



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103713474 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 01

(21) 申请号 201410006090. 5

(22) 申请日 2008. 11. 20

(30) 优先权数据

102008013229. 2 2008. 03. 07 DE

61/012, 812 2007. 12. 11 US

(62) 分案原申请数据

200880120429. 7 2008. 11. 20

(73) 专利权人 卡尔蔡司 SMT 有限责任公司

地址 德国上科亨

(72) 发明人 马丁·恩德雷斯 拉尔夫·施图茨尔

詹斯·奥斯曼

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 焦玉恒

(51) Int. Cl.

G03F 7/20(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1641482 A, 2005. 07. 20,

CN 1645258 A, 2005. 07. 27,

CN 1445613 A, 2003. 10. 01,

CN 1797218 A, 2006. 07. 05,

审查员 王大伟

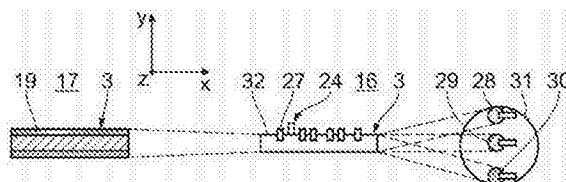
权利要求书3页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

用于微光刻的照明光学部件

(57) 摘要

一种用于微光刻的照明光学部件,该照明光学部件包括用于将照明光引导到物平面中要照明的物场的光学组件。根据本发明的第一方面,照明光学部件(26)将照明光辐射束(3)分成多个辐射子束(28至30),该多个辐射子束被分配物场照明的不同照明角。照明光学部件(26)被配置以使辐射子束(28至30)中的至少一些在交叠平面中交叠,该交叠平面与物平面分开且不被成像到其中发生交叠的物平面。该交叠使得交叠辐射子束(28至30)的边缘(32)至少部分地重合。根据本发明的另一方面,场强度设定装置(24)包括多个相邻的单独的光阑(27),当对那里曝光时,该多个相邻的单独的光阑至少减弱照明光(3)。这些单独的光阑(27)在平行于物移动方向(v)的方向上可插入到照明光辐射束(3)中。场强度设定装置(24)的所有单独的光阑(27)可从同一侧插入到照明光辐射束(3)中。



1. 用于微光刻的照明光学部件(26), 包括:

- 光学组件(26a), 用于将照明光引导到物平面(17)中要照明的物场(19);

- 场强度设定装置(24), 用于利用多个单独的光阑(27)调整物场(19)上的强度分布, 该多个单独的光阑(27)一个接着另一个布置并当照明光对其曝光时至少衰减该照明光, 且在平行于物移动方向(y)的方向上可插入到照明光辐射束(3)中;

其中, 场强度设定装置(24)的所有单独的光阑(27)被布置使得所述所有单独的光阑(27)都从同一侧可插入到该照明光辐射束中, 该插入布置使得通过所述单独的光阑(27)的定义插入位置以给定方式可均匀化或分布所述照明光辐射束(3)的强度。

2. 如权利要求1所述的照明光学部件, 其特征在于, 该场强度设定装置(24)布置在强度设定平面中, 该强度设定平面与该光学组件(26a)的场平面重合。

3. 如权利要求2所述的照明光学部件, 其特征在于, 该物平面(17)与该强度设定平面相邻, 从而该强度设定平面和物平面(17)之间不存在该光学组件(26a)的光瞳平面。

4. 如权利要求3所述的照明光学部件, 其特征在于, 该强度设定平面和该物平面(17)之间的距离在5mm与20mm之间的范围内。

5. 如权利要求1所述的照明光学部件, 其特征在于, 该光学组件(26a)包括具有多个场小平面(7)的场多面镜(6), 该多个场小平面(7)的像在该物场(19)中至少部分交叠。

6. 如权利要求5所述的照明光学部件, 其特征在于, 该场小平面(7)具有比该物场(19)更大的纵横比(x/y), 这意味着按比例而言, 当在物移动方向(y)上观察时它们比该物场(19)更窄。

7. 如权利要求5所述的照明光学部件, 其特征在于, 面向该单独的光阑(27)的照明光辐射束(3)的边缘(32)在场平面(16)中由该场多面镜(6)的全部场小平面(7)照明。

8. 如权利要求5所述的照明光学部件, 其特征在于, 面向单独的光阑(27)的照明光辐射束(3)的边缘(32)在场平面(16)中由该场多面镜(6)的全部场小平面(7)的子组照明。

9. 如权利要求8所述的照明光学部件, 其特征在于, 将照明角的给定分布分配给该子组的场小平面(7)。

10. 如权利要求5所述的照明光学部件, 其特征在于, 该光学组件(26a)包括具有多个光瞳小平面的光瞳多面镜(10), 该多个光瞳小平面(11)分配给该照明光光路中的场小平面(7)。

11. 如权利要求10所述的照明光学部件, 其特征在于, 该光瞳小平面(11)可倾斜, 用于调整该强度设定平面中的照明光的交叠。

12. 如权利要求1或2所述的照明光学部件, 其特征在于, 该单独的光阑(27)至少某些部分上至少部分透明。

13. 如权利要求1或2所述的照明光学部件, 用于将具有5nm与30nm之间的波长的照明光引导到该物场(19)。

14. 用于微光刻的照明光学部件(26), 包括:

- 光学组件(26a), 用于将具有5nm与30nm之间的波长的照明光引导到物平面(17)中要照明的物场(19);

- 场强度设定装置(24), 用于调整该物场(19)上的照明光的强度分布;

- 其中该场强度设定装置(24)对横截面有如下效应: 相对场强度设定装置(24)的、束横

截面的边缘(33a)在该场强度设定装置(24)的下游保持不变,该横截面由照明光形成且垂直于照明光辐射束(3);

以及其中该场强度设定装置(24)的效应与该物场(19)上的照明角无关。

15.如权利要求14所述的照明光学部件,其特征在于,该场强度设定装置(24)布置在强度设定平面中,该强度设定平面与该光学组件(26a)的场平面重合。

16.如权利要求15所述的照明光学部件,其特征在于,该物平面(17)与该强度设定平面相邻,从而该强度设定平面和物平面(17)之间不存在该光学组件(26a)的光瞳平面。

17.如权利要求16所述的照明光学部件,其特征在于,该强度设定平面和该物平面(17)之间的距离在5mm与20mm之间的范围内。

18.如权利要求14所述的照明光学部件,其特征在于,该光学组件(26a)包括具有多个场小平面(7)的场多面镜(6),该多个场小平面(7)的像在该物场(19)中至少部分交叠。

19.如权利要求18所述的照明光学部件,其特征在于,该场小平面(7)具有比该物场(19)更大的纵横比(x/y),这意味着按比例而言,当在物移动方向(y)上观察时它们比该物场(19)更窄。

20.如权利要求18所述的照明光学部件,其特征在于,面向单独的光阑(27)的照明光辐射束(3)的边缘(32)在场平面(16)中由该场多面镜(6)的全部场小平面(7)照明。

21.如权利要求18所述的照明光学部件,其特征在于,面向单独的光阑(27)的照明光辐射束(3)的边缘(32)在场平面(16)中由该场多面镜(6)的全部场小平面(7)的子组照明。

22.如权利要求21所述的照明光学部件,其特征在于,将照明角的给定分布分配给该子组的场小平面(7)。

23.如权利要求18所述的照明光学部件,其特征在于,该光学组件(26a)包括具有多个光瞳小平面(11)的光瞳多面镜(10),该多个光瞳小平面(11)分配给该照明光光路中的场小平面(7)。

24.如权利要求23所述的照明光学部件,其特征在于,该光瞳小平面(11)可倾斜,用于调整该强度设定平面中的照明光的交叠。

25.如权利要求14或15所述的照明光学部件,其特征在于,单独的光阑(27)至少某些部分上至少部分透明。

26.如权利要求14或15所述的照明光学部件,用于将具有5nm与30nm之间的波长的照明光引导到该物场(19)。

27.包括如权利要求1至26之一所述的照明光学部件和光源(2)的照明系统。

28.如权利要求27所述的照明系统,其特征在于,该光源(2)是EUV光源。

29.投射曝光设备(1),包括:

- 如权利要求27或28所述的照明系统,
- 投射物镜(20),用于将该物场(19)成像到像平面(21)。

30.产生结构化部件的方法,包括的步骤为:

- 提供晶片(23),其至少部分施加有光敏感材料层;
- 提供掩模母版(18),其包括要成像的结构;
- 提供如权利要求29所述的投射曝光设备(1);
- 借助于该投射曝光设备(1),将该掩模母版(18)的至少部分投射到该晶片(23)上的层

的区域上。

用于微光刻的照明光学部件

[0001] 本申请是申请日为2008年11月20日且发明名称为“用于微光刻的照明光学部件”的中国专利申请No.200880120429.7的分案申请。

[0002] 本发明涉及用于微光刻的照明光学部件。本发明还涉及包括该类型的照明光学部件的照明系统、包括该类型的照明系统的投射曝光设备、生产结构化部件的方法、以及依照该类型方法生产的结构化部件。

[0003] 本发明的一个目的是开发在前面提到的照明光学部件类型,这样可以影响和/或监视物场上的照明强度分布,以使在至少可能的程度上影响照明角分布而同时确保照明光学部件尺寸尽可能小。

[0004] 根据本发明,通过用于微光刻的照明光学部件实现该目的,该照明光学部件包括:

[0005] -光学组件,用于将照明光引导到物平面中要照明的物场;

[0006] -其中,该照明光学部件将照明光辐射束分成多个辐射子束,该多个辐射子束分配给物场照明的不同照明角;

[0007] 其中,照明光学部件被配置以使辐射子束中的至少一些在交叠平面中交叠,该交叠平面与物平面分开且不被成像到其中发生交叠的物平面,从而交叠的辐射子束的边缘至少部分地重合。

[0008] 根据本发明,物平面空间上与照明光的辐射子束的交叠平面分开。物平面和交叠平面不构成彼此成像的平面;物平面因此可以直接接着交叠平面布置。物平面和交叠平面之间不需要光学部件来引导照明光。在交叠平面中,可以布置用于设定物场上的照明强度分布或用于例如通过传感器监测物场上照明强度分布的装置。

[0009] 这个布置使得该装置在辐射子束的重合位置点与照明光相互作用,从而可同时可探测所有交叠辐射子束,换句话说,来自一些或所有照明角的辐射子束。如所期望,照明光因此在与物平面分开的交叠平面中可探测。根据本发明的照明光学部件可以但不是必须包括多面镜(facet mirror)。也可以设想使用例如蜂窝聚光器,即,分成多个单个通道的透射光学元件,和/或用于将照明光辐射束分成辐射子束的至少一个衍射元件。根据本发明,辐射子束的子束边缘部分的部分叠加(换句话说,重合叠加)就足够了。交叠辐射子束的其余子束边缘部分不需要重合;在这些部分中,像差是可容许的。在近似矩形辐射子束的情况下,例如,四个子束边缘之一处的交叠就足够了。交叠平面中辐射子束的交叠点处,例如,可以为不受照明角影响的附加传感器系统来解耦辐射,该不受照明角影响的附加传感系统则能够提供关于物场照明的、有价值的、不受照明角影响的信息。交叠辐射子束的重合边缘部分形成公共子束边缘部分,该公共子束边缘部分通常垂直于物的物移动方面,该物在微光刻投射过程中移动。该类型的移动发生在设计为扫描曝光机的投射曝光设备中。通过本发明的照明光学部件,辐射子束在交叠平面中交叠。

[0010] 根据本发明,前面所称的目的也通过用于微光刻的照明光学部件来实现,该照明光学部件包括:

[0011] -光学组件,用于将照明光引导到物平面中要照明的物场;

[0012] -其中,该照明光学部件包括具有多个场小平面的场多面镜,该多个场小平面成像

到交叠平面中,从而场小平面的像的边缘在交叠平面中至少部分地重合;

[0013] 以及其中交叠平面与物平面分开且不成像到物平面中。

[0014] 其优势于上面已经描述的那些一样。

[0015] 借助场强度设定装置的辐射子束的交叠提供场强度设定装置的实际照明角无关效应,该强度设定装置布置在交叠平面中并用于调整物场上照明光的强度分布,该交叠平面用作强度设定平面,其中交叠辐射子束的边缘在它们可受场强度设定装置影响的点处重合。在该情况中,交叠平面用作强度设定平面。场强度设定装置在照明光辐射束的交叠的辐射子束的交叠点影响它们。因而,场强度设定装置在这个点以相同的方式影响所有辐射子束;换句话说,场强度设定装置具有与这些辐射子束无关并因而与分配给这些辐射子束的照明角无关的效应。至少在辐射强度设定装置影响照明光辐射束的点处发生辐射子束的交叠。例如,在近似矩形辐射子束的情况中,场强度设定装置所影响的边缘处的交叠就是足够的。自然而然,辐射子束或子束边缘部分的交叠也可能在不受场强度设定装置影响的区域中发生。交叠平面或强度设定平面中、为了减少或实际上避免场强度设定装置的照明角影响的辐射子束的交叠可在系统中应用,在该系统中场强度设定装置能够从两侧影响交叠辐射子束。这些可以是具有中间像的照明光学部件或具有透射掩模的照明光学部件。场强度设定设备定义物平面中的照明光的强度。场强度设定装置影响范围内的点处的辐射子束的交叠还允许增加要实现的物场照明的稳定性,因为用于产生照明光的光源的移动对场强度设定装置的效应将仅有较小影响,甚至没有。当使用EUV等离子体源时这尤为有利。

[0016] 包括多个单独的光阑或快门的场强度设定装置提供物场的物场高度(换句话说垂直于物移动方向的物场大小)上的强度的灵敏调整,该多个光阑或快门一个接着另一个布置并当照明光对其曝光时至少衰减该照明光,且在平行于物移动方向的方向上可插入到照明光辐射束中。

[0017] 本发明的另一目的是开发前面提到的类型的照明光学部件,以此实现增加场强度设定装置的可能应用的数量。

[0018] 根据本发明,通过用于微光刻的照明光学部件实现该目的,该照明光学部件包括:

[0019] -光学部件,用于将照明光引导到物平面中要照明的物场;

[0020] -场强度设定装置,用于利用多个单独的光阑来调整物场上的强度分布,该多个单独的光阑一个接着另一个布置,并当照明光对其曝光时至少衰减该照明光,且在平行于物移动方向的方向上可插入到照明光辐射束中;

[0021] 其中,场强度设定装置的所有单独的光阑都从同一侧可插入到照明光辐射束中。

[0022] 根据本发明,已经发现,如果场强度设定装置的单独的光阑全都从一侧可插入到照明光辐射束中,则场强度设定装置甚至也可应用于物场布置在诸如反射掩模母版的反射物上的情况。场强度设定装置则可以以其不干扰照明光辐射束的反射光路径的方式布置。

[0023] 强度设定平面中场强度设定装置的布置可以再次确保场强度设定装置的照明角无关效应,该强度设定平面与光学部件的场平面重合。光学部件的场平面描述了其中由于该光学组件的束引导效应而使得照明光辐射束受限的平面,以及如果照明光辐射束被分成若干辐射子束则辐射子束交叠的平面。该光学组件的场平面通常是成像光学组件的物场形成部件的平面。虽然如此,该光学组件的场平面一般与通过微光刻投射曝光设备的下游投射光学部件成像的且通常称为物平面的平面是位置无关的。在所有现有技术照明光学部件

中,光学组件的场平面与物平面重合。在本发明的照明光学部件中并非如此。这里,在光学组件的场平面中所布置的是场强度设定装置而不是要成像的通常为掩模母版的物。现有技术场强度设定装置通常布置在掩模母版的上游,该掩模母版布置在光学组件的场平面中,换句话说现有技术场强度设定装置没有布置在该场平面中。因此,现有技术场强度设定装置相比分配给其他照明角的辐射子束对分配给特定照明角的照明光辐射束的辐射子束具有更大的影响;现有技术场强度设定装置因此在物场上具有不期望的照明角相关效应。发明人发现到这个问题并通过在光学组件的场平面中布置场强度设定装置来消除该问题。令人惊讶地,这允许物被移出光学组件的场平面而没有任何问题。如果包括照明光学部件的投射曝光设备设计为扫描曝光机设备,则尤为如此。此外,如果物场的照明是利用小于或等于0.1的照明光辐射束的数值孔径来进行的,则尤为如此。

[0024] 其中物平面与强度设定平面相邻从而强度设定平面和物平面之间没有光学组件的光瞳平面的布置特别紧凑。

[0025] 其中强度设定平面和物平面之间的距离在5mm与20mm之间的范围中的布置避免空间冲突或剂量误差,换言之,进入物场的照明强度中的不想要的像差。优选距离在10mm与20mm之间的范围内,尤为在15mm或16mm的范围。

[0026] 其中光学组件包括具有多个场小平面的场多面镜的布置允许容易控制物场照明的照明角分布,该多个场小平面的像在物场中至少部分交叠。

[0027] 使场小平面具有比物场更大的x/y纵横比(这意味着按比例而言,当在物移动方向上观察时场小平面比物场更窄)的场小平面的配置可以避免物场的过曝光,该过曝光是场小平面图像在物平面或掩模母版平面中的发散的结果,而该发散是由于物没有布置在光学组件的场平面(也称作光阑平面)中,在该光学组件中部分场(换句话说,照明光学部件的光学组件的物场形成部件的像)以最小化对照明角分布的反馈的方式布置。

[0028] 其中面向单独的光阑的照明光辐射束的边缘由场多面镜的全部小平面照明的布置确保场强度设定装置对全部小平面像有相对均匀的影响,因此避免了场强度设定装置的使用期间对照明角分布有不想要的影响。只要在强度设定平面中产生了场小平面的锐利像,则这就确保特定高的系统稳定性,其中照明光的光源的空间移动尤为几乎不成问题。当光源是EUV等离子体源时,这尤为有利。

[0029] 其中面向单独的光阑的照明光辐射束的边缘在场平面中由场多面镜的全部场小平面的子组照明的布置确保场强度设定装置的照明角无关效应,即使在面向单独的光阑的场平面中照明光辐射束的边缘处的场小平面像的重合并非对于全部场小平面像是可实现的。

[0030] 分配给子组的场小平面的照明角的给定分布改善了如下情况中场强度设定装置的照明角无关性,在那些情况中,面向单独的光阑的场平面中照明光辐射的边缘处的理想交叠根本都不能实现或仅以小的程度实现。照明角的确定的分布例如可以借助于统计函数产生。这不仅确保强度设定装置的照明角无关性也保证对照明角有确定的影响。

[0031] 具有多个光瞳小平面的光瞳多面镜允许容易控制物场上的照明角分布,该多个光瞳小平面分配给照明光的光路中的场小平面。

[0032] 可倾斜用于调整强度设定平面中照明光的交叠的多个光瞳小平面允许照明光辐射束的单独的辐射子束在强度设定平面中有选择地移动及取向,以便优化场强度设定装置

的影响范围内的区域中的这些辐射子束的子位置。

[0033] 单独的光阑至少在某些部分中至少是部分透明的,这增强了场强度设定装置的强度效应对单独的光阑的移动的敏感性以及对场强度设定装置相对于照明光辐射束的位置变化的敏感性。

[0034] 当利用照明光学部件将具有5nm与30nm之间的波长的EUV照明光引导到物场时,上述优点甚至变得更明显。

[0035] 根据本发明,前面所提到的目的也通过用于微光刻的照明光学部件来实现,该照明光学部件包括:

[0036] -光学组件,用于将具有5nm与30nm之间的波长的照明光引导到物平面中要照明的物场;

[0037] -场强度设定装置,用于调整物场上的照明光的强度分布;

[0038] -其中场强度设定装置对横截面有如下效应,与场强度设定装置相对的束横截面的边缘在场强度设定装置的下游保持不变,该横截面由照明光形成且垂直于照明光辐射束;

[0039] 以及其中场强度设定装置的效应与物场上的照明角无关。

[0040] 其优势与上面已经描述的那些相同。

[0041] 包括根据本发明的照明光学部件和光源的照明系统的优势、包括根据本发明的照明系统和用于将物场成像到像平面的投射物镜的投射曝光设备的优势、产生结构化部件的方法的优势以及以该方式产生的部件的优势与参照明光学部件的上面描述的那些相同,光源具体可以是具有5nm与30nm范围内的有用光的波长的EUV光源。投射曝光设备用于微结构化部件或纳米结构化部件的光刻生产。产生结构化部件的方法包括的步骤为:

[0042] -提供晶片,其至少部分施加有光敏感材料层;

[0043] -提供掩模母版,其包括要成像的结构;

[0044] -提供根据本发明的投射曝光设备;以及

[0045] -借助于该投射曝光设备,将掩模母版的至少部分投射到晶片上的层的区域。

[0046] 下文,将借助附图更具体地解释本发明的实施例。

[0047] 图1示出有关照明光学部件的、通过用于微光刻的投射曝光设备的子午截面示意图;

[0048] 图2示出掩模母版平面附近的图1的放大截面图;

[0049] 图3示出从图2中的方向III的投射曝光设备的场强度设定装置的视图;

[0050] 图4示出根据图1的投射曝光设备的照明光学部件的场多面镜的小平面布置的视图;

[0051] 图5示出根据图1的投射曝光设备的照明光学部件的光瞳多面镜的小平面布置的视图;

[0052] 图6示出类似于图4的、场多面镜的另一实施例的小平面布置的视图;

[0053] 图7示出对于三个选择的辐射子束的、通过照明光学部件的光瞳平面和掩模母版平面之间的照明光学部件的光路的示意图,该三个选中的辐射子束在每个情况中分配给具体的照明角;

[0054] 图8示出根据图4的场多面镜的实施例的场小平面;

[0055] 图9示出根据图4的场多面镜的另一实施例的场小平面；

[0056] 图10示出在替代照明设置，场强度设定装置的平面中的三个辐射子束的交叠，该三个辐射子束分配给根据图7图示的不同的照明角；

[0057] 图11至16示出第一照明几何形状下的作为通过场强度设定装置的减弱(单位为百分比)的函数的掩模母版照明的照明参数的图；以及

[0058] 图17至22示出另一照明几何形状下的相同照明参数的图，优化该另一照明几何形状以最小化由场强度设定装置的减弱导致的这些照明参数的变化。

[0059] 用于微光刻的投射曝光设备1用于产生微结构或纳米结构电子半导体部件。光源2发出例如在5nm与30nm之间的波长范围内的EUV辐射。在投射曝光设备1中，有用辐射束3用于照明和投射。光源2的下游，有用辐射束3最初经过收集器4，该收集器4例如可以是具有现有技术多壳结构的巢状(nested)收集器。在收集器4的下游，有用辐射的束3最初经过中间焦平面5，该中间焦平面5可以用于将不想要部分的辐射或粒子从有用辐射束3中分离。流经中间焦平面5后，有用辐射束3最初打到场多面镜6。

[0060] 在每个情况中，附图都包括xyz坐标系，以便于说明位置关系。图1中，x轴垂直于所述平面延展到所述平面。v轴在图1中朝左延展。z轴在图1中向上延展。

[0061] 图4示出作为示例的场多面镜6的场小平面7的小平面布置。场小平面7为矩形且在每个情况中具有相同的x/y纵横比。场小平面7定义场多面镜6的反射面并布置在每个情况中的6个场小平面组8的4列中。场小平面组8在每个情况中通常包括7个场小平面7。靠近边缘的两个场小平面组8被包括在两个中心场小平面列中，在每个情况中该两个场小平面组8包括四个附加的场小平面7并因而包括总共11个场小平面7。两个中心小平面列之间和第三和第四小平面行之间，场多面镜6的小平面布置具有间隙9，在间隙9中场多面镜6被收集器4的支撑辐条遮挡。

[0062] 经在场多面镜6处反射后，分成分配给单独的小平面7的辐射子束的有用辐射束3打到光瞳多面镜10。

[0063] 图5示出作为示例的光瞳多面镜10的圆形光瞳小平面11的小平面布置。光瞳小平面11布置为小平面环，该小平面环一个布置在另一个的内部以围绕中心12。由场小平面7之一反射的、有用辐射束3的每个辐射子束分配给光瞳小平面11，从而一对分别曝光的小平面定义有用辐射3的经分配的辐射束的一个辐射引导通道，该小平面对包括场小平面7中的一个和光瞳小平面11中的一个。光瞳小平面11和场小平面7之间的通道分配取决于借助投射曝光设备1的期望照明而发生。为了给出到具体光瞳小平面11的通道，场小平面7单独地一方面关于x轴且另一方面关于v轴倾斜。

[0064] 光瞳多面镜10和包括3个EUV镜12、13、14的下游透射光学部件15用于将场小平面7成像到投射曝光设备1的场平面16中。EUV镜14为掠入射镜。当在z方向上观察时，掩模母版平面17布置在场平面16的下游近似5mm到20mm的距离处，掩模母版平面17中布置有掩模母版18，掩模母版18借助于有用辐射束3，照明与投射曝光设备1的下游投射光学部件20的物场19相重合的照明区域。在投射曝光设备1中，场平面16不与掩模母版平面17重合，借助于透射光学部件15，场小平面7成像到该场平面16中以形成小平面像，该掩模母版平面17同时形成投射光学部件20的物平面。有用辐射束3由掩模母版18反射。

[0065] 投射光学部件20将掩模母版平面17中的物场19成像到像平面22中的像场21。在该

像平面22中布置有载有光敏感层的晶片23,该光敏感层在投射曝光期间借助于投射曝光设备1暴露于光。在投射曝光期间,掩模母版18以及晶片23两者以同步方式在v方向被扫描。投射曝光设备1是扫描曝光机。下文中,也将扫描方向称作物移动方向。

[0066] 场平面16中布置有场强度设定装置24,下文中将更具体解释该场强度设定装置24。场强度设定装置24用于定义扫描积分强度分布,换句话说,物场19上在v方向上积分的强度分布。因此,场平面16同时是照明光学部件26的强度设定平面。场强度设定装置24由控制装置25驱动。

[0067] 场多面镜6、光瞳多面镜10、透射光学部件15的镜12至14以及场强度设定装置24是投射曝光设备1的照明光学部件26的部件。部件6、10、12、13和14形成照明光学部件26的光学组件26a以引导有用辐射束3。

[0068] 场平面16和掩模母版平面17之间不存在光学组件26a的光瞳平面。

[0069] 图2和图3示出场强度设定装置24的更具体的图示。场强度设定装置24具有多个手指状的一个接着另一个布置的单独的光阑27。在依照图2和图3的实施例中,总共有26个单独的光阑27,每个情况下具有4mm的宽度。这些单独的光阑27或者一个紧接着另一个布置或者彼此部分交叠布置。如果它们彼此部分交叠,单独的光阑27的相邻者需要在尽可能靠近彼此的平面中垂直于照明光辐射束3的束方向布置。

[0070] 所有单独的光阑27从同一侧插入到有用辐射束3中。

[0071] 控制装置25允许单独的光阑27沿v方向在给定位置彼此无关地放置。取决于经过物场19的掩模母版18上的物点的场高度(换句话说,x方向),v方向上该物点的扫描路径以及从而该物点所经受的有用辐射的积分强度由各个单独的光阑27的v位置确定。这样,掩模母版18所经受的有用辐射的强度可以通过定义单独的光阑27的v位置以给定方式均匀化或分布。场强度设定装置24也称作UNICOM。

[0072] 图6示出场多面镜6的另一实施例。等价于上面参照依据图4的场多面镜所解释的那些部件的部件具有相同的附图标记,并且仅若它们不同于依照图4的场多面镜6的部件才描述它们。依照图6的场多面镜包括具有弯曲的场小平面7的场小平面布置。这些场小平面7布置为总共5列,每一情况中具有多个场小平面组8。场小平面布置刻在场多面镜的载板9a的圆形边界中。

[0073] 依照图6的实施例的场小平面7在每一情况中具有相同的表面面积和相同的宽(x方向上)高(v方向上)比,其相应于依照图4的场小平面7的x/y纵横比。

[0074] 场强度设定装置24具有强度效应,而该强度效应实际上对物场19的照明角分布无影响。

[0075] 下文,将借助图7来解释。该图示意示出三个辐射子束28、29和30从光瞳平面31经过场平面16直到掩模母版平面17的路径,光瞳平面31中布置有光瞳多面镜10。为了说明的目的,平面31、16和17在图7中被显示为一个挨着另一个,而该平面31、16和17实际上在三个辐射子束28、29和30的路径中顺序布置。下面是基于理想假设:图4的场多面镜6的场小平面7被成像到场平面16中从而完美重合。场平面16中的有用辐射束3的边缘边界因此在x方向和v方向两者上具有相同的延展,作为场小平面7中的一个的单个像。因而,如果发生这样的理想交叠,有用辐射束3具有正好等于场小平面7的x/y纵横比的x/y纵横比。分配给场平面16的不同照明方向并从而也包括辐射子束28至30的全部辐射子束28在它们的整个横截面

上在场平面16中重合。具体地,面对单独的光阑27的、有用辐射束3的边缘32由全部三个辐射子束28至30同时形成并照明。因而,覆盖来自边缘32的有用辐射束3的单独的光阑27对全部辐射子束28至30具有恰好相同(换句话说,照明角无关)的强度效应。对于辐射子束28至30,这通过在一侧上有效的矩形阴影在图7的右手边上的光瞳平面31中示意地示出。光瞳平面31中的这些阴影不构建成真实的光阑。

[0076] 对于场强度设定装置24,场小平面平面16中的场小平面像不需要在x方向(换句话说,垂直于扫描方向)上正好重合,以具有根据上面描述的照明角无关效应;事实上,场小平面像可能最好关于彼此以特定偏离布置。如果场小平面平面16中的场小平面像甚至在x方向上也重合良好的话,则这可以用于通过解耦合有用辐射来进行强度探测。

[0077] 在掩模母版平面17(当在z方向上观察时,该掩模母版平面17在有用辐射束3的光路中布置在场平面16后例如20mm处)中,三个辐射子束28至30尤其在v方向上略微发散,从而,例如辐射子束28在v方向上略向上投射且在物场19的中心的辐射子束29范围外,而辐射子束30在辐射子束29范围外在v方向上略向下投射。由于掩模母版在v方向上由物场19扫描,掩模母版经历全部三个辐射子束28至30的扫描积分到它们的完整范围;因而,掩模母版平面17中各个辐射子束28至30之间的所提到的v偏离不具有任何负效应。

[0078] 由于辐射子束28至30的上面描述的v偏离,与场小平面7的给定x/y纵横比相比,物场19的x/y纵横比较小。

[0079] 图8示出依照图4的场多面镜6的矩形场小平面7,该矩形场小平面7具有相应于场平面16中的给定x/y纵横比的x/y纵横比。如果给定x/y纵横比不在场平面16而在掩模母版平面17中产生,则需要使用场多面镜6,该场多面镜6包括其x/y纵横比大于物场19的x/y纵横比的场小平面33。因此,实际上需要使用场多面镜6,该场多面镜6的场小平面33在v方向上较窄(比照图9)。场小平面的y延展 y_{33} 因此小于场小平面7的y延展 y_7 。

[0080] 实际上,由于多个成像效应,分配到单个通道的、辐射子束在场平面16中的交叠从图7所示的理想交叠偏离。这可能具有各种各样的原因。

[0081] 首先,由场多面镜10的照明几何形状导致的场小平面7的相互遮蔽可以导致场平面16中场小平面7的单独形成的像。

[0082] 此外,取决于分别观察的辐射束,透射光学部件15对于不同通道(换句话说,对于不同的辐射子束)具有不同的成像比例。相似地,这些不同成像比例也导致场平面16中辐射束的交叠,该交叠偏离理想交叠。

[0083] 取决于场小平面7的各自倾斜,垂直于利用有用辐射束3的曝光方向获得具有单独的小平面尺寸的小平面投射。这也对场平面16中的交叠有影响。

[0084] 场平面16中不完美的交叠的另一原因在于掠入射镜14,要在场平面16中交叠的辐射子束可能具有不同的曲率。

[0085] 假若场平面16中的交叠不理想,则照明光学部件26因此以如下方式调整:成像各自场小平面7的单个辐射子束以最佳可能方式在面對单独的光阑27的边缘32的区域中重合。这在图10中示意示出。相对边缘33的边缘33a处的辐射子束的不完美交叠是可接受的,如由单个辐射子束的边界34、35所指示,边界34、35在v方向上彼此偏离。

[0086] 最坏情况下,辐射子束的完美交叠至少在面对单独的光阑27的边缘32处甚至不可实现。如果在边缘32重合的辐射子束具有例如不同弯曲边缘,则是如此。在该情况中,照明

光学部件需要通过尤其倾斜光瞳小平面11来调整,从而最小化场强度设定装置24对照明角的影响。

[0087] 这在下文中将借助图11至22来解释。图11至16示出照明光学部件26产生辐射子束的非优化交叠情况下的物场19中的照明参数,而图17至22示出在辐射子束的相应优化交叠的情况下的相同照明参数。

[0088] 下面讨论的光学照明参数为远心度值 t_x 、 t_y ,其为随着无效的场强度设定装置($I_{rel}=1$)的初始值变化,以及椭圆度值的相应变化 ΔE 和发生在物场19上的其最大值 $\max(\Delta t)$ 、 $\max(\Delta E)$ 。

[0089] t_x 和 t_y 定义如下:

[0090] 照明物场19的每个场点中定义了分配给该场点的光束的中心光束。中心光束具有由该场点发射的光束的能量权重方向。在理想情况中,每个场点的中心光束平行于照明光学部件26或投射光学部件20所定义的主光束。

[0091] 由于照明光学部件26或投射光学部件20的设计数据而知晓中心光束的方向 $\vec{s}_0(x, y)$ 。场点处的主光束由场点和投射光学部件20的入瞳中心之间的连接线定义。物场19中场点 x, y 处的中心光束的方向如下获得:

$$[0092] \quad \vec{s}(x, y) = \frac{1}{\tilde{E}(x, y)} \int du dv \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} E(u, v, x, y)$$

[0093] $E(u, v, x, y)$ 是作为光瞳坐标 u, v 的函数的、场点 x, y 的能量分布,换句话说,作为通过各自场点 x, y 看到的照明角的函数。

[0094] $\tilde{E}(x, y) = \int du dv E(u, v, x, y)$ 是曝光点 x, y 的总能量。

[0095] 例如,中心物场点 x_0, y_0 经历来自方向 u, v 的部分辐射子束的辐射,方向 u, v 由各自的光瞳小平面11的位置定义。在该照明设置下,只有当分配给光瞳小平面11的、部分辐射子束的不同能量或强度结合以形成中心光束方向,该中心光束方向在所有光瞳小平面11上积分且平行于主光束方向,中心光束 s 才沿主光束延展。这仅在理想情形下能够实现。事实上,中心光束方向 $\vec{s}(x, y)$ 和主光束方向 $\vec{s}_0(x, y)$ 之间存在偏离,该偏离称作远心误差 $\vec{t}(x, y)$:

$$[0096] \quad \vec{t}(x, y) = \vec{s}(x, y) - \vec{s}_0(x, y)$$

[0097] 在投射曝光设备1的实际使用中,并不是特定物场处的静态远心误差必须校正,而是 $x = x_0$ 处的扫描积分远心误差必须校正。该远心误差如下获得:

$$[0098] \quad \bar{T}(x_0) = \frac{\int dy \tilde{E}(x_0, y) \vec{t}(x_0, y)}{\int dy \tilde{E}(x_0, y)}$$

[0099] 结果,远心误差被校正,该远心误差通过掩模母版18上的点 $(x, \text{例如} x_0)$ 在扫描过程期间移动通过掩模母版平面17上的物点来积分,其中在 x 远心误差(T_x)和 y 远心误差(T_y)之间作出差别。 y 远心误差定义为垂直于扫描方向的、中心光束从主光束的偏离。 x 远心误差定义为扫描方向上的、中心光束从主光束的偏离。

[0100] 椭圆度是用于确定掩模母版平面17中物场19的照明质量的另一参数。椭圆度的确

定有助于分别获得有关投射光学部件20的入瞳上能量或强度分布的更精确地信息。为此，将入瞳分成8个八分圆，其从0₁至0₈以逆时针方向编号，因为这是数学上的习惯作法。照明场点的入瞳的八分圆0₁至0₈所提供的能量或强度贡献下文分别称作能量或强度贡献I₁至I₈。

[0101] 下面的量称作-45°/45°椭圆度(E_{11y}、E_{-45°/+45°}、E₄₅)：

$$[0102] \quad E_{-45/45} = \frac{I_1 + I_2 + I_5 + I_6}{I_3 + I_4 + I_7 + I_8}$$

[0103] 下面的量称作0°/90°椭圆度(E_{11x}、E_{0°/90°}、E₉₀)：

$$[0104] \quad E_{0/90} = \frac{I_1 + I_8 + I_4 + I_5}{I_2 + I_3 + I_6 + I_7}$$

[0105] 同样，特定物场点x₀、y₀的或甚至扫描积分照明(x=x₀，y-积分)的椭圆度也可以根据有关远心误差的上面的描述来确定。图11示出对于5个不同场高的、x远心从初始值的偏离作为强度量的函数，该强度量被允许经过所分配的单独的光阑27。衰减15%时，换句话说透过率为0.85时，尤其在场边缘有近似+/-0.75mrad的远心偏离Δtx(比照图11)和近似-2.4mrad的远心偏离Δty(比照图14)。根据场高，0.85透过率处椭圆度变化ΔE₉₀相比无衰减(比照图12)在2.5%和-1%之间变化。

[0106] 透过率为0.85时，值ΔE₄₅分别达到-2%或近似4.5%的最大值(比照图15)。

[0107] 最大远心变化达到2.5%的值(比照图13)。

[0108] 最大椭圆度变化max(ΔE)达到4.5%的范围内的值。

[0109] 图17至22清晰示出场平面16中边缘32的区域内优化交叠对辐射子束的影响。0.5的最大远心变化在任何场高都不被超过(比照图19)。同样，2%的最大椭圆度变化在任何场高也都不被超过(比照图22)。这些最大变化适用于达到0.85的透过率的衰减。如果衰减达到0.9的透过率，则远心变化不超过0.4mrad的值而椭圆度变化不超过1%的值。

[0110] 在场平面16中对辐射子束进行重合的替代实施例中，面对场强度设定装置24的单独的光阑27的边缘32没有被所有场小平面照明而是被场小平面7的子组照明。以如下方式选择该场小平面7的子组：子组的场小平面7表示全部照明角，该全部照明角在给定照明处借助照明光学部件26以优选相等分布方式实现。每一情况中，小平面7的子组例如可以由来自场小平面组8的一个场小平面7形成。每一情况中，该子组包括中心场多面镜6或各个场小平面组8的两个中心场多面镜6中的一个。作为示例，在根据图6的场多面镜6中用作选中的场小平面8a的场小平面7借助阴影线来表示。对于该子组所选择的各个场小平面例如可以在v方向上比场小平面组8的其余场小平面7略宽。例如，子组场小平面可以根据图8的场小平面7，以及场小平面组8的其他场小平面7可以根据图9的场小平面7。该子组选择也可以通过作为通道的辐射子束的单个引导来实现，该通道由场小平面组的场小平面7形成；为此，光瞳小平面11相应倾斜。有用辐射束3内的边缘32和边界36之间的区域仅由场小平面组的场小平面7照明(比照图10)。从边缘32观察，所有其他通道的辐射子束布置在边界36外。以这样的方式选择子组的场小平面7，以确保其辐射子束在靠近边缘32的场平面16中以最佳可能方式重合。单独的光阑27仅对与子组的这些场小平面7相关联的辐射子束的强度有影响。由于与子组的这些场小平面7相关联的通道在光通多面镜10上均等分布，在场平面16中重合辐射子束的该替代实施例也保证场强度设定装置24的照明角无关效应。

[0111] 单独的光阑27可以至少在某些部分中是半渗透和/或透明的，因此允许选择性设

置。相邻单独的光阑27在x方向上可以部分地彼此交叠。尤其在該情况中,有利的是,单独的光阑27在它們范围上具有可变的透过率。

[0112] 例如在W02005/040927A2中描述了可用于单独的光阑27的透过率分布。

[0113] 取代手指光阑,在平面中起作用的场强度设定装置的其他实施例也是可适用的。其示例在EP1291721A1中描述。

[0114] 单独的光阑27可以具有结构化的端侧,如例如在US2006/0244941A1中,尤其在图10至12中所解释的。

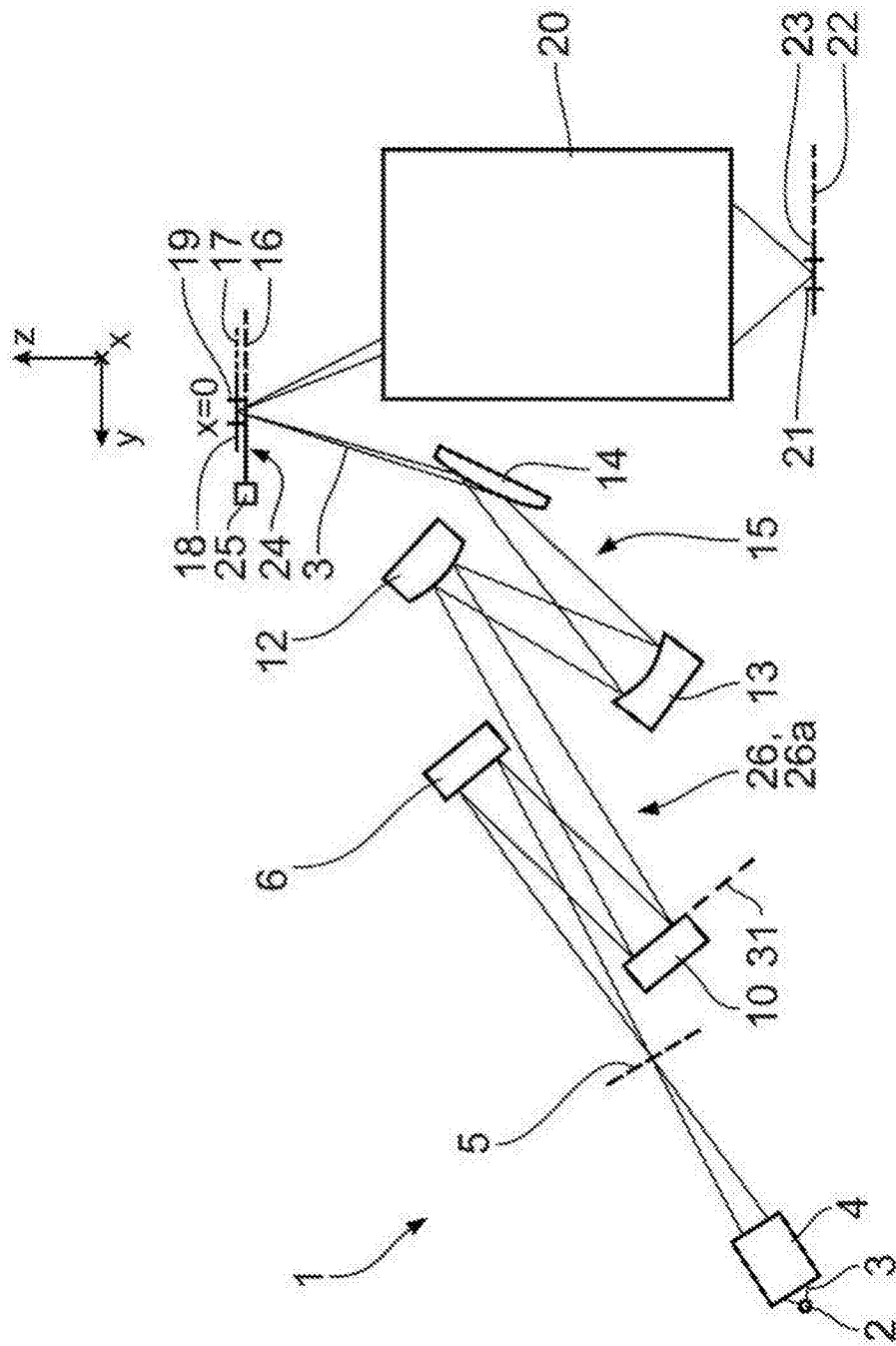


图1

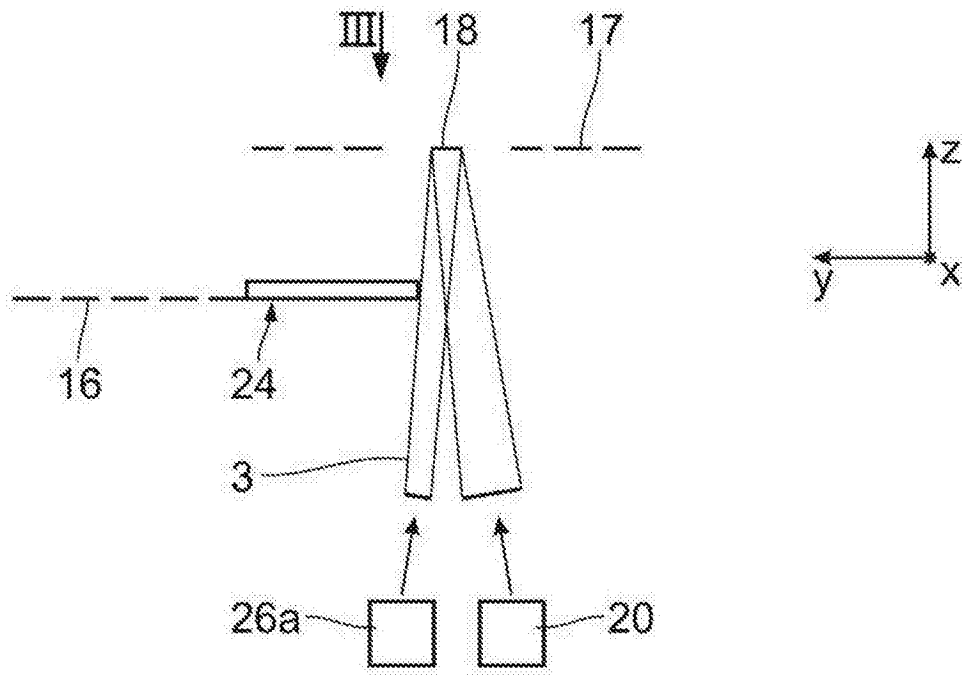


图2

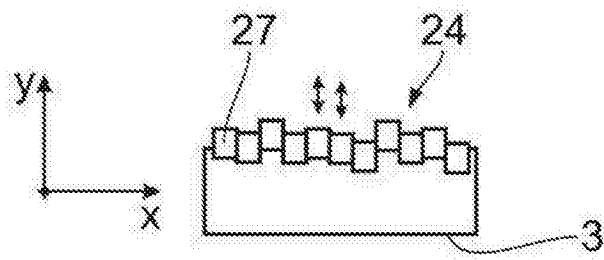


图3

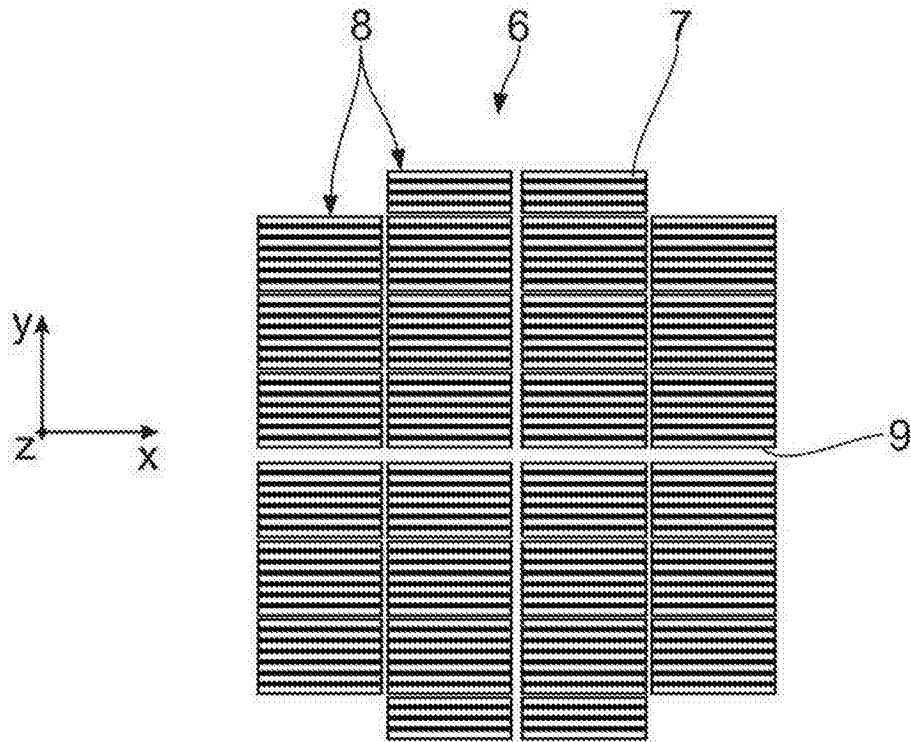


图4

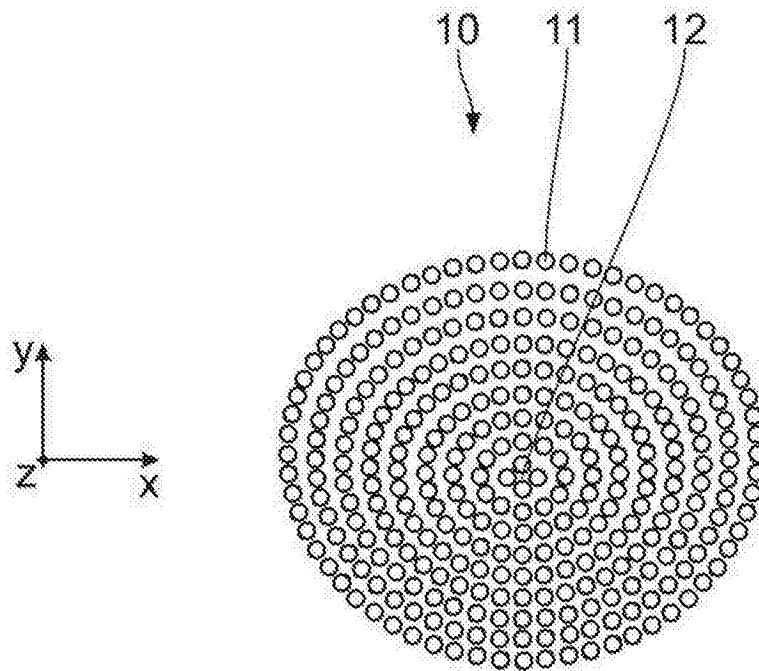


图5

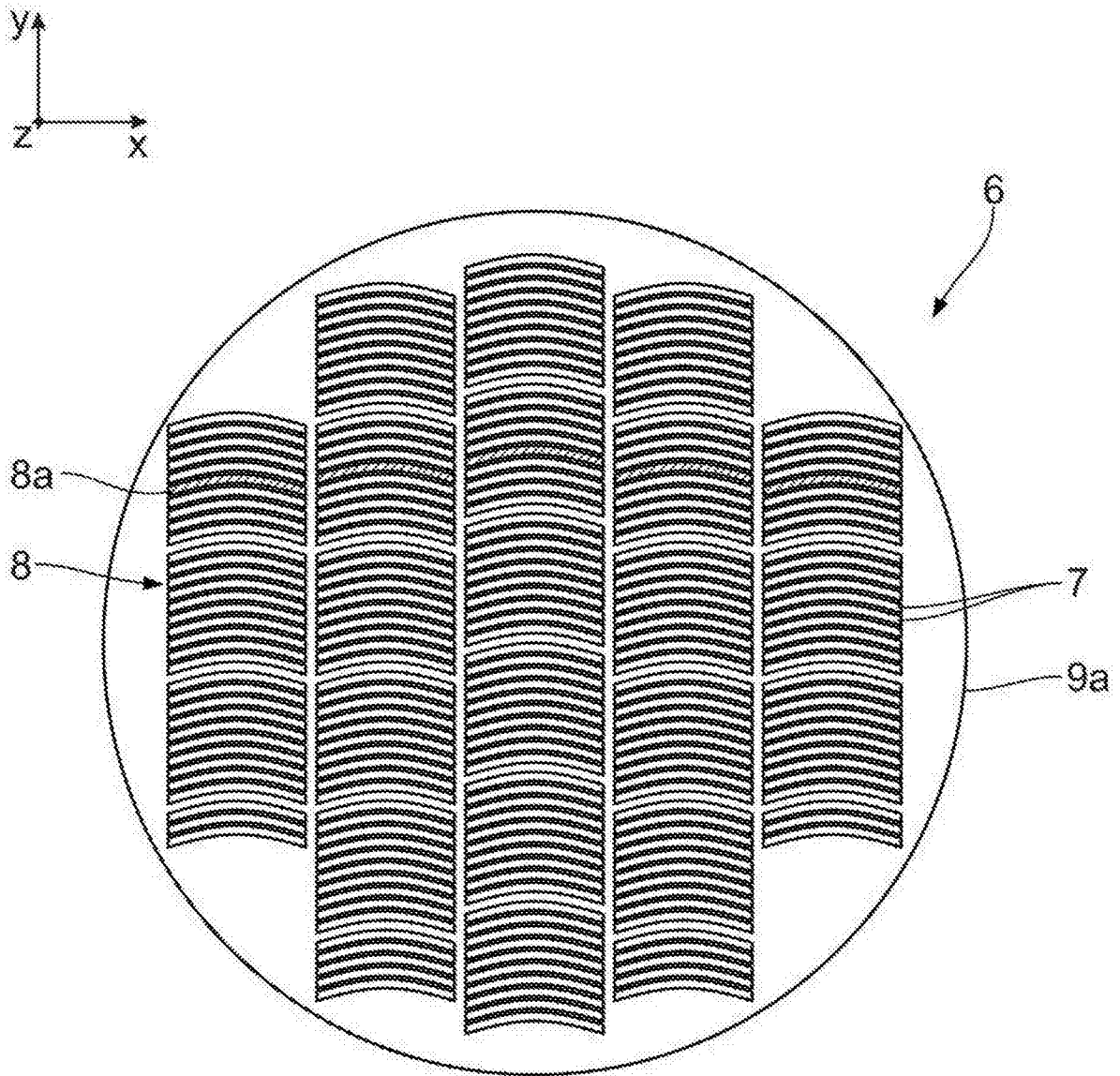


图6

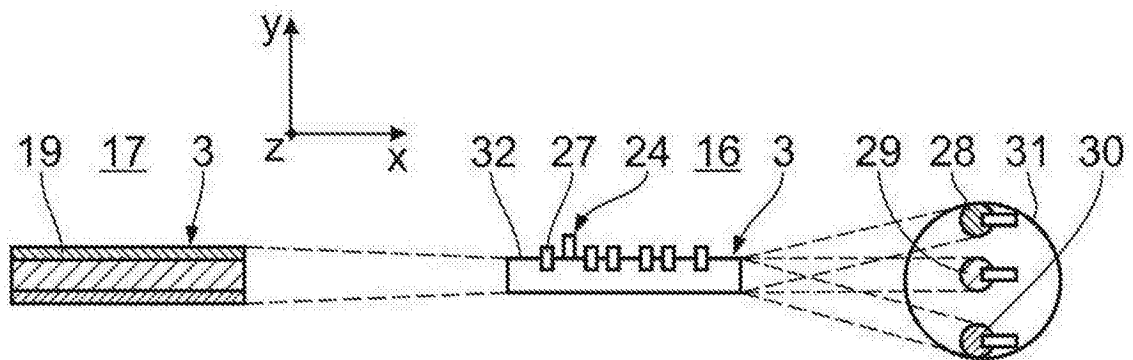


图7

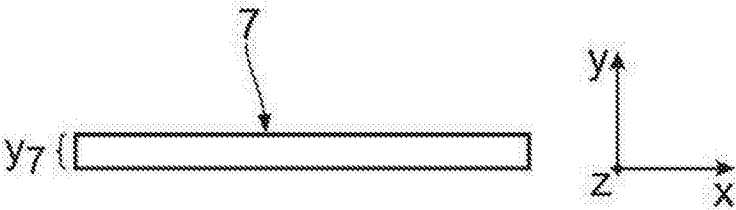


图8

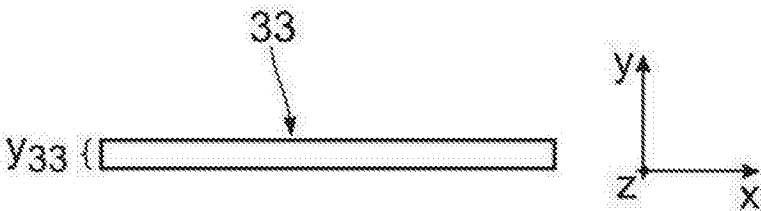


图9

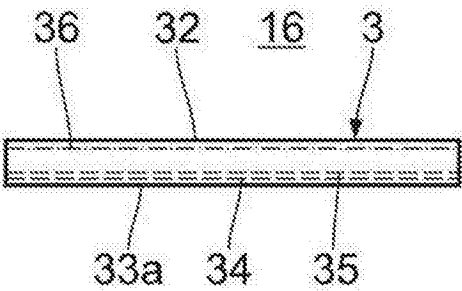


图10

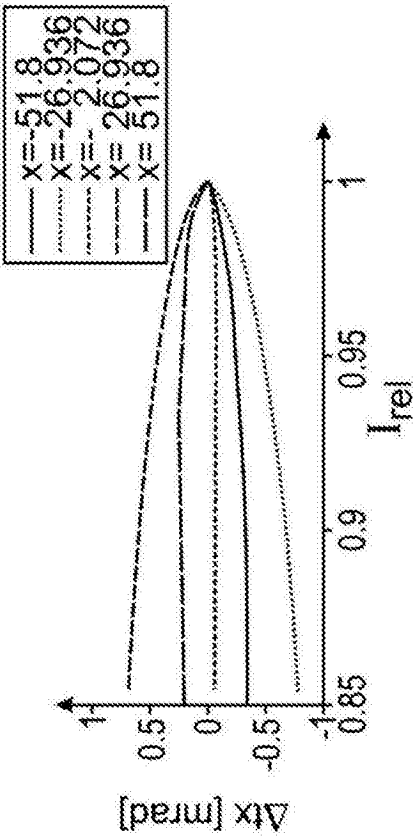


图11

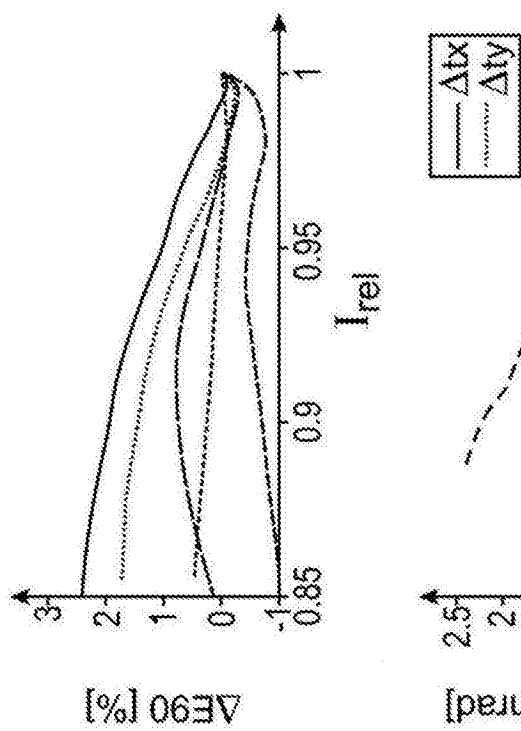


图12

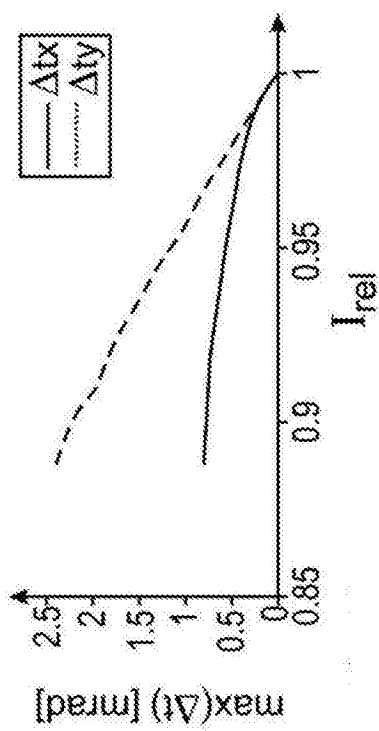


图13

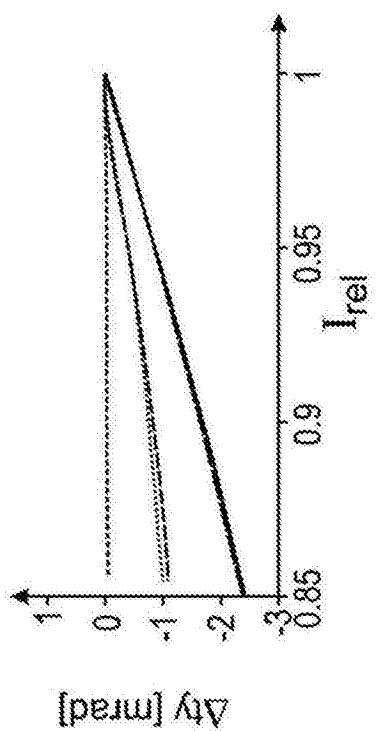


图14

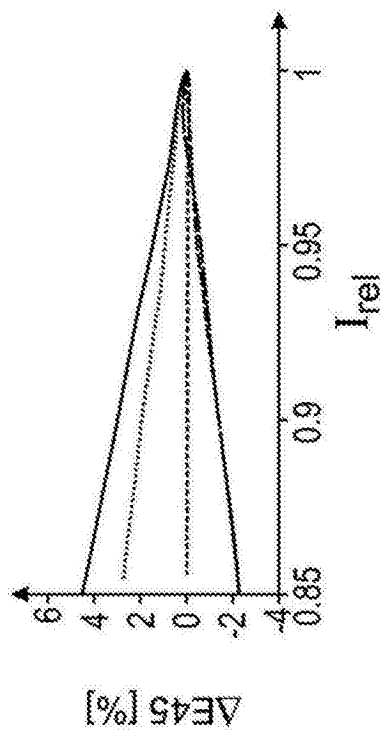


图15

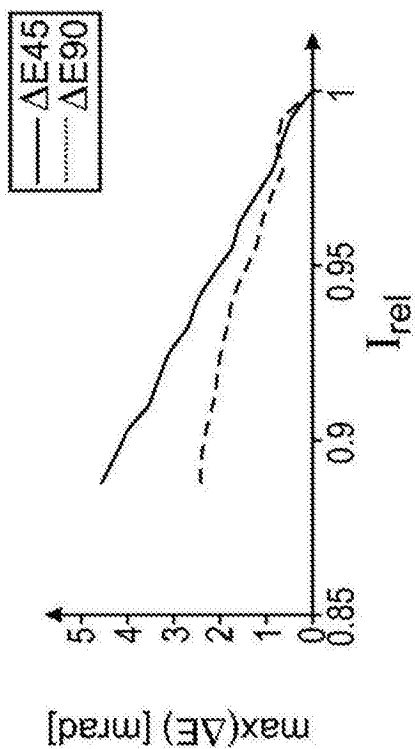


图16

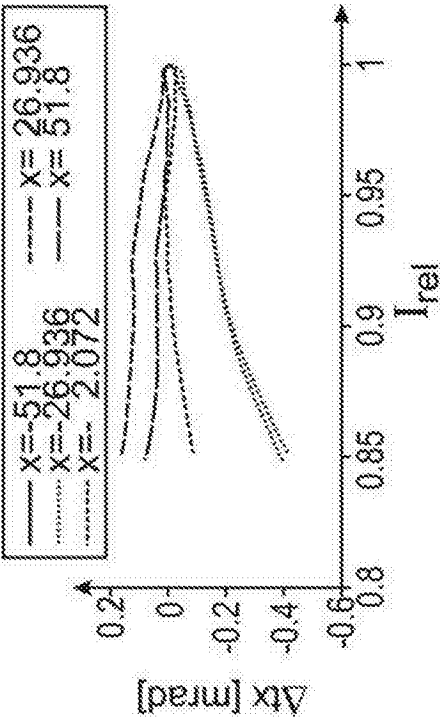


图17

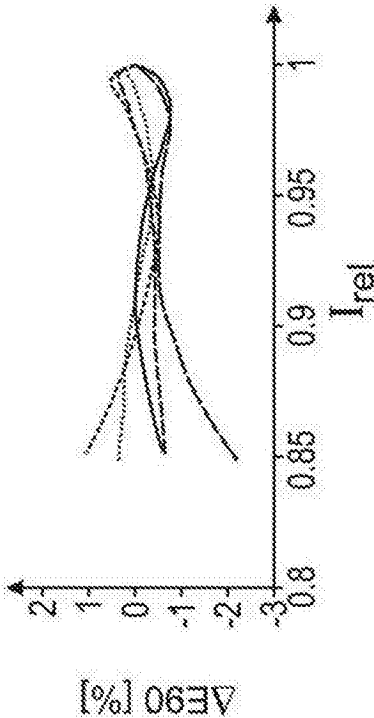


图18

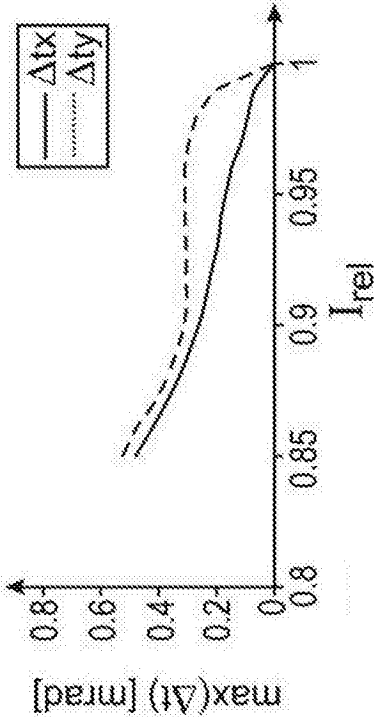


图19

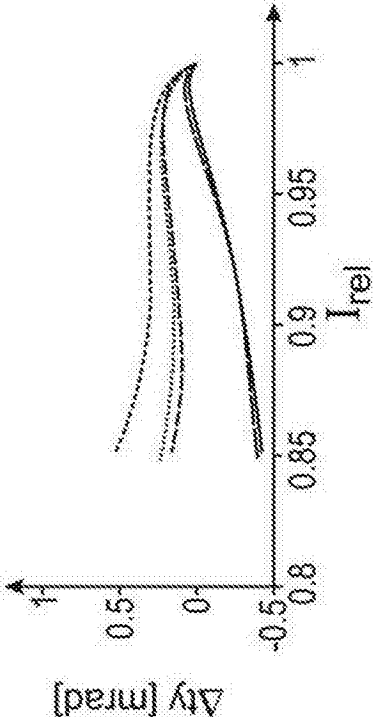


图20

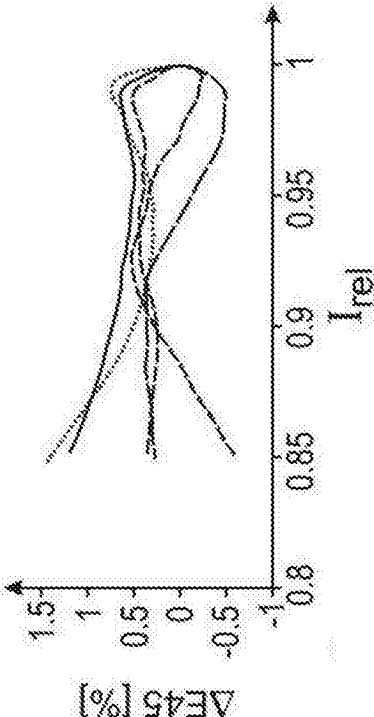


图21

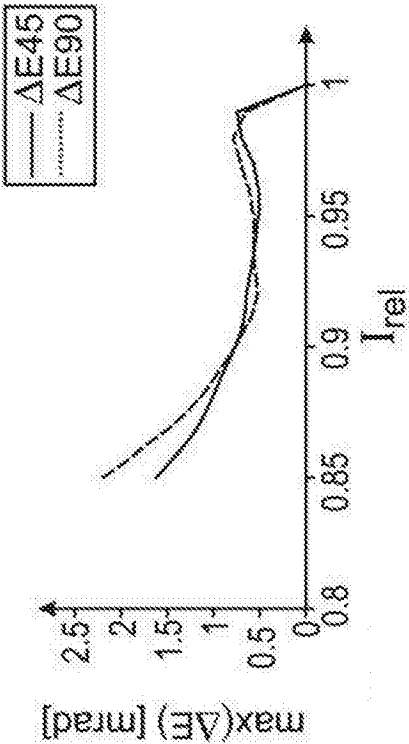


图22