



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105069194 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201510427190. X

(22) 申请日 2015. 07. 20

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 王丽萍 金春水 王君 谢耀

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 田春梅

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006. 01)

G06N 3/12(2006. 01)

G03F 1/32(2012. 01)

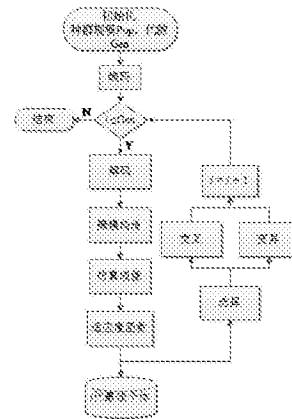
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法

(57) 摘要

一种基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法属于衰减型掩模优化方法领域,该方法解决了现有技术存在的针对考虑系统所采用的照明方式下的衰减型相移掩模结构没有具体优化方法的技术问题。本发明的优化方法基于遗传算法,用掩模的空间像对比度、多层膜反射率等构成适应度函数,并协同考虑投影光刻系统所采用的照明方式及状态,利用优化算法平衡不同入射方向的光在掩模图形亮暗区域的位相差,以使在特定照明条件下,投影光刻系统空间像的对比度最高,实现最佳成像质量的衰减型掩模纵向结构参数的获取。



1. 一种基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

步骤一、初始化一种群,其规模为 Pop,种群中的每一个个体携带了掩模的全部待优化参数信息,所述待优化参数信息包括掩模的吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度,初始化遗传代数为 Gen 作为优化的一个边界条件;

步骤二、利用二进制编码对种群进行编码,以便后续的个体交叉、变异运算;

步骤三、当遗传代数 $i \leq \text{Gen}$ 时,对种群进行解码,得到在仿真计算过程中可以使用的十进制数,并利用解码所得到的包括吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度在内的优化参数信息数据构造掩模;

步骤四、运用 Abbe 成像原理以及 Kirchhoff 近似模型进行特定照明条件下的掩模成像计算,获得种群中每一个个体所对应的掩模的空间像;

步骤五、对步骤四获得的所有空间像进行像质评价,以其性能表征为适应度函数 Fitness,对任意个体的适应度函数 Fitness_i 表示为:

$$\text{Fitness}_i = e^{NILS_i \cdot R_i \cdot \text{Con}_i}$$

式中,Con 为空间像对比度,NILS 为空间像规一化对数斜率,R 为掩模的透过率或反射率;

步骤六、获取本代即第 i 代中适应度函数 Fitness 最大的个体作为本代最佳个体进行归档存储,同时根据适应度函数大小对本代中个体进行选择,其选择结果作为父代;

步骤七、经步骤六选择所得到的所有个体进行交叉、变异操作获得子代,即 $i+1$ 代,判断遗传代数 i 是否超过最大遗传代数 Gen,若否,则进入下一次优化;若是,则退出循环,结束优化,此时对应的吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度即为优化后的最优参数。

一种基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法

技术领域

[0001] 本发明属于衰减型掩模优化方法领域,具体涉及一种基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法。

背景技术

[0002] 相移掩模 (Phase-Shifting Mask, PSM) 是最具前景的投影光刻分辨率增强技术之一,其可以实现面向 10nm 及以下技术节点的超衍射极限分辨率成像。其中,衰减型相移掩模由于设计简单、制造成本低等优点,目前已成为计算光刻领域所关注的重点。

[0003] 理想化的分辨率增强假设模型指出,若能在投影光刻系统中充分考虑其照明方式对衰减型相移掩模造成的影响,则可使系统的分辨率进一步获得提高。然而,现有衰减型相移掩模的优化仅停留于原理的阐述,而未具体地考虑系统所采用的照明方式下的掩模结构优化。

[0004] 遗传算法是一种模拟自然进化选择过程的优化算法,它直接对结构对象进行操作,而不存在函数求导和连续性限制,具有内在的隐蔽性与全局寻优能力,主要包括群体初始化、编码、适应度计算、交叉变异和解码等步骤。考虑光刻系统具体照明参数的衰减型相移掩模结构优化参数众多,如相移层材料的选取、厚度、多层膜周期等,而极紫外光刻系统中所需的衰减型相移掩模性能除提高对比度外、还需要实现反射率的最大化,且该性能参数变化具有严重的非线性。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术存在的针对考虑系统所采用的照明方式下的衰减型相移掩模结构没有具体优化方法的技术问题,本发明提供一种基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法,该方法充分利用了遗传算法不存在求导以及连续性限制条件的优点,对掩模性能(即最高成像对比度及反射率)随其结构参数呈非线性变化的掩模结构进行参数优化。

[0006] 本发明解决技术问题所采取的技术方案如下:

[0007] 一种基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法,其包括如下步骤:

[0008] 步骤一、初始化一种群,其规模为 Pop,种群中的每一个个体携带了掩模的全部待优化参数信息,所述待优化参数信息包括掩模的吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度,初始化遗传代数为 Gen 作为优化的一个边界条件;

[0009] 步骤二、利用二进制编码对种群进行编码,以便后续的个体交叉、变异运算;

[0010] 步骤三、当遗传代数 $i \leq Gen$ 时,对种群进行解码,得到在仿真计算过程中可以使用的十进制数,并利用解码所得到的包括吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度在内的优化参数信息数据构造掩模;

[0011] 步骤四、运用 Abbe 成像原理以及 Kirchhoff 近似模型进行特定照明条件下的掩模成像计算,获得种群中每一个个体所对应的掩模的空间像;

[0012] 步骤五、对步骤四获得的所有空间像进行像质评价,以其性能表征为适应度函数

Fitness, 对任意个体的适应度函数 $Fitness_n$ 表示为:

$$[0013] \quad Fitness_n = e^{NILS_n \times R_n \times Con_n}$$

[0014] 式中, Con 为空间像对比度, NILS 为空间像规一化对数斜率, R 为掩模的透过率或反射率;

[0015] 步骤六、获取本代即第 i 代中适应度函数 Fitness 最大的个体作为本代最佳个体进行归档存储, 同时根据适应度函数大小对本代中个体进行选择, 其选择结果作为父代;

[0016] 步骤七、经步骤六选择所得到的所有个体进行交叉、变异操作获得子代, 即 $i+1$ 代, 判断遗传代数 i 是否超过最大遗传代数 Gen, 若否, 则进入下一次优化; 若是, 则退出循环, 结束优化, 此时对应的吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度即为优化后的最优参数。

[0017] 本发明的有益效果是: 该优化方法基于遗传算法, 并协同考虑投影光刻系统所采用的照明方式及状态, 利用优化算法平衡不同入射方向的光在掩模图形亮暗区域的位相差, 以使在特定照明条件下, 投影光刻系统空间像的对比度最高, 实现最佳成像质量的衰减型掩模纵向结构参数的获取。

附图说明

[0018] 图 1 是典型的透射式衰减型掩模结构示意图。

[0019] 图 2 是本发明基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法流程图。

[0020] 图 3 是用于极紫外光刻投影系统中的反射式衰减型相移掩模结构示意图。

[0021] 图 4 是光刻投影系统中的二极照明示意图。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。

[0023] 如图 1 所示, 典型的透射式衰减型掩模结构一般包括由融石英制成的基底 10 和 Cr(铬) 或者 Mo(钼) 等材料构成的吸收层 11。吸收层 11 既调节透射光电场矢量的振幅, 同时又调节其位相。一般而言, 对于正入射光束 13 经过该衰减型掩模后, 透过吸收层(暗区)的光线 132 除振幅相较于透过亮区的光线 131 出现了衰减外, 还附加有 π 的位相差。因此, 当平行光束入射到掩模上一个周期(亮区+暗区)发生衍射后, 其 0 级会因为 π 的附加位相差而削弱, ± 1 级则会增强。根据阿贝成像理论, 当物体的衍射光至少有两级次透过系统光瞳后便可干涉成像, 而根据干涉理论, 当两级次的光振幅越接近, 则其成像对比度越高。对于特定方向的入射光而言, 要达到理论上的最佳成像对比度, 则光线 131、132 在明、暗区的位相差要恰为 π , 同时对其振幅透过率比也有特殊要求。于是, 当对于图 1 所示的两束平行入射光 13, 14 而言, 要使理论上达到最优成像质量, 则需要同时满足四个条件, 即光束 131、132 的振幅透过率、位相条件, 和光束 141、142 的振幅透过率、位相条件。而吸收层 11 的自由度仅有两个, 即材料和厚度。显然, 上述几乎不可能有解。而对于光刻系统中可等效于无穷入射方向的离轴照明, 不可能有解, 即衰减型掩模不可能对所有方向的入射光均同时满足严格的振幅透过率、位相条件。本发明仅能通过优化算法, 在各个入射光方向的振幅透过率、位相条件间寻求平衡, 使得其成像质量最优化。因此, 本发明基于遗传算

法,考虑光刻物镜采用的具体照明方式,实现对应的衰减型相移掩模结构的最优化设计。

[0024] 如图 2 所示,本发明基于遗传算法的光刻衰减型掩模的优化方法具体实施过程如下:

[0025] 1) 初始化一种群,其规模为 Pop,种群中的每一个个体携带了掩模的全部待优化参数信息,具体包括掩模的吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度,初始化遗传代数 Gen 作为优化的一个边界条件;

[0026] 2) 利用二进制编码(0-1 编码)对种群进行编码,便于后续的个体交叉、变异运算;

[0027] 3) 当遗传代数 $i \leq \text{Gen}$ 时,对种群进行解码,得到在仿真计算过程中可以使用的十进制数,并利用解码所得到的包括吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度在内的优化参数信息数据构造掩模;

[0028] 4) 运用 Abbe 成像原理以及 Kirchhoff 近似模型进行特定照明条件下的掩模成像计算(见公开文献 [1]Wang Jun, Jin Chunshui, Wang Liping et al.. Study on the Off-Axis Illumination for Extreme Ultraviolet Lithography[J]. Acta Optica Sinica, 2012, 32(12):1211003. 和公开文献 [2]Xu Ma, Gonzalo R. Arce. Computational Lithography[M]. Hoboken:Wiley&Sons, 2010.),获得种群中每一个个体所对应的掩模的空间像;

[0029] 5) 对获得的所有空间像进行像质评价,以其性能表征为适应度函数,如空间像对比度 Con、空间像规一化对数斜率 NLS、掩模透过率(反射率)R 等,在此可具体地将任意个体的适应度函数 Fitness_n 表示为:

$$[0030] \quad \text{Fitness}_n = e^{NLS_n \times R_n \times \text{Con}_n}$$

[0031] 6) 获取本代(第 i 代)中适应度函数 Fitness 最大的个体作为本代最佳个体进行归档存储,同时根据适应度函数大小对本代中个体进行选择,其选择结果作为父代;

[0032] 7) 经步骤 6) 选择所得到的所有个体进行交叉、变异操作获得子代,即 i+1 代后,判断是否超过最大遗传代数 Gen,若否,则进入下一次优化,若是,则退出循环,结束优化,此时对应的吸收相移层材料、吸收相移层厚度、多层膜周期厚度即为优化后的最优参数。

[0033] 如图 3 所示,极紫外光刻系统中所使用的反射式衰减型相移掩模结构主要由基底 20、多层膜 21 以及吸收层 22 构成,其中多层膜 21 由 Mo 层 211 和 Si 层 212 构成,但不仅限于该结构,如其它由于如增加掩模寿命等功能需求衍生的结构未在此表示。其主要结构参数包括多层膜 21 的周期厚度 d、吸收层 22 的材料 $\text{Material}_{\text{Ab}}$ 以及吸收层 22 的厚度 d_{Ab} ,三者共同约定掩模明暗区域反射光的振幅反射率比以及位相差。平行入射光束 23 的反射光分别是 231、232,平行入射光束 24 的反射光分别是 241、242。

[0034] 利用如图 2 所示的优化流程图对上述三个参数即多层膜 21 的周期厚度 d、吸收层 22 的材料 $\text{Material}_{\text{Ab}}$ 以及吸收层 22 的厚度 d_{Ab} 进行优化。采用如图 4 所示的二极照明方式, $\sigma_{\text{out}} = 0.7$, $\sigma_{\text{in}} = 0.4$,极张角为 90° ,二极连线与曝光密集线条 L/S 垂直,投影系统像方数值孔径为 0.3,密集线条特征尺寸 CD 为 15nm,曝光波长为 13.5nm。多层膜 21 周期厚度 d 变化区间为 [6.8, 7.1],吸收层 22 厚度 d_{Ab} 变化区间为 [0, 100],吸收层 22 备选材料 $\text{Material}_{\text{Ab}}$ 有四种,分别为 Mo、 SnO_2 、SnO 以及 Cr,其光学常数如下表 1 所示。

[0035]

材料	n	k
Mo	0.92163807	0.0063653732
SnO ₂	0.92909952	0.066637260
SnO	0.94045556	0.062663801
Cr	0.93257187	0.038773484

[0036] 种群规模为 1600, 遗传代数为 50, 交叉概率为 0.9, 变异概率为 0.01, 评价函数 (遗传算法中的适应度函数) 由掩模亮区的反射率 R、密集线条空间像对比度 Contrast 构成, 其优化结果如下表 2 所示。

[0037]

d	Material _{Ab}	d _{Ab}	R	Contrast
7.035nm	Cr	33.66nm	73.1%	0.80

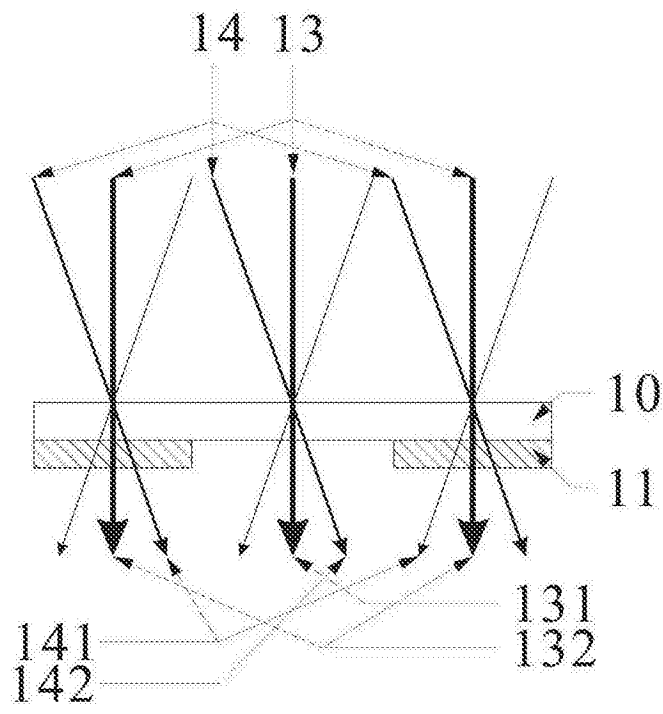


图 1

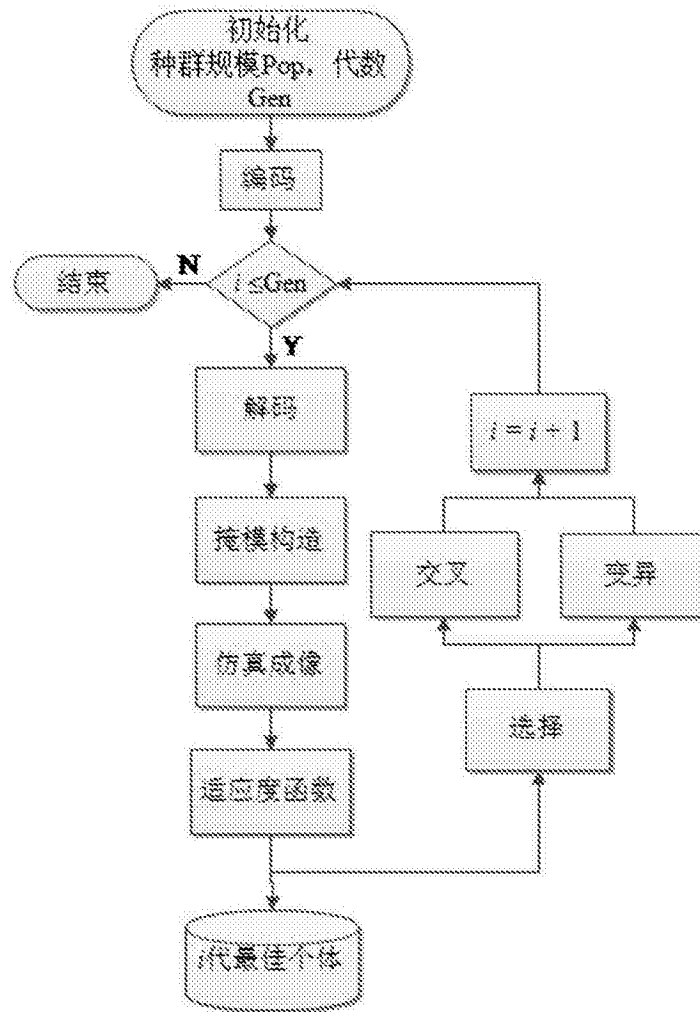


图 2

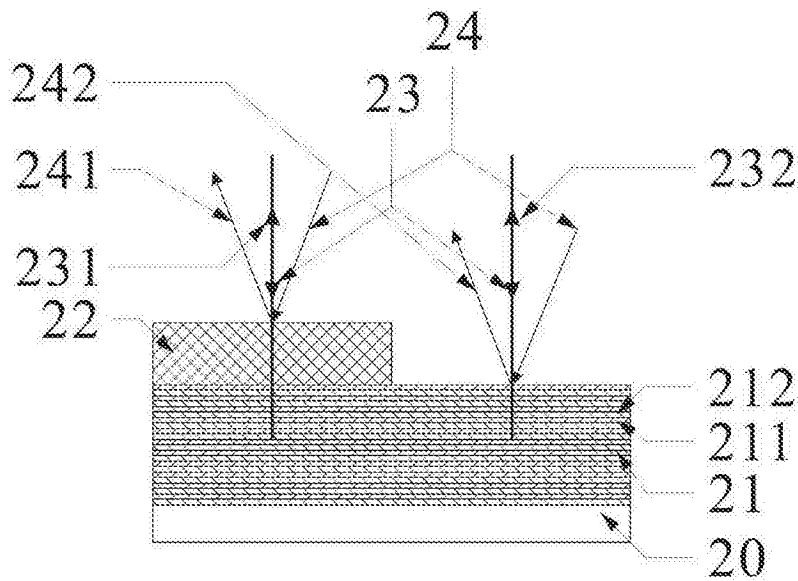


图 3

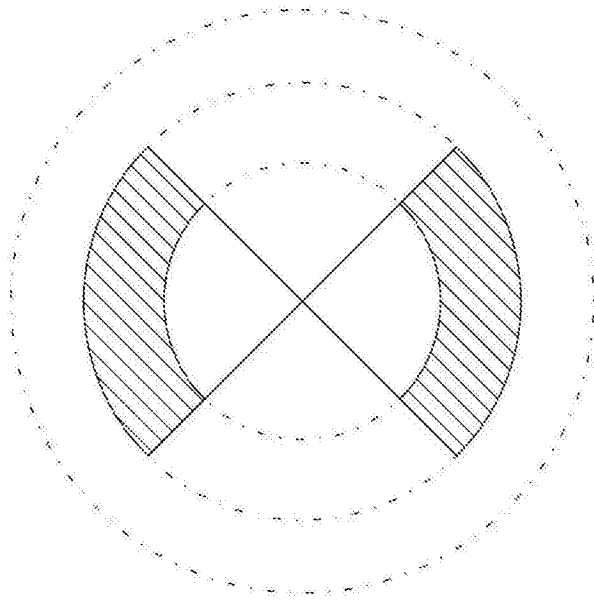


图 4