(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 120303618 A
(43)申请公布日 2025.07.11

(21)申请号 202380085406.1

(22)申请日 2023.01.24

(30)优先权数据
18/080,109 2022.12.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2025.06.12

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2023/051684 2023.01.24

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/125829 EN 2024.06.20

(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 C·扎克泽克 E·卢普斯特拉
E·艾娃 D·齐达 M·利普森
V·佩雷斯-法尔肯 M·谢梅什

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
专利代理师 王蕊瑞

(51)Int.Cl.
G03F 7/00(2006.01)
G21K 1/06(2006.01)
G02B 5/08(2006.01)
C03B 23/20(2006.01)

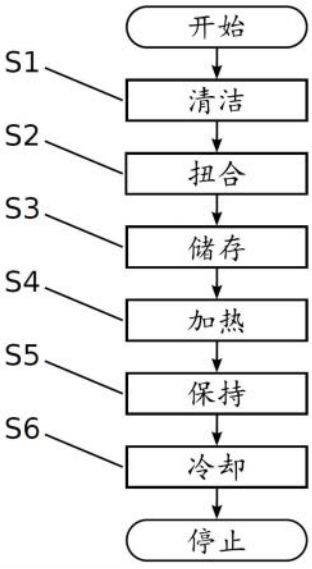
权利要求书2页 说明书21页 附图4页

(54)发明名称

微光刻投射曝光设备的反射镜的制造方法

(57)摘要

本发明关于一种微光刻投射曝光设备(1)的反射镜(26)的制造方法,设置第一反射镜部件(27)和第二反射镜部件(28),第一反射镜部件(27)和第二反射镜部件(28)在第一反射镜部件(27)的第一连接表面(29)和第二反射镜部件(28)的第二连接表面(30)的区域内接触。为了在第一反射镜部件(27)和第二反射镜部件(28)之间形成持久连接,第一反射镜部件(27)和第二反射镜部件(28)被加热到至少400°C的保持温度,并在保持时间内保持在该保持温度。在保持时间过后,第一反射镜部件(27)和第二反射镜部件(28)以最大100 K/h的第一冷却速率冷却至第一冷却温度。



CN 120303618 A

1.一种用于制造微光刻投射曝光设备(1)的反射镜(26)的方法,包括:

- 设置第一反射镜部件(27)和第二反射镜部件(28),该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)在该第一反射镜部件(27)的第一连接表面(29)和该第二反射镜部件(28)的第二连接表面(30)的区域内接触;

- 为了在该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)之间形成持久连接,该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)被加热到至少400°C的保持温度,并在一保持时间内保持在该保持温度;以及

- 在该保持时间过后,该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)以最大为100 K/h的第一冷却速率冷却至第一冷却温度。

2.如权利要求1所述的方法,其中该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)以中间产品的形式提供,该中间产品是通过扭合该第一反射镜部件(27)的该第一连接表面(29)和该第二反射镜部件(28)的该第二连接表面(30)来制造的。

3.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中在被加热至该保持温度之前,将该中间产品在至少为80°C且至多为400°C的储存温度下储存至少为2小时的储存时间。

4.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)被加热至最大为900°C的保持温度。

5.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)以最大为150 K/h的加热速率加热至该保持温度。

6.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中该保持时间至少为8小时。

7.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中该第一冷却温度为700°C或以下。

8.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中在以该第一冷却速率冷却至该第一冷却温度后,该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)以第二冷却速率冷却至第二冷却温度,其中该第二冷却速率大于该第一冷却速率,该第二冷却温度小于该第一冷却温度。

9.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中在该第一反射镜部件(27)和/或该第二反射镜部件(28)的整个体积中,该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)被冷却使得在20K的温度间隔内形成的冷却速率的滑动平均值在900°C至700°C的温度范围内随时间具有相同的相对变化,除了最大为2 K/h的偏差。

10.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中该第一冷却速率和/或该第二冷却速率的选择取决于该第一反射镜部件(27)和/或该第二反射镜部件(28)的材料组成。

11.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中该第一冷却速率和/或该第二冷却速率的选择取决于该反射镜(26)的期望平均零交叉温度。

12.如前述权利要求中任一项所述的方法,其中为了决定该第一冷却速率和/或该第二冷却速率,对制造该第一反射镜部件(27)和/或该第二反射镜部件(28)的材料的材料样品进行分析。

13.一种微光刻投射曝光设备(1)的反射镜,包括:

- 第一反射镜部件(27);

- 第二反射镜部件(28);

- 用于光反射的光学表面(31);

其中

- 该第一反射镜部件(27)和该第二反射镜部件(28)在该第一反射镜部件(27)的第一连接表面(29)和该第二反射镜部件(28)的第二连接表面(30)的区域内通过热处理而持久地相互连接,以及

- 该反射镜(26)在与该光学表面(31)横向重叠并在深度上从该光学表面(31)延伸至1cm的体积区域内具有平均零交叉温度,该平均零交叉温度与预定值的偏差最大为+/- 1K。

14.一种具有反射镜(26)的照明光学单元,其中该反射镜由如权利要求1至12中任一项所述方法制造和/或如权利要求13所述形成。

15.一种具有反射镜(26)的投射光学单元,其中该反射镜由如权利要求1至12中任一项所述方法制造和/或如权利要求13所述形成。

16.一种微光刻投射曝光设备,具有如权利要求14所述的照明光学单元(4)和/或如权利要求15所述的投射光学单元(10)。

微光刻投射曝光设备的反射镜的制造方法

技术领域

[0001] 本发明关于微光刻投射曝光设备的反射镜的制造方法。本发明也关于微光刻投射曝光设备的反射镜、照明光学单元、投射光学单元、和微光影投射曝光设备。

背景技术

[0002] 微光刻投射曝光设备特别用于半导体的生产,且通常具有照明光学单元和投射光学单元。照明光学单元从光源的光中产生所需的光分布,用于掩模母版(reticle)的照明,掩模母版通常也称做掩模(mask)。在这种情况下,光应从电磁辐射的一般意义上来理解,即对特定波长没有限制。因此,在下文中,术语“光”和“辐射”作为同义词使用,即光源也可称作辐射源,光分布也可称作辐射分布,依此类推。使用投射光学单元,将掩模母版成像到光敏材料上,光敏材料例如施加于晶片或其他基板,其特别是由半导体材料制成。通过这种方式,光敏材料以结构化的方式曝光在由掩模母版所预定义的图案中。由于掩模母版具有微小的结构元件,其旨在以高准确度转印到基板上,因此要求照明光学单元精确且可重复地产生所需的光分布,且投射光学单元精确且可重复地进行成像。

[0003] 除了其他光学元件外,照明光学单元和投射光学单元可在光路中具有至少一个反射镜,其通过在其光学表面的反射以预定的方式偏转光。光偏转的具体发生方式取决于光学表面的形成,特别是其形状。例如,光学表面可形成为金属层或具有交替折射率的一系列层。无论光学表面的形成如何,都不可能实现完美的反射,因此部分光总是被吸收并导致反射镜升温。升温反过来又伴随着热膨胀,并因此导致反射镜、特别是光学表面的变形,这最终可能导致反射镜的光学特性发生变化。

[0004] 为了尽可能减少反射镜的加热对其光学特性的影响,反射镜可由具有极低热膨胀系数的材料制成。这种材料可具有一零交叉温度,在该零交叉温度附近,热膨胀特别低,理想情况下甚至为零。因此,在使用此类材料时,通常应努力在其零交叉温度下或在其零交叉温度附近操作反射镜。这反过来又会产生这样的效果:零交叉温度应尽可能与反射镜在预期操作条件下所假定的温度完全对应,或者应略高于该温度。略高于反射镜的预期操作温度的零交叉温度的优点是,由于光强度的最大值所造成的反射镜局部加热的情况只会导致反射镜产生非常小的膨胀。

[0005] 从US 10427974 B2中可以知道,通过热处理可以影响掺杂石英玻璃的热膨胀系数及其相对于温度的增加。

[0006] 举例来说,如果反射镜打算具有冷却通道,或者如果反射镜打算大于可用于生产反射镜的坯料,则由多于一个部件来形成反射镜可能是有利的,甚至是必要的。

[0007] DE102020208648.6中已知带有冷却通道的多部件反射镜,该文献不是先前出版物。

[0008] 由多于一个部件形成的反射镜的一个问题是,如何将反射镜的个别部件连接起来,以满足光刻光学部件的高要求。

发明内容

[0009] 本发明基于形成微光刻投射曝光设备的多部件反射镜的目的,使其满足非常高的光学要求,并在预期的操作条件下具有很大的尺寸稳定性。特别是,反射镜在预期的操作条件下经历非常小的热致变形。

[0010] 此目的通过权利要求1的特征组合来实现。

[0011] 在根据本发明用于制造微光刻投射曝光设备的反射镜的方法的情况下,设置第一反射镜部件和第二反射镜部件,第一反射镜部件和第二反射镜部件在第一反射镜部件的第一连接表面和第二反射镜部件的第二连接表面的区域中接触。为了在第一反射镜部件和第二反射镜部件之间形成持久连接,第一反射镜部件和第二反射镜部件被加热到至少400°C的保持温度,并在一保持时间内保持在该保持温度。在保持时间过后,第一反射镜部件和第二反射镜部件以最大为100 K/h的第一冷却速率冷却至第一冷却温度。

[0012] 根据本发明的方法具有允许在反射镜部件之间形成非常持久连接的优点。形成这种连接的过程在下文中也称作接合(bonding)。根据本发明方法的另一个优点是,由其制造的微光刻投射曝光设备的多部件反射镜满足非常高的光学要求,并可形成为使其在预期操作条件下具有很大尺寸稳定性。特别地,反射镜可形成为使其在预期的操作条件下经历非常小的热致变形。这可通过以零交叉温度形成的反射镜来实现,其中零交叉温度在相关体积上进行平均且与预定值的偏差非常小和/或零交叉温度在此相关体积内仅具有很小的空间变化,因此非常均匀。此处特别相关的是反射镜体积的区域,这些区域排列在距离其光学表面非常小的距离处,以至于它们可使反射镜变形到不允许的程度。

[0013] 本发明的一个重要发现是,用于连接反射镜部件的热处理会对反射镜的零交叉温度产生影响,在设计热处理时应考虑到这一点,以便能够制造出特别高质量的反射镜。换言之,通过接合,可改变已被极力设定为期望值的用于制造反射镜部件的材料的零交叉温度。出于这个原因,在根据本发明的方法中,举例来说,选择相对较低的冷却速率,因此可以随时、并尽可能地在反射镜部件的整个体积内精确地监控热处理过程。

[0014] 例如,低冷却速率的优点是,当冷却速率发生变化时,反射镜部件的体积的不同区域中温差相对较小。这进而使得反射镜的零交叉温度的不均匀性相对较小。另一个优点是,将反射镜部件保持在一定温度的烘箱的温度误差或反射镜部件本身的温度误差不会对零交叉温度的均匀性产生如此强烈的影响。低冷却速率通常比高冷却速率对零交叉温度的绝对值影响更大。然而,在制造反射镜部件的材料时已经考虑到了这一点。

[0015] 热处理可以在空气或惰性气体环境中进行。同样地,也可以在真空条件下进行热处理。

[0016] 第一反射镜部件和第二反射镜部件可以以中间产品的形式提供,该中间产品是通过扭合(wringing)第一反射镜部件的第一连接表面和第二反射镜部件的第二连接表面而产生的。这使得进行热处理变得更加容易,因为反射镜部件不必单独处理,且在热处理过程中无需费力将反射镜部件相对于彼此正确定位。此外,如果先前已经成功扭合,则接合成功的可能性很大,因为在接合过程中,反射镜部件的连接表面必须非常紧密地靠在一起,且连接表面必须满足与扭合相似的接合前提条件。此外,还可以在热处理前调查中间产品是否存在可能的缺陷。例如,缺陷可能是连接表面之间的夹杂物。如果发现缺陷,中间产品可能会被剔除或进行其他处理。因此,可避免对有缺陷的中间产品进行复杂的热处理。

[0017] 在扭合过程中,第一反射镜部件和第二反射镜部件可结合在一起,使得第一连接表面的第一部分区域和第二连接表面的部分区域接触并形成一共同的接触表面,并通过继续沿滚动方向将第一反射镜部件和第二反射镜部件结合在一起来增加接触表面的尺寸。

[0018] 第二反射镜部件已经扭合至第一反射镜部件上的共同接触表面与第一和第二连接表面的非扭合区域之间的过渡区也称作扭合前沿(wringing front)。继续将第一反射镜部件和第二反射镜部件连接在一起的效果为,扭合前沿在滚动方向上以受监视的方式前进。这种连续扭合的优点为,在整个扭合操作过程中可非常精确地监控两个反射镜部件关于彼此的相对对齐情况,并可避免不希望发生的自发扭合。此外,在扭合操作中的任何时候,扭合前沿的区域与周围区域之间都存在流体连接,因此可确保气体随时从此区域逸出,并可在很大程度上防止连接表面之间的气体夹杂物。

[0019] 第一反射镜部件和第二反射镜部件可结合使得与第一反射镜部件的接触首先发生在邻接第二反射镜部件的外轮廓的第二表面的区域中。类似地,也可将第一反射镜部件和第二反射镜部件结合在一起,使得与第一反射镜部件的接触首先发生在第二连接表面的中心区域中。这使得执行扭合操作的方式能够适应相应的情况,特别是第二反射镜部件的形成。

[0020] 在第二反射镜部件的背离第二连接表面的一侧,可设置用于形成光学表面的区域。

[0021] 第一反射镜部件的第一连接表面和/或第二反射镜部件的第二连接表面可具有曲率。弯曲的第一连接表面和/或第二连接表面是有利的,特别是当设想在第二反射镜部件上形成弯曲的光学表面时,因为这样例如恒定的厚度是可能的,因此第二反射镜部件的均匀可变形性是可能的。此外,可轻松地在冷却通道和光学表面之间建立恒定的距离。第一连接表面和/或第二连接表面的曲率可对应于反射镜的预期光学表面的曲率。

[0022] 还可能的是,第一反射镜部件具有第一连接表面,该第一连接表面以平面方式形成或沿至少一个方向具有大的平均曲率半径,特别是大于10 m的平均曲率半径。那么,可使用薄的第二反射镜部件,特别是厚度为0.5 mm至10 mm的第二反射镜部件,其具有以平面方式形成的第二连接表面。如果第二反射镜部件具有冷却通道,则从冷却通道的底部来决定厚度。这种薄的第二反射镜部件的优点在于,其第二连接表面可以变形,从而与第一反射镜部件的第一连接表面的形状相适应。这意味着不需要费力地制造具有弯曲的第二连接表面的第二反射镜部件。

[0023] 对于633 nm的波长λ,第一反射镜部件的第一连接表面和/或第二反射镜部件的第二连接表面的形状与预定形状的偏差可小于λ/2,较佳为小于λ/10。第一反射镜部件的第一连接表面和/或第二反射镜部件的第二连接表面可具有小于5 nm、较佳小于1 nm的粗糙度。在这种情况下,术语“粗糙度”是指与光滑表面之间随机分布的偏差。准确成型且光滑的连接表面使扭合和接合更加容易,降低了气体夹杂物的风险并增加了连接的承载能力。在扭合或接合之前,两个连接表面的其中一者可适应两个连接表面中另一个的实际形状。以此方式,可进一步提高准确度。

[0024] 还可能的是,第一连接表面的曲率形成为凸状且第二连接表面的曲率形成为凹状,或者第一连接表面的曲率形成为凹状且第二连接表面的曲率形成为凸状,且当第一反射镜部件和第二反射镜部件结合在一起时,凸曲率的平均曲率半径的绝对量小于凹曲率的

平均曲率半径的绝对量。这具有的优点为可确保局部的连续扭合,因为两个连接表面之间的距离随着距扭合前沿的距离增加而增加。在距扭合前沿一定距离处发生不期望的扭合的风险降低。此外,气体夹杂物的风险也降低。

[0025] 在加热至保持温度之前,中间产品可在至少为80℃且至多为400℃的储存温度下储存至少2小时、较佳至少12小时、特佳至少24小时的储存时间。较佳地,储存温度为至少160℃,特佳为至少250℃。另外,储存温度较佳为至多350℃。在这些温度下储存的优点是多余的水分会从反射镜部件的连接表面区域扩散出去,且强度提高。特别地,无水材料有利于在随后的保持温度下的热处理过程中形成共价键。如果选择例如400℃至550℃范围内的相对较低的值作为保持温度,则在低储存温度下进行较长时间的储存,例如在最高为250℃的保持温度下储存一至两周。

[0026] 特别地,将第一反射镜部件和第二反射镜部件加热至至少为500℃、较佳至少为600℃、特佳至少为700℃的保持温度。在高保持温度的协助下,可实现反射镜部件的特别耐用的连接,因为这样会形成特别大量的共价键。

[0027] 第一反射镜部件和第二反射镜部件可加热至最高为900℃的保持温度。除了上述优点外,高保持温度也伴随有缺点,即热处理对零交叉温度的影响更大。通过上述保持温度的最大值,可以实现良好的折衷。

[0028] 第一反射镜部件和第二反射镜部件可在最大为150K/h、较佳最大为100K/h的加热速率下加热至保持温度。缓慢加热的优点为,反射镜部件的内部区域和外部区域之间形成的应力较小,且有更多的时间用于水的向外扩散。

[0029] 保持时间可至少为8小时,较佳至少为12小时,特佳至少为20小时。保持时间长的优点为反射镜部件之间的连接具有更大的拉伸强度,因为形成了更多的共价键。为了能够有效地进行制造,保持时间较佳最长为72小时、特佳最长为48小时。

[0030] 第一冷却温度可为700℃或更低。具体地,第一冷却温度可为600℃或更低。第一冷却速率较佳为50K/h或更低。具体地,第一冷却速率在1 K/h至20 K/h之间。较低的冷却速率的优点为,第一反射镜部件和第二反射镜部件在整个体积上的冷却相对均匀。避免了较高的空间温度梯度,且整个体积中温度随时间的变化是相似的。这又导致了反射镜中零交叉温度的分布相对均匀。

[0031] 在以第一冷却速率冷却到第一冷却温度之后,第一反射镜部件和第二反射镜部件可以大于第一冷却速率的第二冷却速率冷却到第二冷却温度,第二冷却温度小于第一冷却温度。第二冷却温度可为500℃或更低,较佳为400℃或更低。第二冷却速率可为150 K/h或更小。特别地,第二冷却速率落在5 K/h至100 K/h之间。在冷却至第二冷却温度之后,第一反射镜部件和第二反射镜部件可朝室温的方向进一步冷却。进一步冷却可在第三冷却速率下进行,该第三冷却速率至少最初具有比第二冷却速率更大的值。在低冷却温度下使用更大的冷却速率可显著加快热处理速度,而不会明显损失反射镜的质量,因为在低冷却温度下,冷却曲线对反射镜的零交叉温度的影响显著低于在高冷却温度下。

[0032] 第一反射镜部件和第二反射镜部件可被冷却为使得在20K的温度间隔内形成的冷却速率的滑动平均值在从900℃至700℃的温度范围内在第一反射镜部件和/或第二反射镜部件的整个体积中随时间具有相同的相对变化,除了最大2K/h的偏差外。这意味着冷却可以这样的方式进行:在考虑到相应的可能存在的时间差之后,第一反射镜部件和/或第二反

射镜部件的所有位置处的此滑动平均值随时间的变化最多相差2 K/h。较佳地,在900℃至700℃的温度范围内的滑动平均值的偏差最大为1 K/h。此外,可以规定,在700℃至500℃的温度范围内的滑动平均值的偏差最大为4K/h,较佳最大为2K/h。在这一规定的协助下,可实现所制造的反射镜始终如一的高质量。在这种情况下,通过在低温下稍大的容差,可以反过来加速热处理,而不会产生任何大的不利影响。此外,第一反射镜部件和第二反射镜部件可被冷却为使得归因于热处理的反射镜的零交叉温度的不均匀性最大为+/-1 K,较佳最大为+/- 0.5 K。这些容差特别应保持在与反射镜的光学表面横向重叠且深度上从光学表面延伸到冷却通道(即从光学表面延伸到冷却通道的起点)的反射镜的体积区域内。类似地,这些容差也可能被维持在与反射镜的光学表面横向重叠且在深度上从光学表面延伸至冷却通道下方1cm的反射镜的体积区域内。

[0033] 第一冷却速率和/或第二冷却速率可根据第一反射镜部件和/或第二反射镜部件的材料成分来选择。具体地,根据第一反射镜部件和/或第二反射镜部件的OH含量和/或钛含量来选择第一冷却速率和/或第二冷却速率。由于热处理对反射镜的零交叉温度的影响取决于反射镜部件的材料成分,因此可通过在设计热处理时考虑材料成分来提高反射镜性能、特别是其零交叉温度的可实现精确度。

[0034] 第一冷却速率和/或第二冷却速率可根据反射镜的期望平均零交叉温度来选择。这样就可制造出平均零交叉温度与预定值偏差非常小的反射镜。具体地,第一冷却速率和/或第二冷却速率可根据反射镜的体积区域内的期望平均零交叉温度来选择,该体积区域与反射镜的光学表面横向重叠且在深度上从光学表面延伸至冷却通道或至冷却通道下方1cm。

[0035] 为了决定第一冷却速率和/或第二冷却速率,可分析用于制造第一反射镜部件和/或第二反射镜部件的材料的材料样本。可特别地规定,所述材料样本以相同的方式经历第一反射镜部件和/或第二反射镜部件的材料的所有热处理。以此方式,可非常精确地调整第一冷却速率和/或第二冷却速率,以适应第一反射镜部件和/或第二反射镜部件的材料成分,而没有任何损坏反射镜部件的风险,因此对于所制造的反射镜的平均零交叉温度可达到很高的精确度和很低的偏差(variance)。

[0036] 本发明还关于一种微光刻投射曝光设备的反射镜,其具有第一反射镜部件、第二反射镜部件、以及用于光反射的光学表面。第一反射镜部件和第二反射镜部件通过热处理在第一反射镜部件的第一连接表面和第二反射镜部件的第二连接表面的区域中彼此持久地连接。反射镜在与光学表面横向重叠且在深度上从光学表面延伸至1 cm的体积区域内具有一平均零交叉温度,该平均零交叉温度与预定值的最大偏差为+/- 1 K。在此体积区域中,预定值可能会随着与光学表面距离的增加而减少。

[0037] 尽管热处理对零交叉温度有影响,但通过借助于根据本发明的方法将第一反射镜部件和第二反射镜部件彼此连接,仍可以实现这种精确的平均零交叉温度。较佳地,平均零交叉温度偏离预定值最大为+/-0.5 K,特佳最大为+/-0.2 K。

[0038] 如果不考虑在根据本发明的方法中考虑到的热处理对反射镜的零交叉温度的影响(借助于热处理将反射镜部件彼此连接),几乎不可能实现如此高的准确性。

[0039] 第一反射镜部件的第一连接表面和/或第二反射镜部件的第二连接表面可具有曲率。在这种情况下,第一反射镜部件的第一连接表面的曲率可能不是旋转对称地形成,因此

其具有不同的平均曲率半径,和/或第二反射镜部件的第二连接表面的曲率不是旋转对称地形成,因此其具有不同的平均曲率半径。

[0040] 冷却通道可形成在第一反射镜部件和/或第二反射镜部件中。在这种情况下,反射镜可在与其光学表面横向重叠并在深度上从光学表面延伸到冷却通道(即,从光学表面延伸到冷却通道的起点)的体积区域内具有一平均零交叉温度,其偏离预定值最大为+/-1 K、较佳最大为+/-0.5 K、特佳最大为+/-0.2 K。如果反射镜具有冷却通道,则此条件可取代前述的条件,其与涉及从光学表面到1 cm深度的体积区域的任何冷却通道无关,因此在反射镜具有冷却通道的情况下,体积区域可延伸到小于1 cm的深度。类似地,反射镜也可能在与其光学表面横向重叠并在深度上从光学表面延伸至冷却通道下方1 cm的体积区域内具有一平均零交叉温度,其偏离预定值最大为+/-1 K、较佳最大为+/-0.5 K、特佳最大为+/-0.2 K。在所提到的体积区域中,预定值在每种情况下可随着与光学表面的距离的增加而减少。冷却通道可形成为朝向第一反射镜部件的第一连接表面和/或朝向第二反射镜部件的第二连接表面开放。

[0041] 在每种情况下,冷却通道可配置为使其最大的纵向延伸部分横向地位于用于光学表面的区域内。这使得可有效地冷却对温度引起的光学表面变形影响特别大的区域。

[0042] 此外,冷却通道可平行于光学表面延伸。这可使得光学表面的冷却特别均匀。具体地,冷却通道可到达光学表面1至6 mm的距离。第二反射镜部件的第二连接表面和光学表面之间的形状偏差可最大为3 mm,较佳为不超过20 μm。

[0043] 在一改进中,相邻冷却通道之间的净距离不超过15 mm,较佳不超过5 mm。冷却通道之间的小距离可实现有效且均匀的冷却,且可有助于第二反射镜部件在扭合期间的可变形性,特别是在滚动方向横向于第二反射镜部件的冷却通道的情况下。具体地,冷却通道的宽度、相邻冷却通道之间的净距离、以及冷却通道与光学表面之间的距离的值可大致相同。

[0044] 冷却通道的横向尺寸可为0.2至10 mm。冷却通道的深度(即大致垂直于第一反射镜部件的第一连接表面或第二反射镜部件的第二连接表面的横向尺寸)可大于冷却通道的宽度(即垂直于深度的横向尺寸)。具体地,冷却通道的深度可大于冷却通道的宽度的两倍。因此,在相同的流动横截面的情况下,冷却通道中的流体压力导致的反射镜光学表面变形的风险较小,因为由平行于光学表面区域的冷却通道所形成的空腔的表面面积的比例小于具有小深度的宽冷却通道的情况。

[0045] 第一反射镜部件可比第二反射镜部件有更大的厚度。这可实现光学表面的有效冷却,同时实现反射镜的良好机械稳定性。

[0046] 本发明还关于一种具有根据本发明形成和/或通过根据本发明的方法制造的反射镜的照明光学单元。

[0047] 本发明还关于一种具有根据本发明形成和/或通过根据本发明的方法制造的反射镜的投射光学单元。

[0048] 最后,本发明关于一种具有根据本发明的照明光学单元和/或根据本发明的投射光学单元的微光刻投射曝光设备。

附图说明

[0049] 下文将基于附图中所表示的示例性具体实施例来更详细地解释本发明,其中:

[0050] 图1以子午截面示意性地显示了用于EUV投射光刻的投射曝光设备的示例性具体实施例;

[0051] 图2显示了用于DUV投射光刻的投射曝光设备的示例性具体实施例的示意图;

[0052] 图3以示意截面图显示由根据本发明方法所制造的反射镜的范例性元件;

[0053] 图4以进一步的示意截面图显示图3所示的反射镜的第一示例性具体实施例;

[0054] 图5显示了一流程图,用以解释根据本发明在连接下部和上部时的程序;以及

[0055] 图6以示意截面图显示上部扭合至下部过程中的快照。

具体实施方式

[0056] 图1以子午截面示意性地显示了用于EUV投射光刻的投射曝光设备1的示例性具体实施例。

[0057] 在下文中,首先通过参考图1的示例来描述微光刻投射曝光设备1的基本组成部件。对投射曝光设备1及其部件的基本结构的描述不应理解为限制。

[0058] 除了光源或辐射源3外,投射曝光设备1的照明系统2的一个具体实施例还具有照明光学单元4,其用于照明物平面6中的物场5。在替代具体实施例中,辐射源3也可提供作为独立于其余照明系统的模块。在这种情况下,照明系统不包含辐射源3。

[0059] 对配置于物场5中的掩模母版7进行曝光。掩模母版7由掩模母版保持器8保持。掩模母版保持器8可通过掩模母版位移驱动器9进行位移,特别是在扫描方向上。

[0060] 为了便于解释,笛卡尔xyz坐标系统显示于图1中。x方向垂直进入绘图平面。y方向水平地行进,且z方向垂直地行进。扫描方向沿图1中的y方向行进。z方向垂直于物平面6。

[0061] 投射曝光设备1包含投射光学单元10。投射光学单元10用于将物场5成像到像平面12中的像场11。像平面12平行于物平面6。或者,物平面6和像平面12之间的角度也可能不同于0°。

[0062] 结果表明,掩模母版7上的结构被成像到晶片13或某些其它基板的光敏层上,晶片13配置在像平面12中的像场11的区域中。晶片13由晶片保持器14保持。晶片保持器14可通过晶片位移驱动器15进行位移,特别是沿y方向位移。一方面通过掩模母版位移驱动器9进行掩模母版7的位移,另一方面通过晶片位移驱动器15进行晶片13的位移,这两个位移可以彼此同步的方式进行。

[0063] 辐射源3为EUV辐射源。辐射源3发出照明辐射16,其在下文中也称作使用辐射或照明光。在所显示的示例性具体实施例中,照明辐射16具有EUV范围内的波长,特别是在5 nm至30 nm之间的范围。辐射源3可为等离子体源,例如LPP源(激光产生等离子体)或GDPP源(气体放电产生等离子体)。它也可能是基于同步加速器的辐射源。类似地,辐射源3可为自由电子激光器(FEL)。

[0064] 从辐射源3射出的照明辐射16由集光器17聚焦。集光器17可为具有一个或多个椭球面和/或双曲面反射面的集光器。照明辐射16可以掠入射(GI)(即入射角大于45°)、或以法线入射(NI)(即入射角小于45°)入射在集光器17的至少一个反射表面上。集光器17可为结构化的和/或具有涂层的,一方面用于优化其对照明辐射16的反射率,且另一方面用于抑制外来光。

[0065] 在集光器17的下游,照明辐射16传播通过中间焦平面18中的中间焦点。中间焦平

面18可表示辐射源模块(具有辐射源3和集光器17)与照明光学单元4之间的分离。

[0066] 照明光学单元4包含偏转反射镜19及在射束路径中配置在其下游的第一分面反射镜20。偏转反射镜19可为平面偏转反射镜,或者为具有超越纯粹偏转效应的射束影响效应的反射镜。替代地或补充地,偏转反射镜19可实施为光谱滤光器,其将照明辐射16的使用光波长与具有与其偏离的波长的外来光分离。如果第一分面反射镜20配置在作为场平面与物平面6光学共轭的照明光学单元4的平面中,则它也称作场分面反射镜。第一分面反射镜20包含多个个别的第一分面21,其在下文中也称作场分面。图1中仅举例显示了这些分面21中的一些。

[0067] 第一分面21可实施为宏观分面,特别为矩形分面或具有弧形外围轮廓或部分圆的外围轮廓的分面。第一分面2可实施为平面分面或可选地实施为凸形或凹形弯曲的分面。

[0068] 例如从DE 10 2008 009 600 A1中已知,第一分面21本身也可在每种情况下由多个单独的反射镜构成,特别是多个微反射镜。第一分面反射镜20可特别地形成为微机电系统(MEMS系统)。有关详细信息,请参阅DE 10 2008 009 600 A1。

[0069] 在集光器17和偏转反射镜19之间,照明辐射16水平地传播,即沿y方向传播。

[0070] 在照明光学单元4的射束路径中,第二分面反射镜22配置在第一分面反射镜20的下游。如果第二分面反射镜22配置在照明光学单元4的光瞳平面中,则它也称作光瞳分面反射镜。第二分面反射镜22也可配置在距照明光学单元4的光瞳平面一定距离处。在这种情况下,第一分面反射镜20和第二分面反射镜22的组合也称为镜面反射器(specular reflector)。镜面反射器已揭露于US 2006/0132747 A1、EP 1 614 008 B1和US 6,573,978。

[0071] 第二分面反射镜22包含多个第二分面23。在光瞳分面反射镜的情况下,第二分面23也称作光瞳分面。

[0072] 第二分面23同样可为宏观分面,其可例如具有圆形、矩形或六边形的外围,或者为由微反射镜构成的分面。在这方面,同样参考了DE 10 2008 009 600 A1。

[0073] 第二分面23可具有平面或替代地凸形或凹形弯曲的反射表面。

[0074] 因此,照明光学单元4形成双分面系统。此基本原理也称作蜂巢形聚光器(蝇眼积分器)。

[0075] 将第二分面反射镜22不完全地配置在与投射光学单元10的光瞳平面光学共轭的平面上可能是有利的。特别地,第二光瞳分面反射镜22可配置成相对于投射光学单元10的光瞳平面倾斜,例如在DE 10 2017 220 586 A1中所作的描述。

[0076] 在第二分面反射镜22的协助下,个别第一分面21被成像到物场5中。第二分面反射镜22是最后一个射束成形反射镜,或者实际上是在物场5之前的射束路径中用于照明辐射16的最后一个反射镜。

[0077] 在未示出的照明光学单元4的进一步具体实施例中,特别有助于将第一分面21成像到物场5中的传输光学单元可配置在第二分面反射镜22和物场5之间的射束路径中。传输光学单元可具有正好一个反射镜,或者可具有两个或更多反射镜,其在照明光学单元4的射束路径中一个接一个地排列。传输光学单元可特别包含一个或两个法线入射反射镜(NI反射镜)和/或一个或两个掠入射反射镜(GI反射镜)。

[0078] 在图1所示的具体实施例中,照明光学单元4在集光器17的下游具有正好三个反射

镜,其具体为偏转反射镜19、场分面反射镜20、和第二分面反射镜22。

[0079] 在照明光学单元4的进一步具体实施例中,也不需要偏转反射镜19,因此照明光学单元4可在集光器17的下游具有恰好两个反射镜,其具体为第一分面反射镜20和第二分面反射镜22。

[0080] 通过第二分面23或使用第二分面23和传输光学单元将第一分面21成像到物平面6中通常只是近似成像。

[0081] 投射光学单元10包含多个反射镜Mi,这些反射镜按照它们在投射曝光设备1的射束路径中的排列连续编号。

[0082] 在图1所示的示例中,投射光学单元10包含六个反射镜M1至M6。具有四个、八个、十个、十二个或任何其他数量的反射镜Mi的替代方案同样是可能的。投射光学单元10是双重遮蔽光学单元。倒数第二个反射镜M5和最后一个反射镜M6在每种情况下都有通孔,在晶片13的曝光期间,有助于曝光的辐射通过该通孔从掩模母版7传递到晶片13。投射光学单元10具有大于0.5的像侧数值孔径,其也可大于0.6,且可例如为0.7或0.75。

[0083] 反射镜Mi的反射表面可实施为没有旋转对称轴的自由曲面。替代地,反射镜Mi的反射表面可设计为非球面表面,反射表面形状具有恰好一个旋转对称轴。就像照明光学单元4的反射镜一样,反射镜Mi可具有用于照明辐射16的高度反射涂层。这些涂层可设计为多层涂层,特别是钼和硅的交替层。

[0084] 投射光学单元10在物场5中心的y坐标和像场11中心的y坐标之间的y方向上具有大的物像偏移。在y方向上的该物像偏移可与物平面6和像平面12之间的z距离大致大小相同。

[0085] 特别地,投射光学单元10可具有变形(anamorphic)形式。特别是,它在x和y方向上具有不同的成像比例βx、βy。投射光学单元10的两个成像比例βx、βy较佳为(βx, βy)=(+/- 0.25, +/- 0.125)。正成像比例β意指没有图像反转的成像。成像比例β的负号表示具有图像反转的成像。

[0086] 因此,投射光学单元10导致在x方向上(即在垂直于扫描方向的方向上)比例为4:1的尺寸减小。

[0087] 投射光学单元10导致在y方向上(即在扫描方向上)尺寸以8:1减小。

[0088] 其他成像比例同样是可能的。在x方向和y方向上具有相同符号和相同绝对值的成像比例也是可能的,例如绝对值为0.125或0.25。

[0089] 在物场5和像场11之间的射束路径中,x方向和y方向的中间像平面的数量可相同或(根据投射光学单元10的具体实施例)可不同。US 2018/0074303 A1揭露了在x方向和y方向上具有不同数量的此类中间像的投射光学单元10的示例。

[0090] 在每种情况下,第二分面23中的一个被分配给第一分面21中的刚好一个,以分别形成用于照明物场5的照明通道。这可特别地根据科勒原理(Köhler principle)产生照明。借助于第一分面21,远场被分解为多个物场5。第一分面21在分别分配给其的第二分面23上产生中间焦点的多个像。

[0091] 通过分配的第二分面23,第一分面21在每种情况下都以相互叠加的方式成像到掩模母版7上,用以照亮物场5。物场5的照明特别为尽可能地均匀。均匀性误差较佳小于2%。通过不同照明通道的叠加,可实现场均匀性。

[0092] 投射光学单元10的入射光瞳的照明可通过第二分面23的配置来进行几何上的定义。投射光学单元10的入射光瞳中的强度分布可通过选择引导光的照明通道来设定,特别是第二分面23的子集。这种强度分布也称作照明设定或照明光瞳填充。

[0093] 在照明光学单元4的照明光瞳的定义照明区段区域中的同样较佳的光瞳均匀性可通过照明通道的重新分布来实现。

[0094] 下文将描述物场5以及特别是投射光学单元10的入射光瞳的照明的进一步方面和细节。

[0095] 特别地,投射光学单元10可具有同心(homocentric)入射光瞳。后者可为可接近的。它也可为不可接近的。

[0096] 投射光学单元10的入射光瞳通常无法使用第二分面反射镜22精确照明。当成像投射光学单元10时,其将第二分面反射镜22的中心远心地成像到晶片13上,孔径射线通常不相交于单个点。然而,可以找到一区域,其中成对决定的孔径射线的距离变得最小。此区域表示入射光瞳或与其共轭的真实空间中的区域。特别地,此区域具有有限的曲率。

[0097] 投射光学单元10对切向射束路径和矢状射束路径可能具有不同的入射光瞳位置。在这种情况下,成像元件(特别是传输光学单元的光学部件)应设置在第二分面反射镜22和掩模母版7之间。借助于此光学元件,可考虑切向入射光瞳和矢状入射光瞳的不同位置。

[0098] 在图1所示的照明光学单元4的部件的配置中,第二分面反射镜22配置在与投射光学单元10的入射光瞳共轭的区域内。第一分面反射镜20配置为使得其相对于物平面6倾斜。第一分面反射镜20配置为使得其相对于由偏转反射镜19所定义的配置平面倾斜。

[0099] 第一分面反射镜20配置为使得其相对于由第二分面反射镜22所定义的配置平面倾斜。

[0100] 图2显示了用于DUV投射光刻的投射曝光设备1的示例性具体实施例的示意图。DUV在这里代表“深紫外线”。特别地,投射曝光设备1可设计为在193 nm的波长下操作。

[0101] 投射曝光设备1具有照明光学单元4和投射光学单元10。在此不详细示出照明光学单元4的内部结构和投射光学单元10的内部结构,其在每种情况下可包含例如光学部件、传感器、操纵器等。在投射光学单元10的情况下,反射镜M表示为代表其光学部件。反射镜M可借助于冷却介质进行冷却,该冷却介质由冷却装置24提供。冷却介质为流体,例如水。补充地或替代地,照明光学单元4可具有冷却的反射镜M和相关的冷却装置24。投射光学单元10和/或照明光学单元4还可具有多个冷却的反射镜M和冷却装置24。在照明光学单元4的情况下和投射光学单元10的情况下,透镜和进一步的反射镜(冷却的或未冷却的)例如可存在作为更多的光学部件。

[0102] 类似地,在图1所示的投射曝光设备1的示例性具体实施例中也可设置至少一个冷却装置24,其可例如连接到反射镜M3。

[0103] 投射曝光设备1的操作所需的辐射是由辐射源3产生的。辐射源3可特别是准分子激光器,例如氟化氩激光器,其产生波长为193 nm的照明辐射16。

[0104] 在照明光学单元4和投射光学单元10之间设置有掩模母版保持器8,掩模母版7(也称作掩模)固定于其上。掩模母版保持器8具有掩模母版位移驱动器9。从辐射方向上看,晶片保持器14配置在投射光学单元10的下游,晶片保持器承载晶片13或一些其它基板并具有晶片位移驱动器15。

[0105] 图2中还显示了控制装置25,其连接到照明光学单元4、投射光学单元10、冷却装置24、辐射源3、掩模母版保持器或掩模母版位移驱动器9以及晶片保持器14或晶片位移驱动器15。类似地,图1的投射曝光设备同样可具有控制装置25,其可连接到相应的部件。

[0106] 投射曝光设备1用于以高精确度将掩模母版7成像到晶片13上。为此,在照明光学单元4的协助下对掩模母版7进行照明,并在投射光学单元10的协助下将被照明的掩模母版7成像到晶片13上。具体而言,采用以下程序:

[0107] 照明光学单元4通过其光学部件以精确定义的方式转换由辐射源3产生的照明辐射16,并将其引导到掩模母版7上。根据具体实施例,照明光学单元4可形成为使得它照明整个掩模母版7或仅照明掩模母版7的一部分区域。照明光学单元4能够照明掩模母版7使得在掩模母版7的每个照明点上具有几乎相同的照明条件。特别地,入射照明辐射16的强度和角度分布对于掩模母版7的每个照明点几乎相同。

[0108] 照明光学单元4能够选择性地用多种不同角度分布的照明辐射16来照明掩模母版7。照明辐射16的这些角度分布也称作照明设定。所需的照明设定通常根据在掩模母版7上形成的结构元件来选择。举例来说,相对经常使用的是偶极或四极照明设定,在这种情况下,照明辐射16分别从两个不同方向或从四个不同方向入射到掩模母版7的每个照明点上。根据照明光学单元4的形式,可例如通过不同衍射光学元件与变焦锥形镜(axicon)光学单元的组合、或通过反射镜阵列(其在每种情况下具有多个小反射镜,这些小反射镜彼此相邻设置并可相对于其角度位置单独地调整)来产生不同的照明设定。

[0109] 掩模母版7可例如形成为玻璃板,其对照明光学单元4所提供的照明辐射16是透明的,且被施加不透明结构(例如以铬涂层的形式)。

[0110] 投射曝光设备1可形成为使得整个掩模母版7同时被照明光学单元4照明,且通过投射光学单元10在单个曝光步骤中完全地成像到晶片13上。

[0111] 或者,投射曝光设备1也可形成为使得仅掩模母版7的一部分区域同时被照明光学单元4照明,且掩模母版位移驱动器9由控制装置25启动,使得在晶片13的曝光期间,掩模母版7相对于照明光学单元4移动,因此被照明的部分区域作为一个整体在掩模母版7上移动。通过适当调整晶片位移驱动器15的启动来同步地移动晶片13,其中投射光学单元10的成像特性也被考虑在内,因此掩模母版7上分别被照明的部分区域被成像到晶片13上为其提供的部分区域上。掩模母版7和晶片13的这种移动也称作扫描。

[0112] 在投射曝光设备1的两个具体实施例中,为了能够将晶片13的曝光所产生的潜在像转印到物理结构中,在晶片13上施加光敏层。掩模母版7的像通过曝光形成于此光敏层中,且借助随后的化学程序可从它在晶片13上产生永久结构。

[0113] 掩模母版7通常不仅在晶片13上成像一次,而是多次相邻成像。为此目的,在每次将掩模母版7成像到晶片13上之后,晶片保持器14以对应于晶片13上掩模母版7的像大小的方式横向地移动。在每种情况下,掩模母版7的成像在此可整体地或通过扫描依序地进行。晶片13的化学处理只有当已在晶片13上对掩模母版7进行所需数量的成像时才开始。

[0114] 图3显示了由本发明方法所制造的反射镜26的示例性具体实施例的截面示意图。图4以进一步的截面示意图显示了反射镜26的相同示例性具体实施例,其中截面沿图3中描绘的截面线A-A截取。为了能够表示反射镜26的尽可能多的细节,截面线A-A在通过反射镜26时具有横向偏移。在图3中,截面沿图4所示的截面线B-B截取。在图3和图4中,反射镜26及

其组成部件的表示并非依照比例,并且是高度抽象的,以尽可能清晰地呈现本发明。这也适用于所有其他图。

[0115] 在图1和图2所示的投射曝光设备1之一的情况下,可使用反射镜26且其具有下部27和上部28,它们在每种情况下由石英玻璃、掺钛石英玻璃或微晶玻璃制成。术语“下部”和“上部”的选择是因为下部27通常比上部28厚得多,因此就像它承载着上部28。然而,这些术语与反射镜26在安装状态下相对于重力方向的定向没有任何关系。在投射曝光设备1的操作过程中,上部28可以相对于重力方向配置在下部27的上方或下方或旁边,或者相对于它采取一些其它相对位置。下部27也称为第一反射镜部件27,上部28也称为第二反射镜部件28。

[0116] 下部27和上部28在下部27的连接表面29和上部28的连接表面30的区域内通过下文更详细描述的本发明方法而彼此刚性地连接。在所示的示例性具体实施例中,下部27的连接表面29以凹面弯曲的方式形成。曲率可为球面、非球面或根据自由曲面形成。上部28的连接表面30以与下部27的连接表面29互补的方式弯曲,因此具有凸面曲率,其可为球面、非球面或根据自由曲面形成。因此,上部28的连接表面30和下部27的连接表面29可紧密接触地相互接合。作为弯曲形成的替代方法,下部27的连接表面29和上部28的连接表面30也可以平面方式形成。

[0117] 在背对于其连接表面29的一侧,如图3的底部所示,下部27以平面方式形成。在背对于其连接表面30的一侧,如图3的顶部所示,上部28以凹面弯曲的方式形成,并且具有相同曲率的反射光学表面31。曲率可形成为球面、非球面或根据自由曲面形成,并且特别对应于上部28的连接表面30的曲率。即使连接表面29和30、背对连接表面30的上部28的表面和光学表面31在每种情况下都以旋转对称的方式形成,它们在图3和图4的截面区域中分别具有略微不同的曲率,因为这些截面区域是在与所述表面的中心不同的距离处形成的。然而,与曲率半径的绝对值相比,距离的差异在每种情况下都非常小,因此在图3和图4的表示中不会察觉到不同的曲率。

[0118] 作为对此的替代,光学表面31也有可能以平面方式形成。特别是当下部27的连接表面29和上部28的连接表面30以平面方式形成时,情况尤其如此。

[0119] 光学表面31实施为涂覆在上部28的涂层。涂层的形成取决于光学表面31打算在哪个波长下产生其反射效应。在DUV范围内具有所需反射的情况下,即在图2的反射镜M的情况下,涂层可形成为铝层。另一方面,如果打算在EUV范围内进行反射,例如在图1的反射镜M3的情况下,则涂层可特别由交替连续的硅和钼层形成,并可能包含不同成分的一或多层另外的层,例如用作保护层。

[0120] 上部28还具有许多细长的冷却通道32,它们彼此平行并平行于光学表面31,并在光学表面31的区域中横向地延伸且可能略微超出它。因此,在示出的示例性具体实施例的情况下,冷却通道32是以弯曲的方式形成的。冷却通道32到达光学表面31至约1至6毫米的距离内,且形成为朝向上部28的连接表面30开口。因此,冷却通道32在上部28的连接表面30的区域具有细长的冷却通道开口33。冷却通道32的横向尺寸可约为0.2至10毫米,冷却通道32的深度(即大致垂直于上部28的连接表面30的尺寸)通常远大于宽度(即大致平行于上部28的连接表面30的尺寸)。例如,冷却通道32的深度可为冷却通道32的宽度的两倍以上。相邻冷却通道32之间的净距离一般不超过15毫米,较佳不超过5毫米。冷却通道32的宽度、相

邻冷却通道32之间的净距离、以及冷却通道32与光学表面31之间的距离的数值可大致相同。

[0121] 在上部28的连接表面30的形成为非旋转对称的情况下,对于不同的方位角,或者换句话说,相对于不同的方向,它可能具有不同的平均曲率半径。在这种情况下,上部28的连接表面30的区域(在该区域内,平均曲率半径的绝对量具有最大值)可在横向于(特别是垂直于)冷却通道开口33的纵向范围的方向上延伸。下部27的连接表面29和上部28的连接表面30的相互相邻区域在未连接状态下可能具有略微不同的平均曲率半径,相较于凹形表面相应区域的平均曲率半径,凸形表面区域的平均曲率半径通常具有较小的绝对值。

[0122] 下部27具有数个分配器通道34和收集器通道35,其从下部27的连接表面29沿下部27背离连接表面29的一侧的方向延伸至下部27。在下部27的内部,分配器通道34通向流体分配器36,且收集器通道35通向流体收集器37。分配器通道34和收集器通道35在每种情况下都以阶梯状方式朝向下部27的连接表面29加宽,并分别与两个冷却通道开口33的相对端重叠。换言之,一个分配器通道34分别与两个冷却通道开口33的一端重叠,且一个收集器通道35分别与相同的两个冷却通道开口33的另外两端重叠。因此,一个分配器通道34在其一端与流体分配器36流体连接,且在其另一端与两个冷却通道32流体连接。类似地,一个收集器通道35在其一端与流体收集器37流体连接,且在其另一端与两个冷却通道32流体连接。

[0123] 因此,可以通过流体分配器36将流体(例如水)供应至冷却通道32并且供应至分配器通道34,每个分配器通道34分别供应两个冷却通道32,且流体分配器36供应流体给所有分配器通道34。流体流过冷却通道32,并接着经由收集器通道35流入流体收集器37,经由流体收集器37可将流体移除。在此情况下,每两个冷却通道32的流体分别流入一个收集器通道35,且所有收集器通道35的流体均流入流体收集器37。对流体分配器36供应流体以及从流体收集器37移除流体可借助于冷却装置24来进行,为此目的,冷却装置24可连接至流体分配器36和流体收集器37。

[0124] 将所供应的流体的温度调整至低于上部28的温度可实现流体在其流经冷却通道32时从上部28提取热量的效果。这种热量提取尤其是为了补偿由于在光刻系统的操作期间入射到光学表面31上的辐射而产生的热输入。由于光学表面31没有完全反射入射辐射,因此部分辐射被光学表面31吸收,且取决于光学表面31的形成,部分辐射也被上部28吸收并转换成热。由于光学表面31和上部28具有一定的热导率,因此此热量的一部分被引导至冷却通道32并可在该处被流体吸收并带走。这样,与未冷却的反射镜26相比,可限制由辐射所引起的反射镜26的温度升高,并可减少由热膨胀效应所引起的光学表面31的变形。因此,变形引起的成像误差也减少了。

[0125] 冷却通道32、分配器通道34、收集器通道35、流体分配器36和流体收集器37的形成和配置也可以各种方式修改。举例来说,冷却通道32可配置在下部27中并形成为朝向下部27的连接表面29敞开,因此冷却通道32在下部27的连接表面29的区域中具有细长的冷却通道开口33。也可以不需要分配器通道34和收集器通道35,且流体分配器36和流体收集器37可直接连接到冷却通道32等。

[0126] 为了制造反射镜26,下部27和上部28被制造为单独的部件,并彼此连接。光学表面31通常仅在将下部27和28连接之后才形成,以实现尽可能高的准确度,特别是在其形状方面,并避免在连接过程期间损坏光学表面31。使用具有非常低的热膨胀系数的材料来制造

下部27和上部28。合适的材料例如为石英玻璃、掺杂氧化钛的石英玻璃、或特殊玻璃陶瓷。下部27和上部28可从普通材料坯料切出。然而，如果下部27和上部28在材料参数方面彼此差异不大，则也有可能使用不同的材料坯料用于下部27和上部28。

[0127] 举例来说，可使用与氧化钛混合的石英玻璃(其在下部27的体积上的平均零交叉温度在22℃至25℃之间)来制造下部27。在光刻系统的操作期间，考虑到反射镜26的冷却，此处已对零交叉温度进行调整，以匹配下部27的预期温度。根据制造下部27所用材料的方法，22℃处的热膨胀系数的增加较佳小于约1.35 ppb/K^2。至少在成品反射镜26中与光学表面31横向重叠的区域内，零交叉温度具有优于+/-5K的均匀性，该均匀性在下部27的连接表面29的区域中比在背离它的一侧上更好。

[0128] 下部27从材料坯料中切出，然后通过研磨和抛光进行加工。下部27的连接表面29在此处可特别地形成为与光学表面31(其稍后会形成在上部28上)的预期形状大致对应的形式。下部27的连接表面29和光学表面31之间的形状偏差最大为3 mm，较佳不超过200 μm。如果下部27的连接表面29具有圆形的外围边界，则其直径通常在20 cm至100 cm之间，矢状高达直径的3%。下部27的连接表面29的球形基本形状可叠加任何所需的功能，因此可获得自由形状表面。

[0129] 对于用于测量的633 nm的波长λ，下部27的连接表面29的抛光可以与预定形状(图形)的偏差小于λ/2、较佳小于λ/10的方式进行。此外，在此情况下可实现小于5 nm、较佳小于1 nm的粗糙度。在这种情况下，术语“粗糙度”包含与光滑表面的随机分布偏差。形状或图形偏差被认为包含偏离预定形状的长波和短波偏差，以及更多点状的、非随机分布的偏差。长波形式偏差也可能比上述的λ/2和λ/10的值稍大。然而，对于短波偏差，所提及的数值将尽可能保持不变。举例来说，数厘米的空间频率的偏差不会产生这样的破坏性影响。低于100 μm的空间频率的偏差通常更具破坏性。

[0130] 为了避免研磨和抛光剂残留物干燥，在研磨和抛光之后直接冲洗下部27。此外，可以进行机械湿式清洁。下部27的表面可另外用溶剂、有机和无机清洁剂、或通过等离子体处理等进行清洁。

[0131] 当对下部27进行加工时，必须确保避免深度上的损坏，因为少量的水、其他加工剂(例如抛光剂)或污染物可能会留在微裂纹中，且它们可能会蒸发并在下部27被加热时导致局部起泡。为了避免或消除可能的深度上的损坏，可使用干式和/或湿式蚀刻步骤或其他适当的光学加工步骤。此外，可使用分级研磨步骤，或例如通过使用氧等离子体蚀刻来进行非接触式移除，其后可进行抛光步骤。举例来说，通过使用氟酸进行短暂蚀刻不会导致局部蚀刻坑，这证明了在深度上不会造成损坏。氟酸浴适合同时作为移除碳氢化合物的清洁步骤。

[0132] 在研磨和抛光或打磨之后，如果适用，分配器通道34和收集器通道35以及流体分配器36和流体收集器37形成在下部27中。根据下部27的形成，冷却通道32也可形成在下部27中。分配器通道34和收集器通道35以及流体分配器36和流体收集器37通常具有横向尺寸，即横向于流体流动方向的尺寸，其远大于冷却通道32的相应尺寸。

[0133] 相应的通道可通过铣削、研磨、钻孔、激光烧蚀、超声烧蚀或蚀刻或这些方法的组合来形成。作为最后的方法步骤，在每种情况下可提供使用氟酸的蚀刻，以避免随后的裂纹扩展，并在通道中形成仅有轻微粗糙的表面，以利于流动。

[0134] 为了保护下部27的已经加工过的、特别是抛光过的表面免于在边缘处(例如在冷

却通道开口33的周边处)破裂、以及免于类似的损坏,可在通道形成之前将保护性抗蚀剂施加至下部27的表面。尽管采取了这种预防措施,但还是会出现边缘处破裂的情况,这可通过例如围绕冷却通道开口33延伸的斜面使其局部平滑或将其消除。然而,由于缺口效应,此斜面在流动方面和强度方面是不利的,应尽量避免。

[0135] 作为上述过程的替代,可以首先在下部27中形成通道,然后仅通过研磨、打磨和/或抛光来加工下部27的表面。然而,这导致在冷却通道开口33或其他开口的边缘处有一定的圆角,这是因为例如抛光盘具有有限的刚度并且凸入至冷却通道开口33或其他开口中。可通过将与下部27相同材料的占位件插入或粘接到冷却通道开口33或其他开口中来抵消边缘处的这种圆角。占位件与下部27的连接表面29一起被磨掉并抛光,并减小由冷却通道开口33或其他开口引起的间隙的宽度。下部27的周围材料和占位件之间剩余的间隙也可用玻璃粉或陶瓷粉填充的灰泥(putty)进行灌浆,因此在抛光过程中至多有轻微的凸起,因此在边缘处的圆化很小。或者,可以通过机器人抛光或离子束抛光进行局部再加工,以最小化边缘处的圆化。在对下部27的表面进行加工后,再次移除占位件以及灌浆材料(如果适用)。

[0136] 为了避免或至少减少边缘处的圆角,可使用烧蚀或蚀刻方法作为机械表面加工的替代方法。如果在这些方法中,将抗蚀剂掩模施加到不被加工的区域,则在抗蚀剂掩模的外围区域中可能发生蚀刻不足。这种蚀刻不足的不利影响可通过适当的机械、激光烧蚀或蚀刻再加工来抵消。

[0137] 可使用具有与针对下部27所述特性相同或相似的特性的材料来制造上部28。上部28的材料特性可仅在预定限度内偏离下部27的材料特性。例如,下部27和上部28的非常不同的热膨胀行为将会是个问题,因为下部27和上部28彼此刚性连接。

[0138] 在从材料坯件切出上部28之后,上部28的表面(特别是连接表面30)可使用与针对下部27所述的方式类似的方式进行加工,且必须满足形状偏差和粗糙度的类似要求。如果上部28比较薄,则对形状偏差的要求可稍微放宽。

[0139] 根据具体实施例的变体,上部28可具有冷却通道32和/或其它通道,例如分配器通道34和收集器通道35。所有这些通道都可使用与针对下部27所述的方式类似的方式来制造,并可使用类似的措施来减少边缘处的圆化等。

[0140] 上部28的厚度一般在10至40毫米之间,但在某些前提条件下也可能具有较小的厚度。取决于厚度,可能需要将上部28粘接或扭合到作为载体材料的玻璃基板上以用于加工,以达到足以进行精确加工的刚度。

[0141] 可使用与用于加工下部27的连接表面29的工具具有相同或非常相似的标称曲率的工具,用于通过研磨、打磨和/或抛光来加工上部28的连接表面30。可选地,在此之后可提供进一步的步骤,其中测量下部27的连接表面29和上部28的连接表面30的实际形状,并通过机器人抛光、等离子体蚀刻、离子束烧蚀或压实高能辐射将上部28的连接表面30局部地适配到下部27的连接表面29。

[0142] 在反射镜26的具体实施例的情况下,其中下部27的连接表面29基本上是平面的或具有非常小的曲率,因此至少一个方位角的平均曲率半径的绝对值大于10 m,则有可能使用相对较薄的上部28,其厚度为0.5至10毫米,并以平面方式形成上部28的连接表面30。在这种情况下,上部28在连接到下部27时可能会变形,因此上部28的连接表面30可与下部27的连接表面29的形状相适应。对于连接前所需的加工,上部28可粘接到足够刚性的载体材

料上或扭合到载体材料上。

[0143] 作为使用从材料坯料中切出的上部28的替代,也可通过流出(例如在熔融金属(浮动玻璃)上)、浇注在长分离的边缘上、压制和烧结玻璃烟灰、或间接通过灰体来产生钛掺杂石英玻璃的薄上部28。这些方法的优点是上部28由几毫米厚的片材制成,其中可实现材料参数的良好均匀性,并可省去机械加工。为了能够实现由这种片材制成的上部28具有与下部27情况类似的热膨胀行为,片材的OH含量与下部27的相应含量应最大偏离5%,且片材的钛含量与下部27的相应含量应最大偏离0.05%。对于制造厚度小于2 mm的上部28的非常薄的片材,这些要求也可稍微放宽。

[0144] 当下部27和上部28已经完成时,它们可在它们的连接表面29、30的区域中彼此连接。连接分两个步骤进行:在第一步骤中,将上部28扭合到下部27上,亦即上部28被拉得如此靠近下部27,以致由于下部27的原子与上部28的原子之间的范德华力的作用而使上部28附接到下部27。第一步骤可在室温下进行,生产出包含下部27和上部28的中间产品。在第二步骤中,通过接合程序加强上部28和下部27之间的连接,由此在下部27的原子和上部28的原子之间形成共价键,因此上部28和下部27非常牢固地彼此持久连接。以下将更详细地解释在接合程序中根据本发明的程序以及为此采取的准备工作。

[0145] 图5显示一流程图,其解释了当连接下部27和上部28时根据本发明的程序。下部27和上部28可以上述方式在大致并行进行的程序中生产,或在空间和/或时间上分开的程序中彼此完全独立地生产。

[0146] 为了能够形成持久的连接,在步骤S1中,下部27和上部28被清洁、活化和干燥,特别是在它们的连接表面29、30的区域中。举例来说,下部27的连接表面29和上部28的连接表面30可通过蚀刻(例如用氟酸)、通过溅射、或通过等离子体处理(特别是使用氢或氧等离子体)来同时进行清洁、烧蚀和活化。

[0147] 步骤S1之后为步骤S2,其中将上部28扭合到下部27上。为了扭合到下部27上,上部28的连接表面30如此靠近下部27的连接表面29,以致由于靠近上部28的表面的原子和靠近下部27的表面的原子之间的范德华力而产生强吸引力,且最终将上部28和下部27彼此连接。由于范德华力只作用在非常短的距离上,因此需要使上部28的连接表面30和下部27的连接表面29非常地靠近。只有在上部28的连接表面30和下部27的连接表面29非常光滑、具有几乎完全相同的形状、且基本上没有污染物的情况下,才有可能在相对较大的表面面积内做到这点。使上部28的连接表面30和下部27的连接表面29充分靠近以尽可能防止空气或其他气体夹杂在连接表面30、29之间也是非常重要的。这些气体夹杂物也可能在反射镜28的后续使用期间产生不利影响。图6中显示了可能的扭合程序。

[0148] 图6以示意性截面显示了上部28扭合到下部27过程中的快照,该截面为沿图4所示的截面线C-C截取,因此垂直于冷却通道32的纵向范围。

[0149] 在所示的示例性具体实施例的情况下,下部27的连接表面29和上部28的连接表面30具有至少近似互补的曲率。从图6可看出,上部28的连接表面30并未在整个表面区域上平行对准下部27的连接表面29,而是连接表面29、30在被放在一起时彼此形成一个角度,且最初仅在图6左侧所示的其外围表面的区域内相交。在图6中,放大了该角度以看出效果。当它们被放在一起时,最初上部28和下部27之间仅在连接表面29、30的小区域中存在接触,因此最初仅在上部28和下部27之间形成相对小的接触表面38。范德华力在接触表面38内产生其

吸引作用,因此上部28的连接表面30到下部27的连接表面29的扭合发生在接触表面38的区域中。

[0150] 接着,上部28继续朝下部27进一步枢转,因此越来越靠近下部27,因此接触表面38的尺寸增大。因此,上部28扭合到下部27上的表面面积的尺寸也增加。连接表面29、30的扭合区域和连接表面29、30的非扭合区域之间的线性形成的过渡区在下文中称作扭合前沿。在图6的表示中,扭合前沿相对于绘图平面垂直地延伸且大致平行于冷却通道32的纵向范围。这至少适用于扭合前沿穿过绘图平面的区域。扭合前沿可形成为直线或稍微弯曲,且随着上部28逐渐靠近下部27时,扭合前沿会从左到右移动,即上部28接近下部27的过程会从左向右依次进行。渐进的方式在下文中也称作“滚动(rolling)”,因此在图6的表示中,上部28从左向右滚动至下部27。滚动运动的方向在图6中由箭头显示,且在下文中称作滚动方向39。

[0151] 具有稳定迁移的线性扭合前沿的连续扭合具有以下效果:气体被连续地移出上部28的连接表面30和下部27的连接表面29之间的中间空间,因此气体夹杂物的风险大大降低。当上部28的连接表面30已经在整个表面区域上扭合到下部27的连接表面29上时,扭合操作结束。

[0152] 在上部28的连接表面30和下部27的连接表面29不是以旋转对称方式形成的示例性具体实施例的情况下,上部28的连接表面30较佳平行于连接表面29、30具有最小平均曲率半径绝对值的方向滚动至下部27的连接表面29。

[0153] 通过不具有完全相同曲率的上部28的连接表面30和下部27的连接表面29,可在某种程度上使得气体从上部28的连接表面30和下部27的连接表面29之间的中间空间的逸出变得更加容易。

[0154] 从图6可看出,滚动方向39横向于、特别是垂直于冷却通道开口33和冷却通道32的纵向范围。因为上部28的厚度在冷却通道32的区域中显著减小,因此这些区域以类似于接头的方式作用并使上部28更容易在这些区域中弯曲。这样的结果是,只需要相对较小的力就可以暂时地将上部28保持在接触表面38外侧与下部27相距足够远的距离,以防止在那里发生扭合并使上部28的连接表面30连续地接近下部27的连接表面29。此外,在接触表面38的区域中,实现了上部28的连接表面30与下部27的连接表面29紧密接触的更好接合,且因此可实现非常可靠的扭合。

[0155] 类似地,也可将上部28带到下部27,使得滚动方向39平行于冷却通道开口33和冷却通道32的纵向范围。在此具体实施例的情况下,由于气体可沿着冷却通道开口33逸出,因此确保了上部28和下部27之间的中间空间的特别可靠的排气。与上述具体实施例相比,滚动方向上的变形能力在一定程度上有所降低。

[0156] 在步骤S2中将上部扭合到下部上具有产生包含下部27和上部28的中间产品的效果,其中下部27和上部28在它们的连接表面29、30的区域中彼此刚性地连接。中间产品必须满足各种质量要求,且只有当其满足这些质量要求时,才能进入下文详细描述的热处理阶段。否则,中间产品将被重新加工或被剔除。质量要求涉及例如连接表面29和30之间夹杂物的出现。

[0157] 在步骤S2之后的步骤S3中,将中间产品在储存温度下储存一段储存时间。储存时间可例如为24小时。储存温度高于室温,且可例如在80℃或较佳160℃至400℃之间。具体

地,储存温度可在250℃和350℃之间。加热斜坡也可与恒定储存温度下的储存结合。在升高的温度下储存具有的效果为,过量的湿气从连接表面29、30的区域扩散出来,特别是经由冷却通道开口33。取决于扭合前对下部27和上部28的预处理以及中间产品的制造和进一步使用之间的时间间隔,也可能不需要步骤S3,特别是当相邻冷却通道32之间的净距离较小时。

[0158] 步骤S3之后是步骤S4,在此步骤中开始进行热处理,用于在下部27和上部28之间形成非常耐用的连接。通过热处理形成的连接在下文中也称作接合。在步骤S4中,将中间产品放入接合炉中,其保证例如优于2K的温度均匀性。可在接合炉中提供空气或惰性气体环境。类似地,也可将接合炉抽真空并在真空条件下进行热处理。在接合炉中,中间产品以一加热速率加热至保持温度。加热速率具有低于150 K/h的数值、较佳低于100 K/h的数值。保持温度落在400℃至900℃的范围内,较佳为高于500℃、特别是高于600℃、且特佳为高于700℃的温度。

[0159] 接下来是步骤S5,根据该步骤,将中间产品保持在保持温度下一段保持时间。保持时间可至少为8小时,特别是至少为12小时或至少为20小时。

[0160] 步骤S5之后是步骤S6,其中中间产品被冷却,因此其温度从保持温度降低。特别地,冷却可在多个阶段中进行,中间产品的温度以不同的冷却速率降低。举例来说,中间产品的温度的降低可先以低于100 K/h或低于50 K/h、特别是在1 K/h和20 K/h之间的冷却速率进行,直到到达温度700℃或600℃。在低于700℃或600℃时,温度的降低可发生得更快,例如在低于150 K/h的冷却速率下,其特别是在5 K/h至100 K/h的范围或在20K/h至 100 K/h的范围。当达到例如500℃或400℃的温度时,可完全放弃冷却速率的限制,然后可在任何冷却速率下进行冷却,直到达到室温。例如,在每种情况下,可通过将中间产品周围的气体的温度和/或周围区域的温度降低到低于中间产品的温度的值来实现冷却。步骤S6完成流程图。

[0161] 当设定热处理的参数时,特别是保持温度和冷却速率,应注意它们会对用其制造的反射镜26的零交叉温度和热膨胀系数的增加产生影响。虽然这些材料特性通常已经在制造下部27和上部28所用材料的过程中设定为期望值,但是它们可通过热处理再次改变。因此,如果需要对反射镜26的零交叉温度和热膨胀系数的增加有较低的容差,则仅使用满足这些制造要求的材料是不够的。此外,还需要精确规划中间产品的热处理,同时考虑上述参数的潜在影响。这样做时,应注意热处理对零交叉温度和热膨胀系数增加的影响取决于中间产品的材料成分,特别是其OH和钛含量。因此,为了实现低容差,应考虑OH和钛含量。如果不知道足够准确的含量,则可在根据本发明的方法中进行测量,以确定OH含量和钛含量。此外,可在热处理之前进行测量,以确定中间产品的实际零交叉温度和热膨胀系数的实际增加。由于其中一些测量不是无损的,因此它们不是在中间产品本身上进行的,而是在随附的测试件上进行的,亦即在制造中间产品的一块材料上进行的。随附的测试件经历与中间产品相同的热处理,且如果下部27和上部28在中间产品形成之前已经经历了热处理,则这也在随附的测试件上进行。如果下部27和上部28由不同的坯料制成,则可分别为下部27和上部28提供随附的测试件。

[0162] 接着,根据已知或测量的材料特性,为每个中间产品或具有非常相似材料特性的每组中间产品分别确定热处理曲线,即中间产品的温度随时间的预期变化。此处特别重要的是冷却曲线,特别是所使用的冷却速率。

[0163] 以这种方式,可制造出平均零交叉温度与期望的零交叉温度最大偏差为+/-1 K的反射镜26。最大偏差为+/- 0.5 K或甚至+/- 0.2 K也是可能的。这些值在每种情况下与一零交叉温度相关,该零交叉温度为在与光学表面31横向重叠并在深度上从光学表面31延伸至1 cm的反射镜26的体积区域上平均的。类似地,此体积区域也可在深度上从光学表面31延伸至冷却通道32或延伸至冷却通道32下方1 cm。在图3的表示中,到冷却通道32的范围是指到冷却通道32的上边缘的范围,且到冷却通道32下方1 cm的范围是指到冷却通道32的下边缘下方1 cm的范围。在此体积区域中,预定值可在每种情况下随着与光学表面31距离的增加而减小。

[0164] 热处理中的另一个困难是确保中间产品的整个体积根据预期的热处理曲线进行处理。例如,中间产品的外围区域对从外部作用的冷却反应更快,因此比核心区域冷却得更快。这个问题在一定程度上得到缓解,因为不需要在冷却的每个时间点在中间产品的整个体积中实现大致相同的温度。确实,应在中间产品的每个位置尽可能准确地维持预定的冷却曲线,即温度随时间的下降。但是,各个位置之间的时间差异是允许的。因此,控制冷却的方式为使得在每种情况下局部地维持冷却曲线,并且为此目的,在冷却期间逐步调整冷却速率,如果合适的话调整多次并且在多个小时内进行调整,以实现此目标。例如,调整可以持续一到六个小时的时间。

[0165] 特别是,应确保在20 K的温度间隔内形成的冷却速率的滑动平均值在中间产品的整个体积中在900°C至700°C的温度范围内随时间的相对变化是相同的,除了2 K/h的最大偏差之外。这意味着冷却应该以这样的方式进行:在考虑到相应的潜在存在的时间差之后,此滑动平均值在中间产品的所有位置处随时间的变化最多相差2 K/h。较佳地,在900°C至700°C的温度范围内的滑动平均值的偏差最大为1 K/h。此外,可以规定,在700°C至500°C的温度范围内的滑动平均值的偏差最大为4 K/h,较佳最大为2 K/h。通过这些措施,最终应实现的是,在与光学表面31横向重叠且在深度上从光学表面31延伸至1 cm的反射镜26的体积区域内,因热处理所导致的零交叉温度的不均匀性最大为+/- 1K,较佳最大为+/-0.5K。类似地,此体积区域也可延伸至冷却通道32或延伸至冷却通道32下方1cm。

[0166] 热处理的目的是使下部27和上部28的连接的拉伸强度达到50 MPa或更高。

[0167] 在修改例中,下部27和上部28在热处理过程中相互压紧。

[0168] 上述接合程序也可以同样的方式实现,而无需扭合。在这种情况下,程序类似地相同,其中各个步骤不必用中间产品而是用下部27和上部28来执行,下部27和上部28没有通过扭合彼此连接。

[0169] 在接合程序之后,上部28可加工至冷却通道32上方2至10 mm的厚度。

[0170] 在上部28的厚度减小的加工步骤之后,或者代替此加工步骤,对上部28进行再加工,使得在其背离连接表面30且其上将形成光学表面31的一侧上,具有高精度的预定形状并且符合预定的粗糙度标准。接着,在该处形成光学表面31。这可例如通过施加铝层或交替地施加钼层和硅层来进行。

[0171] 附图标记

[0172] 1 投射曝光设备

[0173] 2 照明系统

[0174] 3 辐射源

[0175] 4 照明光学单元

[0176] 5 物场

[0177] 6 物平面

[0178] 7 掩模母版

[0179] 8 掩模母版保持器

[0180] 9 掩模母版位移驱动器

[0181] 10 投射光学单元

[0182] 11 像场

[0183] 12 像平面

[0184] 13 晶片

[0185] 14晶片保持器

[0186] 15晶片位移驱动器

[0187] 16照明辐射

[0188] 17集光器

[0189] 18中间焦平面

[0190] 19偏转反射镜

[0191] 20第一分面反射镜

[0192] 21第一分面

[0193] 22第二分面反射镜

[0194] 23第二分面

[0195] 24冷却装置

[0196] 25控制装置

[0197] 26反射镜

[0198] 27下部

[0199] 28上部

[0200] 29连接表面

[0201] 30连接表面

[0202] 31光学表面

[0203] 32冷却通道

[0204] 33冷却通道开口

[0205] 34分配器通道

[0206] 35收集器通道

[0207] 36流体分配器

[0208] 37流体收集器

[0209] 38接触表面

[0210] 39滚动方向

[0211] M 反射镜

[0212] M1 反射镜

[0213] M2 反射镜

[0214] M3 反射镜

[0215] M4 反射镜

[0216] M5 反射镜

[0217] M6 反射镜

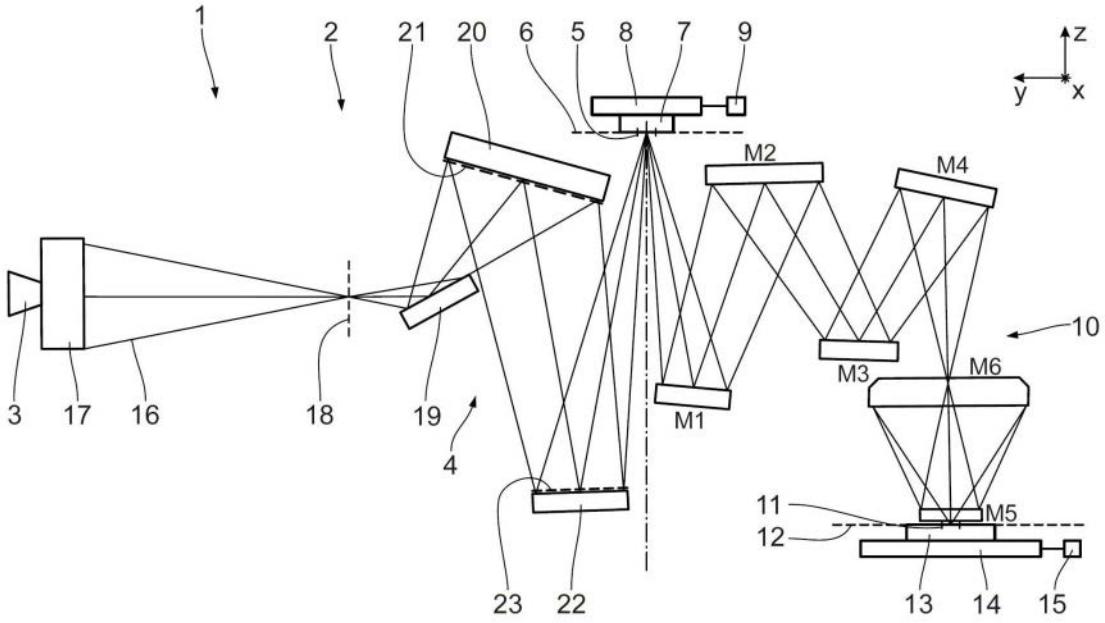

1
2
21
20
6
5
8
7
9
z
y
x
M2
M4
10
M3
M6
M1
3
17
16
18
19
4
11
12
M5
23
22
13
14
15

图 1

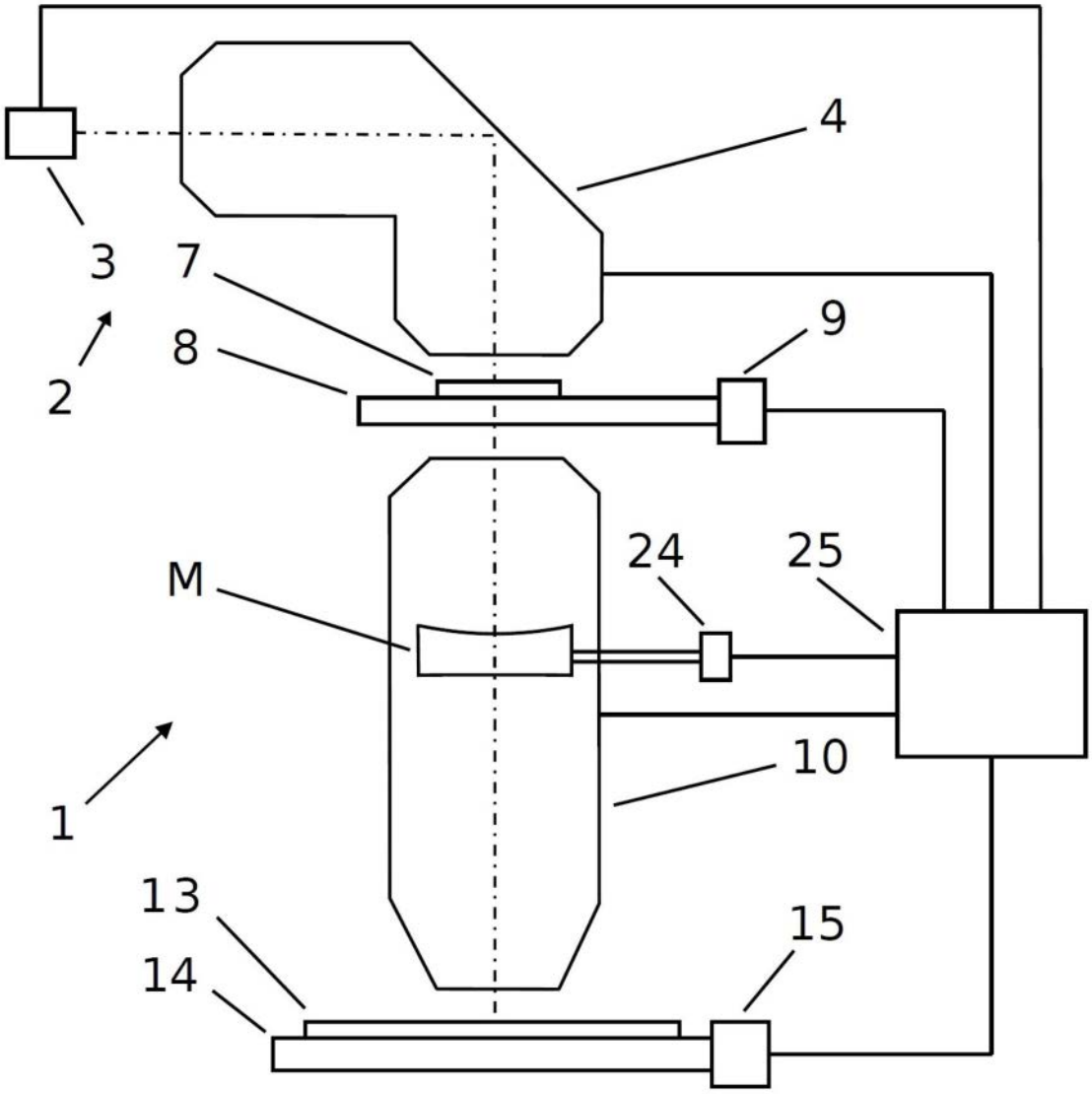


图 2

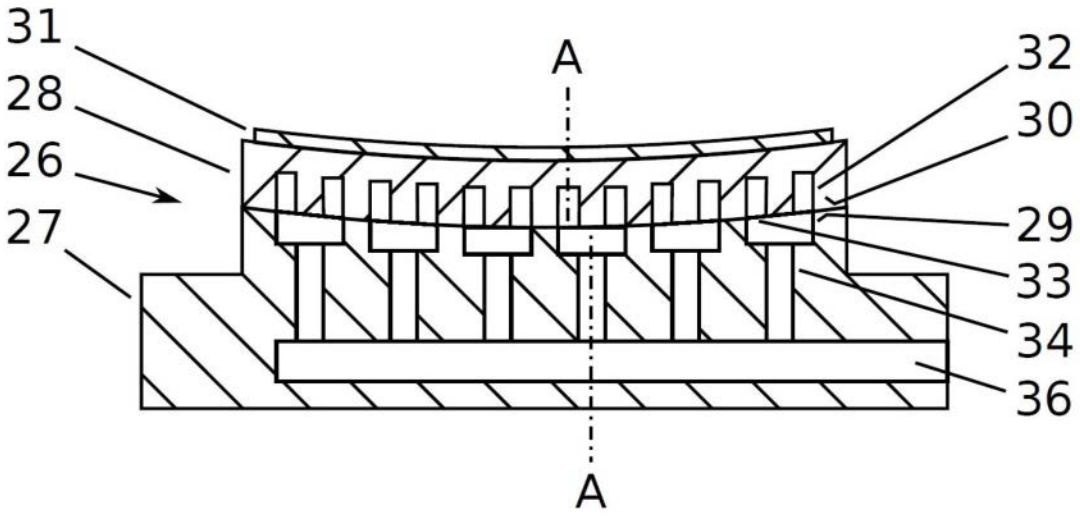

31
28
26
27
A
32
30
29
33
34
36
A

图 3

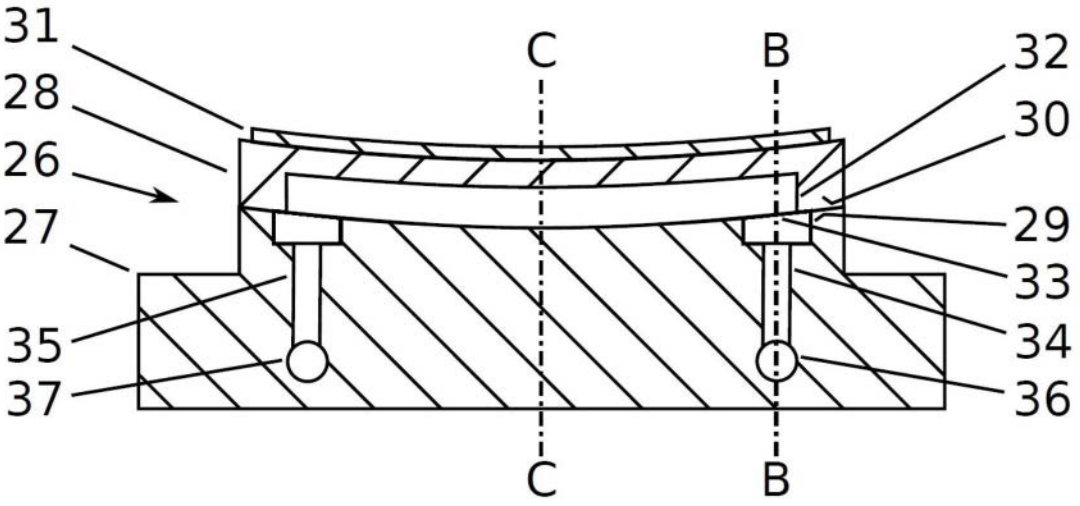

31
28
26
27
35
37
C
B
32
30
29
33
34
36
C
B

图 4

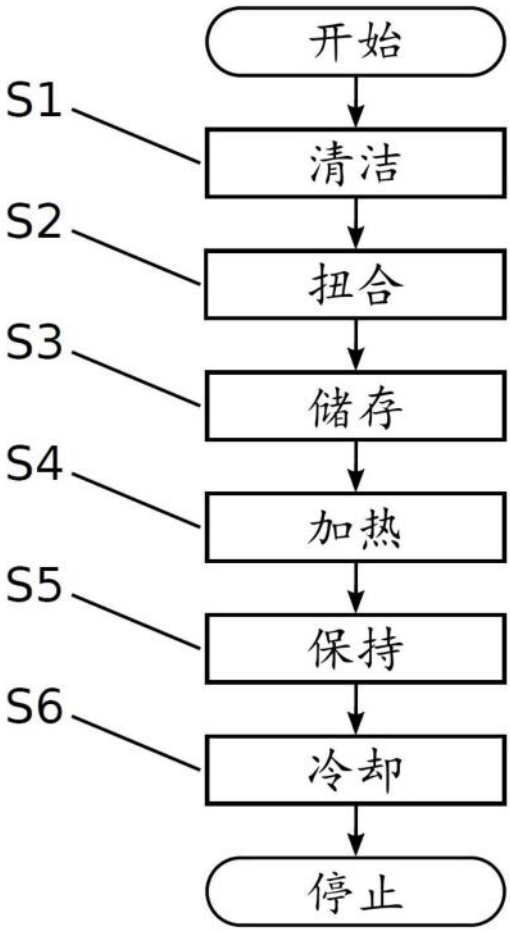


图 5

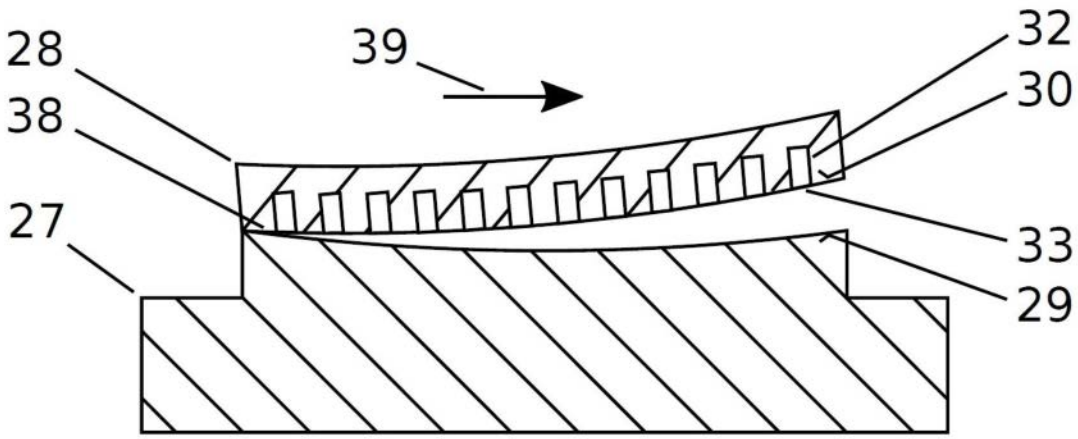


图 6