



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101354529 B

(45) 授权公告日 2011. 07. 20

(21) 申请号 200810130060. X

(22) 申请日 2008. 07. 24

(30) 优先权数据

2007-191939 2007. 07. 24 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 山添贤治

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

G03F 1/14 (2006. 01)

G03F 7/20 (2006. 01)

H01L 21/027 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1513012 A2, 2005. 03. 09, 全文.

CN 1573554 A, 2005. 02. 02, 说明书第 7 页至第 9 页、权利要求 10.

CN 1424743 A, 2003. 06. 18, 说明书第 2-3 页, 第 7-12 页.

审查员 任温馨

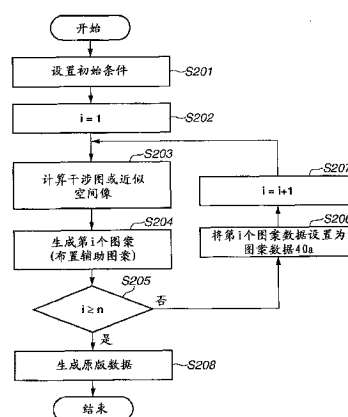
权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 9 页

(54) 发明名称

原版数据生成方法、原版生成方法、曝光方法和器件制造方法

(57) 摘要

本发明涉及原版数据生成方法、原版生成方法、曝光方法和器件制造方法。所述原版数据生成方法包括：基于表示利用照明光在投影光学系统的光瞳面上形成的光强度分布的函数以及投影光学系统的光瞳函数，计算二维透射交叉系数；基于所计算出的二维透射交叉系数和投影光学系统的物面上的第一图案，计算近似空间像，所述近似空间像是通过投影光学系统的像面上的空间像的多个分量中的至少一个分量对所述空间像进行近似而获得的；基于所述近似空间像，生成具有所述物面上的第一图案以及辅助图案的另一图案；以及生成原版数据，所述原版数据包括通过使用由所述生成处理生成的所述另一图案作为所述物面上的第一图案重复地执行所述计算处理和所述生成处理而生成的图案。



1. 一种用于生成原版的数据的方法, 该数据在利用照明光对原版进行照明以及通过投影光学系统将原版上的图案的图像投影到衬底上的处理过程中使用, 所述方法包括:

基于表示利用照明光在投影光学系统的光瞳面上形成的光强度分布的函数以及投影光学系统的光瞳函数, 计算二维透射交叉系数;

基于所计算出的二维透射交叉系数和投影光学系统的物面上的第一图案, 计算近似空间像, 所述近似空间像是通过投影光学系统的像面上的空间像的多个分量中的至少一个分量对所述空间像进行近似而获得的;

基于所述近似空间像, 生成具有所述物面上的第一图案以及辅助图案的另一图案; 以及

生成原版数据, 所述原版数据包括通过使用由所述生成处理生成的所述另一图案作为所述物面上的第一图案重复地执行所述计算处理和所述生成处理而生成的图案。

2. 一种用于生成原版的方法, 所述方法包括通过根据权利要求 1 所述的方法生成原版数据, 以及使用所述生成的原版数据制造原版。

3. 一种使衬底曝光的方法, 包括:

对通过根据权利要求 2 所述的方法生成的原版进行照明; 以及
将所述原版上的图案的图像投影到衬底上, 并通过投影光学系统使所述衬底曝光。

4. 一种制造器件的方法, 包括:

通过根据权利要求 3 所述的方法, 使衬底曝光于原版上的图案的图像;
使所曝光的衬底显影; 以及
从所曝光的衬底形成器件。

原版数据生成方法、原版生成方法、曝光方法和器件制造方法

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及原版数据生成方法、原版生成方法、曝光方法以及器件制造方法。

背景技术

[0002] 曝光设备用于制造诸如集成电路 (IC) 之类的半导体器件的光刻工艺中。曝光设备对原版 (也称为“掩模”或“中间掩模 (reticle)”) 进行照明,并通过投影光学系统将在原版上绘制的电路图案曝光到衬底 (晶片) 上。

[0003] 希望简化半导体器件制造工艺,并改善曝光设备的性能。

[0004] 在曝光设备中,作为曝光设备的性能的指标,使用表示在衬底上可以形成图案的微细程度的分辨率,以及由单位时间内能够被完全曝光处理的衬底的数量所表示的产量。作为用于改善曝光设备的产量的方法,常规方法增大支撑衬底的台 (stage) 的驱动速度或增大衬底的表面上的光强度的量。

[0005] 同时,作为改善曝光设备的分辨率的方法,常规方法增大投影光学系统中的数值孔径 (NA)、减小曝光波长 λ 或减小 k_1 因子。此外,另一种常规方法通过修改原版的图案并使用各种图案布置,改善曝光设备的分辨率。

[0006] 代表性的常规方法将辅助图案 (其具有辅助图案不被解析的尺寸) 插入在其上面绘制有要转印的接触孔图案的原版中。此方法是用于减小 k_1 因子的常规方法之一。

[0007] 日本专利申请公开出版物 No. 2004-221594 讨论了通过数值计算导出如何插入辅助图案的方法。

[0008] 日本专利申请公开出版物 No. 2004-221594 中讨论的方法通过数值计算来获取近似像面强度 (振幅) 的分布,以导出表示近似像面强度 (振幅) 的分布的干涉图 (interference map)。日本专利申请公开出版物 No. 2004-221594 中讨论的方法使用干涉图将辅助图案布置在要转印的图案的周围。

[0009] 尽管日本专利申请公开出版物 No. 2004-221594 讨论了用于改善焦深的辅助图案布置方法和用于改善曝光似然性的辅助图案布置方法,但是,没有讨论用于改善曝光设备的产量的方法。

发明内容

[0010] 本发明旨在一种用于生成适于改善曝光设备的分辨率和产量的原版数据的方法。

[0011] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于生成原版的数据的方法,该数据在利用照明光对原版进行照明以及通过投影光学系统将原版上的图案的图像投影到衬底上的处理过程中使用。所述方法包括:基于表示利用照明光在投影光学系统的光瞳面上形成的光强度分布的函数以及投影光学系统的光瞳函数,计算二维透射交叉系数 (transmission cross coefficient);基于所计算出的二维透射交叉系数和投影光学系统的物面上的第一

图案,计算近似空间像(aerialimage),所述近似空间像是通过投影光学系统的像面上的空间像的多个分量中的至少一个分量对所述空间像进行近似而获得的;基于所述近似空间像,生成具有所述物面上的第一图案以及辅助图案的另一图案;以及生成原版数据,所述原版数据包括通过使用由所述生成处理生成的所述另一图案作为所述物面上的第一图案重复地执行所述计算处理和所述生成处理而生成的图案。

[0012] 根据本发明的另一个方面,提供了一种用于生成原版的数据的方法,该数据在利用照明光对原版进行照明以及通过投影光学系统将原版上的图案的图像投影到衬底上的处理过程中使用。所述方法包括:基于表示利用照明光在投影光学系统的光瞳面上形成的光强度分布的函数以及投影光学系统的光瞳函数,计算透射交叉系数;基于所计算出的透射交叉系数的特征值和特征函数,以及投影光学系统的物面上的第一图案,计算干涉图;基于所述干涉图,生成具有所述物面上的第一图案以及辅助图案的另一图案;以及生成原版数据,所述原版数据包括通过使用由所述生成处理生成的所述另一图案作为所述物面上的第一图案重复地执行所述计算处理和所述生成处理而生成的图案。

[0013] 通过下面参考附图对示例性实施例的详细描述,本发明的其他特征和方面将变得显而易见。

附图说明

[0014] 附图被并入本说明书并构成本说明书的一部分,附图显示了本发明的示例性实施例、特征以及方面,并与描述一起用于说明本发明的原理。

[0015] 图1显示了根据本发明的示例性实施例的计算机的配置。

[0016] 图2是显示了根据本发明的示例性实施例的原版数据生成处理的流程图。

[0017] 图3A到3F显示了根据本发明的第一示例性实施例的原版数据生成处理。

[0018] 图4A和4B显示了根据本发明的第一示例性实施例的空间像模拟结果。

[0019] 图5显示了根据本发明的第一示例性实施例的图4A和4B中的结果的曲线图。

[0020] 图6A到6F显示了根据本发明的第二示例性实施例的原版数据生成处理。

[0021] 图7A和7B显示了根据本发明的第二示例性实施例的空间像模拟结果。

[0022] 图8显示了根据本发明的第二示例性实施例的图7A和7B中的结果的曲线图。

[0023] 图9显示了曝光设备的硬件配置的示例。

具体实施方式

[0024] 现在将参考附图详细描述本发明的各种示例性实施例、特征以及方面。除非明确地陈述,在这些实施例中阐述的组成部分的相对布置、数值表达式以及数值并不旨在限制本发明的范围。

[0025] 根据本发明的示例性实施例的概念可以被表达为硬件或置于数学模型中。相应地,本发明的示例性实施例可以作为程序安装在计算机系统中。

[0026] 根据当前示例性实施例的计算机系统的软件功能包括具有计算机可执行程序代码的程序,并且可以确定作为原版的掩模的图案,生成原版数据。软件代码可以作为一个或多个模块存储在至少诸如机器可读介质或存储器之类的存储介质上。下面将描述的本发明的示例性实施例可以程序代码的形式被描述,并可以充当一个或多个软件产品。

[0027] 下面将参考图 1 描述根据当前示例性实施例的执行原版数据生成程序的计算机的示例性配置。

[0028] 参考图 1, 计算机 1 包括总线 10、控制单元 20、显示单元 30、存储单元 40、输入单元 60 以及存储介质接口 70。控制单元 20、显示单元 30、存储单元 40、输入单元 60 以及存储介质接口 70 通过总线 10 彼此连接。存储介质 80 可以连接到存储介质接口 70。

[0029] 存储单元 40 存储图案数据 40a、干涉图 40b、近似空间像 40c、原版(掩模或中间掩模)数据 40d、有效光源信息 40e、NA 信息 40f、 λ 信息 40g、像差信息 40h、偏振信息 40i、抗蚀剂信息 40j 以及原版数据生成程序 40k。

[0030] 图案数据 40a 是有关布置在投影光学系统的掩模表面(物面)上的图案的信息。图案数据 40a 是计算下面将描述的干涉图或近似空间像所需的。图案数据 40a 可以是其布局是在集成电路(IC)本身的设计过程中设计的图案(以下简称为“布局图案”)的数据,或者是包括辅助图案的图案。

[0031] 近似空间像 40c 表示下面将描述的在晶片表面上的近似空间像的分布。原版数据 40d 是用于在掩模表面上绘制由铬(Cr)制成的图案的数据。

[0032] 有效光源信息 40e 是有关在下面将描述的曝光设备 100 的投影光学系统 140 的光瞳面 142 上形成的光强度分布的信息(参见图 9)。此外,有效光源 40e 等同于入射到投影光学系统 140 的掩模表面上的光通量的角度分布。

[0033] NA 信息 40f 是有关投影光学系统 140 的图像侧上的数值孔径数 NA 的信息。 λ 信息 40g 是有关从曝光设备 100 发出的曝光光的波长 λ 的信息。

[0034] 像差信息 40h 是有关在投影光学系统 140 中发生的像差的信息。当在投影光学系统 140 中发生双折射时,由于双折射发生相移。这里,相移可以被视为一种像差。

[0035] 偏振信息 40i 是有关从曝光设备 100 的发光器件 110 发出的照明光的偏振的信息。抗蚀剂信息 40j 是有关要涂在晶片上的感光抗蚀剂的信息。

[0036] 干涉图 40b 是日本专利申请公开出版物 No. 2004-221594 中所讨论的干涉图。原版数据生成程序 40k 是用于生成诸如原版图案之类的数据的程序。

[0037] 控制单元 20 是中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、数字信号处理器(DSP)或微计算机。控制单元 20 包括用于临时存储数据或信息的高速缓冲存储器。

[0038] 显示单元 30 是诸如阴极射线管(CRT)显示器或液晶显示器之类的显示装置。存储单元 40 是存储器或硬盘。输入单元 60 是诸如键盘之类的输入装置以及诸如鼠标之类的定点装置。

[0039] 存储介质接口 70 是例如软盘驱动器、只读紧致盘存储器(CD-ROM)驱动器或通用串行总线(USB)接口。存储介质 80 是例如软盘、CD-ROM 或 USB 存储器。

[0040] 将描述根据当前示例性实施例的通过使用干涉图或近似空间像布置辅助图案以生成原版图案的方法。掩模表面上的图案的尺寸和晶片表面上的图案的尺寸根据投影光学系统 140 的放大率而不同。然而,为更加容易地理解,假设通过将掩模表面上的图案的尺寸乘以放大率,掩模表面上的图案的尺寸一对一地对应于晶片表面上的图案的尺寸。因此,掩模表面的坐标系一对一地对应于晶片表面的坐标系。

[0041] 如日本专利申请公开出版物 No. 2004-221594 中所讨论的,可以从透射交叉系数(transmission cross coefficient TCC)的特征函数和特征

值导出干涉图（特征值分解方法）。即，干涉图 $e(x, y)$ 可以被表达为如下：

$$e(x, y) = \sum_{i=1}^{N'} \sqrt{\lambda_i} \text{FT}[a(f, g) \Phi_i(f, g)] \quad \text{其中, " } \Phi_i \text{ " (x, y) 表示第 i 个特征函数, " } \lambda_i \text{ " 表示第 i 个特征值, " FT " 表示傅里叶变换, 而 " } a(f, g) \text{ " 表示掩模表面上的图案的衍射光分布。当通过函数表达时, 干涉图是表示掩模表面上的图案的函数 (掩模函数) 的傅里叶变换。" } N' \text{ " 通常具有数值 " 1 " 。} \quad (1)$$

[0042] 现在, 描述干涉图中表示的值。当为光学系统的物面（掩模表面）上的图案 A 计算干涉图时, 干涉图的每一个位置处的结果值表示来自每一个位置的光与从图案 A 反射的光之间的干涉程度。随着所述值变得越大, 因为来自每一个位置的光被来自图案 A 的光加强, 所以图案 A 的分辨率可以得到改善。例如, 来自干涉图表示的值是“0”的位置的光不会与来自图案 A 的衍射光干涉。

[0043] 将描述导出近似空间像的方法。半导体曝光设备中的掩模图案和晶片图案（掩模图案的图像）的相互关系是部分相干成像（partial coherent image formation）。可以使用 TCC 来计算部分相干成像。

[0044] TCC 一般被定义为投影光学系统的光瞳面上的系数。更具体地说, TCC 是有效光源、投影光学系统的光瞳函数以及投影光学系统的光瞳函数的复共轭之间的重叠部分。

[0045] TCC 可以通过以下表达式来表达： $TCC(f', g', f'', g'') = \iint S(f, g) P(f+f', g+g') P^*(f+f'', g+g'') df dg$ (2) 其中, “(f, g)” 表示光瞳面上的坐标, “S(f, g)” 是表示有效光源的函数, “P(f, g)” 表示光瞳函数, “*” 表示复共轭, 积分范围从 “-∞” 到 “∞”。

[0046] 投影光学系统中的像差、照明光的偏振以及抗蚀剂信息可以被包括在光瞳函数 P(f, g) 中。相应地, 这里所使用的术语“光瞳函数”可以包括偏振、像差以及抗蚀剂信息。

[0047] 可以按如下方式通过使用 TCC 执行四重积分来计算空间像 I(x, y)： $I(x, y) = \iint \iint TCC(f', g', f'', g'') a(f, g) a^*(f', g') \times \exp\{-i2\pi[(f' - f'')x + (g' - g'')y]\} df' dg' df'' dg''$ (3) 其中, “a(f, g)” 是表示物面上的图案的衍射光分布的函数（通过对物面上的图案进行傅里叶变换而获得的函数）。

[0048] 为了在计算机上执行表达式 (3) 的计算, 按如下方式离散化数据是有用的：

$$I(\hat{x}, \hat{y}) = \sum_{\hat{f}', \hat{g}', \hat{f}'', \hat{g}''} TCC(\hat{f}', \hat{g}', \hat{f}'', \hat{g}'') a(\hat{f}', \hat{g}') a^*(\hat{f}'', \hat{g}'') \times \exp\{-i2\pi[(\hat{f}' - \hat{f}'')\hat{x} + (\hat{g}' - \hat{g}'')\hat{y}]\} \quad (4) \quad \text{其中, 带尖帽 (hat) 的变量表示为计算机的计算而被离散化的变量。下面, 为更加容易地理解, 假设即使变量没有尖帽, 它们也被离散化。}$$

[0049] 表达式 (4) 包括类似于傅里叶变换格式的项, 在表达式 (4) 中只是重复简单加法。执行组合傅里叶变换和加法循环的计算是有用的, 如通过修改表达式 (4) 而得到的表达式 (5) 所表达的：

$$I(x, y) = \sum_{f', g'} a(f', g') \exp[-i2\pi(f'x + g'y)]$$

$$\times F^{-1} [W_{f',g'}(f'',g'')a^*(f'',g'')] \quad (5) \quad \text{其中, } F^{-1} \text{ 表示逆傅里叶变换。}$$

[0050] 可以按如下方式相对于固定项“(f', g')”定义表达式(5)中的项“W_{f',g'}(f'', g'’)”: W_{f',g'}(f'', g'') = TCC(f', g', f'', g'') (6)。

[0051] 因为项“(f', g')”是固定的,所以函数“W_{f',g'}(f'', g'’)”是二维函数,这里称为“二维透射交叉系数”。二维透射交叉系数“W_{f',g'}(f'', g'’)”是加法循环,并且每当项(f', g')的值变化时都重新计算。

[0052] 在表达式(5)中,作为表达式(2)所示的四维函数的TCC是不需要的,表达式(5)只执行双循环计算。表达式(5)另选地可以按如下方式表达:

$$I(x,y) = \sum_{f',g'} Y_{f',g'}(x,y) \quad (7) \quad \text{其中 } Y_{f',g'}(x,y) = a(f',g') \exp[-i2\pi(f'x + g'y)] \times F^{-1}[W_{f',g'}(f'',g'')a^*(f'',g'')] \quad (8)。$$

[0053] 用于计算由表达式(7)和(8)表达的空间像的方法这里被称为空间像分解法。为每一个坐标(f', g')定义的函数“Y_{f',g'}(x, y)”被称为空间像分量表达函数(空间像分量)。

[0054] 这里,项(f', g')的组合的数量是“M”,而“M’”是等于或小于值M的整数。此外,值“m”表示项(f', g')的组合。如果m = 1,那么f' = g' = 0。可以通过以下表达式定义在上面的条件下由范围从空间像的M个到m = 1-M’个的分量所近似的空间像:

$$I_{app}(x,y) \approx \sum_{m=1}^{M'} Y_{f',g'}(x,y) \quad (9)。$$

[0055] 如果M’ = 1,那么近似空间像表示函数“Y_{0,0}(x, y)”。如果M’ = M,即,可以应用使用表达式(5)的计算,并可以获得完全的空间像。

[0056] 从表达式(5)可以看出,函数“W_{f',g'}(f'', g'’)”向掩模的衍射光分布(光谱分布)分配权重。如果(f', g') = (0, 0),那么显然,函数“W_{0,0}(f'', g'’)”在所有二维透射交叉系数中具有最大的效果,因为有效光源与投影光学系统的光瞳函数重叠。相应地,如果在表达式(9)中的M’ = 1,则可以获得特别显著的近似空间像。

[0057] 现在,将详细描述空间像的物理含义。在执行相干成像的情况下,可以确定点扩散函数(point spread function)(表达点像的强度的分布的函数)。

[0058] 如果将点扩散函数是正值的位置作为孔口,将点扩散函数是负值的位置作为光屏蔽部分(或者,其相位是180度的孔口),那么可以生成具有与菲涅耳透镜类似的函数的图案。通过使用生成的图案作为掩模来执行相干照明,可以使隔离的接触孔曝光。

[0059] 当基于点扩散函数执行相干照明时,可以定义菲涅耳透镜。然而,在部分相干成像的情况下,不能计算点扩散函数,因为在部分相干成像过程中,不能计算像面振幅。

[0060] 可以通过对调制传递函数进行傅里叶变换来计算点扩散函数。可以通过光瞳函数

和有效光源的卷积积分来计算相干照明过程中的调制传递函数,该调制传递函数又会得到光瞳函数本身。

[0061] 此外,已知可以通过光瞳函数的自动相关来计算非相干照明过程中的调制传递函数。相对于非相干照明,如果在曝光设备的照明中 $\sigma = 1$,那么,甚至在非相干照明过程中,也可以通过光瞳函数的有效光源获得调制传递函数。

[0062] 通过光瞳函数和有效光源的卷积积分,可以对部分相干照明过程中的调制传递函数进行近似。即, " $W_{0,0}(f'', g'')$ " 被近似为调制传递函数。因此,通过对函数 " $W_{0,0}(f'', g'')$ " 的傅里叶变换,可以计算部分相干照明过程中的点扩散函数。

[0063] 通过根据上文所描述的方式计算出的点扩散函数来确定掩模的孔口和光屏蔽部分,可以使隔离的接触孔曝光,产生与菲涅耳透镜相同的效果。

[0064] 为了改善相对于任意掩模图案的成像性能,基于对点扩散函数和掩模函数的卷积积分的结果来确定掩模图案是有用的。

[0065] 当严密地检查表达式 (8) 时,可以看出,对衍射光和函数 " $W_{0,0}(f'', g'')$ " 的乘积的傅里叶变换的结果等同于函数 " $Y_{0,0}(x, y)$ "。这里,衍射光是掩模函数的傅里叶变换,函数 " $W_{0,0}(f'', g'')$ " 等同于点扩散函数的傅里叶变换。因此,基于数学公式,函数 " $Y_{0,0}(x, y)$ " 是掩模函数和点扩散函数的卷积积分。

[0066] 如上文所描述的,根据当前示例性实施例的导出近似空间像 " $Y_{0,0}(x, y)$ " 的操作等同于计算在部分相干成像过程中的点扩散函数和掩模函数的卷积积分。

[0067] 如上文所描述的,函数 " $W_{0,0}(f'', g'')$ " 是在部分相干照明过程中的调制传递函数的近似。函数 " $W_{0,0}(f'', g'')$ " 之外的函数 " $W_{f', g'}(f'', g'')$ " 是对在部分相干照明过程中的调制传递函数进行近似时省略的调制传递函数。因此,函数 " $Y_{0,0}(x, y)$ " 之外的函数 " $Y_{f', g'}(x, y)$ " 是在部分相干照明过程中的点扩散函数和掩模图案的卷积积分操作时省略的分量。因此,如果在表达式 (9) 中 $M' \geq 1$,那么,近似的精确度可以得到改善。

[0068] 现在,描述近似空间像所代表的值。如果为物面(掩模表面)上的图案 B 计算近似空间像,那么近似空间像的每一个位置处的值表示来自每一个位置的光和来自图案 B 的光之间的干涉和强化的程度。如此,如在使用干涉图的情况下那样,图案 A 的分辨率可以得到改善。

[0069] 因此,在使用近似空间像或干涉图确定掩模表面上的图案(掩模图案)时,将图案布置在近似空间像或干涉图的值达到峰值(极值)的位置是有用的。将主图案 SP 布置在近似空间像或干涉图达到最大值的位置并将不被解析的辅助图案 HP 布置在近似空间像和干涉图的值达到峰值的位置是有用的。通过使用用于所布置图案的数据作为原版数据来生成掩模,可以高精度地形成目标图案,因为来自辅助图案的衍射光作用于来自主图案的衍射光。

[0070] 现在,以下将参考图 2 的流程图描述用于生成原版数据的原版数据生成方法的过程流程。

[0071] 参考图 2,在步骤 S201 中,计算机 1 的控制单元 20 设置曝光设备的各种数据的初始值。更具体地说,控制单元 20 确定并设置图案数据 40a、有效光源信息 40e、NA 信息 40f、 λ 信息 40g、像差信息 40h、偏振信息 40i 以及抗蚀剂信息 40j。

[0072] 用户通过输入单元 60 预先输入图案数据 40a(图 3A)、有效光源 40e(图 3B)、 λ 信

息 40g(例如,248nm)以及偏振信息 40i(例如,“非偏振的”)。此外,用户还通过输入单元 60 预先输入抗蚀剂信息 40j(例如,“不考虑”)、NA 信息 40f(例如,“0.73”)以及像差信息 40h(例如,“无像差”)。控制单元 20 从输入单元 60 接收输入信息,并将接收到的信息存储在存储单元 40 上。

[0073] 图案数据 40a、有效光源信息 40e、 λ 信息 40g、偏振信息 40i、抗蚀剂信息 40j、NA 信息 40f 以及像差信息 40h 在下面统称为“计算信息”,用于计算干涉图 40b 或近似空间像 40c。

[0074] 存储有原版数据生成程序 40k 的存储介质 80 连接到存储介质接口 70。相应地,原版数据生成程序 40k 在其安装时通过控制单元 20 存储在存储单元 40 上。

[0075] 用户通过输入单元 60 输入用于启动原版数据生成过程的指令。在接收到用于启动原版数据生成程序 40k 的指令时,控制单元 20 参照存储单元 40 以启动原版数据生成程序 40k。然后,控制单元 20 根据原版数据生成程序 40k,在显示单元 30 上显示用于计算干涉图 40b 或近似空间像 40c 的计算信息。此外,控制单元 20 还响应于用户指令,确定并存储干涉图 40b 或近似空间像 40c 的计算信息。

[0076] 在步骤 S202 中,控制单元 20 为操作符“i”分配数值“1”作为其初始值。这里,可以给操作符 i 分配等于或大于 1 的正整数。

[0077] 在步骤 S203 中,控制单元 20 生成干涉图 40b 或近似空间像 40c。然后,用户通过输入单元 60 输入用于计算干涉图 40b 或近似空间像 40c 的指令。

[0078] 在接收到用于计算干涉图 40b 或近似空间像 40c 的指令时,控制单元 20 根据接收到的用户指令参照存储单元 40。控制单元 20 从存储单元 40 接收计算信息。控制单元 20 使用表达式 (1) 或表达式 (2) 到 (9),基于存储在存储单元 40 上的信息,计算干涉图 40b 或近似空间像 40c。

[0079] 这里,控制单元 20 使用投影光学系统的物面上的图案作为由图案数据 40a 表示的布局图案,来计算干涉图 40b 和近似空间像 40c。此外,控制单元 20 在显示单元 30 上显示计算出的干涉图 40b 或近似空间像 40c。

[0080] 在步骤 S204 中,已查看了图案数据 40a 和近似空间像 40c 的用户基于由控制单元 20 计算出的干涉图 40b 或近似空间像 40c,布置主图案和辅助图案。

[0081] 如上文所描述的,透射光的主图案和辅助图案布置在干涉图 40b 或近似空间像 40c 的值达到峰值的位置或布置在满足预定条件的区域。主图案布置在与投影光学系统的物面上的图案的位置对应的位置(一般而言,位置几乎相同)。不被解析的辅助图案布置在干涉图 40b 或近似空间像 40c 的值达到峰值的位置。由图案数据本身表示的布局图案,其尺寸改变的布局图案,以及其位置改变的布局图案可以用作主图案。

[0082] 在接收到布置主图案和辅助图案的指令之后,控制单元 20 基于接收到的指令布置主图案和辅助图案。此外,控制单元 20 确定掩模表面中的在其上没有绘制图案的部分的透射率(即,背景透射率)。控制单元 20 参照存储单元 40,并生成第一图案,所述第一图案包括主图案、辅助图案以及掩模背景透射率信息。

[0083] 在步骤 S205 中,控制单元 20 确定操作符 i 是否等于或大于预定数 n(n 是等于或大于 2 的正整数)。如果在步骤 S205 中确定操作符 i 等于或大于值 n(在步骤 S205 中为“是”),那么,处理转到步骤 S208。另一方面,如果在步骤 S205 中确定操作符 i 小于值 n(在

步骤 S205 中为“否”),那么处理转到步骤 S206。在当前示例性实施例中,如果 $n = 2$ 并且 $i = 1$,那么处理转到步骤 S206。

[0084] 在步骤 S206 中,控制单元 20 将图案数据 40a 替换为在步骤 S204 中生成的第 i 个图案。在步骤 S207 中,控制单元 20 向操作符 i 加 1,从而设置 $i = 2$ 。

[0085] 然后,处理返回到步骤 S203,控制单元 20 再次使用图案数据 40a,即,第一图案的数据,计算干涉图 40b 或近似空间像 40c。在步骤 S204 中,控制单元 20 基于在步骤 S203 中计算出的近似空间像 40c 或干涉图 40b,生成第二图案,该第二图案进一步包括在值达到峰值的位置处或在满足预定条件的部分中的辅助图案。

[0086] 在步骤 S205 中,控制单元 20 确定操作符 i 是否等于或大于值 n 。如果在步骤 S205 中确定 $n = 2$ (即, $n = i = 2$) (在步骤 S205 中为“是”),那么,处理结束循环处理,并转到步骤 S208。在步骤 S208 中,控制单元 20 使用第二图案作为原版图案,生成原版数据 40d。然后,控制单元 20 在显示单元 30 上显示原版数据 40d,并将原版数据 40d 存储在存储单元 40 中。

[0087] 如上文所描述的,在根据当前示例性实施例的使用原版数据生成程序 40k 的处理中,重复干涉图或近似空间像的计算以及辅助图案的设置(布置),以生成原版数据 40d。重复计算的次数不限于特定次数。即,可以通过考虑生成原版的成本和改善曝光设备的产量的效果,来确定重复计算的次数。重复的计算包括迭代过程。

[0088] 代替在重复计算的最后一次计算所获得的数据,可以使用正在重复计算的中途获得的数据,例如,在重复计算的倒数第二次计算中获得的数据,作为原版数据 40d。

[0089] 此外,原版数据 40d 可以不仅包括上文所描述的基于干涉图或近似空间像生成的数据,而且包括其他数据。其他数据可以包括不作为辅助图案布置的布局图案、散射条或通过光学处理校正(OPC)布置的图案。

[0090] 此外,作为用于生成原版的方法,基于输入的原版数据 40d(这是通过电子束(EB)光刻设备生成的),生成具有由 Cr 制成的图案的原版是有用的。

[0091] 现在,将描述步骤 S204 中的辅助图案的布置。可以使用各种方法来布置辅助图案。首先,可以使用在干涉图或近似空间像的峰值位置布置辅助图案的方法。其次,也可以使用将辅助图案布置在干涉图或近似空间像的微分值变为 0 的位置的方法。

[0092] 此外,可以将辅助图案布置在一个区域的重心位置,在该区域,干涉图或近似空间像具有等于或大于(或小于)预先确定的阈值的值。在此情况下,可以通过将其中干涉图或近似空间像具有等于或大于(或小于)预先确定的阈值的值的区域作为一个封闭区域来处理,计算重心位置。

[0093] 来自以上文所描述的方式布置的辅助图案的光通量和来自主图案的光通量彼此加强,在感光材料上形成目标图案。

[0094] 此外,基于曾经为其布置了辅助图案的图案计算干涉图或近似空间像,并进一步布置另一个辅助图案,是十分有用的。在此情况下,形成目标图案的位置的光强度增大。结果,通过使用配备有以上文所描述的方式布置的辅助图案的掩模进行图案曝光,可以改进曝光设备 100 的分辨率。此外,曝光设备 100 的产量也可以由于光强度的增大而改善。

[0095] 在本发明的下面的示例性实施例中,将参考附图详细描述使用干涉图或空间像分量生成原版数据的方法、本发明的效果及本发明的其他方面。

[0096] 下面描述本发明的第一示例性实施例。在当前示例性实施例中,假设曝光设备的光源的波长是 248nm,投影光学系统的 NA 是 0.86。进一步假设在投影光学系统中没有发生像差,照明光没有被偏振,并且没有考虑抗蚀剂。

[0097] 对于要在晶片上形成的目标图案,在一行中布置五个接触孔,每一个接触孔都具有 100nm 的直径。相应地,如图 3A 所示,布局图案包括布置在一行中的五个 100nm×100nm 的图案。图案的数据被用作图案数据 40a。基于如图 3B 所示的有效光源,确定有效光源信息 40e。

[0098] 参考图 3B,垂直和水平轴表示投影光学系统的光瞳面上的相互正交的坐标轴。明暗度对应于光强度。

[0099] 在当前示例性实施例中,为 NA 信息 40f 设置 NA 值“0.86”。为 λ 信息 40g 设置波长值“248nm”。像差信息 40h、偏振信息 40i 以及抗蚀剂信息 40j 被设置为“空 (null)”。

[0100] 图 3C 显示了作为近似空间像的函数“ $Y_{0,0}(x, y)$ ”的计算结果。图 3C 和 3E 中的垂直和水平轴表示像面上的相互正交的坐标轴。每一个位置的明暗度表示图像强度值,如图 3C 和 3E 的右侧的数值所表示的。

[0101] 当主图案 SP1 到 SP5(等同于图 3A 中所显示的图案)和辅助图案(主图案 SP1 到 SP5 之外的表示为黑线正方形的图案)被布置在近似空间像峰值位置时(图 3C),可以获得第一图案(图 3D)。在当前示例性实施例中,主图案和辅助图案是都具有 100% 的光透射率的透射部分。背景透射率是 0%。

[0102] 投影光学系统的物面上的图案被替换为第一图案(图 3D),而图案数据 40a 被用作第一图案的数据。图 3E 显示了基于图案数据 40a 的函数“ $Y_{0,0}(x, y)$ ”的计算结果。

[0103] 然后,检测图 3E 中所显示的近似空间像的峰值位置,并将辅助图案布置在检测到的峰值位置。如此,可以获得包括布置在第一图案周围的辅助图案 HP1 到 HP10 的第二图案(图 3F)。所产生的第二图案被用作原版数据 40d。在当前示例性实施例中,每一个辅助图案 HP1 到 HP10 的光透射率都是 100%。

[0104] 图 4A 显示了使用图 3D 中所显示的掩模图案进行空间像模拟的结果。图 4B 显示了使用图 3F 中所显示的掩模图案进行空间像模拟的结果。

[0105] 图 4A 和 4B 中的垂直和水平轴表示像面上的相互正交的坐标轴。每一个位置的明暗度表示光强度值,如图 4A 和 4B 的右侧的数值所表示的。在图 4A 和 4B 的示例中,白线正方形对应于图 3D 和 3F 中所显示的主图案和辅助图案,清晰地表示图案和计算的结果。因为在当前示例性实施例中假设掩模表面的尺寸以及晶片表面的尺寸彼此等同,因此,在实际的缩小投影光学系统中可以适当地缩小图案在掩模表面上的位置和在晶片表面上的位置。

[0106] 图 5 显示了根据本发明的第一示例性实施例的曲线图形式的图 4A 和 4B 中所显示的的计算的结果。在图 5 中,水平轴表示位置 x ,垂直轴表示当 $y = 0$ 时获得的光强度,虚线显示了图 4A 中所显示的的计算的结果,而实线显示了图 4B 中所显示的的计算的结果。

[0107] 从图 5 可以看出,图 4B 中的示例中的最大强度高于图 4A 的示例。更具体地说,图 4B 中的示例中的最大强度比图 4A 的示例高出 6%。即,在形成有目标图案的位置处的光强度(光量)变高。

[0108] 因此,如果使用图 3F 中所显示的图案作为原版数据 40d,生成原版(掩模),则当前示例性实施例可以比使用图 3F 中所显示的图案作为原版数据 40d 的情况更进一步改善

曝光设备的分辨率和产量。

[0109] 下面描述本发明的第二示例性实施例。在当前示例性实施例中,假设曝光设备的光源的波长是 248nm,投影光学系统的 NA 是 0.86。进一步假设在投影光学系统中没有发生像差,照明光没有被偏振,并且没有考虑抗蚀剂。

[0110] 在当前示例性实施例中,如在第一示例性实施例中那样,对于要在晶片上形成的目标图案,在一行中布置五个接触孔,每一个接触孔都具有 100nm 的直径。相应地,如图 6A 所示,布局图案包括被布置在一行中的五个 100nm×100nm 的图案。图案的数据被用作图案数据 40a。图 6B 显示了有效光源。基于有效光源,确定有效光源信息 40e。

[0111] 参考图 6B,垂直和水平轴表示投影光学系统的光瞳面上的相互正交的坐标轴。明暗度对应于光强度。

[0112] 在当前示例性实施例中,为 NA 信息 40f 设置 NA 值“0.86”。为 λ 信息 40g 设置波长值“248nm”。像差信息 40h、偏振信息 40i 以及抗蚀剂信息 40j 被设置为“空”。

[0113] 如上文所描述的,设置干涉图的计算信息。图 6C 显示了使用该信息的、干涉图的计算的结果。

[0114] 图 6C 和 6E 中的垂直和水平轴表示物面上的相互正交的坐标轴。每一个位置的明暗度表示像面强度(振幅)值,如图 6C 和 6E 的右侧的数值所表示的。

[0115] 当主图案 SP6 到 SP10(等同于图 6A 中所显示的图案)和辅助图案(主图案 SP6 到 SP10 之外的表示为黑线正方形的图案)被布置在峰值位置时(图 6C)时,可以获得第一图案(图 6D)。在当前示例性实施例中,主图案和辅助图案是都具有 100% 的光透射率的透射部分。背景透射率是 0%。

[0116] 投影光学系统的物面上的图案被替换为第一图案(图 6D),而图案数据 40a 被用作第一图案的数据。图 6E 显示了基于图案数据 40a 的干涉图的计算结果。

[0117] 然后,检测图 6E 中所显示的干涉图的峰值位置,并将辅助图案布置在检测到的峰值位置。如此,可以获得包括被布置在第一图案周围的辅助图案 HP11 到 HP22 的第二图案(图 6F)。所产生的第二图案被用作原版数据 40d。在当前示例性实施例中,每一个辅助图案 HP11 到 HP22 的光透射率都是 100%。

[0118] 图 7A 显示了使用图 6D 中所显示的掩模图案进行空间像模拟的结果。图 7B 显示了使用图 6F 中所显示的掩模图案进行空间像模拟的结果。

[0119] 图 7A 和 7B 中的垂直和水平轴表示像面上的相互正交的坐标轴。每一个位置的明暗度表示光强度值,如图 7A 和 7B 的右侧的数值所表示的。在图 7A 和 7B 的示例中,白线正方形对应于图 6D 和 6F 中所显示的主图案和辅助图案,清楚地表示图案和计算的结果。

[0120] 图 8 显示了根据本发明的第二示例性实施例的曲线图形式的图 7A 和 7B 中所显示的计算的结果。在图 8 中,水平轴表示位置 x,垂直轴表示当 $y = 0$ 时获得的光强度,虚线显示了图 7A 中所显示的计算的结果,而实线显示了图 7B 中所显示的计算的结果。

[0121] 从图 8 可以看出,图 7B 中的示例中的最大强度高于图 7A 的示例。更具体地说,图 7B 中的示例中的最大强度比图 7A 的示例高出 6%。即,在形成了目标图案的位置的光强度(光量)变高。

[0122] 如上文所描述的,当前示例性实施例可以通过使用图 6F 中所显示的图案数据作为原版数据 40d 来生成原版(掩模),以改善曝光设备的产量,如在第一示例性实施例中那

样。

[0123] 在当前示例性实施例中,可以通过执行根据图 2 的流程图的处理,生成原版数据 40d。在当前示例性实施例中,预定数 n 被设置为 2。

[0124] 下面描述本发明的第三示例性实施例。现在,参考图 9 详细描述通过根据当前示例性实施例的处理生成的掩模 130 和可以向其中应用有效光源的曝光设备 100。

[0125] 图 9 显示了曝光设备 100 的配置的示例。

[0126] 参考图 9,曝光设备 100 包括照明装置 110、掩模台 132、投影光学系统 140、主控制单元 150、监视和输入装置 152、衬底台 176 以及作为介质的液体 180。

[0127] 曝光设备 100 是浸入式曝光设备,它将投影光学系统 140 的最终表面和衬底 170 浸入液体 180 中,将衬底 170 通过液体 180 曝光于作为原版的掩模 130 的图案。曝光设备 100 是步进扫描 (step-and-scan) 型投影曝光设备。然而,本实施例也可以应用于步进重复 (step-and-repeat) 型投影曝光设备或其他类型的曝光设备。

[0128] 照明装置 110 对在其上形成了要转印的电路图案的掩模 130 进行照明,并包括光源单元和照明光学系统。光源单元包括作为光源的激光器 112,以及束整形系统 114。

[0129] 作为束整形系统 114,可以使用例如具有多个柱面透镜的束扩展器。束整形系统 114 将从激光器 112 发出的平行束的截面的纵横比转换为期望值,以将束整形为所需的束。

[0130] 束整形系统 114 形成具有照明光学积分器 118 所需的尺寸和发散角的光通量。下面将描述光学积分器 118。

[0131] 照明光学系统照明掩模 130。在当前示例性实施例中,照明光学系统包括聚光光学系统 116、偏振控制单元 117、光学积分器 118、孔径光阑 120、聚光透镜 122、折叠式反射镜 124、遮光片 126 以及成像透镜 128。

[0132] 照明光学系统可以实现各种照明模式,如正常圆形照明、环形 (annular) 照明以及多极照明。

[0133] 聚光光学系统 116 包括多个光学元件。聚光光学系统 116 可以有效地将具有所需的形状的光通量引入到光学积分器 118。聚光光学系统 116 包括例如变焦透镜系统,并控制入射到光学积分器 118 上的束的形状和角度分布。

[0134] 聚光光学系统 116 包括曝光量调整单元,该单元可以改变在每个照明操作中在掩模 130 上的照明光的曝光量。曝光量调整单元是由主控制单元 150 控制的。可以在光学积分器 118 和掩模 130 之间或其他适当的位置提供曝光量监视器,以测量曝光量并反馈测量的结果。

[0135] 偏振控制单元 117 包括例如偏振元件。偏振控制单元 117 被布置在偏振控制单元 117 基本上与投影光学系统 140 的光瞳 142 共轭的位置。偏振控制单元 117 控制在光瞳 142 中形成的有效光源的预定区域中的偏振的状态。

[0136] 如果在可以由致动器 (未显示) 旋转的回转台上提供包括多种类型的偏振元件的偏振控制单元 117,并且主控制单元 150 控制致动器的驱动,也是有用的。

[0137] 光学积分器 118 使对掩模 130 照明的照明光均衡。光学积分器 118 被配置为复眼透镜,它将入射光的角分布转换为位置分布,并允许从其出射光。复眼透镜包括多个棒透镜 (微小的透镜元件) 的组合,在光入射表面和光出射表面之间维持傅里叶变换关系。

[0138] 然而,光学积分器 118 不限于复眼透镜。光棒、衍射光栅以及多对柱面透镜阵列板

(被布置为使得这些对柱面透镜彼此正交)是包括在光学积分器 118 范围内的另选方案。

[0139] 紧随在光学积分器 118 的光出射表面之后,提供了具有固定形状和直径的孔径光阑 120。孔径光阑 120 被布置在基本上与投影光学系统 140 的光瞳 142 共轭的位置。孔径光阑 120 的孔口的形状等同于投影光学系统 140 的光瞳 142 的光强分布(有效光源)的外侧形状。孔径光阑 120 可以确定有效光源的形状。

[0140] 孔径光阑 120 可以根据照明条件通过孔径光阑交换机构(致动器)121 交换,以便孔径光阑 120 定位在光路内。致动器 121 的驱动由驱动器控制单元 151 控制,而驱动器控制单元 151 由主控制单元 150 控制。孔径光阑 120 可以与偏振控制单元 117 集成在一起。

[0141] 聚光透镜 122 聚集从光学积分器 118 的光出射表面附近提供的次光源发出的、并透过孔径光阑 120 的多个光通量。然后,光在折叠式反射镜 124 上反射。聚光透镜 122 均匀地对遮光片 126 的表面照明,该表面是通过柯勒照明的照明目标表面。

[0142] 遮光片 126 包括多个可移动的光屏蔽板。遮光片 126 具有等同于投影光学系统 140 的有效面积的几乎是矩形的任意孔口形状。透过遮光片 126 的孔口的光通量被用来对掩模 130 照明。遮光片 126 是其孔口宽度可以自动地变化以改变转印区的孔径光阑。

[0143] 成像透镜 128 利用光照射掩模 130 的表面,以转印遮光片 126 的光圈形状,从而将掩模 130 上的图案缩小投影到衬底 170 上。

[0144] 在掩模 130 上,形成要转印的图案和辅助图案。由掩模台 132 支撑并驱动掩模 130。衍射光从掩模 130 透过投影光学系统 140,然后投射到衬底 170 上。掩模 130 和衬底 170 被布置在建立了光学共轭位置关系的位置。

[0145] 曝光设备 100,即,扫描器,通过对掩模 130 和衬底 170 进行同步扫描,将掩模 130 上的图案转印到衬底 170。在步进重复型曝光设备的情况下,在掩模 130 和衬底 170 是静止的状态下进行曝光。

[0146] 作为掩模 130,可以使用二元掩模、半色调掩模或相移掩模。

[0147] 掩模台 132 支撑掩模 130,并在 X 轴方向和正交于 X 轴方向的 Y 轴方向移动掩模 130。掩模台 132 连接到诸如线性马达之类的移动机构。曝光设备 100 使用主控制单元 150 在同步状态下对掩模 130 和衬底 170 进行扫描。

[0148] 投影光学系统 140 具有在衬底 170 上形成透过掩模 130 的衍射光的图像以获得在其上形成的图案的功能。作为投影光学系统 140,可以使用包括多个透镜元件的光学系统,或包括多个透镜元件和至少一个凹面镜的光学系统(反射折射光学系统)。此外,可以使用具有多个透镜元件和至少一个诸如相息图之类的衍射光学元件的光学系统。

[0149] 主控制单元 150 对每一单元和部分进行驱动和控制。具体来说,主控制单元 150 基于通过监视和输入装置 152 的输入单元输入的信息和来自照明装置 110 的信息,控制照明。主控制单元 150 的控制信息及其他信息显示在监视和输入装置 152 的监视器上。

[0150] 在衬底 170 上,光致抗蚀剂 172 被涂在晶片 174 上。可以使用液晶衬底代替晶片 174。衬底 170 由衬底台 176 进行支撑。

[0151] 对于液体 180,使用具有相对于曝光波长的高透射率、并且很好地匹配抗蚀过程的材料,利用该材料,没有涂污粘附到投影光学系统中。

[0152] 在通过束整形系统 114 对束进行整形之后,在曝光过程中从激光器 112 发出的光通量通过聚光光学系统 116 被引入到光学积分器 118 中。

[0153] 光学积分器 118 使照明光均衡,孔径光阑 120 设置有效光源强度分布。照明光在最佳照明条件下,通过聚光透镜 122、折叠式反射镜 124、遮光片 126 以及成像透镜 128 对掩模 130 照明。透过掩模 130 的光通量被投影光学系统 140 以预定的缩小比缩小投射到衬底 170 上。

[0154] 投影光学系统 140 的面向衬底 170 的最终表面被浸入具有高折射率的液体 180 中。相应地,投影光学系统 140 的 NA 值变高,衬底 170 上的分辨率变高。此外,通过偏振控制,在抗蚀剂 172 上形成具有高对比度的图像。

[0155] 根据本示例性实施例,曝光设备 100 通过高精度地转印抗蚀剂上的图案,可以提供高质量的器件(半导体器件、液晶显示(LCD)器件、成像器件(电荷耦合器件(CCD)),或薄膜磁头)。

[0156] 下面将描述利用对其应用了根据本发明的示例性实施例生成的掩模 130 的曝光设备 100,来制造器件(半导体集成电路器件或 LCD 器件)的方法。

[0157] 首先,设计器件的电路。更具体地说,基于器件的功能规格,在原理图级别设计器件。然后,设计器件的布局。

[0158] 在设计布局时,使用计算机辅助设计(CAD)软件设计出上文所描述的布局图案,来生成图案数据 40a。

[0159] 然后,制备适合于形成所设计电路图案的掩模。更具体地说,利用根据本发明的示例性实施例的方法生成原版数据 40d。

[0160] 然后,将原版数据 40d 输入到 EB 光刻设备,以基于原版数据 40d 在掩模 130 上绘制 Cr 的图案。如此,制备掩模 130。

[0161] 然后,曝光设备 100 执行将应用了感光材料的衬底(晶片或玻璃衬底)曝光的处理,使衬底(感光材料)显影的处理,及其他公众已知的处理。如此,制造了该器件。公众已知的处理包括蚀刻、去除抗蚀剂、切割成片、粘合以及封装。

[0162] 利用根据当前示例性实施例的制造器件的方法,可以制造具有高于常规器件的质量的器件。此外,当前示例性实施例还为适合于改善曝光设备的产量的掩模生成数据。如此,可以缩短制造半导体器件所花的时间。

[0163] 在当前示例性实施例中,使用采用了二元掩模的曝光方法。然而,如果使用半色调掩模,则也可以应用类似的原版数据生成方法。半色调掩模是其二元掩模的光屏蔽部分是半透明部件的掩模,向掩模的孔口提供 180 度的相位差。

[0164] 虽然已经参照示例性实施例描述了本发明,但是应当理解,本发明不限于公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应当被给予最宽的解释,以包含所有修改以及等同的结构和功能。

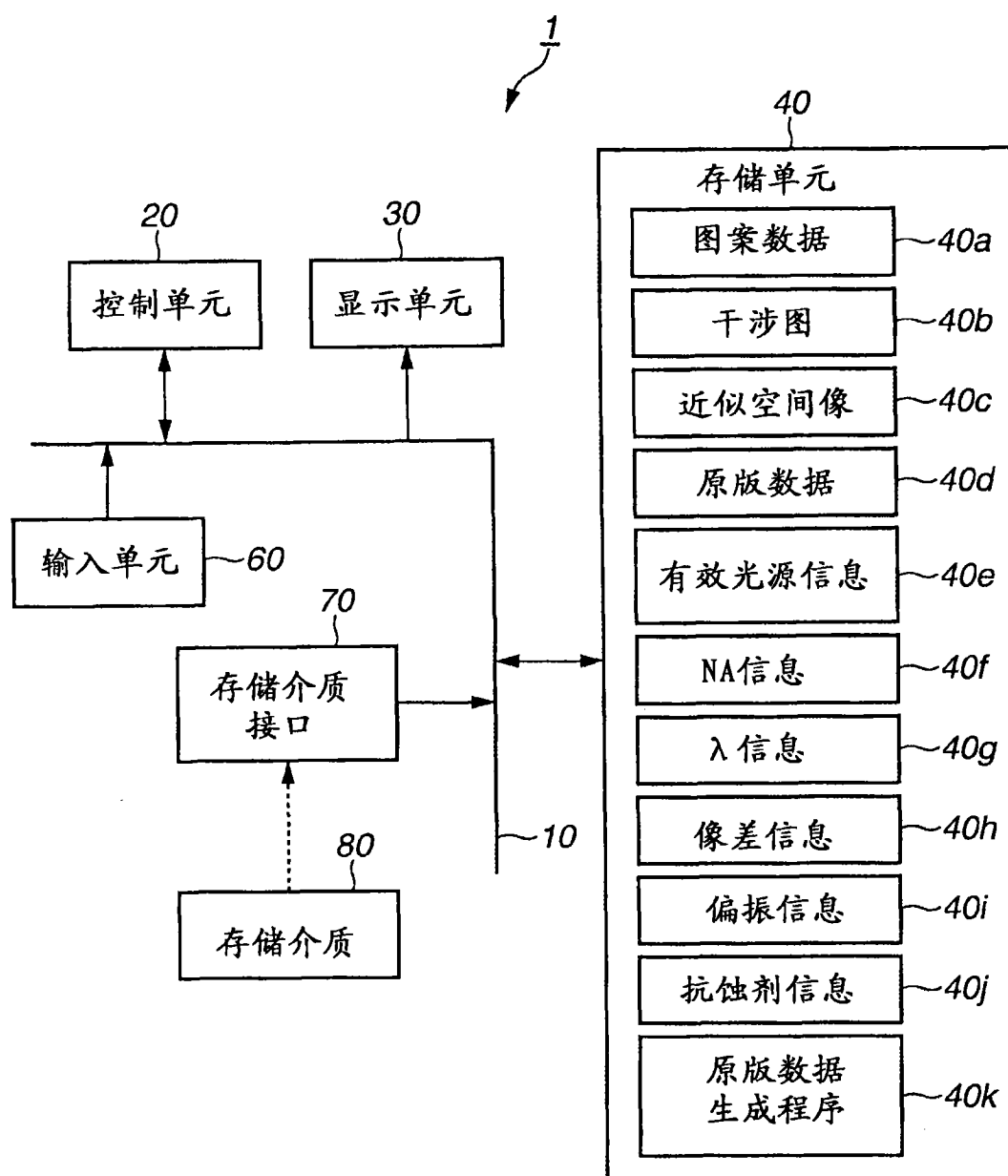


图 1

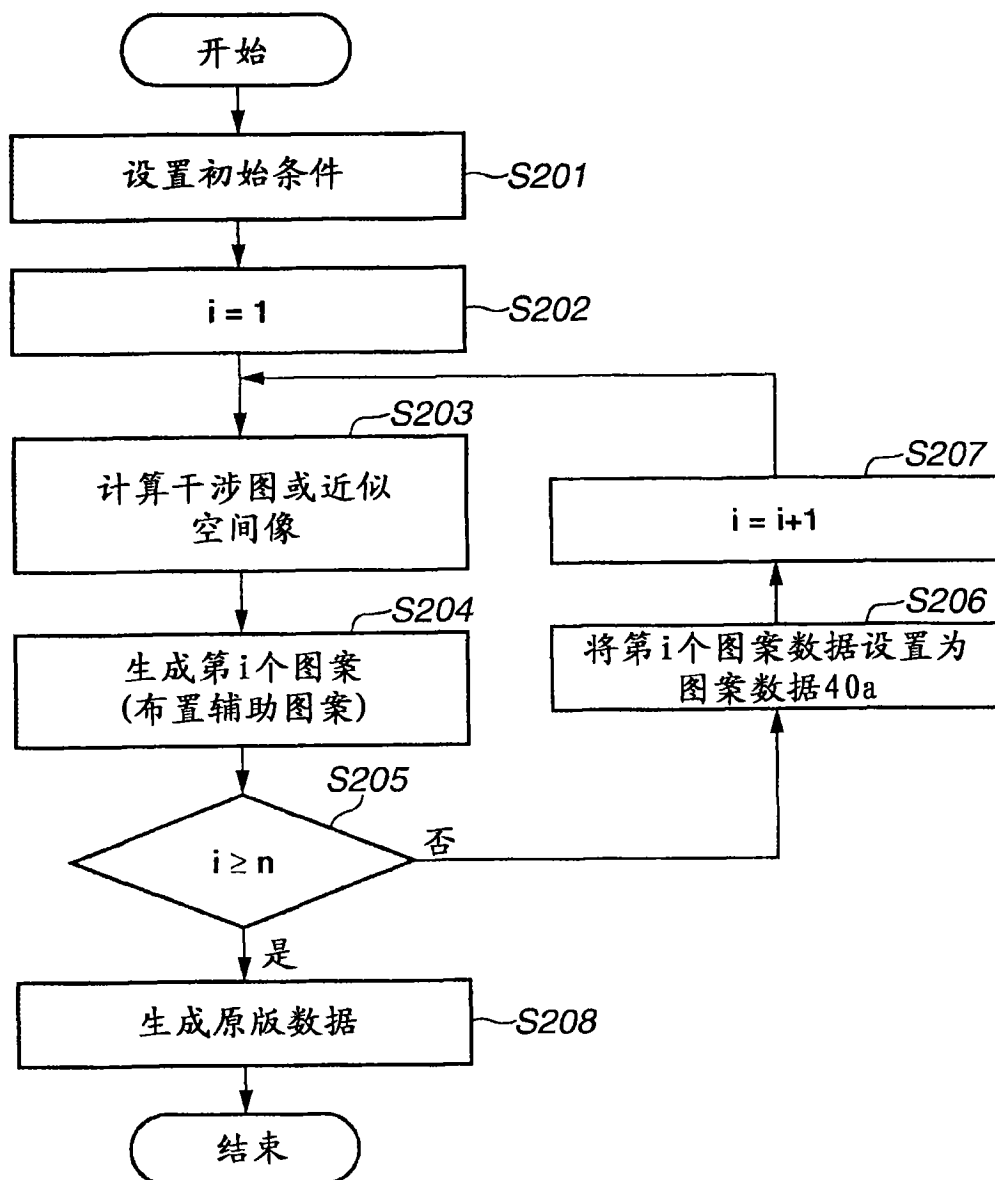


图 2

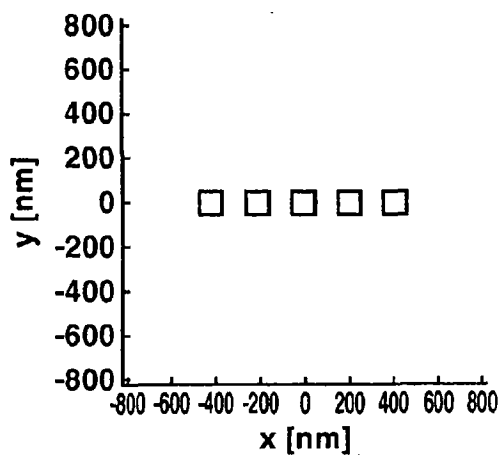


图 3A

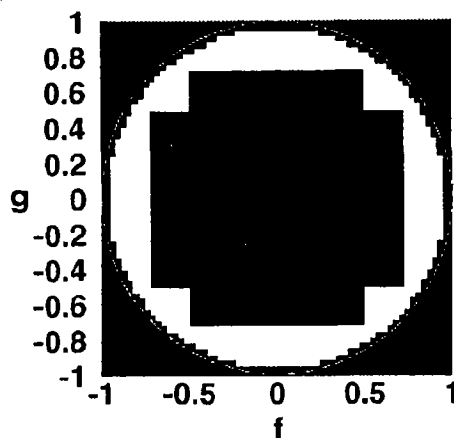


图 3B

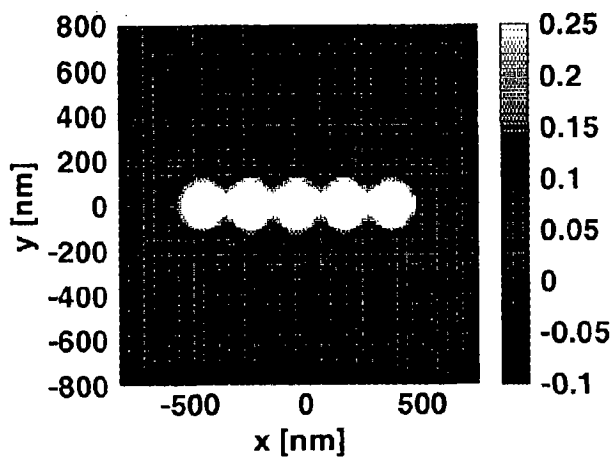


图 3C

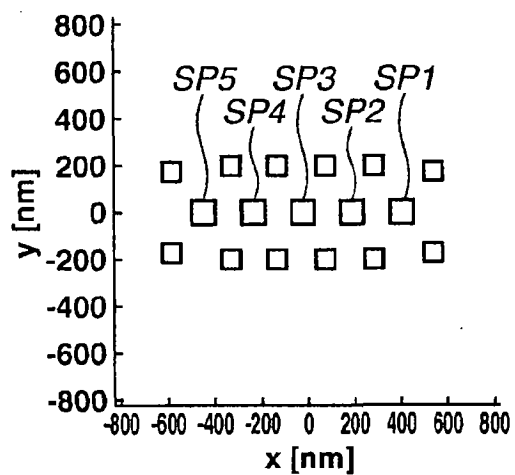


图 3D

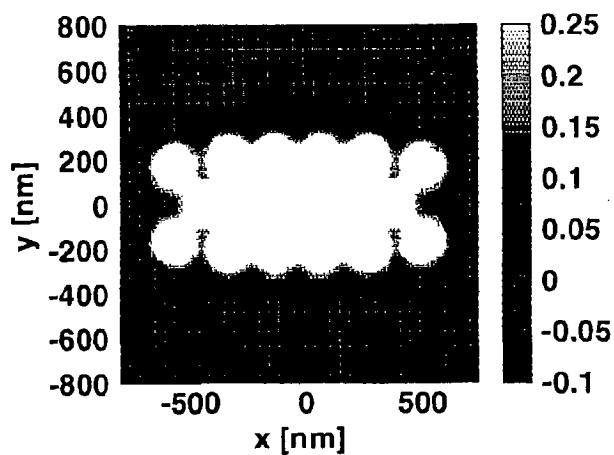


图 3E

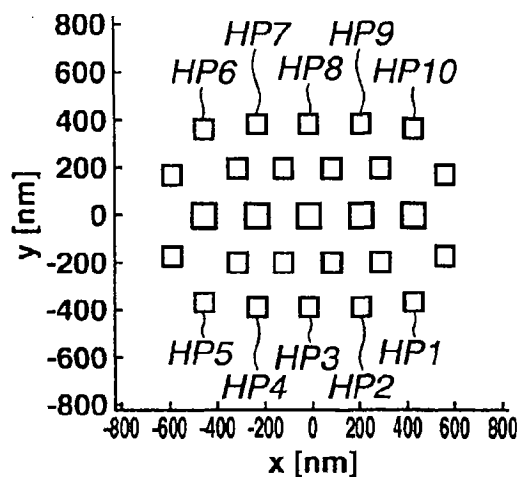


图 3F

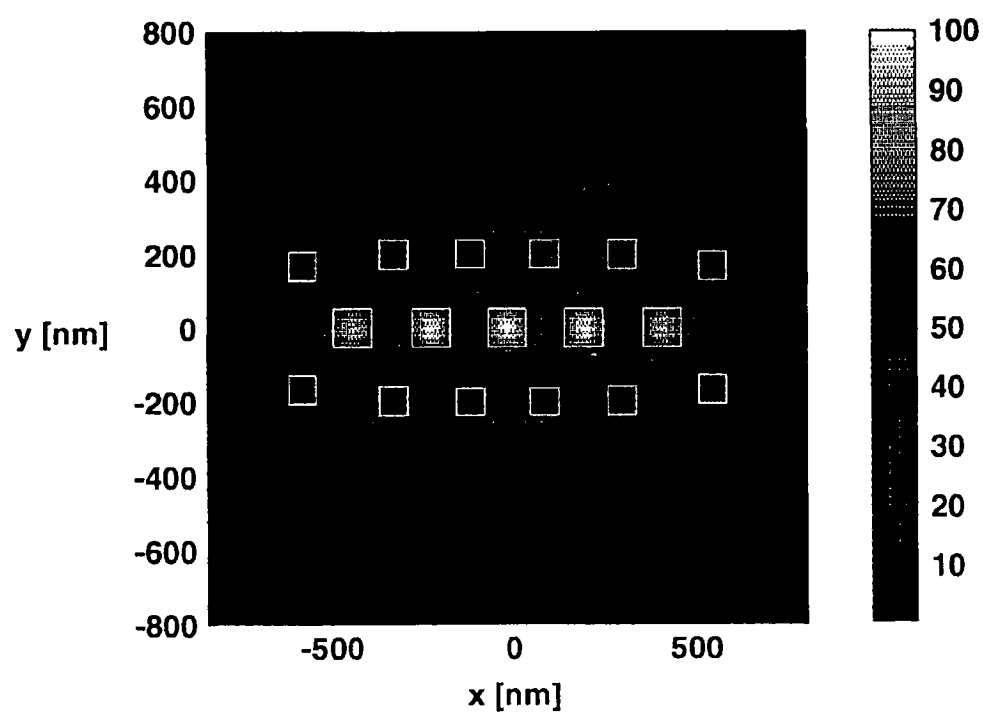


图 4A

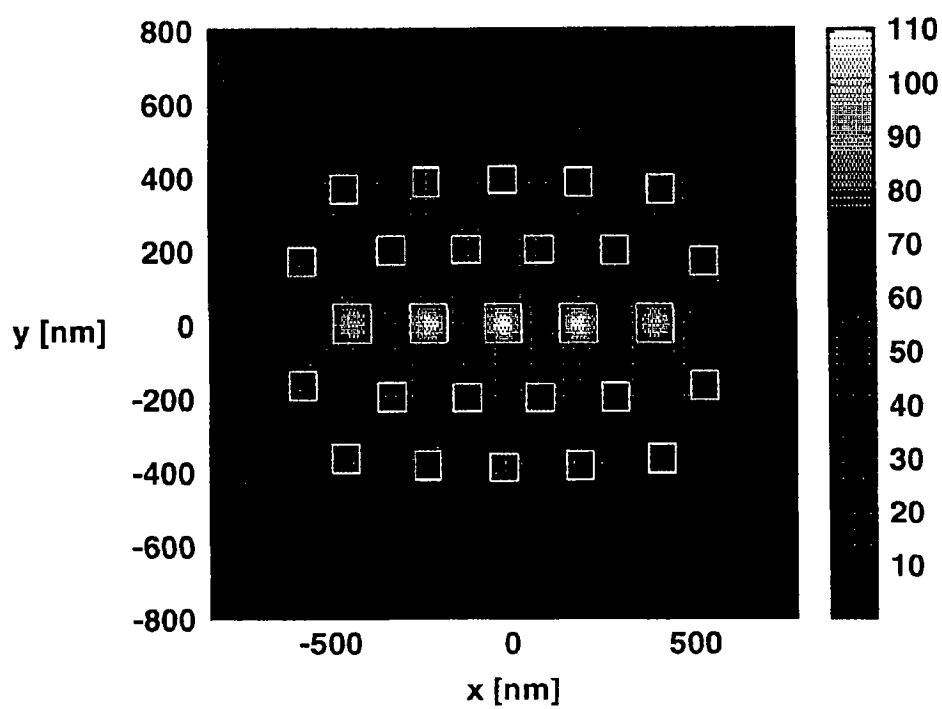


图 4B

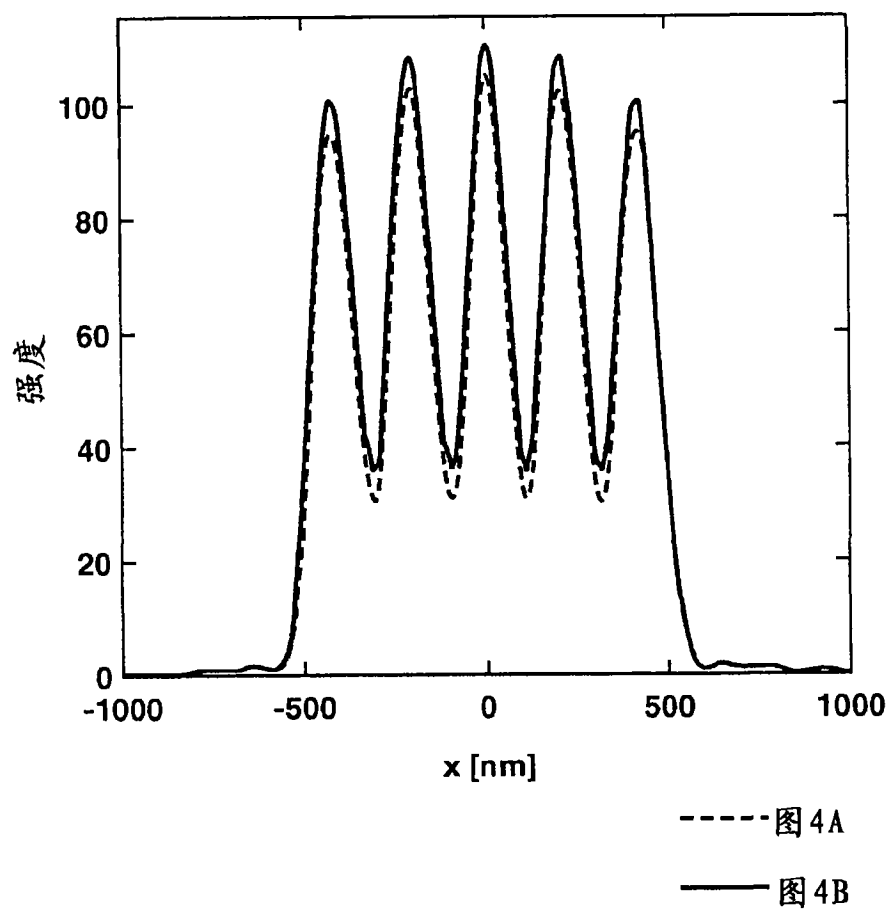


图 5

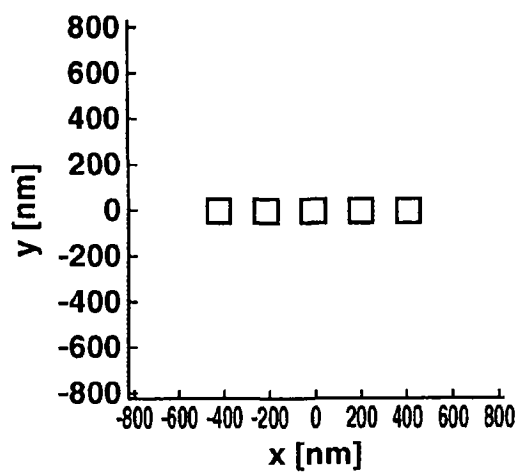


图 6A

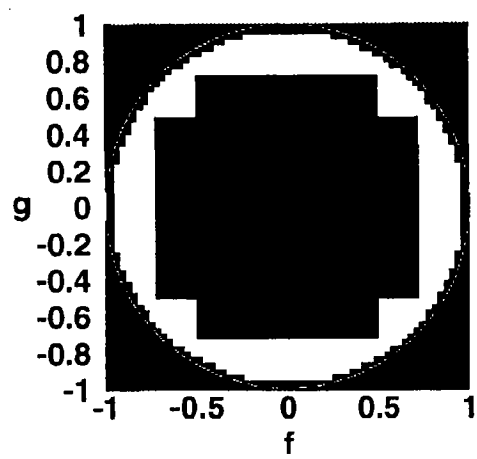


图 6B

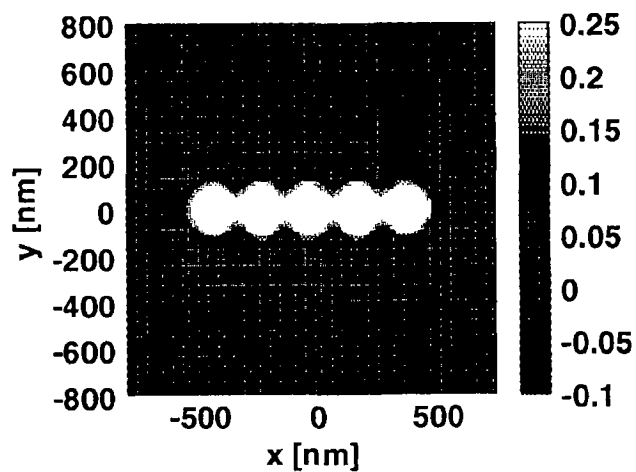


图 6C

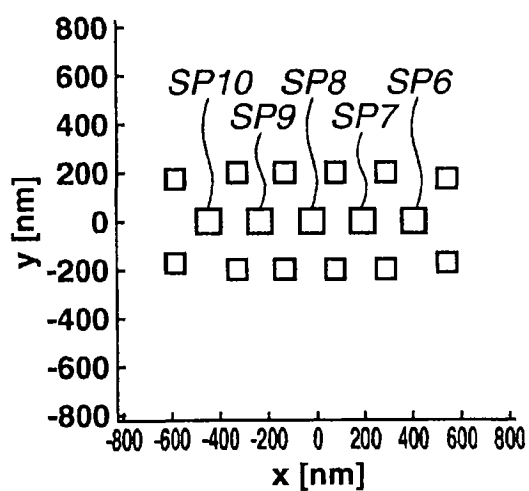


图 6D

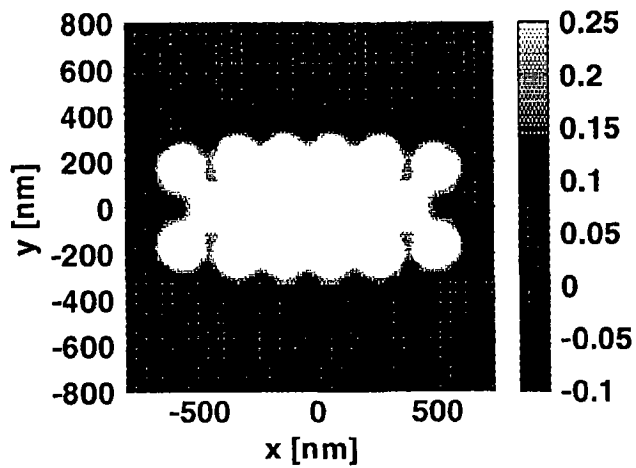


图 6E

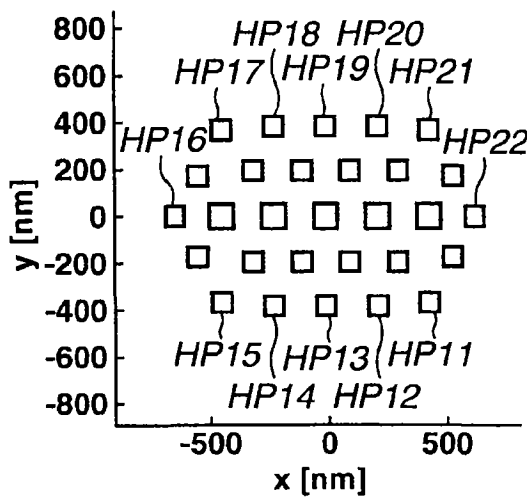


图 6F

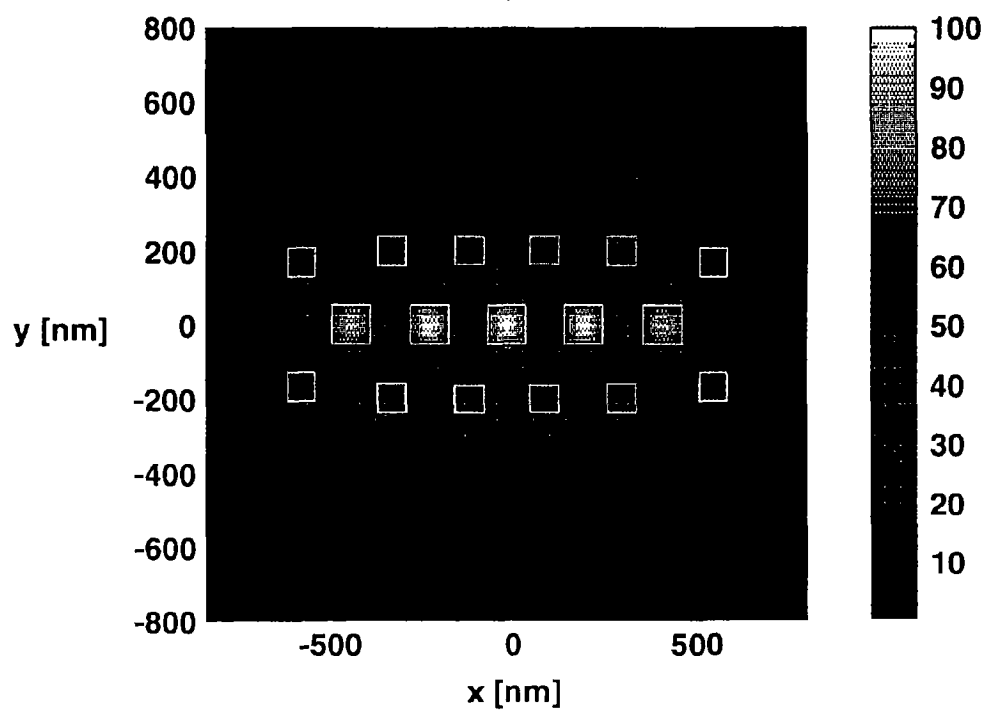


图 7A

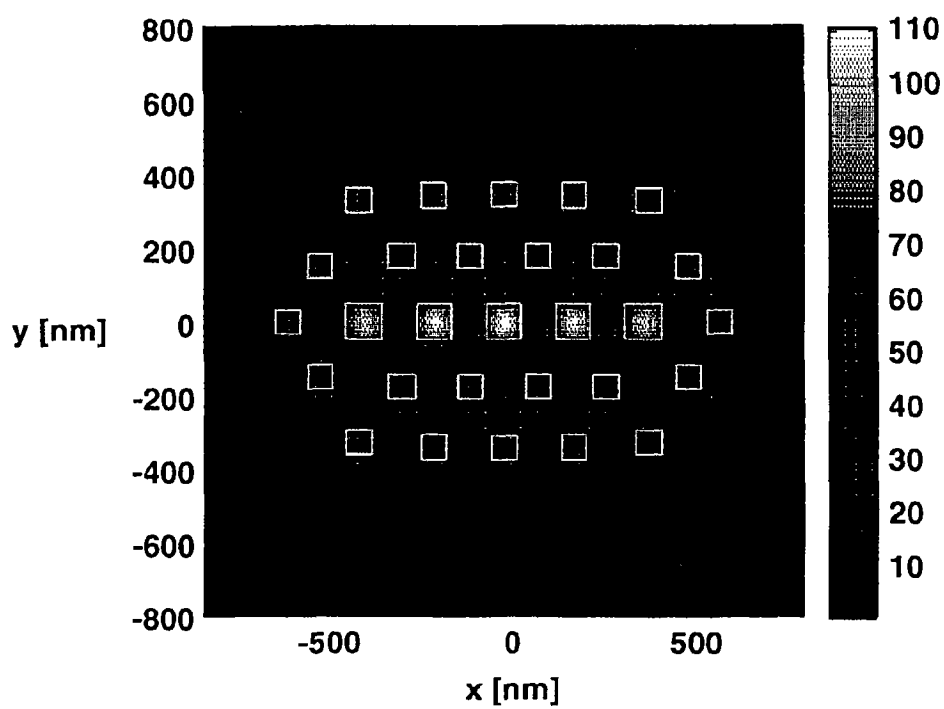


图 7B

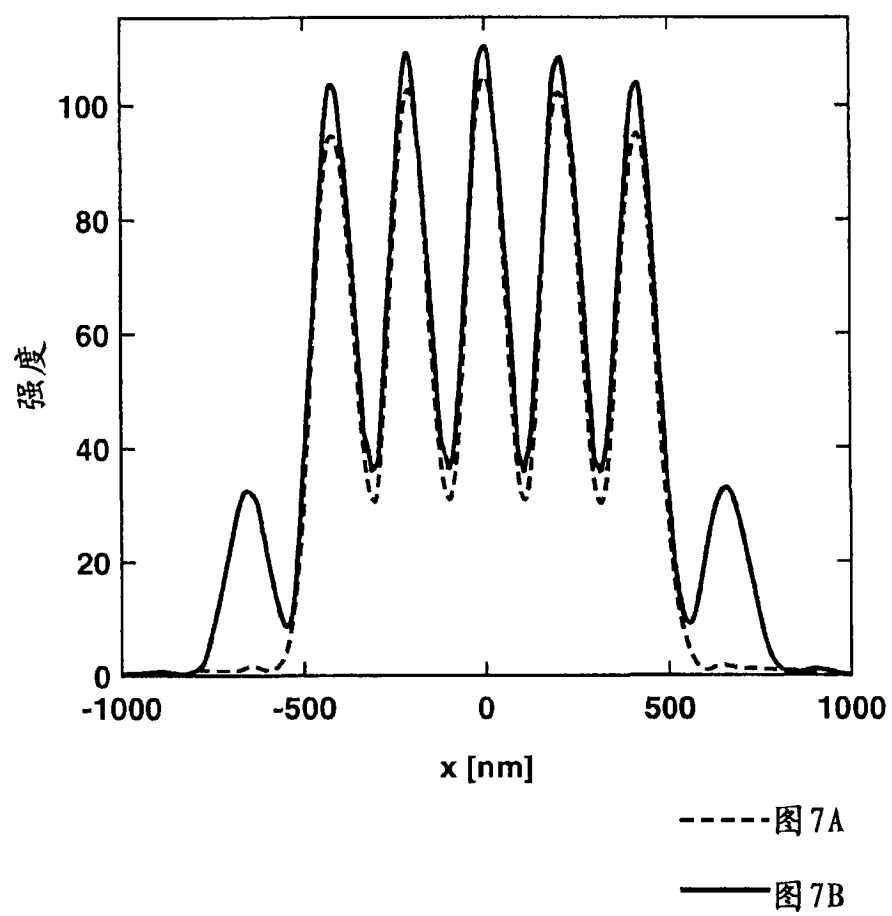


图 8

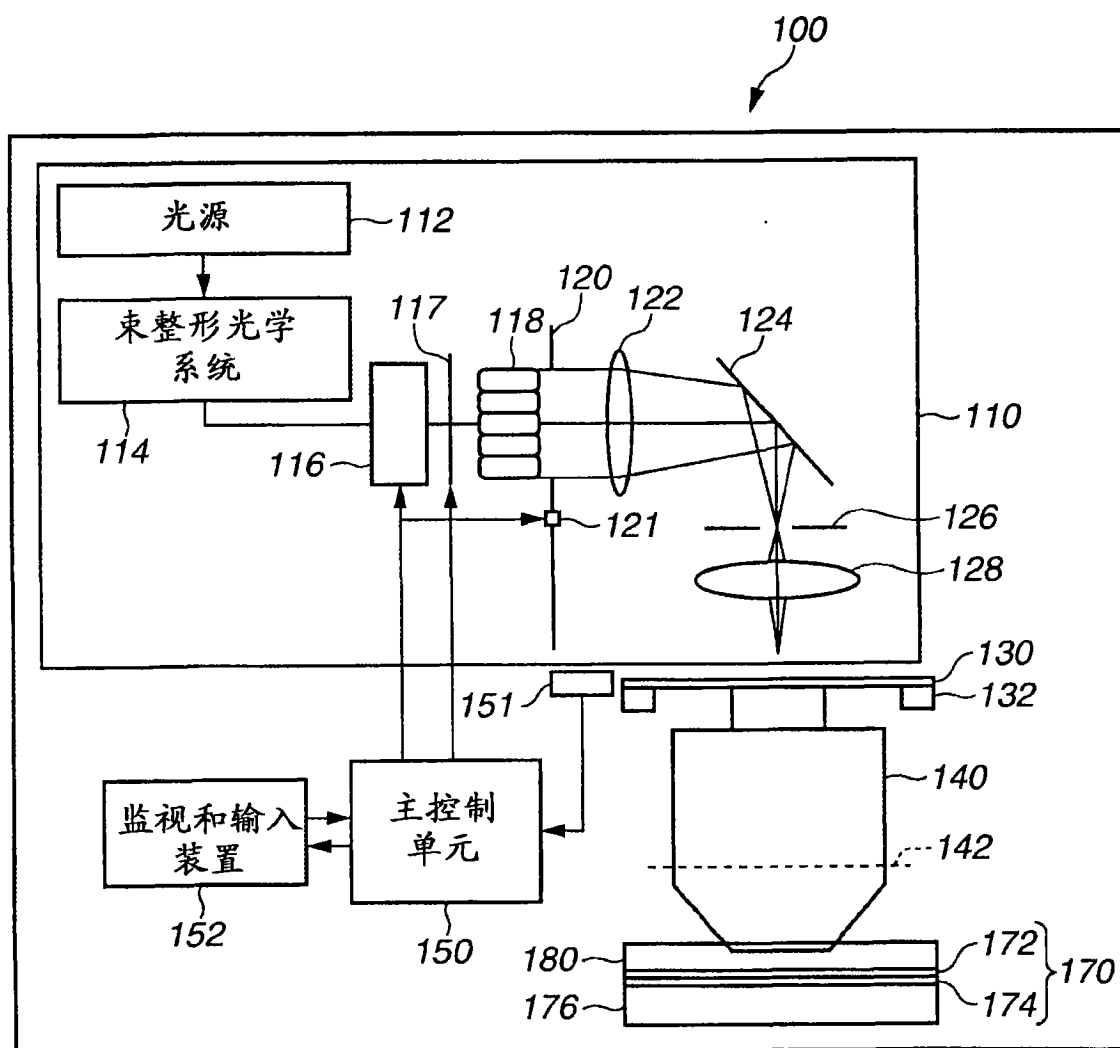


图 9