



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102177460 A

(43) 申请公布日 2011. 09. 07

(21) 申请号 200980139821. 0

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(22) 申请日 2009. 10. 06

代理人 邱军

(30) 优先权数据

102008050446. 7 2008. 10. 08 DE

61/103, 691 2008. 10. 08 US

(51) Int. Cl.

G02B 26/08 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 04. 08

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2009/007175 2009. 10. 06

(87) PCT申请的公布数据

W02010/040506 EN 2010. 04. 15

(71) 申请人 卡尔蔡司 SMT 有限责任公司

地址 德国上科亨

(72) 发明人 简·霍恩 克里斯琴·肯普特

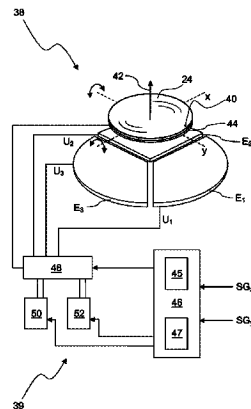
权利要求书 5 页 说明书 13 页 附图 5 页

(54) 发明名称

驱动微反射镜的方法和装置

(57) 摘要

微光刻投射曝光设备的照明系统 (10) 中的微反射镜阵列 (22) 的微反射镜 (24), 可关于两个倾斜轴 (x、y) 通过各倾斜角度 (α_x 、 α_y) 倾斜。微反射镜 (24) 被分配三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3), 所述三个驱动器可以通过控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被分别驱动, 从而使得微反射镜 (24) 关于所述两个倾斜轴 (x、y) 倾斜。规定两个控制变量 (SG_x 、 SG_y), 其每个被分配给一个倾斜轴 (x、y) 且其两者被分配给未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y)。对于两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 的任何希望的组合, 根据两个控制变量 (SG_x 、 SG_y), 选择三个驱动器中的一个驱动器 (E_i) 并将其控制信号 (U_i) 设为常数值, 具体地 0。确定控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3), 使得当控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被施加到其它两个驱动器 (E_2 、 E_3) 时, 微反射镜 (24) 根据两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 采用未被干扰倾斜角度 (α_x 、 α_y)。



1. 一种驱动微反射镜 (24) 的方法, 包括下面的步骤:

a) 提供微反射镜阵列 (22), 其布置于微光刻投射曝光设备的照明系统 (10) 中且包括所述微反射镜 (24), 所述微反射镜 (24) 可关于两个倾斜轴 (x、y) 通过各倾斜角度 (α_x 、 α_y) 倾斜, 且所述微反射镜 (24) 被分配三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3), 所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 可通过控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被分别驱动, 从而使得所述微反射镜 (24) 关于所述两个倾斜轴 (x、y) 倾斜;

b) 规定两个控制变量 (SG_x 、 SG_y), 其每个被分配给一个倾斜轴 (x、y) 且其两者被分配给未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y);

c) 对于所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 的任何希望的组合, 根据所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y), 选择所述三个驱动器中的一个驱动器 (E_1) 并将其控制信号 (U_1) 设为常数值, 具体地 0;

d) 确定所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3), 使得当所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被施加到其它两个驱动器 (E_2 、 E_3) 时, 所述微反射镜 (24) 根据所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 采用所述未被干扰倾斜角度;

e) 将所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 施加到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3)。

2. 根据权利要求 1 的所述方法, 其特征在于所述控制变量 (SG_x 、 SG_y) 被线性分配给所述未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y)。

3. 根据权利要求 1 或 2 的所述方法, 其特征在于通过将具有方向 (θ) 的二维控制变量向量 (SGV) 分配给所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y), 所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 被分配给关于所述两个倾斜轴 (x、y) 的所述未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y), 将有效倾斜向量 (w_1 、 w_2 、 w_3) 分配给每个单独的驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3), 随后选择所述驱动器 (E_1), 所述驱动器 (E_1) 的有效倾斜向量 (w_1) 的方向 (θ) 与所述控制变量向量 (SGV) 的方向 (θ) 不直接相邻, 从而在步骤 c) 中选择其控制信号 (U_1) 被设为常数, 具体地被设为 0 的驱动器 (E_1)。

4. 根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述有效倾斜向量 (w_1 、 w_2 、 w_3) 从所述控制变量 (SG_x 、 SG_y) 获得, 所述控制变量 (SG_x 、 SG_y) 被分配给当仅此驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 被驱动时所述微反射镜 (24) 采用的所述未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y)。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的方法, 其特征在于所述有效倾斜向量 (w_1 、 w_2 、 w_3) 通过测量确定。

6. 根据权利要求 3 至 5 的任一项所述的方法, 其特征在于所述控制变量向量 (SGV) 以及所述有效倾斜向量 (w_1 、 w_2 、 w_3) 的方向根据下式被确定:

$$\theta = \arctan\left(\frac{SG_y}{SG_x}\right)$$

其中 SG_x 和 SG_y 是分配给关于各个倾斜轴 (x、y) 的所述未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y) 的所述控制变量 (SG_x 、 SG_y), 且 θ 表示所述各个向量与方向 y 所成角度, 所述方向 y 与所述两个倾斜轴 (x、y) 中的一个一致。

7. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法, 其特征在于所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 以三重对称性被布置。

8. 根据权利要求 6 以及根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于第一驱动器 (E_1) 的所述有效倾斜向量 (w_1) 的方向与第二驱动器 (E_2) 的有效倾斜向量 (w_2) 的方向在排列角度 ϕ

内一致,所述第二驱动器 (E_2) 的有效倾斜向量 (w_2) 与所述第一驱动器 (E_1) 的所述有效倾斜向量 (w_1) 实质上成 120° , 所述第三驱动器 (E_3) 的有效倾斜向量 (w_3) 与所述第二驱动器 (E_2) 的所述有效倾斜向量 (w_2) 实质上成 120° , 其特征还在于所述控制变量向量 (SGV) 的方向 θ 被确定, 且随后所述第三驱动器 (E_3) 被选择 $\theta \in [\varphi, 120^\circ + \varphi]$, 所述第一驱动器 (E_1) 被选择 $\theta \in [120^\circ + \varphi, 240^\circ + \varphi]$, 且所述第二驱动器 (E_2) 随后被选择 $\theta \in [240^\circ + \varphi, 360^\circ + \varphi]$ 。

9. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法, 其特征在于在步骤 b) 中通过控制算法 (62)、调节算法 (58) 或组合的控制和调节算法 (54) 由设置点倾斜角度确定所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y)。

10. 根据权利要求 9 所述的方法, 其特征在于规定目标倾斜角度以及包括一系列的设置点倾斜角度的轨迹, 所述轨迹表示实际倾斜角度向所述目标倾斜角度的转变, 微反射镜瞬时通过所述实际倾斜角度倾斜。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的方法, 其特征在于当确定所述设置点倾斜角度时考虑校准数据。

12. 根据权利要求 9 至 11 中的任一项所述的方法, 其特征在于所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 通过所述调节算法 (58) 被规定或由此被修正, 所述调节算法 (58) 接收调节差异, 所述调节差异由所述设置点倾斜角度以及监控系统 (60) 测得的所述实际倾斜角度的负反馈确定, 微反射镜瞬时通过所述实际倾斜角度倾斜。

13. 根据权利要求 9 至 12 中的任一项所述的方法, 其特征在于通过借助于采用反向系统动力学模型的预测控制算法 (62) 将所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 分配给所述设置点倾斜角度, 从而所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 被规定。

14. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法, 其特征在于在步骤 c) 和 d) 中包括下面的步骤:

根据分配表, 对于给定控制变量 (SG_x 、 SG_y), 确定所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3)。

15. 根据权利要求 14 所述的方法, 其特征在于通过将各控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 施加到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3), 测量因此导致的所述倾斜角度 (α_x 、 α_y) 并随后将所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 线性分配给所述导致的倾斜角度 (α_x 、 α_y), 当所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被施加时, 一个控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被分别保持为常数, 具体地 0, 从而所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 与所述三个控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 之间的所述分配表在参数化阶段被编译。

16. 根据权利要求 1 至 13 中的任一项所述的方法, 其特征在于在步骤 c) 和 d) 中包括下面的步骤:

借助于使用参数向量的计算法则, 对给定的控制变量 (SG_x 、 SG_y) 确定控制信号。

17. 根据权利要求 16 所述的方法, 其特征在于通过从倾斜角度 (α_x 、 α_y) 与所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 之间的至少 3 个分配的估算, 从而所述参数向量在参数化阶段被确定, 通过将各控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 施加到驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 并且测量由此导致的倾斜角度 (α_x 、 α_y), 从而确定所述至少 3 个分配。

18. 一种用于驱动微反射镜 (24) 的方法, 具有下面的步骤:

a) 提供微反射镜阵列 (22), 所述微反射镜阵列 (22) 被布置在微光刻透射曝光设备的照明系统 (10) 中并且包括所述微反射镜 (24), 所述微反射镜 (24) 可关于两个倾斜轴 (x 、 y) 通过各个倾斜角度 (α_x 、 α_y) 倾斜, 且所述微反射镜 (24) 被分配三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3),

所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 可通过控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被分别驱动,从而使得所述微反射镜 (24) 关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 倾斜;

b) 通过激活和测量所述微反射镜 (24) 的多个倾斜角度 (α_x 、 α_y) 以及存储为此施加到所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3), 编译所述倾斜角度 (α_x 、 α_y) 与所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 之间的分配表;

c) 规定两个控制变量 (SG_x 、 SG_y), 每个控制变量被分配给一个倾斜轴 (x 、 y), 且其两者被线性分配给所述未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y);

d) 通过根据步骤 c) 中的分配, 将所述两个控制变量 (SG_x 、 SG_y) 线性分配给所述分配表的所述倾斜角度 (α_x 、 α_y) 并且从所述分配表读出分配给这些倾斜角度 (α_x 、 α_y) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3), 确定导致所述微反射镜 (24) 倾斜通过所述未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y) 的控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3);

e) 施加所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3)。

19. 一种用于驱动微反射镜 (24) 的方法, 具有下面的步骤:

a) 提供微反射镜阵列 (22), 所述微反射镜阵列 (22) 被布置在微光刻透射曝光设备的照明系统 (10) 中并且包括所述微反射镜 (24), 所述微反射镜 (24) 可关于两个倾斜轴 (x 、 y) 通过各倾斜角度 (α_x 、 α_y) 倾斜, 且所述微反射镜 (24) 被分配三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3), 所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 可通过控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被分别驱动, 从而使得所述微反射镜 (24) 关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 倾斜;

b) 通过激活和测量所述微反射镜 (24) 的各倾斜角度 (α_x 、 α_y) 以及为此施加到所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3), 确定所述倾斜角度 (α_x 、 α_y) 与所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 之间的至少 3 个分配;

c) 根据步骤 b) 中获得的所述分配, 估算参数向量;

d) 规定两个控制变量 (SG_x 、 SG_y), 每个控制变量被分配给一个倾斜轴 (x 、 y);

e) 借助于使用所述估算的参数向量的计算法则, 对给定确定控制变量 (SG_x 、 SG_y), 确定所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3);

f) 施加所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3)。

20. 根据权利要求 17 和 19 中的任一项所述的方法, 其特征在于所述参数向量通过最小二乘估算器被估算。

21. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其特征在于所述微反射镜 (24) 可分别采用至少 3 个关于所述倾斜轴 (x 、 y) 的不同的倾斜角度 (α_x 、 α_y)。

22. 一种用于驱动微反射镜 (24) 的驱动电子装置 (39), 所述微反射镜 (24) 包含在所述微反射镜阵列 (22) 中, 所述微反射镜阵列布置在微光刻透射曝光设备的照明系统 (10) 中, 所述微反射镜 (24) 具有两个倾斜轴 (x 、 y) 且三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 被分配到所述微反射镜 (24), 从而使得所述微反射镜 (24) 关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 倾斜, 且所述驱动电子装置 (39) 包括:

a) 转换器 (46), 具有控制变量 (SG_x 、 SG_y) 的输入, 所述控制变量 (SG_x 、 SG_y) 被分配给关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 的未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y),

b) 两个信号放大器 (50、52), 其可通过所述转换器 (46) 被控制, 以及

c) 切换单元 (48), 通过所述切换单元 (48), 控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 可被施加到所述三个

驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3),

其特征在于,

d) 根据施加到所述转换器 (46) 的输入的所述控制变量 (SG_x 、 SG_y), 所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 中的一个驱动器的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 可借助于所述转换器 (46) 以及所述切换单元 (48) 可被设为常数值, 具体地 0, 以及

e) 所述其它两个控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 可借助于所述转换器 (46)、所述切换单元 (48) 以及所述两个信号放大器 (50、52) 被施加到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3), 使得所述微反射镜 (24) 采用所述未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y), 关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 的所述未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y) 分配给所述控制变量 (SG_x 、 SG_y)。

23. 根据权利要求 22 所述的驱动电子装置 (39), 其特征在于所述转换器 (46) 的控制变量 (SG_x 、 SG_y) 的输入连接到控制系统 (62)、调节系统 (58) 或组合的控制和调节系统 (54), 通过所述控制系统 (62)、所述调节系统 (58) 或所述组合的控制和调节系统 (54) 可由设置点倾斜角度确定所述控制变量 (SG_x 、 SG_y)。

24. 根据权利要求 22 或 23 所述的驱动电子装置 (39), 其特征在于所述转换器 (46) 包括用于分配表的存储器 (45), 由所述分配表, 根据施加到所述转换器 (46) 的输入的所述控制变量 (SG_x 、 SG_y), 可确定所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3)。

25. 根据权利要求 22 至 24 中的任一项所述的驱动电子装置 (39), 其特征在于所述转换器 (46) 包括计算单元 (47), 通过所述计算单元 (47) 借助于使用参数向量的计算法则, 根据施加到所述转换器 (46) 的所述输入的所述控制变量 (SG_x 、 SG_y), 可计算所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3)。

26. 一种用于驱动微反射镜 (24) 的驱动电子装置 (39), 所述微反射镜 (24) 包含在所述微反射镜阵列 (22) 中, 所述微反射镜阵列布置在微光刻透射曝光设备的照明系统 (10) 中, 所述微反射镜 (24) 具有两个倾斜轴 (x 、 y) 且三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 被分配到所述微反射镜 (24), 所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 可通过控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被分别驱动, 从而使得所述微反射镜 (24) 关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 倾斜, 且所述驱动电子装置 (39) 包括:

a) 转换器 (46), 具有控制变量 (SG_x 、 SG_y) 的输入, 所述控制变量 (SG_x 、 SG_y) 被分配给关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 的未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y),

b) 信号放大器 (50、52), 其可通过所述转换器 (46) 被控制并且被直接或间接连接到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3), 使得所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 可被施加到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3),

其特征在于,

c) 所述转换器 (46) 包括用于分配表的存储器 (45), 由所述分配表, 根据施加到所述转换器的所述输入的所述控制变量 (SG_x 、 SG_y), 可确定所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3)。

27. 一种用于驱动微反射镜 (24) 的驱动电子装置, 所述微反射镜 (24) 包含在所述微反射镜阵列 (22) 中, 所述微反射镜阵列布置在微光刻透射曝光设备的照明系统 (10) 中, 所述微反射镜 (24) 具有两个倾斜轴且三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 被分配到所述微反射镜 (24), 所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 可通过控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 被分别驱动, 从而使得所述微反射镜 (24) 关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 倾斜, 且所述驱动电子装置 (39) 包括:

a) 转换器 (46), 具有控制变量 (SG_x 、 SG_y) 的输入, 所述控制变量 (SG_x 、 SG_y) 被分配给关

于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 的未被干扰的倾斜角度 (α_x 、 α_y)，

b) 信号放大器 (50、52)，其可通过所述转换器 (46) 被控制并且被直接或间接连接到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3)，使得所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3) 可被施加到所述驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3)，其特征在于，

c) 所述转换器 (46) 包括计算单元 (47)，通过所述计算单元 (47)，借助于使用参数向量的计算法则，所述参数向量可在参数化阶段被估算，根据施加到所述转换器 (46) 的所述输入的所述控制变量 (SG_x 、 SG_y)，可计算所述三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 的所述控制信号 (U_1 、 U_2 、 U_3)。

28. 微反射镜系统，具有根据权利要求 22 至 27 中的任一项所述的驱动电子装置 (39) 以及微反射镜 (24)，所述微反射镜 (24) 包含在所述微反射镜阵列 (22) 中，所述微反射镜阵列 (22) 布置在微光刻透射曝光设备的照明系统 (10) 中，所述微反射镜 (24) 具有两个倾斜轴且三个驱动器 (E_1 、 E_2 、 E_3) 被分配到所述微反射镜 (24)，从而使得所述微反射镜 (24) 关于所述两个倾斜轴 (x 、 y) 倾斜。

29. 一种切换微光刻透射曝光设备的照明系统 (10) 中的照明设置的方法，包括下面的步骤：

a) 提供微反射镜阵列 (22)，其被布置在所述照明系统 (10) 中且包括 M 个微反射镜 (24)，其中每个微反射镜 (24) 可关于两个倾斜轴 (x 、 y) 通过各倾斜角度 (α_x 、 α_y) 倾斜；

b) 驱动 $k = 1, 2, \dots, M$ 个单独的微透镜 (24)，从而从第一照明设置切换到第二照明设置，其中对于每个 $k = 1, 2, \dots, M$ ，所述两个照明设置之间的切换在少于 50 毫秒的时间段内被完成。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于为了在步骤 b) 中驱动所述单独的微反射镜 (24)，采用根据权利要求 1 至 21 所述的方法。

31. 一种微光刻透射曝光设备的照明系统 (10)，包括：

a) 微反射镜阵列 (22)，其包括 M 个微反射镜 (24)，其中每个微反射镜 (24) 可关于两个倾斜轴 (x 、 y) 通过各个倾斜角度 (α_x 、 α_y) 倾斜；以及

b) 用于驱动单独的微透镜 (24) 的驱动电子装置 (39)，通过驱动 $k = 1, 2, \dots, M$ 个单独的微反射镜 (24)，所述驱动电子装置 (39) 能够切换所述照明设置，从第一照明设置转换到第二照明设置，使得对于每个 $k = 1, 2, \dots, M$ ，所述两个照明设置之间的切换在少于 50 毫秒的时间段内被完成。

32. 根据权利要求 31 所述的照明系统 (10)，其特征在于根据权利要求 22 至 27 中的一项的驱动电子装置被用作所述驱动电子装置。

33. 根据权利要求 31 和 32 中之一的所述的照明系统 (10)，其特征在于 M 大于 1000，优选大于 4000。

驱动微反射镜的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于驱动微反射镜的方法和装置,所述微反射镜用于微光刻投射曝光设备的照明系统中,从而影响投射光的照明角度分布。

背景技术

[0002] 最近已设想对微光刻投射曝光设备的照明系统使用包括多个可单独驱动的微反射镜的所谓的多反射镜阵列 (MMAs, 也称为微反射镜阵列或微反射镜矩阵), 从而使照明系统的投射光的单独的子光束 (sub-beam) 朝不同方向分离。借助于微反射镜, 例如, 投射光的各个子光束可因此被指引到照明系统的光瞳表面的不同位置。由于照明系统的光瞳表面中的强度分布关键性地影响投射光的照明角度分布, 因此照明角度分布由于微反射镜的可单独驱动性而可被规定得更加灵活。尤其对于在光瞳表面中照明环形区域或多极的所谓非传统的照明设置, MMAs 的使用能够使照明角度分布适应于各个情况, 且尤其适应于要被投射的掩模, 而例如不需要替换衍射光学元件。

[0003] 诸如半导体技术已知的, 这样的 MMAs 通常通过光刻方法被制造为微机电系统 (MEMS)。典型的结构尺寸有时为几微米。这样的系统的已知示例例如为, 其微反射镜可关于两端位置之间的轴被数字化倾斜 MMAs。这样的数字 MMAs 通常用于显示图像或影像的数字投影仪中。

[0004] 然而为了在微光刻投射曝光设备的照明系统中使用, MMAs 的微反射镜应该能够连续地采用工作角度范围内的每个倾斜角度。具体地, 微反射镜应该关于两个倾斜轴为可倾斜的。因此, 例如存在已知的微反射镜, 该微反射镜的反射镜表面以通用悬挂的方式被安装, 且可借助于驱动器关于两个倾斜轴被倾斜。驱动器例如可被构造为静电或电磁驱动器。在已知的具有静电驱动器的布置中, 具有两个倾斜轴的微反射镜被安装在四个控制电极之上并且在其背侧具有配位电极或反射镜电极。当电压被施加到控制电极与配位电极之间时, 在它们之间由于静电吸引产生引力作用。依据被驱动的电极, 每个倾斜轴被分配两个相对的控制电极, 且微反射镜可朝一个方向或其它方向倾斜。通过关于两个倾斜轴倾斜的各种组合, 反射镜可倾斜进入工作角度范围内的任何位置。

[0005] 为了驱动单独的驱动器, 每个驱动器需要其自己的电压或电流供应线以及与之连接的驱动电路。为了减小费用以及实现 MMAs 中的微反射镜的最大的高排列密度, US 2003/0189389 因此提出一种采用三个驱动器的系统。然而由于当采用三个驱动器时单独的驱动器的驱动不再独立地按单个倾斜轴动作, 采用一种方法, 通过该方法可从关于两个倾斜轴倾斜的两个控制变量确定驱动器的三个控制信号。在此方法中, 通过采用线性方程系统, 从两个控制变量计算得到三个控制信号。方程系统的解集被各种限制条件限制。例如, 此转换的一个要求在于两个控制变量分别引起关于彼此独立的相关倾斜轴的倾斜。另一限制条件在于由三个驱动器施加到微反射镜上的总力要保持为常数。

[0006] 由于微光刻投射曝光设备的照明系统中的微反射镜的使用对反射镜对准的准确性提出非常多的需要, 因此, 在此系统中, 为驱动器提供可变的控制信号的信号放大器, 诸

如高压输出级,也必须在信号稳定性以及可重复性方面满足最严格的要求。

发明内容

[0007] 因此,本发明的目的是提供用于驱动微反射镜的方法和装置,借助于该方法和装置用于驱动微反射镜的驱动器的费用可被进一步降低。

[0008] 关于方法,根据本发明通过提供微反射镜阵列实现此目的,微反射镜阵列布置于微光刻透射曝光设备的照明系统中且包括微反射镜。微反射镜可关于两个倾斜轴通过各倾斜角度倾斜。微反射镜此外被分配有三个驱动器,该三个驱动器可通过控制信号被分别驱动,从而使得微反射镜关于两个倾斜轴倾斜。两个控制变量随后被规定,每个被分配给一个倾斜轴且其两者被分配给未被干扰倾斜角度。接着,对于两个控制变量的任何希望的组合,根据两个控制变量,三个驱动器中的一个被选择且其控制信号被设为常数值,具体地为0。控制信号随后被确定,使得当控制信号被施加到其它两个驱动器时,微反射镜根据两个控制变量采用未被干扰倾斜角度。最后,控制信号被施加到驱动器。

[0009] 因此,根据本发明,对于可通过三个驱动器关于两个倾斜轴倾斜的微反射镜,选择将被分配给关于倾斜轴的倾斜角度的两个控制变量转换成三个控制信号,使得在每种情况下驱动器中的一个接收设为0或至少设为常数的控制信号。这样,为了驱动特定的倾斜角度组合,分别仅需要两个信号放大器,该两个信号放大器产生对应改变的控制信号并将它们施加到其它两个驱动器。其控制信号被设为常数(具体地被设为0)的驱动器例如通过简单的多路电路可被设为预定值。此预定值通过信号放大器可被选择为对微反射镜阵列的微反射镜的所有组均相等,使得对于每个单独的微反射镜总共需要小于三个的信号放大器。

[0010] 控制变量被优选线性分配为未被干扰倾斜角度,这是因为经由三个驱动器的微反射镜的驱动通过这样的分配就在先步骤而言(例如控制和调节算法)更加简单。

[0011] 其控制信号被设为常数值(具体地被设为0)的驱动器可被选择,通过将具有方向的二维控制变量向量分配给两个控制变量,该两个控制变量被分配到关于两个倾斜轴的未被干扰的倾斜角度。有效倾斜向量被进一步分配给每个单独的驱动器,且随后驱动器被选择,该驱动器的有效倾斜向量的方向与控制变量向量的方向不直接相邻。这使得可以将二维控制变量向量表示为两个直接相邻的有效倾斜向量的线性组合。不直接相邻的并且具有与控制变量向量相反的分量的有效倾斜向量因此从线性组合被去除。不直接相邻的有效倾斜向量的方向也旨在包括其中控制变量向量和有效倾斜向量相符且驱动器的控制信号均因此被设为0的情况。

[0012] 驱动器的前述有效倾斜向量在此情况下由控制变量获得,该控制变量被分配给当仅此驱动器被驱动时微反射镜采用的未被干扰的倾斜角度。有效倾斜向量因此表示每个单独的驱动器影响微反射镜的倾斜的方式,即,如何烈地影响以及在哪个方向上影响。

[0013] 替代由设计数据确定有效倾斜向量,通过测量确定有效倾斜向量是有利的。制造微反射镜以及各分配的驱动器时的制造公差将由此被考虑。

[0014] 在前述方法中,控制变量向量以及有效倾斜向量的方向优选根据下式确定:

$$[0015] \quad \theta = \arctan\left(\frac{SG_y}{SG_x}\right)$$

[0016] 其中 SG_x and SG_y 为分配给关于各个倾斜轴的未被干扰的倾斜角度的控制变量,且

θ 表示各个向量与方向 y 所成的角度, 方向 y 与两个倾斜轴中的一个一致。

[0017] 具体地, 三个驱动器可以任意希望的方式被布置, 且例如在静电驱动器的情况下, 以任何希望的方式成形, 只要它们的有效倾斜向量可利用正的线性组合产生所有给定的控制变量向量, 即, 只要每个控制变量向量可通过有效倾斜向量的正倍数被表示。然而, 对于最佳的力分布, 将驱动器以三重对称方式布置是有利的。

[0018] 前述情况的结果是第一驱动器的有效倾斜向量的方向与方向 y 在排列角度 ϕ 内一致, 第二驱动器的有效倾斜向量与第一驱动器的有效倾斜向量本质上成 120° 的角度, 且第三驱动器的有效倾斜向量与第二驱动器的有效倾斜向量本质上成 120° 的角度。控制变量向量的角度 θ 确定之后, 第三驱动器 (E_3) 随后被选择 $\theta \in [\phi, 120^\circ + \phi]$, 第一驱动器 (E_1) 随后被选择 $\theta \in [120^\circ + \phi, 240^\circ + \phi]$, 且第二驱动器 (E_2) 随后被选择 $\theta \in [240^\circ + \phi, 360^\circ + \phi]$ 。

[0019] 为了能够更加准确地调节微反射镜的倾斜角度, 有利的是, 在本方法的确定变量的步骤中, 通过控制算法、调节算法或组合的控制和调节算法, 由设置点倾斜角度确定两个控制变量。

[0020] 在此情况下, 为此目的规定目标倾斜角度以及确定包括一系列的设置点倾斜角度的轨迹是进一步有利的。此轨迹表示实际倾斜角度向目标倾斜角度的转变, 微反射镜瞬时通过实际倾斜角度倾斜。

[0021] 优选地, 当确定设置点倾斜角度时考虑校准数据。这样, 上级系统不需要修正反射镜的可能的错误设置。

[0022] 用于确定两个控制变量的调节算法在此情况下可被配置, 使得两个控制变量通过调节算法被规定或由此被修正, 调节算法接收调节差异。调节差异由监控系统测得的设置点倾斜角度以及实际倾斜角度的负反馈被确定, 通过微反射镜瞬时通过实际倾斜角度倾斜。这样的调节算法可以补偿影响瞬时倾斜角度的干扰。

[0023] 提供控制算法也可以是有利的, 两个控制变量通过该控制算法被规定, 通过借助于预测控制算法将两个控制变量分配给设置点倾斜角度, 该预测控制算法采用反向系统动力学模型。

[0024] 在本方法的选择其控制信号被设为 0 的驱动器且确定其它两个控制信号的步骤中, 此外优选包括从分配表对给定控制变量确定控制信号的选项。这样, 不需要从计算法则确定控制信号。然而, 为了从分配表确定中间值或为了获得用于确定控制信号的连续函数, 可有利地采用插值法, 具体地双线性插值法或双三次插值法。

[0025] 两个控制变量与三个控制信号之间的分配表在此情况下被编译, 使得通过将各控制信号施加到驱动器, 测量因此导致的倾斜角度并随后将两个控制变量线性分配给导致的倾斜角度, 从而在参数化阶段编译分配表。在此情况下, 当控制信号被施加时, 一个控制信号已经分别保持为常数, 具体地 0。

[0026] 在用于确定控制信号的另一有利的选项中, 对于给定控制变量, 控制信号借助于使用参数向量的计算法则的被确定。由于在此选项中排除了插值法, 因此其可导致被更准确确定的控制信号。

[0027] 可以从设计数据确定采用的参数向量。然而优选地, 通过从倾斜角度与三个驱动器的控制信号之间的至少 3 个分配的估算, 参数向量在参数化阶段被确定。通过将各控制信号施加到驱动器并且测量由此导致的倾斜角度, 确定这些至少六个配置。

[0028] 本发明的另一方面提供一种用于驱动微反射镜的方法,其中微反射镜阵列被初始地提供,微反射镜阵列被布置在微光刻透射曝光设备的照明系统中并且包括微反射镜,微反射镜可关于两个倾斜轴通过各倾斜角度倾斜。微反射镜被分配三个驱动器,三个驱动器可通过控制信号被分别驱动从而使得微反射镜关于两个倾斜轴倾斜。在第二步中,通过激活和测量微反射镜的多个倾斜角度以及存储为此施加到三个驱动器的控制信号,从而编译倾斜角度与三个驱动器的控制信号之间的分配表。随后规定两个控制变量,每个控制变量被分配给一个倾斜轴,且两个控制变量均被线性分配给未被干扰的倾斜角度。根据在先步骤中的分配,通过将两个控制变量线性分配给分配表的倾斜角度,并且从分配表读出分配给这些倾斜角度的控制信号,从而随后确定导致微反射镜倾斜通过未被干扰的倾斜角度的控制信号。最后,控制信号被施加到驱动器。此以上描述的方法的优点在于,由于分配表的编译,不必进一步考虑控制信号、控制变量和倾斜角度之间的关系,且此方法配置因此非常简单。特别地,则不会发生由于简化模型假设引起的误差。在与分配表有关的此方法中也可采用插值法,具体地双线性插值法或双三次插值法。

[0029] 替代使用编译分配表的上述方法,本发明的另一方面提供一种用于驱动微反射镜的方法,其中微反射镜阵列被初始地设置,微反射镜阵列被布置在微光刻透射曝光设备的照明系统中并且包括微反射镜,微反射镜可关于两个倾斜轴通过各倾斜角度倾斜。微反射镜被分配三个驱动器,三个驱动器通过控制信号可被分别驱动,从而关于两个倾斜轴倾斜微反射镜。接着,通过激活和测量微反射镜的各种倾斜角度以及为此施加到三个驱动器的控制信号,确定倾斜角度与三个驱动器的控制信号之间的至少 3 个分配。随后从在先步骤中获得的配置关系估算参数向量。随后规定两个控制变量,每个控制变量被分配给一个倾斜轴。借助于使用估算的参数向量的计算法则,则对给定控制变量确定控制信号。最后,控制信号被施加到驱动器。

[0030] 在使用参数向量的上述方法中,由于参数向量以多于 3 种分配关系被多重确定,其例如通过最小二乘估算器被估算,从而减小初始由于测量不准确性引起的错误。

[0031] 上述每种方法优选对微反射镜操作,该微反射镜可分别采用至少三个关于倾斜轴不同的倾斜角度。则使得用投射光可照明光瞳表面的至少九个不同位置。根据另一选择,微反射镜可准连续地采用在它的工作角度范围内的所有的角度。

[0032] 就装置而言,上述方法借助于用于驱动包含在微反射镜阵列中微反射镜的驱动电子装置被执行,微反射镜阵列布置在微光刻透射曝光设备的照明系统中。微反射镜具有两个倾斜轴且三个驱动器被分配到该微反射镜。三个驱动器通过控制信号可被分别驱动,从而使得微反射镜关于两个倾斜轴倾斜。驱动电子装置包括具有控制变量的输入的转换器,该控制变量被分配给关于两个倾斜轴的未被干扰的倾斜角度。驱动电子装置进一步包括两个信号放大器以及切换单元,信号放大器可由转换器控制,控制信号通过切换单元可被施加到三个驱动器。根据施加到转换器输入的控制变量,三个驱动器中的一个驱动器的控制信号借助于转换器以及切换单元可被设为常数值,具体地 0。另外两个控制信号可借助于转换器、切换单元以及两个信号放大器被施加到驱动器,使得微反射镜采用分配给控制变量的关于两个倾斜轴的未被干扰的倾斜角度。

[0033] 为了甚至更准确地关于两个倾斜轴调节倾斜角度,转换器的控制变量的输入优选连接到控制系统、调节系统或组合的控制和调节系统,通过控制系统、调节系统或组合的控

制和调节系统,控制变量可由设置点倾斜角度被确定。

[0034] 转换器包括用于分配表的存储器是进一步有利的,从分配表,根据施加到转换器的输入的控制变量,可确定三个驱动器的控制信号。有利的,可提供允许控制信号的插值(具体地双线性插值或双三次插值)的装置。

[0035] 转换器的另一有利实施例包括计算单元,通过该计算单元,借助于使用参数向量的计算法则,根据施加到转换器的输入的控制变量,可计算三个驱动器的控制信号。

[0036] 根据本发明的另一方面,用于驱动包含在微反射镜阵列中的微反射镜的驱动电子装置包括具有控制变量的输入的转换器,微反射镜阵列布置在微光刻透射曝光设备的照明系统中并且包括微反射镜,微反射镜具有两个倾斜轴且微反射镜被分配三个驱动器,三个驱动器可被控制信号分别驱动,从而使微反射镜关于两个倾斜轴倾斜。控制变量被分配给关于两个倾斜轴的未被干扰的倾斜角度。驱动电子装置进一步包括信号放大器,其可通过转换器被控制且被直接或间接连接到驱动器。这样,控制信号可被施加到驱动器。转换器现包括用于分配表的存储器,从分配表,根据施加到转化器的输入的控制变量,可确定三个驱动器的控制信号。在此又一次地,可有利地提供允许控制信号的插值(具体地双线性插值或双三次插值)的装置。

[0037] 根据本发明的另一方面,用于驱动包含在微反射镜阵列中的微反射镜的驱动电子装置包括具有控制变量的输入的转换器,微反射镜阵列布置在微光刻透射曝光设备的照明系统中,微反射镜具有两个倾斜轴且微反射镜被分配三个驱动器,三个驱动器可被控制信号分别驱动,从而使微反射镜关于两个倾斜轴倾斜。控制变量被分配给关于两个倾斜轴的未被干扰的倾斜角度。驱动电子装置进一步包括信号放大器,其可通过转换器被控制且被直接或间接地连接到驱动器。这样,控制信号可被施加到驱动器。转换器现包括计算单元,通过计算单元借助于使用可在参数化阶段被估算的参数向量的计算法则,根据施加到转换器的输入的控制变量,可计算三个驱动器的控制信号。

[0038] 以上驱动电子装置优选与微反射镜结合以形成微反射镜系统,微反射镜包含在微反射镜阵列中,微反射镜阵列布置在微光刻透射曝光设备的照明系统中。这样,微反射镜具有两个倾斜轴以及被分配到微反射镜的三个驱动器,从而使微反射镜关于两个倾斜轴倾斜。

[0039] 此外,本发明提供一种方法,用于转换微光刻投射曝光装置的照明系统中的照明设置,包括下面的步骤:

[0040] a) 提供微反射镜阵列,其被布置在照明系统中且包括 M 个微反射镜,其中每个微反射镜可关于两个倾斜轴通过各倾斜角度倾斜;

[0041] b) 驱动 $k = 1, 2, \dots, M$ 个单独的微透镜,从而从第一照明设置转换到第二照明设置,其中对于每个 $k = 1, 2, \dots, M$, 两个照明设置之间的转换在少于 50 毫秒的时间段内被完成。

[0042] 由于微反射镜影响照明系统的照明设置,因此尽管微反射镜阵列中微反射镜的通常较高的数量 M , 此方法可实现在不同的照明设置之间非常快的转换。其倾斜角度必须被改变从而从一个照明设置转换到另一个照明设置的单独的微反射镜的数量 k 取决于两个照明设置之间的差异。微反射镜的数量 k 以及微反射镜的旧的倾斜角度以及新的倾斜角度将通过较高水平的算法被确定,其为了转换照明设置,试图仅对必要多的微反射镜改变倾斜

角度。然而,本发明也包括在 50 毫秒内改变所有 M 个微反射镜的倾斜角度。

[0043] 优选地,这种快速转换照明设置的方法通过采用根据上述方法中的一个方法驱动单独的微反射镜来实现。由于上述方法允许减小必须的信号放大器以及对应的驱动电子装置的数量,信号路径被缩短,导致微反射镜倾斜角度的非常快的转换。采用根据这些方法的合适的设置,驱动电子装置要转送的信号的数量也可被减小,导致照明设置的转换进一步加快。

[0044] 根据本发明的另一方面,提供了微光刻曝光设备的照明系统,其包括微反射镜阵列器,微反射镜阵列器包括 M 个微反射镜,其中每个微反射镜可关于两个倾斜轴通过各倾斜角度倾斜。该系统还可包括用于驱动单独的微反射镜的驱动电子装置,通过驱动 $k = 1, 2, \dots, M$ 个单独的微反射镜,驱动电子装置能够转换照明设置,从第一照明设置转换到第二照明设置,从而对每个 $k = 1, 2, \dots, M$ 在小于 50 毫秒的时间段内完成两个照明设置之间的转换。这种具有照明设置的快速转换的照明系统提供较高的通过量。

[0045] 优选的,这种照明系统采用上述驱动电子装置作为驱动电子装置。

[0046] 优选的,这种照明系统中的可倾斜的微反射镜的数量 M 大于 1000, 优选大于 4000, 从而可能以较高分辨率提供不同照明设置。

附图说明

[0047] 图 1 显示通过具有多反射镜阵列的微光刻投射曝光设备的照明系统的简化的子午截面图;

[0048] 图 2 显示多反射镜阵列的简化透视图,其中单独的微反射镜具有正方形的外部轮廓;

[0049] 图 3 显示具有圆形外部轮廓的多反射镜阵列以及用于驱动它的驱动电子装置的简化透视图;

[0050] 图 4 显示示意图,其示出驱动器的取向和效果与微反射镜的倾斜之间的关系;

[0051] 图 5 显示根据现有技术已知的装置施加到驱动器的控制信号图(顶)以及由此导致的微反射镜上的力作用(底);

[0052] 图 6 显示采用根据用于驱动微反射镜的本发明的方法,施加到驱动器的控制信号图(顶)以及由此导致的微反射镜上的力作用(底);

[0053] 图 7 显示用于驱动微反射镜的控制和调节算法的示意图。

具体实施方式

[0054] 图 1 显示微光刻投射曝光设备的照明系统 10 的高度简化的子午截面。照明系统 10 被用于适当地照明带有要被成像的光刻结构的掩模 12。通常,希望以投射光最大均匀地照明掩模 12,使得掩模 12 上的结构可被尽可能均匀地转移到涂敷有抗蚀剂的晶片上。除照到掩模点的总强度之外,关键性影响微光刻投射曝光设备的成像系统的另一因素是投射光的照明角度分布。照明角度分布旨在表示照到掩模点的光的总强度在光照到掩模点的不同入射角度之间的分布。具体地,希望照明角度分布适应于要被照明的结构类型,从而实现最大最优的成像。

[0055] 为此,照明系统 10 在其光束路径中包括多个光学元件,该多个光学元件在图 1 中

大多仅以高度简化的方式表示或未示出。通过激光器 14 或另外的光源产生的投射光初始地由第一光学部件 16 展开并通过平面反射镜 18 引导到微透镜阵列 20 上。平面反射镜 18 主要用于使照明系统 10 的外型尺寸保持得小。

[0056] 沿光束路径往下,投射光照到将在后面参考图 2 描述的所谓的多反射镜阵列 22。多反射镜阵列 22 包括多个微反射镜 24,微反射镜 24 可通过驱动工具 26(优选单独地)被倾斜。上游微透镜阵列 20 将投射光的单独的子光束会聚到微反射镜 24 上。

[0057] 借助于驱动仪器 26,单独的微反射镜 24 可被倾斜使得投射光的子光束经由第二光学部件 28 在可自由选择的位置穿过光瞳表面 30。布置在此光瞳表面 30 附近的蝇眼积分器 32 在光瞳表面 30 中产生多个二次光源,多个二次光源经由第三光学部件 34 均匀地照明中间场平面 35,可调节的光阑元件 37 布置于中间场平面 35 中。第三光学部件 34 在光瞳表面 30 中的角度与中间场平面 35 中的位置之间产生分配。中间场平面中的位置通过物镜 36 被成像到掩模 12 布置于其中的掩模平面。光瞳表面 30 中的强度分布因此不仅在中间场平面 35 中而且在掩模平面中确定照明角度分布。

[0058] 通过多反射镜阵列 22 的单独的微反射镜 24 的不同的倾斜,不同的照明角度分布可因此被非常灵活地设置。通过适当驱动微反射镜 24,照明角度分布甚至可在曝光期间被修改。

[0059] 图 2 显示多反射镜阵列 22 的简化透视图,其中单独的微反射镜 24 是平的且具有正方形轮廓。为了将通过光束路径上游的微透镜阵列 20 产生的入射子光束引导到光瞳表面 30 中的任何希望的位置,每个微反射镜 24 关于两个倾斜轴 x 和 y 被倾斜地安装。关于轴 x、y 倾斜本身可通过驱动器控制,且如果可能每个微反射镜 24 应该被分配其自己的一组驱动器使得微反射镜 24 可被单独驱动。因此,具有相关驱动器的每个微反射镜 24 因此形成在多反射镜阵列 22 之上重复的反射镜单元 38。

[0060] 多反射镜阵列 22 中的反射镜单元 38 的数量越多,在光瞳表面 30 中的强度分布可分辨得更精细。可设想具有几千个关于两个倾斜轴 x、y 可倾斜的微反射镜 24 的多反射镜阵列 22。这种多反射镜阵列 22 可例如以 MEMS 技术被制造。

[0061] 图 3 显示镜单元 38 的实施例的高度示意性的透视图,其中,不同于图 2 所示的实施例,微反射镜 24 具有圆形轮廓。驱动电子装置由 39 表示,驱动电子装置为驱动仪器 26 的一部分且此微反射镜 24 通过驱动电子装置 39 可被驱动。

[0062] 反射镜单元 38 的主要构件是具有平面反射镜支架的微反射镜 24,该微反射镜 24 的反射镜表面 40 载有反射所用投射光(例如具有 193nm 波长的 VUV 光)的涂层。反射镜表面 40 可被分配一表面法线 42,照到微反射镜 24 的投射光的入射角和出射角可相对于表面法线 42 被定义。在曲面反射镜表面 40 的情况下,为此目的平均表面法线 42 可被定义。

[0063] 微反射镜 24 通过通用的悬挂(未示出)被关于图 3 中的虚线表示的两个倾斜轴 x、y 可倾斜安装。允许两个旋转自由度的通用的悬挂通过用于支撑它的回弹固态关节在微反射镜 24 上施加回复力矩,并且因此将其保持在稳定的中心位置。

[0064] 例如通过气相沉积金属层产生的反射镜电极 44 被施加到微反射镜 24 的背侧。被构造为顶角为 120° 的圆盘片段的第一控制电极 E₁、第二控制电极 E₂ 以及第三控制电极 E₃ 被施加成与此反射镜电极 44 相对,且因此与反射镜单元 38 的基板上的整个微反射镜 24 相对。对于多个反射镜阵列 22 的每个反射镜单元 38,三个控制电极 E₁、E₂ 和 E₃ 以及反射镜电

极 44 的线脚从 MEMS 单元被送出并连接到相关的驱动电子装置 39。

[0065] 通过在反射镜电极 44 与控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 之间施加各电压 U_1 、 U_2 和 U_3 ，反射镜电极 44 由于静电吸引被单独的控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 牵引。两个电极之间的此吸引力通过通用的悬挂被转换为微反射镜 24 关于两个倾斜轴 x 和 y 的倾斜。控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 因此用作使微反射镜 24 倾斜的驱动器。

[0066] 通过各电压 U_1 、 U_2 和 U_3 的相互作用以及由通用悬挂的固态关节建立的回复力矩实质控制各个倾斜角度。由于微反射镜 24 在此旨在非常小，因此在此实施例中可忽略作用到微反射镜 24 上的其它力，例如重力。然而，由于诸如壳体振动、气流或热效应的效应引起的力可对微反射镜 24 的真实设置具有相当大的影响。

[0067] 为了实现反射镜单元 38 的可能的最简单的驱动，在本实施例中，控制变量 SG_x 和 SG_y 被传送到驱动电子装置，该控制变量 SG_x 和 SG_y 分配（优选线性地分配）到希望的关于倾斜轴 x 和 y 未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 。为了将这些控制变量 SG_x 和 SG_y 转换成电压 U_1 、 U_2 和 U_3 ，驱动电子装置 39 包括转换器 46、多路器 (multiplexer) 48 以及两个可控的高压输出级 50 和 52 形式的两个信号放大器。转换器 46 接收两个输入线上的两个控制变量 SG_x 和 SG_y ，通过存储器 45 和 / 或计算单元 47 确定施加到控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 的三个电压 U_1 、 U_2 和 U_3 的值。根据控制变量 SG_x 和 SG_y ，根据下面借助于图 4 至 6 解释的方法，一个控制电极 E_1 、 E_2 或 E_3 被分别选择，例如第一控制电极 E_1 ，且其相对反射镜电极 44 的电压 U_1 通过多路器 48 被设置为 0，即，其被置于与反射镜电极 44 相同的电势。经由从转换器 46 引导到高压输出级 50 和 52 的两个控制线，转换器 46 随后将其它两个电压 U_2 和 U_3 设置到引起微反射镜 24 的希望倾斜的值。接收这两个电压 U_2 和 U_3 并进而由转换器 46 驱动的多路器 48 将选择的控制电极 E_1 设置为 0 并且将相关的电压 U_2 和 U_3 施加到其它两个控制电极 E_2 或 E_3 。

[0068] 这样，在每种情况下仅需要两个信号放大器来驱动三个驱动器，从而实现微反射镜 24 关于两个倾斜轴 x 、 y 的希望倾斜。由于多反射镜阵列 22 中的多个反射镜单元 38，这大大减小了用于驱动微反射镜 24 的硬件费用。

[0069] 如果在另一实施例中，例如采用电磁驱动器替代静电控制电极 E_1 、 E_2 或 E_3 ，则由各电压 U_1 、 U_2 和 U_3 在此形成的控制信号例如可通过替代高压输出级 50 和 52 的恒定的电流源被产生。具体地，由转换器 46 规定的信号也可以纯粹的数字形式被传送到所用的信号放大器，在具有集成的功率输出级的数字 - 模拟转换器的情况下如此也是可能的。

[0070] 如果所用的驱动器需要特定的交互信号，则不将所选的驱动器的控制信号设置为 0，而是也可通过多路器 48 施加在多反射镜阵列 22 的多个反射镜单元 38 上为常数的控制信号。这样，在此情况下，每个反射镜单元 38 所需的信号放大器的数量在多反射镜阵列 22 上平均也被减小。

[0071] 下面将借助于图 4 至 6 描述计算方法，施加到反射镜单元 38 的驱动器的三个控制信号通过该计算方法可被确定。

[0072] 该方法的起点是两个控制变量 SG_x 和 SG_y ，两个控制变量 SG_x 和 SG_y 例如从控制和调节算法的输出传送到转换器 46 并且被分配给希望的角度，即，关于各个倾斜轴 x 、 y 的微反射镜 24 的未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 。因此对于给定的控制变量 SG_x 和 SG_y ，该方法必须能够尽可能精确地确定电压 U_1 、 U_2 和 U_3 ，电压 U_1 、 U_2 和 U_3 使得微反射镜 24 倾斜为对应

的未被干扰倾斜角度 α_x 和 α_y 。

[0073] 对于在静电驱动器情况下的第一近似,控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 作用到微反射镜 24 上的扭矩可被设定为与各个电压 U_1 、 U_2 和 U_3 的平方成比例。由通用的悬挂的固态关节引起的回复力矩与微反射镜 24 的倾斜大致成比例,只要运动发生在固态关节的弹性范围内,该回复力矩与这些扭矩平衡。回复力矩的比例常数(也被称为转动弹簧常数)可以被设置为在倾斜轴 x 和 y 的方向上不同。因此借助于这些旋转弹簧常数,可以用公式表示下面的未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 对施加的电压 U_1 、 U_2 和 U_3 的依赖关系的简单模型,在此为了更简单的公式符号,这些旋转弹簧常数通过它们的倒数数值被表示为 c_x 和 c_y :

$$[0074] \quad \begin{pmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_x e_{1x} \\ c_y e_{1y} \end{pmatrix} \cdot U_1^2 + \begin{pmatrix} c_x e_{2x} \\ c_y e_{2y} \end{pmatrix} \cdot U_2^2 + \begin{pmatrix} c_x e_{3x} \\ c_y e_{3y} \end{pmatrix} \cdot U_3^2 \quad (1)$$

[0075] 这里, $e_1 = (e_{1x}, e_{1y})^T$, $e_2 = (e_{2x}, e_{2y})^T$ 和 $e_3 = (e_{3x}, e_{3y})^T$ 是倾斜轴 x 、 y 的坐标系统中的比例因子,其通过乘以电压的平方 U_1^2 、 U_2^2 和 U_3^2 给出由单独的控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 引起的扭矩。因此这些比例因子例如也被控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 以及反射镜电极 44 的不同取向或构造影响,此外也被它们制造期间的制造公差影响。分别旋转经过 120° 的向量对这里假设的情况可被设为 e_1 、 e_2 和 e_3 ,向量的长度对应于电极的力作用,其中控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 理想地以三重对称性定位并且相等。

[0076] 通过结合系数和重新布置,方程 (1) 可被重新写得更简单:

$$[0077] \quad \begin{pmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1x} & p_{2x} & p_{3x} \\ p_{1y} & p_{2y} & p_{3y} \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_1^2 \\ U_2^2 \\ U_3^2 \end{pmatrix} =: T \begin{pmatrix} U_1^2 \\ U_2^2 \\ U_3^2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

[0078] 可从设计数据或通过测量方法获得矩阵 T 的项目,其表示反射镜单元 38 的模型参数 p_{1x} 、 p_{1y} 、 p_{2x} 、 p_{2y} 、 p_{3x} 、 p_{3y} 。这种测量方法的示例将在下面更详细地解释。

[0079] 如果由于例如电极形式的不同实施例,不存在扭矩对于各电压 U_1 、 U_2 和 U_3 的二次依赖关系,则在以上的模型中具有电压的平方的向量可在任何时候被任意函数 $f_i(U_i)$ 替代。

[0080] 方程系统 (2) 具有无穷多个解,为了简化通过要求电压 U_1 、 U_2 和 U_3 大于或等于 0,这些解可被部分地限制,这是因为两个电极之间的静电吸引效应不依赖所用电压的极性,且高压输出级 50、52 因此可对仅具有一个极性的电压范围被构造。

[0081] 如果电压 U_1 、 U_2 和 U_3 现被设为等于 0,则方程系统 (2) 变成有唯一解,这是因为现仅存在两个要确定的未知量。然而,对于关于两个倾斜轴 x 和 y 的微反射镜 24 的特定倾斜,不能将任何电压 U_1 、 U_2 或 U_3 设为 0。由于此原因,在第一步中需要选择其电压 U_1 、 U_2 或 U_3 可被设为 0 的控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 。

[0082] 如具体可从图 4 中所见,控制变量 SG_x 和 SG_y 横跨控制变量空间,其被分配给关于倾斜轴 x 和 y 未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 的空间。原则上,此分配或坐标变换可以任何方式产生,控制变量 SG_x 和 SG_y 优选被彼此独立地并线性地分配给它们的各倾斜角度。在本实施例中,设定控制变量 SG_x 和 SG_y 与未被干扰倾斜角度 α_x 、 α_y 之间为相同的分配。两个空间的坐标轴因此彼此对应,如图 4 所示。在控制变量空间中,控制变量 SG_x 和 SG_y 的各种组合现在可被描绘为不同的控制变量向量 SGV 。

[0083] 此外,如图 4 所示,通过控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 以及分配给它们的有效倾斜向量 w_1 、 w_2 和 w_3 ,控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 对于微反射镜 24 的影响也可在此控制变量空间中被考虑。控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 的各有效倾斜向量 w_1 、 w_2 和 w_3 在此情况下由分配给那些未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 的控制变量 SG_x 和 SG_y 给出,当仅此控制电极 E_1 、 E_2 或 E_3 被以标准电压的形式驱动时,微反射镜 24 采用该未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 。

[0084] 除了乘以标准电压以及在控制变量空间中表示之外,有效倾斜向量 w_1 、 w_2 和 w_3 因此对应于所述项目,或更精确而言矩阵 T 的列,其表示方程 (2) 中的反射镜单元 38 的模型参数 p_{1x} 、 p_{1y} 、 p_{2x} 、 p_{2y} 、 p_{3x} 、 p_{3y} 。在具有以三重对称性布置的控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 的实施例中,因此考虑第一控制电极 E_1 与倾斜轴 y 之间的例如由于制造公差引起的排列角度 ϕ 。

[0085] 如果被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 的希望组合或更精确而言分配给它们的控制变量 SG_x 和 SG_y 现被描绘为图 4 中的控制变量向量 SGV ,则这也可由控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 的有效倾斜向量 w_1 、 w_2 和 w_3 的线性组合表示。

[0086] 根据现有技术,如图 5 所示方程 (2) 的方程系统已经在前被解,附加的限制条件是作用到反射镜元件 24 上的总力 F_z 保持为常数。这意味着对于每个控制变量向量 SGV , $U_1^2+U_2^2+U_3^2$ 的和应该是相等的值。这对于给定控制变量向量 SGV 的关于图 4 中的图的原点的一个周转,其对应于在具有给定顶角的锥面上移动微反射镜 24 的表面法线 42,在图 5 的上部给出例如 U_1 (连续的)、 U_2 (短线的) 以及 U_3 (点线的) 电压分布。

[0087] 然而在本实施例中,保持微反射镜 24 上的总力 F_z 为常数的限制条件被省略,且替代地,三个控制电极 E_1 、 E_2 或 E_3 中的一个被选择且它的电压 U_1 、 U_2 或 U_3 被设为 0。不可否认,这不能排除微反射镜 24 将在与倾斜轴垂直的方向上执行反射镜的偏移运动。然而这样的偏移运动对光学功能一般不是有害的,这是因为在平面微反射镜 24 的情况下的偏移运动不影响投射光在其中被偏转的方向。

[0088] 为此,确定关于三个控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 的有效倾斜向量 w_1 、 w_2 和 w_3 的控制变量向量 SGV 的取向。在此情况下,方程

$$[0089] \quad \theta = \arctan\left(\frac{SG_y}{SG_x}\right) \quad (3)$$

[0090] 可被用以确定角度 θ ,当考虑各个象限时。

[0091] 如果角度 θ 在角度范围 $[\phi, 120^\circ+\phi]$ 内,即,控制变量向量 SGV 位于第一控制电极 E_1 的有效倾斜向量 w_1 与第二控制电极 E_2 的有效倾斜向量 w_2 之间,则第三控制电极 E_3 的控制信号,即, U_3 被设为 0,且控制变量向量 SGV 被生成为有效倾斜向量 w_1 和 w_2 的线性组合。为了解线性方程系统,这里给出:

$$[0092] \quad \begin{pmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1x} & p_{2x} & p_{3x} \\ p_{1y} & p_{2y} & p_{3y} \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_1^2 \\ U_2^2 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1x} & p_{2x} \\ p_{1y} & p_{2y} \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_1^2 \\ U_2^2 \end{pmatrix} = T' \begin{pmatrix} U_1^2 \\ U_2^2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

[0093] 当正解被选择用于开方根时,此方程可被唯一的求解。通过

$$[0094] \quad \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix} = +\sqrt{T'^{-1} \begin{pmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \end{pmatrix}} \quad (5)$$

[0095] 方程 (5) 中的开方被理解为逐分量的开方。

[0096] 如果角度 θ 在角度范围 $[120^\circ+\varphi, 240^\circ+\varphi]$ 内, 则, 如可从图 4 中所见, 设置 $U_1 = 0$ 且其它两个方程根据下式确定:

$$[0097] \quad \begin{pmatrix} U_2 \\ U_3 \end{pmatrix} = +\sqrt{T^{m-1}} \begin{pmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \end{pmatrix} \text{ 其中 } T^m = \begin{bmatrix} p_{2x} & p_{3x} \\ p_{2y} & p_{3y} \end{bmatrix} \quad (6)$$

[0098] 对于在 $[240^\circ+\varphi, 360^\circ+\varphi]$ 内的 θ , 对应地设置 $U_2 = 0$ 且 U_1 和 U_3 根据下式确定:

$$[0099] \quad \begin{pmatrix} U_1 \\ U_3 \end{pmatrix} = +\sqrt{T^{m-1}} \begin{pmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \end{pmatrix} \text{ 其中 } T^m = \begin{bmatrix} p_{1x} & p_{3x} \\ p_{1y} & p_{3y} \end{bmatrix} \quad (7)$$

[0100] 在以上的解中, 两个未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 现在一般可被采用控制变量 SG_x 、 SG_y 的分配函数 $\alpha_i = f(SG_i)$ 替代。因此对于所有的控制变量向量 SGV , 获得从控制变量 SG_x 、 SG_y 计算三个电压 U_1 、 U_2 和 U_3 方法。

[0101] 图 6 的上部分示出电压 U_1 (连续的)、 U_2 (虚线的) 以及 U_3 (点线的) 分布, 并显示通过这里采用的方法, 尤其需要较低的最大电压以实现特定的倾斜, 这是因为控制电极 E_1 、 E_2 或 E_3 分别设为 0, 该控制电极的有效倾斜向量 w_1 、 w_2 和 w_3 包含将与控制变量向量 SGV 相反的分量。高压输出级 50、52 的工作范围可因此被选择为较小, 使得可实现对单独的电压的较小的量子化级以及随之发生的较小的误差。图 6 的下部分也显示总力 F_z 的变化, 其发生在这里描述的方法中并导致已经在上提到的偏移运动。

[0102] 如上所述, 测量方法可被用于确定模型参数 p_{1x} 、 p_{1y} 、 p_{2x} 、 p_{2y} 、 p_{3x} 、 p_{3y} , 即, 矩阵 T 的项目, 从而考虑反射镜单元 38 的制造中的工艺变量。在这种测量方法中, 各电压 U_1 、 U_2 和 U_3 被施加且由其导致的倾斜角度 α_x 和 α_y 被测量。为了演示此方法, 方程系统 (2) 可被重新写成:

[0103]

$$\begin{pmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} U_1^2 & U_2^2 & U_3^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & U_1^2 & U_2^2 & U_3^2 \end{bmatrix} \underbrace{\begin{pmatrix} p_{1x} \\ p_{2x} \\ p_{3x} \\ p_{1y} \\ p_{2y} \\ p_{3y} \end{pmatrix}}_{\vec{p}} \quad (8)$$

[0104] 此表示现在示出列向量 \vec{p} 形式的矩阵 T 的原始项目 p_{1x} 、 p_{1y} 、 p_{2x} 、 p_{2y} 、 p_{3x} 、 p_{3y} , 表示具有两个方程的方程系统的未知数。

[0105] 仅由一次测量将不能确定模型参数 p_{1x} 、 p_{1y} 、 p_{2x} 、 p_{2y} 、 p_{3x} 、 p_{3y} , 这是因为方程 (8) 的方程系统不能被充分地确定。通过 N 个测量点, 要求 $N \geq 3$, 即三个电压 U_1 、 U_2 和 U_3 被 N 次分配给两个倾斜角度 α_x 和 α_y , 然而方程 (8) 可被建立 N 次:

[0106]

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \alpha_{x1} \\ \alpha_{y1} \\ \vdots \\ \alpha_{xN} \\ \alpha_{yN} \end{pmatrix}}_{\vec{\alpha}} + \vec{e} = \underbrace{\begin{bmatrix} U_{11}^2 & U_{21}^2 & U_{31}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & U_{11}^2 & U_{21}^2 & U_{31}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ U_{1N}^2 & U_{2N}^2 & U_{3N}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & U_{1N}^2 & U_{2N}^2 & U_{3N}^2 \end{bmatrix}}_H \underbrace{\begin{pmatrix} p_{1x} \\ p_{2x} \\ p_{3x} \\ p_{1y} \\ p_{2y} \\ p_{3y} \end{pmatrix}}_{\vec{p}} \quad (9)$$

[0107] 向量 \vec{e} 代表每次测量中固有的测量不准确性。如果电压 U_{11} 至 U_{3N} 现在被选择使得矩阵 H 具有满秩,则可从方程系统(9)确定未知的模型参数 p_{1x} 、 p_{1y} 、 p_{2x} 、 p_{2y} 、 p_{3x} 、 p_{3y} 。

[0108] 参数向量 \vec{p} 在此情况下例如以最小二乘估算器或另一估算器由下式估算,

$$[0109] \quad \vec{p} = (H^T H)^{-1} H^T \vec{\alpha} \quad (10)$$

[0110] 从而通过更大数量的测量,尽可能的消除参数向量的误差,或更精确而言测量不准确性的影响。

[0111] 替代在计算模型中模型化施加的电压 U_1 、 U_2 和 U_3 与由此导致的未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 之间的关系,确定电压 U_1 、 U_2 和 U_3 的稍许不同的方法在于从已经被在先确定的所谓的查阅表简单的读出它。

[0112] 为此,在两个倾斜轴 x 、 y 的角度范围内的 N^2 个未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 在测量时期被激活,且这些未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 与为此所需的电压 U_1 、 U_2 和 U_3 一起被存储到表中,优选存储到电子存储器中。 N^2 个测量点被适当地均匀分配到两个倾斜轴 x 、 y 的角度范围内的 $N \times N$ 的栅格上。例如可借助于调节算法执行单独的倾斜角度的激活,测量的倾斜角度 α_x 和 α_y 进而被提供给该算法。然而,测量期间的单独的倾斜角度也可仅通过控制算法被激活,其中仅测量真实的倾斜角度并与相关的电压 U_1 、 U_2 和 U_3 存储到表中。

[0113] 对于控制变量 SG_x 、 SG_y 的每个组合以及查阅表,借助于控制变量 SG_x 、 SG_y 与未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y 之间的给定的分配,相关的电压 U_1 、 U_2 和 U_3 在操作期间可被读出并且被施加到控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 。由于电压 U_1 、 U_2 和 U_3 的值仅在 $N \times N$ 的倾斜角度 α_x 和 α_y 的位置可用,通过插值法,例如双线性插值法或双三次插值法可计算中间值。

[0114] 刚才解释的这些程序也可被组合,从而将电压 U_1 、 U_2 和 U_3 中的一个设为0,如上所述通过在编译查阅表时,或更精确地在激活 N^2 个倾斜角度 α_x 、 α_y 时,已经将电压 U_1 、 U_2 和 U_3 设为0。通过这种方法信号放大器的费用也可被保持得小。

[0115] 由于真实系统中的反射镜单元38总是受到某些干扰 z ,下面将解释控制和调节算法54,其根据具体的目标倾斜角度调节微反射镜24的真实的实际值。

[0116] 为此,图7显示作为驱动仪器26的一部分的控制和调节系统54的图。其各种元件可单独实施为装置。然而优选地,控制和调节算法54的功能通过数字算法承担,数字算法例如在数字信号处理器(DSP)中执行。由于此原因,以下关于各种元件的评论也旨在对于算法形式的实施例。各种实施例可选择性地仅包括这些控制和调节元件的单独部分。

[0117] 作用于干扰 z 的由短线表示的调节部分包括具有微反射镜24的反射镜单元38以及相关的驱动电子装置39。如果对于将控制变量 SG_x 、 SG_y 分配给关于两个倾斜轴 x 、 y 的微反射镜24的未被干扰的倾斜角度 α_x 和 α_y ,选择线性的优选相等的分配,则由于驱动电子装置39,关于控制和调节元件的考虑仍然不受未被干扰倾斜角度 α_x 和 α_y 对驱动器的三

个控制信号的复杂的依赖关系的影响,三个控制信号在此以电压 U_1 、 U_2 和 U_3 的形式被施加到反射镜单元 38 的控制电极 E_1 、 E_2 和 E_3 。控制和调节元件的逻辑因此被保持得直接简单,其尤其简化了它们的布局。

[0118] 在控制和调节算法 54 的输入,轨迹确定单元 56 接收来自上级的系统或用户的目标角度,微反射镜 24 最终旨在通过该目标角度被倾斜。从这些目标倾斜角度,轨迹确定单元 56 随后确定一系列的设置点倾斜角度,其将实际的倾斜角度转换成目标倾斜角度,微反射镜 24 瞬时通过实际的倾斜角度倾斜。这可实现例如目标倾斜角度的平稳激活。校准数据可进一步被传送到轨迹确定单元 56,该校准数据可被用以使实际倾斜角度适应上级系统。

[0119] 设置点倾斜角度的顺序被传送到调节器 58,调节器 58 确定或修正被传送到反射镜单元 38 的驱动电子装置 39 的控制变量 SG_x 、 SG_y 。为此,调节器 58 采用调节差异 e ,由所关心的设置点倾斜角度以及通过监视系统 60 测量的实际的倾斜角度负面反馈,给出该调节差异 e 。构造为简单的 PID 调节器的调节器 58 可根据调节部分的调节特征被参数化。

[0120] 在本实施例中进一步提供预测控制器 62,其包括调节部分的反向系统动力学模型并因此预测微反射镜 24 对控制变量 SG_x 、 SG_y 的变化的反应。这样的方案是可推荐的,尤其由于多个单独的反射镜单元 38,这是因为闭合的控制回路的调节频率经由调节器 58 可相对地低,该调节频率基本上由监控系统 60 的有限带宽控制。

[0121] 因此预测控制器 62 包括控制部分的可预测的反应,且调节器 58 修正由预测控制器 62 确定的控制变量 SG_x 、 SG_y 从而补偿作用于控制部分的干扰 z 以及驱动电子装置 39 的误差。

[0122] 根据上述方法,由此确定的并可选择性修正的控制变量 SG_x 、 SG_y 随后通过驱动电子装置 39 被转换为控制信号,且这些控制信号被施加到反射镜单元 38 的驱动器。

[0123] 用于驱动多反射镜阵列 22 中的微反射镜 24 的所有所述方法和装置也可被用于使用 EUV 光(即,波长在几纳米范围(例如 13.6nm)内的光)的照明系统中。

[0124] 以上已经通过示例的方式给出优选实施例的描述。从给出的公开内容,本领域技术人员不仅将理解本发明及其伴随的优势,而且也将找到对所公开的结构和方法明显的各种变型和修改。申请人因此要求覆盖落入本发明精神和范围内的所有这样的变型和修改,本发明精神和范围由所附权利要求及其等价形式界定。

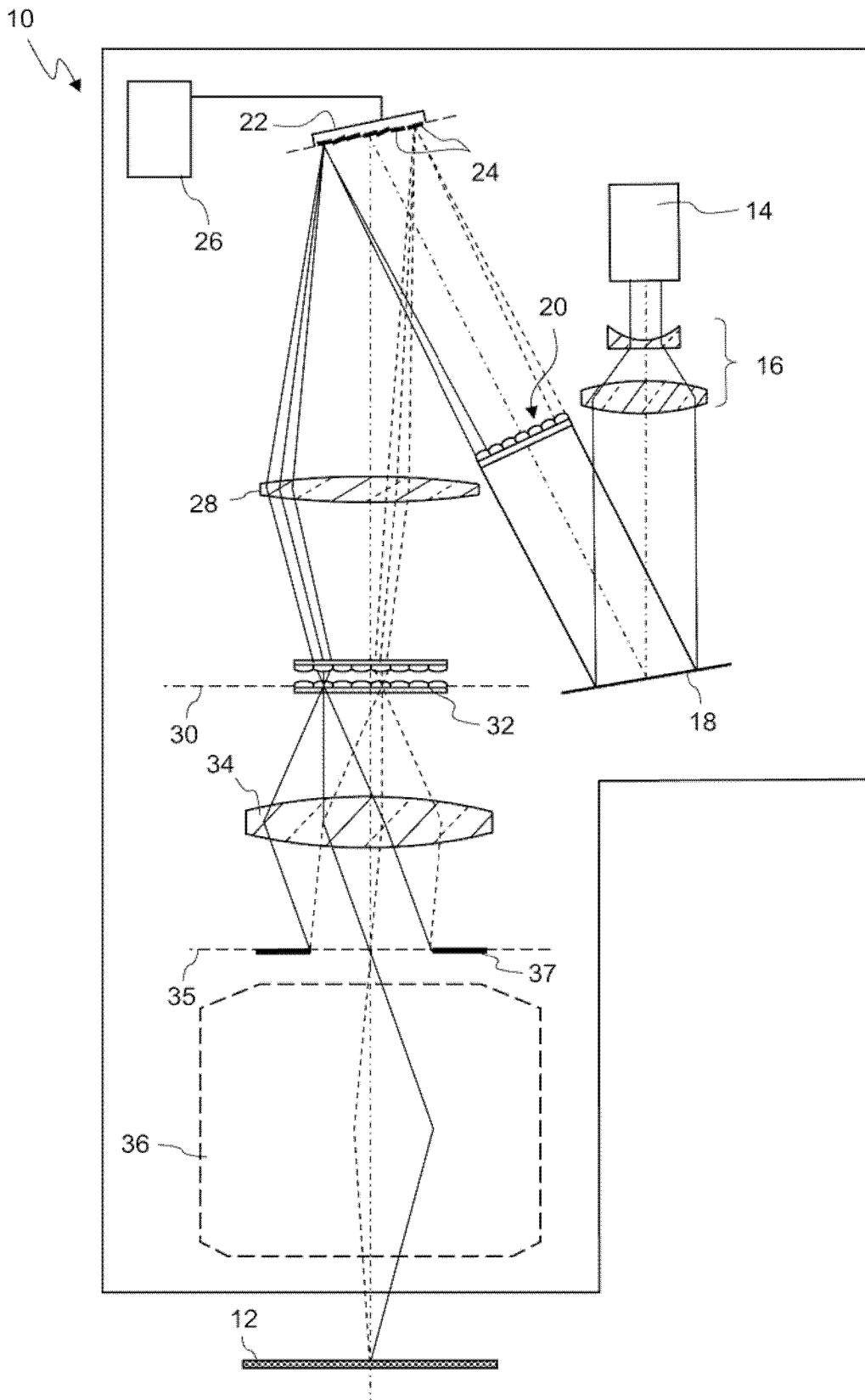


图 1

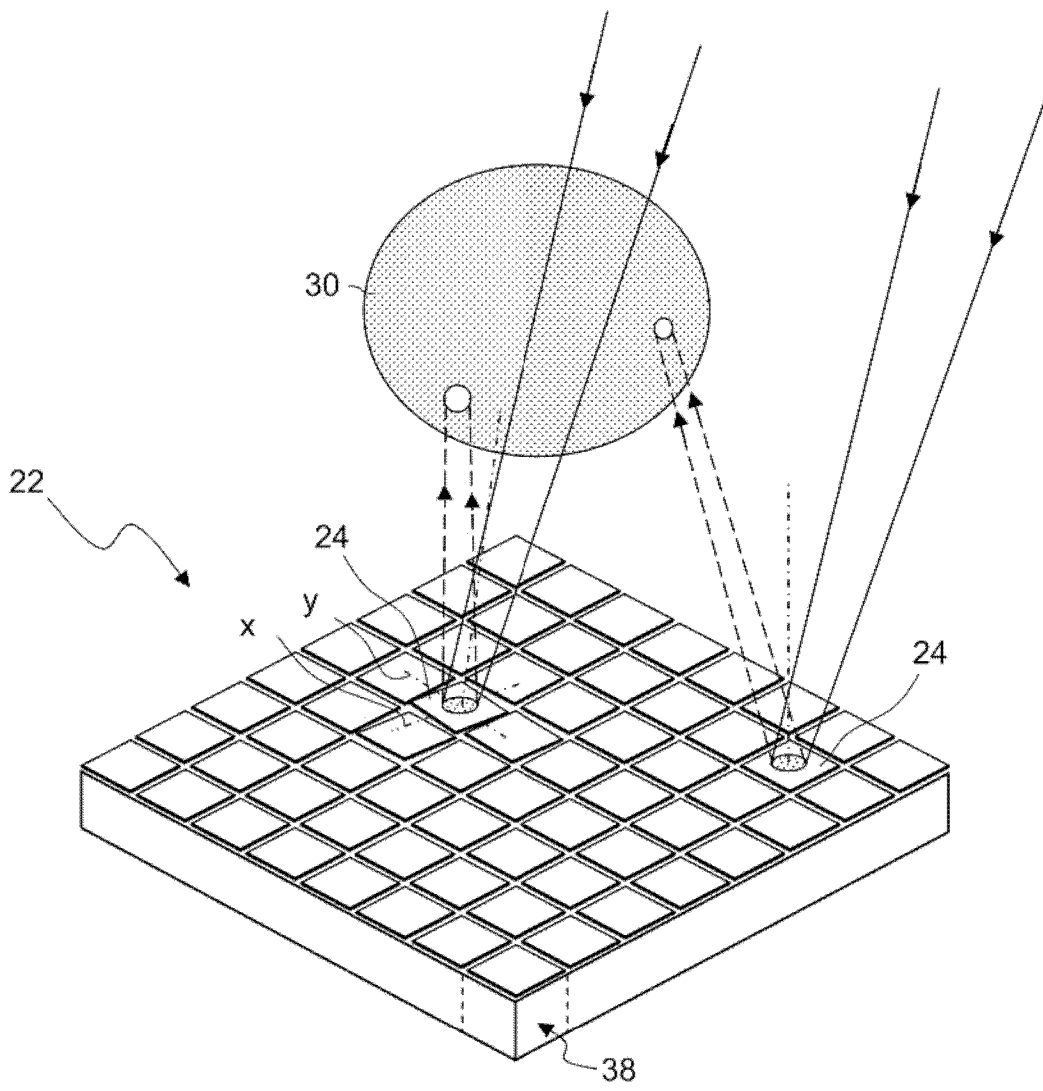


图 2

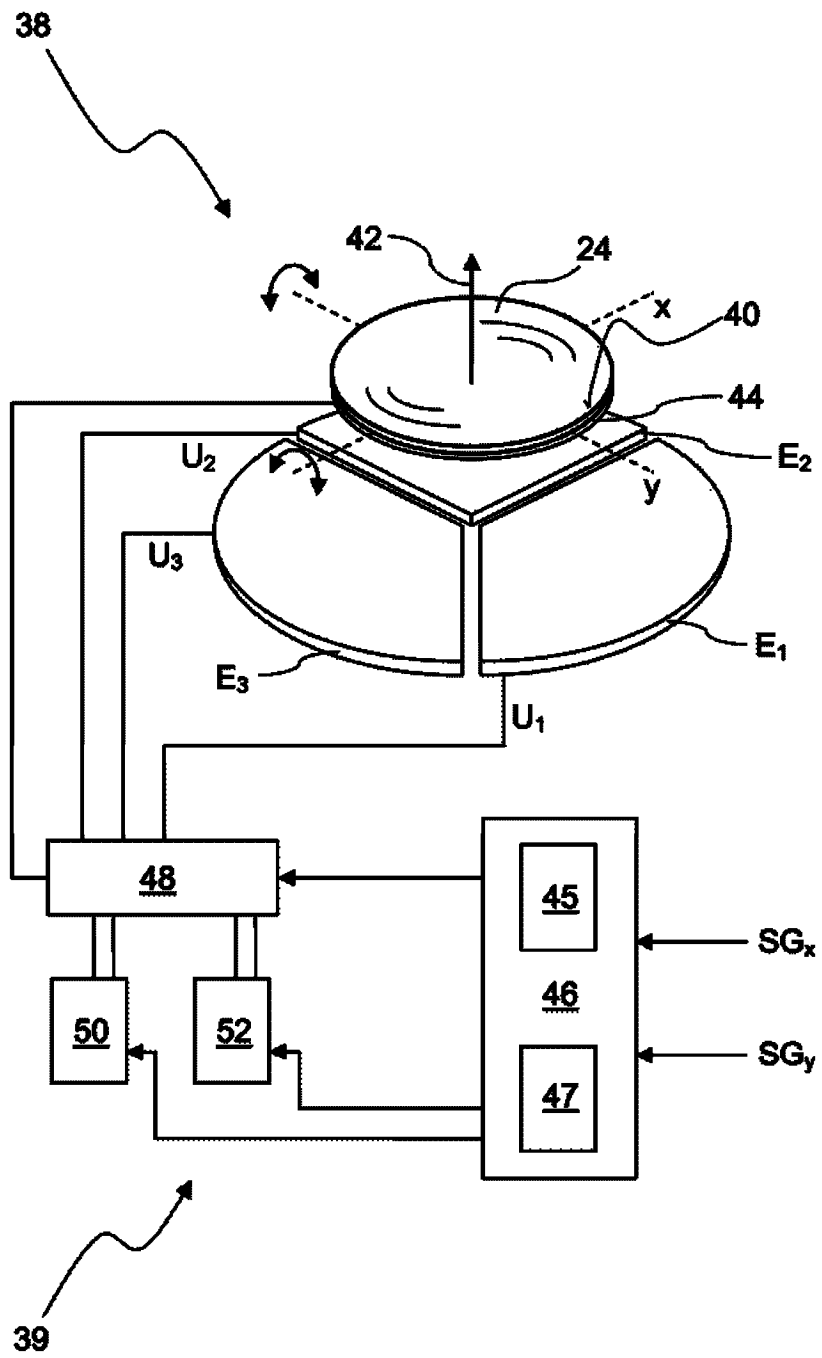


图 3

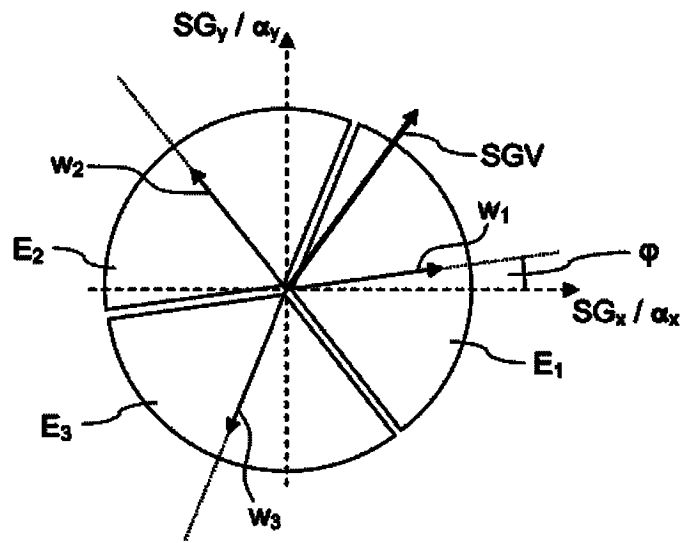


图 4

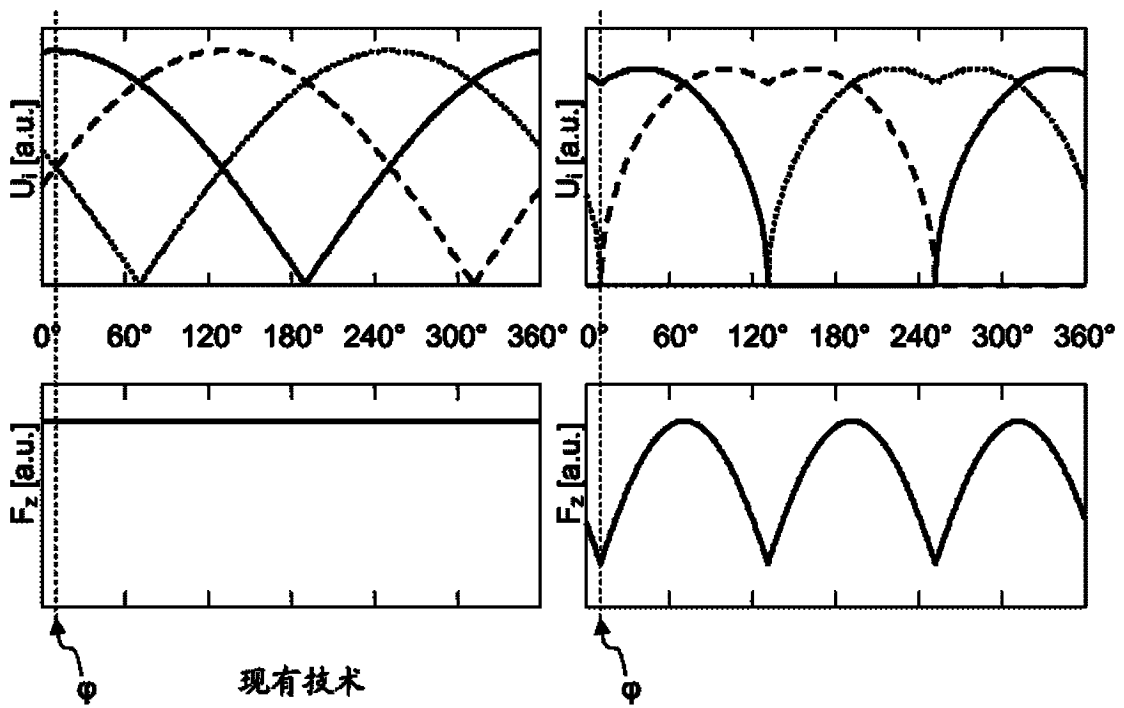


图 5

图 6

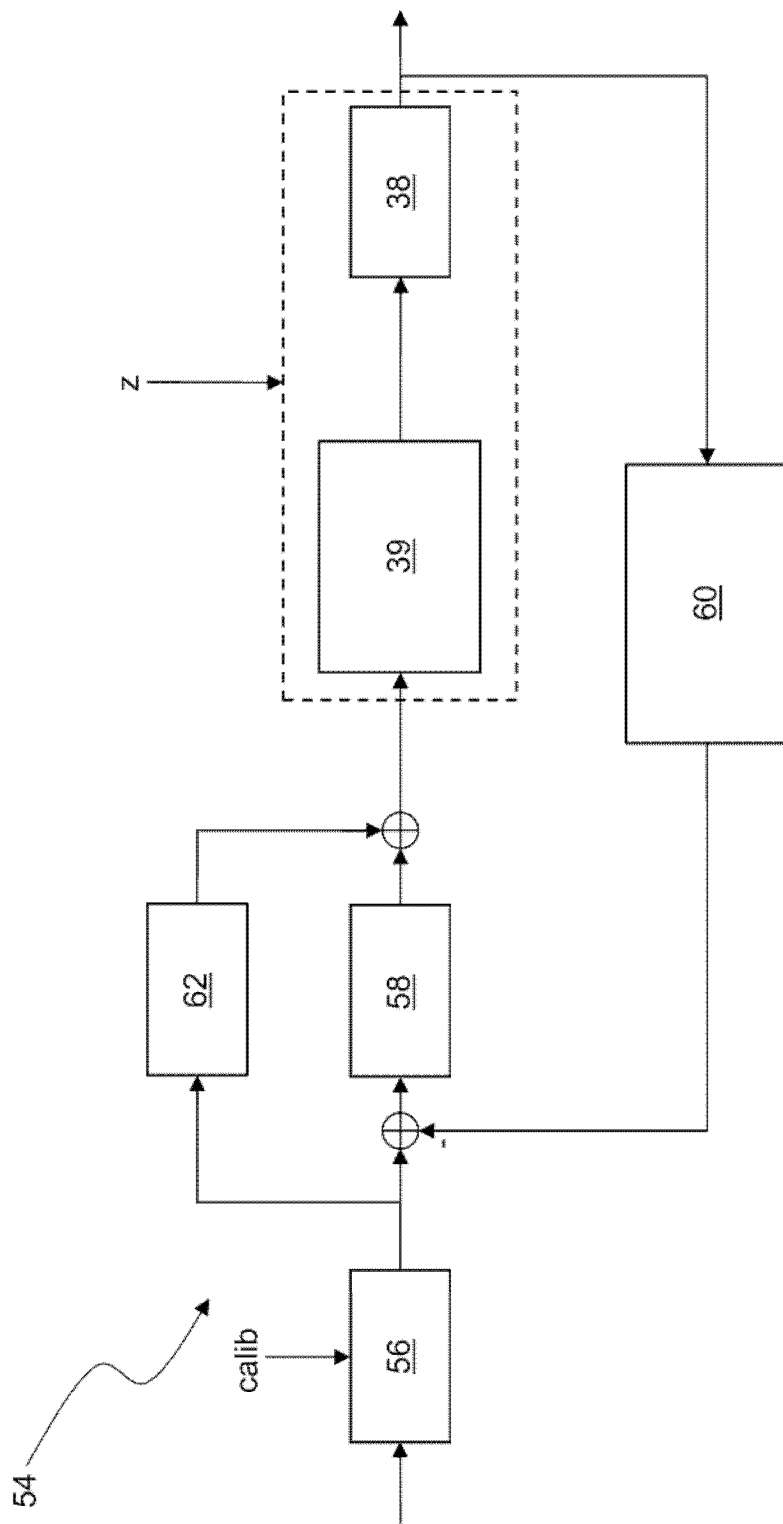


图 7