



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104335096 B

(45)授权公告日 2018.08.28

(21)申请号 201380026836.2

(22)申请日 2013.05.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104335096 A

(43)申请公布日 2015.02.04

(30)优先权数据

102012010093.0 2012.05.23 DE
61/650,568 2012.05.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.11.21

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2013/059427 2013.05.07

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/174644 EN 2013.11.28

(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 S.比林 M.德冈瑟 J.万格勒

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 邱军

(51)Int.Cl.

G02B 17/00(2006.01)

G02B 19/00(2006.01)

G02B 27/09(2006.01)

G02B 27/14(2006.01)

G03F 7/20(2006.01)

(56)对比文件

US 2003/0086524 A1,2003.05.08,说明书
第0309段,附图71.

CN 1985356 A,2007.06.20,说明书第7页第
4行至第11页第7行,附图1-3B.

TW I318776 B,2009.12.21,说明书第8页第
17行至第10页第7行,第22页第11行至第24页第
14行,附图8.

US 2003/0086524 A1,2003.05.08,说明书
第0309段,附图71.

TW I318776 B,2009.12.21,说明书第8页第
17行至第10页第7行,第22页第11行至第24页第
14行,附图8.

JP 特开2010-114344 A,2010.05.20,全文.
WO 2009/069815 A1,2009.06.04,全文.

审查员 张凯华

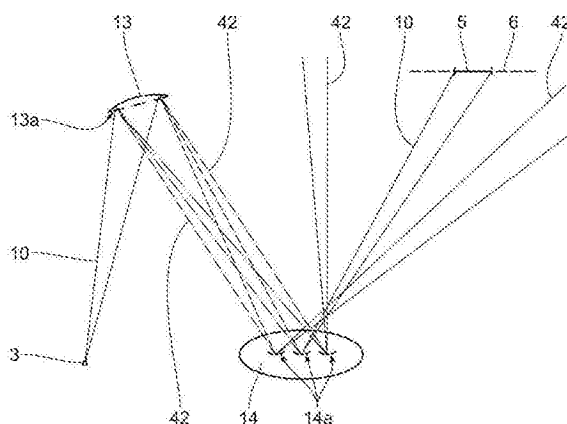
权利要求书2页 说明书10页 附图10页

(54)发明名称

分面反射镜

(57)摘要

一种投射曝光设备(1)中照明物场(5)的照明光学单元(4),包括:具有一结构的第一分面反射镜(13),该结构在至少一个方向上具有至少 0.2mm^{-1} 的空间频率;以及第二分面反射镜(14),其包括多个分面(14a),其中所述分面(14a)分别设有抑制所述第一分面反射镜(13)的结构的装置。



1. 一种投射曝光设备(1)的照明光学单元(4)的光瞳分面反射镜(14),包括多个光瞳分面(14a),其中,所述光瞳分面(14a)分别设有抑制在一特定限制频率以上的空间频率的装置,其中,抑制在一特定限制频率以上的空间频率的装置涉及用于照明物场的照明辐射,其中光瞳分面(14a)仅在交叉扫描方向上具有作为目标的离焦或其中光瞳分面(14a)具有用于抑制空间频率的散射函数。

2. 如权利要求1的光瞳分面反射镜(14),其特征在于,所述散射函数为一维散射函数。

3. 如权利要求1的光瞳分面反射镜(14),其特征在于,所述散射函数具有至少 0.1mrad 的散射角度(σ)。

4. 如权利要求1所述的光瞳分面反射镜(14),其特征在于,光瞳分面的作为目标的离焦通过适当选择光瞳分面(14a)的曲率半径而实现。

5. 如权利要求1所述的光瞳分面反射镜(14),其特征在于,光瞳分面的作为目标的离焦通过使用超环面光瞳分面(14a)而实现。

6. 如上述权利要求中任一项所述的光瞳分面反射镜(14),其特征在于,所述光瞳分面(14a)构造成使得在扫描方向上的折射能力准确满足蝇眼聚光条件。

7. 一种投射曝光设备(1)中照明物场(5)的照明光学单元(4),包括:

a. 场分面反射镜(13);及

b. 如权利要求1至6中任一项所述的光瞳分面反射镜(14);

c. 其中,所述场分面反射镜(13)至少在各区域中具有一结构,该结构在至少一个方向上具有至少 0.2mm^{-1} 的空间频率。

8. 如权利要求7的照明光学单元(4),其特征在于,抑制所述光瞳分面反射镜(14)的光瞳分面(14a)的空间频率的装置与所述场分面反射镜(13)的场分面(13a)的结构相配,使得所述结构的频率在所述物场(5)的区域中具有至多1%的对比度。

9. 如权利要求7或8的照明光学单元(4),其特征在于,所述场分面反射镜(13)的结构形成二元相位光栅。

10. 如权利要求9的照明光学单元(4),其特征在于,所述二元相位光栅具有沟槽深度(d),所述沟槽深度正好对应于要被阻挡的波长(λ_{ex})的四分之一。

11. 如权利要求9的照明光学单元(4),其特征在于,所述二元相位光栅具有光栅周期(p),所述光栅周期与所述光瞳分面反射镜(14)的光瞳分面(14a)相配,使得具有要被阻挡的波长(λ_{ex})的辐射的 1^{st} 与 -1^{st} 级衍射成像其上的所述光瞳分面反射镜(14)的光瞳分面(14a)邻近所述成像辐射(10)的像位于其上的光瞳分面(14a)。

12. 一种EUV投射曝光设备(1)的照明系统,包括:

a. 如权利要求7至11中任一项的照明光学单元(4);及

b. EUV辐射源(3)。

13. 一种微光刻的投射曝光设备(1),包括如权利要求7至11中任一项的照明光学单元(4)。

14. 一种微结构或纳米结构组件的制造方法,包括下列步骤:

-提供基板,由感光材料制成的层至少部分地施加在所述基板上;

-提供掩模母版,所述掩模母版具有要成像的结构;

-提供如权利要求13所述的投射曝光设备(1);

-借助于所述投射曝光设备(1),将所述掩模母版的至少一部分投射在所述基板的感光层的区域上。

15.一种微结构或纳米结构组件,通过如权利要求14所述的方法制造。

分面反射镜

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 通过引用并入德国专利申请DE 10 2012 010 093.0的内容。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种投射曝光设备的照明光学单元的分面反射镜。本发明另外涉及一种投射曝光设备中照明物场的照明光学单元。本发明另外涉及投射曝光设备的照明系统，以及具有此照明系统的投射曝光设备。最后，本发明涉及一种微结构或纳米结构组件的制造方法，以及根据该方法制造的组件。

背景技术

[0004] 例如，从WO 2009/100856 A1已知在用于微光刻的投射曝光设备中所使用的反射镜阵列。进一步发展此投射曝光设备的组件的需求一直存在。

发明内容

[0005] 本发明的第一目的在于，改进投射曝光设备的照明光学单元的分面反射镜。该目的可通过投射曝光设备的照明光学单元的分面反射镜实现，该分面反射镜包括多个分面，其中各分面分别设有抑制(damping)在特定限制频率以上的空间频率的装置。

[0006] 根据本发明的一个方面，分面反射镜包括多个分面，其分别设有抑制在特定限制频率以上的空间频率的装置。这种分面反射镜尤其可用作光瞳分面反射镜。其使得可抑制场分面反射镜的微结构，该微结构对于物场中的掩模照明(mask illumination)的均匀性有负面影响。这种具有抑制空间频率的装置的分面反射镜还导致关于光源变化与系统公差(system tolerance)的光学系统稳定性。

[0007] 光瞳分面的作为目标的离焦(targeted defocusing)可充当抑制空间频率的装置。这可通过适当选择光瞳分面的曲率半径而实现。

[0008] 还可使用超环面光瞳分面(toroidal pupil facet)。优选地，超环面光瞳分面配置成使得在扫描方向上的折射能力(refractive power)准确满足蝇眼聚光条件(the fly's eye condenser condition)。这应被理解为表示：至少在一个空间方向上，中间焦点(intermediate focus)准确地成像在光瞳分面上，场分面准确地成像在掩模母版上。这导致：辐射源的位移不会造成场照明中的视差。超环面光瞳分面可在垂直于扫描方向的方向上引入所要的离焦。

[0009] 抑制空间频率的分面优选设有合适的散射函数(scattering function)。该散射函数优选是一维散射函数。以适当方式选择该散射函数，以仅在交叉扫描方向(the cross-scan direction)上影响物场照明。

[0010] 所发现的是，具有约0.4mrad的散射角度 σ 的高斯函数对于散射强度的角度分布是有利的。这使得可以将超过 1.33m^{-1} 的空间频率抑制到少于0.01%对比度(contrast)。通常，散射函数具有至少0.1mrad的散射角度 σ ，尤其是至少0.2mrad，尤其是至少0.3mrad。

[0011] 这种散射函数可通过将一维的圆柱体写入光瞳分面中而产生。分面因此具有反射表面,其包括圆柱形表面部分。每一圆柱形表面部分优选地具有相同的对准。另外,每一圆柱形表面区具有相同的曲率半径。但是,圆柱形表面区具有不同宽度,即,不同的中心角度。因此,可以非常良好地近似所寻求的散射函数。还可使用不同曲率半径与相同宽度或使用不同曲率半径与不同宽度来实施该圆柱形表面部分。圆柱体的取向可任意设定。圆柱体的取向尤其取决于在蝇眼聚光体中的几何场旋转。

[0012] 还可将作为目标的功率谱密度(PSD, power spectral density)引入至各分面的表面上。为此,各分面的表面以各向异性的方式加以粗糙化。因此,可以获得想要的双向反射分布函数(BRDF, bidirectional reflectance distribution function)。在此,应考虑照明辐射(特别是EUV辐射)的相干性。

[0013] 根据本发明的另一方面,分面反射镜包括多个分面,各分面分别设有衍射结构,用于衍射具有在红外线范围中的波长的辐射。尤其是,各分面可设有二元相位光栅。该相位光栅优选具有沟槽深度,其正好对应于要被阻挡的波长的四分之一。特别地,沟槽深度 d 位于从 $2\mu\text{m}$ 至 $3\mu\text{m}$ 的范围内,尤其是在从 $2.5\mu\text{m}$ 至 $2.7\mu\text{m}$ 的范围内,优选约 $2.65\mu\text{m}$ 。该衍射结构具有至多 5mm 、尤其是至多 3mm 、尤其是至多 2mm 、尤其是至多 1mm 的光栅周期 p 。在此,较小的光栅周期对于第一级衍射会导致较大的偏转角度。该偏转角度尤其是至少 3mrad ,尤其是至少 5mrad 。

[0014] 原则上,分面还可具有尤其具有不同的光栅常数的多重光栅结构。这使得可以抵消不同波长。关于更多的详细信息,请参考DE 10 2009 044 462 A1。

[0015] 分面可包括多个微反射镜。还可以此方式配置分面:在每一情况中,个别分面适于照明整个物场。

[0016] 该目的可通过投射曝光设备的照明光学单元的分面反射镜而进一步实现,该分面反射镜包括多个分面,其中所述分面分别设有至少一个衍射结构,用于衍射具有在红外线范围内的波长的辐射,以及其中,所述衍射结构具有至多 5mm 的光栅周期。

[0017] 本发明的另一目的在于,改进一种照明投射曝光设备中的物场的照明光学单元。该目的可通过一种照明投射曝光设备中照明物场的照明光学单元来实现,该照明光学单元包括如上所述的第一分面反射镜与第二分面反射镜,其中,该第一分面反射镜至少在各区域中具有一结构,该结构在至少一个方向上具有至少 0.2mm^{-1} 的空间频率。

[0018] 本发明的核心在于结合第一分面反射镜与第二分面反射镜,该第一分面反射镜具有一结构,该结构具有至少 0.2mm^{-1} 、尤其是至少 0.3mm^{-1} 、尤其是至少 0.5mm^{-1} 、尤其是至少 1mm^{-1} 的空间频率;该第二分面反射镜具有分面,各分面分别设有抑制在特定限制频率以上的空间频率的装置。

[0019] 两个分面反射镜的这种结合是特别有利的。因此,用于照明物场的辐射可通过第一分面反射镜以非常灵活的方式来导引,而第二分面反射镜的实施例则用以促成具有高均匀性的物场的照明。

[0020] 第一分面反射镜优选设有二元相位光栅,用于衍射具有在红外线范围内的波长的辐射。在此方面,参照上面的描述。

[0021] 两个分面反射镜优选以此方式彼此匹配:抑制第二分面反射镜的分面的空间频率的装置正好导致第一分面反射镜的结构的空间频率在物场的区域中具有至多1%的对比

度。

[0022] 第一分面反射镜尤其设有二元相位光栅,用于阻挡在红外线范围中的辐射。在此,该相位光栅优选具有沟槽深度 d ,其正好对应要被阻挡的波长的四分之一。

[0023] 该二元相位光栅优选具有光栅周期 p ,其以此方式与第二分面反射镜的分面的构造匹配:具有要被阻挡的波长的辐射的第一与负第一级衍射成像其上的第二分面反射镜的分面邻近成像辐射的像位于其上的分面。对准(尤其是倾斜)要被阻挡的辐射的第一与负第一级衍射成像于其上的光瞳分面,使得要被阻挡的辐射并未成像于物场中。尤其是,要被阻挡的辐射可偏转至光阱(light trap)。

[0024] 本发明的另一目的在于改进一种投射曝光设备的照明系统,特别是EUV投射曝光设备的照明系统,且该投射曝光设备用于微光刻。

[0025] 这些目的可通过一种EUV投射曝光设备的照明系统(包括如上所述的照明光学单元与EUV辐射源)实现,以及通过微光刻的投射曝光设备(包括如上所述的照明光学单元)实现。优点对应于上文所述的那些。

[0026] 本发明的其它目的在于,改进一种微结构或纳米结构组件的制造方法以及这种组件。这些目的可通过一种微结构或纳米结构组件的制造方法实现,以及通过所述方法所制造的组件来实现,所述方法包括以下步骤:提供基板,由感光材料制成的层至少部分地施加在所述基板上;提供掩模母版,其具有要成像的结构;提供如上所述的投射曝光设备;以及借助于所述投射曝光设备,将至少部分的掩模母版投射在所述基板的感光层的区域上。关于优点,可再次参照上面的描述。

附图说明

[0027] 本发明的其它优点、特征与细节可从基于示图的示例性实施例的描述显现,图中:

[0028] 图1示意性地显示穿过EUV投射光刻的投射曝光设备的子午截面;

[0029] 图2示意性地显示场分面反射镜的截面的顶视图,场分面反射镜由个别反射镜构成,且设计为用于根据图1的投射曝光设备;

[0030] 图3是从图2中的观看方向III显示根据图2的分面反射镜的个别反射镜行的截面视图;

[0031] 图4至6以各种不同的配置非常示意性地显示由图3所示的个别反射镜行的个别反射镜所形成的行反射表面的不同形式;

[0032] 图7示意性地显示了根据一示例实施例的场分面反射镜的分面的结构设计的示意图;

[0033] 图8示意性地显示根据另一示例实施例的场分面反射镜的分面的结构设计的示意图;

[0034] 图9与10显示根据一示例实施例的照明光学单元中的光束路径的示意图,其中场分面反射镜具有衍射结构,用于衍射具有在红外线范围中的波长的辐射;

[0035] 图11显示具有相位光栅的分面的示意图;

[0036] 图12与13显示阐明散射函数对光瞳分面的效果的示意图;

[0037] 图14显示根据一示例实施例的场分面的反射表面的设计的示意图;以及

[0038] 图15显示通过 $N=10$ 圆柱体的高斯散射函数的示意图。

具体实施方式

[0039] 首先描述微光刻的投射曝光设备1的一般设计。

[0040] 在子午截面中,图1示意性地显示微光刻的投射曝光设备1。除了辐射源3之外,投射曝光设备1的照明系统2包括照明光学单元4,用于曝光在物面6中的物场5。在该情况中所曝光的是设置于物场5中的掩模母版,掩模母版并未显示在示图中,而是由掩模母版保持器(同样未显示)所保持。投射光学单元7用于将物场5成像于像面9中的像场8。掩模母版上的结构成像于晶片的感光层上,晶片设置于像面9中的像场8的区域中,同样未显示在示图中,而是由晶片保持器(同样未显示)所保持。

[0041] 辐射源3是EUV辐射源,具有在5nm与30nm之间的范围中的发射的使用辐射。在此,这可以是等离子体源,例如GDPP(gas discharge-produced plasma)源(气体放电所产生的等离子体)或LPP(laser-produced plasma)源(激光所产生的等离子体)。举例而言,通过工作在波长 $10.6\mu\text{m}$ (即,在红外线范围中)的二氧化碳激光器,锡可受激发而形成等离子体。基于同步加速器的辐射源也可用作辐射源3。举例而言,本领域技术人员在US 6,859,515 B2中发现有关这种辐射源的信息。EUV辐射10(其由辐射源3发射)是由聚光器11聚焦。对应的聚光器可从EP 1 225 481 A得知。在聚光器11之后,在EUV辐射10入射在具有多个场分面13a的场分面反射镜13之前,EUV辐射10传播通过中间焦平面12。场分面反射镜13设置于照明光学单元4的与物面6光学共轭的平面中。

[0042] 在下文中,EUV辐射10还称为照明光或成像光。

[0043] 在场分面反射镜13之后,EUV辐射10由具有多个光瞳分面14a的光瞳分面反射镜14反射。光瞳分面反射镜14设置于照明光学单元4的光瞳平面中,该光瞳平面与投射光学单元7的光瞳平面光学共轭。借助于光瞳分面反射镜14与成像光学组合系统,场分面反射镜13的场个别分面19成像在物场5中,该成像光学组合系统的形式为具有反射镜16、17与18(以光束路径的顺序表示)的传输光学单元15,该场个别分面19还称为子场或称为个别反射镜组,且其仍将在下面得到更详细地描述。传输光学单元15的最后反射镜18是掠入射反射镜(grazing-incidence mirror)。

[0044] 为了简化位置关系的描述,在图1中绘出笛卡儿xyz坐标系统作为全局坐标系统,用于描述物面6与像面9之间的投射曝光设备1的组件的位置关系。在图1中,x轴垂直于示图的平面延伸,且进入示图。y轴朝向图1的右侧延伸。在图1中,z轴向下延伸,即,垂直于物面6与像面9。

[0045] 图2以非常示意性的示图显示场分面反射镜13的设计细节。场分面反射镜13的总反射表面20细分成行与列,以形成反射镜元件的栅格,反射镜元件在下面称为个别反射镜21。场分面反射镜13因此设计成具有多个个别反射镜21的反射镜阵列。个别反射镜21分别具有个别反射表面20a。为了反射EUV辐射10的目的,个别反射镜21包含具有多层系统(multi-layer system)34的涂层。根据第一示例实施例,个别反射镜21的多层系统34具有均匀厚度。这尤其使得更易于制造个别反射镜21,且因此导致成本的降低。

[0046] 每一个别反射镜21的个别反射表面20a是平面的,或至少在多个部份中是平面的。个别反射镜21的至少一些还可有完全平面设计的个别反射表面20a。所有个别反射镜21还可具有完全平面设计的个别反射表面20a。个别反射镜行22具有多个直接彼此相邻的个别

反射镜21。数十至数百的个别反射镜21可设置于个别反射镜列22中。在根据图2的示例中，个别反射镜21是方形的。还可使用其它形状的个别反射镜，这允许以尽可能少的缝隙占据总反射表面20。此替代的个别反射镜形状可从镶嵌的数学理论得知。

[0047] 举例而言，场分面反射镜13可配置成如DE 10 2006 036 064 A1中所述。

[0048] 取决于场分面反射镜13的实施例，个别反射镜列23同样具有多个个别反射镜21。举例而言，每一个别反射镜列23设有数十个个别反射镜21。

[0049] 为了简化位置关系的描述，在图2中绘出笛卡儿xyz坐标系，作为场分面反射镜13的局部坐标系。对应的局部xyz坐标系还可在显示分面反射镜或以顶视图显示分面反射镜的截面的后面的示图中找到。在图2中，x轴水平延伸至右侧，平行于个别反射镜行22。在图2中，y轴向上延伸，平行于个别反射镜列23。z轴垂直于图2的示图的平面，并延伸出示图外。

[0050] 在投射曝光期间，掩模母版保持器与晶片保持器在y方向上、彼此同步地被扫描。扫描方向与y方向之间的小角度也可能存在。在x方向上，场分面反射镜13的总反射表面20具有范围 x_0 。在y方向上，场分面反射镜13的总反射表面20具有范围 y_0 。

[0051] 根据场分面反射镜13的实施例，个别反射镜21具有的x/y范围在例如 $600\mu\text{m} \times 600\mu\text{m}$ 至例如 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的范围中。尤其是，有所谓的微反射镜。微反射镜还具有尺寸及/或场分面反射镜13上的布置，使得微反射镜形成衍射结构，用于在预定波长范围中的辐射。尤其是，微反射镜可以此方式配置及/或设置：微反射镜形成衍射结构，用于在红外线波长范围中的辐射，尤其是用于具有 $10.6\mu\text{m}$ 波长的辐射。为此，微反射镜尤其可具有位于要衍射的波长范围中，尤其是在红外线范围中，尤其是在从 780nm 至 1mm 的范围中的尺寸。个别反射镜21可以成形为使得反射镜对于照明光10具有聚焦效果。当使用利用照明光3的场分面反射镜13的发散照明时，个别反射镜21的这种聚焦效果特别有利。取决于实施例，整个场分面反射镜13具有的 x_0/y_0 范围例如 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 或 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ 。场个别分面19具有的典型x/y范围例如 $25\text{mm} \times 4\text{mm}$ 、 $83\text{mm} \times 4\text{mm}$ 、 $83\text{mm} \times 6\text{mm}$ 或 $104\text{mm} \times 8\text{mm}$ 。其它尺寸是可能的，这取决于要求。各个场个别分面19具有适当数量的个别反射镜21，这取决于相应场个别分面19的尺寸与个别反射镜21（其构成这些场个别分面19）的尺寸之间的比率。

[0052] 为了入射照明光10的个别偏转的目的，每一个别反射镜21分别连接至致动器24，如基于设置于总反射表面20的左下角的两个别反射镜21而在图2中以虚线方式表示，以及基于个别反射镜行22的部分而在图3中更详细示出。致动器24设置于每一个别反射镜21的背离（face away from）个别反射镜21的反射侧的一侧。举例而言，致动器24可配置为压电致动器。这种致动器的实施例可从微反射镜阵列的设计得知。

[0053] 个别反射镜行22的致动器24经由信号线25而分别连接至行信号总线26。一个个别反射镜行22与行信号总线26的相应之一关联。个别反射镜行22的行信号总线26接着连接至主信号总线27。主信号总线具有至场分面反射镜13的控制装置28的信号连接。控制装置28尤其配置用于个别反射镜21的共同逐线（即，逐行或逐列）致动。

[0054] 个别反射镜21的每一个可（单独且独立地）绕两个倾斜轴倾斜，这两个倾斜轴彼此垂直，其中，特别地，这些倾斜轴中的第一个平行于x轴延伸，这两个倾斜轴中的第二个平行于y轴延伸。通常，个别反射镜21可以任意特定角度范围中的任意方位角倾斜。

[0055] 此外，致动器24还使得可在z方向上单独地移动个别反射镜21。因此，个别反射镜

21可以此方式移动:个别反射镜可沿着总反射表面20的表面法线彼此分离地被致动。因此,可整体改变总反射表面20的形貌。这基于图4与5以示例性且非常示意的方式示出。因此,还可以菲涅耳透镜(Fresnel lens)样式的反射镜部分(布置在整个平面中)的形式制造具有大矢高(large sag)(即,总反射表面20的形貌大变化)的总反射表面20的轮廓。另外,衍射结构(尤其是衍射光栅)可以此方式形成于反射镜阵列13的总反射表面20上。

[0056] 图4显示个别反射镜行22的一部分的个别反射镜21的个别反射表面20a,其中该个别反射镜行22的所有个别反射镜21通过控制装置28与致动器24而设定在相同的绝对z位置。在所有个别反射镜21的个别反射镜反射表面的完全平面设计的情况中,这导致个别反射镜行22的平面反射表面。相应地,还可实现个别反射镜列23的平面反射表面。

[0057] 图5显示个别反射镜行22的个别反射镜21的致动,其中,中央个别反射镜 21_m 设定成相对于邻近的个别反射镜 21_{r1} 、 21_{r2} 、 21_{r3} 而在z方向上偏移。这导致阶状(steped)布置,这导致入射在根据图5的个别反射镜行22上的照明光10的对应相位偏移。尤其对于在红外线范围的辐射,该相位偏移位于四分之一波长。反射镜13因此具有针对红外线范围的辐射,尤其是针对具有 $10.6\mu\text{m}$ 波长的辐射的所谓 $\lambda/4$ 结构。两个中央个别反射镜 21_m 反射的照明光10在此处经历最大的相位延迟。边缘侧的个别反射镜 21_{r3} 产生最少的相位延迟。中间的个别反射镜 21_{r1} 、 21_{r2} 以对应的步进方式产生从中央个别反射镜 21_m 产生的相位延迟开始逐渐减少的相位延迟。特别地,个别反射镜21以此方式设定:针对各个个别反射镜21,有至少一个另外的个别反射镜21,使得这两个个别反射镜21的个别反射表面在它们的表面法线的方向上偏移预定偏移量V。在此,偏移量V尤其在红外线范围中的四分之一波长范围中。特别地,偏移量V位于 $1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围中。特别地,偏移量可以是 $2.65\mu\text{m}$ 。然而,还可以用从个别反射镜偏离的偏移量V成对地设置个别反射镜21。通常,偏移量V优选大于UV范围中的预定辐射波长,尤其是大于 100nm 。特别地,偏移量V以此方式选择:抵消入射在反射镜13上的辐射10的预定波长成分(尤其是红外线成分,尤其是具有 $10.6\mu\text{m}$ 的波长)的零级衍射。

[0058] 图6示出个别反射镜21的另一设置。图6中所示的个别反射镜21的设置实质上对应于来自图3的设置。在此,个别反射镜 21_f 、 21_b 分别交替地设置在前面的位置与后面的位置,这两个位置在个别反射镜 21_f 、 21_b 的表面法线的方向上相对于彼此分别偏移预定偏移量V。在此,该偏移设置可提供给个别反射镜行22与个别反射镜列23二者。利用前个别反射镜 21_f 与后个别反射镜 21_b ,反射镜13的总反射表面20因此具有棋盘状图案。在此,所有个别反射镜21可分别具有平面个别反射表面。个别反射镜21的交替设置还称为二元相位结构或称为二元相位光栅。在该情况中,偏移量V还称为相位栅格的沟槽深度。

[0059] 在替代实施例中,个别反射镜21在z方向上是不可调的。尤其根据参照图5与6所述的实施例,个别反射镜设置有预定的偏移图案。关于个别反射镜21的可设置性与由其形成的优点的进一步细节,参照WO 2009/100 856A1。

[0060] 在下文中,参照图7描述反射镜13的另一实施例。在根据图7的示例实施例中,反射镜阵列13的个别反射镜21的个别反射表面20a分别具有前区31与后区32,前区31与后区32彼此平行对准且在它们的表面法线方向上相对于彼此偏移预定偏移量V。在垂直于它们的表面法线的方向上,前区31与后区32具有相等宽度。在此,前区31的宽度还称为料部(web)宽度。后区32的宽度还称为沟槽宽度。个别反射镜21的个别反射表面20a通常包括至少一个该前区31与一个该后区32。然而,个别反射表面还可具有多个该区31、32。特别地,区31、32

形成具有光栅常数G的光栅结构。在此,这尤其可为二元光栅。光栅常数G还称为光栅周期p。

[0061] 特别地,光栅常数G被选择为使波长在用以成像掩模母版7的那些照明光10以上的电磁辐射衍射开。特别地,光栅常数G可在红外线范围,即,在780nm与1mm之间的范围。特别地,光栅常数G最多5mm,尤其是最多3mm,尤其是最多2mm,尤其是最多1mm。特别地,可以此方式进行选择:使要被衍射开的辐射的第一级衍射偏转一角度,该角度精确地对应于光瞳分面14a的直径。

[0062] 个别反射镜21具有多层系统34。多层系统34施加于基板35上。个别反射镜21的多层系统34形成尤其用于EUV辐射10的反射涂层。特别地,多层系统34可具有多个连续的硅/钼双层。

[0063] 个别反射镜21的另一设计变型示于图8中。该设计实质上对应于根据图7的个别反射镜21的设计。但是,个别反射镜21包括第一光栅结构(具有第一偏移量V1与第一光栅常数G1)与额外的第二光栅结构(具有第二偏移量V2与第二光栅常数G2)。两个光栅优选以自相似的方式设计为二元相位光栅。在此,第二光栅结构以此方式配置:第二光栅结构针对至少一个另外的波长而在零级衍射中产生破坏性抵消,该至少一个另外的波长明显小于例如第一光栅结构通过零级衍射中的破坏性干涉而抵消的波长。换句话说,虽然破坏性干涉对于红外线辐射发生在具有光栅常数G1与偏移量V1的第一光栅结构处,如图8的IR辐射36示意性所示,此长波长辐射并未被第二光栅结构解析,尽管尤其在具有光栅常数G2与偏移量V2的第二光栅结构处有针对在可见光(VIS)和/或UV波长范围中的电磁辐射的破坏性干涉,如图8的UV/VIS辐射37示意性所示。EUV辐射10维持至少大部分不受两个光栅结构的影响。这应理解为表示EUV辐射10的衍射级的强度通过光栅结构减少至多10%,尤其至多5%,尤其至多1%,尤其至多0.1%。

[0064] 个别反射镜21因此设有多重光栅结构。根据具有双光栅结构的实施例(在图8中所示),个别反射镜21还可配置成具有三重光栅结构、四重光栅结构、五重光栅结构等。

[0065] 关于涉及光栅结构的其它细节,参照DE 10 2009 044 462 A1。

[0066] 上述所有示例实施例都适用的是:相互偏移区域分别彼此相隔偏移边缘41。偏移边缘41可形成于单一个别反射镜21上或在两个个别反射镜21之间。在特定方向可相应具有对准。在此情况中,有利的是,如果偏移边缘41以此方式对准:其沿着照明光学单元4的光轴的投影倾斜地延伸至物场5,尤其是垂直于扫描方向。

[0067] 还可有利的是,将偏移边缘41的一部分对准于第一方向,且将偏移边缘41的另一部分对准于第二方向,而第二方向与第一方向偏离。

[0068] 原则上,还可以对准偏移边缘41的50%部分,使得其在物面6的投影平行于x方向;同时还可以对准偏移边缘41的另外50%,使得其在物面6的投影平行于y方向延伸。

[0069] 可以根据多个上述实施例,实施具有个别反射镜21的反射镜阵列。特别地,可以此方式来实施反射镜阵列:一些个别反射镜21(例如至少10%,尤其是至少30%,尤其是至少50%,尤其是至少70%)具有平面设计的个别反射表面20a,而其余的个别反射镜21分别具有一个或多个偏移边缘41。

[0070] 反射镜阵列还可具有偏移(offset)结构与衍射结构两者。

[0071] 关于涉及反射镜阵列的个别反射镜21的可位移性以及涉及设定预定的照明设定的进一步细节,参照WO 2009/100 856 A1或DE 10 2008 009 600 A1。

[0072] 在上面,针对具有多个个别反射镜21的反射镜阵列描述偏移结构。然而,同样可以将场分面反射镜13的场分面13a实施为个别分面,即,实施为不包括多个个别反射镜21的分面。然而,场分面可以设有合适的衍射结构,用于衍射具有在红外线范围的波长的辐射。如上所述,以此方式选择相位光栅的沟槽深度d:沟槽深度正好对应于要被阻挡的波长 λ_{ex} 的四分之一。要被阻挡的波长 λ_{ex} 尤其是用于在EUV辐射源3中产生等离子体的激光的波长。

[0073] 特别地,相位光栅具有宽度相等的料部与沟槽。以以下方式选择光栅周期p:要被衍射开的辐射的第一级衍射的偏转角度位于一区域中,使得1st与-1st级衍射的像分别落在其上的光瞳分面14a邻近照明辐射10的像位于其上的光瞳分面14a。该像还称为镜面反射。在此方面,应注意,照明辐射10具有相干宽度(coherence width),该相干宽度比光栅周期p小至少一个数量级。特别地,照明辐射的相干宽度位于5 μ m至20 μ m的范围。为了清楚起见,第一级衍射在图9与10中由参考符号42表示。

[0074] 原则上,还可以以下方式选择光栅周期p:1st与-1st级衍射的像落在其上的光瞳分面14a远离照明辐射10的零级衍射的像位于其上的光瞳分面14a。原则上,还可大程度地衍射红外线辐射,使得该红外线辐射根本不再入射在光瞳分面反射镜14上。

[0075] 原则上,偏转角度位于从3mrad至10mrad的范围,尤其是在从5mrad至7mrad的范围。

[0076] 场分面13a具有至少5:1的长宽比,尤其是至少8:1,尤其是至少13:1。图11中以示例方式示出的场分面13a具有弧形设计。场分面在x方向上具有大约80mm的尺寸。在y方向上(即,平行于扫描方向)的尺寸是大约4mm。在场分面13a的这种实施例的情况中,相位光栅优选关于长边垂直对准。然而,如上所述,相位光栅可以微小角度关于扫描方向对准。

[0077] 虽然相位光栅适于衍射非期望红外线辐射36,但会负面影响物场5的照明均匀性。相同状况适用于场分面反射镜13的结构,其通过细分成个别反射镜21而形成。在物场5的照明中可有干扰空间频率(interfering spatial frequencies),这是因为相邻个别反射镜21之间的非连续可微分转变(not continuously differentiable transitions)。

[0078] 因此,根据本发明的另一方面,提供光瞳分面14a,该光瞳分面设有抑制在特定限制频率以上的空间频率的装置。光瞳分面反射镜14的这种构造的效果示意性地示于图12与13中。虽然场分面13a上具有空间频率为1mm⁻¹级的结构会导致在物场5的区域中的照明辐射10的强度变化(尤其是在x方向上,即,垂直于扫描方向),此强度变化可通过光瞳分面14a的适当构造而抑制或消除(smooth)。

[0079] 为了抑制空间频率,光瞳分面14a可尤其具有散射函数,使得散射强度I具有角度分布I(α)。特别地,这是一维的散射函数。优选地,该光瞳分面配置为只影响在x方向上(即,在交叉扫描的方向上)的物场5的照明。散射函数的精确限定取决于要抑制的空间频率,即,特别是取决于场分面反射镜13上的结构。在一个示例实施例中,发现将散射函数配置为具有散射角度 σ 为0.4mrad的一维高斯函数(Gaussian function)会是有利的。特别地,散射强度的角度分布I(α)具有下述形式:

$$[0080] \quad I(\alpha) = I_0 \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{\alpha^2}{2\sigma^2}}.$$

[0081] 因此,产生100%的总积分散射(TIS, total integrated scatter),因为

$$\int_{-\infty}^{\infty} d\alpha I(\alpha) = I_0$$
 其中 I_0 是入射在光瞳分面上的功率或强度。利用此数学式, 在像场5的区域,

域, 可抑制超过 1.33mm^{-1} 的空间频率到少于 0.01% 的对比度。

[0082] 此散射函数可通过将一维圆柱体直接写入光瞳分面14a而实现。换句话说, 光瞳分面14a分别具有反射表面43, 该反射表面包括圆柱形表面部分。特别地, 所述圆柱体彼此平行对准。圆柱体相对于y方向以角度c旋转设置。特别地, 角度c位于 0° 至 15° 的范围中, 尤其是 5° 至 10° 的范围中。

[0083] 圆柱体具有圆形的圆柱设计。圆柱体具有一致的曲率半径R。圆柱体具有不同宽度 b_i , 即, 不同的中心角度m。圆柱体的宽度 b_i 还称为节距 (pitch)。通过结合多个不同的节距, 可近似该散射函数 (尤其是高斯函数)。为此, 要近似的高斯函数可分解成例如具有不变的强度水准的 $N=10$ 级。实质上, 给定预定曲率半径为R, 可确定圆柱体的宽度 b_i 。这些 $N=10$ 节距的总和还称为片 (patch)。

[0084] 通过 $N=10$ 片的近似散射函数在图15中以示例性方式示出。在此, 水平条的每一个对应于个别圆柱体的散射分布。在给定的曲率半径R的情况中, x轴上所绘的散射角度可直接转换成对应圆柱体的宽度 b_i 。

[0085] 多个片优选覆盖在光瞳分面14a上。在工艺中, 圆柱体的顺序优选是变换的 (permuted)。

[0086] 具有 $N=10$ 节距、曲率半径 $R=50\text{mm}$ 、总宽度 $b_{\text{Ges}}=250\mu\text{m}$ 的片的建构数据列在下面的表中。

片号	宽度 [μm]	矢高 [μm]
1	43.7986	0.00479579
2	36.9296	0.0034095
3	32.2401	0.00259857
4	28.4479	0.0020232
[0087] 5	25.1151	0.00157691
6	22.0206	0.00121227
7	19.0155	0.00090397
8	15.9613	0.000636907
9	12.6703	0.000401341
10	8.73202	0.00019062

[0088] 作为具有一致的曲率半径R的节距与包括不同宽度 b_i 的片的替代, 节距还可具有不同的曲率半径 R_i 与一致的宽度b, 或者不同的曲率半径 R_i 与不同的宽度 b_i 。

[0089] 取代不能连续微分 (differentiate) 的表面, 光瞳分面14a还可设有平滑、周期性的结构。

[0090] 或者, 光瞳分面14a的散射效果还可由粗糙的轮廓引起。关于细节, 参照EP 1 796

147 A1。

[0091] 为了抑制空间频率,光瞳分面14a还可设有作为目标的离焦。关于细节,参照US 7,006,595 B2。光瞳分面14a优选只在交叉扫描的方向上离焦。特别地,这可通过光瞳分面14a的超环面设计实现。关于超环面的光瞳分面的细节,可参照EP 1 811 547 A1。

[0092] 最后,还可以在光瞳分面14a的表面上引入作为目标的功率谱密度(PSD, power spectral density),这导致对应的散射函数。这被理解为表示:光瞳分面14a的表面是粗糙的,尤其是以各向异性的方式粗糙化。这使得可以实现作为目标的反射分布函数,尤其是作为目标的双向反射分布函数(BRDF, bidirectional reflectance distribution function)。

[0093] 关于要被照明的物场5的过曝光(overexposure),可参考以下事实:在任何情况中,要被照明的物场在交叉扫描的方向上通常是过曝光的。通过离焦或散射函数所模糊的边缘因此不必然会导致较大的过曝光以及与其相关连的系统传输。如果需要的话,当设计散射函数、尤其是在边缘区域的散射函数的梯度时可以将此列入考虑。

[0094] 具有抑制空间频率的装置的光瞳分面14a的实施例(尤其是具有散射函数的光瞳分面14a的实施例)会是有利的,这与场分面反射镜13的设计无关。因为光瞳分面反射镜14的适当构造,照明系统的稳定性和/或物场5的照明均匀性尤其可得到改善。

[0095] 具有衍射具有波长在红外线范围的辐射的衍射结构的场分面反射镜13以及具有散射函数的光瞳分面反射镜14两者的结合被发现是特别有利的。

[0096] 借助于投射曝光设备1,物场5中的至少部分掩模母版成像在像场8中的晶片上的感光层区域上,用于微结构或纳米结构组件(尤其是半导体组件,例如微芯片)的光刻制造。掩模母版与晶片在y方向上以暂时同步的方式移动,该移动在扫描操作中是连续的或在步进器操作中是以逐步方式的,这取决于投射曝光设备1是实施为扫描曝光装置还是步进曝光装置。

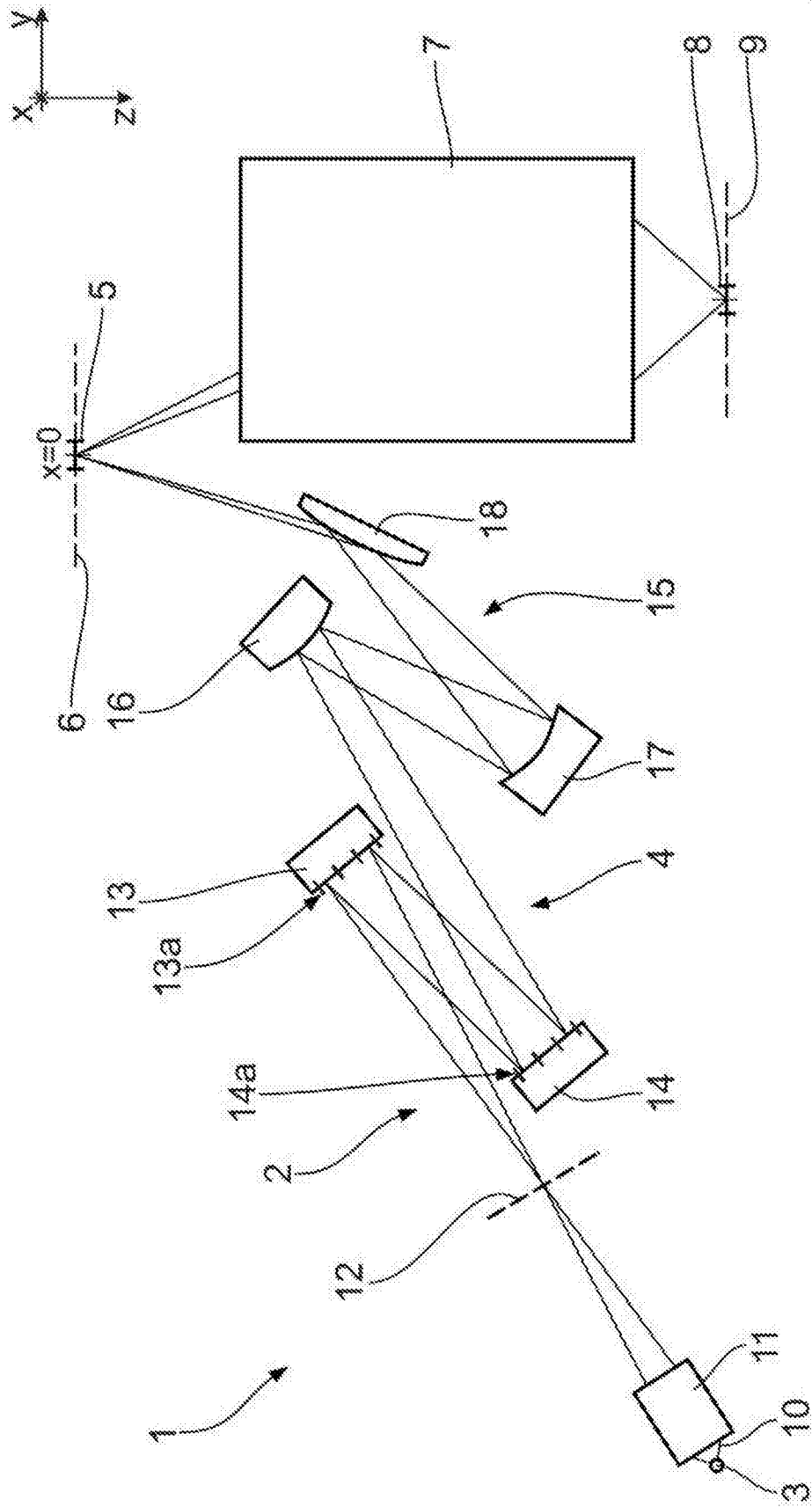


图1

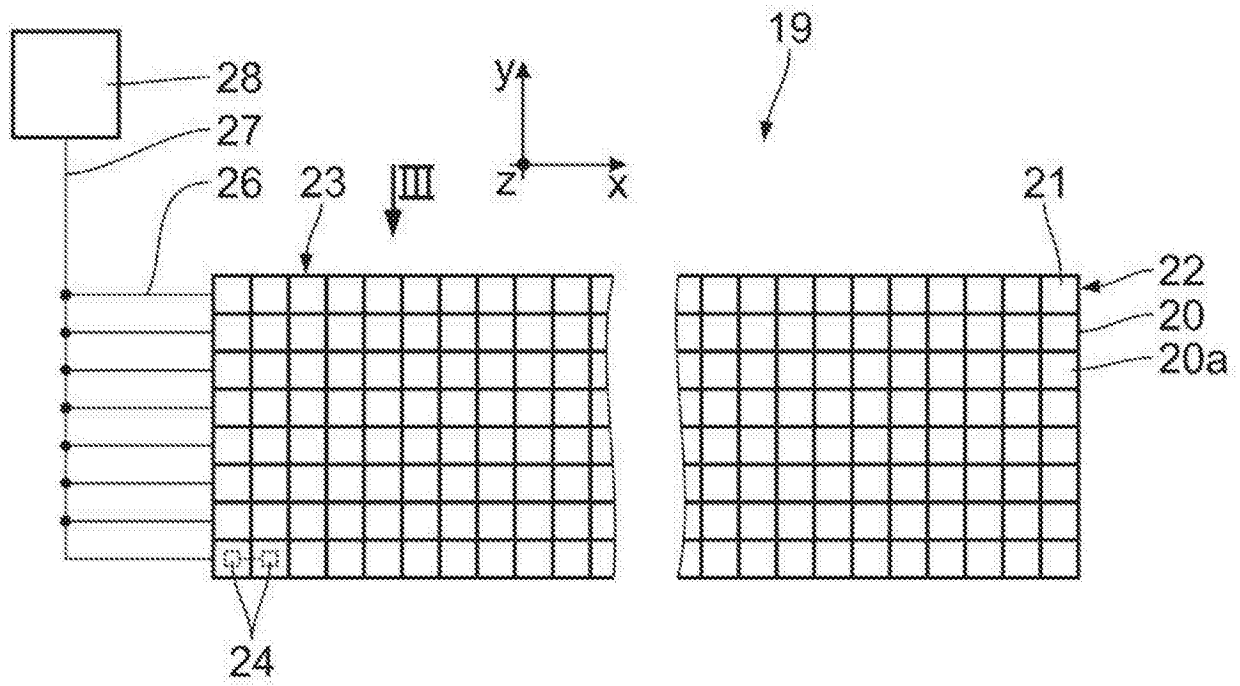


图2

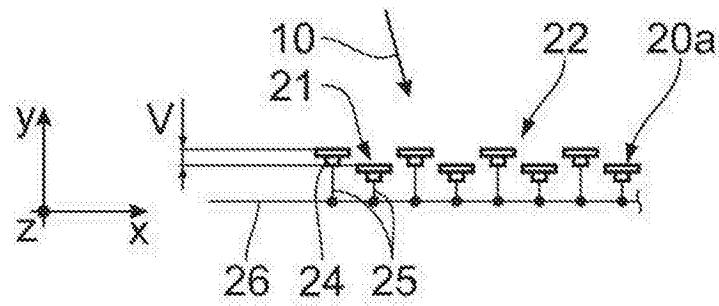


图3



图4

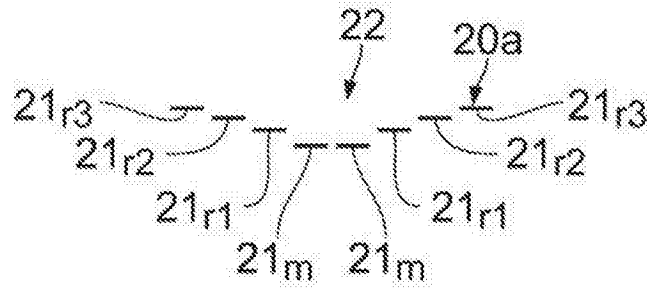


图5

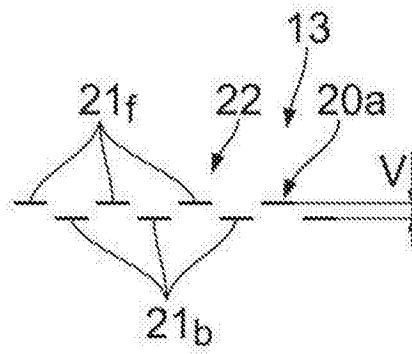


图6

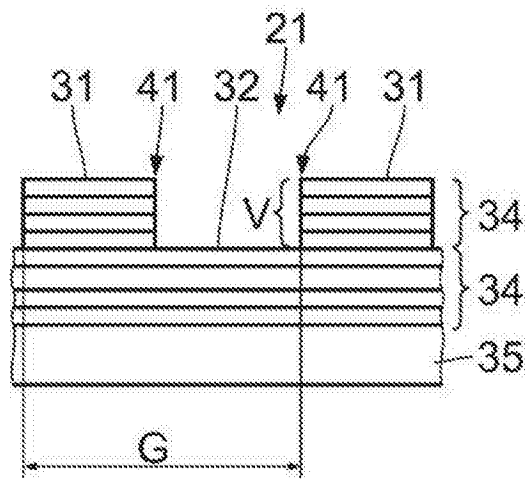


图7

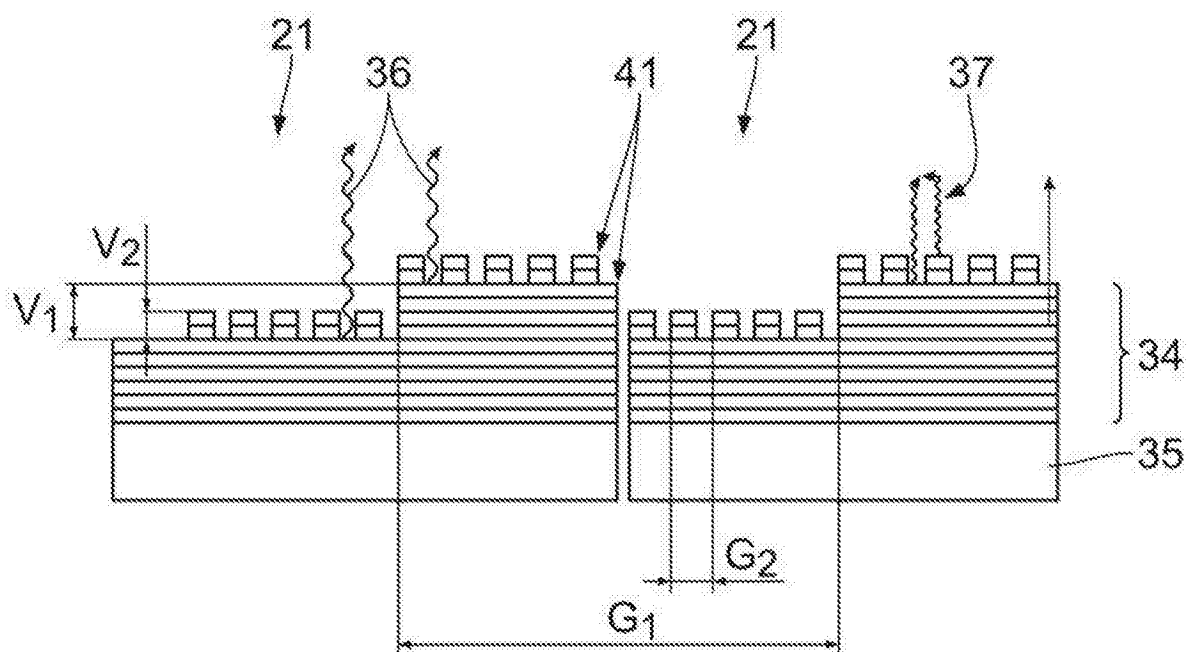


图8

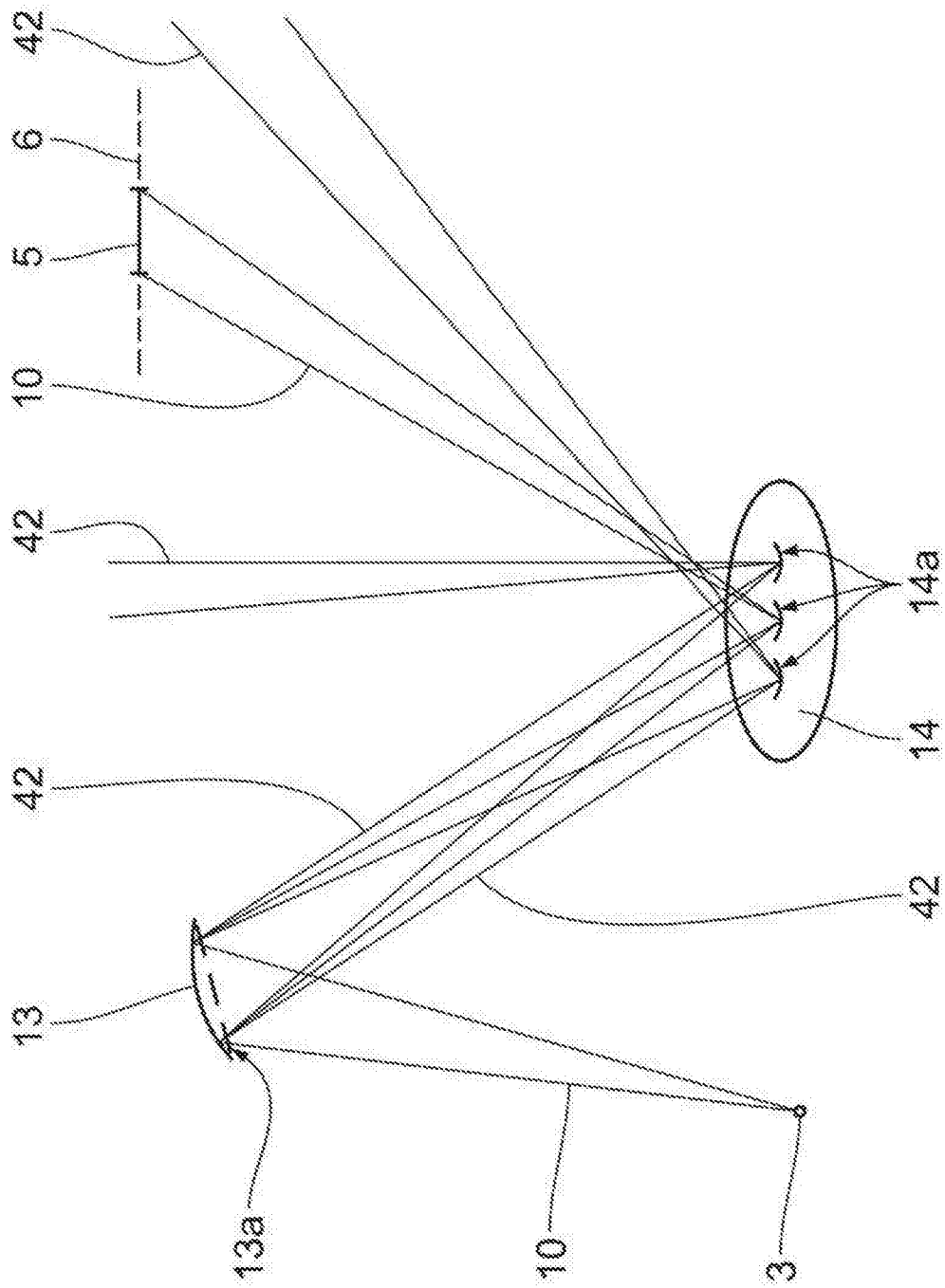


图9

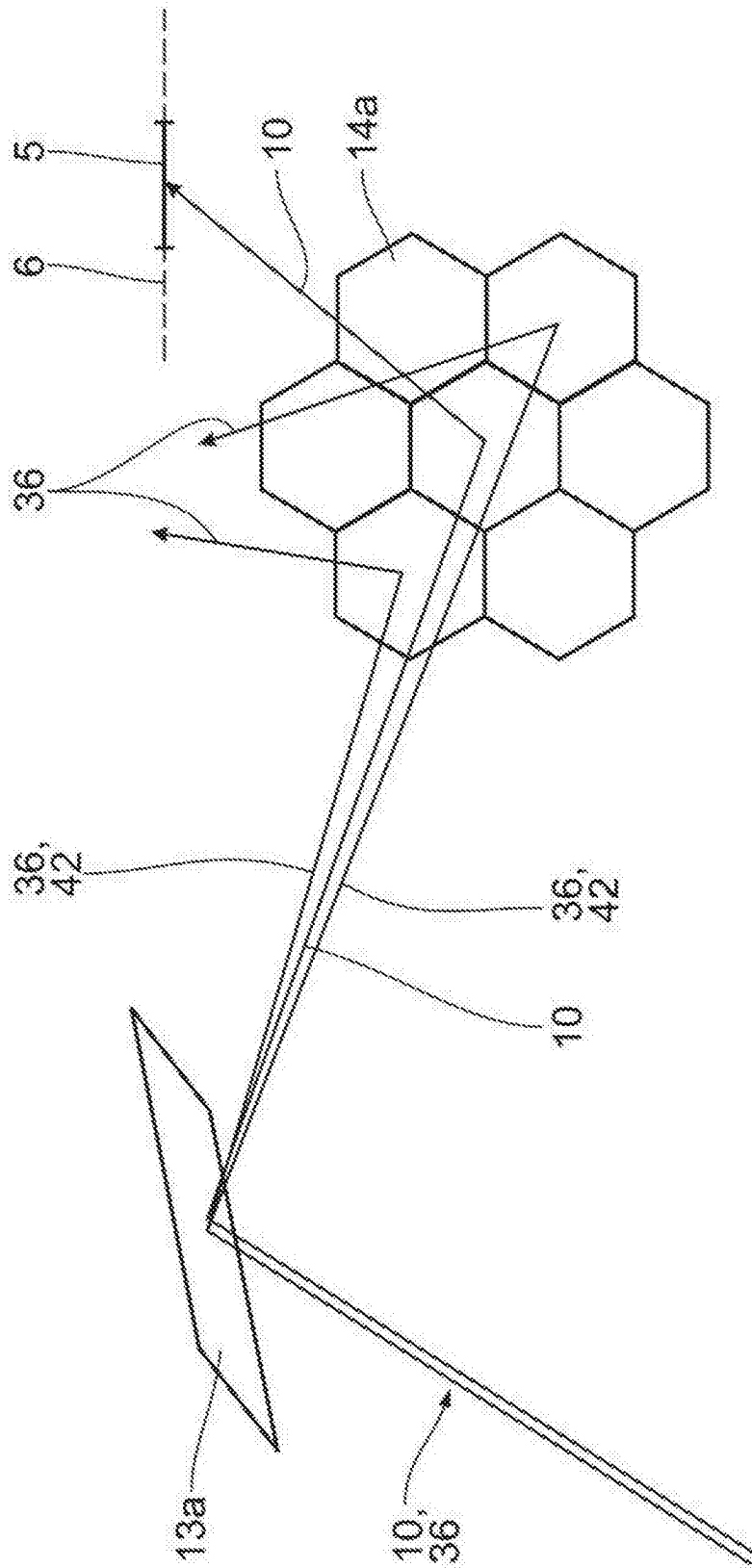


图10

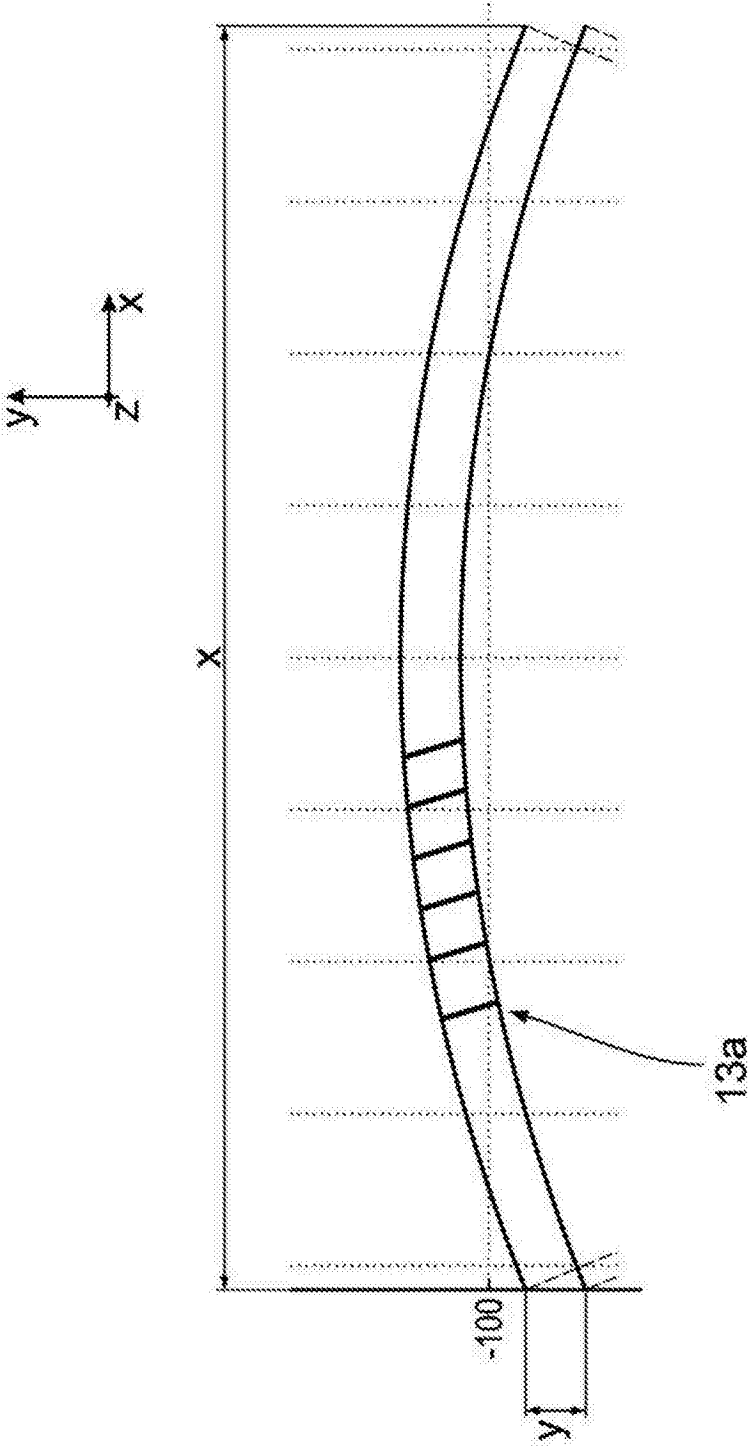


图11

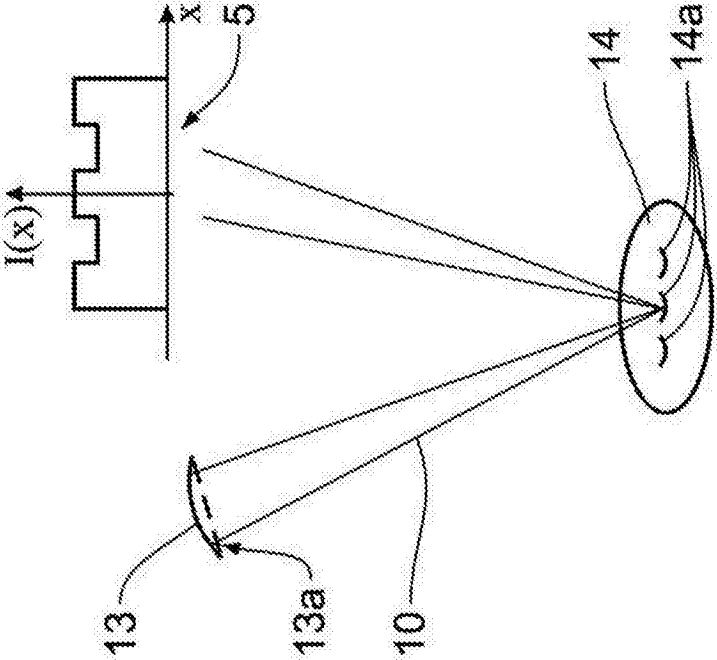


图12

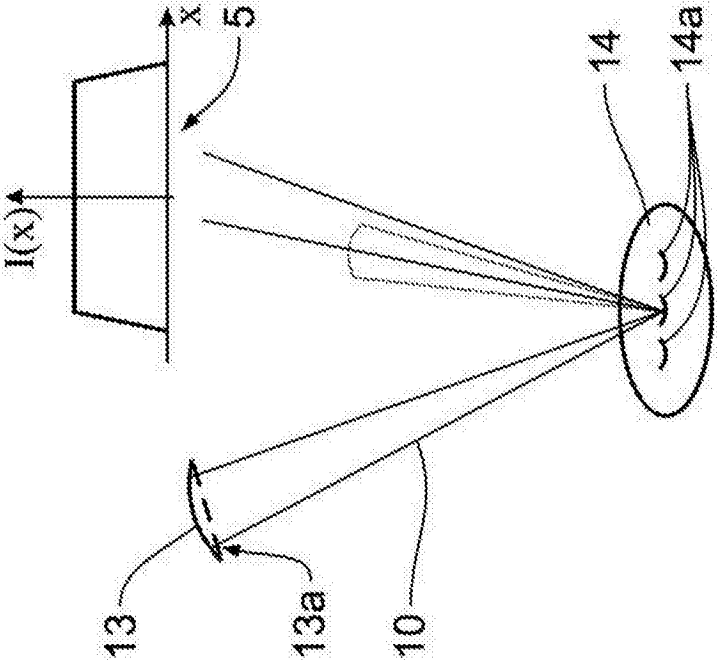


图13

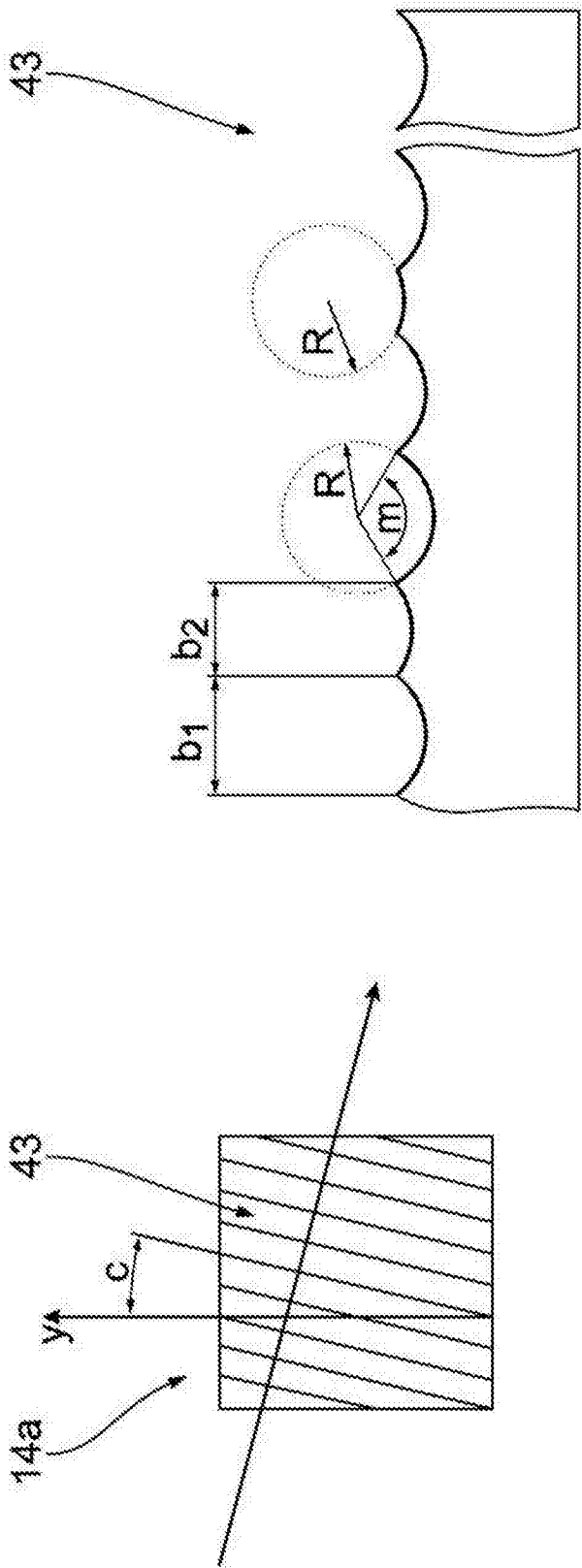


图14

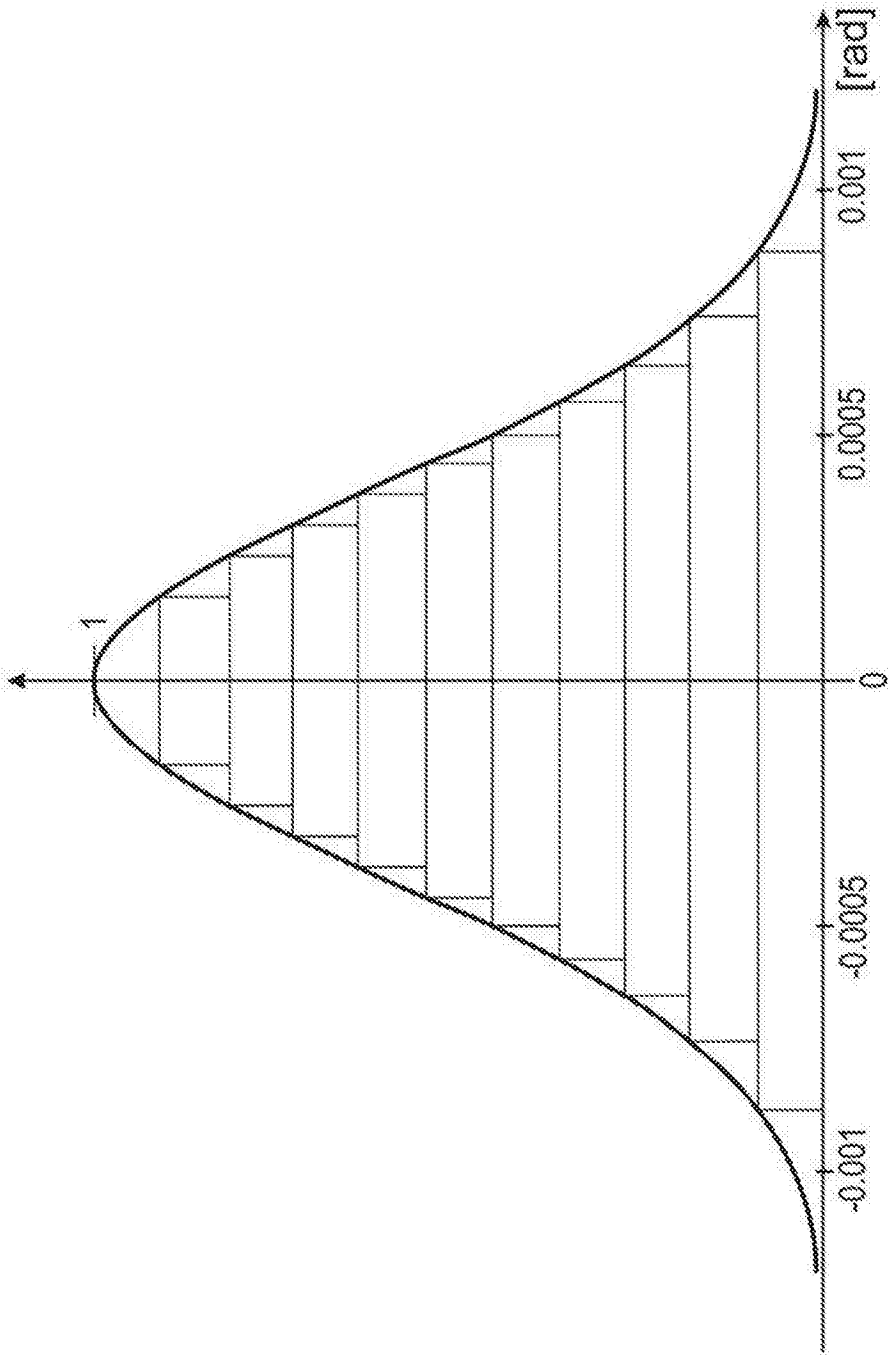


图15