



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106030292 B

(45)授权公告日 2020.03.27

(21)申请号 201580008360.9

(22)申请日 2015.02.11

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106030292 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(30)优先权数据

61/939,135 2014.02.12 US

14/618,586 2015.02.10 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.08.12

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2015/015471 2015.02.11

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/123337 EN 2015.08.20

(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 L·尼古拉德斯 M·马哈德凡  
A·萨利尼克 S·A·永

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 张世俊

(51)Int.Cl.

G01N 21/95(2006.01)

G01N 21/39(2006.01)

H01L 21/66(2006.01)

(56)对比文件

US 2008/0231845 A1, 2008.09.25,

US 2009/0059215 A1, 2009.03.05,

US 5074669, 1991.12.24,

US 2005/0036136 A1, 2005.02.17,

US 2008/0036998 A1, 2008.02.14,

US 4795260, 1989.01.03,

US 2010/0295938 A1, 2010.11.25,

US 2003/0234933 A1, 2003.12.25,

CN 1662808 A, 2005.08.31,

EP 0930498 A2, 1999.07.21,

审查员 张素

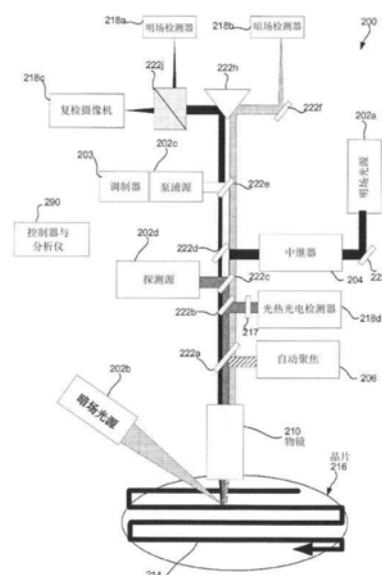
权利要求书3页 说明书12页 附图5页

### (54)发明名称

用于组合式明场、暗场及光热检验的设备与方法

### (57)摘要

本发明揭示用于在半导体样本中检测缺陷或复检缺陷的方法及设备。系统具有明场BF模块,所述BF模块用于将BF照明光束引导到样本上并检测响应于所述BF照明光束而从所述样本反射的输出光束。所述系统具有经调制光反射比MOR模块,所述MOR模块用于将泵浦光束及探测光束引导到所述样本并检测响应于所述泵浦光束及所述探测光束而来自探测光点的MOR输出光束。所述系统包含处理器,所述处理器用于分析来自多个BF光点的所述BF输出光束以检测所述样本的表面上或接近所述表面的缺陷,并分析来自多个探测光点的所述MOR输出光束以检测在所述样本的所述表面以下的缺陷。



1. 一种用于在半导体样本中检测缺陷或复检缺陷的系统,所述系统包括:

明场BF模块,其用于将BF照明光束引导在样本上的BF光点上并检测响应于所述BF照明光束被引导在所述BF光点上而从所述样本上的所述BF光点反射的输出光束;

暗场DF模块,其用于将DF照明光束引导在所述样本上的DF光点上并检测响应于所述DF照明光束被引导在所述DF光点上而从所述样本上的所述DF光点散射的输出光束;

经调制光反射比MOR模块,其用于将泵浦光束引导到所述样本上的泵浦光点、将探测光束引导到所述样本上的探测光点及检测响应于所述泵浦光束及所述探测光束而来自所述探测光点的MOR输出光束,其中所述探测光点与所述泵浦光点重合;及

处理器,其可操作以执行或引起以下操作:

致使所述BF模块用所述BF照明光束在所述样本上的多个BF光点进行扫描并检测来自所述多个BF光点的输出光束;

致使所述BF照明光束及所述DF照明光束在用所述泵浦光束及所述探测光束进行扫描之前先扫描所述样本;

分析来自所述多个BF光点的所述BF输出光束以检测所述样本的表面上或接近所述表面的一或多个缺陷;

基于在用所述BF照明光束及所述DF照明光束扫描整个所述样本或所述样本的一部分之后对所述BF输出光束及所述DF输出光束进行分析来确定用所述泵浦光束及所述探测光束进行扫描的一或多个目标位置;以及

致使所述MOR模块分别用所述泵浦光束及所述探测光束在多个泵浦光点及探测光点进行扫描,并检测来自所述多个探测光点的MOR输出光束;

分析来自所述多个探测光点的所述MOR输出光束以检测在所述样本的所述表面以下的一或多个缺陷。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述BF模块与所述DF模块共用用于产生所述BF照明光束及所述DF照明光束的光源。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述BF模块具有用于产生所述BF照明光束的BF光源且所述DF模块具有用于产生所述DF照明光束的DF光源。

4. 根据权利要求3所述的系统,其中所述MOR模块包括:

泵浦激光源,其用于产生介于400nm与600nm之间的波长范围内的所述泵浦光束;

调制器,其配置用于调制所述泵浦激光源的所述泵浦光束;

探测连续波CW激光源,其用于产生介于600nm与800nm之间的波长范围内的所述探测光束;

照明光学器件,其用于朝向所述样本引导所述泵浦光束及所述探测光束;

收集光学器件,其用于朝向光热检测器引导所述MOR输出光束;及

所述光热检测器,其用于检测所述MOR输出光束并产生经过滤以隔离与对所述泵浦光束进行的调制同步的变化的输出信号。

5. 根据权利要求4所述的系统,其中所述BF模块包括:

BF光源,其用于产生所述BF照明光束;

照明光学器件,其用于朝向所述样本引导所述BF照明光束;

收集光学器件,其用于朝向BF检测器引导所述BF输出光束;及

所述BF检测器,其用于检测所述BF输出光束。

6. 根据权利要求5所述的系统,其中所述BF模块的所述照明光学器件与所述MOR模块的所述照明光学器件共用一或多个组件,其中所述BF模块的所述收集光学器件与所述MOR模块的所述收集光学器件共用一或多个组件。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中在所述表面以下的所述一或多个缺陷包含一或多个空隙。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中在所述表面以下的所述一或多个缺陷包含材料的密度改变或侧壁角度的改变。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中在所述表面以下的所述一或多个缺陷存在于一或多个穿硅通孔TSV结构内。

10. 根据权利要求1所述的系统,其进一步包括自动聚焦模块,所述自动聚焦模块用于朝向所述样本引导自动聚焦光束并检测响应于所述自动聚焦光束而来自所述样本的经反射光束,且调整所述系统的焦点,其中所述BF模块、所述MOR模块及所述自动聚焦模块共用物镜。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中所述处理器经配置以致使所述BF照明光束、所述泵浦光束及所述探测光束同时进行扫描。

12. 根据权利要求1所述的系统,其中所述BF模块与所述MOR模块共用用于检测所述BF输出光束及所述MOR输出光束的相同检测器。

13. 一种在半导体样本中检测缺陷或复检缺陷的方法,所述方法包括:

用明场BF照明光束扫描样本部分;

当所述BF照明光束在所述样本部分上方进行扫描时,检测从所述样本部分反射的BF输出光束;

基于所述所检测BF输出光束而确定所述样本部分的表面或近表面特性;

基于所述样本部分的所述所确定表面或近表面特性而找出所述样本部分内的在所述样本的表面以下可能具有额外缺陷的第一多个候选位置,所述所确定表面或近表面特性是基于所述所检测BF输出光束而确定;

将经调制泵浦光束及探测光束引导在每一第一候选位置处;

检测响应于每一探测光束被引导到每一第一候选位置而来自每一第一候选位置的经调制光反射率信号;及

基于从每一第一候选位置检测到的所述经调制光反射率信号而确定在此第一候选位置处的在所述表面以下的特征特性。

14. 根据权利要求13所述的方法,其进一步包括:

检测响应于用暗场DF光束在所述样本部分上方进行扫描而从所述样本部分散射的暗场输出光束;

基于所述所检测DF输出光束而确定所述样本部分的表面或近表面特性;及

基于所述样本部分的所述表面或近表面特性而找出第二多个候选位置,且所述样本部分的所述表面或近表面特性是基于所述所检测DF输出光束而确定的;

检测响应于每一探测光束被引导到每一第二候选位置而来自每一第二候选位置的经调制光反射率信号;及

基于从每一第二候选位置检测到的所述经调制光反射率信号而确定在此第二候选位置处的在所述表面以下的特征特性。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中通过使表面或近表面特性与子表面缺陷的存在相关来找出所述第一及第二候选位置。

16. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述第一及第二候选位置各自与所述样本部分的一子区域相关联, 所述子区域具有与所述样本部分的平均值偏离达预定义量的一或多个表面或近表面特性。

17. 根据权利要求16所述的方法, 其中所述第一及第二候选位置中的至少一者具有穿透硅通孔TSV。

18. 根据权利要求16所述的方法, 其中将所述第一及第二候选位置选定为是跨越其相关联子区域而分布。

19. 根据权利要求13所述的方法, 其进一步包括:

确定所述表面或近表面特性是否指示所述表面上存在氧化; 及

在将所述经调制泵浦光束及所述探测光束引导在每一候选位置处之前, 移除所述氧化。

20. 根据权利要求13所述的方法, 其中基于结构的图像而将所述候选位置中的至少一些候选位置各自选定为是在此结构的中心处, 所述图像是基于所述BF输出光束而产生。

21. 根据权利要求13所述的方法, 其中基于结构的图像而进一步将所述候选位置中的至少一些候选位置选定为是跨越此结构而分布, 所述图像是基于所述BF输出光束而产生。

## 用于组合式明场、暗场及光热检验的设备与方法

[0001] 相关申请案的交叉参照

[0002] 本申请案主张2014年2月12日提出申请的第61/939,135号美国临时专利申请案的优先权,所述申请案出于所有目的以其全文引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本发明一般来说涉及晶片及光罩检验系统的领域。更特定来说,本发明涉及表面及子表面结构或缺陷的检验及复检。

### 背景技术

[0004] 通常,半导体制造工业涉及用于使用经分层且经图案化到衬底(例如硅)上的半导体材料来制作集成电路的高度复杂技术。由于大规模的电路集成及渐减的半导体装置大小,因此经制作装置变得对缺陷越来越敏感。即,装置中导致故障的缺陷变得越来越小。每一装置是无故障的,之后才能销售给最终用户或消费者。

[0005] 持续需要经改进的半导体晶片检验设备及技术。

### 发明内容

[0006] 下文呈现本发明的简化概要以提供对本发明的一些实施例的基本理解。此概要并非本发明的扩展概述,且此概要不识别本发明的关键/临界元素或叙述本发明的范围。此概要的唯一目的是以简化形式呈现本文中所揭示的一些概念作为稍后呈现的更详细说明的前序。

[0007] 本发明揭示一种用于在半导体样本中检测缺陷或复检缺陷的系统。所述系统包含:明场(BF)模块,其用于将BF照明光束引导在样本上的BF光点上并检测响应于所述BF照明光束被引导在所述BF光点上而从所述样本上的所述BF光点反射的输出光束;及经调制光反射比(MOR)模块,其用于将泵浦光束引导到所述样本上的泵浦光点、将探测光束引导到所述样本上的探测光点及检测响应于所述泵浦光束及所述探测光束而来自所述探测光点的MOR输出光束,其中所述探测光点与所述泵浦光点重合。所述系统还包含处理器,所述处理器可操作以执行或引起以下操作:(i)致使所述BF模块用所述BF照明光束在所述样本上的多个BF光点上扫描并检测来自所述多个BF光点的输出光束;(ii)致使所述MOR模块分别用所述泵浦光束及所述探测光束在多个泵浦光点及探测光点上扫描,并检测来自所述多个探测光点的MOR输出光束;(iii)分析来自所述多个BF光点的所述BF输出光束以检测所述样本的表面上或接近所述表面的一或多个缺陷;及(iv)分析来自所述多个探测光点的所述MOR输出光束以检测在所述样本的所述表面以下的一或多个缺陷。

[0008] 在特定实施方案中,所述BF模块与所述MOR模块共用物镜。在另一方面中,所述系统包含暗场(DF)模块,所述暗场(DF)模块用于将DF照明光束引导在所述样本上的DF光点上并检测响应于所述DF照明光束被引导在所述DF光点上而从所述样本上的所述DF光点散射的输出光束。在另一方面中,所述处理器经配置以:致使所述BF照明光束及所述DF照明光束

在用所述泵浦光束及所述探测光束进行扫描之前先扫描所述样本；及基于在用所述BF照明光束及所述DF照明光束扫描所述整个样本或所述样本的一部分之后分析所述BF输出光束及所述DF输出光束来确定用于用所述泵浦光束及所述探测光束进行扫描的一或多个目标位置。在另一方面中，所述BF模块与所述DF模块共用用于产生所述BF照明光束及所述DF照明光束的光源。在另一实施方案中，所述BF模块具有用于产生所述BF照明光束的BF光源且所述DF模块具有用于产生所述DF照明光束的DF光源。

[0009] 在特定实施方案中，所述MOR模块包括：泵浦激光源，其用于产生介于约400nm与600nm之间的波长范围内的泵浦光束；调制器，其用于配置所述泵浦激光源以调制所述泵浦光束；探测连续波 (CW) 激光源，其用于产生介于约600nm与800nm之间的波长范围内的探测光束；照明光学器件，其用于朝向所述样本引导所述泵浦光束及所述探测光束；光热检测器；及收集光学器件，其用于朝向所述光热检测器引导所述MOR输出光束，所述光热检测器用于检测所述MOR输出光束并产生经过滤以隔离与对所述泵浦光束进行的调制同步的改变的输出信号。在另一方面中，所述BF模块包括：BF光源，其用于产生所述BF照明光束；照明光学器件，其用于朝向所述样本引导所述BF照明光束；BF检测器；及收集光学器件，其用于朝向所述BF检测器引导所述BF输出光束，所述BF检测器用于引导所述BF输出光束。在另一方面中，所述BF模块的所述照明光学器件与所述MOR模块的所述照明光学器件共用一或多个组件，且所述BF模块的所述收集光学器件与所述MOR模块的所述收集光学器件共用一或多个组件。

[0010] 在特定实施例中，在所述表面以下的所述缺陷包含一或多个空隙及/或材料的密度的改变及/或侧壁角度的改变，及/或在所述表面以下的所述缺陷在一或多个穿硅通孔 (TSV) 结构内。在另一方面中，所述系统包含自动聚焦模块，所述自动聚焦模块用于朝向所述样本引导自动聚焦光束并检测响应于所述自动聚焦光束而来自所述样本的经反射光束，且调整所述系统的焦点。在一个方面中，所述BF模块、所述MOR模块及所述自动聚焦模块共用物镜。在另一实施例中，所述处理器经配置以致使所述BF照明光束、所述泵浦光束及所述探测光束同时进行扫描。在另一方面中，所述BF模块与所述MOR模块共用用于检测所述BF输出光束及所述MOR输出光束的相同检测器。

[0011] 在替代实施例中，本发明涉及一种在半导体样本中检测缺陷或复检缺陷的方法，且所述方法包含：(i) 用明场 (BF) 照明光束扫描样本部分；(ii) 当所述BF光束在所述样本部分上方进行扫描时，检测从所述样本部分反射的BF输出光束；(iii) 基于所述所检测BF输出光束而确定所述样本部分的表面或近表面特性；(iv) 基于所述样本部分的所述所确定表面或近表面特性而找出所述样本部分内的在所述样本的表面以下可能具有额外缺陷的候选位置，所述所确定表面或近表面特性是基于所述所检测BF输出光束而确定；(v) 将经调制泵浦光束及探测光束引导在每一候选位置处；(vi) 检测响应于每一探测光束被引导到每一候选位置而来自每一候选位置的经调制光反射率信号；及(vii) 基于从每一候选位置检测到的所述经调制光反射率信号而确定在此候选位置处的在所述表面以下的特征特性。

[0012] 在另一方面中，所述方法包含：(viii) 检测在所述BF光束在所述样本部分上方进行扫描时或响应于用暗场 (DF) 光束在所述样本部分上方进行扫描而从所述样本部分散射的暗场输出光束；(ix) 基于所述所检测DF输出光束而确定所述样本部分的表面或近表面特性；(x) 基于所述样本部分的所述表面或近表面特性而找出第二多个候选位置，所述表面或

近表面特性是基于所述所检测DF输出光束;(xi)检测响应于每一探测光束被引导到每一第二候选位置而来自每一第二候选位置的经调制光反射率信号;及(xii)基于从每一第二候选位置检测到的所述经调制光反射率信号而确定在此第二候选位置处的在所述表面以下的特征特性。在另一方面中,通过使表面或近表面特性与子表面缺陷的存在相关来找出所述第一及第二候选位置。在另一方面中,所述第一及第二候选位置各自与所述样本部分的一子区域相关联,所述子区域具有与所述样本部分的平均值偏离达预定义量的一或多个表面或近表面特性。在另一方面中,所述第一及第二候选位置中的至少一者具有穿硅通孔(TSV)。

[0013] 在另一实施例中,将所述第一及第二候选位置选定为是跨越其相关联子区域而分布。在另一实例中,所述方法包含:确定所述表面或近表面特性是否指示所述表面上存在氧化;及移除所述氧化,之后将所述经调制泵浦光束及所述探测光束引导在每一候选位置处。在另一实例中,基于结构的图像而将所述候选位置中的至少一些候选位置各自选定为是在此结构的中心处,所述图像是基于所述BF输出光束而产生。在另一实施方案中,基于结构的图像而进一步将所述候选位置中的至少一些候选位置选定为是跨越此结构而分布,所述图像是基于所述BF输出光束而产生。

[0014] 下文参考各图进一步描述本发明的这些及其它方面。

## 附图说明

[0015] 图1A是Cu填充的穿硅通孔(TSV)的图解侧视图。

[0016] 图1B是具有子表面缺陷的Cu填充的穿硅通孔(TSV)的图解侧视图。

[0017] 图2是根据本发明的一个实施例的组合式明场(BF)、暗场(DF)及经调制光反射比(MOR)设备的示意性表示。

[0018] 图3是根据本发明的替代实施例的组合式BF及MOR检验系统的图解表示。

[0019] 图4是图解说明根据本发明的一个实施例的检验程序的流程图。

[0020] 图5是图解说明根据本发明的特定实施方案的用于对准基于MOR的照明光束的程序的流程图。

## 具体实施方式

[0021] 在以下说明中,陈述众多特定细节以提供对本发明的透彻理解。可在不具有这些特定细节中的一些或所有特定细节的情况下实践本发明。在其它例子中,尚未详细描述众所周知的组件或过程操作以免使本发明不必要地模糊。虽然将连同特定实施例一起描述本发明,但将理解,并非打算将本发明限于所述实施例。

[0022] 一般来说,本发明的一些实施例涉及具有用于明场(BF)、暗场(DF)及经调制光反射比(MOR)的通道组合系统的组合式设备在半导体样本(例如晶片)上的各种结构中的子表面缺陷(例如,Cu填充的穿硅通孔(TSV)结构或其它3D堆叠半导体结构中的空隙及其它变形)的检测及计量方面以及表面特性及缺陷的检测及计量方面尤其有用。

[0023] 图1A是Cu填充的穿硅通孔(TSV)结构100的图解侧视图。如所展示,Cu填充的TSV 108是穿过硅块体106以及有源电路区域104而形成,以使背部金属部分110与一或多个顶部金属层102电耦合。

[0024] 基于BF的技术及基于DF的技术可在半导体制造的各个阶段中检测各种结构中(例如,有源电路区域104中)的表面及近子表面缺陷。然而,集成电路(IC)制造中一些特征(例如,Cu填充的TSV)在半导体结构中可位于比常规基于光学的宏观检验技术的敏感性深度深得多的位置处。图1B是具有深缺陷(例如,空隙区域122及颗粒缺陷120)的Cu填充的穿硅通孔(TSV)的图解侧视图。

[0025] 与基于BF的技术或基于DF的技术相比,基于MOR的技术可对子表面特征(例如,位于TSV结构中的缺陷及位于材料的块体中的缺陷)非常敏感。因此,期望将这些光学及光热技术组合到单个设备中以提供能够检测整个所关注范围(例如,在表面以下从 $<1\mu\text{m}$ 到 $>50\mu\text{m}$ 的范围)内的缺陷图征的工具。此组合式方法的另一优点在于其简单性。与X射线或超声波波长不同,光热系统易于构建、维护及使用。

[0026] 图2是根据本发明的一个实施例的组合式设备200的示意性表示。系统200的不同照明及输出光束图解说明为具有不同光路径,以简化图式且更清晰地展示所有光束。系统200包含基于光热MOR的模块以及基于BF的模块及基于DF的模块。MOR、BF及/或DF模块可共用任何一或多个组件或可为完全单独的模块。在所图解说明实施例中,MOR模块与BF模块共用相同照明光学器件中的一些照明光学器件,例如物镜210。BF光源产生照明光束(黑色),所述照明光束经由镜222g、中继器204、镜222d及物镜210被朝向样本(例如,晶片216)引导。同样地,泵浦源202c产生泵浦辐射光束(白色),所述泵浦辐射光束经由镜222e被朝向样本216引导且被相同物镜210聚焦到样本上。探测源202d还产生探测光束,所述探测光束经由镜222c被朝向样本216引导且被相同物镜210聚焦到样本216上。来自本文中所描述的光源中的任一者的照明光束中的任一者还可通过若干透镜,所述若干透镜用于朝向样本216转送(例如,塑形、聚焦或调整焦点偏移、过滤/选择波长、过滤/选择偏振状态、调整大小、放大、减小失真等)所述光束。

[0027] 样本216还可放置在检验系统200的载台(未标示)上,且检验系统200还可包含用于使载台(及样本)相对于入射光束移动的定位机构。以实例方式,一或多个电机机构可各自由螺杆驱动器与步进器电机、具有回馈位置的线性驱动器或带式致动器与步进器电机形成。样本216可是任何适合经图案化或未经图案化衬底,如经图案化或未经图案化硅晶片。

[0028] 一般来说,检验系统或模块的每一光学元件对于用于检测缺陷或表征样本216的特征的光的波长范围可是最佳化的。最佳化可包含(举例来说)通过选择玻璃类型、布置、形状及涂层(例如,抗反射涂层、高反射性涂层)而使波长相依像差最小化以用于使对应波长范围的像差最小化。举例来说,系统光学元件可经布置以使由BF及DF所使用的波长范围的色散导致的影响最小化。

[0029] 可使用任何适合BF源202a。BF光源的实例包含相干激光光源、激光驱动的光源(例如,深UV或气体激光产生器)、高功率等离子体光源、透照光源(例如,卤素灯)、滤光灯、LED光源等。检验系统可包含任何适合数目及类型的光源。

[0030] 除所图解说明法向角外,BF源202a还可以任何适合入射角产生任何适合宽带辐射。举例来说,可以倾斜角度朝向样本216引导BF照明光束。BF源被引导到样本上的位置可称为BF光点。BF光点可介于约 $0.5\mu\text{m}$ 到约 $5\mu\text{m}$ 之间。在一个实例中,BF光点为约 $1\mu\text{m}$ 。

[0031] 在来自光源202a的入射光束照在样本216上之后,所述光可接着从样本216反射(及/或透射)及散射,所述经反射(及/或透射)及散射光在本文中称为“输出光”或“输出光



束”。检验系统还包含用于朝向一或多个检测器引导输出光的任何适合透镜布置。响应于此BF照明光束而收集来自所述样本的对应BF输出光束。如所展示,法向输出光束(黑色)沿着法向轴经由物镜210、镜222a、222b、222c、222d、222e被收集且从光学元件222h被反射、被分束器222j分裂以照在BF检测器218a及复检摄像机218c两者上。以实例方式,BF检测器218a可呈CCD(电荷耦合装置)或TDI(时间延迟积分)检测器、光电倍增管(PMT)及其它传感器的形式。

[0032] 系统200还可包含DF通道,所述DF通道包括用于产生以特定角度(例如,所图解说倾斜角度)朝向样本216的DF照明光束(灰色)的DF光源202b。DF源被引导到样本上的位置可称为DF光点。所述DF光点可介于约 $0.5\mu\text{m}$ 到约 $10\mu\text{m}$ 之间,或更具体来说介于 $0.5\mu\text{m}$ 与 $5\mu\text{m}$ 之间。在一个实例中,DF光点为约 $1\mu\text{m}$ 。DF光点可与BF光点重合,且BF光点及DF光点两者可同时产生。或者,可同时朝向样本上的不同光点引导BF光束及DF光束。包含同时BF及DF检验的一个实例性系统是可从加利福尼亚州苗必达市的科磊公司(KLA-Tencor Corp.)购得的Altair 8900。

[0033] DF收集通道可经配置以响应于入射DF光束而收集来自样本216的经散射输出光(灰色)。如所展示,经散射DF输出光可经由物镜210、镜222a、222b、222c、222d、222e被收集且从光学元件222h及镜222f被反射以被引导到DF检测器218b。

[0034] 系统200还可包含如下文进一步所描述的用于分析来自BF模块及DF模块的输出数据的控制器与分析仪290。

[0035] 系统200还包含基于MOR的模块。泵浦源202c产生强度经调制泵浦辐射光束。举例来说,光源可包含强度经调制激光器或非相干光源。可利用包含与光纤耦合的激光系统的气体、固态或半导体激光器。泵浦源可产生具有任何适合波长范围的泵浦光束。举例来说,泵浦光束具有足够低以具有强烈的被样本(例如,硅)吸收能力同时保持在BF通道的共用照明光学器件的带宽要求内的波长范围。在特定实施方案中,泵浦光束具有介于约400nm到600nm之间的稳定波长范围。宽带可调谐源可用于实现各种波长。光谱泵浦源可用于实现来自样本的较好反射性。

[0036] 泵浦光束是强度经调制的。泵浦光束可经配置而以预定义频率调制泵浦光束或变化调制频率以获得多个调制频率下的额外数据。因此,泵浦源通常将包含调制器203,调制器203将驱动信号供应到泵浦源以用于调制泵浦光束的强度。调制频率可从几赫兹(Hz)变化到几十MHz。在一个实施方案中,调制频率具有介于约10Hz与10MHz之间的范围(例如,1MHz),此在典型半导体样本中将产生等离子体波。

[0037] 在接通泵浦光束源202c时,泵浦光束可被投射到样本的表面上,从而造成样本216的局部加热。在调制泵浦源时,局部加热(激励)及后续冷却(弛豫)可在样本216内产生一连串的热波及等离子体波。热波及等离子体波可从各种特征反射及散射并与样本216内的各种区相互作用,以使得来自泵浦光束光点的热流及/或等离子体流可被更改。在替代实施方案中,可在特殊室中及/或在特殊环境中利用温度处理使整个晶片弛豫。

[0038] 等离子体波仅产生于半导体材料中且通常不产生于导电材料(例如,铜)中,而热波产生于半导体材料及导电材料两者中。等离子体波及热波从产生区域(例如,表面上的泵浦光点)进行传播以远离表面。等离子体波及热波往往产生于材料的吸收系数较高的地方(例如,硅材料),且从晶体结构的任何瑕疵反射或取决于特定结构特性。可影响等离子体波

或热波的瑕疵或特征特性可包含空隙、颗粒、缺失或添加的材料、侧壁角度的改变、侧壁与垂直的偏差、材料的密度改变等。热波可穿透得相当深，且穿透深度可通过更改泵浦激光器的强度调制频率而改变。

[0039] 热波及等离子体波以及其与下伏结构或缺陷的相互作用及其不同吸收系数或热对比度度将对表面处的反射率具有直接影响。即，样本表面以下的更改热波及等离子体波的传递的特征及区将更改样本表面处的光反射性图案。热对比度通常取决于导热率的差乘以体积或热扩散率的差。如果缺陷与周围无缺陷结构或场之间存在热对比度，那么可发生表面反射率的显著改变。

[0040] 通过监测样本在表面处的反射率的改变，可研究关于表面以下的特性的信息。针对缺陷的检测，基于MOR的模块包含用于监测由下伏结构及/或缺陷导致的反射率改变的机构。系统200包含产生未经调制探测辐射光束的探测光束源202d。举例来说，探测源202d可为CW(连续波)激光器或者宽带或白色光源。取决于样本材料的反射率特性，探测源可产生具有任何适合波长范围的探测光束。举例来说，与铜良好合作的探测光束具有约600nm到800nm的波长范围。在另一实施例中，光源输出介于约700nm与950nm之间的范围(例如，可见、IR及/或NIR波长范围)内的照明光，以穿透3D堆叠存储器装置。光源的实例包含激光驱动的光源、高功率等离子体光源、透照光源(例如，卤素或Xe灯)、滤光灯、LED光源等。多个LED或散斑爆破(buster)激光二极管也是可能的源。

[0041] 探测光束可聚焦到探测光点上，所述探测光点共用与入射泵浦光束相同的光点的至少一部分。即，探测光束照射可与泵浦光点重合。系统200还可包含扫描元件(例如偏转器)以使泵浦光束及探测光束一起移动以扫描样本的相同区域。在泵浦或探测光束的路径中可提供至少一个光束跟踪器(例如，222c或222a)以用于调整泵浦光束及探测光束在样本上的相对位置。跟踪器可用于变化泵浦光束与探测光束的横向偏移以用于获得多个MOR测量。可法向于样本表面(如所展示)或以任何适合入射角引导探测光束。在另一实施例中，可将探测光束调整到高功率以用于使样本216快速退火。

[0042] MOR通道可包含用于响应于入射于样本上的泵浦光束及探测光束而收集从样本216反射或散射的输出辐射的收集路径。举例来说，收集路径可包含用于转送及/或放大输出光束并将输出光束引导到光热(PT)检测器218d的任何适合透镜或光学元件(例如，217)。

[0043] PT检测器218d通常经配置以监测响应于入射探测光束而从样本反射的探测光束的反射率改变。PT检测器218d感测输出辐射并产生输出信号，所述输出信号与探测光束的反射功率成比例且因此指示样本表面的变化光反射率。PT检测器218d可呈任何适合形式以检测基于MOR的信号，例如经集成强度信号。举例来说，PT检测器218d可包含一或多个光电检测器元件，例如纯硅光电二极管或光电二极管阵列。PT检测器218d优选地具有低噪声、高稳定性及低成本。

[0044] 可过滤来自PT检测器218d的输出信号以隔离与泵浦光束调制频率同步的改变。对于许多实施方案，可使用外差或锁定检测系统来执行过滤。第5,978,074号美国专利描述几个实例性锁定检测系统，所述美国专利以其全文引用的方式并入本文中。锁定检测器还可用于测量检测器输出的同相(I)及正交(Q)分量。输出信号的两个通道(即，振幅 $A_2 = I_2 + Q_2$ 及相位 $\theta = \arctan(I/Q)$ )常规分别称为经调制光反射比(MOR)或热波(TW)信号振幅及相位。

[0045] 控制器或分析仪290还可经配置以用于分析来自PT光电检测器218d的输出。一般

来说,监测与经调制泵浦信号相比反射率信号的相位及改变。半导体中的总MOR信号中与热及载子等离子体相关的分量的动态由以下通用公式给出:

$$[0046] \quad \left( \frac{\partial R}{\partial T} + \frac{\partial R}{\partial N} \Delta N_o \right)$$

[0047] 其中  $\Delta T_0$  及  $\Delta N_0$  为半导体的表面处的温度及载子等离子体密度,  $R$  为光反射比,  $\delta R/\delta T$  为温度反射系数, 及  $\delta R/\delta N$  为载子反射系数。对于硅,  $\delta R/\delta T$  在光谱的可见且近UV部分中为正, 而  $\delta R/\delta N$  在所关注的整个光谱区中保持为负。正负号差异导致热波与等离子体波之间的相消干扰且在特定条件下减少总MOR信号。此效应的量值取决于半导体样本的性质及光热系统的参数, 尤其取决于泵浦及探测波长。

[0048] 分析仪与处理器290还可与用于控制或感测操作参数的系统组件中的一或者者通信地耦合。举例来说, 处理器290可经配置以调整及控制经由调制器203对泵浦光束的调制。

[0049] 系统200还可包含用于提供目标样本的自动聚焦的自动聚焦模块206。自动聚焦通常产生由镜222a穿过物镜210朝向样本引导的自动聚焦光束且接着检测响应信号以确定及调整焦点。在此实施例中, 自动聚焦共用与基于BF的模块及基于MOR的模块相同的物镜。

[0050] 图3是根据本发明的替代实施例的检验系统300的图解表示。此系统300可包含关于图2的系统所描述的组件中的一或者者。如在图3中所展示, 系统可包含用于产生入射光束的BF光源302a, 例如宽带光源。光源的实例包含相干激光光源、激光驱动的光源(例如, 深UV或气体激光产生器)、高功率等离子体光源、透照光源(例如, 卤素灯)、滤光灯、LED光源等。检验系统可包含任何适合数目及类型的光源。

[0051] 来自BF光源302a的入射光束接着通过若干透镜, 所述若干透镜用于朝向样本316转送(例如, 塑形、聚焦、调整大小、放大、减小失真等)所述光束。在所图解说明实施例中, 入射光束通过使入射光束准直的透镜304, 且接着通过使入射光束会聚的透镜306。入射光束接着被分束器312接收, 分束器312接着使入射光束反射穿过物镜透镜314, 物镜透镜314以一或多个入射角将入射光束聚焦到样本316上。

[0052] 检验系统300还可包含照明选择器305, 照明选择器305定位在来自光源302a的照明光束的光瞳平面处。在一个实施例中, 照明选择器305呈可构造光瞳孔口的形式, 所述可构造光瞳孔口可调整以在光瞳平面处产生多个不同照明光束轮廓。检验系统300还可包含一或多个定位机构, 所述一或多个定位机构用于将照明选择器的不同孔口构造选择性地移动到来自光源302a的入射光束的路径中。

[0053] 在来自光源302a的入射光束照在样本316上之后, 所述光可接着从样本316反射(及/或透射)及散射, 所述经反射(及/或透射)及散射光在本文中称为“输出光”或“输出光束”。所述检验系统还包含用于朝向一或多个检测器引导输出光的任何适合透镜布置。在所图解说明实施例中, 输出光通过分束器312、傅里叶平面中继透镜320、成像孔口322及变焦透镜324。傅里叶平面中继透镜通常将样本的傅里叶平面转送到成像孔口322。成像孔口322可经构造以阻挡输出光束的部分。举例来说, 孔口322经构造以在明场检验模式中传递物镜数值孔径内的所有输出光, 且经构造以在暗场检验模式期间仅传递来自样本的经散射光。滤光器还可定位在成像孔口322处以阻挡较高阶输出光束以过滤来自经检测信号的周期性结构。

[0054] 在穿过成像孔口322之后, 输出光束可接着通过任何数目个光学元件(例如, 分束

器332a、332b及332c),且接着通过用于放大样本316的图像的变焦透镜324。输出光束接着照在检测器326a上。以实例方式,检测器可呈CCD(电荷耦合装置)或TDI(时间延迟积分)检测器、光电倍增管(PMT)及其它传感器的形式。

[0055] 系统300还可包含用于产生泵浦光束的泵浦源302b,所述泵浦光束被一或多个透镜及光学元件(例如,334a、332a到332c、320、312及314)朝向样本316引导。同样地,探测源302c产生探测光束,所述探测光束被一或多个透镜及光学元件(例如,334b、332b、332c、320、312及314)朝向样本316引导。来自样本316的输出光束还被一或多个透镜(例如,314、312、320、332及336)朝向PT检测器326b引导。

[0056] 由以上所描述系统的传感器撷取的信号可通过控制器或分析仪系统(290或310)进行处理,所述控制器或分析仪系统可包含具有模/数转换器的信号处理装置,所述模/数转换器经配置以将来自传感器的模拟信号转换为数字信号以供处理。控制器可经配置以分析所感测光束的强度、相位及/或其它特性。控制器可经配置(例如,运用编程指令)以提供用于显示如本文中进一步所描述的所得测试图像及其它检验特性的用户接口(例如,在计算机屏幕上)。控制器还可包含一或多个输入装置(例如,键盘、鼠标、操纵杆),所述一或多个输入装置用于提供用户输入,例如改变孔口构造、观看检测结果数据或图像、设置检验工具配方。在一些实施例中,控制器经配置以实施下文详述的孔口选择或检验技术。本发明的技术可以硬件及/或软件的任何适合组合形式实施。控制器通常具有经由适当总线或其它通信机构耦合到输入/输出端口及一或多个存储器的一或多个处理器。

[0057] 控制器可为软件与硬件的任何适合组合且通常经配置以控制检验系统的各种组件。举例来说,控制器可控制照明源的选择性激活、泵浦源的调制、照明选择器/孔口设定、成像孔口设定等。控制器还可经配置以接收由每一检测器产生的图像或信号并分析所得图像或信号以确定样本上是否存在缺陷、表征样本上存在的缺陷或以其它方式表征样本。举例来说,控制器可包含处理器、存储器及经编程以实施本发明的方法实施例的指令的其它计算机外围设备。

[0058] 由于此些信息及程序指令可实施于经特殊配置的计算机系统上,因此此系统包含可存储于计算机可读媒体上的用于执行本文中所描述的各种操作的程序指令/计算机代码。机器可读媒体的实例包含但不限于:磁性媒体(例如硬盘、软盘及磁带);光学媒体(例如CD-ROM磁盘);磁光媒体(例如光盘);及经特殊配置以存储并执行程序指令的硬件装置,例如只读存储器装置(ROM)及随机存取存储器(RAM)。程序指令的实例包含例如由编译器产生的机器代码及含有可由计算机使用解译器来执行的更高级代码的文件两者。

[0059] 应注意,以上说明及图式不应视为对系统的特定组件的限制且所述系统可以许多其它形式体现。举例来说,预期,检验或测量工具可具有来自经布置以用于检测缺陷及/或解析光罩或晶片的特征的关键方面的任何数目个已知成像或计量工具的任何适合特征。以实例方式,检验或测量工具可经调适以用于明场成像显微术、暗场成像显微术、全天空成像显微术、相位对比显微术、偏振对比显微术及相干探针显微术。还预期,可使用单图像或多图像方法以撷取目标的图像。举例来说,这些方法包含单取、双取、单取相干探针显微术(CPM)及双取CPM方法。非成像光学方法(例如散射测量)也可涵盖为检验或计量设备的形成部分。

[0060] 明场(BF)及暗场(DF)模块可检测表面上的或由极薄膜覆盖的缺陷。这些模块通常

可仅在表面以下的缺陷较靠近表面或表面以下的缺陷在堆叠中产生可传播到表面且因此形成可检测表面缺陷的凸块时检测到表面以下的缺陷。基于MOR的模块可检测位于样本内较深处(例如,在TSV结构的底部处或侧壁上)的缺陷。

[0061] 可同时使用BF/DF模块及基于MOR的模块来检测表面及样本内较深处两者上的缺陷或分析表面及样本内较深处两者上的特性。即使对于靠近表面或在表面上的缺陷,也可一起使用BF/DF模块及基于MOR的模块来增强对此类缺陷的表征。BF/DF检验及基于MOR的检验可针对相同位置产生不同缺陷或特性。下文进一步描述用于找出缺陷并获得特征特性的分析技术。一般来说,可使用BF/DF模块及基于MOR的模块来找出具有不同热及光学图征的缺陷。

[0062] 在另一实施例中,可依序使用BF/DF模块及基于MOR的模块以增强检验过程。尽管未要求,但BF或DF模块可与基于MOR的模块共用检测器,这是因为此些模块不同时被使用。

[0063] 图4是图解说明根据本发明的一个实施例的检验程序400的流程图。如所展示,在操作402中,首先产生BF并朝向样本光点引导所述BF。任选地,还可朝向此初始样本光点引导DF照明光束。在操作404中,接着可检测响应于BF(及DF)照明光束而来自样本光点的BF(及DF)输出光束。可同时收集BF输出数据及DF输出数据,例如经检测信号或图像。

[0064] 在操作406中,接着可确定是否已到达最后光点。举例来说,确定BF(及任选地DF)光束是否已扫描整个待检验区域。可运用BF(及DF)光束扫描整个样本或样本的一部分。如果尚未到达最后样本光点,那么在操作408中,接着可使样本相对于BF(及DF)照明光束移动以扫描下一光点。

[0065] BF(及DF)光束可跨越样本的个别扫描带进行扫描。举例来说,BF光束及DF光束沿第一扫描方向跨越第一扫描带进行扫描。这些BF光束及DF光束接着可沿与第一扫描带的扫描方向相反的扫描方向跨越另一第二扫描带进行扫描,使得迂回扫描模式得以实施。或者,BF光束及DF光束可以任何适合扫描模式(例如圆形或螺旋形扫描模式)跨越样本进行扫描。当然,在扫描期间可能必须以不同方式(例如,以圆形图案)布置传感器及/或可以不同方式移动(例如,旋转)样本以从样本扫描圆形或螺旋形形状。

[0066] 在完成初始扫描之后,在操作410中,接着可基于所检测BF(及DF)输出光束而确定所检验区域的表面或近表面特性以找出在表面以下可能具有额外缺陷的候选位置。即,可通过分析BF(及DF)输出数据来定位可能含有不在表面上或不在近表面处的缺陷的候选位置。

[0067] 在一个实施例中,执行晶粒对晶粒、单元对单元或晶粒对数据库比较以定位高于特定阈值的差异,且接着可将这些差异分类为特定缺陷类型。这些缺陷类型中的一些缺陷类型可经确定为与较深缺陷相关。

[0068] 通过BF通道及DF通道可见不同类型的缺陷或特性。BF输出数据通常可用于检测表面结构的呈平面变形形式的缺陷。举例来说,一些结构可显得比其被设计的大或小。BF输出数据还可(举例来说)以颜色改变的形式指示膜厚度的改变。BF响应中的颜色改变还可受材料本身的改变(例如,密度改变)影响。另外,已变得有缺陷的结构群组(即使仅群组内的个别结构是有缺陷的)可影响周围结构。相比之下,DF输出数据可检测表面上的颗粒缺陷及粗糙度、特定结构的结构高度的局部渐变等。

[0069] 可使用从BF或DF输出数据获得的一些缺陷或样本特性类型来找出用于进一步基

于MOR的复检的候选位置。举例来说,特定Cu填充的穿硅通孔(TSV)或TSV结构群组在特定缺陷类型(例如,变形)或特性(例如,颜色)方面与其它TSV结构相比可具有差异。这些TSV可被选为用于通过基于MOR的模块进一步复检的候选者。

[0070] 在另一实例中,使用区域异常的平均化BF/DF技术来监测所述过程。可按区域监测样本的从BF/DF通道获得的缺陷大小、计数或其它特性的平均值。举例来说,与拥有相同类型的结构(例如TSV)的其它区域相比,特定区域可具有较大平面结构。可选择偏离其它样本区域的平均值或均值达预定阈值的区域作为用于较深基于MOR的复检的候选者。或者,可选择对偏离区域内的若干位置进行的取样用于进一步基于MOR的复检。举例来说,具有多个TSV结构的特定大区域可确定为具有较大结构,所述较大结构可包含或不包含TSV结构。接着可选择对此特定大区域内的TSV结构进行的取样或选择此特定大区域内的所有TSV结构用于基于MOR的复检。在一个实施例中,候选TSV位置选定为是跨越特定区域而分布。

[0071] 在操作412中,可产生泵浦光束及探测光束(例如,来自基于MOR的模块)并朝向样本上的第一候选位置引导所述泵浦光束及探测光束。在操作414中,接着可检测响应于泵浦照明光束及探测照明光束而来自候选位置的基于MOR的输出光束。将经调制泵浦光束引导到样本上的第一候选位置处的泵浦光点,且将探测光束引导到此泵浦光点的至少一部分。举例来说,通过如上文所描述的PT检测器来检测来自探测光束的经反射信号。

[0072] 在操作415中,可根据基于MOR的输出光束而确定在候选位置处的在表面以下的特征特性。可使用从基于MOR的模块获得的反射率数据来找出在候选位置处位于样本深处的缺陷或进一步表征在候选位置处位于样本深处的特征。可使用基于MOR的复检而监测、测量或找出的较深缺陷及特征特性可包含空隙、颗粒、缺失或添加的材料、侧壁角度的改变、侧壁与垂直的偏差、材料的密度改变等。

[0073] 可分析已知深(或非表面)特性及缺陷的训练集以确定其基于MOR的输出信号。还可产生及训练若干模型以根据基于MOR的反射率输出数据来计算特定特性值或缺陷类型。

[0074] 在操作416中,接着可确定是否已复检最后候选者。如果否,那么在操作418中,可使样本相对于泵浦照明光束及探测照明光束移动以扫描下一候选位置。使用基于MOR的通道来收集针对每一候选位置的基于MOR的输出数据,直到复检最后候选者为止。

[0075] 在达到最后候选位置之后,在操作420中,接着可确定样本是否合格。举例来说,确定缺陷是合格率限制缺陷还是仅为滋扰类型的缺陷。可分析基于BF、DF及MOR的全部缺陷及特征特性以确定样本是否合格。还可确定特定特征特性是否不合规格。如果样本不合格,那么可更改过程;在操作422中,可修复样本或可舍弃样本。在一个实施方案中,舍弃样本且更改过程。如果样本合格,那么程序400可结束,且样本可用作产品或被进一步处理在进一步处理之后,可再次检验样本。

[0076] 在第一检验遍次中使用BF/DF通道来找出用于进一步基于MOR的复检的候选位置可产生更高效检验过程。BF/DF扫描显著快于基于MOR的扫描。即,可使用BF及/或DF检验过程快速地扫描样本。接着可通过基于MOR的通道再次复检推测的候选位置。可将基于MOR的复检获得的数据添加到来自BF及/或DF检验的数据,以提供用于监测特征特性或找出样本上的缺陷的更全面分析。

[0077] 基于MOR的输出数据可用于改良BF输出数据及DF输出数据的敏感度。在TSV实例中,可通过调整泵浦光束调制频率而显著变化铜的热扩散长度。在低调制频率下,系统的热



扩散长度及敏感区可为50um到100um大,从而允许Cu TSV结构中的深空隙的表征(40um到60um深及3um到8um宽)。

[0078] BF模块还可用于确定TSV是否在运用基于MOR的模块进行检验之前已被氧化。举例来说,可复检对TSV图像进行的取样以确定是否存在氧化物。在TSV结构的基于MOR的探测期间存在氧化物可致使所述氧化物被泵浦激光烧尽并造成不可靠结果。将氧化物从此类TSV结构或类似结构移除可是有益的。如果存在氧化物,那么可对样本进行抛光(或实施某一其它技术)以移除氧化物。接着可进行基于MOR的检验。

[0079] BF模块还可用于使泵浦光束及探测光束关于目标结构对准。举例来说,BF输出数据可用于对准泵浦光束及探测光束以准确地探测目标结构的一或多个特定目标位置。在特定实例中,目标结构为TSV结构。图5是图解说明根据本发明的特定实施方案的用于对准基于MOR的照明光束的程序500的流程图。首先,在操作502中,可产生BF照明光束并使BF照明光束在目标结构上方进行扫描。在操作504中,接着可检测响应于BF照明光束而来自目标结构的BF输出光束。在一个实例中,可基于BF输出光束而产生目标结构的图像。

[0080] 在操作506中,接着可分析BF输出光束以确定经扫描目标结构上的一或多个目标位置。在一个实施例中,可确定目标的边缘,且接着可确定目标的中心以用于基于MOR的探测。举例来说,可跨越目标结构的宽度(或半径)获得一行像素,且可使用此行来找出目标结构的中心。或者,可跨越目标结构获得两个正交方向的像素以接着定位目标结构的中心。

[0081] 如果目标结构与探测光束相比较大,那么若干目标位置可选定为是跨越目标结构而分布以基本上覆盖目标结构的区域。在分布式探测方法中,可选择特定图案的目标位置以用于系统地探测目标结构。在一个实例中,选择从结构的中心螺旋而出的螺旋图案的位置。在另一实例中,选择可跨越目标以迂回模式进行扫描的栅格位置。在TSV实例中,探测TSV以覆盖整个TSV结构。

[0082] 一旦确定了一或多个目标位置,在操作508中,接着便可产生泵浦光束及探测光束并朝向样本上的第一目标位置引导所述泵浦光束及探测光束。在操作510中,接着检测响应于泵浦照明光束及探测照明光束而来自目标位置的基于MOR的输出光束。在操作512中,接着可确定是否已到达最后目标位置。即,确定探测模式是否完成。如果尚未到达最后目标位置,那么在操作514中,可使样本相对于泵浦照明光束及探测照明光束移动以扫描下一目标位置。

[0083] 在探测最后目标位置之后,在操作516中,接着可根据基于MOR的输出光束而确定目标结构在表面以下的特征特性,如下文进一步描述。可在任何数目个目标结构上重复对准程序500。

[0084] 尽管用于表征深缺陷或特征的检验系统及技术在本文中描述为应用于一些类型的TSV结构,但应理解,本发明的实施例可应用于任何适合3D或垂直半导体结构,例如使用太比特单元阵列晶体管(TCAT)、垂直堆叠阵列晶体管(VSAT)、成本扩展型位技术(BiCST)、管状BiCS技术(P-BiCS)等形成的NAND或NOR存储器装置。垂直方向通常为垂直于衬底表面的方向。另外,可在制作流程的任一点处应用检验实施例,所述制作流程致使多个层形成于衬底上,且这些层可包含任何数目及类型的材料。

[0085] 检验/复检工具的光学布局可不同于上文所描述的光学布局。举例来说,物镜透镜可为许多可能布局中的一者,只要针对特定选定波长带或子带使透射涂层最佳化且使每一

波段内的像差最小化即可。可使用任何适合透镜布置来朝向样本引导每一照明光束且朝向每一检测器引导从样本发出的输出光束。系统的照明及收集光学元件可是反射性或透射性的。输出光束可从样本反射或散射或者透射穿过样本。

[0086] 尽管出于清楚理解的目的已相当详细地描述了前述发明,但将明了,可在所附权利要求书的范围内实践一些改变及修改。应注意,存在实施本发明的过程、系统及设备的许多替代方式。因此,本发明实施例应视为说明性的而非限制性的,且本发明不限于本文中所给出的细节。



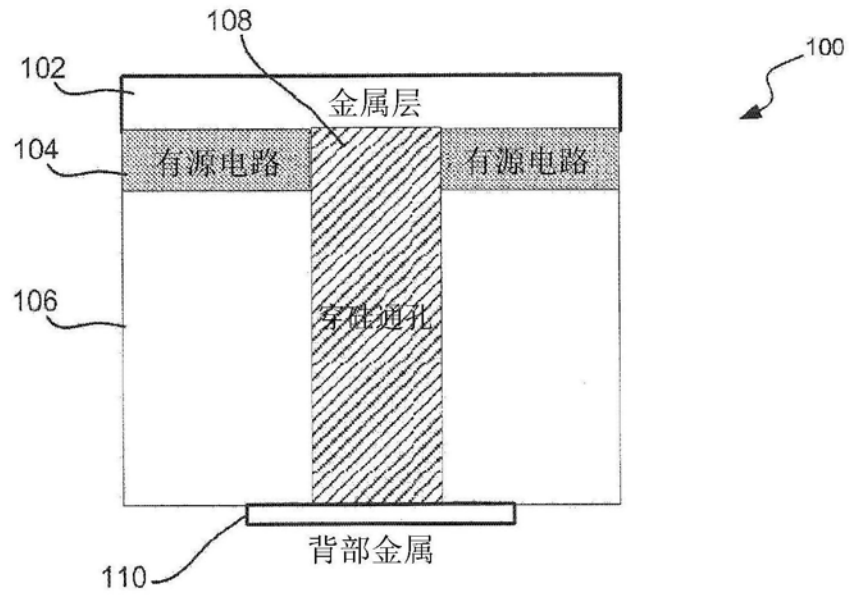


图1A

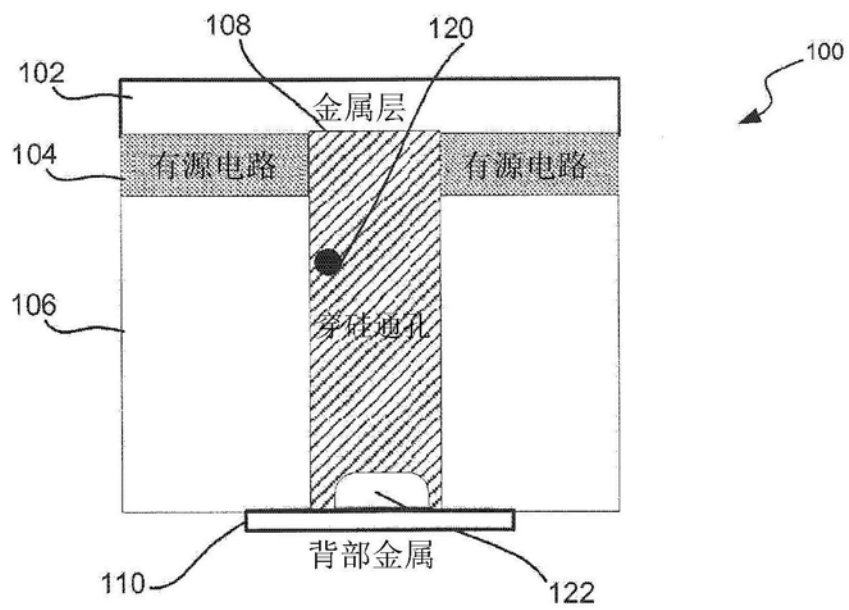


图1B

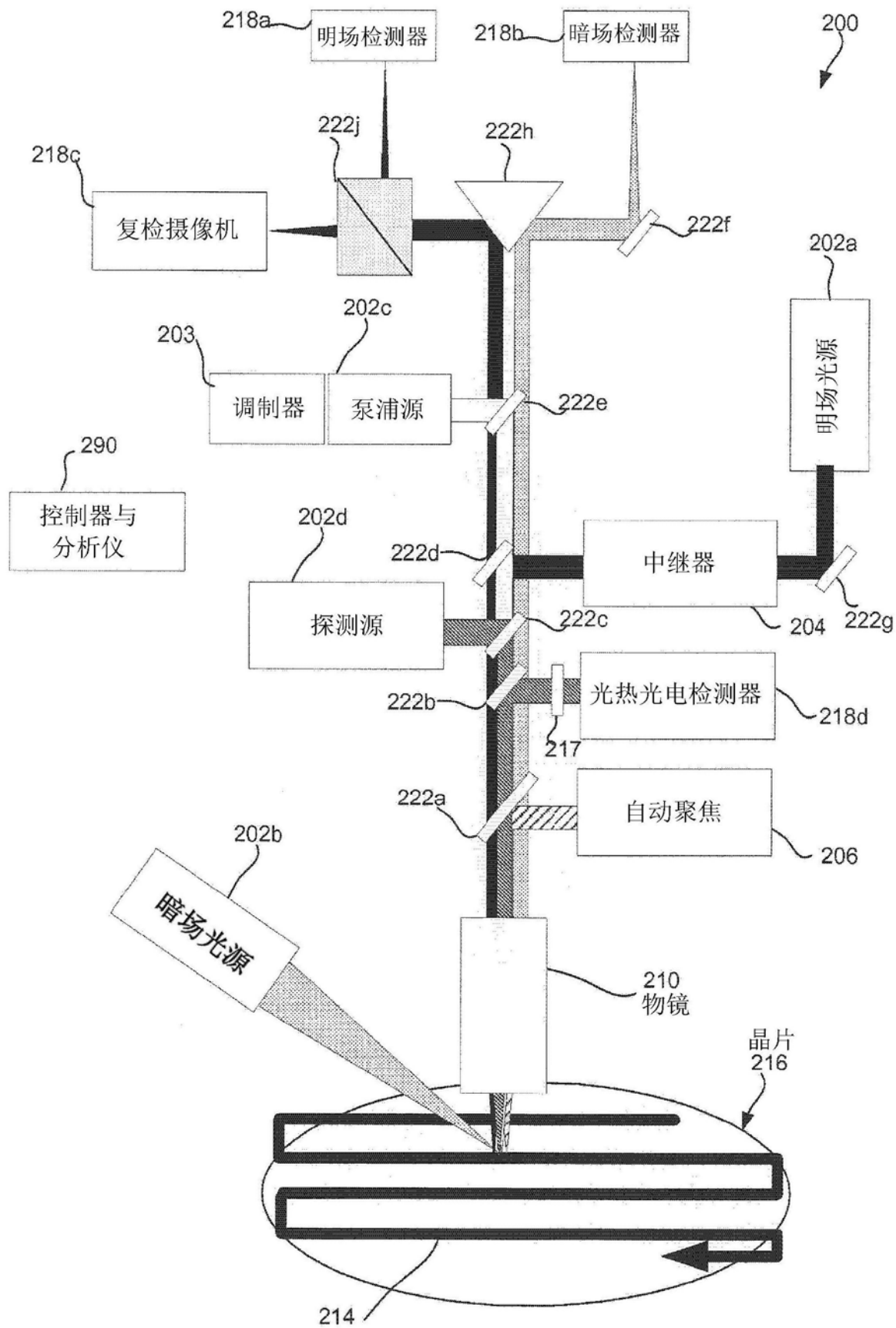


图2

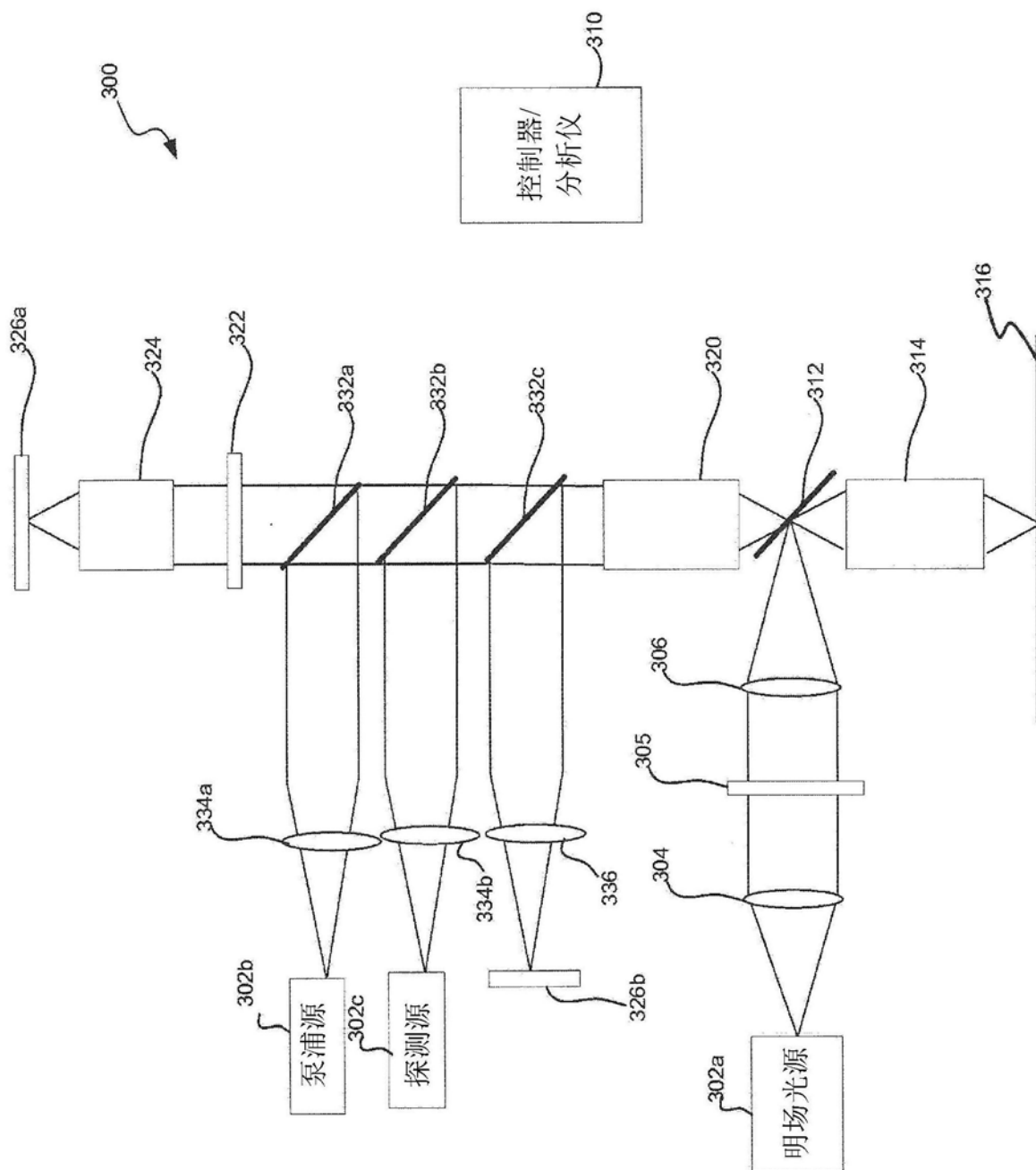


图3

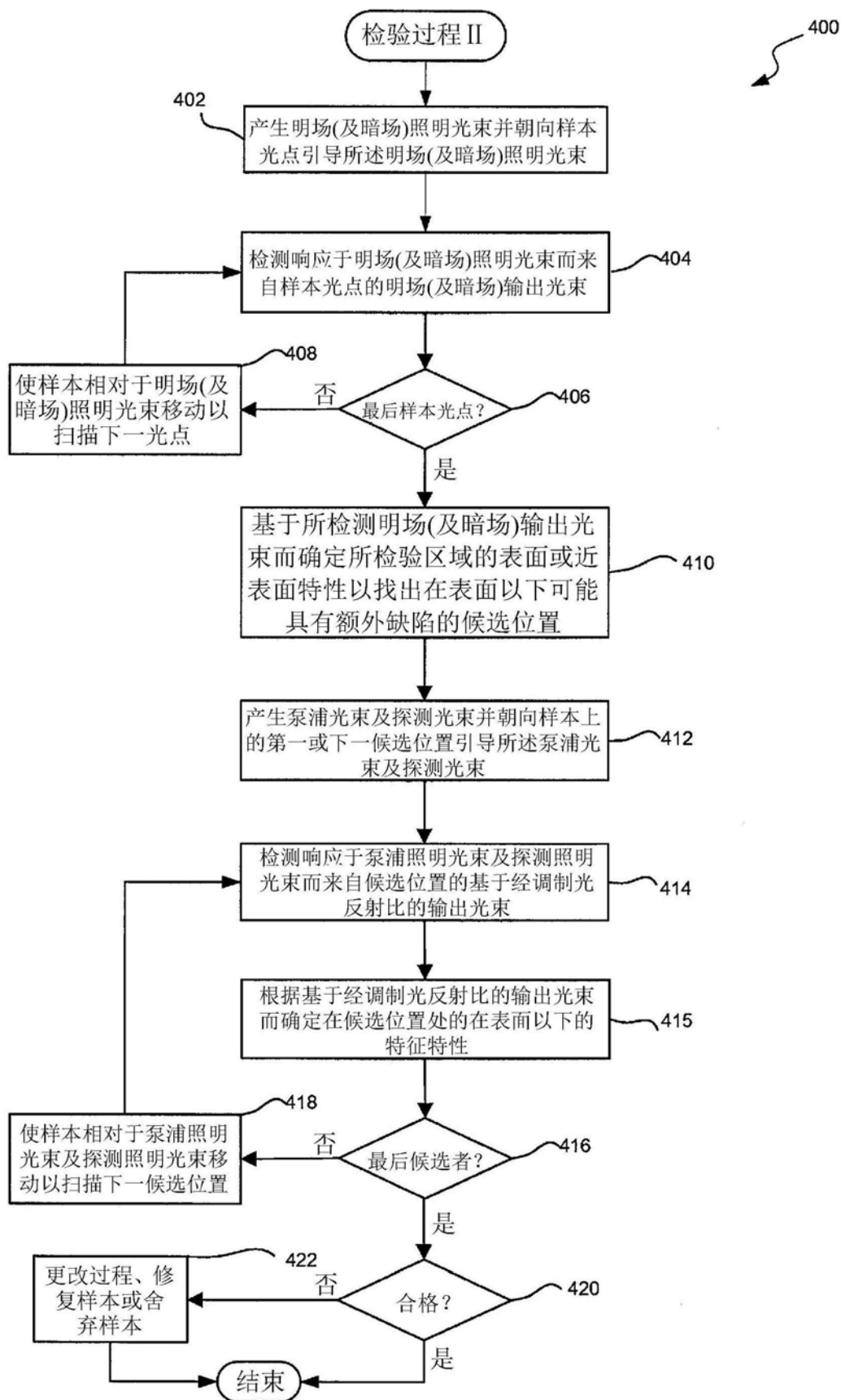


图4

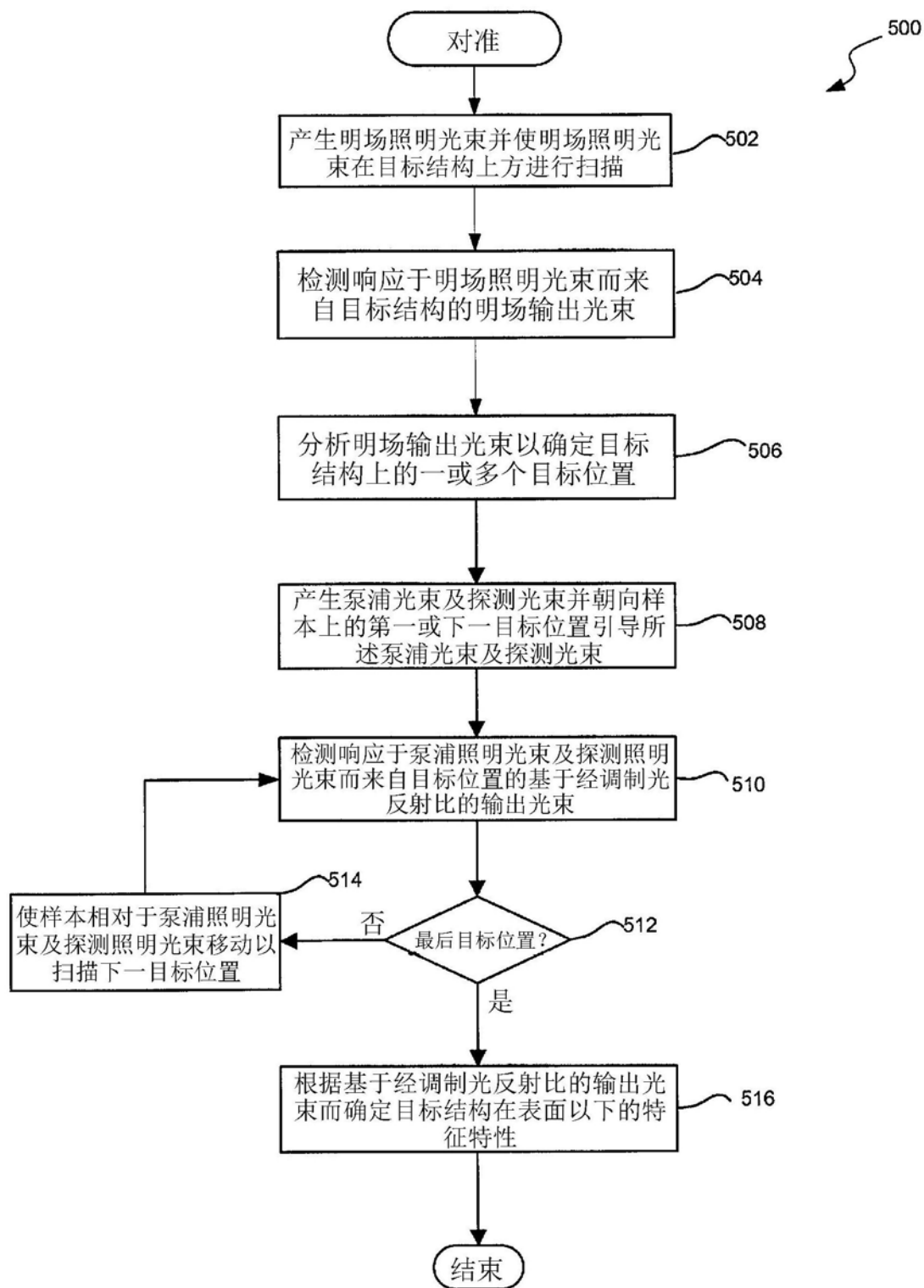


图5