



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105874554 B

(45)授权公告日 2018.05.08

(21)申请号 201480071826.5

E.P.霍杰沃斯特

(22)申请日 2014.12.22

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 刘文洁

申请公布号 CN 105874554 A

(43)申请公布日 2016.08.17

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

H01J 1/28(2006.01)

61/921,546 2013.12.30 US

H01J 3/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H01J 37/075(2006.01)

2016.06.30

H01J 37/317(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

(56)对比文件

PCT/EP2014/078993 2014.12.22

US 5623183 A, 1997.04.22,

(87)PCT国际申请的公布数据

US 6229876 B1, 2001.05.08,

W02015/101537 EN 2015.07.09

US 2003/0218413 A1, 2003.11.27,

(73)专利权人 迈普尔平版印刷IP有限公司

US 3154711, 1964.10.27,

地址 荷兰代夫特

US 5218263 A, 1993.06.08,

审查员 丁钰丰

(72)发明人 L.迪努-格尔特勒

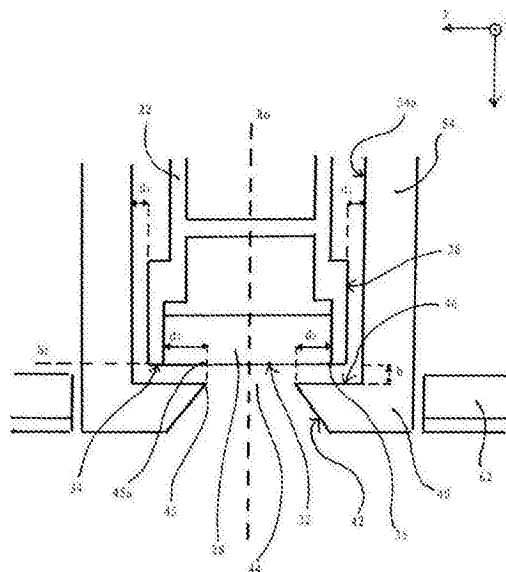
权利要求书3页 说明书17页 附图8页

(54)发明名称

阴极配置、电子枪以及包括此电子枪的光刻系统

(57)摘要

本发明涉及一种阴极配置(20),其包括:阴极本体,其容纳发射表面(32),用以在纵向方向(Z)中发射电子,其中,该发射表面由发射周围(35)界定;聚焦电极(40),其在横向方向中至少部分封闭该阴极本体,并且包括电子透射孔径(44),用以聚焦由该发射表面所发射的电子,其中,该孔径由孔径周围(45)界定,其中,该阴极本体以可移动的方式在与对齐位置(R0)相隔最大横向距离(d1)处被布置在该聚焦电极内部,并且其中,该孔径周围横向延伸越过该发射表面并且超越该发射周围在一重叠距离(d2),该重叠距离超过该最大横向距离。



1. 一种阴极配置 (20), 其包括:

阴极本体 (22), 其容纳发射表面 (32), 所述发射表面用以在纵向方向 (Z) 中发射电子, 其中, 所述发射表面由发射周围 (35) 界定;

聚焦电极 (40), 其在横向方向 (X, Y) 中至少部分封闭所述阴极本体, 并且包括电子透射孔径 (44), 所述电子透射孔径 (44) 用以聚焦由所述发射表面所发射的电子, 其中, 所述电子透射孔径由孔径周围 (45) 界定,

其中, 所述阴极本体以可移动的方式被布置在所述聚焦电极内部, 距与所述聚焦电极 (40) 对齐时的对齐位置 (R0) 相隔最大横向距离 (d1), 并且

其中, 所述孔径周围横向延伸到所述发射表面上方, 并且延伸超过发射周围一重叠距离 (d2), 所述重叠距离 (d2) 超过所述最大横向距离 (d1)。

2. 根据权利要求1所述的配置 (20), 其中, 所述聚焦电极包括圆柱形壳状体 (54), 所述圆柱形壳状体 (54) 具有内表面, 该内表面面向所述阴极本体的外表面, 并设置有径向分隔体或垂片 (59) 用以在该圆柱形壳状体的该内表面与该阴极本体之间提供环状隙缝。

3. 根据权利要求1所述的配置 (20), 其中, 所述重叠距离 (d2) 落在10微米至100微米的范围中。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的配置 (20), 其中, 所述孔径周围 (45) 与所述发射周围 (35) 有相似的形状。

5. 根据权利要求1-3中任一项所述的配置 (20), 其中, 所述聚焦电极 (40) 具有面向所述发射表面 (32) 的内电极表面 (46), 并且其中, 三个分隔结构 (48) 被布置成用以在所述聚焦电极与所述发射表面之间提供间隔。

6. 根据权利要求5所述的配置 (20), 其中, 在使用期间, 在预期的定向中, 所述阴极本体通过重力而座落在所述分隔结构 (48) 上。

7. 根据权利要求1-3中任一项所述的配置 (20), 进一步包括支撑结构 (62), 其设置有约束配置 (64), 所述约束配置 (64) 用于以所述支撑结构为基准来约束所述聚焦电极 (40) 和/或所述阴极本体 (22)。

8. 根据权利要求7所述的配置 (20), 其中, 所述约束配置包括多个末端止动部 (65a、65b), 每一个末端止动部都面向所述阴极配置的表面区。

9. 根据权利要求1所述的配置 (20), 其中, 所述阴极本体容纳热离子阴极, 所述热离子阴极包括发射部分 (30) 和贮存器 (38), 所述发射部分 (30) 设置有用于发射电子的发射表面 (32), 所述贮存器 (38) 用于保留材料, 当受热时, 所述材料释放功函数降低粒子 (70), 所述功函数降低粒子 (70) 朝所述发射部分扩散并且以第一蒸发速率 (Φ_c) 从所述发射表面处发出。

10. 根据权利要求9所述的配置 (20), 其中, 所述聚焦电极 (40) 包括聚焦表面 (42) 并且所述配置进一步包括可调整的热源, 所述聚焦表面 (42) 用以聚焦从所述发射表面处被发射的电子, 并且所述可调整的热源被配置成用以将所述聚焦电极的聚焦表面保持在防止功函数降低粒子累积在所述聚焦表面上的温度 (T_e)。

11. 根据权利要求10所述的配置 (20), 其中, 所述聚焦电极 (40) 进一步包括热陷捕表面 (52), 所述热陷捕表面 (52) 面向所述阴极本体 (22) 的至少一部分, 并且被布置成用以接收在使用期间由所述阴极本体所发射的热辐射 (Q), 并且其中, 所述热陷捕表面与所述聚焦表

面(42)热流通。

12.根据权利要求10或11所述的配置(20),其中,所述可调整的热源被配置成用以加热所述阴极本体,并且其中,所述聚焦表面(42)主要通过来自所述阴极本体(22)的热辐射被加热。

13.根据权利要求11所述的配置(20),其中,所述聚焦电极(40)包括壳状体(54),所述壳状体(54)包围所述阴极本体(22),所述壳状体设置有内表面,该内表面或其一部分形成所述热陷捕表面(52)。

14.根据权利要求1-3中任一项所述的配置(20),其中,所述阴极本体和所述聚焦电极被布置成,使得从该阴极本体到该聚焦电极的直接热传导被防止,或者至少最小化。

15.根据权利要求11所述的配置(20),其中,径向间隙(58)被限定在所述热陷捕表面(52)与所述阴极本体(22)的外表面(36)之间。

16.根据权利要求10、11或13中任一项所述的配置(20),其中,所述功函数降低粒子(70)包括钡(Ba)。

17.根据权利要求16所述的配置(20),其中,所述可调整的热源(50)被配置成用以保持聚焦表面温度(T_e)在900K以上。

18.根据权利要求16所述的配置(20),其中,所述可调整的热源(50)被进一步配置成用以保持聚焦表面温度(T_e)在1300K以下。

19.根据权利要求10、11或13中任一项所述的配置(20),其中,所述聚焦表面(42)设置有用以抑制电子发射的涂层。

20.根据权利要求10、11或13中任一项所述的配置(20),其中,所述可调整的热源(50)被布置成用以加热所述贮存器(38),使得所述功函数降低粒子(70)朝所述发射部分(30)扩散并且以第一蒸发速率(Φ_c)在所述发射表面(32)处发出。

21.根据权利要求10、11或13中任一项所述的配置(20),其中,所述可调整的热源包括加热器阴极(50)。

22.根据权利要求10、11或13中任一项所述的配置(20),其中,所述可调整的热源(50)被布置在所述阴极本体(22)内部,或被布置在由所述阴极本体形成的容器(25)内部。

23.根据权利要求11所述的配置(20),其中,所述可调整的热源被布置成用以直接加热所述聚焦电极。

24.一种用于产生电子射束(4)的电子枪(2),所述电子枪包括:

根据权利要求1、10、11或13中任一项所述的阴极配置(20),用以产生多个电子;以及至少一个塑形电极(6a至6c),用以将所产生的电子塑形成所述电子射束。

25.根据权利要求24所述的电子枪(2),包括至少两个塑形电极(6a至6c),其形成对齐的电极装配件(12),所述塑形电极中的每个包括导电本体,所述导电本体设置有塑形孔径,所述塑形孔径被同轴对齐。

26.一种利用至少一个电子小射束(5)来曝光目标物(18)的电子射束光刻系统(1),该系统包括:

小射束产生器(2、12、13),用以产生所述至少一个电子小射束;

小射束调制器(14、15),用以图案化所述至少一个电子小射束,以形成至少一个经调制的小射束;

小射束投射器(16、17),用以将所述至少一个经调制的小射束投射到所述目标物的表面上;

其中,所述小射束产生器包括根据权利要求24所述的电子枪(2)。

阴极配置、电子枪以及包括此电子枪的光刻系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种阴极配置、一种包括此阴极配置的电子枪、以及一种包括此电子枪的光刻系统。再者，本发明还涉及一种调节从此阴极配置里面的一表面处释放功函数降低微粒的方法。

背景技术

[0002] 电子枪通常包括：电子发射源或阴极，其设置有发射表面；聚焦电极，用以将被发射的电子引导至一预设空间受限的轨道；以及一个或更多个其它电极，用以加速这些被发射的电子并且朝一目标物偏折。电子发射源可以为热离子阴极类型。热离子阴极可以被定义为受到加热组件（举例来说，电细丝）加热的阴极，从而导致该阴极释放具有足够能量的电子，用以克服存在于该发射表面上的材料的功函数。一般来说，该聚焦电极的位置相对靠近该阴极的发射表面并且在和该阴极相同的电位处。该聚焦电极的形状经过选择，使得从该发射表面处发出的被发射电子会以所希望的方式被排斥。

[0003] 分注器型热离子阴极为热离子阴极的一种类型，其包括连续更换已蒸发材料的措施。举例来说，分注器型热离子阴极可以包括阴极本体，其具有充满材料的内部贮存器，当加热时，其会让功函数降低微粒从该贮存器处扩散至该发射表面。存在于该发射表面处的功函数降低微粒会降低用于电子发射所需要的最小能量。不幸的是，扩散到热离子阴极里面的功函数降低微粒不仅可以刺激电子发射，这些微粒或是由这些微粒所形成的反应产物也可能沉积在该聚焦电极的发射表面上。举例来说，当这些功函数降低微粒为带正电的钡离子而该聚焦电极保持在负电电位用以将这些被发射的电子排斥至电子射束之中时便会发生沉积。功函数降低微粒累积在该聚焦电极的表面上会导致尺寸的改变并且可能使该聚焦电极充电，其可能会显著地干扰被施加用于聚焦这些电子的电场。如果该聚焦电极的位置靠近该阴极发射表面的话，在该聚焦电极上的任何微粒累积可能还会扭曲该阴极发射表面处的发射分布。再者，在该聚焦电极上的微粒累积可能还会改变它的功函数，其可能会导致增加来自该聚焦电极的电子发射。这些效应都可能会对所产生的电子射束的质量有负面影响。

[0004] 在利用热离子阴极的应用中，例如，用于电子射束光刻的电子枪，可能会需要有来自该阴极的既高且稳定的电子发射以及电流密度。为达成此目的，该发射表面与该聚焦电极的对齐非常重要，因为小的对齐偏差都可能造成无法接受的射束特性（例如，射束电流和/或电流密度）改变。

发明内容

[0005] 本发明希望提供一种在较长的时间周期中具有良好性能的热离子阴极，也就是，有改善的寿命。为达成此目的，本发明在第一方面中提供一种阴极配置，其包括：热离子阴极，其具有发射部分和贮存器，该发射部分设置用于发射电子的发射表面，该贮存器则用于保留材料，当受热时，该材料释放功函数降低微粒，这些功函数降低微粒会朝该发射部分

扩散并且以第一蒸发速率从该发射表面处发出;聚焦电极,其包括聚焦表面,用以在使用期间聚焦在该阴极的发射表面处被发射的电子;以及可调整的热源,其被配置成用以保持该聚焦电极的聚焦表面在可防止,或者至少最小化,功函数降低微粒累积在该聚焦表面上的温度处。

[0006] 该聚焦表面的温度可以保持在临界温度处或以上,在该临界温度处,功函数降低微粒会以等于或是高于功函数降低微粒抵达该聚焦表面的速率的第二蒸发速率从该聚焦表面处被释放或是蒸发。

[0007] 功函数降低微粒会在该阴极的使用期间因为该发射表面的温度的关系而从该发射表面处发出,并且可以沉积在该聚焦电极的表面上,尤其是该聚焦表面上。通过保持该聚焦表面在来自该聚焦表面的功函数降低微粒的蒸发速率高于功函数降低微粒抵达该聚焦表面的速率的温度处便能够避免,或者至少最小化,功函数降低微粒累积在该聚焦表面上。从而,该阴极配置的寿命可以增加。

[0008] 或者,甚至更明确地说,本发明提供一种阴极配置,其包括:热离子阴极,其具有发射部分和贮存器,该发射部分设置有用以发射电子的发射表面,该贮存器则用于保留材料,其中,该材料在受热时会释放功函数降低微粒,这些功函数降低微粒会朝该发射部分扩散并且以第一蒸发速率从该发射表面处发出;聚焦电极,其被提供在该阴极的该发射表面附近,该聚焦电极包括聚焦表面,用以在使用期间聚焦在该阴极的发射表面处被发射的电子;以及可调整的热源,其被配置成用以保持该聚焦电极的聚焦表面在临界温度以上的温度处,该临界温度对应于以第二蒸发速率从该聚焦表面处释放功函数降低微粒的速率等于功函数降低微粒抵达该聚焦表面的速率或是等于该第一蒸发速率的温度。

[0009] 本文中的“附近”一词所指的是在该阴极的发射部分以及面向该发射部分的聚焦电极的表面之间约1至15微米(μm)的距离。该聚焦表面可以背向该阴极发射表面,并且明确地说,可以被定向成相对于该阴极发射表面成钝角。

[0010] 该发射部分可以包括丸体,举例来说,包括钨的多孔性矩阵,其位于包括这些功函数降低微粒的贮存器之上。或者,该阴极可以包括浸渍丸体(impregnated pellet),其中,该丸体本身含有这些功函数降低微粒。

[0011] 聚焦电极,也称为皮尔斯电极(Pierce electrode),可以包括圆盘状部分,其具有电子透射孔径,该电子透射孔径通过孔径周围被连结在该透射孔径的最小区段处。该孔径周围优选地可以被排列在该发射部分附近。介于由该孔径周围所定义的平面(用以形成该透射孔径的最小孔径)和由该发射表面所定义的平面之间的距离优选地约为1至15 μm 。

[0012] 该聚焦表面可以形成截头圆锥削切部,其具有约138°的锥角。被形成在面向该发射部分的内电极表面与该聚焦表面之间的角度经常被称为皮尔斯角。由该聚焦表面与该内电极表面连结的聚焦电极部分的厚度应该很薄。该聚焦表面,明确地说,介于该聚焦表面与该阴极的发射部分之间的距离,会明显地影响该发射表面所发射的电子的轨迹并且因而还会影响由该阴极配置所产生的电子射束的特性。理想上,从该阴极处发射出来的电子的轨道应该为实质上笔直,沿着远离该发射表面的实质上纵向方向。介于该内电极表面与该发射部分之间的距离可以在从该发射表面处发射出来的电子的轨道中造成弯折或是弯曲,其导致干扰该电子射束。

[0013] 该透射孔径可以小于该发射表面。如果该透射孔径周围与发射表面周围两者皆为

圆形的话,该透射孔径周围的直径可以小于该发射表面周围,通常在100至200 μm 的范围中。举例来说,该透射孔径可以有1mm的直径,并且该阴极发射表面可以有1.2mm的直径。因此,对齐要求可以比较不严格。即使在该聚焦电极与该阴极之间有小幅的对齐偏差,被发射的电子的电流仍可以维持恒定。

[0014] 在一些实施例中,该热离子阴极包括阴极本体,其也称为阴极外壳,用以容纳该发射部分和该贮存器。该发射部分优选地可以被布置成使得该发射表面实质上齐平于该阴极本体的包围边沿。该聚焦电极可以包括热陷捕表面,其面向该阴极本体的至少一部分并且被布置成用以接收在使用期间由该阴极本体所发射的热辐射。因此,该热陷捕表面有一延伸部分,例如,用以面向该阴极本体的至少一部分。该热陷捕表面会与该聚焦表面热流通。优选地,该热陷捕表面至少部分包围该阴极本体的外表面。

[0015] 优选地,该聚焦电极的该热陷捕表面会在该热离子阴极里面的典型热辐射波动的时间刻度上与该聚焦表面有良好的热接触。该热接触可以通过具有高导热性的一或更多种材料来制造该聚焦表面、该热陷捕表面、以及它们的互连部分而达成,举例来说,金属(例如,钼、钨、或是钛)或是包括钼、钨、和/或钛的合金(举例来说,TZM合金)。

[0016] 在一些实施例中,一个或更多个径向间隙会被定义在该热陷捕表面与该阴极本体的外表面之间。这些径向间隙可能会降低该阴极本体与该聚焦电极的热陷捕表面之间的热传导。该阴极本体与该聚焦电极之间的低热传导会提高热辐射对于这两个结构之间的热传输的相对影响。三个或更多个径向分隔体或垂片可以被提供在该圆柱形壳状体的内侧用以在该阴极本体与该热陷捕表面之间提供径向间隙。

[0017] 该热陷捕表面能够在操作期间吸收由该阴极本体所发射的热辐射。该聚焦电极的聚焦表面接着会被从该热陷捕表面至该聚焦电极的热传输加热。“热辐射”一词在本文中是指通过辐射(举例来说,红外线和/或多种光学频率)和加热有关的电磁效应与能量效应。

[0018] 在操作期间,该阴极本体会达到非常高的温度,以便让该发射部分以所希望的速率发射电子。可以运用各种方法来加热该阴极本体与该发射部分。优选地,这些方法导致加热该阴极本体和发射部分,而没有直接加热该聚焦电极。

[0019] 该可调整的热源可以经由在使用期间来自该阴极本体的热辐射而间接加热该聚焦电极。该可调整的热源可用于加热该阴极,明确地说,加热至会发生指定电子发射的标称温度。

[0020] 通过根据本文中所述的实施例的阴极配置的设计,尤其是聚焦电极的几何形状和可能的材料以及该阴极本体与该聚焦电极之间的相对距离,该聚焦表面可以达到上面所定义的温度。明确地说,用以接收从该阴极本体处辐射的热能的内聚焦电极表面区以及用以通过来自该聚焦电极的热辐射而提供冷却的外聚焦电极表面区之间的关系会影响该聚焦电极的温度。

[0021] 在一些实施例中,该可调整的热源可以被布置成用于加热该贮存器,使得这些功函数降低微粒朝该发射部分扩散并且以第一蒸发速率在该发射表面处发出。

[0022] 该可调整的热源可以包括加热器阴极,其可以被布置成用以通过从加热器阴极发射表面所发射的电子来加热该阴极配置的贮存器。该加热器阴极可以被布置成使得已发射电子被聚焦,举例来说,通过加热器阴极聚焦电极,聚焦至照射在该热离子阴极上的射束或是其一部分。该加热器阴极可以被配置成用以产生具有约1至10mA射束电流的电子射束。

[0023] 或者,该可调整的热源可以被布置在该阴极本体内部或是由该阴极本体所形成的容器内部。该可调整的热源可以包括被布置在该热离子阴极内部的加热细丝,用以加热该贮存器和该阴极本体。或者,该可调整的热源可以包括激光器,由该激光器所发射的激光射束被配置成用以加热该贮存器与该阴极本体。另外,在这些配置中,该聚焦电极可以通过来自该阴极本体的热辐射被加热。

[0024] 或者,该可调整的热源可以被布置成用于直接加热该聚焦电极。这可以通过被布置在该聚焦电极内部的加热细丝来实现,或是通过激光照射来加热该聚焦电极。或者,该可调整的热源可以包括如上布置的加热器阴极,并且由该加热器阴极所发射的电子的一部分可以转向至该聚焦电极,以便直接加热该聚焦电极。

[0025] 在一些实施例中,该聚焦电极包括包围该阴极本体的壳状体,该壳状体设置有内表面,其至少一部分形成该热陷捕表面。该壳状体可以为圆柱形。

[0026] 该壳状体的实质上整个内表面可以形成该热陷捕表面。或者,该内表面的一个或更多个部分可以形成该热陷捕表面。该热陷捕表面的面积会影响被该聚焦电极吸收的热辐射的量。该聚焦电极可以因来自该外聚焦电极表面的热辐射而损失热能。所以,该聚焦电极的内面积与外面积之间的比值会影响该聚焦电极的温度。相对较大的外面积意味着该聚焦电极有更多冷却。依此方式,对固定的阴极温度来说,取决于该聚焦电极几何形状,其能够达到该聚焦表面的900K至1300K范围中的温度。

[0027] 所以,举例来说,通过调整该热陷捕表面的面积、其与该阴极本体的定向(举例来说,介于该阴极本体与这些热陷捕表面之间的距离)、以及该聚焦电极的外表面面积,便能够调整该聚焦电极的温度,并且明确地说,因而能够调整该聚焦表面的温度。

[0028] 一个或更多个热屏蔽组件可以被布置在该阴极本体与该聚焦电极之间,和/或用以提供较低热吸收的多个涂层或层可以被提供在该聚焦电极的内表面上,以便限制从该阴极本体的抵达该聚焦电极的热辐射量。从而,可以调整该聚焦电极的几何形状,并且因而调整它的温度。

[0029] 在一些实施例中,该发射部分设置有包围该发射表面的非发射表面,其中,该聚焦电极包括面向该发射部分的内电极表面,且其中,该内电极表面与该非发射表面中的至少其中一者包括三个分隔结构,也称为z衬垫,用以在该聚焦电极与该发射表面之间提供一分隔距离。

[0030] 该非发射表面可以包括该阴极本体的边沿,其包围并且优选地齐平于该发射表面。这些分隔结构可以对齐由该孔径周围所定义的平面以及由该发射表面所定义的平面,两个平面实质上彼此平行,具有一纵向分隔距离。这些分隔结构优选地具有小于该发射部分的尺寸,以便限制该聚焦电极与该发射表面之间的热传导。举例来说,该发射表面的表面积大小可以为0.5至6平方毫米,而每一个分隔体结构的最大剖面积大小可以为0.01至0.1平方毫米。这些分隔结构优选地具有1至10 μm 的高度以及约100 μm 的宽度。它们可以由与该聚焦电极相同的材料制成。或者,它们可以包括其它材料,举例来说,铝(Al)或是热绝缘材料。这些分隔结构可以为实质上圆柱形。或者,它们可以有其它合适的形状,举例来说,角锥形或是截头圆锥形。

[0031] 通过小型且已定义尺寸的三个分隔结构,可以在该非发射表面与该聚焦电极,尤其是该内电极表面,之间达成稳定且妥适定义的距离以及受控制的机械性接触。从而,可以

限制该发射部分与该聚焦电极之间的热传导。

[0032] 该热离子阴极与该聚焦电极优选地被布置成使得可以避免或者至少最小化从该阴极(也就是,从该外壳或是该发射表面)至该聚焦电极的直接热传导。从该阴极至该聚焦电极的热传输因此主要通过热辐射来进行。经由热辐射的热传输被认为比通过热传导的热传输更稳定并且可以再生。举例来说,热传导取决于被连接的结构组件之间的接触压力和接触面积。

[0033] 为通过这些分隔组件提供被形成在该阴极本体与该聚焦电极之间的机械性接触的热稳定性,这些分隔组件可以包括不允许烧结的一个或更多个阻隔层,该阻隔层优选地会导电。或者,该机械性接触也可以通过允许烧结的层来形成,但是其被配置成即使烧结的程度随着时间增加,热传导的程度仍不会改变。

[0034] 或者,可以在该非发射表面与该内电极表面之间提供庞大的接触面积,举例来说,最大化的接触面积,使得即使在该阴极的使用期间发生烧结,该阴极与该聚焦电极之间的热传导仍不会随着时间改变。

[0035] 该壳状体可以包括一个或更多个有角度的间隙,用以提供约束配置,以便以该聚焦电极和/或支撑结构为基准来约束该阴极本体。这些有角度的间隙可以被形成该壳状体结构中的多条狭缝或是削切部。

[0036] 该阴极配置可以包括支撑结构,其设置有约束配置,用于以该支撑结构为基准来约束该聚焦电极和/或该阴极本体或是限制该聚焦电极和/或该阴极本体的移动。因此,该阴极本体可以相对于该聚焦电极受到抑制。该聚焦电极可以相对于该支撑结构受到抑制。该支撑结构可以包括下面所述的电子枪中的支撑垫及或形成其一部分。

[0037] 约束配置可以包括一个或更多个末端止动部,其具有多个表面区域,这些表面区域面向该阴极本体和/或该聚焦电极的一个或更多个表面区域,但是被排列在与其相隔一距离处。其因而可以避免该约束配置与该阴极配置之间的实体接触,从而最小化该阴极配置与该支撑结构之间的热传导。该约束配置可以包括一个或更多个聚焦电极末端止动部和/或一个或更多个阴极末端止动部。该聚焦电极末端止动部与该阴极末端止动部可以为一体成形的单元,或者,可以由分开的结构构成。

[0038] 通过此配置,当该阴极在使用期间被定位在预期的定向中时,该阴极本体会通过重力而座落在该内电极表面上,明确地说,座落在这些分隔结构上。同样地,该聚焦电极通过重力而座落在该支撑结构上。在此定向中,这些末端止动部被排列在与该阴极配置的表面相隔一距离处。然而,如果该阴极配置与该支撑结构一起相对于该预期定向倾斜的话,举例来说,上下颠倒,那么,这些末端止动部将会防止该阴极配置的这些组件崩解并且防止它们脱离该支撑结构。

[0039] 这些功函数降低微粒可以包括钡。在此情况下,该可调整的热源优选地被配置成用以保持该聚焦电极的聚焦表面的温度在900K的临界温度以上。保持该聚焦表面温度在900K以上,已经被沉积在该聚焦表面上的钡从该聚焦表面处蒸发的速率会高于已经从该发射表面处发出的钡微粒抵达该聚焦表面的速率。因此,钡微粒在该聚焦表面上的累积会降低。特别地,其可以降低至单一单体层。理想地,可以避免钡微粒的沉积以及最后的累积。

[0040] 本发明虽然希望保持该聚焦电极在高温处以避免对其造成污染;不过,提高聚焦电极温度却会提高从该聚焦表面的电子发射的几率。所以,聚焦表面的温度应该低于该阴

极本体的温度。

[0041] 在一些实施例中,该可调整的热源进一步被配置成用以保持该聚焦表面的温度在1300K的另一临界温度以下。通过保持该电极温度在1300K以下,优选地,结合含碳酸(carbonated)或涂布着功函数提高涂层的聚焦表面,由该聚焦电极所发射的电子电流会保持在由该阴极的发射表面所发射的电子电流的0.01%至0.1%以下。

[0042] 该聚焦表面可以暴露于会在1100K以上的温度处提高功函数的处理中。从而,该电子发射也可以在1100K以上的温度受到抑制。举例来说,该聚焦电极,或至少该聚焦表面,可以由电子发射抑制涂层所制成,或者可以涂布着电子发射抑制涂层。该聚焦电极,明确地说,该聚焦表面,可以涂布着锆或是包括钛-锆-钼的合金。或者,该聚焦表面可以含有碳酸。

[0043] 本发明的一些实施例涉及一种聚焦电极,其包括:圆柱形壳状体,用以定义容纳阴极本体的腔穴;以及前盖部,其设置有圆形的电子透射孔径以及位于外表面上的聚焦表面,其中,热陷阱表面被设置在该圆柱形壳状体的内表面上。该壳状体被视为包围内空隙或腔穴,用以容纳阴极,例如,热离子阴极。通过圆形孔径可以产生对称的电子射束,此聚焦电极可以为本文中所述的阴极配置中任一者的聚焦电极。

[0044] 该圆柱形壳状体可以包括多个有角度的间隙,用以提供约束配置,以便以支撑结构为基准来约束该聚焦电极和/或该阴极本体。这可以为如上面所述的约束配置。

[0045] 该聚焦表面优选地被定向成与该前盖部的内电极表面形成某个角度,以在该电子透射孔径处形成一锐角,如上面所述。因此,该聚焦表面与该内电极表面聚集在该透射孔径处。

[0046] 该聚焦电极可以在该内电极表面上设置有三个分隔结构,用以在该聚焦电极与该阴极本体之间提供分隔距离。这些分隔结构可以相似或是完全等于上面参考阴极配置所述的分隔结构。

[0047] 该聚焦电极可以在该圆柱形壳状体内侧设置有多多个径向分隔体,用以在该阴极本体与该聚焦电极之间提供一个或更多个径向间隙。优选地提供三或四个径向分隔体。

[0048] 本发明提供一种用于调节从一表面处释放功函数降低微粒的方法。该方法包括:提供一种根据上面所述任一实施例的阴极配置;以及保持该聚焦电极的温度在一临界温度以上,该临界温度对应于从该聚焦表面处释放功函数降低微粒的蒸发速率会等于功函数降低微粒抵达该聚焦表面或是从该阴极的发射表面处发出的蒸发速率的温度。也就是,该聚焦电极保持在功函数降低微粒的蒸发流出量(evaporation flux)等于从该阴极的发射表面处发出的功函数降低微粒抵达该聚焦表面的速率的温度处。优选地,该聚焦表面可以保持在来自该聚焦表面的功函数降低微粒的蒸发速率高于功函数降低微粒和/或它们的反应产物沉积在该聚焦电极上的速率的温度处。优选地,该聚焦表面保持在会发生此情况的最低可能温度处。

[0049] 该方法可以包括保持该聚焦电极的温度在另一临界温度以下,该另一临界温度对应于由该聚焦表面所发射的电子所创造的第一电子电流密度为由该阴极的发射表面所发射的电子所创造的第二电子电流密度的0.01%至0.1%。

[0050] 这些功函数降低微粒可以包括钡。该方法可以包括在该阴极配置的使用期间保持该聚焦电极的温度在900K与1300K之间。

[0051] 为取得由包括阴极配置的电子枪所产生的电子射束的既高且稳定的电流密度,该

阴极对齐该聚焦电极非常重要。根据第二方面,提供一种阴极配置,其包括:

[0052] 阴极本体,其容纳发射表面,用以在纵向方向中发射电子,其中,该发射表面由发射周围界定;以及

[0053] 聚焦电极,其至少部分在横向方向中封闭该阴极本体,并且在该发射表面附近包括电子透射孔径,用以在操作期间聚焦由该发射表面所发射的电子,其中,该孔径由孔径周围界定。

[0054] 该阴极本体以可移动的方式在与对齐位置相隔最大横向距离处被布置在该聚焦电极内部,并且该孔径周围横向延伸超过该发射表面并且超越该发射周围一个超过该最大横向距离的重叠距离。

[0055] 根据第二方面的阴极配置的阴极可以为热离子阴极,如参考第一方面所述的那样。

[0056] 该聚焦电极可以相似于上面针对第一方面所讨论的方式被加热,例如,以便避免功函数降低微粒累积在该聚焦电极上。

[0057] 该发射周围可以由介于该发射表面与该阴极本体的包围边沿之间的边界或界面来形成。该发射表面优选地齐平于该阴极本体的边沿。该发射表面可以包括在阴极丸体之中,举例来说,如配合根据第一方面的阴极配置的实施例所述的被排列在包括功函数降低微粒的贮存器上方的多孔性丸体。

[0058] 该孔径周围被径向定位在该发射周围的内侧。也就是,该发射周围封闭的表面积大于该孔径周围。因此,该发射表面大于该孔径周围的面积。换言之,该聚焦电极横向延伸在该发射表面上方,超出该发射周围。因为该重叠距离大于该最大横向距离,和最大发射数量有关,其可能针对该聚焦电极内部的阴极本体,所以,该孔径会一直被完全定位在该发射表面的上方。也就是,即使该阴极本体没有处在与该聚焦电极完美对齐的位置,这仍不会影响由该阴极所发射的电子的电流。依此方式,即使该阴极本体偏离该对齐位置,在纵向方向中仍会看见该电子透射孔径被完全投射在该发射表面上。

[0059] 该最大横向距离优选地在10至35 μm 的范围中,优选地约为10至15 μm 。该最大横向距离为该阴极本体能够从该中央对齐位置处移动的距离。

[0060] 该重叠距离可以在10 μm 至100 μm 的范围中,并且可以优选地等于50 μm 。因此,在该透射周围的大小等于该发射周围的阴极配置中,机械性公差可以从约1 μm 放宽至约50 μm 。

[0061] 如上面所述,该聚焦电极可以被布置成使得面向该发射部分的该聚焦电极的内电极表面可以被定位在与该发射表面或是与齐平于该发射表面的该阴极本体的边沿相隔1至15 μm 的距离处,优选地,1 μm 或5 μm 。该聚焦电极可以为如上面参考第一方面所述的聚焦电极。

[0062] 该孔径周围与该发射周围可以有相似的形状,且优选地为圆形。圆形的孔径周围可形成对称的电子射束。

[0063] 该聚焦电极优选地具有面向该发射表面的内电极表面,以及三个分隔组件,该三个分隔组件被布置成用以在该聚焦电极与该发射部分之间提供分隔距离。这些分隔组件可以为如上面所述的分隔组件。

[0064] 多个径向分隔体或垂片,优选地,三个或四个,可以被设置在由该聚焦电极所形成的圆柱形壳状体的内表面上,用以在该圆柱形壳状体的该内表面与该阴极本体之间提供环

状隙缝。

[0065] 根据第三方面提供一种聚焦电极。该聚焦电极包括：圆柱形壳状体，用以定义一腔穴，以便容纳具有阴极本体的阴极；以及前盖部，位于该圆柱形壳状体的第一末端，该前盖部具有内电极表面、聚焦表面，以及电子透射孔径。该圆柱形壳状体设置有多个有角度的间隙，用以提供约束配置，以便以该支撑结构为基准来约束该聚焦电极和/或该阴极本体。

[0066] 该第一方面和/或第二方面的聚焦电极可以为根据第三方面的聚焦电极。所以，上面针对根据第三方面的聚焦电极所述的不同特点、实施例、以及优点可以相似于上面针对第一方面与第二方面所述的特点。该约束配置可以为如同上面配合第一方面所讨论的约束配置。

[0067] 这些有角度的间隙可以由该壳状体结构中的多条狭缝或是削切部来提供。这些削切部可以延伸自该圆柱形壳状体的第二末端并且结束在与该第一末端相隔某个距离处。此距离优选地大于该阴极本体的第一末端在纵向方向中的尺寸。因此，可以在约束配置的多个末端止动部之间提供距离，多个末端止动部被布置成用以突出贯穿这些有角度的间隙并且面向该阴极本体的表面。

[0068] 该聚焦表面可以由该前盖部中的圆锥形削切部排列而成。该聚焦表面以及该内电极表面可以聚集在该透射孔径处，用以形成透射孔径周围。

[0069] 该内电极表面可以设置有三个分隔组件，它们被调适成用以支撑阴极前表面，明确地说，用以支撑包围发射表面的非发射表面。如上面所述，这些分隔结构被配置成用以对齐由该发射表面所定义的平面平行于由该透射孔径所定义的平面。

[0070] 该圆柱形壳状体可以设置有延伸自该圆柱形壳状体的多个支撑组件。这些支撑组件与这些支撑结构可以被配置成使得该聚焦电极透过被形成在三个支撑组件与该支撑结构之间的三个实质上点接触而借助于重力座落在该支撑结构上。可以提供另外的支撑组件，用以约束该聚焦电极的横向移动和/或该聚焦电极绕着该纵轴的旋转。

[0071] 根据第四方面，阴极配置包括来源阴极配置并且提供一加热器阴极配置。该来源阴极配置可以为根据第一方面或第二方面的任何实施例的阴极配置。

[0072] 该来源阴极配置包括阴极本体和发射部分，该发射部分设置有助于发射电子的发射表面，以及贮存器或丸体，其包含受热时用以释放功函数降低微粒的材料，该贮存器和/或丸体被配置成使得这些功函数降低微粒朝该发射表面扩散。该加热器阴极配置包括加热器阴极，其被配置成用以加热该阴极本体的一部分，使得该材料释放功函数降低微粒并且使得该发射表面发射电子。

[0073] 该加热器阴极配置可以包括聚焦电极，其被布置成用以将从该加热器阴极处所发射的电子聚合至电子射束之中。该加热器阴极与该来源阴极优选地相对于彼此布置成使得由该加热器阴极配置所产生的电子射束会被聚焦在由该阴极本体的一部分所封闭的体积之中，该体积称为容器。该容器设置有最内侧的末端表面，其面向该来源阴极配置的贮存器或丸体。该容器可以形成中空的圆柱体，其中一端被该最内侧的末端表面闭合，并且深度会最小化从该容器处逃出的电子数量。

[0074] 该加热器阴极配置与该来源阴极配置优选地沿着纵轴同轴对齐。尤其是，该加热器阴极聚焦电极可以与该阴极本体同轴对齐，和/或与来源阴极聚焦电极同轴对齐。

[0075] 该加热器阴极可以包括热离子阴极，例如，I型的热离子阴极，举例来说，包括浸渍

丸体的阴极。该加热器阴极可以通过细丝电线加热。该加热器阴极可以为标准的热离子阴极。

[0076] 该来源阴极配置可以充当该加热器阴极配置的阳极。大小为1kV的电位差可以被施加在该来源阴极配置与该加热器阴极配置之间。

[0077] 该加热器阴极的聚焦电极可以有-6kV的电位,和要被施加至该加热器阴极相同的电位。当被放置在电子枪之中时,该加热器阴极聚焦电极可被称为GM1电极。该加热器阴极细丝可相对于该加热器阴极聚焦电极有+8V的电位。该来源阴极配置可以有-5kV的电位。

[0078] 本发明提供一种用于产生电子射束的电子枪或是电子源。该电子枪包括:根据任何上面所述各方面或各实施例的阴极配置,用以发射复数个电子;以及至少一个塑形电极,用以将这些被发射的电子塑形成或是聚焦成该电子射束。

[0079] 该电子枪可以包括一个或更多个塑形电极。举例来说,其可以包括三个塑形电极。这些塑形电极可以各包括导电本体,其设置有孔径,也称为塑形孔径。这些塑形孔径同轴对齐。

[0080] 优选地,这些塑形孔径与该聚焦电极的透射孔径同轴对齐。

[0081] 本发明的一些实施例涉及一种利用至少一个电子小射束来曝光目标物的电子射束光刻系统,该系统包括:小射束产生器,用以产生该至少一个电子小射束;小射束调制器,用以图案化该至少一个电子小射束,以便形成至少一个经调制的小射束;小射束投射器,用以将该至少一个经调制的小射束投射在该目标物的表面上;其中,该小射束产生器包括根据上面所述任一实施例的电子枪。

附图说明

[0082] 下面将参考图中所示的实施例来进一步解释本发明的各种实施例,其中:

[0083] 图1a示意性地显示阴极配置的剖面图;

[0084] 图1b示意性地显示图1a的阴极配置的剖面图的一部分的透视图;

[0085] 图2a示意性地显示阴极配置的立体图;

[0086] 图2b示意性地显示阴极配置的聚焦电极的一部分的透视图;

[0087] 图3示意性地显示阴极配置的剖视图;

[0088] 图4示意性地显示被安置在支撑结构中,明确地说,被安置在电子枪中,的阴极配置的剖面透视图;

[0089] 图5示意性地显示电子枪的剖视图;以及

[0090] 图6示意性地显示电子射束光刻系统。

具体实施方式

[0091] 上面的附图以及下面的说明的仅作为本发明各种实施例的图解和范例,而不应被诠释为具有限制意义。可以有替代实施例,其并不会脱离随附的权利要求的保护范围。

[0092] 本文中的“纵向”是指图中的Z轴所示的方向,而“横向”对应垂直于该Z轴的任何方向,也就是,由X轴与Y轴所展开的平面中的任何方向。本文中的“径向”是指由X轴与Y轴所展开的平面中的横向方向,并且远离Z方向中的中央轴。此惯例用法并没有限制意义,并且仅用来阐明下面所述的示范性实施例中的空间关系。

[0093] 阴极配置20被配置成用以发射复数个电子,以便形成电子射束。该阴极配置20包括热离子阴极(优选地,分注器型)以及聚焦电极(皮尔斯电极)40。图1a中所示的热离子阴极包括:阴极本体或外壳22,用以容纳设置有发射表面32的发射部分30;以及用以保留材料的贮存器38,当受热时,其会释放功函数降低微粒70。该发射部分可以包括多孔性的丸状本体28,举例来说,钨质丸体,其被密封至该阴极本体22的内表面,使得该贮存器38在该阴极内部提供一密封空间。该丸状本体28可以为圆柱形形状,其设置有用以形成该发射表面32的第一末端表面以及面向该贮存器38的第二末端表面。该发射部分30被提供在该阴极本体22的第一末端24。该阴极本体22是一中空本体,其具有外表面36,用以限制该发射部分30与该贮存器38。优选地,在该第一末端24处,该阴极本体22有足够的厚度来形成一表面或边沿34,其面向该聚焦电极40。表面34优选地完美对齐该发射表面32。此边沿34于下文中被称为非发射表面34。优选地,该非发射表面34与该发射表面32被接合在一起,举例来说,通过铜焊(brazing),以便形成单一阴极表面。

[0094] 该贮存器38可以为杯形形状,其具有一面向该发射部分30的张开末端,并且可以充满包含功函数降低微粒70的材料,在加热时,其会从该贮存器38处扩散,通过该多孔性的丸状本体28,抵达该发射表面32。优选地,这些微粒在该发射表面32处形成一功函数降低层。此功函数降低层会降低用以从该阴极发射表面32处产生电子发射所需要的最小能量,并且可以进一步改善电子发射的均一性。这些功函数降低微粒在该阴极的使用期间以第一蒸发速率 Φ_c 从该发射表面32处发出。此些微粒会被稍后抵达该发射表面32的微粒70取代。优选地,该分注器型热离子阴极会连续性的取代发射表面32处的功函数降低微粒。

[0095] 聚焦电极40是由导电材料制成。该聚焦电极40包括平面本体,举例来说,平板,其设置有电子透射孔径44,用以透射在该发射表面32处所发射的电子。该电子透射孔径44优选地为圆形,以便达成圆形对称的电子射束生成。

[0096] 该聚焦电极40包括聚焦表面42,用以聚焦在该阴极的发射表面32处所发射的电子。该聚焦表面42的形状使其可产生适合在远离该发射表面32的所希望方向中排斥从该发射表面32处发出的电子的电场分布。在图1a、1b中,聚焦电极40的聚焦表面42是由截头圆锥削切部的向外倾斜表面所定义,并且此聚焦表面42包围该透射孔径44。

[0097] 阴极配置20的聚焦电极40的至少一部分被设置在发射表面32附近。本文中的“附近”一词对应于由发射表面32所定义的平面S2,并且透射孔径平面S1之间约1至15 μm 的距离。优选地,约5 μm ,甚至可能更小,的纵向间隙60被形成在内电极表面46与该阴极表面之间。该透射孔径平面S1是由面向该电子透射孔径44的聚焦表面42的边缘所展开。因此,图1a、1b中的透射孔径平面S1位于该电子透射孔径有最小直径的平面中,也就是,位于最靠近该发射表面32处。优选地,该透射孔径平面S1平行对齐该发射表面32,以便对由该发射表面32所发射的电子提供实质上等向的聚焦效果。

[0098] 在一个实施例中,孔径周围45可以展开一小于该发射表面32的剖面,使得该内电极表面46延伸重叠在该发射表面32上方,类似配合图3所述的阴极配置。因此,透射孔径周围的投射可以一直位在该发射表面32的周围里面。

[0099] 热离子阴极配置的寿命可以通过保持该聚焦电极的聚焦表面42在临界温度 T_e -以上的温度 T_e 处而延长,在该临界温度 T_e -处,从该聚焦表面42释放或蒸发功函数降低微粒的速率等于或超过从发射表面32处发出的功函数降低微粒抵达该聚焦表面42的速率 Φ_c 。保

持该聚焦表面42在此临界温度 T_e -以上会防止在该聚焦表面42上产生因功函数降低微粒的沉积而形成的层。这些微粒的沉积会负面影响该阴极配置20的性能。换言之,聚焦表面42的很高的温度会降低,大部分甚至会防止,功函数降低微粒累积在该聚焦表面42上。

[0100] 可以运用各种方法在该阴极的阴极本体22以及发射部分30中产生热能。优选地,这些方法虽然导致该阴极本体22和/或发射部分30的加热;但是,并不会直接加热该聚焦电极40。

[0101] 为达成让该聚焦表面42在很高的温度处,该阴极配置20包括可调整的热源以让该聚焦电极40同样会被加热的方式来加热该阴极。优选地,该聚焦电极40是由阴极本体22所发射的热辐射Q(举例来说,红外线辐射)来加热。该阴极本体22与该聚焦电极40可以被排列并且被配置成使得来自该阴极本体22(并且也可能来自发射表面32)的热传输会导致位在上面规定范围里面的聚焦表面温度。

[0102] 该阴极本体与该聚焦电极的几何形状及相对排列,结合该可调整的热源,会被配置成用以在阴极操作期间控制该聚焦表面42的温度。通过适当调整该可调整的热源,可以达到电极温度 T_e ,使得其在临界温度 T_e -以上,在该临界温度 T_e -处,从阴极的发射表面处所发出的功函数降低微粒的速率实质上等于这些功函数降低微粒从该聚焦表面42处蒸发的速率。

[0103] 在图1a中所描绘的实施例中,该可调整的热源具有辅助阴极或加热器阴极50的形式,其被布置成用以加热该热离子阴极。该加热器阴极50优选地有可调整电源供应器,用以控制电子被发射的速率,并且因而能够调节被供应至该热离子阴极的热能。举例来说,该加热器阴极50可以被配置成用以产生射束电流约为1至10mA的电子射束,其中,这些被发射的电子可以在1千伏特电位差以上朝该阴极本体22被加速,从而导致约1至10W的功率。此功率足以让该来源阴极变成约1500K的温度。

[0104] 该加热器阴极50被布置成用以朝该阴极本体22的后面部分25发射电子,该部分称为容器或是法拉第杯(Faraday cup) 25。优选地,被容器25所收到的电子的动能的一部分会被转换成热能。该容器25被布置成用以接收电子,直接接收自该加热器阴极50或是间接以在电子撞击相邻于背向该发射表面32的贮存器38末端的表面上之后的背散射电子的形式。该容器25的深度会最小化电子的逃逸。因为电子撞击的关系,这些电子的动能会被转换成热能,从而导致加热该容器25以及该贮存器38。因此,在从该加热器阴极50(或是另一可调整的热源)处接收电子时,该阴极本体22将被加热。被加热的阴极本体22将通过热(举例来说,红外线)辐射Q损失其热能的一部分,其至少部分从外表面36处向外辐射。包围该阴极本体22的聚焦电极40的热陷阱表面52将会接收并吸收由该阴极本体22所发射的热辐射Q的主要部分。同样地,热陷阱表面52可以被布置在内电极表面46上,用以从非发射表面34处接收热辐射。该热陷阱表面52会与该聚焦电极表面42有良好的热流通。因此,被收到的热能中的大部分都将被传导至该聚焦表面42。

[0105] 因此,该可调整的热源会提供可控制的热能数量至该贮存器38,并且影响因热辐射而朝该聚焦电极40被传输的热能的量。结果,该可调整的热源通常会间接控制被供应至该聚焦电极40的热能,并且明确地说,控制被供应至该聚焦电极40的聚焦表面42的热能。

[0106] 在替代的实施例中,该可调整的热源可以由加热器组件来形成,该加热器组件直接被热连接至该聚焦电极40。举例来说,可以使用被布置在该聚焦电极里面的电细丝。或

者,从该加热器阴极处所发射的电子射束的一部分会转向并且被引导朝向该聚焦电极,用以直接加热此聚焦电极。

[0107] 或者,甚至除此之外,可以使用其它热源来加热该热离子阴极。举例来说,可控制的电加热细丝可以被设置在阴极本体22之中,或是被设置在容器25之中。另外,在此情况下,该聚焦电极40也可以由来自阴极本体22的热辐射加热。

[0108] 在一些实施例中,除了用于加热分注型热离子阴极之中的贮存器的标准热源之外,也可以使用可调整的热源,例如,电细丝。

[0109] 在图1a、1b、2a、2b中所描绘的实施例中,该聚焦电极40包括壳状体54,其包围该阴极本体22。或者,该壳状体54可以部分封闭该阴极本体22。该壳状体54设置有内表面,并且可以具有中空圆柱形的形式。该内表面的至少一部分形成热陷捕表面52,其被配置成用以吸收阴极本体22所发射的热辐射Q。举例来说,如图1a中所描绘,该热陷捕表面52包围并且朝内面向该阴极本体22的外表面36。该内电极表面46可以被配置成用以吸收从非发射表面34所发射的热辐射。被吸收的热辐射Q将加热该聚焦电极40且明确地说将加热它的聚焦表面42。如上面所述,该聚焦表面42会与该热陷捕表面52有良好的热传导。该热陷捕表面52可通过吸收阴极本体22所发射的热辐射Q用来加热该聚焦电极40,明确地说,用来加热聚焦电极40的聚焦表面42,而有效地重新使用阴极本体22所发射的热辐射Q。

[0110] 优选地,壳状体54与阴极本体22同轴对齐。径向间隙58被限定在该外阴极表面36与该热陷捕表面52之间。该径向间隙58在径向方向中延伸到该热陷捕表面52与该外阴极表面36之间,并且在纵向方向Z中从第一阴极末端24延伸。该径向间隙58可以由四个径向分隔体或衬垫59来维持,它们以周围形式分散围绕面向该第一阴极末端24的壳状体54的内表面,如图2b中所示。

[0111] 该内阴极表面46优选地设置有三个分隔结构或接触衬垫48,它们均匀地分散在透射孔径44的周长中,如图1b与2b中所示。这些分隔结构48被定位成接触该非发射表面34。这三个分隔结构48可以实质上具有圆柱形的形状。每一个分隔结构48优选地具有小于发射部分30的剖面的横向剖面,以便最小化该聚焦电极40与该非发射表面34之间的热传导。它们可以由与内电极表面相同或是不相同的材料来形成。三个分隔结构48的尽头定义一展开平面S2的三个非同位点。这些分隔结构48会帮助保持透射孔径平面S1与发射表面32的精确平行对齐,同时在内阴极表面46与非发射表面34之间同步地定义一纵向间隙60。

[0112] 优选地,在阴极本体22与壳状体54之间的径向间隙58中会形成真空。此真空提供热绝缘,其会降低(甚至消除)阴极本体22与聚焦电极40之间的热传导。通过最小化阴极本体22与聚焦电极40之间的热传导,热辐射Q会变成主要的热传输机制。由于热传导效应,高温梯度因而可以被避免,从而会在聚焦电极40里面造成更均一的温度分布。再者,该聚焦电极还可以更快速地达到平衡温度。

[0113] 如前面提及,从该阴极的发射表面32处发出的功函数降低微粒可以至少部分沉淀在该聚焦电极40上,明确地说,沉淀在紧密靠近该发射表面的表面上,例如,聚焦表面42。然而,如果聚焦表面42被充分地加热的话,这些已沉积的微粒便会从表面42处被释放或是蒸发。此功函数降低微粒蒸发会以取决于电极温度 T_e 的速率 Φ_e 来进行。

[0114] 因此,调节由加热器阴极50所输出的功率会控制被供应至该聚焦电极40的热能数量。通过适当地调整加热器阴极50输出,阴极本体22的加热数量且因此该聚焦电极40的加

热数量以及,明确地说,聚焦电极40的聚焦表面42的加热数量可以受到影响而使得该聚焦电极40的电极温度 T_e 被适当地设定和/或调节。如上面的解释,该聚焦电极的几何形状,明确地说,热陷阱表面面积以及外表面面积,会影响该聚焦电极的温度。如先前的解释,通过在阴极操作期间保持电极温度 T_e 在临界温度 T_{e-} 以上,这些功函数降低微粒的蒸发速率 Φ_e 会高于功函数降低微粒抵达该聚焦表面的速率。

[0115] 不幸地,提高聚焦电极40的温度 T_e 太多可能导致聚焦表面42大量发射电子。所以,优选地,保持聚焦电极40的温度在另一临界温度 T_{e+} 以下。实验显示,临界温度 T_{e+} 的适当数值对应于来自聚焦表面42的电子发射为来自该阴极之发射表面32的电子发射的约0.01%时的电极温度 T_e 。

[0116] 在本发明的实施例中所使用的功函数降低微粒70包含钡 (Barium)。在此情况下,该可调整的热源50可以被配置成用以保持电极温度 T_e 在等于约900K的临界温度 T_{e-} 以上,并且保持电极温度 T_e 在等于约1300K的另一临界温度 T_{e+} 以下。在此情况下,聚焦表面42的温度 T_e 可以保持在900K至1300K之间的温度,其允许有50K的温度变动。在较高的温度范围中,举例来说,在1200K至1300K之间的聚焦表面温度中,该聚焦表面应该优选地暴露于处理中,例如,涂布或是碳酸化,以便进一步提高其功函数。

[0117] 如前面的解释,在900K以上的聚焦电极40的电极温度 T_e 会确保来自聚焦电极40的含Ba微粒的蒸发速率高于这些含Ba微粒从该阴极发射表面32处发出的速率,或者,至少高于这些微粒抵达聚焦表面42的速率。所以,累积在聚焦表面42上的钡沉积物会减少,并且经常会被避免。保持电极温度 T_e 在1300K以下,结合增加的功函数,可以确保由聚焦电极40所发射的电子的电流密度在由阴极发射表面32所发射的电子的电流密度的0.01%至0.1%以下。

[0118] 热源的调整控制可以通过计算机代码来实施,也就是,计算机程序产品,其会提供指令给处理装置(举例来说,计算机配置),当这些指令在此装置上运转时可用以实现该方法。该计算机程序产品可以被储存在计算机可读取的媒体中。

[0119] 图2a示意性地显示阴极配置20的一个实施例的后面部分的立体图。图2a显示聚焦电极40,其包括圆柱形壳状体54,其在有角度(也就是,方位角)的方向中有一有限的径向厚度,并且包围一个内空隙或腔穴,以便容纳阴极本体22。该阴极本体22可以为如图1a与1b中所示的阴极本体22。壳状体54设置有有角度的间隙56a、56b、56c,它们将壳状体54细分为三个壳状体分部55a、55b、55c,这些壳状体分部55a、55b、55c以一共同轴(也称为纵轴)为基准被对称摆放。该聚焦电极40具有前盖部,其设置有被聚焦表面42(图2a中并未显示)包围的圆形的电子透射孔径44。这些圆柱形壳状体分部55a至55c的内表面区域联合定义热陷阱表面52。图2a中所描绘的有角度的间隙56a至56c是由沿着该有角度的方向以及纵向方向Z延伸的多个削切部来定义,举例来说,直线状或是螺旋状的削切部。这些间隙56a至56c可用于提供约束配置,用以将聚焦电极40和/或阴极本体22约束到支撑结构,如参考图4与5的解释。

[0120] 壳状体54可以设置有聚焦电极支撑组件57a,用以于该纵向方向中支撑该聚焦电极。这些支撑组件57a可以设置有凸出部或是接触衬垫,用以与支撑组件62形成接触,如图4中所示。这些接触衬垫可以具有150 μ m的直径和100 μ m的高度。另外还可以提供三个横向支撑组件57b,如图中延伸自该聚焦电极40的实质上圆柱形的结构所示。这些组件会限制该聚

焦电极绕着该纵轴旋转。支撑组件57可以与圆柱形壳状体54一体成形,或者,可以被附接至该圆柱形壳状体54。图4中显示包括如本文中所述的圆柱形壳状体54的阴极配置,其被安置于包括约束配置65的支撑结构62中,该约束配置65具有末端止动结构65a。

[0121] 图2b示意性地显示包括圆柱形壳状体54的聚焦电极40的剖面透视图,其设置有有角度的间隙56a至c、聚焦电极支撑组件57a、b、分隔结构48,以及径向分隔体59。

[0122] 在电子射束光刻术中,希望使用在横向方向中非常均一的电子射束来工作,使得能够最小化电子射束操控中的像差效应。

[0123] 图3所示的是阴极配置20的一个实施例的纵向剖面图,其中,该阴极的发射表面32与该聚焦电极40的透射孔径44被正确地对齐,以便改善所产生的电子射束的均一性。该阴极本体22具有发射表面32,用以在纵向方向Z中发射电子。该发射表面32由发射周围35界定。该聚焦电极40(至少部分)在横向方向X、Y中封闭该阴极本体22。该聚焦电极40在该发射表面32附近包括电子透射孔径44,用以在操作期间聚焦由该发射表面32所发射的电子。该透射孔径44由孔径周围45界定。该阴极本体22以可移动的方式在与对齐位置R0相隔最大横向距离d1被布置在该聚焦电极40内部。该孔径周围45横向延伸越过该发射表面32并且超越该发射周围35,其重叠距离d2超过该最大横向距离d1。换言之,该聚焦电极通过延伸超越该发射周围重叠距离d2而重叠该发射表面的一部分。从图3中能够了解,该发射周围定义的面积大于该孔径周围45。优选地该孔径周围45与该发射周围35为圆形,因此,该孔径周围45的直径小于该发射周围35。

[0124] 超过该最大横向距离d1的重叠距离d2暗示着在对齐位置R0中该孔径周围45在每一个地方方向内凸出超越该发射周围35会大于该最大横向距离d1。在对齐位置R0中,该阴极本体22与透射孔径44会针对该发射表面32的电子发射以及针对穿过该透射孔径44的电子透射而以最佳的方式对齐。与该对齐位置R0的任何横向偏离都会露出该发射表面32的一个新的部分。必要条件 $d2 > d1$ 确保任何的横向对齐偏差都仅会露出该发射表面32的一个不同的部分。所以,由该发射表面32所释放并透射穿过孔径44的电子的密度会维持相对的均一性,从而导致相对均一的电子射束4。

[0125] 该阴极本体22具有表面36,其面向壳状体54的内表面54a。在图3中的最大横向距离d1被定义为内表面54a与表面36之间的距离。即使在不正确对齐的情况中,孔径周围45在该发射表面所定义的发射平面S2上的投射45a仍会完全落在该发射周围35里面。

[0126] 该聚焦电极40具有内表面46,其面向该发射表面32并且被定位在与该发射表面32相隔纵向距离h处。此纵向距离h可被设置成纵向间隙60,举例来说,由分隔结构48来提供,如在图1a、1b、以及2b中所示的阴极配置中所述。

[0127] 该重叠距离d2优选地在10微米至100微米的范围中,取决于该最大横向距离d1。该最大横向距离d1可以在10至35 μm 的范围中。因此,该阴极本体22与该聚焦电极40的对齐机械性公差能够被放宽。

[0128] 该孔径周围45与该发射周围35优选地有相似的形状(或是“同形态(homomorphic)”)。在图1b中所示的实施例中,该发射周围35与该孔径周围45两者都为圆形,其会导致非常对称的阴极配置20,其中,该发射表面32与该透射孔径44之间的任何横向对齐偏差仅会依赖于远离该对齐位置R0的径向相对位移。

[0129] 图3中所示的阴极配置的聚焦电极40可以包括圆柱形壳状体54,其已参考图2a与

2b说明过。

[0130] 图3中所示的阴极配置可以被配置成以与参考图1a与1b所述类似的方式来加热该聚焦电极40。

[0131] 图4示意性地被显示为被安置在支撑结构62上,例如,被安置在电子枪的支撑电极上,的阴极配置20。该阴极配置20可以为根据上面所述的任何实施例的阴极配置。在图中所示的阴极配置20与支撑结构62的定向中,举例来说,它们预期在使用期间被定位在电子射束光刻装置中。该支撑结构62可以包括电子枪2的支撑电极或G0,举例来说,如图5或6中所示。该支撑电极62经常保持在和该聚焦电极40相同的电位处,并且可以形成该电子枪的电子光学组件的一部分。另外,该约束配置65可以被保持在此电位处。

[0132] 该阴极本体22会通过重力而座落在该内电极表面46上,优选地,座落在上面讨论的三个分隔结构48上。该三个分隔结构48会将发射平面S2对齐孔径平面S1,并且在该发射部分与该内电极表面46之间提供一分隔距离60。

[0133] 该聚焦电极40同样通过重力通过三个纵向支撑组件57a而座落在该支撑结构62上。如图4中所示,这些支撑组件57a可以与该支撑结构62形成点接触。通过在这些支撑组件57a与该支撑结构62之间形成三个点接触,该聚焦电极,明确地说,该孔径平面S1,可以平行对齐该支撑电极的表面。通过这些点接触,该聚焦电极40与该支撑结构62之间的热传导被最小化。

[0134] 约束配置65被提供用于以该聚焦电极40为基准来约束该阴极本体22并且以该支撑结构62为基准来约束该聚焦电极40。该约束配置65可以包括多个约束结构(或末端止动部)65a,凸出穿过该壳状体结构54的每一个有角度的间隙56a至56c,以便以该聚焦电极40为基准来约束该阴极本体22的移动。明确地说,这些末端止动部65a可以在包括该阴极配置20的电子枪2的安置、卸除、储存和/或运输期间阻隔相对移动。隙缝会被形成在该阴极本体22的第一末端24的一表面24a以及面向该表面24a的末端止动部65a的表面之间,并且被形成在这些有角度的间隙56a至56c的周围以及面向该间隙周围的末端止动部65a的表面之间。

[0135] 进一步,该约束配置可以包括多个阻隔结构,用以通过横向支撑组件57b来约束该聚焦电极40绕着该纵轴的旋转和/或横向移动。

[0136] 这些末端止动部65a与该阴极配置20的对应表面之间的距离允许不同的结构性特征组件的热膨胀,这些末端止动部65a不会造成该阴极配置的机械性张力和/或变形从而损坏及该电子枪所产生的电子射束。因此,因热膨胀(差异)所造成的结构变形或是其它破坏可以避免。另外,也可以避免该阴极配置20与该支撑结构62之间的热传导。

[0137] 图5示意性地显示电子枪2的剖视图,其包括如图1a与1b中所示的阴极配置20。或者,其可以包括如图3中所示的阴极配置20或本文中所述的阴极配置的任何其它实施例。图中显示加热器阴极50,其被布置成用以加热容器25和贮存器38。然而,也可替代使用其它热源,如上面的讨论。如图5中所示,该加热器阴极50与该热离子阴极同轴对齐,明确地说,与该透射孔径44同轴对齐。从该加热器阴极处所发射的电子会被形成电子射束进入该容器25之中,以便加热该阴极本体22合该贮存器38,如上面所述。加热器阴极聚焦电极可以被提供用以将电子聚焦至该容器25之中。该加热器阴极聚焦电极的形状可以与下面所述的电极6a至6c类似,并且优选地,与这些电极和与透射孔径44同轴对齐。通常约为1kV的电位差被施加在该加热器阴极与该阴极配置20之间,使得这些电子会从该加热器阴极处被加热至该热

离子阴极。举例来说,该加热器阴极配置,尤其是它的聚焦电极,可以被施加-6kV的电位,并且该阴极配置20(其包括该聚焦电极40与该支撑结构62)可以有-5kV的电位。

[0138] 该电子枪2进一步包括电极6a-6c,在本文中也称为塑形电极,它们被布置成与透射孔径44同轴并且循序排列用以形成由该阴极所发射的电子所组成的电子射束4。一般来说会形成发散的电子射束4,沿着该纵轴被引导。在电子枪的术语中,电极6a-6c也可被称为G1至G3电极。通过施加不同的电位至这些独特的电极6a至6c,会产生一电场,用以在远离该阴极配置20的发射表面32的方向中导引这些电子,使得达成所希望的射束形状。举例来说,总额为+3kV、-4.2kV、以及+2.5kV的电位可以分别被施加至电极6a、6b和6c。在图5中虽然显示三个电极6a至6c;不过,应该了解的是,可以使用不同数量的电极6a至6c。

[0139] 这些塑形电极6a至6c可以以可连通的方式被连接至电源供应单元8,也称为塑形控制器。该电源供应单元8可以动态的方式控制被施加至这些电极6a至6c的电压,举例来说,以便补偿变动的环境条件和/或达成电子射束4的不同形状。加热器阴极50(包括其细丝以及聚焦电极在内)也可以被连接至该电源供应单元8。

[0140] 该阴极配置20被固定到支撑结构62,其包括支撑电极,也称为G0电极。该支撑电极可以和第一塑形电极6a有相似的形状,并且被连接至电源供应器8。该支撑结构62优选地可以为如图4中所示的支撑结构,其包括具有多个末端止动部65a的约束配置65。

[0141] 上面所述的电子枪2可以是带电微粒小射束光刻系统的一部分,举例来说,下面参考图6所讨论的光刻系统,且明确地说,带电微粒多重小射束光刻系统1,其利用多个带电微粒小射束5将图案转印至目标物18的表面上。

[0142] 图6所示的是带电微粒光刻系统1的一个实施例的简化图。举例来说,光刻系统已在美国专利第6,897,458号和第6,958,804号和第7,019,908号和第7,084,414号和第7,129,502号中,以及美国专利申请公开第2007/0064213号中,以及共同待审的美国专利申请第61/031,573号和第61/031,594号和第61/045,243号和第61/055,839号和第61/058,596号和第61/101,682号中说明过,它们全部已受让给本发明的拥有人,并且本文以引用的方式将它们全部结合在本文中。

[0143] 在图6中所示的实施例中,光刻系统1包括:小射束产生器2、12、13,用以产生多个小射束5;小射束调制器14、15,用以图案化这些小射束5而形成经调制的小射束;以及小射束投射器16、17,用以将这些经调制的小射束投射在目标物18的表面上。小射束产生器2、12、13包括电子枪2,用于产生电子射束4。在图6中,电子枪2会产生实质上均一、扩大的电子射束4。小射束产生器2、12、13进一步包括:准直器电极装配件12,用以准直该电子射束4;以及孔径阵列13,用以形成多个小射束5。该孔径阵列13会阻隔该电子射束4的所希望的部分,而该电子射束4的另一部分则会通过该孔径阵列13,以便产生该多个小射束5。该系统会产生大量的小射束5,优选地,约10,000个至1,000,000个小射束。

[0144] 小射束调制器14、15包括小射束遮蔽器阵列14和小射束阻止器阵列15。该小射束遮蔽器阵列14包括多个遮蔽器,用以偏折这些电子小射束5中的一个或更多个。已偏折和未偏折的电子小射束5都会抵达小射束阻止器阵列15,其有多个孔径。该小射束遮蔽器阵列14和小射束阻止器阵列15一起操作用以阻隔选定的小射束5或是让选定的小射束5通过。一般来说,如果小射束遮蔽器阵列14偏折小射束5的话,其将不会通过小射束阻止器阵列15中的对应孔径,而会被阻隔;然而,如果小射束遮蔽器阵列14没有偏折小射束5的话,那么,其将

会通过小射束阻止器阵列15中的对应孔径。或者,小射束5可以在被小射束遮蔽器阵列14中的对应遮蔽器偏折时通过该小射束阻止器阵列15;以及如果它们没有被偏折的话会被该小射束阻止器阵列15阻隔。该小射束调制器14、15被布置成基于控制单元90所提供的图案数据输入来提供图案给这些小射束5。该控制单元90包括数据储存单元91、读出单元92和数据转换单元93,并且其位置可以远离系统1的其余部分,举例来说,位于该系统1所在的无尘室外面。

[0145] 这些经调制的小射束会由小射束投射器16、17投射在目标物18的目标表面上。该小射束投射器16、17包括:小射束偏折器阵列16,用以将这些经调制的小射束扫描在该目标表面上方;以及投射透镜配置17,其包括一个或更多个投射透镜阵列,用以将这些经调制的小射束聚焦在该目标物18的该表面上。该目标物18通常被定位在可移动的平台19上,该可移动的平台移动可以由控制单元(例如,控制单元90)来控制。

[0146] 在光刻应用中,该目标物18经常包括一晶圆,其设置有带电微粒敏感层或光阻层。该光阻膜中的多个部分会因这些电子小射束的照射结果而发生化学变化。因此,该膜中被照射的部分将会或多或少可溶解于显影剂之中,从而在晶圆上造成光阻图案。该晶圆上的光阻图案接着会被转印至下方的层,也就是,通过半导体制造技术中已知的植入步骤、蚀刻步骤和/或沉积步骤。显然,如果该照射不均匀的话,该光阻可能不会以均匀的方式来显影,从而在该图案中造成缺陷。所以,高质量的投射和达成提供可再生结果的光刻系统有重大关系。

[0147] 偏折器阵列16可以具有扫描偏折器阵列的形式,其被布置成用以偏折通过小射束阻止器阵列15的每一道小射束。该偏折器阵列16可以包括多个静电偏折器,以便促成相对小的驱动电压的应用。图中所绘制的偏折器阵列16虽然在投射透镜配置17的上游处;不过,该偏折器阵列16也可以被定位在该投射透镜配置17与目标物18的该表面之间。

[0148] 投射透镜配置17可以被布置成用以在这些小射束5被偏折器阵列16偏折之前或之后聚焦这些小射束5。优选地,该聚焦会造成直径约10纳米至30纳米的几何光点大小。在此优选实施例中,该投射透镜配置17优选地被布置成用以提供约100倍至500倍的缩倍效果,优选地,尽可能越大倍数越好,举例来说,落在300倍至500倍的范围中。

[0149] 上面所述的任何实施例都能够通过计算机代码来实施,也就是说,计算机程序产品,其会提供指令给处理装置(举例来说,控制单元90,其可以包括计算机配置),当这些指令在此装置上运行时可用以实现该方法。该计算机程序产品可以被储存在计算机可读取的媒体中。

[0150] 本文中参考阴极与电子枪所述的教导内容不限于产生与发射电子作为带电微粒。这些教导内容同样适用于产生其它类型的带电微粒,例如,离子,其具有正电或负电。另外,必须了解的是,如图6中所描绘的相似系统可以用于不同类型的辐射,举例来说,通过使用离子源来产生离子射束。

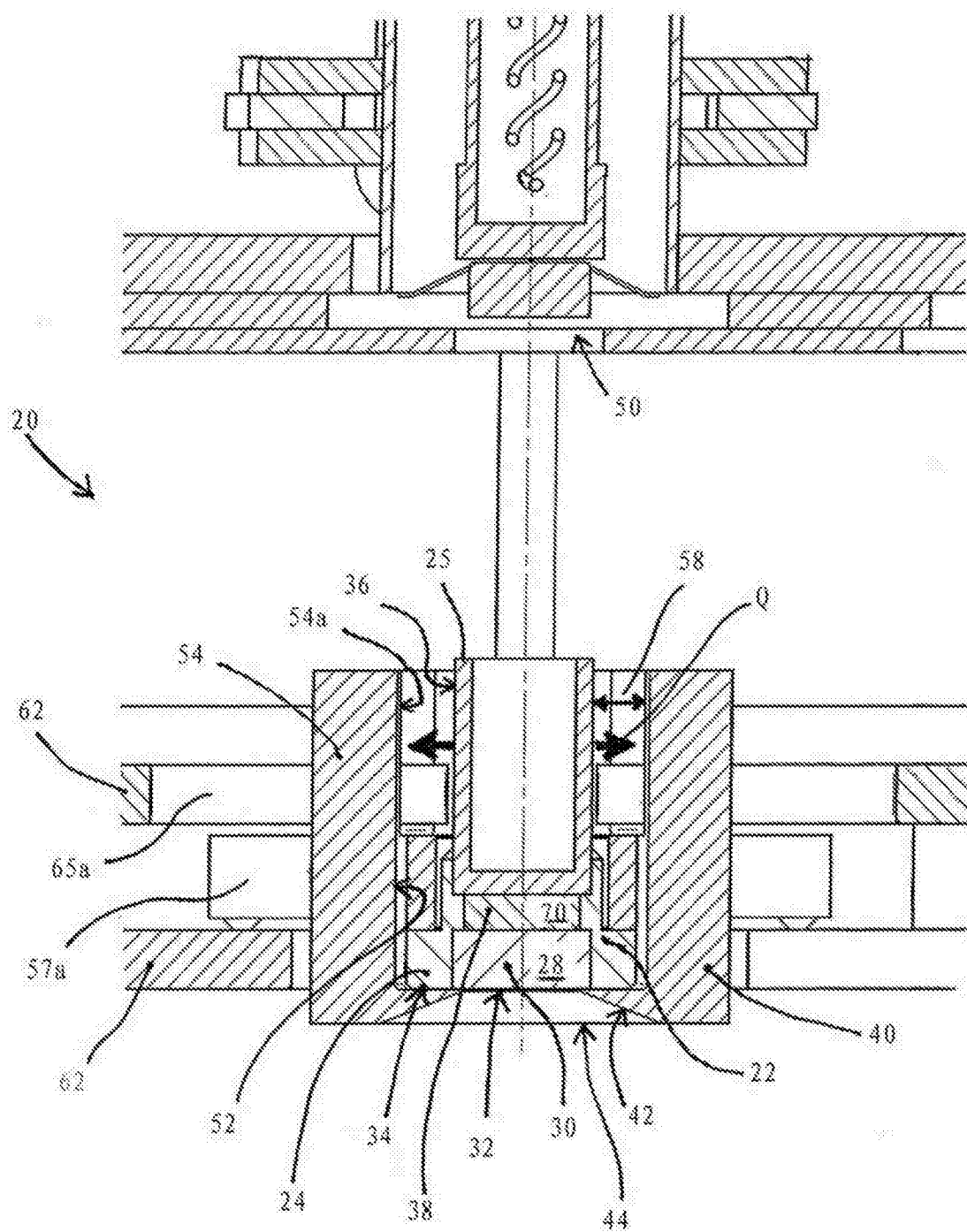


图 1a

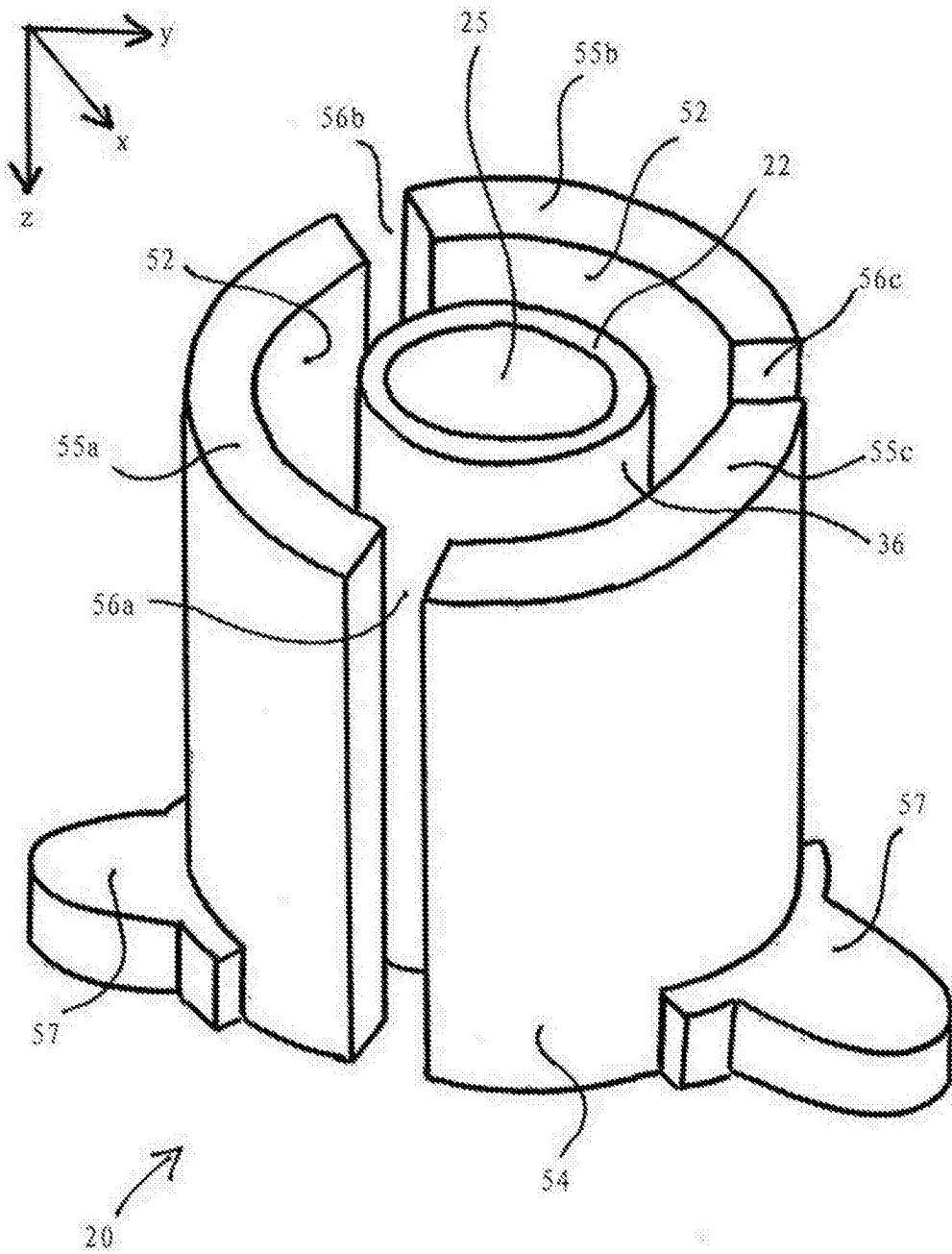


图2a

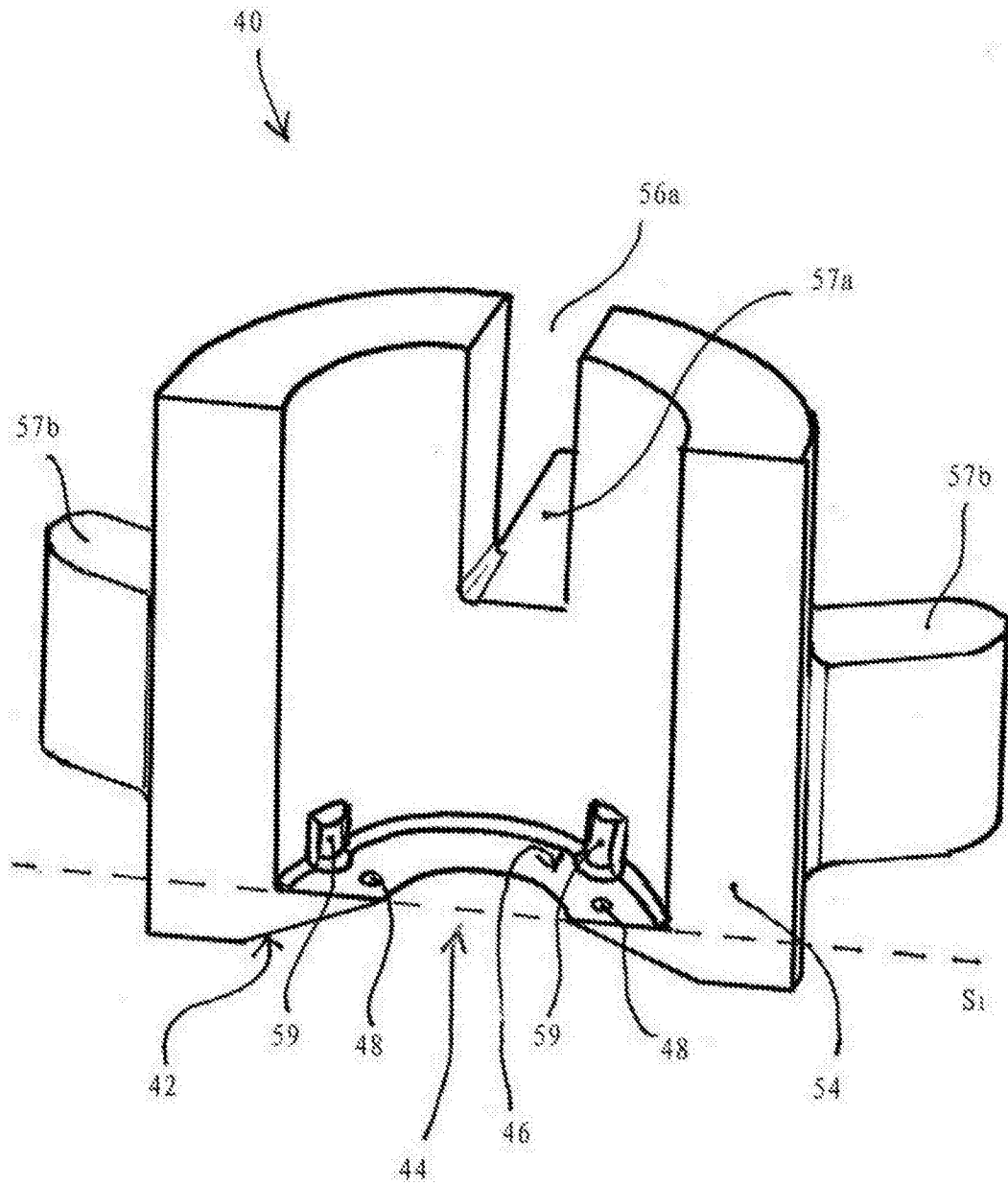


图2b

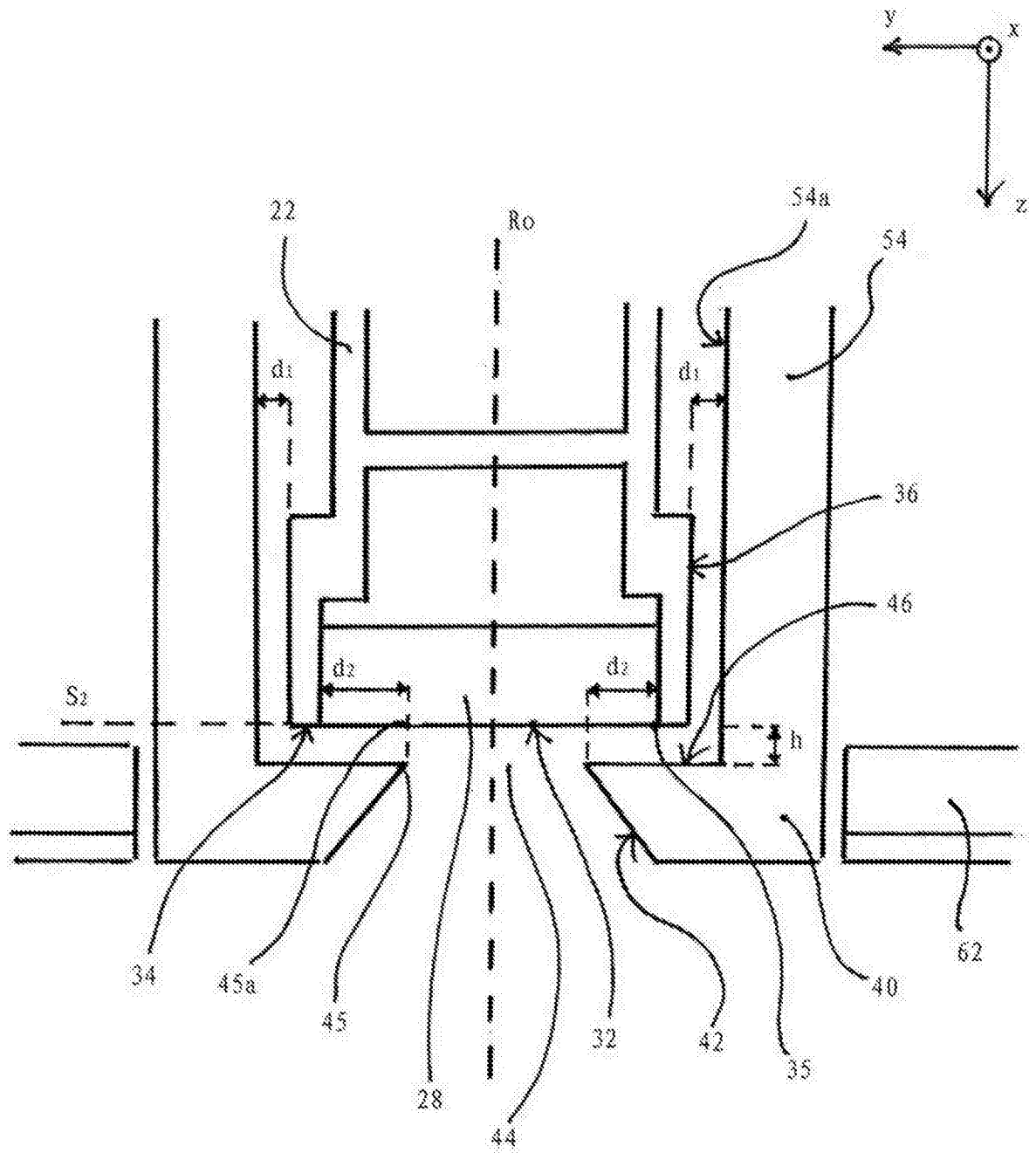


图3

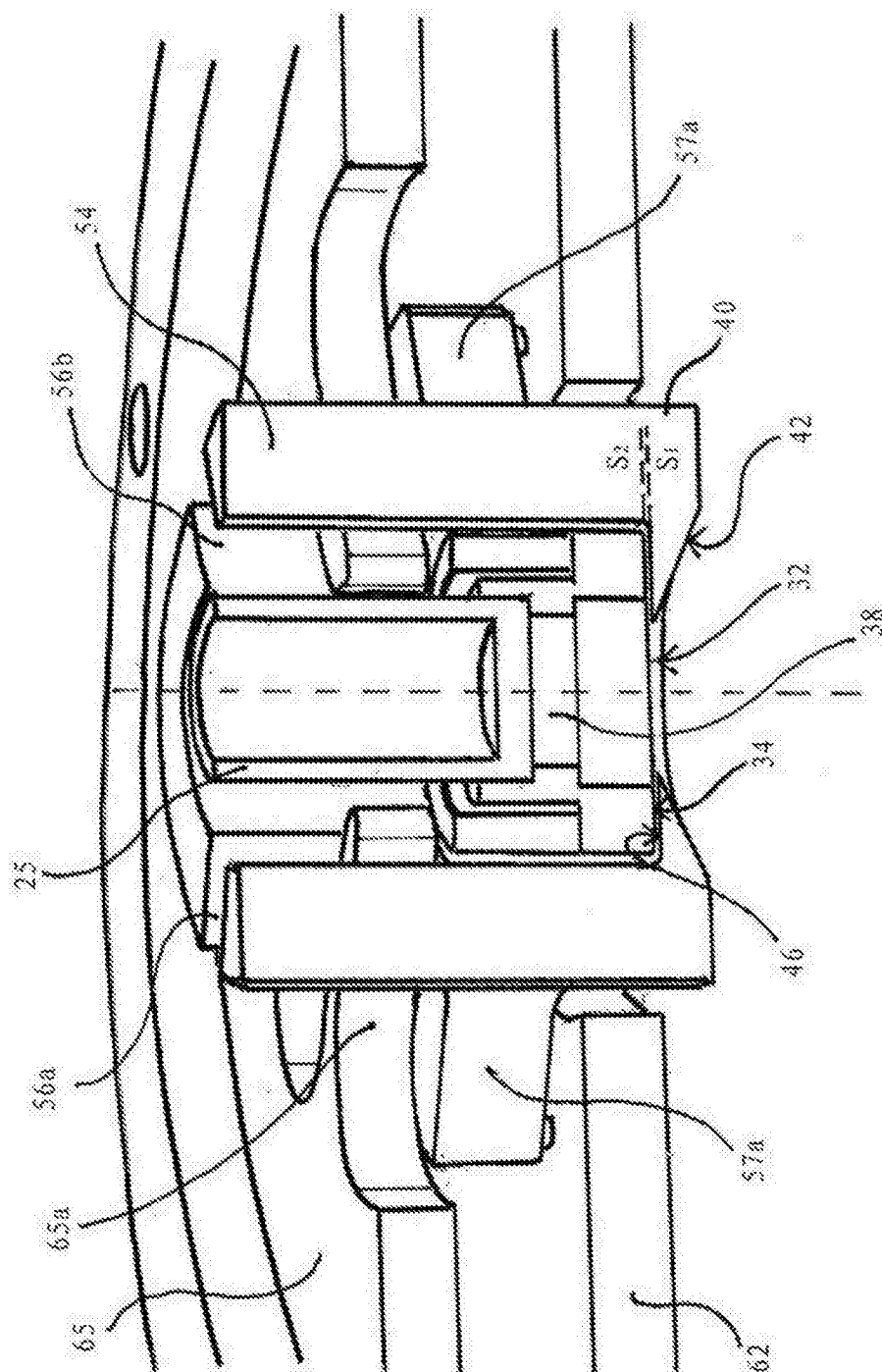


图4

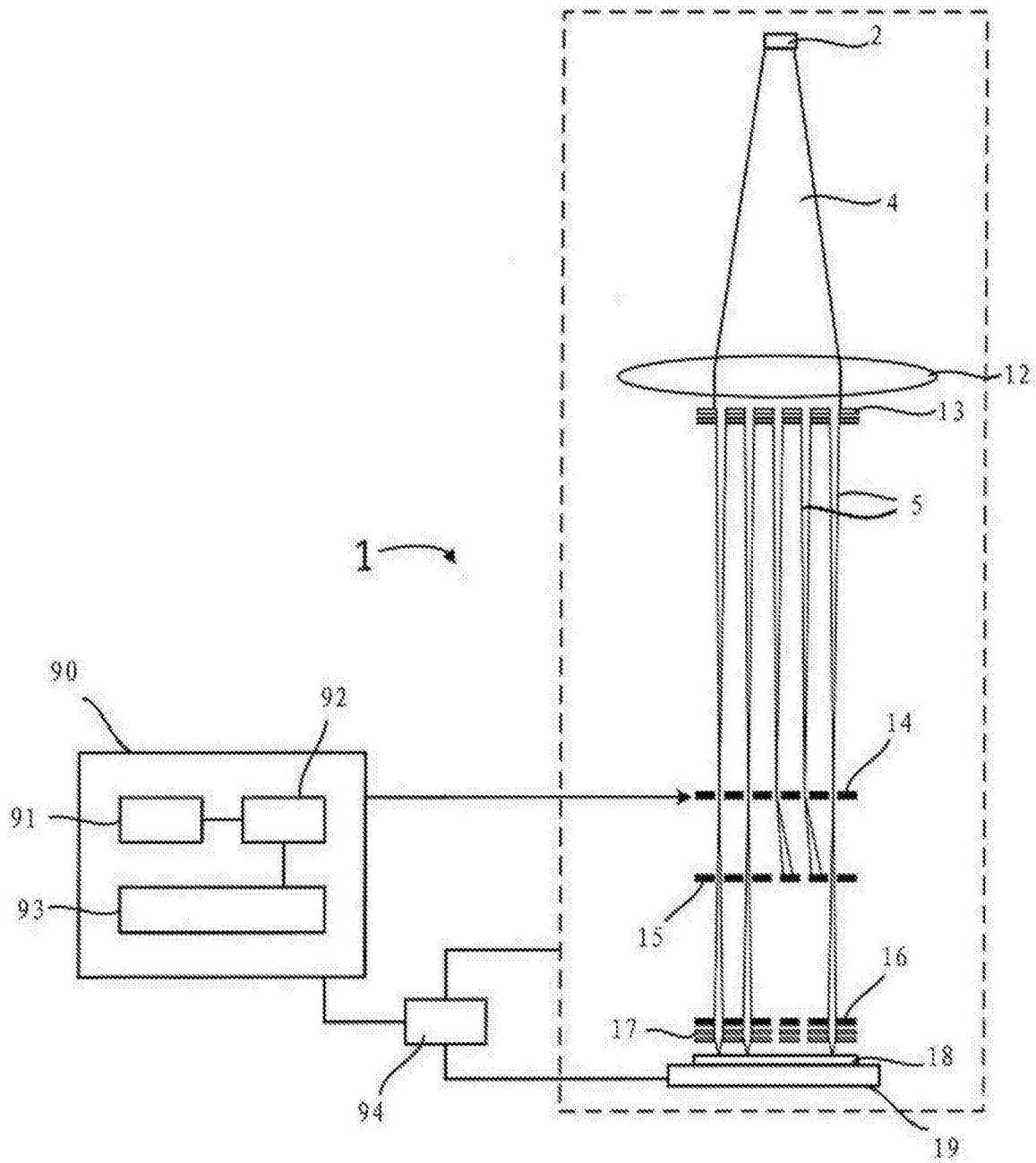


图6