



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104520983 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 15

(21) 申请号 201380041207. 7

代理人 张世俊

(22) 申请日 2013. 06. 26

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 21/66(2006. 01)

13/534, 899 2012. 06. 27 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 02. 03

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/047909 2013. 06. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/004682 EN 2014. 01. 03

(71) 申请人 科磊股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 J·Z·林

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司
11287

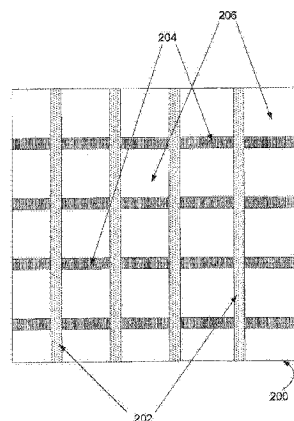
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

用于半导体制造中的检验的嵌入噪声中的缺陷的检测

(57) 摘要

一个实施例涉及一种用于在制成的衬底上检测缺陷的设备。所述设备包含经布置以从所述制成的衬底获得图像帧的成像工具。所述设备进一步包含数据处理系统,所述数据处理系统包含计算机可读代码,所述计算机可读代码经配置以计算图像帧中的像素的特征且将所述图像帧中的所述像素划分为像素的特征界定群组。所述计算机可读代码进一步经配置以选择特征界定群组,且产生所述选定特征界定群组的多维特征分布。另一实施例涉及一种从测试图像帧及多个参考图像帧检测缺陷的方法。还揭示了其它实施例、方面及特征。



1. 一种用于在制成的衬底上检测缺陷的设备,所述设备包括:
成像工具,其经布置以从所述制成的衬底获得图像帧;以及
数据处理系统,其包含处理器、存储器及所述存储器中的计算机可读代码,所述计算机可读代码经配置以
计算图像帧中的像素的特征;
将所述图像帧中的所述像素划分为像素的特征界定群组;
选择特征界定群组;以及
产生所述选定特征界定群组的多维特征分布。
2. 根据权利要求 1 所述的设备,其中所述计算机可读代码进一步经配置以确定所述多维特征分布中的正常群集。
3. 根据权利要求 2 所述的设备,其中所述计算机可读代码进一步经配置以检测所述正常群集以外的离群点。
4. 根据权利要求 3 所述的设备,其中所述计算机可读代码进一步经配置以定位与所述离群点相关联的缺陷像素。
5. 根据权利要求 4 所述的设备,其中所述计算机可读代码进一步经配置以报告所述缺陷像素。
6. 根据权利要求 1 所述的设备,其中所述特征包含参考特征,且其中参考特征是与多个参考图像上的像素位置相关联的性质。
7. 根据权利要求 6 所述的设备,其中所述特征进一步包含测试特征,且其中测试特征源自测试图像及所述多个参考图像上的像素位置。
8. 根据权利要求 6 所述的设备,其中所述性质包括在所述像素位置处的灰阶的范围。
9. 根据权利要求 6 所述的设备,其中所述性质包含来自以所述像素位置为中心的局部范围的像素的信息。
10. 一种从测试图像帧及多个参考图像帧检测缺陷的方法,所述方法包括:
计算所述测试图像帧及所述参考图像帧中的像素的特征;
将所述图像帧中的所述像素划分为像素的特征界定群组;
选择特征界定群组;以及
产生所述选定特征界定群组的多维特征分布。
11. 根据权利要求 10 所述的方法,其进一步包括:
确定所述多维特征分布中的正常群集。
12. 根据权利要求 11 所述的方法,其进一步包括:
检测所述正常群集以外的离群点。
13. 根据权利要求 12 所述的方法,其进一步包括:
定位与所述离群点相关联的缺陷像素。
14. 根据权利要求 13 所述的方法,其进一步包括:
标记所述缺陷像素。
15. 根据权利要求 10 所述的方法,其中所述特征包含参考特征,且其中参考特征是与所述多个参考图像帧上的像素位置相关联的性质。
16. 根据权利要求 15 所述的方法,其中所述特征进一步包含测试特征,且其中测试特

征源自测试图像帧及所述多个参考图像帧上的像素位置。

17. 根据权利要求 15 所述的方法,其中所述性质包括在所述像素位置处的灰阶的范围。

18. 根据权利要求 15 所述的方法,其中所述性质包含来自以所述像素位置为中心的局部范围的像素的信息。

19. 一种存储经配置以执行方法的计算机可读代码的非暂时性有形数据存储媒体,所述方法包括:

计算测试图像帧及参考图像帧中的像素的特征;

将所述图像帧中的所述像素划分为像素的特征界定群组;

选择特征界定群组;以及

产生所述选定特征界定群组的多维特征分布。

20. 根据权利要求 19 所述的非暂时性有形数据存储媒体,其中所述方法进一步包括:

确定所述多维特征分布中的正常群集;

检测所述正常群集以外的离群点;

定位与所述离群点相关联的缺陷像素;以及

标记所述缺陷像素。

用于半导体制造中的检验的嵌入噪声中的缺陷的检测

技术领域

[0001] 本发明一般涉及晶片及掩模检验设备,及使用晶片及掩模检验设备的方法。

背景技术

[0002] 自动检验及评审系统在半导体及相关微电子产业的过程控制及良率管理中是重要的。这些系统包含基于光学及电子束(e⁻束)的系统。

[0003] 在半导体装置的制造中,在开发及制造过程早期检测缺陷对于缩短产品开发周期及增加制造良率变得越来越重要。使用先进的晶片及掩模检验系统以检测、评审及分类缺陷,并将肇因信息(root cause information)反馈回至制造过程以防止这些缺陷继续发生。相关缺陷的大小与应用于半导体装置的制造的设计规则有正比例关系。由于应用的设计规则持续缩减,对检验系统的性能需求在成像分辨率及速度(每小时处理的缺陷)两方面都增加。

发明内容

[0004] 一个实施例涉及一种从测试图像帧及多个参考图像帧检测缺陷的方法。计算测试图像帧及参考图像帧中的像素的特征,且将所述图像帧中的像素划分为像素的特征界定群组。选择特征界定群组,且产生所述选定特征界定群组的多维特征分布。

[0005] 此外,可确定多维特征分布中的正常群集,且可检测出正常群集以外的离群点。可定位与离群点相关联的缺陷像素,且可标记及/或报告缺陷像素。

[0006] 一个实施例涉及一种在制成的衬底上检测缺陷的设备。所述设备包含经布置以从所述制成的衬底获得图像帧的成像工具。设备还包含数据处理系统,所述数据处理系统包含经配置以执行检测缺陷的方法的计算机可读代码,所述方法将像素划分为特征界定群组且产生群组特定的特征分布以便检测离群点。

[0007] 还公开了其它实施例、方面及特征。

附图说明

[0008] 图1是描绘根据本发明的实施例的在图像数据中检测缺陷的方法的流程图。

[0009] 图2是描绘根据本发明的实施例的图像帧内的示范性被检验区域的图。

[0010] 图3及图4展示从类似于图2中描绘的成帧区域的被检验区域的图像帧产生的示范性二维特征分布曲线图。

[0011] 图5是根据本发明的实施例的可用于自动检验制成的衬底的检验设备的示意图。

具体实施方式

[0012] 根据本发明的实施例,可使用来自至少两个裸片的图像以执行缺陷检测。与缺陷待检测的裸片相关联的图像可称为测试图像,且与其它裸片相关联的图像可称为参考图像。

[0013] 本申请案公开了创新技术以改善在制成的半导体衬底的检验期间的缺陷检测的敏感度。特定地说,本技术改善了对可在多维特征空间上的特征分布曲线图(多维信号)中「嵌入噪声中」的缺陷的检测敏感度。

[0014] 为了形成特征分布曲线图,多维特征空间中的每一点可经指派有群体值(population value)。例如,如果在帧区域中存在具有相同测试及参考特征的一百个像素,那么特征点的群体值经指派为一百。

[0015] 在第 7,440,607 号美国专利中先前公开的技术中,优选地基于帧的区域内的像素的源自测试图像及多个参考图像的特征形成特征分布曲线图。因为无缺陷(正常)像素的多个特征的值落于某些标称范围内,所以正常群集(正常分布)一般是由特征分布曲线图中的无缺陷像素的特征分布形成。因为缺陷像素的特征值中的一或多个并未落于标称范围内,所以缺陷像素变成特征分布曲线图中的离群点。

[0016] 为了改善缺陷检测,可使用更多特征以产生特征分布曲线图。然而,申请人已确定:当使用多于两个维度时,由特征分布曲线图中的无缺陷像素形成的正常群集(正常分布)常常变得稀疏,使得难以将离群点与正常群集分开。

[0017] 相比之下,根据本发明的实施例,帧的像素被划分为基于一或多个参考特征的单独的特征界定群组。随后,可选择像素群组中的一者,且可基于选定群组(不包含群组外的像素)内的像素的测试及参考特征形成特征分布曲线图。

[0018] 申请人已确定这种技术是有利的,因为其允许检测出先前检测不到的缺陷。这是因为先前检测不到的缺陷是嵌入于基于帧中的所有像素的正常群集周围的「噪声」中。相比之下,当正常群集是基于选定特征界定群组中的像素时,这些缺陷变成可检测的离群点。这是因为当针对单独的像素群组建立单独分布曲线图时,可从曲线图有效移除可归因于非选定群组的噪声。

[0019] 图 1 是描绘根据本发明的实施例的在图像数据中检测缺陷的方法 100 的流程图。图像数据可包含测试图像及对应参考图像。参考及测试图像可各自划分为多个帧。每一帧可涵盖裸片的局部区域中的显著数量像素。帧可为矩形或正方形。例如,512×512 或 1024×1024 个像素可形成正方形帧。

[0020] 特征计算

[0021] 方法 100 的第一步骤 102 涉及计算参考及测试图像中的像素的参考特征及测试特征。可如下文所述确定参考及测试特征。

[0022] 参考特征可被定义为与多个参考图像上的相同(对应)像素位置相关联的某种性质。例如,参考特征可为跨多个参考裸片的相同像素位置处的灰阶的平均值或中值。作为另一实例,参考特征可为跨多个参考裸片的像素位置处的灰阶的范围或偏差。

[0023] 源自像素位置的参考特征还可包含所述像素位置周围的信息。例如,可首先计算在每一参考图像上的以所述像素位置为中心的三像素宽乘三像素高区域(或相对于所述像素位置界定的其它局部区域)的局部范围或局部平均值,且然后这些局部范围或平均值可用以导出像素位置的参考特征。例如,跨多个裸片的局部平均值的中值可为像素位置的参考特征中的一者。可根据这些原理导出许多其它特征。

[0024] 测试特征可源自测试图像及多个参考图像上的像素位置。测试特征的一个实例是测试图像上的灰阶与参考图像上的灰阶的平均值之间的差。测试特征的另一实例是测试图

像上的灰阶与参考图像上的灰阶的中值之间的差。类似于参考特征,源自像素位置的测试特征还可包含像素位置周围的信息。例如,在测试图像上的以所述像素位置为中心的三像素宽乘三像素高区域(或相对于所述像素位置界定的其它局部区域)周围的局部平均值可用于计算与在多个参考图像上的对应位置的三像素宽乘三像素高区域周围的局部平均值的平均值的差。

[0025] 特征界定分组及群组特定特征分布

[0026] 在第二步骤 104 中,帧的像素可被划分为特征界定群组。在这个步骤中,使用至少一个特征以从被检验区域中的其它像素分离出像素的至少一个群组。例如,密集图案化区域的像素通常具有多于开放区域中的像素的局部灰阶范围变动。因此,局部灰阶范围可作用于将像素划分为不同群体群组的特征。

[0027] 在第三步骤 106 中,可产生像素的一或多个选定群组的多维特征分布。相比之下,先前技术将使用图像帧的所有像素以产生用于离群点检测的多维特征分布。

[0028] 例如,考虑如在图 2 中描绘的图像帧 200 中展示的被检验区域。如图所示,图像帧 200 包含垂直线 202、水平线段 204 及开放空间 206。

[0029] 先前技术将使用帧 200 中的所有像素以产生多维特征分布。相比之下,目前公开技术首先将帧 200 中的像素划分为基于根据第二步骤 104 的所计算特征的群组。

[0030] 在第一实例中,使用局部灰阶范围或其它所计算特征,帧 200 的像素可被分成包含垂直线 202 及水平线段 204 两者的像素的第一群组,以及包含开放空间 206 的像素的第二群组。在第二实例中,帧 200 的像素可被分成包含垂直线 202 的像素的第一群组、包含水平线段 204 的第二群组及包含开放空间 206 的像素的第三群组。

[0031] 随后,根据第三步骤 106,可选择特征界定群组中的一或多者,且可分别产生选定群组的每一者的多维特征分布。

[0032] 正常群集确定

[0033] 方法 100 的第四步骤 108 可针对各群组特定特征分布确定落于点的正常群集(正常分布)中的像素。根据本发明的实施例,可存在用于界定像素的正常群集的若干有效方法。

[0034] 用以识别正常群集的一种方法是基于形成于多维特征空间中的信号分布的点位置的局部邻域中的群体(population)。对于二维实例,可使用以二维信号分布中的给定点为中心的(例如)五像素宽乘五像素高正方形区域内的点的总群体的预定义群体密度阈值作为确定给定点是否是正常的阈值。如果群体值大于群体密度阈值,那么点可被视为正常。

[0035] 用于识别正常分布的另一方法是基于信号分布中的点之间的连通性。对于二维实例,如果在信号分布中存在预定义距离内的其它点,那么所述点可被视为正常。

[0036] 其它方法还可用以界定正常分布。作为实例,如果点满足上述两个准则,那么所述点可被视为正常。原则上,如果存在具有相同或类似特征的相当数量像素,那么它们被视为正常且没有缺陷。

[0037] 离群点检测

[0038] 第五步骤 110 可识别为统计离群点的像素,其可指示测试衬底上的缺陷。如上描述,已识别群组特定特征分布中的点的正常群集。未被识别为在正常群集内的每个点可视为候选点。候选点可含有对应于一或多个实际缺陷的一或多个像素。

[0039] 为了允许有某种误差容限,在超过容差范围之后才宣告点为有缺陷的。在界定容差范围中可存在不同方法。一种方法是固定容差范围。在二维实例中,容差范围可为从正常点到候选点的预定义距离。如果候选点与任意正常点的距离比预定义距离远,其可被宣告为缺陷点,因为与候选点相关联的像素可被认为是有缺陷的。更复杂规则(例如使得预定义距离为参考特征的函数)也可被添加到界定容差范围的过程中。作为实例,距离可为被界定为跨多个参考裸片的平均灰阶的参考特征的函数。

[0040] 为了实现识别实际缺陷及消除滋扰的最优性能,调节例如容差范围等参数。可在多维特征空间中观看每一缺陷点,且容差范围可经调节以捕捉对应于所关注缺陷的点,而消除对应于滋扰的点。

[0041] 缺陷像素识别

[0042] 如上描述,可在第五步骤 110 期间在群组特定特征分布中检测离群点,且与离群点相关联的像素可被认为是缺陷的。应注意在多维特征空间中,每一点表示具有特定特征特性的一或多个像素。然而,像素在帧区域中所处的实际像素位置可未直接留存于特征分布中。因此,可能有必要执行额外处理以根据第六步骤 112 定位这些缺陷像素。

[0043] 一旦定位出与离群点相关联的缺陷像素,可根据第七步骤 114 标记及报告这些缺陷像素。在一个实施例中,可向工具操作者及/或工程数据库进行报告,使得可进行对缺陷的调查。在一些实施例中,实施本缺陷检测方法的工具还包含用于缺陷分析及识别的方法。在其它实施例中,检测及分析这两个功能被分开实施。

[0044] 示范性特征分布曲线图

[0045] 图 3 与图 4 展示从类似于在图 2 中描绘的帧区域 200 的被检验区域(因其具有垂直线 202、水平线段 204 及开放区域 206)的图像帧产生的示范性二维特征分布曲线图。曲线图中的较暗点指示特征值在与所述点相关联的范围内的像素的较大群体。

[0046] 图 3 中的特征分布曲线图 300 是根据图像帧 200 中的所有像素产生。正常群集 302 可在曲线图中清晰可见。在这种情况下,存在与实际上有缺陷的其像素相关联的点 304。然而,在这个特征分布 300 中,点 304 落于在正常群集 302 的边缘附近的「噪声」中。因此,在这个分布中,点 304 不能被识别为离群点。

[0047] 相比之下,图 4 中的特征分布曲线图 400 是只根据图像帧 200 中的垂直线 202 的像素产生。正常群集 402 在曲线图中同样清晰可见。图 4 中的正常群集 402 比图 3 中的正常群集 302 实质上小(紧密)。在这种情况下,与实际上有缺陷的其像素相关联的点 404 在正常群集 402 外。因此,在此特征分布 400 中,点 404 可被识别为离群点。

[0048] 设备的高级图

[0049] 图 5 是根据本发明的实施例的可用于检验制成的衬底的检验设备的示意图。如在图 5 中展示,检验设备包含成像工具 510、可移动衬底支撑架 520、检测器 530、数据处理系统 540 及系统控制器 550。

[0050] 在一个实施例中,成像工具 310 包括电子束(e⁻束)成像列。在替代实施例中,成像工具 510 包括光学成像设备。根据本发明的实施例,成像工具 510 包含电子装置以控制及调整成像的放大。

[0051] 可移动衬底支撑架 520 可包括平移机构以固持目标衬底 525。目标衬底 525 可为(例如)半导体晶片或用于光刻的掩模。检测器 530 是用于特定成像设备的适当检测器,

且数据处理系统 540 经配置以处理来自检测器 530 的图像数据。数据处理系统 540 还可包含处理器 542、用于保存计算机可读代码 545 的存储器 544、用于存储数据的数据存储系统 548 及多种其它组件,例如系统总线、输入 / 输出接口等。

[0052] 系统控制器 550 可通信耦合到成像工具 510 以便电子控制成像工具 510 的操作。系统控制器 550 还可包含处理器 552、用于保存计算机可读程序代码 555 的存储器 554、用于存储数据的数据存储系统 556 及多种其它组件,例如系统总线、输入 / 输出接口等。

[0053] 结论

[0054] 在以上描述中,给定众多特定细节以提供对本发明的实施例的透澈了解。然而,本发明的所阐释实施例的以上描述并非旨在详尽或将本发明限制到所公开的精确形式。相关领域的技术人员将认识到本发明可在没有特定细节的一或多者的情况下或通过其它方法、组件等加以实践。

[0055] 在其它情况中,未详细展示或描述已为人所熟知的结构或操作以避免混淆本发明的各个方面。虽然为了阐释性目的而在本文中描述本发明的特定实施例及本发明的实例,但是相关领域的技术人员将认识到多种等效修改可能在本发明的范围内。

[0056] 鉴于以上详细描述可进行本发明的这些修改。用于所附权利要求书中的术语不应理解为将本发明限制到在说明书及权利要求书内公开的特定实施例。实情是,应通过所附权利要求书确定本发明的范围,权利要求书应根据权利要求书解释的公认原则加以理解。

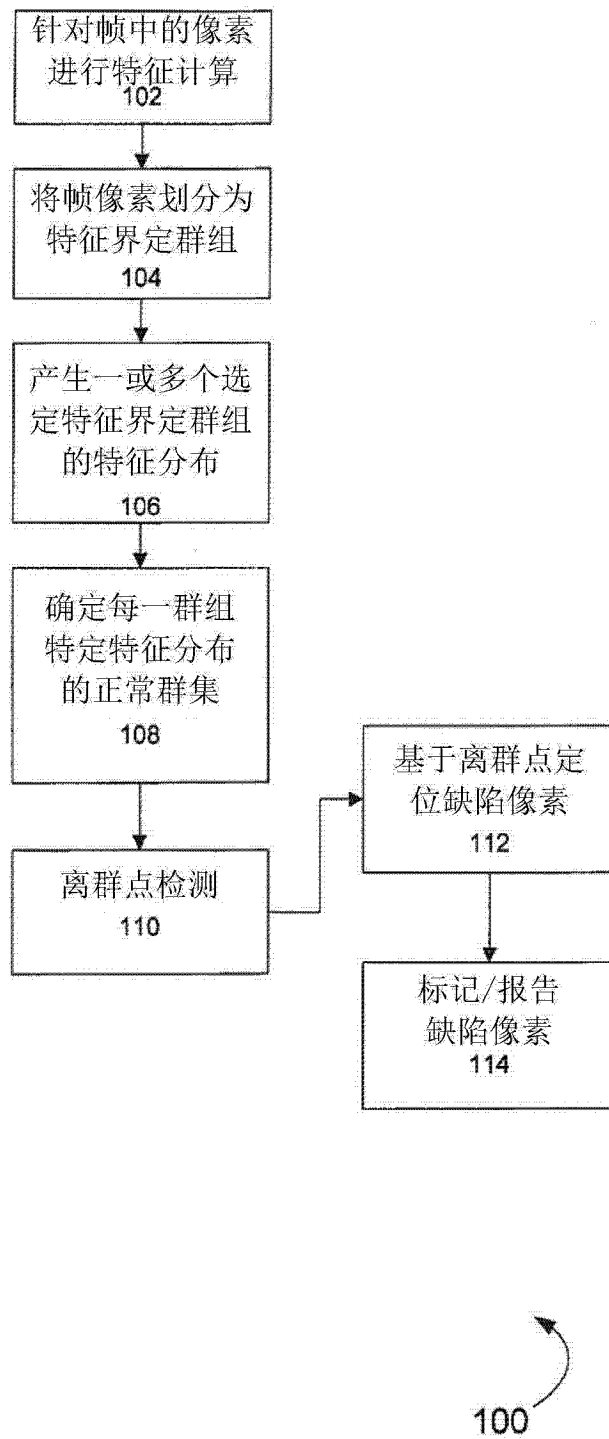


图 1

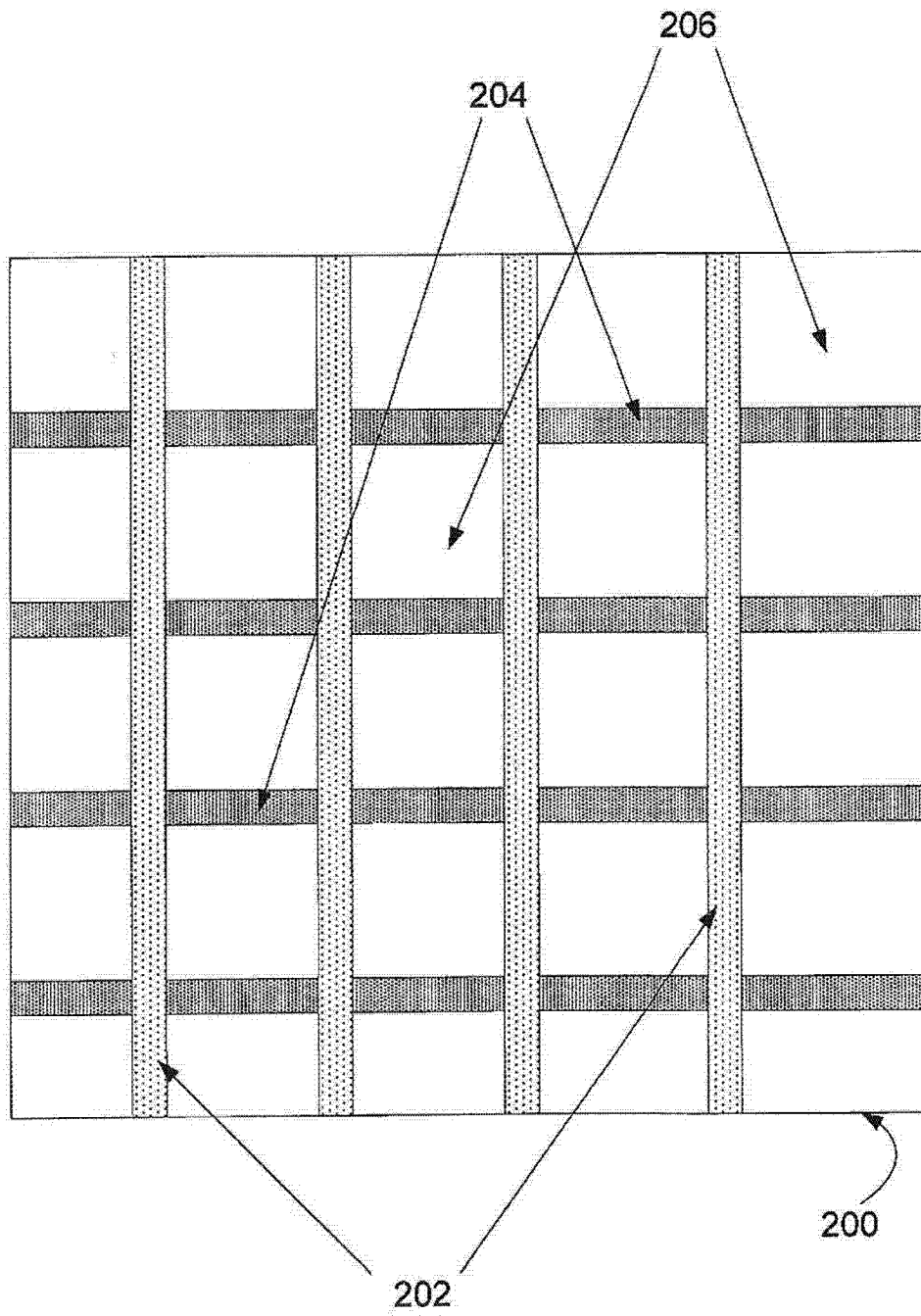


图 2

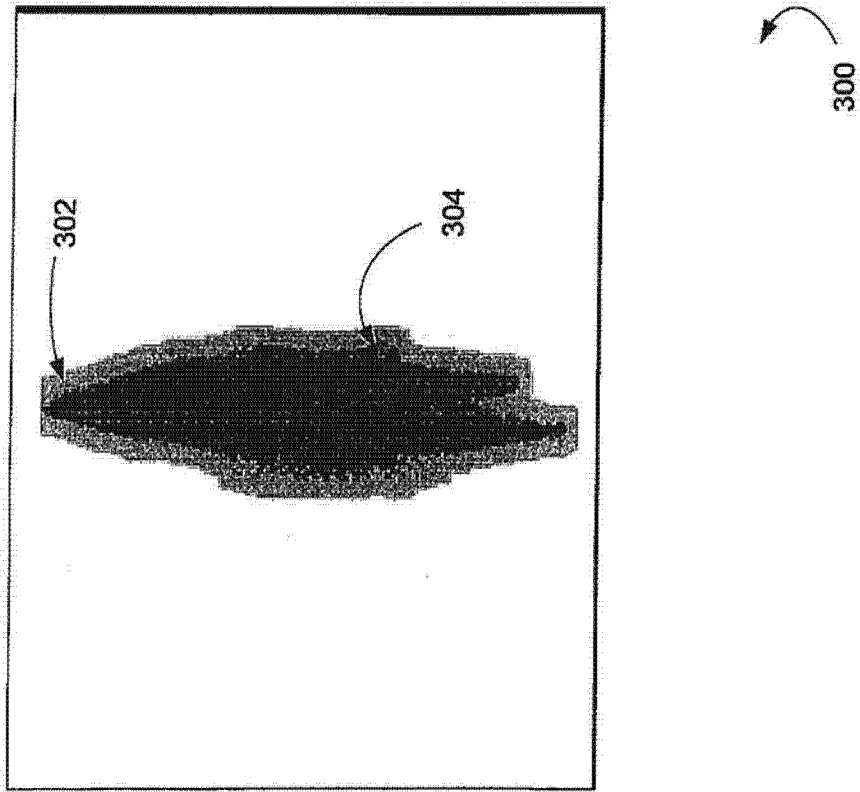


图 3

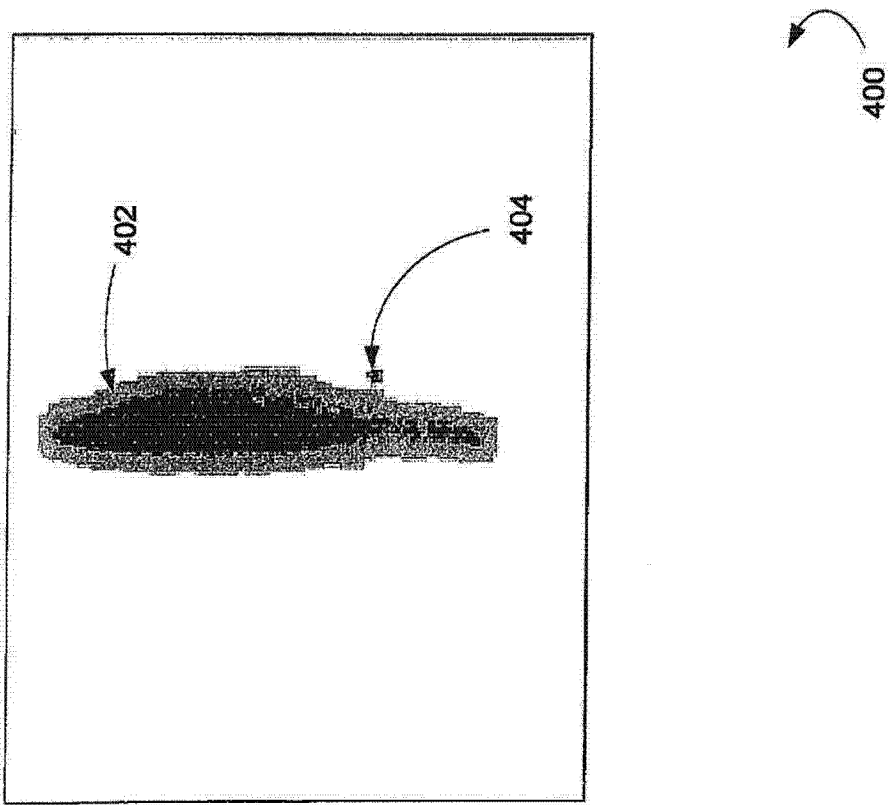


图 4

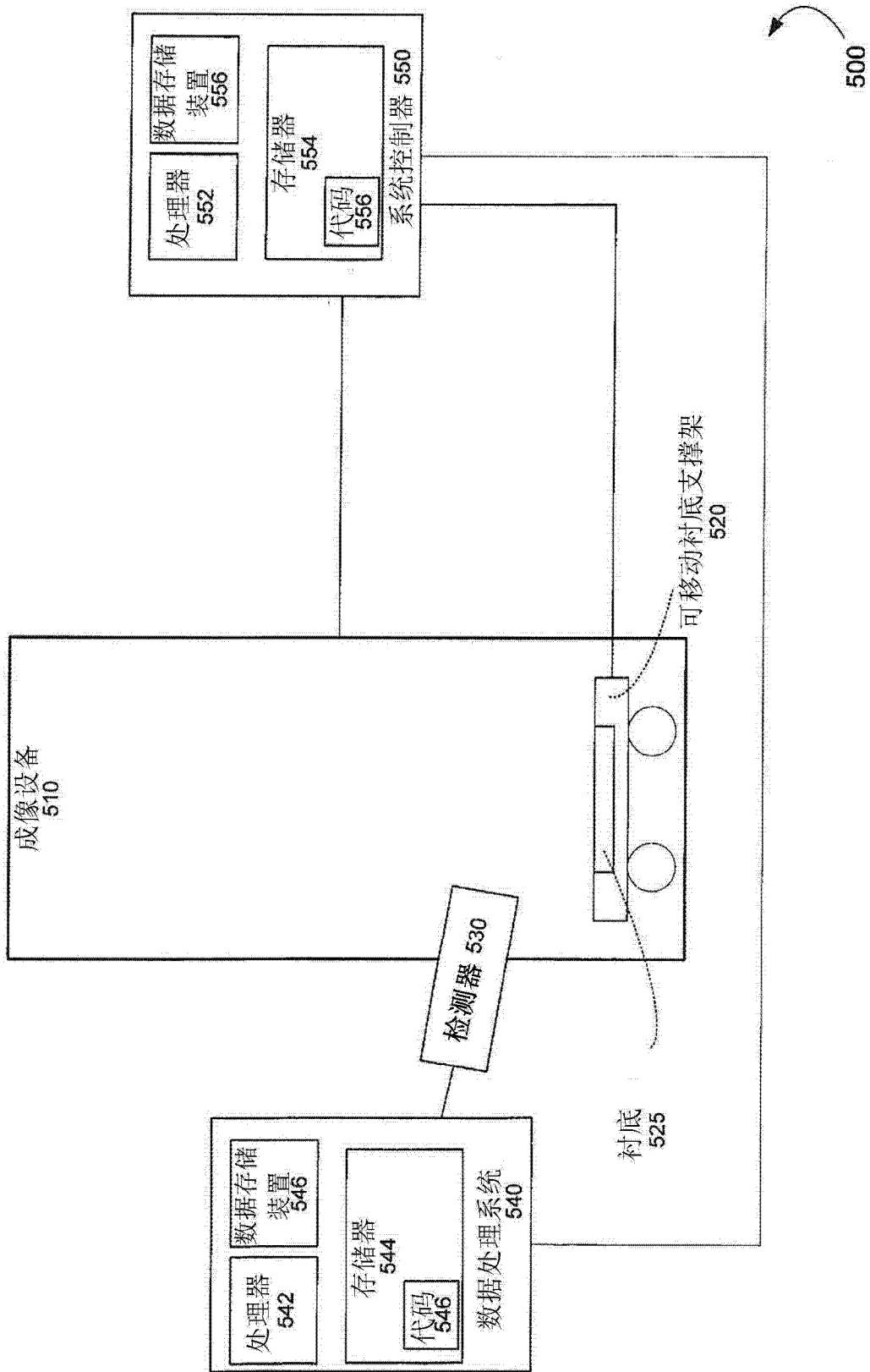


图 5