

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G03F 7/20

//H01L21/027



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02823704.8

[43] 公开日 2005年3月16日

[11] 公开号 CN 1596388A

[22] 申请日 2002.11.26 [21] 申请号 02823704.8

[30] 优先权

[32] 2001.11.28 [33] US [31] 09/995,526

[86] 国际申请 PCT/SE2002/002169 2002.11.26

[87] 国际公布 WO2003/046665 英 2003.6.5

[85] 进入国家阶段日期 2004.5.28

[71] 申请人 麦克罗尼克激光系统公司

地址 瑞典泰比

[72] 发明人 托布乔尔恩·桑兹特罗姆

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

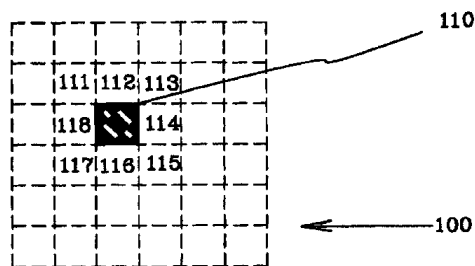
代理人 黄小临 王志森

权利要求书 8 页 说明书 26 页 附图 12 页

[54] 发明名称 缺陷像素补偿方法

[57] 摘要

本发明涉及一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建 SLM 的一个图案时，用于补偿至少一个在空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法。提供了一个用于发射电磁辐射的源。所述辐射照射拥有多个调制元素 (像素) 的所述 SLM。在一个书写工序中，把所述调制器的一个图像投射在所述工件上。在至少另一个书写工序中，对缺陷像素进行补偿。本发明还涉及一种用于执行所述方法的装置。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

- 1.一种在至少部分地覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建所述至少一个 SLM 的一个图案时,用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器
- 5 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法,包括下列动作:
- 提供一个用于发射电磁辐射的源,
 - 通过所述辐射照射至少一个拥有多个调制元素(像素)的所述 SLM,
 - 在一个书写工序中把所述调制器上的一个图像投射在所述工件上,
 - 在至少另一个书写工序中对缺陷像素进行补偿。
- 10 2.根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述电磁辐射为一个脉冲激光源。
- 3.根据权利要求 1 所述的方法,其中,使用一个针对每一缺陷像素的单一补偿像素对所述至少一个缺陷像素进行补偿。
- 4.根据权利要求 1 所述的方法,其中,使用多个针对每一缺陷像素的补偿像素对所述至少一个缺陷像素进行补偿。
- 15 5.根据权利要求 1 所述的方法,其中,在不同的书写工序中,使用等价的辐射剂量对所述至少一个 SLM 进行照射。
- 6.根据权利要求 1 所述的方法,其中,在不同的书写工序中,使用不同的辐射强度对所述至少一个 SLM 进行照射。
- 7.根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述至少一个 SLM 为一个透射空
- 20 间光调制器。
- 8.根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述至少一个 SLM 为一个反射空间光调制器。
- 9.根据权利要求 1 所述的方法,其中,按模拟方式操作所述至少一个 SLM 中的像素。
- 25 10.一种在至少部分地覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建所述至少一个 SLM 的一个图案时,用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法,包括下列动作:
- 提供一个发射电磁辐射的源,
 - 通过所述辐射照射拥有多个调制元素(像素)的所述至少一个 SLM,
 - 把所述至少一个 SLM 的一个图像投射在检测器设置上,以测量辐射
- 30 剂量,

- 在所述至少一个 SLM 中使用最邻近像素至少之一对所述缺陷像素进行补偿。

11.根据权利要求 10 所述的方法,其中,通过把一个意图像素值减去一个实际像素值,除以用于补偿的最邻近像素的个数,所得到的一个值分配给
5 所述最邻近像素至少之一的每一个,进行所述补偿。

12.一种在至少部分地覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建所述至少一个 SLM 的一个图案时,用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器 (SLM) 中缺陷像素的影响的方法,包括下列动作:

- 按一个预确定状态在所述至少一个 SLM 中设置像素,
- 10 - 通过一个辐射源照射所述至少一个 SLM,
- 把所述至少一个 SLM 的图像投射在一个测量设备上,
- 测量像素的剂量,
- 标识缺陷像素,
- 在至少一个书写工序中,通过除所述缺陷像素之外的所述至少一个
15 SLM 中的像素对所述缺陷像素进行补偿。

13.一种在至少部分地覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建所述至少一个 SLM 的一个图案时,用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法,包括下列动作:

- 提供一个用于发射电磁辐射的源,
- 20 - 通过所述辐射照射拥有多个调制元素(像素)的所述至少一个 SLM,
- 在一个第一书写工序中使用所述至少一个 SLM 中的一个第一像素集合把所述调制器的一个图像投射在所述工件上,
- 使用至少一个前书写工序中的至少一个补偿像素对至少一个相继书写工序中的至少一个缺陷像素进行预补偿,
- 25 - 在至少一个第二书写工序中使用所述至少一个 SLM 中的至少一个第二像素集合把所述调制器的一个所述图像投射在所述工件上。

14.根据权利要求 13 所述的方法,还包括这样的动作:

- 使用至少一个相继书写工序中的至少一个补偿像素对至少一个前书写步骤中的至少一个缺陷像素进行后补偿。

15.一种在至少部分地覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建所述至少一个 SLM 的一个图案时,用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器

- (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法, 包括下列动作:
- 提供一个用于发射电磁辐射的源,
 - 通过所述辐射照射拥有多个调制元素(像素)的所述至少一个 SLM,
 - 在一个第一书写工序中使用所述至少一个 SLM 中的一个第一像素集
- 5 合把所述调制器的一个图像投射在所述工件上,
- 使用至少一个相继书写工序中的至少一个补偿像素对至少一个前书写工序中的至少一个缺陷像素进行后补偿,
 - 在至少一个第二书写工序中使用所述至少一个 SLM 中的至少一个第二像素集合把所述调制器的一个所述图像投射在所述工件上。
- 10 16.根据权利要求 15 所述的方法, 还包括这样的动作:
- 使用至少一个前书写工序中的至少一个补偿像素对至少一个相继书写步骤中的至少一个缺陷像素进行预补偿。
- 17.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 其中, 所述电磁辐射为一个脉冲激光源。
- 15 18.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 还包括下列动作:
- 把所述第一像素集合中的至少一个像素包括在所述至少第二像素集合中。
- 19.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 其中, 使用一个针对每一缺陷像素的单一补偿像素对所述至少一个缺陷像素进行补偿。
- 20 20.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 其中, 使用多个针对每一缺陷像素的补偿像素对所述至少一个缺陷像素进行补偿。
- 21.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 其中, 在不同的书写工序中, 使用相同的辐射剂量对所述至少一个 SLM 进行照射。
- 22.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 其中, 在不同的书写工序中, 使用不同的辐射剂量对所述至少一个 SLM 进行照射。
- 25 23.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 其中, 所述至少一个 SLM 为一个透射空间光调制器。
- 24.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 其中, 所述至少一个 SLM 为一个反射空间光调制器。
- 30 25.根据权利要求 13 或 15 所述的方法, 其中, 按模拟方式操作所述至少一个 SLM 中的像素。

26.根据权利要求 13 或 15 所述的方法，其中，把所述第一书写工序中的所述像素的一个图像相对所述第二书写工序中的所述像素的所述图像在所述至少一个 SLM 中位移一或多个像素。

27.根据权利要求 13 或 15 所述的方法，其中，把所述第一书写工序中的
5 所述像素的一个图像相对所述第二书写工序中的所述像素的所述图像在所述工件上位移一个像素的至少一部分。

28.根据权利要求 13 或 15 所述的方法，其中，所述第一像素集合属于一个第一 SLM，所述第二像素集合属于一个第二 SLM。

29.根据权利要求 28 所述的方法，其中，同时照射所述第一和第二 SLM。

10 30.根据权利要求 29 所述的方法，其中，使用不同的辐射强度照射所述第一和第二 SLM。

31.一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建所述至少一个 SLM 的一个图案时，用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法，包括下列动作：

- 15
- 破裂和绘制将被印刷的图案，
 - 计算针对至少一个 SLM 像素的曝光值，
 - 定位坏像素，
 - 判断所述坏像素是否位于一个关键位置，
 - 提供一个用于发射电磁辐射的源，

20

 - 通过所述辐射照射拥有多个调制元素 (像素) 的所述至少一个 SLM。
 - 补偿在关键位置的坏像素

32.一种在至少部分地覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建所述至少一个 SLM 的一个图案时，用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法，包括：

- 25
- 一个用于发射电磁辐射的源，
 - 一个在一个第一书写工序中使用所述至少一个 SLM 中的一个第一像素集合把所述调制器的一个图像投射在所述工件上的投射系统，
 - 在至少一个前书写工序中的所述至少一个 SLM 中的至少一个像素，用于对至少一个相继书写工序中的缺陷像素进行预补偿，

30

 - 一个用于在至少一个第二书写工序中使用所述至少一个 SLM 中的至少一个第二像素集合把所述调制器的所述图像投射在所述工件上的投射系

统，

- 在至少一个后书写工序中的所述至少一个 SLM 中的至少一个像素，用于对至少一个前书写工序中的缺陷像素进行后补偿，

5 33.根据权利要求 32 所述的装置，其中，所述电磁辐射为一个脉冲激光源。

34.根据权利要求 32 所述的装置，其中，把所述第一像素集合中的至少一个像素包括在所述至少第二像素集合中。

35.根据权利要求 32 所述的装置，其中，用于在至少一个第二书写工序中进行投射的所述投射系统包括：

10 - 使用具有所述至少第二像素集合的将被书写在所述工件上的图像重新编程的所述 SLM，

- 一个可移动台架，把所述工件设置在这一台架上，以照射进行了所述至少第二书写工序的所述工件上与所述第一书写工序相同的形体。

15 36.根据权利要求 32 所述的装置，其中，把所述可移动台架移动 N 个 SLM 像素的长度。

37.根据权利要求 36 所述的装置，其中，把所述台架沿一行像素移动。

38.根据权利要求 36 所述的装置，其中，把所述可移动台架沿一系列像素移动。

20 39.根据权利要求 36 所述的装置，其中，把所述可移动台架既沿一行像素移动也沿一系列像素移动。

40.根据权利要求 32 所述的装置，其中，把所述可移动台架移动 N 个 SLM 像素的长度加一个 SLM 像素的一部分。

41.根据权利要求 32 所述的装置，其中，使用所述另一个书写工序中的一个单一补偿像素补偿一个书写工序中的一个单一缺陷像素。

25 42.根据权利要求 32 所述的装置，其中，使用所述另一个书写工序中的多个补偿像素补偿一个书写工序中的一个单一缺陷像素。

43.根据权利要求 32 所述的装置，其中，在不同书写工序中使用相同辐射剂量照射所述至少一个 SLM。

30 44.根据权利要求 32 所述的装置，其中，在不同书写工序中使用不同的辐射强度照射所述至少一个 SLM。

45.根据权利要求 32 所述的装置，其中，所述至少一个 SLM 为一个透射

空间光调制器。

46.根据权利要求 32 所述的装置，其中，所述至少一个 SLM 为一个反射空间光调制器。

47.根据权利要求 32 所述的装置，其中，按模拟方式操作所述至少一个 SLM 中的像素。

48.一种在至少部分地覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建所述至少一个 SLM 的一个图案时，用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的装置，包括一个用于发射电磁辐射的源，一个通过所述辐射照射拥有多个调制元素 (像素) 的所述至少一个 SLM、并且在一个书写工序中把所述调制器的一个图像投射在所述工件上的投射系统，一个用于对来自所述至少一个 SLM 的图像的像素的剂量进行测试的检测器设置 (65)，以及一个根据所述检测器 (65) 上的所述图像中在至少另一个书写工序中对缺陷像素进行补偿的计算机 (66)。

49.一种在至少部分地覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件 (60) 上创建所述至少一个 SLM (30) 的一个图案时，用于补偿至少一个在至少一个空间光调制器 (SLM) (30) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的装置，包括一个用于发射电磁辐射的源；一个通过所述辐射照射拥有多个调制元素 (像素) 的所述 SLM (30)、并且在一个书写工序中把所述调制器 (30) 的一个图像投射在所述工件 (60) 上的投射系统；一个用于对来自所述至少一个 SLM 的图像的像素的剂量进行测试的检测器设置 (65)；以及一个通过使用与所述缺陷像素 (110) 最邻近的像素 (111、112、113、114、115、116、117、118) 至少之一对缺陷像素 (110) 进行补偿的计算机 (66)。

50.根据权利要求 48 或 49 所述的装置，其中，凡当将以图案装饰一个新工件 (60) 时，由所述检测器 (65) 检测像素强度。

51.一种用于对至少一个 SLM 中至少一个缺陷像素进行检测的方法，包括下列动作：

- 使用一个第一引导信号对所述至少一个 SLM 中的所有像素进行编址，
- 通过电磁辐射照射所述至少一个 SLM，
- 记录所述至少一个 SLM 的一个图像，
- 计算所记录图像的一个梯度场，
- 计算梯度场的发散度，

- 根据所计算的相应于缺陷像素的发散度标识极端值。
- 52.根据权利要求 51 所述的方法, 还包括这样的一些动作:
- 使用一个第二引导信号对所述至少一个 SLM 中的所有像素进行编址,
 - 通过电磁辐射照射所述至少一个 SLM,
- 5
- 记录所述至少一个 SLM 的一个图像,
 - 计算所记录图像的一个梯度场,
 - 计算梯度场的发散度,
 - 根据所计算的发散度标识极端值, 其中缺陷像素相应于来自代表相同像素的所述第一引导信号和所述第二引导信号的极端值。
- 10
- 53.一种用于对至少一个 SLM 中至少一个缺陷像素进行检测的方法, 包括下列动作:
- 使用一个第一引导信号对所述至少一个 SLM 中的所有像素进行编址,
 - 通过电磁辐射照射所述至少一个 SLM,
 - 记录所述至少一个 SLM 的一个第一图像,
- 15
- 使用一个第二引导信号对所述至少一个 SLM 中的所有像素进行编址,
 - 通过电磁辐射照射所述至少一个 SLM,
 - 记录所述至少一个 SLM 的一个第二图像,
 - 计算所述第一图像和所述第二图像之间的差,
 - 标识其中所计算的差拥有局部最小值的坏像素。
- 20
- 54.一种用于对至少一个 SLM 中至少一个缺陷像素进行检测的方法, 包括下列动作:
- 向所述至少一个 SLM 编址一个图案,
 - 通过电磁辐射照射所述 SLM,
 - 记录所述至少一个 SLM 的一个第一图像,
- 25
- 把所述记录的图像与形体边缘的图案数据进行比较,
 - 标识其中把形体边缘移动了一个预确定距离的坏像素。
- 55.根据权利要求 54 所述的方法, 其中, 所述图案是一个棋盘图案。
- 56.根据权利要求 54 所述的方法, 其中, 所述图案是一个具有平行线的图案。
- 30
- 57.根据权利要求 54 所述的方法, 还包括这样的一些动作:
- 对具有所述至少一个 SLM 中的另一个像素集合的所述图案进行编址,

- 通过电磁辐射照射所述 SLM,
 - 记录所述至少一个 SLM 的一个第二图像,
 - 把所述记录的第二图像与形体边缘的图案数据进行比较,
 - 标识其中把形体边缘移动了一个预确定距离的坏像素。
- 5 58.根据权利要求 57 所述的方法,还包括这样的动作:
- 把所述第一图像中的形体边缘移动与所述第二图像进行比较,以标识在中间值处被卡的坏像素。
- 59.根据权利要求 5 所述的方法,其中,通过一个 SLM 执行所述不同的书写工序。
- 10 60.根据权利要求 59 所述的方法,其中,把所述 SLM 的不同面积用于不同的书写工序。
- 61.根据权利要求 5 所述的方法,其中,通过多个 SLM 执行所述不同的书写工序。
- 62.根据权利要求 6 所述的方法,其中,通过一个 SLM 执行所述不同的
- 15 书写工序。
- 63.根据权利要求 62 所述的方法,其中,把所述 SLM 的所述不同面积用于不同的书写工序。
- 64.根据权利要求 6 所述的方法,其中,通过多个 SLM 执行所述不同的书写工序。

缺陷像素补偿方法

5 技术领域

本发明通常涉及通过补偿方法获得改进的图像的技术。本发明尤其涉及一种在一个空间光调制器 (SLM) 中补偿缺陷像素的方法, 这种方法用于光学平版印刷术。本发明还涉及一种用于以图案装饰一个工件的装置, 这一装置包括这样一种方法和一种用于检测缺陷像素的方法。

10

背景技术

平版印刷制造可用于集成电路、掩模、光栅、平板显示器、微机械或微光学器件、以及包装设备, 例如引线框和 MCM。平版印刷制造可能涉及一种把一个主模从一个计算机控制的光栅映像到一个工件上的光学系统。一个合适的工件可以包括一个对电磁辐射, 例如可见或不可见光, 敏感的层。与本发明的发明者和申请者相同的 WO 9945435 中描述了这样一个系统的一个实例。

所述计算机控制的光栅可以为一个空间光调制器 (SLM), 其包括基于格栅效应、干涉效应、或机械元件 (例如遮光器) 的可移动反光微镜一或二维数组或矩阵、透射 LCD 晶体一或二维数组或矩阵、或其它类似可编程一或二维数组。

通常, 可以按不同种方式把这些计算机控制的光栅用于图像的形成。这些光栅, 例如 SLM, 包括许多调制元素或像素, 在某些情况下, 为百万或更多像素。例如, 与空间光调制器相关的一个问题是, 在一个给定的 SLM 中一个或多个像素可能是有缺陷的, 即它们不能按人们的意图响应一个控制信号。

计算机控制的光栅中的这些缺陷像素, 在它们用于光学成像时, 可能会限制分辨率和有效精度。例如, 工件上印刷图案的制作, 就其线宽和精度而言, 可能会受到限制。

因此, 这一技术领域, 存在着对一种有效和精确发现与补偿 SLM 中缺陷像素的方法的需求。

发明内容

从以上所描述的背景来看,对 SLM 中缺陷像素,例如在某一具体位置中的一个被卡镜面单元等,进行补偿,有利于形成拥有接近 5nm 容差的亚微米线宽的图像。

- 5 因此,本发明的一个目的是,通过提供一种用于补偿缺陷像素的改进的方法,改进使用空间光调制器所形成的图像。

在一个第一实施例中,本发明提供了一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建 SLM 的一个图案时,用于补偿至少一个在空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法。所述方法包括下列
10 动作:提供一个用于发射电磁辐射的源、通过所述辐射照射拥有多个调制元素(像素)的所述 SLM、在一个书写工序中把所述调制器的一个图像投射在所述工件上、以及在至少另一个书写工序中对缺陷像素进行补偿。

在本发明的另一个实施例中,所述电磁辐射为一个脉冲激光源。

- 15 在本发明的另一个实施例中,使用另一个书写工序中的一个单一补偿像素对一个书写工序中的单一缺陷像素进行补偿。

在本发明的另一个实施例中,使用另一个书写工序中的多个补偿像素对一个书写工序中的单一缺陷像素进行补偿。

在本发明的另一个实施例中,在不同的书写工序中,使用一个辐射剂量对所述 SLM 进行照射。

- 20 在本发明的另一个实施例中,在不同的书写工序中,使用不同的辐射强度对所述 SLM 进行照射。

在本发明的另一个实施例中,所述 SLM 为一个透射空间光调制器。

在本发明的另一个实施例中,所述 SLM 为一个反射空间光调制器。

在本发明的另一个实施例中,按模拟方式操作所述 SLM 中的像素。

- 25 本发明还涉及一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建 SLM 的一个图案时,用于补偿至少一个在空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法。所述方法包含下列动作:提供一个用于发射电磁辐射的源、通过所述辐射照射拥有多个调制元素(像素)的所述 SLM、把所述 SLM 的一个图像投射在检测器设置上,以测量辐射剂量、以及在 SLM
30 中使用最邻近像素至少之一对所述缺陷像素进行补偿。

在本发明的另一个实施例中,通过把一个意图像素值减去一个实际像素

值，除以用于补偿的最邻近像素的个数，所得到的一个值分配给所述最邻近像素至少之一，进行所述补偿。

5 本发明还涉及一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建 SLM 的一个图案时，用于补偿至少一个在空间光调制器 (SLM) 中的缺陷像素的影响的方法。所述方法包含下列动作：按一个预确定状态在所述 SLM 中设置像素、通过一个辐射源照射所述 SLM、把 SLM 的图像投射在测量 SLM 像素剂量的检测器设置上、标识缺陷像素、以及在至少一个书写工序中对所述缺陷像素进行补偿。

10 本发明还涉及一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建 SLM 的一个图案时，用于补偿至少一个在空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的方法。所述方法包含下列动作：提供一个用于发射电磁辐射的源、通过所述辐射照射拥有多个调制元素(像素)的所述 SLM、在一个第一书写工序中使用所述 SLM 中的一个第一像素集合把所述调制器的一个图像投射在所述工件上、在至少一个前书写工序中对至少一个相继书
15 写工序中的缺陷像素进行预补偿、在一个第二书写工序中使用所述 SLM 中的至少一个第二像素集合把所述调制器的一个所述图像投射在所述工件上。

在本发明的另一个实施例中，所述方法还包括这样的一些动作：在至少一个相继书写工序中对至少一个前书写工序中的缺陷像素进行后补偿。

20 在本发明的另一个实施例中，在至少一个相继书写工序中对至少一个前书写工序中的缺陷像素进行后补偿，而不是所述的前补偿。

在本发明的另一个实施例中，所述电磁辐射为一个脉冲激光源。

在本发明的另一个实施例中，所述方法还包含下列动作：把所述第一像素集合中的至少一个像素包括在所述至少第二像素集合中。

25 在本发明的另一个实施例中，使用另一个书写工序中的一个单一补偿像素对一个书写工序中的单一缺陷像素进行补偿。

在本发明的另一个实施例中，使用另一个书写工序中的多个补偿像素对一个书写工序中的单一缺陷像素进行补偿。

在本发明的另一个实施例中，在不同的书写工序中，使用相同辐射剂量对所述 SLM 进行照射。

30 在本发明的另一个实施例中，在不同的书写工序中，使用不同的辐射剂量对所述 SLM 进行照射。

在本发明的另一个实施例中，所述 SLM 为一个透射空间光调制器。

在本发明的另一个实施例中，所述 SLM 为一个反射空间光调制器。

在本发明的另一个实施例中，按模拟方式操作所述 SLM 中的像素。

- 5 在本发明的另一个实施例中，把所述第一书写工序中的所述像素的一个图像相对所述第二书写工序中的所述像素的所述图像在所述 SLM 中位移一个或多个像素。

在本发明的另一个实施例中，把所述第一书写工序中的所述像素的一个图像相对所述第二书写工序中的所述像素的所述图像在所述工件上位移一个像素的至少一部分。

- 10 在本发明的另一个实施例中，所述第一像素集合属于一个第一 SLM，所述第二像素集合属于一个第二 SLM。

在本发明的另一个实施例中，同时照射所述第一和第二 SLM。

在本发明的另一个实施例中，使用不同的辐射强度照射所述第一和第二 SLM。

- 15 本发明还涉及一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建 SLM 的一个图案时，用于补偿至少一个在空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的装置，其包括一个用于发射电磁辐射的源、一个在一个第一书写工序中使用所述 SLM 中的一个第一像素集合把所述调制器的一个图像投射在所述工件上的投射系统、用于在至少一个前书写工序中
20 对至少一个相继书写工序中的缺陷像素进行预补偿的装置、一个在至少一个第二书写工序中使用所述 SLM 中的至少一个第二像素集合把所述调制器的所述图像投射在所述工件上的投射系统、用于在至少一个后书写工序中对至少一个前书写工序中的缺陷像素进行后补偿的装置。

在本发明的另一个实施例中，所述电磁辐射为一个脉冲激光源。

- 25 在本发明的另一个实施例中，把所述第一像素集合中的至少一个像素包括在所述至少一个第二像素集合中。

- 在本发明的另一个实施例中，在至少一个第二书写工序中进行投射的所述投射系统包括：使用具有所述至少第二像素集合的将被书写在所述工件上的图像重新编程的所述 SLM；一个可移动台架，把所述工件配置在这一台架
30 上，以便使用所述至少第二书写工序作为所述第一书写工序，在所述工件上

照射相同的形体。

在本发明的另一个实施例中，把所述可移动台架移动 N 个 SLM 像素的长度。

在本发明的另一个实施例中，把所述台架沿一行像素移动。

5 在本发明的另一个实施例中，把所述可移动台架沿一列像素移动。

在本发明的另一个实施例中，把所述可移动台架既沿一行像素移动也沿一列像素移动。

在本发明的另一个实施例中，把所述可移动台架移动 N 个 SLM 像素的长度加一个 SLM 像素的一部分。

10 在本发明的另一个实施例中，使用所述另一个书写工序中的一个单一补偿像素补偿一个书写工序中的一个单一缺陷像素。

在本发明的另一个实施例中，使用所述另一个书写工序中的多个补偿像素补偿一个书写工序中的一个单一缺陷像素。

15 在本发明的另一个实施例中，在不同书写工序中使用相同辐射剂量照射所述 SLM。

在本发明的另一个实施例中，在不同书写工序中使用不同的辐射强度照射所述 SLM。

在本发明的另一个实施例中，所述 SLM 为一个透射空间光调制器。

在本发明的另一个实施例中，所述 SLM 为一个反射空间光调制器。

20 在本发明的另一个实施例中，按模拟方式操作所述 SLM 中的像素。

本发明还涉及一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件上创建 SLM 的一个图案时，用于补偿至少一个在空间光调制器 (SLM) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的装置，包括一个用于发射电磁辐射的源；一个通过所述辐射照射拥有多个调制元素 (像素) 的所述 SLM、并且在一个书写
25 工序中把所述调制器的一个图像投射在所述工件上的投射系统；用于对来自 SLM 的图像的像素的剂量进行测试的检测器设置 (65)；以及一个根据所述检测器 (65) 上的所述图像在至少另一个书写工序中对缺陷像素进行补偿的计算机 (66)。

本发明还涉及一种在覆盖有对电磁辐射敏感的一个层的工件 (60) 上创

建 SLM (30) 的一个图案时, 用于补偿至少一个在空间光调制器 (SLM) (30) 中具有一个已知位置的缺陷像素的影响的装置, 包括一个用于发射电磁辐射的源; 一个通过所述辐射照射拥有多个调制元素 (像素) 的所述 SLM (30), 并且在一个书写工序中把所述调制器 (30) 的一个图像投射在所述工件 (60) 上的投射系统; 用于对来自 SLM 的图像的像素的剂量进行测试的检测器设置 (65); 以及一个通过使用与所述缺陷像素 (110) 最邻近的像素 (111、112、113、114、115、116、117、118) 至少之一对缺陷像素 (110) 进行补偿的计算机 (66)。

在本发明的另一个实施例中, 凡当将以图案装饰一个新工件 (60) 时, 由所述检测器 (65) 检测像素强度。

本发明还涉及一种用于对至少一个 SLM 中至少一个缺陷像素进行检测的方法。所述方法包括下列动作: 使用一个第一引导信号对所述至少一个 SLM 中的所有像素进行编址、通过电磁辐射照射所述至少一个 SLM、记录所述至少一个 SLM 的一个图像、计算所记录图像的一个梯度场、计算梯度场的发散度、根据所计算的相应于缺陷像素的发散度标识极端值。

在所述发明的另一个实施例中, 还包括这样的一些动作: 使用一个第二引导信号对所述至少一个 SLM 中的所有像素进行编址、通过电磁辐射照射所述至少一个 SLM、记录所述至少一个 SLM 的一个图像、计算所记录图像的一个梯度场、计算梯度场的发散度、根据所计算的发散度标识极端值, 其中缺陷像素相应于来自代表相同像素的所述第一引导信号和所述第二引导信号的极端值。

本发明还涉及一种用于对至少一个 SLM 中至少一个缺陷像素进行检测的方法。所述方法包括下列动作: 使用一个第一引导信号对所述至少一个 SLM 中的所有像素进行编址、通过电磁辐射照射所述至少一个 SLM、记录所述至少一个 SLM 的一个第一图像、使用一个第二引导信号对所述至少一个 SLM 中的所有像素进行编址、通过电磁辐射照射所述至少一个 SLM、记录所述至少一个 SLM 的一个第二图像、计算所述第一图像和所述第二图像之间的差、标识其中所计算的差拥有局部最小值的坏像素。

本发明还涉及一种用于对至少一个 SLM 中至少一个缺陷像素进行检测的方法。所述方法包括下列动作: 向所述至少一个 SLM 编址一个图案, 通过电磁辐射照射所述 SLM、记录所述至少一个 SLM 的一个第一图像、把所述

记录的图像与形体边缘的图案数据进行比较、标识其中把形体边缘移动了一个预确定距离的坏像素。

在所述另一个实施例中，所述图案是一个棋盘图案。

在所述另一个实施例中，所述图案是一个具有平行线的图案。

- 5 在又一个实施例中，所述方法还包括这样的一些动作：对具有所述至少一个 SLM 中的另一个像素集合的所述图案进行编址，通过电磁辐射照射所述 SLM、记录所述至少一个 SLM 的一个第二图像、标识其中把形体边缘移动了一个预确定距离的坏像素。

- 10 在又一个实施例中，所述方法还包括这样的一些动作：把所述第一图像中的形体边缘移动与所述第二图像进行比较，以标识其中在中间值处被卡的坏像素。

在再一个实施例中，通过一个 SLM 执行所述不同的书写工序。

在再一个实施例中，把所述 SLM 的所述不同面积用于不同的书写工序。

在再一个实施例中，通过多个 SLM 执行所述不同的书写工序。

- 15 在再一个实施例中，通过一个 SLM 执行所述不同的书写工序。

在再一个实施例中，把所述 SLM 的所述不同面积用于不同的书写工序。

在再一个实施例中，通过多个 SLM 执行所述不同的书写工序。

附图说明

- 20 为了更全面地理解本发明及其优点，现在参照以下结合附图所进行的描述，在这些附图中：

图 1 说明了包括一个缺陷像素的空间光调制器（SLM）中一个像素数组的顶视图的一部分。

图 2 说明了具有位移场的两个重叠的书写工序中的一个缺陷像素。

- 25 图 3 说明了使用一个可以使用发明创造的方法的 SLM 的光平版印刷系统中的主要的部件的视图。

图 4 说明了包括一个缺陷像素和多个补偿像素的空间光调制器（SLM）中一个像素数组的顶视图的一部分。

- 30 图 5 说明了检测器设置中的像素和一个 SLM 的 4 个像素所产生的图像的剂量分布之间的关系。

图 6 说明了施加于一个 SLM 的一个像素的控制信号和所产生能量和电磁

场幅度之间的关系。

图 7 说明了一个校准方法的一个流程图。

图 8 描述了不具控制信号的 SLM 像素的一个断面图。

图 9 描述了具有控制信号，但不具像素校准的相同像素。

- 5 图 10 描述了如图 2b 所示的相同的像素和相同的控制信号，但具有像素校准。

图 11 说明了对一个未校准的 SLM 所产生的未补偿的图像的 CCD 的一部分的响应。

- 10 图 12 说明了作为控制信号的一个函数施加于它们相应像素的多个剂量响应。

图 13 说明了施加于一个像素的控制信号和所检测的剂量之间的一个可能的关系。

图 14 是数据路径的一个概要图。

图 15 说明了本发明的另一个实施例。

- 15 图 16 说明了图案生成器的一个可选的配置。

具体实施方式

在以下的描述中，工件意味着这样一组工件中的普通的一个：用于制造半导体的基片（直接写入）、掩模基片、光栅基片。

- 20 图 3 说明了一个用于以图案装饰一个工件 60 的装置 1 的示范性实施例。所述装置 1 包括一个用于发射电磁辐射的源 10、一个第一透镜设置 50、一个计算机控制的光栅 30、一个光束调节器设置 20、一个傅立叶平面中的空间滤波器 70、一个第三透镜设置 40、一个第二透镜设置 45、一个光束分离器 90 和一个检测器设置 65、一个计算机 66。

- 25 源 10 可以在从红外（IR）到远紫外（EUV）的波长范围内发射辐射，其中红外（IR）的波长范围被定义为 780nm~最高大约 20nm，在本申请中，远紫外（EUV）的波长被定义为 100nm 以及 100nm 以下的范围内，只要能够把辐射作为电磁辐射对待即可以由光学部件加以反射和聚焦。源 10 脉冲地或连续地发射辐射。通过位于所述辐射源 10 和所述计算机控制的光栅 30 之间的
30 辐射路径中的一个遮光器，从连续辐射源 10 发射的辐射可以形成一个脉冲辐射。例如，所述辐射源 10，即一个曝光光束的源可以为一个 KrF 准分子激光

器,具有一个 248nm 的脉冲输出、一个大约 10ns 的脉冲波长、以及一个 1000Hz 的重复率。重复率可以低于或高于 1000Hz。

图 3 中未加以显示的是位于辐射源和 SLM 之间的一个光圈。可以改变与傅立叶光圈相组合的这一光圈的大小,以增加/减小具有常数 σ 的工件上的分辨率。

光束调节器设置可以为一个简单的透镜、透镜的一个组件、与/或其它光学部件。光束调节器设置 20 把从辐射源 10 所发射的辐射均匀地分布在计算机控制的光栅 30 的表面的至少一部分上。在一个连续辐射源的情况下,可以在计算机控制的光栅的表面上扫描这样一个源的光束。

10 在辐射源 10 和计算机控制的光栅 30 之间,例如,计算机控制的光栅 30 可以为一个空间光调制器 (SLM), 设置所述光束调节器设置, 单元 20 扩展和形成光束, 以均匀地照射 SLM 的表面。在把准分子激光器作为源的一个优选实施例中, 光束形状为矩形, 沿 X 方向和 Y 方向光束的发散度不同, 而且在光束断面上辐射剂量通常是不均匀的。光束可以拥有 SLM30 的形状和大小, 并均质化, 以致于可把难以预测的光束轮廓转换成一个精确照射, 例如, 15 具有 1~2% 的均匀度。可以按下列步骤实现这一点: 一个第一光束形成步骤、一个均质化步骤、以及一个第二光束形成步骤。也可以有角度地过滤和形成光束, 以致于印在 SLM 每一个点上的辐射拥有一个角度受控的弦对角。

本发明的光学器件类似于圆片分档器的光学器件。在分档器中, 在一个光管中把光束均质化。所述光管可为具有反光内壁的矩形或棱柱形棒, 其中 20 可以形成光源的许多镜像, 以致于照射是对许多独立源的一个叠加。也可以通过折射、反射、或衍射光部件对光束进行分离和重组, 实行均质化。

把电磁辐射导向测量电磁辐射剂量的检测器设置, 检测器设置可以包括一个电荷耦合器件 (CCD) 照相机、一个 MOS 照相机、或一个电荷注入器 25 件 (CID)。第一透镜设置 50 主要起到与第二透镜设置 45 同样的作用, 即在工件 60 上创建 SLM 表面的一个相同的图像。

把 SLM 30 和用于测量电磁辐射 65 的剂量的检测器设置连接于一个控制器件 66, 例如, 控制器件 66 可以是一个个人计算机。这一计算机根据以下所描述的发明方法跟踪缺陷像素, 并对缺陷像素进行补偿。

30 图 8 说明了如图 1 中所示的空间光调制器 (SLM) 中的像素数组 200 一个维度。在这一实施例中, 像素 200 包括可移动显微镜 10、11、12、13、14、

15、16, 所述被排列的像素, 可移动地耦合于一个基片 300, 基片 300 包括针对可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 和地址电极 410、411、412、413、414、415、416 的支撑部件 310、311、312、313、314、315、316。

通过把一个第一控制信号, 例如一个第一电压, 施加在所述地址电极
5 410、411、412、413、414、415、416 上, 以及把一个第二控制信号, 例如一个第二电压, 施加在所述可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 上, 所述可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 可以围绕由一个安装(耦合?) 在支撑部件 310、311、312、313、314、315、316 上的枢纽所定义的一个偏转轴偏转。将把每一个微镜的偏转度与所述地址电极 410、411、412、413、
10 414、415、416 上和所述可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 之间的信号差, 例如电压差, 相关联。图 2A 中所示的视图可以代表(为了便于说明, 略加夸张) 一个其中没有把电压施加于地址电极 410、411、412、413、414、415、416 或可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 的未吸附静电状态。

图 8 说明了因各种因素可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 的一个
15 随机偏转设置。可以补偿所述可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 的所述偏转随机性。而且, 可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 的厚度与/或微镜的一个可选反射涂层的厚度从一个像素到另一个像素可能不尽相同, 这同样又可能会影响可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 的反射率。各
20 可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 之间的另一个差别可能是它们对所述可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 和所述地址电极 410、411、412、413、414、415、416 之间的一个等价的电位差可能拥有不同的响应。在所述可移动微镜 10、11、12、13、14、15、16 和所述地址电极 410、411、412、413、414、415、416 之间给定相同电位差的情况下, 与具有较大截面的枢纽相比, 具有小截面的枢纽将导致一个较大的偏转。如同基片和微镜之间的距离一样, 微镜的不同的表面光洁度也可能影响反射率。像素的大小差别也可能影响反射率。
25

图 9 说明了如图 1 中所示的空间光调制器 (SLM) 中的像素数组段的一个侧视图, 其中某些像素是编址的, 某些像素是未编址的, 所有像素都是未校准的。编址的像素为 11、12、13, 未编址的像素为 10、14、15、16。如从
30 图 2B 中所看到的, 不相等地偏转编址的像素为 11、12、13, 尽管已使用相同的控制信号对它们进行编址。这是每一镜子可以展示不同响应特性的一个

例子。

图 10 图 2c 说明了与如图 2b 中所示的空间光调制器 (SLM) 中的像素数组段相同的侧视图, 但在此具有校准的像素。如所可见的, 被编址的像素 11、12 和 13 被平均地偏转, 而未提到(unaddressed)的像素 10、14、15 和 16 都与基片 300 平行。在其中一个像素与另一个像素相比可能存在反射率方面差别的可选情况中, 为了产生等价的所反射的电磁辐射信号, 所述像素的偏转不会是相等的。

图 1 示出了一个包括一个二维像素数组的空间光调制器 (SLM), 在这一实施例中, 二维像素数组为 6 行, 每行具有 6 个像素, 即总共 36 个像素。现实中, SLM 可以包括数百万个像素, 然而为了便于说明, 图 1 中说明了一个具有很少几个像素的 SLM。在图 1 中以黑色印出像素 110, 从而代表了一个缺陷像素, 即在一个特定位置上所述像素被卡, 而且不响应校准。一个缺陷像素意味着处于一个接通状态、断开状态、或所述接通状态和所述断开状态之间的任何状态的一个被卡像素。

在更一般的意义上, 一个缺陷像素是其响应超出可接受规范或操作限制的任何像素。如果把对地址信号的敏感度变化确定为 $\pm 5\%$, 则任何具有大于 5% 敏感度偏离的像素为缺陷像素。

不大可能按一种所希望的方式控制缺陷像素。在镜像像素的情况下, 所述像素可能反射较少或过多的入射辐射, 或在 LCD 像素的情况下, 所述像素可能为过低透射或过多透射的。

可以模拟方式操作 SLM 中的像素。通常, 对微镜像素静电地加以操作。压电晶体也可以操作微镜。通过把镜子设置到一个第一电位, 把所述镜子之下的一个单独地址电极设置到一个第二电位, 所述第一和第二电位之间的差将使所述镜子偏转一定量。所述地址电极和所述镜像元素之间的电位差越大, 所述镜子偏转越多。对于一个给定的镜子来说, 一个给定的电位差相应于一个给定的偏转, 因此可以把偏转设置成非偏转状态, 即未静电吸附镜子状态, 以及全偏转状态之间的多个状态。

图 2 说明了两个不同的书写工序, 其中, 一个书写印模 100a 属于第一书写工序, 也就是在书写印模 200a、200b、200c 以及 200d, 属于第二书写工序, 之前所写的那一书写工序, 即把书写印模 200a、200b、200c 以及 200d 部分地重叠在书写印模 100a 的顶部上。为了便于说明, 使用虚点线 A-A 和 B-

B 加亮了书写印模 200a、200b、200c 以及 200d 之间的边界。所使用的 SLM 可以拥有一或多个缺陷像素，但为了便于说明，图 2 中仅指示一个缺陷像素 110 和 200a、200b、200c 以及 200d。一个来自工件上的 SLM 的图像，通常仅覆盖完整图案的一小部分，因此，当在工件上创建一个完整图案时，把多个不同的 SLM 图案（SLM 印模）滚压在一起。

可以使用一个或多个书写工序在工件上的图案中的一个特定面积中进行书写。书写工序可以为独立物理工序或一个单一物理工序中同一 SLM 的不同面积的曝光。同时使用多个 SLM 也是可能的，其中第二工序可以为一个来自第二 SLM 的图像。在图 2 中，使用两个书写工序创建图案。如果把一个书写工序用于创建图案，则必须使用高于曝光极限的电磁辐射剂量，以便曝光一个设置在工件上的光敏层（保护层）。如果使用 N 个书写工序，则可以把所述曝光极限划分 N 次，即一个书写工序仅使用曝光光敏层所要求剂量的一部分。每一单一的书写工序可以使用相同剂量的电磁辐射，然而，在不同的书写工序之间也可以把所述剂量划分成不相等的。

因此，第一和第二书写工序可能使用 75% 的极限剂量或任何其它对极限剂量的不相等的或相等的分割。可以使用属于第二书写工序中的书写印模 200a 的一个后补偿像素 220 补偿第一书写工序中的缺陷像素 110。为了便于说明，仅在印模 200d 中指示了所述后补偿像素 220，即在印模 200a 中像素 220 拥有相同的位置。如果缺陷像素太亮，则把后补偿像素设置成一个较低值，以补偿所述缺陷像素 110 在第一书写工序中的过度照射。为了进一步扼制第一书写工序中一个太亮像素的影响，可以把所述缺陷像素 110 的多个周边像素 111、112、113、114、115、116、117、118 设置成较低值（参见图 4），即设置成反射低电磁辐射。所述周边像素可立即用于第一书写工序与 / 或较后的书写工序中。

在图 2 中所示的一个多书写工序方案中，缺陷像素将不仅影响第一书写工序，而且还影响第二书写工序。在如图 2 中所示的第二书写工序中的 4 个书写印模 200a、200b、200c 以及 200d 中，所述缺陷像素将出现在 4 个新的位置 210a、210b、210c 以及 210d。

由于建立了像素有缺陷，并且知道将沿每一方向把 SLM 的图像移动多少像素，所以可以在第一书写工序中已经执行对第二书写工序中缺陷像素的影响的一个预补偿。例如，如图 2 中所说明的，可以沿平行于像素的一行和沿

平行于像素的一列的方向，即沿一个实际上为对角线的方向，移动 SLM 的图像，但仅可以沿平行于像素的列的方向或仅沿平行于像素的行的方向移动 SLM 的图像。可以对整个 SLM 像素与 / 或其某些部分按步骤进行 SLM 图像的所述移动。

5 在图 2 中，属于第二书写工序中书写印模 200d 的缺陷像素 210d，可能会在其中定位了属于第一书写工序中书写印模 100a 的全功能像素 120 的地方导致某些问题。因此，可以按与以上所描述的相同的方式，即仅使用所述像素 120 与 / 或使用所述像素 120 的相邻像素，在像素 120 中的第一书写工序中对属于第二书写工序中书写印模 200d 的缺陷像素 210d 进行预补偿。

10 具有两或两个以上书写工序，可以在至少一个先前书写工序中对至少一个相继书写工序中的缺陷像素进行预补偿。在至少一个相继书写工序中对至少一个先前书写工序中的坏像素进行后补偿。换句话说，一个已知的坏像素，将在至少一个相继书写工序中产生一个在至少一个先前工序中对其加以补偿的缺陷的局部印迹，而且可以在至少一个相继书写工序中对至少一个先前书写工序中的这些缺陷的局部印迹进行补偿。

15 在本发明的一个实施例中，按单一书写工序在工件上书写所成像的图像，并且在坏像素的至少一个相邻像素处补偿缺陷像素。例如，在图 4 中，由一或多个像素 111、112、113、114、115、116、117、118 仅补偿缺陷像素 110。

20 在多工序书写战略中，可以在至少两个所述书写工序之间，把来自 SLM 的图像沿一行像素、沿一列像素、或既沿一行也沿一列像素位移 N 个像素长度。可以通过移动一个其上设置了将要被书写的一个基片的台架位移来自 SLM 的图像。在一或多个像素所述书写工序之间，可以把 SLM 沿平行于一行像素、沿平行于一列像素、或既沿一行也沿一列像素的方向仅位移像素长度的一部分。

25 在用于定位和判断 SLM 中哪一个或哪一些像素是有缺陷的校准过程的一个实施例中，包括下列动作。

30 可选择令该方法从对电磁辐射的剂量的校准开始。一个 CCD 照相机拥有一个电磁辐射剂量的特定的工作范围。最好电磁辐射的剂量在 0.8*CCD 照相机最大范围左右。把过低的剂量投射到 CCD 上，在某些情况下，信噪比将不可接受的低。把过高的剂量投射到 CCD 上，CCD 照相机将过饱和，从而导致不精确的测量结果。

电磁辐射剂量的校准可以从一个具有所有未编址像素的，即没有把控制信号施加于这些像素的，SLM 开始加以执行。经由所述 SLM，把电磁辐射投射在所述 CCD 上。测量所述 CCD 上电磁辐射的剂量。在所述测量之后，可以通过调整电磁辐射源校正剂量。增加或减少所述脉冲电磁辐射源的功率，

5 可以进行剂量调整。较高的功率，将导致所述 CCD 上较高的剂量，较低的功率，将导致所述 CCD 上较低的剂量。

可以选择预先校准所述成像检测器，例如 CCD 照相机。可以通过投射一个已知的具有大约相同波长的电磁辐射光束，例如通过一个放电灯，以及一个干扰滤波器，以选择接近于曝光光束波长的窄波长范围，并测量 CCD 照相机的每一像素中的剂量，进行 CCD 照相机的所述预先校准。这一预先校准

10 的目的是为了确保在 CCD 照相机中每一个像素处所照射的相同的剂量，将确实被测量为相同的剂量，即在所述预先校准之后，每一个像素将对电磁辐射同等地敏感，而且这样做，也是为了提高测量的精度。

继续 SLM 的校准，即寻找作为控制信号的一个函数的 SLM 平均强度。

15 寻找作为施加于控制信号的一个函数的 SLM 平均强度的目的是找出一个针对一个预确定剂量的控制信号，例如，零剂量。通过针对每一像素循环这些控制信号，例如，从 0 到 255，实现这一目的。针对一个给定的控制信号，测量所有像素，并计算所测像素的平均值。图 2 中描述了像素的作为所施控制信号的一个函数的多个像素强度的一个例子。在所述图中，水平线 A 和 B

20 代表动态范围，代表了所有镜子可以达到的电平。

当为下一个剂量信号搜寻控制信号时，可以猜想校准曲线的导数，以便减少为每一像素找出正确控制信号的步骤数。当校准曲线上已知点的个数增加时，为一个具体剂量值找出正确控制信号的步骤减少，原因在于所述已知点增加了关于校准曲线的信息。

25 接下来使用 CCD 中的像素映像 SLM 中的像素。这一目的是建立 SLM 中的像素与 CCD 照相机中的像素之间的一个已知的关系。首先，在 CCD 照相机中测量所述 SLM 中的像素簇的一个粗网格。例如一个每一簇之间具有 30 个像素的 5×5 的数组簇。这将在 CCD 上产生一个不同的信号。为 SLM 提供有一个特殊图案，以便能够知道考察了 SLM 的哪一部分。仅当一次考察

30 了 SLM 面积的一部分时，知道考察了哪一部分是重要的。在 SLM 面积中，可以把像素簇从一个部分移向另一个部分。把簇中的像素设置为一个值，这

一值有别于附近未编址像素。

在这一阶段，可以根据公式 $\hat{A} = M * S * R (C - t)$ 校正 CCD 上的图像，以平移偏差、刻度误差、镜像响应以及所述 SLM 和所述 CCD 之间的旋转误差，其中 \hat{A} 是 CCD 的坐标， $M =$ 镜像处理， $S =$ 比例因子， $R =$ 旋转， $C =$ SLM 坐标，以及 $t =$ 平移。 C 和 \hat{A} 分别为包含 SLM 像素和 CCD 像素坐标的向量。例如 M 可以为一个 2×2 的单位矩阵 或镜像处理矩阵。 S 可以为 $0 \sim$ 无穷大之间的任何一个数字，最好在 $0 \sim 3$ 之间。 R 可以为一个 2×2 矩阵，在其左上位置具有 $\cos(\alpha)$ 、右上位置具有 $-\sin(\alpha)$ ，左下位置具有 $\sin(\alpha)$ 、右下位置具有 $\cos(\alpha)$ ，其中 α 通常为几毫弧度。一般情况下，映像是一个非线性映像，例如拥有一个为坐标的函数的 t 因子。

在本发明的一个优选实施例中，在 CCD 照相机中不解算 SLM 中的单一像素。

其次，在 CCD 上测量所述 SLM 中的像素簇的一个较精网格。在这一阶段，对于一个较精网格，在 SLM 中的每一像素簇处的像素的个数，可以为一个 3×3 数组。例如在每一簇之间具有 20 个像素。

接下来，在 CCD 上测量 SLM 中的像素簇的进一步的求精，例如，使用其间具有 10 个像素的簇中的一个单一像素。

作为 SLM 到 CCD 的映像的一个进一步的求精，可以添加一个非线性校正。这意味着 $y = MSR(x-t) +$ 非线性校正。例如，可以通过指定一个具有未知系数 a_j 的二阶多项式计算这一非线性校正。这样的多项式可以为：

$$nc_1 = ax + by + cx^2 + dy^2 + exy,$$

$$nc_2 = fx + gy + hx^2 + iy^2 + ixy,$$

其中， nc_1 是针对坐标 x 的非线性校正， nc_2 是针对坐标 y 的非线性校正。如果校正随 (x, y) 变化，例如在这一情况中，可以通过使用最小二乘方拟合方法，把一个依赖于非线性校正的位置 U 拟合于函数 $(nc_1, nc_2)(x, y)$ 。

在进一步的改进中，由于 CCP 像素之间的一个非敏感面积或类似的效应，可以把针对相对于一个 CCD 像素网格的疵点位置的校正被应用于去除或减少 Moiré 效应。可以或不可以调整投射系统中的放大倍率，以致于可以使用 CCD 上的像素图案对于矩阵的图像进行调整，例如 CCD 像素可以针对 SLM 中每两个像素拥有一个像素，或拥有另外的合理关系。通常，CCP 拥有

100,000 个电子的电容。在由多个像素形成的测量区域中，可以把电容加大一个代表像素个数的数值因子，例如 4 或 16 个，如图 5 中所示。在一个区域中，电子的典型的个数为 200,000 个，而且这一数字具有统计上的分布（泊松分布）。为平均这一随机效应，以及其它随机性，每次测量，重复 N 次。

5 与此同时，在 N 次测量期间，如果在 CCD 照相机上移动图像，则可对 Moiré 效应加以平均。

例如，CCD 照相机为一个来自 Kodak® KAF 1600 的照相机，这一照相机具有大约 1000*1600 个像素，并具有针对所使用的波长，例如 248nm 或 197nm，的敏感度。通常，这涉及通过荧光染料把辐射转换成可见光，但直接对短波波长，例如 248nm，敏感的照相机芯片也是可以买到的。

在下一步骤中，搜寻控制信号，这引起了一个 CCD 上的一个预确定剂量值的问题。由于拥有对将在 CCD 上加以检测的一个特殊 SLM 像素的很好的了解，所以可以校正 CCD 上的所述图像，以使所有像素达到所述预确定值。图 11 说明了对一个未校准 SLM 上的所投射电磁波的 CCD 照相机上的一个典型响应。纵线 25 两个像素之间的边界。如从图中可以看到的，与所希望的相比，某些镜子引发了太高的反射率，某些镜子引发了太低的反射率。当我们知道了 SLM 和 CCP 像素之间的关系时，我们可以改变过多反射或过少反射的 SLM 镜子 / 像素的状态。通过改变镜子 / 像素的状态，以及把一个新的图像投射在 CCD 上，将出现一个新的响应。与预确定值和实际值之间的差相比，镜子状态的改变，在进一步求精步骤中还会变化。这样做是为了确保拥有一个收敛的方法。在改变了像素以及把 SLM 的图像投射在 CCD 上之后，多次校准像素。针对这一特定的预确定剂量值停止校准的条件，可能是所检测到的 CCD 上的镜子的标准偏差小于 0.5%。

25 接下来，把不同的预确定剂量值按与以上所描述的相同的方式单步调试。在此之后，存在对于作为每一镜子的电压的一个函数的反射率的很好的了解。

可以选择，将找出可由所有镜子达到的最大和最小反射率。在这些值之间，针对所有镜子很好地定义了逆值，即作为反射率的一个函数的电压。它们是一些使用一个有限存储空间为每一镜子寻找近似的表达式的函数。在图 12 中，示出了针对多个不同镜子的作为电压的一个函数的反射。由于整个数组必须拥有共同的“白”和“黑”电平（由 CCD 所看到的），所以针对整个数组的动态反射率范围将受到可由所有镜子达到的电平的限制（如图 12 中线

A 和 B 所指示的)。取决于对动态范围的要求, 我们可能必须排除对缺陷镜子之外的某些镜子的使用。这样的镜子仍可以使用, 尽管在“黑”和“白”电平中具有较大的补偿误差。当选择了“白”和“黑”电平时, 我们可以在那一反射率范围中开始校准每一单个的镜子。

5 找出作为反射率剂量的一个函数的电压的公共表达式的一种方式是使用傅立叶方法进行插值。例如, 使用 4 个参数校准每一镜子。图 13 说明了作为反射率剂量的一个函数的电压。在这一图中, 公共“黑”电平 305 和公共“白”电平 310 由纵线加以指示。可以把头两个校准参数标识为镜子响应的交点 315, 320 处的驱动电压, 以及“黑”和“白”电平 305, 310。通过在“黑”和“白”电平之间插入反射率对镜子电压和直线 325 之间的差的傅立叶系数进行计算获得其余的校准参数。由于通过构造, 在端点处我们拥有零误差, 所以足可以把 $\sin(\pi x)$ 和 $\sin(2\pi x)$ 用作傅立叶扩展中的调和函数。变量 x 等于 $(z - z_{\text{“black”}}) / (z_{\text{“white”}} - z_{\text{“black”}})$, 其拥有闭区间 $x = (0, 1)$ 。

10 如果指定两个校准参数描述直线 325, 则可以把另外两个用作基函数 $\sin(\pi x)$ 和 $\sin(2\pi x)$ 的系数。于是, 一个校准表达式将为 $z = a + bx + c(\sin(\pi x)) + d(\sin(2\pi x))$, 其中, 对于每一像素, a, b, c 以及 d 是唯一的, $\sin(\pi x)$ 和 $\sin(2\pi x)$ 对所有像素是公共的。

15 或者, 不把反射率函数(参见图 8)仅插入 $\sin(\pi x)$ 和 $\sin(2\pi x)$ 扩展直线的差, 而在更大数量的傅立叶分量上对这一差进行扩展。拥有 M 个镜子(因此拥有 M 个函数)并扩展到 N 个分量, 给予我们一个拥有维度为 $N \times M$ 的矩阵 A 。现在, 可以通过选择(方矩阵) AA^t 的两个具有最大特征值的特征向量, 选择基函数, 其中 t 代表转置。按这一方式所获得的基函数仍为类正弦的(尽管对傅立叶分量基的选择是无足轻重的), 但可不具平均(或系统)误差地拟合这一数据。

20 可以通过对 $Ac = Y$ 求解, 找出校准系数 a, b, c 以及 d , 其中 A 是一个 4×4 矩阵, Y 是一个 4×1 向量, 该矩阵的元素为

$$A_{ij} = \sum_m w(x_m) f_i(x_m) f_j(x_m) \text{ 和 } Y_i = \sum_m w(x_m) y_m f_i(x_m),$$

25 其中 Y 是在某些(正交化的)反射率样本处 x_m 的电压, $w(x)$ 是权函数, 可以将其选择成整数。两个函数 f_1 和 f_2 是常数函数, 线性函数 $f(x) = x$ 。其余两个所使用的函数是从 $\sin(\pi x)$ 函数导出的。如果把权函数 $w(x)$ 选择为单位函数, 则将获得最小化变化的校准系数(c)。如果也把两个基函

数选择为 $\sin(\pi x)$ 和 $\sin(2\pi x)$, 则将获得非常类似傅里叶展开的解。这两者之间的差仅起因于这样的要求: 把常数和线性函数正好用于傅立叶情况中插入校准数据(在端点处), 同时通过最小二乘方算法自由地选择它们。因此, 最小二乘方拟合产生最小平均误差, 但不能保证正好在端点处。

5 用于补偿的算法为:

$$U(x) = c_1 + c_2x + c_3f_3(x) + c_4f_4(x)$$

在本发明的另一个可选实施例中, 把电磁辐射的光束投射到 SLM 的至少一部分上, 例如辐射源可以为一个激光器, 可以为连续的或脉冲的。把在其上投射了电磁辐射的 SLM 的那一部分用于所述校准。例如该部分可以为 SLM 10 面积的十分之一、SLM 的一半的面积、或 SLM 的整个面积。

接下来, 由 SLM 的所述部分形成成像检测器上的一个图像。例如, 所述成像检测器为一个 CCD 照相机、MOS 照相机或电荷注入器件。由于 SLM 中的像素的不同偏转状态和反射率, 在所述图像中, 可能出现较暗和较亮的区域。这一图像相应于工件 60 上的图像。

15 此后, 当测量来自所述成像检测器上的所述各个像素的剂量时, 把从 SLM 的所述部分中的至少两个像素驱动到所施像素控制信号的一个序列。例如, 所述至少两个像素可以为一个子矩阵, 子矩阵中的像素由非编址状态下的像素加以分隔, 其中非编址状态, 即为没有向这些像素施加像素控制信号的状态。

20 最后, 根据作为所施加像素控制信号的一个函数的所测剂量数据, 计算像素校准数据。

可以选择预先校准所述成像检测器, 例如 CCD 照相机。可以通过投射一个已知的具有大约相同波长的电磁辐射光束, 例如通过一个放电灯, 以及一个干扰滤波器, 以选择接近于曝光光束波长的窄波长范围, 并测量 CCD 照 25 相机的每一像素中的剂量, 预先校准 CCD 照相机。这一预先校准的目的是为了确保在 CCD 照相机中每一个像素处所照射的相同的剂量将确实被测量为相同的剂量, 即在所述预先校准之后, 每一个像素将对电磁辐射同等地敏感, 而且这样做, 也是为了提高测量的精度。

30 选择包括至少两个像素的子矩阵, 为的是不必在所述 SLM 中逐像素地进行测量。不把所选择的像素互相靠近地定位, 而是让它们之间拥有多个的像素, 以减少这样的可能性: 把 CCD 照相机上的一个疵点作为来自 SLM 中两

或两个以上的像素对待,即与所述 CCD 照相机上的各 SLM 像素不同的疵点。沿每一方向,所述子矩阵中两个像素之间的距离为 5 个像素,但也可以使用其它分隔距离。作为一个一般性的规则,一个来自所述子矩阵中的像素的辐射的剂量的值 66 可以是所述子矩阵中像素之间距离的一个测度。

5 图 5 示意性地示出了一个成像检测器 250 中的像素和来自一个 SLM 中各像素的能量分布 275 之间的关系的一个顶视图。来自 SLM 像素的能量可以呈高斯分布形式。在图 5 中,由圆圈示意性地表示高斯分布,其中那些非常靠近的圆圈,在高斯分布的中心,代表高能量,而宽分隔的圆圈代表低能量。从上述的图 5 中还可以看出,与沿 Y 方向高斯分布的分隔相比,沿 X 方向,10 成像检测器 250 上该分布的分隔较宽。在图 5 中,沿 X 方向高斯分布的中心之间的距离为 5 个成像检测器像素,而沿 Y 方向同样高斯分布之间的距离为 4 个成像检测器像素。

可以选择,使用 CCD 照相机中的像素,映像 SLM 中的像素,以建立 SLM 中的像素和所述 CCD 照相机中的像素之间的一个已知的关系。在这一映像步15 骤,实质上可以把来自 SLM 中像素的辐射剂量的中心,与 CCD 照相机中的像素的中心对齐。0.5 个像素数量级的对齐误差导致校准算法在图象中创建寄生图案。这可以通过测量 CCD 上的疵点的中心加以进行,并通过平移,放大与/或旋转,调整 CCD 上的 SLM 图像的位置,以把像素拟合在 CCD 上,如以上结合前一个实施例所描述的。

20 或者,测量 CCD 上的疵点的位置,并针对每一像素计算一个区域,以致于计算机可以把在 CCD 上的一个特定地点的图像分配给一个相应的 SLM 像素。

或者,首先,在所述 CCD 照相机上测量很少几个所述 SLM 中的像素的粗网格,例如可以选择多个像素,例如 5×5 个像素的一个簇,以致于可开始25 在 CCD 上给出一个不同的信号。可以把所述 5×5 个像素的簇从矩形 SLM 面积中的一个角移向另一个角。把簇中的像素设置成一个值,即不同于附近未编址像素的一个值。

在这一阶段可以校正 CCD 上的图像,以平移所述 SLM 和所述 CCD 之间的偏差,即刻度误差、旋转误差等。在本发明的这一优选实施例中,在 CCD30 照相机中不解算 SLM 中的单一的像素。

其次,在 CCD 上测量所述 SLM 中像素的簇的一个较精网格,以定位将

在 CCD 上创建剂量值的是 SLM 中的哪些像素以及它们的位置。在这一阶段，使用较精网格，把 SLM 中每一像素簇中像素的个数减少到 3×3 个像素，例如每一簇之间 10 个像素。

此后，在 CCD 上测量 SLM 中像素的簇的网格的进一步的求精，例如，
5 此时，SLM 中为单一像素，其间具有 5 个像素。

作为进一步的改进，可以把针对相对于一个 CCD 像素网格的疵点位置的校正应用于去除或减小由于 CCP 像素之间的不敏感面积所导致的 Moiré 效应，或类似的效应。可以或不可以调整投射系统中的放大倍率，以致于可使用 CCD 上的像素图案调整子矩阵的图像，例如，相对 SLM 中每两个像素，
10 CCD 可以拥有一个像素，或另一种合理关系。通常 CCP 拥有 100,000 个电子的电容。在由几个像素形成的测量区域中，电容可以放大一个代表像素数目的数值因子，例如，图 5 中所示的 4 或 16。在一个区域中，典型的电子个数为 200,000，这一数目具有统计上的分布（泊松分布）。为了平均这一随机效应以及其它随机性，重复每一测量 N 次。与此同时，如果在 N 次测量期
15 间把图像在 CCD 照相机上移动，则可以对 Moiré 效应加以平均。

例如，CCD 照相机为一个来自 Kodak® KAF 1600 的照相机，这一照相机具有大约 1000×1600 个像素，并具有针对所使用的波长，例如 248nm 或 197nm，的敏感度。通常，这涉及通过荧光染料把辐射转换成可见光，但直接对短波波长，例如 248nm，敏感的照相机芯片也是可以买到的。

20 为了校准 SLM 的被照射部分中的所有像素，一次改变所述至少两个像素，并将它们驱动到所施像素控制信号的一个序列。现在，我们已了解了针对每一像素作为控制信号的一个函数的 CCD 上的剂量。使用对每一像素作为控制信号的一个函数的 CCD 上的剂量这一了解，根据所测剂量数据计算一个代表检测器设置上的电磁辐射的平均零剂量的一个状态。

25 此后，在所述计算状态下，排列所述子矩阵中的这些像素的至少最相邻像素。

如从图 8 中可看到的，未静电吸附状态下的像素 10、11、12、13、14、15、16 可能处于一个偏转的随机状态，因此，可能提供给一个特定 CCD 照相机像素处的辐射剂量，从而降低了所测剂量的精度。为了消除或至少减少
30 来自一个具体 SLM 像素的所测剂量方面的不精确性，按所计算的状态，排列至少最接近 SLM 所述部分中的所述至少两个像素的 SLM 像素。

不仅可以把最接近所述 SLM 中的所述至少两个像素的像素设置为所述所计算的状态,最好把除所述 SLM 中的所述至少两个像素之外的所有像素设置为所述所计算的状态。

5 以下,尽管把至少最接近 SLM 中的所述至少两个像素的像素设置为所述所计算的状态,再次把所述 SLM 中一次至少两个像素驱动到所施像素控制信号的一个序列,同时测量电磁辐射的剂量。在完成了对 SLM 的所述部分中所有像素的校准之后,第二次,从第二所测剂量数据当中,针对相应于成像检测器上电磁辐射的平均零剂量的每一像素计算一个新的状态。重复这一过程,例如,直至所测强度的标准偏差低于 0.5%。

10 在所述 CCD 照相机中,测量所述子矩阵中的像素的剂量。CCD 照相机不必解算单一像素,因为一次仅改变一个子矩阵。可以根据测量结果推断一个单一像素的变化。可以选择子矩阵的密度,以使 CCD 上的疵点基本上不重叠。CCD 可以或不拥有与 SLM 相同的像素个数。假设,在一个确定的面积中,CCD 照相机图像中的光来自 SLM 中的一个像素,只要环绕 SLM 的
15 像素不改变即可。

可以选择按不同电磁辐射脉执行对能量变化的补偿。可以通过使用一个脉冲激光器照射所述 SLM 中像素的所述子矩阵,以及测量和校准来自一或多个激光脉冲的剂量,并针对所测脉冲能量校正所测 CCD 数据,执行对像素的校准。

20 所述的把电磁辐射从像素的所述子矩阵投射到检测器设置上,以测量电磁辐射的剂量,可以在所述电磁辐射的傅立叶滤波之后进行。在图 3 中,把一个光束分割器 90 设置在空间滤波器 70 和第一透镜设置 50 之间。

在针对一个给定的施加于所述像素的电压已经测量了针对所述子矩阵中的像素的剂量之后,改变施加于所述子矩阵中的像素的所述电压,针对多个
25 不同的电压,重复这一过程。例如,可以从一个最大值到一个最小值把剂量划分成 65 个值。在已把所有不同的电压已经施加于像素的子矩阵之后,可以针对所有子矩阵 200 重复这一过程,以便覆盖把电磁辐射的光束投射在其上的 SLM 的所述部分。在像素的所述 2 维数组中,子矩阵可以或不从一个位置到另一个位置改变图案。

30 把辐射的光束投射到 SLM 的其它部分,以便校准所述 SLM 中的所有像素。最好使用相同大小的光束,但大小也可以改变,从而可以覆盖 SLM 的不

同大小的部分。

可以针对一个给定的控制信号，或者通过存储每一剂量值，生成针对数据库
5 中每一像素的像素校准数据，在这一情况中控制信号是镜子和地址/控制
电极之间的一个电位差，或者更好是，通过把作为向所述像素所施电压的
一个函数的所测剂量，转换为一个转换函数，生成针对数据库中每一像素的
像素校准数据。所述转换函数最好为一个对于每一像素均为相等的给定的公
式，例如 $C1 + XC2 + C3T3(X) + C4T4(X)$ 。用于计算常数 $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$
以及 $C4$ 的过程可类似于结合先前实施例所描述的过程。用于找出基函数的过
程也类似于结合先前实施例所描述的过程。例如， $C1 + xC2$ 是直线 $T3(X)$
10 和 $T4(X)$ 的公式，在这一情况中，可以是两个列表函数。可以这样地选择
 $T3$ 和 $T4$ ，以致于该公式可给出对所有像素的一个适当的描述。

图 12 示意性地示出了根据本发明的用于校准空间光调制器 (SLM) 中像
素的方法的另一个实施例的流程图。

在图 6 中，示出了针对一个 SLM 中的一个像素的成像检测器上所测剂量
15 和所施像素控制信号之间的一个关系的典型实例，曲线 275 说明了这一点。
在同一图 6 中，一条曲线 260 代表作为所施像素控制信号的一个函数的电磁
场的振幅。剂量曲线 275 和振幅曲线 260 之间的关系是：剂量曲线 275 为振
幅曲线 260 的平方。

例如，剂量曲线可以由 $(\sin x/x^2)$ 函数加以近似，于是振幅曲线将为一
20 个 $\sin x/x$ 函数。

尽可能发现来自一个单一图像的正确零剂量的另一种方式是，使用以上
所提到的事实：剂量曲线可以由 $(\sin x/x^2)$ 函数加以近似。如果在 275 的局
部最大值处于所测局部最小点之中，那么可以很容易地根据所述函数加以计
算。为什么能够比实际最小点更容易地测量局部最大值，原因在于在最小点
25 处 CCD 照相机中的信号将消失在总是出现的噪音中，对于剂量曲线上的点的
局部最大值来说，情况并非如此。

可以结合一个破裂引擎、光栅化引擎以及驱动电路，使用本发明的图像
绘制引擎。图 14 提供了一个数据路径概要图。这一数据路径从作为输入的预
处理的几何形状数据 1201 开始。预处理的几何形状数据可以为计算机辅助设
30 计系统的输出。预处理过程可以减少层次结构或迭代信息，并可有效缓解几
何形状表示流。数据获取 1202 通常包括从一个辅助存储设备获取预处理的几

何形状数据。几何形状转换 1203 是这样一个过程：其中把几何形状转换成可绘制的定点几何形状 (RFG)。破裂 203 是这样一个过程：把几何形状划分成
5 显微镜实现中相应于印模和印模绘制窗口的不同的窗口和子窗口。破裂引擎的输出为一或多种特定记录格式的几何形状数据。记录代表几何图形，例如多边形和多边形组。把破裂的数据表示为梯形是有用的，其中三角形和矩形为梯形的子类。梯形的平行边之一可以拥有一个零或接近零的长度，以代表一个三角形。破裂的数据的另一个有用的表示是作为三角形或三角形链。本发明的
10 大多数方面同等地适合于梯形、矩形、三角形或其它多边形或几何图形。可以给予多边形角的坐标 7 个比特或 7 个比特以上的一个子像素或半个子像素分辨率，以支持 64 分之一或 128 分之一一个像素或更高的精度。可以使用较高和较低比特的分辨率，这取决于所希望的精度和图象投射技术和特性。

图像绘制引擎 210 包括多个部件。扩展 1211 是一个在绘制之前扩展几何形状迭代的过程。可以把破裂的几何形状作为迭代的 RFG 加以接收，其具有
15 重复的几何图形或几何图形的重复组。扩展未编组 RFG，以致于可以单独地对它们加以处理。绘制 1212 是一个把多边形转换的过程，包括可绘制的定点几何形状，转换成光栅化的图像。在多个绘制处理器上执行绘制过程。超取样 1212 是一个对微像素分辨率图像进行取样并计算灰度级像素值的过程。以下讨论针对超取样的可选的加权方案。边缘位移 1213 是一个收缩或扩展几何形状的过程，例如，通过激光邻近校正 (LPC) 或通过光邻近校正 (OPC)
20 补偿邻近和散射辐射。图像校正 1214 是补偿光路径中非线性和镜子缺陷、台架的位移、或投射系统的另外的特性的过程。这可以包括非线性图像再耦合。照射转换 1215 考虑到这样的一些因素：例如投射区域之间的重叠、曝光辐射方面的变化、以及多工序书写等。当投射系统使用一个微镜数组时，镜子补偿 1216 应用预校准因素用于补偿各镜子的特异反应。可以把镜子补偿因素用于补偿对电压的不同的响应，工作周期过程期间响应方面的变化、数组中的死像素、或微镜数组的类似特性。当需要时，也可以把附加的部件添加到绘制引擎 1210，而且当适当的时候，也可添加到正在使用的投射系统。
25

驱动电路 1220 包括合成 1221 和调制 1222 过程。合成 1221 是一个把来自数个绘制处理器的结果组合为一或多个调制响应的数据流。对合成器的使用，允许对绘制模块 1330 的数目的放缩。例如，通过修改合成器参数，可以把绘制模块的数目从 10 增加到 12，而无需改变与调制系统的接口。在一种
30

5 5 显微镜系统中，在用辐射闪射显微镜数组之前，可以把一个数据流用于调制，以设置各显微镜。在另一种显微镜系统中，如果把显微镜用于扫描工件，数据流的数目可以与镜子的数目或显微镜的数目的一个因数相匹配。在一个传统的扫描系统中，数据流的数目可以与所使用的扫描光束的数目相匹配。调制 1222 是一个把集中化的数据转换成针对投射系统的驱动值的过程。对于一个显微镜系统来说，可以使用数字到模拟的转换器，产生施加于各镜子元素的模拟电压。对于一个扫描系统来说，驱动信号可以用于控制一个调制辐射光束的声光调制器，或一个针对电子、离子或粒子辐射的等价的控制元素。

10 一个非线性变换可能要求把一个像素再取样梯度应用于被再取样的每一像素。或者，能够通过一个卷积核对每一像素的梯度进行取样，以产生一个输出像素值。卷积核的邻域将依赖于梯度的最大允许大小。可以通过一个 3×3 的内核对一个像素梯度进行取样，通过一个 5×5 的内核对两个像素梯度进行取样。

15 通常，投射系统还包括一个扫频 1230 和一个光栅 1240。扫频 1230 载有跨越暴露于辐射的光栅 1240 的域的图像信息。光栅 1240 是一个投射系统针对其进行操作的工件。

20 图 15 说明了根据本发明的又一个实施例的流程图。首先，例如，根据结合图 14 所描述的，把几何形状转换成针对每一像素的引导信号。接下来，判断坏像素位于何处，并判断所述坏像素是否位于一个关键位置。位于一个边缘附近一个坏像素，例如一个黑像素，可以引发图案中的一个误差。

一个坏像素，即一个被卡在一个角的限定范围的镜子，能以各种方式加以标识。通过搜寻那些拥有不寻常的校准特性的元素校准 SLM 和发现缺陷像素是可能的。然而，校准过程可能会受到坏像素的负面影响。

25 总体上讲，对于一个未校准 SLM，可以使用引导信号，例如电压，对上述 SLM 进行编址，并且使用一个数字照相机对 SLM 的图像进行记录。然后，使用图像分析处理图像。可以要求一或多个图像（按不同的电压）去标识一或多个坏像素的位置和大小。

30 在一个实施例中，使用一个固定的电压驱动所有的镜子。所述电压可以代表任何灰度级值。使用一个 CCD 照相机记录图像，并把图像分析用于检测坏像素。例如，可以根据所记录的 CCD 图像计算一个梯度场。计算梯度 (Del2) 的发散度，其中 Del2 是拉普拉斯微分算子，以便在图像中标识其中强度的

空间二阶导数拥有极值的位置。所述极值，例如最大值和最小值，可能代表坏像素。可以使用一个极限值设置 Del2 函数，在所述极限值之上的任何位置可能代表一个坏像素。可以对被驱动到至少另一个固定电压的镜子重复这一过程，最好固定电压相互间很好地隔离。考虑所怀疑的坏像素。以确认是否重复的测量显现同样的像素，或具有互补的测量结果。

拥有代表针对各像素的不同设置的图像，可以计算所述图像之间的一个差。在一个被卡或损坏的像素处，这一差拥有一个局部最小值。

对于一个二进制（开关）SLM，在某些配置中，可能很难使用以上所提到的方法。代之以把图案施加在 SLM 上。坏像素在形体边缘具有最大的影响，一个包含平行的黑和白线或一个棋盘格的图案，将加亮处在边缘上的像素。所述图案最好接近光分辨率极限。通过把一个图案序列，例如平行线，驱动到 SLM，并取每一图案的 CCD 图像，将允许识别缺陷元素，尽管不能在图像中光学地对其进行解算。移动不同图像中的线，以识别缺陷像素的位置。把 CCD 图像与图案数据进行比较。例如，可以用线和间隔以及其在两个图像中的互补对 SLM 进行编址。通过分析两个图像中的线宽，可以检测到坏像素以及确定其大小。例如，一个被卡为白值的坏像素，仅当其处在黑面积上，才会造成线宽误差，反之亦然。然而，一个灰像素既造成黑也造成白面积中的误差。误差的差包含关于缺陷大小的信息。

为了补偿一个黑像素，可以把邻近像素设置成一个更强的状态，即一个其中将把更多的电磁辐射反射到工件上的状态。如果坏像素接近边缘，软件可以调整邻近像素。在实践中，可以通过改变像素值，即改变相邻镜子的偏转度，或改变相邻像素的转换函数，实现这一点。可以在一或多个书写工序中使用这种类型的补偿。可以通过在线计算或使用一个查找表，实现邻近像素的改变。

本发明允许校正坏像素，在一个具有对转换函数的固定校正的多工序方案中，这明显地减小了误差。仅使用一或两个工序，校正可能不足以满足某一特定情况中所提出的要求。在一个更完善的实施例，依赖于实际的图案进行校正。通常，仅有某些几何形状情况是关键的，可以把它们加以特征化，并为适合的坏图像校正数据，而且还可将它们存储在一个查找表中，或按算法格式加以存储。在打印期间，实时地对接近坏像素的图案进行分析，如果必要的话，标识并施加合适的校正。每 SLM 仅具有少数几个缺陷像素，才可

以对计算工作加以管理，在这一方式中，可以使用模拟镜子进行一个近乎完美的校正，使用二进制（开关）元件还可以大大改进校正。

5 在一个实施例中，在形体边缘内侧或外侧的一个像素距离处的坏像素被视为关键位置中的坏像素。在另一个实施例中，在矩形体边缘内侧或外侧的两个像素距离处的坏像素被视为关键位置中的坏像素。在又一个实施例中，在形体边缘内侧或外侧的三个像素距离处的坏像素被视为关键位置中的坏像素。

在本发明的再一个实施例中，把多个 SLM 用于补偿坏像素。在图 16 中，说明了一个示范性实施例的设置。该图包括一个第一 SLM 1610、一个第二 SLM 1620 以及一个光束分割器 1630。引入所述设置，取代图 3 中的 SLM 30。可以向各 SLM，例如，第一 SLM 1610 和第二 SLM 1620，馈送相同的图案数据。然而，针对所述第一和所述第二 SLM 中各像素的校正函数是唯一的。可以一起校准 SLM 面积，以致于第一 SLM 中的每一像素相应于第二 SLM 中的一组像素。可以按两种方式实现这一点。这样做，将沿两个方向得到 1~4 15 个像素的关系。在这一方式中，校正 SLM 的差。如果把第一 SLM 相对第二 SLM 旋转 180° ，SLM 本身中的某些几何形状对称误差可以抵消。可以使用相同强度的电磁辐射照射第一和第二 SLM。然而，使用不同强度照射第一和所述第二 SLM 可以实现更高级别的灰度级。在这样的实施例中，灰度级数值将依赖于两个强度的关系和绝对值。例如，如果可以把所述第一和第二 SLM 20 中的像素设置成 16 个电平，而且来自所述第二 SLM 的辐射为辐射来自所述第一 SLM 的辐射的 $1/16$ ，则灰度级电平的数目为 $16 \times 16 = 256$ 个电平。也可以通过使用多个 SLM 减少或消除散斑。

因此，尽管至此已公开了用于以图案装饰工件的装置的具体的实施例，但这一公开不旨在把这些具体的参照视为对本发明范围的限制，除其内容在 25 以下权利要求中所提出的范围外。而且，已结合附图描述了其某些具体的实施例，因此，应该认识到，可以向这一技术领域的熟练技术人员建议进行进一步的修改，并旨在覆盖落入所附权利要求范围内的所有这样的修改。

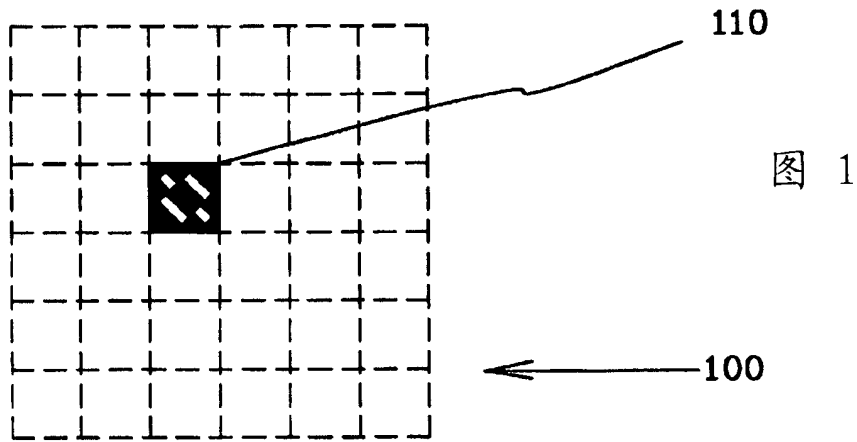


图 1

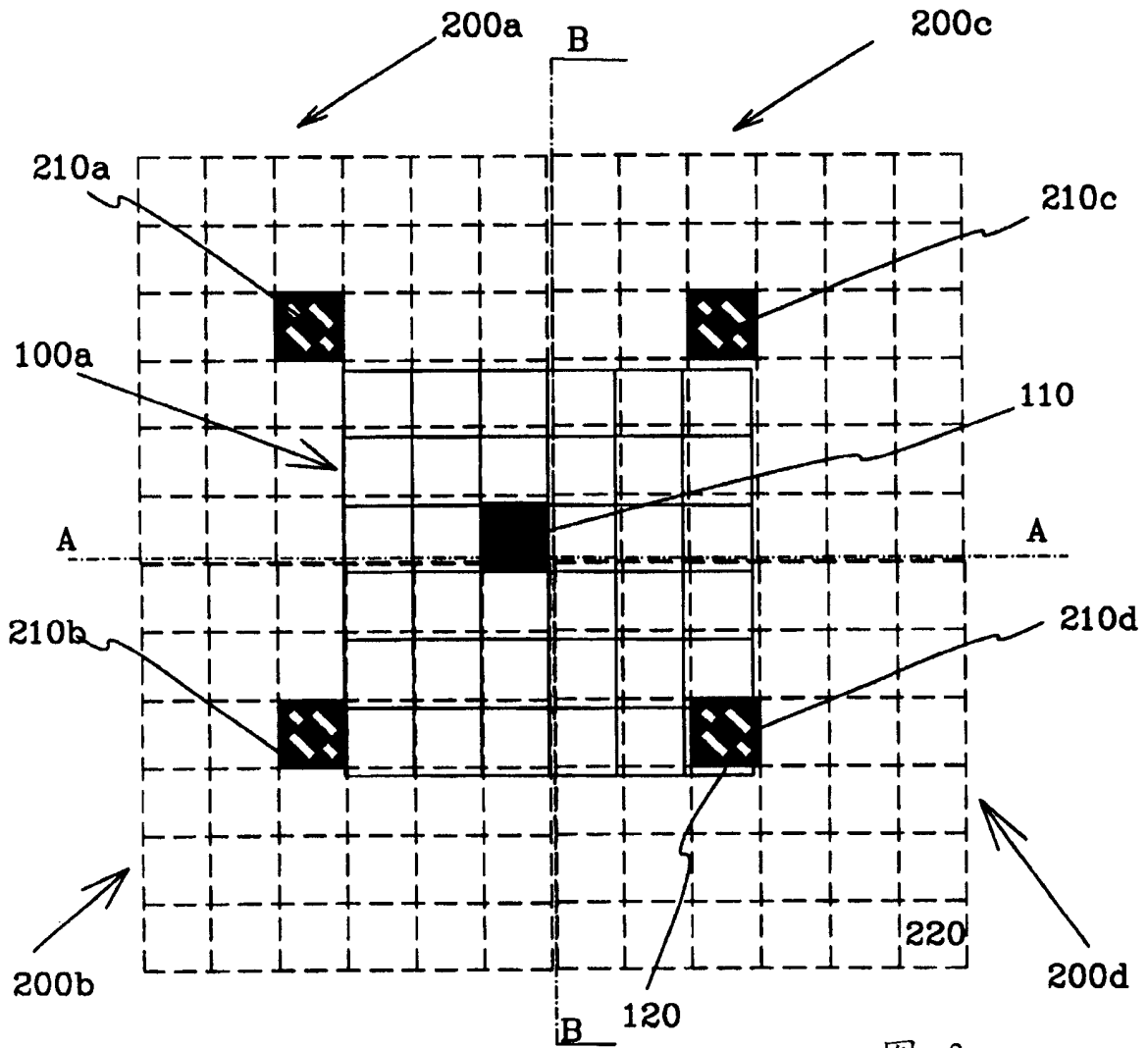


图 2

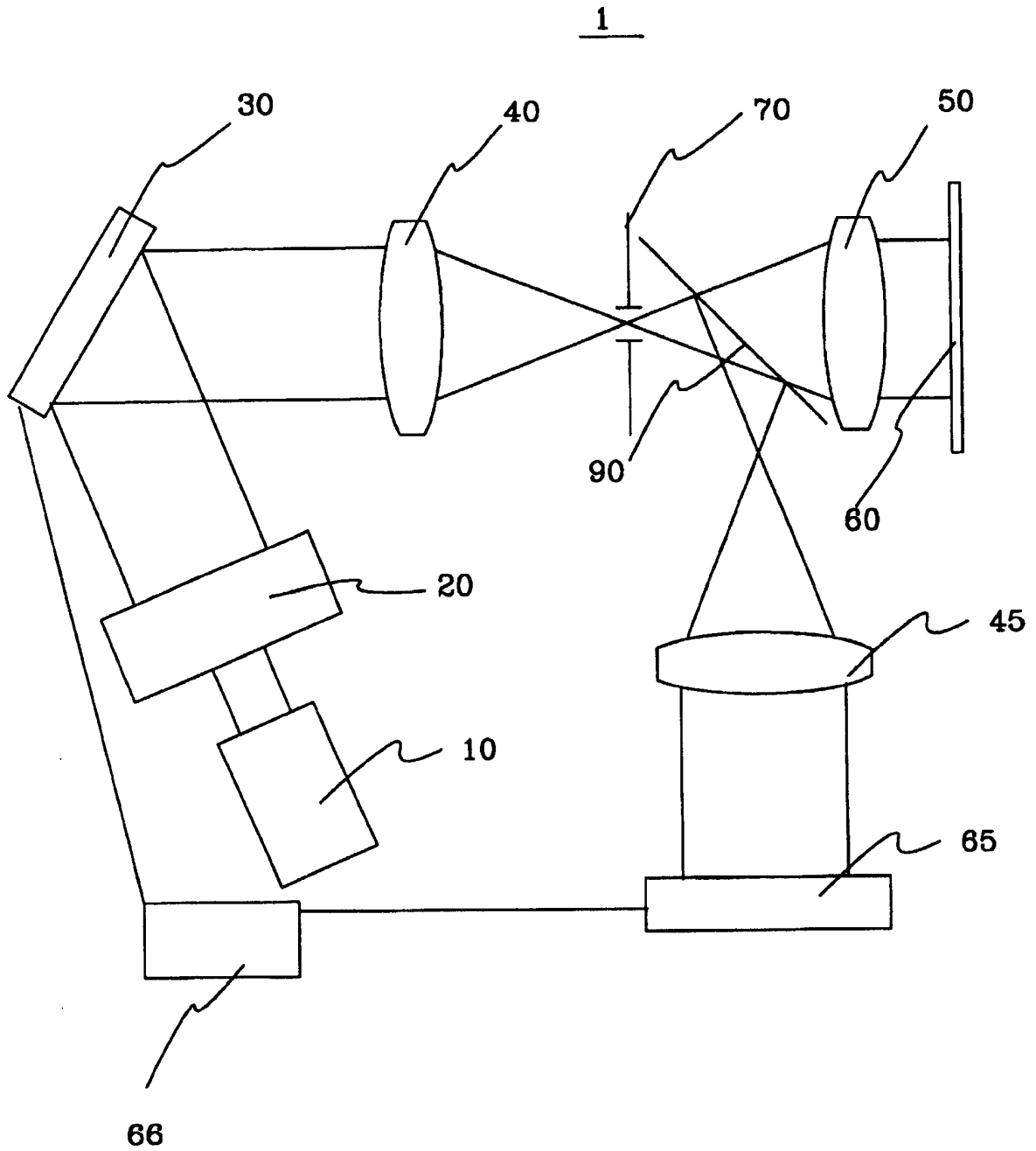


图 3

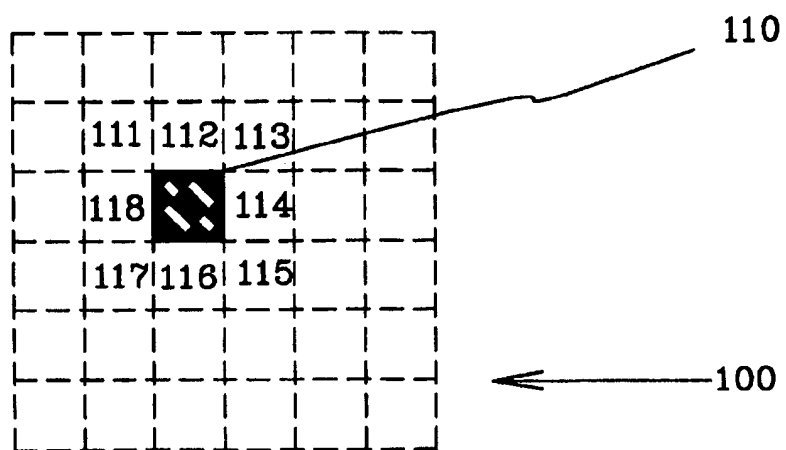


图 4

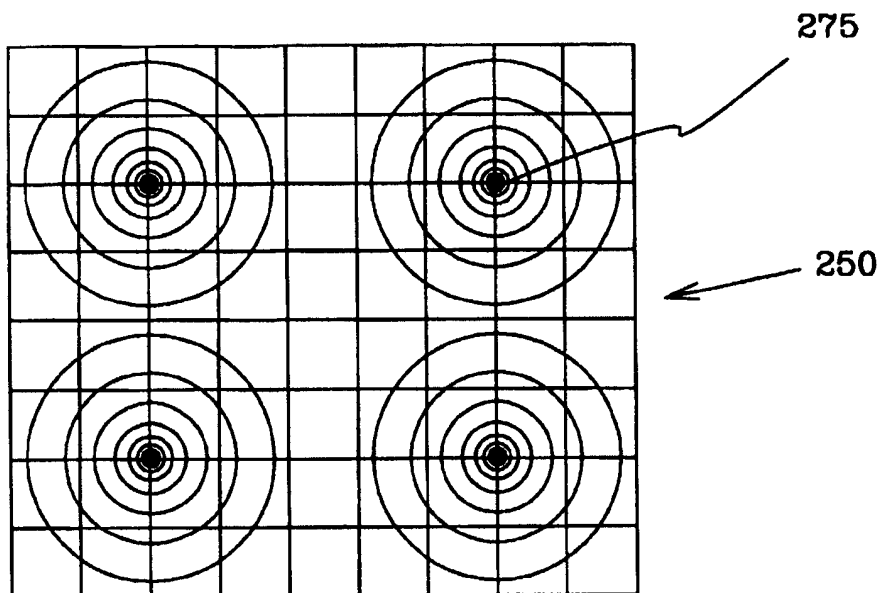


图 5

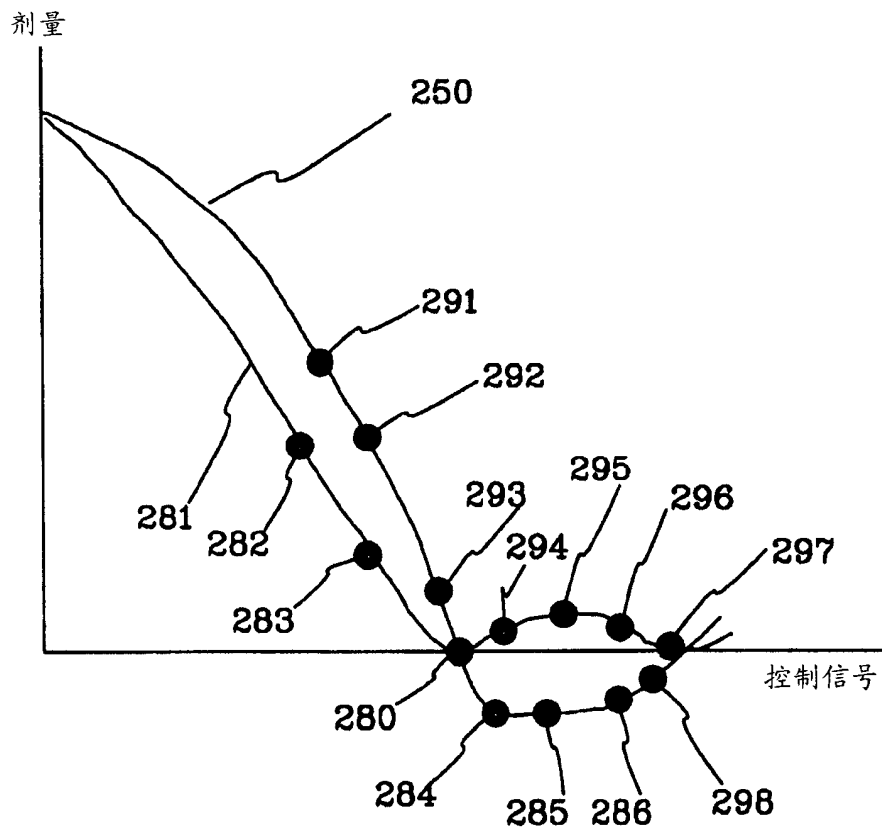


图 6

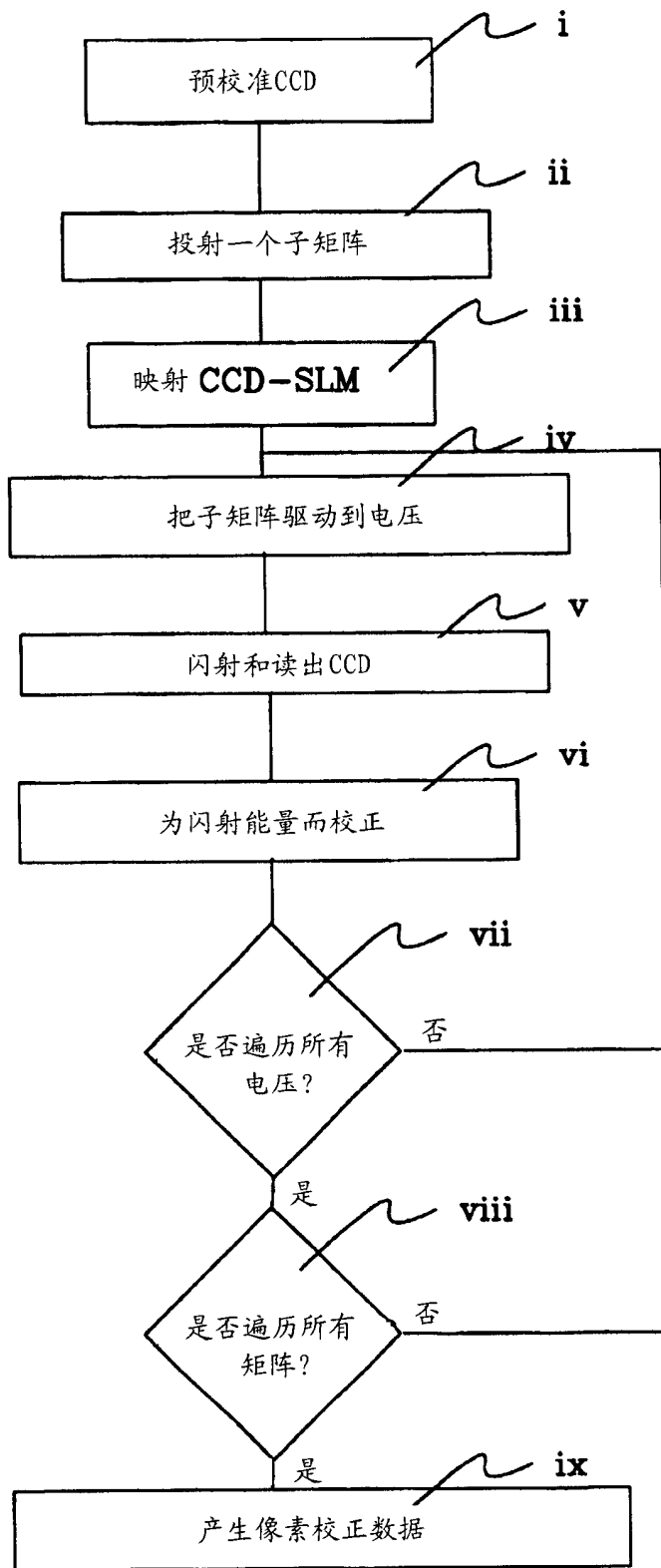


图 7

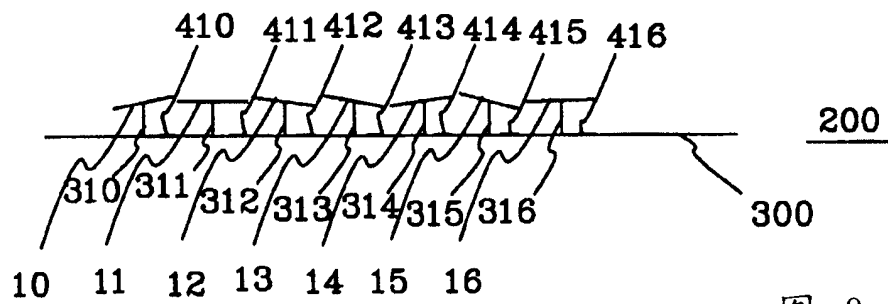


图 8

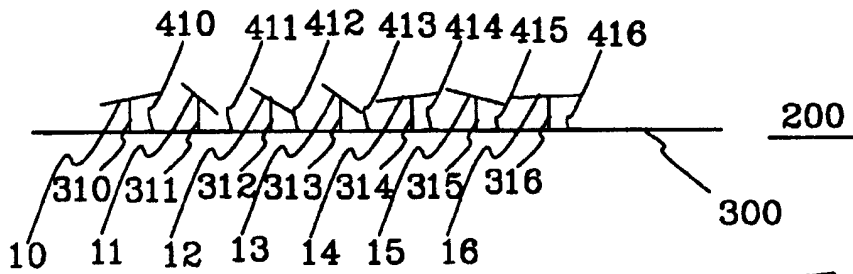


图 9

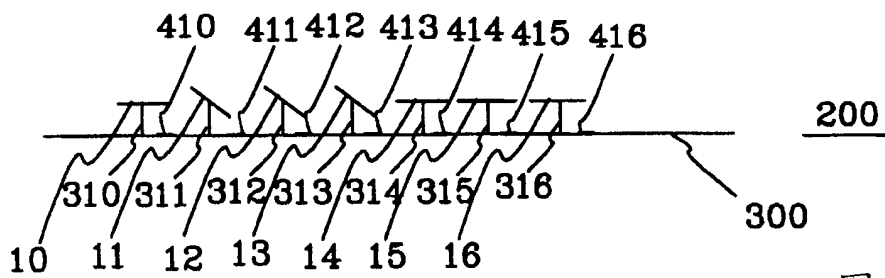


图 10

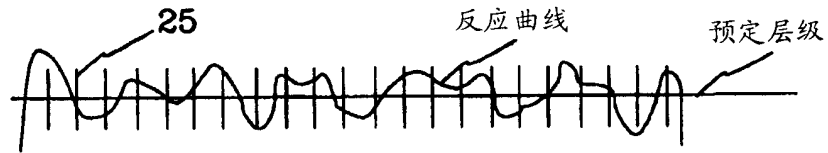


图 11

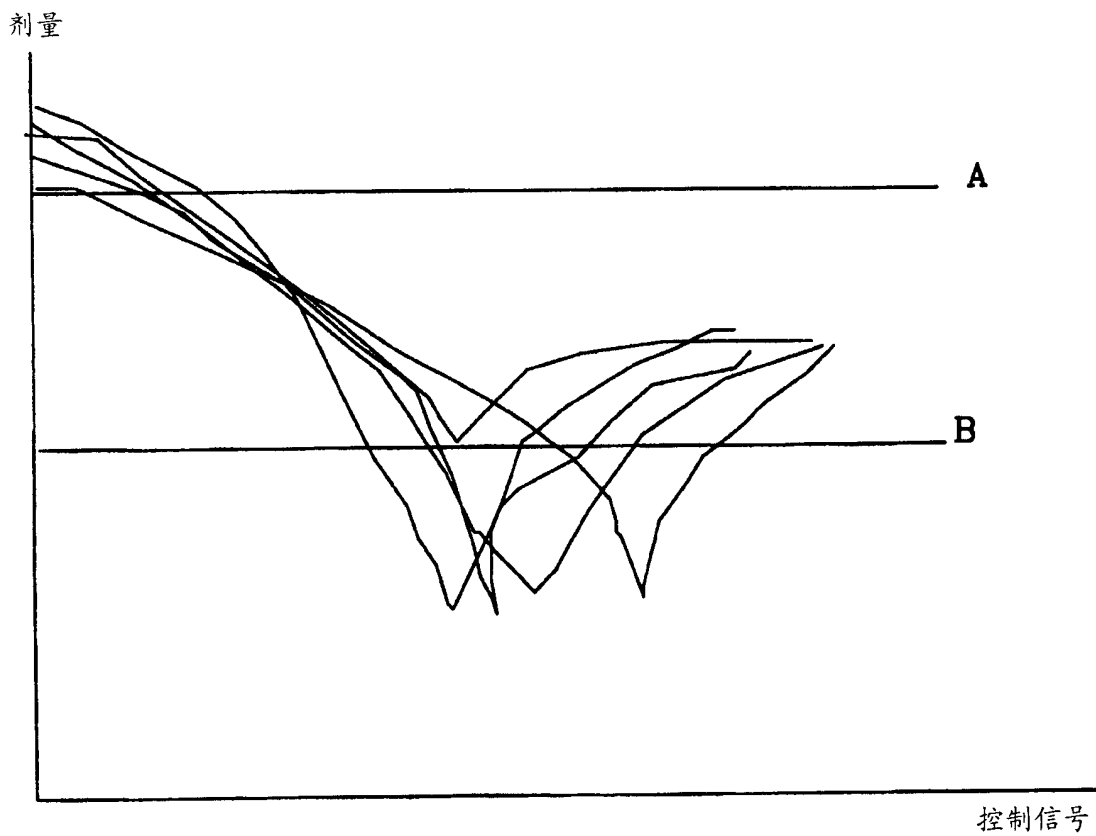


图 12

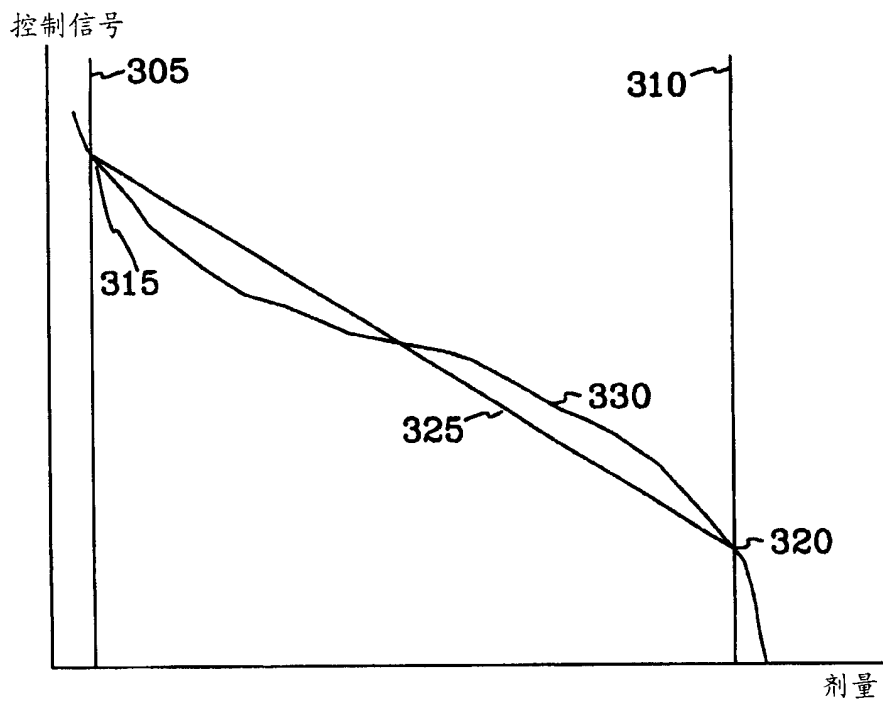


图 13

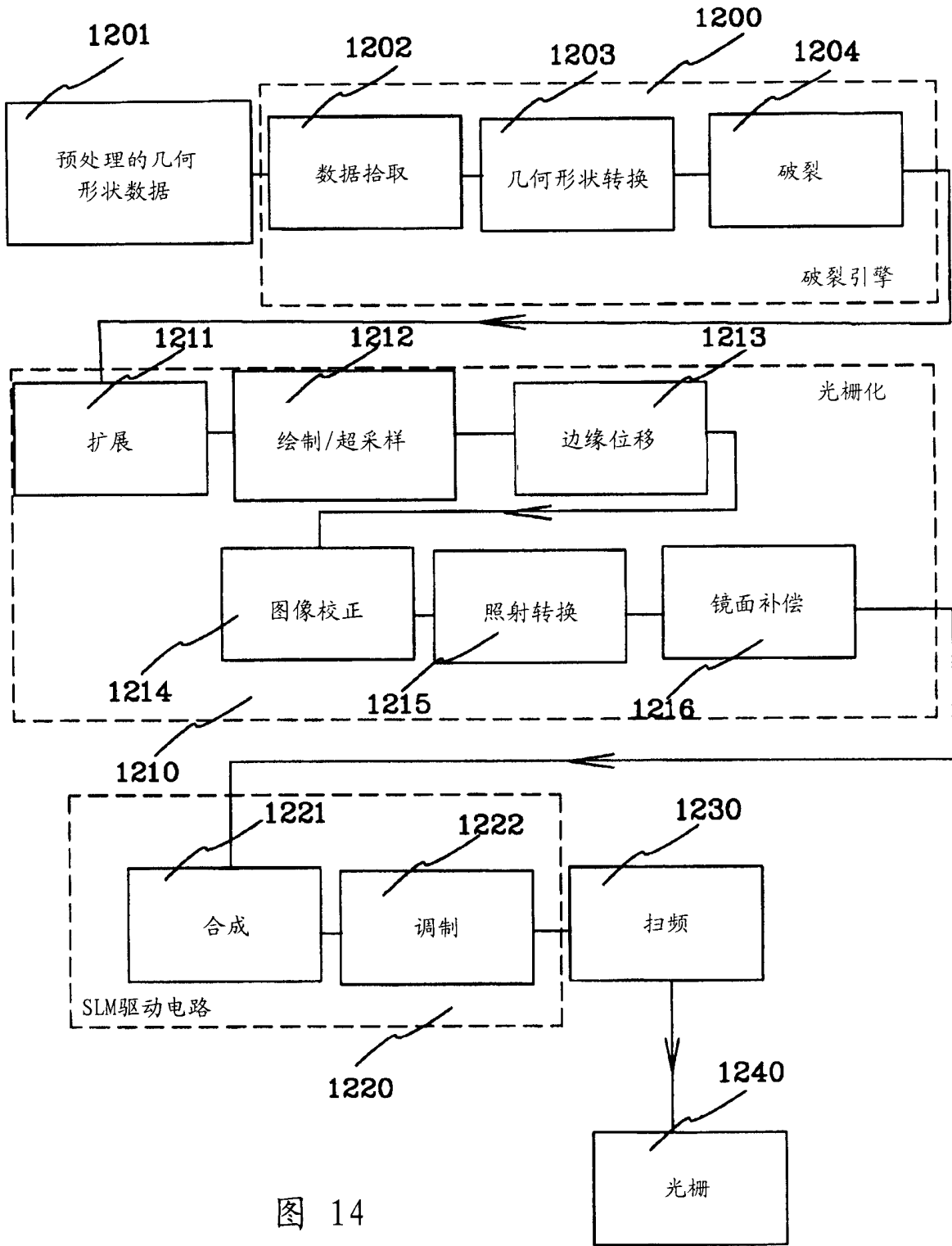


图 14

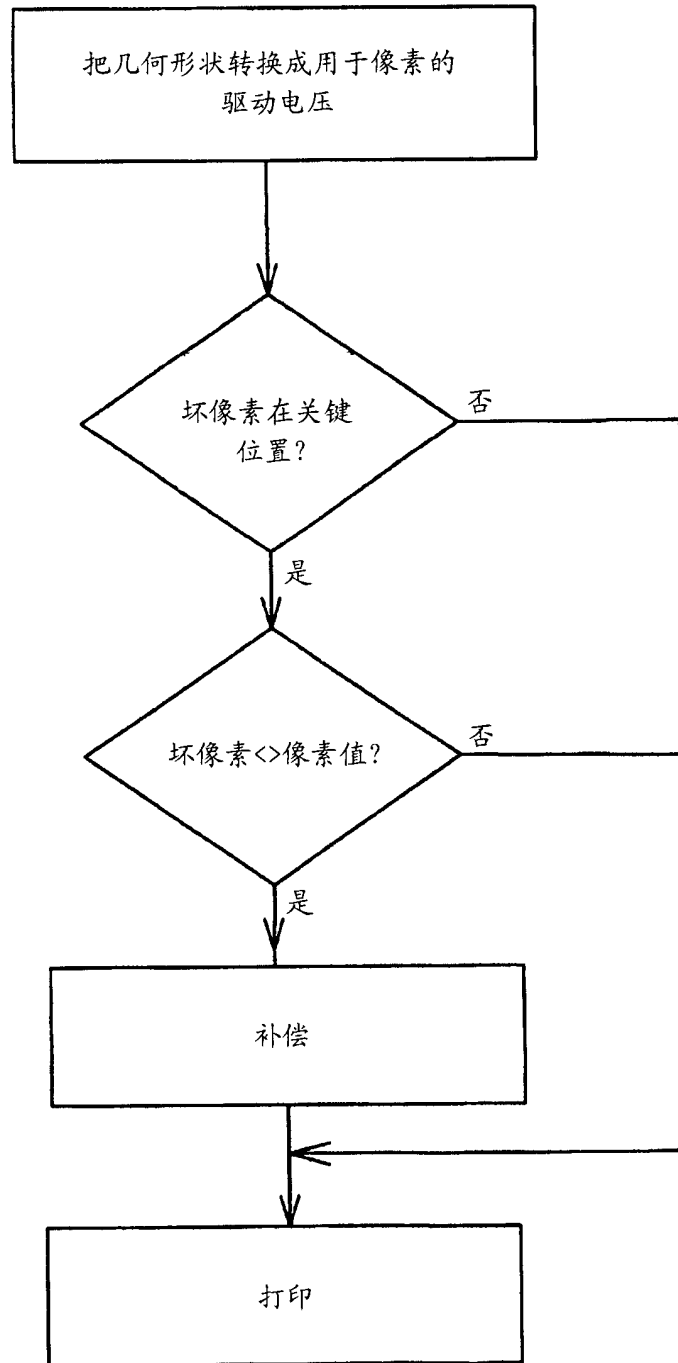


图 15

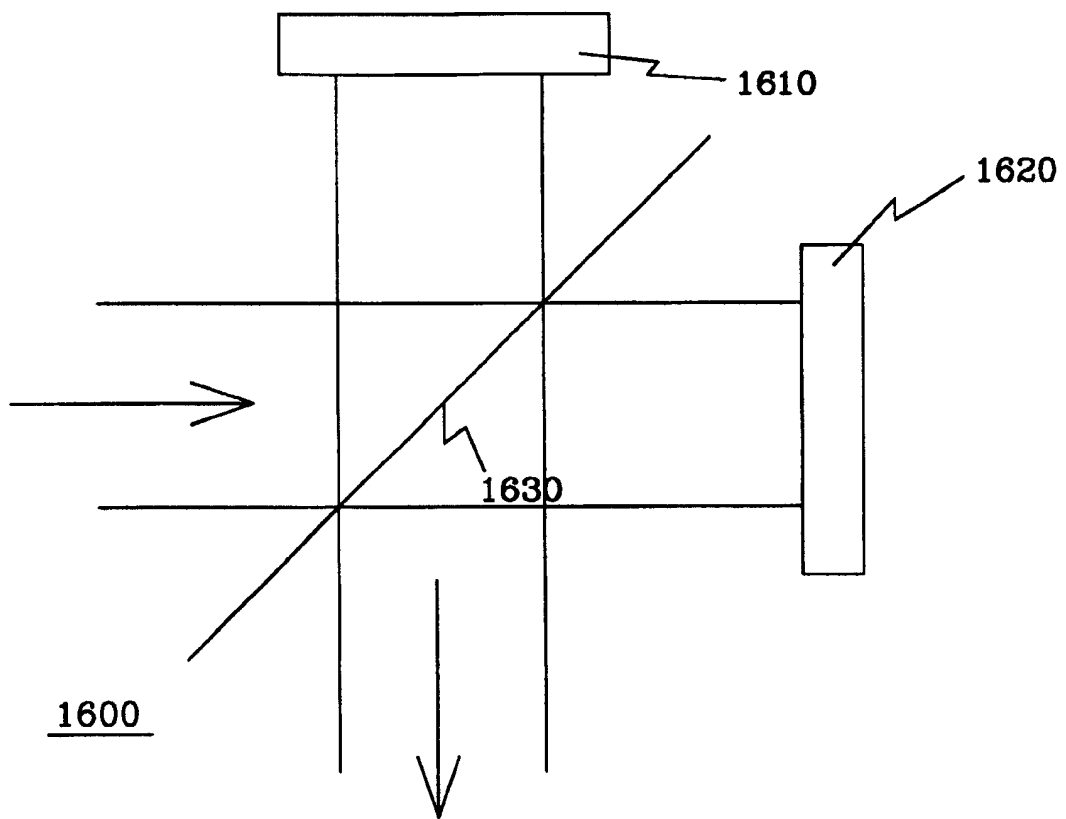


图 16