



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110313048 B

(45) 授权公告日 2021.03.12

(21) 申请号 201880009523.9

(22) 申请日 2018.01.12

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110313048 A

(43) 申请公布日 2019.10.08

(30) 优先权数据
15/587,720 2017.05.05 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.07.31

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/013425 2018.01.12

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/203936 EN 2018.11.08

(73) 专利权人 科磊股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 A·D·布罗迪

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287
代理人 刘丽楠

(51) Int.Cl.
H01J 37/317 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 101019203 A, 2007.08.15
US 2002160311 A1, 2002.10.31
US 2005104013 A1, 2005.05.19
CN 101496129 A, 2009.07.29
US 2008230697 A1, 2008.09.25
CN 101414533 A, 2009.04.22
US 2010102227 A1, 2010.04.29

审查员 李勇

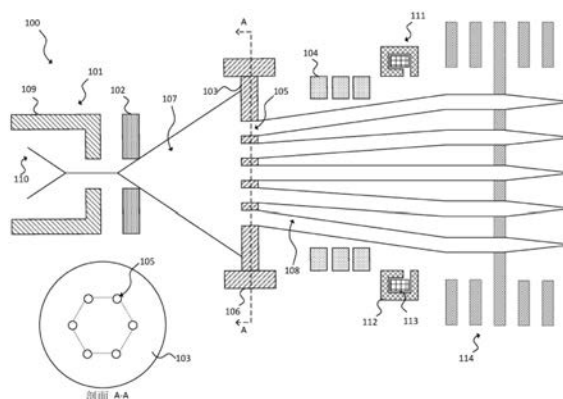
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

在多射束柱中减少的库仑相互作用

(57) 摘要

可通过减少多射束检验系统的照明路径中的库仑效应来改进多电子束系统的性能。具有多个孔的射束限制孔径可位于电子束源与多透镜阵列之间,例如无场区域中。所述射束限制孔径经配置以减少所述电子束源与所述多透镜阵列之间的库仑相互作用。具有所述射束限制孔径的电子束系统可用于扫描电子显微镜中。



1. 一种电子束系统,其包括:

电子束源;

多透镜阵列;

射束限制孔径,其界定多个孔,其中所述射束限制孔径安置在所述电子束源与所述多透镜阵列之间,且其中所述射束限制孔径经配置以减少所述电子束源与所述多透镜阵列之间的射束模糊;

在所述多透镜阵列的远离所述电子束源的相对侧上的元件,其中所述元件经配置以调节来自于所述多透镜阵列的细射束的焦点长度;以及

磁性透镜,其安置于所述多透镜阵列与所述元件之间。

2. 根据权利要求1所述的电子束系统,其中所述射束限制孔径安置在所述电子束源与所述多透镜阵列之间的具有小于1V/mm的场的位置处。

3. 根据权利要求2所述的电子束系统,其中所述电子束源与所述多透镜阵列之间的所述位置是无场的。

4. 根据权利要求1所述的电子束系统,其中所述射束限制孔径界定所述孔中的至少6个孔。

5. 根据权利要求1所述的电子束系统,其中所述电子束源包含发射器、抑制器及提取器。

6. 根据权利要求1所述的电子束系统,其中所述射束限制孔径将所述孔界定为各自具有从1 μ m到100 μ m的直径。

7. 根据权利要求6所述的电子束系统,其中所述孔中的每一者的所述直径是50 μ m。

8. 根据权利要求1所述的电子束系统,其中所述射束限制孔径将所述孔界定为具有从2 μ m到100 μ m的间距。

9. 根据权利要求8所述的电子束系统,其中所述间距是100 μ m。

10. 根据权利要求1所述的电子束系统,其中所述射束限制孔径由硅、金属或金属合金制作。

11. 根据权利要求1所述的电子束系统,其中所述射束限制孔径将所述孔界定为各自是圆形的。

12. 根据权利要求1所述的电子束系统,其中所述孔以多边形布置安置在所述射束限制孔径中。

13. 一种扫描电子显微镜,其包括根据权利要求1所述的电子束系统。

14. 一种电子束的操作方法,所述方法包括:

产生所述电子束;

提取所述电子束;

将所述电子束引导穿过界定多个孔的射束限制孔径;

将所述电子束引导穿过相对于所述电子束的投射方向位于所述射束限制孔径下游的多透镜阵列,其中所述射束限制孔径经配置以减少电子束源与所述多透镜阵列之间的射束模糊;

将所述电子束引导穿过相对于所述电子束的所述投射方向位于所述多透镜阵列下游的磁性透镜;以及

将所述电子束引导穿过相对于所述电子束的所述投射方向位于所述磁性透镜下游的元件,其中所述元件经配置以调整来自于所述磁性透镜的细射束的焦点长度。

15.根据权利要求14所述的方法,其中所述电子束位于在所述电子束通过所述射束限制孔径时具有小于1V/mm的场的区域中。

16.根据权利要求15所述的方法,其中所述区域是无场区域。

17.根据权利要求14所述的方法,其中通过所述多透镜阵列的所述电子束被聚焦成50nm的直径。

18.一种电子束系统,其包括:

电子束源,其经配置以产生电子束;

多透镜阵列,其位于晶片上游;

射束限制孔径,其界定多个孔,其中所述射束限制孔径安置在所述电子束源与所述多透镜阵列之间,且其中所述射束限制孔径经配置以减少所述电子束源与所述多透镜阵列之间的射束模糊;

在所述多透镜阵列的远离所述电子束源的相对侧上的元件,其中所述元件经配置以调节来自于所述多透镜阵列的细射束的焦点长度;

磁性透镜,其安置于所述多透镜阵列与所述元件之间;以及

检测器,其经配置以检测来自从所述晶片的表面返回的所述电子束的电子。

19.根据权利要求18所述的系统,其中所述射束限制孔径安置在所述电子束源与所述多透镜阵列之间的具有小于1V/mm的场的位置处。

20.根据权利要求19所述的系统,其中所述电子束源与所述多透镜阵列之间的所述位置是无场的。

在多射束柱中减少的库仑相互作用

技术领域

[0001] 本发明涉及电子束系统。

背景技术

[0002] 先前电子束检验系统通过肖特基热场电子发射器产生电子束。发射器周围是抑制器电极,所述抑制器电极抑制来自发射器的柄的不想要热电子进入到初级射束中。提取器电极上的电压确定尖端的顶点处的电场。尖端处的场确定可从尖端提取的电流量。提取器之后的第二电极或阳极通常用于将射束加速到所要能量。来自发射器的电流分布扩展到几度。在电子束检验系统中,小于1度的小源接受角可需要高分辨率。在扫描电子显微镜(SEM)中,喷射孔径通常用于阻挡未使用电子。位于柱下面更远处的第二孔径可充当光瞳孔径,所述光瞳孔径设定物镜的数值孔径(NA)。此设计仍具有库仑效应的问题。

[0003] 因此,需要一种经改进电子束系统。

发明内容

[0004] 在第一实施例中,提供一种电子束系统。所述电子束系统包括:电子束源;多透镜阵列;及射束限制孔径,其界定多个孔。所述射束限制孔径安置在所述电子束源与所述多透镜阵列之间。所述射束限制孔径经配置以减少所述电子束源与所述多透镜阵列之间的库仑相互作用。所述射束限制孔径可由硅、金属或金属合金制作。所述电子束源可包含发射器、抑制器及提取器。

[0005] 所述射束限制孔径可安置在所述电子束源与所述多透镜阵列之间的具有小于1V/mm的场的位置处。举例来说,所述电子束源与所述多透镜阵列之间的所述位置可为无场的。

[0006] 所述射束限制孔径可界定所述孔中的至少6个。所述射束限制孔径可将所述孔界定为各自具有从1 μ m到100 μ m的直径。举例来说,所述孔中的每一者的所述直径可为50 μ m。所述射束限制孔径可将所述孔界定为具有从2 μ m到100 μ m的间距。举例来说,所述间距可为100 μ m。所述射束限制孔径可将所述孔界定为各自是圆形的。所述孔可以多边形布置安置在所述射束限制孔径中。

[0007] 扫描电子显微镜可包括第一实施例的设计变化形式或实例中的任何者的电子束系统。

[0008] 第二实施例中提供一种方法。所述方法包括:产生电子束;提取所述电子束;将所述电子束引导穿过界定多个孔的射束限制孔径;及将所述电子束引导穿过相对于所述电子束的投射方向位于所述射束限制孔径下游的多透镜阵列。所述射束限制孔径经配置以减少所述电子束源与所述多透镜阵列之间的库仑相互作用。

[0009] 所述电子束可位于在所述电子束通过所述射束限制孔径时具有小于1V/mm的场的区域中。举例来说,所述区域可为无场区域。

[0010] 通过所述多透镜阵列的所述电子束可被聚焦成50nm的直径。

[0011] 第三实施例中提供一种系统。所述系统包括:电子束源,其经配置以产生电子束;

多透镜阵列,其位于晶片上游;射束限制孔径,其界定多个孔;及检测器,其经配置以检测来自所述晶片的表面返回的所述电子束的电子。所述射束限制孔径安置在所述电子束源与所述多透镜阵列之间。所述射束限制孔径经配置以减少所述电子束源与所述多透镜阵列之间的库仑相互作用。

[0012] 所述射束限制孔径可安置在所述电子束源与所述多透镜阵列之间的具有小于1V/mm的场的位置处。举例来说,所述电子束源与所述多透镜阵列之间的所述位置可为无场的。

附图说明

[0013] 为较全面理解本发明的性质及目标,应参考结合附图做出的以下详细说明,在图式中:

[0014] 图1是根据本发明的电子束系统的实施例的示意图;

[0015] 图2是第一电子束直方图;

[0016] 图3是第二电子束直方图;

[0017] 图4是第三电子束直方图;

[0018] 图5是第四电子束直方图;

[0019] 图6是第五电子束直方图;

[0020] 图7是根据本发明的系统的实施例;且

[0021] 图8是根据本发明的方法的流程图。

具体实施方式

[0022] 尽管将就特定实施例来描述所主张的标的物,但包含不提供本文中所陈述的全部益处及特征的实施例的其它实施例也在本发明的范围内。可在不背离本发明的范围的情况下做出各种结构、逻辑、程序步骤及电子改变。因此,本发明的范围仅参考所附权利要求书来定义。

[0023] 本文中所揭示的实施例通过减少多射束检验系统的照明路径中的库仑效应来改进多电子束系统的性能。射束限制孔径(BLA)可用于阻挡来自连续下游的未使用电子,例如以防止充电及/或气体离子化。BLA可帮助减少库仑效应。随着电子行进穿过电子光学柱,电子如由库仑定律所描述彼此相互作用,此乃因电子是带电粒子。电子柱中的电子的数目与电子在电子柱花费的时间长度的累积效应决定库仑效应的量值。将BLA引入电子源附近的射束路径中会移除电子,因此在大多数电子路径中电子光学柱中存在较少电子。由于存在较少电子,因此可减小库仑效应的量值。

[0024] 图1是电子束系统100的实施例的示意图。电子束系统100包含电子束源101、射束限制孔径(BLA) 103及多透镜阵列(MLA) 104。电子束源101可包含发射器109、抑制器110及提取器102。

[0025] BLA 103可接近电子束源101定位以减少空间电荷效应。在一例子中,在无电场区域中,BLA 103尽可能地接近于提取器102。BLA 103可稍微低于处于接地电位的阳极106。

[0026] BLA 103可由硅、金属、金属合金或提供可接受功率及/或热耗散的另一材料制作。BLA 103的材料可抵抗由热导致的熔融或失真。BLA 103可连接到阳极106。BLA 103可具有从2 μ m到25 μ m的厚度,但其它尺寸也是可能的。

[0027] BLA 103可称作“胡椒瓶型 (pepper pot)”BLA。图1中的BLA 103界定穿过BLA 103的多个孔105。BLA 103可包含从1个孔105到2,000个或3,000个孔103,包含其之间的所有范围及值。在一例子中,BLA 103界定6个或7个孔105。BLA 103中可包含更多或更少个孔105。

[0028] 每一孔105可具有从 $1\mu\text{m}$ 到 $100\mu\text{m}$ 的直径,包含到 $0.5\mu\text{m}$ 的所有值及其之间的范围。在一例子中,每一孔105具有 $50\mu\text{m}$ 的直径。在另一例子中,每一孔105具有从 $1\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$ 的直径,包含到 $0.5\mu\text{m}$ 的所有值及其之间的范围。孔105可相对于电子束的大小稍微过大,使得照明过度填充MLA 104的光瞳孔径。BLA 103也可充当阻挡部分电子束的屏蔽物。

[0029] 孔105可在BLA 103中定位成具有从 $2\mu\text{m}$ 到 $100\mu\text{m}$ 的间距,包含到 $0.5\mu\text{m}$ 的所有值及其之间的范围。在一例子中,BLA 103中的孔105的间距是 $100\mu\text{m}$ 。

[0030] 图1的插图(其未按图1的其余部分的比例绘制)是沿着线A-A截取的BLA 103的前视图的实例。孔105中的每一者可为圆形、多边形或其它形状。6个孔105布置成多边形图案(用虚线所展示)。

[0031] 在另一例子中,BLA 103以多边形布置界定7个孔105。在又一例子中,BLA 103界定大约1,000个孔105。在用于检验的BLA 103的实例中,BLA 103包含331个孔105。

[0032] 以多边形图案布置BLA 103中的孔105可为有益的,此乃因孔105将以接近圆形的方式布置。用于电子束检验系统的电子光学器件可旋转对称。为优化宏观电子透镜中的区域,可期望接近圆形的图案。

[0033] 当由电子束源101产生的电子束107通过BLA 103的孔105时,电子束107被BLA 103转变为多个细射束108。每一孔105产生一个细射束108。每一细射束108可以大约 50nm 的直径离开BLA 103。电子束系统100的设计可提供彼此分散开的多个小的细射束108。电子束107的其余部分由BLA 103阻挡。

[0034] MLA 104包含2D透镜阵列。MLA 104中的个别透镜沿着那个特定透镜的光轴或第三轴可具有多个孔。在一例子中,存在MLA 104的透镜中的孔与BLA 103中的孔105的一对一映射。

[0035] 通过对MLA 104进行投光照明而产生多射束系统,所述多射束系统可为静电的。通过跨越MLA 104的孔径放置电场来形成静电透镜。每一个别透镜在虚拟源平面处形成电子束源101的图像,所述图像接着被缩小到晶片上。为对MLA 104进行照明,可需要来自源的大照明角度。举例来说,此照明角度可高达两度,但其它值也是可能的。

[0036] BLA 103定位于电子束源101与MLA 104之间。BLA 103可位于电子束源101与MLA104之间、在小于 $1\text{V}/\text{mm}$ 或无场的区域或位置中,此意指可存在孔105的最小透镜效应或甚至无透镜效应。因此,BLA 103可不聚焦细射束108。无场可意指 $0\text{V}/\text{mm}$,但可为在其下不会发生透镜效应的接近 $0\text{V}/\text{mm}$ 的其它值。将BLA 103定位于电子束源101与MLA104之间可减少此区域中的库仑相互作用。如此一来,BLA 103可不充当光学组件,此降低公差要求。在一实例中,递送到晶片的电子束电流在从大约 3nm 到 10nm 的分辨率下可为双倍的、三倍的或四倍的。

[0037] 电子相互作用及库仑相互作用可导致问题。举例来说,这些相互作用可增加由色差或色散导致的模糊。可能无法校正横向模糊。BLA 103经配置以减少电子束源101与MLA104之间的库仑相互作用。细射束108的分离可通过减少串扰来进一步改进性能。

[0038] 在一例子中,发射器109在 $-V_E$ 下操作,提取器102在 $-V_{\text{ext}}$ 下操作,抑制器110在 $-V_S$

(例如, $-V_E$ -1000V) 下操作, 且阳极在0V下操作。也可将电压施加到MLA 104。举例来说, $-V_E$ 是从6000V到30,000V, 且 $-V_{ext}$ 是 $-V_E$ 加上从3000V到7000V。

[0039] MLA 104相对于电子束或细射束108的方向的下游是具有至少一个线圈113及磁极片112的磁性透镜111。元件114调整轨迹、焦点及/或细射束108的大小。

[0040] 举例来说, 电子束系统100可用于SEM或其它装置中。

[0041] 图2到6是依据蒙特卡罗 (Monte Carlo) 模拟的电子束直方图。图3展示BLA上游的250 μ m电子束。图4展示BLA下游的电子束。图5展示MLA上游的电子束。图6展示MLA下游的电子束。图7展示电子束的中间图像。如本文中所揭示, 使用BLA会减少库仑模糊, 如由图3到7中的模拟所展示。与在无BLA的情况下的49nm相比, 中心电子束模糊从 $D_{2080}=31$ nm减少。总电流从在无BLA的情况下的16.1nA减少到在有BLA的情况下的6.3nA。如这些模拟中所见, BLA可提供经改进性能, 所述经改进性能是在无BLA的情况下的系统的两倍好。

[0042] 本文中所描述的实施例可包含系统或可在所述系统中执行, 例如图7的系统200。系统200包含包括至少能量源及检测器的输出获取子系统。输出获取子系统可为基于电子束的输出获取子系统。举例来说, 在一个实施例中, 被引导到晶片204的能量包含电子, 且从晶片204所检测的能量包含电子。以此方式, 能量源可为电子束源202, 所述电子束源可包含如本文中所揭示的电子束系统或与所述电子束系统耦合。在图7中所展示的一个此类实施例中, 输出获取子系统包含耦合到计算机子系统207的电子光学柱201。

[0043] 还如图7中所展示, 电子光学柱201包含电子束源202, 所述电子束源经配置以产生通过一或多个元件203聚焦到晶片204的电子。电子束源202可包含发射器且一或多个元件203可包含(举例来说) 枪透镜、阳极、BLA、MLA、门阀、射束电流选择孔径、物镜及/或扫描子系统。电子柱201可包含此项技术中已知的任何其它适合元件。虽然仅图解说明一个电子束源202, 但系统200可包含多个电子束源202。

[0044] 从晶片204返回的电子(例如, 次级电子)可通过一或多个元件205而聚焦到检测器206。一或多个元件205可包含(举例来说) 扫描子系统, 所述扫描子系统可为包含于元件203中的相同扫描子系统。电子柱201可包含此项技术中已知的任何其它适合元件。

[0045] 尽管电子柱201在图7中展示为经配置使得电子以倾斜入射角引导到晶片204且以另一倾斜角从晶片散射, 但应理解, 电子束可以任何适合角度引导到晶片及从所述晶片散射。另外, 基于电子束的输出获取子系统可经配置以使用多种模式来产生晶片204的图像(例如, 以不同照明角度、收集角度等)。基于电子束的输出获取子系统的多种模式在输出获取子系统的任何图像产生参数上可不同。

[0046] 计算机子系统207可与检测器206电子通信。检测器206可检测从晶片204的表面返回的电子借此形成晶片204的电子束图像。电子束图像可包含任何适合电子束图像。计算机子系统207可经配置以使用检测器206的输出及/或电子束图像来执行其它功能或额外步骤。

[0047] 应注意, 本文中提供图7以大体图解说明基于电子束的输出获取子系统的配置。可变更本文中所描述的基于电子束的输出获取子系统配置以优化输出获取子系统的性能, 如在设计商业输出获取系统时通常所执行。另外, 可使用现有系统来实施本文中所描述的的系统(例如, 通过将本文中所描述的功能性添加到现有系统)。对于一些此种系统, 可提供本文中所描述的方法作为系统的任选功能性(例如, 除系统的其它功能性之外)。

[0048] 在一个实施例中,系统200是检验系统。举例来说,本文中所描述的电子束输出获取子系统可配置为检验系统。在另一实施例中,系统200是缺陷复检系统。举例来说,本文中所描述的电子束输出获取子系统可配置为缺陷复检系统。在又一实施例中,系统200是计量系统。举例来说,本文中所描述的电子束输出获取子系统可配置为计量系统。特定来说,可修改本文中所描述且图7中所展示的系统200的实施例的一或多个参数以取决于将使用所述参数的应用而提供不同成像能力。在一个此类实例中,图7中所展示的系统200可经配置以在其将用于缺陷复检或计量而非用于检验的情况下具有较高分辨率。换句话说,图7中所展示的系统200的实施例描述系统200的一些一般及各种配置,可以若干种方式来修整系统200以产生具有或多或少适合用于不同应用的不同成像能力的输出获取子系统。

[0049] 特定来说,本文中所描述的实施例可安装于计算机节点或计算机群集上,所述计算机节点或计算机群集是输出获取子系统的组件或耦合到所述输出获取子系统,例如电子束检验器或缺陷复检工具、掩模检验器、虚拟检验器或其它装置。以此方式,本文中所描述的实施例可产生可用于包含(但不限于)晶片检验、掩模检验、电子束检验及复检、计量或其它应用的多种应用的输出。可基于将产生输出的试样如上文所描述来修改图7中所展示的系统200的特性。

[0050] 图8是方法300的流程图。电子束经产生301、经提取302、被引导穿过BLA 303且被引导穿过相对于电子束的投射方向位于BLA下游的MLA 304。BLA界定多个孔。BLA经配置以减少电子束源与多透镜阵列之间的库仑相互作用。电子束可位于在电子束通过BLA时小于1V/mm的区域或无场区域中。通过MLA的电子束可被聚焦成(举例来说)50nm的直径。

[0051] 可如本文中所描述执行所述方法的步骤中的每一者。所述方法还可包含可由本文中所描述的控制装置及/或计算机子系统或系统执行的任何其它步骤。所述步骤可由一或多个计算机系统执行,所述一或多个计算机系统可根据本文中所描述的实施例中的任何者而经配置。另外,可通过本文中所描述的系统实施例中的任何者来执行上文所描述的方法。

[0052] 尽管已关于一或多个特定实施例描述本发明,但应理解,可在不背离本发明的范围的情况下做出本发明的其它实施例。因此,认为本发明仅受所附权利要求书及其合理阐释限制。

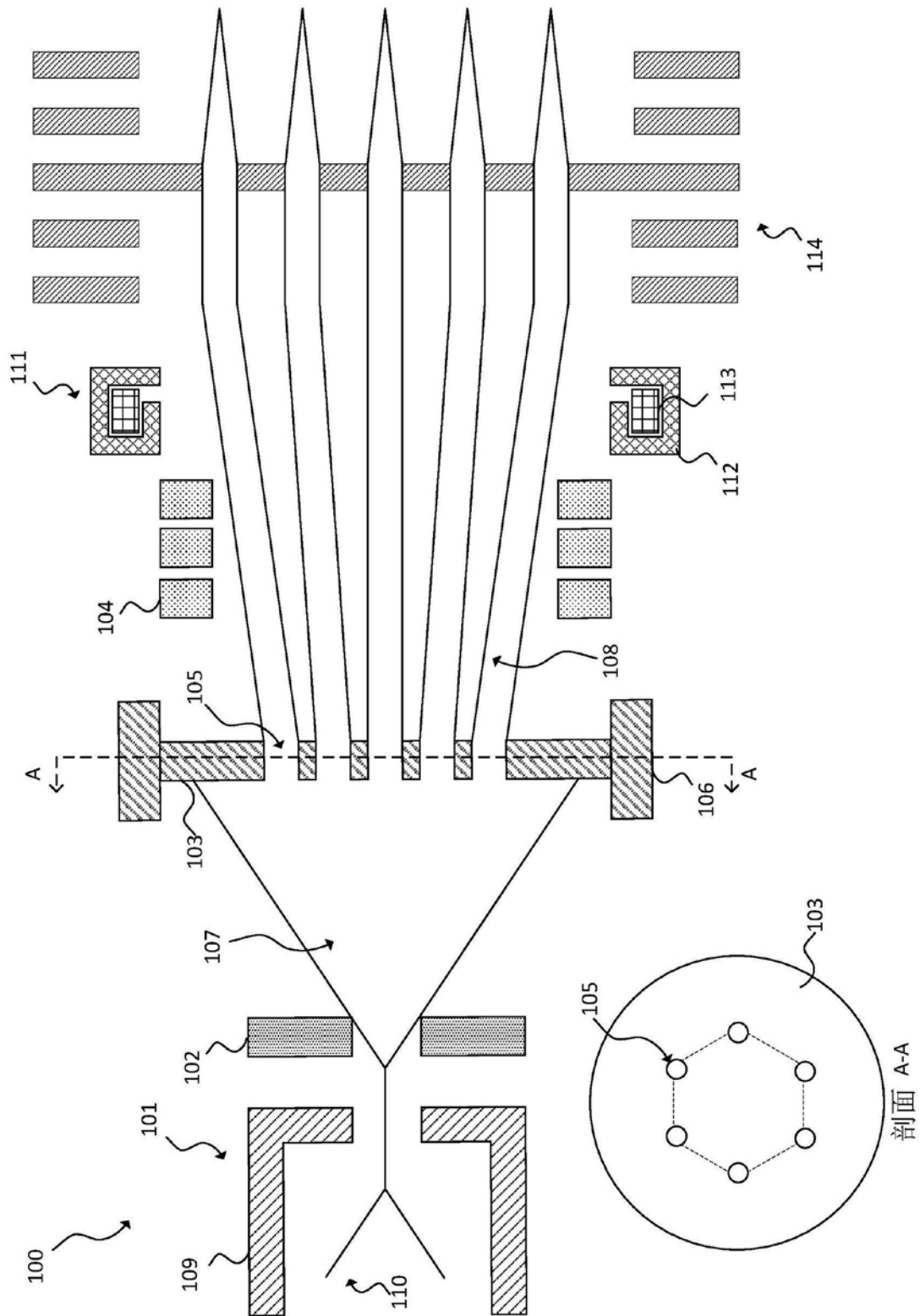


图1

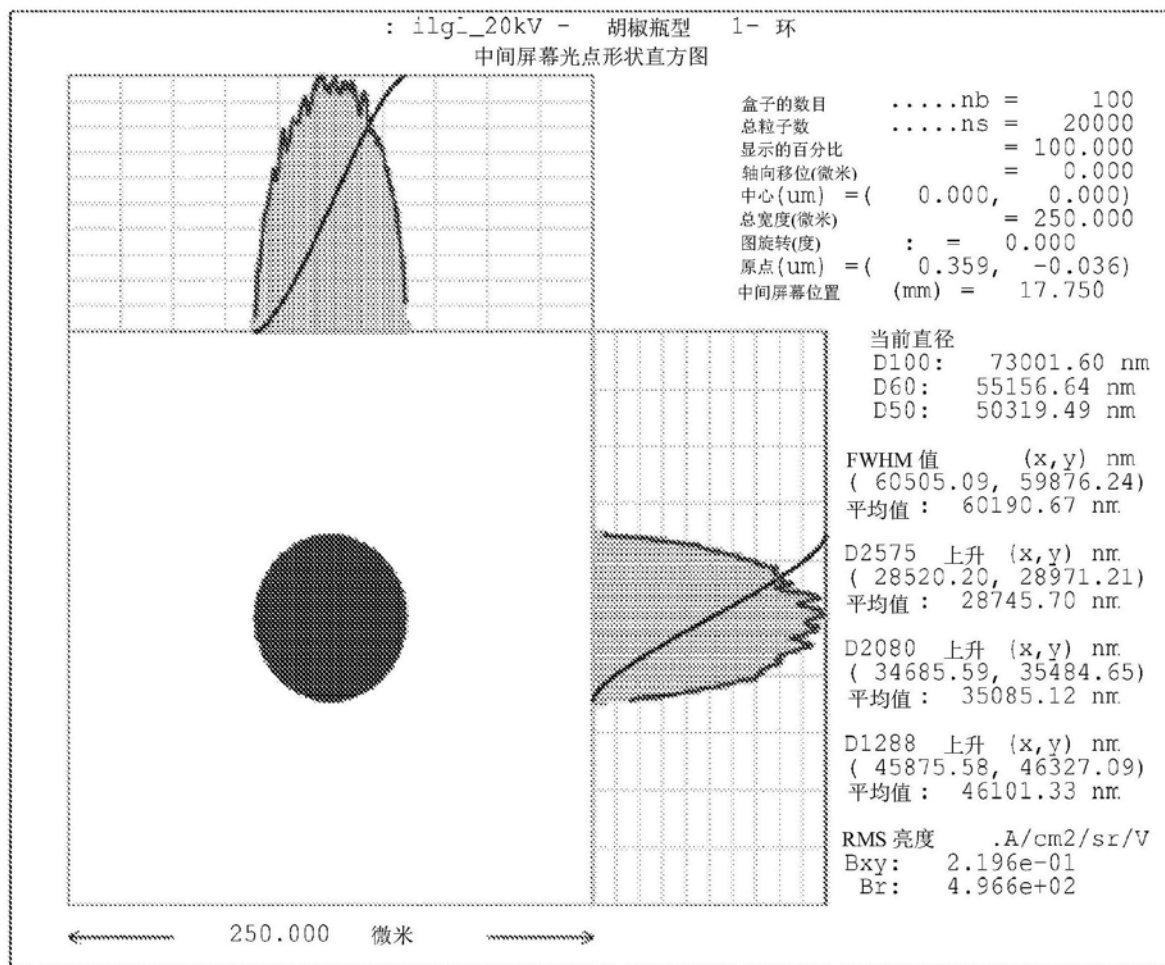


图2

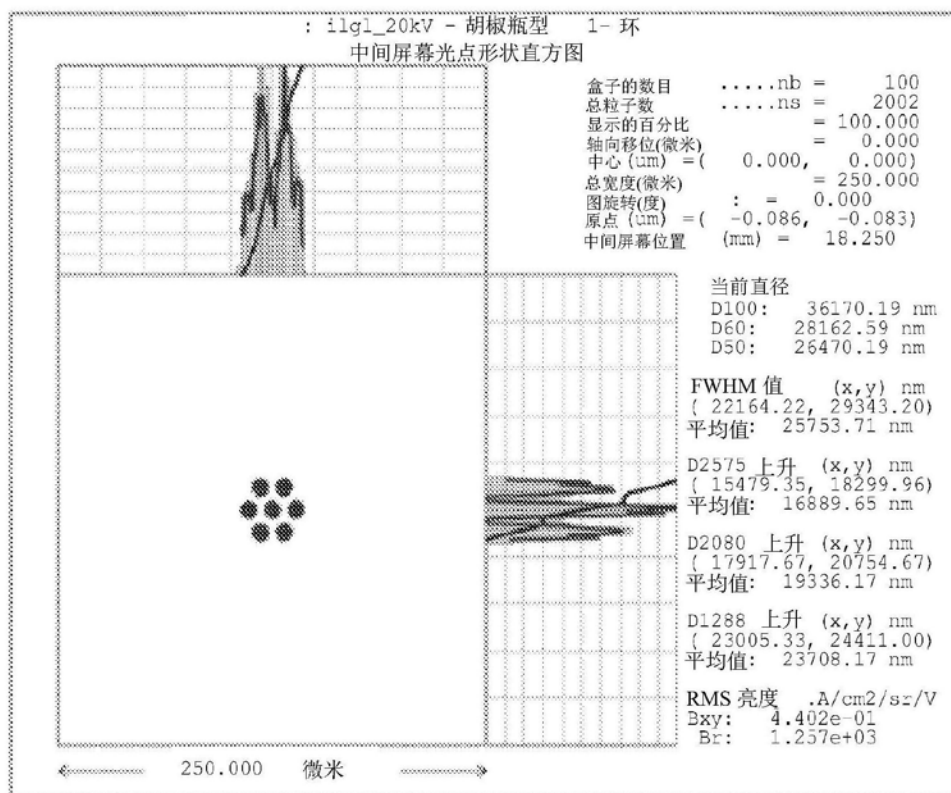


图3

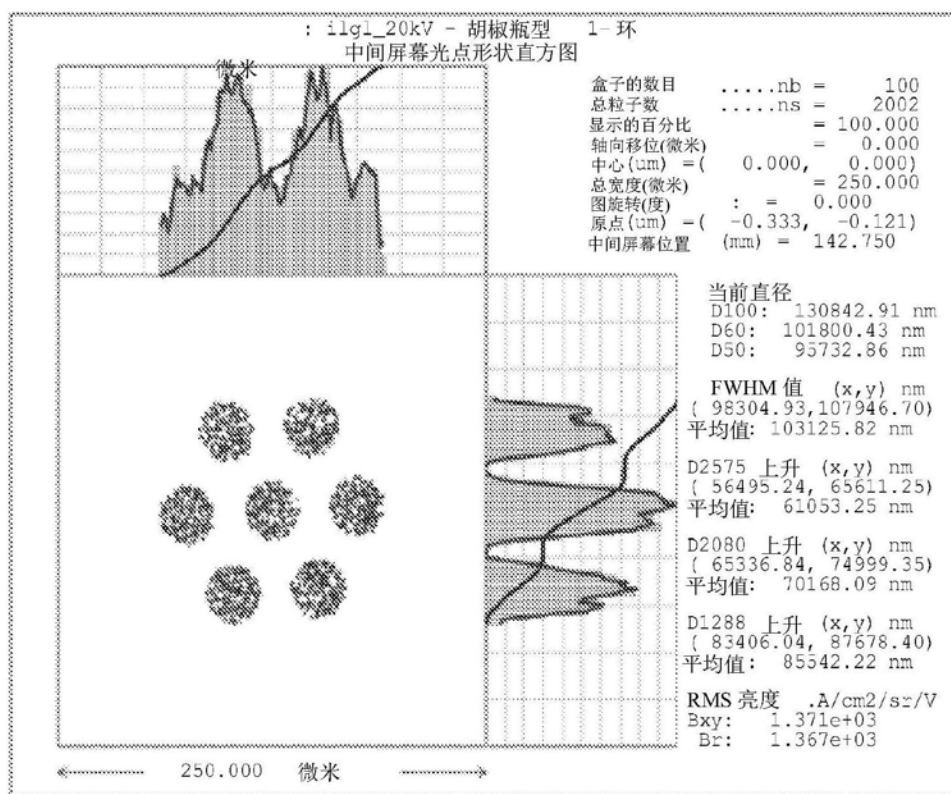


图4

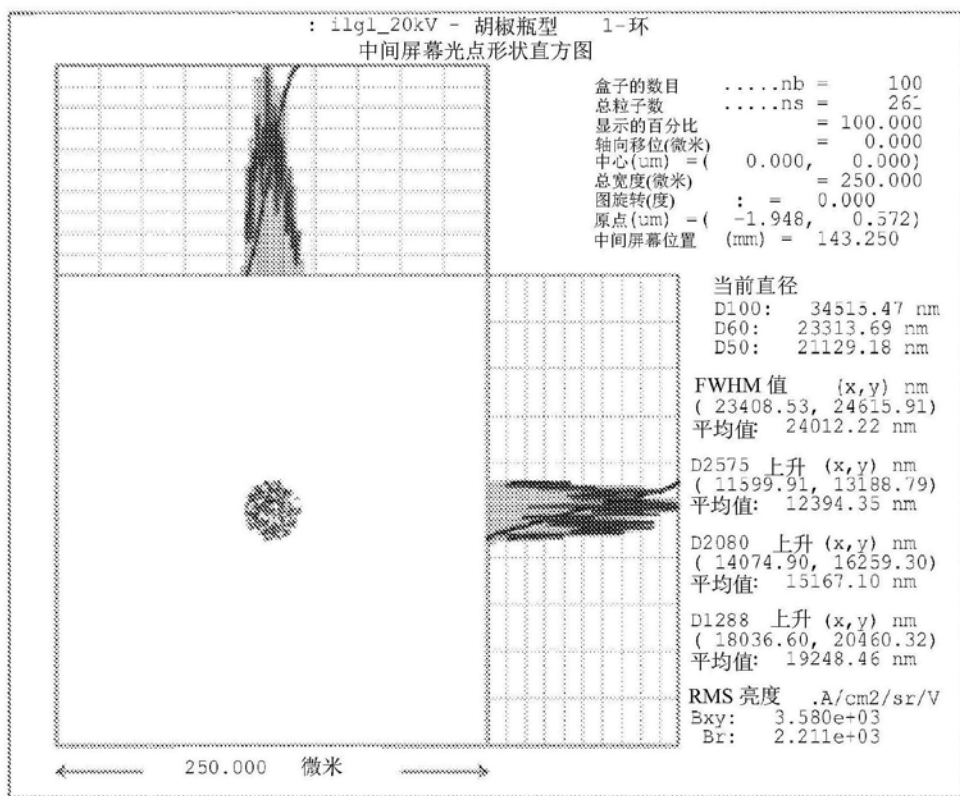


图5

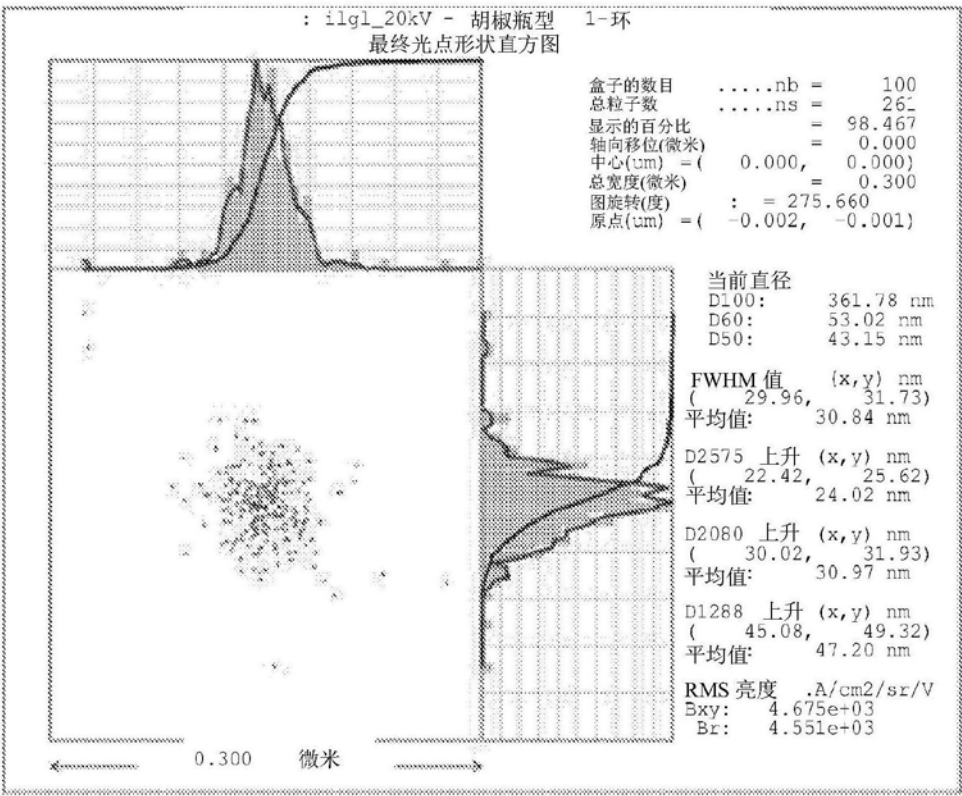


图6

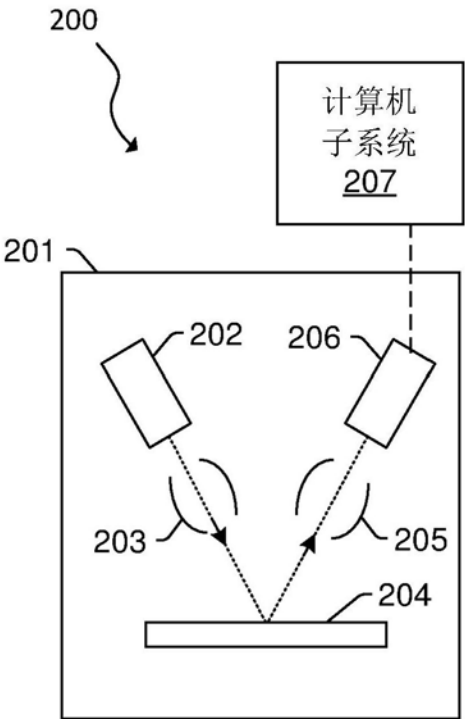


图7

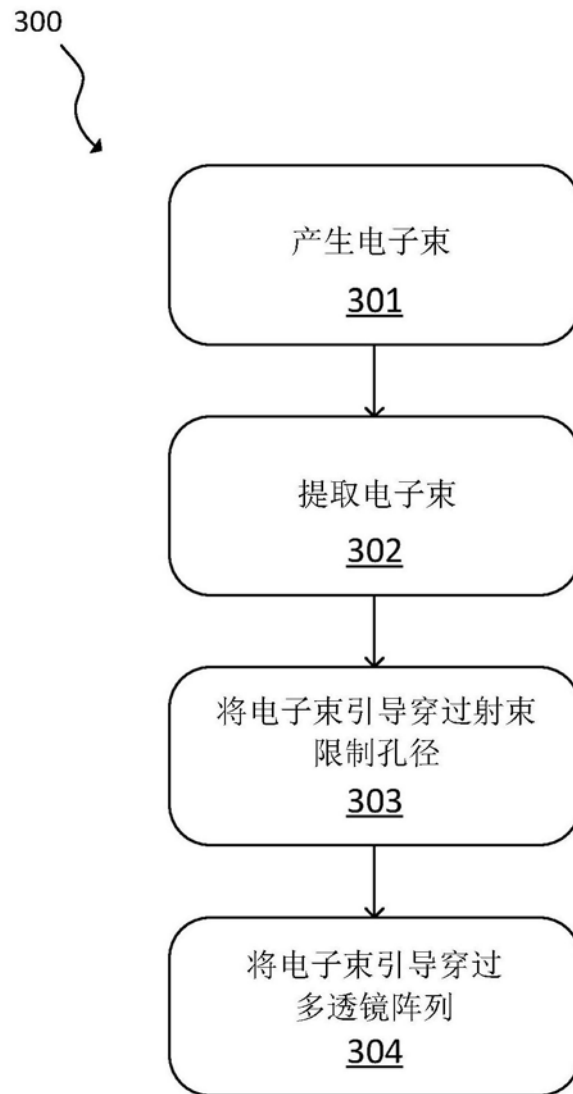


图8