(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103839743 B
(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201310610534.1

(22)申请日 2013.11.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103839743 A

(43)申请公布日 2014.06.04

(30)优先权数据
12194321.1 2012.11.27 EP

(73)专利权人 FEI 公司
地址 美国俄勒冈州

(72)发明人 P.波托塞克 M.P.M.比尔霍夫
T.维斯塔维 L.德赖卡克

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 王岳 马永利

(51)Int.Cl.
H01J 37/26(2006.01)
H01J 37/28(2006.01)
G01N 23/22(2006.01)
G01N 23/223(2006.01)

(56)对比文件
JP 特开2002-323463 A,2002.11.08,
US 5528656 A,1996.06.18,
US 2011/0115793 A1,2011.05.19,
CN 102484025 A,2012.05.30,
US 2012/0287258 A1,2012.11.15,

审查员 杨芳

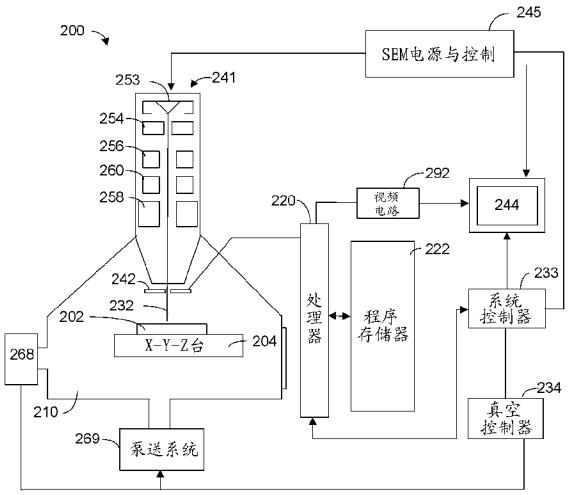
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

采样样本和显示获得的信息的方法

(57)摘要

采样样本和在显示器上显示获得的信息的方法包括:用N个重叠子帧的系列在样本上方扫描例如电子的射束,每个子帧的扫描位置不与其它子帧的扫描位置重叠;使用检测器检测响应于由射束对样本的照射而从样本发出的信号;以及在显示器上显示子帧,使得在N个扫描的系列之后,每个像素显示从来自扫描位置的信号得出的信息;特征在于其中在对第一子帧的扫描之后每个像素显示从第一子帧的扫描位置得出的信息;以及其中在对第二子帧的扫描之后每个像素显示在对第一子帧、第二子帧或这两个子帧的扫描期间得出的信息。这导致在样本上方示出更均匀电荷分布的扫描方法,导致例如更少的充电效应,同时即使在扫描第一子帧之后也供给良好可解析图像。



CN 103839743 B

1.一种对样本(202)进行采样并且在显示器(244)上显示获得的信息的方法,所述方法包括:

用N个重叠子帧的系列在样本上方扫描射束(232),一次一个子帧,每个子帧包括M_n个扫描位置,每个子帧的扫描位置不与其它子帧的扫描位置重叠,由此所述射束在$N\times M_n$个扫描位置处照射样本,所述$N\times M_n$个扫描位置形成视场;

使用检测器(242),检测响应于由所述射束对样本的照射而从所述样本发出的信号,针对每个扫描位置采样所述信号;以及

在具有至少$N\times M_n$个像素的显示器上以这样的方式显示所述子帧,使得在N个扫描的系列之后,每个像素显示从来自一个或多个扫描位置的信号得出的信息;

特征在于:

其中在对第一子帧的扫描之后,每个像素显示从第一子帧的扫描位置得出的信息;以及

其中在对第二子帧的扫描之后,每个像素显示在对第一子帧、第二子帧或这两个子帧的扫描期间得出的信息。

2.根据权利要求1的方法,其中对于全部子帧,每个子帧的扫描位置和像素的数量是相同的。

3.根据前面权利要求中的任一个的方法,其中$N=(k_x\times k_y)$,其中k_x和k_y是正整数,k_x和k_y中的至少一个大于1。

4.根据权利要求3的方法,其中$N=k^2$,其中k是大于1的整数。

5.根据权利要求1的方法,其中射束(232)是来自下列各项的组的射束:红外光、可见光或X射线,或是来自下列各项的组的粒子的射束:电子、离子、带电团簇、原子或分子。

6.根据权利要求1的方法,其中所述分子包括带电分子。

7.根据权利要求1的方法,其中对于N个子帧的系列中的至少一个,针对样本(202)的漂移和/或振动和/或位移而校正所述子帧相对于一个或多个其它子帧的位置。

8.根据权利要求1的方法,其中在上一个获得的子帧和至少一个更早获得的子帧之间检测到大于预先确定的值的位移之后,开始子帧的新序列。

9.根据权利要求8的方法,其中用户能够启动子帧的新序列的开始,或者在样本台(204)移动、视场改变、或者检测器设置改变之后开始子帧的新序列,所述样本(202)安装在样本台(204)上。

10.根据权利要求1的方法,其中在对第一子帧扫描之后,像素中的至少部分示出从两个或更多扫描位置得出的信息。

11.根据权利要求1的方法,其中检测器(242)检测从样本(202)发出的X射线光子、可见光子、次级电子或背散射电子的数量和/或能量和/或角度分布。

12.根据权利要求1的方法,其中每个子帧的扫描时间与每个其它子帧的扫描时间相同。

采样样本和显示获得的信息的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种采样样本和在显示器上显示获得的信息的方法，方法包括：

[0002] 用N个重叠子帧的系列在样本上方扫描射束，一次一个子帧，每个子帧包括M_n个扫描位置，每个子帧的扫描位置不与其它子帧的扫描位置重叠，由此所述射束在$N\times M_n$个扫描位置处照射样本，所述$N\times M_n$个扫描位置形成视场；

[0003] 使用检测器，检测响应于由所述射束对样本的照射而从所述样本发出的信号，针对每个扫描位置采样所述信号；以及

[0004] 在具有至少$N\times M_n$个像素的显示器上以这样的方式显示所述子帧，使得在N个扫描的系列之后，每个像素显示从来自一个或多个扫描位置的信号得出的信息。

背景技术

[0005] 这样的方法从隔行扫描中是已知的，隔行扫描用在来自USA，Hillsboro的FEI公司的、装备成用隔行光栅进行扫描的Nova NanoSEM扫描电子显微镜中。

[0006] 在扫描电子显微镜(SEM)中，在样本上方扫描具有在例如200eV和30keV之间可选择的能量的聚焦的电子射束。响应于撞击样本的电子射束，辐射从样品形成，辐射包括具有少于50eV的能量的次级电子(SE)、具有超过50eV的能量的背散射电子(BSE)、光和X射线。可以由检测器采样/检测这些类型的辐射中的一个或多个。

[0007] 扫描模式可以是连续扫描模式，或者隔行扫描模式。根据Nova NanoSEM的小册子(参见[-1-]，更具体地见第7页，“用户接口”)，隔行扫描模式的优点是：当更迅速地扫描关注区域(虽然更经常)时，隔行扫描允许电荷在重新扫描关注区域(即使在轻微不同的扫描位置处)之前消散，并且因此实现最优的无电荷成像。

[0008] 要注意，更好的电荷分布和消散也可以通过使用更小的停留时间(射束在一个位置处的时间)更快速地扫描、结合通过例如图像的集成或平均来实现。然而，这个的缺点是并非全部的检测器都能够导致快速采样时间(检测器不具有足够的带宽)或者示出其信噪比的恶化。而且与样本有关的一些物理现象可能是时间约束的，诸如对荧光的观察：荧光具有长衰减时间并且因此不适合于通过快速采样来检测。

[0009] 这样的方法从MUSE(多重亚奈奎斯特采样编码)模拟HDTV的采样/显示方案中也是已知的。

[0010] 在MUSE中，使用如图1中示出的采样方案，还参见“Interlace and MPEG-Can motion compensation help”, J. O. Drewery. International Broadcasting Convention 1994 (IBC1994) [-2-]。限定了子帧的数量为四，每个子帧包含扫描位置和显示器(电视屏)上的对应像素，在这里它们分别用“1”、“2”、“3”和“4”表示。首先，扫描、传送和显示第一子帧，然后是第二子帧，等。因此在对4个子帧的传送之后形成完整的图像。与隔行扫描/传送一样，这降低了图像的闪烁。帧通常以15Hz的帧速率(因此子帧速率是60Hz)传送。在显示第一系列子帧的第四子帧之后，显示第二图像的第一子帧。这可以通过改变作为图像存储器的部分的存储器单元中的信息来实现，或者它可以例如通过将电子射束导向至

荧光屏(其中受控电流到对应像素的位置)来实现。

发明内容

[0011] 本发明供给一种改进的扫描/成像方法。

[0012] 为了那个目的,在对第一子帧的扫描之后,每个像素显示从第一子帧的扫描位置得出的信息;并且在对第二子帧的扫描之后,每个像素显示在对第一子帧、第二子帧、或两个子帧的扫描期间得出的信息。

[0013] 已经在第一子帧之后,使用全部像素显示图像,并且因此具有正确的整体对比度/亮度水平。因此获得的信息可以用于使用全部像素的第一迅速图像,但是相同的信息也用在随后的图像中,具有随后更高的分辨率。

[0014] 要注意已经在第一图像中而且在随后的图像中,例如可以使用插值技术来增强显示的分辨率。

[0015] 进一步要注意,对于一组现有技术方法,在扫描全部N个子帧之前,仅像素的部分示出信息,而余下的像素是黑的,从而产生在全部子图像被扫描之前具有错误整体亮度水平的图像。在其它的现有技术方法中,在扫描全部N个子帧之前,部分像素示出过时的信息,过时的信息涉及例如当样本在另一个位置或者检测器在其它设置时采样的信息,从而产生至少部分地示出错误的对比度、亮度、或位置信息的图像。

[0016] 公认地,对于HDTV,这不是重要的问题,因为在4个子帧之后存在完整的图像,并且每次新的子帧被显示时,它代替旧的子帧。这全部发生得如此快速以至于在1/15秒(1/15秒是帧速率)的起动之后,全部像素一直被使用,并且在每帧之后用新的信息刷新。

[0017] 例如对于SEM,扫描时间是可变的,通常示出25Hz到每秒一次或甚至更少(例如每分钟一次)的帧速率。使用导致$1s^{-1}$的帧速率的扫描时间,有用的是在该时间的一小部分中观察低分辨率图像以便例如能够判定视场(成像区域)是否包含关注的特征。然后后面的子帧将贡献更高的分辨率,在这之后,可以使用进一步的子帧来改进图像的信噪比。

[0018] 在实施例中,对于全部子帧,每个子帧的扫描位置和像素的数量是相同的。

[0019] 优选地,对于全部子帧,每个子帧的扫描位置和像素的数量是相同的,但这不是必要的。例如一个或多个子帧可以失去一行和/或一列扫描位置。

[0020] 在本发明实施例中$N=(k_x \times k_y)$,其中k_x和k_y是正整数,k_x和k_y中的至少一个大于1,更具体地说$N=k^2$,其中k是大于1的整数。

[0021] 通过选择$N=(k_x \times k_y)$,其中k_x和k_y是正整数,不同子帧的对应像素可以分组成矩形,并且通过$N=k^2$,不同子帧的对应像素可以分组成正方形。

[0022] 在本发明的另一实施例中,射束是来自下列各项的组的射束:红外光、可见光或X射线,或是来自下列各项的组的粒子的射束:电子、离子、带电团簇、带电分子、原子或分子。

[0023] 虽然使用SEM解释本发明,但是本发明还可以与使用除电子射束之外的另一射束的设备一起使用。

[0024] 在本发明的再另一实施例中,对于N个子帧的系列中的至少一个,针对样本的漂移和/或振动而校正该子帧相对于一个或多个其它子帧的位置。

[0025] 通过比较不同的子帧,可以通过例如相关技术来检测图像之间的偏移。然后可以通过简单地偏移当显示检测到的漂移时获得的数据或者通过更精细的技术(如例如在未决

的欧洲专利申请EP12188958或者“A Fast Super Resolution Algorithm for SEM Image”, L. Hengshu, Proc. of SPIE Vol. 6623 66231Z [-3-]中描述的)来补偿检测到的漂移。

[0026] 在本发明的再另一实施例中,在上一个获得的子帧和至少一个更早获得的子帧之间检测到大于预先确定的值的位移之后,开始子帧的新序列。

[0027] 在这个实施例中,一旦在上一个获得的子帧和至少一个更早获得的子帧之间检测到大于预先确定的值的位移,就开始显示N个子帧的新序列。位移可能归因于样本位置的改变,并且然后当样本安装于其上的台正在移动时导致低分辨率图像,并且当该台变得静止时导致高分辨率图像(使用全部子帧)。

[0028] 在本发明的再另一实施例中,用户可以启动子帧的新序列的开始,或者在样本安装于其上的样本台移动之后开始子帧的新序列,或者在样本安装于其上的样本台移动、视场改变、或者检测器设置改变之后开始子帧的新序列。

[0029] 尤其对于低刷新速率和高数量的N,建立新的图像所花费的时间长。则通过用户请求或者在样本安装于其上的台移动之后自动地开始建立新的图像(子帧的新序列)是有吸引力的。通过“清除缓冲器”开始新的图像。

[0030] 在本发明的再另一实施例中,在对第一子帧扫描之后,像素中的至少部分示出从两个或更多扫描位置得出的信息。

[0031] 当扫描第一子帧时,使用第一子帧的信息显示第一图像。然而,通过从两个或更多扫描位置获得的信息之间的插值,可以显示具有改进的虚拟分辨率的图像。甚至当成像更多子帧的数据时,插值也可以是有吸引力的,并且当采样全部N个子帧时,可以显示具有所谓的超级分辨率的图像,假定显示器具有多于N×M个像素。

[0032] 在本发明的再另一实施例中,检测器检测从样本发出的X射线光子、可见光子、次级电子或背散射电子的数量和/或能量和/或角度分布。

[0033] 检测从样本发出的辐射的检测器可以是X射线检测器(使用EDX或WDX作为检测原理)、光子检测器(例如Si-PMT、PMT、光电二极管、或者CMOS或CCD检测器)、SE检测器(例如埃霍德-沙姆露(Everhart-Thornley)检测器或半导体检测器)、BSE检测器(例如半导体检测器)、用于透射通过样本的电子的检测器(诸如能减光谱仪)、和许多。

[0034] 在本发明的优选实施例中,每个子帧的扫描时间与每个其它子帧的扫描时间相同。

[0035] 不同子帧的扫描时间不必是相同的,但是在大多数情况中这是最容易的选择。

附图说明

[0036] 现在,使用附图阐明本发明,在附图中相同的参考数字指示对应的特征。为了这个目的:

[0037] 图1示意地示出了在MUSE中使用的扫描策略;

[0038] 图2示意地示出了SEM。

具体实施方式

[0039] 图1示意地示出了在MUSE中使用的扫描策略。

[0040] 在MUSE中，帧由4个子帧构成。每个子帧相对于其它子帧移位。第一子帧由标记为“1”的扫描位置构成，并且在显示器的对应位置上显示这些扫描位置。同样地，第二子帧由标记为“2”的扫描位置构成，并且在显示器的对应位置上显示这些扫描位置，等等。类似结晶学，可以定义几个“单位晶胞”，诸如单位晶胞10、单位晶胞11和单位晶胞12。这些晶胞中的每个包含具有最小位移的N个子帧中的每个的一个扫描位置。尤其菱形单位晶胞12适合于用作晶胞来填充N个子帧的完整图像，但是其定向使得它不可能适合N*M扫描位置的图像，因为这样的图像经常示出直边缘。

[0041] MUSE扫描方案示出了许多未扫描区域15。如在单位晶胞中可以看见的，仅扫描了样本区域的一半，导致欠采样(未采样样本的全部区域)。为避免欠采样，可以使用轻微超尺寸的斑点20来扫描图像。这降低了欠采样，但是(依赖于该斑点和扫描光栅的直径)它可能导致轻微的过采样，其中一个样本也包含其它扫描位置的信息。

[0042] 图2示意地示出了装备为执行根据本发明的方法的SEM。

[0043] 图2示出了具有扫描电子显微镜镜筒241以及电源和控制单元245的设备200。通过在阴极253和阳极254之间施加电压，电子射束232从阴极253发射。电子射束232借助于聚光透镜256和物镜258聚焦成细小的斑点。电子射束232借助于偏转线圈260在样品上二维地扫描。偏转器线圈可以沿x轴和沿y轴偏转射束，使得射束可以沿样本表面以简单或复杂模式(诸如光栅扫描、蛇形扫描、或希尔伯特(Hilbert)扫描)扫描。偏转器可以是磁性的或静电的。聚光透镜256、物镜258和偏转线圈260的操作由电源和控制单元245控制。

[0044] 系统控制器233控制设备200的各个部分的操作。用离子泵268和机械泵送系统269在真空控制器234的控制下抽空真空室210。

[0045] 电子射束232可以聚焦到样本202上，样本202在真空室210内的可移动X-Y台204上。当电子射束中的电子冲击样本202时，样本发出辐射。由背散射电子检测器242(优选地分段硅漂移检测器)检测背散射的电子。

[0046] 数据处理器220可以包括计算机处理器、可编程门阵列、或其它数字或模拟处理装置；操作员接口装置(诸如键盘或计算机鼠标)；用于存储数据和可执行指令的程序存储器222；用于数据输入和输出的接口装置，体现在可执行计算机程序代码中的可执行软件指令；和用于通过视频电路292显示结果的显示器244。

[0047] 数据处理器220可以是标准实验室个人计算机的部分，并且通常耦合到至少某种形式的计算机可读介质。计算机可读介质(包括易失和非易失介质两者，可移除和不可移除介质两者)可以是能被数据处理器220访问的任何可用的媒介。通过示例和非限定的方式，计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质。计算机存储介质包括以用于存储信息(诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其它数据)的任何方法或技术实施的易失和非易失、可移除和不可移除介质。例如，计算机存储介质包括RAM，ROM，EEPROM，快闪式存储器或其它存储器技术，CD-ROM，数字通用盘(DVD)或其它光盘存储，磁盒、磁带、磁盘存储或其它磁性存储器件，或能用于存储希望的信息并且能被处理器220访问的任何其它媒介。

[0048] 程序存储器222还可以包括可移除和/或不可移除、易失和/或非易失存储器形式的这样的计算机存储介质，并且可以提供对计算机可读指令，数据指令，程序模块和其它数据的存储。

[0049] 通过用适当的指令加载程序存储器，设备被装备为执行根据本发明的方法。

[0050] 要注意，虽然这里讨论的设备是装备有电子显微镜镜筒的设备，但是还可以使用装备有聚焦离子射束镜筒、激光射束镜筒、带电团簇镜筒等的设备，以及它们的结合。

[0051] 进一步注意，对长停留时间的需求可以改变：其可能是采样的结果(例如必需记录采样时间的长衰减时间中的荧光或磷光结果)或检测器的结果(例如当采样时间低或具有有限的带宽时作为信噪比恶化的结果)。

[0052] 非专利文献：

[0053] [-1-] FEI公司Nova NanoSEM的小册子: http://www.fei.com/products/scanning-electron-microscopes/nova-nanosem/nanosembrochure.aspx

[0054] [-2-] “Interlace and MPEG - Can motion compensation help?”, J. O. Drewery, International Broadcasting Convention 1994 (IBC1994). http://www.bbc.co.uk/rd/pubs/papers/pdffiles/jodibc94.pdf

[0055] [-3-] “A Fast Super Resolution Algorithm for SEM Image”, L. Hengshu, Proc. of SPIE Vol. 6623 66231Z。

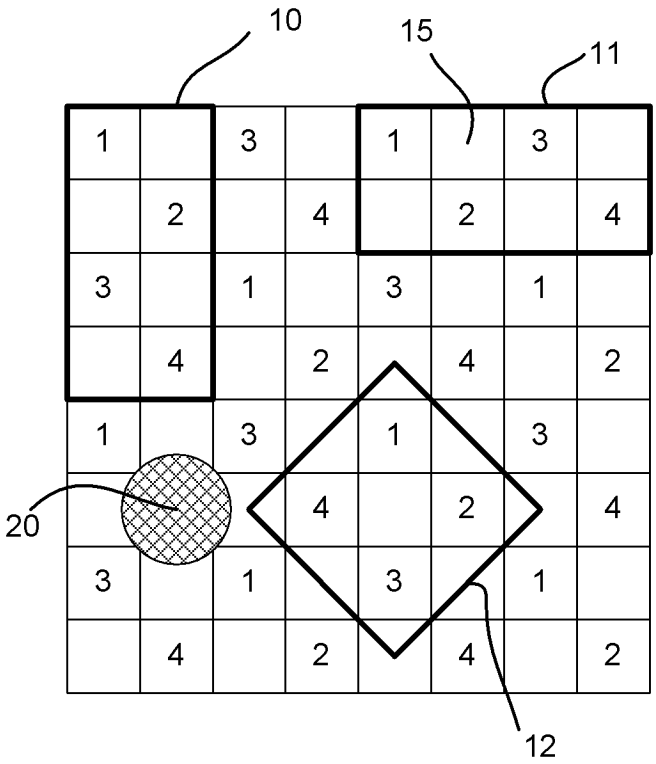


图 1

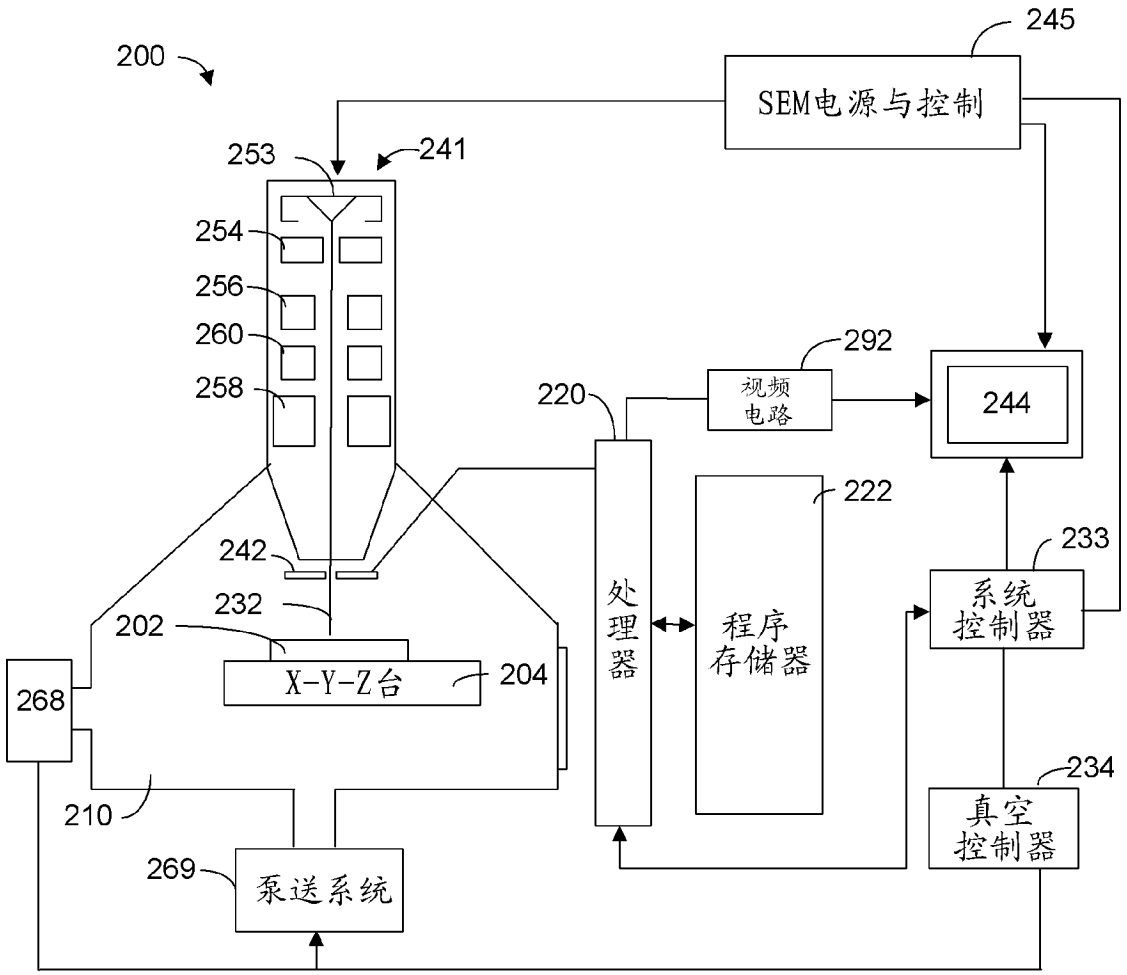

200
245
SEM电源与控制
253
241
254
256
260
258
292
视频
电路
220
244
222
242
233
232
处
理
器
程序
存储器
系统
控制器
202
X-Y-Z台
204
268
234
真空
控制器
210
269
泵送系统

图 2