

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01N 23/18 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02141674.5

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1310025C

[22] 申请日 2002.9.10 [21] 申请号 02141674.5

[30] 优先权

[32] 2001.9.10 [33] JP [31] 273432/2001

[73] 专利权人 株式会社荏原制作所

地址 日本东京

共同专利权人 株式会社东芝

[72] 发明人 畠山雅规 村上武司 佐竹徹

野路伸治 长滨一郎太 山崎裕一郎

[56] 参考文献

US5808312A 1998.9.15

JP11-242943A 1999.9.7

US5434901A 1995.7.18

US5065029A 1991.11.12

JP7-249393A 1995.9.26

US6184526B1 2001.2.6

US6038018A 2000.3.14

US6067153A 2000.5.23

US5715052A 1998.2.3

JP11-283545A 1999.10.15

审查员 雒晓明

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 蒋世迅

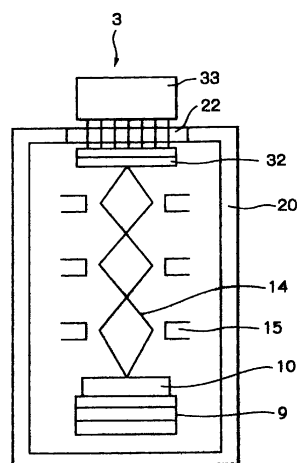
权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图 10 页

[54] 发明名称

检测设备和器件制造方法

[57] 摘要

一种检测设备，用于检测样本表面上精细几何图形，其中辐射波束照射到不同于大气的差异环境中放置的样本，并利用传感器检测从该样本上射出的二次电子，其中传感器放置在差异环境之内，处理来自传感器检测信号的处理装置放置在差异环境之外，而传输装置发射来自传感器的检测信号到处理装置。



1、一种检测设备，用于检测样本表面的缺陷，所述设备包括：

电子枪，用于向保持在真空环境中的样本发射辐射波束，以便从所述样本中辐射出二次电子束；

传感器，包括 EB-CCD 传感器或 EB-TDI 传感器，用于检测从所述样本中辐射出的二次电子束，所述传感器允许所述二次电子束直接进入所述传感器，并且形成二维图像，所述传感器被设置在所述真空环境中；

电子光学系统，用于将所述二次电子束引导到所述传感器；以及
用于将信号从所述传感器传送到处理设备中的馈通；

其中所述处理设备处理所述信号，以便检测所述样本表面上的缺陷，并且所述处理设备设置在所述真空环境的外部。

2、根据权利要求 1 所述的检测设备，其中所述电子束是反射电子束。

3、根据权利要求 1 所述的检测设备，其中所述电子束是反向散射电子束。

4、根据权利要求 1 所述的检测设备，其中所述电子光学系统具有至少一个静电透镜。

5、根据权利要求 1 所述的检测设备，其中所述馈通还包括连接插座。

6、根据权利要求 5 所述的检测设备，其中所述连接插座具有 100 个或者更多的插针。

7、根据权利要求 5 所述的检测设备，其中所述连接插座包括至少一个弹性件。

8、根据权利要求 1 所述的检测设备，其中所述馈通还包括具有馈通功能的传感器外壳。

检测设备和器件制造方法

技术领域

本发明涉及一种检测设备，利用辐射波束照射到样本上，检测样本表面上的精细几何图形（图像），并检测和处理从该样本上射出的二次辐射。在本发明中，样本表面上的精细几何图形包括：例如，半导体器件晶片表面上形成最小线宽为 $0.15\ \mu\text{m}$ 或小于 $0.15\ \mu\text{m}$ 的这种高密度图形上的缺陷。本发明还涉及利用这种检测设备的半导体器件制造方法。

背景技术

我们已知这样一种检测设备，它包括：发射电子束到真空室的电子枪；由一系列静电透镜组成的照明光学系统；承载待检查晶片的平台；由一系列静电透镜组成的变换投影光学系统；和传感器。这种已知的检测设备还包括：MCP（微通道板），用于放大检测的电子；荧光屏，用于把放大的电子转换成光；FOP（光纤板），其功能是作为真空室内的真空系统与外部元件之间的中继器，用于发射荧光屏转换的光学图像；和摄像装置，例如，CCD（电荷耦合器件），用于俘获从FOP输出的光学图像，其中真空室内的真空系统与外部环境是密封隔绝的，但是电信号可以从真空室内发生到真空室外。

图1和图2表示现有技术检测设备的示意图。图1中的检测设备包括：真空室20，例如，用于放置样本10或半导体晶片；密封玻璃板21，它可以透射从样本上射出的光；放置在大气中的透镜31；传感器32；和摄像机33。传感器32中产生的样本图像信号输入到摄像机33，并转换成图像数据。利用芯片比较方法，图像数据用于样本的缺陷检查，即，它是这样一个比较方法，对从不同晶片上对准的芯片对应区（观察屏）得到的图形图像进行比较（见JP-A-5-258703，JP-A-6-188294）。

图 2 所示的检测设备 2 类似于图 1 中的检测设备，不同的是，图 2 中的样本 10 发射二次电子 11，荧光屏 19 把二次电子 11 转换成光。具体地说，在图 2 的检测设备中，利用一次电子束照射样本 10，从样本 10 上射出的二次电子 11 经电子光学系统被引导到荧光屏 19，该电子光学系统有透镜 12 和放大器 13，然后，荧光屏 19 把电子 11 转换成光。来自荧光屏 19 的光通过密封玻璃板 21 被引导出真空室 20，并传输通过透镜 31，再进入传感器 32。传感器 32 产生样本的图像信号，该图像信号输入到摄像机 33，再转换成图像数据。

然而，图 1 和图 2 中所示现有技术的检测设备有这样的缺点，到达传感器的光强已衰减，因为在这种检测设备中，光束传输通过分隔真空室内和外的密封玻璃板，还通过透镜，再输入到大气中的传感器，以便转换成样本表面的图像信号。这种配置中观察到的衰减因子是在 $1/20$ 至 $1/2$ 的范围内。除了光强中发生的衰减问题以外，现有技术的检测设备还有另一个问题，密封玻璃板和/或透镜可以造成光束中的像差或失真，从而不能俘获高度准确的图像。此外，现有技术的检测设备还有另一个问题，使用许多光学元件以及支持和/或固定这些部件在检测设备中，有时可能造成传感器，密封玻璃和透镜之间的机械偏移，这种结构也不能俘获高度准确的图像。

此外，图 2 所示的检测设备利用常规的电子光学系统，其中电子表示的图像信息被转换成光，再检测如此转换的光，出现的另一个问题是，由于这种转换可以导致效率和分辨率的下降。本发明的目的是提供这样一种检测设备，它解决属于现有技术检测设备中的问题。具体地说，本发明的目的是提供这样一种检测设备，它可以提高分辨率和检查吞吐量，用于检测不同于大气的环境中样本表面上的精细几何图形（图像），利用辐射波束照射到样本上，然后，检测和处理从该样本上射出的二次辐射。根据以下的描述，本发明的这些和其他目的是显而易见的。

发明内容

按照本发明的一种检测设备，用于检测样本表面上的精细几何图

形，包括：照射装置，用于照射诸如电子束的辐射波束到不同于大气的差异环境内放置的样本；传感器，用于检测从样本上射出的二次辐射，并输出包含该样本表面信息的检测信号；处理装置，用于处理检测信号；和传输装置，用于发射来自传感器的检测信号到处理装置。在本发明的检测设备中，传感器放置在差异环境之内，处理装置放置在差异环境之外，而传输装置设计成穿过凸缘结构，该凸缘结构分隔开差异环境内和差异环境外。在此情况下，可以利用包括传感器和传输装置构成的传感器组件。差异环境内传感器组件的布线或插针通过凸缘结构中形成的馈通（feed through）插针连接到处理装置插针的连接插座。

馈通一般有这样的结构，其中导电插针穿过绝缘材料制成的片状件，并具有通过多个插针发射不同信号的能力。馈通还具有密封性质，可用于分隔开差异环境内和差异环境外。利用焊接或 O 形圈使馈通连接到凸缘结构。固定馈通到真空室的方法不限于图 4 的凸缘结构，还可以包括图 3 所示的配合式结构。

辐射波束是选自电子束，X 射线，X 射线激光，紫外线和紫外线激光中的一种波束。此外，二次辐射波束是选自二次电子，反向散射电子，反射电子，光电子和散射光（反射光）中的一种波束。差异环境内的压力和气体种类可以与差异环境外的压力和气体种类不同，这意味着，例如，差异环境内的气体是真空，而差异环境外的气体是大气。

至于凸缘结构和馈通，可以利用以上所描述的。为了提高传输性能，可以利用传感器和信号传输插针组成的传感器组件。传感器组件有桌子的功能，用于传感器的固定和布线。利用粘合剂等材料，布线可以形成在传感器表面上的垫片电极与传感器组件的垫片之间。利用具有馈通功能的传感器组件，可以缩短布线的距离，还可以提高传输信号的频率特性（例如，提高 20-30%）和减小信号的噪声（例如，减小 20-30%）。

一种按照本发明检测晶片表面几何形状的检测设备，包括：电子

束辐射装置，用于照射电子束到晶片上；传感器，用于检测从晶片射出的二次辐射波束并输出包含晶片表面信息的检测信号；电子控制装置，用于引导从晶片射出的二次辐射波束到传感器；处理装置，用于处理从传感器输出的检测信号；真空室，用于放置晶片和传感器；和传输装置，用于从传感器发射检测信号到处理装置。传输装置延伸通过分隔开差异环境内和外的凸缘结构。电子控制装置可以包含变换光学系统，例如，该变换光学系统包括：噪声阻断孔径（用于阻断电子或光，它们可能是噪声因素，例如，杂散电子的孔径）和电子放大器。

传感器，特别是有大量插针和广泛布线的传感器（例如，100 个以上）并被高速驱动，当这种传感器安装在真空环境中时，就可能发生一些问题，包括：由于较长的布线导致信号传输的可能恶化，由于真空环境的不良热辐射性质使工作温度升高，从而导致 S/N 比（检测灵敏度）的可能恶化，以及由于加到插针上较大的定位压力，从而导致传感器/传感器组件的可能损伤，这些插针连接传感器/传感器组件到馈通。把传感器安装在馈通部分的内表面上并使对应于各个插针的各个插座触点包含弹性件，可以解决这些问题。

本发明的检测设备包括在真空室内的一种机构，用于照射二次电子和从晶片上射出的反射电子到传感器，因而不需要光学透镜，FOP，密封玻璃板，或这些元件的固定件，因此，有利的是，可以减少检测设备中包含的元件数目，可以提高定位的精确度和分辨率，可以消除传输到传感器时光学性质的可能恶化，以及可以用较低的成本制造检测设备。

在本发明的检测设备中，传感器的输入面可以涂覆防反射膜，用于防止入射电子的反射。除了使用防反射膜以外，可以给光接收元件涂保护层，其中在传感器表面上涂覆可渗透电子的绝缘膜，和导电的防反射膜涂覆到绝缘膜上。例如，可以利用铂和/或氧化钛制成的薄膜形成防反射膜。此外，本发明的检测设备不局限于在不同的环境中使用，例如，以上所述的真空环境，检测设备可以放置在其他的环境中作图像检测，例如，放置在包含不同于大气或水的各种气体的其他环

境中，只要该环境允许光或电子在其中传输。

电子束，紫外线（紫外光），远紫外线（DUV 射线：在真空紫外线区域中波长为 200 至 10 nm 的紫外线），或激光束可以用作辐射波束。在利用电子束时，反射电子，反向散射电子或从样本上射出的二次电子可用于图像检测。此时，反射电子几乎有与入射电子相同的能量。在利用紫外线，DUV 射线或激光束时，光电子用于图像检测，其中检测这种射线或波束照射到样本表面上产生的散射光，因此，可以检测到样本表面上的任何缺陷。利用石英光纤或空心光纤，可以利用有效的方式，把射线或波束引入到样本表面或从样本表面引入到传感器。

有利的是，可以利用电子束与紫外线，远紫外线或激光束的任何组合作为辐射波束，使它照射到样本表面上。在仅仅利用电子束照射时，在一些情况下，由于充电可以改变样本表面上的电位，从而不能形成电子束的均匀照明，与此对比，在利用紫外线，远紫外线或激光束作为射线或波束时，照射到样本表面上的射线或波束与电位无关，与电子束的结合有助于从样本表面上稳定和高效地得到电子，它可用于图像采集。例如，若利用紫外线照射，则不仅产生光电子，而且还使大量电子激发到亚稳态，在此状态下，若附加地照射一次电子，则自由电子的数目就增大，从而以有效的方式激发二次电子的发射。本发明还公开一种利用上述检测设备的半导体器件制造方法，它包括：检查过程，用于检查处理过程中晶片上的任何缺陷。

附图说明

图 1 是按照现有技术的一种检测设备的示意图；

图 2 是按照现有技术的另一种检测设备的示意图；

图 3 是按照本发明一个实施例的检测设备 3 的示意图；

图 4 是本发明另一个实施例的检测设备 4 的示意图；

图 5 是本发明另一个实施例的检测设备 5 的示意图；

图 6 是本发明另一个实施例的检测设备 6 的示意图；

图 7 是本发明另一个实施例的检测设备 7 的示意图；

图 8 是本发明的电子束检测设备 8 的示意图;

图 9 是按照本发明利用电子束检测设备, 或检测方法, 或二者的组合制造半导体器件方法的实施例中流程图;

图 10 是在图 9 的制造方法中光刻过程的详细流程图;

图 11 是 EB-TDI 传感器 76 的传感器表面上像素 P11 至 Pij 的平面图; 和

图 12 是 EB-TDI 传感器 76 与二次电子束之间物理关系的示意图。

其中附图标记 1-8 是检测设备; 9 是 $x y z \theta$ 平台; 10 是样本; 11 是二次辐射; 12 是电子光学透镜; 13 是电子放大器; 14 是电子轨道; 15 是静电透镜; 16/17 是透镜; 18 是电子光学系统; 19 是荧光屏; 20 是真空室; 21 是密封玻璃; 22 是馈通; 30 是光; 31 是透镜; 32 是传感器; 33 是摄像机; 43 是紫外线; 33 是光纤; 45 是一次电子束; 46 是激光; 47 是 $E \times B$ 滤波器; 49 是光轴; 53 是晶片处理过程; 56 是芯片测试过程; 61 是掩模制造过程; 63 是光刻过程; 76 是微通道板; 77 是荧光屏部分; 78 是中继光学系统; 79 是 TDI 传感器; 80 是图像显示部分; 81 是电子枪; 82 是电子束; 83/84 是透镜; 85 是 $E \times B$ 滤波器; 86 是电极; 87 是磁铁; 88/89 是透镜; 91 是传感器表面; 和 94 是磁铁透镜。

具体实施方式

图 3 至图 8 表示按照本发明各个实施例的检测设备示意图, 其中对应于图 1 和图 2 所示检测设备中的一些单元采用相同的附图标记表示, 从而省略重复的描述。图 3 是按照本发明一个实施例中含变换光学系统的检测设备 3 的示意图, 其中传感器 32 包括: 放置在真空室 20 内的 EB-CCD (电子束检测电荷耦合器件)。包含电子光学系统中透镜 (静电透镜) 15, 孔径, 消像散元件 (用于产生合适电场分布的元件, 以补偿像散和球面像差) 的部件放置在真空室 20 内。样本 10 是直径为 300 mm 的硅晶片, 利用静电卡盘 (未画出) 牢固地安装在平台 9 上。平台 9 可以沿 X 方向, Y 方向和 Z 方向运动, 还可以绕 θ 角转动。

在图 3 的检测设备 3 中，通过移动平台 9 完成图像的检测，以便检测样本 10 上的预定位置，然后，执行合适视场位置的检测操作，它对应于该处的比例因子，例如，利用比例因子 300 检测 $200\ \mu\text{m} \times 200\ \mu\text{m}$ 的区域。为了对样本 10 上多个位置执行检测操作，应当以高速度重复执行一系列的上述操作。真空室 20 中 CCD 构成的传感器 32 产生的电子信号经馈通被引出真空室 20 外，以便输入到摄像机 33。通过移动接受比较的区域进入检测的位置，反复地俘获图像，并对得到的数据进行比较，从而可以对各个图像进行比较。

图 4 是按照本发明另一个实施例中含变换光学系统的检测设备 4 的示意图。传感器 32 是 EB-TDI（电子束检测时间延迟和积分）传感器，且传感器 32 允许电子直接进入真空环境中的传感器表面。TDI 传感器是这样一种 CCD 传感器的代表，它具有获得 TDI（时间延迟和积分）驱动的传感器结构和功能，该传感器利用线扫描期间的 TDI 驱动积分信号，因此，能够在连续运动模式下以高灵敏度和高信号量进行摄像。应当注意，TDI 传感器的结构和电路与典型 CCD 中的结构和电路有很大的不同，以便能够进行 TDI 驱动。TDI 传感器通过俘获光信号可以形成二维图像。在这个说明书中，EB-TDI 传感器 32 是指这样的 TDI 传感器，它允许电子直接进入 TDI 传感器，并累积和积分电荷以形成二维图像。

EB-TDI 传感器 32 可以安装在外壳内，该外壳形成馈通 22。外壳的插针与大气中的摄像机 33 直接相连。电子光学系统 18 可以提供样本 10 表面的二维信息，例如，晶片，通过三级透镜 15、16 和 17 的比例因子约为 50 至 500。这意味着，电子光学系统 18 放大从二维区域射出的电子束，并把放大的电子束直接束照射到 EB-TDI 传感器 32。若使用 EB-TDI 传感器 32，则固定在平台 9（例如，可以沿 x 方向，y 方向，和 θ 方向运动）上的晶片 10 可以沿 EB-TDI 传感器 32 的传感器表面上积分方向（图 11 和 12 中箭头 S 指出的方向）连续运动，因此，从晶片表面射出的电子可以通过变换投影型电子光学系统进入 EB-TDI 传感器 32。使积分过程中倍增的电子进入 EB-TDI 传感器以

形成二维图像。图 4 的检测设备 4 可以消除属于常规检测设备中的缺点，包括：光转换损耗，光传输引起的像差/失真，和伴随发生的图像分辨率下降，检测失效，高成本和增大的设备外形。

若像素数目为 4000×500 的 EB-TDI 传感器用在图 4 的检测设备 4 中，则当平台 9 运动时，连续积分 500 步来自 4000 线的线像素信息，因此，可以充分累积响应于样本中每个像素的传感器电荷强度。在半导体电路制造过程中作为检测操作的对象，当图 4 的检测设备 4 应用于硅晶片和硅晶片表面上形成的图形结构时，电子束和其他的辐射波束照射到该对象以确定是否存在缺陷，例如，灰尘，不良传导，不良图形或缺少图形，并且还作出状态判断和类别划分。在利用密封玻璃，FOP（光纤板）和透镜的常规检测设备中，经受积分的传感器上的像素发生偏移，这是由于那些元件造成的失真和/或像差，因此，不能期望获得高度准确的图像检测。图 4 的检测设备 4 可以获得高分辨率，高处理速率，小外形和低成本。

图 5 是按照本发明另一个实施例的检测设备 5 的示意图。在检测设备 5 中，选作一次波束的紫外线 43 被引导到样本 10 的表面，而从该表面上入射点射出的光电子被引导通过电子光学系统 12 中包含的透镜，孔径，消像散元件，等等以放大电子图像，再使放大的电子图像进入传感器 32。传感器 32 包括：EB-CCD 传感器或 EB-TDI 传感器。紫外线 43 或一次波束发射通过空心光纤 44，并照射到围绕电子光学系统中心轴的视场，例如，直径为 $300\ \mu\text{m}$ 所确定的区域。

图 6 是按照本发明另一个实施例的检测设备 6 的示意图。检测设备 6 利用电子束 45 和激光束 46 的组合作为一次波束。E x B 滤波器 47 改变电子束 45 的方向，以便与电子光学系统的光轴 49 对准用于检测，然后，电子束 45 进入样本 10。从样本 10 上射出的二次电子束 11 直接通过 E x B 滤波器 47，并被引导进入传感器 32。传感器 32 是由 EB-TDI 传感器构成。激光束 46 可以是 YAG 或准分子激光的四次波。准分子激光可以被引导通过空心光纤。

图 7 是按照本发明另一个实施例的检测设备 7 的示意图。检测设

备 7 是变换投影型电子束检测设备, 其中从电子枪 81 发射的电子束 82 通过方形孔被整形, 被两级透镜 83, 84 收缩, 和会聚到 E x B 滤波器 85 的偏转平面上中心区, 形成每边为 1.25 mm 的方形图像。整形的波束被 E x B 滤波器 85 偏转, 然后, 被透镜 88, 89 收缩成 1/5 的比例, 和并投影到样本 10 上。从样本上射出的二次电子包含图形图像信息, 通过四级透镜 89, 88, 92 和 93 被放大, 和使它进入传感器 32。

透镜 89 与透镜 88 的组合形成对称的图形输入板透镜, 而透镜 92 与透镜 93 的组合形成另一个对称的图形输入板透镜, 这意味着, 一系列透镜 88, 89, 92 和 93 组合成非失真的透镜组。然而, 由于电极上的灰尘也可以引起失真, 我们建议, 应当有规则地把参照图形放置在样本的表面以测量失真, 因此, 能够预先计算补偿失真的一些参数。

一方面, 若样本是这样一种晶片, 在其上面可以有选择地形成氧化物薄膜或氮化物薄膜, 则仅仅校正光学失真是不充分的, 在此情况下, 在采集图像数据时, 应当添加另一个校正失真的步骤, 从图形的边缘部分选择代表性的各点, 并把这些点与数据图像进行比较。随后, 芯片之间进行比较, 或从不同晶片上安排的芯片中相同区域(观察屏)得到的图形图像之间的比较, 或多组图像数据之间的另一种比较, 这些比较可以用于检测缺陷。由于在本发明的检测设备中, EB-CCD 传感器或 EB-TDI 安装在真空环境中, 电子束直接照射到传感器上进行图像检测, 与现有技术的检测设备比较, 能够以高对比度和高分辨率完成图像采集, 在没有光传输损耗的状态下, 可以用较低的成本获得高的吞吐量。

当二次辐射是由二次电子构成时

在图 7 的实施例中, 若二次辐射是由二次电子构成, 则准备照射到晶片上的电子束, 例如, 该电子束的能量是在 10 至 4000 eV 的范围内, 椭圆形电子束外形的半径 “a” 为 250 μm , 半径 “b” 为 100 μm , 并以大致垂直的方向照射到晶片表面上。应当设定电流密度在 1×10^{-5} 至 $1 \times 10^{-1} \text{ A/cm}^2$ 的范围内。二次电子的发射量取决于辐射电子束的电流密度或总电流值。若二次电子的发射比率是 1, 则可以发射与入射

电子相同数量的二次电子。二次电子的能量通常是在 0 至几个电子伏特的范围内。

当假设样本表面与变换光学系统中传感器表面的比例因子为 200 时, 若晶片上的视场(可见区)是 $200\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$, 则传感器表面上的对应面积应当是 $40\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$ 。当视场为 $200\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ 范围内照射的电流值是 $2\ \mu\text{A}$ 和发射比率是 1 时, 射出的二次电子量为 $2\ \mu\text{A}$ 。射出的二次电子传输通过物镜 88 和 89, 然后, 在直线传播的状态下, 传输通过 E x B 滤波器 85。随后, 二次电子束被透镜 92, NA 孔径(未画出)和透镜 93 放大, 再进入传感器表面。

NA 孔径(未画出)的功能是限制透射率和像差。当透射率为 3% 时, $2\ \mu\text{A} \times 0.03 = 60\ \text{nA}$ 的电流进入传感器表面。EB-TDI 传感器或 EB-CCD 传感器可以用作该传感器。当使用 EB-TDI 传感器时, 在连续运动的同时, 可以得到二维图像。晶片安装在可以沿 x 方向, y 方向, θ 方向和 z 方向的平台上, 该晶片沿对应于传感器的积分方向连续运动, 以便积分 EB-TDI 传感器的电荷和得到图像。例如, 在 EB-TDI 传感器中, 像素的尺寸为 $20\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$, 像素的数目为 2000×500 , 在积分方向上安排 500 步的像素。

当二次辐射是由反射电子构成时

在图 7 的实施例中, 若二次辐射是由反射电子构成, 则准备照射到晶片上的电子束, 例如, 该电子束的能量是在 10 至 4000 eV 的范围内, 椭圆形电子束外形的半径“a”为 $250\ \mu\text{m}$, 半径“b”为 $100\ \mu\text{m}$, 并以大致垂直的方向照射到晶片表面上。应当设定电流密度在 1×10^{-3} 至 $5 \times 10^{-1}\ \text{A}/\text{cm}^2$ 的范围内。反射电子的发射量取决于辐射电子束的电流密度或总电流值。从样本表面上射出电子的能量与入射电子束的能量相同, 这些电子作为反射电子。反射电子的发射比率低于二次电子的发射比率, 通常小于 1/10。

当样本表面与变换光学系统中传感器表面的比例因子为 200 时, 若晶片上的视场(可见区)是 $200\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$, 则传感器表面上的对应面积应当是 $40\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$ 。当视场为 $200\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ 范围内照射

的电流值是 $2\text{ }\mu\text{A}$ 和发射比率为 0.1 时,则射出的反射电子量为 $0.2\text{ }\mu\text{A}$ 。射出的反射电子传输通过物镜 88 和 89,然后,在直线传播的状态下,传输通过 $E \times B$ 滤波器 85。随后,反射电子束被透镜 92, NA 孔径(未画出)和透镜 93 放大,再进入传感器表面。

NA 孔径(未画出)的功能是限制透射率和像差。当透射率为 10% 时, $2\text{ }\mu\text{A} \times 0.1 = 20\text{ nA}$ 的电流进入传感器表面。EB-TDI 传感器或 EB-CCD 传感器可以用作该传感器。当使用 EB-TDI 传感器时,在连续运动的同时,可以得到二维图像。晶片安装在可以沿 x 方向, y 方向, θ 方向和 z 方向的平台上,该晶片沿对应于传感器的积分方向连续运动,以便积分 EB-TDI 传感器的电荷和得到图像。例如,在 EB-TDI 传感器中,像素的尺寸为 $20\text{ }\mu\text{m} \times 20\text{ }\mu\text{m}$,像素的数目为 2000×500 ,在积分方向上安排 500 步像素。

图 8 是按照本发明另一个实施例的投影型电子束检测设备 8 的示意图。在图 8 的检测设备 8 中,采用相同的附图标记指明与图 7 实施例中类似的一些元件,从而省略重复的描述。在图 8 的检测设备 8 中,电子枪 81 发射多个一次电子束 82。射出的各个一次电子束 82 传输通过透镜 83 和 84,然后,会聚到由电极 86 和磁铁 87 构成的 $E \times B$ 偏转器 85 (Wien 滤波器 85) 偏转平面上的中心区,每个电子束在其上面形成一个椭圆图像。具体地说,例如,两级透镜 83 和 84 把每个一次电子束 82 会聚到 Wien 滤波器 85 的偏转平面上的中心区,以便形成 $10\text{ }\mu\text{m} \times 12\text{ }\mu\text{m}$ 的椭圆形图像,电子束 82 还受到偏转器 75 的作用,在垂直于附图平面的方向上作光栅扫描,因此,一次电子束的整体可以均匀覆盖 $1\text{ mm} \times 0.25\text{ mm}$ 的矩形面积(Wien 滤波器 85 的偏转平面上的中心区)。

然后,一次电子束被 Wien 滤波器 85 偏转,被透镜 88 按比例缩小,例如,比例为 $1/5$,大致垂直地照射到样本 10 上,从而覆盖样本 10 上 $200\text{ }\mu\text{m} \times 50\text{ }\mu\text{m}$ 的特定面积。此时,在承载样本 10 的平台 9 沿 $+a$ (或 $-a$) 方向连续运动的同时,偏转器 75 沿垂直于附图平面的方向突然扫描多个一次电子束 82,因此,电子束的整体均匀地照射到样本

10 表面上的矩形面积。

应当注意，若接受检测的面积很大，则在一次电子束 82 沿 “a” 方向到达接受检测的样本 10 上末端部分的面积时，平台 9 沿扫描方向（垂直于附图平面的方向）以电子束 82 的扫描宽度逐步运动，随后，平台 9 沿与上一次运动相反方向的 -a（或 +a）方向连续运动。通过重复平台 9 的这种运动和偏转器 75 提供的一次电子束 82 扫描操作，接受检测的样本 10 上的特定面积可以被电子束的均匀照射曝光。

在图 8 的检测设备中，样本 10 射出二次电子，反向散射电子和来自各个照射点的反射电子以响应电子束的照射。射出的二次电子或反射电子 11 的电子束被透镜 89，88，92 和 93 放大，然后，磁透镜 94 在 TDI-CCD 传感器 79 的光接收平面取向与样本 10 的连续运动方向 “a” 之间作角度校正。在接受角度校正之后，二次电子束会聚到微通道板（MCP）76 上，以形成整体的矩形图像。这些二次电子的灵敏度被 MCP 76 增大 1 万倍至几万倍，被闪烁器或荧光部分 77 转换成光，然后，传输通过中继光学系统 78，进入 TDI-CCD 传感器 79，其中二次电子变成与样本连续运动速度同步的电信号，并在图像显示部分 80 上显示成一系列图像。

需要调整电子束以便利用不均匀的照射，例如，矩形或椭圆形照射，尽可能均匀地照射到样本 10 的表面。此外，为了提高吞吐量，需要大量的照射电流加到检测区域。这是因为随着所加照射电流的增大，就允许相应地增大平台的运动速度，从而提高吞吐量。

在利用单个电子束的常规检测设备中，非均匀照射可以高达约 $\pm 10\%$ ，不利的是，由于电子束照射可用的电流低至 500 nA，不能实现高的吞吐量。此外，与扫描电子显微镜（SEM）进行比较，投影型电子束设备是有问题的，在成像过程中容易发生更多的障碍，这是由于成组（block）电子束照射突然加到扩展图像观察区上产生的充电现象。

与此对比，由于在图 8 的检测设备 8 中，多个电子束用于扫描和照射样本，就可以减小照射的不均匀性，例如，与常规的电子束设备

比较, 不均匀照射可以减小到 $1/3$ 。整个样本表面上测得的用于照射的电流, 若使用 8 个电子束, 则可以比常规系统情况的电流大 3 倍。随着所用电子束数目的增多, 其吞吐量也随之增大。

虽然在图 8 中没有画出, 按照本发明的电子束设备, 除了透镜之外, 还可以包括: 各种孔径, 例如, 数值孔径 (NA) 和场孔径; 包含 4 极或多极的偏转系统 (校准器), 用于电子束的轴向对准; 像散校正器 (像散校正装置); 和包含多个四重透镜 (四极透镜) 的电子束照明和成像操作所需的单元, 用于改变射束的形状。

图 11 是 EB-TDI 传感器 76 的传感器表面 91 上像素 P_{11} 至 P_{ij} 的平面图。在图 11 中, 箭头 S 指出传感器表面 91 上的积分方向。传感器 76 的像素 P_{11} 至 P_{ij} 在积分方向上有 500 步 (积分步骤的数目 $i=500$) 和在垂直于积分方向的方向上有 4000 段 ($j=4000$) 的配置。图 12 是 EB-TDI 传感器 76 与二次电子束之间物理关系的示意图。在图 12 中, 箭头 S 指出传感器表面 91 上的积分方向, 而箭头 T 指出承载晶片 10 的平台 9 的连续运动方向。

在图 12 中, 若来自晶片 10 的二次电子束 11 是在某一段时间内从晶片 10 上相同位置射出的, 当平台 9 沿箭头 S 指出的方向运动时, 二次电子束 11 按照 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \dots \rightarrow i$ 的顺序相继地进入到变换投影型光学系统 18 上的一系列位置 $a, b, c, d, e, \dots, i$ (i 代表积分步骤的数目)。一旦进入变换投影型光学系统 18 的二次电子束 11 按顺序从变换投影型光学系统 18 上的一系列位置 $a', b', c', d', e', \dots, i'$ 射出。此时, 若 EB-TDI 传感器 76 的电荷积分沿积分方向的运动是与平台 9 的运动同步, 则从变换投影型光学系统 18 的位置 $a', b', c', d', e', \dots, i'$ 射出的二次电子相继进入传感器表面 91 上的相同点, 从而使电荷按积分步骤 i 的数目积分。按照这种方式, 传感器表面 91 上各个像素 P_{11} 至 P_{ij} 可以得到射出电子的更多信号, 从而获得较高的 S/N 比, 并允许以较高速率得到二维 (电子) 图像。例如, 变换投影型光学系统 18 的比例因子为 300。

在以上的说明中, 考虑的情况是, 二次电子束是从样本上射出的

二次辐射波束。然而，可以按照相同的方式处理其他的二次辐射波束。

在图 8 所示的实施例中，未画出的信息处理部分可以安排在 TDI-CCD 传感器 79 之后，因此，该信息处理部分可以利用在 TDI-CCD 传感器 79 中得到的图像信息，对多个单元图像和/或多个芯片图像进行比较，从而检测样本表面上的缺陷，并确定各种特征，例如，检测缺陷的形状，位置坐标和数目，也可以在图像显示部分显示这些特征。

在另一种情况下，作为样本 10 制备的半导体基底的氧化物薄膜或氮化物薄膜的表面结构是各不相同的，或处理过程是各不相同的，则应当分别设定每个不同样本的合适照射条件，如此得到的图像显示在图像显示部分 80，由此可以检测到缺陷。

图 9 是按照本发明利用电子束检测设备制造半导体器件方法的实施例流程图。图 9 所示的制造过程包括以下的主要过程：

(1) 制造晶片 52 的晶片制造过程 51，或制备晶片 52 的晶片制备过程；

(2) 制造掩模（标线片（reticle））62 的掩模制造过程 61，用于制备掩模的曝光或掩模制备过程；

(3) 晶片处理过程 53，用于完成晶片所需的处理操作；

(4) 芯片装配过程 54，逐个切割晶片上制成的芯片 55，并使它们可以工作；和

(5) 测试完成芯片的芯片测试过程 56，和制成已通过检查的产品（半导体器件）过程。

各个主要过程还包括几个子过程。图 9 中的右侧部分表示晶片处理过程 53 的子过程。

在以上的主要过程（1）至（5）中，过程（3）中的晶片处理过程 53 对制成半导体器件 57 的性能有重要的影响。这个过程涉及把设计的电路图形相继地制成在晶片上，以制成大量的芯片，例如，存储器，MPU，等等。这个晶片处理过程包括以下的子过程：

(6) 薄膜形成子过程 64，用于形成作为绝缘层的介质薄膜，形成布线或电极的金属薄膜，等等（利用 CVD，溅射等方

法)；

(7) 氧化子过程 64, 用于氧化薄膜层和晶片基底；

(8) 光刻子过程 63, 利用掩模(标线片)形成抗蚀剂图形, 用于有选择地处理薄膜层和晶片基底；

(9) 蚀刻子过程 64, 用于处理薄膜层和基底以符合抗蚀剂图形(例如, 利用干蚀刻技术)；

(10) 离子/杂质注入/扩散子过程 64；

(11) 抗蚀剂剥离的子过程；和

(12) 测试处理晶片的子过程。

可以理解, 晶片处理过程 53 的重复次数等于制造半导体器件所需要的层数, 这些半导体器件按照设计的方式运行。

图 9 中的流程图表示方框 64 中的三个过程(6), (9)和(10), 其中包括附加的晶片测试过程 65。方框 66 表示重复的过程。为了使用按照本发明的检测设备, 在上述过程(12)的测试处理晶片的子过程中, 能够以高吞吐量测试有精细图形的半导体器件, 测试全部的产品, 提高产品的生产率, 和防止劣质产品进入市场。

图 10 是图 9 的制造方法中光刻过程 63 的详细流程图。如图 10 所示, 光刻过程 63 包括以下的步骤:

(13) 抗蚀剂涂覆步骤 71, 用于涂覆抗蚀剂到晶片上, 该晶片上有以上过程中形成的电路图形；

(14) 曝光抗蚀剂的步骤 72；

(15) 显影步骤, 用于显影已曝光的抗蚀剂以产生抗蚀剂图形；
和

(16) 退火步骤 74, 用于稳定已显影的抗蚀剂图形。

由于上述的半导体器件制造过程, 晶片处理过程和光刻过程是众所周知的, 就不需要给予进一步的描述。

本发明的效果

按照本发明的检测设备, 其中从晶片射出的二次电子照射到真空室中的传感器, 不再需要光学透镜, FOP, 密封玻璃, 或这些元件的

固定件，从而使检测设备中包含较少的元件，消除在传输到传感器时光学性质的可能恶化，以及可以用较低的成本制造检测设备。本发明的优点是，例如，可以提高对比度 2 至 4 倍，降低检测设备的成本 30% 至 50%，提高分辨率 1.5 倍至 3 倍，减小检测设备的尺寸约 50%。利用按照本发明的检测设备，可以使样本表面上的检查性能有高的分辨率和高吞吐量。

图 1

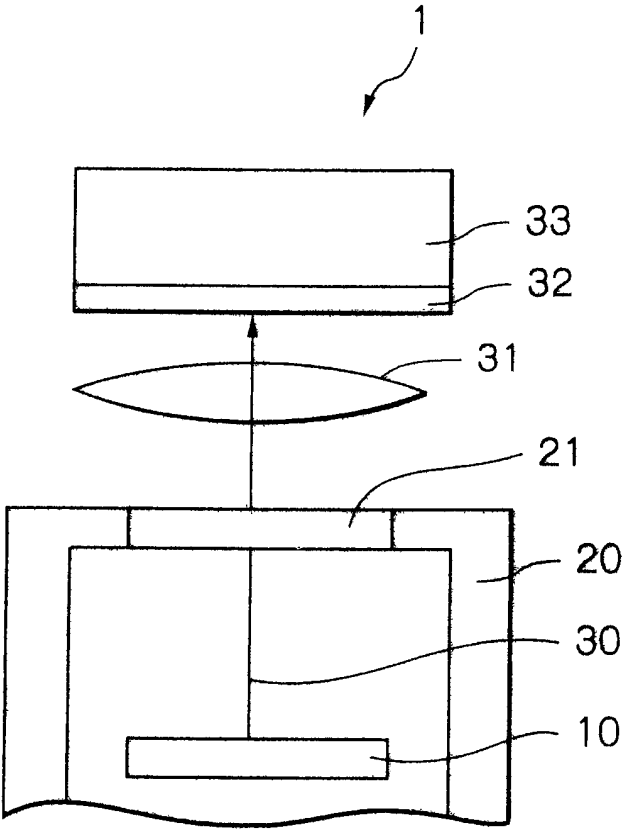


图 2

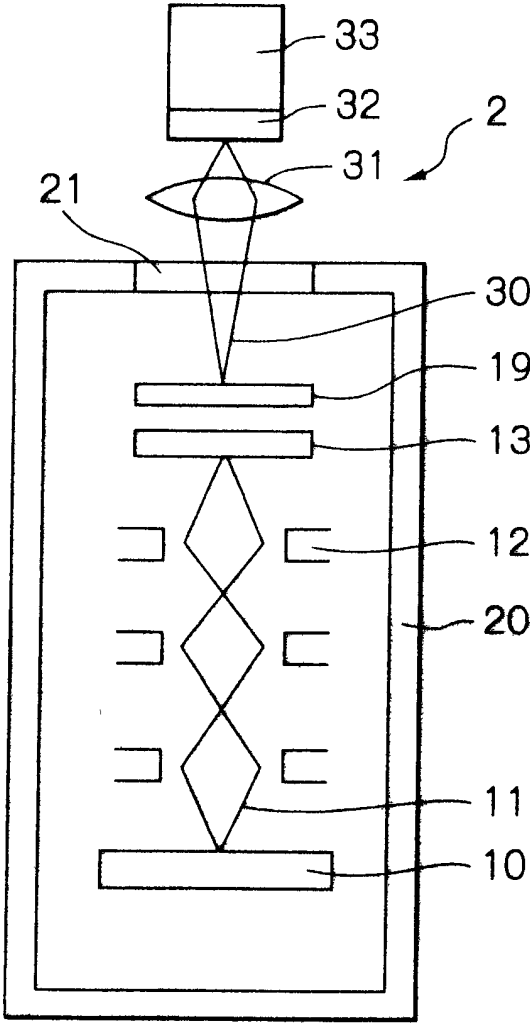


图 3

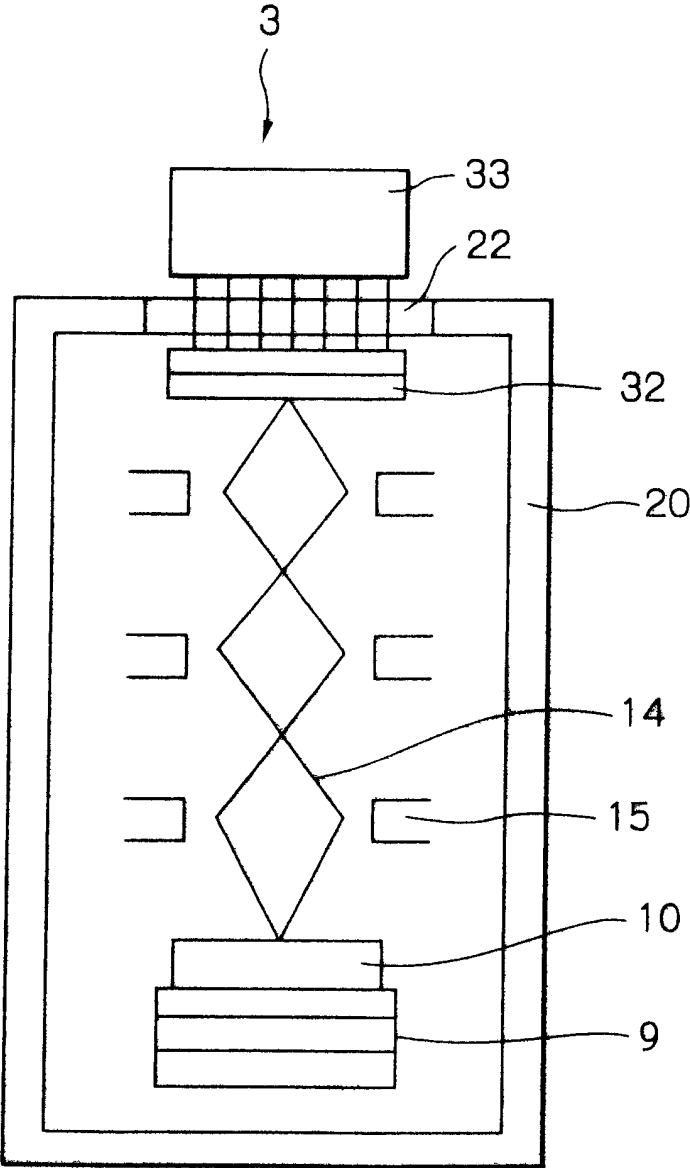


图 4

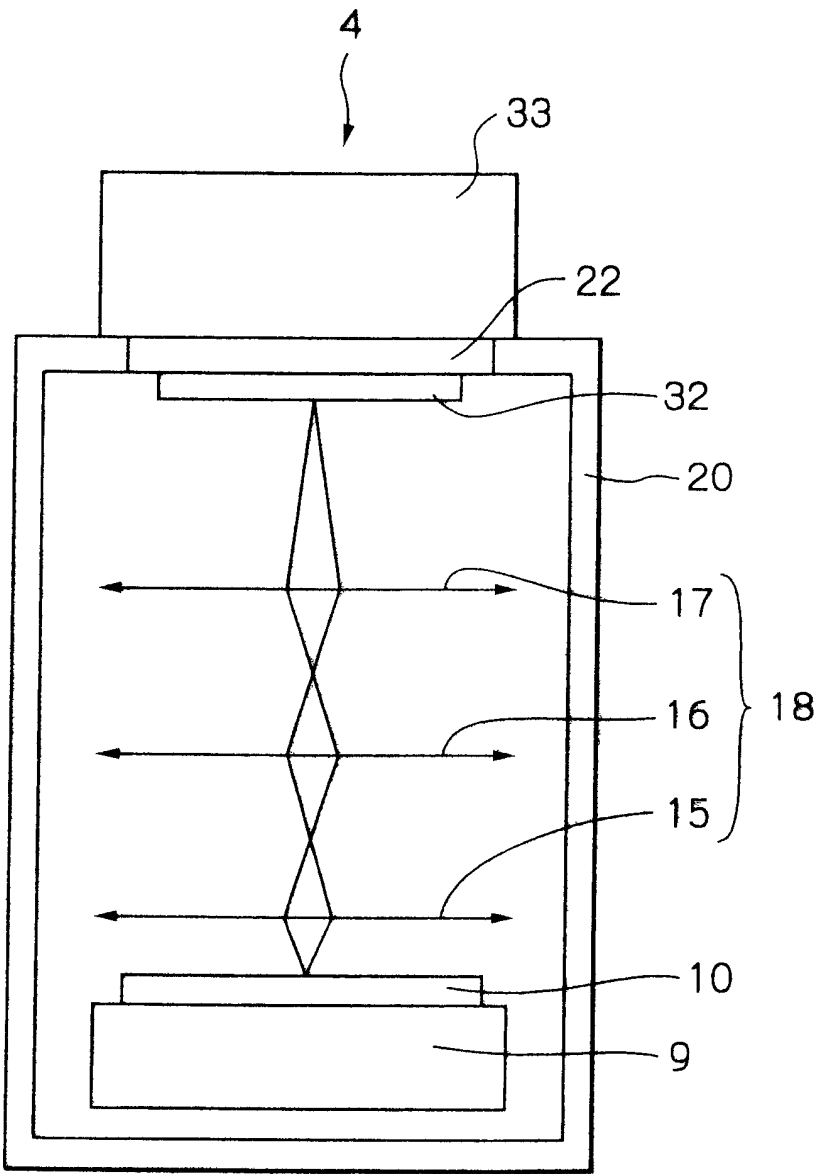


图 5

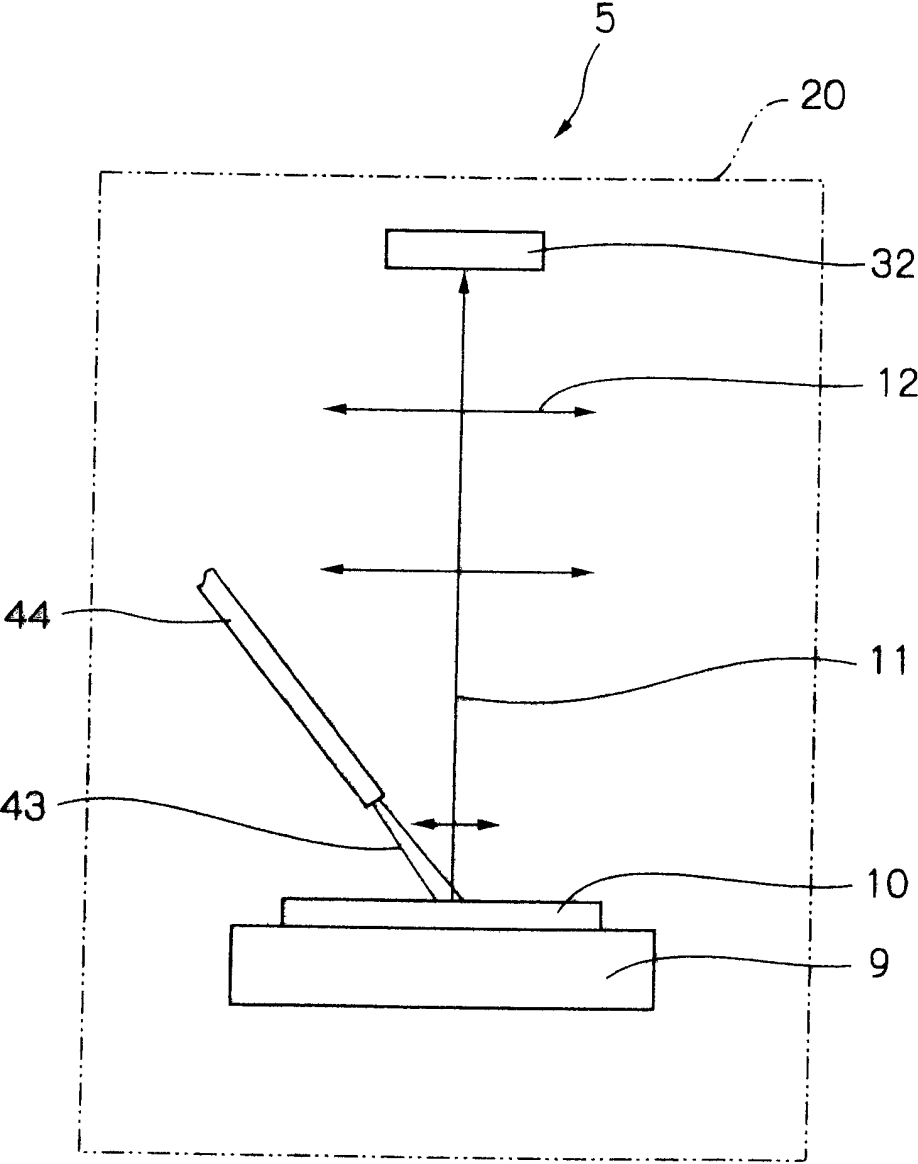


图 6

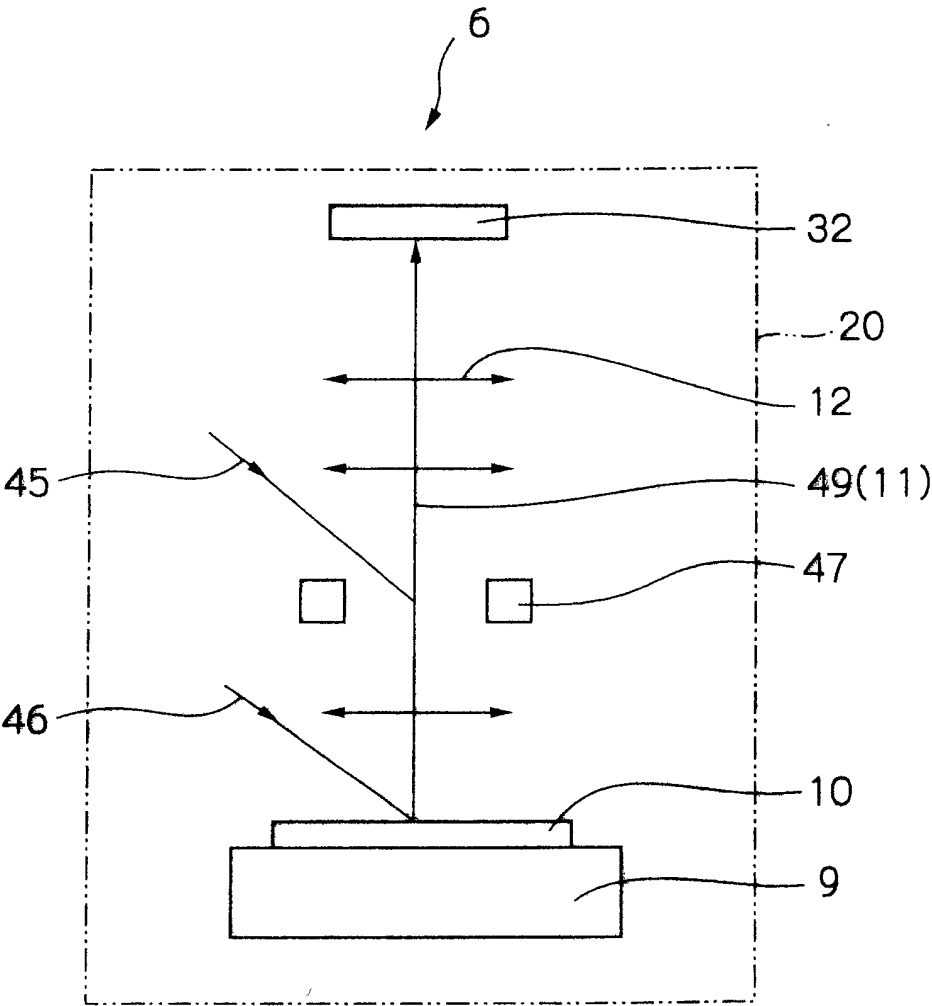


图 7

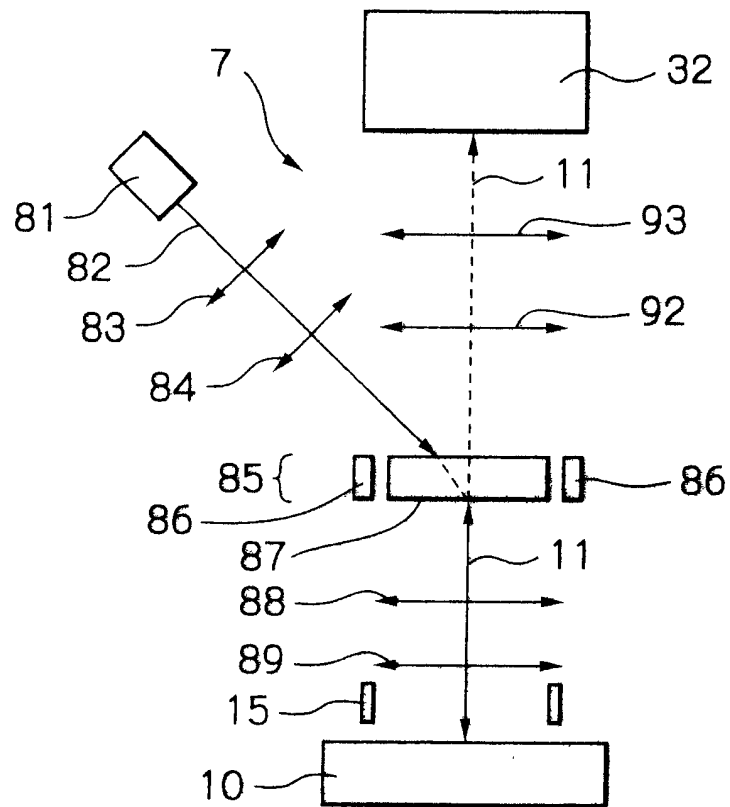


图 8

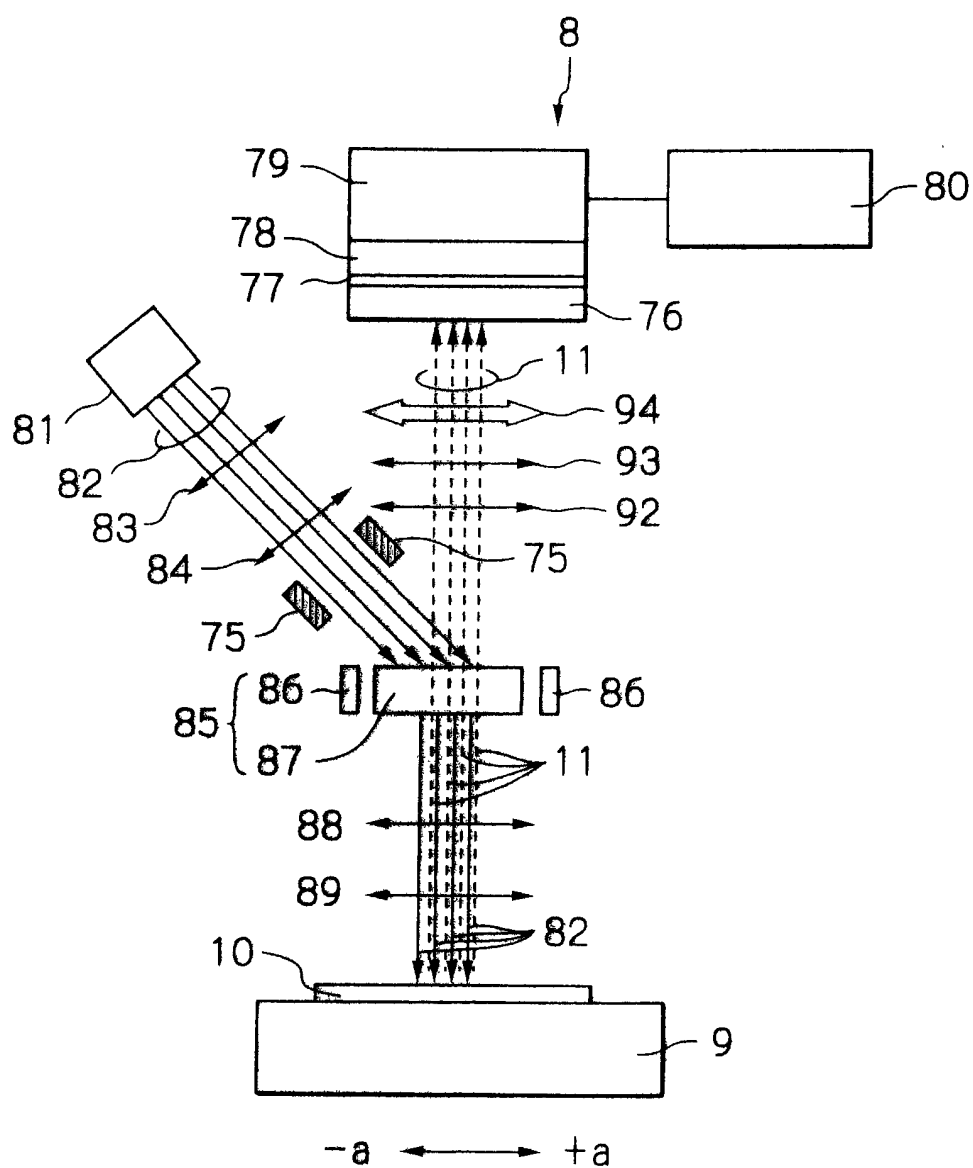


图 9

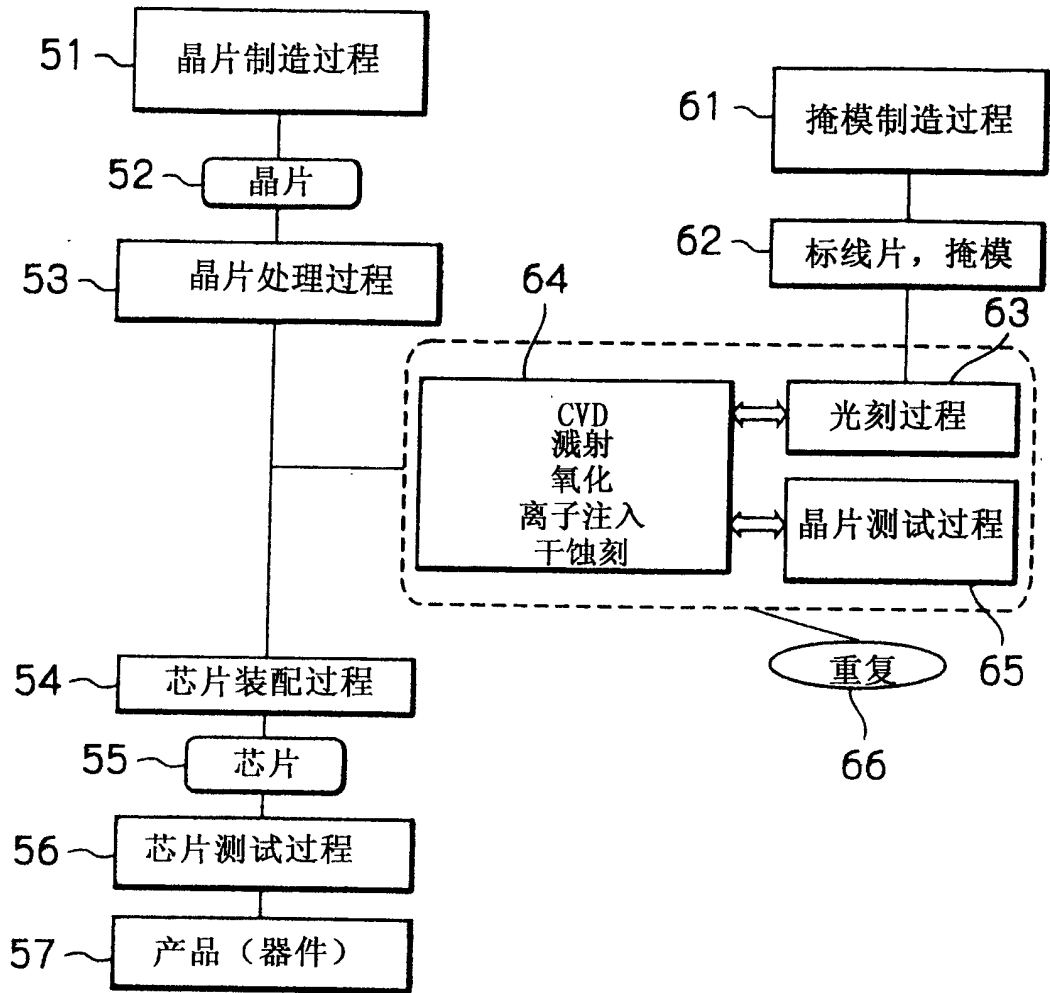


图 10

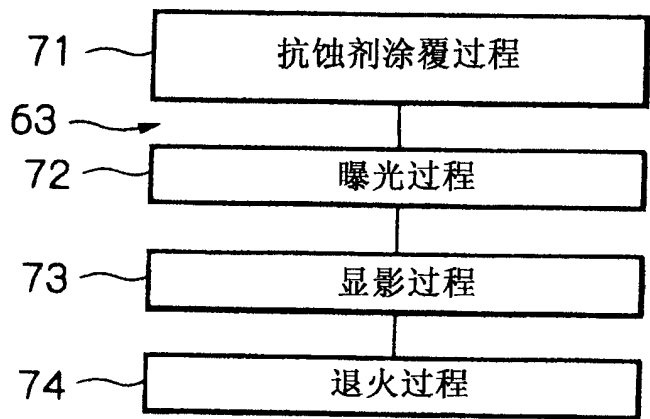
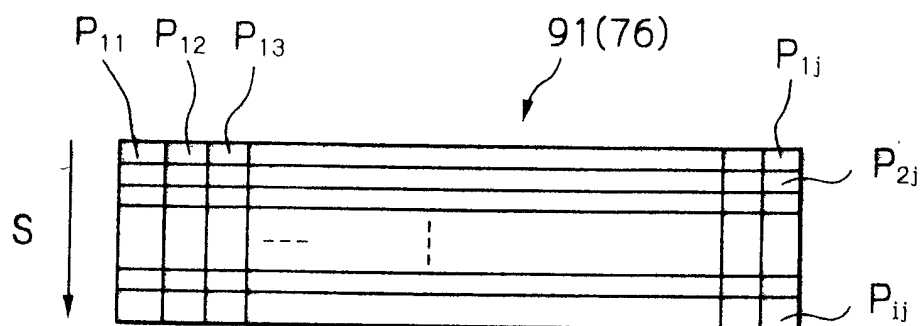


图 11



($j=4000$ $i=500$)

图 12

