



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112219113 B

(45) 授权公告日 2022.03.25

(21) 申请号 201980037368.6

(22) 申请日 2019.06.11

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112219113 A

(43) 申请公布日 2021.01.12

(30) 优先权数据
62/687,123 2018.06.19 US
16/165,742 2018.10.19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.12.02

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/036432 2019.06.11

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/245785 EN 2019.12.26

(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 张海平 A·刚·余

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287
代理人 刘丽楠

(51) Int.Cl.
G01N 21/88 (2006.01)
G01N 21/47 (2006.01)
G01N 21/01 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2011246142 A1, 2011.10.06
US 2018103247 A1, 2018.04.12
EP 3333631 A1, 2018.06.13
US 6181420 B1, 2001.01.30
US 2010208249 A1, 2010.08.19

审查员 于丹

权利要求书5页 说明书11页 附图10页

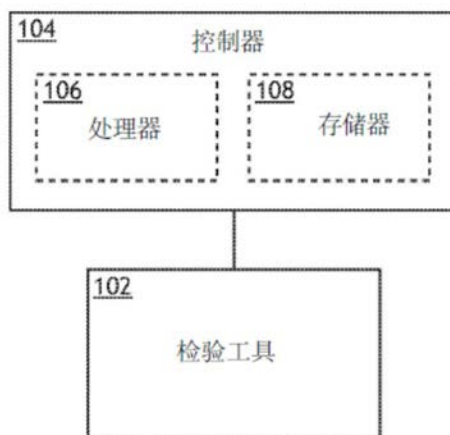
(54) 发明名称

基于多个散射信号的嵌入式粒子深度分级

(57) 摘要

本发明揭示一种检验系统,其可包含用于产生照明束的照明源、用于导引所述照明束到样本的照明光学器件。所述系统可进一步包含用于从所述样本收集第一立体角范围内且依第一选定偏振的光的第一收集通道。所述系统可进一步包含用于从所述样本收集第二角范围(第二立体角范围)内且依第二选定偏振的光的第二收集通道。所述系统可进一步包含用于接收两个或更多个散射信号的控制器的。所述散射信号可包含具有选定偏振的来自所述第一收集通道及所述第二收集通道的信号。所述控制器可基于比较所述两个或更多个散射信号与训练数据来进一步确定所述样本中缺陷的深度,所述训练数据包含来自具有已知深度处的已知缺陷的训练样本的数据。

100



1. 一种检验系统,其包括:

照明源,其经配置以产生照明束;

一或多个照明光学器件,其用于导引所述照明束到样本;

第一收集通道,其包含用于响应于所述照明束而从所述样本收集第一立体角范围内的光的至少第一检测器,所述第一收集通道进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第一检测器上的所述光的偏振的第一偏振器;

第二收集通道,其包含用于响应于来自所述照明源的所述照明束而从所述样本收集不同于所述第一立体角范围的第二立体角范围内的光的至少第二检测器,所述第二收集通道进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第二检测器上的所述光的偏振的第二偏振器;
及

控制器,其包含一或多个处理器,所述一或多个处理器经配置以执行程序指令而引起所述一或多个处理器:

接收两个或更多个散射信号,所述两个或更多个散射信号包含基于所述第一偏振器的一或多个定向的来自所述第一收集通道的一或多个散射信号,所述两个或更多个散射信号进一步包含基于所述第二偏振器的一或多个定向的来自所述第二收集通道的一或多个散射信号;及

基于比较所述两个或更多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度,所述训练数据包含来自具有已知深度处的已知缺陷的训练样本的散射信号。

2. 根据权利要求1所述的检验系统,其中基于比较所述两个或更多个散射信号与所述训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度包括:

基于比较所述两个或更多个散射信号与所述训练数据来按深度分级分选所述样本中的所述一或多个缺陷。

3. 根据权利要求2所述的检验系统,其中所述深度分级包括:

两个或更多个深度分级。

4. 根据权利要求2所述的检验系统,其中所述深度分级包括:

表面深度分级及两个或更多个表面下深度分级。

5. 根据权利要求2所述的检验系统,其中所述深度分级包括:

表面深度分级及四个或更多个表面下深度分级。

6. 根据权利要求1所述的检验系统,其中基于比较所述两个或更多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度包括:

基于所述训练数据来产生用于确定缺陷深度的一或多个规则;及

将所述一或多个规则应用于所述两个或更多个散射信号以确定所述样本中所述一或多个缺陷的所述深度。

7. 根据权利要求1所述的检验系统,其中基于比较所述两个或更多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度包括:

使用所述训练数据来训练机器学习算法,其中所述机器学习算法包含监督式学习、半监督式学习、或深度学习技术中的至少一者;

将所述两个或更多个散射信号作为输入提供到所述机器学习算法;及

基于所述机器学习算法的输出来确定所述样本中一或多个缺陷的所述深度。

8. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述一或多个缺陷包括:
一或多个粒子,其嵌入所述样本中。
9. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述样本包括:
半导体晶片。
10. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述样本包括:
膜,其沉积于衬底上。
11. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述样本包括:
多层膜堆叠,其沉积于衬底上。
12. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述一或多个照明光学器件包含物镜,其中所述第一立体角范围包含所述物镜的数值孔径内的第一立体角子集,其中所述至少第二组收集角包含所述物镜的所述数值孔径内的第二立体角子集。
13. 根据权利要求12所述的检验系统,其中所述第一收集通道及所述第二收集通道是方位对称的。
14. 根据权利要求12所述的检验系统,其中所述第一立体角范围包括:
立体角锥,其在从垂直于所述样本的方向到第一立体角的范围内,其中所述第二立体角范围包括:
立体角环形分布,其在从所述第一立体角到大于所述第一立体角的第二立体角的范围内。
15. 根据权利要求14所述的检验系统,其中来自所述第二收集通道的所述一或多个散射信号包括:
两个散射信号,其基于所述第二偏振器的两个正交定向。
16. 根据权利要求15所述的检验系统,其中来自所述第一收集通道的所述一或多个散射信号包括:
一个散射信号,其基于所述第一偏振器的单个定向。
17. 根据权利要求14所述的检验系统,其中来自所述第一收集通道的所述一或多个散射信号包括:
两个散射信号,其基于所述第一偏振器的两个正交定向。
18. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述一或多个照明光学器件依斜入射角导引来自所述照明源的所述照明束到所述样本。
19. 根据权利要求18所述的检验系统,其中所述两个或更多个散射信号中的至少一者包括:
暗场散射信号。
20. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述一或多个照明光学器件依法向入射角导引来自所述照明源的所述照明束到所述样本。
21. 根据权利要求20所述的检验系统,其中所述两个或更多个散射信号中的至少一者包括:
明场散射信号。
22. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述照明源经配置以产生包含可见波长、紫外线波长、深紫外线波长、真空紫外线波长或极紫外线波长中的至少一者的照明。

23. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述照明源经配置以产生包含两个波长范围的照明,其中至少一个波长范围包含可见波长。

24. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述一或多个照明光学器件在固定焦点高度处导引所述照明束到所述样本。

25. 一种检验系统,其包括:

控制器,其包含一或多个处理器,所述一或多个处理器经配置以执行程序指令而引起所述一或多个处理器:

从第一收集通道接收一或多个散射信号,所述第一收集通道包含用于响应于照明束而从样本收集第一立体角范围内的光的第一检测器,所述第一收集通道进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第一检测器上的所述光的偏振的第一可调偏振器,其中来自所述第一收集通道的所述一或多个散射信号是基于所述第一可调偏振器的一或多个偏振态;

从第二收集通道接收一或多个散射信号,所述第二收集通道包含用于响应于所述照明束而从所述样本收集不同于所述第一立体角范围的第二立体角范围内的光的第二检测器,所述第二收集通道进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第二检测器上的所述光的偏振的第二可调偏振器,其中来自所述第二收集通道的所述一或多个散射信号是基于所述第二可调偏振器的一或多个偏振态;及

基于比较来自所述第一收集通道及所述第二收集通道的所述一或多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度,所述训练数据包含根据来自具有已知深度处的已知缺陷的至少一个训练样本的缺陷深度的两个以上训练散射信号,所述两个以上训练散射信号包含来自所述第一收集通道的至少一个训练信号以及来自所述第二收集通道的至少一个训练信号。

26. 根据权利要求25所述的检验系统,其中基于比较所述两个或更多个散射信号与所述训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度包括:

基于比较所述两个或更多个散射信号与所述训练数据来按深度分级分选所述样本中的所述一或多个缺陷。

27. 根据权利要求26所述的检验系统,其中所述深度分级包括:

两个或更多个深度分级。

28. 根据权利要求26所述的检验系统,其中所述深度分级包括:

表面深度分级及两个或更多个表面下深度分级。

29. 根据权利要求26所述的检验系统,其中所述深度分级包括:

表面深度分级及四个或更多个表面下深度分级。

30. 根据权利要求25所述的检验系统,其中基于比较所述两个或更多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度包括:

基于所述训练数据来产生用于确定缺陷深度的一或多个规则;及

将所述一或多个规则应用于所述两个或更多个散射信号以确定所述样本中所述一或多个缺陷的所述深度。

31. 根据权利要求25所述的检验系统,其中基于比较所述两个或更多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度包括:

使用所述训练数据来训练机器学习算法,其中所述机器学习算法包含监督式学习、半

监督式学习或深度学习技术中的至少一者；

将所述两个或更多个散射信号作为输入提供到所述机器学习算法；及
基于所述机器学习算法的输出来确定所述样本中一或多个缺陷的所述深度。

32. 根据权利要求25所述的检验系统，其中所述一或多个缺陷包括：

一或多个粒子，其嵌入所述样本中。

33. 根据权利要求25所述的检验系统，其中所述一或多个照明光学器件包含物镜，其中所述第一立体角范围包含所述物镜的数值孔径内的第一立体角子集，其中所述至少第二组收集角包含所述物镜的所述数值孔径内的第二立体角子集。

34. 根据权利要求33所述的检验系统，其中所述第一收集通道及所述第二收集通道是方位对称的。

35. 根据权利要求34所述的检验系统，其中来自所述第二收集通道的所述一或多个散射信号包括：

两个散射信号，其基于所述第二偏振器的两个正交定向，其中来自所述第一收集通道的所述一或多个散射信号包括：

一个散射信号，其基于所述第一偏振器的单个定向。

36. 根据权利要求25所述的检验系统，其中所述一或多个照明光学器件依斜入射角导引来自所述照明源的所述照明束到所述样本。

37. 根据权利要求36所述的检验系统，其中所述两个或更多个散射信号中的至少一者包括：

暗场散射信号。

38. 根据权利要求25所述的检验系统，其中所述一或多个照明光学器件依法向入射角导引来自所述照明源的所述照明束到所述样本。

39. 根据权利要求38所述的检验系统，其中所述两个或更多个散射信号中的至少一者包括：

明场散射信号。

40. 一种检验方法，其包括：

从第一收集通道接收一或多个散射信号，所述第一收集通道包含用于响应于照明束而从样本收集第一立体角范围内的光的第一检测器，所述第一收集通道进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第一检测器上的所述光的偏振的第一可调偏振器，其中来自所述第一收集通道的所述一或多个散射信号是基于所述第一可调偏振器的一或多个偏振态；

从第二收集通道接收一或多个散射信号，所述第二收集通道包含用于响应于所述照明束而从所述样本收集不同于所述第一立体角范围的第二立体角范围内的光的第二检测器，所述第二收集通道进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第二检测器上的所述光的偏振的第二可调偏振器，其中来自所述第二收集通道的所述一或多个散射信号是基于所述第二可调偏振器的一或多个偏振态；及

基于比较来自所述第一收集通道及所述第二收集通道的所述一或多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度，所述训练数据包含根据来自具有已知深度处的已知缺陷的至少一个训练样本的缺陷深度的两个以上训练散射信号，所述两个以上训练散射信号包含来自所述第一收集通道的至少一个训练信号以及来自所述第二收集通道

的至少一个训练信号。

41. 根据权利要求40所述的检验方法,其中基于比较所述两个或更多个散射信号与所述训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度包括:

基于所述训练数据来产生用于确定缺陷深度的一或多个规则;及

将所述一或多个规则应用于所述两个或更多个散射信号以确定所述样本中所述一或多个缺陷的所述深度。

42. 根据权利要求40所述的检验方法,其中基于比较所述两个或更多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度包括:

使用所述训练数据来训练机器学习算法,其中所述机器学习算法包含监督式学习、半监督式学习或深度学习技术中的至少一者;

将所述两个或更多个散射信号作为输入提供到所述机器学习算法;及

基于所述机器学习算法的输出来确定所述样本中一或多个缺陷的所述深度。

43. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述两个以上散射信号中的每一者对应于测量参数的不同组合,其中所述测量参数包含所述照明束的波长、所述照明束的偏振、经选择收集通道、或在所述经选择收集通道中检测到的光的偏振中的至少两者,其中所述经选择收集通道包含所述第一收集通道或所述第二收集通道中的一者。

44. 根据权利要求25所述的检验系统,其中所述两个以上散射信号中的每一者对应于测量参数的不同组合,其中所述测量参数包含所述照明束的波长、所述照明束的偏振、经选择收集通道、或在所述经选择收集通道中检测到的光的偏振中的至少两者,其中所述经选择收集通道包含所述第一收集通道或所述第二收集通道中的一者。

基于多个散射信号的嵌入式粒子深度分级

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案根据35U.S.C. §119 (e) 主张名叫张海平 (Haiping Zhang) 及亚历克斯·余 (Alex Yu) 的发明者于2018年6月19日申请的标题为“使用按两个以上扫描的基于通道的方法的嵌入式粒子深度分级 (EMBEDDED PARTICLE DEPTH BINNING USING CHANNEL BASED METHOD BY MORE THAN TWO SCANS)”的第62/687,123号美国临时申请案的权益,所述案的全文以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验,且更特定来说,本发明涉及缺陷的深度确定。

背景技术

[0004] 半导体装置(例如(但不限于)3D存储器堆叠)包含多层膜堆叠,其可包含数十个或数百个膜层。此类多层膜堆叠易受任何膜层上的嵌入式缺陷影响且通常期望监测缺陷频率及缺陷发生深度两者。例如,缺陷深度数据可判断易受缺陷影响的特定制造步骤。然而,通常不便于及/或无法在沉积每一层之后检验多层样本。因此,通常可在沉积多个层或甚至整个膜堆叠之后检验多层样本的缺陷。

[0005] 随着膜堆叠的数目增加,确定嵌入式缺陷的深度信息面临越来越多挑战。例如,通常可使用例如聚焦离子束(FIB)铣削的侵入式方法来准确确定多层堆叠中嵌入式缺陷的深度。然而,侵入式测量技术可能很耗时且仅可应用于代表性测试样本而非生产样本。因此,期望产生消除上述缺点的系统及方法。

发明内容

[0006] 根据本发明的一或多个说明性实施例,揭示一种检验系统。在说明性实施例中,所述系统包含经配置以产生照明束的照明源。在另一说明性实施例中,所述系统包含用于导引所述照明束到样本的一或多个照明光学器件。在另一说明性实施例中,所述系统包含第一收集通道,其包含用于响应于所述照明束而从所述样本收集第一立体角范围内的光的至少第一检测器。在另一说明性实施例中,所述第一收集通道进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第一检测器上的所述光的偏振的第一偏振器。在另一说明性实施例中,所述系统包含第二收集通道,其包含用于响应于来自所述照明源的所述照明而从所述样本收集第二立体角范围内的光的至少第二检测器。在另一说明性实施例中,所述第二收集通道进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第二检测器上的所述光的偏振的第二偏振器。在另一说明性实施例中,所述系统包含控制器。在另一说明性实施例中,所述控制器接收两个或更多个散射信号,其中所述两个或更多个散射信号包含基于所述第一偏振器的一或多个定向的来自所述第一收集通道的一或多个散射信号及基于所述第二偏振器的一或多个定向的来自所述第二收集通道的一或多个散射信号。在另一说明性实施例中,所述控制器基于比较所述两个或更多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度,其

中所述训练数据包含来自具有已知深度处的已知缺陷的训练样本的散射信号。

[0007] 根据本发明的一或多个说明性实施例,揭示一种检验系统。在说明性实施例中,所述系统包含控制器。在另一说明性实施例中,所述控制器从第一收集通道接收一或多个散射信号。在另一说明性实施例中,所述第一收集通道包含用于响应于照明束而从样本收集第一立体角范围内的光的第一检测器且进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第一检测器上的所述光的偏振的第一可调偏振器,其中来自所述第一收集通道的所述一或多个散射信号是基于所述第一可调偏振器的一或多个偏振态。在另一说明性实施例中,所述控制器从第二收集通道接收一或多个散射信号。在另一说明性实施例中,所述第二收集通道包含用于响应于所述照明束而从所述样本收集第二立体角范围内的光的第二检测器且进一步包含用于控制自所述样本入射于所述第二检测器上的所述光的偏振的第二可调偏振器,其中来自所述第二收集通道的所述一或多个散射信号是基于所述第二可调偏振器的一或多个偏振态。在另一说明性实施例中,所述控制器基于比较来自所述第一收集通道及所述第二收集通道的所述一或多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度,其中所述训练数据包含来自具有已知深度处的已知缺陷的训练样本的散射信号。

[0008] 根据本发明的一或多个说明性实施例,揭示一种检验方法。在说明性实施例中,所述方法包含从第一收集通道接收一或多个散射信号。在另一说明性实施例中,所述第一收集通道包含用于响应于照明束而从样本收集第一立体角范围内的光的第一检测器且进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第一检测器上的所述光的偏振的第一可调偏振器,其中来自所述第一收集通道的所述一或多个散射信号是基于所述第一可调偏振器的一或多个偏振态。在另一说明性实施例中,所述方法包含从第二收集通道接收一或多个散射信号。在另一说明性实施例中,所述第二收集通道包含用于响应于所述照明束而从所述样本收集第二立体角范围内的光的第二检测器且进一步包含用于控制从所述样本入射于所述第二检测器上的所述光的偏振的第二可调偏振器,其中来自所述第二收集通道的所述一或多个散射信号是基于所述第二可调偏振器的一或多个偏振态。在另一说明性实施例中,所述方法包含基于比较来自所述第一收集通道及所述第二收集通道的所述一或多个散射信号与训练数据来确定所述样本中一或多个缺陷的深度,其中所述训练数据包含来自具有已知深度处的已知缺陷的训练样本的散射信号。

[0009] 应理解,以上一般描述及以下详细描述两者仅供例示及说明且未必限制本发明。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一般描述一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0010] 所属领域的技术人员可通过参考附图来较佳理解本发明的众多优点,其中:

[0011] 图1A是说明根据本发明的一或多个实施例的检验系统的概念图。

[0012] 图1B是说明根据本发明的一或多个实施例的检验工具的概念图。

[0013] 图1C是说明根据本发明的一或多个实施例的包含两个收集通道的检验工具的概念图,所述两个收集通道用于响应于斜入射角照明而产生两个不同立体角范围内的与来自样本的光相关联的散射信号。

[0014] 图1D是说明根据本发明的一或多个实施例的包含两个收集通道的检验工具的概

念图,所述两个收集通道用于响应于法向入射角照明而产生两个不同立体角范围内的与来自样本的光相关联的散射信号。

[0015] 图2是根据本发明的一或多个实施例的包含沉积于衬底上的氧化物材料及氮化物材料的交替层对的多层样本及与不同深度处的嵌入式缺陷相关联的模拟散射信号的侧视图。

[0016] 图3是说明根据本发明的一或多个实施例的用于确定样本中缺陷的深度的方法中所执行的步骤的流程图。

[0017] 图4是根据本发明的一或多个实施例的包含分别使用第一测量条件及第二测量条件的与样本相关联的散射信号的训练数据图。

[0018] 图5是根据本发明的一或多个实施例的包含分别使用第三测量条件及第四测量条件的与样本相关联的散射信号的训练数据图。

[0019] 图6是根据本发明的一或多个实施例的包含分别使用第五测量条件及第六测量条件的与样本相关联的散射信号的训练数据图。

[0020] 图7是根据本发明的一或多个实施例的包含分别使用第七测量条件及第八测量条件的与样本相关联的散射信号的训练数据图。

具体实施方式

[0021] 现将详细参考附图中所说明的揭示标的物。已相对于特定实施例及其具体特征来特别展示及描述本发明。本文中所陈述的实施例应被视为说明而非限制。所属领域的一般技术人员应易于明白,可在不背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。

[0022] 本发明的实施例是针对基于一或多个光学扫描的样本中嵌入式缺陷的非侵入式深度确定。在此应认识到,缺陷的光散射特征通常取决于各种结构因子及测量条件。例如,缺陷散射信号可取决于缺陷及样本两者的结构及组成。包含(但不限于)嵌入式粒子、裂缝或空隙的多种类型的缺陷可存在于制造样本中。因此,散射信号可取决于这些缺陷相对于周围材料的大小、结构及组成。通过另一实例,光散射特征可取决于测量条件,例如(但不限于)入射光的光谱、入射光的偏振、收集光的偏振或收集光的立体角。

[0023] 因此,使用不同测量条件所产生的多个光散射信号可用于从散射信号提取缺陷深度信息。本发明的额外实施例是针对提供基于不同测量配置的两个或更多个散射信号的多通道检验系统。在此方面,可基于比较两个或更多个散射信号来确定嵌入式缺陷的深度。在一些实施例中,多通道检验系统可导引照明束到样本且使用多个测量配置来自样本收集光。例如,多通道检验系统可包含经配置以在样本的单个扫描期间从样本收集两个不同立体角范围内的光的两个或更多个通道。此外,每一通道可包含用于控制收集光的偏振的偏振器。因此,每一通道可提供基于收集光的偏振及入射照明束的不同组合的各种散射信号。

[0024] 本发明的额外实施例是针对在固定焦点高度处产生散射信号。例如,可使用相对于用于照射样本及/或从样本收集光的物镜的固定焦点位置处的样本来产生多个散射信号。在此方面,可高效率及准确产生多个散射信号。

[0025] 本发明的额外实施例是针对产生训练数据来指导嵌入式缺陷的深度确定。例如,训练数据可基于包含已知深度处的已知缺陷的校准样本的分析。训练数据可包含实验数据

(例如来自使用已知位置处的已知缺陷所制造的训练样本)及模拟数据(例如来自具有已知位置处的已知缺陷的样本的散射信号模拟)的任何组合。

[0026] 本发明的额外实施例是针对基于训练数据来识别缺陷深度与散射信号之间的关系。例如,训练数据可用于基于散射信号比较的序列来确定按深度分级分选缺陷的规则。通过另一实例,训练数据可用作机器学习算法的训练数据。

[0027] 本发明的额外实施例是针对基于不同测量配置中的两个或更多个散射信号及缺陷深度与散射信号之间的识别关系来确定包含未知缺陷的关注样本(例如生产线样本)的缺陷的深度。在一些情况中,可直接确定测量缺陷的深度值。在一些情况中,按选定深度范围(例如分级)来分选缺陷。

[0028] 各种技术可用于基于两个或更多个散射信号及缺陷深度与散射信号之间的识别关系来确定缺陷深度。在一些实施例中,基于训练数据来产生一组规则且接着使用所述组规则来确定缺陷深度。例如,情况可为:第一组散射信号(与选定测量配置相关联)的比较可辨别表层缺陷与表面下缺陷,而第二组散射信号可辨别第一深度范围内的缺陷(例如第一分级)与剩余深度范围内的缺陷(例如分级),等等。在此方面,可基于不同散射信号之间的一系列选定比较来辨别每一关注深度范围内的缺陷。通过另一实例,可通过多维图案辨识技术来确定缺陷深度。例如,可在训练阶段期间训练机器学习算法以基于训练数据来确定缺陷深度与散射信号之间的关系。在检验阶段期间,可由机器学习算法基于来自关注样本的散射信号来提供关注样本上的缺陷深度。

[0029] 现参考图1到6,更详细描述根据本发明的一或多个实施例的检验系统100。

[0030] 图1A是说明根据本发明的一或多个实施例的检验系统100的概念图。在一个实施例中,检验系统100包含经配置以表征样本的一或多个性质的检验工具102。在另一实施例中,检验系统100包含以通信方式耦合到检验工具102的控制器104。在另一实施例中,控制器104包含经配置以执行保存于存储器媒体108或存储器上的程序指令的一或多个处理器106。控制器104的一或多个处理器106可包含所属领域中已知的任何处理元件。在此意义上,一或多个处理器106可包含经配置以执行算法及/或指令的任何微处理器型装置。此外,存储器媒体108可包含适合于存储可由相关联的一或多个处理器106执行的程序指令的所属领域中已知的任何存储媒体。例如,存储器媒体108可包含非暂时性存储器媒体。作为额外实例,存储器媒体108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、固态驱动及其类似物。还应注意,存储器媒体108可与一或多个处理器106一起收容于共同控制器外壳中。

[0031] 控制器104的一或多个处理器106可执行本发明中所描述的各种过程步骤的任何者。例如,控制器104的一或多个处理器106可从检验工具102接收与样本相关联的散射信号且基于散射信号来确定一或多个缺陷的深度信息。

[0032] 图1B是说明根据本发明的一或多个实施例的检验工具102的概念图。在实施例中,检验工具102包含用于产生照明束112的照明源110。照明束112可包含一或多个选定光波长,其包含(但不限于)紫外线(UV)辐射、可见光辐射或红外线(IR)辐射。例如,照明源110可提供(但未必提供)具有约266nm的波长的照明束112。

[0033] 照明源110可包含(但不限于)一或多个窄带激光源、一或多个宽带激光源、一或多个超连续激光源、一或多个白光激光及其类似物。在另一实施例中,照明源110包含激光驱

动光源 (LDLS), 例如 (但不限于) 激光持续等离子体 (LSP) 源。例如, 照明源110可包含 (但不限于) LSP灯、LSP灯泡或LSP室, 其适合于容纳可在由激光源激发成等离子体态时发射宽带照明的一或多个元件。在此方面, 照明源110可提供具有高同调性 (例如高空间同调性及/或时间同调性) 的照明束112。在另一实施例中, 照明源110包含灯源。通过另一实例, 照明源110可包含 (但不限于) 弧光灯、放电灯、无电极灯及其类似物。在此方面, 照明源110可提供具有低同调性 (例如低空间同调性及/或时间同调性) 的照明束112。

[0034] 在另一实施例中, 照明源110提供可调谐照明束112。例如, 照明源110可包含可调谐照明源 (例如一或多个可调谐激光及其类似物)。通过另一实例, 照明源110可包含耦合到可调谐滤波器的带照明源。

[0035] 照明源110可进一步提供具有任何时间量变曲线的照明束112。例如, 照明束112可具有连续时间量变曲线、调制时间量变曲线、脉冲时间量变曲线及其类似物。

[0036] 在另一实施例中, 照明源110经由照明路径116来导引照明束112到样本114且经由收集路径118来收集从样本114发出的辐射。照明路径116可包含适合于修改及/或调节照明束112的一或多个照明束调节组件120。例如, 一或多个照明束调节组件120可包含 (但不限于) 一或多个偏振器、一或多个滤波器、一或多个分束器、一或多个漫射器、一或多个匀光器、一或多个变迹器、一或多个光束整形器或一或多个透镜。

[0037] 在另一实施例中, 照明路径116可利用照明聚焦元件122来将照明束112聚焦到安置于样本台124上的样本114上。在另一实施例中, 收集路径118可包含用于从样本114收集光的收集聚焦元件126。例如, 检测器130可接收从样本114散射及/或折射的收集光128。通过另一实例, 检测器130可接收由样本114产生的收集光128 (例如与照明束112的吸收相关联的发光及其类似物)。

[0038] 在另一实施例中, 检验工具102可包含经配置以通过收集路径118来捕获从样本114发出的辐射的一或多个检测器130。检测器130可包含适合于测量从样本114接收的照明的所属领域中已知的任何类型的光学检测器。例如, 检测器130可包含 (但不限于) 电荷耦合装置 (CCD) 检测器、互补金属氧化物半导体 (CMOS) 检测器、时间延迟积分 (TDI) 检测器、光倍增管 (PMT)、突崩光二极管 (APD) 及其类似物。在另一实施例中, 检测器130可包含适合于识别收集光128的波长的光谱检测器。

[0039] 收集路径118可进一步包含用于导引及/或修改收集光128的任何数目个收集束调节元件132, 其包含 (但不限于) 一或多个透镜、一或多个滤波器、一或多个偏振器或一或多个相位板。在此方面, 检验工具102可控制入射于检测器130上的光的偏振。此外, 检验工具102可操作为任何类型的检验及/或计量工具, 例如 (但不限于) 具有一或多个照明角的光谱椭偏仪、用于测量穆勒 (Mueller) 矩阵元素 (例如使用旋转补偿器) 的光谱椭偏仪、单波长椭偏仪、角解析椭偏仪 (例如束轮廓椭偏仪)、光谱反射计、单波长反射计、角解析反射计 (例如束轮廓反射计) 或散射计。

[0040] 在另一实施例中, 尽管未展示, 但检验工具102包含适合于调节包围样本114的大气的组成及/或压力的室。例如, 检验工具102可包含用于控制包围样本114的大气的组成及/或压力的一或多个储气槽、一或多个阀、一或多个软管、一或多个泵、一或多个调压器及其类似物。在另一实施例中, 检验工具102经配置以提供惰性气体或基本上透射由照明源110提供的波长的气体作为包围样本114的大气。

[0041] 在此应注意,图1B中所描绘的检验工具102可促进多角度照射样本114及/或收集一或多个检测器130上的多个散射信号以循序或同时产生多个散射信号。

[0042] 检验工具102可经进一步配置以提供所属领域中已知的任何类型的成像,例如(但不限于)明场成像、暗场成像、相位对比成像或其类似物。例如,检验工具102可依任何入射角导引照明束112到样本114。此外,检验工具102可包含照明路径116及/或收集路径118中孔隙或相位板的任何组合。

[0043] 现参考图1C及1D,更详细描述基于斜及正入射的检验工具102的配置。图1C及1D中的检验工具102的配置包含用于产生包含不同立体角范围的散射信号的两个收集通道。然而,应理解,图1C及1D中的检验工具102的配置仅供说明且不应被解译为限制。确切而言,检验工具102可提供基于任何数目个立体角范围的任何数目个收集通道。

[0044] 图1C是说明根据本发明的一或多个实施例的包含两个收集通道的检验工具102的概念图,所述两个收集通道用于响应于斜入射角照明而产生两个不同立体角范围内的与来自样本114的光相关联的散射信号。在此方面,图1C中所说明的检验工具102可提供(但不限于)样本114的暗场成像。在实施例中,检验工具102包含用于收集从样本114发出的辐射的物镜134。在另一实施例中,检验工具102包含经配置以导引收集光128的第一部分128a到第一检测器130a且允许收集光128的第二部分128b传播到第二检测器130b的反射镜136。此外,聚焦透镜138可将收集光128的第二部分128b聚焦到第二检测器130b。在此方面,第一部分128a可包含第一立体角范围的收集光128且第二部分128b可包含第二立体角范围的收集光128。

[0045] 此外,反射镜136可(但未必)经整形以将收集光128分裂成方位对称通道。例如,收集光128的第一部分128a可包含立体角的方位对称锥(例如范围从物镜134的光轴140到第一立体角142)且收集光128的第二部分128b可包含立体角的方位对称圆环(例如范围从第一立体角142到第二立体角144)。

[0046] 图1D是说明根据本发明的一或多个实施例的包含两个收集通道的检验工具102的概念图,所述两个收集通道用于响应于法向入射角照明而产生两个不同立体角范围内的与来自样本114的光相关联的散射信号。在实施例中,如图1D中所说明,照明源110经配置以依法向入射角导引照明束112到样本114。因此,收集光128的第一部分128a可(但未必)与明场散射信号相关联且收集光128的第二部分128b可(但未必)与暗场散射信号相关联。

[0047] 大体上参考图1C及1D,检验工具102可经配置以提供与不同测量配置相关联的各种散射信号。例如,照明束调节组件120可包含用于将照明束112的偏振调整成任何选定偏振态的照明偏振器146。通过另一实例,收集束调节元件132可包含用于将收集光128的第一部分128a的偏振调整成任何选定偏振态的第一收集偏振器148及/或用于将收集光128的第二部分128b的偏振调整成任何选定偏振态的第二收集偏振器150。

[0048] 可同时或循序产生各种散射信号。例如,可同时收集与经配置有选定偏振态的收集光128的第一部分128a及第二部分128b相关联的散射信号。此外,可在修改检验工具102的配置(例如照明束112的波长、照明束112的偏振及/或收集光128的任何部分的偏振)之后循序产生额外散射信号。

[0049] 然而,应理解,图1B到1D及相关联描述仅供说明且不应被解译为限制。检验工具102可配置以提供适合于产生多个散射信号的任何配置。例如,检验工具102可包含适合于

产生散射信号(其包含任何数目个立体角范围内的收集光128)的任何数目个分光镜(例如反射镜136)、孔隙、屏蔽或其类似物。例如,检验工具可提供用于产生与三个或更多个立体角范围相关联的散射信号的三个或更多个通道。此外,检验工具102可经配置以基于任何数目个照明源来提供明场或暗场散射信号的任何组合。

[0050] 现参考图2,大体上描述缺陷深度与散射信号之间的关系。嵌入式缺陷的散射信号可大体上取决于例如(但不限于)缺陷深度、缺陷的组成、样本114的组成、入射光的偏振及收集光的偏振的各种因子。因此,可从散射信号的测量提取与嵌入式缺陷相关联的深度信息。此外,使用不同测量配置来测量散射信号可通过提供额外深度相依数据来增加深度确定的敏感性及可靠性。另外,可使用样本114的组成的先前知识及任何预期缺陷来基于散射信号来进一步确定缺陷深度。例如,可根据给定样本中不同深度处的不同缺陷组成来建模或实验分析散射行为以提供训练数据。接着,可使用训练数据来指导关注样本中缺陷的深度确定。

[0051] 图2是根据本发明的一或多个实施例的包含沉积于衬底206(例如硅或其类似物)上的氧化物材料202及氮化物材料204的交替层对的多层样本114及与不同深度处的嵌入式缺陷210(在此为二氧化硅球)相关联的模拟散射信号208a到e的侧视图。例如,在一组给定光学测量条件及沿X方向的斜角照明下,样本114的表面上的缺陷210a的散射位点可提供散射信号208a,6层深缺陷210b可提供散射信号208b,20层深缺陷210c可提供散射信号208c,34层深缺陷210d可提供散射信号208d,且48层深缺陷210e可提供散射信号208e。

[0052] 如图2中所说明,散射信号208a到e依可通过测量不同立体角(如相对于Z方向所测量)(例如图1C中所说明的收集光128的第一立体角范围及第二立体角范围或其类似物)的散射信号来捕获的方式随深度变化。例如,与表层缺陷210a相关联的散射信号208a展现低立体角的相对较高信号强度及较高立体角的逐渐减小信号强度。然而,与6层深缺陷210b相关联的散射信号208b展现随立体角更均匀分布的信号强度。此外,如由散射信号208c到208e所说明,散射强度随缺陷深度增大而逐渐减小且变得越来越集中于越来越高立体角处。提供不同立体角范围的离散射信号的检验工具102(例如图1C中所说明或其类似物)可基于比较分离立体角范围内所捕获的散射强度来区分不同深度处的粒子。

[0053] 另外,大体上参考散射信号208a到e,信号强度大体上相对于Z方向方位对称,但沿X轴变得越来越定向(例如正向散射及/或反向散射)。另外,对方位不对称敏感的检验工具102可基于比较不同方位角的散射强度来区分不同深度处的粒子。

[0054] 此外,尽管图2中未说明,但情况可为:散射光(例如收集光128)的偏振可依据缺陷深度而变化。因此,基于入射束(例如照明束112)及收集信号(例如收集光128)的偏振的不同组合来测量散射信号可用于区分不同深度处的粒子。例如,情况可(但不必)为:表面处或表面附近的缺陷210可散射保持入射光(例如照明束112)的偏振态的光,而深入表面下方的缺陷210可展现不同于入射光的偏振态处的增大功率。

[0055] 应理解,图2及相关联描述仅供说明且不应被解译为限制。例如,样本114可包含任何类型的样本,其包含(但不限于)具有嵌入样本体积内的缺陷210的固体样本、具有嵌入式缺陷210的厚膜或具有任何数目个膜层的多层膜堆叠。通过另一实例,样本114可包含具有任何组成的一或多个层且不限于为图2中所说明的氧化物或氮化物层。此外,嵌入式缺陷210可为任何类型的嵌入式缺陷,其包含(但不限于)相同于或不同于周围材料的组成的粒

子、裂缝或空隙。依据缺陷210的深度而变化的散射信号208的变体可相应变动。此外,图2中所说明的散射信号208a到e表示与特定测量配置相关联的模拟且并入一组非限制性假定。在此方面,图2的缺陷210及散射信号208a到e仅提供散射信号208可如何依据缺陷深度而变化的非限制性实例。

[0056] 图3是说明根据本发明的一或多个实施例的用于确定样本中缺陷的深度的方法300中所执行的步骤的流程图。申请人应注意,本文先前在检验系统100的上下文中所描述的实施例及启用技术应被解译为扩展到方法300。然而,还应注意,方法300不受限于检验系统100的架构。

[0057] 在实施例中,方法300包含步骤302:产生包含训练样本中已知深度处的已知缺陷的散射信号的训练数据。例如,训练数据可包含与样本(例如样本114)中各种深度处的代表性缺陷(例如缺陷210)相关联的散射信号。此外,样本的大小及组成及训练数据内的缺陷可经选择以匹配检验的预期条件。例如,样本的预期(例如设计)结构及组成通常已众所周知且在生产环境中严格受控。情况可为:预期缺陷的类型、结构及/或组成也已众所周知,使得训练数据可包含各种深度处的对应散射信号。然而,情况也可为:不是很理解给定过程的缺陷的类型、结构及/或组成。因此,训练数据可包含与各种缺陷相关联的散射信号,使得检验可用于分类缺陷及确定缺陷深度。

[0058] 可通过所属领域中已知的任何技术来产生训练数据。在实施例中,基于使用不同测量配置的一或多个训练样本的多个测量(例如散射信号)来产生训练数据。例如,可将表示待检验的关注样本的训练样本制造为具有已知深度处的选定缺陷。接着,可使用检验工具(例如检验工具102或其类似物)来检验训练样本以使用不同测量配置来产生与缺陷相关联的多个散射信号。在另一实施例中,基于一或多个训练样本的模拟来产生训练数据。例如,可产生表示待检验的关注样本的训练样本的模拟模式。此外,可模拟表示由用于检验关注样本的检验工具产生的散射信号的多个散射信号。可使用所属领域中已知的任何技术(例如(但不限于)严格耦合波分析(RCWA))来执行模拟。

[0059] 在另一实施例中,方法300包含步骤304:基于训练数据来识别散射信号与样本中的缺陷深度之间的关系。此外,步骤304可包含针对存在于训练数据中的多个缺陷类型、结构及/或组成来识别散射信号与样本中的缺陷深度之间的关系。

[0060] 在另一实施例中,方法300可包含步骤306:接收与检验工具的两个或更多个测量配置相关联的样本(例如关注样本)的两个或更多个散射信号。例如,检验工具(例如检验工具102)可使用照明束来照射测试样本且响应于照明束而产生基于从测试样本散射及/或反射的光的散射信号。此外,两个或更多个散射信号可对应于用于产生训练数据的测量配置。在此方面,训练数据可表示测试样本。

[0061] 如本文先前所描述,两个或更多个散射信号可与测量参数(例如(但不限于)照明束的波长、照明束的偏振、收集光的偏振及从样本收集光的立体角)的不同组合相关联。此外,可循序或同时收集两个或更多个散射信号。例如,图1C及1D中所说明的检验工具102可同时产生与不同立体角范围相关联的两个散射信号。也可产生具有照明束112的波长、照明束112的偏振或收集通道中收集光128的偏振的不同组合的额外扫描来提供任何数目个散射信号。

[0062] 在另一实施例中,方法300可包含步骤308:基于缺陷深度与散射信号之间的识别

关系(例如步骤304中所确定)及与样本相关联的两个或更多个散射信号(例如步骤306中所提供)来确定样本中缺陷的深度。

[0063] 可使用所属领域中已知的任何技术来产生基于训练数据的散射信号与样本中的缺陷深度之间的关系。在实施例中,可比较使用不同测量配置所产生的散射信号以确定可用于提取缺陷深度的一系列规则或模式。在此方面,步骤304可实施基于规则的分级,其中基于使用选定测量配置的散射信号来界定用于按深度范围分选缺陷的一系列分析步骤。例如,情况可为:第一组散射信号(与选定测量配置相关联)的比较可辨别表层缺陷与表面下缺陷,第二组散射信号可辨别第一深度范围内的缺陷(例如第一分级)与剩余深度范围内的缺陷(例如分级),等等。在此方面,可基于不同散射信号之间的一系列选定比较来辨别每一关注深度范围内的缺陷。

[0064] 现参考图4到7,根据本发明的一或多个实施例来大体上描述基于图2中所说明的多层样本114的缺陷深度按缺陷范围的基于规则分级。图4到7是与多个测量条件相关联的包含与样本114相关联的散射信号的训练数据图。因此,训练数据包含定位于五个位置处的缺陷的测量:样本114的表面上的缺陷210a、定位为6层深的缺陷210b、20层深的缺陷210c、34层深的缺陷210d及48层深的缺陷210e。因此,这五个位置(表面、6层深、20层深、34层深及48层深)可表示具有未知缺陷的额外关注样本的缺陷可按其分选五个不同深度分级。应理解,深度分级的数目及分布仅供说明且不应被解译为限制。

[0065] 图4到7可(但未必)表示使用检验工具(例如检验工具102)所产生的散射信号,所述检验工具具有用于产生三个不同立体角范围内的与从图2中所说明的样本114发出的光相关联的散射信号三个通道。在此方面,图4到7中所说明的各种散射信号可表示照明束112的波长、照明束112的偏振、收集光128的偏振及收集光128的立体角的不同组合。

[0066] 图4是根据本发明的一或多个实施例的包含分别使用第一测量条件及第二测量条件的与样本114相关联的散射信号的训练数据图400。沿Y轴标绘使用第一测量条件所测量的缺陷的强度值且沿X轴标绘使用第二条件所测量的缺陷的强度值。如由作图400所说明,易于辨别表面缺陷210a与嵌入式缺陷210b到e。例如,可界定分界线402来辨别表面缺陷210a与嵌入式缺陷210b到e。因此,可通过使用第一测量条件及第二测量条件产生散射信号且将落于分界线402上方的缺陷分级成表面缺陷来辨别关注样本上的表层缺陷与嵌入式缺陷。接着,可使用下文将界定的额外规则来分级嵌入式缺陷。

[0067] 图5是根据本发明的一或多个实施例的包含分别使用第三测量条件及第四测量条件的与样本114相关联的散射信号的训练数据图500。沿Y轴标绘使用第三测量条件所测量的缺陷的强度值且沿X轴标绘使用第四条件所测量的缺陷的强度值。如由作图500所说明,易于辨别6层深缺陷210b及20层深缺陷210c与34层深缺陷210d及48层深缺陷210e。例如,可界定分界线502来辨别区分嵌入6层或20层深处的缺陷210b到210c与嵌入34层或48层深处的缺陷210d到210e。因此,可通过使用第三测量条件及第四测量条件产生散射信号且基于分界线502分级缺陷来辨别嵌入约6层或20层深度处的关注样本上的缺陷与嵌入约34层或48层深度处的缺陷。接着,可使用下文将界定的额外规则来进一步细化缺陷深度。

[0068] 图6是根据本发明的一或多个实施例的包含分别使用第五测量条件及第六测量条件的与样本114相关联的散射信号的训练数据图600。沿Y轴标绘使用第五测量条件所测量的缺陷的强度值且沿X轴标绘使用第六条件所测量的缺陷的强度值。如由作图600所说明,

易于辨别6层深缺陷210b与20层深缺陷210c。例如,可界定分界线602来辨别嵌入6层深处的缺陷210b与嵌入20层深处的缺陷210c。因此,可通过使用第五测量条件及第六测量条件产生散射信号且基于分界线602分级缺陷来辨别嵌入约6层深度处的关注样本上的缺陷与嵌入约20层深度处的缺陷。接着,可使用下文将界定的额外规则来进一步细化剩余缺陷的缺陷深度。

[0069] 图7是根据本发明的一或多个实施例的包含分别使用第七测量条件及第八测量条件的与样本114相关联的散射信号的训练数据图700。沿Y轴标绘使用第七测量条件所测量的缺陷的强度值且沿X轴标绘使用第八条件所测量的缺陷的强度值。如由作图700所说明,易于辨别34层深缺陷210d与48层深缺陷210e。例如,可界定分界线702来辨别嵌入34层深处的缺陷210d与嵌入48层深处的缺陷210e。因此,可通过使用第七测量条件及第八测量条件产生散射信号且基于分界线702分级缺陷来辨别嵌入约34层深度处的关注样本上的缺陷与嵌入约48层深度处的缺陷。

[0070] 因此,可通过产生八个散射信号且基于基于训练数据所界定的上述规则循序比较各种散射信号来按深度范围分选关注样本上的缺陷的深度(例如分级)。此外,可循序或同时产生这些散射信号。例如,图1C及1D中所说明的检验工具102经配置以同时产生与不同立体角范围及偏振相关联的三个散射信号。因此,图1C及1D中所说明的检验工具102可在三次检验中产生高达九个散射信号。此外,应理解,图4到7及相关描述仅供说明且不应被解译为限制。可通过比较散射信号的任何组合来产生缺陷深度分级的规则。例如,尽管图4到7说明八个不同散射信号(例如与唯一测量条件1到8相关联)的比较,但缺陷深度分级的规则也可基于任何选定散射信号与两个或更多个额外散射信号的比较。在另一实施例中,可使用具有不同立体角范围及偏振的九个不同散射信号(例如由图1C及1D中所说明的检验工具102或其类似物产生)来产生缺陷深度分级的规则。另外,可使用经配置以使用立体角范围或偏振的任何组合来提供测量的检验工具102来产生缺陷深度分级的规则。此外,针对深度分级所导出的规则可根据关注样本的具体特性(例如层的数目及组成)及缺陷的类型及组成来变动。

[0071] 在另一实施例中,可通过多维图案辨识技术来确定缺陷深度。例如,可在训练阶段期间训练机器学习算法基于训练数据来确定缺陷深度与散射信号之间的关系。

[0072] 可使用所属领域中已知的任何分析技术(例如(但不限于)分类、分选、分群、离群值检测、信号响应度量、回归分析、基于例子的分析(例如最近邻分析或其类似物)、维度降低(例如因子分析、特征提取、主成分分析或其类似物)、监督式学习(例如人工神经网络、支持向量机、随机森林或其类似物)、半监督式学习(例如生成模型或其类似物)、无监督学习(例如向量量化或其类似物)、深度学习或贝氏(Bayesian)统计)来执行多维图案辨识。应理解,分析技术及任何相关联标签仅供说明且不希望为限制。

[0073] 此外,可在步骤308中由机器学习算法在检验阶段期间提供关注样本(例如测试样本)上的缺陷深度。例如,可将来自关注样本的散射信号提供到机器学习算法作为输入且可基于步骤302中所识别的缺陷深度与散射信号之间的关系来提供缺陷深度(缺陷值或分级)作为输出。

[0074] 在另一实施例中,方法300包含基于散射信号来分类缺陷。例如,方法300可包含提取嵌入式缺陷的一或多个特性,例如(但不限于)缺陷组成、大小、结构或类型(例如粒子、裂

缝、空隙或其类似物)。如本文先前所描述,训练数据可包含与多个缺陷(例如具有不同组成、大小、结构或类型的缺陷)相关联的散射信号。因此,可使用相同于或基本上类似于本文中关于深度确定所描述的技术的技术(例如(但不限于)基于规则的分类或多维图案分类技术)来确定缺陷特性。

[0075] 在另一实施例中,使用固定焦点高度处的样本来产生散射信号。在此方面,检验工具(例如检验工具102)中的样本可定位于相对于照明及/或收集光学器件(例如图1C及1D中的物镜134、图1B中的照明聚焦元件122及/或收集聚焦元件126或其类似物)的固定高度处。在此应认识到,在固定焦点高度处提供散射信号可促进准确及高效率产生扫描信号。例如,在扫描期间变动样本的焦点高度(例如使用检验工具102的样本台124)可能需要相对比固定焦点高度处的散射信号长的获取时间,其会负面影响处理量。特定来说,如果需要多个焦点高度处的散射信号,那么适合于表征跨样本的二维部分的缺陷的二维样本扫描(例如在图2的X-Y平面内)的样本获取时间会极其长。此外,获取多个焦点高度处的散射信号会带来负面影响散射信号的准确度的误差(例如样本台124的对位误差)。

[0076] 本文中所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供例示,且事实上可实施实现相同功能性的众多其它架构。就概念而言,用于实现相同功能性的组件的任何布置经有效“相关联”以实现所要功能性。因此,不管架构或中间组件如何,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”以实现所要功能性。同样地,如此相关联的任何两个组件也可被视为彼此“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也可被视为彼此“可耦合”以实现所要功能性。“可耦合”的具体实例包含(但不限于)可物理互动及/或物理互动组件及/或可无线互动及/或无线互动组件及/或可逻辑互动及/或逻辑互动组件。

[0077] 据信,可通过以上描述来理解本发明及众多其伴随优点,且应明白,可在不背离所揭示标的物或不牺牲其所有材料优点的情况下对组件的形式、构造及布置作出各种改变。所描述的形式仅供说明,且以下权利要求书希望涵盖及包含此类改变。此外,应理解,本发明由随附权利要求书界定。

100

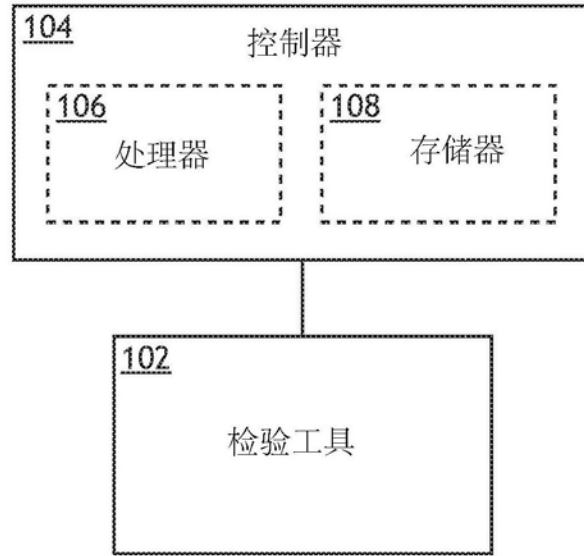


图1A

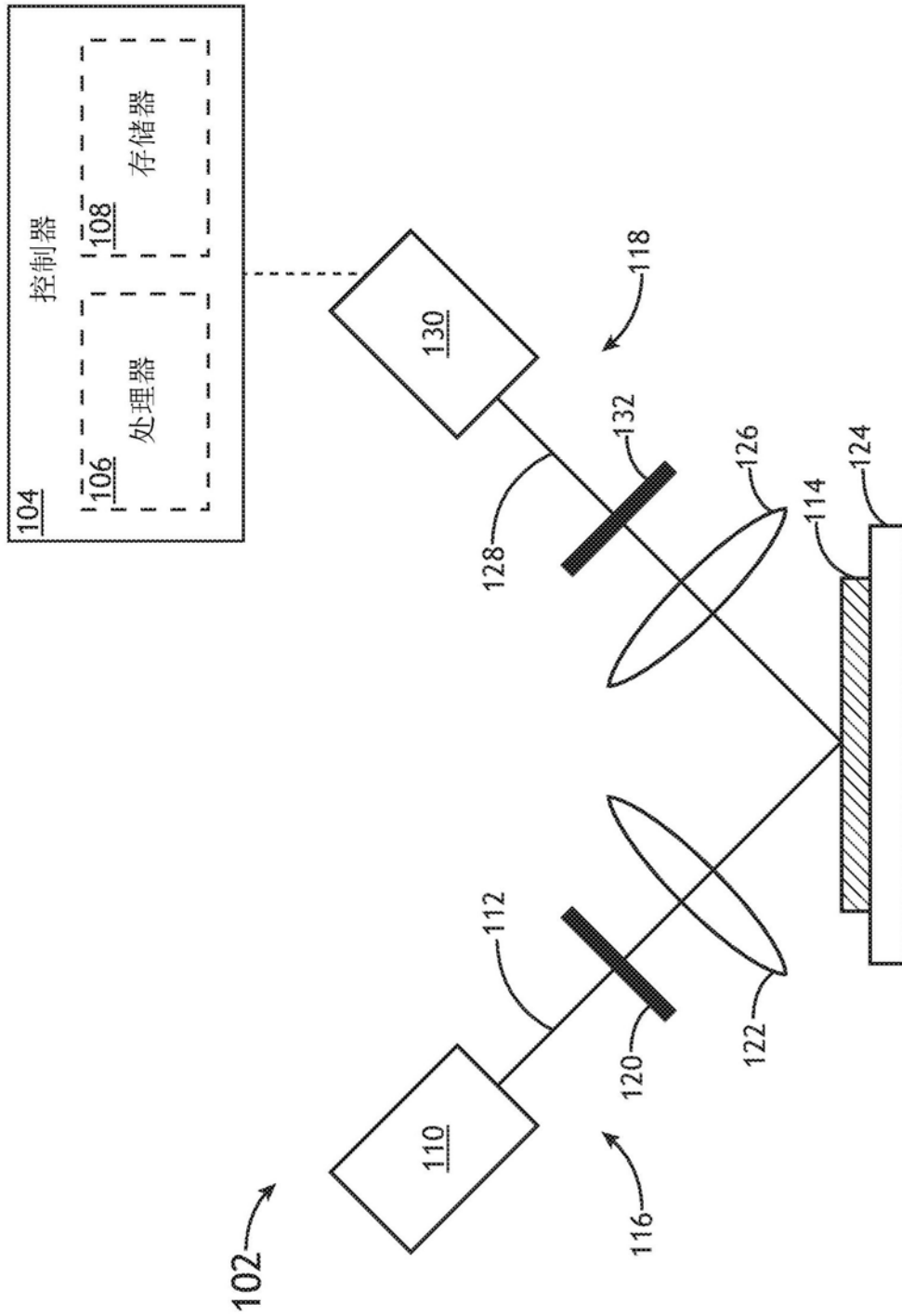


图1B

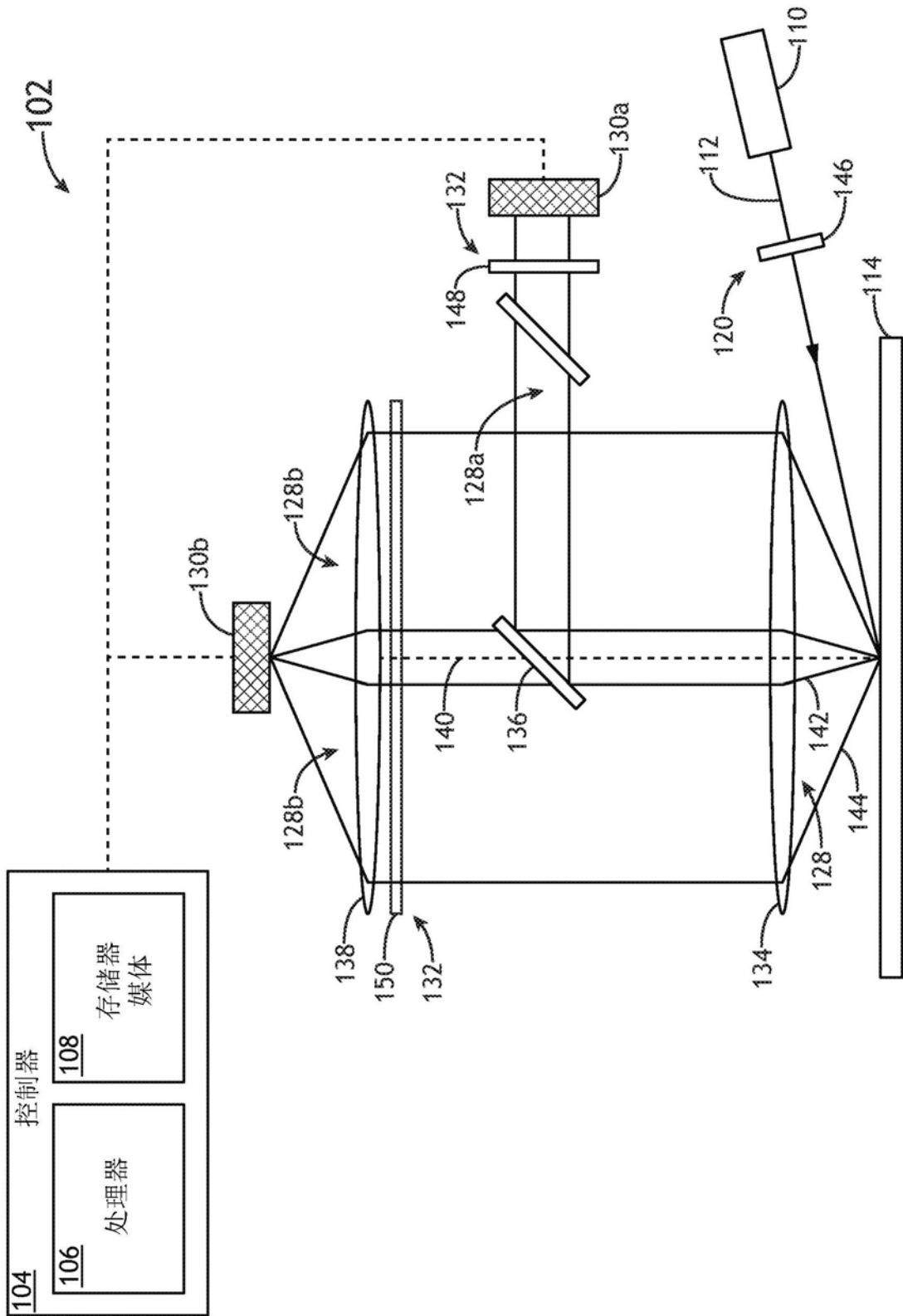


图1C

102

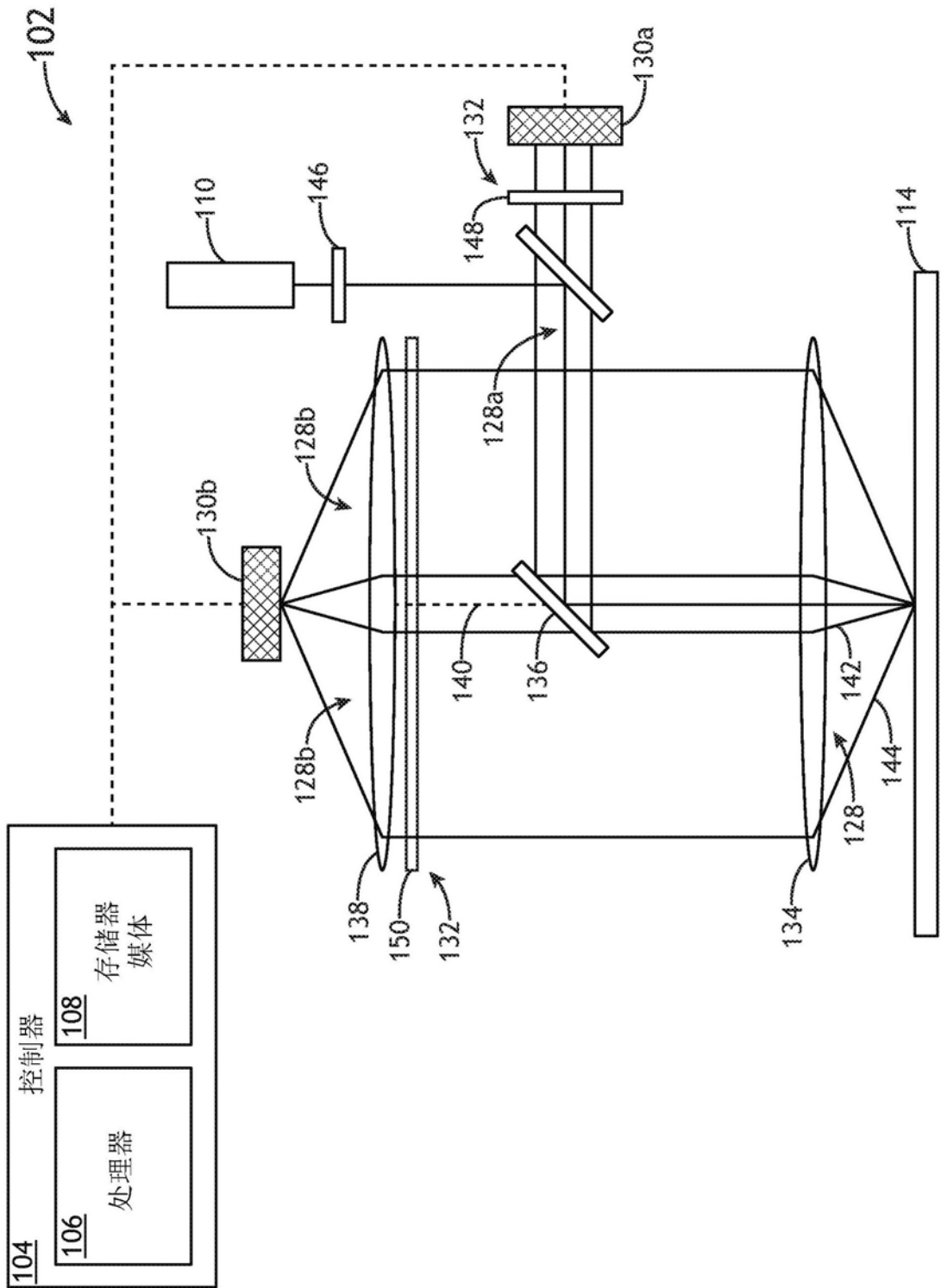


图1D

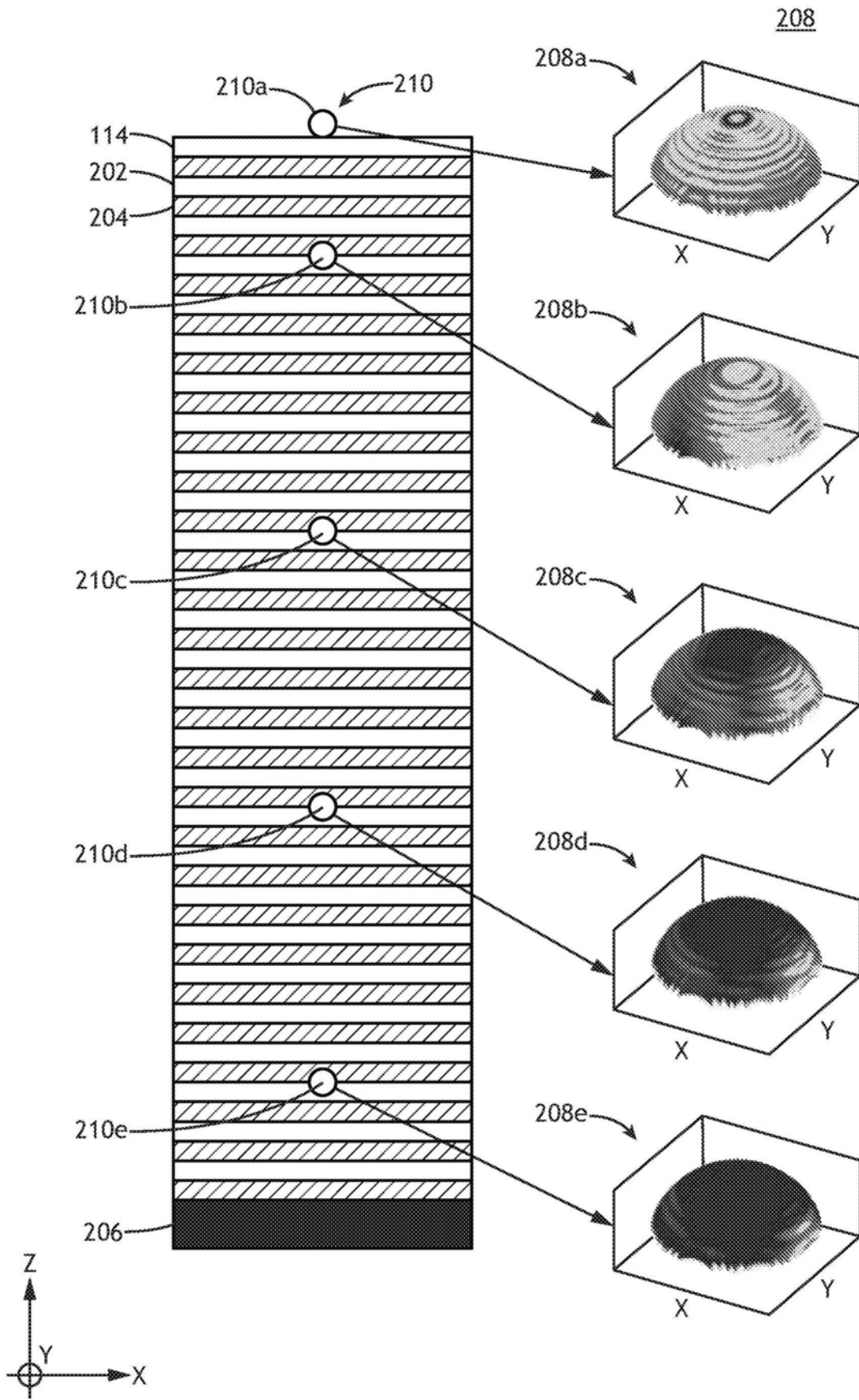


图2

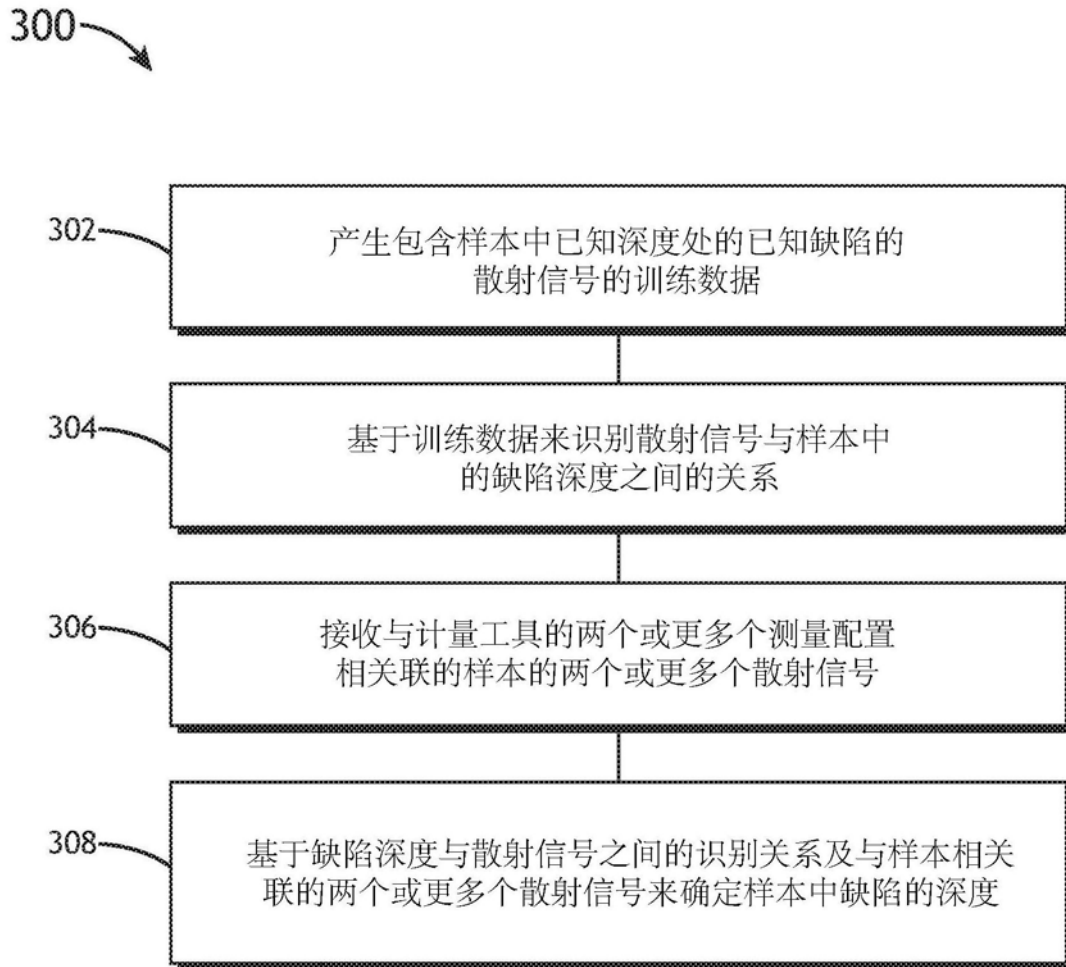


图3

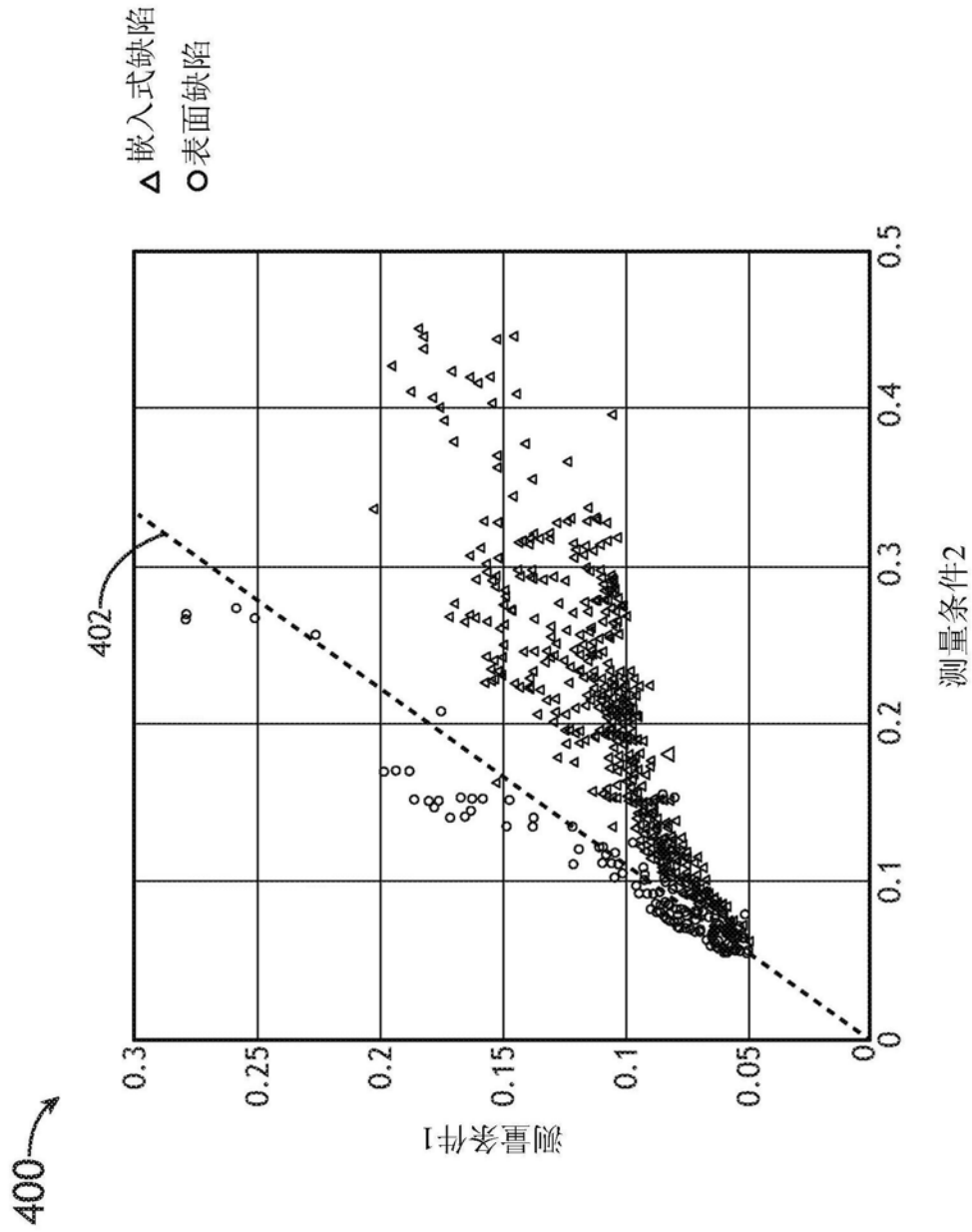


图4

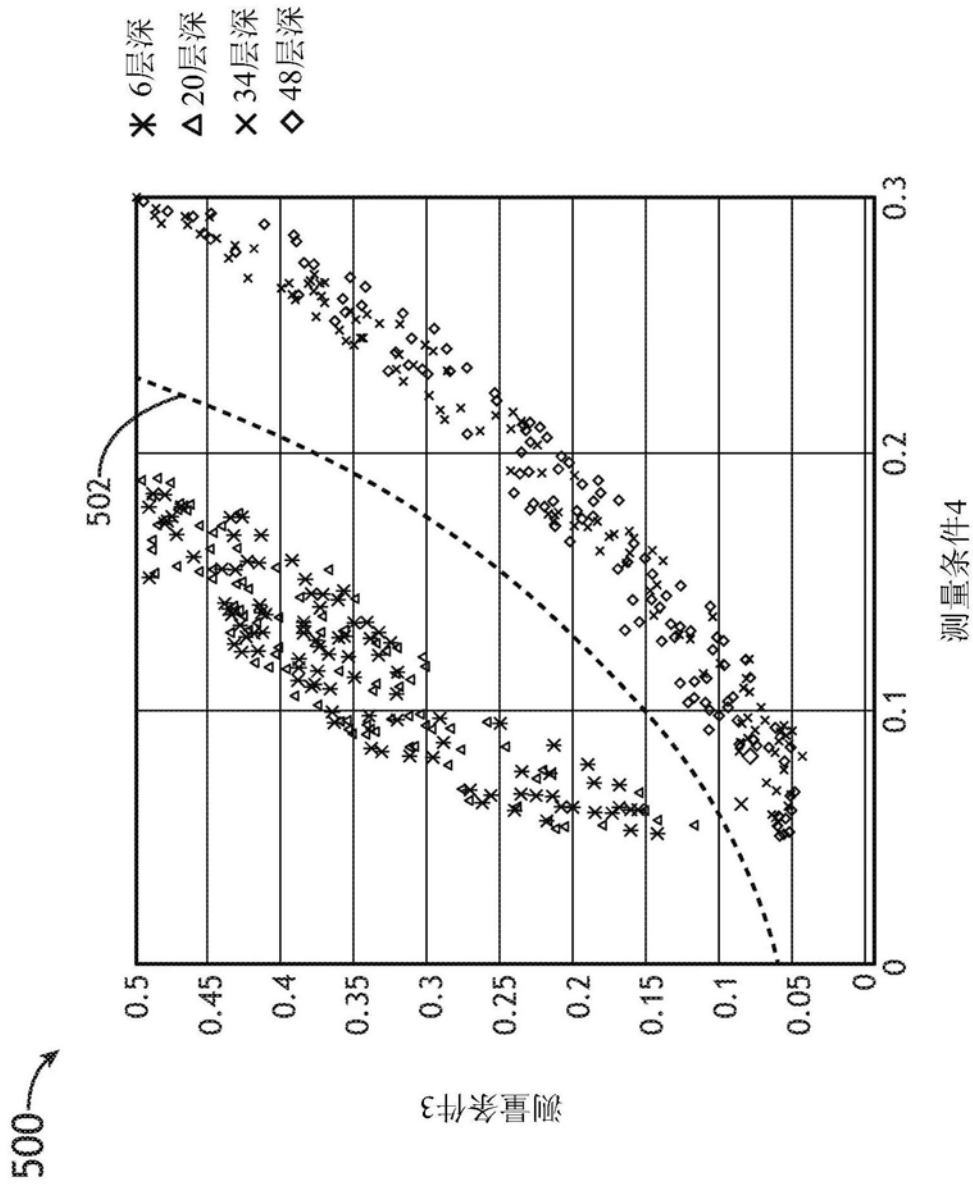


图5

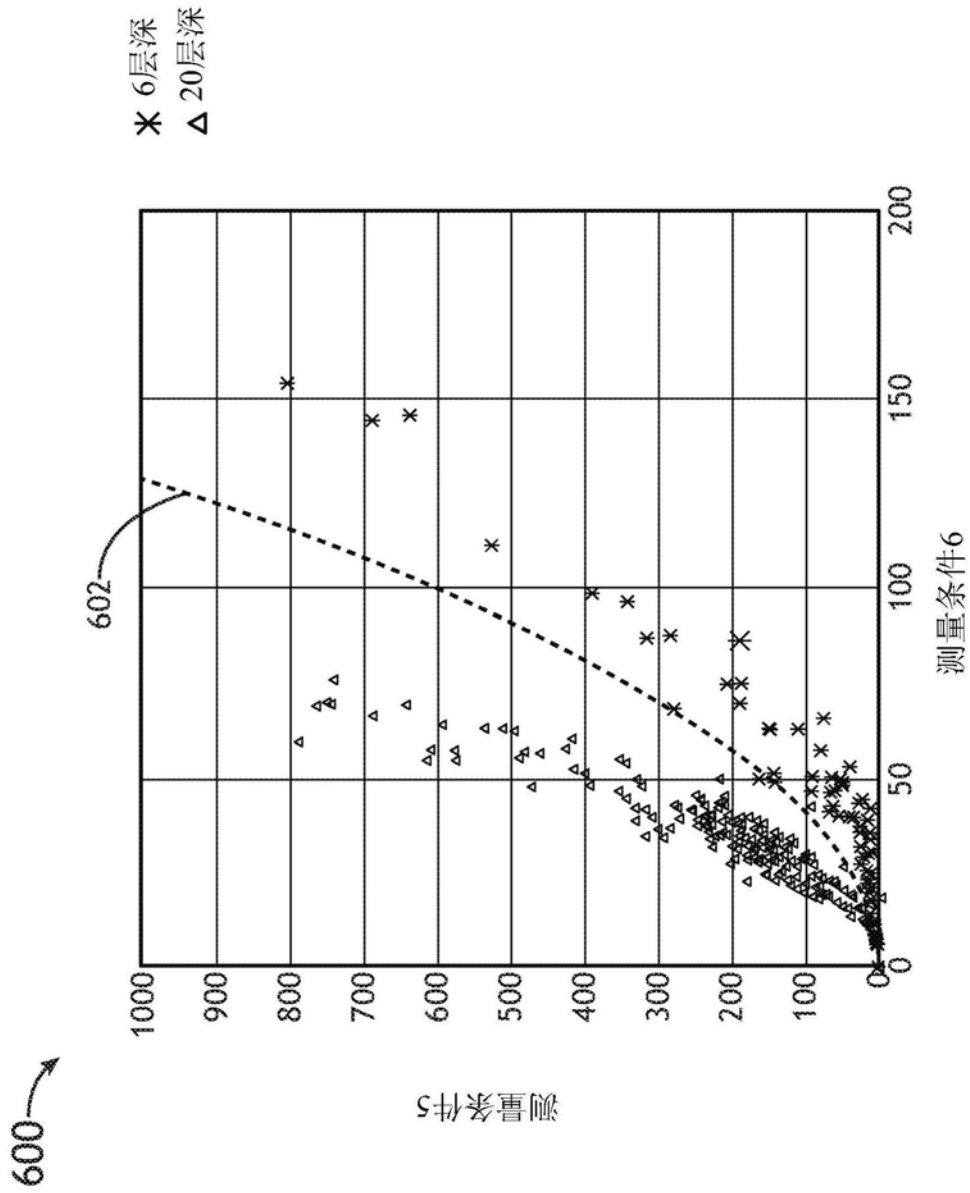


图6

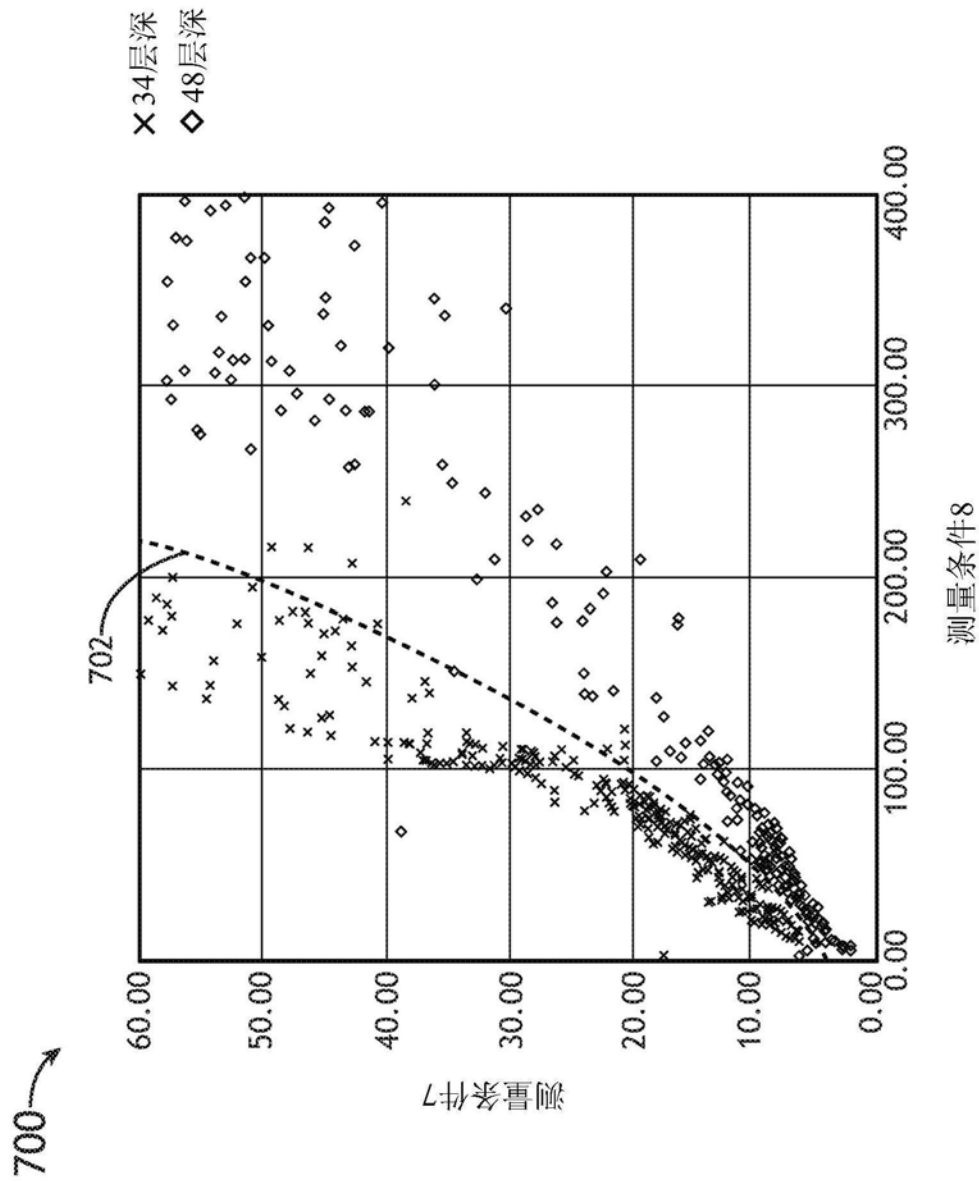


图7