(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112703589 B
(45)授权公告日 2022.09.06

(21)申请号 201980060612.0
(22)申请日 2019.09.18
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112703589 A
(43)申请公布日 2021.04.23
(30)优先权数据
62/733,463 2018.09.19 US
16/189,497 2018.11.13 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.03.16
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/051616 2019.09.18
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/061125 EN 2020.03.26
(73)专利权人 科磊股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 J·柯克伍德 J·劳贝尔
(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任公司 11287
专利代理师 刘丽楠
(51)Int.Cl.
H01L 21/67(2006.01)
H01L 21/66(2006.01)
(56)对比文件
CN 107820620 A,2018.03.20
CN 108352339 A,2018.07.31
US 7583832 B2,2009.09.01
JP 特许5550862 B2,2014.05.30
US 2015254832 A1,2015.09.10
审查员 王光军

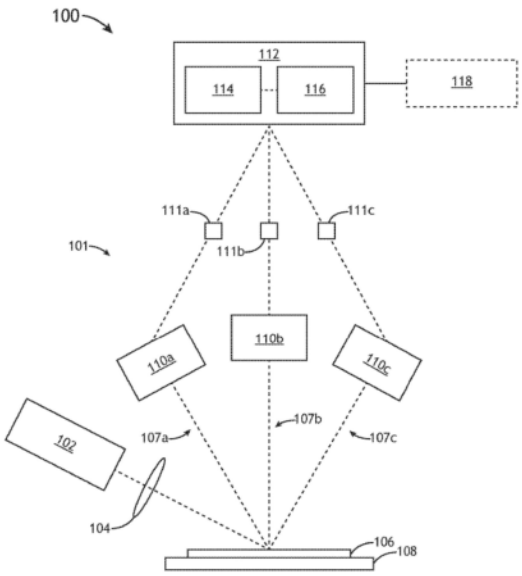
权利要求书3页 说明书12页 附图8页

(54)发明名称

用于掩埋缺陷的特性化的系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种用于缺陷检测及分析的系统。所述系统可包含检验子系统及包含存储器及一或多个处理器的控制器。所述检验子系统可包含照明源及一或多个检测器，所述一或多个检测器经配置以沿着一或多个检测器通道获取控制样本的缺陷的控制图块图像。所述一或多个处理器可经配置以使用与所述控制样本的所述缺陷相关联的所述控制图块图像及已知参数训练缺陷分类器。所述检验子系统可经进一步配置以获取额外样本上的经识别缺陷的图块图像。所述一或多个处理器可经配置以使用所述缺陷分类器确定所述经识别缺陷的参数。



CN 112703589 B

1.一种检验系统,其包括:

检验子系统,其中所述检验子系统包含一或多个检测通道,所述一或多个检测通道经配置以沿着一或多个散射角从样本获取一或多个图块图像;及

控制器,其通信地耦合到所述检验子系统,所述控制器包含一或多个处理器及存储器,其中所述一或多个处理器经配置以执行存储于所述存储器中的程序指令集,所述程序指令集经配置以使所述一或多个处理器:

从所述检验子系统接收控制样本的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像,所述控制样本包括半导体衬底或VNAND堆叠中的至少一者;

基于从所述一或多个训练缺陷获取的所述一或多个控制图块图像及与所述一或多个训练缺陷相关联的一或多个已知参数训练缺陷分类器;

指导所述检验子系统识别额外样本的一或多个缺陷;

从所述检验子系统接收所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像;及

应用所述缺陷分类器到所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的所述一或多个图块图像以确定所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个参数,其中所述一或多个参数包括缺陷大小及缺陷深度中的至少一者。

2.根据权利要求1所述的检验系统,其进一步包括一或多个处理工具,其中所述一或多个处理器经进一步配置以调整所述一或多个处理工具的一或多个特性。

3.根据权利要求2所述的检验系统,其中所述一或多个处理工具包含光刻工具及抛光工具中的至少一者。

4.根据权利要求1所述的检验系统,其中所述检验子系统包括经配置以沿着第一散射方向获取一或多个图块图像的第一检测通道、经配置以沿着第二散射方向获取一或多个图块图像的第二检测通道及经配置以沿着至少一第三散射方向获取一或多个图块图像的至少一第三检测通道。

5.根据权利要求4所述的检验系统,其中所述一或多个处理器经进一步配置以调整所述第一检测通道、所述第二检测通道及所述至少第三检测通道中的至少一者的聚焦。

6.根据权利要求1所述的检验系统,其中所述缺陷分类器包括卷积神经网络CNN。

7.根据权利要求1所述的检验系统,其中所述额外样本包括半导体衬底及VNAND堆叠中的至少一者。

8.根据权利要求1所述的检验系统,其中所述一或多个处理器经进一步配置以将所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的所述一或多个图块图像组合为RGB图像。

9.根据权利要求1所述的检验系统,其中所述一或多个处理器经进一步配置以将所述控制样本的所述一或多个训练缺陷分类为一或多个缺陷类别。

10.一种检验系统,其包括:

控制器,其通信地耦合到检验子系统,所述控制器包含一或多个处理器及存储器,其中所述一或多个处理器经配置以执行存储于所述存储器中的程序指令集,所述程序指令集经配置以使所述一或多个处理器:

从所述检验子系统接收控制样本的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像,所述控制样本包括半导体衬底或VNAND堆叠中的至少一者;

基于从所述一或多个训练缺陷获取的所述一或多个控制图块图像及与所述一或多个训练缺陷相关联的一或多个已知参数训练缺陷分类器；

指导所述检验子系统识别额外样本的一或多个缺陷；

从所述检验子系统接收所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像；及

应用所述缺陷分类器到所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的所述一或多个图块图像以确定所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个参数，其中所述一或多个参数包括缺陷大小及缺陷深度中的至少一者。

11.根据权利要求10所述的检验系统，其进一步包括一或多个处理工具，其中所述一或多个处理器经进一步配置以调整所述一或多个处理工具的一或多个特性。

12.根据权利要求11所述的检验系统，其中所述一或多个处理工具包含光刻工具及抛光工具中的至少一者。

13.根据权利要求10所述的检验系统，其中所述检验子系统包括经配置以沿着第一散射方向获取一或多个图块图像的第一检测通道、经配置以沿着第二散射方向获取一或多个图块图像的第二检测通道及经配置以沿着至少一第三散射方向获取一或多个图块图像的至少一第三检测通道。

14.根据权利要求13所述的检验系统，其中所述一或多个处理器经进一步配置以调整所述第一检测通道、所述第二检测通道及所述至少第三检测通道中的至少一者的聚焦。

15.根据权利要求10所述的检验系统，其中所述缺陷分类器包括卷积神经网络CNN。

16.根据权利要求10所述的检验系统，其中所述额外样本包括半导体衬底及VNAND堆叠中的至少一者。

17.根据权利要求10所述的检验系统，其中所述一或多个处理器经进一步配置以将所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的所述一或多个图块图像组合为RGB图像。

18.根据权利要求10所述的检验系统，其中所述一或多个处理器经进一步配置以将所述控制样本的所述一或多个训练缺陷分类为一或多个缺陷类别。

19.一种用于测量样本中的掩埋缺陷的深度及大小的方法，其包括：

使用检验子系统获取控制样本的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像，所述控制样本包括半导体衬底或VNAND堆叠中的至少一者；

基于与所述一或多个训练缺陷相关联的所述一或多个控制图块图像及一或多个已知参数训练缺陷分类器；

识别额外样本上的一或多个缺陷；

使用所述检验子系统获取所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像；及

基于所述一或多个图块图像使用所述缺陷分类器确定所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个参数，其中所述一或多个参数包括缺陷大小及缺陷深度中的至少一者。

20.根据权利要求19所述的方法，其进一步包括基于所述一或多个经识别缺陷的所述经确定一或多个参数调整处理工具的一或多个特性。

21.根据权利要求19所述的方法，其中所述检验子系统包括经配置以沿着第一散射方

向获取图块图像的第一检测通道、经配置以沿着第二散射方向获取图块图像的第二检测通道及经配置以沿着至少一第三散射方向获取图块图像的至少一第三检测通道。

22.根据权利要求21所述的方法，其进一步包括调整所述第一检测通道、所述第二检测通道及所述至少第三检测通道中的至少一者的聚焦。

23.根据权利要求19所述的方法，其中所述缺陷分类器包括卷积神经网络CNN。

24.根据权利要求19所述的方法，其中所述额外样本包括半导体衬底及VNAND堆叠中的至少一者。

25.根据权利要求19所述的方法，其进一步包括将所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的所述一或多个图块图像组合为RGB图像。

26.根据权利要求19所述的方法，其进一步包括将所述控制样本的所述一或多个训练缺陷分类为一或多个缺陷类别。

用于掩埋缺陷的特性化的系统及方法

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案根据35U.S.C.§119(e)规定主张名叫杰森·柯克伍德(Jason Kirkwood)及扬·劳伯(Jan Lauber)的发明者在2018年9月19日申请的标题为“使用深度学习对VNAND堆叠中的掩埋缺陷进行深度测量(DEPTH MEASUREMENT OF BURIED DEFECTS IN VNAND STACKS USING DEEP-LEARNING)”的序列号为62/733,463的美国临时申请案的权益,所述案以全文引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明大体上涉及缺陷检视及分类,且更特定来说,涉及使用机器学习来进行缺陷检视及分类。

背景技术

[0004] 制造半导体装置(例如VNAND结构及半导体晶片)通常包含在半导体衬底的顶部上形成大量薄膜及绝缘层。在制造过程期间,可在制造各种层中的任何者时出现缺陷。检测及/或测量这些缺陷可为非常困难的,尤其对于装置的表面下方的层中的缺陷。当前系统及方法可能无法精确测量这些缺陷的大小及深度。因此,将期望提供用于解决如上文识别的先前方法的缺点中的一或多者的系统及方法。

发明内容

[0005] 根据本发明的一或多个实施例揭示一种系统。在一个实施例中,所述系统包含检验子系统。在另一实施例中,所述检验子系统包含一或多个检测通道,所述一或多个检测通道经配置以沿着一或多个散射角从样本获取一或多个图块图像。在另一实施例中,所述系统包含通信地耦合到所述检验子系统的控制器,所述控制器包含一或多个处理器及存储器。在另一实施例中,所述一或多个处理器经配置以执行存储于所述存储器中的程序指令集,所述程序指令集经配置以使所述一或多个处理器:从所述检验子系统接收控制样本的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像;基于从所述一或多个训练缺陷获取的所述一或多个控制图块图像及与所述一或多个训练缺陷相关联的一或多个已知参数训练缺陷分类器;指导所述检验子系统识别额外样本的一或多个缺陷;从所述检验子系统接收所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像;及应用所述缺陷分类器到所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的所述一或多个图块图像以确定所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个参数。

[0006] 根据本发明的一或多个实施例揭示一种系统。在一个实施例中,所述系统包含通信地耦合到检验子系统的控制器。在另一实施例中,所述控制器包含一或多个处理器及存储器,其中所述一或多个处理器经配置以执行存储于所述存储器中的程序指令集,所述程序指令集经配置以使所述一或多个处理器:从所述检验子系统接收控制样本的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像;基于从所述一或多个训练缺陷获取的所述一或多个控制

图块图像及与所述一或多个训练缺陷相关联的一或多个已知参数训练缺陷分类器;指导所述检验子系统识别额外样本的一或多个缺陷;从所述检验子系统接收所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像;及应用所述缺陷分类器到所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的所述一或多个图块图像以确定所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个参数。

[0007] 根据本发明的一或多个实施例揭示一种方法。在一个实施例中,所述方法包含使用检验子系统获取控制样本的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像。在另一实施例中,所述方法包含基于与所述一或多个训练缺陷相关联的所述一或多个控制图块图像及一或多个已知参数训练缺陷分类器。在另一实施例中,所述方法包含识别额外样本上的一或多个缺陷。在另一实施例中,所述方法包含使用所述检验子系统获取所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像。在另一实施例中,所述方法包含基于所述一或多个图块图像使用所述缺陷分类器确定所述额外样本的所述一或多个经识别缺陷的一或多个参数。

[0008] 应理解,前文概述及下列实施方式两者仅是示范性的及说明性的且未必要限制本发明。并入本说明书中且构成本说明书的一部分的附图说明本发明的实施例且与概述一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0009] 通过参考附图所属领域的技术人员可更佳理解本发明的许多优势,在图式中:

[0010] 图1A到1B说明根据本发明的一或多个实施例的用于缺陷检测及分析的系统的简化框图;

[0011] 图2说明根据本发明的一或多个实施例的使用图1A到1B的系统获取的图像的表,其描绘在不同深度下的不同大小的缺陷;

[0012] 图3A到3B说明根据本发明的一或多个实施例的卷积神经网络(CNN)训练过程的图表;

[0013] 图4说明根据本发明的一或多个实施例的说明不同深度及大小的缺陷的分离的轮廓图;

[0014] 图5说明根据本发明的一或多个实施例的说明使用三检测通道配置及单检测通道配置的不同深度及大小的缺陷的分离的轮廓图;及

[0015] 图6说明根据本发明的一或多个实施例的用于检测及分析缺陷的方法的流程图。

具体实施方式

[0016] 已关于特定实施例及其特定特征特别展示且描述本发明。本文陈述的实施例被视为说明性而非限制性的。所属领域的一般技术人员应容易明白,可在不脱离本发明的精神及范围的情况下对形式及细节进行各种改变及修改。

[0017] 现在将详细参考附图中说明的所揭示标的物。

[0018] 大体上参考图1A到6,根据本发明的一或多个实施例展示且描述用于使用机器学习的缺陷检测及分类的系统及方法。

[0019] 本发明的实施例涉及使用机器学习分类器(例如,缺陷分类器)来进行缺陷检测及

分类。更具体来说，本发明的实施例涉及使用具有已知参数的缺陷的图像训练缺陷分类器。本发明的额外实施例涉及使用包含三个或多于三个检测器通道的检验子系统获取缺陷的图像。

[0020] 当制造半导体装置(例如VNAND结构及半导体晶片)时，在半导体衬底的顶部上形成大量层(包含薄膜层及绝缘层)。此多层制造过程可导致垂直分层/堆叠的半导体装置。在整个制造过程中，缺陷可出现在装置的一或多个层中。检测及/或测量这些缺陷(尤其是掩埋于半导体装置的表面下方的缺陷)可为困难且低效的过程。通过实例，用于确定缺陷的位置及深度的一些当前方法包含获取不同聚焦设置下的缺陷的多个图像。虽然比较经获取的图像可提供关于缺陷的大小及深度的一些信息，但所述信息通常是不准确且仅具有有限用途。此外，过程是费时且冗长的。因此，本发明的实施例涉及用于测量掩埋于堆叠式半导体装置内的缺陷的大小及深度的系统及方法。

[0021] 图1A说明根据本发明的一或多个实施例的用于缺陷检测及分析的系统100的简化框图。在一个实施例中，系统100包含检验子系统101及控制器112。

[0022] 在一个实施例中，检验子系统101包含照明源。照明源102经配置以产生照明光束且将照明光束引导到样本106。在另一实施例中，照明源102经配置以将照明光束引导到样本106，使得照明光束以聚焦线配置照射样本106。照明源102可包含所属领域中已知用于产生照明光束的任何照明源。例如，照明源102可包含窄带照明源，例如一或多个激光器。例如，照明源102可包含经配置以产生具有355nm的波长的照明光束的一或多个激光器。

[0023] 在另一实施例中，一或多个光学元件104经配置以将照明光束引导到样本106。一或多个光学元件104可包含所属领域中已知的任何光学元件，其包含(但不限于)一或多个倾斜转向器、一或多个透镜、一或多个镜、一或多个滤光器、一或多个光束分离器等等。类似地，样本106可包含所属领域中已知的任何样品或衬底，其包含(但不限于)半导体晶片、半导体衬底、VNAND结构等等。

[0024] 在一个实施例中，样本106经安置于载台组合件108上以促进样本106的移动。载台组合件108可包含所属领域中已知的任何载台组合件108，其包含(但不限于)X-Y载台、R-θ载台等等。在另一实施例中，载台组合件108能够在检验或成像期间调整样本106的高度以维持样本106上的聚焦。

[0025] 在一个实施例中，检验子系统101包含一或多个检测通道107。一或多个检测通道107可包含经配置以收集从样本106散射的照明且获取样本106的图像的一或多个检测器110。例如，如在图1A中展示，系统100可包含：第一检测通道107a，其包含第一检测器110a；第二检测通道107b，其包含第二检测器110b；及第三检测通道107c，其包含第三检测器110c。可参考图1B进一步理解检验子系统101及检测通道107a、107b、107c。

[0026] 图1B说明根据本发明的一或多个实施例的检验子系统101的简化框图。如在图1B中展示，检验子系统101可包含(但不限于)照明源102、一或多个光学元件104、样本106、载台组合件108及包含一或多个检测器110a、110b、110c的一或多个检测通道107a、107b、107c。

[0027] 在一个实施例中，一或多个检测通道107包含一或多个检测器110。在额外及/或替代性实施例中，一或多个检测通道107可包含经配置以收集从样本106散射的照明且引导照明到一或多个检测器110的一或多个光学元件。一或多个光学元件可包含所属领域中已知

的任何光学元件，其包含(但不限于)一或多个镜、一或多个透镜、一或多个光束分离器等等。

[0028] 在一个实施例中，一或多个检测通道107经配置以使用一或多个检测器110收集从样本106散射的照明。例如，一或多个检测器110可经配置以收集从样本106散射的照明以便识别样本106中的一或多个缺陷。在另一实施例中，一或多个检测器110经配置以获取样本106的图像。一或多个检测器110可包含所属领域中已知的用于获取样本106的图像的任何成像装置及/或检测器，其包含(但不限于)一或多个相机。

[0029] 如本文之前提及，一或多个检测通道107可包含一或多个检测器110。通过实例，第一检测通道107a可包含第一检测器110a，第二检测通道107b可包含第二检测器110b且第三检测通道107c可包含第三检测器110c。在另一实施例中，一或多个检测通道107可经配置以收集按一或多个角度从样本106散射的照明。就此而言，第一检测通道107a可经配置以沿着第一散射方向109a获取样本106的图块图像111a，第二检测通道107b可经配置以沿着第二散射方向109b获取样本106的图块图像111b，且第三检测通道107c可经配置以沿着第三散射方向109c获取样本106的图块图像111c。

[0030] 例如，如在图1B中展示，第一检测通道107a及第三检测通道107c可经配置以分别沿着第一散射方向109a及第三散射方向109c获取样本106的图块图像111a、111c，其中第一散射方向109a及第三散射方向109c以相对于样本106的表面的角度布置。继续相同实例，第二检测通道107b可经配置以沿着第二散射角109c获取样本106的图块图像111b，其中第二散射角109b相对于样本106的表面基本上正交布置。

[0031] 在额外及/或替代性实施例中，包含一或多个传感器的单个检测器110可经配置以沿着多个散射方向109获取图块图像111。例如，具有三个或多于三个传感器的单个检测器110可经配置以沿着第一散射方向109a、第二散射方向109b及第三散射方向109c获取图块图像111。

[0032] 虽然图1A及1B说明包含经配置以沿着三个散射角109获取图块图像111的三个检测器110的检验子系统101，但此不被视为限制本发明，除非本文另有提及。就此而言，预期检验子系统101可以任何配置布置，其包含(但不限于)单检测通道配置、两检测通道配置、三检测通道配置、五检测通道配置等等。将在本文中进一步详细论述各种通道配置之间的比较。

[0033] 将再次参考图1A。在一个实施例中，检验子系统101的一或多个检测器110通信耦合到控制器112。控制器112可包含一或多个处理器114及存储器116。在另一实施例中，控制器112可经通信耦合到一或多个处理工具118。一或多个处理工具118可包含任何数目个上游或下游处理工具。一或多个处理工具118可包含所属领域中已知的任何处理工具，其包含(但不限于)一或多个光刻工具、一或多个抛光工具等等。通过另一实例，一或多个处理工具可包含一或多个计量工具。在另一实施例中，控制器112通信地耦合到用户接口(未展示)。

[0034] 在一个实施例中，一或多个处理器114可经配置以执行存储于存储器116中的程序指令集，其中程序指令集经配置以使一或多个处理器114执行本发明的步骤。

[0035] 在一个实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114使用检验子系统101获取控制样本106a的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像111。在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114基于与一或多个训练缺陷相关联的一或多个控制

图块图像111及一或多个已知参数训练缺陷分类器。在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114使用检验子系统101识别额外样本106b上的一或多个缺陷。在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114使用检验子系统101获取额外样本106b的一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像111。在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114基于一或多个图块图像111使用缺陷分类器确定额外样本106b的一或多个经识别缺陷的一或多个参数。将在本文中进一步详细论述由一或多个处理器执行的这些步骤中的每一者。

[0036] 在一个实施例中，控制样本106(下文中被称为“控制样本106a”)可被放置于样品载台108上。可在事先已检验控制样本106a，使得已知控制样本106a的缺陷(例如，“训练缺陷”)。本文中预期，可已经使用系统100及/或一或多个外部检验系统检验控制样本106a。另外，本文中预期控制样本106a的已知、经识别缺陷(例如，训练缺陷)的一或多个参数可经确定且存储于存储器116中。与训练缺陷相关联的参数可包含(但不限于)缺陷的位置、缺陷的深度、缺陷的大小、缺陷的类型(例如，缺陷类别)等等。本文中应注意，训练缺陷可在控制样本106a内有意地产生或“植入”，使得可已知具有高准确度的各种参数(例如，位置、深度、大小、类型)。

[0037] 在一个实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114使用检验子系统101获取控制样本106a的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像111。例如，一或多个处理器114可使检验子系统101的一或多个检测器110获取控制样本106a的图块图像111。就此而言，第一检测器110a可沿着第一散射方向109a获取控制样本106a的第一控制图块图像111a，第二检测器110b可沿着第二散射方向109b获取控制样本106a的第二控制图块图像111b，且第三检测器110c可沿着第三散射方向109c获取控制样本106a的第三控制图块图像111c。本文应注意，在术语“图块图像111”之前的术语“控制”可被视为表示从控制样本106a获取图块图像111。

[0038] 在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114接收一或多个控制图块图像111。在一个实施例中，一或多个处理器114经配置以从一或多个检测器110获取一或多个控制图块图像111。在额外及/或替代性实施例中，一或多个检测器110经配置以将一或多个控制图块图像111传输到控制器112及/或一或多个处理器114。一或多个处理器114可经进一步配置以将一或多个控制图块图像111存储于存储器118中。

[0039] 本文中应注意，图块图像111的聚焦及质量可相依于相应检测器110的聚焦。例如，如果第一检测器110a的聚焦聚焦于样本106的表面上，那么掩埋于样本106的表面下方的缺陷可离焦。就此而言，可调整一或多个检测器110的聚焦。通过调整一或多个检测器110的聚焦，缺陷的图块图像111的形状可依据缺陷的深度而改变。接着，此信息可用于在随后步骤中确定缺陷的深度。通过实例，缺陷分类器可利用使用不同聚焦获取的图块图像111之间的差异来确定缺陷的深度。

[0040] 预期，可调整检验子系统101的“全局聚焦”。在额外及/或替代性实施例中，可个别地调整一或多个检测器110中的每一者的个别聚焦。在另一实施例中，可紧接着检测器110聚焦的调整获取后续图块图像111。预期，一或多个检测器110的聚焦可基于数个因素调整，其包含(但不限于)所获取的图块图像111的质量、所获取的图块图像111的聚焦等等。可参考图2更佳理解描绘具有不同大小及深度的缺陷的图块图像111的聚焦及质量。

[0041] 图2说明根据本发明的一或多个实施例的使用系统100获取的图块图像111的表200，其描绘在不同深度下的不同大小的缺陷。

[0042] 如在图2中可见，表200中的第一列图块图像111说明具有20nm大小的缺陷的图像，其中第二列及第三列图块图像111分别说明具有40nm及60nm大小的缺陷的图像。类似地，表200中的第一行图块图像111说明具有0.36μm的深度的缺陷的图像，其中第二行、第三行及第四行图块图像111分别说明具有1.2μm、2.04μm及2.88μm的深度的缺陷的图像。

[0043] 将再次参考图1A。

[0044] 在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114基于与一或多个训练缺陷相关联的一或多个控制图块图像111及一或多个已知参数训练缺陷分类器。缺陷分类器可包含所属领域中已知的任何类型的深度学习技术及/或机器学习算法或分类器，其包含(但不限于)卷积神经网络(CNN)(例如，GoogleNet、AlexNet等等)、总体学习分类器、随机森林分类器、人工类神经网络(ANN)等等。

[0045] 例如，在其中控制样本106a使用训练缺陷植入，且训练缺陷的参数(例如，位置、大小、深度、类型等等)存储于存储器116中的实施例中，一或多个处理器114可使用一或多个监督学习技术训练缺陷分类器。例如，控制样本106a中的训练缺陷的一或多个控制图块图像111的参数可存储于存储器116中。在此实例中，一或多个处理器114可通过提供训练缺陷的控制图块图像111及参数到缺陷分类器而经由监督学习训练缺陷分离器。本文应注意，缺陷分类器可包含经配置以预测及/或分类经识别缺陷的一或多个参数的任何算法或预测模型。可参考图3A到3B更佳理解训练缺陷分类器。

[0046] 图3A到3B说明根据本发明的一或多个实施例的卷积神经网络(CNN)训练过程的图表300、302、304。特定来说，图3A说明CNN训练过程的图表300、302，且图3B说明描绘一组所选择的缺陷的深度测量的直方图304。

[0047] 图3A的图表300说明在训练CNN时的CNN(例如，缺陷分类器)的均方根误差(RMSE)。如在图表300中可见，RMSE可在时期1(提供到CNN的数据的第一周期)期间大幅降低，且在后续时期稍微降低直到最终RMSE值，指示经训练CNN。因此，图表300说明CNN可继续在更多数据(例如，与一或多个训练缺陷相关联的控制图块图像111及已知参数)被提供到CNN(例如，缺陷分类器)时改进。如在图3B中可见，CNN(例如，系统100的缺陷分类器)可具有经识别缺陷，其大约集中于5nm、20nm、33nm及45nm。

[0048] 将再次参考图1A。

[0049] 在另一实施例中，控制样本106a可从载台组合件108移除，且额外样本106b可被放置于载台组合件108上。在实施例中，额外样本106b可包含不同于控制样本106a的样本106。例如，额外样本106b可包含(但不限于)产品半导体晶片、产品VNAND结构等等。就此而言，额外样本106b可包含紧接着待针对缺陷检验的控制样本106a的任何样本106。就此而言，相较于控制样本106a，其中可在事先已知训练缺陷的参数，额外样本106b中的经识别缺陷的参数可在分析额外样本106b时未知且受关注。

[0050] 在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114使用检验子系统101识别额外样本106b上的一或多个缺陷。例如，一或多个处理器114可从检测器110接收一或多个图像且利用一或多个检测算法来识别额外样本106b的一或多个缺陷。本文应注意，一或多个处理器114可利用所属领域中已知的任何算法或检测过程来识别额外样本106b的一

或多个缺陷。如之前在本文中提及，在额外及/或替代性实施例中，可使用检验子系统101外部的检验系统识别额外样本106b上的一或多个缺陷。

[0051] 在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114使用检验子系统101获取额外样本106b的一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像111。例如，一或多个处理器114可使检验子系统101的一或多个检测器110获取额外样本106b的图块图像111。就此而言，第一检测器110a可沿着第一散射方向109a获取额外样本106b的第一图块图像111a，第二检测器110b可沿着第二散射方向109b获取额外样本106b的第二图块图像111b，且第三检测器110c可沿着第三散射方向109c获取额外样本106b的第三图块图像111c。在一个实施例中，如之前在本文中提及，可调整一或多个检测器110的聚焦。

[0052] 在一个实施例中，一或多个图块图像111可组合为单个RGB图像。RGB图像的色彩平面中的每一者可对应于由每一检测器通道109获取的图块图像111。例如，在具有三检测通道配置的实施例中，如在图1A及1B中描绘，整体RGB图像的第一色彩平面可对应于沿着第一检测器通道109a获取的第一图块图像111a，第二色彩平面可对应于沿着第二检测器通道109b获取的第二图块图像111b，且第三色彩平面可对应于沿着第三检测器通道109c获取的第三图块图像111c。

[0053] 在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114接收额外样本106b的一或多个图块图像111。如之前在本文中提及，一或多个处理器114可经配置以从一或多个检测器110获取额外样本106b的一或多个图块图像111。在额外及/或替代性实施例中，一或多个检测器110可经配置以将一或多个图块图像111传输到控制器112及/或一或多个处理器114。一或多个处理器114可经进一步配置以将额外样本106b的一或多个图块图像111存储于存储器118中。

[0054] 在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114基于一或多个图块图像111使用缺陷分类器确定额外样本106b的一或多个经识别缺陷的一或多个参数。就此而言，额外样本106b的一或多个图块图像111可经提供到经训练缺陷分类器。缺陷分类器可接着经配置以基于一或多个经接收图块图像111确定额外样本106b的一或多个缺陷的一或多个参数。例如，缺陷分类器可经配置以确定一或多个缺陷的大小及深度。通过另一实例，缺陷分类器可经配置以确定一或多个缺陷的位置。通过另一实例，缺陷分类器可经配置以基于一或多个缺陷的类型/特性分类一或多个缺陷。本文中提及，由缺陷分类器确定的参数可包含所属领域中已知的任何参数，其可在分析样本106时受关注，包含(但不限于)缺陷的位置、缺陷的大小、缺陷的深度、缺陷的类别/类型等等。

[0055] 在另一实施例中，由缺陷分类器确定的一或多个缺陷的一或多个参数经存储于存储器118。就此而言，存储器118可经配置以编译包含与每一经检验缺陷相关联的数据的数据库。例如，存储器118可经配置以编译包含关于一或多个缺陷的大小、深度、位置、类别/类型及其它信息的数据库。

[0056] 在另一实施例中，程序指令集经配置以使一或多个处理器114调整一或多个处理工具118的一或多个特性。如之前在本文中提及，一或多个处理工具118可包含任何数目个上游或下游处理工具。一或多个处理工具118可包含所属领域中已知的任何处理工具，其包含(但不限于)一或多个光刻工具、一或多个抛光工具等等。通过另一实例，一或多个处理工具可包含一或多个计量工具。在另一实施例中，控制器112通信地耦合到用户接口(未展

示)。

[0057] 调整一或多个处理工具118的一或多个特性可包含(但不限于)调整处理工具118的载体组合件、调整处理工具118的强度及/或照明方向等等。就此而言,一或多个处理器114可经配置以在前馈或反馈通信环路中调整一或多个处理工具118的一或多个特性。本文中提及,经提供用于调整一或多个处理工具118的特性的实例仅针对说明性目的提供,且不被视为限制性的。就此而言,调整处理工具118的一或多个特性可包含调整所属领域中已知的处理工具118的任何特性。

[0058] 可参考图4及图5A到5B进一步理解系统100确定额外样本106中的缺陷的受关注参数的能力。

[0059] 图4说明根据本发明的一或多个实施例的说明不同深度及大小的缺陷的分离的轮廓图400。

[0060] 系统100能够使具有不同深度的缺陷明确彼此区分。例如,如在图4中展示,系统100的缺陷分类器可能已经能够识别大约集中于5nm、20nm、33nm及45nm的缺陷。标绘图400说明系统100的缺陷分类器能够识别缺陷且根据缺陷的深度及/或大小将缺陷分离到离散类别中。就此而言,本发明的实施例能够产生比可使用之前检验方法已经实现更高的缺陷深度分辨率。本文中进一步提及,图4中描绘的这些经识别缺陷可对应于图3B的图表304中说明的CNN训练过程数据。

[0061] 图5说明根据本发明的一或多个实施例的说明使用三检测通道配置及单检测通道配置的不同深度及大小的缺陷的分离的轮廓图500。特定来说,标绘图502说明利用三检测通道配置的经识别缺陷,且标绘图504说明利用单检测通道配置的经识别缺陷。比较标绘图502及504,可见具有三检测通道配置的实施例能够提供相较于具有单检测通道配置的实施例明显改进的深度分辨率。

[0062] 如之前提及,系统100还可包含用户接口(未展示)。在一个实施例中,用户接口通信地耦合到控制器112。在一个实施例中,用户接口可包含(但不限于)一或多个桌面计算机、平板计算机、智能电话、智能手表或类似物。在另一实施例中,用户接口包含将系统100的数据显示给用户的显示器。用户接口的显示器可包含所属领域中已知的任何显示器。例如,显示器可包含(但不限于)液晶显示器(LCD)、基于有机发光二极管(OLED)的显示器或CRT显示器。用户接口可进一步经配置以从用户接收一或多个输入命令,其中一或多个输入命令经配置以更改系统100的一或多个组件。所属领域的技术人员应认识到,能够与用户接口集成的任何显示器装置适用于在本发明中实施。在另一实施例中,用户可响应于经由用户接口显示给用户的数据输入选择及/或指令。

[0063] 在另一实施例中,系统100可包含经配置以将系统100的控制器112通信耦合到外部网络的网络接口(未展示)。就此而言,本文中预期,已经被描述为由控制器112及/或一或多个处理器114执行的本发明的任一步骤可替代地由服务器或其它远程处理器经由网络执行。通过实例,存储于存储器118中的数据(例如,控制图块图像111、训练缺陷的参数、图块图像111等等)可由用户接口传输到远程服务器或处理器。就此而言,本文中预期,可在远程服务器或处理器上训练缺陷分类器。

[0064] 注意,网络接口(未展示)可包含适用于与网络介接的任何网络接口电路或网络接口装置。例如,网络接口电路可包含基于缆线的接口装置(例如,基于DSL的互连、基于电缆

的互连、基于T9的互连等等)。在另一实施例中,网络接口电路可包含采用GSM、GPRS、CDMA、EV-DO、EDGE、WiMAX、3G、4G、4G LTE、5G、WiFi协议、RF、LoRa等等的基于无线接口装置。通过另一实例,网络接口可经配置以将系统100通信耦合到具有基于云端架构的网络。

[0065] 本文中应注意,系统100的一或多个组件(例如,检验子系统101、控制器112等等)可以所属领域中已知的任何方式通信耦合到系统100的各种其它组件。例如,一或多个处理器114可经由缆线(例如,铜导线、光纤电缆等等)或无线连接(例如,RF耦合件、IR耦合件、数据网络通信(例如,3G、4G、4G LTE、5G、WiFi、WiMax、蓝牙等等))通信耦合到彼此及其它组件。

[0066] 在一个实施例中,一或多个处理器114可包含所属领域中已知的任何一或多个处理元件。从此意义上来说,一或多个处理器114可包含经配置以执行软件算法及/或指令的任何微处理器类型的装置。在一个实施例中,一或多个处理器114可由桌面计算机、主计算机系统、工作站、图像计算机、并行处理器或经配置以执行经配置以操作系统100的程序的其它计算机系统(例如,网络计算机)构成,如贯穿本发明描述。应认识到,可由单个计算机系统或(替代性地)多个计算机系统执行贯穿本发明描述的步骤。此外,应认识到,贯穿本发明描述的步骤可在一或多个处理器114上的任何一或多者上执行。一般来说,术语“处理器”可经广泛定义以涵盖具有执行来自存储器116的程序指令的一或多个处理元件的任何装置。此外,系统100的不同子系统(例如,检验子系统101、控制器112等等)可包含适合于执行贯穿本发明描述的步骤的至少一部分的处理器或逻辑元件。因此,上文描述不应被解释为对本发明的限制而仅为说明。

[0067] 存储器116可包含所属领域中已知的适合于存储可由相关联的一或多个处理器114执行的程序指令及从传输装置接收的数据(例如,与控制样本106a、控制图块图像111、图块图像111等等的已知缺陷相关联的参数)的任何存储媒体。例如,存储器116可包含非暂时性存储器媒体。例如,存储器116可包含(但不限于)只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、磁性或光学存储器装置(例如,磁盘)、磁带、固态驱动等等。进一步注意,存储器116可与一或多个处理器114容置于共同控制器外壳中。在替代实施例中,存储器116可相对于处理器114、控制器112等等的物理位置远程定位。在另一实施例中,存储器116维持使一或多个处理器114执行通过本发明描述的各种步骤的程序指令。

[0068] 图6说明根据本发明的一或多个实施例的用于检测及分析缺陷的方法600的流程图。在本文中注意,方法600的步骤可由系统100完全实施或部分实施。然而,进一步认识到,方法600不限于系统100,其中额外或替代系统级实施例可执行方法600的步骤的全部或部分。

[0069] 在步骤602中,使用检验子系统获取控制样本的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像。例如,程序指令集可经配置以使一或多个处理器114使用检验子系统101获取控制样本106a的一或多个训练缺陷的一或多个控制图块图像111。如之前在本文中提及,训练缺陷可在控制样本106a内有意地产生或“植入”,使得可已知具有高准确度的各种参数(例如,位置、深度、大小、类型)。与训练缺陷相关联的参数可包含(但不限于)缺陷的位置、缺陷的深度、缺陷的大小、缺陷的类型(例如,缺陷类别)等等。

[0070] 在步骤604中,基于与一或多个训练缺陷相关联的一或多个控制图块图像及一或多个已知参数训练缺陷分类器。缺陷分类器可包含所属领域中已知的任何类型的深度学习

技术及/或机器学习算法或分类器，其包含(但不限于)卷积神经网络(CNN)(例如，GoogleNet、AlexNet等等)、总体学习分类器、随机森林分类器、人工类神经网络(ANN)等等。

[0071] 在步骤606中，识别额外样本上的一或多个缺陷。例如，一或多个处理器114可从检测器110接收一或多个图像且利用一或多个检测算法来识别额外样本106b的一或多个缺陷。本文应注意，一或多个处理器114可利用所属领域中已知的任何算法或检测过程来识别额外样本106b的一或多个缺陷。

[0072] 在步骤608中，使用检验子系统获取额外样本的一或多个经识别缺陷的一或多个图块图像。例如，一或多个处理器114可使检验子系统101的一或多个检测器110获取额外样本106b的图块图像111。例如，在具有三检测通道配置的实施例中，可沿着第一散射方向、第二散射方向及第三散射方向获取图块图像111。

[0073] 在步骤610中，基于一或多个图块图像使用缺陷分类器识别额外样本的一或多个经识别缺陷的一或多个参数。例如，可提供额外样本106b的一或多个图块图像111到经训练缺陷分类器，其中经训练缺陷分类器经配置以识别一或多个经识别缺陷的一或多个参数。与额外样本106b的一或多个经识别缺陷相关联的参数可包含(但不限于)缺陷的位置、缺陷的深度、缺陷的大小、缺陷的类型(例如，缺陷类别)等等。

[0074] 所属领域的技术人员将认识到，在本文中描述的组件(例如，操作)、装置、对象及随附其的论述为概念清晰起见而被用作实例，且预期各种配置修改。因此，如在本文中使用，所陈述的特定范例及随附论述希望表示其更普通类别。一般来说，任何特定范例的使用希望表示其类别，且未包含特定组件(例如，操作)、装置及对象不应被视为限制性。

[0075] 所属领域的技术人员将了解，存在可通过其实现本文中描述的过程及/或系统及/或其它技术的各种工具(例如，硬件、软件及/或固件)，且优选工具将随着其中部署过程及/或系统及/或其它技术的上下文而变化。举例来说，如果实施者确定速度及精确性最重要，那么实施者可选择主要硬件及/或固件工具；替代性地，如果灵活性最重要，那么实施者可选择主要软件实施方案；或又再次替代性地，实施者可选择硬件、软件及/或固件的某组合。因此，存在可通过其实现本文中描述的过程及/或装置及/或其它技术的若干可能工具，其都不固有地优于其它者，其中待利用的任何工具是取决于其中将部署工具的上下文及实施者的特定关注(例如，速度、灵活性或可预测性)(其任何者可变化)的选择。

[0076] 呈现之前描述以使所属领域的一般技术人员能够制作且使用如在特定申请案及其要求的上下文中提供的本发明。如本文使用，方向性术语，例如“顶部”、“底部”、“上方”、“下方”、“上”、“朝上”、“下”、“向下”及“朝下”希望为描述的目的而提供相对位置，且不希望指定绝对参考架构。所属领域的技术人员将了解对所描述的实施例的各种修改，且本文中定义的一般原理可应用到其它实施例。因此，本发明并不希望限于所展示及描述的特定实施例，而将符合与本文所揭示的原理及新颖特征一致的最广范围。

[0077] 关于本文中的基本上任何复数及/或单数术语的使用，所属领域的技术人员可视上下文及/或申请案需要而从复数转变为单数及/或从单数转变为复数。为清晰起见而未在本文中明确陈述各种单数/复数排列。

[0078] 本文中描述的所有方法可包含将方法实施例的一或多个步骤的结果存储于存储器中。结果可包含本文中描述的结果的任何者且可以所属领域中已知的任何方式存储。存储器可包含本文中描述的任何存储器或所属领域中已知的任何其它合适存储媒体。在已存

储结果之后，结果可在存储器中存取且由本文中描述的方法或系统实施例的任何者使用，经格式化以显示给用户，由另一软件模块、方法或系统使用等等。此外，所述结果可“永久地”、“半永久地”、“暂时地”存储或存储达某一时段。例如，存储器可为随机存取存储器(RAM)，且结果可不必无限存留于存储器中。

[0079] 应进一步预期的是，上文所述的方法的实施例中的每一者可包含本文中所述的任何其它方法的任何其它步骤。另外，上文所述的方法的实施例中的每一者可由本文中所述的系统的任何者执行。

[0080] 在本文中描述的标的物有时说明含于其它组件内或与其它组件连接的不同组件。应理解，此类所描绘的架构仅为示范性的，且事实上可实施视线相同功能性额许多其它架构。在概念意义上，实现相同功能性的组件的任何布置经有效“相关联”，使得实现所要功能性。因此，本文中经组合以实现特定功能性的任何两个组件可被视为彼此“相关联”，使得实现所要功能性，而与架构或中间组件无关。同样地，如此相关联的任何两个组件还可被视为彼此“连接”或“耦合”以实现所要功能性，且能够如此相关联的任何两个组件还可被视为彼此“可耦合”以实现所要功能性。可耦合的特定实例包含(但不限于)可物理配接及/或物理相互作用的组件及/或可无线相互作用及/或无线相互作用的组件及/或逻辑相互作用及/或可逻辑相互作用的组件。

[0081] 此外，应了解，本发明是由随附权利要求书定义。所属领域的技术人员将理解，一般来说，在本文中使用且尤其在随附权利要求书(例如，随附权利要求书的主体)中使用的术语大体上希望为“开放性”术语(例如，术语“包含(including)”应被解释为“包含(但不限于)”，术语“具有”应被解释为“至少具有”，术语“包含(includes)”应被解释为“包含(但不限于)”等等)。所属领域的技术人员将进一步了解，如果预期特定数目个所介绍权利要求叙述，那么此意图将明确叙述于权利要求中，且在不存在此叙述的情况下，不存在此意图。例如，为帮助理解，下列随附权利要求书可含有介绍性词组“至少一个”及“一或多个”的使用以介绍权利要求叙述。然而，此类词组的使用不应被解释为暗示由不定冠词“一”或“一个”介绍权利要求叙述将含有此所介绍权利要求叙述的任何特定权利要求限于仅含有一个此叙述的发明，即使在相同权利要求包含介绍性词组“一或多”或“至少一”及例如“一”或“一个”的不定冠词(例如，通常应将“一”或“一个”解译为意味着“至少一”或“一或多”)时也如此；用于介绍权利要求叙述的定冠词的使用也为如此。此外，即使明确叙述特定数目个所介绍权利要求叙述，所属领域的技术人员仍将认识到，此叙述通常应被解译为意味着至少所叙述数目个(例如，不具有其它修饰语的“两个叙述”的单纯叙述通常意味着至少两个叙述或两个或多于两个叙述)。此外，在其中使用类似于“A、B及C中的至少一者等”的惯例的所述例子中，一般来说在所属领域的技术人员将理解所述惯例(例如，“具有A、B及C中的至少一者的系统”将包含(但不限于)仅具有A、仅具有B、仅具有C、具有A及B、具有A及C、具有B及C及/或具有A、B及C等的系统)之意义上期望此一构造。在其中使用类似于“A、B或C中的至少一者等”的惯例的所述例子中，一般来说在所属领域的技术人员将理解所述惯例(例如，“具有A、B或C中的至少一者的系统”将包含(但不限于)仅具有A、仅具有B、仅具有C、具有A及B、具有A及C、具有B及C及/或具有A、B及C等的系统)的意义上期望此构造。相关技术者将进一步理解，呈现两个或多于两个替代术语的实际上任何转折词及/或词组(无论在描述、权利要求书或图式中)应被理解为预期包含术语中的一者、术语的任何者或两个术语的可能性。

例如，词组“A或B”将被理解为包含“A”或“B”或“A及B”的可能性。

[0082] 据信，将通过前述描述理解本发明及许多其伴随优势，且将明白，可在不脱离所揭示的标的物或不牺牲所有其重大优势的情况下对组件的形式、构造及布置做出各种改变。所描述的形式仅为说明性的，且以下权利要求书希望涵盖且包含此类改变。此外，应理解，本发明是由随附权利要求书定义。

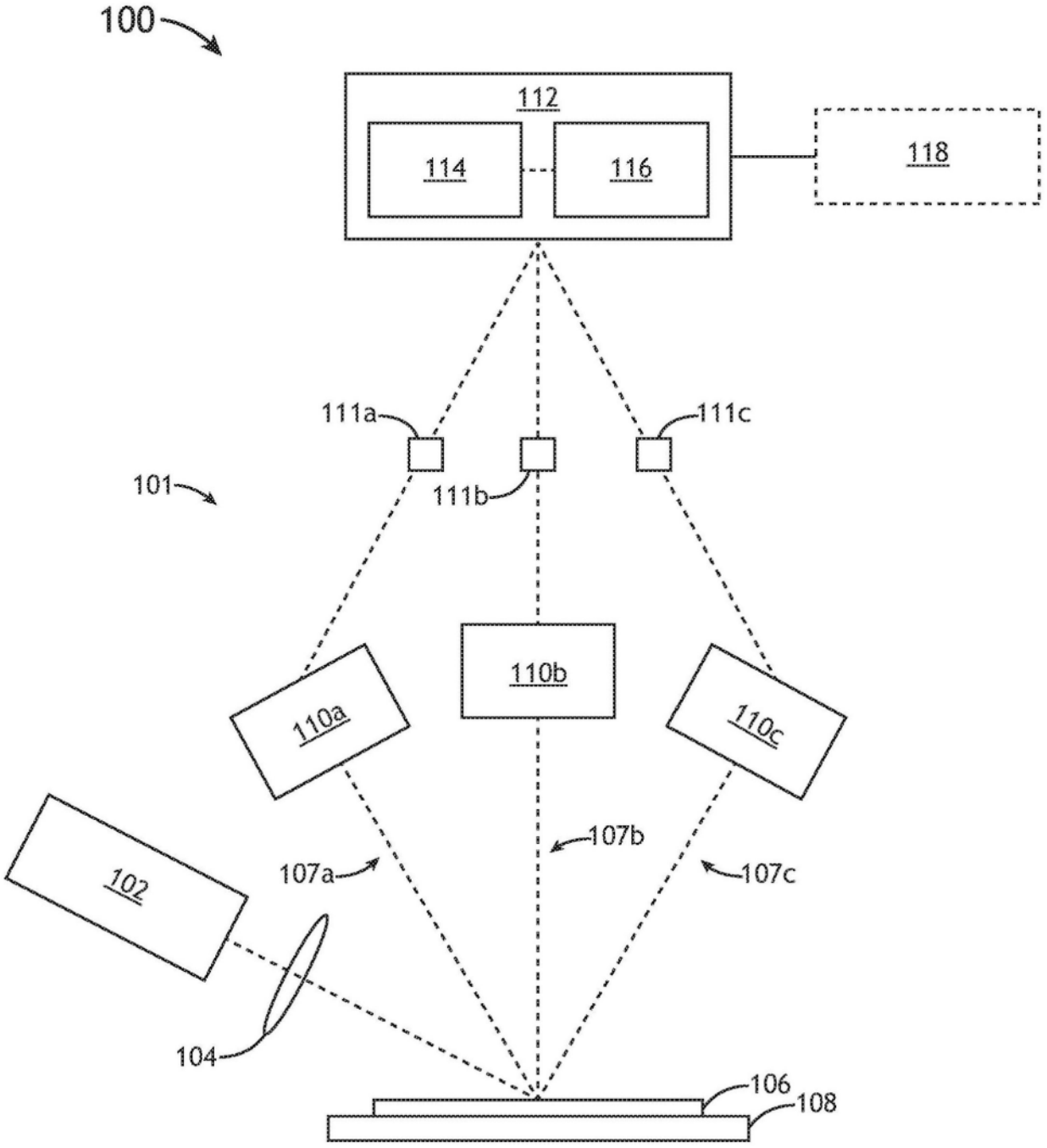

100
112
114
116
118
111a
111b
111c
101
110a
110b
110c
102
107a
107b
107c
104
106
108

图1A

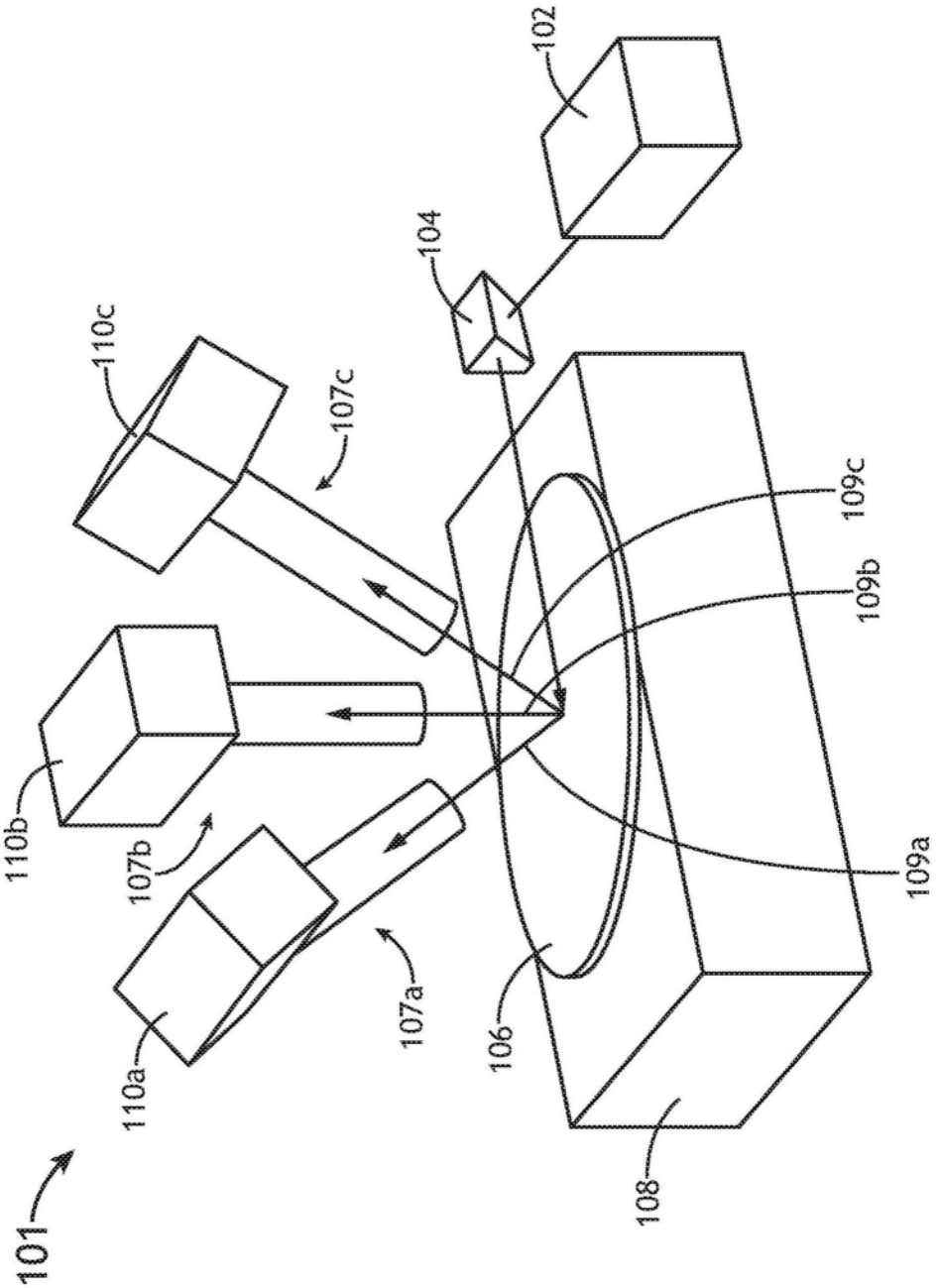

102
104
110c
107c
109c
109b
110b
107b
109a
107a
106
110a
108
101

图1B

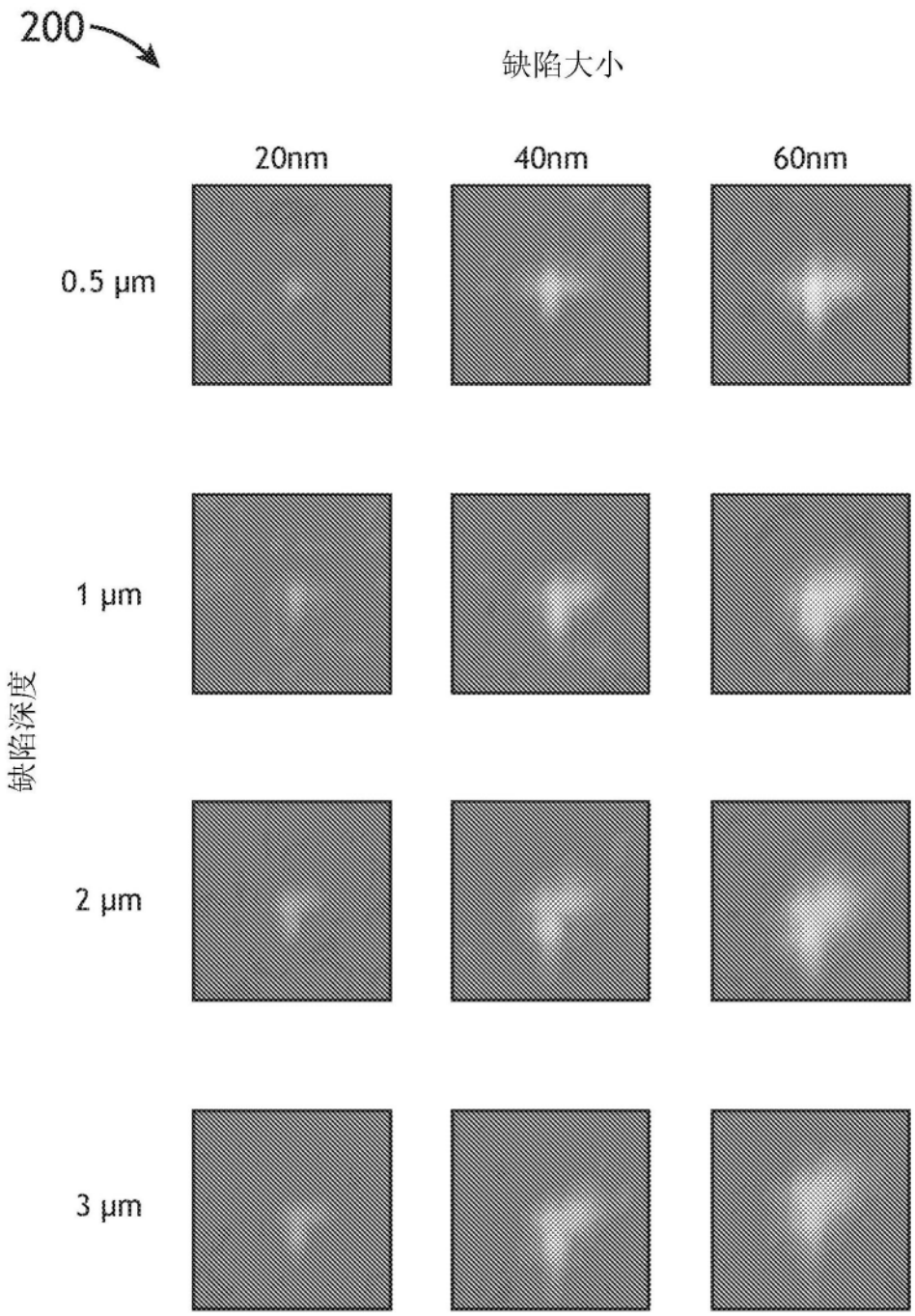


图2

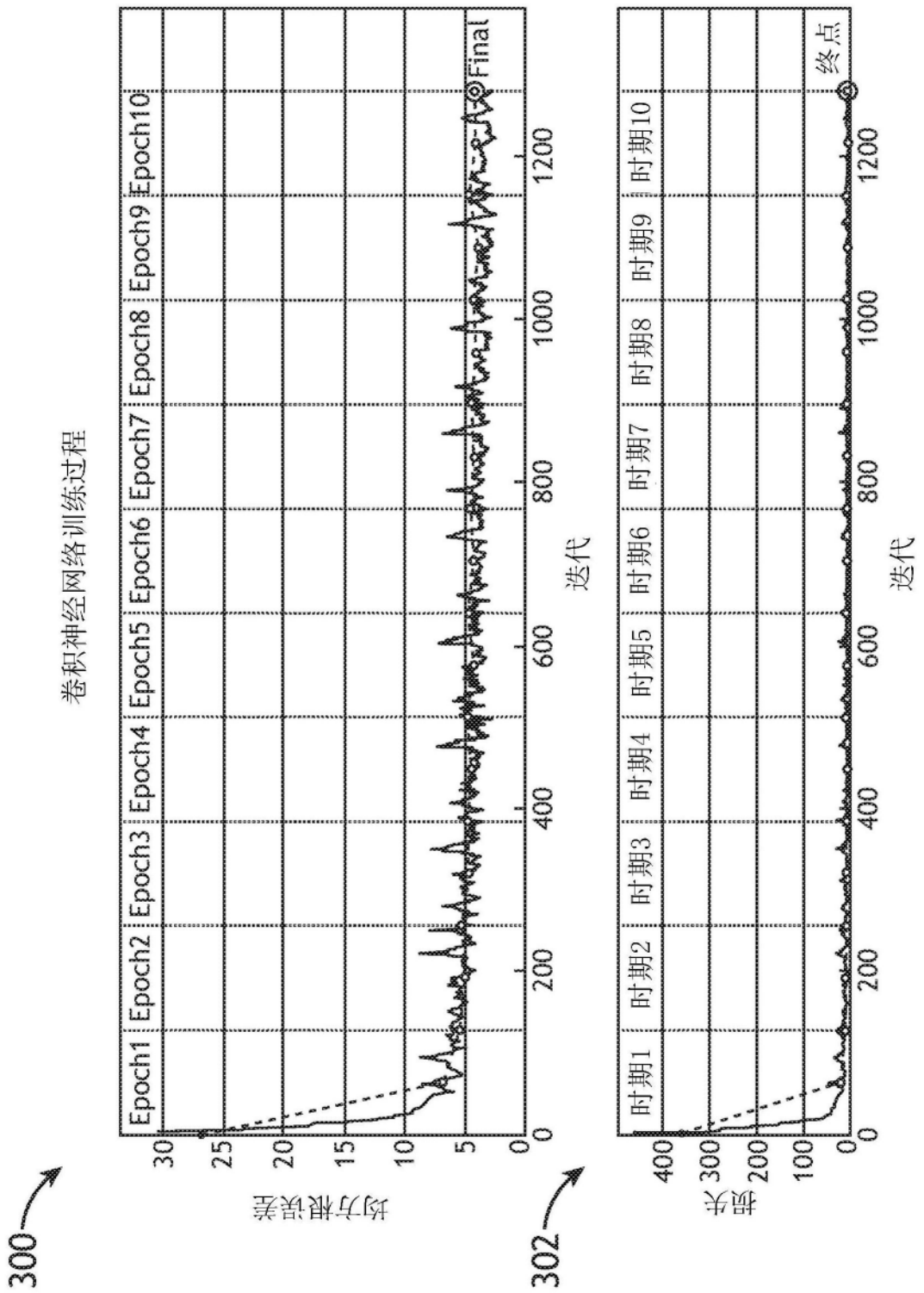

卷积神经网络训练过程
300
302
均方根误差
迭代
损失
迭代
Epoch1
Epoch2
Epoch3
Epoch4
Epoch5
Epoch6
Epoch7
Epoch8
Epoch9
Epoch10
Final
时期1
时期2
时期3
时期4
时期5
时期6
时期7
时期8
时期9
时期10
终点

图3A

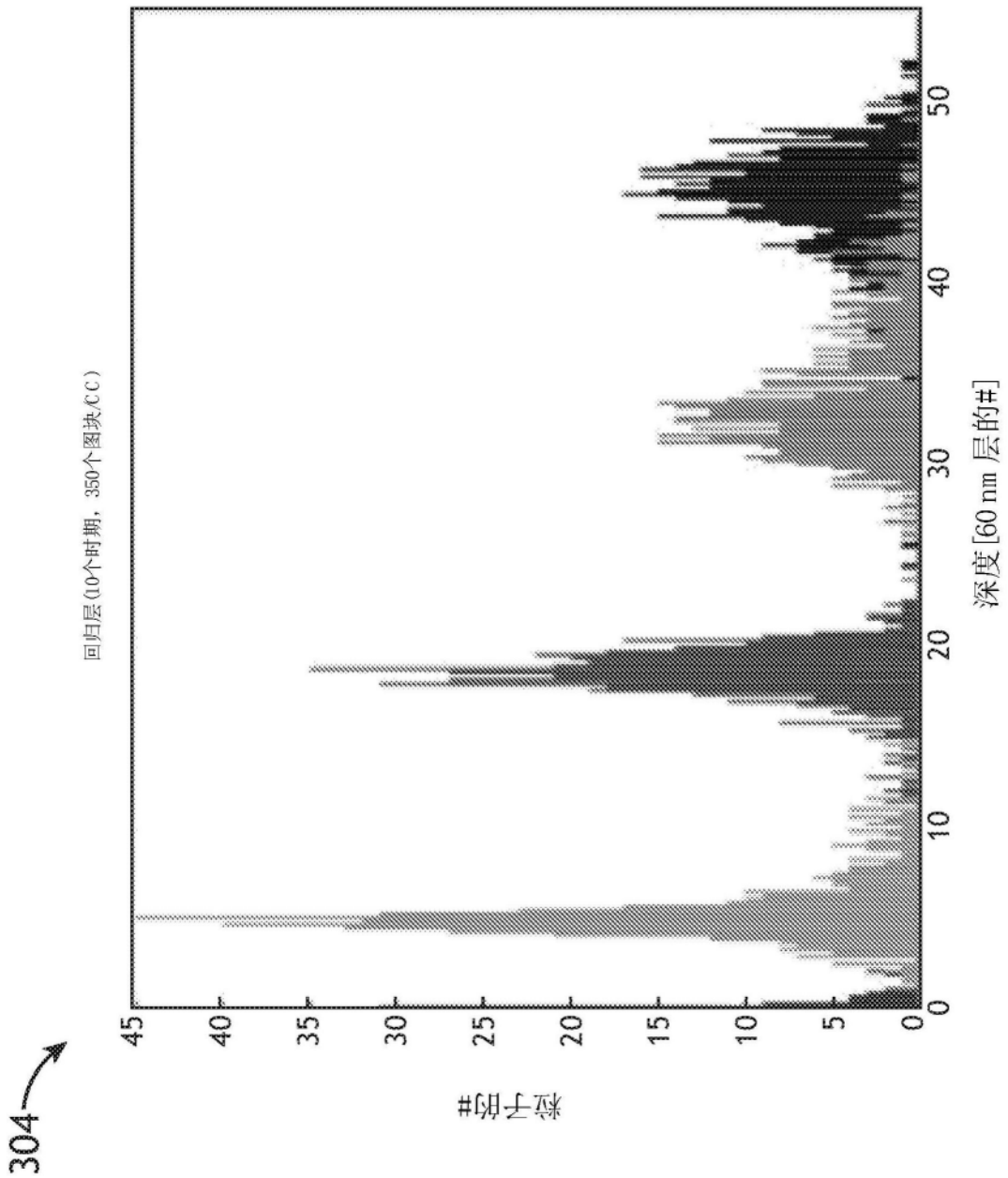

304
回归层(10个时期，350个图块/CC)
粒子的#
深度[60 nm 层的#]
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
0
10
20
30
40
50

图3B

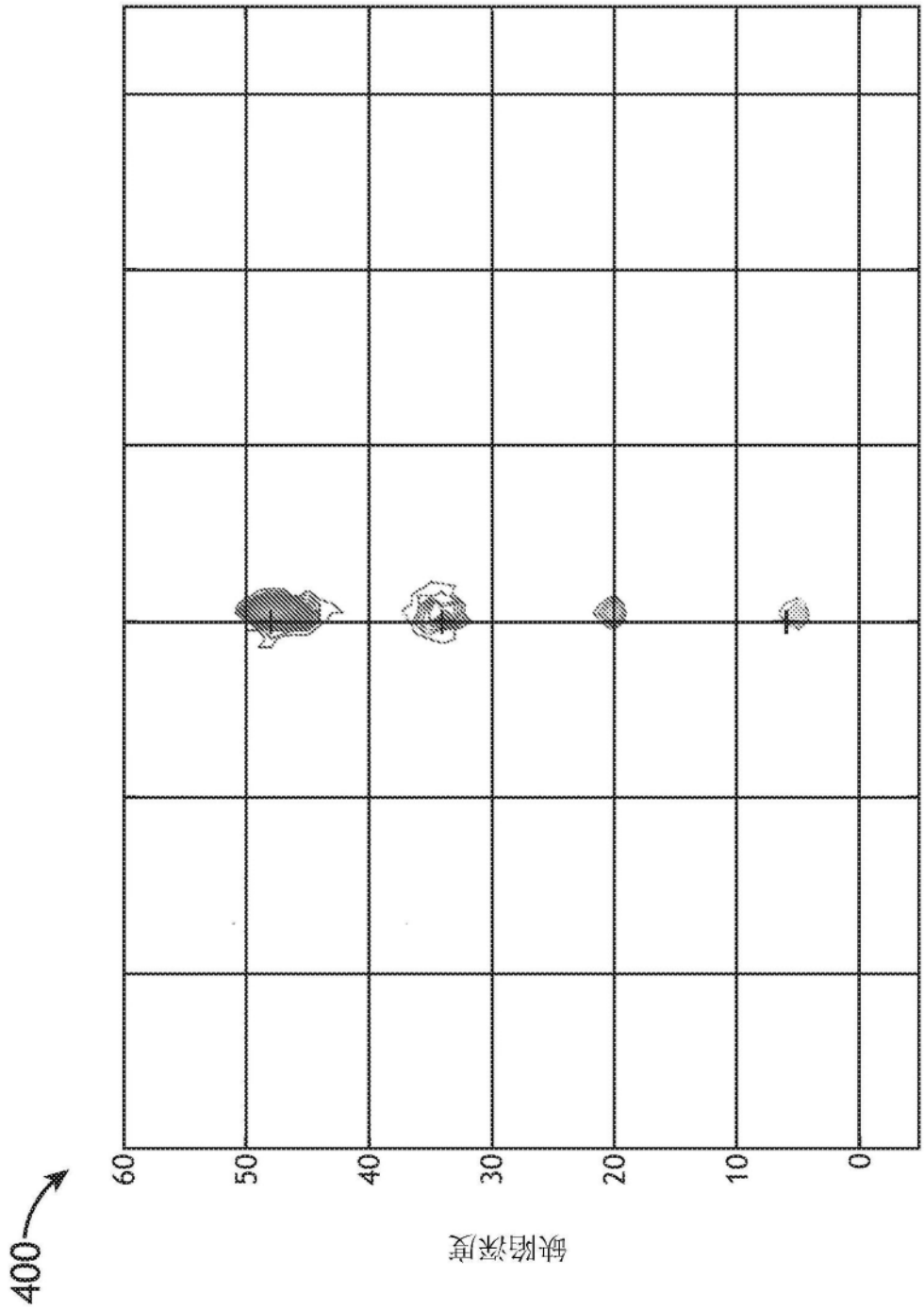


图4

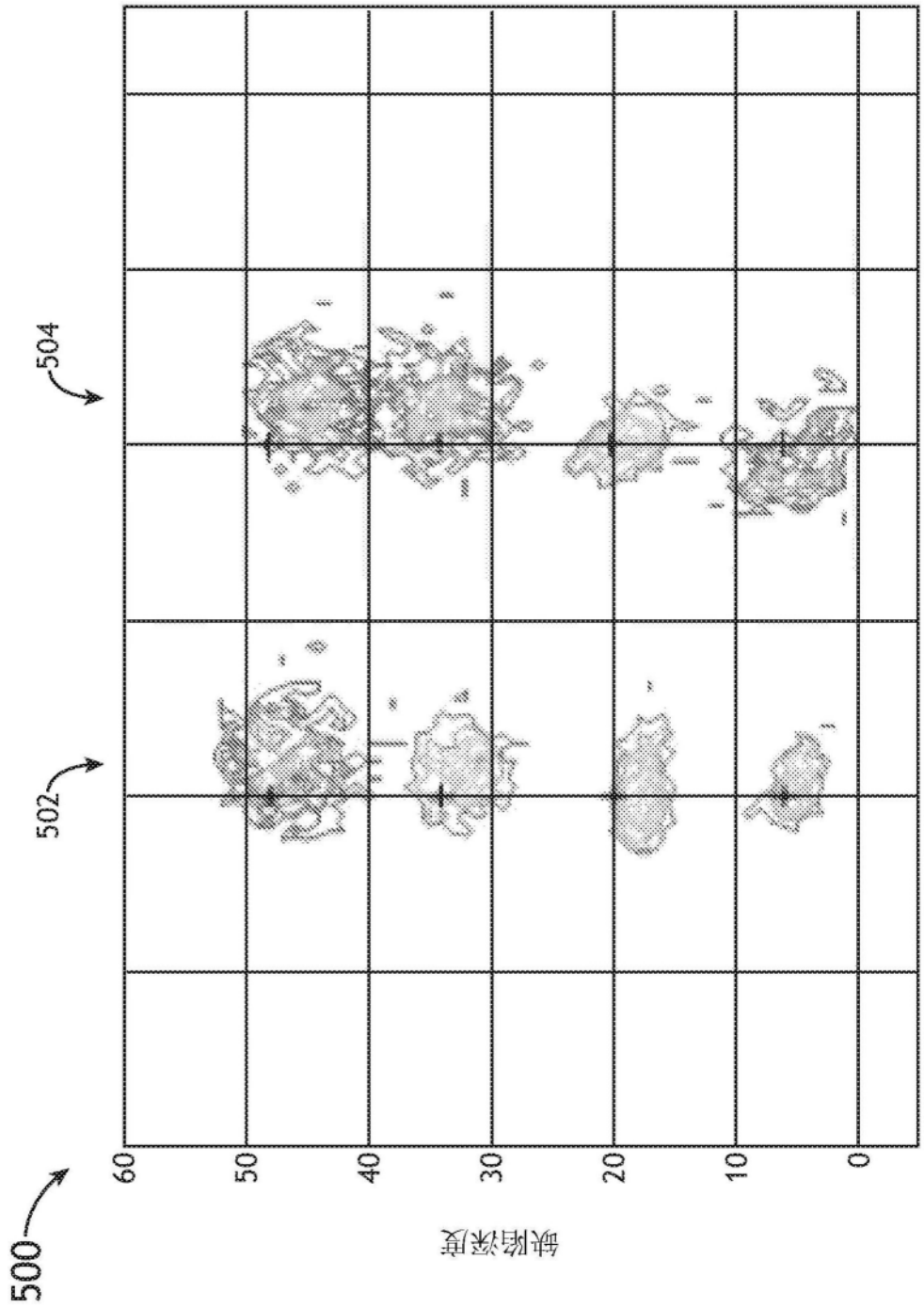


图5

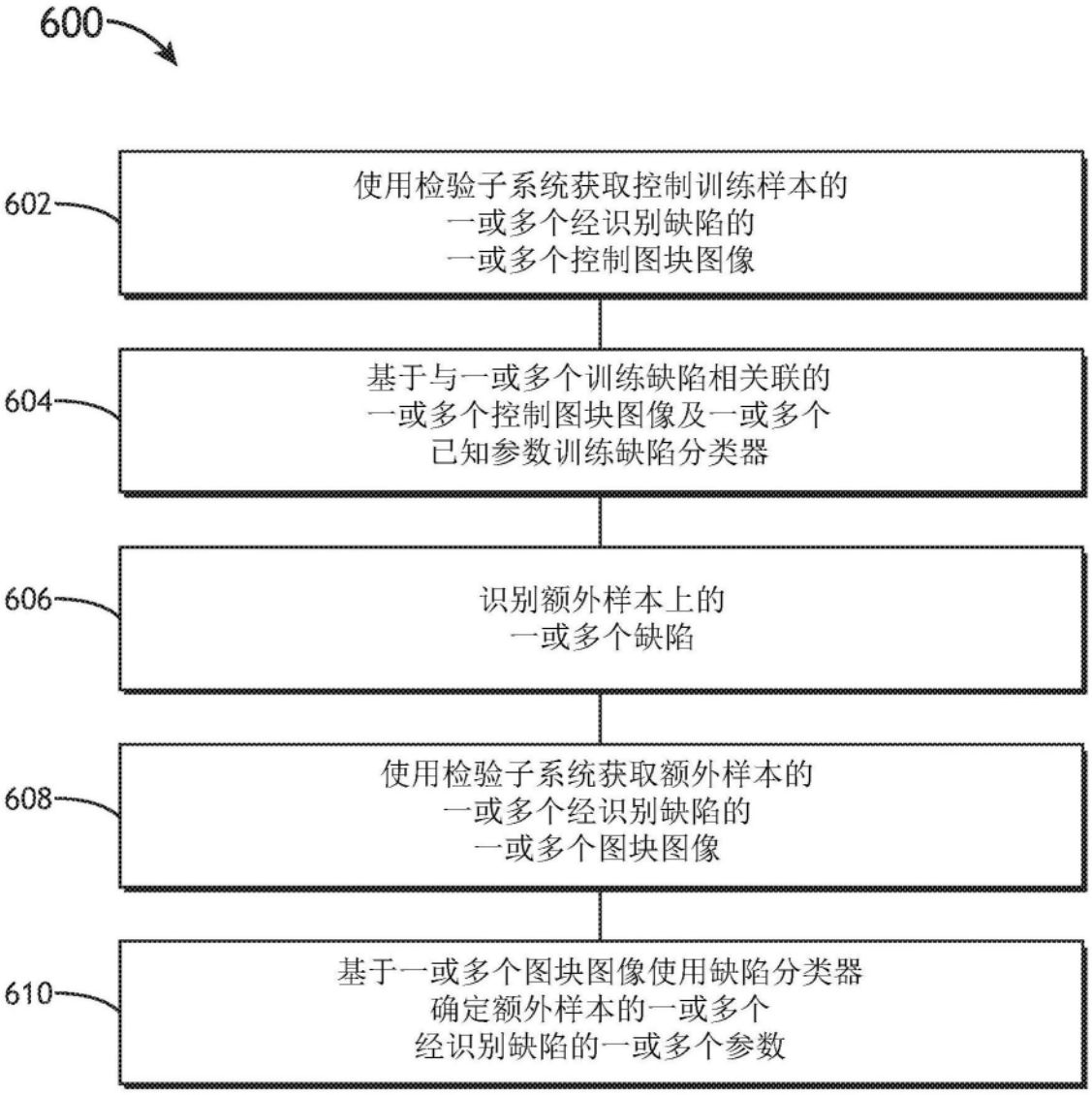

600
602
使用检验子系统获取控制训练样本的
一或多个经识别缺陷的
一或多个控制图块图像
604
基于与一或多个训练缺陷相关联的
一或多个控制图块图像及一或多个
已知参数训练缺陷分类器
606
识别额外样本上的
一或多个缺陷
608
使用检验子系统获取额外样本的
一或多个经识别缺陷的
一或多个图块图像
610
基于一或多个图块图像使用缺陷分类器
确定额外样本的一或多个
经识别缺陷的一或多个参数

图6