(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 101714491 B
(45)授权公告日 2012.07.18

(21)申请号 200910253908.2
(22)申请日 2005.04.15
(30)优先权数据
04008972.4 2004.04.15 EP
(62)分案原申请数据
200580019455.7 2005.04.15
(73)专利权人 纳沃技术有限公司
地址 德国罗斯多夫
(72)发明人 克劳斯·埃丁格 约瑟夫·塞尔迈尔 托尔斯滕·霍夫曼
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 李春晖 俞波
(51)Int.Cl.
H01J 37/02(2006.01)
H01J 37/28(2006.01)

(56)对比文件
US 4992661 A,1991.02.12, 全文.
CN 1034452 A,1989.08.02, 全文.

审查员 钱丹娜

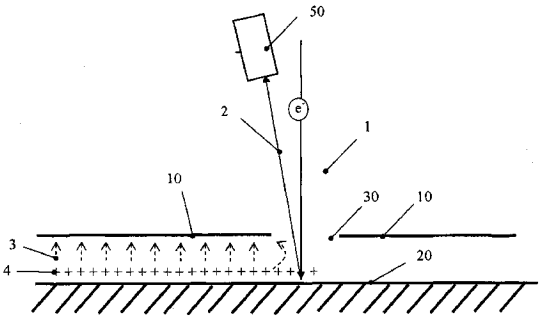
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54)发明名称

利用带电粒子研究或修改样品的装置

(57)摘要

利用带电粒子研究或修改样品的装置。所述装置具体为扫描电子显微镜,所述样品具有样品表面,所述装置包括:带电粒子束;导电屏蔽元件,具有用于使所述带电粒子束穿过的开孔;其中所述屏蔽元件以使所述屏蔽元件不接触所述样品的距离位于所述样品上方;其中在所述屏蔽元件和所述样品表面之间的距离小于50微米,其特征在于,所述屏蔽元件的开孔在至少一个方向上的尺寸小于50微米。



CN 101714491 B

1. 利用带电粒子对样品进行研究和 / 或修改的装置，所述样品具有样品表面，所述装置包括：

a. 带电粒子束 (1,2)；

b. 导电屏蔽元件 (10)，具有用于使所述带电粒子束 (1,2) 穿过的开孔 (30)；

c. 其中所述屏蔽元件以使所述屏蔽元件不接触所述样品的距离位于所述样品上方；

d. 其中在所述屏蔽元件和所述样品表面之间的距离小于 50 微米，其特征在于，

e. 所述屏蔽元件中的开孔 (30) 在至少一个方向上的尺寸小于 50 微米。

2. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述屏蔽元件还具有连接到气体供给部的至少一个开孔。

3. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述开孔 (30) 的直径 $d \leqslant 10\mu m$。

4. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述屏蔽元件 (10) 与所述样品表面 (20) 之间的距离 $\leqslant 10\mu m$。

5. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述屏蔽元件 (10) 的所述开孔 (30) 为圆形。

6. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述粒子束 (1) 在所述样品表面 (20) 上扫描，所述开孔 (30) 具有与所述表面 (20) 的被扫描部分对应的形状。

7. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述开孔 (30) 具有矩形、六角形或三角形的形状。

8. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述开孔 (30) 具有狭缝状的形状，所述狭缝的宽度为 d。

9. 根据权利要求 1 所述的装置，包括针对用于对样品进行研究和 / 或修改的多个粒子束 (1,2) 的一个或多个屏蔽元件 (10) 中的多个开孔 (30)。

10. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述屏蔽元件 (10) 在一个或多个所述开孔以外包括连续导电区域。

利用带电粒子研究或修改样品的装置

[0001] 本申请是 2006 年 12 月 13 日进入中国国家阶段的申请号为 200580019455.7、题为“利用带电粒子束研究或修改表面的装置和方法”的中国专利申请（国际申请号 PCT/EP2005/004036，优先权日 2004 年 4 月 15 日）的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种使用一个或多个带电粒子束来研究和 / 或修改样品的装置和方法。具体而言，本发明涉及通过低压扫描粒子束对样品表面进行研究和 / 或修改，例如在扫描电子显微镜中。

背景技术

[0003] 在如扫描电子或扫描离子显微镜的许多显微技术中，将聚焦的带电粒子束扫描过样品。由探测器收集从样品中发射或散射的粒子，以提供二维图像。具体为电子的扫描粒子束还用于修改表面，例如通过选择性地去除样品表面上的材料或将其沉积到样品表面。这样的技术例如在 SPIE 第 2780 卷第 388 页由 Koops 等人著的“Three-dimensionaladditive electron-beam lithography”（“三维添加电子束光刻”）以及在 DE 10208043A1 中进行了说明。高分辨率地选择性沉积或去除材料对于修复半导体工业中使用的掩膜而言，具有特别的意义。

[0004] 带电效应可以显著地破坏扫描电子显微镜的图像质量是一个公知常识，尤其当对样品的电绝缘特征成像时。取决于一次射束的特性和极性以及由一次射束所产生的二次粒子（形成所谓的二次射束）的数量和极性，带电粒子束（一次射束）的碰撞 (impinging) 引起样品表面区充电至任意的电压。取决于带有绝缘和导电区域的样品的几何形状和结构以及样品周围区域的电特性，所产生的电荷分布在样品表面。

[0005] 表面电荷又导致聚焦的一次射束的变形 (deformation)（例如散焦、斑点）以及偏转 (deflection)（例如图像漂移、图像失真）。由于图像漂移取决于样品上的导电或非导电特征部的几何形状，所以它是用于度量应用的高精度扫描电子显微镜中最严重的问题，如 CD-SEM（用于测量临界尺寸的扫描电子显微镜）。此结构可以逐样品地、逐视场 (FOV) 地、且随样品材料成分而变化。

[0006] 此外，二次电子的数量和其轨迹 (trajectory) 受到表面电荷的影响。由于由探测器收集的二次电子的数量用来确定所产生的图像的局部亮度，所以图像的对比度也受到表面带电的影响。尤其在要求高的位置精度情况下，如通过扫描电子显微镜检查掩膜或晶片，带电效应限制了电绝缘特征部的测量精度。特别地，由于与高电压电子显微镜相比，低电压电子显微镜的一次射束对它们相应路径上的电场更加敏感，所以低电压电子显微镜因电荷累积效应而受到影响。

[0007] 为了克服这个问题，在现有技术中已经研制了各种方法来消除不希望的电荷累积或至少降低其效应：

[0008] 对绝缘物体上电荷累积问题的一个常用方案是在样品表面上施加导电层。然而，

不能总是这样施加导电层，并且在半导体工业中的一些应用中这也是不允许的。另一方法是额外地提供另一带电粒子束以向样品发送相反电荷，例如在FIB（聚焦的离子束）系统中使用电中和电子流枪。另一方法是在接近样品表面处施加适合的电势，以防止二次电子逃离样品表面，因此抑制了过多正电荷的聚积(build up)。另外一个方法是改变扫描条件，以便改变带电条件并且避免过多的非对称带电。

[0009] 在下列的现有技术专利和出版物中，更详细说明了克服与电荷累积有关问题的一些方法：

[0010] US专利no.4,818,872公开了一种系统，其中通过末级透镜(finallens)下的偏转元件将来自电子流枪的中和电子导引到样品上。US专利no.6,683,320解决了将经聚焦的离子束聚焦且定位到绝缘样品上的问题。公开了一种中和电子束，所述中和电子束穿过末级透镜以便中和样品的至少一部分的累积正电荷。

[0011] US专利no.6,344,750解决了非对称带电的问题，该问题导致了扫描电子显微图像中的图像失真和图像对比度变化。在这个专利中所公开的方案包括双重扫描过程，一个过程是使像场的周围区域带电而第二个过程是扫描像场本身。

[0012] US专利no.6,570,154解决了通过扫描电子显微镜的一次电子束来使绝缘样品的不同区域带电。其公开了一种方案，该方案复用了两个不同的扫描条件，一个条件用于获取图像，另一个条件用于控制电荷积聚。

[0013] US专利no.6,586,736解决了在连续扫描期间由于电荷累积所引起的绝缘样品的带电效应影响二次粒子探测效率以及使扫描场变暗的问题。其提出了这种方案，即向电极施加高于目标电压的电压以便抑制过多的正电荷积聚从而产生清晰的图像。这是一个影响从样品表面发射出的二次粒子轨迹的有效办法。将负电压施加到电极上，使得将至少一些来自表面的发射粒子（例如二次电子）从电极排斥开并返回表面，以抵消表面上已经累积的正电荷。所施加的电压基于一次射束距电极中心的扫描距离而得到了有效的调节。

[0014] US专利no.6,664,546解决了这一问题，即通过测量样品表面电荷并计算用于最佳操作条件的一组SEM参数来优化扫描电子显微镜的图像质量。

[0015] 在US专利no.6,664,546和6,586,736中提及的Advantest公司的德国专利DE 4412415A1中公开了一种使用鞍点(saddle point)电势来控制过多的电荷累积的方法。

[0016] 就必须添加到总体装置的必要仪器而言，以及/或就获取图像所必需的过程步骤而言，所有这些方法均非常复杂。此外，没有任何的现有技术能够完全消除表面带电在最后得到的图像上引起的效应。

[0017] 因此本发明根本的问题是提供一种装置和方法，其允许以简便且因此以成本高效的方式来利用带电粒子对样品表面进行研究和/或修改，其中克服了上面所解释的与表面电荷累积有关的问题。

发明内容

[0018] 根据第一方面，本发明涉及一种利用带电粒子对样品进行研究和/或修改的装置，具体是扫描电子显微镜，其包括带电粒子束、具有用于使带电粒子束穿过的开孔的屏蔽元件，其中所述开孔足够小且屏蔽元件设置成与样品表面足够接近，以减少在表面处的电荷累积效应对带电粒子束的影响。

[0019] 根据本发明，具有形成一种孔径 (aperture) 的开孔的屏蔽元件优选地保持在固定电势且设置成非常接近于照射的样品表面。在优选的实施例中，屏蔽元件与表面之间的距离是≤ 250μm，优选地≤ 100μm，甚至更优选地≤ 50μm 且最优选地≤ 10μm。然而，屏蔽元件还可以直接地接触样品的表面，尽管为了避免对样品表面的无意损坏，在大多数情况下这并不是希望的。

[0020] 优选地所述开孔具有允许足够视场 (FOV) 的几何形状，即在这个区域中一次和 / 或二次射束路径保持基本上不受阻碍。在优选实施例中，开孔具有直径 d，其中 d≤ 150μm，优选地≤ 100μm，甚至更优选地≤ 50μm 且最优选地≤ 10μm。开孔的直径优选地大于或等于开孔和样品表面之间的距离。在优选实施例中，屏蔽元件具有≤ 100μm、优选地 10-50μm 且更优选地≤ 10μm 的厚度。

[0021] 在 FOV 以外，本发明的屏蔽元件屏蔽了由累积在样品表面处的电荷所引起的电场。为此，屏蔽元件优选地具有≥ 0，2mm，优选地≥ 2mm，且更优选地≥ 5mm 及最优选地≥ 10mm 的外部尺寸。在没有屏蔽的情况下，这些电荷将形成穿透一次射束路径的电场，且因此将偏转碰撞的位置并且影响二次射束的发射特性。通过使用本发明，由表面电荷引起的电场基本上终止于屏蔽元件的表面。可以选择屏蔽元件中开孔的几何形状及其到样品的距离，以便实现基本降为零的电荷累积效应。

[0022] 由于本发明的基本原理是提供对由电荷积聚所产生的电场的被动屏蔽而不是对一次或二次射束的轨迹的主动影响，所以屏蔽元件可以保持在任何固定的电势而不会降低其效果，并且不必接地，尽管明显地也包括接地的屏蔽元件。

[0023] 在第一实施例中，屏蔽元件的开孔具有基本上为圆形的形状。在一可选的实施例中，射束扫描过表面且屏蔽元件的开孔具有对应于所扫描的表面部分的形状，例如基本上是矩形或六角形或三角形的形状。在另一实施例中，开孔具有类似狭缝的形状，其中狭缝具有宽度 d，其优选值在上面已经指出。这个实施例在半导体工艺工业中使用的电子束光栅 (raster) 扫描写入工具中特别有用。

[0024] 在本发明特别优选的实施例中，屏蔽元件包括导电格栅 (grid)、其中所述格栅优选地具有一种网格 (mesh) 和 / 或 30％≤ T ≤ 80％的透射率 T 以及 / 或 1-30μm 的厚度，所述网格为每英寸具有多于 200 个格距 (pitch)，优选为每英寸具有大于或等于 700 个格距。这样的屏蔽元件便利了操作者在可通过（半）透明格栅来检查的样品表面上的（光学）定位。

[0025] 在另一实施例中屏蔽元件包括导电隔膜 (membrane)，其中优选地已经通过微加工方法制造了隔膜中的开孔，这些微加工方法如电子束光刻、聚焦离子束技术 (FIB)、激光束微加工或 MEMS。

[0026] 优选地将例如距离传感器和 / 或一个或多个气体供给部 (gassupply) 的其它装置集成到屏蔽元件中。如果不仅要对样品表面进行观察还要对其进行修改，例如通过电子束感应化学反应进行修改，则后者尤其有利。

[0027] 所描述装置的进一步的有利修改又形成了本申请优选实施方式的主题。

[0028] 根据又一方面，本发明涉及一种利用上述装置来研究和 / 或修改表面的方法。优选地，所述方法分别通过选择性地从掩膜中去除材料和 / 或将材料沉积在掩膜上来修复掩膜。在又一实施例中，将根据本发明的装置用于 CD-SEM，以提供用于掩膜和 / 或半导体产品

研究的精确参考。

[0029] 此外，本发明涉及一种利用带电粒子对样品进行研究和 / 或修改的装置，具体是扫描电子显微镜，所述样品具有样品表面，所述装置包括：带电粒子束；导电屏蔽元件，具有用于使所述带电粒子束穿过的开孔；其中所述屏蔽元件以使所述屏蔽元件不接触所述样品的距离位于所述样品上方；其中在所述屏蔽元件和所述样品表面之间的距离小于 50 微米，其特征在于，所述屏蔽元件的开孔在至少一个方向上的尺寸小于 50 微米。

附图说明

[0030] 在下述详细说明中，参考所述附图说明现有优选的实施例，所述附图示出：

[0031] 图 1：在不使用本发明的情况下，表面电荷及它们对带电粒子的一次和二次射束的影响的示意性表示；

[0032] 图 2：本发明实施例的示意性表示，以便图示根本的物理原理；

[0033] 图 3：在本发明实施例中对表面电荷屏蔽效应的示意性表示。

[0034] 图 4：在本发明实施例中相关尺寸的示意性表示；

[0035] 图 5a-c：屏蔽元件的三个不同实施例；以及

[0036] 图 6a、6b：包括用于电子束感应材料沉积的气体供给部的本发明的又一实施例。

具体实施方式

[0037] 在下文中，具体地参考扫描电子显微镜来说明本发明的优选的实施例。然而，应理解本发明可以用于任何装置，其中利用带电粒子来对样品表面或其内部区域进行研究、成像或修改。以下参考图 6a 和 6b 而进一步说明的特别重要的应用领域，是对用于半导体工业的掩膜的修复。这里，扫描的电子束用来选择性地沉积材料或从掩膜表面去除材料。

[0038] 图 1 示例在扫描电子显微镜具体是具有低能电子的扫描电子显微镜中所遇到的典型问题：通过一次射束 1 的电荷沉积（带负电）并通过在二次射束 2 中的带电粒子发射（带正电），在样品 20 的表面聚积了电荷分布 4。图 1 示出带正电的例子。“较高级”的事件也有助于形成样品表面 20 上的局部及临时电荷分布 4，这些事件如二次电子着陆在远离一次射束着陆点的样品表面 20 上或二次粒子碰击表面并且又释放出粒子。此外，从 FOV 延伸到外部区域的导电或部分导电的特征部也将引起不均匀的电荷分布 4。

[0039] 累积的电荷分布 4 可以是对称的或非对称的，首先主要影响一次射束 1 的聚焦特性以及图像的亮度，其次影响一次射束的形状（例如，斑点 (stigmation)）以及一次射束的偏转（例如图像变形和图像漂移）。图 1 以相当简化的方式示例了由电场 3 引起的电荷分布 4 对一次射束 1 和二次射束 2 轨迹的影响。

[0040] 图 2-4 示意性地说明了本发明的原理：一次射束通过屏蔽电极 10 的孔径开孔 30。在不影响一次射束的扫描场的情况下，孔径 30 的尺寸可以尽可能地小。此外，将屏蔽电极 10 设置得如此接近于样品表面 20，使得它可以有效地屏蔽任何电场 3，所述电场 3 可因孔径开孔外的样品表面电荷而存在或出现。这在图 3 中示出。为了与图 1 进行更好的比较，为简便起见，仅为一次射束 1 冲击点的左部区域示出表面电荷 4 及其所产生的电通量线 3。

[0041] 一部分二次粒子束 2 通过屏蔽电极 10 的开孔 30 并且到达探测器 50。使用探测器信号并结合一次射束着陆位置的信息来产生图像。只有电极开孔 30 中心周围某一区域内

的表面电荷 4 可以引起一次射束移动，从而导致一次射束着陆位置的错误信息，并且因此导致所产生图像的变形。将屏蔽电极 10 设置成如此靠近样品表面 20 上的一次射束 1 的着陆位置，使得可以防止二次或更高阶粒子到达孔径开孔 30 以外的区域。然而，为此没有必要使屏蔽电极 10 完全覆盖其开孔 30 以外的区域。优选地，屏蔽电极的外部尺寸 d'（cf 图 5a）等于或大于 0,2mm，优选地大于 2mm。根据末级的光学元件（例如末级透镜）到样品表面的距离（例如工作距离），外径 d' 还可以具有大于 5mm 或甚至 10mm 的值。

[0042] 在电极 10 不具有屏蔽效应的 FOV 内部区域中的剩余电荷可以引起带电效应。然而，如果这个区域足够小，根据剩余电荷聚积的均匀性和量值，其对一次射束着陆位置或对如能量或发射角的二次射束特性的影响也足够小。结果，对由扫描电子显微镜的探测器 50 记录的图像质量只存在可忽略的影响。

[0043] 本发明公开了这样的方案，与以上讨论的许多现有技术方法相比，如公开在 US 专利 no.6,586,736 中的方法，本发明在工作原理上是被动的。换句话说，本发明优选地独立于特定的扫描程序、样品表面 20 的电导率、或附加的补偿粒子束。它既不需要变化施加到屏蔽电极 10 上的电压，也不需要非零的电极电压，还不需要一个以上的电极 10，而是可针对具体任务来对所有这些配置进行各种选择。在优选实施例中，屏蔽电极 10 保持在固定的电势，这可简单地通过将电极接地而实现。

[0044] 根据本发明的装置可用于研究和 / 或修改导电或绝缘的任何材料、任何特征尺寸、以及以小于孔径 30(cf. 图 4) 的自由开孔 d 的任何视场。后者由非对称表面电荷的最大可允许的影响长度来确定，且典型地在 100 微米以下。尽管较低值是优选的，但在某些情形下最大达到 150 微米的值也是可接受的。对于具有高精度的应用，如 CD-SEM，具有小于 50 微米或甚至小于 10 微米的直径 d 的较小开孔是优选的。

[0045] 孔径平面到样品表面 20 的距离 35 也典型地在 100 微米以下。然而，达到 250 微米的距离 35 也是可以的。另一极端是样品表面 20 与屏蔽电极 10 相接触，这也是可以的，虽然在大多数情况下为了样品的完整性这并不是期望的。距离 35 的优选值在 50 微米以下或甚至在 10 微米以下。此外，已经发现开孔 30 的直径 d 优选地大于或等于具有开孔 30 的屏蔽电极 10 与样品表面 20 之间的距离 35。屏蔽元件 10 优选地具有≤ 100μm 的厚度，优选为 10-15μm 且更优选地≤ 10μm。

[0046] 由本发明采用的降低带电效应的物理原理优选地是：(a) 抑制二次粒子（由一次射束产生）在感兴趣的 FOV 以外的区域中着陆在样品上，以及 (b) 对感兴趣的 FOV 以外的区域中由累积电荷所产生的电场加以屏蔽。由于孔径 30 的引入，导致由 FOV 以外的表面电荷所产生的电场基本上终止在孔径表面 10 且并不影响孔径平面以上的一次或二次射束的轨迹。一次射束 1 和二次射束 2 仍然受到 (a) 在孔径开孔内部所累积的电荷以及 (b) 在孔径平面以下的电边缘场 (electric fringe field) 的影响。第一效应可以通过降低孔径开孔 30 来最小化，后者则通过减少样品表面与孔径平面之间的距离 35 来减小。因此，通过使孔径开孔 30 足够小以及将具有开孔 30 的屏蔽电极 10 设置成足够接近于样品表面 20，本发明可以将电荷累积效应抑制到所要求的任何限度。这样首次允许了研究或修改甚至厚的绝缘体，其中电子束的穿透深度要短于绝缘体的厚度。

[0047] 屏蔽电极 10 包括产生孔径 30 的便易性，在一个实施例中所述孔径 30 为圆形开孔 (cf 图 5a)，所述圆形开孔位于样品表面以上大约 100 微米或更少的距离 35 处 (cf 图 4)。

开孔直径 d 足够小（例如 d 处于数百微米或更小的数量级），使得剩余的带电效应足够小，以便得到期望的图像质量和精度。针对从目前现有技术的扫描电子显微镜中所获得的图像质量而言，这个实施例通常是足够的。

[0048] 在示意性地在图 5b 和 5c 中所示的另一实施例中，屏蔽电极 10 包括细网格化 (fine meshed) 的导电格栅 11。优选的网格例如是每英寸 700 个格距，并具有 50％左右的总透射率 T 以及 10μm 的厚度。其它的值也是可能的，例如具有每英寸仅 200 个格距以及范围从 30％至 80％的 T 值的格栅。同样格栅的厚度可在 1-30 微米之间变化。

[0049] 将格栅 11 放置在样品表面 20 以上大约 50μm 处且保持在固定的电势，优选为接地电势。具有数百伏至数千伏之间能量的一次电子束 1 通过格栅的自由方形 (free square)15 中的一个，并从样品表面释放出二次电子。格栅 11 的屏蔽效应与图 5a 的实施例具有可比较性，然而，因为格栅结构示出了较大数量的表面 20 而不仅仅是开孔 30 以下的部分，所以它便利了操作者的导航。此外，格栅 11 允许将工艺气体（未示出）更好地引至样品表面 20。后者对通过带电粒子束感应的化学反应而进行的样品表面 20 修改尤其重要，并且可以通过格栅 11 的透射率 T 来影响。

[0050] 图 6a 和 6b 示例本发明的另一重要应用，在该应用中使用电子束来选择性地将材料沉积到表面上或从表面上将其去除，例如用于修复在半导体器件制造中的光刻中使用的昂贵掩膜。通过将前体 (precursor) 物质 91 带进表面附近而实现沉积，该前体物质诸如合适的金属有机化合物且选择性地由电子束 1 加以分解。显然，如果射束 1 因累积在样品表面上的电荷而偏离或散焦，则该技术的分辨率将受到影响。

[0051] 在图 6a 的实施例中，在孔径 30 以上提供附加的气体供给部 90。气体供给部 90 距孔径 30 的距离以及孔径 30 的大小必须如此地选择，使得足够的分子或原子 91 可以通过孔径 30 到达表面 20。

[0052] 图 6b 公开了另一实施例，其中屏蔽电极 10 包括非常小的优选为处在薄隔膜 12 中的矩形开孔 30。隔膜表面是导电的且优选地将隔膜 12 固定到支持结构 60（例如，硅晶片），正如通常用在透射电子显微镜中的那样。将箔或隔膜 12 打孔（例如通过电子束光刻，聚焦离子束 (FIB) 或激光束微加工），由此产生大小优选为 10 微米或更小的孔径 30。可以以这种方式来调节孔径开孔的形状，使得以最大的屏蔽效率来优化一次射束扫描场。图 6b 中所示类型的结构是非常平的，且可以将其置于样品表面的最接近处，例如距离小于 20 微米。此类实施例提供了在不接触样品表面的情况下的最精准的一次射束定位精度。

[0053] 图 6b 的实施例尤其适合于上述通过 SEM 电子束感应的化学反应而进行的表面修改。此处，在屏蔽电极 10 和表面 20 之间的短距离并结合非常小的开孔 30 可以允许大约为一的纵横比 (aspect ratios)（样品与电极的距离比开孔大小）。可以将一个或多个工艺气体进口 90 集成到支持结构 60 内，例如通过标准的 MEMS 技术。在屏蔽电极以下的气体进口 90 具有另外的优点，即在样品表面 20 处的气体压力较高，而不破坏屏蔽电极 10 以上的测量室内的总真空压力。图 6b 的实施例允许了具有几纳米范围内的精度的电子束感应的化学表面修改。

[0054] 在又一实施例（未示出）中，屏蔽电极中的开孔是一个长形的狭缝，其中开孔的一个维度要比另一维度大得多，较小的维度要足够小（例如小于 100 微米）以确保适当的功能性，较大的维度要足够大以允许射束的全扫描长度。较小的维度具有以上为其它实施例

所指出的尺度 d 的值。该可选实施例在半导体工艺工业中采用的电子束光栅扫描写入工具中特别有用。

[0055] 在另一实施例中，电极包括上述任何类型的多个开孔。这对于多束曝光系统特别有用，因为为了提高并行射束系统中的工作速度（例如，晶片检验时间，或掩膜写入时间）正在日益发展多束曝光系统。

[0056] 在所说明的 SEM 应用中，优选地电子具有足以使二次电子系数＞ 1 的能量。这使得可以通过电极 10 来有效地屏蔽的样品表面上的正电荷。为此，电子的能量 E 优选地低于 5keV。然而，如果一次射束是具有如此能量的电子束，其使得二次电子发射系数小于一且导致在样品表面上的负电荷聚积，则可以将附加的光子或低能电子束（具有足以使二次电子系数＞ 1 的能量）作为一次电子束聚焦到同一处。这个附加的射束过度补偿了由一次射束所引起的高的负电荷，从而导致表面处低的正电荷。本发明的范围没有被限制到低能射束，除了可应用于上述所说明的发明以外，还可将本方法用于较高能量的电子束以进一步地将电荷累积的不利效应减到最小。

（现有技术）

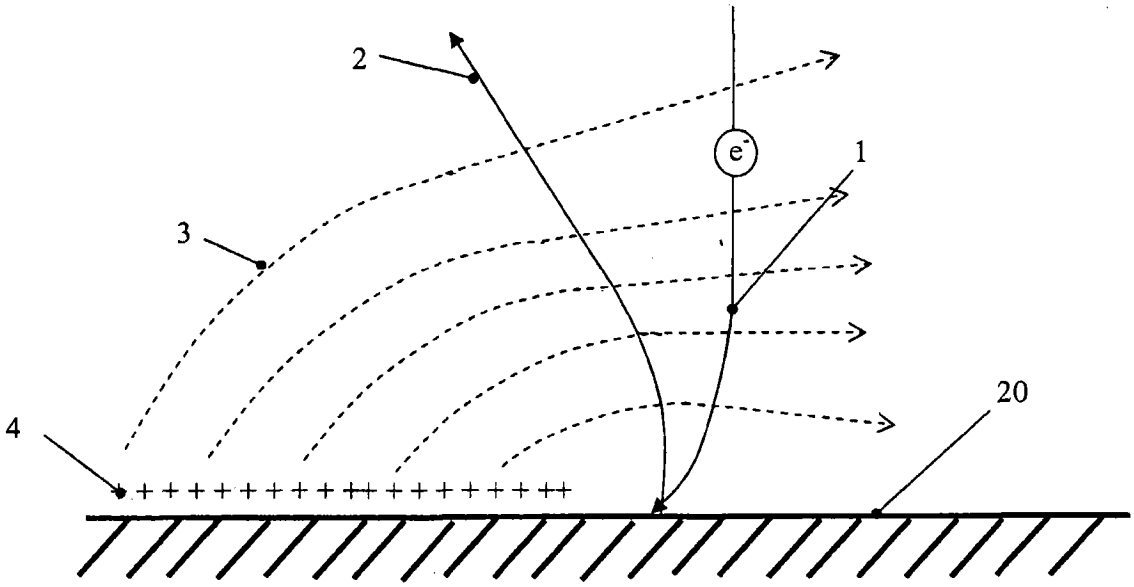


图 1

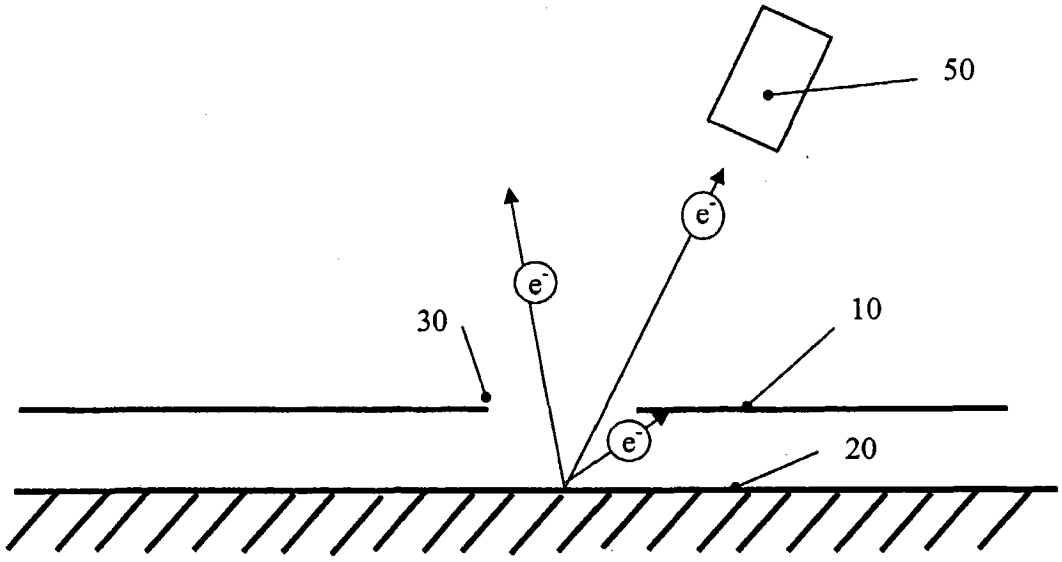


图 2

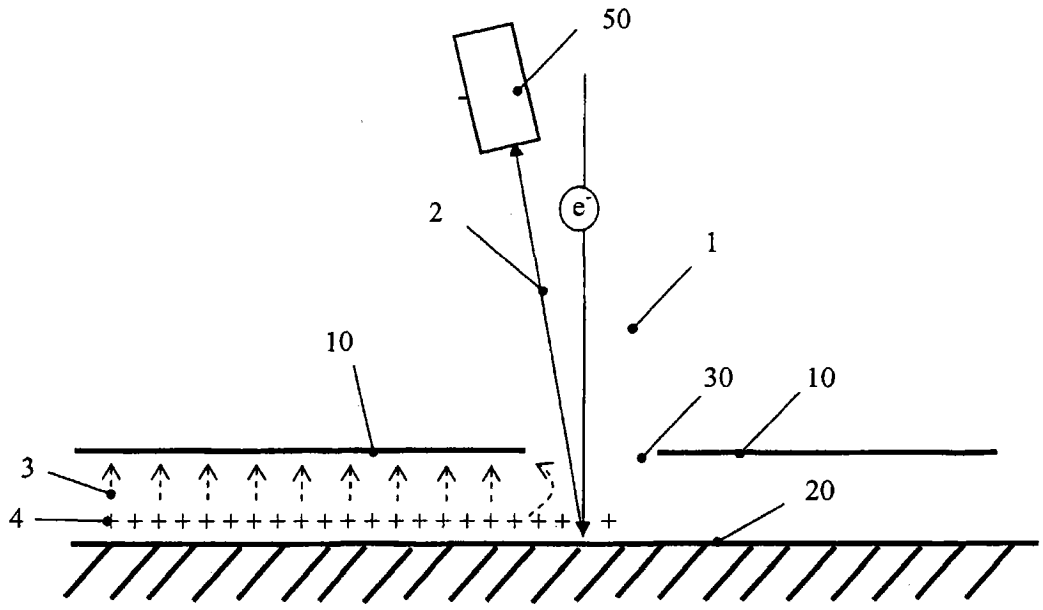


图 3

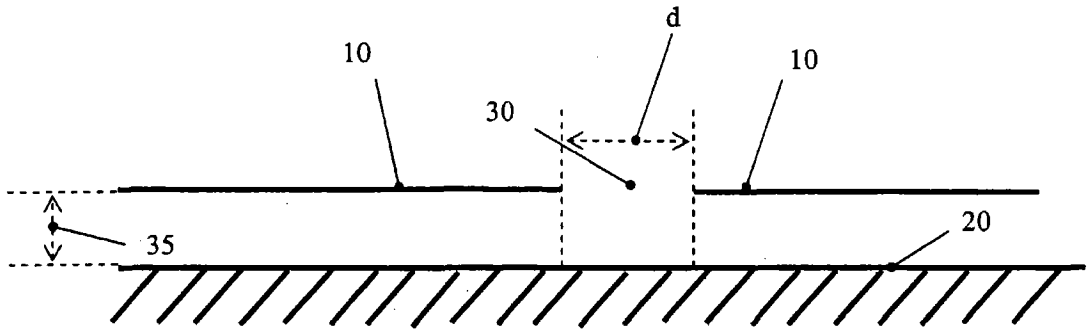


图 4

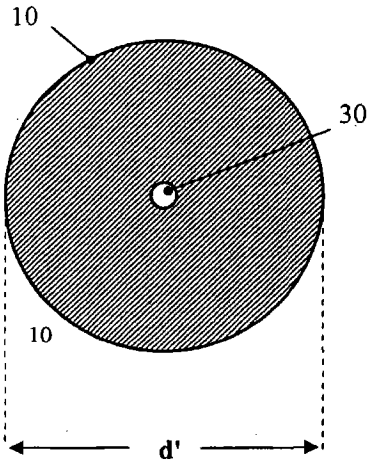


图 5a

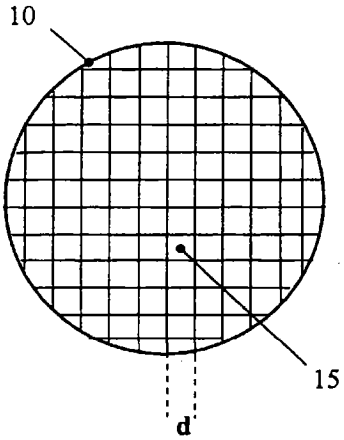


图 5b

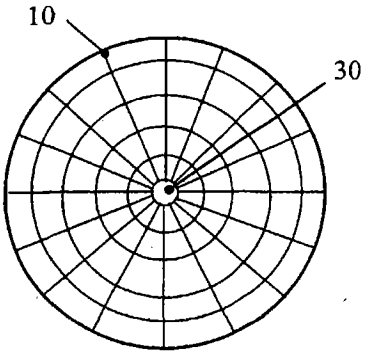


图 5c

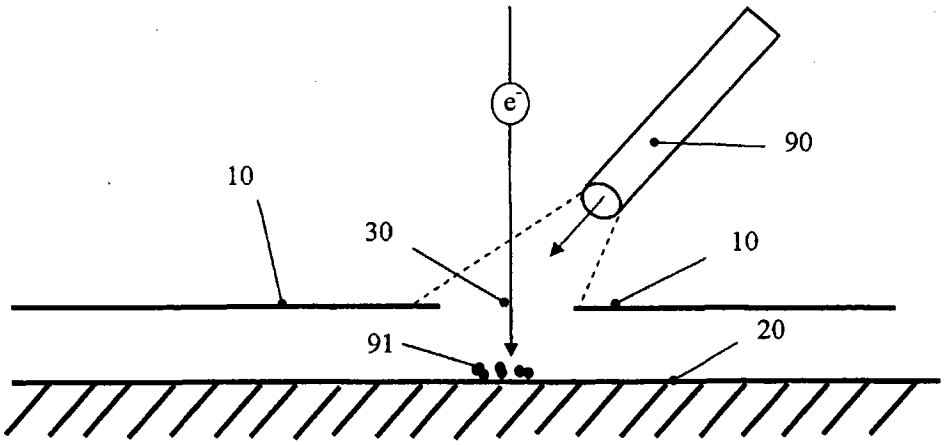


图 6a

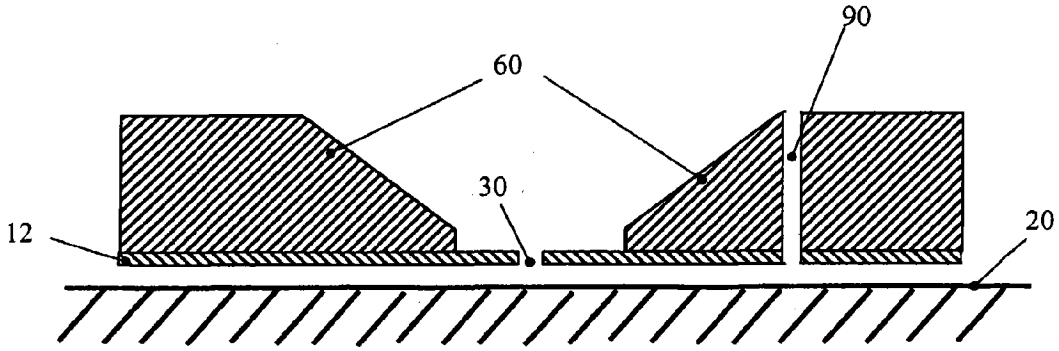


图 6b