



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101390186 B

(45) 授权公告日 2011. 02. 16

(21) 申请号 200780006879. 9

代理人 于静 李峥

(22) 申请日 2007. 02. 14

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

11/364, 299 2006. 02. 28 US

H01J 37/05 (2006. 01)

H01J 37/153 (2006. 01)

G01N 23/20 (2006. 01)

G01N 23/227 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 08. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/062101 2007. 02. 14

审查员 刘颖洁

(87) PCT申请的公布数据

W02007/100978 EN 2007. 09. 07

(73) 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

(72) 发明人 R·M·特罗普

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

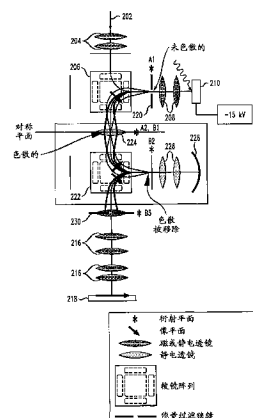
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 9 页

(54) 发明名称

像差校正阴极透镜显微镜仪器

(57) 摘要

提供一种像差校正显微镜仪器。所述仪器具有用于接收第一非色散电子衍射图形的第一磁偏转器 (206)。第一磁偏转器还被构造为在第一磁偏转器的出射面 (A2) 内投影第一能量色散电子衍射图形。在第一磁偏转器的出射面内设置有静电透镜 (224)。第二磁偏转器 (222) 基本上与第一磁偏转器相同, 其被设置用于接收来自静电透镜的第一能量色散电子衍射图形。第二磁偏转器还被构造为在第二磁偏转器的第一出射面 (B2) 内投影第二非色散电子衍射图形。电子反射镜 (226) 被构造为用于校正第二非色散电子衍射图形内的一个或多个像差。电子反射镜被设置用于将第二非色散电子衍射图形反射到第二磁偏转器, 用于在第二磁偏转器的第二出射面 (B3) 内投影第二能量色散电子衍射图形。



1. 一种像差校正显微镜仪器,其包括:

物镜系统,其被设置用于接收电子,并被构造为在所述物镜系统的后焦平面内形成第一非色散的电子衍射图形,所述物镜系统的后焦平面与所述第一磁偏转器的入射面相重合;

第一磁偏转器,其被设置用于使所述电子束偏转通过所述物镜并到达样品的表面、接收第一非色散的电子衍射图形、并被构造为用于在所述第一磁偏转器的出射面内投影第一能量色散的电子衍射图形,其中所述样品的表面将电子反射到物镜系统;

静电透镜,其被设置在所述第一磁偏转器的所述出射面内;

第二磁偏转器,其与所述第一磁偏转器相同,其中所述第二磁偏转器被设置用于接收来自所述静电透镜的所述第一能量色散的电子衍射图形,并且被构造为用于在所述第二磁偏转器的第一出射面内投影第二非色散的电子衍射图形;以及

电子反射镜,其被构造为用于校正所述第二非色散的电子衍射图形内的一个或多个像差,并被设置为用于将所述第二非色散的电子衍射图形反射到所述第二磁偏转器,用于将第二能量色散的电子衍射图形投影到所述第二磁偏转器的第二出射面内。

2. 根据权利要求1的像差校正显微镜仪器,其中所述第一磁偏转器的所述出射面、所述第二磁偏转器、所述第二磁偏转器的所述第一出射面和所述第二磁偏转器的所述第二出射面以单位放大率设置。

3. 根据权利要求1的像差校正显微镜仪器,还包括辅助的静电透镜系统,其被设置用于:将所述第二非色散的电子衍射图形聚焦到所述反射镜表面上用于像差校正,并且在进行像差校正之后,用于在所述第二非色散的电子衍射图形返回到所述第二磁偏转器时将其再次聚焦到所述第二磁偏转器的所述第一出射面上。

4. 根据权利要求1的像差校正显微镜仪器,还包括:

入口孔径,其被设置在所述物镜系统的后焦平面和所述第一磁偏转器的入射面内,用于过滤一段所述电子衍射图形;以及

出口孔径,其被设置在所述第二磁偏转器的第二出射面内,用于选择希望电子能量的所述第二能量色散的电子衍射图形。

5. 根据权利要求4的像差校正显微镜仪器,其中所述入口孔径至少是可调节的和可移动的之一。

6. 根据权利要求1的像差校正显微镜仪器,其中所述像差校正显微镜仪器包括低能电子显微镜仪器,并还包括:

电子枪,其产生具有特定电子能量的电子束;

一个或多个会聚透镜,其被设置为接收来自所述电子枪的所述电子束,并将其聚焦到所述第一磁偏转器内。

7. 根据权利要求1的像差校正显微镜仪器,其中所述像差校正显微镜仪器包括光电子发射显微镜仪器,并且还包括紫外光源和柔和x射线光子源中的至少一个,用于照射样品以产生到达物镜系统的光电子。

8. 根据权利要求1的像差校正显微镜仪器,其中所述静电透镜包括静电单透镜,其在固定焦距工作,用于无旋转地传送图像。

9. 根据权利要求1的像差校正显微镜仪器,还包括:

投影柱,其被设置为接收并放大电子衍射图形和实空间像中的至少一个;以及
观察屏,其用于投影来自所述投影柱的所述放大的电子能量衍射图形和所述实空间像的至少之一。

10. 根据权利要求 1 的像差校正显微镜仪器,其中所述第一磁偏转器和所述第二磁偏转器的每个包括具有电磁体的棱镜阵列,以产生特定电子光学特性。

11. 根据权利要求 10 的像差校正显微镜仪器,其中每个棱镜阵列被构造为在棱镜阵列内的对角平面内形成对应于所述电子衍射图形的实空间像。

12. 根据权利要求 10 的像差校正显微镜仪器,其中每个棱镜阵列被构造为用于色散。

13. 根据权利要求 10 的像差校正显微镜仪器,其中所述棱镜阵列包括两个平行板,其垂直于各个入射面和出射面,并且电子在两平行板之间偏转,其中所述两个平行板中的每一个包括多个电磁体。

14. 根据权利要求 13 的像差校正显微镜仪器,其中所述两平行板的每一个包括五个电磁体。

15. 根据权利要求 1 的像差校正显微镜仪器,其中所述第一磁偏转器和所述第二磁偏转器被构造为使所述电子衍射图形偏转 90 度。

16. 一种用于电子显微镜仪器中的像差校正的方法,其包括以下步骤:

通过第一磁偏转器使电子束偏转通过物镜系统并到达样品的表面,所述样品的表面将电子反射到所述物镜系统;

通过所述物镜系统接收电子并在所述物镜系统的后焦平面内形成第一非色散的电子衍射图形,所述物镜系统的后焦平面与第一磁偏转器的入射面相重合;

通过所述第一磁偏转器接收所述第一非色散的电子衍射图形,并在所述第一磁偏转器的出射面内投影第一能量色散的电子衍射图形;

通过设置在第一磁偏转器的出射面和第二磁偏转器的入射面内的静电透镜,将来自所述第一磁偏转器的第一能量色散的电子衍射图形传送到所述第二磁偏转器,其中所述第二磁偏转器与所述第一磁偏转器相同;

将来自所述第二磁偏转器的第二非色散的电子衍射图形投影到所述第二磁偏转器的第一出射面;

在电子反射镜内反射所述第二非色散的电子衍射图形,以校正一个或多个像差,并使所述第二非色散的电子衍射图形返回到所述第二磁偏转器;以及

在所述第二磁偏转器的第二出射面内投影第二能量色散的电子衍射图形。

17. 根据权利要求 16 的方法,还包括以下步骤:

在物镜系统处接收电子,所述物镜系统能够在所述物镜系统的后焦平面内形成电子衍射图形;

在设置在所述物镜系统的后焦平面内的入口孔径处过滤一段所述电子衍射图形;

在所述第一磁偏转器处接收所述一段电子衍射图形,所述第一磁偏转器具有与所述入口孔径重合的入射面;以及

在设置在所述第二磁偏转器的第二出射面内的出口孔径处,选择希望电子能量的第二能量色散的电子衍射图形。

18. 根据权利要求 17 的方法,还包括将能量过滤且像差校正的像放大到观察屏上的步

骤。

19. 根据权利要求 17 的方法,还包括将能量过滤的衍射图形放大到观察屏上的步骤。
20. 根据权利要求 17 的方法,还包括将色散的能谱放大到观察屏上的步骤。

像差校正阴极透镜显微镜仪器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请涉及 Attorney Docket 号为 Y0R920050576US1, 标题为“Energy-Filtering Cathode Lens Microscopy Instrument”的美国专利申请, 其在此提交并引入作为参考。

技术领域

[0003] 本发明大体涉及电子显微镜, 并且特别是涉及简化的像差校正的电子显微镜仪器。

背景技术

[0004] 低能电子显微镜 (LEEM) 和光电子发射显微镜 (PEEM) 都是阴极透镜显微镜的实例, 其中在所研究的样品和显微镜的物镜之间保持强大的电场。在这种仪器中, 将样品认为是阴极, 将物镜认为是阳极。以例如小于 500eV 的低能量, 在 LEEM 仪器的情况下, 从样品反射电子, 或者在 PEEM 仪器的情况下, 从样品发射光子。电子被加速到物镜内, 达到 10-30keV 的能量。然后, 利用这些电子在观察屏上形成样品的像。

[0005] 显微镜仪器的物镜的后焦平面提供电子的角度分布的图像, 其包含在样品的外层内的原子排列的信息。所述图像被认为是 LEEM 的低能电子衍射 (LEED) 图形, 或 PEEM 的光电子衍射 (PED) 图形。这些电子的能量分布也可以包含有关所研究的表面的电子和化学属性的信息。

[0006] 电子的能量过滤允许操作者观察例如与特定化学元素的电子的结合能相对应的特定电子能量的样品的像。可选的是, 通过以不同激励操作显微镜的投影仪和光谱计透镜, 可以观察经过能量过滤的 PED 图形。操作者可以选择以记录光发射电子 (photo emitted electrons) 的能谱。能量过滤阴极透镜显微镜仪器与同步加速器辐射的结合在表面和界面结构和组合物的研究中为操作者提供了极其强大的分析工具。

[0007] 像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 被若干研究组推行。通常, 所选择的实验方法非常复杂, 并且例如包括如德国 SMART 项目的 Rose 和 Preikszas 以及基于 Berkeley 的 PEEM 项目所概述的无色散棱镜阵列。在这种方法中, 通过在在投影柱内包含欧米伽能量过滤器来完成能量过滤。通过无色散棱镜阵列的四个面之一上包含电子反射镜来实现像差校正。无色散棱镜阵列、电子反射镜以及欧米伽滤波器是高度复杂的电子光学元件。将所有三个元件组合到单个显微镜仪器中已经证明在仪器设计和构造中是难以实现的。因此, 希望的是获得新颖的仪器几何构造, 其依赖于更简单的允许色散的棱镜阵列, 并且其允许对能量过滤和像差校正功能进行简化的合并。

发明内容

[0008] 本发明提供一种简化的像差校正阴极透镜显微镜仪器, 特别是涉及一种简化的像差校正组合 LEEM/PEEM 仪器。

[0009] 例如, 在本发明的一个方面, 提供一种像差校正显微镜仪器。所述仪器具有设置用

于接收第一非色散电子衍射图形的第一磁偏转器。所述第一磁偏转器也被构造为用于在所述第一磁偏转器的出射面内对第一能量色散电子衍射图形进行投影。所述仪器还具有设置在第一磁偏转器的出射面内的静电透镜,以及与所述第一磁偏转器基本上相同的第二磁偏转器。所述第二磁偏转器被设置为用于接收来自所述静电透镜的第一能量色散电子衍射图形。所述第二磁偏转器还被构造为在所述第二磁偏转器的第一出射面内对第二非色散电子衍射图形进行投影。所述仪器还具有构造为用于校正一个或多个像差的电子反射镜。设置所述电子反射镜用于将第二非色散电子衍射图形反射到第二磁偏转器,用于在所述第二磁偏转器的第二出射面内对第二能量色散电子衍射图形进行投影。

[0010] 在本发明的该实施例中,第一磁偏转器的出射面、第二磁偏转器、第二磁偏转器的第一出射面和第二磁偏转器的第二出射面设置为单位放大率。另外,显微镜仪器也可以具有辅助静电透镜系统,其设置为将非色散电子衍射图形聚焦到反射镜表面上用于像差校正,并在电子反射镜内进行像差校正之后,当返回第二磁偏转器时,再次将其聚焦到第二磁偏转器的第一出射面上。所述显微镜仪器可以包括设置用于接收电子的物镜,以便在与第一磁偏转器的入射面重合的物镜的后焦平面内形成电子衍射图形。

[0011] 另外,所述显微镜仪器可以具有设置在物镜的后焦平面内的入射孔径,和用于对一段电子衍射图形进行过滤的第一磁偏转器的入射面,以及设置在所述第二磁偏转器的第二出射面内用于选择所需要的电子能量的能量色散电子衍射图形的出射孔径。最后,所述显微镜仪器可以包括投影柱以及观察屏,所述投影柱设置为接收并放大电子衍射图形,所述观察屏用于对来自所述投影柱的放大的电子能量衍射图形进行投影。

[0012] 在本发明的另一方面,提供一种校正电子显微镜仪器内的像差的方法。

[0013] 根据下面对结合附图读取的本发明示意性实施例的详细描述,本发明的这些和其他目的、特征和优点将变得清楚。

附图说明

[0014] 图 1 是示出没有像差校正的 LEEM/PEEM 仪器的图示;

[0015] 图 2 是示出根据本发明实施例的像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器的图示;

[0016] 图 3 是示出根据本发明实施例的具有色散的像差校正的图示;

[0017] 图 4 是示出根据本发明实施例的没有色散的像差校正的图示;

[0018] 图 5 是示出在根据本发明实施例的图 2 的 LEEM/PEEM 仪器的平面 A1 和 B3 处的离散能量的图示;

[0019] 图 6 是示出在根据本发明实施例的对于不同入口孔径位置的图 2 的 LEEM/PEEM 仪器的平面 A1 和 B3 处的离散能量的图示;

[0020] 图 7 是示出根据本发明实施例的不启动磁偏转器的像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器的图示;

[0021] 图 8 是示出根据本发明实施例的启动第一磁偏转器的像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器的图示;

[0022] 图 9 是示出根据本发明实施例的启动第二磁偏转器的像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器的图示;以及

[0023] 图 10 是示出根据本发明实施例的用于显微镜仪器的像差校正和能量过滤方法的

流程图。

具体实施方式

[0024] 如下面所详细描述, 本发明介绍了简化的像差校正阴极透镜显微镜仪器。通过将过去提出的电子光学元件取代为更简单的装置, 本发明实施例的新颖的显微镜仪器布置和几何排列大大地简化了像差校正的任务。

[0025] 首先参考图 1, 示出了没有像差校正或能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器。在 LEEM 仪器中, 电子枪例如以 15keV 的电子能量产生电子束 102。会聚透镜 104 将电子束 102 聚焦到具有特定棱镜阵列的磁偏转器 106 内。磁偏转器 106 由两平行板构成, 在两平行板之间电子被偏转。磁偏转器 106 的每个板优选包含至少一个, 优选为五个电磁体。磁偏转器 106 使电子束 102 以大角度偏转, 在本实施例中例如为 90 度, 由此将电子束 102 导引到物镜系统 108 用于从样品 110 反射。

[0026] 可选的是, 在 PEEM 仪器中, 可以用紫外 (UV) 光或柔和的 X 射线光子 112 照射样品 110, 以从样品 110 产生光电子 (photo electron)。在本实施例中, 没有使用电子枪。

[0027] 来自样品 110 的电子在物镜系统 108 的后焦平面内形成衍射图形, 并且在磁偏转器 106 的棱镜阵列的对角平面内形成样品 110 的实空间像。

[0028] 在磁偏转器 106 的外部存在具有特定意义的四个对称平面。放置在磁偏转器 106 的平面 D1 内的物体以单位放大率被传输到磁偏转器 106 的平面 D2。物镜系统 108 的后焦平面与平面 D1 相重合地设置, 使得能够在平面 D2 内观察到衍射图形。样品的实空间放大的像被设置在磁偏转器 106 的对角线上。所述对角平面是消色差的。衍射图形在平面 D2 内被有力地色散, 并且不是消色差的。

[0029] 投影柱 114 包含透镜 116, 用于将来自磁偏转器 106 的对角平面的像或来自磁偏转器 106 的平面 D2 的衍射图形放大到观察屏 118 上。

[0030] 现在参考图 2, 示出了根据本发明实施例的像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器。在 LEEM 仪器中, 如上所述电子枪产生电子束 202。会聚透镜 204 和第一磁偏转器 206 的磁场同样以类似于图 1 的方式起作用。电子束 202 的偏转将其导引到物镜系统 208 内并导引到样品 210。在电子束 202 从样品 210 被反射之后, 电子束将其路径回扫至最后的动能, 优选在 10-30keV 的范围内, 在物镜系统 208 的后焦平面内形成 LEED 图形。可选的是, 如上所述可以利用 PEEM 仪器在后焦平面内产生 PED 图形。

[0031] 将物镜系统 208 的后焦平面与第一磁偏转器 206 的平面 A1 重合设置, 使实空间像能够形成在第一磁偏转器 206 的对角线上, 并且使得能够以单位放大率在第一磁偏转器 206 的平面 A2 内观察衍射图形。平面 A1 和 A2 每个与第一磁偏转器 206 的中心等距, 并且在阵列元件的适当激励下穿过棱镜以 90 度偏转并以 1 : 1 的像传送彼此相关联。

[0032] 通过在平面 A1 内设置合适的入口狭缝 220, 部分提供对实空间像的能量过滤, 优选在衍射图形中获取其片段 (slice)。入口狭缝 220 的宽度将决定平面 A2 内可获取的能量分辨率。在平面 A2 内, 通过第一磁偏转器 206 的棱镜阵列将所述片段再次成像, 并且也产生能量色散。

[0033] 第一磁偏转器 206 的棱镜阵列是简单的、已经被证明是容易制造的设计。其对像和衍射面都两次聚焦。在本发明的该实施例中, 位于对角线的像平面优选是消色差的。对

于所使用的棱镜尺寸,在本发明的本实施例中,衍射平面具有大约 6 微米 /eV 的色散,对于能量过滤和光谱学的目的足够了。

[0034] 原理上,根据 Rose 和 Preikszas 的 SMART 项目的内容,可以试图通过将电子反射镜设置在平面 A2 下方的第一磁偏转器 206 的底面上来校正球面像差和色差。然而,平面 A2 能量色散使得校正不能实现。例如,现在参考图 3,示出了根据本发明实施例的具有色散的像差校正。当存在色散时,色散的光线没有被校正。相反,引入了组合像差,其大于原始的像差。另外,现在参考图 4,示出了根据本发明实施例的不存在色散时的像差校正。在没有色散的情况下,反射镜的像差能够校正物镜的像差。

[0035] 因此,返回参考图 2,将基本上与第一磁偏转器 206 相同的第二磁偏转器 222 设置在第一磁偏转器 206 的下方,使得第一磁偏转器 206 的平面 A2 与第二磁偏转器 222 的平面 B1 重合。另外,中心定位在 A2/B1 平面上的静电透镜 224 将来自第一磁偏转器 206 的对角平面的样品像以单位放大率传送到第二磁偏转器 222 的对角平面上。在通过第二磁偏转器 222 偏转 90 度之后,由于对称性,在第二磁偏转器 222 的平面 B2 内电子衍射图形再次消除能量色散。

[0036] 上述本发明的实施例利用了两个基本上相同的棱镜阵列或磁偏转器,其被在固定焦距工作的简单静电单透镜分隔。选择静电透镜,而不是磁透镜,以便无旋转地保持图像传输。在通过第二磁偏转器 222 第一次偏转 90 度后导致的图像旋转将损坏能量色散的消除,从而设置适当的光线路径以进入电子反射镜用于像差校正。

[0037] 定位为超过第二磁偏转器 222 的平面 B2 的电子反射镜 226 同时校正色差和球面像差。在第二磁偏转器 222 和电子反射镜 226 之间设置辅助静电透镜系统 228,以在像差校正之后将电子衍射图形聚焦在平面 B2 内,并将像聚焦在第二磁偏转器 222 的对角平面上。在通过第二磁偏转器 222 第二次偏转 90 度之后,通过第二磁偏转器 222 的棱镜阵列将电子衍射图形再次成像在平面 B3 内,其中,能谱再次被色散。对平面 B3 内的出射孔径 228 进行定位以选择所需要的电子能量,并且投影透镜 216 将样品 210 的能量过滤的实空间像放大在观察屏 218 上。

[0038] 在图 2 所示的本发明的实施例中,在除了投影柱内的衍射透镜之外不改变透镜设置的情况下,能够获得能量过滤的衍射图形,其以普通方式在衍射和像平面之间切换。现在参考图 5,示出了根据本发明的实施例在电子显微镜仪器的平面 A1 和 B3 处的离散能量。为了简便起见,图 5 假设电子的能谱仅包含两个离散能量 E_1 和 E_2 , 并且 $E_1 > E_2$ 。由于能量的差异,因此在 E_1 的电子衍射圆盘大于在 E_2 的。在物镜的后焦平面内,即图 2 中的平面 A1,这两个圆盘是同心的。在图 2 的平面 B3 中,由于能量色散, E_2 相对于 E_1 移动。对应于 E_1 和 E_2 , 设置在平面 A1 内的孔径使平面 B3 内出现两条强度线。

[0039] 现在参考图 6,示出了根据本发明实施例的对于不同入口孔径位置在电子显微镜仪器的平面 A1 和 B3 处的离散能量。当在衍射圆盘上扫描平面 A1 内的孔径时,也在 B3 上扫描对应于 E_1 和 E_2 的色散线。投影透镜将 B3 投影到观察屏上。当在平面 A1 上扫描入口孔径时,可以利用视频获取系统从观察屏记录 B3 中的所述片段的色散图像,对于入口孔径的每个位置记录一个图像。对于 E_1 和 E_2 , E_1 和 E_2 的完整衍射圆盘可以通过数字计算机根据这些视频记录容易地进行重构。

[0040] 通过上面提供的本发明的实施例大大地简化了显微镜对准。能量过滤仅需要在平

面 A1 内插入合适的狭缝,并在平面 B3 内插入合适的孔径,而不是通过复杂的欧米伽滤波器使电子束偏移。通过关断第二磁偏转器 222,电子将直接向下行进进入到投影柱内,使得能够单独对第一磁偏转器 206 进行对准。当对第一磁偏转器 206 进行准时,可以在两个步骤中对第二磁偏转器 222 进行激励。首先,通过使电子束 202 穿过电子反射镜 226 内的轴向通孔来检测电子束 202,建立 90 度的偏转。其次,电子反射镜 226 被激励,并且电子束 202 将被反射回而进入第二磁偏转器 222,在那里其将经受第二次 90 度偏转,使得光束再次被引导到投影柱内。注意,第一磁偏转器 206 和第二磁偏转器 222 可以独立地被对准和激励。

[0041] 现在参考图 7,示出了根据本发明实施例的不启动磁偏转器的像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器。这种对仪器的启动设置将导致既没有像差校正,也没有能量过滤。选择这种模式的操作以使电子枪、会聚透镜、静电透镜和投影透镜在直的柱形几何形状内对准,而不存在由于第一磁偏转器 206 和第二磁偏转器 222 引起的偏转而增加的复杂性。

[0042] 现在参考图 8,示出了根据本发明实施例的启动第一磁偏转器的像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器。这种对仪器的启动将仅能进行能量过滤而不进行像差校正。选择这种模式的操作以使第一磁偏转器 206 和物镜系统相对于图 8 的直的柱形几何形状对准。

[0043] 现在参考图 9,示出了根据本发明实施例的启动第二磁偏转器的像差校正且能量过滤的 LEEM/PEEM 仪器。这种对仪器的启动将仅能使第二磁偏转器 222 和电子反射镜光学元件相对于图 8 的直的柱形几何形状对准。

[0044] 现在参考图 10,示出了根据本发明实施例的用于电子显微镜仪器的能量过滤和像差校正的方法的流程图。所述方法开始于方框 1002,其中在物镜处接收电子以便在物镜的后焦平面内形成电子衍射图形。在方框 1004 中,在设置在物镜的后焦平面内的入口孔径处过滤一段电子衍射图形。在方框 1006 中,在第一磁偏转器处接收所述一段电子衍射图形。所述第一磁偏转器具有入射面和出射面。入射面与入口孔径重合。

[0045] 在方框 1008 内,通过设置在第一磁偏转器的出射面和第二磁偏转器的入射面内的静电透镜,将能量色散的电子衍射图形从第一磁偏转器传送到第二磁偏转器。第二磁偏转器基本上与第一磁偏转器相同。

[0046] 在方框 1010 中,将非色散电子衍射图形从第二磁偏转器投影到第二磁偏转器的第一出射面。在方框 1012 中,在电子反射镜内反射非色散电子衍射图形以校正一个或多个像差,并将所述非色散电子衍射图形返回到第二磁偏转器。

[0047] 在方框 1014 中,在第二磁偏转器的第二出射面内投影能量色散电子衍射图形。最后,在方框 1016 中,在设置在第二磁偏转器的出射面内的出口孔径处选择希望电子能量的能量色散电子衍射图形,从而结束所述方法。

[0048] 上述本发明的实施例允许电子柱保持垂直取向,这对于机械稳定性的原因是有利的。另外,枪对屏的轴保持单直线,使重要的电光元件的对准大大地简化,所述元件包括会聚透镜系统,棱镜对棱镜传输透镜以及投影透镜系统。

[0049] 第一磁偏转器 206 和第二磁偏转器 222 之间的电子能量色散的消除并不依赖于对机械和磁场公差具有极端严格要求的精细电子光学设计,而是依赖于电子束偏转中的简单且稳定的对称性。第二磁偏转器 222 内的偏转消除了第一磁偏转器 206 内的偏转所产生的色散。

[0050] 本发明的实施例并不要求对电子光学柱的整体重新设计。第二磁偏转器基本上与第一磁偏转器的相同。通过在平面 A1 的系统内增加单个可调节的能量限定孔径带的增加,以及在平面 B3 中增加能量选择孔径,来完成能量过滤。所述后一孔径也起物镜孔径的作用。仅有静电传送透镜和电子反射镜系统需要设计为实现像差校正功能。

[0051] 最后,上述本发明的实施例具有高度的模块性。通过加入必要的元件,可对于标准的 LEEM 仪器改进能量过滤和像差校正,而不需要对电子光学柱的其他元件进行改进。

[0052] 尽管此处已经参考附图示出了本发明的示意性实施例,但是应当理解,本发明并不局限于这些具体实施例,并且在不脱离本发明的精神和范围的情况下,本领域技术人员可以进行各种其他的改变和改进。

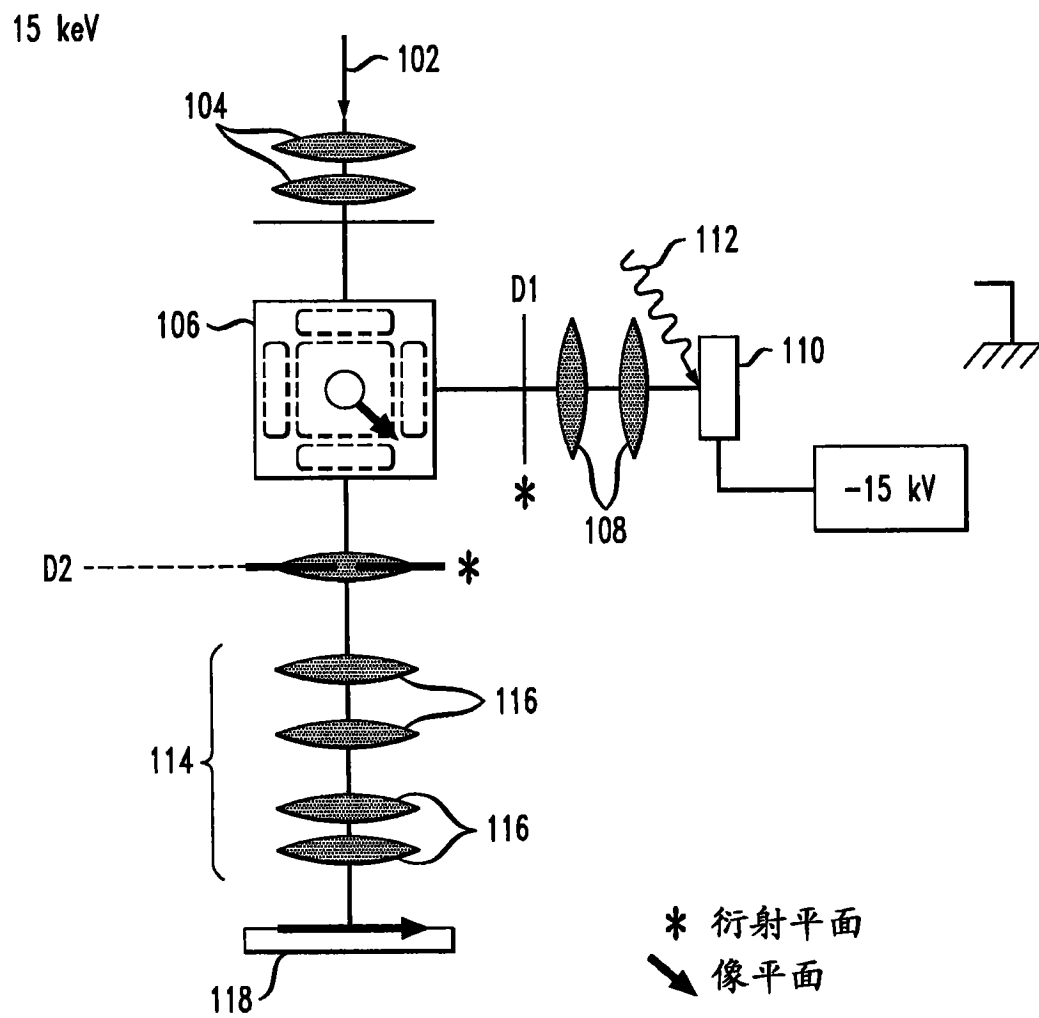


图 1

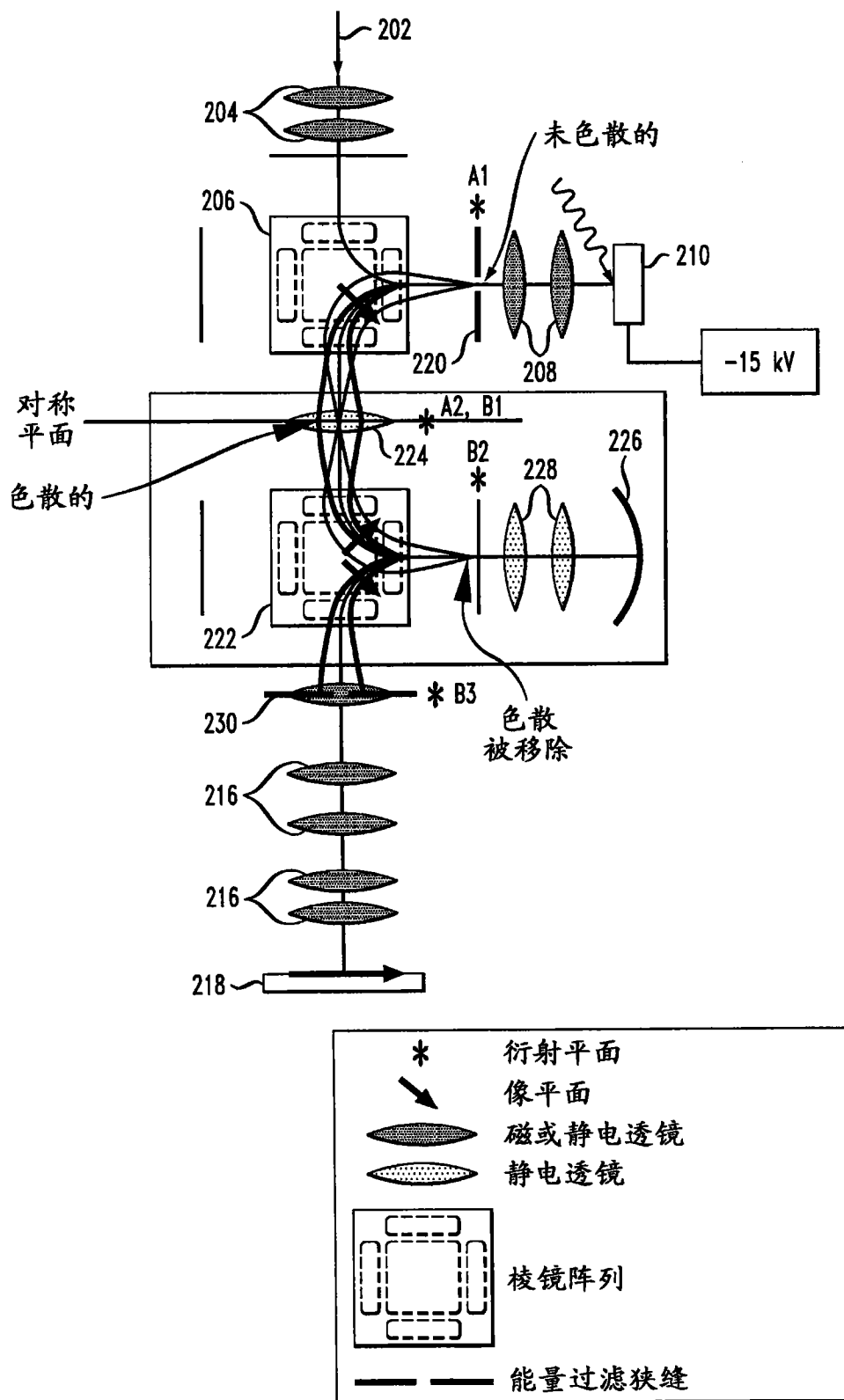


图 2

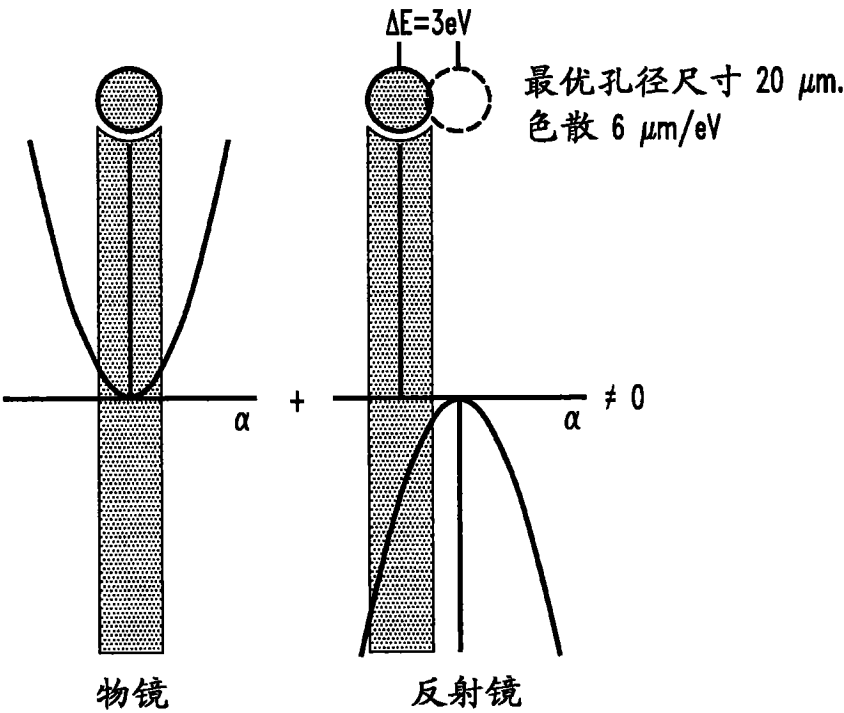


图 3

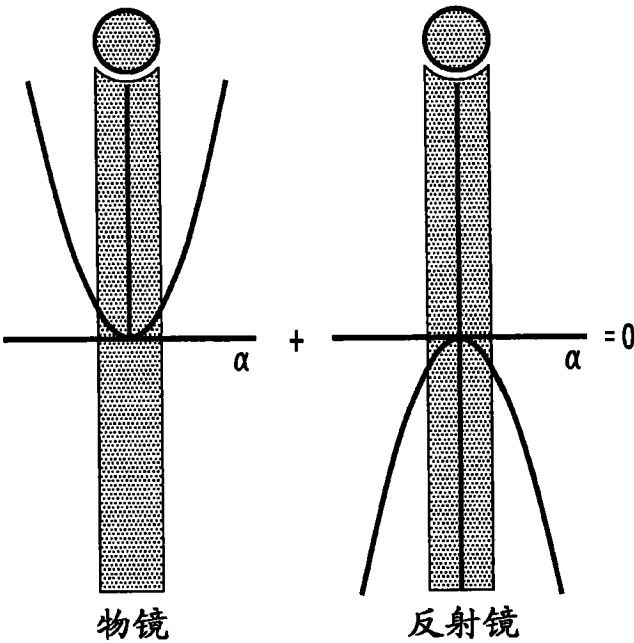


图 4

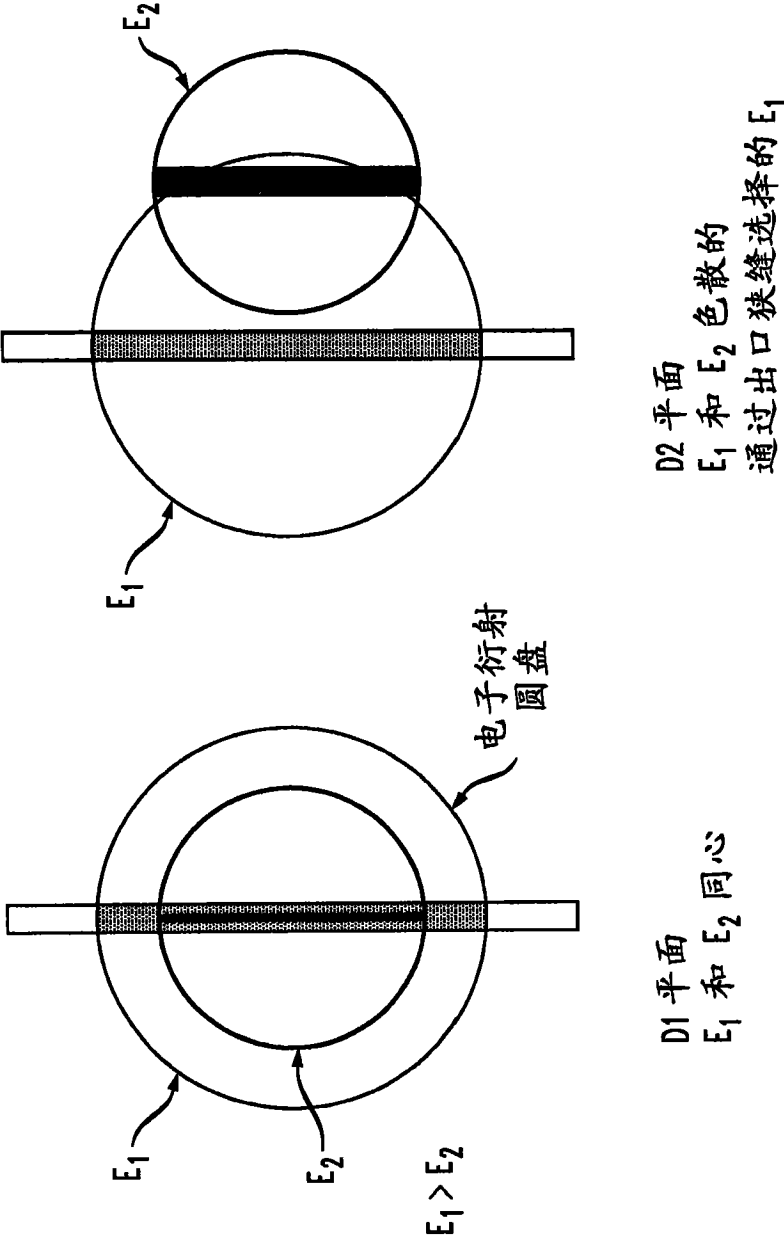


图 5

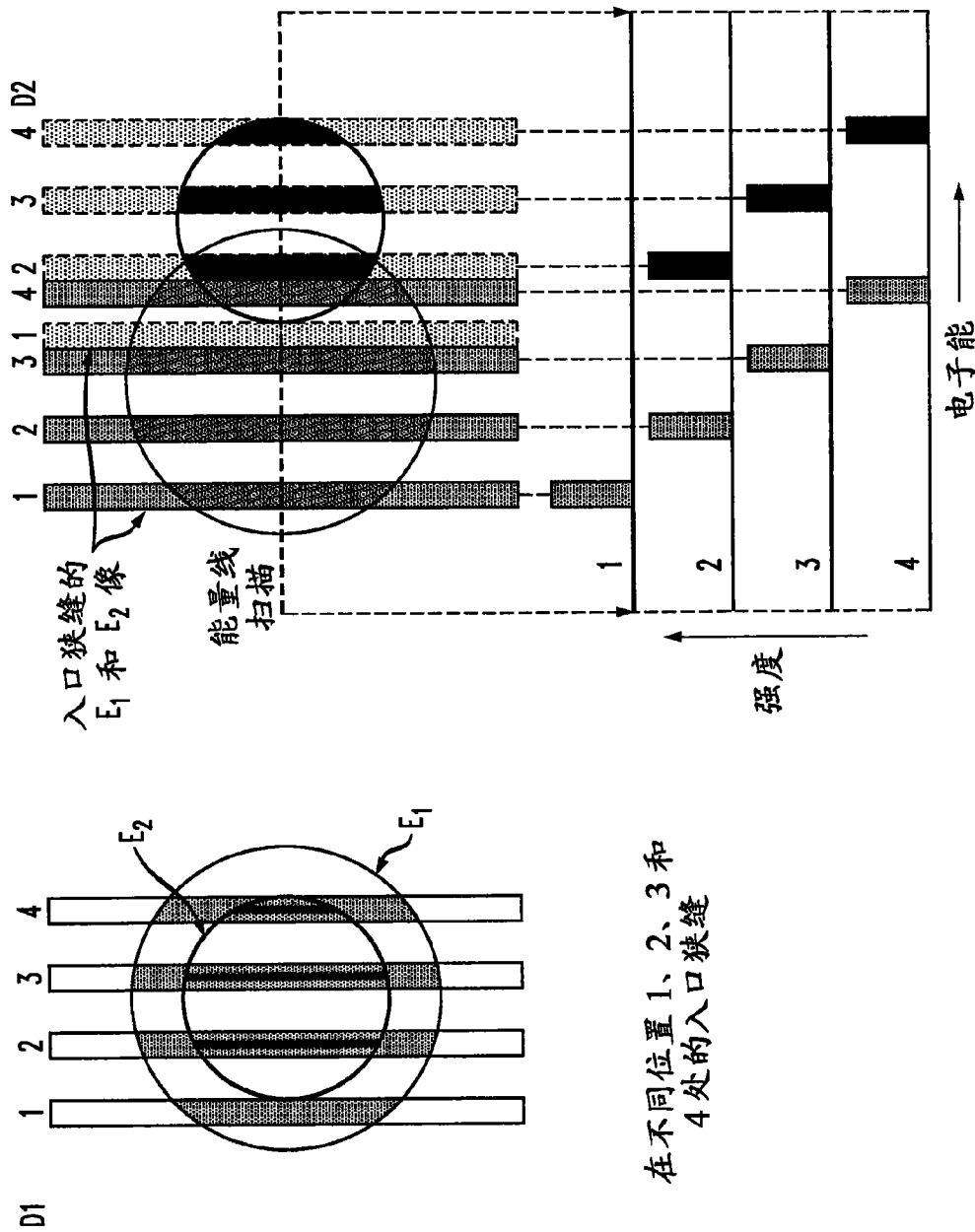


图 6

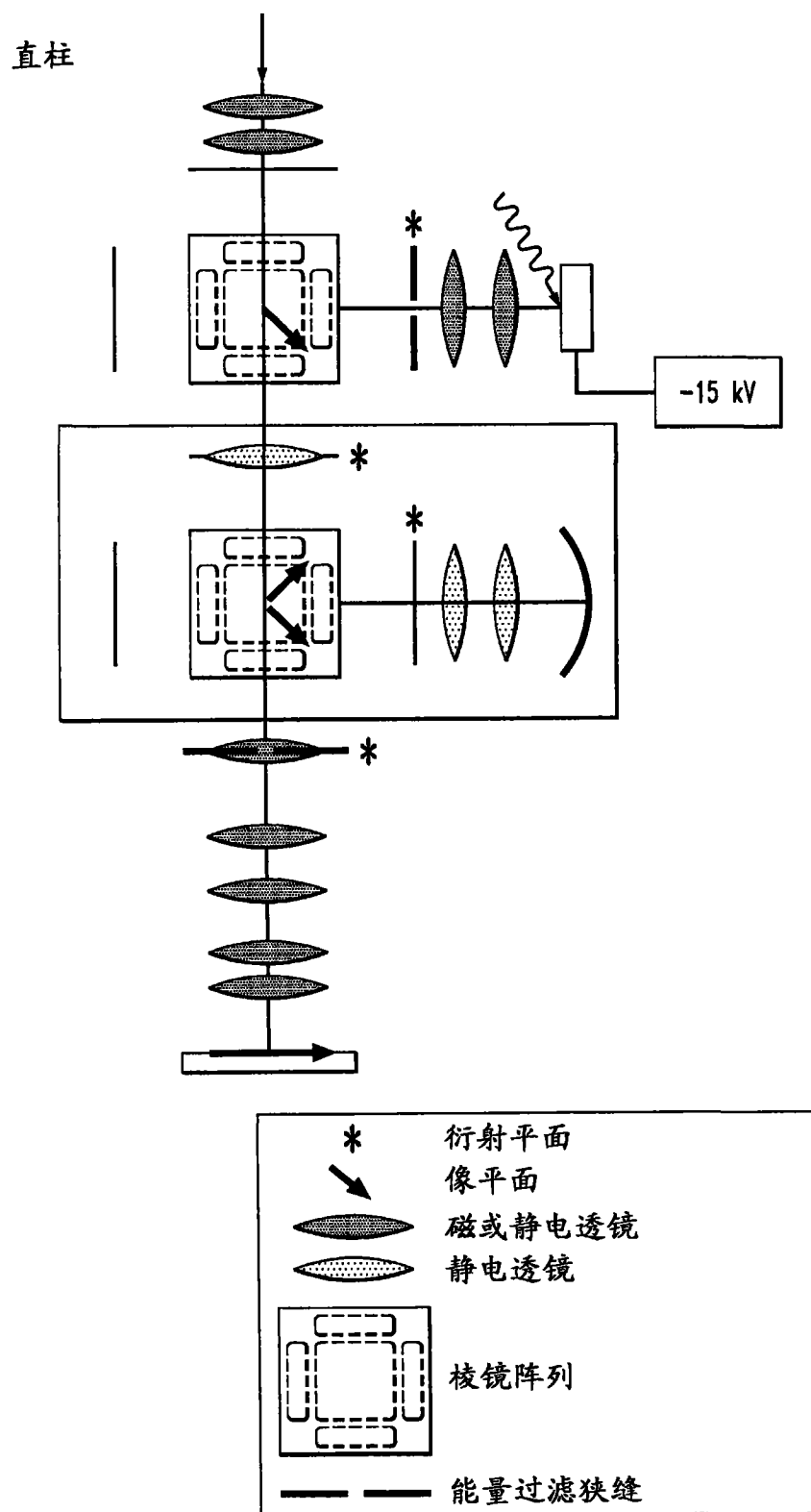


图 7

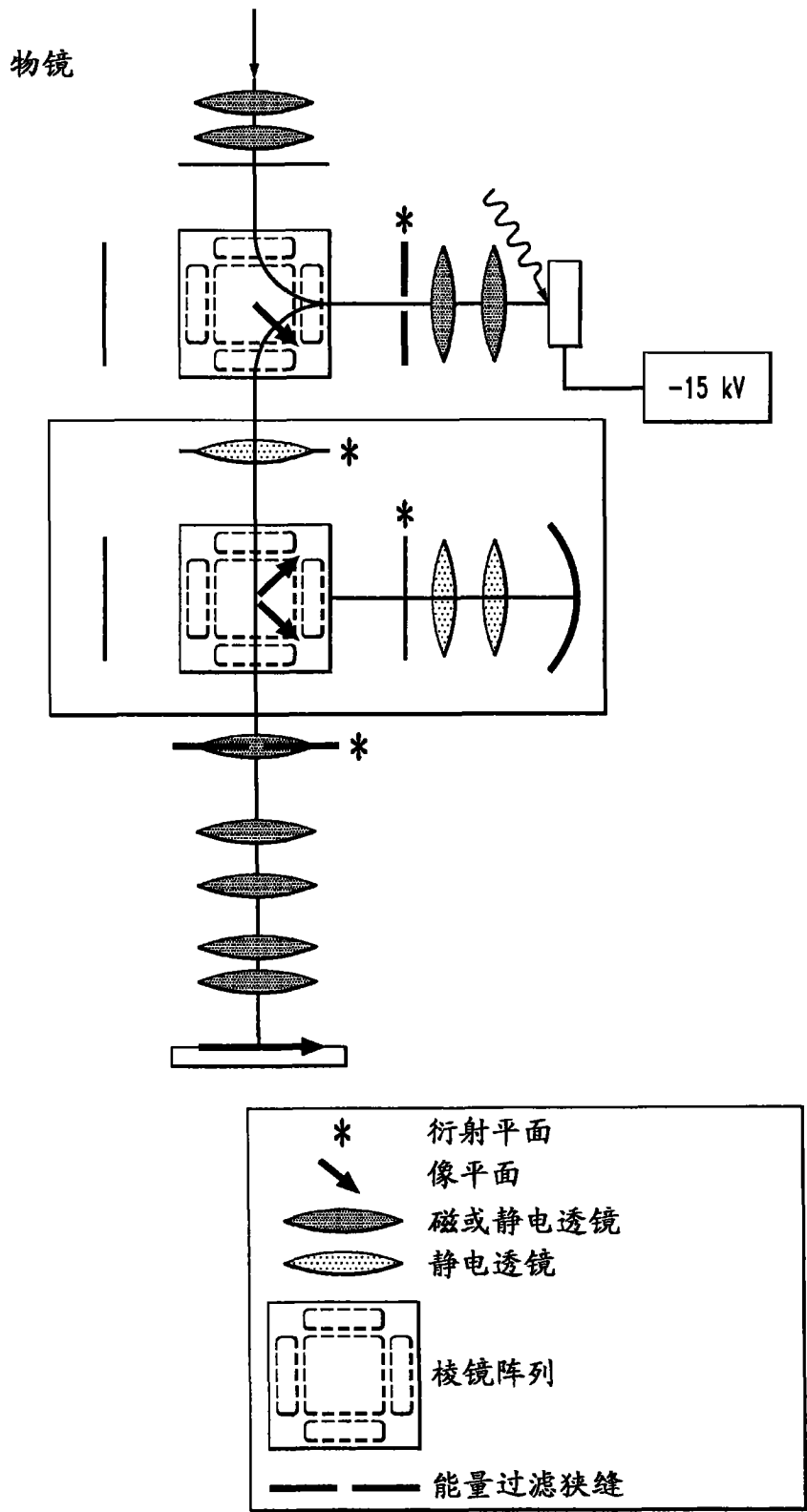


图 8

反射镜校正器

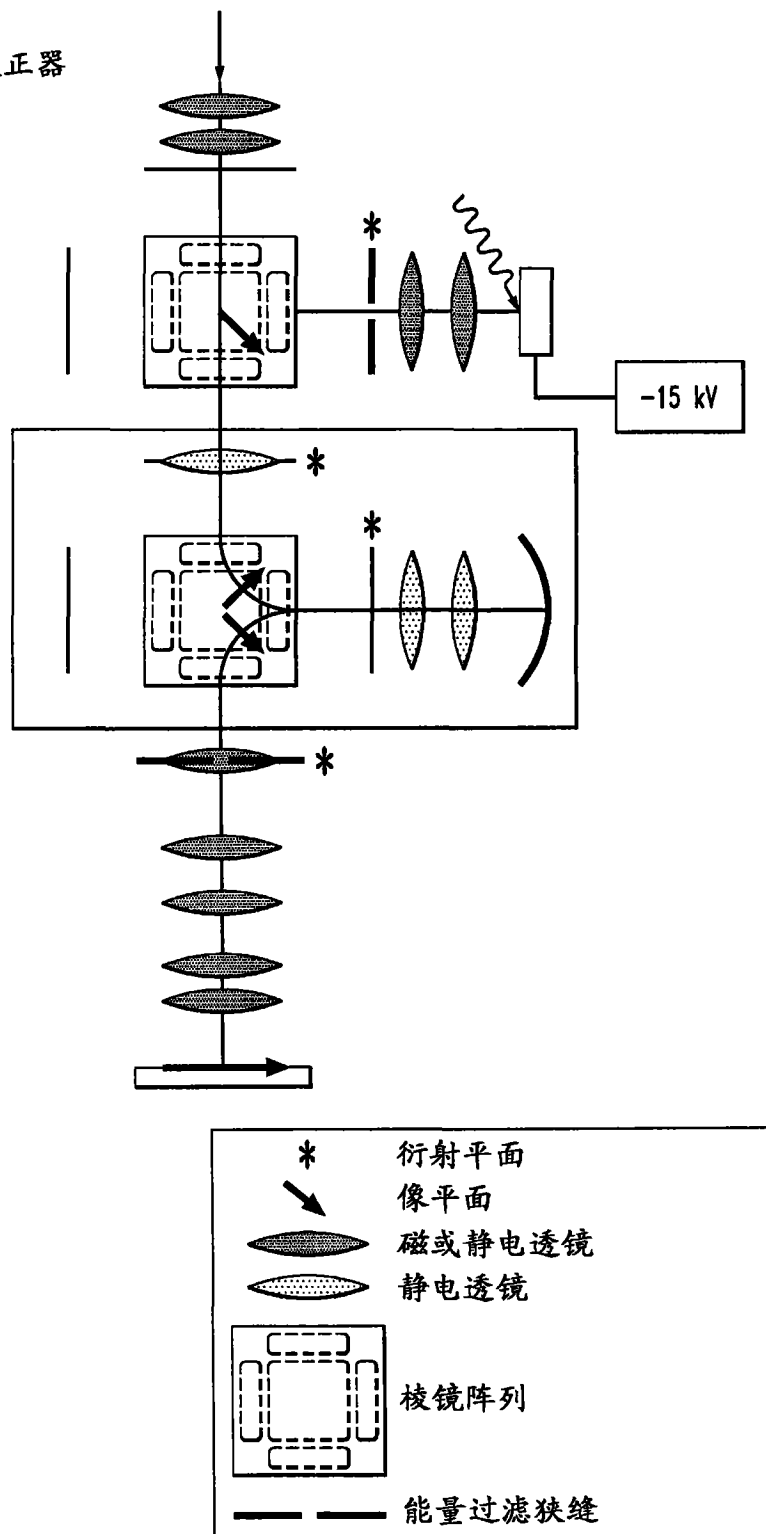


图 9

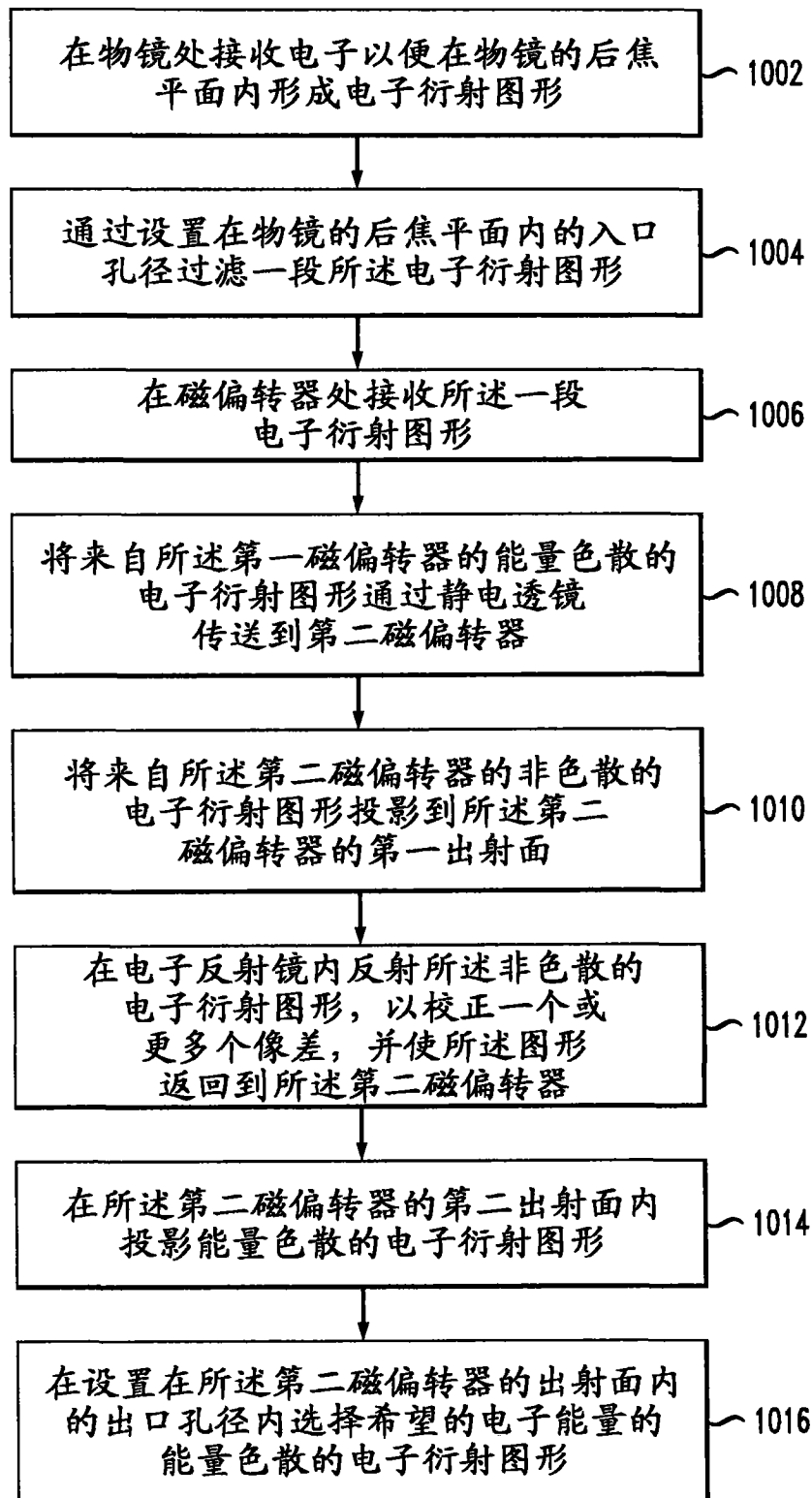


图 10