



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107430971 B

(45)授权公告日 2018.11.09

(21)申请号 201580074860.2

(22)申请日 2015.12.03

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107430971 A

(43)申请公布日 2017.12.01

(30)优先权数据
2015-017318 2015.01.30 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.07.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/084073 2015.12.03

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/121225 JA 2016.08.04

(73)专利权人 松定精度株式会社
地址 日本国滋贺县草津市青地町745番地

(72)发明人 熊本和哉 松田定好

(74)专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理
有限公司 11315

代理人 许志勇 王宁

(51)Int.Cl.
H01J 37/141(2006.01)
H01J 37/20(2006.01)
H01J 37/28(2006.01)

(56)对比文件
JP 2007250223 A,2007.09.27,
JP H06181041 A,1994.06.28,
JP 2011222525 A,2011.11.04,
JP 2014120545 A,2014.06.30,
JP 2006093161 A,2006.04.06,
CN 103650096 A,2014.03.19,

审查员 李英

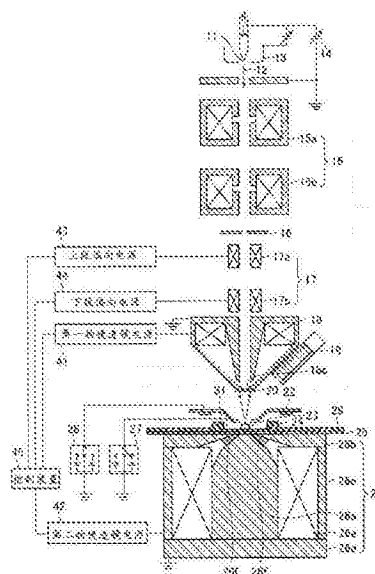
权利要求书2页 说明书16页 附图9页

(54)发明名称

荷电粒子线装置及扫描电子显微镜

(57)摘要

[课题]期望提升荷电粒子线装置的性能。
[解决手段]一种荷电粒子线装置具备:荷电粒子源11;加速电源14,设置来加速从该荷电粒子源11射出的荷电粒子线12,并连接于该荷电粒子源11;及物镜透镜26,将该荷电粒子线12聚焦于试料23。物镜透镜26相对于试料23,设置于该荷电粒子线12的入射侧的相反侧;且形成该物镜透镜26的磁极具有:中心磁极26a,其中心轴与该荷电粒子线12的理想光轴一致;上部磁极26b;筒形的侧面磁极26c;及圆盘形状的下部磁极26d;其中,靠近于该中心磁极26a的试料23侧的上部中,该上部附近的径为较小的形状,该中心磁极26a的下部为圆柱形状;该上部磁极26b为中心形成圆形的开口部的磁极,且为朝向中心的盘状的靠近该中心磁极的中心侧较薄的圆盘形状。



1. 一种荷电粒子线装置,具备:
荷电粒子源;
加速电源,设置来加速从所述荷电粒子源射出的荷电粒子线,并连接于所述荷电粒子源;
物镜透镜,相对于试料,设置于所述荷电粒子线的入射侧的相反侧,将所述荷电粒子线聚焦于试料;
绝缘板,配置于所述物镜透镜上;及
导电性试料台,配置于所述绝缘板上;
其中,所述物镜透镜及所述导电性试料台为绝缘。
2. 如权利要求1所述的荷电粒子线装置,连接可变所述导电性试料台的电位的迟滞电源,将所述导电性试料台的电位赋予所述试料。
3. 如权利要求1或2所述的荷电粒子线装置,所述导电性试料台靠近于边缘部具有从所述绝缘板分离的形状。
4. 如权利要求1或2所述的荷电粒子线装置,所述绝缘板与所述导电性试料台之间填充有绝缘材。
5. 如权利要求1或2所述的荷电粒子线装置,荷电粒子线装置具备:
具有开口部的电位板,配置于所述导电性试料台的上部;
其中,于所述电位板,赋予接地电位、正电位、或负电位。
6. 如权利要求5所述的荷电粒子线装置,所述电位板在试料附近以外的地方具有从所述导电性试料台分离的形状。
7. 如权利要求6所述的荷电粒子线装置,还具备:移动单元,移动所述电位板。
8. 如权利要求1或2或6或7所述的荷电粒子线装置,还具备:筒状的导电环,配置于所述导电性试料台上的试料的边缘,其上面的角被R加工。
9. 如权利要求1或2或6或7所述的荷电粒子线装置,形成所述物镜透镜的磁极具有:
中心磁极,其中心轴与所述荷电粒子线的理想光轴一致;
上部磁极;
筒形的侧面磁极;及
圆盘形状的下部磁极;
其中,靠近于所述中心磁极的试料侧的上部中,所述上部附近的径为较小的形状,所述中心磁极的下部为圆柱形状;
所述上部磁极为中心形成圆形的开口部的磁极,且为于朝向中心的盘状的靠近所述中心磁极的中心侧较薄的圆盘形状。
10. 如权利要求9所述的荷电粒子线装置,所述中心磁极的试料侧的面与所述上部磁极的试料侧的面为相同高度。
11. 如权利要求10所述的荷电粒子线装置,所述中心磁极的上部边缘径D较6mm大并较14mm小,所述上部磁极的圆形的开口部的径d与所述中心磁极的上部边缘径D的关系为: $d-D \geq 4\text{mm}$ 。
12. 如权利要求1或2所述的荷电粒子线装置,从最靠近于所述物镜透镜的磁极的试料来看,所述物镜透镜可将使所述加速电源为-30kV至-10kV中的任一者来加速的荷电粒子线

聚焦于0mm至4.5mm中的任一者的高度位置。

13. 如权利要求1或2或6或7或10或11所述的荷电粒子线装置,具备:

上部装置,将所述荷电粒子线朝向所述试料射出;

下部装置,保持所述试料;及

检测器,借由所述荷电粒子线,检测从所述试料射出的讯号电子;

其中,所述上部装置具有孔部,最后从所述孔部射出通过所述上部装置内部的荷电粒子线;

所述检测器设置于所述上部装置及所述下部装置之间。

14. 如权利要求13所述的荷电粒子线装置,其特征在于,所述检测器设置于所述孔部更下方的位置。

15. 如权利要求14所述的荷电粒子线装置,其特征在于,所述检测器安装于所述上部装置的最下部来配置,使得所述荷电粒子线通过的轨道不会塞住。

16. 如权利要求14或15所述的荷电粒子线装置,其特征在于,具备:与所述物镜透镜不同的其他物镜透镜,相对于所述试料设置于所述荷电粒子线的入射侧。

17. 如权利要求16所述的荷电粒子线装置,其特征在于,具有:

独立控制所述物镜透镜的强度与所述其他物镜透镜的强度的机能;

仅以所述物镜透镜将所述荷电粒子线聚焦于试料的机能;及

仅以所述其他物镜透镜将所述荷电粒子线聚焦于所述试料的机能。

18. 如权利要求13所述的荷电粒子线装置,其特征在于,具备:二次电子检测器,具有吸引电子的电场;

其中,所述讯号电子包含从所述试料射出的二次电子;

配置了所述二次电子检测器,使得从所述二次电子检测器产生的电场借由所述荷电粒子线吸引从所述试料射出的二次电子。

19. 如权利要求13所述的荷电粒子线装置,其特征在于,于所述导电性试料台的上部具备:具有开口部的电位板;

其中,所述检测器配置于所述电位板的下侧。

20. 一种扫描电子显微镜,具备如权利要求1至19中的任一项所述的荷电粒子线装置。

荷电粒子线装置及扫描电子显微镜

技术领域

[0001] 本发明关于荷电粒子线装置及扫描电子显微镜。更具体而言,本发明关于能期待性能提高的荷电粒子线装置及扫描电子显微镜。

背景技术

[0002] 就荷电粒子线装置而言,存在扫描电子显微镜(Scanning Electron Microscope:以下,略称“SEM”)、电子探针微分析(EPMA,Electron Probe Micro Analyser)、电子束熔接机、电子线描绘装置、及离子束显微镜等。

[0003] 传统的SEM中,从高分辨率化的观点来看,特别下工夫于透镜的短焦点化。为了高分辨率化,必须强化透镜的光轴上磁束密度分布 $B(z)$ 中的 B 。而且,为了高分辨率化,必须薄化透镜的厚度(即 B 分布的 z 宽)。

[0004] 下述专利文献1中,记载了具备两个物镜透镜(第一物镜透镜与第二物镜透镜)的SEM(之后,将相对于试料的电子枪侧的透镜称为第一物镜透镜。从试料来看,位于电子枪的相反侧的物镜透镜称为第二物镜透镜)。更具体而言,第二物镜透镜用于加速电压 V_{acc} 为 $0.5\sim 5kV$ 的低加速时的高分辨率观察模式。第一物镜透镜用于加速电压 V_{acc} 为 $0.5\sim 30kV$ 的通常观察模式。

[0005] 下述专利文献1中,第一物镜透镜与第二物镜透镜不会同时动作。第一物镜透镜与第二物镜透镜借由模式切换手段来切换每个模式。而且,下述专利文献1的第二实施例([0017]段落)中,记载了将第二物镜透镜的磁极的一部分借由电性的绝缘部电流电位分离。然后,于磁极的一部分与试料,施加电压 V_{decel} 。

[0006] 下述专利文献1的第一实施例([0010]~[0016]段落)中,二次电子(或反射电子)检测器设置于比第一物镜透镜更靠近电子枪侧。试料部所产生的二次电子(或反射电子)通过第一物镜透镜中,并进入检测器。

[0007] 下述专利文献2也揭示SEM的构成。专利文献2的SEM中的物镜透镜配置于相对于试料的电子枪的相反侧。二次电子借由来自二次电子检测器的导引电场来偏向,捕捉于二次电子检测器。

[0008] [先前技术文献]

[0009] [专利文献]

[0010] [专利文献1]日本国公开专利公报“特开2007-250223号公报”

[0011] [专利文献2]日本国公开专利公报“特开平6-181041号公报”

发明内容

[0012] [发明所欲解决的课题]

[0013] 本发明的目的在于提供期待性能上升的荷电粒子线装置及扫描电子显微镜。

[0014] [用于解决课题的手段]

[0015] 为了解决上述的课题,有关本发明的一实施方式的荷电粒子线装置具备:荷电粒

子源;加速电源,设置来加速从所述荷电粒子源射出的荷电粒子线,并连接于所述荷电粒子源;及物镜透镜,将所述荷电粒子线聚焦于试料;所述物镜透镜相对于试料,设置于所述荷电粒子线的入射侧的相反侧;且形成所述物镜透镜的磁极具有:中心磁极,其中中心轴与所述荷电粒子线的理想光轴一致;上部磁极;筒形的侧面磁极;及圆盘形状的下部磁极;其中,靠近于所述中心磁极的试料侧的上部中,所述上部附近的径为较小的形状,所述中心磁极的下部为圆柱形状;所述上部磁极为中心形成圆形的开口部的磁极,且为于朝向中心的盘状的靠近所述中心磁极的中心侧较薄的圆盘形状。

[0016] 优选地,中心磁极的试料侧的面与上部磁极的试料侧的面为相同高度。

[0017] 优选地,中心磁极的上部边缘径D较6mm大并较14mm小,上部磁极的圆形的开口部的径d与中心磁极的上部边缘径D的关系为: $d-D \geq 4\text{mm}$ 。

[0018] 优选地,使用热电子源型组件作为荷电粒子源。

[0019] 优选地,从最靠近于物镜透镜的磁极的试料来看,物镜透镜可将使加速电源为-30kV至-10kV中的任一者来加速的荷电粒子线聚焦于0mm至4.5mm中的任一者的高度位置。

[0020] 优选地,荷电粒子线装置具备:绝缘板,配置于物镜透镜上;导电性试料台,配置于绝缘板上,其中,物镜透镜及导电性试料台为绝缘。

[0021] 为了解决上述的课题,有关本发明的一实施方式的荷电粒子线装置具备:荷电粒子源;加速电源,设置来加速从所述荷电粒子源射出的荷电粒子线,并连接于所述荷电粒子源;及物镜透镜,将所述荷电粒子线聚焦于试料;所述物镜透镜相对于试料,设置于所述荷电粒子线的入射侧的相反侧;且荷电粒子线装置具备:绝缘板,配置于所述物镜透镜上;导电性试料台,配置于所述绝缘板上,其中,所述物镜透镜及所述导电性试料台为绝缘。

[0022] 优选地,连接可变导电性试料台的电位的迟滞电源,将试料台的电位赋予试料。

[0023] 优选地,导电性试料台靠近于边缘部具有从绝缘板分离的形状。

[0024] 优选地,绝缘板与导电性试料台之间填充有绝缘材。

[0025] 优选地,荷电粒子线装置具备:具有开口部的电位板,配置于导电性试料台的上部;其中,于电位板,赋予接地电位、正电位、或负的电位。

[0026] 优选地,电位板的开口部为直径2mm至20mm的圆形、或网子状。

[0027] 优选地,电位板在试料附近以外的地方具有从导电性试料台分离的形状。

[0028] 优选地,荷电粒子线装置还具备:移动单元,移动电位板。

[0029] 优选地具备:筒状的导电环,配置于导电性试料台上的试料的边缘,其上面的角被R加工。

[0030] 优选地,荷电粒子线装置具备:于上部磁极与中心磁极间,设置以非磁性体形成的密封部,且物镜透镜借由上部磁极、密封部及中心磁极,将真空侧与大气侧气密分离。

[0031] 有关本发明的一实施方式的扫描电子显微镜具备上述荷电粒子线装置。

[0032] [发明的效果]

[0033] 根据本发明,能期待性能提升的荷电粒子线装置及扫描电子显微镜。

附图说明

[0034] 图1是说明本发明的第一实施方式的SEM的构成的概略剖面图。

[0035] 图2是显示本发明的第一实施方式中,使用第一物镜透镜,检测反射电子及二次电

子的情形的概略剖面图。

[0036] 图3是显示本发明的第一实施方式中,主要聚焦而使用第二物镜透镜,检测二次电子的情形的概略剖面图。

[0037] 图4是用于说明本发明的第一实施方式中的迟滞时的透镜部的图,(a)说明迟滞时的等电位线、(b)说明第二物镜透镜的光轴上磁束密度分布 $B(z)$ 、及(c)说明迟滞时的荷电粒子的速度。

[0038] 图5是说明本发明的第一实施方式中的绝缘部与试料台的其他构成的概略剖面图。

[0039] 图6是说明本发明的第一实施方式的借由第一物镜透镜的孔径角 α 的调整的图,(a)对应于仿真数据3($V_{acc}=-1kV$)、(b)对应于仿真数据4($V_{acc}=-10kV$ 、 $V_{decel}=-9kV$)、及(c)对应于仿真数据5($V_{acc}=-10kV$ 、 $V_{decel}=-9kV$ 、使用第一物镜透镜)。

[0040] 图7是用于说明本发明的第一实施方式中,以偏向线圈的上下偏向线圈的强度比调整来调整偏向的交点的图。

[0041] 图8是说明本发明的第二实施方式中,没有第一物镜透镜的简易情况的概略剖面图。

[0042] 图9是显示有关本发明的第四实施方式的SEM的装置构成的一例的剖面图。

具体实施方式

[0043] 接着,参照附图,说明本发明的实施方式。以下的图是示意,应注意尺寸或长宽比率与现实有所差异。

[0044] 而且,如下所示的本发明的实施方式例示为了具现化本发明的技术思想的装置或方法。本发明的技术思想并未将构成组件的材质、形状、构造、配置等限定于下述的物。本发明的技术思想在记载于专利申请范围的技术范围内,能加以各种变化。

[0045] 第一实施方式]

[0046] 参照图1,说明本发明的第一实施方式中的SEM的概略构成。

[0047] 此SEM具备电子源11(荷电粒子源)、加速电源14、聚光透镜15、物镜透镜光圈16、二段偏向线圈17、物镜透镜(第一物镜透镜18、第二物镜透镜26)、及检测器20的电子线装置。加速电源14加速从电子源11射出的一次电子线12(荷电粒子线)。聚光透镜15聚焦加速的一次电子线12。物镜透镜光圈16去除一次电子线12的不必要部分。二段偏向线圈17将一次电子线12在试料23上进行二次元扫描。物镜透镜(第一物镜透镜18、第二物镜透镜26)将一次电子线12聚焦于试料23上。检测器20检测从试料23射出的信号电子21(二次电子21a、反射电子21b)。

[0048] SEM中,就电磁透镜的控制部而言,具备第一物镜透镜电源41、第二物镜透镜电源42、及控制装置45。第一物镜透镜电源41变换第一物镜透镜18的强度。第二物镜透镜电源42变换第二物镜透镜26的强度。控制装置45控制第一物镜透镜电源41与第二物镜透镜电源42。

[0049] 控制装置45独立控制第一物镜透镜18的强度与第二物镜透镜26的强度。控制装置45能同时控制两透镜。而且,虽然图未示,各电源连接于控制装置45,且能调整。

[0050] 就电子源11而言,能使用热电子射出型(热电子源型)、电场射出型(肖特基型、或

冷阴极型)。第一实施方式中,于电子源11,使用热电子射出型的LaB6等的结晶电子源、或钨丝。于电子源11与阳极板(接地电位)之间,举例来说,施予加速电压 -0.5kV 至 -30kV 。韦乃特电极13中,赋予较电子源11的电位更负的电位。借此,控制从电子源11产生的一次电子线12的量。然后,于电子源11的正前方,作出交叉径,当作一次电子线12的第一次最小径。此最小径被称为电子源的大小 S_0 。

[0051] 加速的一次电子线12借由聚光透镜15来聚焦。借此,缩小电子源的大小 S_0 。借由聚光透镜15,调整缩小率及照射于试料23的电流(以下,称为探测电流。)。然后,借由物镜透镜光圈16,去除不用的轨道电子。因应物镜透镜光圈16的孔径,能调整入射于试料23的射束的孔径角 α 与探测电流。

[0052] 通过物镜透镜光圈16的一次电子线12,通过扫描用的二段偏向线圈17后,再通过第一物镜透镜18。通用SEM使用第一物镜透镜18,将一次电子线12的焦点加在试料23上。图1的SEM也能这样使用。

[0053] 图1中,借由从电子源11到第一物镜透镜18的构成,来构成将一次电子线12朝向试料23射出的上部装置。而且,借由电位板22与配置在电位板22更下方的构件来构成下部装置。于下部装置保持试料23。上部装置具有孔部18c,通过其内部的荷电粒子线最后从孔部18c射出。第一实施方式中的此孔部18c存在于第一物镜透镜18。检测器20配置于上部装置与下部装置之间。更具体而言,检测器20安装于此孔部18c的下方。检测器20也具有开口部,通过一次电子线12。检测器20安装于第一物镜透镜18的下部,使得孔部18c与开口部重叠。也可于第一物镜透镜18的下部安装复数检测器20。复数检测器20的安装,使得一次电子线12的轨道不会塞住,且同时使得检测器20的检测部在上部装置的孔部18c以外的地方不会有间隙。

[0054] 于图2,显示使用第一物镜透镜18,将一次电子线12的焦点加在试料23上的情况的示例。尤其是对有厚度的试料23可以此方法观察。

[0055] 另一方面,主要使用第二物镜透镜26时,通过第一物镜透镜18的一次电子线12在第二物镜透镜26缩小聚焦。此第二物镜透镜26为了于试料23附近有强磁场分布(参照图4(b)),实施低像差透镜。而且,第一物镜透镜18控制孔径角 α ,并且调整缩小率或透镜的形状、及调整焦点深度,使得影像方便观看。即,第一物镜透镜18用于最优化上述各个控制值。而且,不能仅在第二物镜透镜26将一次电子线12聚焦的情况中,也可在第一物镜透镜18进行用于聚焦一次电子线12的辅助。

[0056] 参照图3,来说明关于没有迟滞的情况的动作。

[0057] 没有迟滞的情况中,也可移除图1的电位板22。试料23的设置优选地尽可能地靠近于第二物镜透镜26。更详细而言,试料23优选地设置于靠近第二物镜透镜26的上部,使试料23与第二物镜透镜26的上部(上面)距离为 5mm 以下。

[0058] 一次电子线12借由以加速电源14加速的能量扫描试料23上。此时的二次电子21a借由第二物镜透镜26的磁场卷绕磁束,并一边螺旋运动一边上升。二次电子21a一从试料23表面离开,就借由急速下降的磁束密度从旋转开始放开而发散,并借由来自二次电子检测器19的导引电场而偏向,捕捉于二次电子检测器19。即,二次电子检测器19的配置,使得从二次电子检测器19产生的电场借由荷电粒子线吸引从试料射出的二次电子。如此,能增加进入二次电子检测器19的二次电子21a。

[0059] 接着,使用图4,来说明关于迟滞的情况的概略。图4中,(a)显示迟滞时的等电位线,(b)显示第二物镜透镜的光轴上磁束密度分布 $B(z)$,(c)显示迟滞时的荷电粒子的速度。

[0060] 如图4的(b)所示,第二物镜透镜26的光轴上磁束密度因为于试料附近有强的分布,物镜透镜变成低像差透镜。然后,若于试料23赋予负的电位,一次电子线12于试料23附近减速(参照图4(c))。因为一次电子线12的速度慢,变得容易受到磁场的影响,于试料23附近,第二物镜透镜26变成强的透镜。因此,若于试料23赋予负的电位,第二物镜透镜26变成更低像差的透镜。

[0061] 而且,信号电子21借由试料23的迟滞电压在电场加速,能量变宽,进入检测器20。因此,检测器20变成高感度。因为这样的构成,能达成高分辨率的电子线装置。

[0062] 而且,第一物镜透镜18与第二物镜透镜26的距离为10mm至200mm。优选的是30mm至50mm。第一物镜透镜18与第二物镜透镜26的距离若更靠近10mm,在设置于第一物镜透镜18的正下方的检测器20能检测反射电子21b。但是,于迟滞时的二次电子21a变得容易进入第一物镜透镜18中。第一物镜透镜18与第二物镜透镜26的距离远离10mm以上,则二次电子21a变得容易在检测器20检测。而且,第一物镜透镜18与第二物镜透镜26的间隙为30mm程度的情况中,试料23的出入变得非常容易进行。

[0063] 接着,详细说明关于各组件的构成。首先,关于第二物镜透镜26的形状,参照图1来说明。

[0064] 形成第二物镜透镜26的磁极,由与一次电子线12的理想光轴的中心轴相同的中心磁极26a、上部磁极26b、筒形的侧面磁极26c、下部磁极26d所组成。中心磁极26a为上部附近的径小的形状。中心磁极26a的上部为例如一段或二段的圆锥台形状。中心磁极26a的下部为圆柱形状。中心磁极26a的下部的中心轴没有贯通孔。上部磁极26b朝向中心呈锥状,中心磁极26a的重心附近侧变薄,并为圆盘形状。上部磁极26b的中心,穿设有开口径 d 的开口。中心磁极26a的外径 D 较6mm大并较14mm小。开口径 d 与外径 D 的关系为 $d-D \geq 4\text{mm}$ 。

[0065] 接着,显示磁极的具体例。中心磁极26a与上部磁极26b两者的试料侧的上面为相同高度。中心磁极26a的下部外径为60mm。若此外径小,会导致透磁率的下降,是不好的。

[0066] 中心磁极26a为 $D=8\text{mm}$ 的情况,上部磁极26b的开口径 d 优选为12mm至32mm。开口径 d 更优选为14mm至24mm。开口径 d 越大,光轴上磁束密度分布变得像山一样平缓,宽度变宽,具有于一次电子线12的聚焦的必要的AT(安培计:线圈圈数 $N[T]$ 与电流 $I[A]$ 的积)能变小的优点。但是,开口径 d 与外径 D 的关系若为 $d > 4D$,则像差系数变大。于此,上部磁极26b的开口径 d 为20mm,侧面磁极26c的外径为150mm。而且,于中心磁极26a的轴中心也可有贯通孔。

[0067] 于此,例如相对于厚度为5mm的试料23,即使以30kV的高加速电压将一次电子线12聚焦的情况中,外径 D 优选地较6mm大并较14mm小。若 D 过小,则磁极饱和,一次电子线12无法聚焦。另一方面,若 D 过大,则性能变差。而且, d 与 D 的大小差若较4mm小,则磁极过靠近而变得容易饱和,一次电子线12无法聚焦。而且,第一物镜透镜18与第二物镜透镜26的距离若为10mm以下,则作业性变差。若此距离较200mm更长,则孔径角 α 容易变大。此情况,为了最适化像差,变得必须使用第一物镜透镜18来将 α 调整变小,使得操作性变差。

[0068] 而且,举例来说,仅使用5kV以下的加速电压,试料23的厚度薄的情况中,外径 D 优选为6mm以下。但是,举例来说,加速电压为5kV的情况中,若 D 为2mm、 d 为5mm、试料23的厚度为5mm、仅使用第二物镜透镜26,则磁极就饱和了,一次电子线12无法聚焦。但是,只要将试

料23限制为薄的,透镜就能更高性能化。

[0069] 就于试料23赋予电位的方法而言,将电性的绝缘部夹于第二物镜透镜26的磁极的一部分,并将一部分的磁极从接地电位浮起,能于试料23与磁极的一部分赋予迟滞电压。但是,此情况,若于磁性电路中夹住不是磁性体的物,则磁性透镜变弱。而且,若迟滞电压变高,则产生放电。若电性的绝缘部变厚,更会有磁性透镜变弱的问题。

[0070] 如图1所示,于上部磁极26b与中心磁极26a之间,可设置以非磁性体形成的密封部26f(例如铜或铝或蒙耐尔合金)。密封部26f将上部磁极26b与中心磁极26a之间以O形环或铜焊来真空气密。第二物镜透镜26中,借由上部磁极26b、密封部26f及中心磁极26a,将真空侧与大气侧气密分离。上部磁极26b与真空容器虽然图未示,但相结合,使得以O形环进行气密。借此,第二物镜透镜26除了真空侧的面之外,变得能暴露于大气。因此,变得容易冷却第二物镜透镜26。

[0071] 于真空中,虽然能放入第二物镜透镜26,但真空度变差。于真空侧若有线圈部26e,则变成气体射出源。而且,若不将这样的真空侧与大气侧的气密分离,则抽真空引时,气体通过第二物镜透镜26与绝缘板25连接的地方,会有试料移动的问题。

[0072] 举例来说,线圈部26e能形成6000AT的线圈电流。若线圈发热而变得高温,此原因会使线圈的膜融化而产生短路。借由能使得第二物镜透镜26暴露于大气,来提高冷却效率。举例来说,将第二物镜透镜26的下面的平台以铝制作,能将此平台作为散热来利用。然后,变得能以空冷风扇或水冷等来冷却第二物镜透镜26。因为这样的气密分离,成为强励磁的第二物镜透镜26变得可能。

[0073] 参照图1,来说明迟滞部。

[0074] 于第二物镜透镜26上,设置绝缘板25。举例来说,绝缘板25为0.1mm至0.5mm程度厚度的聚酰亚胺薄膜或聚酯薄膜等。然后,于其上,设置具有没磁性的导电性的试料台24。举例来说,试料台24是底面为250 μ m厚的铝板,其边缘远离靠近边缘端附近的绝缘板25处加工有曲面形状。试料台24优选地于曲面部与绝缘板25之间的间隙填充有绝缘材31。借此,提升第二物镜透镜26与试料台24之间的耐电压,能安定地使用。试料台24的平面形状虽为圆形,也可为椭圆、矩形等、各式平面形状。

[0075] 于试料台24上载置试料23。试料台24为了赋予迟滞电压,连接于迟滞电源27。举例来说,电源27为能施加0V至-30kV输出的变换电源。试料台24为了能从真空外部位置移动,连接于成为绝缘物的试料台平台板29。借此,试料23的位置可变更。试料台平台板29连接于XY平台(图未示),能从真空外部移动。

[0076] 于试料23上配置具有圆形开口部的导电性板(以下,称为电位板22)。电位板22相对于第二物镜透镜26的光轴垂直设置。此电位板22相对于试料23绝缘来配置。电位板22连接于电位板电源28。举例来说,电位板电源28为0V及-10kV至+10kV输出的变换电源。电位板22的圆形的开口部的直径只要是2mm至20mm程度即可。开口部的直径优选只要是4mm至12mm即可。或者,也可将一次电子线12或信号电子21通过的电位板22的部分形成导电性的网子状。网子的网部优选为细得让电子容易通过,使得开口率变大。此电位板22连接于XYZ平台(图未示),使其能从真空外部移动位置,来用于调整中心轴。

[0077] 试料台24的边缘于电位板22侧有厚度。举例来说,若电位板22为平坦,则电位板22在试料台24边缘变得靠近试料台24。如此,变得容易放电。因为电位板22在试料23附近以外

的地方具有远离导电性试料台24的形状,能提升与试料台24的耐电压。

[0078] 电位板22因为从试料23远离1mm至15mm程度的距离来配置,使其不会放电。但是,只离开一点来配置为优选的。此目的是为了于第二物镜透镜26产生的磁场较强的位置重叠减速电场。如果,此电位板22离试料23较远来设置的情况、或没有电位板22的情况,一次电子线12在第二物镜透镜26聚焦前就已经减速,降低了变小像差的效果。

[0079] 关于上述,参照图4来说明(图4为对应于后叙的仿真数据4时的说明图)。图4的(a)是说明迟滞时的等电位线的图。

[0080] 假设电位板22的开口部过大,试料23与电位板22的距离很靠近的情况,等电位线于电位板22的开口部靠近电子枪侧大大地跑出并分布。此情况,一次电子在到达电位板22之前就已经减速。电位板22的开口径越小,有减少电场泄漏的效果。但是,有必要让信号电子21不被吸收于电位板22。因此,在不引起放电的范围,调整试料23与电位板22的电位差的同时,若调整试料23与电位板22的距离,适当选择电位板22的开口径变得重要。

[0081] 图4的(b)是说明第二物镜透镜26的光轴上磁束密度分布 $B(z)$ 的图。纵轴为 $B(z)$,横轴为坐标,第二物镜透镜26的表面为原点(-0)。显示出 $B(z)$ 于第二物镜透镜26附近急速地变大的样子。

[0082] 图4的(c)是说明迟滞时的荷电粒子的速度的图。荷电粒子线的速度显示在试料正前方持续减速。

[0083] 借由将电位板22设置于试料23的附近,一次电子的速度直到电位板22附近都不太变化。然后,一次电子从电位板22附近到试料23附近,速度变慢,变得容易受到磁场的影响。因为第二物镜透镜26的磁场靠近试料23附近也变强,两者的效果加起来,使得试料23附近成为强的透镜,变成像差小的透镜。

[0084] 只要一边将加速电压尽可能变大,一边将迟滞电压靠近于加速电压,能将照射电子能量变小,并使电子进入试料23中的深度变浅。借此,变得能进行试料的表面形状的高分辨率观察。而且,像差也能变小,从而能达到高分辨率及低加速的SEM。

[0085] 第一实施方式中,能简单地变高试料23与电位板22的耐压。第一物镜透镜18与第二物镜透镜26之间能为10mm至200mm的距离。因此,只要是例如平坦的试料23,且只要试料23与电位板22的间隔为5mm程度,就能对试料23与电位板22比较简单地施加10kV程度的电位差。有尖锐的部分的试料23的情况,为了不放电,必须适当选择距离或开口径。

[0086] 于图5,显示试料的不同配置例。再者,如图5所示,将圆筒形且上面被R加工的圆筒放电防止电极30设置于试料台24上的试料23的周围,可使放电变得不容易。圆筒放电防止电极30使试料上的等电位线流畅,并借由试料23的间隙,也有助于缓和聚焦点的偏差。

[0087] 就第一实施方式的检测器20而言,使用半导体检测器20、微通道板检测器20(MCP)、或荧光体发光方式的Robinson检测器20。这些当中的至少任一者配置于第一物镜透镜18的正下方。二次电子检测器19为了收集二次电子21a,电场被配置成悬于试料23的上方。

[0088] 半导体检测器20、MCP检测器20或Robinson检测器20连接于第一物镜透镜18的试料侧,并配置于光轴起算的3cm以内。优选的是,检测部的中心置于光轴,使用检测器20,且于其中心设置有通过一次电子的开口部。设置于光轴起算的3cm以内,在有迟滞的情况,信号电子靠近光轴。

[0089] 一次电子线12以将电子电荷加于从以加速电源14 (Vacc) 来加速使用的加速电压减去迟滞电压Vdecel的值(即 $-(V_{acc}-V_{decel})$ [V])的能量,扫描试料23上。此时,从试料23射出信号电子21。借由加速电压与迟滞电压的值,接受电子的影响者不同。反射电子21b借由第二物镜透镜26的磁场,于接受旋转力的同时,因为试料23与电位板22之间的电场而加速。因此,反射电子21b的放射角的延伸变窄,变得容易入射至检测器20。而且,二次电子21a也借由第二物镜透镜26的磁场,于接受旋转力的同时,因为试料23与电位板22之间的电场而加速,入射至位于第一物镜透镜18下的检测器20。二次电子21a及反射电子21b皆加速,因为能量被变宽,并入射至检测器20,使得信号变大。

[0090] 通用SEM中,通常以第一物镜透镜18这样的透镜将电子聚焦。通常,此第一物镜透镜18设计成将试料23靠近于第一物镜透镜18时,成为高分辨率。但是,半导体检测器20等有厚度,其厚度程度必须从第一物镜透镜18远离试料23。而且,若将试料23太靠近第一物镜透镜18,二次电子21a难以进入位于第一物镜透镜18外的二次电子检测器19。因此,通用SEM中,将半导体检测器20配置于第一物镜透镜18正下方,并使用具有通过一次电子的开口部且厚度薄的半导体检测器20。试料23隔着些微的间隙来配置,以避免撞到检测器20。由于试料23些微地离开第一物镜透镜18,高性能化变得困难。

[0091] 第一实施方式中,使用第二物镜透镜26作为主透镜的情况,能将试料23靠近第二物镜透镜26来设置。然后,能分离第一物镜透镜18与第二物镜透镜26之间的距离。举例来说,如果分离30mm,可将有10mm程度厚度的MCP检测器20设置于第一物镜透镜18的正下方。而且,当然也能设置Robinson型的检测器20或半导体检测器20。也有设置反射板,使信号电子21接触反射板,并将从此处产生或反射的电子以第二个二次电子检测器检测的方法。能设置带有相同作用的各种信号电子的检测器20。

[0092] 接着,说明关于与透镜光学性能有关的孔径角 α 。

[0093] 将一次电子线12接触试料23时的射束径称为探测径。使用以下数学式做为评价探测径的数学式。另,以下的数学式中,连接“~”的数字为指数。

[0094] [数1] 探测径 $D_{probe} = \sqrt{D_g^2 + D_s^2 + D_c^2 + D_d^2}$ [nm]

[0095] [数2] 光源的缩小直径 $D_g = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot S_o = M \cdot S_o$ [nm]

[0096] [数3] 球面像差 $D_s = 0.5 C_s \cdot \alpha^3$ [nm]

[0097] [数4] 色像差 $D_c = 0.5 C_c \cdot \alpha \cdot \Delta V / V_i$ [nm]

[0098] [数5] 绕射像差: $D_d = 0.75 \times 1.22 \times \lambda / \alpha$ [nm]

[0099] 于此,电子源的大小为 S_o ,第一段聚光透镜15a的缩小率为 M_1 ,第二段聚光透镜15b的缩小率为 M_2 ,第一物镜透镜18与第二物镜透镜26所形成的透镜的缩小率为 M_3 ,全缩小率 $M = M_1 \times M_2 \times M_3$,球面像差系数为 C_s ,色像差系数为 C_c ,在试料面的一次电子线12的孔径角为 α ,照射电压(对应于一次电子冲撞于试料23时的能量的电压)为 V_i ,对应于一次电子线12的能量延伸的电压为 ΔV ,电子的波长为 λ 。

[0100] 关于使用热电子射出型电子源的SEM的性能的一例,使用仿真数据来说明。图1的第一物镜透镜18为通用透镜型。

[0101] 显示以第一物镜透镜18聚焦一次电子线12的情况。其对应于通用SEM。

[0102] 一次电子线12的 ΔV 为1V,电子源的大小 S_o 为 $10 \mu\text{m}$ 。 $M_1 \times M_2 = 0.00282$ 。设置孔径30微米的物镜透镜光圈16,去除不用的轨道电子。借由此物镜透镜光圈16的孔径,能调整入射

于试料23的射束的孔径角 α 与探测电流。WD为6mm,加速电压 $V_{acc} = -30\text{kV}$ ($V_i = 30\text{kV}$)。若模拟计算,

[0103] (仿真数据1)

[0104] $D_{probe} = 4.4\text{nm}$, $D_g = 1.59$, $D_s = 3.81$, $D_c = 0.916$, $D_d = 1.25$,

[0105] $C_s = 54.5\text{mm}$, $C_c = 10.6\text{mm}$, $\alpha = 5.19\text{mrad}$, $M_3 = 0.0575$ 。

[0106] 接着,显示以第二物镜透镜26聚焦一次电子线12的情况。

[0107] 图1的构成中,第二物镜透镜26与第一物镜透镜18的距离为40mm。第二物镜透镜26中, $D = 8\text{mm}$, $d = 20\text{mm}$,为了调整 α 的物镜透镜光圈16的孔径为21.8微米。此时,调弱聚光透镜15,使得与通用SEM时相比不变化探测电流量。其他的条件相同。若仿真在 $Z = -4\text{mm}$ 的位置的性能,

[0108] (仿真数据2)

[0109] $D_{probe} = 1.44\text{nm}$, $D_g = 0.928$, $D_s = 0.657$, $D_c = 0.503$,

[0110] $D_d = 0.729$, $C_s = 1.87\text{mm}$, $C_c = 3.391\text{mm}$, $\alpha = 8.89\text{mrad}$, $M_3 = 0.0249$ 。

[0111] 如上所述,使用第二物镜透镜26,则得知SEM的性能大幅地变好。

[0112] 而且,与在第一物镜透镜18聚焦时相比,在第二物镜透镜26聚焦时, D_g 变小。相同探测径的情况中,与在第一物镜透镜18聚焦时相比,显示能变弱聚光透镜15。因此,使用第二物镜透镜26,则得知与通用SEM相比,能大电流化探测电流。

[0113] 接着,说明不使用第一物镜透镜18,使用第二物镜透镜26,加速电压 V_{acc} 为 -1kV ($V_i = 1\text{kV}$)的情况(迟滞电压为 0V)。为了不变化探测电流,调整聚光透镜15(但是,电子枪的轨道与射束量与 -30kV 时相同)。其他的条件相同。以下为仿真数据。

[0114] (仿真数据3)

[0115] 结果显示于图6(a)。

[0116] $D_{probe} = 15.6\text{nm}$, $D_g = 0.928$, $D_s = 0.657$, $D_c = 15.1$, $D_d = 3.99$,

[0117] $C_s = 1.87\text{mm}$, $C_c = 3.39\text{mm}$, $\alpha = 8.89\text{mrad}$, $M_3 = 0.0249$ 。

[0118] 此情况中, C_s 、 C_c 、 α 、 M_3 、 D_s 和仿真数据2相同。因为 $\Delta V/V_i$ 变大,探测径也变得非常大。

[0119] 接着,说明将电位板22配置于试料23的上部的例。电位板22的开口径为 $\Phi 5\text{mm}$,试料23为 $\Phi 6\text{mm}$ 。试料测定面为 $Z = -4\text{mm}$ (第二物镜透镜26起算的距离)。试料台24与电位板22的距离为 8mm ,试料测定面与电位板22之间隔为 5mm 。

[0120] 仿真加速电压 V_{acc} 为 -10kV ,电位板22为 0V 电位,将试料23以 $V_{decel} = -9\text{kV}$ 来迟滞, $V_i = 1\text{kV}$ 的情况的数值。于此,不使用第一物镜透镜18,仅使用第二物镜透镜26来聚焦。

[0121] (仿真数据4)

[0122] 结果显示于图6(b)。

[0123] $D_{probe} = 5.72\text{nm}$, $D_g = 0.924$, $D_s = 2.93$, $D_c = 4.66$, $D_d = 1.26$,

[0124] $C_s = 0.260\text{mm}$, $C_c = 0.330\text{mm}$, $\alpha = 28.2\text{mrad}$, $M_3 = 0.0247$ 。

[0125] 若迟滞电压 V_{decel} 为 -9kV ,照射电子的能量变成 1keV 。与加速电压为 -1kV 时相比,探测径被大大地改善。

[0126] 接着,显示于此条件,追加使用第一物镜透镜18,适当调整强度(试着调为仿真数据1中必要AT(安培计)的约0.37倍)的例。

[0127] (仿真数据5)

[0128] 结果显示于图6(c)。

[0129] $D_{\text{probe}}=4.03\text{nm}$, $D_g=1.60$, $D_s=0.682$, $D_c=2.92$, $D_d=2.17$,

[0130] $C_s=0.312\text{mm}$, $C_c=0.357\text{mm}$, $\alpha=16.3\text{mrad}$, $M_3=0.0430$ 。

[0131] 于此,可知 D_{probe} 减少。仿真数据4中, $D_c (=4.66)$ 明显地变大。于此,稍微增加第一物镜透镜18,能变小 α 。 D_c 从上述[数4]可知,受到 C_c 与 α 影响。虽然 C_c 稍微变大,但 α 变得相当小。因此, D_c 变小。从[数1]可知,使用第一物镜透镜18, D_{probe} 能变小。

[0132] 相对于图6(a)的 $\alpha=8.89\text{mrad}$,图6(b)中的 $\alpha=28.2\text{mrad}$,借由迟滞,变成大的值。即,得知变成强的透镜。而且,因此得知 D_d 也变小。图6(c)中,以第一物镜透镜18调整 α ,可知 α 变小。

[0133] 于此,最重要的是,虽然也可缩小物镜透镜光圈16的孔径来调整 α ,但此情况中,探测电流已经减少。但是,即使使用第一物镜透镜18来调整 α ,探测电流也不会减少。因此,从试料23产生的二次电子21a与反射电子21b不会减少。

[0134] 而且,若借由迟滞电压的施加来使检测器20的感度变好,能减少探测电流。再者,缩小物镜透镜光圈16的孔径,也能缩小 α 。而且,借由聚光透镜15,也可缩小其缩小率 $M_1 \times M_2$ 。因此,虽然为了平衡 D_g 、 D_s 、 D_c 、及 D_d 有调整的有必要,但也有探测径能缩得更小的情况。物镜透镜光圈16与第一物镜透镜18能最适化探测径。

[0135] 而且,对试料23用焦点深度浅的透镜,不管凸凹的上面与底面哪一者都会焦点不合。这样的情况,即使探测径相同, α 越小,焦点深度变得越深,也能清楚的看见。使用第一物镜透镜18,也能最适化,使得像容易被看见。

[0136] 接着,显示第一实施方式的装置的各种使用方法的具体例。

[0137] 图6(b)中,举例来说,虽然显示加速电压 V_{acc} 为 -10kV ,试料23以 -9kV 来迟滞的仿真,但加速电压 V_{acc} 为 -4kV 、试料23为 -3.9kV ,也得得到 $V_i=100\text{V}$ 。加速电压与迟滞电压的比接近1左右,像差系数能缩小。而且,上述中,关于第二物镜透镜26的磁极,虽然显示 $D=8\text{mm}$ 、 $d=20\text{mm}$ 的情况,但只要 $D=2$ 、 $d=6$ 等,纵使试料高度或加速电压有制限,也能得到更佳的性能。

[0138] 而且,加速电压为 -10kV 且无迟滞的情况,虽然能以二次电子检测器19检测二次电子21a,但半导体检测器20不能检测。但是,只要加速电压为 -20kV 、迟滞电压为 -10kV ,则二次电子21a以约 10keV 的能量进入至半导体检测器20,使得检测变得可能。

[0139] 而且,加速电压为 -10.5kV 、迟滞电压为 -0.5kV 时,二次电子21a不能以半导体检测器20检测感度。但是,此时,能以二次电子检测器19检测二次电子21a。即,二次电子21a于低迟滞电压时能以二次电子检测器19捕捉,若迟滞电压慢慢地上升,能以半导体检测器20检测的量会增加。如此,二次电子检测器19于一边聚于焦点,一边提升迟滞电压的调整时,也相当有用。

[0140] 第一实施方式的第二物镜透镜26设计成能以 $Z=-4.5\text{mm}$ 来聚焦 30keV 的一次电子。只要试料位置靠近于第二物镜透镜26,例如 $Z=-0.5\text{mm}$ 的位置中, 100keV 的一次电子也能聚焦。没有迟滞的情况中,也可不将绝缘板25(绝缘薄膜)设置于第二物镜透镜26的上方。因此,此情况中的第二物镜透镜26,使加速电压能充分聚焦 -100kV 的一次电子线12。从最靠近于物镜透镜的磁极的试料来看,优选的是,第二物镜透镜26设计成可将使加速电源为 -30kV

至-10kV的任一者来加速的荷电粒子线聚焦于0mm至4.5mm中的任一者的高度位置。

[0141] 说明关于加速电压为-15kV、试料23为-5kV、于电位板22施加-6kV的情况。一次电子接触试料23时,变成10keV。从试料23射出的二次电子21a的能量为100eV以下。因为电位板22的电位较试料23的电位低1kV,二次电子21a无法超过电位板22。因此,二次电子21a无法检测。带有从试料23射出的1keV以上的能量的反射电子21b能通过电位板22。再者,电位板22与第一物镜透镜18下的检测器20之间有6kV的电位差,反射电子21b加速进入检测器20。借由能调整这样的电位板22的电压,能将电位板22作为能量过滤器来使用,并且也可加速信号电子21来提升感度。

[0142] 接着,说明关于试料的高度(例如7mm)的情况。

[0143] 此时,即使有迟滞的情况,也于包含上部磁极26b至绝缘板25与试料台24的厚度(例如于 $Z=-7.75\text{mm}$ 程度的位置)进行测定。此情况,只有第二物镜透镜26,无法将30keV的一次电子线12聚焦。但是,即使不降低加速电压,只要借助第一物镜透镜18,也可聚焦一次电子线12。

[0144] 而且,依据试料23的高度,也有仅以第一物镜透镜18聚焦的方法来性能佳观察的情况(参照图2)。如此,借由试料23,能选择最适当的使用方法。

[0145] 上述中,虽然叙述关于第一物镜透镜18与第二物镜透镜26之间间隔为40mm的情况,此距离可为固定式也可为可动式。第一物镜透镜18与第二物镜透镜26的距离越大,缩小率 $M3$ 会变成小的值。然后,孔径角 α 能变大。此方法中,能调整 α 。

[0146] 而且,迟滞电压高且信号电子21通过光轴的附近,容易进入用于通过检测器20的一次电子的开口部。因此,检测器20的开口部可为小的程度。检测器20的开口部为 $\Phi 1$ 至 $\Phi 2\text{mm}$ 程度,感度佳。借由调整电位板22的开口径或高度,将电位板22的位置从光轴稍微移动,为了让信号电子21接触于检测器20,而调整信号电子21的轨道来提升感度的方法。而且,于第一物镜透镜18与第二物镜透镜26之间,加入持续施加电场与磁场的 $E \text{ cross } B (E \times B)$,可稍微弯曲信号电子21。因为一次电子的进行方向与信号电子21的进行方向相反,对稍微弯曲信号电子21,可设置弱电场与磁场。只要稍微弯曲,不进入检测器20中心的开口部,变得能进行检测。而且,可单纯于第一物镜透镜18与第二物镜透镜26之间将电场相对于光轴横置。即使如此,一次电子也难受影响,只要有横偏差,对画像的影响少。举例来说,使用借由二次电子检测器19的收集电极等的电场,也可控制信号电子21的轨道。

[0147] 图3中,使用第二物镜透镜26作为主透镜。试料台24为接地电位的情况,二次电子21a以二次电子检测器19进行检测。反射电子21b以半导体检测器20或Robinson检测器20等进行检测。试料23与检测器20分离10mm至20mm程度时,能感度佳进行检测。但是,若分离40mm程度,无法进入至检测器20的反射电子21b增加,反射电子21b的检测量变少。此时,若于试料23赋予迟滞电压,二次电子21a能以半导体检测器20或Robinson检测器20等进行检测。而且,赋予迟滞电压后,反射电子21b的延伸被抑制,于半导体检测器20或Robinson检测器20等,变得能以高感度进行检测。没有这样的电位板22的情况也可使用迟滞。

[0148] 图2中,试料23厚的情况中,显示使用第一物镜透镜18作为物镜透镜的情况。图2中,活用移动电位板22的XYZ平台,能作为试料平台来使用。更具体而言,取代电位板22,借由试料台24连接于XYZ平台,试料台24可于X方向、Y方向及Z方向移动。此XYZ平台也可将试料台24朝靠近于第一物镜透镜18的方向移动。借此,于通用SEM使用此装置。反射电子21b以

半导体检测器20或Robinson检测器20等进行检测,二次电子21a以二次电子检测器19进行检测。通常,虽然试料23为接地电位,但也能进行简易的迟滞(能在没有电位板22,进行迟滞)。

[0149] 仅使用第二物镜透镜电源42时构成的装置,使得第二物镜透镜26与试料测定面的距离比第一物镜透镜18与试料测定面的距离更靠近:仅使用第一物镜透镜电源41构成的装置,使得第一物镜透镜18与试料测定面的距离比第二物镜透镜26与试料测定面的距离更靠近。

[0150] 图1中有迟滞的情况,试料23的电位变成负的。也可让试料23保持在GND等级,于电位板22施加正的电压(将此手法称为Boosting法)。也可于试料23施加负的电压,于电位板22加上正电位,作为低加速SEM,并有好的性能。就范例而言,第一物镜透镜18为接地电位,于电位板22施加+10kV,来说明试料23为接地电位的情况。加速电压为-30kV。一次电子通过第一物镜透镜18时为30keV,从第一物镜透镜18朝向电位板22加速,并从电位板22附近朝向试料23减速。以下,显示此情况的仿真数据。试料23与电位板22的形状,与仿真数据4的情况为相同的条件。

[0151] (仿真数据6)

[0152] $D_{probe} = 1.31\text{nm}$, $D_g = 0.904$, $D_s = 0.493$, $D_c = 0.389$,

[0153] $D_d = 0.710$, $C_s = 1.29\text{mm}$, $C_c = 2.56\text{mm}$, $\alpha = 9.13\text{mrad}$, $M_3 = 0.0244$ 。

[0154] 依据以上的结果,与没有Boosting的情况(仿真数据2)相比,改善了探测径。

[0155] 虽然信号电子21在试料23与电位板22之间加速,但在电位板22与检测器20之间减速。检测器20在有半导体检测器20的情况下,虽然能检测反射电子21b,但因为半导体检测器20为接地电位,减速且无法检测二次电子21a。二次电子21a以二次电子检测器19检测。只要将迟滞电压施加于试料23,也能以半导体检测器20检测二次电子21a。

[0156] 接着,参照图7,说明关于借由二段偏向线圈17的调整来移动偏向轨道的交点。以二段偏向线圈17二次元扫描试料23上。二段偏向线圈17的电子源侧称为上段偏向线圈17a,试料侧称为下段偏向线圈17b。

[0157] 如图1所示,此二段偏向线圈17借由变换上段偏向线圈17a的强度的上段偏向电源43、变换下段偏向线圈17b的强度的下段偏向电源44、及控制上段偏向电源43与下段偏向电源44的控制装置45来控制。

[0158] 从第一物镜透镜18的内部来看,上段偏向线圈17a与下段偏向线圈17b设置于一次电子线12飞入侧(设置于第一物镜透镜18的透镜主面更上游、或在将下段的偏向构件设置于透镜主面的位置的情况设置于较外侧磁极18b(参照图7。另,图7的符号18a显示内侧磁极。)更上游)。上段偏向电源43与下段偏向电源44的使用电流比借由控制装置45来变换。

[0159] 图7(a)中,借由二段的偏向线圈17,电子形成通过光轴与第一物镜透镜18的主面的交点附近的轨道。使用第一物镜透镜18作为主透镜的情况(图2)中,这样设定。使用第二物镜透镜26作为主透镜时,如图7(a)所示,偏向像差变大,低倍率的画像歪斜了。使用第二物镜透镜26作为主透镜时,如图7(b)所示,上段偏向线圈17a与下段偏向线圈17b的强度比调整电子,形成通过第二物镜透镜26的主面与光轴的交点附近的轨道。调整借由调整上段偏向电源43与下段偏向电源44的使用电流比的控制装置45来进行。如此,减少画像的歪斜。另,调整使用电流比,不是错开偏向轨道的交点(交叉点),而是可以采用将圈数相异的线圈

以相继等切换的方式(设置多个圈数相异的线圈,将使用的线圈以控制装置来选择的方式)或、静电透镜的情况切换电压的方式(变换使用电压比的方式)。

[0160] 如图7所示,偏向线圈17也可配置于第一物镜透镜18内的间隙。偏向线圈17也可位于第一物镜透镜18内,如图1所示,也可比此设置于荷电粒子线的上流侧。采用静电偏向的情况,取代偏向线圈而采用偏向电极。

[0161] [第二实施方式]

[0162] 参照图8,说明没有第一物镜透镜18的简易装置构成。

[0163] 于此,将半导体检测器20设置于下段偏向线圈17b的下方。没有第一物镜透镜18的情况,能缩短下段偏向线圈17b与第二物镜透镜26的距离。这样的装置构成适当小型化。与第一实施方式比较,第二实施方式去除使用第一物镜透镜18之外,能使用相同的装置。检测器20与第二物镜透镜26的距离分离10mm至200mm来设置。

[0164] 于图8的装置,借由电子源11至下段偏向线圈17b的构成,来构成将一次电子线12朝向试料23射出的上部装置。而且,借由电位板22与配置于比电位板22更下方的构件来构成下部装置。于下部装置保持试料23。上部装置具有孔部,通过其内部的荷电粒子线最后从孔部射出。此孔部存在于下段偏向线圈17b。检测器20安装于此孔部的下方。检测器20也具有通过一次电子线12的开口部,检测器20安装于下段偏向线圈17b更下部,使得孔部与开口部重迭。

[0165] [第三实施方式]

[0166] 第三实施方式中,于电子源11使用电场射出型的结构。电场射出型与热电子射出型相比,辉度高,光源的大小较小,一次电子线12的 ΔV 也较小,色像差的面也较有利。第三实施方式中,为了与第一实施方式相比,第一实施方式的第二段聚光透镜15b以下与第一实施方式相同,电子源部为电场射出型,没有第一段聚光透镜15a。一次电子线12的 ΔV 为0.5eV,电子源的大小为 $S_o=0.1\mu\text{m}$ 。若计算 $Z=-4\text{mm}$ 、加速电压 V_{acc} 为-30kV、第一物镜透镜18为OFF的性能,如下所述。

[0167] (仿真数据7)

[0168] $D_{probe}=0.974\text{nm}$, $D_g=0.071$, $D_s=0.591$, $D_c=0.248$,

[0169] $D_d=0.730$, $C_s=1.69\text{mm}$, $C_c=3.36\text{mm}$, $\alpha=8.88\text{mrad}$, $M_3=0.0249$ 。

[0170] 电场射出型电子源与热电子射出型相比,辉度高。再者,因为聚光透镜15变成一段,探测电流与热电子射出型时相比变多。不仅如此,得知探测径变小。 D_d 显示为最大值。

[0171] 接着的示例中,加速电压 V_{acc} 为-1kV($V_i=1\text{kV}$)。不使用第一物镜透镜18,使用第二物镜透镜26,聚焦电子。调整聚光透镜15,使得探测电流不变化。此情况,如以下所述。

[0172] (仿真数据8)

[0173] $D_{probe}=8.48\text{nm}$, $D_g=0.071$, $D_s=0.591$, $D_c=7.45$, $D_d=4.00$,

[0174] $C_s=1.68\text{mm}$, $C_c=3.36\text{mm}$, $\alpha=8.88\text{mrad}$, $M_3=0.0249$ 。

[0175] 如上所述,热电子射出型(仿真数据3)中,因为 $D_{probe}=15.6\text{nm}$,得知电场射出型电子源的方式较佳。

[0176] 接着,说明关于如图1所示地配置电位板22与试料23的例。试料测定面为 $Z=-4\text{mm}$ 。

[0177] 关于加速电压 V_{acc} 为-10kV,电位板22为0V电位,试料23为-9kV的情况($V_i=1\text{kV}$),于下显示计算结果。于此,不使用第一物镜透镜18,仅使用第二物镜透镜26来聚焦。

[0178] (仿真数据9)

[0179] $D_{\text{probe}}=3.92\text{nm}$, $D_g=0.071$, $D_s=2.90$, $D_c=2.32$, $D_d=1.26$,

[0180] $C_s=0.260\text{mm}$, $C_c=0.330\text{mm}$, $\alpha=28.1\text{mrad}$, $M_3=0.0248$ 。

[0181] 像差中, D_s 为最大的值。于此, 因为靠近于试料23的电子速度变慢, 容易受到磁场的影响, 并且磁束密度靠近于试料23有大的值而形成靠近于试料23的强透镜, α 变得过大。因为 D_s 与 α 的立方成比例, D_s 变大。可使用第一物镜透镜18来改善。

[0182] 接着, 显示使用第一物镜透镜18, 最适当调整强度的情况(调为仿真数据1中AT(安培计)的约0.31倍的情况)的数据。

[0183] (仿真数据10)

[0184] $D_{\text{probe}}=2.68\text{nm}$, $D_g=0.103$, $D_s=1.03$, $D_c=1.68$, $D_d=1.82$,

[0185] $C_s=0.279\text{mm}$, $C_c=0.344\text{mm}$, $\alpha=19.5\text{mrad}$, $M_3=0.0358$ 。

[0186] 虽然只看像差系数是恶化的, 但探测径借由调节 α , 可进一步改善。

[0187] 于此, 为了与第一实施方式相比, 物镜透镜光圈16的孔径与21.8微米相同。电场射出型的情况, 因为明亮的辉度, 并且变成一段的聚光透镜15, 孔径能变小。因此, 绕射像差成为主要的像差。

[0188] 依据上述的本实施方式, 使用第二物镜透镜26, 进行迟滞, 形成 α 变大的透镜系, 并形成减少绕射像差的透镜系。即, 于荷电粒子线装置, 能够实现低像差的第二物镜透镜。将信号电子以高感度进行检测, 能够实现低价的高分辨率化。

[0189] 如果是本实施方式, 信号电子因为不会通过第一物镜透镜中, 能将检测部形成简单的构造。第二物镜透镜的光轴上磁束密度因为是靠近于试料的强分布, 物镜透镜成为低像差透镜。于试料赋予负的电位, 形成靠近于试料的强透镜, 物镜透镜成为更低的像差透镜。试料的迟滞电压的电场中, 因为信号电子被加速, 能量增宽并进入检测器, 检测器变成高感度。借由以上的构成, 能够实现高分辨率的荷电粒子线装置。

[0190] [第四实施方式]

[0191] 接着, 说明关于第四实施方式的SEM(荷电粒子装置的一示例)的装置构成。以下的说明中, 关于与上述的实施方式相同的构成(包含各构成的变化例), 附上与上述相同的符号, 并省略关于这些构成的详细说明。

[0192] 上述第一实施方式的大致构成, 与以下的第四实施方式也相同。上部装置以从电子源11到第一物镜透镜18的构成来配置。从上部装置朝向试料23射出一次电子线12。下部装置配置第二物镜透镜26。于下部装置保持试料23。二次电子检测器19及检测器20也同样地设置。二次电子检测器19设置成用于检测二次电子21a的信号电子21。

[0193] 图9显示有关本发明的第四实施方式的SEM的装置构成的示例的剖面图。

[0194] 如图9所示的SEM中, 与图1所示的结构相同, 设置上部装置、第二物镜透镜26、二次电子检测器19、电位板22等。此SEM中, 进行迟滞。如此, 第四实施方式中, SEM基本上具有与图1所示的结构相同的构成。第四实施方式中, SEM在电位板22的下面(试料23侧的面)配置检测反射电子21b的检测器720的点与图1所示的结构不同。

[0195] 于检测器720, 设置通过一次电子线12或二次电子21a的孔部。就检测器720而言, 例如使用微通道板、Robinson检测器、半导体检测器等。

[0196] 如使, 如图9所示的装置中, 于比较靠近于试料23的位置, 配置检测器720。因为入

射的反射电子21b的立体角大,且反射电子21b的检测感度提升,能以更高感度进行试料23的观察。

[0197] 第四实施方式中,也可于电位板22的上方配置检测器20。检测器720的孔部720a的尺寸也可小至通过一次电子线12程度。举例来说,孔部720a为圆形的贯通孔,其直径优选地例如1毫米至2毫米程度。借由缩小这样的孔部720a,反射电子21b的大部分变得无法通过电位板22更上方。因此,因为入射至二次电子检测器19或检测器20的信号电子21的大部分成为二次电子21a,不会与反射电子像混合,能得到鲜明的二次电子像。

[0198] [其他]

[0199] 虽然本发明借由上述实施方式所记载,但此等公开的叙述及图面应理解不会限定此发明。举例来说,从荷电粒子源至试料23的荷电粒子线的轨道的图中描绘直线。但是,若进入能量过滤器等,轨道会弯曲。也有荷电粒子线的轨道弯曲的情况。这样的情况也包含于权利要求书所记载的技术范围内。而且,离子束显微镜中的负离子的荷电粒子的情况,能与电子相同的考虑方式,可知能与第一实施方式有相同的适用。离子的情况,因为与电子相比其质量重,可使聚光透镜15为静电透镜,偏向线圈17为静电偏向,第一物镜透镜18为静电透镜。而且,物镜透镜26使用磁性透镜。

[0200] 依据上述说明的本发明,能理解可轻易适用于作为荷电粒子线装置的EPMA、电子线描绘装置等的电子束装置、或离子束显微镜等的离子束装置。使用像 He^+ 离子源的正离子的荷电粒子的情况中,使用正的加速电源14作为离子源的加速电源。没有进行迟滞的情况中,能构成与第一实施方式相同的装置。进行迟滞的情况中,将迟滞电源27切换成正电源以外,能构成与上述的实施方式相同的装置。此时,只要电位板22为接地电位,从试料23射出的信号电子21因为为负电荷,能拉回至试料23。此情况,可调整电位板电源28,使得电位板22的电位变得比试料23的电位更高。举例来说,优选的是,荷电粒子线的加速电源14为+7kV,上部装置为接地电位,电位板22为+6kV,试料23为+5kV。如果这样的话,能以设置于电位板22的位置的检测器720检测信号电子21。

[0201] 上述的实施方式及变化例中揭示的全部特点应认为没有限制。本发明的范围不仅止于上述的说明,依据权利要求书所示,应认为包含与权利要求书均等的意义及范围内的所有的变化。

[0202] 【符号说明】

[0203]	11	荷电粒子源(电子源)
[0204]	12	荷电粒子线(一次电子线)
[0205]	13	韦乃特电极
[0206]	14	加速电源
[0207]	15	聚光透镜
[0208]	15a	第一段聚光透镜
[0209]	15b	第二段聚光透镜
[0210]	16	物镜透镜光圈
[0211]	17	二段偏向线圈
[0212]	17a	上段偏向线圈
[0213]	17b	下段偏向线圈

[0214]	18	第一物镜透镜
[0215]	18a	内侧磁极
[0216]	18b	外侧磁极
[0217]	18c	孔部
[0218]	19	二次电子检测器
[0219]	20	检测器(半导体检测器、Robinson检测器或MCP检测器)
[0220]	21	信号电子(21a…二次电子,21b…反射电子)
[0221]	21a	二次电子
[0222]	21b	反射电子
[0223]	22	电位板
[0224]	23	试料
[0225]	24	试料台
[0226]	25	绝缘板
[0227]	26	第二物镜透镜
[0228]	26a	中心磁极
[0229]	26b	上部磁极
[0230]	26c	侧面磁极
[0231]	26d	下部磁极
[0232]	26e	线圈
[0233]	26f	密封部
[0234]	27	迟滞电源
[0235]	28	电位板电源
[0236]	29	试料台平台板
[0237]	30	圆筒放电防止电极
[0238]	31	绝缘材
[0239]	41	第一物镜透镜电源
[0240]	42	第二物镜透镜电源
[0241]	43	上段偏向电源
[0242]	44	下段偏向电源
[0243]	45	控制装置
[0244]	720	检测器(半导体检测器、Robinson检测器或MCP检测器)

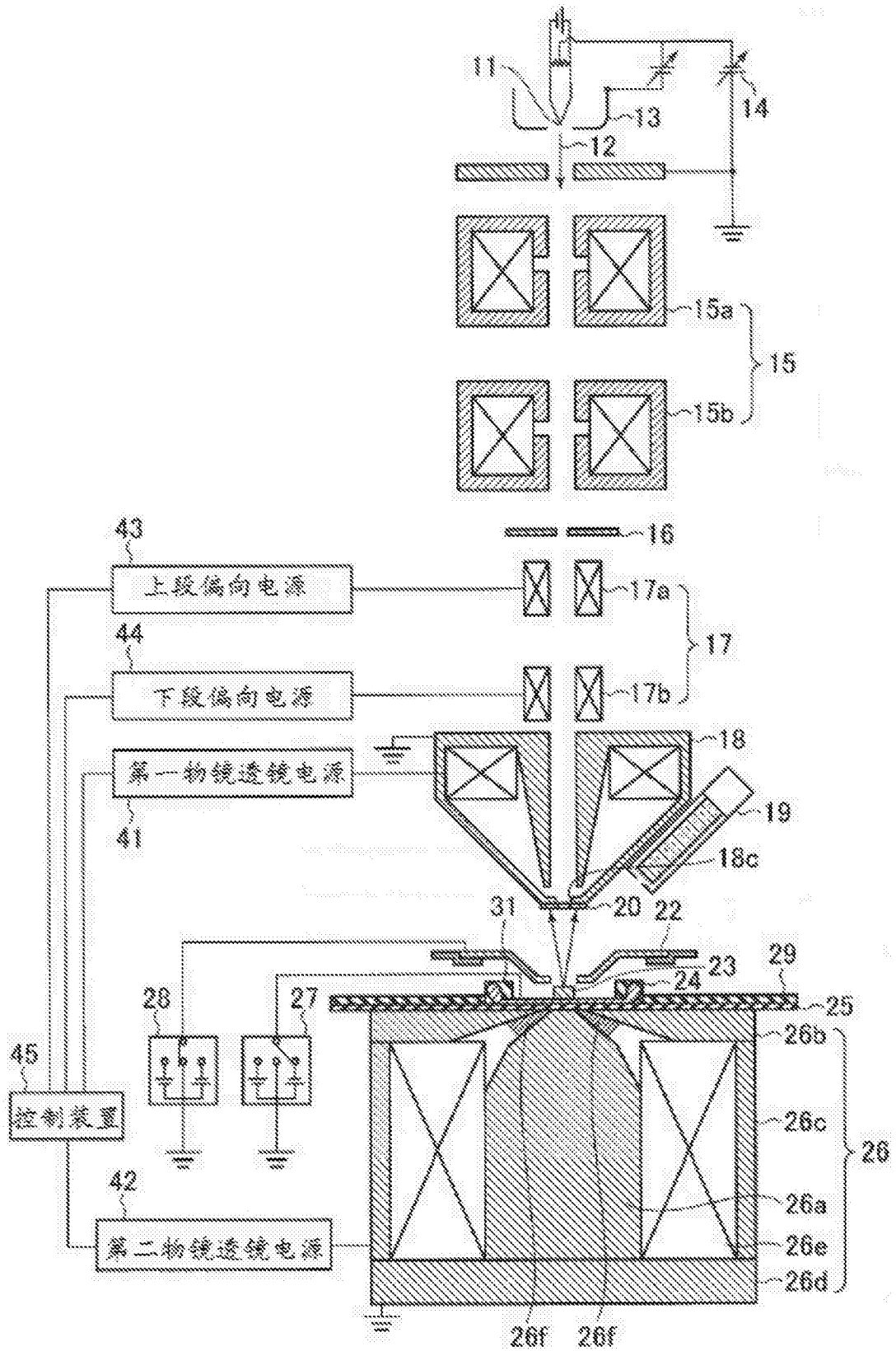


图1

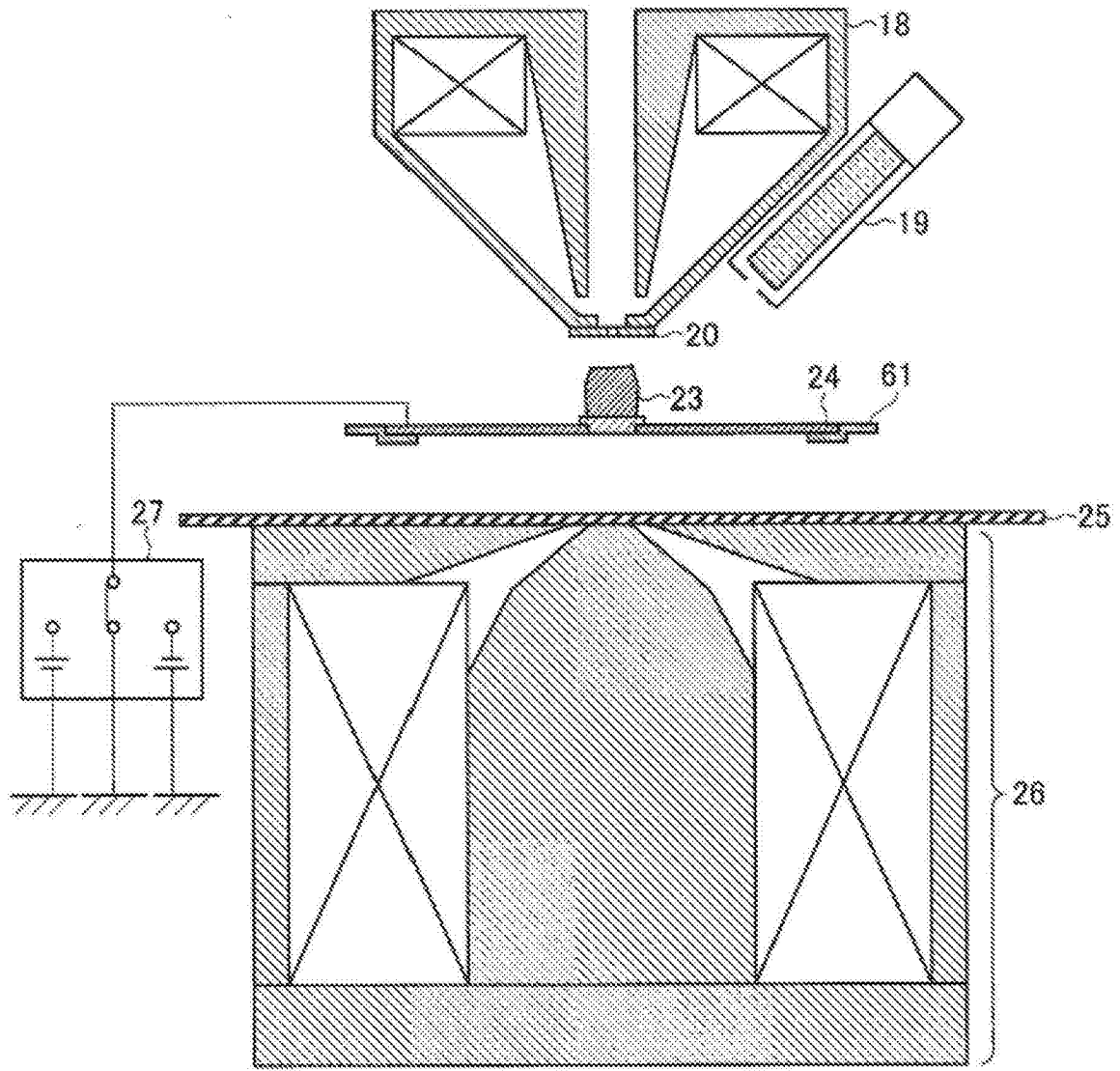


图2

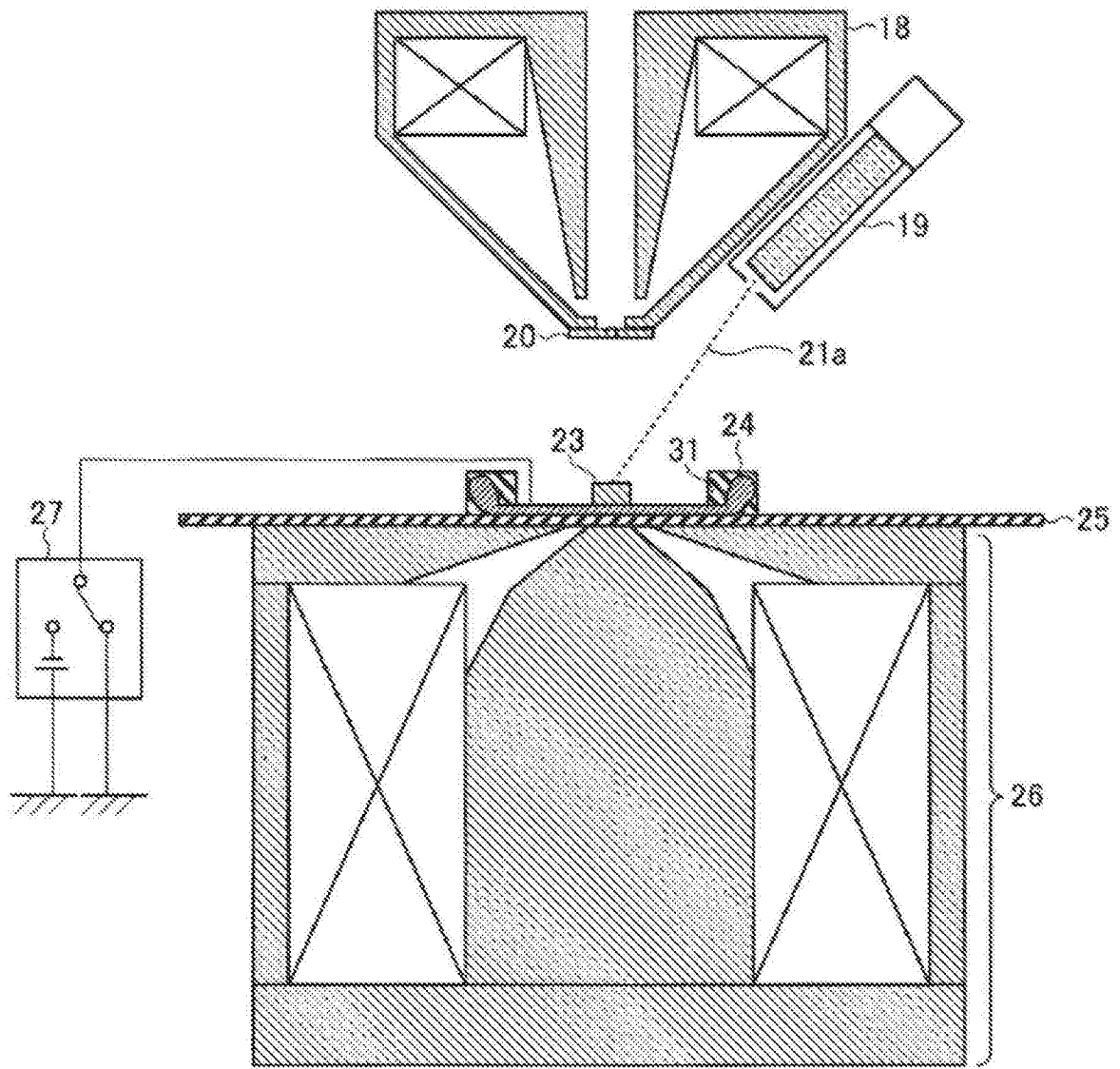


图3

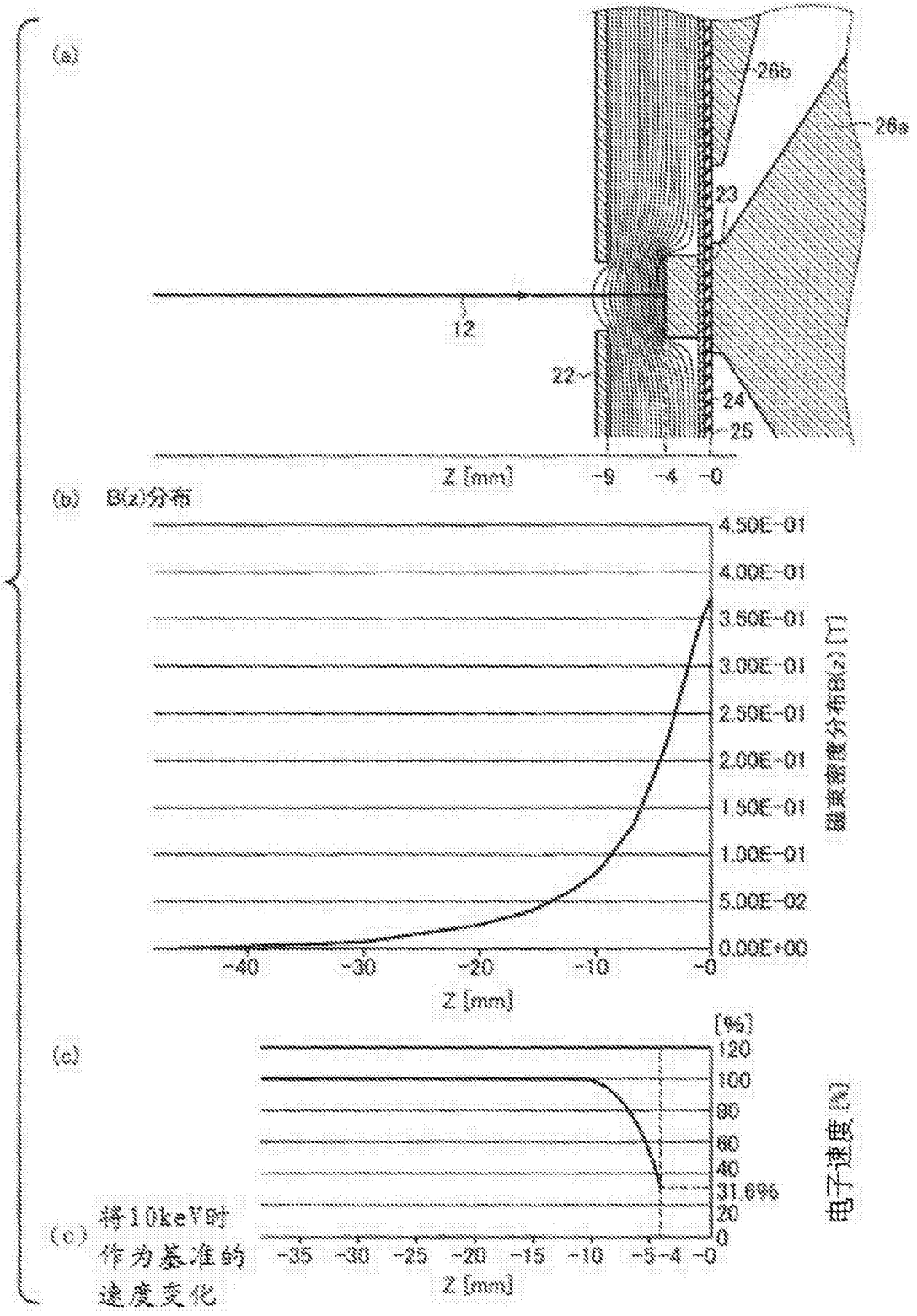


图4

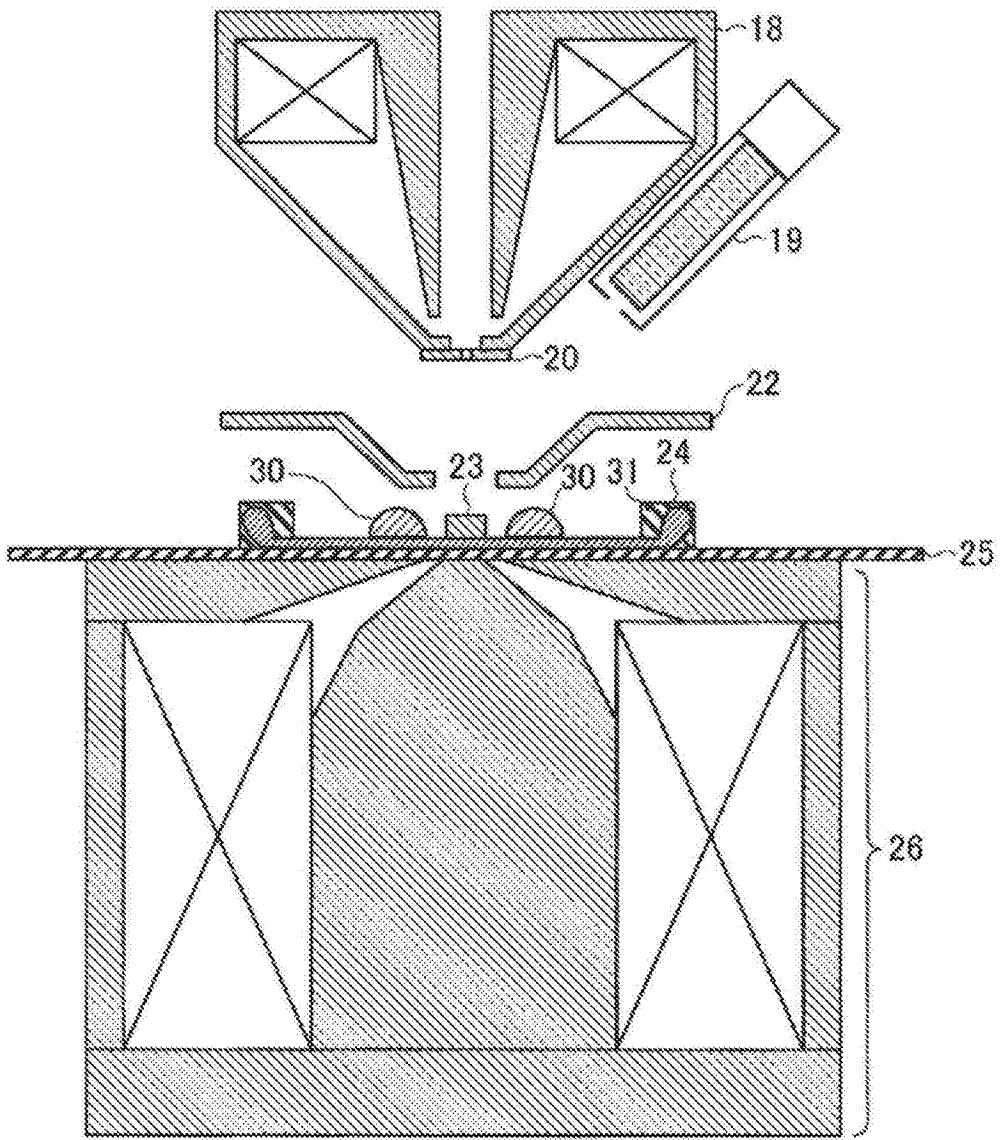


图5

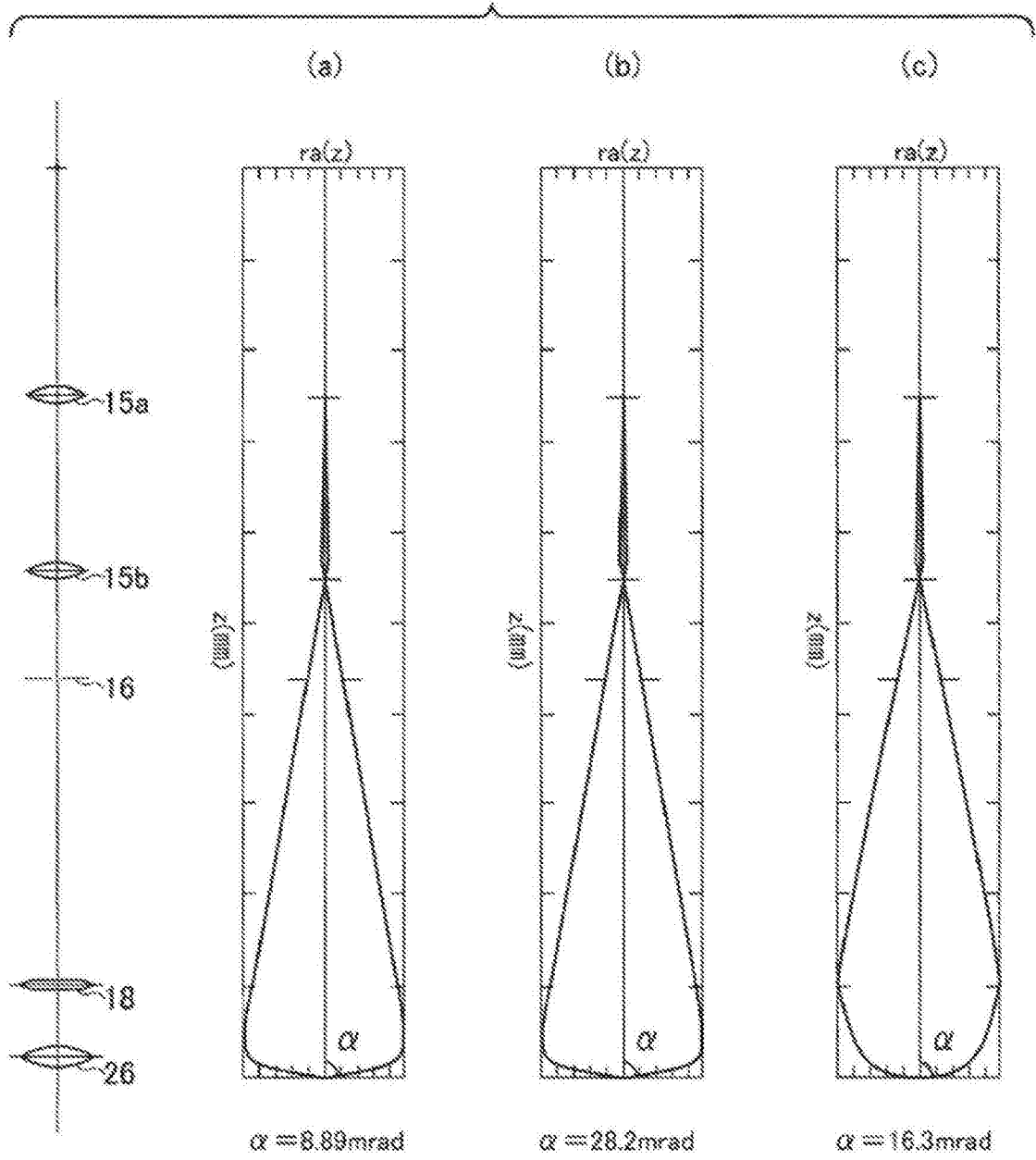


图6

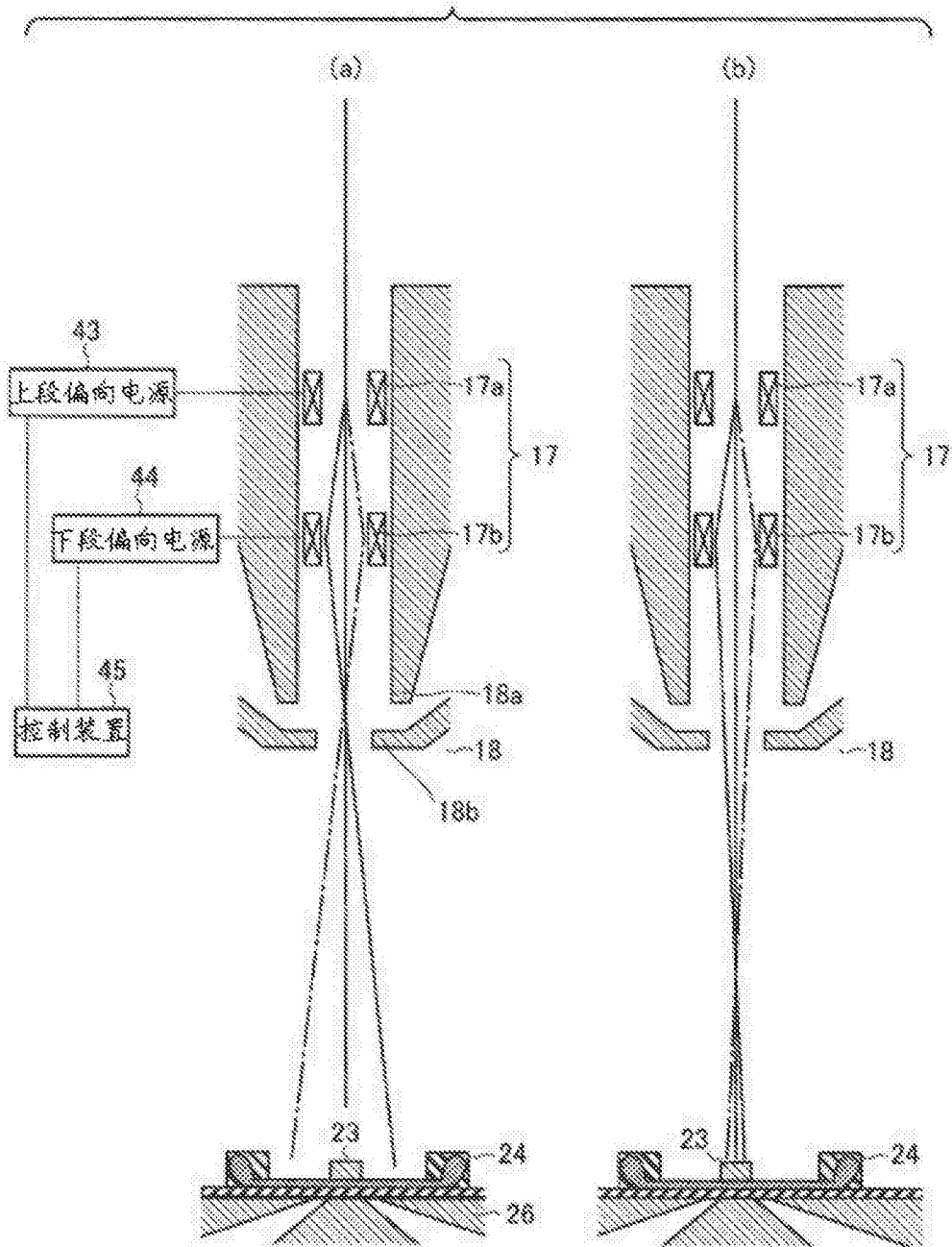


图7

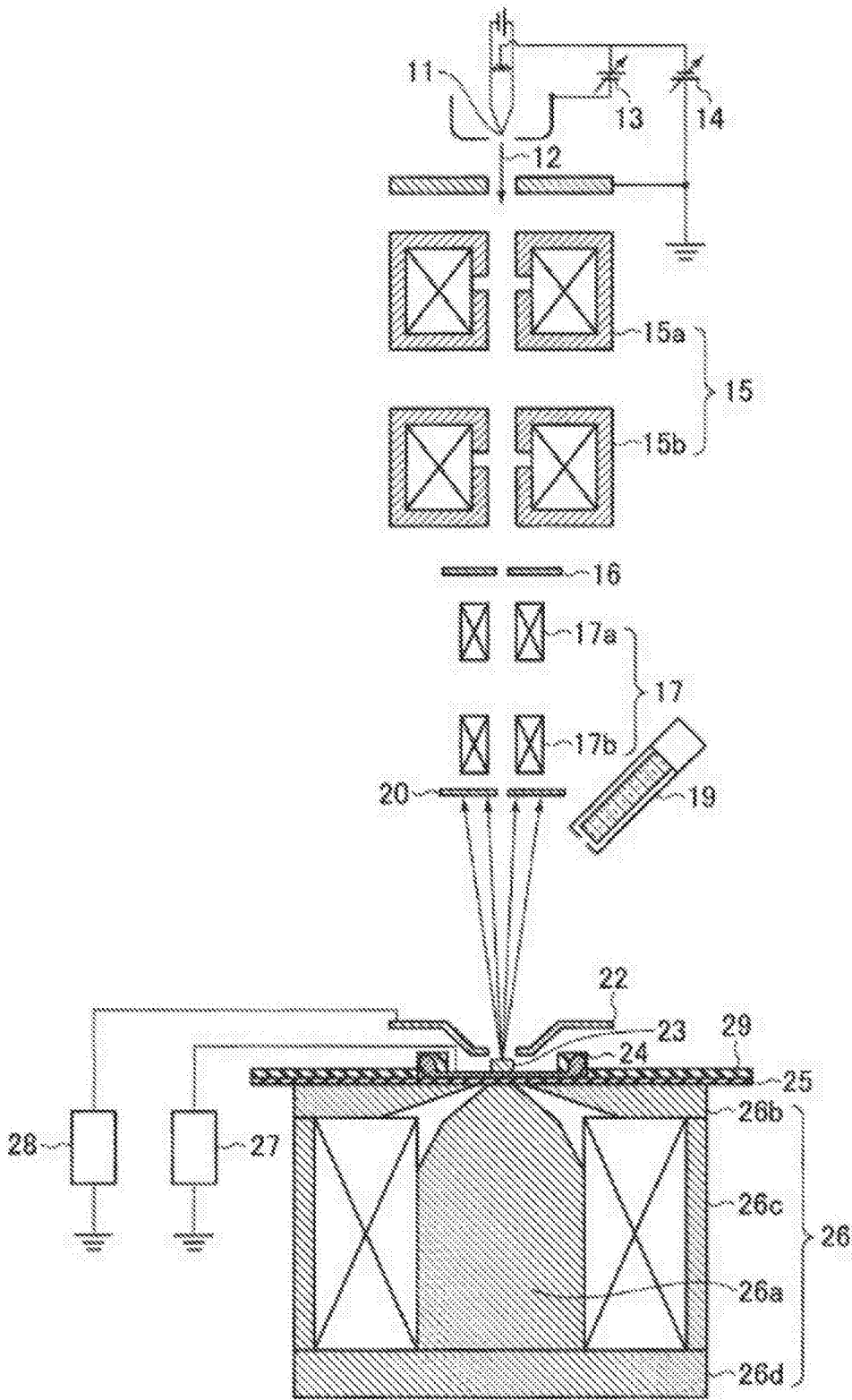


图8

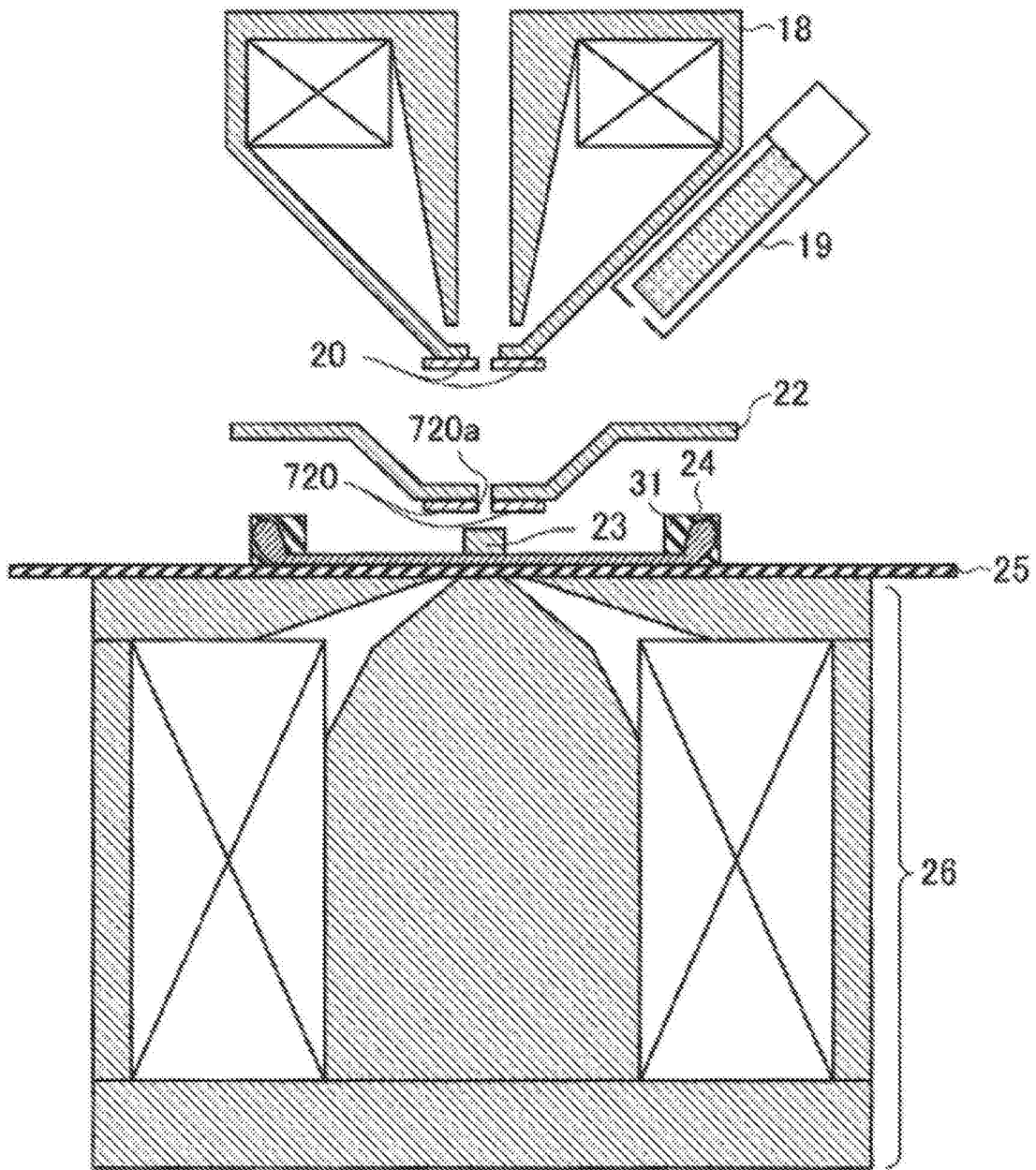


图9