实例，其中：

[0056] 图1是显示无屏蔽光刻系统的概念图；

[0057] 图2A是带电粒子光刻系统的实施例的简化示意图；

[0058] 图2B是在数据路径中的组件的简化图；

[0059] 图3和4显示小束阻断器 (blanker) 阵列的一部分；

[0060] 图5是显示在分割为场域的晶片上的写入方向的图；

[0061] 图6是显示扫描线比特帧与小束偏转的图；

[0062] 图7是说明图案偏移 (pattern offset) 与图案比例调整 (pattern scaling) 的实例的图；

- [0063] 图8是显示对于使用四个小束来写入条带的可能交插方案的实例的图；
- [0064] 图9是简化的四小束阻断器阵列与扫描线图案的图；
- [0065] 图10是对于因子K和在扫描线间的距离的值的表格；
- [0066] 图11是九个小束的阵列的图，显示束间距 P_b 、投射间距 P_{proj} 、网格宽度 W_{proj} 、与倾斜角 α_{array} ；
- [0067] 图12是帧起始指示比特的图；
- [0068] 图13是具有X个处理单元的节点的示意图；
- [0069] 图14是每个扫描的信道位置的概念图；
- [0070] 图15和16是对于两个扫描，处理单元对信道的分配的概念图；
- [0071] 图17至23是曲线图，说明相对于光刻机器容量而改变数据路径容量的仿真实验结果；
- [0072] 图24是显示在光刻系统中的处理的相依性的流程图；
- [0073] 图25与26是说明x和y图案移位的实例的图；
- [0074] 图27是对于不同类型的修正的典型参数与范围的表格；
- [0075] 图28是数据路径的简化功能框图；
- [0076] 图29是重迭 (overlay) 在条带上的布局图案特征的图；
- [0077] 图30是递色过程的图；
- [0078] 图31是在比特帧中的比特移位的图；
- [0079] 图32是对于参数 $N=4$ 与 $K=3$ 的小束位置的图；
- [0080] 图33是显示数据路径的数据处理与储存组件的示意框图；
- [0081] 图34是数据路径的第二个实施例的功能框图；
- [0082] 图35是显示对于图34的数据路径的处理的相依性的流程图；
- [0083] 图36是图案流注器 (streamer) 节点的组件的框图；
- [0084] 图37是显示在图36的图案流注器节点的组件间的数据流的功能图；
- [0085] 图38是显示数据路径的处理与传输组件的细节的框图；
- [0086] 图39是包括压缩与解压缩功能的数据路径的一部分的功能框图；
- [0087] 图40说明递色的单色测试图像的实例；
- [0088] 图41是包括在信道渲染 (channel rendering) 后的压缩与解压缩功能的数据路径的一部分的功能框图；
- [0089] 图42显示一格的渲染位图 (bitmap) 的实例；
- [0090] 图43是小网格输入像素与大输出像素的概念图；
- [0091] 图44是数据路径的另一个实施例的功能框图；
- [0092] 图45是显示对于图44的数据路径的处理的相依性的流程图；
- [0093] 图46是图案流注器节点的组件的框图；
- [0094] 图47与48是显示在图46的图案流注器节点的组件间的替代数据流的功能图；
- [0095] 图49是显示数据路径的组件间的通信的示意图；
- [0096] 图50是显示在图案流注器节点的组件间的替代数据流的功能图；
- [0097] 图51是用于数据路径的GPU的内部架构的图；
- [0098] 图52是显示在图案流注器节点的组件间的替代数据流的功能图；

- [0099] 图53是数据路径的另一个实施例的功能框图；
- [0100] 图54是显示数据路径的处理与传输组件的细节的框图；
- [0101] 图55是具有交插/复用(multiplexed)的子信道的数据路径的示意图；
- [0102] 图56是使用行选择器与列选择器的解复用方案的示意图；
- [0103] 图57是像素尺寸与网格宽度的表格,取决于每个图案束的小束数目 (N_{pat_beams})、阵列倾斜角(α_{array})、投射间距(P_{proj})、与K因子；
- [0104] 图58A是说明智能型边界策略的图；
- [0105] 图58B是说明软边缘策略的图；
- [0106] 图59是使用离线栅格化的数据路径的实施例的功能流程图；
- [0107] 图60是使用线内栅格化的数据路径的实施例的功能流程图；
- [0108] 图61是使用线内栅格化的数据路径的另一个实施例的功能流程图；
- [0109] 图62是使用实时栅格化的数据路径的实施例的功能流程图；
- [0110] 图63是说明四个小束的阵列的图；
- [0111] 图64是说明缝缀方案(stitching scheme)的图；
- [0112] 图65是说明具有因子 $K=1$ 与 $K=3$ 的写入策略的图；
- [0113] 图66是对于具有4个小束的图案束的可能K值的图；
- [0114] 图67是说明图案布局的实例的图；
- [0115] 图68是说明棱角(corner)概念的图；
- [0116] 图69是说明向量方位的图；
- [0117] 图70是说明方形特征的编码的图；
- [0118] 图71是说明复杂形状特征的编码的图；
- [0119] 图72是说明小于一格的对角线长度的最小特征间距的实例的图；
- [0120] 图73是说明具有附加到其一些棱角的衬线的特征的特征的实例的图；
- [0121] 图74是显示一种带电粒子多个小束光刻系统的实施例的简化示意图；以及
- [0122] 图75是显示划分成束区域与非束区域的划分操作的图。

具体实施方式

[0123] 下文仅为举例,参考附图说明本发明的各个实施例。

[0124] 带电粒子光刻系统

[0125] 图1是显示一种带电粒子光刻系统100的概念图,系统100被划分成三个高阶的子系统:晶片定位系统101、电子光学柱102与数据路径103。晶片定位系统101将晶片以x方向在电子光学柱102的下方移动。晶片定位系统101被供给来自数据路径103的同步信号以将晶片对准由电子光学柱102所生成的电子小束。

[0126] 图2A显示一种带电粒子光刻系统100的实施例的简化示意图,其显示电子光学柱102的细节。举例来说,此类光刻系统在美国专利第6,897,458号、第6,958,804号、第7,019,908号、第7,084,414号与第7,129,502号、美国专利申请案公告第2007/0064213号以及共同待审的美国专利申请案序号第61/031,573号、第61/031,594号、第61/045,243号、第61/055,839号、第61/058,596号与第61/101,682号中有所描述,这些美国专利申请均转让给本申请的所有者,且其整体以参考的方式并入本文中。

[0127] 在图2A所示的实施例中,光刻系统包含带电粒子源110,例如:用于生成扩展电子束130的电子源。扩展电子束130撞击到孔隙阵列111,其阻挡部分的束以生成多个小束131。该系统生成大量小束,优选地在约10,000到1,000,000个小束的范围中。

[0128] 电子小束131通过将电子小束131聚焦的聚光透镜阵列112。小束131由准直器透镜系统113所准直。准直的电子小束通过XY偏转器阵列114、第二孔隙阵列115和第二聚光透镜阵列116。所得到的束132接着通过束阻断器(blanker)阵列117,其包含多个阻断器以将小束中的一个或多个偏转。小束通过镜子(mirror)148且到达束光阑(stop)阵列118,其具有多个孔隙。小束阻断器阵列117与束光阑阵列118一起操作,以藉由阻挡小束或让小束通过而将小束接通或切断。小束阻断器阵列117可将小束偏转以使得小束将不会通过在束光阑阵列118之中的对应孔隙而是将被阻挡。若小束阻断器阵列117未将小束偏转,则小束将通过在束光阑阵列118之中的对应孔隙。未偏转的小束通过束光阑阵列,且通过束偏转器阵列119与投射透镜阵列120。

[0129] 束偏转器阵列119提供每个小束133在X及/或Y方向(实质垂直于未偏转小束的方向)的偏转,以将小束扫描遍及目标104的表面。此偏转不同于小束阻断器阵列用来将小束接通或切断的偏转。接着,小束133通过投射透镜阵列120且投射到目标104之上。投射透镜配置优选地提供约100到500倍的缩小。小束133撞击到目标104的表面上,目标104定位在晶片定位系统101的活动台上。对于光刻应用,目标通常包含配备带电粒子敏感层或抗蚀剂(resist)层的晶片。

[0130] 在图2A所示的代表图极为简化。在优选实施例中,单个电子束首先被分割成为多个较小的子束,接着被分为更多个小束。此类系统在美国专利申请第61/045,243号中有描述,该专利的整体以参考的方式并入本文中。

[0131] 在此系统中,每个子束被分为若干个小束,这些小束可被视为图案束。在一个实施例中,每个子束被分为排列成7x7阵列的49个小束。小束阻断器阵列优选包含孔,该孔具有对于每个小束的关联阻断器电极,以致能每个个别小束的通/断(on/off)切换。图3和4显示对于每个图案束具有9个小束的实施例而言的小束阻断器阵列的一部分,每个群组的小束排列成3x3阵列。例如在美国专利申请第61/058,596号中描述了在图案束中的小束排列及写入策略,该申请的全部内容以参考方式并入本文中。

[0132] 束偏转器阵列与投射透镜阵列对于每个图案束优选地仅包括一个孔与透镜(例如:对于构成一个图案束的每群组49个小束包括一个孔或透镜)。小束典型地组合(交插/复用)成写入单条带(stripe)的群组。

[0133] 数据路径架构

[0134] 图2B中示出了数据路径103的一个实施例的简化框图,且数据路径的一部分还出现在图2A中。小束阻断器阵列117的切换是经由数据路径来控制的。预处理单元140接收描述将由光刻机器制造的装置布局的信息。此信息典型地以GDS-II文件格式提供。预处理单元执行GDS-II文件的一连串变换,来生成通/断控制信号,以控制小束阻断器阵列117。

[0135] 控制信号传送到电光转换装置143(诸如:激光器二极管),以将电气控制信号转换为光学信号。光学控制信号通过光纤145被引导。在光纤输出处的光束146通过透镜阵列147而被引导到有孔的镜子(holey mirror)148上。从该镜,光束被反射到束阻断器阵列117的底侧上。个别的光束被引导向束阻断器阵列117的底侧上的多个光电转换装置(诸

如:光电二极管)。优选而言,小束阻断器阵列上具有对于每个光纤145的光电二极管。光电二极管操作以致动个别的束阻断器电极,来控制小束132的偏转,以接通或切断个别的小束。

[0136] 用于控制个别小束阻断器电极的控制信号优选地被复用,使得每个光束 146载有用于一个信道的控制信号,该信道包含共用一个光纤和光电二极管 的若干个小束。复用光束由光电二极管接收且转换为电气信号。小束阻断器 阵列117包括逻辑操作,用于将光电二极管所接收的控制信号解复用,以获 得用于分别控制若干个小束阻断器电极的控制信号。在优选实施例中,用于 控制一个图案束的49个小束的个别控制信号是时间复用的,以便在单个光 纤上传输,且被小束阻断器阵列上的单个光电二极管所接收。

[0137] 除了复用以外,小束控制信号亦可配置成帧(frame)的形式来传输, 且可具有同步比特与附加编码以改良传输,例如:使用编码技术以达成频繁 的信号转变,防止以DC耦合方式使用激光器二极管与光电二极管。藉由强 制转变,时钟信号被自动分布在光学信号中。图12显示小束控制信号的实 例,其具有对于(一个图案束的)49个小束的定帧、同步比特与复用控制 比特。

[0138] 在较为接近晶片处,使用束偏转器阵列119来将电子小束在y方向偏转 (并且在x方向少量偏转),以实现遍及晶片104表面的电子小束扫描。在 所述的实施例中,晶片104由晶片定位系统101在x方向机械式移动,且电 子小束在实质垂直于x方向的y方向扫描遍及晶片。当写入数据时,小束被 在y方向缓慢偏转(相较于回扫(fly-back)时间)。在拂掠(sweep)结束 时,小束被快速移动回到y范围的起始位置(这称为回扫)。束偏转器阵列 119接收来自数据路径103的时序与同步信息。

[0139] 信道

[0140] 数据路径可被分成若干个信道。信道是从预处理单元到光刻系统的电子 数据路径。在一个实施例中,信道包含电气至光学转换器(例如:激光器二 极管)、用于传送小束控制信号的单个光纤以及光学至电气转换器(例如: 光电二极管)。此信道可被指定成传送对于单个图案束的控制信号,单个图 案束包含若干个个别小束(例如:构成一个图案电子束的49个小束)。可使 用一个图案束写入在晶片上的单个条带。在此配置中,信道代表数据路 径构件,专用于控制包含多个小束(例如:49个小束)的一个图案束且载有小束 控制信号以根据图案数据来写入一个条带。子信道代表专用于控制在图案束 内的单个小束的数据路径构件。

[0141] 数据路径处理

[0142] 数据路径101将布局数据变换成为用于控制电子小束的通/断信号。如上 所述,此变换可在预处理单元140中执行,预处理单元140执行对典型为 GDS-II或类似文件形式的布局数据的一连串变换。此处理典型包括:平坦化 (flattening)/预处理、栅格化(rasterization)及复用步骤。

[0143] 平坦化/预处理步骤将布局数据格式变换成剂量映射。剂量映射以向量格 式和关联的剂量率值来描述在晶片上的区域。此步骤可包括诸如邻近效应修 正的一些预处理。因为预处理的复杂度,此步骤优选为离线执行。栅格化步 骤将剂量映射变换成为控制(通/断)信号流。复用步骤是根据复用方案来封 装小束控制信号。

[0144] 用于在光刻机器中写入晶片的处理可用以下步骤的顺序来概略描述。晶 片104安

装在晶片定位系统101的台上,柱102维持于真空条件,且小束被校准。晶片被机械式对准,且按照场域(field)的对准(偏移)被计算。晶片由该台在+x方向移动,且该柱开始写入第一场域。当小束阻断器阵列的前导行的孔通过一个场域边界时,为下个场域设置偏移修正。因此,当仍在写入第一个场域时,光刻系统将开始写入下一个场域。在写入一行中的最后一个场域之后,将移动该台,以将晶片上的下一行的场域定位在小束阻断器阵列的下方。当该台在-x方向移动时,将开始新的运行。扫描偏转方向优选为不变。

[0145] 修正

[0146] 由数据路径所执行的数据处理可提供对小束控制信号的一些不同调整,以作出种种型式的修正和补偿。举例来说,这些修正和补偿可包括邻近修正和抗蚀剂加热修正,以补偿因为使用的抗蚀剂性质而发生的效应。数据调整还可包括被设计来补偿在光刻机器中所发生的误差或失效的修正。

[0147] 在带电粒子光刻机器的优选实施例中,光刻机器中并未设立任何设施,用于调整个别电子小束,来修正在小束位置、尺寸、电流或束的其它特性的误差。缺失(fault)为诸如:小束的失准或失效、低或高的小束电流、小束的不正确偏转。此类缺失可能是在光刻机器的制造中的缺陷或容许度变化、阻挡小束或使小束变成带电小束和使小束偏转的污物或灰尘、机器构件的失效或劣化、等等的结果。光刻机器省略用于对小束进行个别修正的修正透镜或电路,以避免将附加构件并入到电子光学柱中以便进行实际束修正所涉及的附加复杂度与成本,且避免由于并入此类附加构件所需要的该柱尺寸的增大。然而,小束控制信号的操纵及/或晶片的附加扫描可补偿这些类型的问题。在数据路径所发生的失效也可通过对控制信号的操纵连同重新扫描晶片来修正。下文描述了用于执行这些修正的不同方法。

[0148] 冗余扫描

[0149] 上述的带电粒子光刻机器实施例具有在数据路径中的许多个光纤和激光器二极管、对于各个图案束的许多个静电透镜和偏转器以及在小束阻断器阵列中的极多个阻断器组件。极有可能的是,失效可能发生在某些这类构件中,或是某些这类构件将会劣化或被污染物影响,使得其不在规格内执行。为了尽可能延长系统维护相隔的时间,可周期性执行检查,以判别失效或不合规格的小束或数据信道。此检查可在每次晶片扫描前、在晶片的每个第一次扫描前或在一些其它便利时刻执行。检查可包括一或多个束测量,举例来说,其包括如在共同待审的美国专利申请第61/122,591号所述,该件美国专利申请的整体为以参考方式并入本文中。冗余扫描的主要目标是为了补偿发生在E0柱的失效,因为更换柱中的失效部分是耗时的。然而,也可使用冗余扫描来对付数据路径中的失效。举例来说,在一个信道中的失效光纤或激光器二极管,可藉由在冗余扫描期间将该信道切断且使用另一个信道来写入原本将要由失效信道所写入的条带,而被修正。

[0150] 在侦测到失效或不合规格的小束之处,可切断小束以使原本将要由该小束曝光的条带不被写入。接着使用第二次扫描(称为冗余扫描)写入在第一次扫描期间省略的晶片条带。在诸如上述的图案小束系统中,可切断包括失效或不合规格的小束的完整信道,且将不会写入原本将要由那个信道的小束曝光的晶片场域的完整条带。在执行整个晶片的第一次扫描后,可接着执行冗余扫描,以填补遗漏条带(及对于具有失效小束的其它信道的任何其它遗漏条带)。

[0151] 对于冗余扫描,晶片在第一次扫描后被返回到起始位置,而且移位到确保适当作用信道可用于写入遗漏条带的位置。对于冗余扫描的图案数据优选在第一次扫描期间被准备于光刻系统中,致使冗余扫描能在第一次扫描完成后尽快开始。优选地,在第一次扫描结束与冗余扫描开始之间不存在显著延迟,故对于冗余扫描的数据优选为快速可用在适当节点上。

[0152] 光刻机器优选地能够在一个扫描中写入连续的线内(in-line)场域,且以平行于机械扫描的x方向的两个方向(即:-x与+x方向)写入。该机器还优选包括备用束(或图案束),其通常位于该柱的边缘。

[0153] 为了由适当作用信道在冗余扫描期间写入遗漏条带,晶片可相对于该柱在y方向及/或x方向移位(偏移)对应于条带数目的量,直到具有适当作用小束的信道被定位到写入遗漏条带位置。这优选地通过在台上的晶片的机械偏移来实现。为了更好地处理所有种类的误差位置(例如:第一个与最后一个信道的失效),可能需要对于第一次和第二次扫描的偏移。

[0154] 多次扫描

[0155] 在“多次扫描”实施例中,对作用小束以及缺陷小束也可使用第二次扫描来加强第一次扫描,而仍然实现冗余扫描作用。在多次扫描中,晶片的第一次扫描写入场域条带的一部分,且第二次扫描写入条带的其余部分,导致写入晶片各个场域的所有条带。也可将此原理扩展到三次扫描或四次扫描等等,但较多次的扫描增加用于将晶片曝光的总计时间且减少晶片产量。因此,二次扫描或两次扫描方式为优选。

[0156] 将第二次扫描与冗余扫描结合起来是可能的,因为小束失效率典型为低的。可在第一次扫描前执行束测量,以侦测失效与不合格规格的小束。使用此信息,可计算第一次和第二次扫描,将导致晶片的每个像素被指定为由作用小束扫描。如同在冗余扫描中,优选而言,当侦测到失效或不合格规格的小束时,切断包括该小束的整个信道,并且使用另一个作用信道(具有的所有小束均符合规格)来写入原本将要由失效信道写入的条带。

[0157] 可使用种种算法来计算将用于第一次与第二次扫描的信道及对于每个扫描所需要的晶片偏移,导致所有条带被作用信道所写入。对于二次扫描,算法是在未使用任何信道的各个扫描间寻找50/50分割的信道。可使用“蛮力(brute force)”方式来测试种种信道分配与晶片偏移,以找到适合的组合,或是可使用更复杂的匹配算法。

[0158] 因此,对于晶片的总曝光电流被分配在两个(或更多个)扫描间。在多次扫描中,可使用第二次扫描(或第三次扫描或第四次扫描等等)来扫描在第一次扫描中被指定给失效信道的条带,如同在冗余扫描中。不存在任何失效或失准的小束时,也可使用多次扫描。将曝光电流分在二或多个扫描期间具有的优点在于,晶片的瞬间加热变得较不成问题。因为对于每个扫描的总小束电流降低,每个扫描对晶片的加热亦为降低。虽然总热负载维持成实质相同,总热负载分散在多个扫描中,导致局部或瞬间热负载较少。

[0159] 使用多次扫描也降低了在数据路径中的需求容量。当对每个晶片使用二次扫描时,数据路径的数据传输容量在理论上为减半的,因为每个扫描仅需要小束控制数据量的一半。此需求容量降低是意义重大的,因为数据路径所需的数据传输容量庞大且关联的成本很高。对于上述的实施例,其中包含一个信道的每个图案束为49个小束,可预期每个信道为约4Gbit/sec的传输容量。具有13,000个图案束(各个图案束包含49个小束)的机器将

需要13,000 个信道,其中每个信道的容量为4Gbit/sec。因此,降低对于数据路径的需求容量是意义重大的。

[0160] 写入策略

[0161] 目前的工业标准是300mm晶片。晶片被分为固定尺寸的场域,其具有最大尺度为26mmx33mm。各个场域可被处理,以产生多个IC(即:对于多个芯片的布局可写入单个场域中),而IC并未跨越场域边界。就26mmx33mm的最大尺寸而言,单个标准晶片上具有可用的63个场域。更小的场域是可能的,且将导致每个晶片有更多个场域。图5显示被分为多个场域的晶片、以及写入场域的方向。场域是在晶片上的矩形区域,典型为具有26mmx33mm的最大尺寸。GDS-II文件描述场域的特征。写入部分(不完整)场域也是可能的,举例来说,藉由将完全场域写入部分场域中且跨越晶片边界。

[0162] 在光刻机器的优选实施例中,机器生成13,000个子束,且每个子束被分割为49个小束,生成637,000个小束(即:13000x49)。小束阻断器阵列在26x26mm的区域中含有13,000个光电二极管和637,000个孔。在小束阻断器阵列中的每个光电二极管接收用于控制49(7x7)个阻断器孔/小束的复用控制信号。在26mm的距离上的13,000个子束造成在y方向(垂直于机械扫描)的宽度2 μ m的条带,且如同在x方向的场域一样长。每个子束的49个小束写入单个条带。

[0163] 晶片优选地由光刻机器以反向与顺向的x方向写入(曝光)。(由偏转器)在y方向的写入方向通常在一个方向上。

[0164] 当场域的尺寸(高度)选取为小于电子-光学(E0,electron-optical)裂缝的尺寸(即:如投射到晶片上的小束的完整阵列的尺寸)(例如:小于26mm的最大尺寸)时,则多个场域可被置放在晶片上,但是并非所有电子小束将被用来在晶片上写入。E0裂缝将必须多次扫描晶片,且整体产量将减少。

[0165] 当机器正在将图案写入场域时,在某个瞬间,小束阻断器阵列进入下个场域,且开始将图案写入其中,因此机器应该能够同时写入两个场域。若场域为足够小,机器应该能够同时写入三个场域。

[0166] 在图3与4中显示了小束阻断器阵列的简化形式,其中仅有16个光电二极管,每个光电二极管接收用于控制9(3x3)个阻断器孔/小束的复用控制信号。具有关联的阻断器电极的阻断器孔能够阻挡小束(或电子束)或是让小束通过。通过阻断器孔的小束将写入晶片表面上的抗蚀剂。

[0167] 在图3中,显示平行投射写入策略的阻断器孔的配置;而在图4中,显示了对于垂直写入策略的阻断器孔的配置。在图4中,对于小束的阻断器孔分布在整个条带宽度,即:每个小束与相邻小束在垂直于写入(扫描)方向的方向上为等距离定位。这是可能的,但对于少量的孔,就束与小束电流之间的比率而论,此配置的效率将是极低的。对于效率的一个测量是填充因子(fill factor),填充因子是阻断器孔的总面积与对于一个图案束的孔被聚集在其中的面积之间的比率。填充因子对于评估就电流输入(束电流)与电流输出(总计小束电流)而论的特定网格(grid)几何结构的效率是有用的。当小束孔群组的面积为较小时,填充因子将增大到更优选的值。

[0168] 适用于少量的孔的写入策略是“平行投射”写入策略(参阅:图3),其中(以其最简单形式)个别小束被交插且写入整个条带宽度(如在图8B所示)。此类的写入策略在美国专

利申请第61/058,596号有所描述,该专利申请的整体以参考方式并入本文中。

[0169] 扫描线

[0170] 对于平行的所有小束,束偏转器阵列119将生成三角形的偏转信号。偏转信号包括扫描阶段与回扫阶段,如在图6的示意图所示。在扫描阶段期间,偏转信号将小束(当接通时)在y方向缓慢移动,且小束阻断器阵列根据小束控制信号将小束接通及切断。在扫描阶段后,回扫阶段开始。在回扫阶段期间,小束被切断,且偏转信号将小束快速移动到下个扫描阶段将开始所在的位置。

[0171] 扫描线是在扫描阶段期间晶片表面上的小束途径。在没有特别措施的情况下,扫描线将不会正好沿着y方向写入晶片上,而将会稍微偏斜成还具有小的x方向分量,因为在x方向的连续台移动。此误差可藉由将小的x方向分量加到偏转场域以匹配台移动来作修正。此修正可在E0柱中处理,使得数据路径不需要修正此误差。此x方向的分量是小的,因为与y方向偏转扫描速度相比,台移动较慢(典型的x:y相对速度比可为1:1000)。然而,此x方向分量的效应在具有图案束的系统中大为提高。首先,偏转速度可与每个图案束的小束数目成比例地降低。其次,归因于小束阵列的倾斜度(如在图3、4与9的实例中所示),在晶片上的扫描线的偏斜将造成变更由不同小束所形成的扫描线之间的距离。足够大的偏斜可能造成扫描线重迭或改变相对于彼此的位置。

[0172] 扫描线(参阅:图6的右侧)被分为三段:开始过扫描段、图案段与结束过扫描段。小束被沿着y方向偏转。其中小束被偏转的距离典型地比其条带所应写入的宽。过扫描为移位和比例调整(scaling)小束写入处的位置提供空间。过扫描是单边过剩(single side surplus)的。倘若条带宽度为2pm且过扫描为0.5pm(或25%),这产生3pm的扫描线长度。扫描线比特帧的过扫描段拥有不用于写入图案(图案段比特)的比特。过扫描比特总被切断,但是在光纤上传送。扫描线比特帧的图案段拥有描述栅格化图案的比特。在此段中的比特被主动接通及切断,用于写入特征。

[0173] 在图6中(的左侧),扫描线是对于仅有一个小束在写入条带的情况而描绘的。在偏转周期期间的小束途径是A-B-C。AB是在扫描阶段期间的扫描线移动,而BC是在小束为切断期间的回扫。条带边界标示为D和E。在图6的右侧,识别过扫描与图案段。用于在扫描线上切换小束的小束控制信号的整组比特被称为扫描线比特帧。

[0174] 在整个扫描线期间,小束由光刻系统控制。在过扫描段中,小束将被切断。在图案段中,小束是根据需要被写入晶片场域中的特征而被切换的。对于过扫描段与图案段在扫描线比特帧中的比特,代表要转移到小束阻断器阵列的数据。在过扫描段中的比特/像素似乎为无用的,且耗用数据路径的带宽。然而,在过扫描段中的比特/像素可提供修正(诸如:图案移位与图案比例调整)的空间,提供缝缀算法的空间,且当写入策略用在所有小束写入整个条带宽度(平行投射)时而提供对于小束在阻断器孔y位置差异的空间。

[0175] 假定对于控制小束的小束控制信号的固定比特率与某个像素尺寸,扫描线可映射成为固定长度比特帧,即:扫描线比特帧。

[0176] 在图7中,提出对于图案偏移与图案比例调整的实例。扫描线A是没有偏移或比例调整的垂直扫描线,其中,写入扫描线的小束被正确对准且正确偏转,以将在晶片上的期望特征正确曝光。扫描线B与条带并未最佳对准,例如:归因于小束的失准。这可藉由调整小束切换的时序、藉由将小束控制信号中的数据移位一个完整像素来修正。这可藉由将在

扫描线比特帧内的控制比特移位来实现。

[0177] 扫描线C并未正确进行比例调整,以匹配在条带边界D与E之内,例如:归因于局部比常态(normal)弱的小束的偏转。因此,图案段耗用控制信号的较多个比特,而过扫描段使用较少个比特。写入条带的图案对于条带宽度,需要更多个比特。从比特帧的观点来看,仅可以全像素的分辨率进行移位和比例调整。然而,栅格化方法能够处理子像素分辨率修正(例如:0-1 像素)。组合此二者,将允许移位,诸如2.7个像素的移位。

[0178] 小束写入策略

[0179] 在上述的实施例中,每个子束分为49个小束,且信道将49个小束组合起来,用于写入条带。对于写入条带存在多个不同的写入策略。小束写入策略定义了以何种方式排列小束以便写入条带。方案可为堆栈、交插或重迭的组合。小束是在两个阶段中被偏转:扫描与回扫。在扫描阶段中,小束是沿着其在晶片上的扫描线而被偏转(当其为接通)。扫描线比特帧的图案段将用位图案填满,以将期望芯片特征曝光。

[0180] 在图8中,显示了作为可能的交插方案的数个实例,这些交插方案使用四个小束写入条带。这些实例并不实时显示小束如何写入,而是显示当写入已经完成时,哪个小束已经写入条带的哪个部分。

[0181] 实例A显示将小束堆栈。每个小束写入其本身的子条带。对于此配置,每个小束在其回扫前而仅写入少量的比特。偏转信号的频率是高的,而且其振幅是小的。此写入策略适用于成群的小束被排列成使得群组宽度(小束数目 $N \times$ 投射间距 P_{proj})等于条带宽度(垂直投射)的情形。

[0182] 垂直投射是一系列的写入策略。对于垂直投射的基本形式,所有小束写入小的子条带。子条带宽度是条带宽度的一小部分。阻断器孔网格的尺寸典型地与条带宽度相关。

[0183] 在实例B中,在整个条带宽度上交插小束。偏转信号的频率是低的,而且其振幅是大的。与交插扫描线相配的写入策略是平行投射写入策略。特别是对于在一个群组中的相当少量的小束,此策略允许较小的群组尺寸及改善的填满比率。因为少量的小束,在晶片上的群组尺寸是因为合理的填充因子而显著小于条带。对于此写入策略(平行投射),可计算对于在一个群组中的特定数目的小束与某个小束间距所实现的一连串的像素尺寸。故,像素尺寸不是任意值。可添加在扫描线比特帧中的额外比特,以补偿在小束阻断器孔与条带中央之间的最差情况的偏移。

[0184] 平行投射是一系列的写入策略。对于平行投射,所有小束以交插方式写入整个条带宽度。阻断器孔网格与条带宽度无关。

[0185] 实例C是交插与堆栈的组合。对于实例D,连续交插层如同砖墙那样重迭。相比于实例C,此配置将在小束间提供更好的平均。在条带边界处,存在将写入越过条带边界的小束。

[0186] 图8显示扫描线如何将条带填满的实例。写入策略确定将如何使用对于小束阻断器阵列上的小束的孔图案写入扫描线。“平行投射”写入策略的一个优点是其效率。使用一个电子束来形成这些小束。其效率是取决于孔的总面积(小束输出电流)相比于孔群组面积(束输入电流)的比率。对于相当少量的孔(49个),为了效率可接受,束(小束群组)的面积必须为小。对于“平行投射”,束(群组)尺寸小于条带宽度。

[0187] 像素尺寸是一个重要的系统参数。下文解释了阻断器(孔的)网格与像素尺寸之

间的关系。

[0188] 图9显示一种简化的小束阻断器阵列。对于每个小束,具有在小束阻断器阵列中的一个对应孔、以及在每个孔处的阻断器电极。阻断器包括电子电路,藉由使得阻断器电极通电或断电将小束切断或接通。作为简单实例,显示了仅具有四个孔的阵列,且图案束由四个小束所组成。

[0189] 按照网格,五行的扫描线图案被绘制成类似于图8的图案。五行是对于在1到5的范围中的特定K值所绘制的。K是关于(例如,由扫描之间的台移动所引起)在扫描线之间的距离的一个因子。藉由调整在x方向的台移动与在y方向的偏转速度(扫描阶段与回扫阶段)的相对速度,可产生不同的K因子。

[0190] 在图9的对于 $K=1$ 的行中,显示了当台移动群组宽度的距离时将被写入的图案。在扫描线之间的距离等于在对于此投射的阻断器孔之间的距离,即:投射间距(P_{proj})。实际上,投射间距将远大于像素尺寸,且为一个常数(光刻机器的设计参数)。在图9中的其它行显示当该台仅移动群组尺寸的整数分数时在x方向的扫描线距离发生了什么。K是此分数。

[0191] 一些K值将造成重写先前的扫描线。不应使用这些K值。避免此举的K值是由等式 $GCD(N, K) = 1$ 定义的,其中,GCD表示最大公分母,N是对于一个信道在小束阻断器中的孔数目(即:在每个图案束中的小束数目),且K是台移动对群组尺寸的分数。若在网格中的孔数目与K值的最大公分母等于1,则该K值为可接受。当使用一值 $K=5$ 时,在扫描线之间的距离也将随着相同因子而减小。使用“平行投射”且选择适当K值,可确定像素尺寸(至少在x方向)。然而,一个限制在于,这导致仅为固定系列的像素尺寸。因子K将偏转频率与台速度联系起来。

[0192] 图65说明在顶部实例因子 $K=1$ 及在底部实例 $K=3$ 的写入策略。图66说明对于具有4个小束的图案束的可能K值。

[0193] 在图10的表格中提供对于49个孔的网格(例如:7x7阵列)的实例,其描述对于数个有效K值在x方向的像素尺寸(以奈米为单位),假设束间距为61nm(给定典型的孔尺寸而将提供25%填满比率)。对于这些参数,投射间距 P_{proj} 将为8.6nm。对于此几何结构的网格宽度是 $W_{proj}=414\text{nm}$ 。因此,比特帧是能够操纵 $\pm 207\text{nm}$ 的写入策略移位。

[0194] 图11是九个小束的阵列的图,显示一些使用术语的定义,包括:束间距 P_b 、投射间距 P_{proj} 、网格宽度 W_{proj} 与倾斜角 α_{array} 。图63是另一个实例,显示四个小束的阵列。

[0195] 图57显示像素尺寸与网格宽度的表格,取决于每个图案束的小束数目(N_{pat_beams})、阵列倾斜角(α_{array})、投射间距(P_{proj})与K因子。为了降低需要被生成且通过数据路径传送的控制数据量及提高产量,大像素尺寸是期望的。然而,像素尺寸受到期望CD与抗蚀剂性质的限制。在表格中,假设在x方向的最佳像素尺寸(L_{pix_x})为3.5nm,且从左侧起的第四列显示基于投射间距和最佳像素尺寸计算的K的值。给定每个图案束的小束数目,可接受的最接近K值被显示在从左侧起的第五列中。第六与第七列显示对于给定的每个图案束的小束数目、阵列倾斜角、投射间距与K因子所将造成的以奈米为单位的像素尺寸和网格宽度。

[0196] 较高的K表示较快的偏转扫描速度(相对于台移动),且造成在x方向的较小像素。以固定的数据率,像素将在y方向上变得较大,使得像素形状从大约方形改变成矩形。

[0197] 小束写入策略修正

[0198] 小束被定向成与E0裂缝成一定角度,以能够写入非重迭扫描线。E0 裂缝相对于偏转方向的倾斜引起在y方向的位置差距,如图11所示。此位置差距可作修正。对于每个小束,移位的值是投射间距的数倍。在图11中,在顶部孔与中央孔之间的差距等于 $w_{proj}/2$ 。这些值将造成全像素移位分量和子像素移位分量。全像素移位分量优选地总被补偿,但是子像素分量仅在使用实时栅格化时才被补偿。

[0199] 复用、定帧 (framing)、编码及同步

[0200] 为了降低系统成本,可使用一个光纤控制多个(例如: $7 \times 7 = 49$ 个)阻断器孔。在一个实施例中,通过每个光纤传送的连续控制比特用于控制小束 阻断器阵列的连续阻断器孔(即:用于控制一连串的小束)。在一个实施例中,每个光纤包含传送对于49个子信道的控制信息的信道,用于控制在单 图案束上的49个小束。此控制信息可在被应用到对于每个小束的阻断器电极之前首先被缓冲,或是控制信息可在没有缓冲的情况下而直接被应用。为此目的,可在小束阻断器阵列上提供缓冲器。图55中显示具有交插/复用的子信道的数据路径的示意图,图56中显示解复用方案的示意图,其使用行 选择器与列选择器来将复用的子信道解码,以分开对于每个小束的个别控制 比特。

[0201] 为了同步且指示在控制信息串流中的哪个比特属于哪个小束,优选地使用某种的定帧,如图12中的实例所示。在此实例中,在循环图案中使用帧 起始指示比特(在此实例为7个比特),以便使小束阻断器上的定帧器将同步。

[0202] 当DC平衡序列需要用于光电二极管侧的AC耦合光学发射器与自动阈值调整时,优选为使用某种编码。一个实例是例如8b/10b编码。然而,这将造成较高的比特率,以8/10比特编码将使比特率增加25%。

[0203] 信号的定帧与编码亦可被结合,例如通过使用特定编码字组以标示帧的 起始。

[0204] 每个信道将载有对于若干个个别小束(例如:49个小束)的数据。信息 将以串行方式从数据路径传送到阻断器。视在阻断器上的解复用与同步实施 而定,可能需要补偿“阻断器时序偏移”,其起因于阻断器由于串行数据传输在不同时间接收对于不同小束的控制信息。存在若干个可能的小束同步选项。同步实施主要视在阻断器上的实施的可能性而定。

[0205] 可用不同方式执行小束同步,例如:将所有小束同步到一个同步信号、将在一列中的所有小束同步、将在一行中的所有小束同步,或是不将小束同步。对于具有排列成 7×7 阵列的每个图案束为49个小束的实施例,为了将 所有小束同步到一个同步信号,对于49个小束的控制数据可被缓冲,且同步应用到用于切换小束的49个阻断器电极中的每个电极。为了将在一列中的所有小束同步,对于在每列中的7个信道的控制数据可被缓冲且同步施加到用于该行小束的7个阻断器电极。为了将在一行中的所有小束同步,对于在每行的7个信道的控制数据可被缓冲且同步施加到用于该行小束的7个阻断器电极。当未执行任何同步时,所有49个小束的控制数据可随着该数据 被阻断器所接收而直接施加到阻断器电极。

[0206] 对于列同步、行同步或无同步,个别小束像素时序将不同。当在小束间有时序差异时,差异可藉由将像素在y方向移位而被补偿。此移位将总在子 像素范围中。因为移位是视列小束结合(bind)而定,补偿是仅当实时执行 栅格化时才是可能的。

[0207] 缝缀(stitching)

[0208] 因为场域是由多束写入的,优选为在不同束写入的场域部分间使用缝缀。缝缀误差(由一束所写入的图案相对于由相邻束所写入的图案的移位)造成两种类型的光刻误差:临界尺寸(CD)误差(在缝缀边界的线为太厚或太薄)与重迭误差。对于重迭误差,典型为容许5nm。缝缀方式是免除CD误差的方法,CD误差起因于缝缀误差。可使用不同的缝缀策略。这些策略例如是:无缝缀、不整齐边缘、软边缘与智能型边界。

[0209] 对于无缝缀策略,预期的是,除了束的良好对准以外,并不需要特定手段。一束结束在其它束开始处。如果发生失准,线将出现在剂量为太低或太高之处。束光点将在某程度上使此效应平均。然而,无缝缀并非优选。

[0210] 例如在美国专利公告第2008/0073588号中描述了不整齐边缘缝缀策略,该专利的整体为以参考方式并入本文中。

[0211] 对于软边缘策略,束写入范围将重迭。图58B显示说明软边缘策略的图。图案在二束写入处的两端而(在递色之前)淡出。此策略具有误差散布在一个区域的效应,如在图中的1 μ m软边缘所示。此策略的副效应是某些像素可能被加倍写入(即:用200%剂量)。因为相当大的束尺寸,剂量将散布在数个像素间。

[0212] 智能型边界策略定义重迭写入范围,但是仅为让一束写入此区域。图58A显示了说明智能型边界策略的图。在所示的实例中,使用100nm重迭写入范围,例如:具有4nm像素的25个像素。在两个条带或场域之间的边界或是靠近此边界的图案数据特征的临界部分将被识别,且置放到一个条带或另一个条带中。这造成在两个条带之间的实际写入边界被移动,以避免跨越特征的临界部分,使得临界特征将总由单束写入。

[0213] 在两个边界平滑淡出到下个条带的区域处实行软边缘缝缀策略。对于软边缘缝缀策略,可使用0.5 μ m的最大过扫描长度。若发生5nm的缝缀误差,这造成在5nm x线宽度的区域中的100%剂量误差。若缝缀重迭为1 μ m,此100%剂量误差减少到100% $\times$ 5nm/1 μ m=0.5%。可设定总剂量误差预算为3%,则根据此剂量误差预算,0.5%剂量误差是给予缝缀误差的合理预算。

[0214] 缝缀方法(软边缘或智能型边界)和过扫描长度可为每个扫描的选择。降低过扫描长度将造成机器的较高产量。使用者优选为能够选择软边缘或智能型边界缝缀策略及软边缘的尺寸。

[0215] 所需数据路径容量的降低

[0216] 使用具有两个扫描的多次扫描造成光刻机器以其最大容量的一半进行写入。此写入容量降低使得数据路径所需的硬件量能够显著减少。

[0217] 信道是在数据路径中的一个工作单元。信道能够在扫描期间写入一个条带。实时处理中所涉及的数据路径的组件为:快速内存、处理单元、激光器、光纤与阻断器。因为对于一个扫描仅有50%信道是有效的,处理单元的数目可以大约相同的因子减少。

[0218] 同时串流较少个信道的处理单元减少具有下述优点:每个信道所需的逻辑元件(cell)较少、每个信道节点所需的快速内存带宽上的硬性限制及所需的快速内存存储尺寸的可能降低。减少处理单元的数目还具有缺点:须有一种方式来针对适当信道连接处理单元与激光器,且新限制可能让扫描失效,尤其是在发生大量后继(丛集)信道误差的情况下。

[0219] 在以下叙述中,运用节点的概念。节点具有连接的Y个(光学)信道且具有可用的X个处理单元。图13示出对于此类节点的一个模型。可商购的电气至光学(E/O)转换器典型地含有12个信道(即: $Y=12$)。E/O转换器(例如:激光器二极管)将来自处理单元的电气控制数据转换为通过光纤传送到光刻机器的阻断器的光学数据。驱动E/O转换器的处理单元(例如:现场可编程门阵列(FPGA,field programmable gate array))含有X个信道。可使用 $X*Y$ 交点来将任一个处理单元切换到任一个E/O转换器。 $X*Y$ 交点是单独的装置或是集成在处理单元中。用交点,可能将任一个处理单元输出(X)路由到任一个数据路径输出(Y)。

[0220] 假使一些光学信道失效,首先必须确定对于在第一次与第二次扫描之间的移位的可能性,其中所有条带位置为由至少一个适当工作的信道所覆盖。当可能移位位置为已知时,确定是否可用的处理单元分配在扫描间,且覆盖100%的条带。

[0221] 在图14中,以概念图显示每个扫描的信道位置。如图14所示的条带(蓝色)是以此特定组合的信道误差与两个个别移位值写入的。区别重迭和非重迭的信道位置是重要的。对于在重迭的信道位置处将正确写入的条带,在此位置对于一个扫描的工作信道必须为可用。对于非重迭的信道位置,在第一次与第二次扫描之间的晶片移位将造成两个区域,其中仅可能用一个特定扫描来写入条带。在此区域中的失效信道将中断良好信道的序列。最左侧的信道误差(参阅:在图中指向其的红色箭头)迫使条带在其右侧开始。在左侧,无法使用信道。典型而言,使用移位以使得重迭区域成为无误差(使用两个扫描),且可使用在重迭区域中的一些信道以达到将写入的所需数量的条带。

[0222] 相比于不能写入在重迭区域中的位置的可能性,不能写入在非重迭区域中的位置的可能性相对较高。因此,典型而言,在非重迭区域中的“良好信道”序列是短的。因此,使用12870个信道在两个扫描中覆盖13000个条带将是困难的,因为太过于取决在非重迭区域中的良好信道的相当大序列的可用性。使用13130个信道在两个扫描中覆盖13000个条带将容易许多,因为成功将不是太取决在非重迭区域。实际上,很可能在重迭区域中找到条带的完整序列。

[0223] 当将处理单元的数目减少时,会引入新的约束。除了找到适当移位之外,必须找到对于第一次与第二次扫描的处理单元到信道的成功分配。在图15中,显示此举的一个实例。对于此实例,假设管理5个信道与3个处理单元的节点。白点表示信道为切断,而黑点表示被使用且处理单元被分配给信道。红色十字形记号表示信道误差。可验证的是,并无节点违对于特定扫描最多具有三个处理单元能在节点中起作用的限制。

[0224] 图16显示相比于对于非重迭区域的信道而使用较少个处理单元的结果。此图显示良好信道的最大序列是用对于一节点的每五个信道为三个处理单元的限制所得。最大长度等于每个节点的处理单元数目的二倍。对于其它移位值(图16的移位是理想的值),在非重迭区域中的有用序列将实质为较小的(查看当移位增加1时所发生的情况)。因此,在非重迭区域中的信道甚至不如先前(未考虑减少处理单元量)有用。

[0225] 除了在非重迭区域中的信道的较差利用外,基于相同限制的另一个弱点出现在重迭区域中。在重迭区域中,减少每个节点的处理单元数目转变为对于误差序列(误差丛集)的灵敏度。对于每个12个信道的节点为7个处理单元的配置,处理单元数目的二倍加上一的丛集将造成失败的分配。假使丛集映射在单个节点上,对于处理单元尺寸加上一的丛集,分配将失败。每当操纵丛集为实际的瓶颈时,仍存在将节点尺寸按比例放大(例如:24

个信道与14个处理单元)的可能性。此举将降低对于大丛集的灵敏度。重要的是,系统对于高达某个水平的信道误差为鲁棒的。此外,如果发生减少处理单元,对于信道误差的鲁棒性维持在合理的水平。

[0226] 对于冗余扫描概念的关键参数是条带的数目、信道的数目、误差信道的预期数目、误差丛集的预期尺寸、每个节点的信道数目以及每个节点的处理单元数目。在识别信道误差之后,系统将找出造成长度等于或大于所需条带数目的“良好”序列的可能移位组合。“良好”序列由在非重迭区域中的“良好”信道位置或在至少一个信道为“良好”处的重迭区域中的位置组成。此过程将产生移位的清单与“良好”区域的起始与尺寸。

[0227] 如果在信道与处理单元之间为一对一关系(即:无在数据路径容量的减小),成功的晶片移位是成功的条件。如果处理单元少于信道,成功的分配是附加要求。当所有的条带位置是仅使用“良好”信道而由两个扫描的其中之一所写入时,分配是成功的。按照扫描,节点分配的处理单元不能比可用的处理单元更多。

[0228] 可能的分配策略先分配必须写入某些条带位置的信道。这些位置典型地是在非重迭区域中的位置与在一个扫描的重迭区域中的位置,其对应于在其它扫描中的误差位置。假使任何节点需要的处理单元比可用的处理单元还多,分配企图将失败。

[0229] 从一侧开始,分配通过条带位置而反复进行。处理单元是从将最早离开范围的节点而分配。假使此类的节点被完全分配,来自其它扫描的节点应分配处理单元以写入位置。假使任何节点需要的处理单元比可用的处理单元还多,分配企图将失败。可使用其它策略,其给予更好的结果而找到在假使先前被拒绝时的分配可能性。

[0230] 分配方案失败的典型理由是在非重迭区域中的失败的限制、没有备用的处理单元以及大的误差丛集。结合了特定位置处的误差信道之特定移位值经常造成失败的分配。对于两次扫描,备用的处理单元是超过节点应服务的信道数目半数的处理单元,例如:每个节点为12个信道与6个处理单元的配不具任何备用的处理单元。

[0231] 大误差丛集最终将耗尽在特定节点中的处理单元数目。丛集的影响重度取决于其位置,因为确定是否一或两个节点应分配处理单元以写入误差位置。对于每个12个信道的节点为7个处理单元,一个节点最多可吸收7个误差,而两个节点最多可吸收14个误差。

[0232] 图17至23是曲线图,其说明为了确定关于光刻机器容量而改变数据路径容量的效应的仿真实验结果。曲线图是显示从50个实验中得到的成功数目。成功意味着已经找到成功的移位与分配。因为许多模拟是关于改变单个参数,除非是另作指明,否则要使用的默认参数集被定义为:条带的数目=13000;信道的数目=13130;每个节点的处理单元数目=7;及,每个节点的信道数目=12。

[0233] 12个信道使用7个处理单元的节点称为12/7配置。在图17中,显示每个节点为不同数目的处理单元的效应,假设无大的误差丛集(仅有小的自然丛集情形)。12/6配置被视为降低的下限,因为每12个信道为5个处理单元的配置将总是失败。12/12配置是实际为没有减少任何处理节点的配置;其成功仅是取决于找到一个成功移位(无分配限制)。仿真结果显示,相比于12/12配置,对于12/6与12/7配置的鲁棒性将稍微减小。

[0234] 图18是针对如同在图17中的相同配置的误差丛集的效应。12/6配置对于尺寸5的误差丛集特别敏感,尺寸5的误差丛集是由于缺乏在节点中的备用处理单元所引起。在临界位置的一个误差将引起运行的失败。12/7与12/12配置并未显示对于尺寸5的丛集的

特别敏感性。

[0235] 在图19中显示了改变信道数目的效应。如果减少处理单元数目,非重迭的区域几乎为无用的。这解释了对于使用13000个信道的较差结果。具有较多个信道的配置将给予较多个具有“良好”序列的移位机会,主要因为更宽的重迭区域。仿真实验显示,具有200个误差的13130个信道将造成平均26个成功的移位,而13260个信道对于相同数目的误差而造成平均41个成功的移位。使用13000个信道仅提供平均14个成功的移位。对于典型12/7配置,增加信道数目会增大鲁棒性。

[0236] 图20显示当先前仿真以误差丛集为5的效应被扩大时的结果。并未观察到结合改变信道数目的任何显著效应。

[0237] 如之前所述,在将处理单元数目从12个减少到7个时鲁棒性减小,且增加信道数目将改良鲁棒性。图21呈现当藉由使用更多个信道来尝试补偿归因于处理单元减少的鲁棒性损失的结果。如可看出的那样,当将配置从12/12改变到12/7时的鲁棒性损失可藉由将信道数目增加仅约1%(例如:将信道数目从13130个增加到13280个)所补偿。

[0238] 注意,在仿真中使用的丛集均为似乎为最差条件的特定尺寸的“单丛集”。其它丛集策略倾向提供更正面的结果。图22显示三种策略的比较:仅注入单个丛集;在固定距离注入尽可能多个类似的丛集(从起始位置到起始位置为65个);及,在随机位置(然而在其间维持20个良好信道的最小距离)注入尽可能多个类似的丛集。注意,误差丛集之间的固定距离产生许多相关性且将造成大量的成功移位。

[0239] 当减少处理单元数目时,大于尺寸为5的丛集将对鲁棒性具有严重影响。这可在图23中看出,其中,在具有丛集尺寸5的12/07(12/07@5)与具有丛集尺寸8的12/07(12/07@8)之间的鲁棒性差异是显而易见的。

[0240] 若大于5的误差丛集更频繁发生,可使用替代方式来结合减少处理单元数目,以减小丛集敏感性。增大节点尺寸且使用可比的比率(诸如:24/14配置)是一个此类的替代者。此举的效应可在图23中看出,其显示相比于12/07@8配置,使用24/14@8配置的鲁棒性更大。

[0241] 其它替代者是将信道随机排列遍及于节点、或将系统地将信道广泛分布在节点间。这些将造成一个误差丛集,其对应于多个不同节点而非集中在一或两个节点。在此配置中,写入丛集误差的所有镜像位置将不会是1或2个节点而是许多个节点的责任。然而,将信道随机排列或是散布可能具有其它负面的副作用,因为相邻者(且潜在共享信息)的概念消失。

[0242] 分配策略最优化:除了检查分配限制外,分配功能性的重要任务可能是使扫描间的缝缀数目最小化。

[0243] 可从以上仿真所得到的结论如下。减少每个节点的处理单元数目可显著减少硬件的量。减少每个节点的处理单元数目将稍微减小鲁棒性。对于两次扫描,50%(例如:12/6配置)是用于减少每个节点的处理单元数目的下限。接近50%的配置对于小丛集的误差(尺寸=5)特别敏感。12/6配置因此不如12/7配置更优,12/7配置未显示这种敏感性。12/7配置似乎为对于每12个信道的处理单元数目的合理下限。为了良好的鲁棒性,信道数目优选为大于条带数目(+1%)。增加信道数目显著提高鲁棒性。因为减少每个节点的处理单元数目造成的鲁棒性损失,可藉由使用附加1%信道而很容易被补偿。大的误差丛集(>5)

将戏剧性地减小鲁棒性。

[0244] 数据路径要求

[0245] 在图24中的流程图显示在光刻系统中所涉及的处理的概观与其相依性。了解相依性允许(就持续时间而论的)性能的分析且揭示对于平行执行提高产量的机会。重要的主旨在于,对于一个扫描的图案数据可在执行前一个扫描的同时被处理且/或被加载到RAM。

[0246] 对于不同架构,可能发生不同的相依性和不同的机率或限制。举例来说,在处理E1(晶片测量与定位)与C1(线内处理及/或加载数据以供初次扫描到RAM)之间的相依性。对于架构选项A(离线处理),此相依性不存在。对于选项C,此相依性可能存在,然而对于实时栅格化,此相依性将存在(小束与扫描线的实时结合)。

[0247] 关于处理的典型性能要求:从服务器下载新的图案到流注器节点的本地存储器<60分钟;要储存在流注器节点的本地存储器中的图案数目 ≥ 10 ;机器归因于加载新图像而离线的时间<60秒;若每个晶片将执行栅格化一次,在将修正参数更新与修正参数准备要写入之间的最大时间是36秒(6分钟的10%);及,扫描曝光持续时间<3分钟。

[0248] 时序和同步

[0249] 时钟和同步信号可通过光纤而分布到其它子系统(诸如:偏转器与晶片台)。这带来的有益效果为,子系统间的电流隔离和对于电磁影响的不敏感性。可使用时钟变化来改变剂量。然而,由于可藉由改变像素尺寸来补偿剂量变化,优选为避免时钟变化,以简化负责将数据传送到阻断器的数据路径的实际部分的实施,且排除在时钟频率改变之后要重新同步所需要的时间。

[0250] 使用固定时钟率的优点是,时钟不再需要被分布到数据路径的不同构件之间。通过利用(在FPGA内侧的)标准相位锁定回路(PLL),本地时钟频率的变化可被补偿。当需要更大的变化(诸如: $\pm 10\%$)时,需要特别准备,以便能够使得数据路径子系统同步。

[0251] 数据路径优选地作为对于整个光刻系统的时钟主控器工作,且将向其它子系统提供时序和同步信号,诸如电子-光学柱(偏转器)和晶片定位系统。

[0252] 修正

[0253] 在上述的带电粒子光刻机器的实施例中,不存在设立到光刻机器中的任何设施来调整个别电子小束以修正在小束位置、尺寸、电流或其它束特征方面的误差。光刻机器省略修正的透镜或电路来进行对于小束的个别修正,以避免在将附加构件并入到电子光学柱中来进行实际的束修正所涉及的附加复杂度与成本,且避免由于并入此类附加构件所需要的柱尺寸的增大。

[0254] 因此,为了修正在小束位置、尺寸、电流等方面变化的调整是藉由由数据路径提供的控制信号作出修正调整而进行的。对于种种理由所需要,作出数中类型的修正。这些修正包括修正以补偿:

[0255] ●小束位置的变化。归因于在柱的制造中的变化,诸如:在孔隙阵列或小束阻断器阵列中的孔的精确定位与孔尺寸的变化,或由聚光透镜或投射透镜或偏转电极所生成的电场强度的差异,小束可能失准。此类失准可用“图案移位”来修正。

[0256] ●机械位置误差。这些可能造成整个晶片场域在x及/或y方向上的移位。此类型的场域移位也可用“图案移位”来修正。

[0257] ●数据路径的延迟误差(例如:由数据路径中的光纤长度的差异所引起)。此误差可藉由y方向上的移位来修正。

[0258] ●阻断器时序偏移。由于将小束控制信号复用,多个小束是通过一个信道控制的,且小束控制信号被串行式接收,即:对于不同小束的控制信号是由小束阻断器阵列在不同时间接收的。视阻断器设计而定,对于将小束接通及切断(例如:小束可以行或列的单位被切换)或个别小束将会遭受不同的偏移。视实现控制比特(小束被切换)的策略而定,这可能造成特定小束与另一个小束相比在稍后的时间被切换。此误差的效应是在子像素范围中。结果是每个小束的偏移。

[0259] ●在小束阻断器阵列孔位置的变化。每个小束通过小束阻断器阵列中的孔,且被在该孔的阻断器电极切换。当与参考位置相比时,在小束阻断器阵列的制造中的变化可能造成孔的位置且因此为对应小束的位置于x和y方向二者上的机械偏移。此误差的效应典型为多个像素,且结果是每个小束的偏移。此误差的全像素(整数)部分将典型在执行时被补偿。其余的子像素(分数)部分可由实时栅格化作补偿。

[0260] ●偏转强度的变化。这些可能是归因于小束偏转器的电气偏转场强度的空间差异,此必须对于“图案比例调整(scaling)”、“剂量修正”作修正。在偏转差异中还可能存在于小束偏移分量,其可由“图案移位”作修正。

[0261] ●控制信号脉冲期间的变化。因为用于将小束阻断器阵列电极接通及切断的不同时序行为,在小束间有效的剂量率将不同。当未将控制信号复用时,此效应是显著的(例如:10%)。就对于在一个信道中的49个小束的控制信号复用而论,其显著性因为转变效应相同而降低,但最小脉冲宽度与未复用情形相比大49倍(假设 $10\%/49=0.2\%$)。此外,此误差取决于剂量率。对于100%剂量率写入,误差较小;而以50%剂量率写入时,误差是最大的。

[0262] 总体图案移位

[0263] 当在晶片上写入图案时,写入图案的小束不太可能均为完全对准。为了修正此失准,且致使小束能够写入对准条带,调整图案数据以补偿失准误差。此调整可使用软件或硬件来进行,且可在图案数据的处理期间的不同阶段进行。举例来说,可对以向量格式、或以多级灰度格式、或以二级B/W位图(bitmap)的图案数据而作出修正。

[0264] 偏移可能发生在x方向(台移动方向)或y方向(小束扫描偏转方向)或是二者。偏移可能以全像素移位及/或子像素移位来发生。全像素移位可藉由在栅格化后移位若干个像素达成。子像素移位可作为部分的栅格化过程而达成。

[0265] 总体图案移位(即:在一个信道中的所有小束的移位)可用于(在x与y方向上的)条带位置修正及(在x与y方向上的)场域位置修正。图25显示了对于条带位置修正的x与y图案移位的实例。在图左,显示条带具有重迭在意图位置的期望图案。在图右,显示条带具有重迭为若未作出修正时将写入的图案。如可看出,需要总体图案移位,以使信道的所有小束来写入在移位向上且到左侧的位置。

[0266] 典型地在校准之后频繁进行(每个晶片或场域一次)束移位。可假设关于在同个信道中的其它小束,小束被完全对准,使得在信道中的所有小束得到相同的图案偏移。

[0267] 对于图案移位的典型要求是对于总体移位的每个信道的个别X与Y移位设定,且参数是对于每个场域更新一次。典型的最大移位范围可为+200nm到-200nm,具有0.1nm的

移位准确度。此修正对于总体移位的每个信道，因为预期的是，在图案束中的所有小束使用相同偏移值。对于总体图案移位，信道图案是无关于束交插策略而被整体移位。

[0268] 阻断器时序偏移修正

[0269] 对于多个子信道的小束控制信号优选地被复用在单个信道上。视阻断器设计而定，这将造成个别的小束在不同时间切换到下个像素。阻断器时序偏移修正需要按照子信道在Y上的修正，典型为具有小于一个像素的最大移位范围以及0.1nm的移位准确度。移位参数是静态的，由于阻断器时序偏移是视阻断器设计而定的。

[0270] 阻断器孔偏移修正

[0271] 因为阻断器几何结构，不同的孔距离某个参考点的偏移不同。使用孔的X的偏移来产生交插的图案(参阅：图9)。将实时考虑可预测的时序延迟，且不视为此修正的部分。相对于参考(例如：中间条带)的Y的偏移被补偿。误差划分成全像素与子像素分量。全像素移位应总被补偿，而仅有实时栅格化能够处理子像素分量。阻断器孔偏移修正需要按照子信道对于子像素分量在Y的修正，典型为具有 $\pm W_{proj}/2$ 或 $\pm 210\mu m$ (即： $(N-1)*P_{proj}$)的最大移位范围、以及0.1nm的移位准确度。修正参数是静态的，因为阻断器孔偏移是阻断器几何结构的函数。

[0272] 剂量修正

[0273] 因为在光刻机器中的制造容许度变化，有效的剂量是按照小束而变化。小束扫描偏转强度的变化还可造成剂量强度的变化。剂量率也可使用剂量因子作修正：产生的剂量率=剂量率图*剂量因子。此公式以数学方式描述修正，但是剂量修正优选为藉由调整像素白值及/或阈值在递色过程中实现。举例来说，当小束用90%的剂量因子来校准，其强度为 $100\%/90\%=111.1\%$ 。因此，若100为默认值，用于递色的白值将为111.1；且若默认值为50，递色阈值将值为55.6。

[0274] 剂量修正是按照小束而执行，且修正参数是每个晶片更新一次。对于剂量修正的典型要求/值是50%-100%的图案剂量映射、0.2%步进尺寸的图案剂量准确度、80%-100%的束剂量因子及0.2%步进尺寸的束剂量准确度。造成的剂量率应舍入到最接近的值。

[0275] 图案比例调整(scaling)

[0276] 束是在每个扫描期间在y方向偏转，且将图案从条带的一侧写入到另一侧。偏转距离是优选为涵盖条带宽度与过扫描距离的二倍。假使偏转为非完全一致，一束比其它束偏转得更强，且因此偏转距离将是不同的。归因于跨越阵列所发生的电压降，在扫描偏转阵列表面上产生扫描偏转强度的差异。这些电压降造成在阵列远端处的偏转场较弱，且偏转距离对于经历较弱的偏转场的小束将为较短的。

[0277] 这通过使用图案比例调整来作补偿。在图26示出图案比例调整的实例。在图左，条带被显示为具有在虚线之间的图案特征的意图标定所覆盖的期望图案。在图右，条带被显示为具有如未作出比例调整修正时将写入的那样覆盖的图案。如可看出，需要图案比例调整修正来降低信道的所有小束的偏转，以用正确比例调整将特征写入。

[0278] 比例调整可藉由调整传送到阻断器的数据信号的比特率、将曝光图案散布在不同数目的像素上来完成。归因于同步考虑，改变比特率并非为优选。为了将此避免，比例调整可藉由将图案散布在不同数目的比特/像素上来执行。假设的是，相同群组的小束具有

相同的偏转强度。这是因为它们由完全相同的偏转器所偏转。因此对于某个群组的所有小束,图案比例调整因子是相同的。

[0279] 图案比例调整需要每个信道的修正,修正参数优选地对于每个冗余扫描重组更新一次。最大范围典型为1到1.1(例如:2 μm 变为2.2 μm),且准确度为0.1nm/1 μm =1/10,000。假设偏转强度对于信道中的所有小束均为相同的,因为小束共享相同的偏转阵列,且大约为在此偏转器中的相同位置。

[0280] 图27是总结各种类型的修正以及典型的参数和范围的表格。注意,当使用第一次扫描与第二次(或冗余)扫描时,剂量修正优选地在两个扫描前执行。

[0281] 动态图案移位

[0282] 还可提供动态图案移位来补偿晶片发热。这可通过使用每个信道的X与Y偏移表来完成,该偏移表具有依据时间的函数变化的值。可使用每1ms为0.1nm的最大斜率(等于在X的-10 μm),及每300mm(晶片尺寸)具有30,000个条目的偏移表。

[0283] 图案尺寸调整(sizing)修正

[0284] 因为在遍及扫描偏转阵列表面的小束扫描偏转强度的差异,小束的偏转距离将改变。这可使用(上述)图案比例调整或图案尺寸调整修正来作补偿。对于图案尺寸调整修正的要求大体上与图案比例调整的相同。

[0285] 数据路径架构

[0286] 数据路径接收指定格式的布局数据,且将此数据处理以使得其可通过使用电子束被写入在晶片上。数据路径还执行对图案数据的调整以补偿在光刻机器中的误差,并且将同步信号提供到其它的子系统。

[0287] 图28显示数据路径的功能框图,其显示从GDS-II图案数据文件到通过光纤传送的比特流的流程。此图还显示发生在适当功能块的修正。视架构选项而定,可在数据路径处理内的不同点处作出修正。

[0288] 输入数据格式

[0289] 对于数据路径子系统的输入将是预处理的格式(通常为得自诸如GDS-II或MEBES的工业标准文件格式),其含有将被“写入”到晶片上的布局信息。根据此工业标准文件格式,预先定义的系统补偿是在离线处理中施加的。在离线处理后,数据将被储存,用于数据路径的下个阶段。数据可用便于后续处理的文件格式来储存,例如:每个个别信道为一个文件。

[0290] 剂量映射数据格式

[0291] 剂量映射典型地使用向量格式定义单一剂量率的区域。剂量率是每单位面积的辐射强度。用适当的剂量率来写入图案是必要的,否则写入的图案将不会在抗蚀剂中正确出现。举例来说,剂量率的范围可能以0.2%的步进为50-100%,且剂量映射的空间分辨率可能为10-15nm。这些区域为非重迭的,故描述这些区域的多边形的线并未交叉。这些区域可使用成角度0°、45°或90°的线以向量格式定义。如果发生实时渲染(rendering),离线过程可将复杂的多边形分解为较简单的图形,例如:多边形可作简化,使得扫描线仅与边界相交最多为二次。这简化了硬件中的渲染。

[0292] 预处理

[0293] 预处理作用典型地为每个设计执行一次。此步骤需要大量的计算能力来完成。通

常在预处理中包括以下功能性：(a) 读出GDS-II芯片设计，且取出对于在芯片制造过程中的特定步骤所需的信息。这典型地造成对于在此步骤中所需的特征的多边形图。(b) 对剂量映射应用抗蚀剂加热修正。此修正典型造成对于特征位置的调整。(c) 在多边形上应用邻近修正。此修正将造成具有附加了不同剂量率的更多个多边形的剂量映射。(d) 将对于以向量格式的每个场域的剂量映射输出。

[0294] 信道划分 (splitting)

[0295] 信道优选地被用作进一步处理的单元。为了使此成为可能，场域剂量映射被划分为每个信道的剂量映射。多边形被缩减为由一个信道写入的条带区域。条带区域优选为延伸超过条带的边界，以考虑缝缀策略和递色起始人为因素。若使用“智慧边界”缝缀策略，其中，临界特征被分配到单一信道/条带，则在条带边界上的临界特征多边形被分配到当将剂量映射划分时的特定信道。

[0296] 信道渲染 (rendering)

[0297] 渲染是栅格化过程的第一个步骤。形状信息和剂量信息在像素中被渲染。图29显示重迭在条带上的布局图案特征，来说明渲染过程。形状信息与剂量信息在剂量映射中以向量格式来描述，且通常为基于场域。在X的像素边界值由机器的起点固定（还假设第一列将由小束0写入）。这将确定所有像素X坐标（在图29的像素X idx）与将扫描线写入的对应小束（在图29的小束idx）之间的关系。扫描线是在Y方向上的一排像素。

[0298] 从在晶片上的场域的典型X位置及从运行时间计量过程所确定的X偏移，可确定特定场域的第一扫描线（第一场域像素行）。在此实例中的像素与场域原点未对准。因此，“sub pix offs X”定义从场域原点开始处的左像素X边界（作为向量格式的参考）的偏移。

[0299] 在Y的像素尺寸、条带宽度、过扫描与图案比例调整将造成所需要的整数个像素。一个额外像素可能被添加以允许子像素移位。对于所有小束，图案比例调整因子将为相同，且因此所有像素将为相同Y尺寸。

[0300] 移位可总是分为整数部分（全像素移位）和分数部分（子像素移位）。可藉由将像素在比特帧中移位来实现全像素移位。无法以此方式来实现子像素移位，但可藉由渲染/递色过程来进行。在Y方向上的移位为总体的（即：在Y方向的总体图案移位），或按照小束为专用的（例如：束位置或阻断器时序偏移修正）。渲染过程应知道哪个小束写入扫描线且（将子像素）移位适当个扫描线像素。像素在渲染前被移位，故其对准“条带vec ref Y”（参阅：在图中的放大显示A）线，该线对于特征和剂量的向量格式描述而言为在y方向的基线。

[0301] 因为在小束与像素X索引之间的关系仅当开始扫描时为固定的，仅可用实时渲染来处理子像素移位。离线渲染将总是假设子像素移位为零。

[0302] 信道递色 (dithering)

[0303] 递色是栅格化过程的第二个步骤。利用递色，特定的剂量率由对于子信道的切换序列实现。递色实质上将多级灰度像素量化为二级的白/黑像素，并将每个像素中的量化误差传播到相邻的像素，且局部强制特定平均剂量率。图30说明此过程。递色技术在印刷时典型地用于实现灰度或彩色变化。一些众所周知的算法是误差扩散（2x2矩阵）与弗洛依德斯坦贝格（Floyd Steinberg）（2x3矩阵）。

[0304] 递色在一或两个（螺旋形）方向上执行。递色算法典型需要一些像素来作准备。因此，为了更好的结果将条带宽度延伸小的边限。

[0305] 为了光刻目的,可作出一些改良。一个改良在于误差传播优选为不传播 到零值的像素。误差值应在另一个方向传播或被抛弃。将量化误差传播到在 需要零剂量处的像素是无用的。此鉴于对于CD和间距的合理值而亦应理解。如果发生从灰值到零值的转变,这保证将跟随着多个零像素。

[0306] 递色处理将灰度像素转变为黑/白像素。因为递色处理必须将量化误差传 播到其相邻像素,还处理每条扫描线的子像素移位。图30说明此处理。为 了以准确方式传播量化误差,对另一条扫描线的误差传播不是不重要,因为 扫描线并未对准。可基于相邻像素之间的重迭量传播量化误差,使得具有较 大重迭的像素接收传播量化误差的较大部分。替代且较简单的策略是仅将误 差传播到具有最大重迭的相邻者。

[0307] 用于递色处理的剂量优选为起因于来自渲染处理的剂量率、每个小束的 剂量因子及对于信道的比例调整因子。优选地对于每个小束设定剂量因子。因此,递色模块还应知道扫描线对小束结合(在图30的“子束idx”)。

[0308] 递色处理将造成对于条带的所有像素的通/断状态。在进一步处理之前, 移除可选择的边限像素。在软边缘的情况下,不需要边限像素,因为在条带 边界处已经具有平滑的淡入(fade in)与淡出(fade out)。

[0309] 视架构选项而定,在递色过程期间,修正为已知的或是未知的。对于离 线递色,无法进行子像素移位,且像素将在Y方向对准。

[0310] 对于递色过程,阈值优选地总为“白值”的一半,因为白值将因为小束 剂量修正而偏离默认值。

[0311] 信道定帧及复用

[0312] 此处理执行在递色之后的种种任务。递色像素位被投射到扫描线比特帧 中。在此操作中,可执行小束特定的全像素移位。对于单个偏转扫描,接着 组合适当比特。

[0313] 如之前对于渲染处理所提到的,在Y方向的全像素移位可在稍后阶段进 行。b/w位图的像素被置放在它们的扫描线比特帧中。此比特帧典型地比位 图宽度更宽,因为其容许移位空间。图31说明此处理。垂直箭头指示相对 于零移位线的全像素移位。若像素在此线(如在图31中的扫描线比特帧的 最左扫描线)上开始,其全像素移位为零且像素被完美地置于扫描线比特帧 的中心。

[0314] 在图32显示了组合偏转扫描帧比特的下个步骤。此步骤必须适应正确 的写入策略且在正确的时刻提出阻断器所需要的比特。作为举例,图32在 图的底侧左部显示对于参数 $N=4$ 且 $K=3$ 的不同小束位置。位置是对于不同 的后续偏转扫描而显示的: n 、 $n+1$ 、 $n+2$ 与 $n+3$ 。在此步骤,仅为扫描线对 小束映射并不够充分。对于此步骤,应知道小束索引与偏转扫描索引二者。对于特定偏转扫描索引的所有比特被封装到单个偏转扫描比特帧中。在图 32,两个底部行被填充以字符,以记录在偏转扫描比特帧的像素位置。

[0315] 信道编码

[0316] 作为最后一个(可选的)步骤,偏转扫描比特帧将被编码以改良数据传 输。

[0317] 数据流

[0318] 图33是显示数据路径的主要数据处理与储存组件的示意框图,包含: 离线处理&中央储存单元(服务器)、数个图案流注器节点、及阻断器芯片(小 束阻断器阵列)。

[0319] 离线处理&中央储存单元处理输入布局数据(例如:以GDS-II格式)且 产生对于条

带的输入文件。根据对于每个扫描的信道对条带的分配,条带数据必须最后终止在正确的图案流注器节点处。

[0320] 图案流注器节点含有磁盘与RAM储存。磁盘储存用以储存对于计划图案的输入数据,且RAM储存正在将目前图案串流处理的处理单元所需要的数据。

[0321] 视架构选项而定,来自服务器的输入数据与对于处理单元的输入数据相同。这适用于离线与实时栅格化。对于离线栅格化,位图是从服务器接收的且被转送到处理单元。对于实时栅格化,向量格式的输入数据是从服务器接收的且被转送到处理单元。处理单元将向量格式转换为位图。对于线内架构的选项,向量格式的输入数据是为了处理单元而被转换为位图。

[0322] 架构选项

[0323] 图28显示了数据路径的功能单元:(1)预处理;(2)信道划分;(3)信道渲染;(4)信道递色;(5)子信道映射;及(6)信道复用与编码。

[0324] 预处理及信道划分优选为离线执行,而子信道映射及信道复用与编码优选为实时执行。然而,栅格化(包含信道渲染及信道递色)可为离线、线内或实时执行。下述架构选项为:(A)离线栅格化;(B)线内栅格化与按照场域的偏移;(C)线内栅格化与对准场域;(D)实时栅格化。

[0325] 在光刻系统的一个实施例中,定义光刻系统的以下要求(其影响数据路径架构):最大场域尺寸为26mm x 33mm(y,x),每个场域的写入时间为2.5秒,加上对于第二次的另个2.5秒;13,000个光纤/信道/条带和637,000个电子小束(13,000x每个信道的49个小束);条带宽度为2 μ m,过扫描宽度(单侧)为1.15 μ m(包含0.2偏移范围(+/-200nm)+0.2比例调整范围(条带宽度的10%)+0.5软边缘(0.5 μ m单侧)+0.25写入策略(假设 $W_{proj}=420$ nm:单侧 $W_{proj}/2=210$ nm));最大偏转宽度为4.3 μ m(偏转频率取决于写入策略和驱动速度);典型像素尺寸为3.5nm,且像素尺寸范围为2nm-6nm(1/3到3x(典型像素尺寸)²);剂量网格分辨率为10-15nm;最小间距为64nm,对于线的最小CD为22nm,且对于孔的最小CD为32nm;输入分辨率为0.25nm且栅格化分辨率为0.1nm。

[0326] 在图案流注器上的数据图案储存尺寸>10个图案;更新新修正参数且准备好开始写入新晶片的时间是36秒;从服务器到图案流注器的上载时间<60分钟;从本地储存器到快速内存的成像<60秒(单独处理步骤)及<6分钟(在写入期间);且以7个处理单元的12个信道的处理节点。

[0327] 光刻系统优选为均能够处理正与负抗蚀剂。抗蚀剂的特征优选为在数据路径的离线处理中所处理,且数据路径的其余部分应该对于此不须知道。为了写入单个晶片,可使用两次,即:首次与第二次或冗余次。此二者的组合将写入在晶片上的所有13,000个条带。

[0328] 选项A:离线栅格化

[0329] 图59显示使用离线栅格化的实施例。GDS-II格式图案数据接受离线处理,包括:邻近效应修正与抗蚀剂加热修正。若使用智能型边界,则在此阶段计算边界。栅格化(渲染与递色)被执行来将向量图案数据转换为二级的黑/白位图,其为用于此实施例(即:用于传输到光刻系统的数据格式)的工具输入数据格式。此离线处理对于既定的图案设计、对于一或多个批次的晶片被执行一次。

[0330] 其次,执行工具输入数据的线内处理以生成图案系统串流(PSS,pattern system streaming)格式,其亦为B/W位图格式。线内处理典型地以软件来执行。图案流注器接着处理PSS格式数据以生成阻断器格式数据,为传输到小束阻断器阵列做好准备。此处理典型以硬件执行,且可包括涉及对于束位置校准、场域尺寸调整及/或场域位置调整的在X及/或Y方向的全像素移位的修正。可按照场域来执行此处理。阻断器格式图案数据接着被传送到用于晶片曝光的光刻系统。

[0331] 在此架构选项中,许多工作是离线进行的。栅格化将被离线执行,且对于每个设计执行一次。对于此选项,用于光刻系统的输入数据是以黑/白(B/W,black/white)位图格式的条带图案描述。位图被实时处理。因此,仅有由阶段5(信道定帧及复用,参阅:图34)所提供的修正是可用的。阶段5的修正是全像素移位修正,其可包括:每个信道在X与Y方向的总体图案移位、阻断器时序偏移(Y方向)、和阻断器孔偏移(Y方向)。

[0332] X偏移具有在小束上对于行映射(阻断器孔偏移和阻断器时序偏移)的影响。适当的Y偏移将被附加且舍入到最接近的全像素。

[0333] 由于仅作全像素修正,相当小的像素尺寸($\sim 2\text{nm}$)是合乎期望的,以满足准确度规格。使用小像素的缺点在于:需要比可用于信道更大的带宽,这可能造成较低的产量或每个信道需要使用多个光纤。

[0334] 在图35中,显示对于此架构选项的处理流程。重点是在改变批次的瞬间。可分析处理流程,以在光刻系统整个循环中找出可用于将图案数据加载的区间,使得这些处理可平行处理以使产量最大化。在中央条块,批次从图案A改变到图案B。对于此图,假设的是:没有理由(因为失效束)将束与条带重新配置。加载新图案的主要部分(图案B的主要扫描中写入的条带)可在最后的主要扫描完成后而立即开始。此图亦显示:加载新图案的第二次扫描/冗余扫描部分可相当晚开始,且应在当对于新图案的第二次扫描/冗余扫描应开始时完成。

[0335] 扫描G和F的持续时间都典型为2.5分钟。对于平行的处理H与D的总持续时间可为约1分钟。因此,可用于加载总图案的时间等于用于两个扫描和晶片交换的时间(约6分钟),假设不需要在节点间的条带数据重组。当新的失效信道是用处理D找到时,条带数据重组可能是必要的。

[0336] 图36是对于离线栅格化架构(选项A)的图案流注器节点的主要组件的框图。在图36中,每个节点包含数个组件。节点CPU协调在节点上的处理且将数据到处移动。网络装置与服务器(离线处理&中央存储单元)通信,且接收布局数据到串流。

[0337] 磁盘储存单元储存用于处理单元的位图。可能具有数种版本的位图可用在磁盘上。可藉由使用某些RAID模式的磁盘阵列来改良可靠度和读取性能。磁盘驱动器的读取速度是藉由条串化(striping)(RAID 0,将数据分布到磁盘阵列)而提高。可藉由将数据以冗余方式储存(RAID 5,N个磁盘:储存尺寸= $N-1 \times$ 磁盘尺寸)而改良可靠度。

[0338] 处理单元内存(PU-RAM)储存图案数据。当扫描时,处理单元是从此RAM读取其图案数据。CPU在扫描之前将图案数据加载到RAM。处理单元将图案数据串流且生成光学信号以供传输到阻断器。

[0339] 图37显示对于此配置的典型数据流。图案数据是由节点CPU从网络装置接收的(1)且储存在磁盘上(2)。每当为了扫描需要图案数据时,节点CPU从磁盘读出数据(3),且

将其储存在PU-RAM(4)。当扫描时,处理单元从PU-RAM读出其图案数据(5)。

[0340] 此架构的重要特征是PU-RAM的大小、PU-RAM加载时间、磁盘加载时间、与磁盘大小。PU-RAM加载时间(将所有条带数据加载到PU-RAM中的时间)将主要取决于磁盘储存单元的性能。关于磁盘加载时间,对于新扫描的位图必须从服务器下载,且服务器可能是通信的瓶颈。磁盘加载时间可藉由将从服务器到节点的带宽增大或是压缩在服务器上的位图数据来改良。对于磁盘大小,假设为了克服分布瓶颈(服务器带宽),可在磁盘储存单元中储存多个(例如:10个)图案。视关于可用性或读取速度的要求而定,可针对于特定RAID水平来配置磁盘。

[0341] 以离线与线内的概念,预处理像素的重新排序及映射可由其包含现场可编程门阵列(FPGA)的处理单元执行。此处理单元将允许全像素移位,并且可将来自内存的数据重新排序,以朝向阻断器复用传输。

[0342] 压缩亦可用于架构选项A。可能的配置包括:无压缩、压缩递色图像或压缩灰度图像。

[0343] 对于无压缩,图案流注器节点将(未压缩)递色图像储存在磁盘上。也可能在分布前在服务器上将此图像压缩。在此情况下,图案流注器应在图像接收后不论以何种方式将其解压缩,但这似乎不会是瓶颈,因为存在对于此处理的合理时间量。

[0344] 对于压缩递色图像,压缩降低了分布工作量(通信时间)且降低RAM大小要求。对此解决办法,离线处理必须将递色图像压缩,而FPGA应将图像在内部解压缩且将其处理。因此,RAM中的图像要小许多。就图34的功能单元而论,压缩与解压缩功能被插入在递色之后,如图39所示。

[0345] 压缩可能对于递色图像为较没效,因为递色图像含有许多零值,且非零区域可能因为剂量值的变化而难以压缩。图40显示递色的测试图像,使用单色(每个像素为1比特)图像。图像(图40)是当每次重复时改变剂量水平的图42的递色版本的8倍。由于每次重复时改变剂量,压缩工具无法利用重复且效率较低。GZIP与Optipng是可能的压缩方法。递色图像的压缩不容易且将大约传递数量级为1:4的压缩比率(主要是压缩零的序列)。使用1:4的压缩比率,使用2nm像素的典型条带图像的尺寸将造成每个条带为4352MB未压缩与1088MB压缩、且每个流注器为61GB未压缩与15.2GB压缩(即:14x)。在此方案中,压缩递色图像将RAM大小降低到16G字节,提供对于加载时间(对单磁盘而言,磁盘→RAM为约2分钟)与分布时间(服务器→磁盘为约1.5小时)的优点。2分钟的加载时间适合用于处理流程中加载的时窗。不利处在于,FPGA被加强具有每个信道的解压缩,其跟上约5Gbit/s的实时数据速率。此外,服务器优选地在初始时将所有数据压缩。

[0346] 对于压缩的灰度图像,就图34的功能单元而论,压缩与解压缩功能应是被插入到渲染之后,如图41所示。在渲染之后,离线过程应将灰度图像压缩,且FPGA将图像解压缩、递色及处理。

[0347] 图42显示一格(64x1000nm@2nm像素)的渲染位图的实例。为了压缩,使用GZIP与optipng(均为开放原始码的压缩工具)。此二种方法均为无损失。GZIP是通用的压缩工具,而optipng是专用于压缩2D图像。PNG压缩由两个阶段所组成,即:2D预测滤波器和GZIP压缩器,使得optipng提供优异的压缩比。视在实际设计中找到的图案而定,在较大图像中可能存在较多的重复。

[0348] 使用1:40 (PNG) 的压缩比与2nm像素,压缩率将图像收缩到与向量 格式相差不大的尺寸。然而,使用此方式需要将PNG解压缩集成在处理单元FPGA中。当位图尺寸以一因子4而成长时,压缩图像对于GZIP为仅成长一因子1.3且对于PNG为一因子2。压缩结合小像素为相当有效的。

[0349] 对于使用灰度像素的此方式之有趣观察在于:潜在允许移位及构成较大的像素以供串流到阻断器。藉由使用较小像素的值的线性组合,可从较小像素所计算较大像素的值。输入图像可视为过取样。图43显示小网格输入像素与大输出像素的此概念。提出该实例,其中像素尺寸的比率是1:2,然而,其它比率也是可能的。FPGA将解压缩位图且将数个小像素组合以形成大像素用于串流到阻断器。优点在于:即使当使用小的输入像素时,此方式也会限制光纤(大输出像素)的带宽。光纤的带宽被视为瓶颈,且每个信道可能需要使用两个光纤以将2nm像素串流到阻断器。

[0350] 关于此架构的备注:

[0351] ●剂量映射优选地仍被附加到输入位图,且由FPGA所使用。

[0352] ●因为在FPGA中发生递色,剂量修正是可能的。

[0353] ●当从输入像素来构成阻断器阵列时在X与Y上移位,准确度取决于实际的像素尺寸。

[0354] ●在FPGA中的解压缩与递色是必要的。

[0355] ●压缩被附加到离线过程。预期的是,压缩将会显著增加处理工作量。

[0356] RAM大小因为1:40的压缩比被减小。对于此方案,FPGA备有实时的解压缩逻辑,该逻辑能够跟上灰度被扩展的速率(>>5Gbit/s)。

[0357] 选项B与C:线内栅格化

[0358] 图60显示使用线内栅格化的实施例。GDS-II格式图案数据接受如同对于图59的离线实施例的离线处理,包括:邻近效应修正、抗蚀剂加热修正及(若使用的)智能型边界。修正的向量图案数据和剂量映射是用于此实施例的工具输入数据格式。此离线处理对于既定的图案设计、对于一或多个批次的晶片执行一次。

[0359] 其次,执行向量工具输入数据的线内处理来将向量数据栅格化以生成B/W位图数据,其在此实施例为图案系统串流(PSS)格式。此处理典型地以软件执行,且可在设定新剂量设定时被执行。如同在图59的实施例中,图案流注器接着处理PSS格式数据以生成阻断器格式数据,包括涉及如同先前在位图数据上的对于束位置校准、场域尺寸调整及/或场域位置调整的在X及/或Y方向的全像素移位的修正。可按照场域来执行此处理。阻断器格式图案数据接着被传送到用于晶片曝光的光刻系统。

[0360] 图61显示使用线内栅格化的第二个实施例。此为类似于图60的实施例,除了对于束位置校准、场域尺寸调整及/或场域位置调整的修正是对向量工具输入数据作成之外。因为这些修正是对向量数据作成,在X与Y方向的全像素移位与子像素移位均可作成。这些修正典型地以软件执行,且可为按照晶片来执行。在修正已经作成后,执行栅格化来生成PSS格式数据,用于输入到图案流注器。

[0361] 图44显示分配到处处理步骤的线内栅格化功能单元。对于此架构,功能单元3与4(栅格化)是线内执行的。对于此选项,用于光刻系统的输入数据将是向量格式的条带图案描述。将依需求(按照晶片、按照数个晶片、按照系列的晶片)进行栅格化。总体偏移或是总

体剂量的变化可触发线内栅格化。

[0362] 适当的剂量是藉由改变像素面积来设定的。可藉由改变X与Y像素尺寸二者而改变像素面积。然而,仅可将X尺寸改变成某些值(如关于图10所论述)。为了总体剂量的微调,可使用对于Y尺寸的改变。假设固定比特率,Y像素尺寸是藉由改变偏转频率以及使用不同的图案比例调整因子来设定的。

[0363] 因为栅格化结果将用于所有场域,无法考虑特定场域的子像素偏移。每个场域的偏移优选地在最后被舍入到全像素,其通过阶段5(信道定帧及复用)来实时考虑。

[0364] 修正可包括:

[0365] ●在X与Y的场域图案移位(仅为全像素移位)。参数是对于每个场域更新一次。

[0366] ●在X与Y的总体图案移位(以子像素分辨率)。参数是对于每个晶片扫描更新一次或多次。

[0367] ●通过图案比例调整的总体剂量改变。参数是对于每个晶片扫描更新一次或多次。

[0368] 每个小束的剂量修正以及子像素移位均为无法处理的。根本原因是在X方向上的移位的能力,其控制行对小束的映射。为了限制误差,此选项典型地将导致使用相当小的像素尺寸(约2nm)。以小束将写入每个场域的相同线的意义而言,此选项相比于架构选项B是特例。换言之,行对小束映射是固定的,且对于每个场域是相同的。因此,可补偿小束特定修正。因为子像素修正被适当渲染,小束将以更大的准确度写入图案。因此,像素尺寸是较大的(~3.5nm),其不会造成通向阻断器的光学信道计数较高。

[0369] 支持所有修正,然而,场域位于理想位置处,且因此在场域间不具有在X与Y的偏移。处理流程可能不同于架构选项A。对于架构选项B与C,新的位图必须对于每个晶片或数个晶片而频繁地从向量输入文件生成。

[0370] (F) 主要扫描。假使新的图案位图再生,可能具有对晶片测量(E1)的相依性。图45显示如果具有相依性时的处理流程。当不具有此相依性时,处理流程将类似于图35的处理流程。当有效估计对于再生所需要的信息(缓慢变化的处理参数)时,亦不具有相依性。故,再生可提早开始,但是必须在实际测量之后被确认。如果发生非预期的不匹配,重新开始再生且将损失一些产量。最后,考虑的是:假使足够RAM是可用的,可在主要扫描后尽早开始处理。这对于处理的时帧将再增加2.5分钟。支持线内处理的解决办法将需要极强大的处理单元以满足合理时序要求。对于最差的条件(2.00nm 像素,最大缝缀),要渲染的像素数目将是每个条带为35G个像素。向量数据的尺寸将是每个条带为606M字节。在图46,显示对于线内处理的架构。该架构显示方框“栅格化器(rasterizer)”。此方框将是负责将向量格式渲染为条带B/W图像的线内处理任务。用于实施线内栅格化器的选项是:

[0371] ●离线,处理及控制。

[0372] ●使用FPGA逻辑。对于实时栅格化,FPGA逻辑为了相同目的而使用。对于实时栅格化,在FPGA上的许多资源必须被使用以满足性能要求。对于线内栅格化解决方案,使用FPGA技术,可用相比于实时版本为较少的资源来实施解决办法。

[0373] ●使用GPU技术。图形处理单元(GPU,Graphical Processing Unit)是典型为用于视频处理的处理器。在用于渲染3D图像(游戏,Vista)的消费者系统(桌上型与膝上型)中能见到这些处理器。GPU利用大量平行性。G80架构利用128个线程(thread)处理器,而技

术现状的卡GTX280利用 240个线程处理器。线程处理器的性能大概为Intel核心CPU的五分之一。GPU的性能明显取决于在其任务中的平行性程度。渲染是相当容易平行化的任务。(在一个方向的)递色任务在一定程度上(对角线)平行。

[0374] ●使用技术现状的多核心CPU。现今的多核心CPU是极为强大的。实例是Intel的新架构:Core 17技术。FPGA解决办法显然为相对便宜的解决办法。相比于架构选项D(在FPGA实时栅格化),对于此解决办法的性能要求放宽许多(对于7个条带为2.5秒,相比于对于14个条带为6分钟)。因此,FPGA小(且较便宜)许多。尽管如此,可行性取决于VHDL的渲染算法实施的可行性。

[0375] 当对软件解决办法评估,GPU技术将为最佳,因为在GPU中可用的高度平行性将使得渲染任务获益。不利之处在于:GPU技术正在快速发展中。藉由提供稳定的计算统合装置架构(CUDA,Compute Unified Device Architecture)API,已经(至少由NVIDIA)解决此快速发展硬件的问题。此API适用大范围的图形卡型号和版本。现今,甚至存在用于高性能计算(Tesla)的产品线。此产品线针对于科学计算,而不是游戏绘图。

[0376] 对于此架构,在以下步骤中描述了该处理。

[0377] 向量格式输入文件被从服务器转移到硬盘。在开始初始扫描之前或在参数变化之后,栅格化模块应处理输入文件,以生成新的位图。位图储存在处理单元的RAM内存中。当扫描时,处理单元从其RAM读出位图数据。此处理对于架构选项A、B与C是类似的。栅格化器使用FPGA技术实施。逻辑将与为实时栅格化选项所用的相类似。相比于实时解决办法,线内解决办法较为轻型许多。因此,需要较少的逻辑元件。对于FPGA解决办法,对于数据流存在两个选项。在图47中,显示数据流,其中,FPGA将其输出直接储存在PU-RAM中。假使栅格化的逻辑结合在与处理单元相同的FPGA中,此解决办法是适当的。在那种情况下,构件共享相同的内存控制器。根据图45的处理图,处理能够平行执行。然而,潜在的干扰是将FPGA分离的理由。在图48中显示另一个可能性,其中,节点CPU将负责从FPGA取来结果且将其储存在PU-RAM中。在图49中,显示在主机与GPU之间的通信。主机将程序(核心)好数据储存在GPU的DRAM中且触发程序。多处理器从DRAM取来需要的数据,且将结果写回到DRAM。在总体工作完成时,主机将从GPU的DRAM取来数据。在主机与GPU之间的接口典型地为PCIe x16总线且在数据转移中涉及DMA。当使用标准GPU硬件时,在CPU节点与GPU卡之间的接口是PCI-Express/16。GPU的内部架构(参阅:图51)显示其完全集中在平行性。此特定GPU含有30个多处理器及每个多处理器为8个线程处理器。此相加起来为240个线程处理器。多处理器采用单指令多数据(SIMD,Single Instruction Multiple Data)型态且对其8个线程处理器使用晶载的(快速)共享内存。为了利用GPU架构的性能,其任务被分成多个平行任务。栅格化任务由两个子任务组成:渲染与递色。

[0378] 渲染任务的性质是其相当容易平行化。将扫描线或甚至像素渲染可视为独立的处理。递色任务的性质是较为串行,因为量化误差以两个方向传播(在递色移动方向上的同一条线上且到下条线)。然而,当仅在一个方向递色时,递色是沿着对角线被平行化的。将下条线递色应延迟一或二格,以正确处理前条线的量化误差。

[0379] 使用GPU的缺点包括:GPU不便宜;其运行时的功率消耗相当大(例如:TDP=200W);以及,为GPU产生制衡运用其功率的平行码不是普通的任务。

[0380] 多核心CPU解决办法:当使用强大的多核心CPU作为节点CPU时,节点CPU将能够执

行栅格化任务。图52显示对此配置的典型数据流。CPU 从硬盘读出向量输入数据(3)。CUP将执行栅格化任务且将位图储存到 PU-RAM中(4)。当扫描时,处理单元从PU-RAM读出位图(5)。

[0381] 缺点包括:处理器的费用;可观的功率消耗(Intel Core2Extreme四核心处理器:TDP=130W);以及,平行性的程度相当低(用于Intel Core2四核心处理器的4个核心)。

[0382] 对于线内栅格化,不同的解决办法是可行的。然而,线内栅格化显露一些共同特征:PU-RAM尺寸。如同对于离线栅格化,线内栅格化要求位图储存在PU-RAM中。架构选项B需要小的像素尺寸(例如:2.00nm,参阅附录A.1)且因此需要储存大约61G字节的(未压缩)位图数据。对于架构选项C,使用较大的像素(例如:3.50nm)。对于3.50nm像素,20G字节将是适当的。RAM加载时间。对于此解决办法,假设仅有向量输入数据是储存在磁盘上(总尺寸8.5GB)。每当需要新的位图,从磁盘读出向量输入数据且将其栅格化和储存在PU-RAM中。在此情形下,磁盘数据速率似乎不是瓶颈。对于此解决办法的瓶颈将是栅格化器。其性能是取决于多个因素且无法容易作预测。替代方式将是在稍早阶段来执行栅格化。位图可储存在PU-RAM中或是储存在磁盘上。将中间的位图储存于磁盘具有的缺点在于,将具有对于加载时间的明显瓶颈(参阅:架构选项A)。

[0383] 磁盘加载时间:对于新扫描的向量输入数据必须从服务器下载。服务器将显然是对于通信的瓶颈。对于改良磁盘加载时间的选项是将从服务器到节点的带宽增大或是将服务器上的位图数据压缩。磁盘尺寸。在磁盘储存单元上储存10个版本的位图将必需85GB的储存容量。改良可靠度(及读取性能)提示使用镜像配置(RAID 1)且使用两个100GB的磁盘。

[0384] 假设主要算法被平行化到很大程度,在CUP与GPU之间的粗略性能比较是基于以下特征作出的: Intel CPU核心以因子5胜过线程(thread)处理器; Intel CPU含有4个核心;及, GPU含有240个线程处理器。

[0385] 再假设平行性的完全利用,性能比率(Intel:GPU)的要点是四核心: GPU = (4*5): 240 = 1:12。实际上,数个因素将降低此“理想”比率。因素是: 执行成本的差异(对于此品牌的GPU,整数除法的代价相当高); 平行性程度; 可将平行码写入的程度; 在限量的本地内存中可执行多少个线程; 因为单指令多数据(SIMD)处理器的使用。在SIMD群组中典型具有8个线程处理器。这意味着执行途径因为总是(串行)执行分支的两侧而扩展。

[0386] 另一方面,像是Intel处理器的多核心的解决办法使用共享的高速缓存。视数个因素而定,当多个核心工作时,每个核心的性能将降级。在此章节,对使用Intel CPU的栅格化(渲染与递色)性能作出估计。

[0387] 为了估计性能,已经以C++来实施渲染与递色模块。仅使用C++的OO特征,而不是任何性能关键指令,像是:新、删除或像是列表或队列的任何先进数据结构。64*1000nm格被用作用于渲染与递色的单元。藉由比较向量格式输入与位图输出而用视觉确认的是:渲染与递色是如所预期的那样。Visual C++2008编译器已经被使用,其能使速度最优化。

[0388] 用于渲染的算法是扫描线方式。使用有效边缘表格维持与至少一条扫描线(像素线)相交的边缘组。使用的像素尺寸是3.5nm(架构选项C)。尽管指定最多为64个边缘,每格使用52个(81%)为合理的平均值。

[0389] 为了测量,已经选择具有现代CPU的机器。CPU是以2.14GHz运行的 Core 2Duo

(6400) 且具有运行Windows XP操作系统的2GB的RAM。

[0390] 使用的输入向量格式是在格中的一组闭合多边形的规格。剂量格是被省去,但是处理并入Y相依的剂量因子。对于渲染在y方向的移位总是0,但是算法并入与扫描线有关的移位值的操作。

[0391] 码的最优化是藉由测量码改良进行的。普通的剖析器(profiler)是因为其有限的时间分辨率而不适用。反而,已经使用在Win 32API中的“QueryPerformanceCounter”。此计数器使用以ns为分辨率的CPU时间戳记计数器。码已经基于QueryPerformanceCounter的结果而由人工最优化。在最优化之后,负载是以下列分数份额分布在应用程序:渲染55%、递色27%、和输入处理18%。

[0392] 所述机器的单核心可在8.7秒内执行100,000个格渲染循环。这转化为每秒执行11,494个循环。此外,用双核心的执行几乎以线性方式比例调整(8.7单核心100,000个格->8.8双核心200,000个格)。全条带由2,200,000个格构成。

[0393] 因此,一个核心将在1个条带耗费194秒。假设线性比例调整,这意味着:当使用7.5个核心时,14个条带在6分钟内被渲染。Core 2Duo (6400) 不再是Intel CPU的最顶级型号。因此,将应当以某个因子(例如:30%)提高核心性能。另一方面,知道的是:使用多个核心绝不可能以线性方式比例调整。假设这两个因素将彼此抵消。

[0394] 性能结果是以下因素的总计:使用的算法;标度(尺寸渲染格);算法的完整性;使用的特定最优化;最优化耗用的总时间;相比于原型而在实际配置中所使用的高速缓冲存储器/内存;及,将在最终配置中使用的CPU的相对性能。

[0395] 如对于选项A所论述,将被保留在PU-RAM中的图像压缩是可能的。栅格化器应将其经递色的或灰度图像压缩,而处理单元FPGA应将其解压缩且可选地将其递色。架构B将从压缩与过取样技术实际获益。不再有必要为每个信道使用2个光纤。架构C已经使用相当大的像素尺寸,且将仅从压缩获益。这意味着PU-RAM较小且加载时间较少。然而,应该将解压缩逻辑附加到处理单元FPGA。然而,解压缩将对线内处理工作量具有显著影响。

[0396] 选项D:实时栅格化

[0397] 图62显示使用实时栅格化的实施例。这类似于图61的实施例,除了栅格化是在典型以硬件执行的实时处理期间而更进一步在过程中执行。对于束位置校准、场域尺寸调整、及/或场域位置调整的修正是在向量格式PSS格式数据上作出,且接着栅格化将此转换为B/W位图。因为是在向量数据上作出修正,在X与Y方向的全像素移位和子像素移位均可被作成。

[0398] 图53显示对于此架构的功能块。对于此选项,功能单元3与4(栅格化)是在执行期间为实时执行。

[0399] 修正包括:

[0400] ●在X与Y的像素移位(全像素与子像素)修正。参数是每个场域更新一次。

[0401] ●每个子信道的剂量修正。参数是每个场域更新一次。

[0402] ●每个信道对于Y的比例调整修正。参数是每个场域更新一次。

[0403] ●阻断器时序偏移修正。参数是每个晶片扫描更新一次。

[0404] 离线预处理系统将准备对于所有条带的向量格式。图案流注器将使用此数据作为输入。藉由实时渲染与递色,图案流注器生成B/W位图。在渲染与递色期间,执行所有种

类的修正。从BAA/位图,图案流注器生成小束比特帧,将对于信道的所有小束的数据复用,且通过光纤将数据传送到阻断器芯片。

[0405] 需要用于将数据串流到激光器的资源。

[0406] 处理由两个步骤构成:从内存得到数据且以逻辑顺序将其渲染到像素,归因于子束排序而将逻辑顺序像素重新排序到帧。第一个步骤可由向量数据的实际渲染、或仅是从内存取回渲染的像素数据构成。

[0407] 为了将向量数据渲染到像素,各个条带被分为向量格式的62.5nm的子条带。对于(最大)500nm的软边缘,要处理的子条带数目是 $2000+500+500/62.5=48$ 个子条带。每个子条带是在子条带管道中渲染。每个管道将以约100MHz操作,且48个管道将因此产生近乎需要的5Gbit/s。

[0408] 在管道的顶端,使用FIFO以越过从内存时钟域到处理时钟域的时钟域边界。此FIFO也作为中间的储存缓冲器,由于内存带宽必须在多个条带间共享。FIFO含有棱角数据和剂量映射数据二者。渲染应用可在FIFO底部内随机寻址。FIFO必须含有至少三个区块的数据,以允许对于内存判别器(arbiter)的一些松弛。每个区块的数据含有272个字节。3个区块的数据=816个字节。标准的区块随机存取内存含有18k比特的数据=2k字节的数据。这意味着:从数据尺寸的观点来看,每个区块随机存取内存(blockram)可用于3个子条带管道。然而,从数据可用性的观点来看,每个管道应在顶端使用其本身的区块随机存取内存。

[0409] 各个子条带管道需要一些内部FF和LUT以供处理。假设,可用的FF和LUT的数目及BLOCKRAMS的需要数目超过必要的数目。

[0410] 重新排列像素,用于多束曝光。

[0411] 在子条带管道的底端,或若为内存中的位图数据而直接在内存端口之下,数据被储存在另一个FIFO中。此FIFO必须含有至少245条线的数据,其是用 $K=5$ 以49个小束将像素写入所需要的。每条线将(最多)含有 $3000\text{ nm}/2\text{ nm}=1500$ 个像素。1500个像素*245线=367,500比特。这等于20个区块随机存取内存,其化整为32个区块随机存取内存以利于处理。

[0412] 定帧器/复用器从这些32个区块随机存取内存读取,且形成适合于传送到激光器的帧。这些帧被储存在另一个FIFO区块随机存取内存,其为必要的以作为在MGT时钟域间的异步边界并且作为弹性的储存单元。

[0413] 基于格的输入格式

[0414] 向量表示法典型地用于生成图案数据,诸如:GDS-II或OASIS格式。如上所述,不同的操作模式可能用于带电粒子光刻系统。上述的一个模式是实时栅格化模式,其中,基于向量的输入格式的图案数据被使用,且由处理单元(诸如:FPGA)实时处理(即:对于晶片的一组场域的图案数据是在该组场域的扫描发生的同时至少部分被处理的)。

[0415] 基于格的输入格式可被用于此实时栅格化模式。输入格式的一个实施例描述了两个方面:特征布局与剂量率。使用基于格的方式来描述特征布局,该基于格的方式对于实时FPGA渲染与递色为适合的且被最优化。剂量率是通过涵盖所有特征的区域(例如:场域)的固定尺寸网格来描述的。

[0416] 用于图案数据的基于格的格式可生成尺寸较可预测的数据组,有利于将图案数

据串流到光刻系统,以便进行实时及/或硬件处理。向量格式的图案数据提供每格为较不可预测的尺寸。可使用位图格式的图案数据,但将须被压缩,以便从预处理系统转移到光刻系统。位图数据的压缩量可能对于每格变化很大,视格中存在的特征而定。将这样的压缩数据串流到光刻机器且然后将数据解压缩造成未压缩数据的传输率不可预测。

[0417] 预先知道每格最多含有多少数据(比特)、及若图案数据被压缩则实现的压缩因子为多少(例如:当与若以位图格式进行编码的总尺寸相比时)是有利的。基于格的格式是设计具有这些特征。这是令人期望的,因为保证了基于格的图案数据总配合某个尺寸的内存(在设计时所选取的内存大小),其实质上小于未压缩位图数据的大小。对于使用通用压缩算法(诸如:ZIP)所压缩的位图无法提供此保证。这还是令人期望的,因为保证了基于格的图案数据可在某个最大时间量内转换为位图,这在如果发生实时栅格化时是重要的。

[0418] 而且,如果涵盖位图场域的某个区域的特定格必须从以基于格的格式编码的“压缩文件”读出,立即知道此格被编码在文件中的何处(无须如同在如果文件是以例如GDSII格式(其中特征是随机存在于文件中)的情形中那样寻找此区域)。

[0419] 基于格的格式也较适合于串流到光刻系统,因为其按照格进行排列,且与向量格式相比,将图案数据以待扫描的格顺序排列是相当直接简单的。

[0420] 在基于格的格式中还由于仅将在每格中的特征的相对位置编码而存在附加量的“压缩”。此相对位置结合格的位置提供在场域中的特征的绝对位置。相对特征位置具有较少个可能值(受限于格的尺寸),且因此与关于场域的绝对位置相比需要定义较少个比特。

[0421] 以下总结了基于格的输入格式的这个实施例的相关参数,其用于描述特征布局。

[0422]

名称	值
网格分辨率	0.5nm
临界尺寸(CD)	22nm
最小特征间距	64nm
可能线角度	n*45度
图案剂量映射	50%-100%
图案剂量映射网格尺寸	CD
图案剂量准确度	0.2%步进尺寸

[0423] 对于特征布局格式,最小特征间距是重要参数。最小特征间距本质上限制特征密度。意味着:在最小特征间距的距离内,特定的转变(例如:ON->OFF 或OFF->ON)仅可发生二次。

[0424] 在图67中,显示一个实例的图案布局,其具有遵从最小特征间距(P)的特征(较浅色的区域)。

[0425] 特征描述的重要结果是在于,64x64nm的一个渲染格应最多描述4个棱角。当以这样的渲染格来描述特征时,渲染格索引提供其基准位置。在渲染格内的特征可使用相对位置来描述。

[0426] 在渲染格内的(部分)特征可由其棱角或是由直线描述。可将线角度限制为45度的倍数,将向量方位限制为仅有8个可能方向,如在图69中所说明。对于如图69所示的各个可能方位,分配八个方位码。

[0427] 图68说明棱角(corner)概念。格(cell)被显示为含有(在右侧的)特征的棱角和(在左侧的)特征边缘的直线。棱角与直线均视为“棱角”。棱角A是由A的位置(例如: X_A 、 Y_A)和(例如:使用方位码Edge1=2、Edge2=4所定义的)两个向量所定义。根据定义,以顺时针方向从Edge1到 Edge2的移动方向中的区域是有效区域。以相同方式,直线是由“虚拟棱角”点B(例如: X_B 、 Y_B)和两个边缘(例如:Edge1=4、Edge2=0)所描述。此虚拟棱角的位置是在其定义的线上的任意点。再者,从Edge1到Edge2的 顺时针移动方向中的区域是有效区域。

[0428] 在格之内,相同特征的棱角应为匹配的。图70显示简单方形特征,其 被编码为在64nm x 64nm的格之中的4个匹配棱角。在图70的左侧的表格 显示完全描述特征的参数。棱角由其棱角坐标(X,Y)描述,且边缘描述了 根据图69中定义的方向的棱角方位。从棱角坐标和方位码,可确定图70中 的所有棱角描述了单个特征。

[0429] 对于在FPGA(或其它类型的硬件处理器)的处理,具有固定尺寸的数据结构是有利的。这使得较容易在内存中对格描述进行寻址,且有助于使 FPGA逻辑保持较简单。

[0430] 图71显示由格中的棱角描述的较复杂特征形状的实例。也使用沿着45度与-45度方位的直线定义所显示的特征。

[0431] 具有45度方位的特征边缘

[0432] 最小特征间距确保在格中的棱角的最大数目。当考虑具有在45度方位 的边缘的特征时,格的最大尺度是其对角线,对于方形格其长度等于格尺寸 乘以2的平方根(例如:对于64nm方形格为 $64 \times \sqrt{2} \text{ nm}$)。当最小特征间距 小于此对角线长度时,风险在于每个格可能存在超过4个棱角。在图72中 显示此情况。在左侧,图显示方形特征的规则网格,方形特征具有64nm的 间距、定位在64nm的格中、且每格为具有4个棱角(棱角由小圆圈指示)。在右侧,方形特征的网格被旋转45度。强调的棱角显示六个棱角出现在中 间的格上。

[0433] 为了解决此问题,可应用数个解决办法:

[0434] ●对于+/-45度线,指定较大的最小特征间距,至少是等于格对角线的 长度(例如:对于64nm方形格为 $64 \times \sqrt{2} \text{ nm}$)。

[0435] ●减小格尺寸,使得格对角线等于(或小于)最小特征间距(例如: 对于64nm的最小特征间距为 $\frac{1}{2}\sqrt{2} \times 64 \text{ nm}$)。

[0436] ●允许每个格的棱角数目较大(例如:六个)。

[0437] ●允许每个格的棱角数目可变。

[0438] 在以下说明中,假设为上述的第一个选项。

[0439] 邻近效应修正

[0440] 需要邻近效应修正改良处理晶片后的图案(尤其是棱角)。可藉由局部 微调几何形状或剂量解决邻近效应修正。假设邻近效应修正是藉由几何形状 变化来进行的,使用环绕棱角的小衬线(serif),其典型为具有1/3CD的长度。

[0441] 在图73中,显示两个特征的实例,其中衬线被添加到它们的一些棱角。每个棱角优选为具有选项,以在特定棱角上包括衬线。如图73所示,此类 技术的一个重要结果是:在一格的棱角上定义的衬线(例如:图中的格2的 特征B衬线)可部分在相邻格中渲染(例如:特征B衬线为延伸到格3中)。或者,其所有棱角在一格中的特征(例如:在格1的特征A)需要在相邻格 中渲染其衬线的某些部分(例如:在格2的特征A衬线)。

[0442] 为了解决这个问题,不同方式是可能的:

[0443] ●与相邻格共享关于衬线棱角的信息。

[0444] ●一旦外部衬线棱角对将格渲染有影响,就将额外信息封装(复制) 在格定义中。

[0445] ●将衬线描述为正常棱角。此解决办法明显增加了每格(变化很大) 的棱角数目。

[0446] 剂量网格(grid)

[0447] 除特征几何形状外,剂量率是重要的系统参数,与微尺度有关。剂量信息可藉由提供剂量网格所描述,剂量网格含有每格的一个剂量率(剂量信息 可用其它方式提供,例如:藉由对于每个特征关联一剂量值)。格尺寸典型地等于或小于期望的临界尺寸(CD)。理论上,剂量网格与渲染格网格无关。

[0448] 用于处理该二种网格的两个选项为:

[0449] ●与彼此无关地定义二种网格。

[0450] ●将二种网格对准且可选地将两种网格整合。

[0451] 对于FPGA处理,将剂量网格与渲染格网格结合起来可能是有利的。剂量网格尺寸典型地小于渲染网格的尺寸。这可例如藉由将(3x3)9个剂量格 嵌入渲染格之内来达成。灰度值可以0.2%步进在100%与50%之间变化。因此,每个剂量格需要8比特。

[0452] 然而,结果是两个独立的概念被联系起来。每当间距值改变时,还对剂量格尺寸有影响。

[0453] 像素网格

[0454] 像素格尺寸与位置优选地为灵活可变的。像素可为非方形的,但在一个条带/信道内将总具有相同的尺度。像素可由(最差情形)4个渲染格所渲染。因为子像素的移位,每列可使用不同(Y方向)的对准。

[0455] 输入格式规格

[0456] 以下的规格是为一个实施例提供的。渲染格包含最多含有4个棱角的64 乘64nm的区块与额外信息。边缘是在棱角中起始的向量,Edge1或Edge2, 且从Edge1到Edge2的顺时针角度定义了有效侧。棱角是在格中的特征的棱角。当一线为横越过格而无实际棱角时,棱角可具有180度的角度。假设每个渲染格最多为4个棱角。

[0457] 下表提供了对于一个实施例的棱角数据的规格:

[0458]

名称	比特数目	基本原理
X 位置	8	64 nm@0.5 nm
Y 位置	8	64 nm@0.5 nm
Edge1 方向	3	8 个方向
Edge2 方向	3	7 个方向可能, 等于 Edge1 是特例: 条目未使用
衬线尺寸	5	0 意味着截止(off)
总计	27	

[0459] 为了从其场域值来计算衬线尺寸,可使用不同策略,例如:查表,其中,场域值被用作预先定义的表格中的索引,或是藉由计算(例如:衬线尺寸= 值*0.5nm,因此其范围为

0...15.5@0.5nm,假设为正衬线尺寸)。

[0460] 下表中提供了对于一个实施例的渲染格数据的规格:

[0461]

名称	每个单元的比特	单元数目	总比特
棱角	27	4	108
剂量映射3x3	8	9	72
总计			180

[0462] 下表总结当使用上述格式时的数据量。对于此数据量表格的假设是不具有缝缀。

[0463]

名称	公式	结果
每个格的字节数目	180比特/8	23字节
每个条带的格数目	33mm/64nm*2μm/64nm	16E6格
每个场域的格数目	13000*16E6	209E9格
每个场域的字节数目	209E9*23	5T字节
每个条带的字节数目	16E6*23	370M字节

[0464] 可能存在数据压缩的机会。举例来说,预期的是:多个格含有少于4个棱角,且对于所有剂量格,剂量率可能为相同值。

[0465] 定义固定尺寸的数据结构将减轻FPGA设计(寻址及加载)的任务,但是对于内存有影响。对于通信以及(磁盘)储存,可使用标准的压缩技术来压缩数据。这在未使用的记录被填充相同值时(例如:对于未使用的棱角均为零)很有效。压缩对于重复值也很有效,如同对于剂量映射的类似值。

[0466] 对于上述实施例的一些设计问题是:

[0467] ●每格最多为4个棱角可能是不够的;

[0468] ●在相邻格中寻找衬线在处理时间与内存方面为“浪费”的,且若是可能则应避免;

[0469] ●衬线可能为与预期不同的形状;

[0470] ●每格为固定个棱角是硬件实施所期望的;

[0471] ●每格为大的固定数目的棱角造成庞大的数据量;

[0472] ●每格为小的固定数目的棱角造成缺乏灵活性;

[0473] ●从信息的理论观点来看,将所有棱角编码是信息过多的,但是对于以硬件来实施是显著有利的;

[0474] ●棱角的分辨率优选地为0.25nm,而非0.5nm;

[0475] ●仅将半数的棱角编码可能是足够的。

[0476] 将较大区块共同编码

[0477] 作为在大与小的固定数目的棱角之间的折衷方案,一个可能性是限制对于较大数据区块的最大棱角数目,例如:在机械扫描方向约大16倍。假设的是,在此较大区块的一个区域中的局部最大棱角数目将由此区块的另一个区域中的较少棱角数目所补偿。

[0478] 最大棱角数目高于4的上限是不合意的,归因于内存使用的增加。然而,使用下限将不会涵盖所有可能情形。作为中间的解决办法,考虑以下的方案:以比目前格更大的区

块将数据编码(例如:一次为16格的区块),且限制在该区块内的棱角数目,其中,局部最大棱角数目可为更高。在此方案中,如棱角本身那样对衬线进行编码,这有助于实施。

[0479] 为了实施此实施例,可对上述实施例作出以下的改变:

[0480] ●定义一个区块,其在Y方向(偏转方向)为62.5nm且在X方向(机械扫描方向)为1000nm;

[0481] ●格/区块的Y尺寸从64减小到62.5nm。这具有两个优点: $16 \times 62.5 = 1000\text{nm}$ 且 $62.5/0.25 = 250$,其可为以8比特而被高效编码;

[0482] ●密度图可具有为 $31.25 \times 31.25\text{nm}$ (1000nm的1/32)的分辨率;

[0483] ●棱角的最大数目设定为每个区块64个(平均每个 $62.5 \times 62.5\text{nm}$ 的格为4个棱角);

[0484] ●衬线是在数据内编码,如同棱角本身那样。

[0485] 以下规格是为此实施例提供的:

[0486]

名称	值
渲染区块	62.5 乘 1000 nm 的区块, 其含有 64 个棱角和剂量信息。
边缘	在棱角起始的向量。Edge1 或 Edge2。从 Edge1 到 Edge2 的顺时针角度定义有效侧。
棱角	在格中的特征的棱角。假使线横越过格而无实际棱角, 也可能为具有角度 180 度的棱角。假设每个渲染格最多为 4 个棱角。

[0487] 下表中提供了对于此实施例的棱角数据的规格:

[0488]

名称	比特数目	基本原理
X 位置	12	$1000\text{ nm}@0.25\text{ nm}$
Y 位置	8	$62.5\text{ nm}@0.25\text{ nm}$
Edge1 方向	3	8 个方向
Edge2 方向	3	7 个方向可能, 等于 Edge1 是特例: 项目未使用
总计	26	

[0489] 在下表中提供了对于此实施例的渲染格数据的规格:

[0490]

名称	每个单元的比特	单元数目	总比特
棱角	26	64	1664
剂量映射 32×2	8	64	512
总计			2176

[0491] 下表总结当使用上述格式时的数据量。对于此数据量表格的假设是不存在缝缀。此估计并未考虑在将信息储存在实际RAM中时发生舍入。

[0492]

名称	公式	结果
每个区块的字节数目	2176比特/8	272字节
每个条带的区块数目	33mm/1000nm*2 μ m/62.5nm	1056000

[0493]

每个场域的区块数目	13000*1E6	13.7E9区块
每个场域的字节数目	13E9*272	3.4T字节
每个条带的字节数目	1E6*272	274M字节

[0494] 存在压缩的机会。举例来说,预期的是:多个区块含有少于64个棱角,且对于相邻的剂量格,剂量率将具有类似值。然而,压缩也导致较复杂的实施。数据可能是在被输送通过系统的同时被压缩的。

[0495] 从信息的理论观点来看,将具有所有坐标的所有棱角编码是不必要的。然而,这戏剧性地减少在实施中的计算工作量。也将区块边界交叉编码可能是有利的。这增加了棱角的数目,但是将FPGA中的计算工作量减少更多。此外,应考虑到的是:整个渲染过程应可从数据的两端来执行。在一个方向将一些“明显”信息省去,可能会在其它方向扫描时引起问题。

[0496] 区块同样可能定位在偏转扫描方向。存在为何不应如此的两个理由。实施的平行性必须在条带内的数个条带中处理数据,且若是以此方式定位数据,这将是是不可能的。此外,在偏转扫描方向上的粒度将是1000nm,其对于缝缀为不合意。在目前情况,包括缝缀区域的条带宽度的粒度是62.5nm。

[0497] 将数据封包在内存中应该得到一些想法。如果对于剂量映射的数据被储存在不同于棱角数据的个别比特路径可能是有利的。

[0498] 使用先前段落的方式具有以下有益效果:

[0499] ●数据量较小(例如:3.5TB而非5TB);

[0500] ●特征分辨率较高(例如:0.25nm而非0.5nm);

[0501] ●对于衬线且对于在局部范围的棱角数目,灵活性较高;

[0502] ●实施较不复杂。

[0503] 图案束光刻系统

[0504] 图74显示一种带电粒子多个小束光刻系统1的实施例的简化示意图,该光刻系统1是基于不具有所有电子小束的共同交叉的电子束光学系统。美国专利申请第61/045,243号详细描述了这种光学系统,该专利的整体以参考方式并入本文中。

[0505] 这种光刻系统适当包含:小束生成器,其生成多个小束;小束调变器,其将所述小束图案化为调变的小束;及,小束投射器,其用于将这些小束投射到目标表面上。小束生成器典型包含源和至少一个孔隙阵列。小束调变器典型为小束阻断器,其具有熄灭偏转器阵列与束光阑阵列。小束投射器典型包含扫描偏转器与投射透镜系统。图74并未明确显示本发明的晶片定位与支撑结构。

[0506] 光刻系统1尤为适于结合如本文所述的所谓的两次或多次扫描来实施冗余扫描功能性。实现了对到目标表面上的扫描线准确度的改善,致使能够实现第二次扫描,其将在第一次扫描顺序中所留空的间隙填满。

[0507] 在图74所示的实施例中,光刻系统包含电子源3,其用于生成同质、扩展的电子束4。束能量优选地被维持成相当低,在约1到10keV的范围内。为了达成此举,加速电压优选为低的,电子源优选为相对于在接地电势的目标而保持在约-1到-10kV之间,虽然也可使用其它设定。

[0508] 来自电子源3的电子束4通过双重八极及随后的用于使电子束4准直的准直器透镜5。如将了解,准直器透镜5可为任何类型的准直光学系统。随后,电子束4撞击到分束器上,分束器在一个适当的实施例中为孔隙阵列6A。孔隙阵列6A阻挡部分束且允许多个子束20通过孔隙阵列6A。孔隙阵列优选包含具有通孔的板。因此,产生多个平行的电子子束20。

[0509] 第二孔隙阵列6B从每个子束产生若干个小束7。系统产生大量小束7,优选为约10,000到100,000个小束,虽然诚然可能使用更多或更少的小束。注意,也可使用其它的已知方法来生成准直的小束。

[0510] 这允许对子束的操控,其结果是对系统操作有利,尤其是当小束的数目增加到5,000或更多个时。这样的操控例如由聚光透镜、准直器或将子束会聚到光轴(例如:在投射透镜的平面)的透镜结构实现。

[0511] 聚光透镜阵列21(或一组聚光透镜阵列)被并入在子束产生孔隙阵列6A的后方,用于将子束20聚焦向束光阑阵列10中的对应开口。第二孔隙阵列6B从子束20产生小束7。小束产生孔隙阵列6B优选地与子束阻断器阵列9相结合;举例来说,可将二者组装在一起以形成子组件。在图74之中,孔隙阵列6B从每个子束20产生三个小束7,其撞击在束光阑阵列10的对应开口,使得三个小束被在末端模块22中的投射透镜系统投射到目标上。实际上,对于在末端模块22中的每个投射透镜系统,可由孔隙阵列6B产生数目更大的小束。在一个实施例中,从每个子束产生(排列成7x7阵列)49个小束,且这些小束被引导通过单个投射透镜系统,但也可将每个子束的小束数目增加到200个或更多个。

[0512] 从束4通过子束20的中间阶段逐步产生小束7具有的优点在于,可用数目相当有限的子束20且在相当远离目标的位置处来实现主要光学操作。一个这样的操作是将子束会聚到对应于一个投射透镜系统的一点。优选而言,在操作与会聚点之间的距离大于在会聚点与目标之间的距离。最适合的是,在此结合利用静电投射透镜。此会聚操作致使系统能够符合缩小光点尺寸、增大电流及缩小点展开的需求,以在先进的节点处,尤其是在具有小于90nm的临界尺度的节点处,完成可靠的带电粒子束光刻。

[0513] 小束7接着通过调变器阵列9。此调变器阵列9可包含具有多个阻断器的小束阻断器阵列,每个阻断器能够将一或多个电子小束7偏转。更具体而言,阻断器是配备第一与第二电极的静电偏转器,第二电极是接地或共同电极。小束阻断器阵列9与束光阑阵列10构成调变装置。基于小束控制数据,调变机构8将图案添加到电子小束7。图案将藉由存在于末端模块22之内的构件而被投射到目标24上。

[0514] 在此实施例中,束光阑阵列10包含用于允许小束通过的孔隙阵列。束光阑阵列的基本形式包含基板,该基板配备通孔,典型为圆孔,但也可使用其它形状。在一个实施例中,束光阑阵列10的基板由具有规律间隔的通孔阵列的硅晶片形成,且可用金属的表面层涂覆以防止表面充电。在一个实施例中,该金属是不形成天然氧化物表层的类型,诸如:CrMo。

[0515] 在一个实施例中,束光阑阵列10的通路对准小束阻断器阵列9中的孔。小束阻断

器阵列9和小束光阑阵列10一起操作,以阻挡小束7或让小束7通过。若小束阻断器阵列9将小束偏转,则小束将不会通过小束光阑阵列10中的对应孔隙,而是将会被小束阻挡阵列10的基板阻挡。但如果小束阻断器阵列9未将小束偏转,则小束将通过在束光阑阵列10中的对应孔隙且将接着投射为目标24的目标表面13上的光点。

[0516] 光刻系统进一步包含用于将小束控制数据供应到小束阻断器阵列的数据路径。可用光纤来传送小束控制数据。来自每个光纤端的调变光束被投射在小束阻断器阵列9的光敏组件上。每个光束持有用于控制被耦合到光敏组件的一或多个调变器的部分图案数据。

[0517] 随后,电子小束7进入末端模块。下文,术语“小束”指的是已经调变后的小束。这样的调变小束是有效包含依时间方式的顺序部分。这些顺序部分的一些可具有较低强度且优选为具有零强度,即:停止在束光阑处的部分。为了允许将小束定位到随后扫描周期的起始位置,一些部分将具有零强度。

[0518] 末端模块22优选地被构成为可插入、可更换式单元,其包含种种构件。在此实施例中,末端模块包含束光阑阵列10、扫描偏转器阵列11、及投影透镜配置12,虽然并不是所有这些均须并入在末端模块中,且它们可以不同方式配置。

[0519] 在通过小束光阑阵列10之后,调变的小束7通过扫描偏转器阵列11,其提供每个小束7在X-及/或Y-方向(实质为垂直于未偏转小束7的方向)的偏转。在此实施例中,偏转器阵列11是扫描静电偏转器,其致使能够施加相当小的驱动电压,如下文解释。

[0520] 接着,小束通过投影透镜配置12,且投射到目标平面中的目标(其典型为晶片)的目标表面24上。对于光刻应用,目标通常包含配备带电粒子敏感层或抗蚀剂层的晶片。投影透镜配置12将小束聚焦,优选为造成直径约为10到30奈米的几何光点尺寸。以此类设计的投影透镜配置12优选提供约100到500倍的缩小。在此优选实施例中,投影透镜配置12有利地为位于接近目标表面处。

[0521] 在一些实施例中,束保护器可位于目标表面24和聚焦投影透镜配置12之间。束保护器可为配备必要孔隙的箔片或板,用于将从晶片释放的抗蚀剂粒子在其可能到达光刻系统中的任何敏感组件前吸收。替代或附加而言,扫描偏转阵列11可提供在投影透镜配置12与目标表面24之间。

[0522] 概略而言,投影透镜配置12将小束7聚焦到目标表面24。此外,进一步确保单个像素的光点尺寸为正确的。扫描偏转器11将小束7偏转为遍及目标表面24。此外,须确保在目标表面24上的像素位置对于微刻度为正确的。尤其,扫描偏转器11的操作必须确保像素非常适合最终构成在目标表面24上的图案的像素网格。将了解的是,在目标表面上的像素的微刻度定位适合由目标24下方的晶片定位系统所致能。

[0523] 此类的高质量投射与得到提供可复制结果的光刻系统有关。通常,目标表面24包含在基板顶部上的抗蚀剂膜。部分的抗蚀剂膜将通过带电粒子(即:电子)小束的施加以化学方式修改。此结果为,膜的照射部分将多少有些为可溶于显影剂,造成在晶片上的抗蚀剂图案。在晶片上的抗蚀剂图案可随后被转移到下层,即:藉由实施在半导体制造技术中所熟知的蚀刻及/或沉积步骤。明显地,若照射为不均匀的,抗蚀剂可能没有以均匀方式被显影,导致图案中的错误。而且,许多这样的光刻系统利用多个小束。偏转步骤不应该造成在照射中的任何差异。

[0524] 在此类光学系统的一个实施例中,在来自相邻子束20的第一和第二群组的小束7之间留有空间。此外,系统定义为含有束区域51与非束区域52,如图75中所示。成为束区域51和非束区域52的划分存在于调变装置中以及末端模块(例如:投射透镜系统)内。在投射透镜系统中可利用非束区域52,用于提供机械支撑结构以使得任何振动效应最小化。对应于非束区域52的空间可被填充,例如:预定图案在转移过程的后续步骤中转移到目标上的空间。此后续步骤是在相对于柱而将目标移动后执行的。填充空间的特定顺序也称为写入策略。

[0525] 本发明已经通过参考上文论述的某些实施例进行了描述。应注意,已经描述种种结构和可替代的方案,其可与本文所述的任何实施例一起使用,如将为本领域技术人员所了解的那样。再者,将认识到的是,在没有脱离本发明的精神与范围的情况下,这些实施例容许对于本领域技术人员来说众所周知的种种修改和替代形式。因此,虽然已经描述了特定实施例,但这些实施例仅为举例且不限本发明的范围,该范围由随附的权利要求定义。

[0526] 定义

[0527] 以下内容代表通过对于本发明的某些方面的定义来作的进一步的描述。

[0528] 一种使用带电粒子光刻机器根据图案数据将晶片曝光的方法,其中该带电粒子光刻机器生成用于将晶片曝光的多个带电粒子小束,该方法包括:

[0529] 提供向量格式的图案数据;

[0530] 渲染所述向量图案数据以生成多级图案数据;

[0531] 将所述多级图案数据递色以生成两级图案数据;

[0532] 将所述两级图案数据供应给所述带电粒子光刻机器;和

[0533] 基于所述两级图案数据将所述带电粒子光刻机器生成的小束接通或切断;

[0534] 其中基于修正数据来调整所述图案数据。

[0535] 其中,调整所述图案数据包括基于第一修正数据调整所述向量图案数据。

[0536] 其中,调整所述图案数据包括基于第二修正数据调整所述多级图案数据。

[0537] 其中,调整所述图案数据包括基于第三修正数据调整所述两级图案数据。

[0538] 其中,渲染所述向量图案数据包括定义像素格的阵列,和基于所述向量图案数据定义的特征基于像素格的相对覆盖范围为所述像素格分配多级值。

[0539] 其中,将所述多级图案数据递色包括通过在所述多级图案数据上应用误差扩散来形成两级图案数据。

[0540] 其中,所述误差扩散包括将所述多级图案数据的像素的量化误差分布到所述多级图案数据的一个或多个相邻像素。

[0541] 其中,所述误差扩散的应用可包括:

[0542] 定义像素的阵列;

[0543] 将所述像素的阵列划分成多个部分,每个部分被指派成由不同小束曝光;

[0544] 为每个部分确定误差扩散参数;和

[0545] 使用误差扩散参数为每个部分内的像素指派两级值。

[0546] 其中,所述误差扩散参数值进一步包括对于所述两级值的较高级的阈值和权重值。

- [0547] 其中,所述误差扩散参数值进一步包括对于所述两级值的较低级的权重值。
- [0548] 其中,所述阈值等于高级像素值的50%。
- [0549] 其中,所述阈值等于所述高级像素值和所述低级像素值的平均值。
- [0550] 其中,确定所述误差扩散参数值是基于小束电流测量的。
- [0551] 其中,所述误差扩散参数值是阈值,并且其中为一部分内的像素格指派两级值是基于与为该部分确定的阈值的比较的。
- [0552] 其中,所述误差扩散参数是代表所述两级值的较高级的值。
- [0553] 其中,所述误差扩散是一维误差扩散。
- [0554] 其中,所述误差扩散是二维误差扩散。
- [0555] 其中,通过不准许向具有等于或小于另外的阈值的多级值的一个或多个像扩散,来对所述误差扩散的应用进行限制。
- [0556] 其中,所述另外的阈值等于零。
- [0557] 其中,通过不准许扩散到位于所述向量图案数据中描述的特征以外的一个或多个像素,来对所述误差扩散的应用进行限制。
- [0558] 其中,所述第一修正数据包括邻近效应修正。
- [0559] 其中,所述邻近效应修正包括剂量修正。
- [0560] 其中,所述邻近效应修正包括形状修正。
- [0561] 其中,所述邻近效应修正包括剂量修正和形状修正的组合。
- [0562] 其中,所述第一修正数据包括抗蚀剂加热修正。
- [0563] 其中,所述第一修正数据包括对所述小束中的一个或多个小束的位置变化的补偿的修正。
- [0564] 其中,所述第一修正数据包括对所述晶片的场域相对于所述晶片的定位误差的补偿的修正。
- [0565] 其中,所述第一修正数据包括对所述晶片的场域的尺寸误差的补偿的修正。
- [0566] 其中,所述修正可包括对所述向量图案数据的调整,其导致将所述多级图案数据移位少于一个完整的像素。
- [0567] 其中,在曝光晶片期间,在机械扫描方向上移动晶片,并且其中所述修正包括对所述向量图案数据的调整,该调整导致对所述多级图案数据的移位,该移位具有在所述机械扫描方向上和基本上垂直于机械扫描方向的方向上的分量。其中,所述第一修正数据可包括对所述小束控制信号传送到所述光刻机器的传送时间的变化的补偿的修正。
- [0568] 其中,由小束阻断器阵列中的小束阻断器电极将小束接通和切断,每个小束阻断器电极接收小束控制信号,其中所述第一修正数据包括对小束控制信号被所述小束阻断器电极接收的时间上的差异的补偿的修正。
- [0569] 其中,所述小束被偏转以扫描所述晶片的表面,并且其中所述第一修正数据包括对不同小束经历的偏转量的变化的补偿的修正。
- [0570] 其中,将所述多级图案数据递色包括基于与阈值进行的比较来为多级图案数据的每个相应多级值指派高值或低值,并且其中可通过从所述多级图案数据减去所述高级值的权重或所述低级值的权重来计算量化误差,所述高级值的权重是基于所述第二修正数据定义的。

- [0571] 其中,所述低级值的权重是基于所述第二修正数据定义的。
- [0572] 其中,所述阈值是基于所述第二修正数据定义的。
- [0573] 其中,将所述多级图案数据递色包括通过将所述多级图案数据的相应多级值与阈值相比来确定两级值,并且其中调整所述图案数据包括基于所述第二修正数据调整所述阈值。
- [0574] 其中,所述第二修正数据包括对一个或多个小束的位置变化的补偿的修正。
- [0575] 其中,所述第二修正数据包括对所述晶片的场域相对于所述晶片的定位误差的补偿的修正。
- [0576] 其中,所述第二修正数据包括对所述晶片场域的尺寸误差的补偿的修正。
- [0577] 其中,所述修正包括对所述多级图案数据的调整,相当于将所述多级图案数据移位小于一个完整像素。
- [0578] 其中,在曝光所述晶片的期间,在机械扫描方向上移动晶片,并且其中所述修正包括对所述多级图案数据的调整,该调整导致具有在所述机械扫描方向上和基本上垂直于所述机械扫描方向的方向上的分量的移位。
- [0579] 其中,所述第二修正数据包括用于在由不同小束或小束群组曝光的区域之间实现软边缘的修正。
- [0580] 其中,所述软边缘通过将所述多级图案数据乘以软边缘因子来形成,所述软边缘因子随着与所述边缘相距的距离线性增大直至达到最大值。
- [0581] 其中,所述最大值是1。
- [0582] 其中,所述因子的起始值是在边缘处为0。
- [0583] 其中,所述软边缘具有约为0.5到1.5微米的宽度。
- [0584] 其中,所述第三修正数据包括对一个或多个小束的位置变化的补偿的修正。
- [0585] 其中,所述第三修正数据包括对所述晶片场域相对于所述晶片的定位误差的补偿的修正。
- [0586] 其中,所述第三修正数据包括对所述晶片场域的尺寸误差的补偿的修正。
- [0587] 其中,在曝光所述晶片期间,在机械扫描方向上移动所述晶片,并且所述第三修正数据包括在所述机械扫描方向上一个完整像素的移位。
- [0588] 其中,在曝光所述晶片期间,在机械扫描方向上移动所述晶片,并且其中所述第三修正数据包括在基本上垂直于所述机械扫描方向的方向上的一个完整像素的移位。
- [0589] 其中,提供向量格式的图案数据的步骤包括:
- [0590] 提供描述了装置设计的多个层的设计数据;和
- [0591] 转换一层所述设计数据以生成向量格式的二维图案数据。
- [0592] 其中,所述设计数据包括GDS-II格式的数据。
- [0593] 其中,所述设计数据包括OASIS格式的数据。
- [0594] 其中,所述向量图案数据包括描述在所述晶片上形成的图案的特征的形状的向量数据,和与该特征相关联的剂量值。
- [0595] 其中,所述向量图案数据包括描述在所述晶片上形成的图案的特征的形状的向量数据,和对于晶片上的相应区域的剂量值的阵列。
- [0596] 其中,所述多级图案数据包括指派给像素格的多级值的阵列。

- [0597] 其中,所述多级图案数据包括灰度位图数据。
- [0598] 其中,所述两级图案数据包括黑/白位图数据。
- [0599] 其中,所述渲染和栅格化步骤由离线处理执行,由此对于整个晶片的图案数据的渲染和栅格化在所述晶片扫描开始之前完成。
- [0600] 其中,对于每个设计执行所述渲染和栅格化步骤。
- [0601] 其中,所述渲染和栅格化步骤由线内处理执行,由此对于所述晶片的第一组场域的图案数据的渲染和栅格化在所述第一组场域的扫描开始之前完成,而对于所述晶片的剩余场域的图案数据的渲染和栅格化在所述第一组场域的扫描期间继续进行。
- [0602] 其中,所述第一组场域和所述剩余场域是不重叠的。
- [0603] 其中,所述第一组场域和所述剩余场域合起来构成了要被曝光的晶片的全部区域。
- [0604] 其中,所述第一组场域在所述晶片的第一个扫描中被曝光,其中所述剩余场域在所述晶片的第二个扫描中被曝光。
- [0605] 其中,分配小束的第一子集,用于曝光所述第一组场域,并分配小束的第二子集,用于曝光所述剩余场域。
- [0606] 其中,所述渲染和栅格化步骤对于每个晶片执行一次。
- [0607] 其中,所述渲染和栅格化步骤通过实时处理来执行,由此对于所述晶片的第一组场域的渲染和栅格化在扫描所述第一组场域期间继续进行。
- [0608] 其中,所述渲染和栅格化步骤对于所述晶片的每个场域执行一次。
- [0609] 其中,所述渲染和栅格化步骤在曝光所述晶片期间执行。
- [0610] 另外一组定义涉及:
- [0611] 一种根据图案数据将晶片曝光的带电粒子光刻系统,该系统包括:
- [0612] 电子光学柱,用于生成曝光晶片的多个电子小束,所述电子光学柱包括用于将所述小束接通或切断的小束阻断器阵列、用于传送用于控制所述小束的切换的小束控制数据的数据路径,和
- [0613] 晶片定位系统,用于在所述电子光学柱下方以x-方向移动晶片,所述晶片定位系统被提供以来自所述数据路径的同步信号,以将所述晶片与来自所述电子光学柱的电子束对准;
- [0614] 其中所述数据路径包括用于生成所述小束控制数据的一个或多个处理单元和用于将所述小束控制数据传送到小束阻断器阵列的一条或多条传输信道。
- [0615] 传输信道/复用:
- [0616] 其中,所述传输系统包括多条传输信道,每条传输信道用于传送对于小束的相应群组的数据。
- [0617] 其中,所述小束被布置成多个群组,并且其中每条传输信道用于传送对于其中一个群组的小束的小束控制数据。
- [0618] 其中,所述数据路径包括多个复用器,每个复用器用于将对于一个群组的小束的小束控制数据复用。
- [0619] 该系统进一步包括多个解复用器,每个解复用器用于将对于一个群组的小束的小束控制数据解复用。

[0620] 其中,所述数据路径包括电气至光学转换装置,用于将所述处理单元生成的小束控制数据转换成要传送到所述带电粒子光刻机器的光学信号。

[0621] 其中,所述传输信道包括用于传导所述光学信号的光纤。

[0622] 其中,所述小束阻断器阵列包括光电转换装置,该光电转换装置用于接收所述光学信号并将其转换成用于控制所述小束的电气信号。

[0623] 其中,所述传输系统包括透镜阵列和镜子,所述透镜阵列用于将所述光学信号引导到所述镜子上,所述镜子用于将所述光学信号偏转到所述带电粒子光刻机器的小束阻断器阵列上。

[0624] 所述系统进一步包括第一数目的处理单元,其足够用于处理所述图案数据,以为被分配成用于曝光所述晶片的第一部分的小束的第一子集生成第一小束控制数据。

[0625] 所述系统进一步包括交叉连接开关,用于将所述处理单元连接到所述传输信道的子集。

[0626] 其中,所述小束被布置成多个群组,并且其中每个处理单元用于为任意一个群组的小束生成小束控制数据,并且每个传输信道专用于传输对于一个群组的小束的小束控制数据。

[0627] 其中,为每十二条传输信道提供七个处理单元。

[0628] 其中,所述带电粒子光刻系统分配所述小束的第一子集,用于曝光所述晶片的第一部分,并分配所述小束的第二子集,用于曝光所述晶片的第二部分;并且其中所述交叉连接开关将所述处理单元连接到第一传输信道子集,且将所述处理单元连接到第二传输信道子集,其中所述第一传输信道子集与用于扫描所述晶片第一部分的所述小束的第一子集相对应,所述第二传输信道子集与用于扫描所述晶片的第二部分的小束的第二子集相对应。

[0629] 其中,所述第一数目的处理单元足够用于处理所述图案数据以生成所述第一小束控制数据,和处理所述图案数据以生成所述第二小束控制数据,但没有能力处理所述图案数据以同时生成所述第一和第二小束控制数据。

[0630] 其中,所述光刻系统适用于以两次扫描将所述晶片曝光,其中根据第一图案数据来将所述晶片的第一部分曝光,随后根据第二图案数据来将所述晶片的第二部分曝光,并且其中所述处理单元包括内存,所述内存划分成用于存储所述第一图案数据的第一内存部分和用于存储所述第二图案数据的第二内存部分,并且其中在将当前批次的晶片的一个晶片的第二部分曝光期间,用于下一批次的晶片的一个晶片的第一图案数据可被加载到所述第一内存部分中。

[0631] 一种用于在带电粒子光刻系统中将晶片曝光的方法,该方法包括:

[0632] 生成多个带电粒子小束,所述小束被布置成群组,每个群组包括小束阵列;

[0633] 在所述小束下以晶片扫描速度在第一方向上移动所述晶片;

[0634] 以偏转扫描速度在基本上垂直于所述第一方向的第二方向上偏转所述小束;和

[0635] 调整所述晶片扫描速度,以调整由所述小束施加到所述晶片上的剂量。

[0636] 其中,所述小束使用平行投射写入策略来将晶片曝光。

[0637] 其中,所述偏转扫描速度包括小束扫描速度和回扫速度。

[0638] 其中,每个小束阵列可具有在该阵列的小束之间在第一方向上的投射间距

P_{proj} ,和等于所述投射间距 P_{proj} 乘以该阵列中的小束数目的群组距离,并且其中扫描步进,等于在各个扫描之间所述小束与所述晶片之间的在x-方向上的相对移动,等于所述群组距离除以整数K。

[0639] 其中,藉由调整小束扫描速度和/或回扫速度,来调整所述扫描步进。

[0640] 其中,藉由调整小束偏转时间来调整所述扫描步进,所述小束偏转时间 包括用于在y-方向上的一个小束扫描的时间和小束回扫时间。

[0641] 其中,所述偏转时间等于群组距离除以整数K,再除以所述小束扫描速度。

[0642] 其中,K满足K与每个阵列中的小束数目的最大公分母为1的要求。

[0643] 一种用于在带电粒子光刻系统中将晶片曝光的方法,该方法包括:

[0644] 生成多个带电粒子小束,所述小束被布置成群组,每个群组包括小束的 阵列;

[0645] 在所述小束下以晶片扫描速度在第一方向上移动晶片;

[0646] 以偏转扫描速度在基本上垂直于所述第一方向的第二方向上偏转所述 小束;

[0647] 在所述小束被偏转以在所述晶片上曝光像素时,根据图案数据将所述小 束接通和切断;和

[0648] 相对于所述偏转扫描速度调整所述晶片扫描速度,以调整在所述第一方 向上的像素宽度。

[0649] 其中,所述小束使用平行投射写入测量来将所述晶片曝光。

[0650] 其中,所述偏转速度包括小束扫描速度和回扫速度。

[0651] 其中,每个小束阵列具有在该阵列的小束之间的在第一方向上的投射间 距 P_{proj} ,和等于所述投射间距 P_{proj} 乘以该阵列中的小束数目的群组距离,并且其中扫描步进等于在各个扫描之间小束与晶片之间的在x-方向上的相 对移动,等于所述群组距离除以整数K。

[0652] 其中,藉由调整小束扫描速度和/或回扫速度来调整所述扫描步进。

[0653] 其中,藉由调整小束偏转时间来调整所述扫描步进,其中所述小束偏转 时间包括用于在y-方向上的一个小束扫描的时间和小束回扫时间。

[0654] 其中,所述偏转时间等于所述群组距离除以整数K,再除以所述小束扫 描速度。

[0655] 其中,K满足K与每个阵列中的小束数目的最大公分母为1的要求。

[0656] 一种用于在带电粒子光刻系统中将晶片曝光的方法,该方法包括:

[0657] 生成多个带电粒子小束,所述小束被布置成群组,每个群组包括小束阵 列;

[0658] 产生所述小束与所述晶片之间在第一方向上的相对移动;

[0659] 以偏转扫描速度在基本上垂直于x-方向的第二方向上偏转所述小束,使 得每个小束在所述晶片上曝光多条扫描线;和

[0660] 调整在第一方向上的相对移动和在第二方向上的小束偏转,以调整所述 小束在所述晶片上施加的剂量;

[0661] 其中每个小束阵列可具有在该阵列的小束之间的在第一方向上的投射 间距 P_{proj} ,和等于所述投射间距 P_{proj} 乘以所述阵列中的小束数目的群组距 离,并且其中在所述小束和所述晶片之间的在x-方向上的相对移动等于所述 群组距离除以整数K。

[0662] 其中,所述K满足K与每个阵列中的小束数目的最大公分母为1的要 求。

[0663] 其中,所述扫描线的宽度可以是所述投射间距 P_{proj} 除以整数K。

[0664] 其中,在所述小束被偏转以在所述晶片上曝光像素时,根据图案数据将小束接通和切断,并且所述像素在第一方向上的宽度可以是所述投射间距 P_{proj} 除以整数K。

[0665] 进一步,另一组定义涉及:

[0666] 一种用于定义用于通过使用光刻处理在目标上写入的特征的方法,该方法包括:

[0667] 定义格的阵列,所述特征占用一个或多个格;

[0668] 为每个格描述落入在该格内的特征的所有棱角。

[0669] 其中,每个棱角由棱角位置、第一向量和第二向量描述,这两个向量起始于所述位置。

[0670] 其中,通过两个坐标描述所述棱角位置。

[0671] 其中,通过Cartesian坐标描述所述棱角位置。

[0672] 其中,每个向量可通过指定该向量的方向的方位码来描述。

[0673] 其中,所述特征可被定义为由所述向量和在以预定方向从所述第一向量移动到所述第二向量时的格边界界定的区域。

[0674] 其中,所述预定方向是顺时针方向。

[0675] 其中,为部分落入格内但其他部分在格内不具有棱角的特征定义伪棱角。

[0676] 其中,所述伪棱角通过相对于彼此成180度的朝向的第一和第二向量来描述。

[0677] 其中,所述向量可仅具有平行于格边界或垂直于格边界的方向。

[0678] 其中,所述向量可仅具有平行于格边界、垂直于格边界或与格边界成45度的方向。

[0679] 其中,定义最小特征间距,并且其中所述格具有等于或小于所述最小特征间距的尺寸。

[0680] 其中,定义最小特征间距,并且其中所述格具有等于或小于2的平方根的一半乘以所述最小特征间距的尺寸。

[0681] 其中,最小特征间距被定义为具有等于或大于格的尺寸乘以2的平方根的尺寸。

[0682] 其中,对于具有定向成与格边界成45度角的边缘的特征或特征的部分,最小特征间距被定义成具有等于或大于所述格的尺寸乘以2的平方根的尺寸。

[0683] 其中,可为每个格定义棱角的最大数目。

[0684] 其中,每个格可含有一个或多个特征,和/或多个特征中的一个特征的一部分。

[0685] 其中,每个格包括用于所述晶片的场域的一部分的图案数据。

[0686] 其中,每个格包括所述晶片的场域的条带的图案数据。

[0687] 一种处理在光刻系统中使用的图案数据的方法,该方法包括:

[0688] 提供向量格式的图案数据;

[0689] 转换所述向量图案数据以生成基于格的格式的图案数据;和

[0690] 将所述基于格的图案数据栅格化,以生成用于在所述光刻处理中使用的两级图案数据。

[0691] 其中,所述基于格的图案数据包括描述了占用格阵列中的一个或多个格的特征的格数据,所述格数据为每个格描述落入该格内的特征的任意棱角。

[0692] 其中,在执行所述光刻处理的同时,以实时处理执行对所述基于格的图案数据的栅格化。

- [0693] 其中,将所述基于格的图案数据栅格化包括:
- [0694] 渲染所述基于格的图案数据,以生成多级图案数据;
- [0695] 将所述多级图案数据递色,以生成所述两级图案数据。
- [0696] 一种使用生成用于将晶片曝光的多个带电粒子小束的带电粒子光刻机器根据图案数据将晶片曝光的方法,该方法包括:
- [0697] 提供向量格式的图案数据;
- [0698] 转换所述向量图案数据,以生成基于格的格式的图案数据;
- [0699] 将所述基于格的图案数据栅格化,以生成两级图案数据;和
- [0700] 将所述两级图案数据串流到小束阻断器阵列,该小束阻断器阵列用于将所述带电粒子光刻机器生成的小束接通或切断;和
- [0701] 基于所述两级图案数据将所述小束接通或切断。
- [0702] 其中,所述基于格的图案数据包括描述了占用格阵列中的一个或多个格的特征的格数据,所述格数据为每个格描述落入该格内的特征的任意棱角。
- [0703] 其中,在所述光刻机器正在曝光所述晶片的同时,以实时处理执行对所述基于格的图案数据的栅格化。
- [0704] 其中,将所述基于格的图案数据栅格化可包括:
- [0705] 渲染所述基于格的图案数据,以生成多级图案数据;
- [0706] 将所述多级图案数据递色,以生成所述两级图案数据。

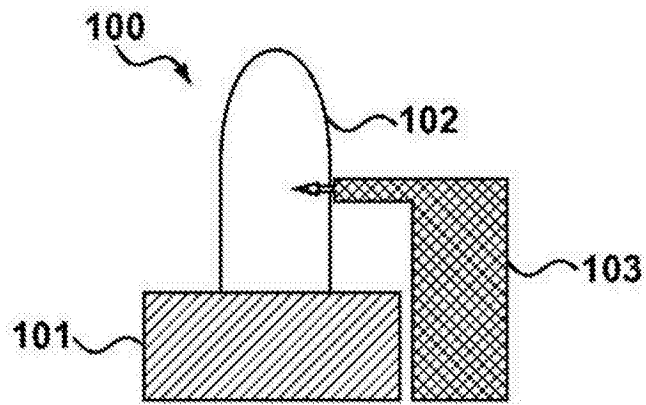


图1

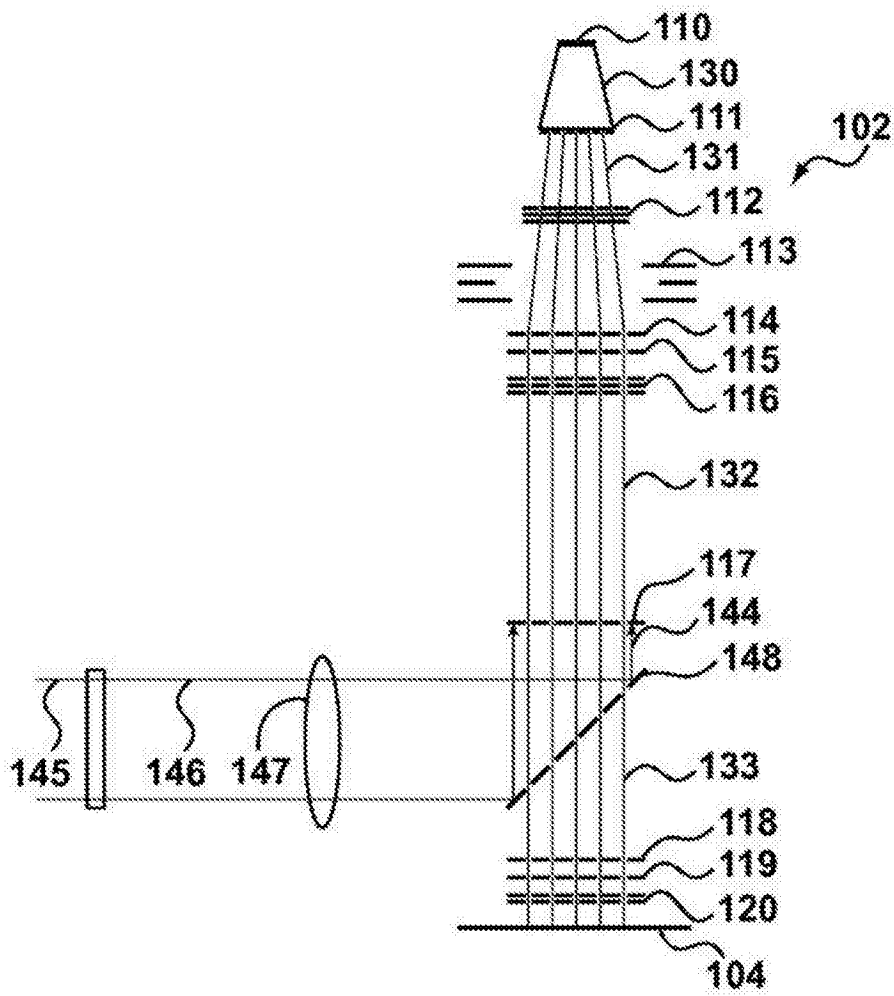


图2A

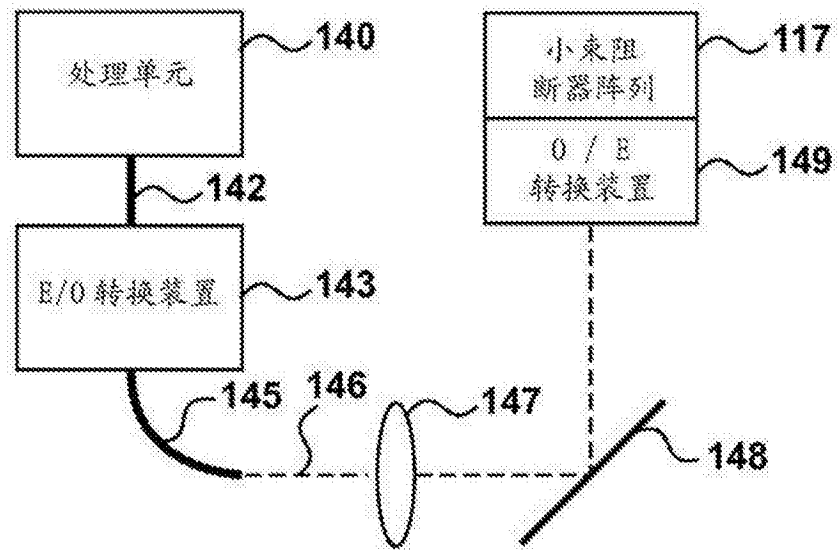


图2B

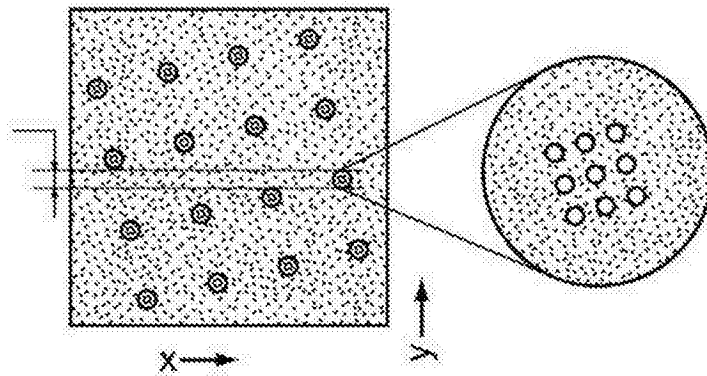


图3

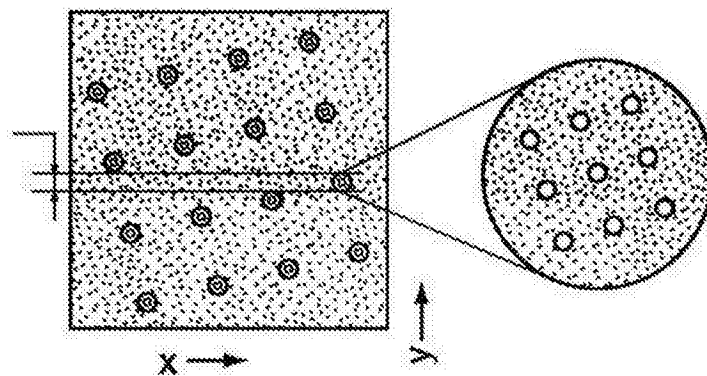


图4

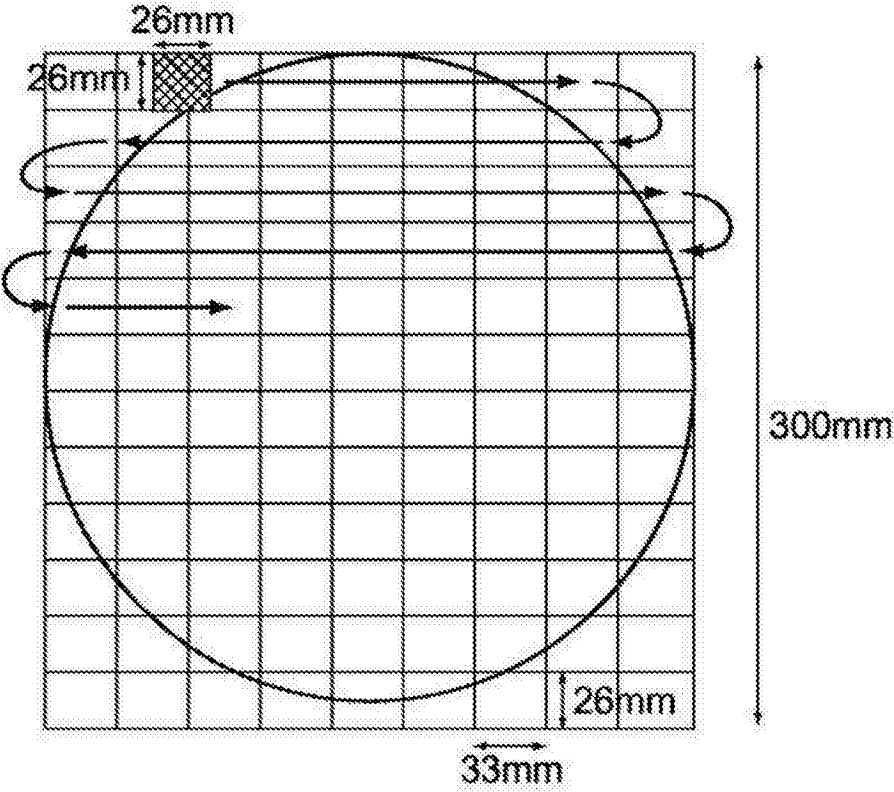


图5

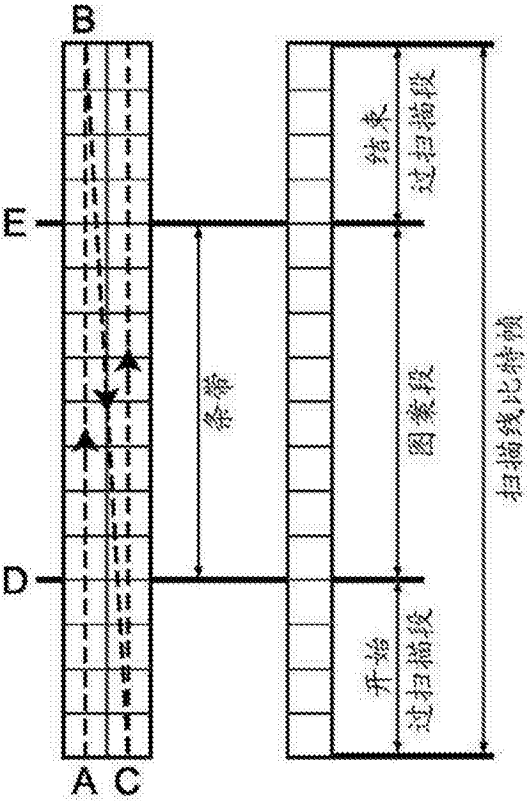


图6

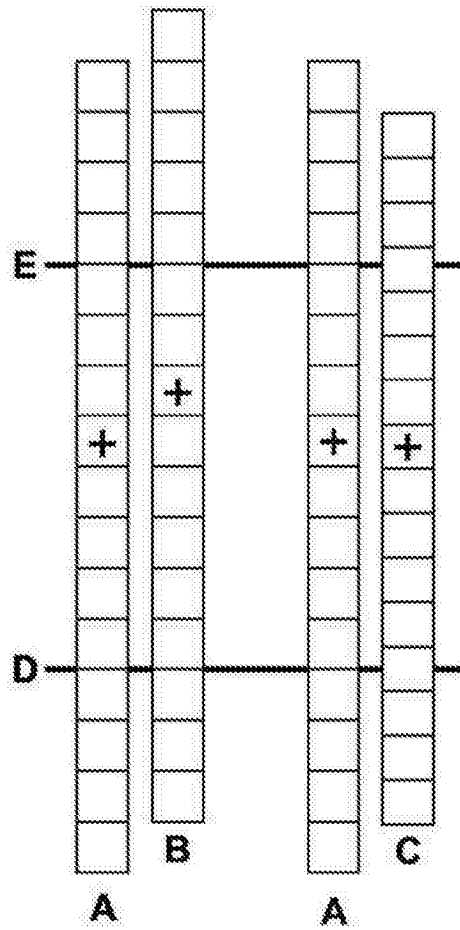


图7

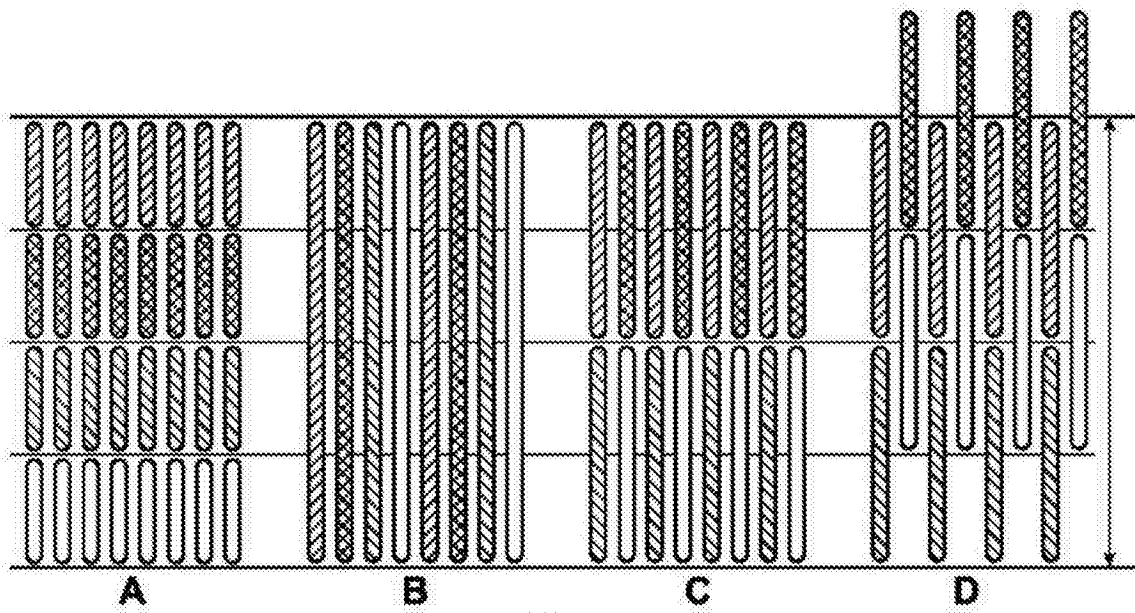


图8

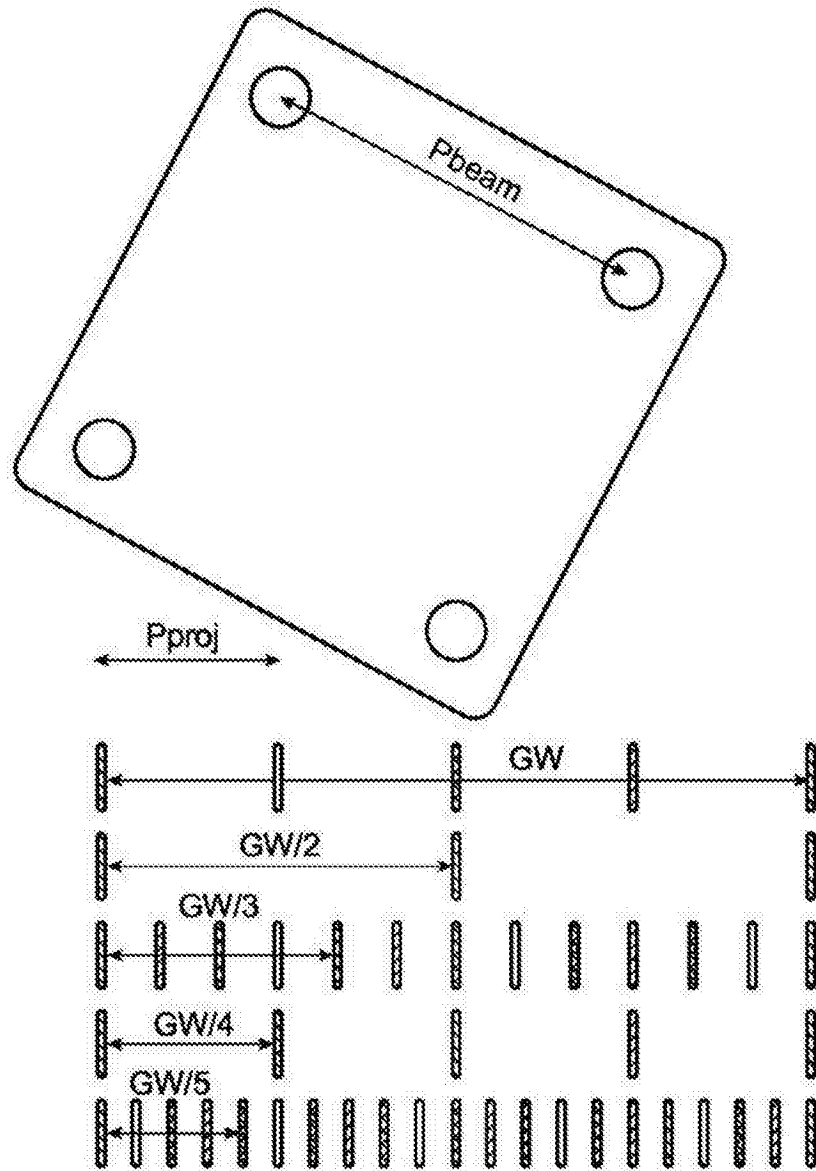


图9

K	扫描线间的距离 (= 在 X 的像素尺寸)
1	8.63
2	4.31
3	2.87
4	2.16
5	1.73

图10

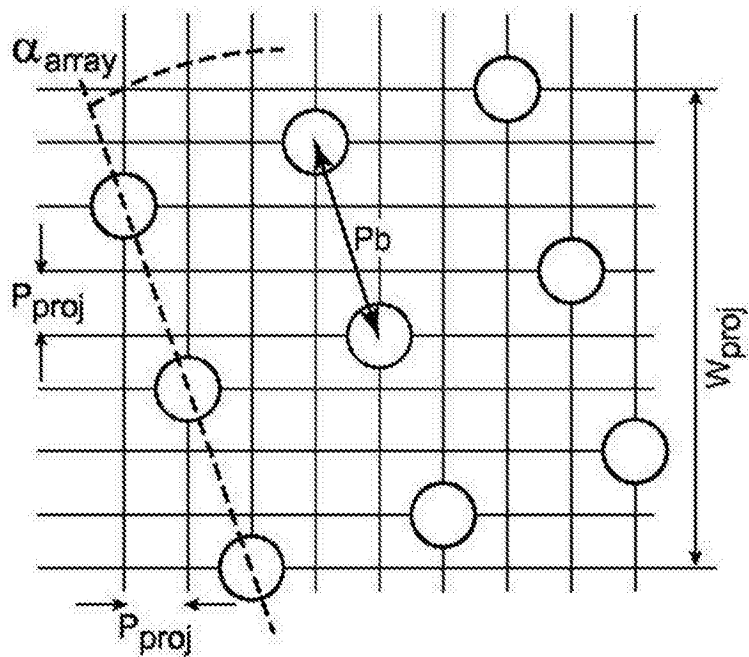


图11

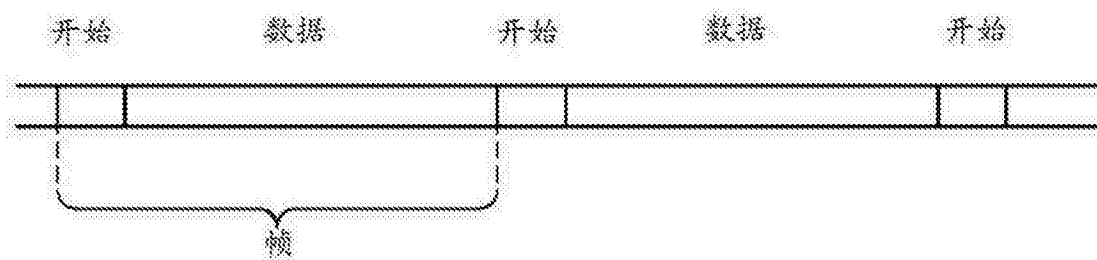


图12

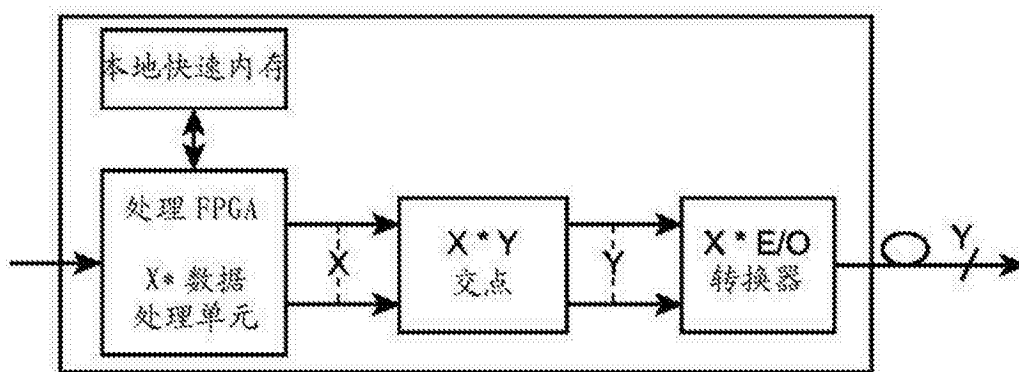


图13

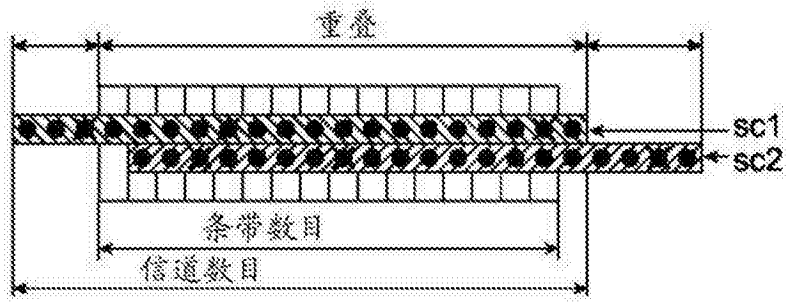


图14

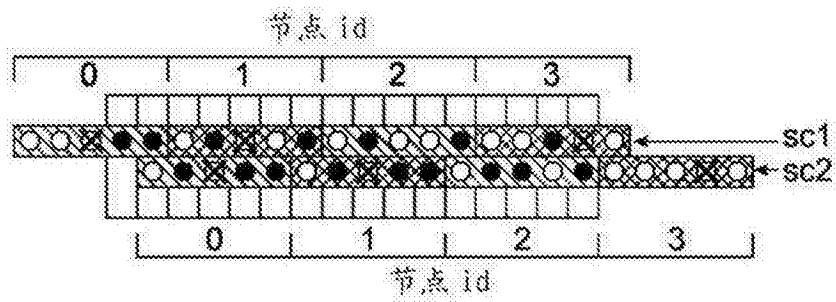


图15

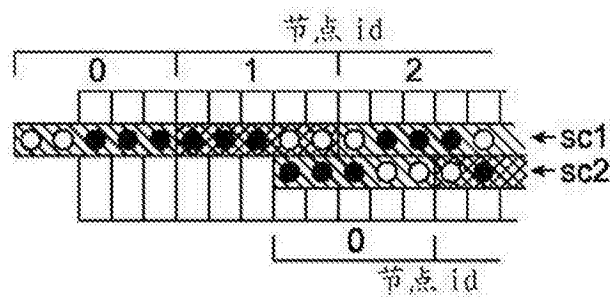


图16

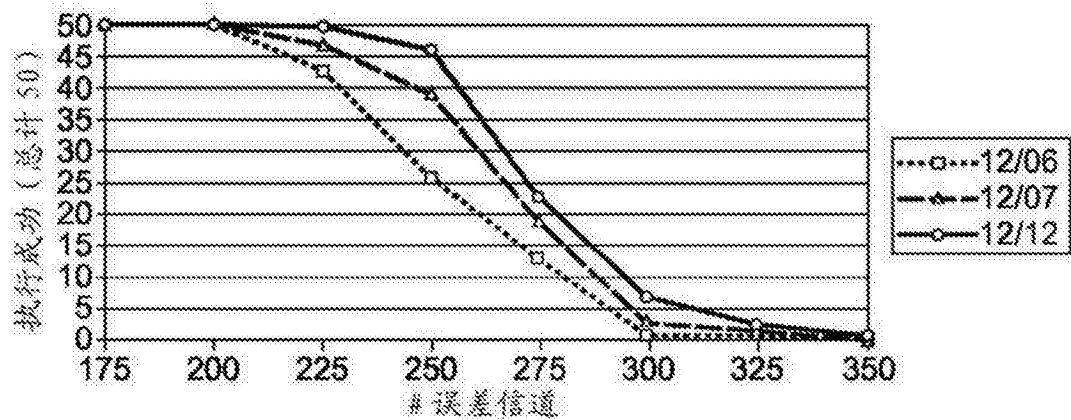


图17

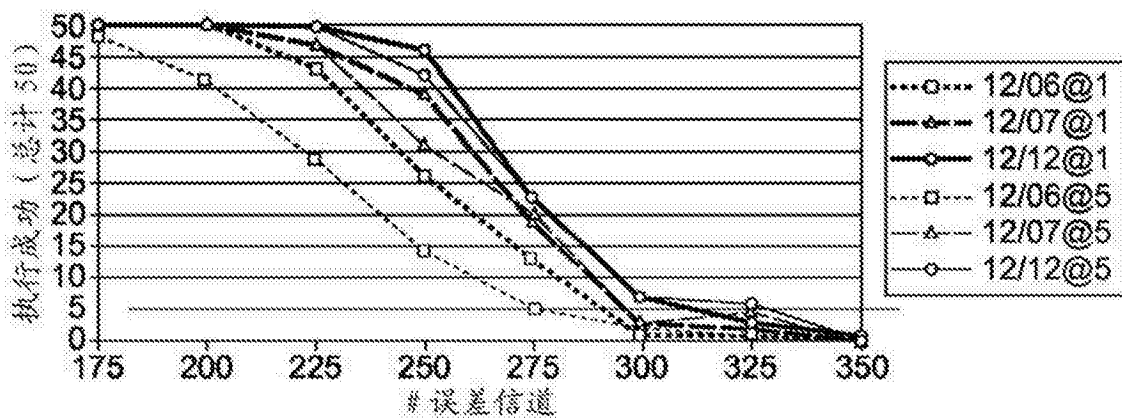


图18

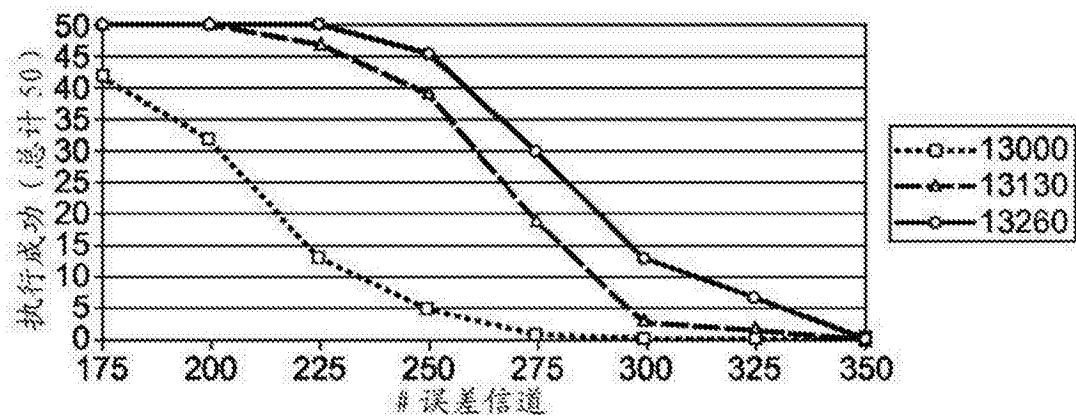


图19

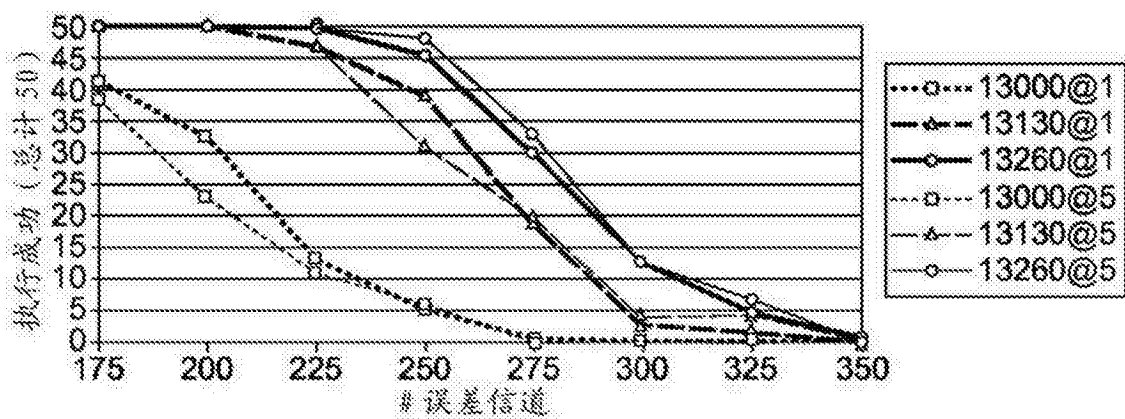


图20

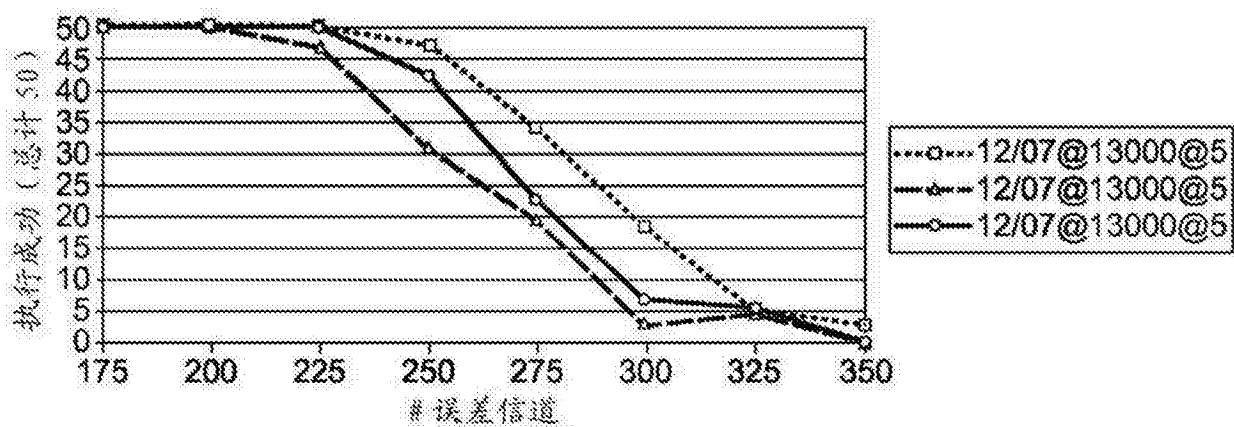


图21

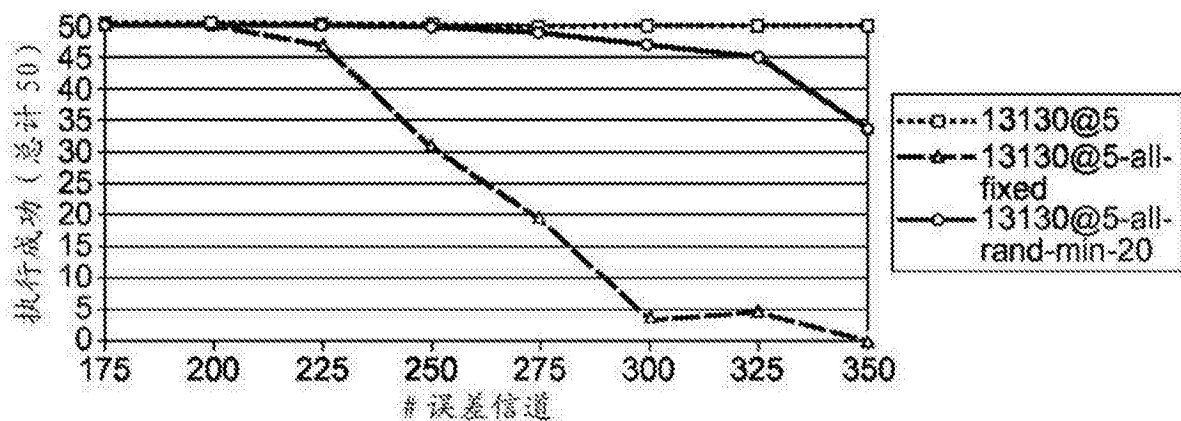


图22

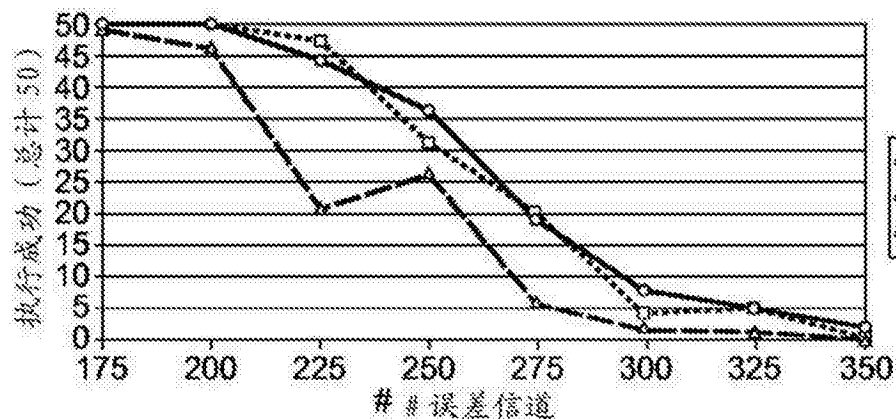


图23

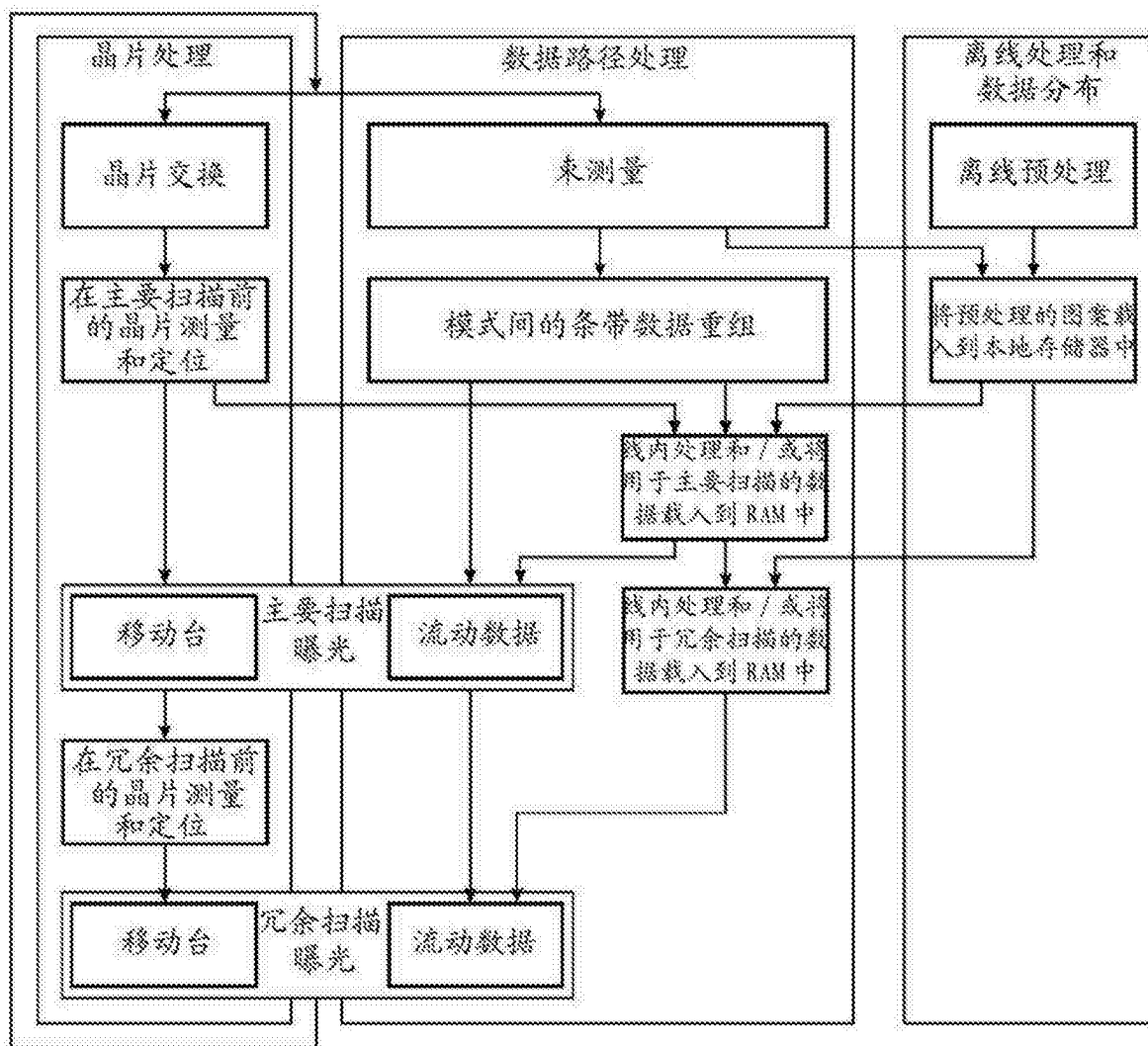


图24

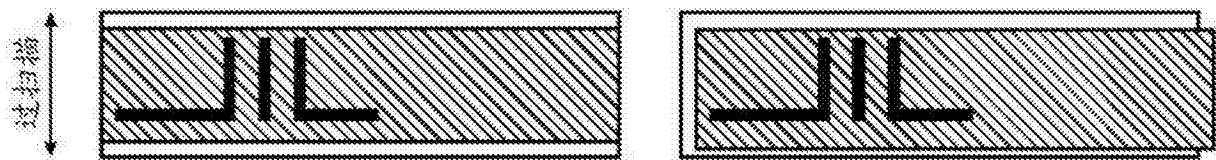


图25

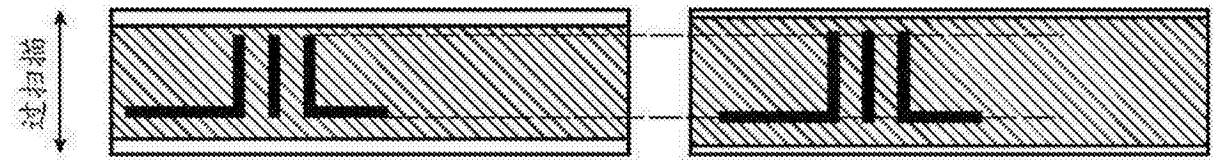


图26

修正	按照.....更新	束/小束	范围	分辨率
总体图案移位 X	场域	束	+/-200nm	0.1nm
总体图案移位 Y	场域	束	+/-200nm	0.1nm
阻断器时序 偏移 (Y)	-	小束	< 1 pixel	0.1nm
阻断器孔 (Y) 偏移	-	小束	+/-210nm	0.1nm
剂量修正	晶片扫描	小束	80% - 100%	0.2%
图案比例调整 Y	晶片扫描	束	1 - 1.1	0.0001

图27

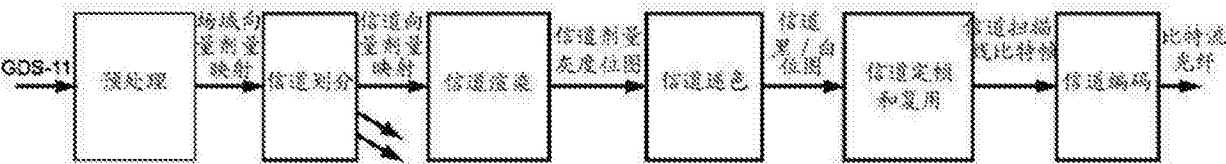


图28

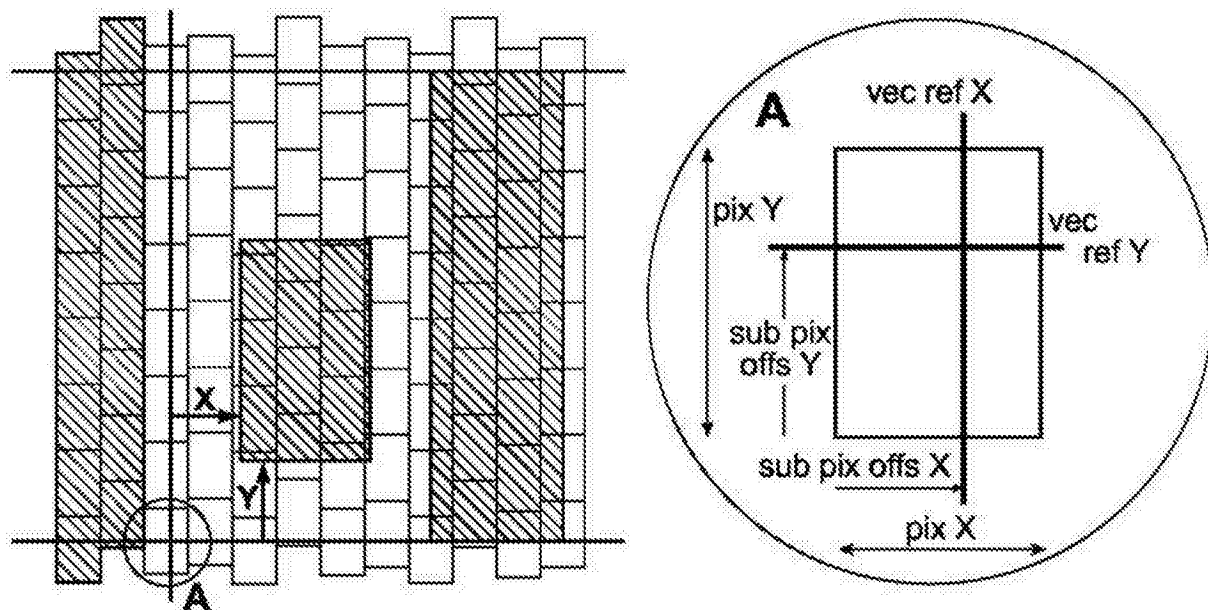


图29

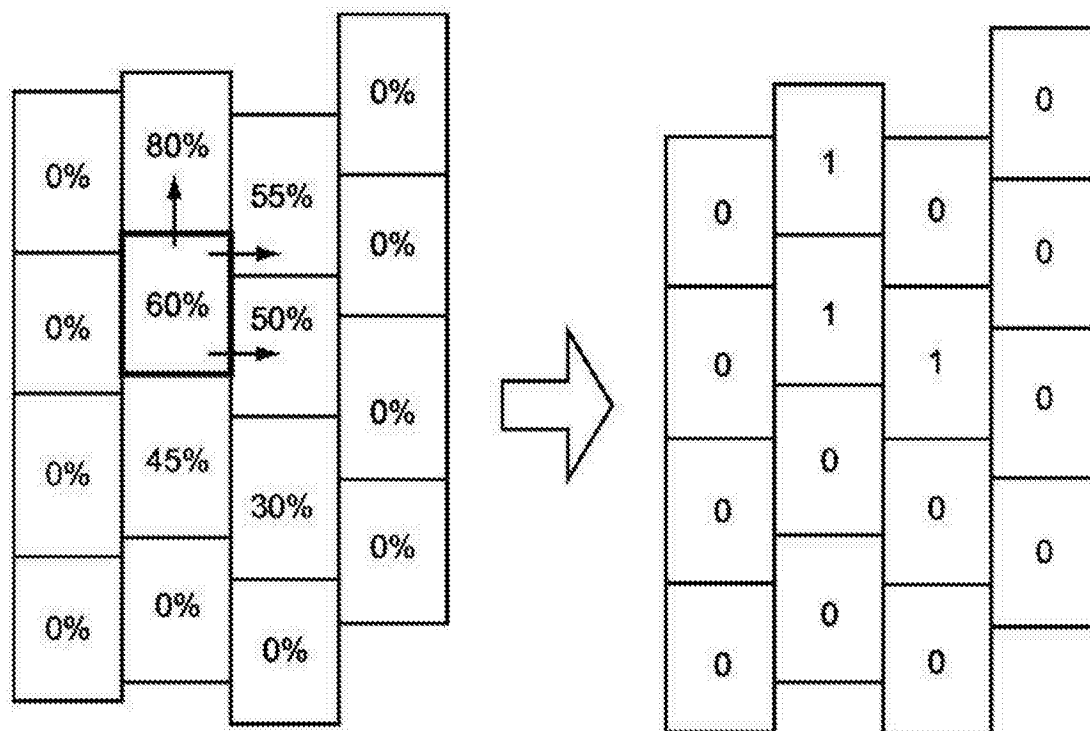


图30

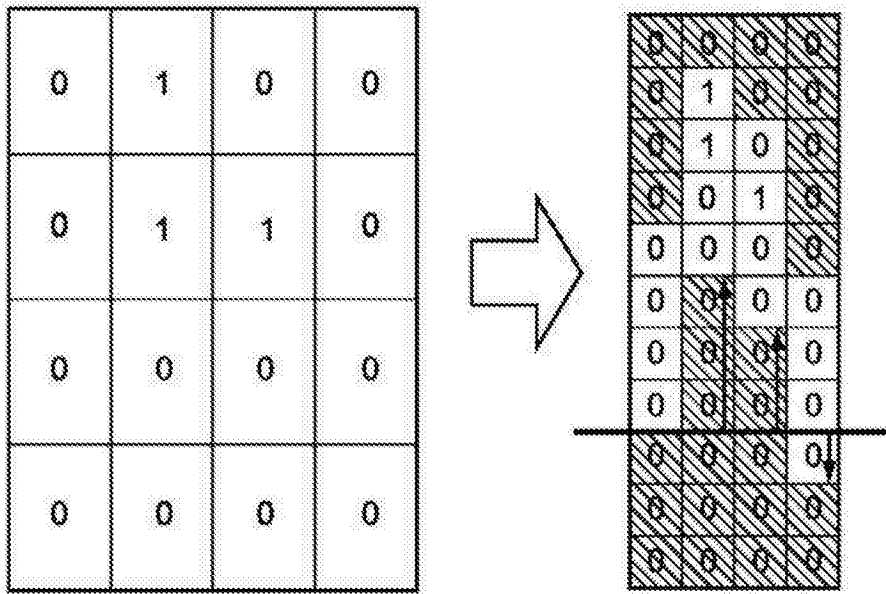


图31

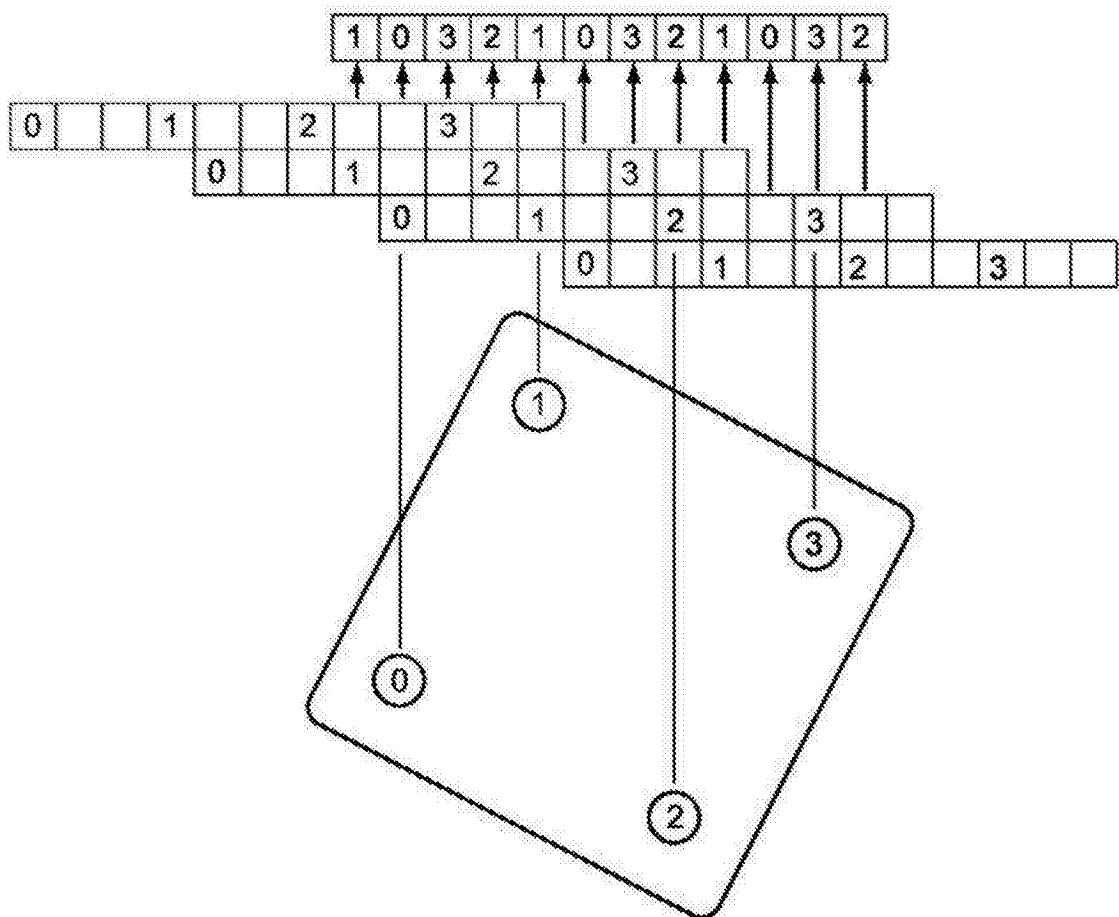


图32

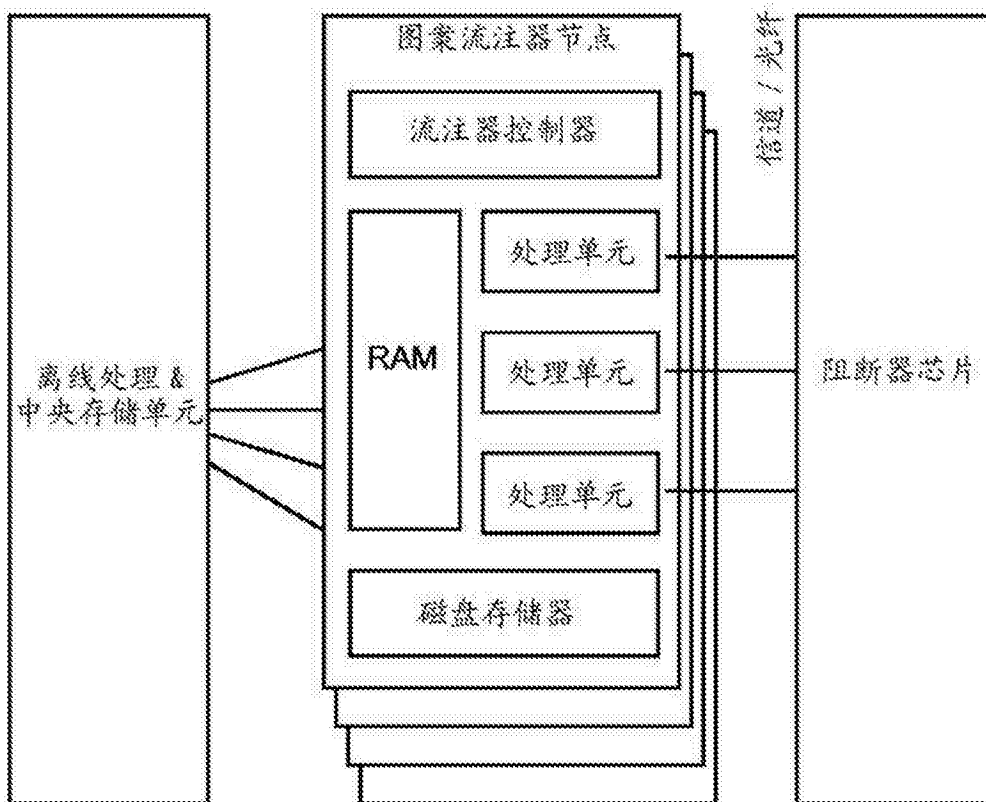


图33

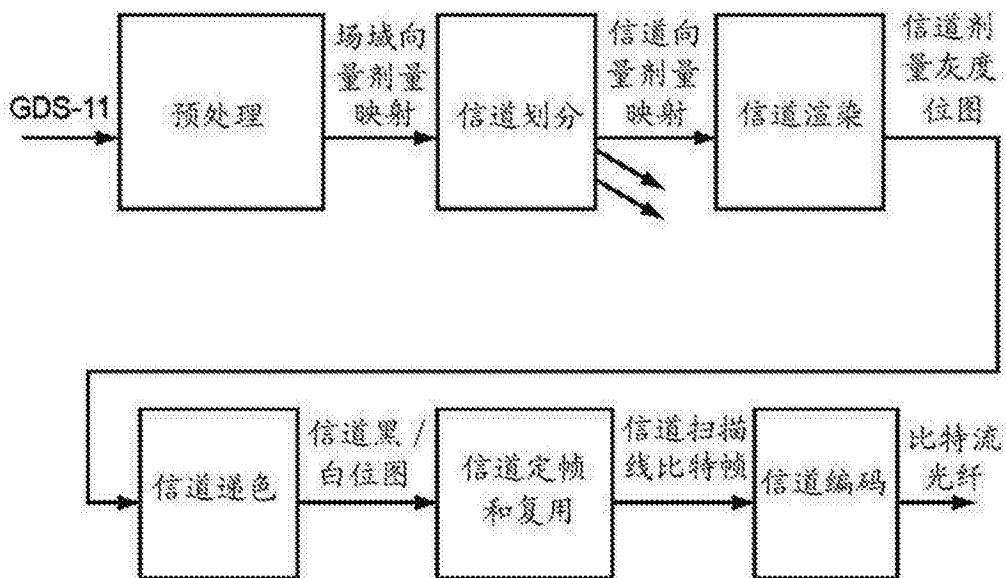


图34

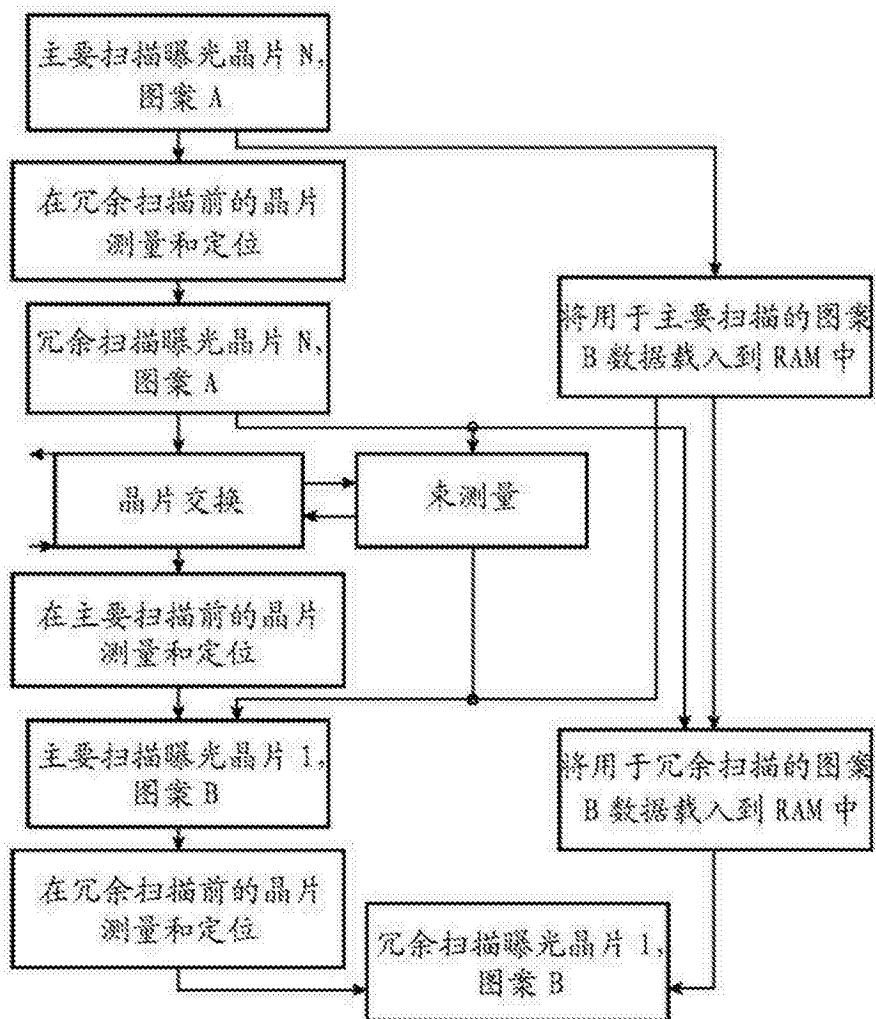


图35

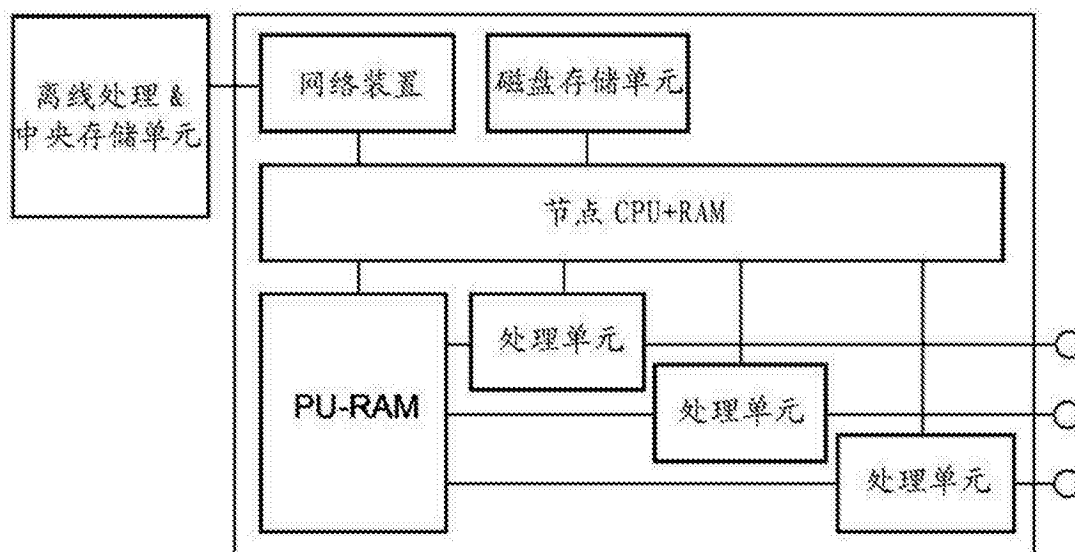


图36

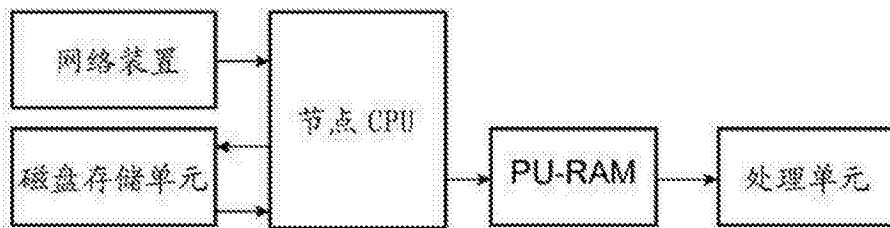


图37

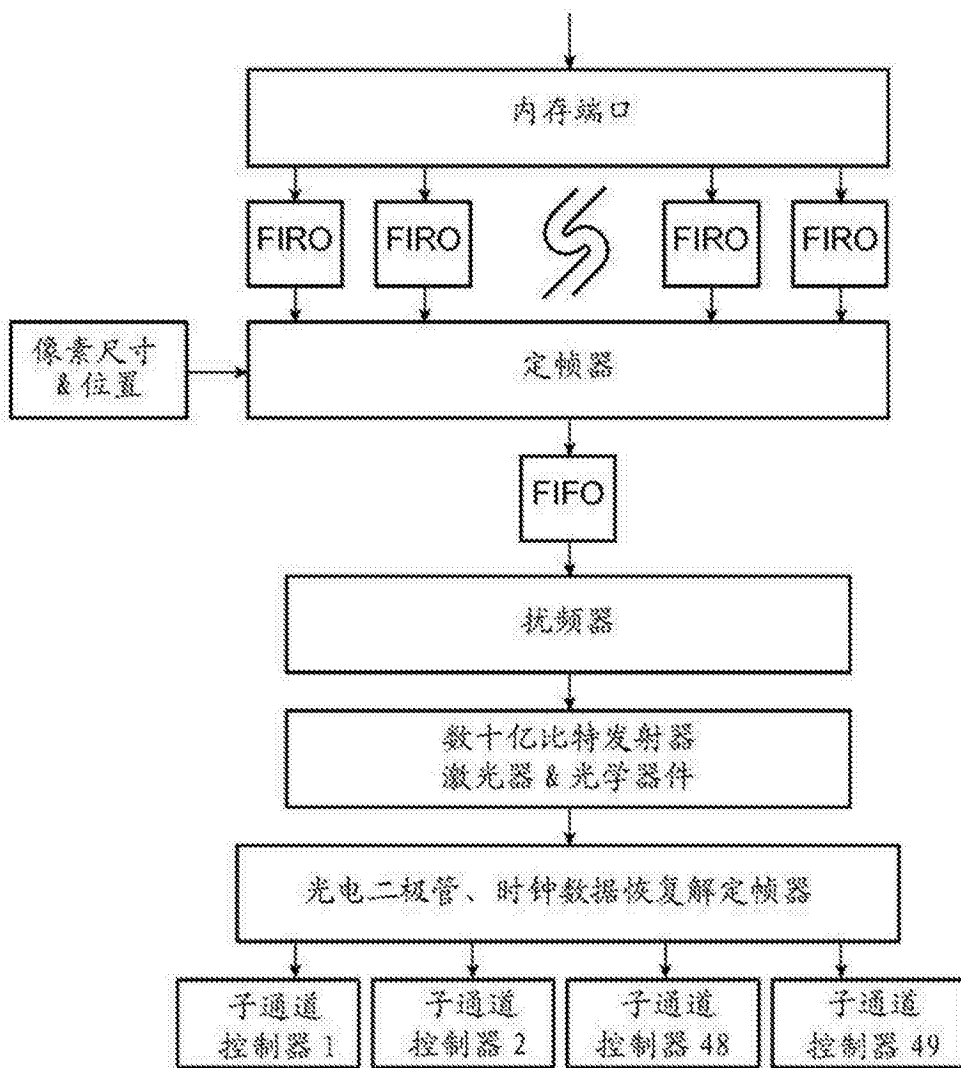


图38

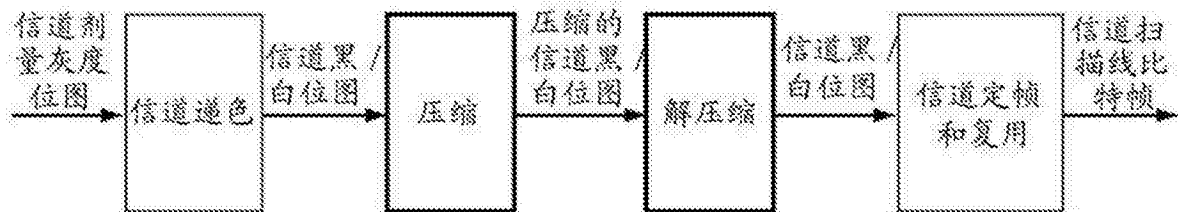


图39

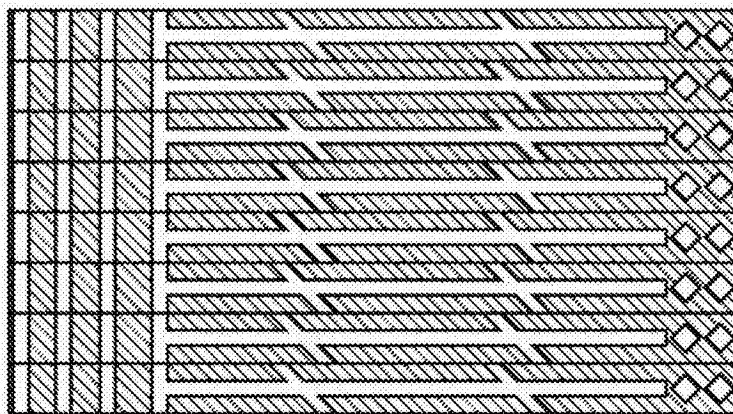


图40

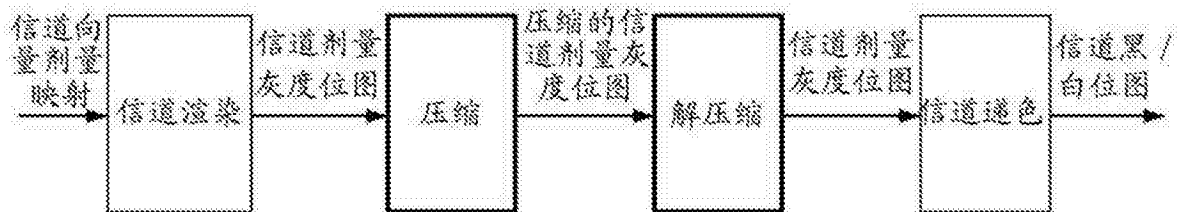


图41

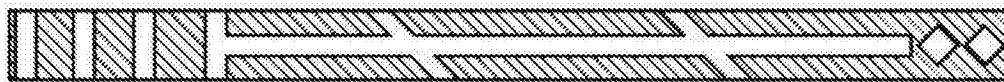


图42

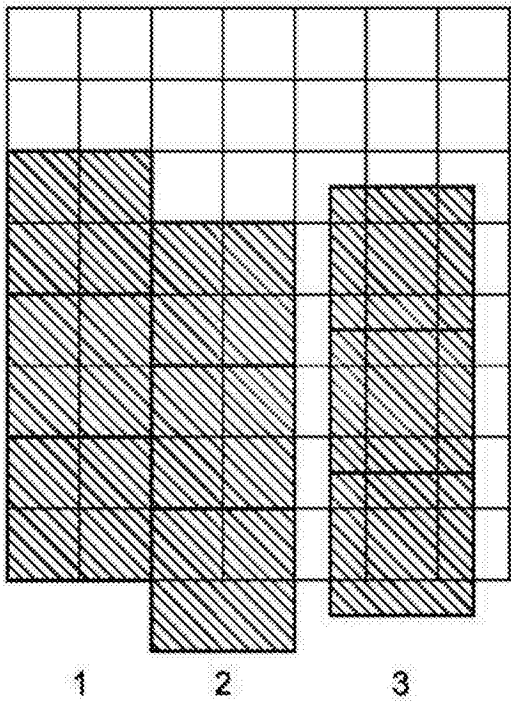


图43

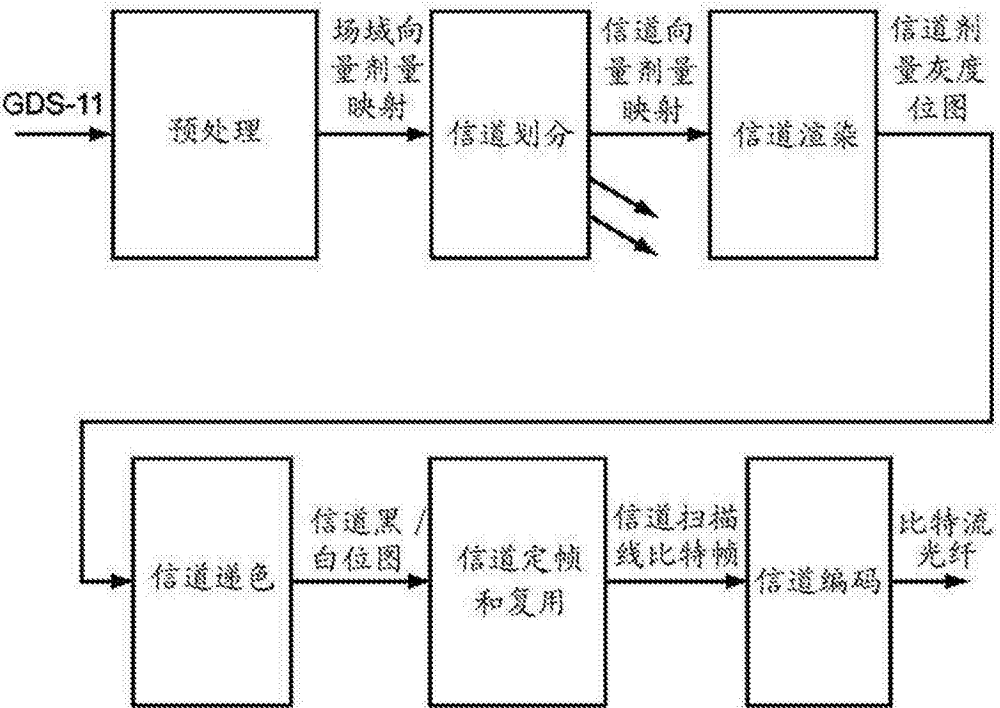


图44

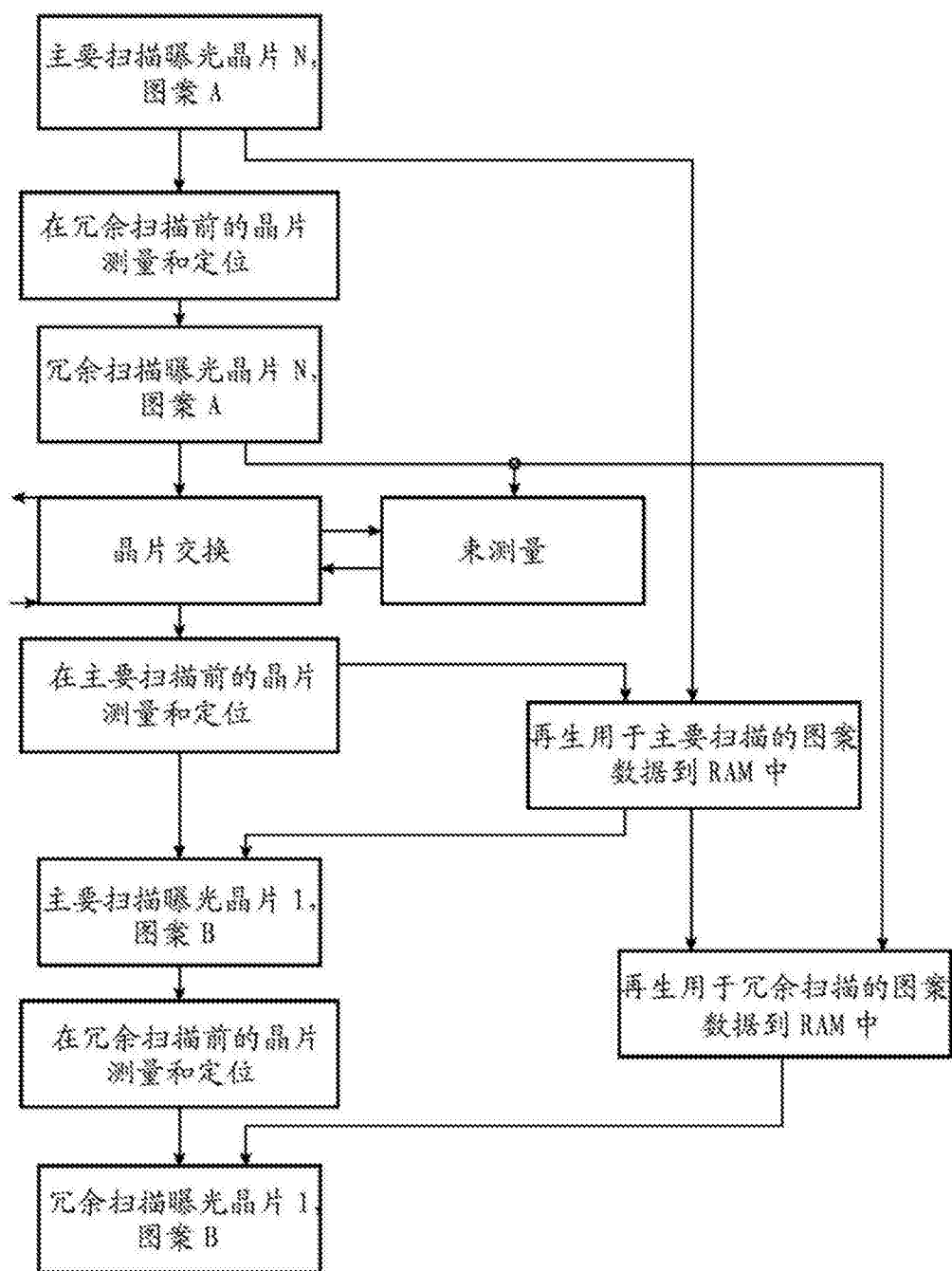


图45

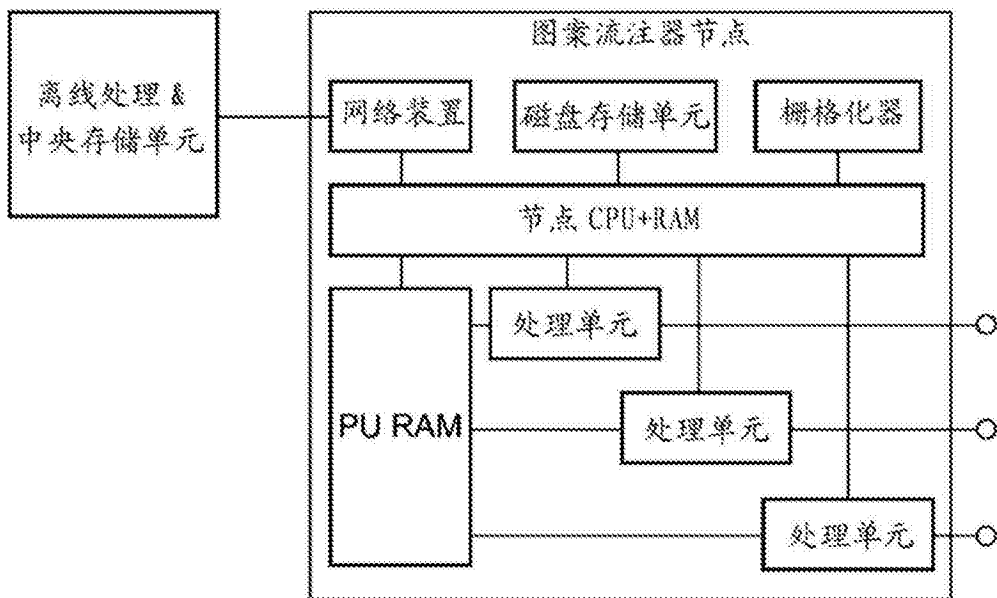


图46

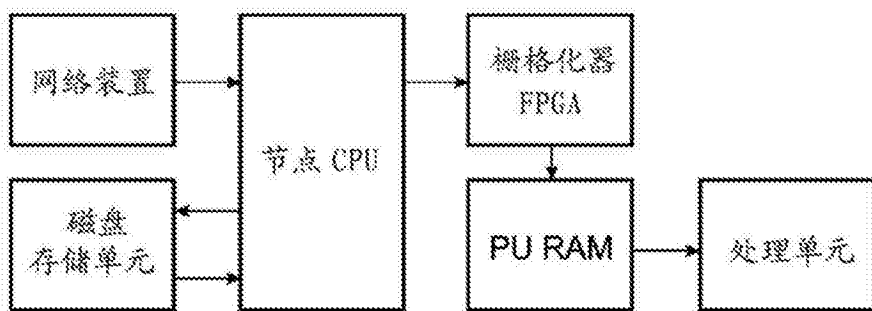


图47

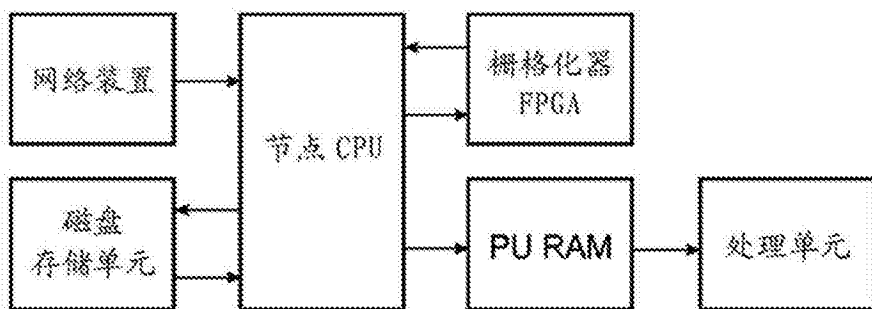


图48

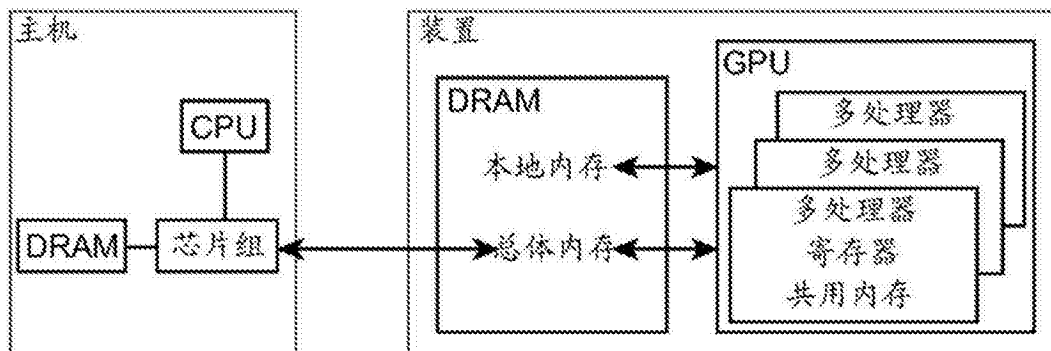


图49

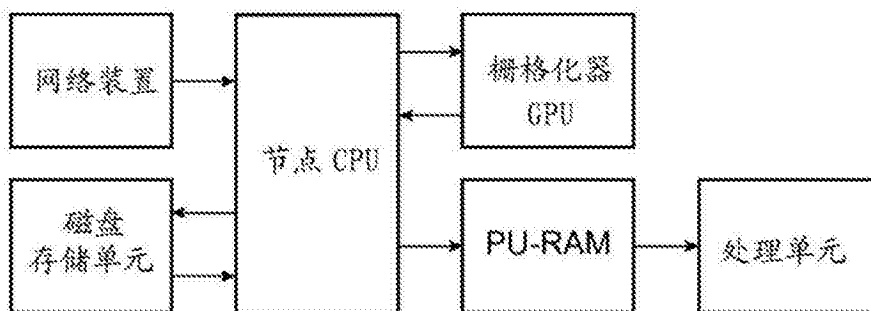


图50

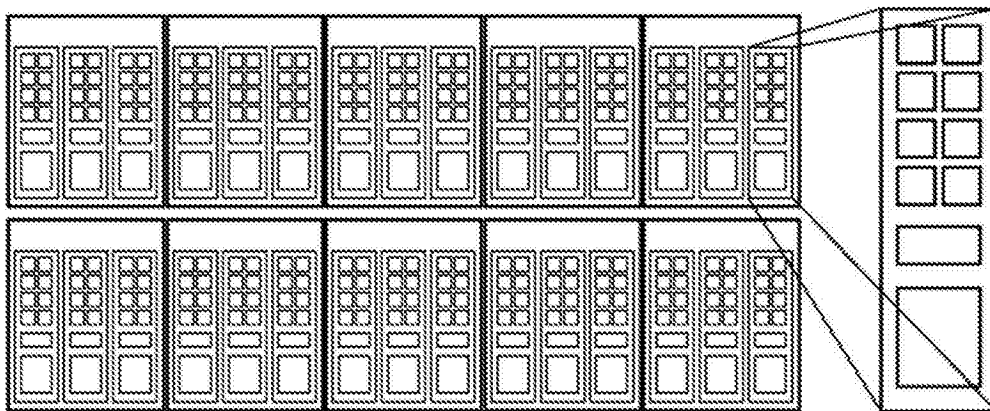


图51

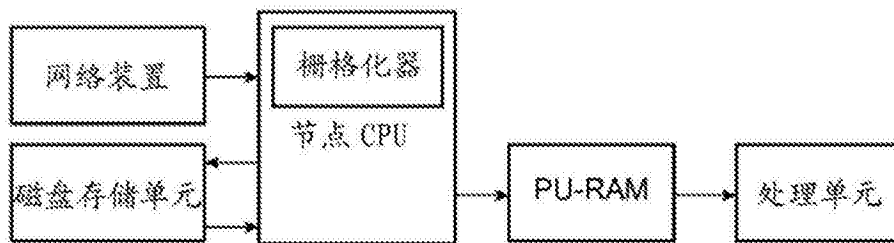


图52

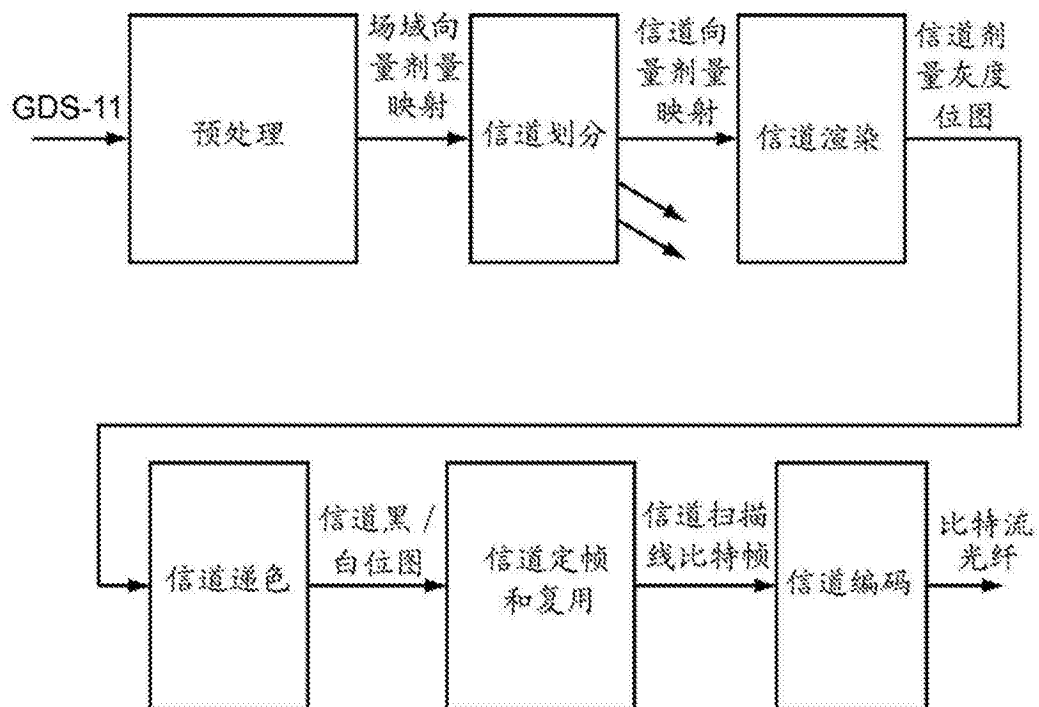


图53

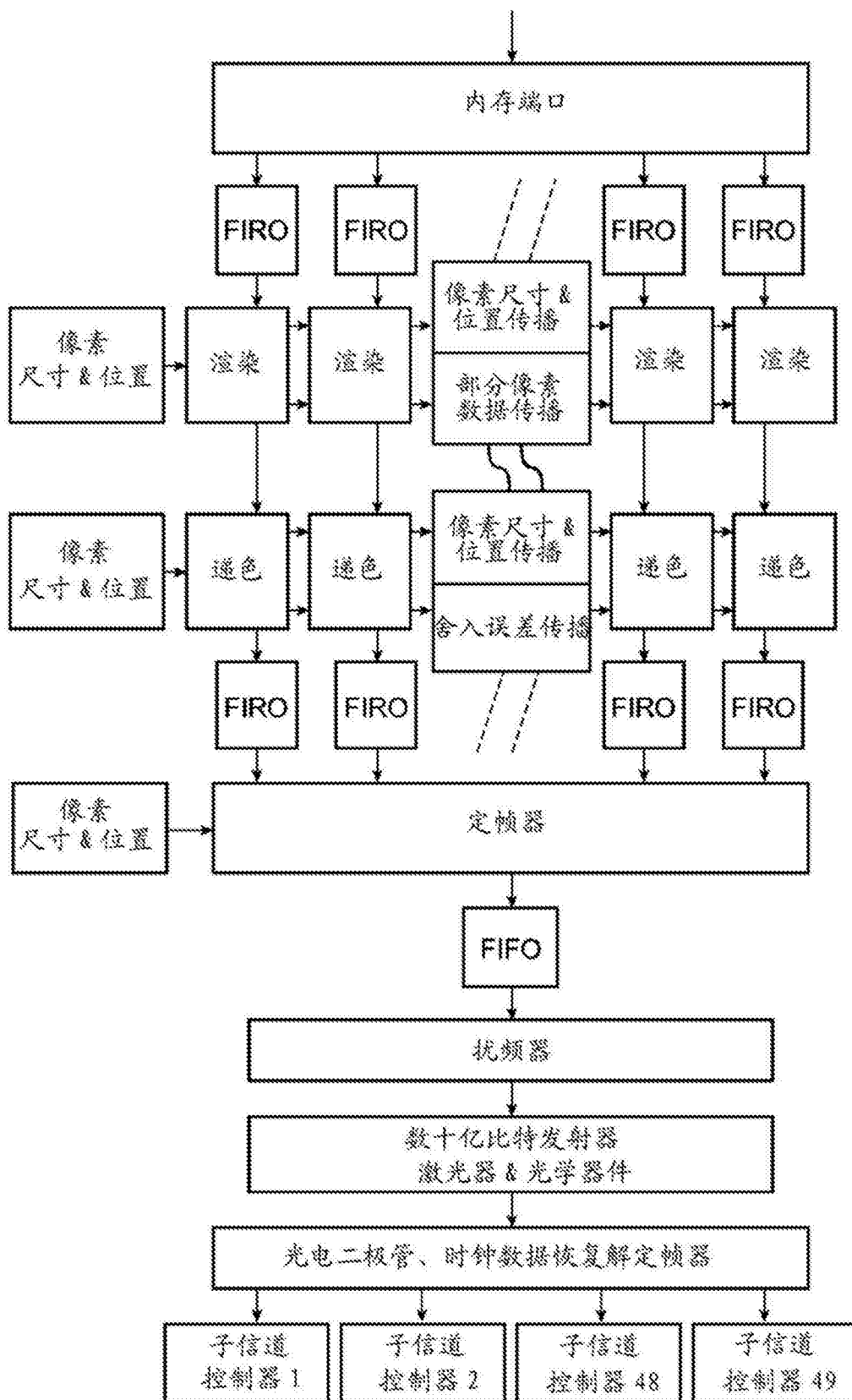


图54

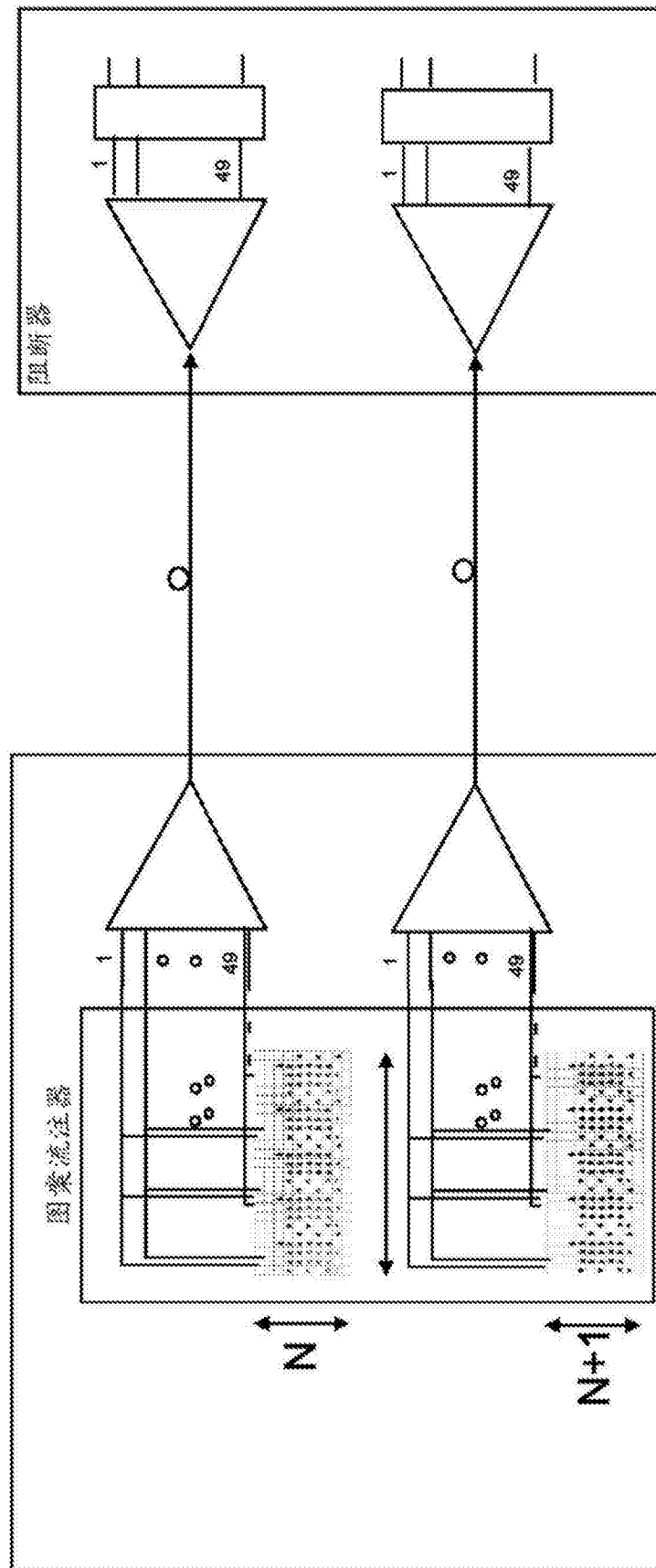


图55

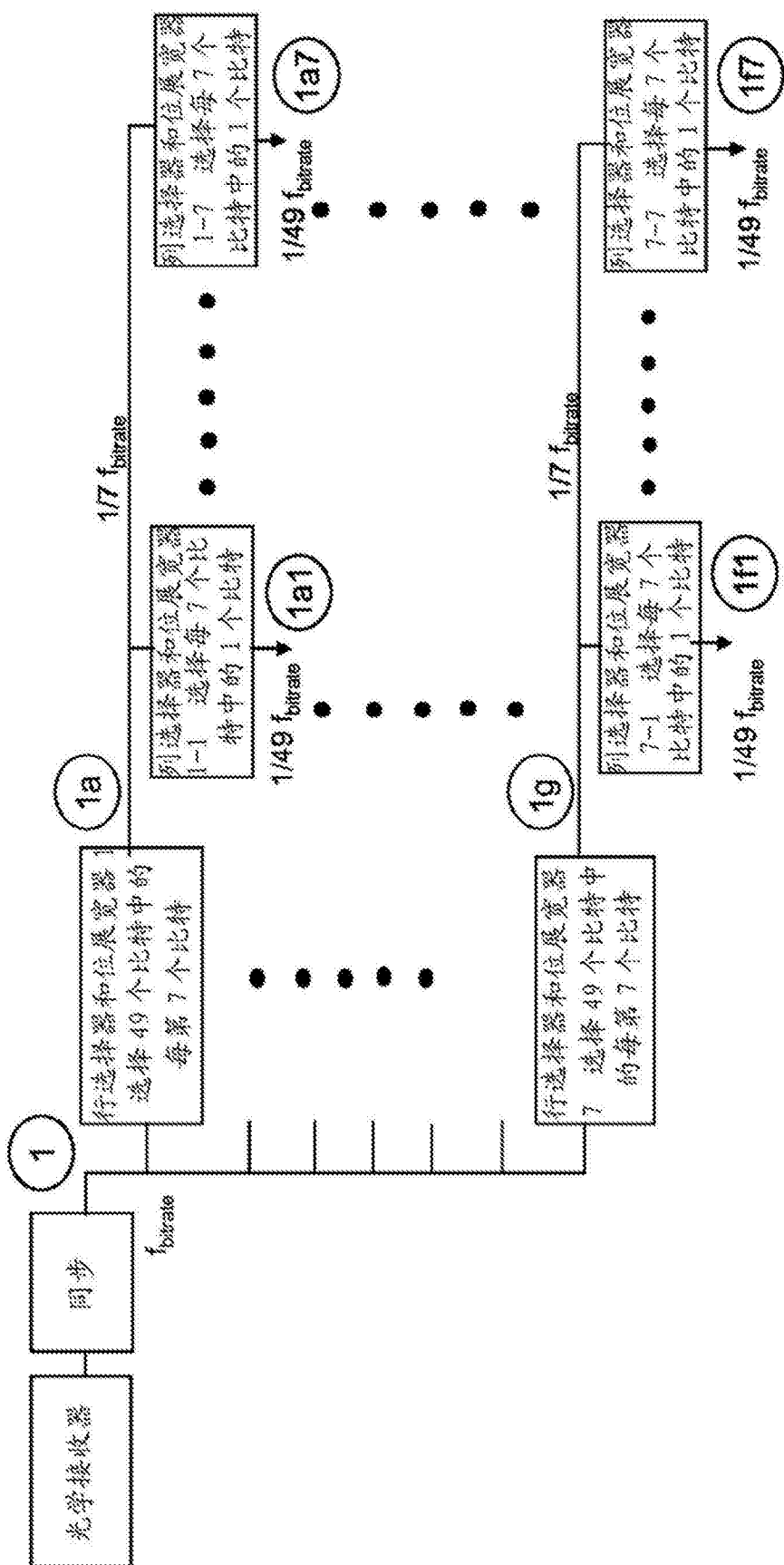


图56

$N_{\text{pat_beams}}$	α_{array}	P_{proj}	$K = P_{\text{proj}}/L_{\text{pixX}}$ $L_{\text{pixX}} = 3.5 \text{ nm}$	最接近因数 K $\text{GCD}(N_{\text{pat_beams}}, K) = 1$	实现 $L_{\text{pix_X}} [\text{nm}]$	W_{proj} [nm]
4	0.464	26.9	8	9	2.99	82
9	0.322	19.0	6	7	2.71	154
16	0.245	14.6	5	5	2.92	222
25	0.197	11.8	4	4	2.95	287
36	0.165	9.89	3	5	1.98	350
49	0.142	8.51	3	3	2.84	413
64	0.124	7.46	3	3	2.49	476
81	0.111	6.64	2	2	3.32	538
100	0.100	5.99	2	3	2.00	600

图57

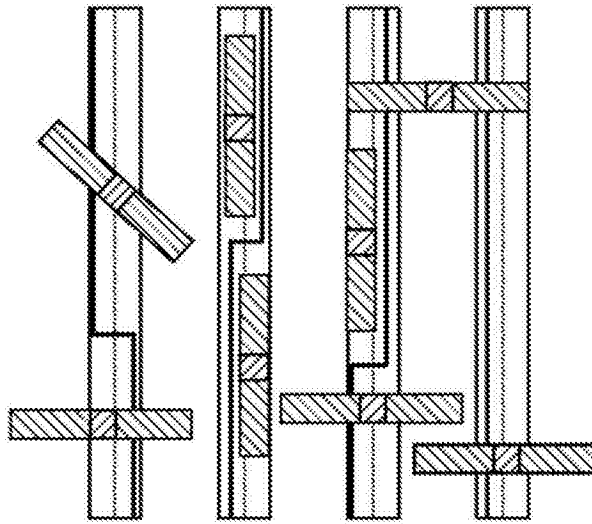


图58A

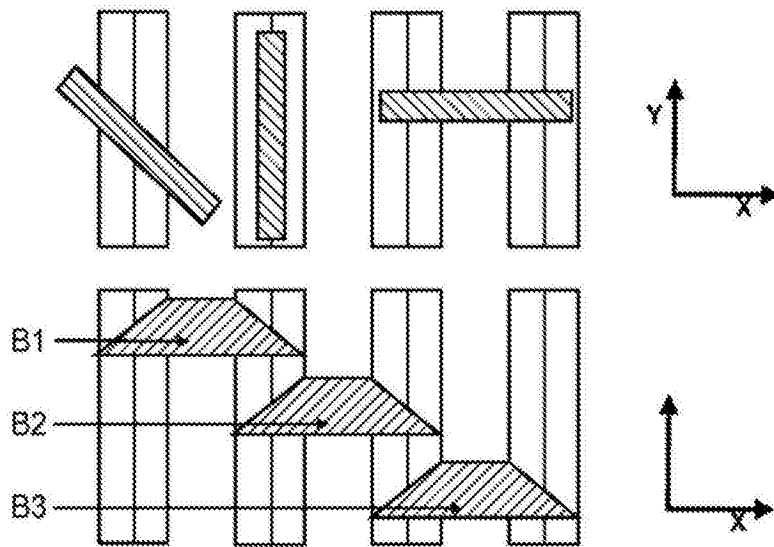


图58B

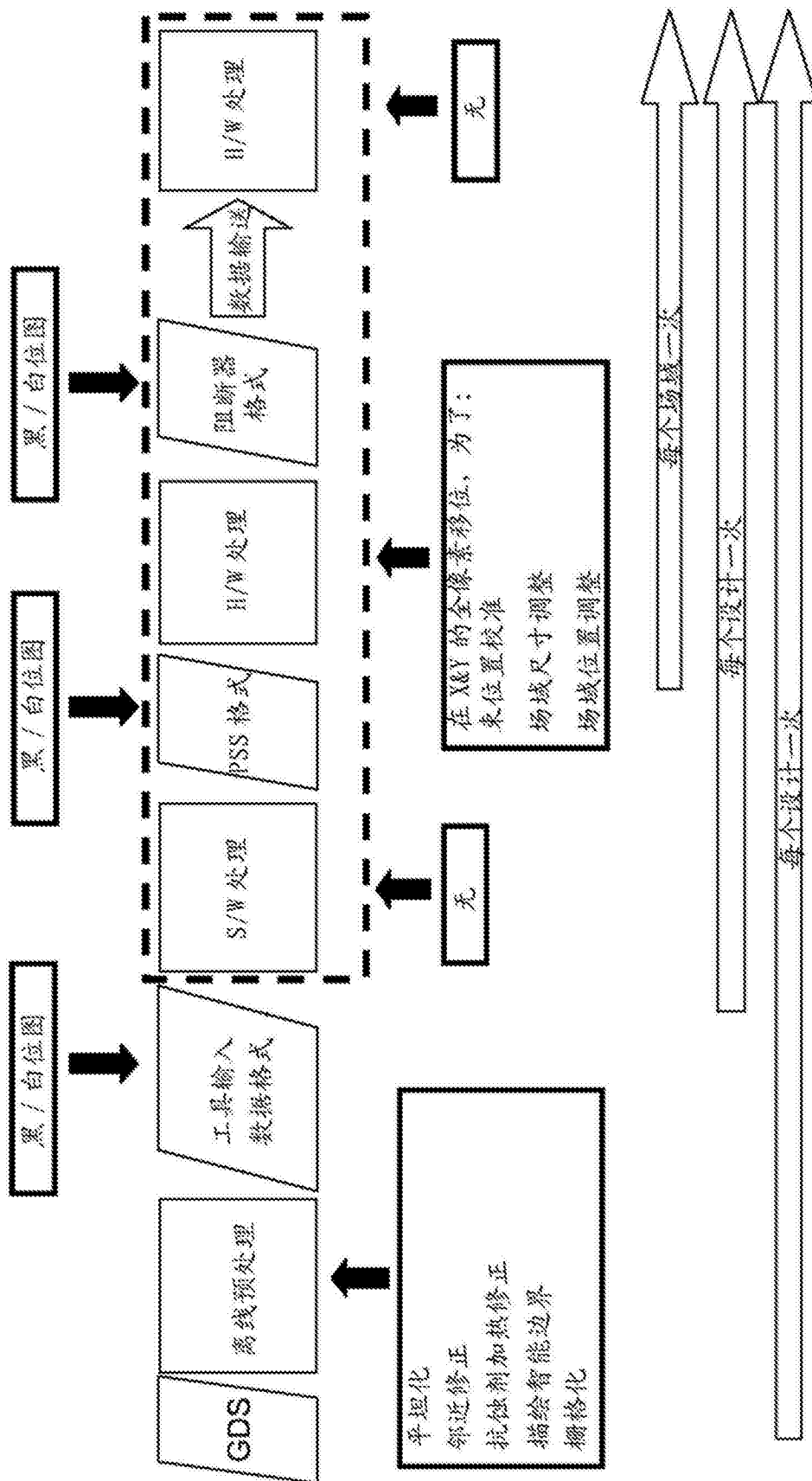


图59

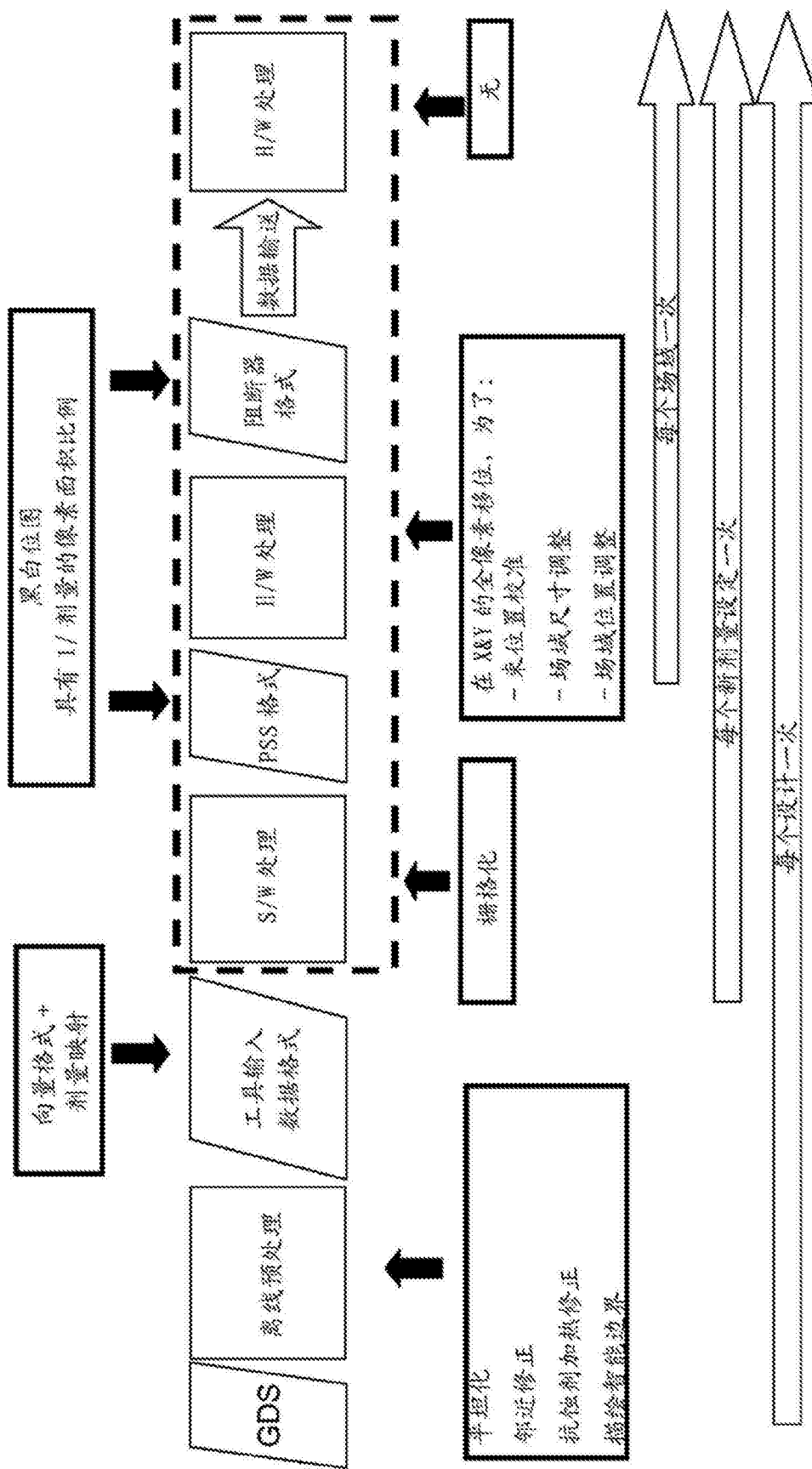


图60

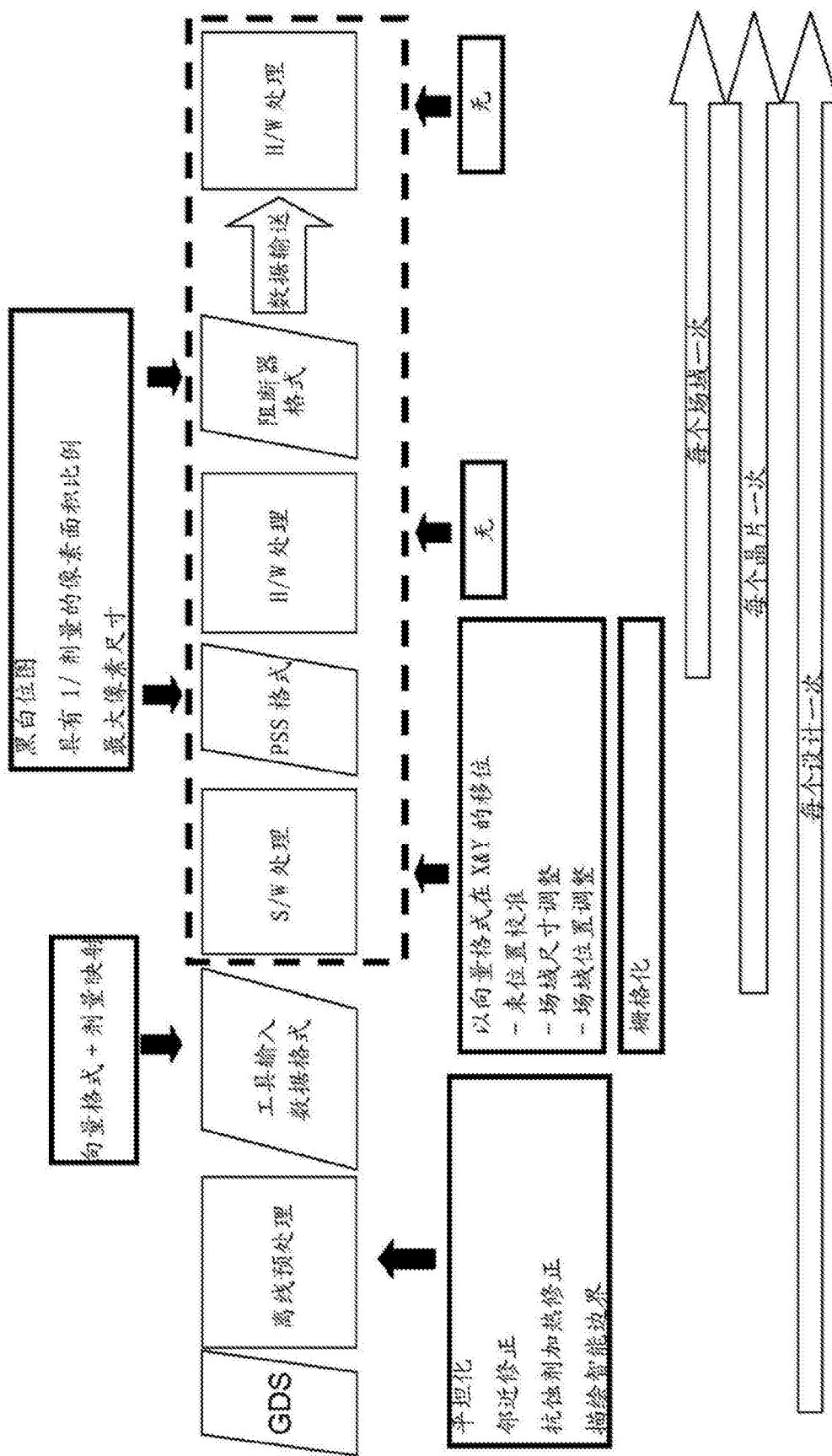


图61

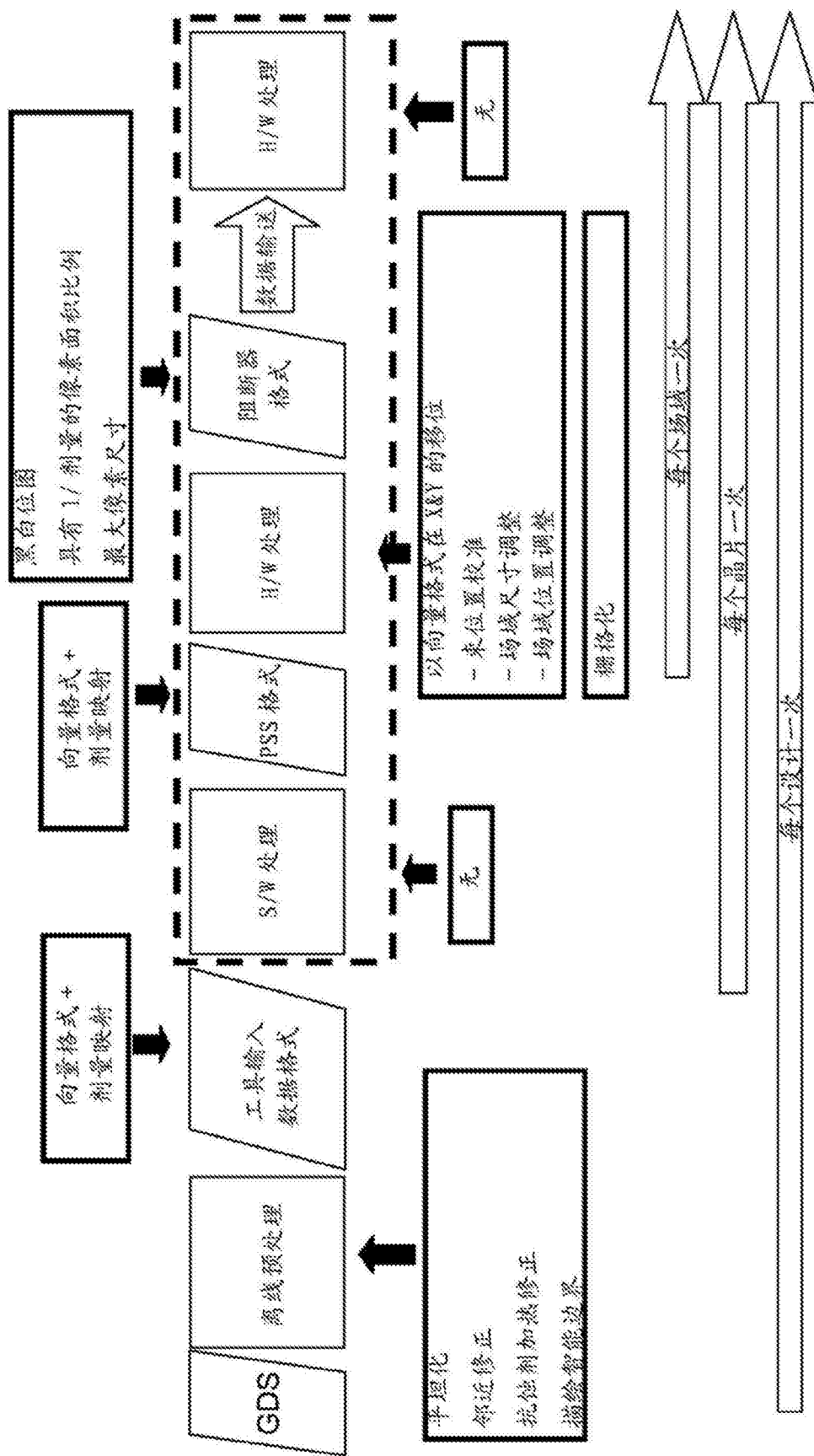


图62

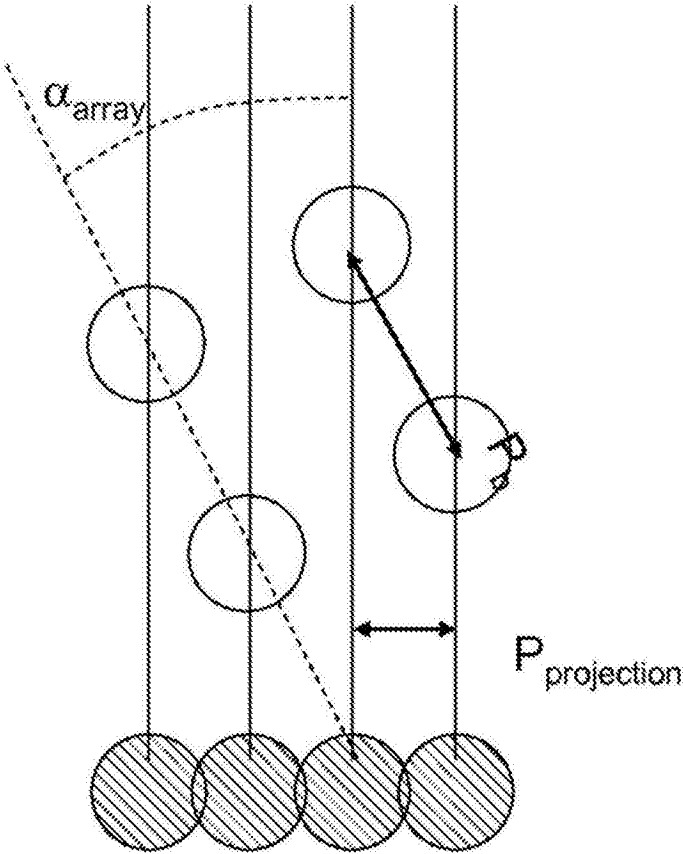


图63

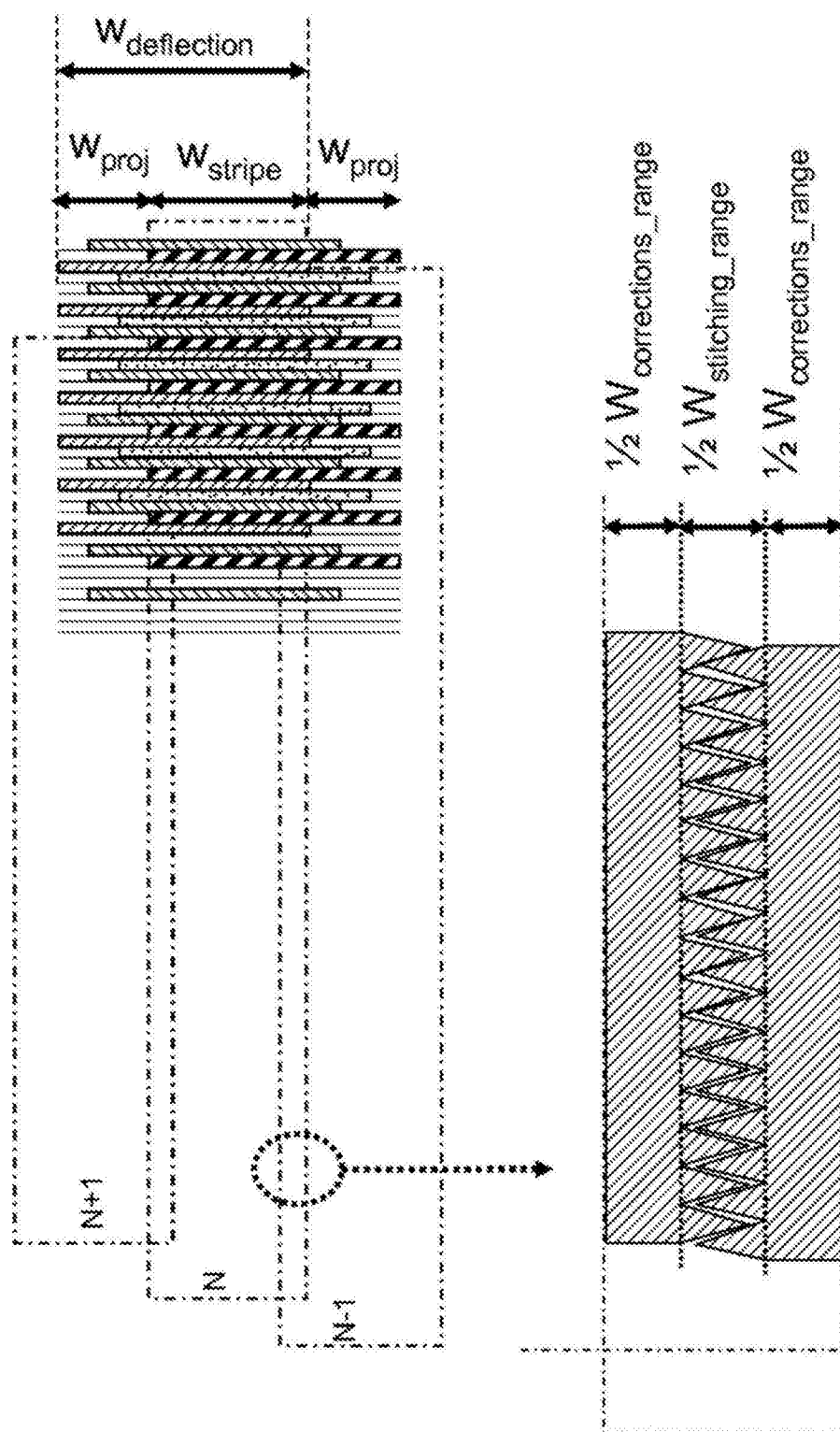


图64

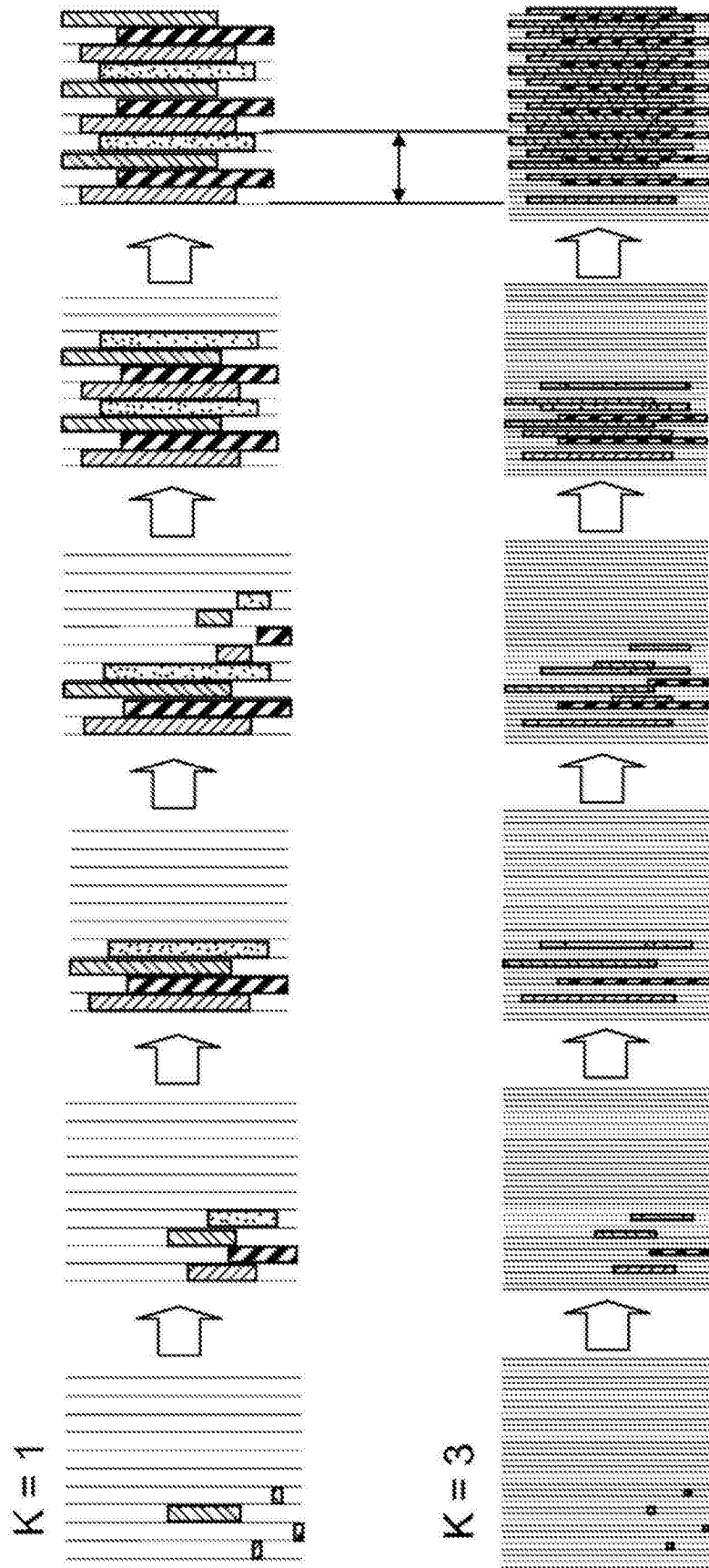


图65

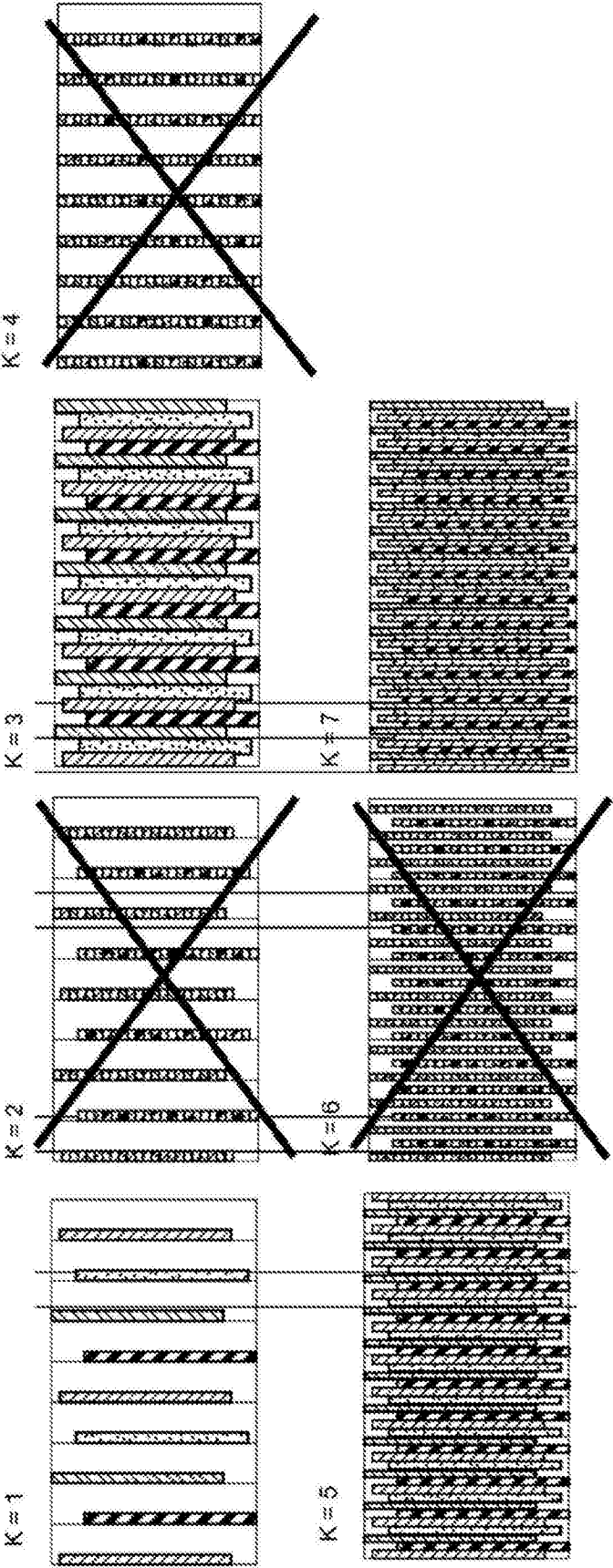


图66

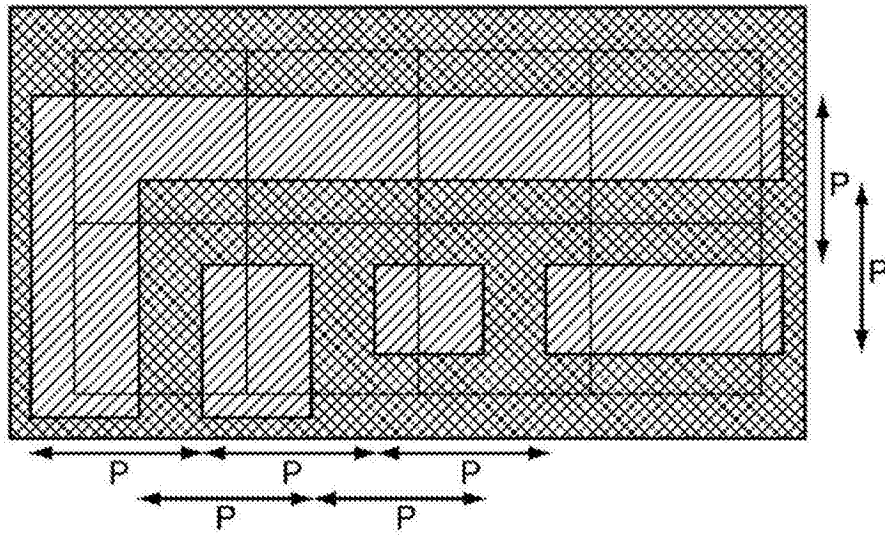


图67

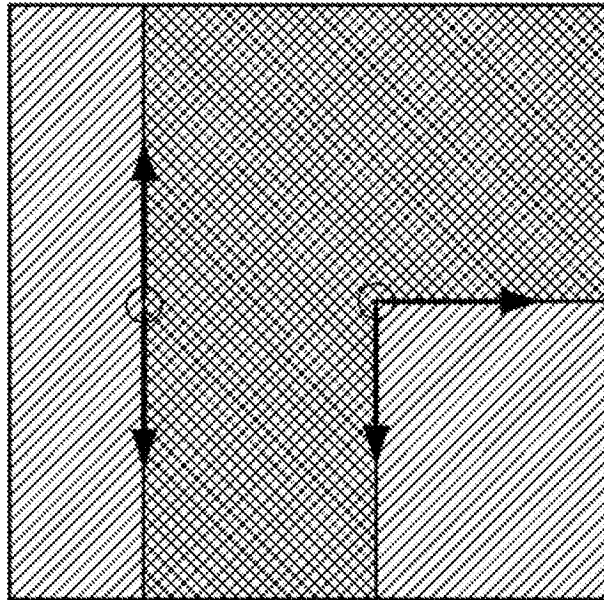


图68

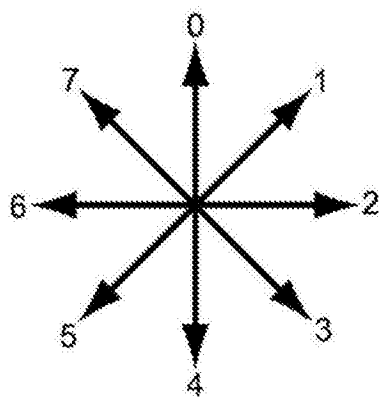


图69

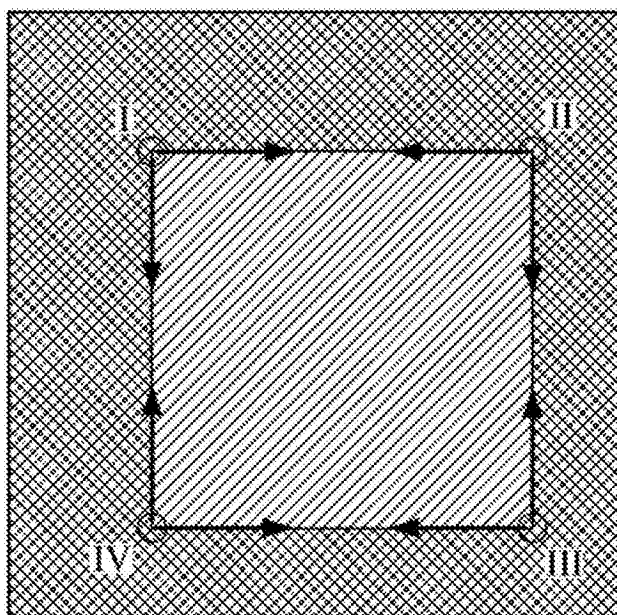


图70

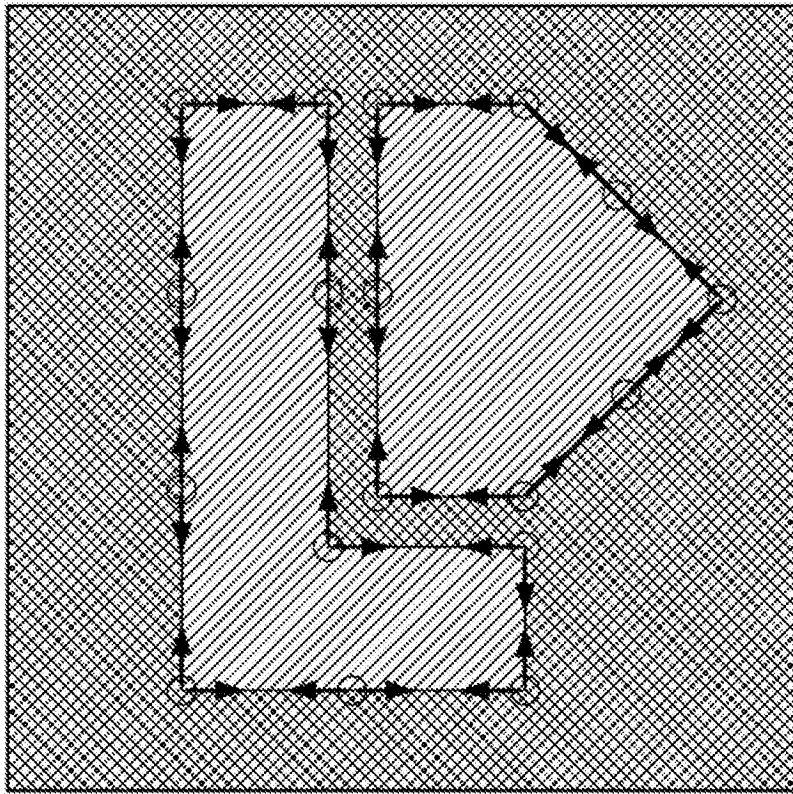


图71

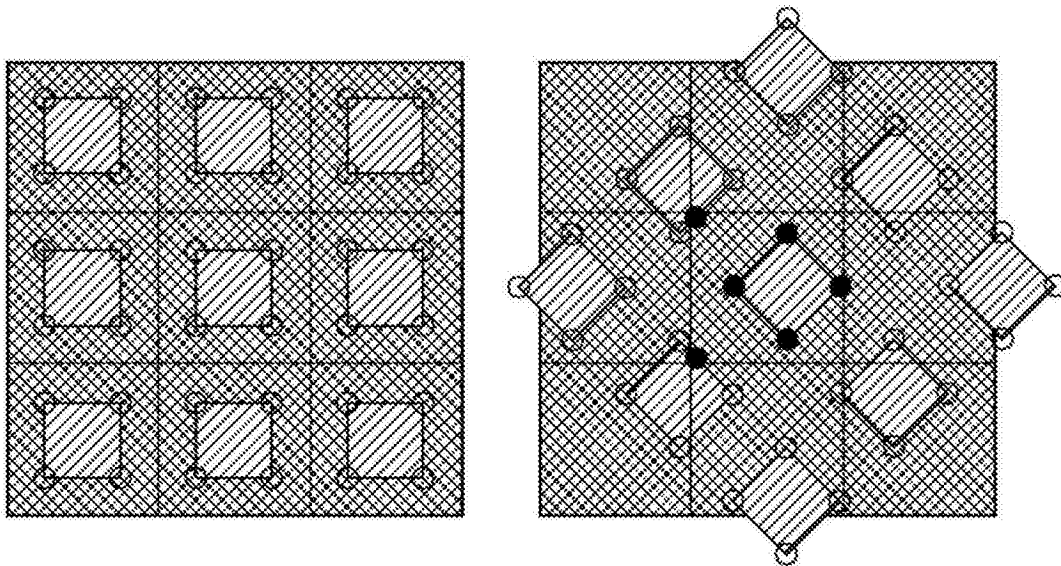


图72

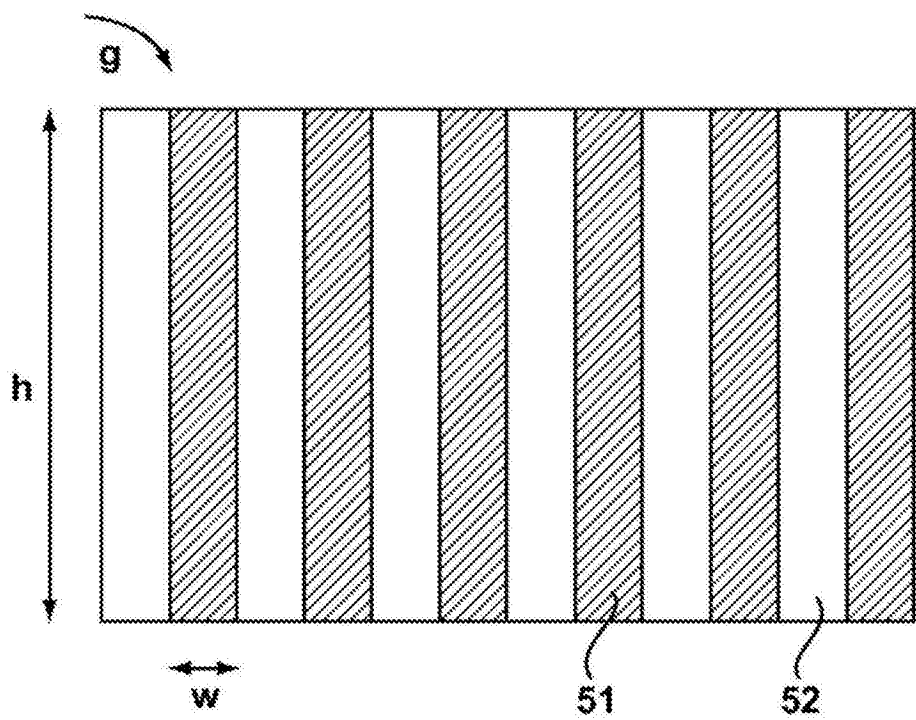


图75