



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107580710 B

(45)授权公告日 2019.05.14

(21)申请号 201680013835.8

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

(22)申请日 2016.03.15

代理人 张世俊

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107580710 A

(51)Int.Cl.

G06K 9/62(2006.01)

(43)申请公布日 2018.01.12

G06T 5/50(2006.01)

(30)优先权数据

G06T 7/00(2017.01)

62/133,959 2015.03.16 US

G06T 7/90(2017.01)

15/068,320 2016.03.11 US

H04N 5/225(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H04N 9/07(2006.01)

2017.09.05

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据

CN 102292805 A, 2011.12.21,

PCT/US2016/022497 2016.03.15

CN 101346623 A, 2009.01.14,

(87)PCT国际申请的公布数据

US 2007121106 A1, 2007.05.31,

W02016/149285 EN 2016.09.22

US 2013216129 A1, 2013.08.22,

(73)专利权人 科磊股份有限公司

US 2013271596 A1, 2013.10.17,

地址 美国加利福尼亚州

EP 1494017 A1, 2005.01.05,

审查员 徐淑娴

(72)发明人 李诗芳 温友贤 S·施维塔拉

权利要求书3页 说明书8页 附图12页

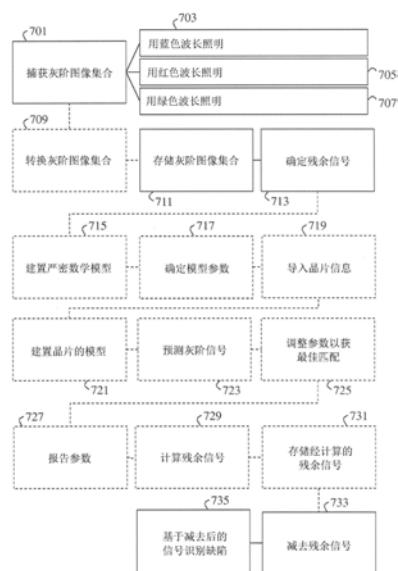
P·阿吉 L·尼古拉德斯

(54)发明名称

用于增强检验工具的检验灵敏度的系统及方法

(57)摘要

本发明揭示用于增强使用检验工具检测晶片中的缺陷的检验灵敏度的系统及方法。多个发光二极管照明晶片的至少一部分且获取灰阶图像集合。在所述灰阶图像集合的每一图像中确定残余信号且从所述灰阶图像集合的每一图像减去所述残余信号。基于所述减去后的灰阶图像集识别缺陷。在所揭示系统及方法的一些实施例中可建置及精制检验工具及晶片的模型。



1. 一种用检验工具识别晶片中的缺陷的方法,所述方法包括:

使用所述检验工具的电子图像捕获装置通过以下步骤来捕获所述晶片的灰阶图像集合:

用蓝色波长光照明所述晶片的至少一部分且捕获第一灰阶图像;

用红色波长光照明所述晶片的至少一部分且捕获第二灰阶图像;及

用绿色波长光照明所述晶片的至少一部分且捕获第三灰阶图像;

将所述灰阶图像集合存储到计算机可读存储器中;

使用与所述计算机可读存储器通信的处理器基于所述灰阶图像集合中的所述图像的组合确定所述灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号;

使用所述处理器从所述灰阶图像集合的每一图像减去所述灰阶图像集合的每一图像的所述残余信号;及

使用所述处理器基于所述减去后的灰阶图像集合识别所述晶片中的缺陷;

其中确定所述灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号的所述步骤包括:

使用处理器建置使用所述检验工具的缺陷检测的严密数学模型;

使用所述处理器基于已知标准灰阶图像集合确定一或多个模型参数;

使用所述处理器运用所述一或多个模型参数建置所述晶片的模型,所述模型基于设计值或先前测量值;

通过使用所述晶片的所述模型及所述严密数学模型来预测灰阶信号;

调整所述晶片的所述模型的一或多个参数直到找到所述经预测灰阶信号与来自所述晶片的经测量灰阶信号之间的最佳匹配;

使用所述处理器报告对应于最佳匹配模型的所述一或多个参数作为经测量样本参数;

使用所述处理器基于所述经预测灰阶与所述晶片上的所述经测量灰阶之间的差异来计算残余信号;及

将所述经计算的残余信号存储于计算机可读存储器中以用于未来缺陷检测。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中捕获所述晶片的所述灰阶图像集合进一步包括:用蓝色、红色或绿色波长光的组合照明所述晶片的至少一部分且捕获一或多个额外灰阶图像。

3. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:使用模/数转换器转换由所述图像捕获装置捕获的所述灰阶图像集合。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述已知标准灰阶图像集合是VLSI薄膜标准图像集合。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中待测量的变量是模型参数。

6. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括将晶片信息导入到所述计算机可读存储器中,其中计算所述灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号的所述步骤是进一步基于所述经导入的晶片信息。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述晶片信息呈GDSII格式。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中可通过所述处理器自动导入所述晶片信息。

9. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:

在已修改晶片之后使用所述检验工具的所述电子图像捕获装置捕获所述晶片的额外

灰阶图像集合；

使用与所述计算机可读存储器通信的所述处理器基于所述额外灰阶图像集合中的所述图像的组合来确定所述额外灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号；

使用所述处理器从所述额外灰阶图像集合中的每一图像减去所述额外灰阶图像集合中的每一图像的所述残余信号；及

使用所述处理器基于所述灰阶图像集合之间的差异识别所述晶片中的缺陷。

10. 一种经增强的检验工具系统, 其包括:

控制处理器;

电子图像捕获装置, 其与所述控制处理器进行电子通信;

多个发光二极管, 每一发光二极管经配置以发射不同波长的光, 所述多个发光二极管与所述控制处理器进行电子通信;

计算机可读存储器, 其与所述图像捕获装置进行电子通信;

分析处理器, 其与所述计算机可读存储器进行电子通信;

其中所述控制处理器经配置以:

指示所述多个发光二极管用蓝色波长光照明晶片的至少一部分且捕获第一灰阶图像;

指示所述多个发光二极管用红色波长光照明所述晶片的至少一部分且捕获第二灰阶图像; 及

指示所述多个发光二极管用绿色波长光照明所述晶片的至少一部分且捕获第三灰阶图像;

指示所述电子图像捕获装置捕获晶片的灰阶图像集合, 在通过所述多个发光二极管照明所述晶片的至少一部分时捕获所述集合的每一图像; 及

将所述灰阶图像集合存储到所述计算机可读存储器中; 且

其中所述分析处理器经配置以:

基于从所述计算机可读存储器检索的所述灰阶图像集合中的所述图像的组合来确定所述灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号;

从所述灰阶图像集合的每一图像减去所述灰阶图像集合的每一图像的所述残余信号; 及

基于所述减去后的灰阶图像集合识别所述晶片中的缺陷;

其中所述分析处理器通过以下步骤来确定所述灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号:

使用所述分析处理器建置使用所述检验工具的缺陷检测的严密数学模型;

使用所述分析处理器基于已知标准灰阶图像集合确定一或多个模型参数;

使用所述分析处理器运用所述一或多个模型参数建置所述晶片的模型, 所述模型基于设计值或先前测量值;

通过使用所述晶片的所述模型及所述严密数学模型来预测灰阶信号;

调整所述晶片的所述模型的一或多个参数直到找到所述经预测灰阶信号与来自所述晶片的经测量灰阶信号之间的最佳匹配;

使用所述分析处理器报告对应于最佳匹配模型的所述一或多个参数作为经测量样本参数;

使用所述分析处理器基于所述经预测灰阶与所述晶片上的所述经测量灰阶之间的差异来计算残余信号；及

将所述经计算的残余信号存储于所述计算机可读存储器中以用于未来缺陷检测。

11. 根据权利要求10所述的系统，其中所述控制处理器进一步经配置以指示所述多个发光二极管用蓝色、红色及绿色波长光的组合照明所述晶片的至少一部分且在所述经组合光下捕获额外灰阶图像。

12. 根据权利要求10所述的系统，其进一步包括经配置以转换所述灰阶图像集合以存储于所述计算机可读存储器中的模/数转换器。

13. 根据权利要求10所述的系统，其中所述分析处理器进一步经配置以从所述计算机可读存储器导入晶片信息且基于所述经导入的晶片信息确定所述灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号。

14. 根据权利要求13所述的系统，其中所述晶片信息呈GDSII格式。

15. 根据权利要求10所述的系统，其中所述控制处理器进一步经配置以在已修改晶片之后指示所述电子图像捕获装置捕获所述晶片的额外灰阶图像集合；且其中所述分析处理器进一步经配置以：

基于所述额外灰阶图像集合中的所述图像的组合来确定所述额外灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号；

从所述额外灰阶图像集合中的每一图像减去所述额外灰阶图像集合中的每一图像的所述残余信号；及

基于所述灰阶图像集合之间的差异识别所述晶片中的缺陷。

用于增强检验工具的检验灵敏度的系统及方法

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案主张2015年3月16日申请的现处于待决中的第62/133,959号美国临时申请案的优先权,所述申请案的揭示内容以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于增强检验工具(例如计量工具)的检验灵敏度的系统及方法。

背景技术

[0004] 晶片检验系统帮助半导体制造者提高及维持集成电路(IC)芯片合格率。IC产业采用检验系统以检测在制造过程期间出现的缺陷。其主要目的是监测过程是否处于控制之下。如果过程是在所建立规范的范围外,那么系统应指示问题及/或问题的起源,IC制造过程的管理者能修复所述问题。一些重要检验系统特性是缺陷检测灵敏度及晶片产量。灵敏度及产量经耦合使得较大灵敏度通常意味较低产量。对于此关系存在物理原因及经济原因两者。

[0005] 灵敏度及产量的相对值取决于检验系统的功能。对于这些系统存在三种一般功能要求:第一,在过程开发中检测缺陷及对缺陷进行分类;第二,监测加工线;及第三,监测作业站。在过程开发中,人们可容忍低产量以捕获较小缺陷及较大范围的缺陷类型。然而,在监测生产线或作业站时,拥有成本及因此产量变得相对较重要。当然,在此情况下,灵敏度必须足以捕获限制合格率的缺陷。

[0006] 半导体制造业的演变对于合格率管理且特定来说对于计量及检验系统寄予更高要求。在晶片大小增加时临界尺寸缩小。经济学驱动产业减少用于实现高合格率、高价值生产的时间。因此,使从检测出合格率问题到修复所述问题的总时间最小化决定对半导体制造者的投资回报。

[0007] 因此,检验系统正从仅找到缺陷的独立“工具”演变为其中检测缺陷、对缺陷进行分类、分析这些结果及推荐校正动作是其功能的更完整解决方案的一部分。

[0008] 现有系统及方法已用于半导体晶片的自动缺陷检验。然而,现有技术系统及方法的检验参数在高产量环境中相当受限。举例来说,参数(例如涂覆膜厚度或整个晶片上的过程均匀性)是耗时的且计算方面代价昂贵。

[0009] 本发明系统捕获半导体晶片在红色、绿色及蓝色LED照明的所有可能组合下的灰阶图像。所述灰阶图像当前用于对半导体晶片的自动缺陷检测,或用于检测晶片与晶片之间的过程变化(G视图)。

发明内容

[0010] 本发明的一个实施例是一种用检验工具识别晶片中的缺陷的方法。所述方法包括通过使用所述检验工具的电子图像捕获装置来捕获所述晶片的灰阶图像集合的步骤。可通过以下步骤来捕获所述灰阶图像集合:用蓝色波长光照明所述晶片的至少一部分且捕获第

一灰阶图像；用红色波长光照明所述晶片的至少一部分且捕获第二灰阶图像；及用绿色波长光照明所述晶片的至少一部分且捕获第三灰阶图像。在一个实施例中，所述方法可进一步包括用蓝色、红色或绿色波长光的组合照明所述晶片的至少一部分且捕获一或多个额外灰阶图像。

[0011] 所述方法可进一步包括将所述灰阶图像集合存储到计算机可读存储器中。

[0012] 所述方法可进一步包括使用与所述计算机可读存储器通信的处理器基于所述灰阶图像集合中的所述图像的组合来确定所述灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号。可通过以下步骤来确定所述残余信号：使用所述处理器建置使用所述检验工具的缺陷检测的严密数学模型；使用所述处理器基于已知标准灰阶图像集合（例如VLSI薄膜标准图像集合）确定一或多个模型参数；使用处理器运用所述一或多个模型参数建置晶片的模型，所述模型基于设计值或先前测量值（例如模型参数）；通过使用所述晶片的模型及所述严密数学模型来预测灰阶信号；调整所述晶片的模型的一或多个参数直到找到所述经预测灰阶信号与来自晶片的经测量灰阶信号之间的最佳匹配；使用所述处理器报告对应于最佳匹配模型的所述一或多个参数作为经测量样本参数；使用所述处理器基于经预测灰阶与晶片上的经测量灰阶之间的差异来计算残余信号；及将所述经计算的残余信号存储于计算机可读存储器中以用于未来缺陷检测。

[0013] 所述方法可进一步包括使用所述处理器从所述灰阶图像集合的每一图像减去所述灰阶图像集合的每一图像的残余信号。

[0014] 所述方法可进一步包括使用所述处理器基于所述减去后的灰阶图像集识别所述晶片中的缺陷。

[0015] 所述方法可进一步包括使用模/数转换器转换通过所述图像捕获装置捕获的灰阶图像集合。

[0016] 所述方法可进一步包括将晶片信息导入到计算机可读存储器中，其中计算所述灰阶图像集合的图像中的每一者中的残余信号的步骤是进一步基于所述经导入的晶片信息。所述晶片信息可呈GDSII格式。还可通过所述处理器自动导入所述晶片信息。

[0017] 所述方法可进一步包括：在已修改晶片之后使用所述检验工具的电子图像捕获装置捕获所述晶片的额外灰阶图像集合；使用与所述计算机可读存储器通信的处理器基于所述额外灰阶图像集合中的图像的组合来确定所述额外灰阶图像集合的图像中的每一者中的残余信号；使用所述处理器从所述额外灰阶图像集合中的每一图像减去所述额外灰阶图像集合中的每一图像的所述残余信号；及使用所述处理器基于所述灰阶图像集合之间的差异识别所述晶片中的缺陷。

[0018] 本发明的一个实施例可描述为一种经增强的检验工具系统。所述系统可包括控制处理器及与所述控制处理器进行电子通信的电子图像捕获装置。所述系统可进一步包括多个发光二极管，每一发光二极管经配置以发射不同波长的光。所述多个发光二极管可与所述控制处理器进行电子通信。

[0019] 所述系统可进一步包括与图像捕获装置进行电子通信的计算机可读存储器及与所述计算机可读存储器进行电子通信的分析处理器。在一个实施例中，所述系统可进一步包括经配置以转换灰阶图像集合以存储于所述计算机可读存储器中的模/数转换器。

[0020] 所述控制处理器可经配置以指示所述多个发光二极管用蓝色、红色及绿色波长光

照明晶片的至少一部分且捕获第一、第二及第三灰阶图像。

[0021] 所述控制处理器还可经配置以指示电子图像捕获装置捕获晶片的灰阶图像集合。可在通过所述多个发光二极管照明所述晶片的至少一部分时捕获所述集合的每一图像。所述控制处理器还可经配置以将所述灰阶图像集合存储到计算机可读存储器中。所述控制处理器可进一步经配置以指示所述多个发光二极管用蓝色、红色及绿色波长光的组合照明晶片的至少一部分且在所述组合光下捕获额外灰阶图像。

[0022] 所述分析处理器可经配置以基于从计算机可读存储器检索的灰阶图像集合中的图像的组合来确定所述灰阶图像集合的图像中的每一者中的残余信号。所述分析处理器可通过以下步骤来确定灰阶图像集合的图像中的每一者中的残余信号：使用所述分析处理器建置使用所述检验工具的缺陷检测的严密数学模型；使用所述分析处理器基于已知标准灰阶图像集合确定一或多个模型参数；使用所述分析处理器运用所述一或多个模型参数建置晶片的模型，所述模型基于设计值或先前测量值；通过使用所述晶片的模型及所述严密数学模型来预测灰阶信号；调整所述晶片的模型的一或多个参数直到找到所述经预测灰阶信号与来自所述晶片的经测量灰阶信号之间的最佳匹配；使用所述分析处理器报告对应于最佳匹配模型的所述一或多个参数作为经测量样本参数；使用所述分析处理器基于经预测灰阶与晶片上的经测量灰阶之间的差异来计算残余信号；及将所述经计算的残余信号存储于计算机可读存储器中以用于未来缺陷检测。

[0023] 所述分析处理器可进一步经配置以从灰阶图像集合的每一图像减去所述灰阶图像集合的每一图像的残余信号且基于所述减去后的灰阶图像集识别所述晶片中的缺陷。所述分析处理器可进一步经配置以从计算机可读存储器导入晶片信息且进一步基于所述经导入的晶片信息确定灰阶图像集合的图像中的每一者中的残余信号。所述晶片信息可呈GDSII格式。

[0024] 所述控制处理器可进一步经配置以在已修改晶片之后指示电子图像捕获装置捕获所述晶片的额外灰阶图像集合。在此实施例中，所述分析处理器可进一步经配置以：基于所述额外灰阶图像集合中的图像的组合来确定所述额外灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号；从所述额外灰阶图像集合中的每一图像减去所述额外灰阶图像集合中的每一图像的所述残余信号；及基于所述灰阶图像集合之间的差异识别所述晶片中的缺陷。

附图说明

[0025] 为更充分理解本发明的性质及目的，应结合所附图式参考以下详细描述，其中：

[0026] 图1是说明使用本发明的系统或方法检测晶片上的缺陷的图式；

[0027] 图2是说明使用本发明的系统或方法检测晶片与晶片之间的过程漂移的图式；

[0028] 图3a到3c是使用本发明的系统或方法的半导体晶片的用红光照明(图3a)、用绿光照明(图3b)及用蓝光照明(图3c)的示范性灰阶图像；

[0029] 图4a是展示如使用本发明的系统或方法测量的厚度的晶片图的图式；

[0030] 图4b是展示比较图4a及4c中捕获的数据的图式；

[0031] 图4c是展示如使用计量工具测量的厚度的晶片图的图式；

[0032] 图5a到c是展示在使用本发明的系统或方法移除来自厚度变化的信号之后的红

光、绿光及蓝光通道的残余信号的图式；

[0033] 图6是本发明的系统或方法中所使用的示范性成像装置；及

[0034] 图7是说明本发明的示范性实施例的流程图。

具体实施方式

[0035] 尽管将依据某些实施例描述所主张的主题，但其它实施例（包含并未提供本文中所阐释的所有益处及特征的实施例）也在本发明的范围内。可在不脱离本发明的范围的情况下作出各种结构、逻辑、过程步骤及电子变化。

[0036] 本文中所揭示的系统及方法的实施例实现定量监测样本参数及提供改进的检验能力。系统每波长产生晶片上每点的更可靠及可测量的量。这增加可能的应用且改进结果。从检验工具提取样本参数能辅助检测过程参数漂移，这将使半导体制造者能够采取预防性或校正动作。

[0037] 如本文中所使用，术语“晶片”一般指由半导体或非半导体材料形成的衬底。此半导体或非半导体材料的实例包含（但不限于）：单晶硅、砷化镓、磷化铟、蓝宝石及玻璃。通常可在半导体制造设施中找到及/或处理此类衬底。

[0038] 晶片可包含形成于衬底上的一或多个层。例如，此类层可包含（但不限于）：光致抗蚀剂、电介质材料、导电材料及半导体材料。所属领域中已知许多不同类型的此类层，且如本文中所使用的术语晶片希望涵盖包含所有类型的此类层的晶片。

[0039] 形成于晶片上的一或多个层可经图案化或未经图案化。例如，晶片可包含多个裸片，每一裸片具有可重复图案化特征或周期性结构。形成及处理此类材料层最终可得到完成的装置。许多不同类型的装置可形成于晶片上，且如本文中所使用的术语晶片希望涵盖其上制造所属领域中已知的任何类型的装置的晶片。

[0040] 所揭示系统及方法的实施例以数学上严密方式从现有数据提取信息。在一个实施例中，用预定照明光源（即，红色、绿色及蓝色LED的任何组合）、经由扫描过晶片的一部分或整个晶片区域来获得来自图6中的系统的明场通道603的灰阶信号。使用先前数据分析校准图6中的系统。可通过在所述系统扫描具有已知表面结构（例如VLSI薄膜标准）的一或多个晶片时分析灰阶信号来执行校准过程。此校准过程找到用于图6中的系统的严密数学模型的所有参数。在对受测试晶片进行数据分析期间，除了严密模型化晶片上的结构之外，还使用具有来自所述校准过程的预定参数的模型。图6的经严密模型化的样本及系统的结果是经预测灰阶信号。接着通过系统比较所述经预测灰阶信号与经测量灰阶信号。通过调整受测试样本的参数（例如膜的厚度、材料的光学常数及/或一些图案化特征的临界尺寸（CD））来获得经预测信号与经测量信号之间的最佳匹配。报告给出所述最佳匹配的参数作为测量结果。

[0041] 在一个实施例中，将严密模型化方法应用于例如图6中所展示的自动光学检验装置。由于所述方法改进检验系统的性能，灰阶信号（如图3a到3c中所说明）变得越来越精确。通过严密分析或模型化灰阶数据，本发明的实施例可使用来自所述光学检验装置的灰阶数据测量样本参数（例如薄膜堆叠的厚度）。图4a展示如使用本发明的系统及方法经由本文中所描述的校准及数据分析过程确定的半导体晶片的厚度。图4c展示如通过准确度已良好建立但耗时的计量工具确定的同一半导体晶片的厚度。图4b通过在对角线上绘制来自方法中

的两种的结果来说明当前揭示的系统及方法相较于计量工具的准确度。为清楚起见,在图4b中将其间的差异绘制为正方形。

[0042] 在另一实施例中,可通过将严密模型化方法应用于原始灰阶成像而增加缺陷检测灵敏度。在一个实例中,可捕获示范性明场RGB灰阶图像(例如图3a到c中的图像)。RGB灰阶图像可为通过红光、绿光或蓝光照明的晶片或所述晶片的一部分的灰阶图像集合。所述集合中的每一图像可对应于在不同色彩光下捕获的图像。跨经成像晶片的灰阶变化的主要分量部分归因于晶片中的膜厚度变化。在以数学方式移除由膜厚度变化引起的信号之后,可找到残余信号,如图5a到c中所展示。

[0043] 例如,在图5a到c内展示三个主要数据分量:(a)在半径范围110到150mm之间、尤其在左上角范围中的环内的异常特征是过程非均匀性,其引起膜的光学性质表现不同于正常值;(b)环型及水平条带型特征是示范性实施例中的已知硬件限制;及(c)在移除(b)中所描述的硬件标志之后,图像显露出在子数字化计数中具有弱信号的缺陷。因而,系统的缺陷检测灵敏度将在移除主要厚度变化分量之后得以改进。

[0044] 在另一实施例中,可通过在晶片加工期间收集及分析在同一晶片上但在不同时间获得的多个灰阶图像集合来扩展本发明的能力。例如,可在每一膜层沉积过程之后捕获一个灰阶图像集合。在一个实施例中可在预光刻层、ARC层及光致抗蚀剂层之后获得灰阶图像集合。可在显影图案之后获得另一灰阶图像集合。当一起分析所有灰阶图像集合时,可测量所有膜的厚度及经图案化结构的CD值。此外,在从原始RGB灰阶图像集合移除归因于膜厚度及CD变化的主要信号分量之后,可在所有过程步骤以较高灵敏度检测过程变化及小缺陷。

[0045] 在另一实施例中,可将膜堆叠及/或经图案化结构信息导入严密分析中。例如,可从GDSII文件或其它合适类型的文件导入所关注位置处的堆叠及/或经图案化结构信息。可自动或手动导入所述信息。膜堆叠及/或经图案化结构对光入射、入射角及方位角、数值孔径、波长、偏光等可具有不同响应。裸片或场内、晶片内及晶片之间的那些独有膜堆叠及/或经图案化结构的变化可反映晶片制造过程中的变化。可通过应用算法(例如智能图像分析)及/或严密模型化系统来检测此类变化且使所述变化分离及/或解耦合。例如,在减去经由图3a到c的厚度变化引起的灰阶变化的主要分量之后,可确定残余灰阶变化,如图5a到c中所展示。图5a中的外环展示高残余且可经识别,这是因为在晶片加工期间膜光学性质不同于其它区域。这可为过程工具缺陷,其引起材料性质变化且在未移除厚度变化造成的主要灰阶变化的情况下将不会被检测到。可应用相同算法找到与过程或过程工具有关的更多类型的缺陷。

[0046] 图6是用于捕获晶片的灰阶图像的一种类型的硬件的图式。图6说明晶片检验系统的实施例,其中期望遍及照明光谱的最大灵活性。图6中所展示的晶片检验系统包含晶片600、物镜、转座、明场照明器607、照明中继光学器件609、自动聚焦单元611、分束器、镜筒透镜、复查相机601及暗场照明器613。为实现空间分离,检测器603及605的视野必须在不重叠的情况下拟合于物镜的视野内。使用线扫描CCD或TDI(时延积分)CCD传感器促成此目标,这是因为这些传感器具有长及细的占据面积。然而,明场及暗场检测器并不限于线扫描CCD或TDI CCD传感器且可替代性地用任何其它合适传感器实施。尽管使用TDI检测器是示范性实施例中的一者,但通过使用TDI检测器存在许多优点。通过使用TDI检测器,例如图6中所展示的系统可相对于连续移动的检测视野驱动晶片的扫描同时获得灰阶信号,且输出具有仅

受晶片大小限制的长度的扫描带 (swath)。当从测量中期望功率谱密度 (PSD) 时,这可能是重要的。PSD是经测量的量的傅立叶变换。为覆盖来自一次测量的经测量PSD的空间频率范围的宽广范围,可期望使用延伸高频端的小像素大小且还可期望使用延伸低频端的长测量长度。总扫描长度对像素大小的比率给定沿着扫描方向的总像素数目。对于TDI,这可大于1,000,000 (例如,300mm长线与0.3微像素大小),且这在一次TDI扫描期间提供六个数量级的空间频率覆盖。相比之下,运用选通技术,此比率受限于检测器中的像素数目 (对于半导体产业中的自动光学检验工具通常少于2,000)。此意味TDI方案在一次测量中可提供大于500倍宽的空间频率覆盖范围。使用TDI的其它优点包含较快及较高分辨率。

[0047] 通过镜筒透镜将由物镜收集的反射光及散射光会聚成真实图像。在一个实施例中,可通过呈棱镜形状的双面镜将明场图像及暗场图像分离到适当检测通道中。然而,存在可用于分离明场图像与暗场图像的许多其它合适光学组件。

[0048] 在一个实施例中,将暗场图像直接聚焦到暗场检测器605上。在明场侧,将大部分的明场光聚焦到明场检测器603上。然而,可通过立方体分束器分裂明场光的小部分且将所述小部分引导到复查相机601。复查相机601可用于获得受检验样品的彩色图像。在一些情况下,可将额外光学元件放置于分束器与复查相机601之间以根据成像要求调整图像放大率。

[0049] 分束器、光学元件及复查相机601可不包含于本发明的所有实施例中。如果去除分束器、光学元件及复查相机601,那么来自双面镜的明场图像可被直接聚焦到明场检测器603上。还值得注意的是,可将分束器、光学元件及复查相机601添加到包含明场检验的其它实施例。

[0050] 可将来自明场及暗场检测器的输出信号传递到计算机 (未展示) 以用于进一步处理。因为两个通道在空间上分离,所以明场检测器及暗场检测器能够大体上同时获得晶片的明场及暗场图像。这改进产量 (超越一次仅能提供一种模式的系统) 且通过使检测器输出信号能够在确定缺陷之前组合而增加对宽广范围的缺陷的灵敏度。除了明场及暗场缺陷之外,还可组合输出信号以定位仅可在明场差对暗场差决策空间中检测到的缺陷。

[0051] 可将来自两个检测器的输出信号供应到一或多个计算机系统 (未展示) 以用于进一步处理。例如,可将输出信号供应到处理器 (未展示)。所述处理器可通过传输媒体 (未展示) 耦合到所述两个检测器。所述传输媒体可包含所属领域中已知的任何合适传输媒体。此外,处理器可通过例如模/数转换器的一或多个电子组件 (未展示) 耦合到检测器。以此方式,处理器可经配置以从检测器接收输出信号。

[0052] 在一些实施例中,处理器可经配置以使用输出信号来检测样品上的一或多个缺陷。所述缺陷可包含样品上的任何所关注缺陷。此外,处理器可经配置以执行所属领域中已知的任何其它检验相关功能 (例如,缺陷位置确定、缺陷分类、缺陷映射等)。处理器可采取各种形式,包含个人计算机系统、大型计算机系统、工作站、图像计算机、并行处理器或所属领域中已知的任何其它处理装置。一般来说,术语“计算机系统”可广泛定义为涵盖具有一或多个处理器的执行来自存储器媒体的指令的任何装置。处理器通常可经配置以使用输出信号及所属领域中已知的任何方法及/或算法以检测样品上的缺陷。

[0053] 图7是本发明的一个实施例的流程图。此特定实施例是包括通过使用检验工具的电子图像捕获装置捕获701晶片的灰阶图像集合的步骤的方法。可通过以下步骤来捕获701

灰阶图像集合:用蓝色波长光照明703所述晶片的至少一部分且捕获第一灰阶图像;用红色波长光照明705所述晶片的至少一部分且捕获第二灰阶图像;及用绿色波长光照明707所述晶片的至少一部分且捕获第三灰阶图像。

[0054] 所述方法可进一步包括使用模/数转换器转换709由图像捕获装置捕获的灰阶图像集合。所述方法可进一步包括将所述灰阶图像集合存储711到计算机可读存储器中。

[0055] 所述方法可进一步包括使用与所述计算机可读存储器通信的处理器基于所述灰阶图像集合中的图像的组合来确定713所述灰阶图像集合的所述图像中的每一者中的残余信号。可通过以下步骤来确定713所述残余信号:使用所述处理器建置715使用检验工具的缺陷检测的严密数学模型;使用所述处理器基于已知标准灰阶图像集合(例如VLSI薄膜标准图像集合)确定717一或多个模型参数;使用处理器运用所述一或多个模型参数建置721晶片的模型,所述模型基于设计值或先前测量值(例如模型参数);使用所述分析处理器、通过使用所述晶片的模型及所述严密数学模型来预测723灰阶信号;调整725所述晶片的模型的一或多个参数直到找到所述经预测723灰阶信号与来自所述晶片的经测量灰阶信号之间的最佳匹配;使用所述处理器报告727对应于最佳匹配模型的一或多个参数作为经测量样本参数;使用所述处理器基于经预测灰阶与晶片上的经测量灰阶之间的差异来计算729残余信号;及将所述经计算的残余信号存储731于计算机可读存储器中以用于未来缺陷检测。

[0056] 所述方法可进一步包括将晶片信息导入719到计算机可读存储器中,其中计算灰阶图像集合的图像中的每一者中的残余信号的步骤是进一步基于所述经导入的晶片信息。所述晶片信息可呈GDSII格式。还可通过处理器自动导入719所述晶片信息。所述方法可进一步包括使用处理器从灰阶图像集合的每一图像减去733所述灰阶图像集合的每一图像的残余信号。所述方法可进一步包括使用处理器基于所述减去后的灰阶图像集合识别735晶片中的缺陷。

[0057] 尽管将依据某些实施例描述所主张的主题,但其它实施例(包含并未提供本文中所阐释的所有益处及特征的实施例)也在本发明的范围内。可在不脱离本发明的范围的情况下作出各种结构、逻辑、过程步骤及电子变化。

[0058] 本文中所揭示的系统及方法的实施例实现定量监测样本参数及提供改进的检验能力。系统每波长产生晶片上每点的更可靠及可测量的量。这增加可能的应用且改进结果。从检验工具提取样本参数能辅助检测过程参数漂移,这将使半导体制造者能够采取预防性或校正动作。

[0059] 在一些实施例中,本文中所描述的检验系统可经配置为“独立工具”或并未物理耦合到过程工具的工具。在其它实施例中,本文中所描述的检验系统可通过可包含有线及无线部分的传输媒体耦合到过程工具(未展示)。所述过程工具可包含所属领域中已知的任何过程工具,例如光刻工具、蚀刻工具、沉积工具、抛光工具、电镀工具、清洁工具或离子植入工具。所述过程工具可经配置为集群工具或通过共用处理机耦合的许多过程模块。替代性地,本文中所描述的检验系统可集成到例如上文所描述的过程工具的过程工具中。在一些情况下,通过本文中所描述的系统执行的检验的结果可用于使用反馈控制技术、前馈控制技术及/或原位控制技术变更过程或过程工具的参数。可手动或自动变更所述过程或所述过程工具的参数。

[0060] 本发明的实施例可允许提取来自检验工具的样本参数且允许在早期阶段检测过

程参数漂移以允许预防性动作。如此,可在无显著成本的情况下提高检验工具的价值。

[0061] 尽管已关于一或多个特定实施例描述本发明,但将理解,可在不脱离本发明的精神及范围的情况下作出本发明的其它实施例。因此,本发明被视为仅受所附权利要求书及其合理解释限制。

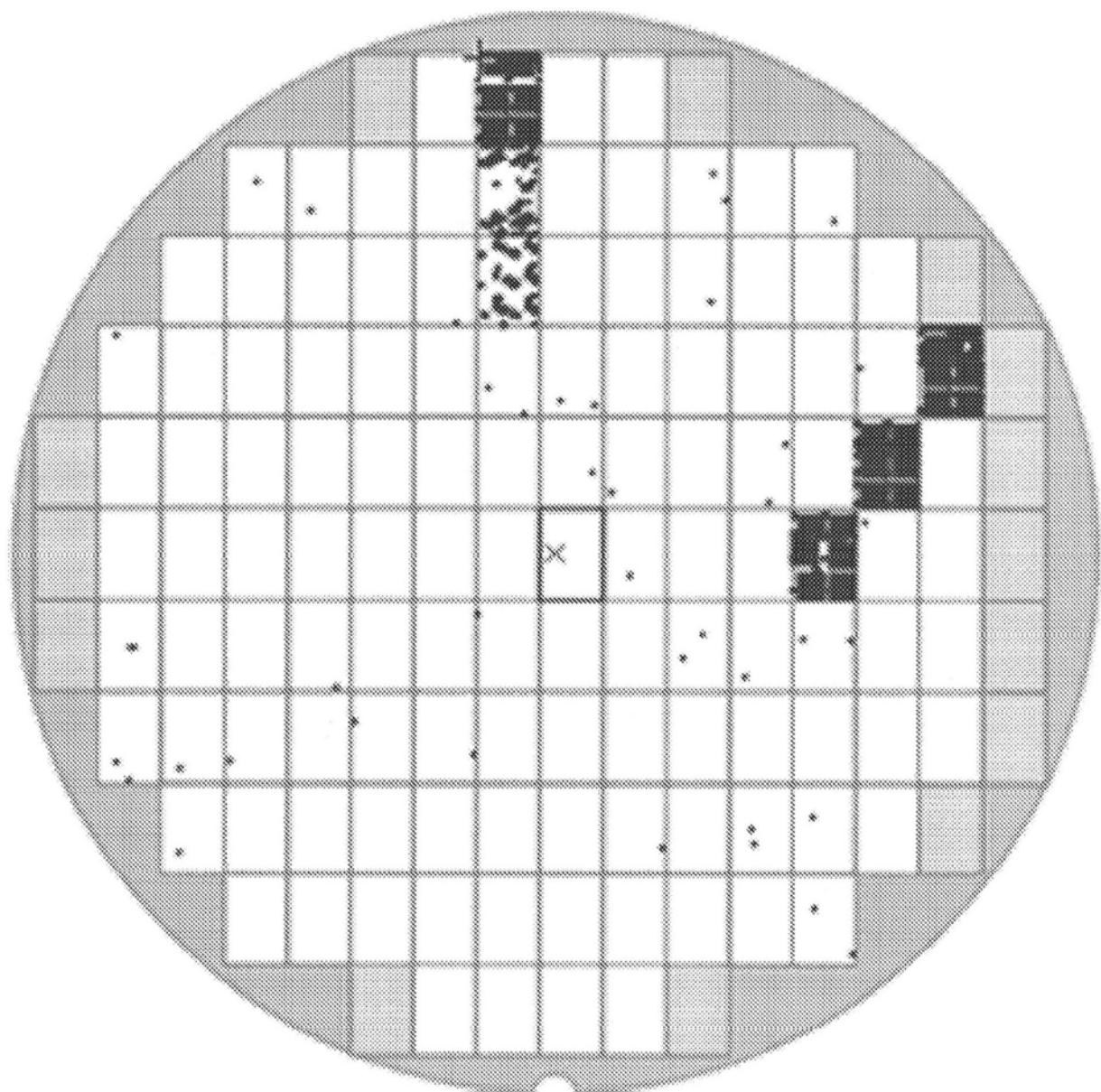


图1

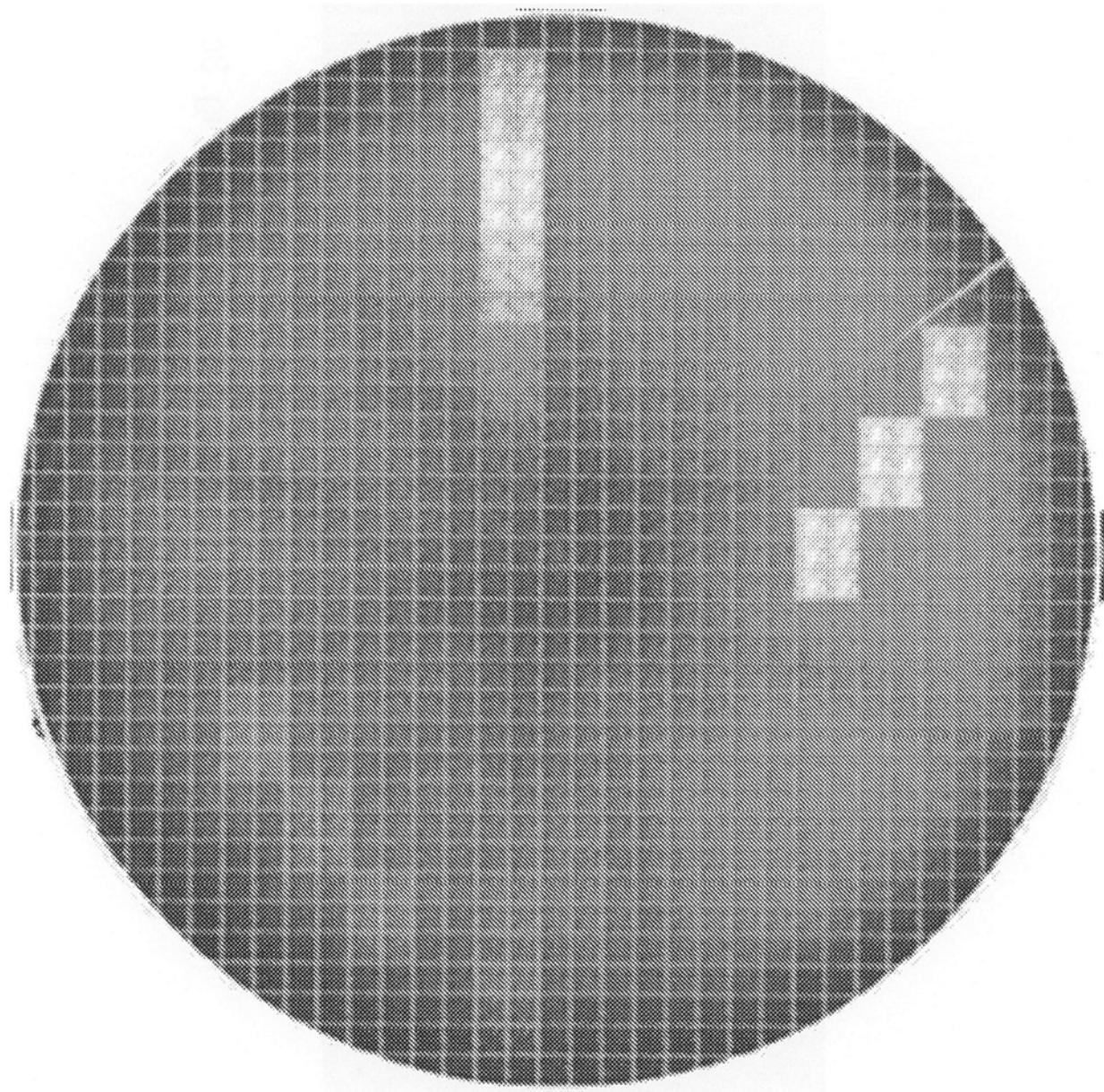


图2(现有技术)

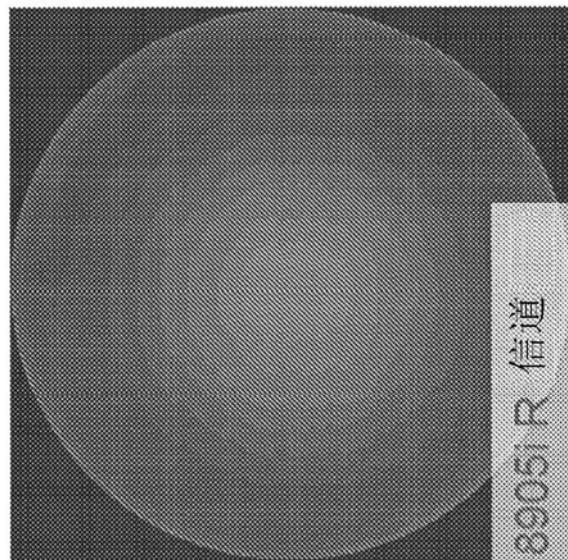


图3a

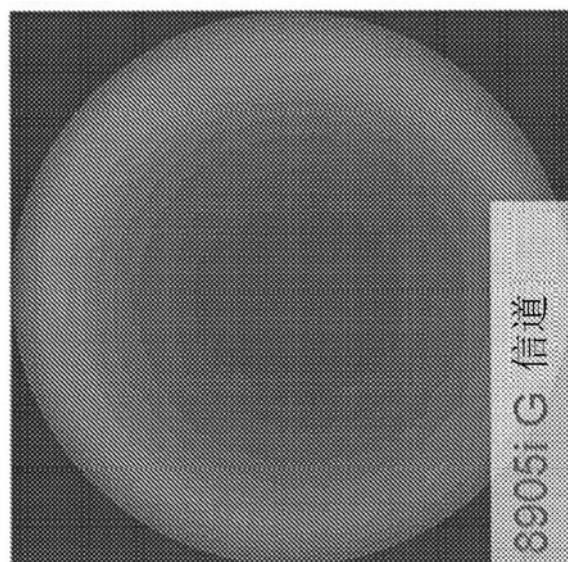


图3b

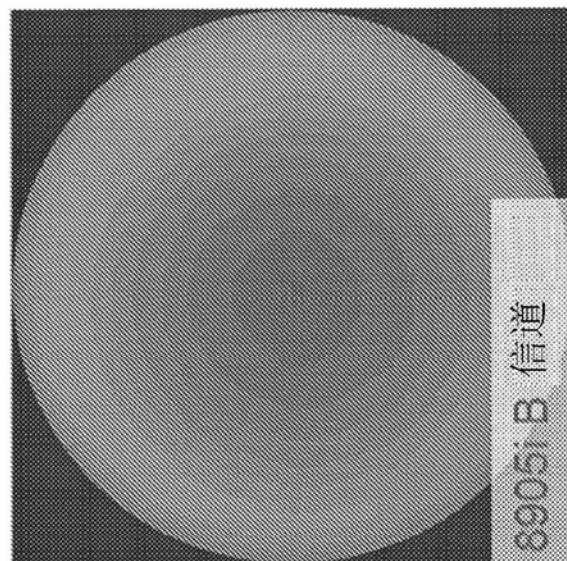


图3c

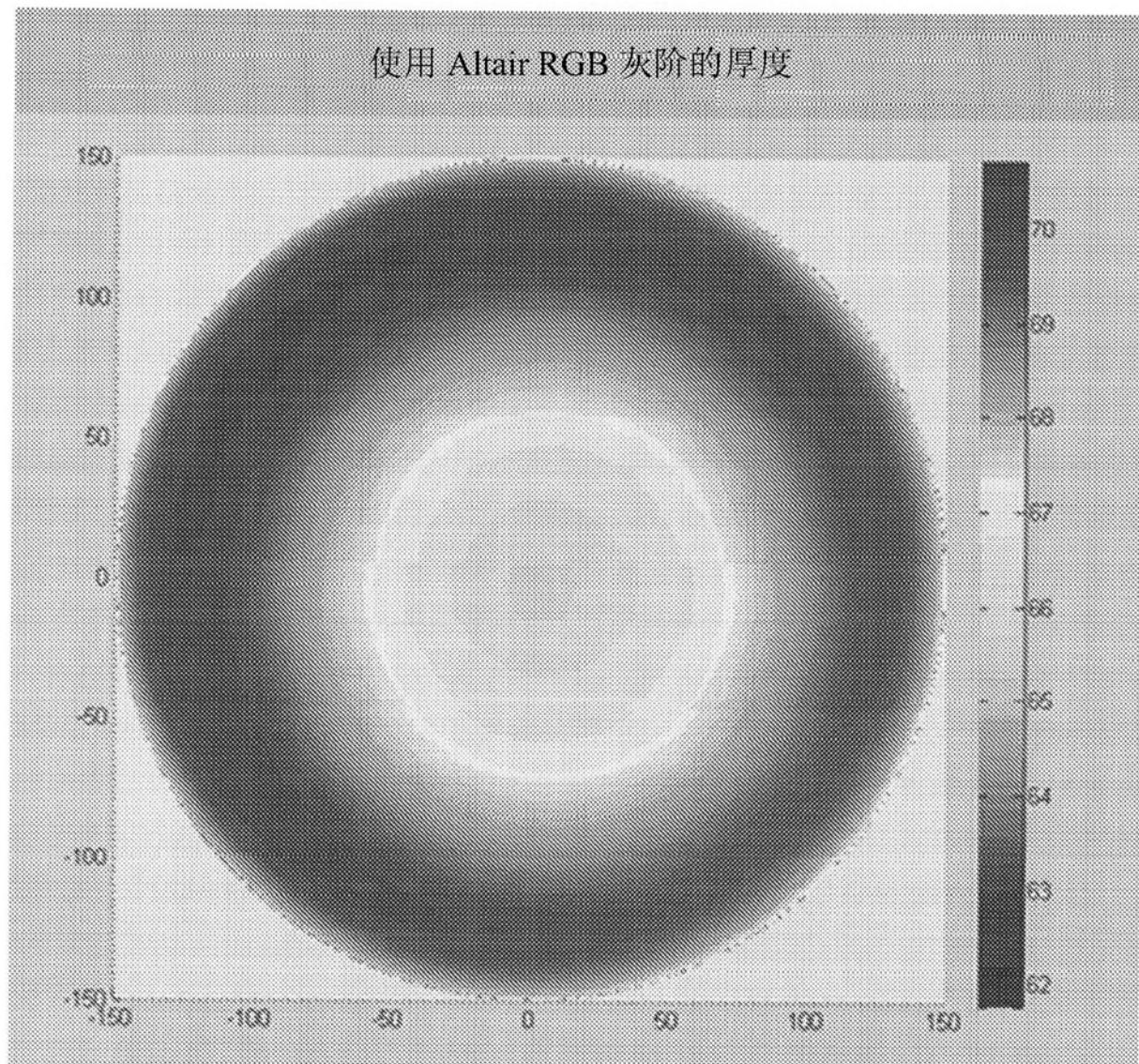


图4a

新方法与计量的相关性

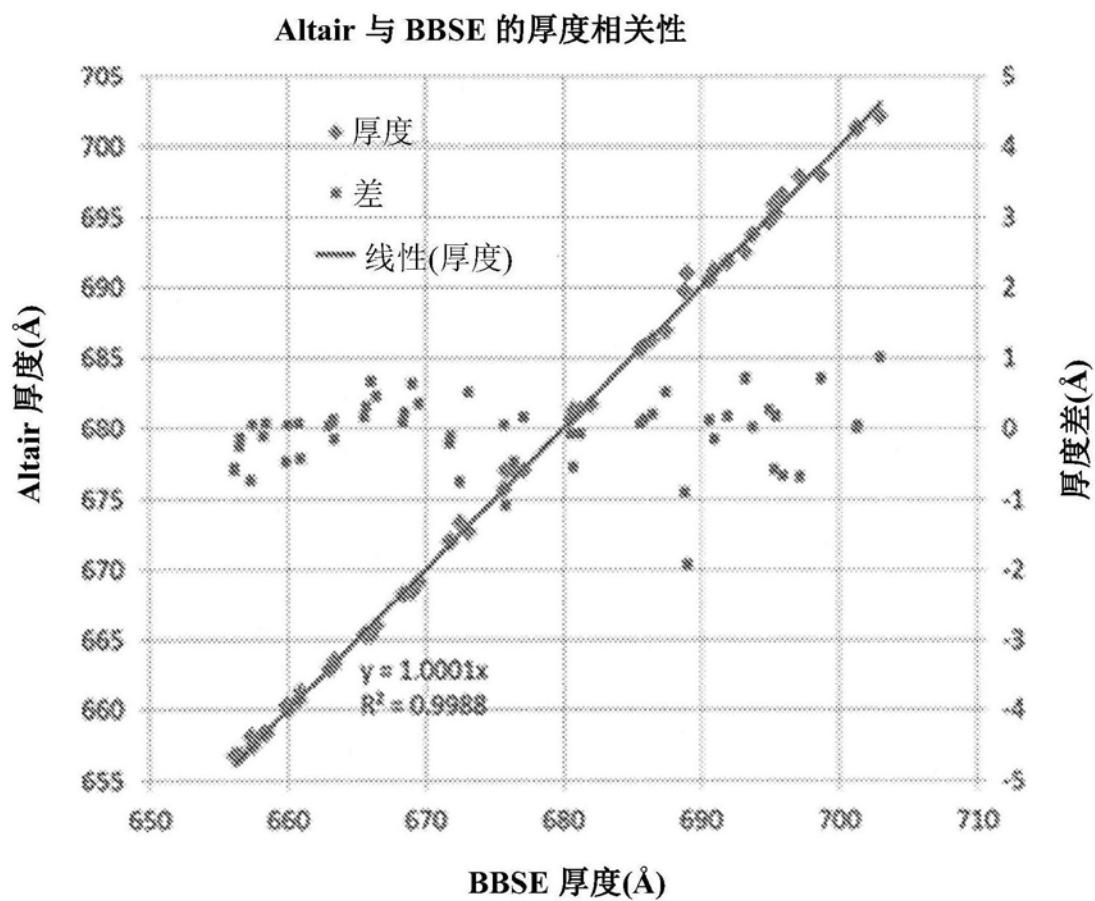


图4b

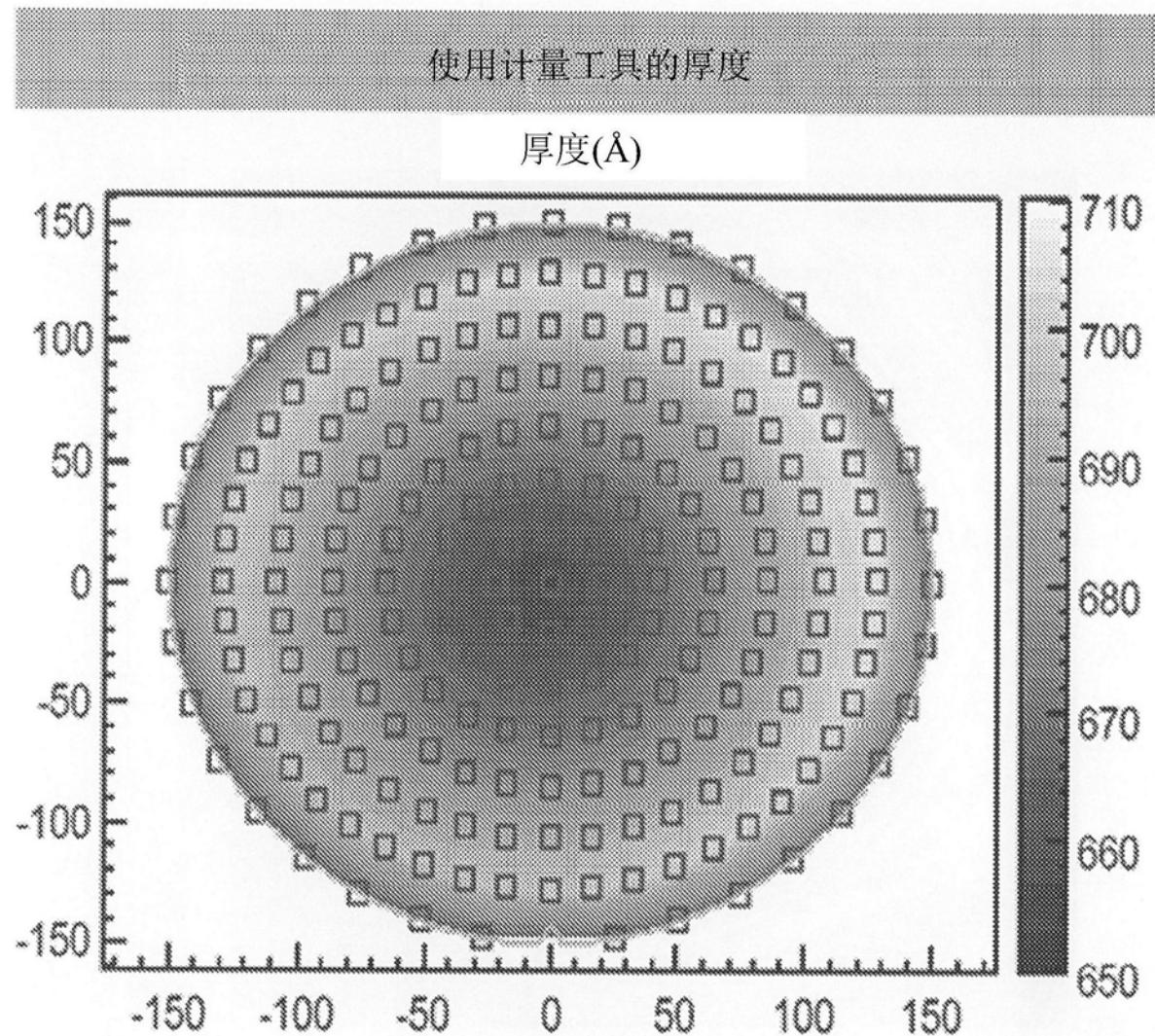


图4c

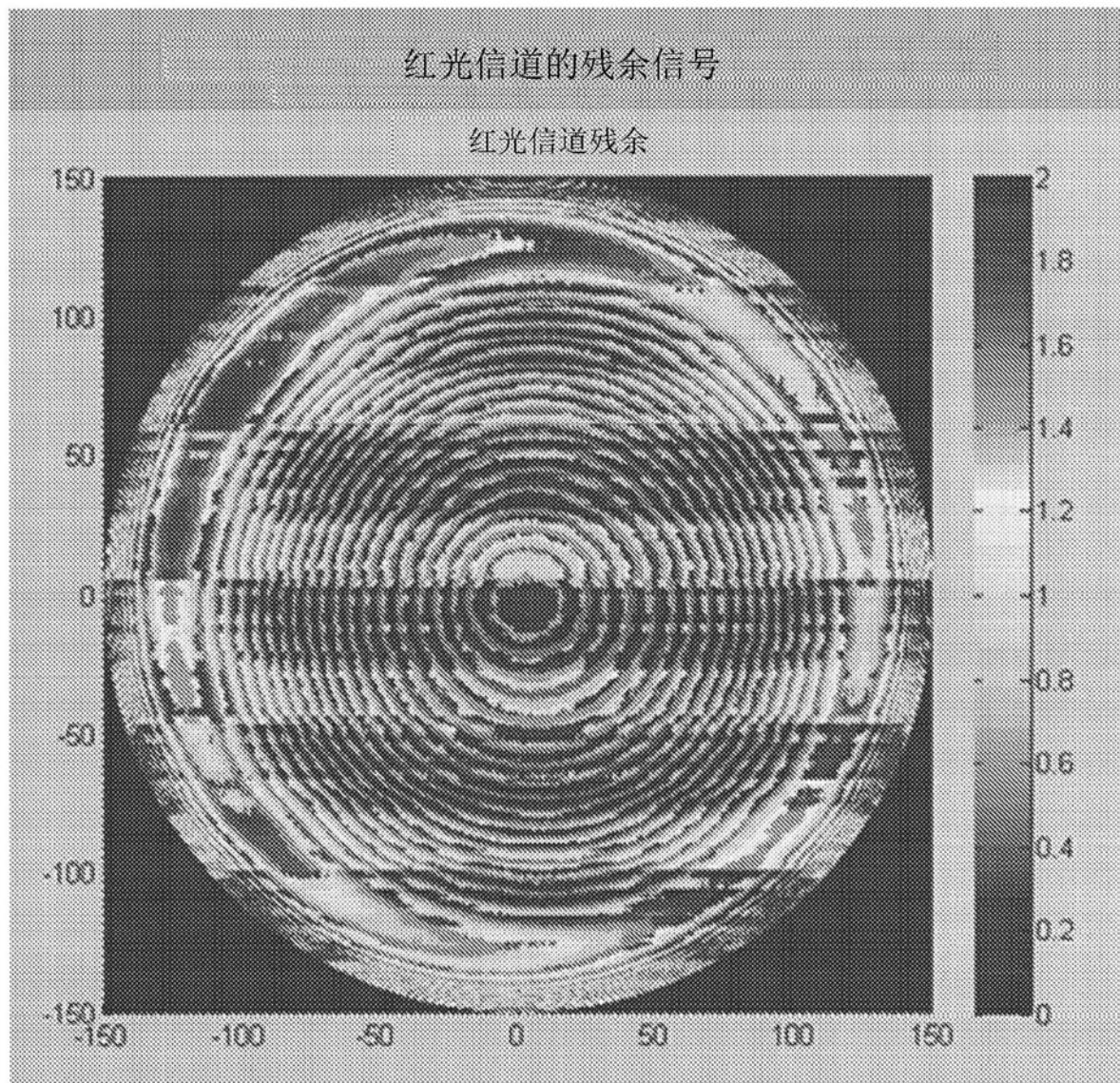


图5a

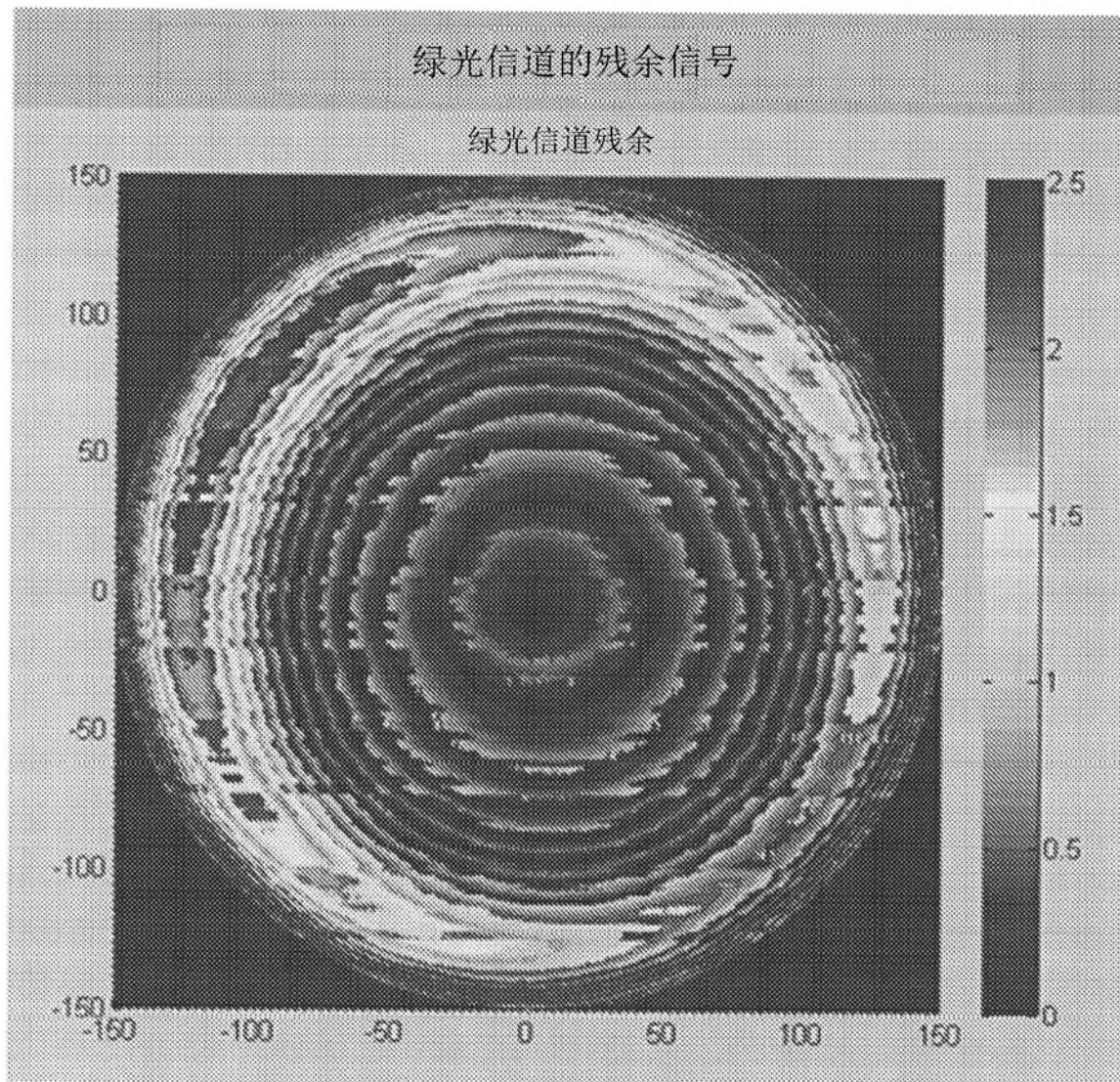


图5b

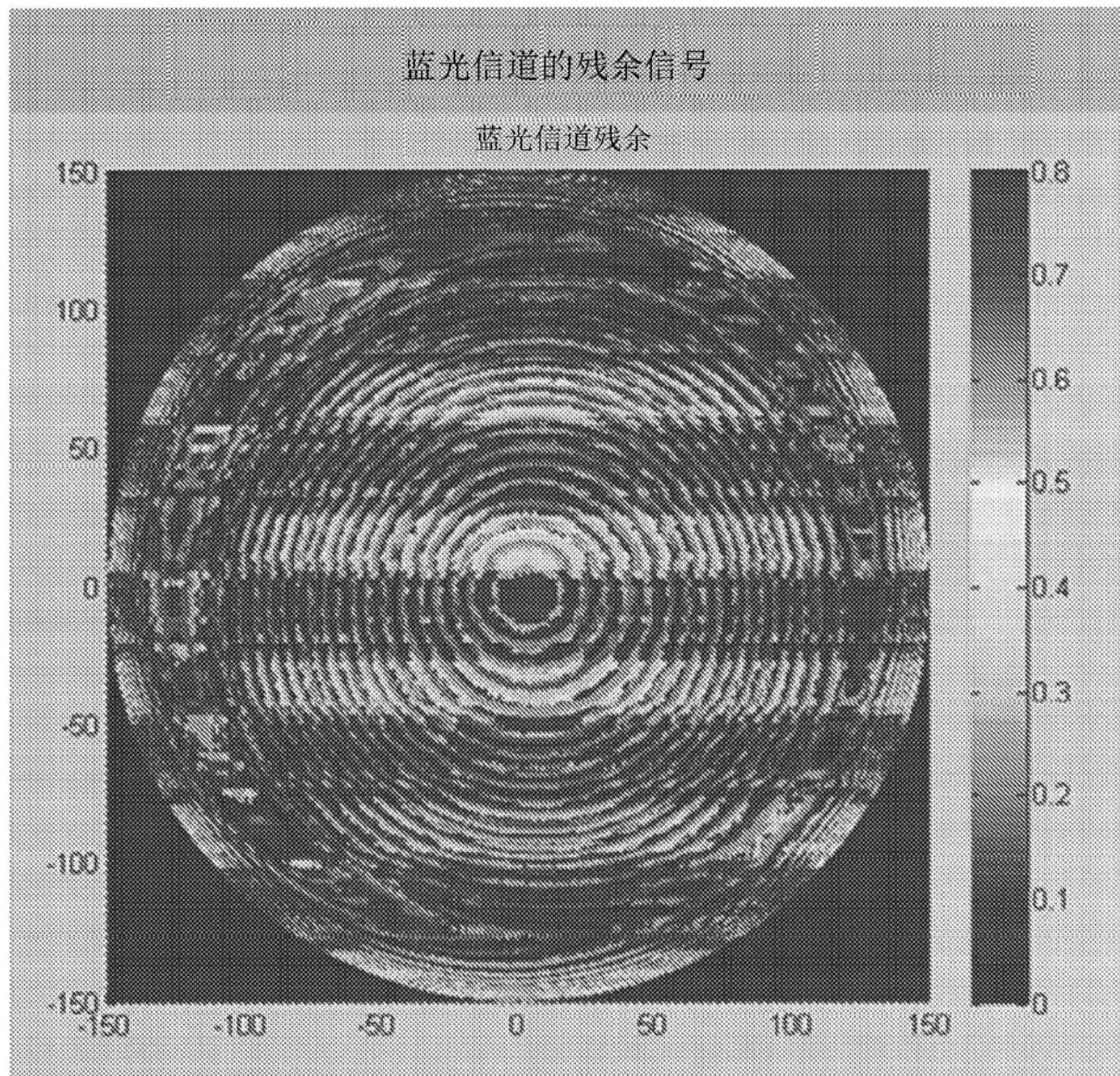


图5c

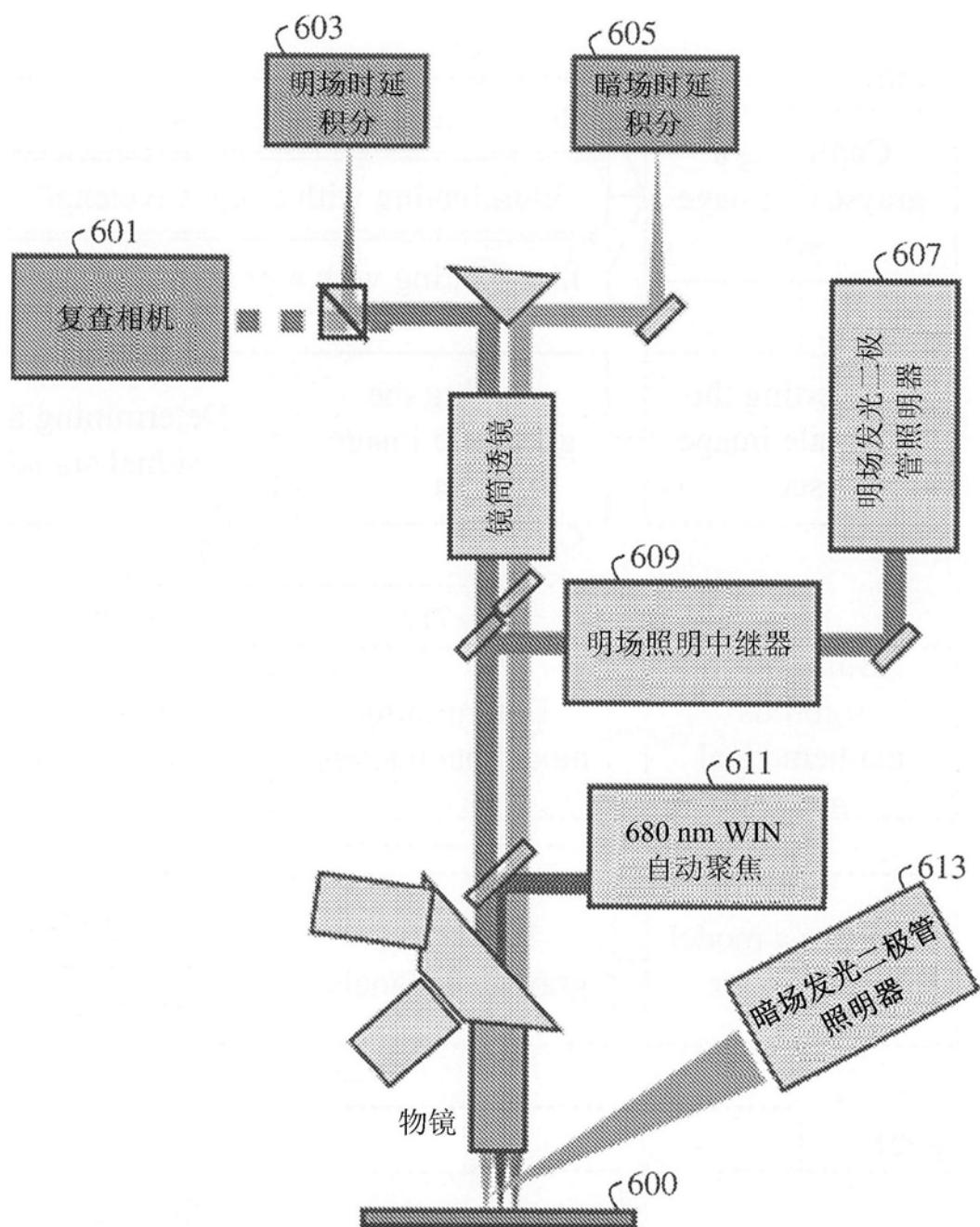


图6

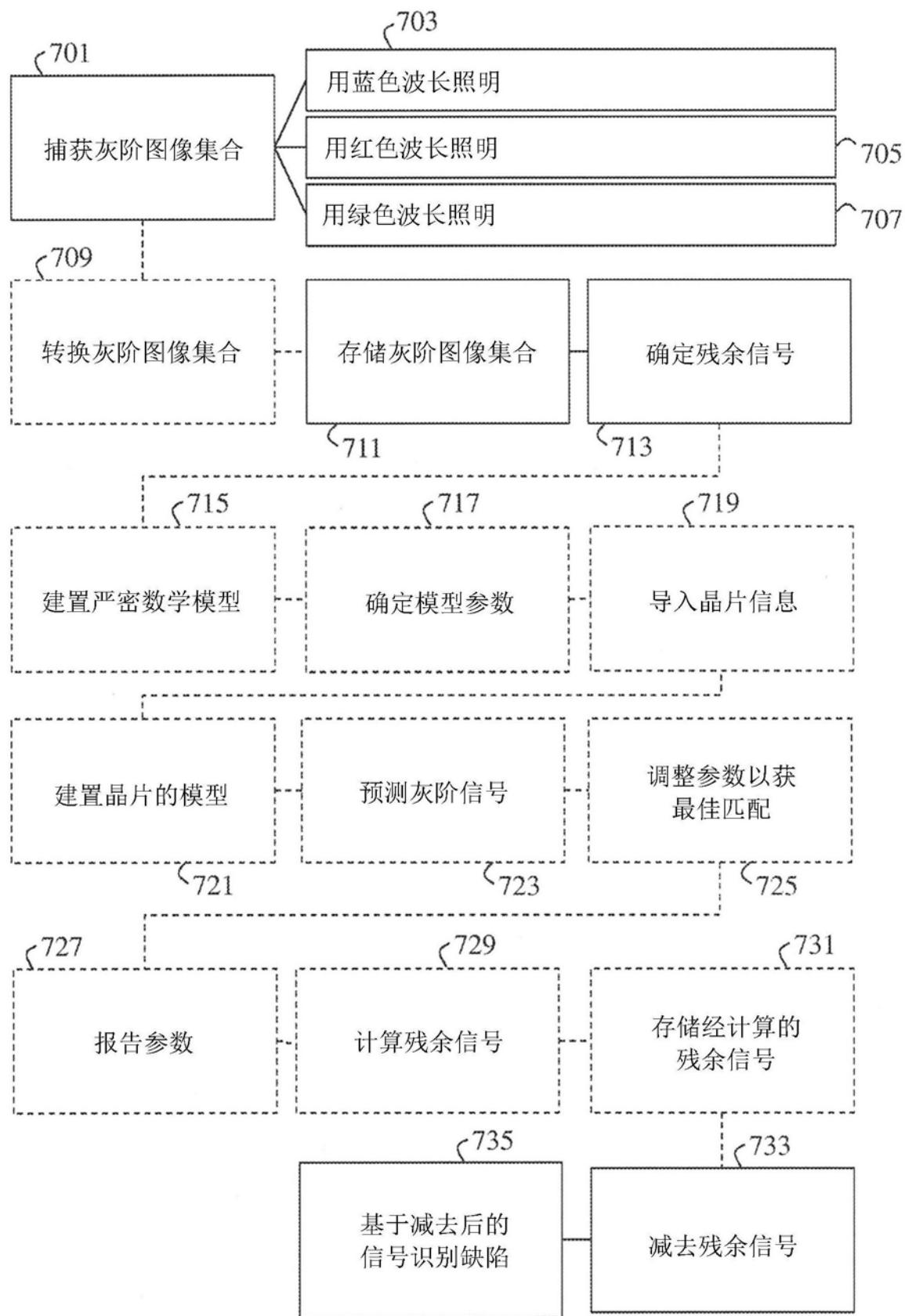


图7