



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107345788 A

(43)申请公布日 2017. 11. 14

(21)申请号 201610289406.5

(22)申请日 2016.05.04

(71)申请人 中国科学院福建物质结构研究所
地址 350002 福建省福州市鼓楼区杨桥西路155号

(72)发明人 陈树强 邓浩 朱振国 余金清

(74)专利代理机构 北京元周律知识产权代理有限公司 11540

代理人 张莹

(51) Int. Cl.

G01B 11/00(2006.01)

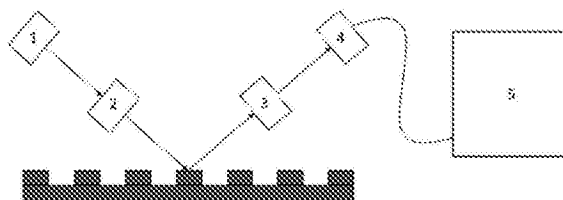
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种平行光微光斑光学关键尺寸分析及检测方法

(57)摘要

本申请公开了一种平行光微光斑光学关键尺寸检测方法,采用该检测方法,能够分析微电子结构中垂直侧壁结构与非垂直侧壁结构。该检测方法先通过光谱仪检测到样品的关注参数曲线,再通过建立样品结构光栅周期、占空比、光栅厚度等关键尺寸信息的微电子周期结构物理模型,模拟计算出样品的零级衍射率曲线,并将模拟所得零级衍射率曲线与光谱仪检测到的零级衍射率曲线拟合分析,最终反演出待测微电子周期结构的关键尺寸。本申请公开了一种用于上述方法的检测装置,该装置能够检测分析微电子结构中垂直侧壁结构与非垂直侧壁结构,且对非垂直侧壁结构检测分析速度快。该方法及装置能够对非垂直侧壁结构进行快速检测分析。



1. 一种平行光微光斑关键尺寸检测方法,其特征在于,所述方法至少包括步骤:

a)将光源发出的光束入射到样品表面,测得样品关注参数曲线;

b)设定样品初始关键尺寸结构参数,建立基于初始关键尺寸结构参数的数学物理模型,计算数学物理模型的模拟关注参数曲线;

c)将步骤b)中计算得到的所述模拟关注参数曲线与步骤a)中测得的所述样品关注参数曲线对比:如曲线对比结果不一致,则修改步骤b)中所述数学物理模型所基于的关键尺寸结构参数,重新计算所述模拟关注参数曲线并与步骤a)中测得的所述样品关注参数曲线对比;如曲线对比结果一致,则以当前的所述数学物理模型的关键尺寸结构参数作为样品的关键尺寸结构参数。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述关注参数曲线包括零级衍射率曲线和/或椭圆偏振参数曲线;

所述步骤a)为将宽谱光源发出的光束经过准直和汇聚后,转换为线偏振光入射到样品表面,由光谱仪测得样品关注参数曲线。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤b)中采用严格耦合波分析算法建立垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型的模拟关注参数曲线;采用层吸收算法建立非垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型的模拟关注参数曲线;

所述步骤b)中关键尺寸结构参数包括光栅周期、占空比、光栅厚度和/或非垂直侧壁结构参数。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述严格耦合波分析算法与层吸收算法结合CPU/GPU架构数据处理器实施CUDA并行计算。

5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述层吸收算法建立非垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型中,将非垂直侧壁栅脊结构划分10~500个阶梯近似薄层进行层吸收算法模拟计算;

优选地,所述层吸收算法建立非垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型中,将非垂直侧壁栅脊结构划分10~200个阶梯近似薄层进行层吸收算法模拟计算;所述阶梯近似薄层平行于样品待测表面。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤c)中曲线对比的方法为列文伯格-马夸尔特法,曲线对比结果的均方差小于 2×10^{-3} 或最大绝对误差小于 5×10^{-3} 时判定为曲线对比结果一致。

7. 一种用于权利要求1至6任一项所述检测方法的平行光微光斑光学关键尺寸检测装置,其特征在于,所述检测装置包括宽谱光源、光束控制部、探测镜头、光谱仪及数据处理器;

所述宽谱光源发射出的光束通过所述光束控制部之后,入射到样品表面产生出射光,出射光通过探测镜头由光谱仪检测得到出射光谱信号,出射光谱信号输入所述数据处理器,经数据处理器处理后输出样品表面的关键尺寸;

所述数据处理器能够将光谱仪检测得到出射光谱信号与建立的数学物理模型得到的模拟光谱信号对比并输出对比结果。

8. 根据权利要求7所述的检测装置,其特征在于,所述宽谱光源的波谱范围为190nm~1100nm;

所述宽频光源所发出的光束为汇聚光束；

所述关键尺寸结构参数包括光栅周期、占空比、光栅厚度和/或非垂直侧壁结构参数。

9. 根据权利要求7所述的检测装置,其特征在于,所述光束控制部包括针孔或光纤接头、第一准直镜片组、偏振器、可调光阑和第一汇聚镜片组;光束依次通过所述针孔或光纤接头、第一准直镜片组、偏振器、可调光阑和所述第一汇聚镜片组,在样品表面形成汇聚光斑;

光束通过所述偏振器后获得线偏振光,所述偏振器可调节线偏振光的偏振方向;

所述第一准直镜片组对波谱范围为190nm~1100nm的光束进行消色差准直;

所述可调光阑能够调节光束的直径;

所述第一汇聚镜片组对波谱范围为190nm~1100nm的光束进行消色差汇聚,光束汇聚角小于 5° 。

10. 根据权利要求7所述的检测装置,其特征在于,所述探测镜头的光路与所述光谱仪直接相通或者所述探测镜头通过光纤与所述光谱仪相连;

所述探测镜头包括第二准直镜片组和第二汇聚镜片组;

所述第二准直镜片组对波谱范围为190nm~1100nm的光束进行消色差准直;

所述第二汇聚镜片组对波谱范围为190nm~1100nm的光束进行消色差汇聚。

一种平行光微光斑光学关键尺寸分析装置及检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学工程领域,涉及一种微电子结构光学关键尺寸测试/分析系统的模拟检测方法。

背景技术

[0002] 半导体及其他微电子产业中,芯片结构在设计 and 制造时,对其微电子结构关键尺寸(CD)的有效快速检测是提高芯片量产良品率和效率的重要手段。芯片集成度高,通过制版、光刻、刻蚀等一系列工艺后,芯片上的结构(Pattern)将形成周期性排列。周期性排列微结构的尺寸检测方法较多,如传统光学显微镜技术、显微术(EM)、探针显微术(SPM)等。但是这些检测方法或者需要复杂的显微镜设备,或者需要高真空环境测试,或者只能实现表面轮廓形貌测试,或者对微结构会造成破坏,因此都难以实现量产过程中的在线快速检测。利用光学衍射原理则可以对微电子结构关键尺寸实现在线检测,它对测试环境要求简单,也可分析结构非表面层的尺寸参数,因此成为CD测试/分析中重要的技术手段。该技术起源于光栅设计与制备过程中的衍射度量术,通过对周期性结构远场衍射特性分析从而获取结构特征参数,如魏石铭的博士论文“衍射度量术在光栅形貌测量与小阶梯光栅制作中的应用”所述。在半导体微电子领域中,由于侧重于对芯片关键尺寸的测量,该技术更多的被称为光学关键尺寸检测(OCD)。该技术在国际上已有三十多年发展史,早期的OCD检测采用标量衍射模型模拟微结构中电磁场以实现CD测试/分析。但是随着半导体产业中工艺制程的不断升级,如先进技术节点持续更新(目前半导体行业已进入16nm量级芯片量产)以及复杂结构(FinFET鳍式场效应晶体管等)广泛应用,标量衍射模型已难以适应OCD检测中的精度要求,更精确模拟微结构衍射电磁场的矢量衍射模型开始被普遍采用,其中严格耦合波分析(RCWA)是主要算法。其它还包括一些频域、时域有限差分法的OCD应用。虽然RCWA非常适合垂直侧壁周期结构的衍射模拟,但是对于任意形貌的复杂周期结构则往往需要通过阶梯近似技术计算。值得注意的是,阶梯近似的多层划分对RCWA的计算效率影响较大,因为对于多层模型,RCWA需要逐层计算特征值这一耗时问题。因此选择规避了特征值求解问题的层吸收法(SAM)模拟多层模型的衍射电磁场可以有效提高OCD检测效率。此外由于SAM法在计算多层模型时避免了层内难以并行分解处理的特征值问题,而且SAM模型各层间也可并行计算,因此它更易于结合并行处理计算平台(如GPU/CPU架构工作站)提高其计算效率。更进一步,一般的传统OCD检测系统对于复杂的一维微电子结构和二维结构均需要实施“先建库后分析”的检测策略,选择SAM法则可对更多一维结构实施“实时模拟后分析”的检测策略。工程实际中,软件分析工具可以同时提供RCWA与SAM算法路径,针对垂直侧壁与非垂直侧壁复杂物理模型,优选对应算法路径,实现微电子结构关键尺寸光学检测系统的高效分析。

发明内容

[0003] 根据本申请的一个方面,提供了一种平行光微光斑光学关键尺寸检测方法,采用该检测方法,能够分析微电子结构中垂直侧壁结构与非垂直侧壁结构。该检测方法先通过

光谱仪检测到的关注参数曲线,再通过建立样品结构光栅周期、占空比、光栅厚度等关键尺寸信息的微电子周期结构物理模型,模拟计算出样品的零级衍射率曲线,并将模拟所得零级衍射率曲线与光谱仪检测到的零级衍射率曲线拟合分析,最终反演出待测微电子周期结构的关键尺寸。该装置能够对非垂直侧壁结构进行快速检测分析。

[0004] 所述平行光微光斑光学关键尺寸检测方法,其特征在于,所述方法至少包括步骤:

[0005] a)将光源发出的光束入射到样品表面,测得样品关注参数曲线;

[0006] b)设定样品初始关键尺寸结构参数,建立基于初始关键尺寸结构参数的数学物理模型,计算数学物理模型的模拟关注参数曲线;

[0007] c)将步骤b)中计算得到的所述模拟关注参数曲线与步骤a)中测得的所述样品关注参数曲线对比:如曲线对比结果不一致,则修改步骤b)中所述数学物理模型所基于的关键尺寸结构参数,重新计算所述模拟关注参数曲线并与步骤a)中测得的所述样品关注参数曲线对比;如曲线对比结果一致,则以当前的所述数学物理模型的关键尺寸结构参数作为样品的关键尺寸结构参数。

[0008] 所述样品关注参数曲线、所述模拟关注参数曲线中的关注参数曲线是指能够表征样品表面关键尺寸结构参数的光学光谱曲线。优选地,所述关注参数曲线包括零级衍射率曲线和/或椭圆偏振参数曲线。

[0009] 优选地,所述步骤a)为将宽谱光源发出的光束经过准直和汇聚后,转换为线偏振光入射到样品表面,由光谱仪测得样品关注参数曲线。

[0010] 所述检测到的样品的零级衍射率曲线,由光谱仪检测到的零级衍射光谱曲线与光源光谱强度曲线的比值得到。

[0011] 优选地,所述步骤b)中采用严格耦合波分析算法建立垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型的模拟关注参数曲线;采用层吸收算法建立非垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型的模拟关注参数曲线。

[0012] 进一步优选地,所述层吸收算法建立非垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型中,将所述非垂直侧壁栅脊结构划分10~500个阶梯近似薄层进行层吸收算法模拟计算。更进一步优选地,所述层吸收算法建立非垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型中,将所述非垂直侧壁栅脊结构划分10~200个阶梯近似薄层进行层吸收算法模拟计算。对于简单的非垂直侧壁结构,可以划分较少的阶梯近似薄层进行模拟,能够较少分析时间;对于较复杂的非垂直侧壁结构,一般可以划分200个、最多划分500个阶梯近似薄层即可进行有效的模拟分析。作为一个优选的实施方式,所述层吸收算法建立非垂直侧壁栅脊样品的数学物理模型中,将所述非垂直侧壁栅脊结构划分65个阶梯近似薄层进行层吸收算法模拟计算。

[0013] 优选地,所述阶梯近似薄层平行于样品待测表面。

[0014] 优选地,所述步骤b)为先建立基于样品关键尺寸结构参数的数学物理模型数据库,并计算样品数学物理模型的模拟关注参数曲线数据库;

[0015] 所述步骤c)为将步骤b)中计算得到的模拟关注参数曲线数据库与步骤a)中测得的所述样品关注参数曲线对比,选取曲线对比结果一致的数学物理模型的关键尺寸结构参数作为样品的关键尺寸结构参数。

[0016] 优选地,所述步骤b)中关键尺寸结构参数包括光栅周期、占空比、光栅厚度和/或非垂直侧壁结构参数。

[0017] 优选地,所述严格耦合波分析算法与层吸收算法结合CPU/GPU架构数据处理器实施CUDA并行计算。其中,CUDA是指NVIDA的通用并行计算架构(英文:Compute Unified device Architecture)。

[0018] 优选地,所述步骤c)中曲线对比的方法为列文伯格-马夸尔特法(Levenberg-Marquardt法),曲线对比结果的均方差小于 2×10^{-3} 或最大绝对误差小于 5×10^{-3} 的判定为曲线对比结果一致。进一步优选地,所述步骤c)中曲线对比的方法为列文伯格-马夸尔特法,曲线对比结果的均方差小于 2×10^{-3} 和最大绝对误差小于 5×10^{-3} 的判定为曲线对比结果一致。

[0019] 优选的,层吸收算法模拟计算功能结合数据处理器实现非垂直侧壁周期结构多层模型并行加速计算。所述数据处理器能够将光谱仪检测得到出射光谱信号与建立的数学物理模型得到的模拟光谱信号对比并输出对比结果。作为一个优选的实施方式,所述数据处理器为GPU/CPU架构计算平台。作为一个优选的实施方式,所述严格耦合波分析算法和层吸收算法结合CUDA并行计算架构实现。其中,GPU是指图形处理单元(英文:Graphics Processing Unit);CPU是指中央处理单元(英文:Central Processing Unit)。

[0020] 当样品具有非垂直侧壁栅脊的结构特点时,本申请技术方案中,对非垂直侧壁栅脊样品采用划分多个阶梯近似薄层,并采用层吸收算法计算,在同样的处理器平台上能够以更短的时间得到结果。

[0021] 根据本申请的又一个方面,提供了一种用于上述任一项所述检测方法的平行光微光斑光学关键尺寸检测装置,采用该检测装置,能够区别的检测分析微电子结构中垂直侧壁结构与非垂直侧壁结构。该检测装置结合分析软件通过建立样品结构光栅周期、占空比、光栅厚度等关键尺寸信息的微电子周期结构物理模型,模拟出样品的零级衍射率曲线,并将模拟所得零级衍射率曲线与光谱仪检测到的零级衍射率曲线拟合分析,最终得出待测微电子周期结构的关键尺寸。该装置能够对非垂直侧壁结构进行快速检测分析。

[0022] 所述平行光微光斑光学关键尺寸检测装置,其特征在于,所述检测装置包括宽谱光源、光束控制部、探测镜头、光谱仪及数据处理器;

[0023] 所述宽谱光源发射出的光束通过所述光束控制部之后,入射到样品表面产生衍射光,衍射光通过所述探测镜头由光谱仪检测得到衍射光谱信号,衍射光谱信号输入所述数据处理器,经数据处理器处理后输出样品表面的关键尺寸。

[0024] 优选地,所述宽谱光源的波谱范围为190nm~1100nm。

[0025] 优选地,所述宽频光源所发出的光束为汇聚光束。

[0026] 优选地,所述关键尺寸结构参数包括光栅周期、占空比、光栅厚度和/或非垂直侧壁结构参数。

[0027] 优选地,所述光束控制部包括针孔或光纤接头、第一准直镜片组、偏振器、可调光阑和第一汇聚镜片组;光束依次通过所述针孔或光纤接头、所述第一准直镜片组、所述偏振器、所述可调光阑和所述第一汇聚镜片组,在样品表面形成汇聚光斑。即,作为一种实施方式,所述光束控制部包括针孔、第一准直镜片组、偏振器、可调光阑和第一汇聚镜片组,光束依次通过所述针孔、所述第一准直镜片组、所述偏振器、所述可调光阑和所述第一汇聚镜片组,在样品表面形成汇聚光斑。作为另一种实施方式,所述光束控制部包括光纤接头、第一准直镜片组、偏振器、可调光阑和第一汇聚镜片组,光束依次通过所述光纤接头、所述第一

准直镜片组、所述偏振器、所述可调光阑和所述第一汇聚镜片组,在样品表面形成汇聚光斑。

[0028] 进一步优选地,光束通过所述偏振器获得线偏振光,所述偏振器可调节光束的偏振方向。

[0029] 所述可调光阑用于调节光束直径,光束直径决定了检测光束的汇聚角,并影响最小汇聚光斑的大小。进一步优选地,所述可调光阑可以调节光束的直径。

[0030] 进一步优选地,所述第一准直镜片组对波谱范围为190nm~1100nm的光束进行消色差准直。所述第一准直镜片组至少包括消色差镜片和/或复消色差镜片,具备使得入射光准直的光学性能。

[0031] 进一步优选地,所述第一汇聚镜片组对波谱范围为190nm~1100nm的光束进行消色差汇聚。所述第一汇聚镜片组至少包括消色差镜片和/或复消色差镜片,具备使得入射光汇聚的光学性能。检测要求平行光束,本装置可实现小汇聚角出射。目前装置能实现小于5°的汇聚角(边缘光线夹角),可作为平行光线。

[0032] 优选地,所述探测镜头的光路与所述光谱仪直接相通或者所述探测镜头通过光纤与所述光谱仪相连。

[0033] 优选地,所述光谱仪检测的波谱范围为190nm~1100nm。

[0034] 进一步优选地,所述探测镜头包括第二准直镜片组和第二汇聚镜片组。

[0035] 更进一步优选地,所述第二准直镜片组对波谱范围为190nm~1100nm的光束进行消色差准直。所述第二准直镜片组至少包括消色差镜片和/或复消色差镜片,具备使得入射光准直的光学性能。

[0036] 更进一步优选地,所述第二汇聚镜片组对波谱范围为190nm~1100nm的光束进行消色差汇聚。所述第二汇聚镜片组至少包括消色差镜片和/或复消色差镜片,具备使得入射光汇聚的光学性能。

[0037] 本申请中,“关键尺寸”,是指在集成电路光掩模制造及光刻工艺中为评估及控制工艺的图形处理精度,特设计一种反映集成电路特征线条宽度的专用线条图形,英文Critical Dimension,简称CD。

[0038] 本申请中,“严格耦合波分析”,是指在光栅区域严格的求解麦克斯韦方程,将麦克斯韦方程的求解问题化为一个求解特征函数的问题,得到光栅区域由特征函数耦合起来的电磁场表达式,然后在光栅区域与其它区域交界面上求解边界条件得到最终衍射效率的值。英文Rigorous Coupled Wave Analysis,简写为RCWA。

[0039] 本申请中,“层吸收算法”,是指把问题区域(包括光栅区域与其它区域)划分多薄层再求解麦克斯韦方程,将麦克斯韦方程的求解问题化为一个求解线性差分方程组的问题,利用高斯消元得到光栅区域与其它区域交界处薄层的最终衍射效率值,英文Slice Absorption Method,简写为SAM。

[0040] 本申请能产生的有益效果包括:

[0041] 1)本申请所提供的平行光微光斑光学关键尺寸检测方法,能够区

[0042] 别的分析微电子结构中垂直侧壁结构与非垂直侧壁结构。

[0043] 2)本申请所提供的平行光微光斑光学关键尺寸检测方法,能够克服传统检测技术对非垂直侧壁结构检测分析的耗时较长的问题。

- [0044] 3)本申请所提供的平行光微光斑光学关键尺寸检测装置,能够区别
- [0045] 的检测分析微电子结构中垂直侧壁结构与非垂直侧壁结构。
- [0046] 4)本申请所提供的平行光微光斑光学关键尺寸检测装置,能够对非
- [0047] 垂直侧壁结构进行快速检测分析。

附图说明

- [0048] 图1是本申请光学检测系统装置的部件示意图。
- [0049] 图2是本申请光学检测检测方法的光学原理图。
- [0050] 图3是本申请光学检测装置所涉及的检测样品类型。
- [0051] 图4是本申请光学检测检测方法的实施原理图。
- [0052] 图5是本申请实施例中浅沟槽隔离三维结构的简化物理模型图。
- [0053] 图6是本申请实施例中RCWA与SAM的模拟零级衍射率曲线比较图。
- [0054] 附图标记名称为:1.宽谱光源;2.光束控制部;3.探测镜头;4.光谱仪;5.数据处理
器。

具体实施方式

[0055] 为使本申请实施例的技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0056] 本申请的如图1所示,平行光微光斑光学关键尺寸检测装置包括宽谱光源1、光束控制部2、探测镜头3、光谱仪4及数据处理器5。宽谱光源1能够发射波谱范围为190nm~1100nm的光束,此光束依次经过光束控制部2中的针孔、第一准直镜片组、偏振器、可调光阑和第一汇聚镜片组,在样品表面汇聚成一个光斑,再由探测镜头3汇聚衍射光,汇聚后的衍射光通入光谱仪4得到零级衍射曲线,通过与宽谱光源1的光谱曲线对比,求得比值,即得到零级衍射率曲线,将得到的零级衍射率曲线输入数据处理器5。

[0057] 其中第一准直镜片组包括一片石英透镜和一片胶合透镜,其中胶合透镜由一片近光源侧的石英镜片和一片远光源侧的氟化镁镜片组成,具备使得入射光准直且消色差的光学性能。第一汇聚镜片组的构成与第一准直镜片组相同。探测镜头3

[0058] 数据处理器5为NVIDIA公司的Tesla[®] GPU加速器和Intel公司的多核处理器组成的GPU/CPU架构的计算平台。

[0059] 图2为本申请光学检测检测方法的光学原理图。其中宽谱光源 \vec{E}_{inc} 由自由空间入射到样品上,其空间几何特性由三个角度限定:入射角 θ ($0^\circ \leq \theta < 90^\circ$)、方位角 ϕ ($0^\circ \leq \phi < 360^\circ$)、偏振角 ψ ($0^\circ \leq \psi < 360^\circ$)。如图2所示,本检测系统中入射角为 θ 的宽谱光源入射到样品上后形成样品零级衍射光谱,然后由图1中的光谱仪4检测到样品零级衍射光谱曲线,最后在图1所示数据处理器5上通过计算样品零级衍射光谱与宽谱光源光谱强度的比值得到样品零级衍射率曲线。基于图3所示样品类型(左图:垂直侧壁栅脊;右图:非垂直侧壁栅脊)建立样品的数学物理模型,先设定数学物理模型的初始关键尺寸结构参数(关键尺寸结构参数:结构周期 Λ 、光栅结构层厚 d),采用RCWA或者SAM算法以计算样品初始数学物理模型的

模拟零级衍射率曲线,再通过Levenberg-Marquardt算法优化对比模拟的零级衍射率曲线与检测的零级衍射率曲线间差异大小,判断是否修改数学物理模型关键尺寸结构参数进行再次模拟优化分析。如模拟的零级衍射率曲线与检测的零级衍射率曲线能够拟合,则不需修改,以当前数学物理模型关键尺寸结构参数作为样品关键尺寸结构参数;如模拟的零级衍射率曲线与检测的零级衍射率曲线不能拟合,则需修改数学物理模型先设定初始关键尺寸结构参数,重复上述拟合分析过程,直至最终实现模拟的零级衍射率曲线与检测的零级衍射率曲线能够拟合。其具体实施过程中的逻辑判断流程图如图4所示。

[0060] 实施例1

[0061] 而为了更直观体现本发明所述光学关键尺寸测试/分析系统的检测方法的特点,实施例则选择了复杂二维周期结构的模拟效率来说明RCWA/SAM检测方法与传统RCWA检测分析工具的区别。

[0062] 样品表面结构如图5所示,简化的浅沟槽隔离(STI)3D结构(左图)和简化物理模型(右图),其x与y方向周期为402.9nm,122.8nm。该结构为非垂直侧壁面芯型椭圆阵列,其上底x方向长轴为176.2nm,y方向短轴为30nm,其下底x方向长轴为220nm,y方向短轴为65nm,衬底层与光栅层材料均为Si,光栅层厚度为200nm。本申请所述光学检测装置对样品零级衍射率曲线的检测为实时检测(检测时间要求小于5s)。分析时间除依赖数据处理器性能外,完全决定于模拟零级衍射率曲线的计算时间和反复调用模拟-优化过程的拟合分析时间。因此实施例仅比较RCWA算法与SAM算法的模拟零级衍射率曲线计算效率这一关键因素。对于图5的非垂直侧壁结构,划分65个阶梯近似薄层进行模拟,其初始关键尺寸结构参数设定为:x与y方向周期402nm,122nm,上底x方向长轴为160nm,y方向短轴为30nm,其下底x方向长轴为210nm,y方向短轴为65nm,其余参数相同。

[0063] 并结合CUDA计算架构分别并行化处理RCWA与SAM算法,计算模拟零级衍射率曲线。用Levenberg-Marquardt法对比样品零级衍射率曲线与模拟零级衍射率曲线直至RCWA与SAM的模拟零级衍射率曲线满足均方差 2×10^{-3} 、最大绝对误差 5×10^{-3} 的等效评估标准,输出此时模拟零级衍射率曲线对应的关键尺寸结构参数,即为样品的关键尺寸结构参数。

[0064] 其190nm~1000nm波谱范围的RCWA与SAM模拟零级衍射率曲线如图6。在相同处理器平台上,RCWA模拟计算时间为2.81小时,SAM模拟计算时间为2.41小时,单次模拟计算中SAM方法相对RCWA提高了约14%的时效,因此对于实施例所示非垂直侧壁结构,本申请所述检测分析过程选择更具效率的SAM方法,对于垂直侧壁结构则选择RCWA方法。

[0065] 实施例2

[0066] 样品及样品的零级衍射率曲线检测同实施例1,其中探测镜头3通过光纤与光谱仪4相连。

[0067] 曲线模拟和对比方法不同,具体而言,图5所示的结构为二维周期结构,划分500个阶梯近似薄层进行模拟,其关键尺寸测试/分析的单次模拟时间较长,因此先建立基于样品关键尺寸结构参数的数学物理模型数据库,本实施例中建立 10^4 量级的数学物理模型,并计算样品数学物理模型的模拟零级衍射率曲线数据库。用遍历法将模拟零级衍射率曲线数据库与测得的样品零级衍射率曲线对比,选取曲线对比结果一致的数学物理模型的关键尺寸结构参数作为样品的关键尺寸结构参数。计算时间为1.5s。采用先建立数据库再对比的方法,对于如实施例1中的复杂结构,就可以实时得到样品的关键尺寸结构参数。

[0068] 实施例3

[0069] 装置及检测方法同实施例1,将关注参数曲线由零级衍射率曲线替换为椭圆偏振参数曲线,划分100个阶梯近似薄层进行模拟,分析与实施例1基本一致,所用时间减少50%。

[0070] 以上所述,仅是本申请的几个实施例,并非对本申请做任何形式的限制,虽然本申请以较佳实施例揭示如上,然而并非用以限制本申请,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本申请技术方案的范围,利用上述揭示的技术内容做出些许的变动或修饰均等同于等效实施案例,均属于技术方案范围内。

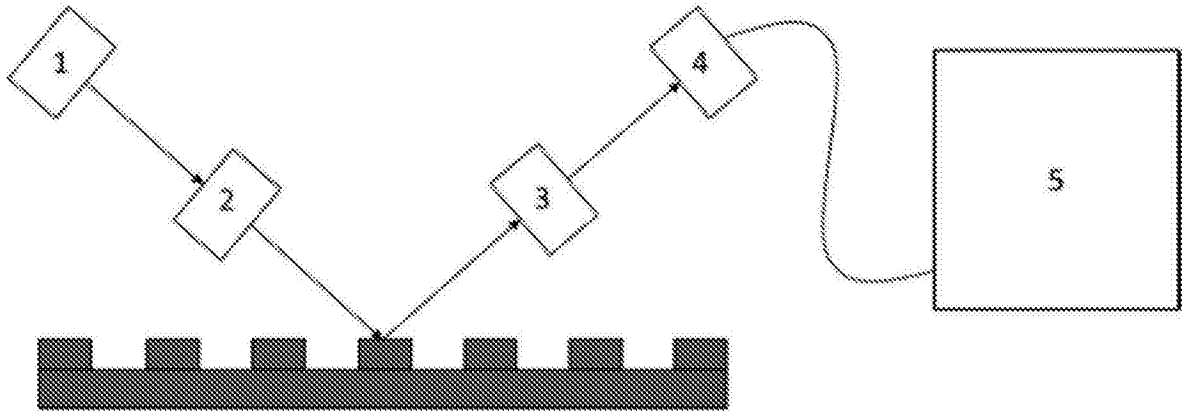


图1

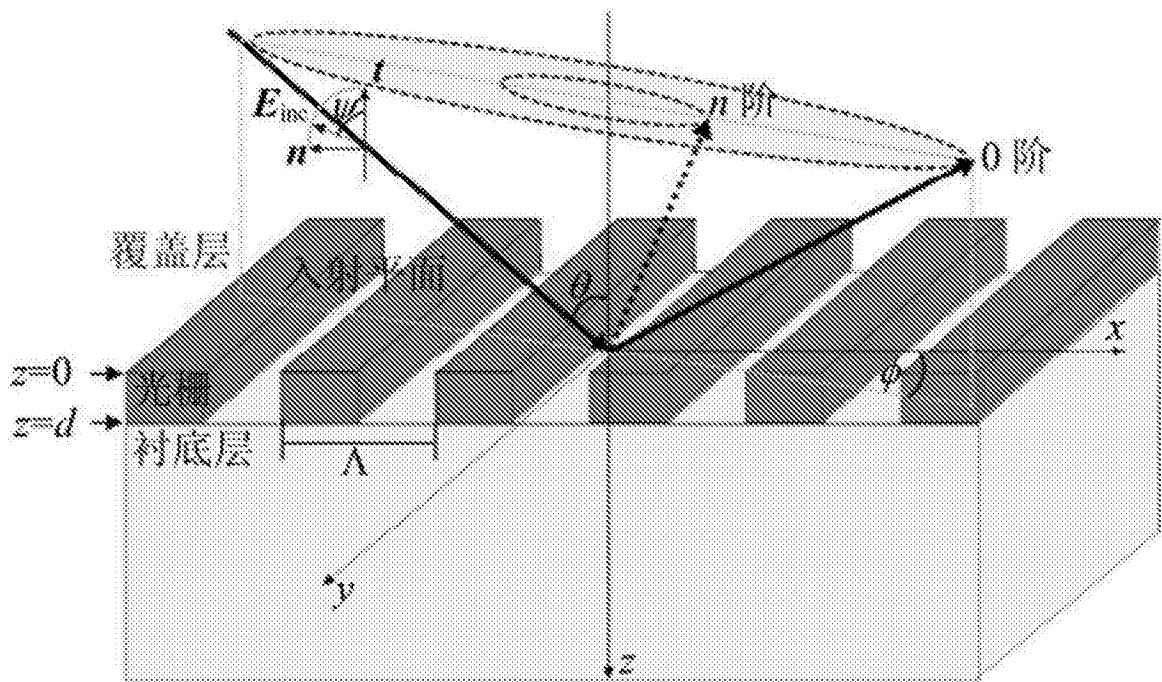


图2

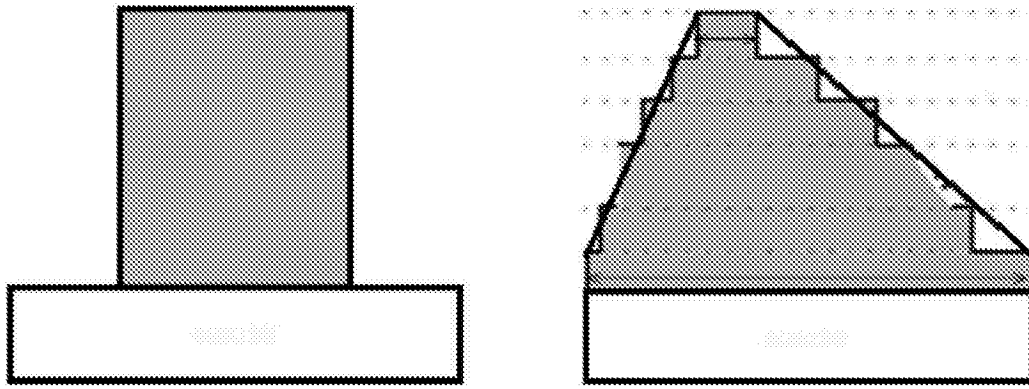


图3

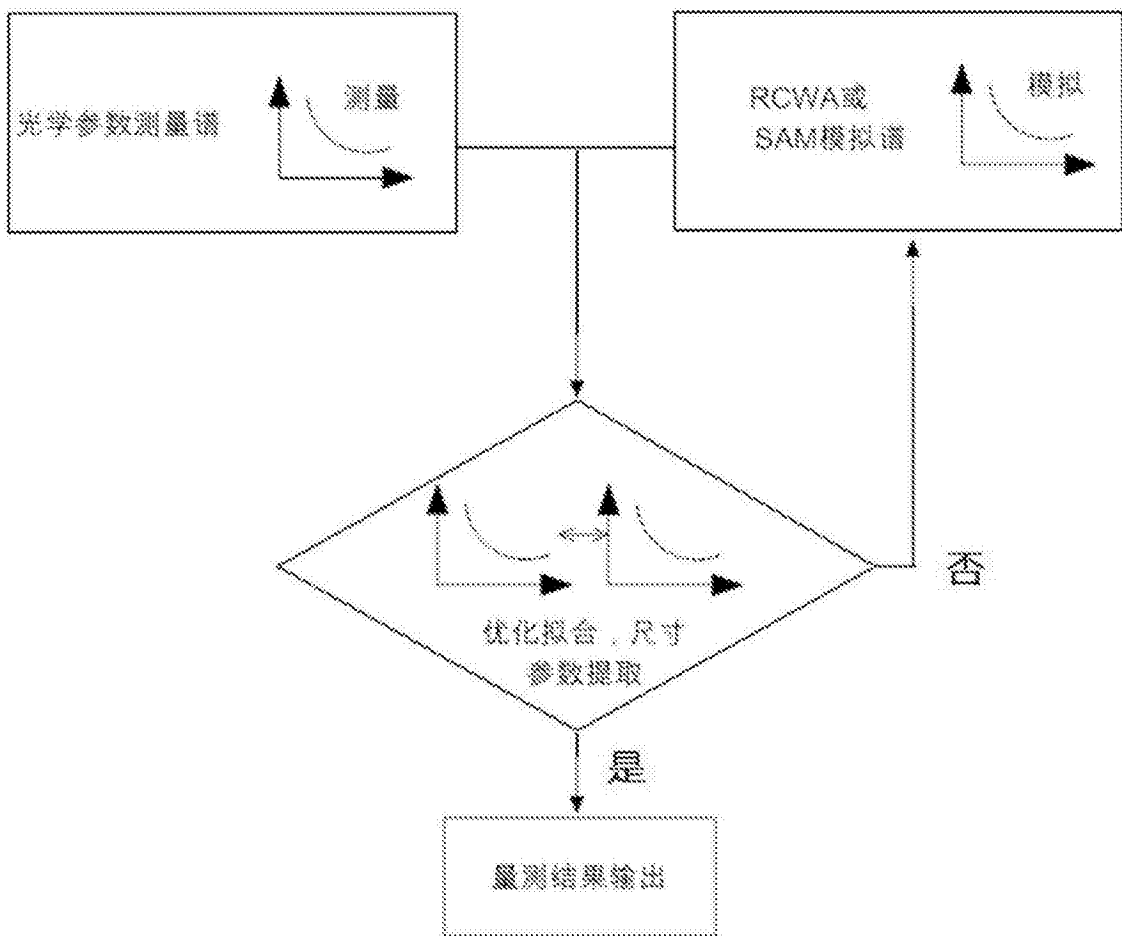


图4

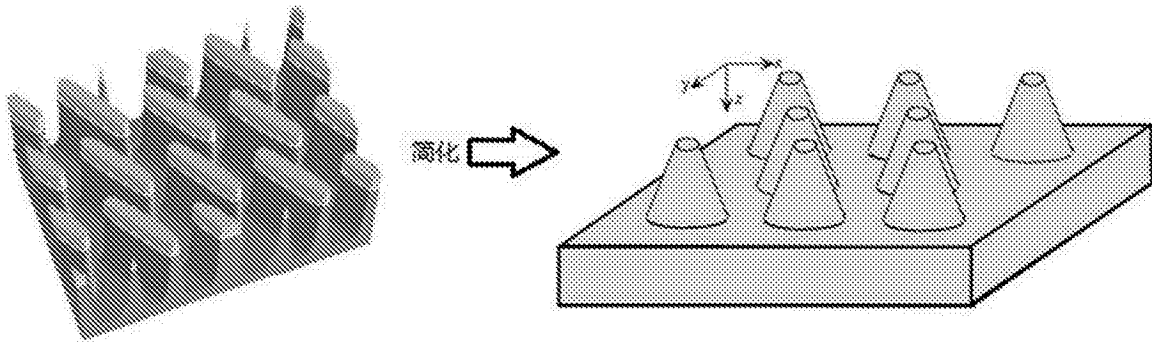


图5

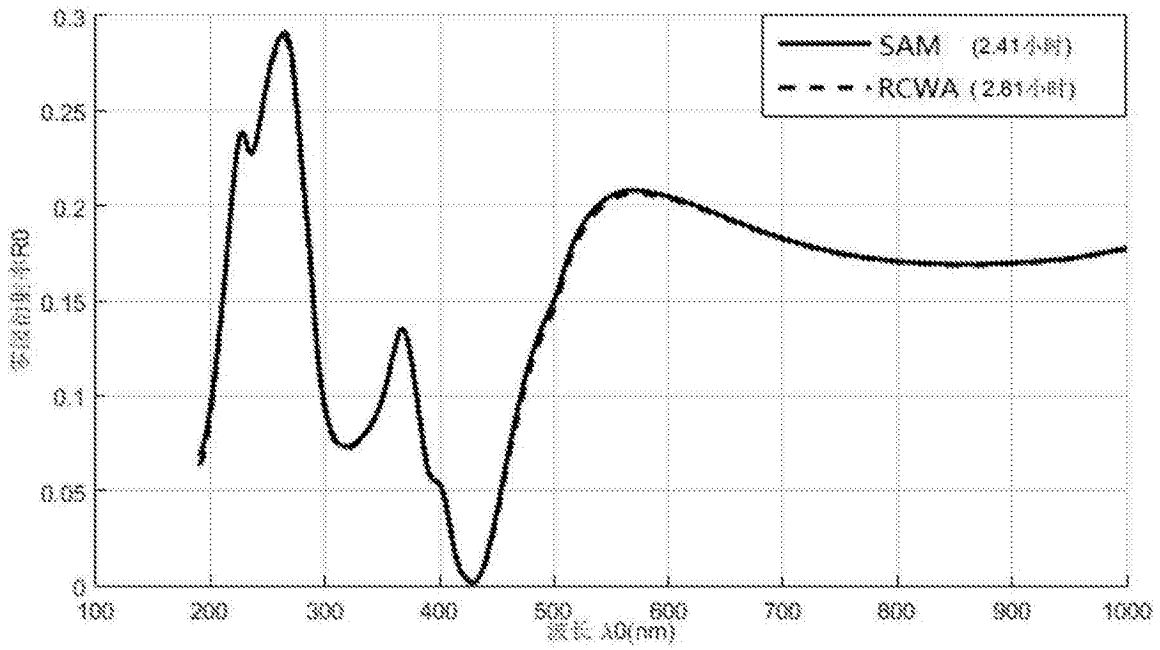


图6