

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6807829号
(P6807829)

(45) 発行日 令和3年1月6日 (2021. 1. 6)

(24) 登録日 令和2年12月10日 (2020. 12. 10)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 21/956 (2006. 01)

GO 1 N 21/956 A

GO 2 B 21/00 (2006. 01)

GO 2 B 21/00

GO 1 N 21/88 (2006. 01)

GO 1 N 21/88 Z

GO 2 B 21/10 (2006. 01)

GO 2 B 21/10

HO 1 L 21/66 (2006. 01)

HO 1 L 21/66 J

請求項の数 24 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2017-503491 (P2017-503491)
 (86) (22) 出願日 平成27年7月21日 (2015. 7. 21)
 (65) 公表番号 特表2017-531162 (P2017-531162A)
 (43) 公表日 平成29年10月19日 (2017. 10. 19)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/041409
 (87) 国際公開番号 W02016/014590
 (87) 国際公開日 平成28年1月28日 (2016. 1. 28)
 審査請求日 平成30年7月19日 (2018. 7. 19)
 (31) 優先権主張番号 62/027, 393
 (32) 優先日 平成26年7月22日 (2014. 7. 22)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 14/804, 296
 (32) 優先日 平成27年7月20日 (2015. 7. 20)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 500049141
 ケーエルエー コーポレーション
 アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ
 タス ワン テクノロジー ドライブ
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 ファン チュアンヨン
 アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ
 タス ノース テンプル ドライブ 1 3
 3
 (72) 発明者 リー チン
 アメリカ合衆国 カリフォルニア サン
 ノゼ レイクショア サークル 1 4 6 9

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 暗視野および位相コントラストの同時検査のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のための装置であって、

1 つ以上の照明源と、

試料を固定するように構成された試料ステージと、

第 1 のセンサと、

第 2 のセンサと、

光学サブシステムを備え、前記光学サブシステムが、

対物レンズと、

前記対物レンズを介して、前記 1 つ以上の照明源からの照明を試料の表面に方向付けるように配置された 1 つ以上の光学素子とを備え、

前記対物レンズは、前記試料の表面から収集信号を収集するように構成され、前記収集信号は、前記試料からの散乱に基づく信号と位相に基づく信号のうち少なくとも 1 つを含み、

さらに、暗視野信号を暗視野経路に沿って前記第 1 のセンサに方向付け、微分干渉コントラスト信号を微分干渉コントラスト経路に沿って前記第 2 のセンサに方向付けることによって、収集信号を暗視野信号と微分干渉コントラスト信号に空間的に分離するように配置された 1 つ以上の分離光学素子を備え、

前記 1 つ以上の分離光学素子は、選択された NA 閾値に基づいて、前記収集信号を前記暗視野信号と前記微分干渉コントラスト信号に空間的に分離するように配置された反射型

10

20

瞳マスクを含む、装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置であって、

前記第 1 のセンサと前記第 2 のセンサに通信可能に連結されたコントローラをさらに備え、前記コントローラが、

前記第 1 のセンサから、前記試料に関連する暗視野信号の 1 つ以上の測定値を受信し、

前記第 2 のセンサから、前記試料に関連する微分干渉コントラスト信号の 1 つ以上の測定値を受信するように構成される、装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の装置であって、前記コントローラはさらに、前記試料の 1 つ以上の部分を特徴付けるために、受信した暗視野信号と受信した微分干渉コントラスト信号での同時のデータ融合プロセスを実行するように構成される装置。

10

【請求項 4】

請求項 2 に記載の装置であって、前記コントローラはさらに、前記試料の 1 つ以上の部分を特徴付けるために、受信した暗視野信号と受信した微分干渉コントラスト信号で互いに別個の分析プロセスを実行するように構成される装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の装置であって、前記光学サブシステムの反射型瞳マスクは、

選択された NA 閾値を上回る NA を有する前記試料からの照明を暗視野経路に沿って反射し、選択された NA 閾値未満の NA を有する前記試料からの照明を、微分干渉経路に沿って透過するように構成されている鏡面仕上げ瞳マスクを含む、装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 に記載の装置であって、前記光学サブシステムの反射型瞳マスクは、

選択された NA 閾値未満の NA を有する前記試料からの照明を暗視野経路に沿って反射し、選択された NA 閾値を上回る NA を有する前記試料からの照明を、微分干渉コントラスト経路に沿って透過するように構成されている鏡面仕上げ瞳マスクを含む、装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の装置であって、前記光学サブシステムの前記 1 つ以上の分離光学素子は、

収集信号を、前記暗視野経路に沿って前記第 1 のセンサに方向付けられる第 1 の部分と、前記微分干渉コントラスト経路に沿って前記第 2 のセンサに方向付けられる第 2 の部分とに分離するように構成されたビームスプリッタを備えている、装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 に記載の装置であって、前記 1 つ以上の照明源は 1 つ以上のレーザを含む装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の装置であって、前記第 1 のセンサは一次元センサを含む装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の装置であって、前記第 2 のセンサは二次元センサを含む装置。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の装置であって、前記装置はウェーハ検査ツールとして構成される装置。

40

【請求項 12】

請求項 1 に記載の装置であって、前記装置は生体試料用の顕微鏡として構成される装置。

【請求項 13】

暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のための装置であって、

1 つ以上の照明源と、

試料を固定するように構成された試料ステージと、

光学サブシステムを備え、前記光学サブシステムが、

50

対物レンズと、

選択されたNA閾値未満のNAを有する照明を透過させるように構成された鏡面仕上げ瞳マスクと、

前記鏡面仕上げ瞳マスクを介して、選択されたNA閾値未満のNAを有する照明を方向付けるように配置された1つ以上の光学素子とを備え、

前記1つ以上の光学素子はさらに、前記鏡面仕上げ瞳マスクを介して透過された照明を、前記対物レンズを通過させて前記試料の表面に方向付けるように構成され、

前記対物レンズは、前記試料の表面から収集信号を収集するように構成され、前記収集信号は、前記試料からの散乱信号と位相信号のうち少なくとも1つを含み、

前記鏡面仕上げ瞳マスクはさらに、選択されたNA閾値を上回るNAを有する収集された照明の部分の暗視野経路に沿って第1のセンサに反射し、選択されたNA閾値未満のNAを有する、収集された照明の一部を、微分干渉コントラスト経路に沿って第2のセンサに透過させることによって、前記収集信号を暗視野信号と微分干渉コントラスト信号に空間的に分離するように構成されている装置。

10

【請求項14】

請求項13に記載の装置であって、前記1つ以上の照明源は1つ以上のレーザを含む装置。

【請求項15】

請求項13に記載の装置であって、前記第1のセンサは一次元センサを含む装置。

【請求項16】

請求項13に記載の装置であって、前記第2のセンサは二次元センサを含む装置。

20

【請求項17】

請求項13に記載の装置であって、前記装置はウェーハ検査ツールとして構成される装置。

【請求項18】

請求項13に記載の装置であって、前記装置は生体試料用の顕微鏡として構成される装置。

【請求項19】

暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のための装置であって、

1つ以上の照明源と、

試料を固定するように構成された試料ステージと、

光学サブシステムを備え、前記光学サブシステムが、

対物レンズと、

前記対物レンズを介して、照明を試料の表面に方向付けるように配置された1つ以上の光学素子とを備え、前記対物レンズは、前記試料の表面からの収集信号を収集するように構成され、前記収集信号は、前記試料からの散乱信号と位相信号のうち少なくとも1つを含み、

30

さらに、収集された照明の第1の部分の暗視野経路に沿って方向付けるように構成されたビームスプリッタを備え、前記ビームスプリッタはさらに、収集された照明の第2の部分の微分干渉コントラスト経路に沿って透過するように構成され、

40

さらに、前記暗視野経路に沿って配置され、選択されたNA閾値未満のNAを有する照明を遮断するように構成された瞳ブロックと、

微分干渉コントラスト経路に沿って配置され、選択されたNA閾値を上回るNAを有する照明を遮断するように構成された瞳マスクとを備え、

前記暗視野経路の瞳ブロックによって透過された照明を収集するように構成された第1のセンサと、

微分干渉コントラスト経路の瞳マスクによって透過された照明を収集するように構成された第2のセンサを備える装置。

【請求項20】

請求項19に記載の装置であって、前記1つ以上の照明源は1つ以上のレーザを含む装

50

置。

【請求項 2 1】

請求項 1 9 に記載の装置であって、前記第 1 のセンサは一次元センサを含む装置。

【請求項 2 2】

請求項 1 9 に記載の装置であって、前記第 2 のセンサは二次元センサを含む装置。

【請求項 2 3】

請求項 1 9 に記載の装置であって、前記装置はウェーハ検査ツールとして構成される装置。

【請求項 2 4】

請求項 1 9 に記載の装置であって、前記装置は生体試料用の顕微鏡として構成される装置。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に欠陥の検出と分類に関し、より具体的には、同時の暗視野検査と微分干渉コントラストの検査に関する。

【背景技術】

【0002】

関連出願への相互参照

本出願は、その全体を本明細書に参照により組み込む、2014年7月22日に出願された、「暗視野および位相コントラストの同時検査のための装置および方法」というタイトル、Chuangyong Huang、Qing Li、Donald Pettibone および Buzz Graves を発明者とした米国特許仮出願第 62 / 027 , 393 号の利益を、米国特許法第 119 条 (e) に基づき主張する。 20

【0003】

半導体デバイス製造プロセスへの許容差が狭くなり続けるにつれ、改良された半導体ウェーハ検査ツールへの要求が増加し続けている。ウェーハ検査に適した検査ツールのタイプは、試料（例えば半導体ウェーハ）からの散乱情報を利用する暗視野 (DF) 検査ツールと、試料からの位相情報を利用する微分干渉コントラスト検査ツールを含む。一般に、DF と DIC 情報の両方を追求する場合、所与の検査ツールまたは顕微鏡は、光学コンポーネント、光学的レイアウトおよび検出信号における差および / または非互換性により、DF モードまたは DIC モードのいずれかで独立して動作する。DF 信号と DIC 信号を別個に検出するために、異なる光学的レイアウトを別個に行うことは可能であるが、それは時間がかかり、時として、動いている試料（例えば生体細胞）の観察中に 2 つの分離した信号を合成することは不可能である。半導体製造産業において、検査機器が 1 つ以上の欠陥を迅速に位置特定して分類できることは重要である。結果として、DF および DIC 検査を別々のオペレーションで実行することは、ウェーハ検査プロセスの価値を低減する。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2009 / 0059215 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがって、従来技術において特定された欠陥を是正するシステムおよび方法を提供すれば有益であろう。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一つの例示的な実施形態により、暗視野および微分干渉コントラストの同時の 50

検査のための装置が開示される。一つの例示的な実施形態において、装置は1つ以上の照明源を含む。別の例示的な実施形態において、装置は試料を固定するように構成された試料ステージを含む。別の例示的な実施形態において、装置は第1のセンサと第2のセンサを含む。別の例示的な実施形態において、装置は光学サブシステムを含み、光学サブシステムは、対物レンズと、対物レンズを介して1つ以上の照明源からの照明を試料の表面に方向付けるように配置された1つ以上の光学素子を備え、対物レンズは、試料の表面から収集信号を収集するように構成され、収集信号は、試料からの散乱に基づく信号と位相に基づく信号のうち少なくとも1つを含み、さらに、暗視野信号を暗視野経路に沿って第1のセンサに方向付け、微分干渉コントラスト信号を微分干渉コントラスト経路に沿って第2のセンサに方向付けることによって収集信号を暗視野信号と微分干渉コントラスト信号に空間的に分離するように配置された1つ以上の分離光学素子を備える。

10

【0007】

本開示の付加的な例示的な実施形態により、暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のための装置が開示される。一つの例示的な実施形態において、装置は1つ以上の照明源と、試料を固定するように構成された試料ステージと、光学サブシステムを含む。別の例示的な実施形態において、光学サブシステムは、対物レンズと、選択されたNA閾値未満のNAを有する照明を透過するように構成された鏡面仕上げ瞳マスクと、選択されたNA閾値未満のNAを有する照明を、鏡面仕上げ瞳マスクを介して方向付けるように配置された1つ以上の光学素子を含む。別の例示的な実施形態において、1つ以上の光学素子はさらに、鏡面仕上げ瞳マスクを介して透過された照明を、対物レンズを介して試料の表面に方向付けるように構成される。別の例示的な実施形態において、対物レンズは、試料の表面からの信号を収集するように構成される。別の例示的な実施形態において、収集信号は、試料からの散乱信号と位相信号のうち少なくとも1つを含む。別の例示的な実施形態において、鏡面仕上げ瞳マスクはさらに、選択されたNA閾値を上回るNAを有する収集された照明の部分を暗視野経路に沿って第1のセンサに反射し、選択されたNA閾値未満のNAを有する収集された照明の一部を、微分干渉コントラスト経路に沿って第2のセンサに透過することによって、収集信号を暗視野信号と微分干渉コントラスト信号に空間的に分離するように構成される。

20

【0008】

本開示の付加的な例示的な実施形態により、暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のための装置が開示される。一つの例示的な実施形態において、装置は1つ以上の照明源と、試料を固定するように構成された試料ステージと、光学サブシステムを含む。別の例示的な実施形態において、装置は、対物レンズと、対物レンズを介して照明を試料の表面に方向付けるように構成された1つ以上の光学素子を含み、対物レンズは、試料の表面から収集信号を収集するように構成され、収集信号は、試料からの散乱信号と位相信号のうち少なくとも1つを含み、装置はさらに、収集された照明の第1の部分を暗視野経路に沿って方向付けるように構成されたビームスプリッタを含み、ビームスプリッタはさらに、収集された照明の第2の部分を微分干渉コントラスト経路に沿って透過するように構成され、装置はさらに、暗視野経路に沿って配置され、選択されたNA閾値未満のNAを有する照明を遮断するように構成された瞳ブロックと、微分コントラスト干渉経路に沿って配置され、選択されたNA閾値を上回るNAを有する照明を遮断するように構成された瞳マスクを含む。別の例示的な実施形態において、装置は、暗視野経路の瞳ブロックによって透過された照明を収集するように構成された第1のセンサを含む。別の例示的な実施形態において、装置は、微分干渉コントラスト経路の瞳マスクによって透過された照明を収集するように構成された第2のセンサを含む。

30

40

【0009】

上記の一般的な説明と以下の詳細な説明は両方とも、例示的および説明的に過ぎず、特許請求の範囲に記載される本発明を必ずしも限定しないことを理解すべきである。本明細書に組み込まれ、本明細書の一部を構成する添付の図面は、一般的な説明とともに本発明の実施形態を例示し、本発明の原理を説明する働きをする。

50

【図面の簡単な説明】

【0010】

本開示の様々な利点は、以下の添付の図面を参照すれば、当業者により一層よく理解されよう。

【0011】

【図1A】本開示の一実施形態による暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のためのシステムの概念図である。

【図1B】本開示の一実施形態による暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のためのシステムの簡略模式図である。

【図1C】本開示の一実施形態による暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のためのシステムで使用される鏡面瞳マスクの簡略模式図である。

【図1D】本開示の一実施形態による暗視野および微分干渉コントラストの同時の検査のためのシステムの簡略模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ここで、添付の図面に示される、開示の主題を詳細に参照する。

【0013】

ここで概括的に図1Aから1Dまでを参照すると、本開示による、暗視野(DF)および微分干渉コントラスト(DIC)の同時の検査のためのシステムおよび方法が説明される。1998年8月25日にVaez-Iravaniに対して発行された、その全体を本明細書に参照により組み込む米国特許第5,798,829号明細書は、単一のレーザーを用いた試料からのDF信号とDIC信号の別々の測定を開示している。2008年3月18日にZhaoに対して発行された、その全体を本明細書に参照により組み込む米国特許第7,345,754号明細書は、DF検査を実行するための明視野(BF)検査システムの使用を開示している。

【0014】

散乱に基づくDF信号と位相に基づくDIC信号の同時の分析は、所与の試料の欠陥(または別の特徴)の検出と分類を十分に増強し得る。DF信号とDIC信号は異なる試料と欠陥の特徴に感応することが多いため、これらの信号を融合すると、試料103(および関連する欠陥または特徴)の全体的な理解を増強できる。

【0015】

本開示の実施形態は、検査ツールにおける散乱に基づく暗視野(DF)モードと位相に基づく微分干渉コントラスト(DIC)モードの同時の動作を対象とする。そのような構成は、試料からの散乱に基づく情報と位相に基づく情報の同時の取得に備える。本開示の実施形態は、DFモードとDICモードの成分を合成して試料の欠陥(例えばポイント欠陥、スタッキング欠陥等)を検出し分類するように働く。本開示の実施形態のいくつかは、試料を、単一の対物レンズを介して、選択されたNAの照明で照明するのに適した1つ以上の光学コンポーネント(例えば、低NAパスの瞳マスク、高NAパスの瞳マスク等)を含む光学サブシステムを対象とする。本開示の付加的な実施形態は、試料からの散乱に基づくDF信号と位相に基づくDIC信号の両方を単一の対物レンズで収集するように働く。付加的な実施形態において、光学サブシステムはDF信号をDIC信号から分離する。例えば、光学サブシステムは、収集された照明の接近領域をDF信号として反射するように構成されてもよい。例えば、高NA光(すなわち、選択されたNA閾値を上回るNAを有する光)は、試料の照明中に、低NA光(すなわち、選択されたNA閾値未満のNAを有する光)が試料に通された場合にDF経路に沿って反射され得る。別の例において、試料の照明中に高NA光が試料に通された場合に、低NA光がDF経路に沿って反射され得る。加えて、光の残りの部分(すなわち、DF経路に沿ってDF信号として反射されない光)はDIC経路に沿ってDIC信号として通される。

【0016】

本開示の実施形態は、取得したDFデータとDICデータを同時に融合することにより

欠陥を検出および／または分類するために、データ融合手順を実行してもよい。本開示の付加的な実施形態は、D F データとD I C データを別個に分析することにより試料の特徴付けを実行してもよい。

【 0 0 1 7 】

図 1 A は、本開示の一実施形態による、D F およびD I C の同時の検査のためのシステム 1 0 0 の概念図を示す。一実施形態において、システム 1 0 0 は、1 つの照明源 1 0 2 を含む。照明源 1 0 2 は、当技術分野で知られるD F および／またはD I C に基づく検査の、任意の照明源を含んでもよい。例えば、照明源 1 0 2 は狭帯域照明源を含んでもよいがそれに限定されない。例えば、照明源 1 0 2 はレーザー（例えばダイオードレーザ）を含んでもよいがそれに限定されない。一実施形態において、照明源 1 0 2 はディザードイオードレーザを含んでもよいがそれに限定されない。

10

【 0 0 1 8 】

一実施形態において、システム 1 0 0 は1 つ以上の試料 1 0 3 （例えば1 つ以上の半導体ウェーハ）を固定するための試料ステージ 1 0 5 を含む。試料ステージは、当技術分野で知られる任意の検査の試料ステージを含んでもよい。例えば、試料ステージ 1 0 5 は、回転式試料ステージ、線形試料ステージ、または回転式試料ステージと線形試料ステージの組み合わせを含んでもよいがそれらに限定されない。

【 0 0 1 9 】

一実施形態において、システム 1 0 0 は光学サブシステム 1 0 4 を含む。光学サブシステム 1 0 4 は、照明源 1 0 2 からの照明を試料 1 0 3 に方向付け、試料 1 0 3 から散乱に基づくD F 信号と位相に基づくD I C 信号を収集し、D F 信号とD I C 信号を分離し、および／またはD F 信号とD I C 信号をそれぞれD F 経路およびD I C 経路 1 1 1、1 1 3 に方向付けるのに必要な、任意の個数とタイプの光学コンポーネントを含んでもよい。

20

【 0 0 2 0 】

一実施形態において、光学サブシステム 1 0 4 は、照明源 1 0 2 からの照明を試料 1 0 3 の表面に方向付けるおよび／または照明源 1 0 2 からの照明を調整するための1 つ以上の光学素子 1 0 6 を含む。例えば、光学サブシステム 1 0 4 の1 つ以上の光学素子 1 0 6 は、1 つ以上のビームスプリッタ、1 つ以上のレンズ、1 つ以上の瞳マスク、1 つ以上の鏡、1 つ以上のフィルタまたは1 つ以上の偏光子を含んでもよいがそれらに限定されない。

30

【 0 0 2 1 】

別の実施形態において、光学サブシステム 1 0 4 の1 つ以上の光学素子 1 0 6 は、照明源 1 0 2 からの照明を、対物レンズ 1 0 8 を介して試料 1 0 3 に方向付けるように配置される。別の実施形態において、対物レンズ 1 0 8 は、試料 1 0 3 からのD F 信号とD I C 信号の両方を収集するように配置される。これに関連して、試料 1 0 3 から散乱された光は、対物レンズ 1 0 8 によってD F 信号として収集されるのに対し、イメージング光または小せん断反射光が対物レンズ 1 0 8 によってD I C 信号として収集される。D I C 信号は位相情報を含み、それによりD I C 信号の成分は下流の光学コンポーネント（例えばウォラストンプリズム - 図 1 B 参照、暗視野フィルタ等）で互いに干渉する可能性があり、位相情報がその後抽出される（例えば二次元センサ 1 1 4 を介して抽出される）。

40

【 0 0 2 2 】

別の実施形態において、光学サブシステム 1 0 4 の1 つ以上の光学素子 1 0 6 は、試料 1 0 3 が対物レンズの外側の照明経路に沿って照明されるように配置されてもよい。例えば、光学サブシステム 1 0 4 は、試料 1 0 3 上に斜めの入射光を提供するように配置されてもよい。

【 0 0 2 3 】

別の実施形態において、光学サブシステム 1 0 4 は、散乱に基づくD F 信号を位相に基づくD I C 信号から空間的に分離するように配置された1 つ以上の分離光学素子 1 1 0 を含む。これに関連して、1 つ以上の分離光学素子 1 1 0 は、D F 信号を、D F 経路 1 1 1 に沿って、本明細書で「D F センサ」とも呼ばれる第 1 のセンサ 1 1 2 に方向付けてもよ

50

い。さらに、1つ以上の分離光学素子110は、DIC信号を、DIC経路113に沿って、本明細書で「DICセンサ」とも呼ばれる第2のセンサ114に方向付けてもよい。

【0024】

1つ以上の分離光学素子110は、DF信号とDIC信号を異なる光学経路に沿って分離するための任意の個数とタイプの光学コンポーネントを含んでもよい。一実施形態において、本明細書において図1Bでさらに論じられるように、1つ以上の分離光学素子110は、選択された閾値未満のNAを有する照明を通過または透過させ（例えばDIC経路113に沿って）、選択された閾値を上回るNAを有する照明を（例えばDF経路に沿って）反射する反射型瞳マスクまたは「瞳ピックアップミラー」を含んでもよい。さらに、1つ以上の分離素子110は、1つ以上の分離素子110によってDF経路111に沿って反射された照明が、NAに基づいて試料103に通過するように選択された照明に接近するように構成されてもよいことに留意すべきである。例えば、1つ以上の分離素子110は、高NA照明をDF経路111に沿って反射させながら、低NA照明を試料103に通過または透過させてもよい（そして次に低NA位相に基づくDIC信号をDIC経路113に沿って通す）。別の例として、1つ以上の分離素子110は、高NA照明を試料103に透過させながら、低NA照明をDF経路111に沿って反射させてもよい（そして次に高NA位相に基づくDIC信号をDIC経路113に沿って通す）。

【0025】

別の実施形態において、本明細書において図1Dにさらに論じるように、1つ以上の分離光学素子110は、DIC信号をDIC経路113に沿って透過させながら、DF信号をDF経路111に沿って方向付けるように構成されたビームスプリッタを含んでもよい。この実施形態については、本明細書でより詳細に論じる。

【0026】

第1のセンサ112および/または第2のセンサ114は、当技術分野で知られる光学検査の任意の光学センサを含んでもよいことに留意すべきである。例えば、第1のセンサ112および/または第2のセンサ114は、1つ以上のCCDセンサ、1つ以上のTDI-CCDセンサ、1つ以上のPMTセンサ、1つ以上のカメラ等を含んでもよいがそれらに限定されない。DICセンサ114は、当技術分野で知られる任意の二次元センサを含んでもよいことに留意すべきである。

【0027】

一実施形態において、コントローラ116は1つ以上のプロセッサ（図示せず）と、1つの非一時的記憶媒体（すなわちメモリ媒体）を含む。これに関連して、コントローラ116の記憶媒体（または任意のその他の記憶媒体）は、コントローラ116の1つ以上のプロセッサに、本開示によって説明される種々のステップのうちいずれかを実行させるように構成されたプログラム命令を内蔵する。本開示の目的において、「プロセッサ」という用語は、メモリ媒体からの命令を実行する、処理能力を有する任意のプロセッサまたは論理素子（複数）を包含するように広範に定義され得る。この意味で、コントローラ116の1つ以上のプロセッサは、ソフトウェアアルゴリズムおよび/または命令を実行するように構成された任意のマイクロプロセッサ型デバイスを含んでもよい。一実施形態において、1つ以上のプロセッサは、本開示を通して説明される演算/データ処理ステップを実行するように構成されたプログラムを実行するように構成されたデスクトップコンピュータまたはその他のコンピュータシステム（例えばネットワークコンピュータ）を含んでもよい。本開示を通して説明されるステップは、単一のコンピュータシステム、多数のコンピュータシステム、またはマルチコアプロセッサによって実行されてもよいことを認識すべきである。さらに、表示デバイスまたはユーザインタフェースデバイス（図示せず）等の、システム100の別のサブシステムは、上述のステップの少なくとも一部を実行するのに適したプロセッサまたは論理素子を含んでもよい。したがって、上記の説明は、本開示に対する限定と解釈されるべきではなく、寧ろ例示に過ぎないと解釈されるべきである。

【0028】

図 1 B は、本開示の一実施形態によるシステム 1 0 0 の簡略模式図を示す。図 1 B に描かれた光学サブシステム 1 0 4 は、試料 1 0 3 から収集された D F 信号と D I C 信号を分離するように配置された鏡面仕上げ瞳マスク 1 3 4 を含む。一実施形態において、図 1 C に描かれた鏡面仕上げ瞳マスク 1 3 4 またはピックオフミラーは、鏡面仕上げアニュラス 1 3 5 と、試料 1 0 3 から収集された高 N A 照明（すなわち、選択された閾値を上回る N A を有する照明）を D F 経路 1 1 1 に沿って D F センサ 1 1 2 のほうに反射させながら、照明源 1 0 2 からの低 N A 照明（すなわち、選択された閾値未満の N A を有する照明）を試料 1 0 3 に通過させるように構成された開口部 1 3 7 を含む。別の実施形態において、図示していないが、鏡面仕上げ瞳マスク 1 3 4 またはピックオフミラーは、試料 1 0 3 から収集された低 N A 照明を D F 経路 1 1 1 に沿って D F センサ 1 1 2 のほうに反射させながら、照明源 1 0 2 からの高 N A 照明を試料 1 0 3 に通過させるように働く。これに関連して、鏡面瞳マスク 1 3 4 の照明は、鏡面瞳マスク 1 3 4 の開口部を介して試料 1 0 3 に通過する照明に接近している。

10

【 0 0 2 9 】

瞳マスク 1 3 4 に加えて、図 1 B の光学サブシステム 1 0 4 は、照明源 1 0 2 からの照明および / または試料 1 0 3 から収集された、散乱または反射された照明を、方向付け、調整および / または選択する任意の個数およびタイプの光学コンポーネントを含んでもよい。

【 0 0 3 0 】

対象の照明は、対物レンズ 1 0 8 に入って試料 1 0 3 を照明する前に、種々の光学素子によって処理されてもよく、その光学素子は、1 つ以上の偏光子、1 つ以上の波長板、1 つ以上のビーム形状コンポーネント、1 つ以上のフィルタ、1 つ以上の折り畳み式鏡等であるがそれらに限定されない。例えば、図 1 B に示すように、照明源 1 0 2 からの照明は、O D 1 2 0（例えば 3 位置の）を通して、偏光子 1 2 2 および波長板 1 2 4（例えば 1 / 4 波長板）を通して透過されてもよい。次に、ビームスプリッタ 1 2 6 は、照明源 1 0 2 からの照明の一部を照明経路に沿って方向付けながら、照明の一部を、鏡面仕上げ瞳マスク 1 3 4 を介して通過させてもよい（上記のように）。照明の選択された部分が鏡面仕上げ瞳マスク 1 3 4 を通過した後で、無限焦点レンズ 1 2 8 は選択された照明を、フィルタ 1 3 0（例えば、4 0 5 n m フィルタ）を通して透過してもよい。次に、反射鏡 1 3 2 が、フィルタリングされた照明を、対物レンズ 1 0 8 を通って、試料ステージ 1 0 5 上に配置された試料 1 0 3 に方向付けてもよい。一実施形態において、反射鏡 1 3 2 は、試料から収集された望ましくない波長または一組の波長を、付加的な経路（例えばビームダンブへの付加的な経路）に沿って透過させながら、収集信号の光の選択された波長を、特徴付けのための下流のコンポーネントに反射するためのダイクロイックミラーを含む。

20

30

【 0 0 3 1 】

別の実施形態において、対物レンズ 1 0 8 は、試料 1 0 3 から散乱された照明を収集して D F 信号を形成する。次に D F 信号は、ミラー 1 3 2 によって反射されて、フィルタ 1 3 0 と無限焦点レンズ 1 2 8 を介して光学経路に沿って戻る方向に方向付けられる。次に、収集された照明は再び鏡面仕上げ瞳マスク 1 3 4 に衝突し、それは、試料からの収集信号を D F 成分と D I C 成分に分割するように働く。これは、選択された N A 型（例えば低 N A または高 N A）の照明を D F 経路 1 1 1 に沿って反射し、残りの照明（例えば高 N A または低 N A）を D I C 経路 1 1 3 に透過することによって実行される。例えば、低 N A 照明が試料 1 0 3 に通された場合、鏡面仕上げ位相マスク 1 3 4 は高 N A 照明を D F 経路 1 1 1 に反射し（また、低 N A 照明を D I C 経路 1 1 3 に透過し）てもよい。別の例として、高 N A 照明が試料 1 0 3 に通された場合、鏡面仕上げ位相マスク 1 3 4 は低 N A 照明を D F 経路 1 1 1 に反射し（また、高 N A 照明を D I C 経路 1 1 3 に透過し）てもよい。次に、鏡面仕上げ瞳マスク 1 3 4 を介して D F 経路 1 1 1 に沿って方向付けられた照明は、レンズ 1 5 0（例えばチューブレンズ）を介して D F センサ 1 1 2（例えば、大型粒子監視に適した次元センサ）に集束されてもよい。

40

【 0 0 3 2 】

50

D F 信号の収集と同時に、位相情報を含んだイメージングおよび／または小せん断反射照明が対物レンズ 1 0 8 によって収集され、鏡面瞳マスク 1 3 4 の開口を通過する。次に、D I C 信号の成分信号がプリズム 1 3 8 (例えばウォラストンプリズム)またはフィルタのところで互いに干渉する。一実施形態において、システム 1 0 0 は D I C 信号を集束するための 1 つ以上のレンズ 1 3 6 を含む。別の実施形態において、分析器 1 4 0 (例えば切り替え可能な分析器)が、偏光信号におけるノイズ貢献を抑制するために用いられてもよい。次に、ノイズの抑制に続いて、信号は、D I C 信号から位相情報を抽出するのに適した D I C センサ 1 1 4 (例えば二次元センサ)にレンズ 1 4 2 (例えばチューブレンズ)を介して集束されてもよい。

【0033】

別の実施形態において、コントローラ 1 1 6 は、D F センサ 1 1 2 から測定された D F 信号を取得し、D I C センサ 1 1 4 から測定された D I C 信号を取得してもよい。別の実施形態において、コントローラ 1 1 6 はデータ融合プロセスを実行してもよく、それにより、D F センサ 1 1 2 から測定された D F 信号は、D I C センサ 1 1 4 から測定された D I C 信号と融合または合成される。これに関して、コントローラ 1 1 6 は、D F 信号の 1 つ以上の部分を D I C 信号の 1 つ以上の部分と／に合成および／または比較して、試料 1 0 3 の 1 つ以上の特徴(または欠陥)を特徴付けてもよい。別の実施形態において、コントローラ 1 1 6 は、ユーザインタフェース(図示せず)を介してユーザに、D F 信号と D I C 信号に関連するイメージデータを表示してもよい。これに関して、ユーザ(またはコントローラ 1 1 6 によって実行されるアルゴリズム)は次に、散乱情報を含む D F 信号と、位相情報を含む D I C 信号を同時に分析してもよい。

【0034】

散乱に基づく D F 信号と位相に基づく D I C 信号の同時の分析は、試料 1 0 3 の欠陥(およびその他の特徴)の検出と分類を十分に増強し得ることに再び注目すべきである。D F 信号と D I C 信号は、異なる試料と欠陥の特徴に感応することが多いため、これらの信号を融合すると、試料 1 0 3 (および関連する欠陥または特徴)の全体的な理解を増強できる。例えば、スタッキング欠陥の場合、D F に基づく検査プロセスはスタッキング欠陥をポイント欠陥として誤って特徴付けるか、または欠陥を全く検出し損なう。対照的に、D I C センサ 1 1 4 によって測定された D I C 信号は、利用される照明の波長よりも数波長しか高くない欠陥の検出を提供する。照明源 1 0 2 が、2 0 0 - 5 0 0 n m 範囲(例えば 4 0 5 n m)の照明を提供する場合、D I C センサ 1 1 4 は、0 . 5 μ m 程度に短い特徴に感応する可能性がある。この意味で、D I C に基づく検査は、トポグラフィの検査より勝っており、スタッキング欠陥の場合に現れるような試料 1 0 3 上のシャープなエッジの欠陥の良好な識別を提供する。しかしながら、D F に基づく検査は、ポイント欠陥の高品質検出を提供する。D F 信号と D I C 信号の組み合わせおよび／または比較によって、コントローラ 1 1 6 は所与のセットの欠陥をより容易に且つより正確に検出し特徴付けることができる。例えば、コントローラ 1 1 6 は、D F に基づく特徴と D I C に基づく特徴を相関するために、試料 1 0 3 の同じ領域から得られた D F 信号と D I C 信号を比較して、コントローラ 1 1 6 (またはユーザ)が、所与の領域に現れる 1 つ以上の欠陥をより正確に特徴付けられるようにする。

【0035】

別の実施形態において、コントローラ 1 1 6 は D F センサ 1 1 2 からの D F 信号と、D I C センサ 1 1 4 からの D I C 信号を個別に分析してもよい。これに関連して、システム 1 0 0 が D F 信号と D I C 信号の検出の光学アーキテクチャを統合するのに対し、コントローラ 1 1 6 は、D F 信号と D I C 信号を互いに別個に分析するように働く。

【0036】

本開示を概ね、鏡面仕上げ瞳マスク 1 3 4 を介した D F 信号と D I C 信号の分離について論じてきたが、本明細書において、そのような構成は本開示への限定ではなく、例示の目的で提供されているに過ぎないことに留意すべきである。D F 信号と D I C 信号を分離するのに適した任意の光学アーキテクチャが、本開示の文脈で実行され得ることに留意す

10

20

30

40

50

べきである。

【0037】

図1Dは、本開示の別の実施形態によるシステム100の簡略模式図を示す。本明細書において、図1A - 1Cの文脈において説明された種々の構成要素および実施形態は、別途明記しない限り図1Dまで拡張されると解釈されるべきであることに留意すべきである。

【0038】

図1Dに描かれた光学サブシステム104は、試料103から収集されたDF信号とDIC信号を分離するように配置された一対の瞳構造158、159を含む。一実施形態において、光学サブシステム104は、収集された照明の第2の部分をDIC経路113に沿って透過しながら、収集された照明の第1の部分をDF経路111に沿って反射させるように構成されたビームスプリッタ154を含む。この配置は限定するものではなく、単に例示として解釈されるべきであることに留意すべきである。例えば、ビームスプリッタ154は、収集された照明の1つの部分をDF経路111に沿って透過しながら、収集された照明の1つの部分をDIC経路113に沿って反射させるように配置されてもよい。

【0039】

一実施形態において、第1の瞳構造158は、選択されたNA閾値未満のNAを有する、DF経路111に沿って伝播される照明を遮断するように働く瞳ブロックを含む。さらに、第2の瞳構造159は、選択されたNA閾値を上回るNAを有する、DIC経路113に沿って伝播される照明を遮断するように働く瞳マスクを含んでもよい。これに関連して、瞳ブロック158と瞳マスク159は互いに接近しており、それにより、一方の構造が、他方の構造によって遮断されるNA型の光を透過する。本明細書において、上記の瞳ブロック158/瞳マスク構成159は限定的でなく、例示のため提供されているに過ぎないことに留意すべきである。例えば、DF経路111が瞳マスクを含み、DIC経路113が瞳ブロックを含んでもよい。これに関連して、DF経路111の瞳マスクは、DF経路111に沿って伝播される、選択されたNA閾値を上回るNAを有する照明を遮断するように働き、DIC経路の瞳ブロックは、DIC経路113に沿って伝播される、選択されたNA閾値未満のNAを有する照明を遮断する。別の実施形態において、光学サブシステム104は、上側のNA範囲を制限する対応する瞳構造がDIC経路113内にない状態で、瞳ブロック158のみを用いてDF信号とDIC信号の分離を実行してもよい。

【0040】

図1Dの光学サブシステム104は、瞳マスク134に加えて、照明源102からの照明、および/または試料103から収集された散乱または反射された照明を、方向付け、調整および/または選択するための任意の個数およびタイプの光学コンポーネントを含んでもよい。

【0041】

対象の照明は、対物レンズ108に入って試料103を照明する前に種々の光学素子によって処理されてもよく、その光学素子は、1つ以上の偏光子、1つ以上の波長板、1つ以上のビーム形状コンポーネント、1つ以上のフィルタおよび1つ以上の折り畳み式鏡等であるがそれらに限定されない。例えば、図1Dに示すように、照明源102からの照明は、OD120（例えば3位置の）を通して、偏光子122および波長板124（例えば1/4波長板）を通して透過されてもよい。次に、ビームスプリッタ126は、照明源102からの照明の一部を、照明経路に沿って、対物レンズ108を通して試料103に方向付けてもよい。

【0042】

別の実施形態において、対物レンズ108は、試料103から散乱された照明を収集してDF信号を形成する。次にDF信号は、ミラー132によって反射されて、フィルタ130と無限焦点レンズ128を介して光学経路に沿って戻る方向に方向付けられる。次に、収集された照明は再びビームスプリッタ154に衝突し、それは、収集信号を、DF経路111に沿って方向付けられる第1の部分と、DIC経路113に沿って方向付けられ

る第2の部分に分割するように働く。本明細書で前述したように、瞳構造158、159は、選択されたNA閾値未満および選択されたNA閾値を上回る照明をそれぞれ遮断（または透過）するように働く。DF経路111の場合、低NA光が瞳ブロック158によって遮断された後で、残りの高NA光はレンズ150（例えばチューブレンズ）を介してDICセンサ112（例えば、大型粒子監視に適した次元センサ）に集束される。DIC経路113の場合、高NA光が瞳マスク159によって遮断された後で、残りの低NA光はレンズ142（例えばチューブレンズ）を介してDICセンサ114（例えば二次元センサ）に集束される。

【0043】

本開示は、図1A - 1Dに描かれる特定の構成とアーキテクチャに限定されず、本明細書において、DF信号がDIC信号から分離され得るいくつかの方式があることが認識される。

【0044】

いくつかの実施形態において、本明細書に記載される検査システムは、「スタンドアローン」型ツール、または、プロセスツールに物理的に連結されないツールとして構成されてもよい。別の実施形態において、そのような検査システムは、有線および/または無線部分を含み得る伝導媒体によってプロセスツール（図示せず）に連結されてもよい。プロセスツールは、リソグラフィツール、エッチングツール、成膜ツール、研磨ツール、めっきツール、洗浄ツール、またはイオン注入ツール等の当技術分野で知られる任意のプロセスツールを含んでもよい。本明細書に記載されたシステムによって実行される検査の結果は、フィードバック制御技法、フィードフォワード制御技法、および/または現場での制御技法を用いてプロセスまたはプロセスツールのパラメータを変更するために用いられてもよい。プロセスまたはプロセスツールのパラメータは、手動で変えられても自動で変えられてもよい。

【0045】

本明細書に記載された主題は他の構成要素内に含まれた、または他の構成要素に接続された別の構成要素を説明する場合がある。そのような描かれたアーキテクチャは単に例示的なものであり、同じ機能性を達成する多くの別のアーキテクチャが実装され得ることを理解すべきである。概念的な意味で、同じ機能性を達成する構成要素の任意の構成は、望まれる機能性が達成されるように有効に「関連する」。したがって、特定の機能性を達成するために本明細書において組み合わせられる任意の2つの構成要素は、アーキテクチャまたは媒介構成要素に拘わらず所望の機能が達成されるように互いに「関連する」と見なされる。同様に、そのように関連付けられた任意の2つの構成要素は、所望の機能性を達成するために互いに「接続」または「連結」されていると見なされ、そのように関連する任意の2つの構成要素は、所望の機能性を達成するために互いに「連結可能」であるとも見なされる。「連結可能」の特定の例は、物理的に嵌合可能および/または物理的に相互作用する構成要素および/または無線相互作用可能および/または無線相互作用する構成要素および/または論理的に相互作用する、および/または論理的に相互作用可能な構成要素を含むがそれらに限定されない。

【0046】

本開示およびその付随する利点は、上記の説明によって理解されるはずであり、また、開示される主題から逸脱せずに、あるいはその重大な利点すべてを犠牲にせずに、構成要素の形状、構成および配置に様々な変更をなしてもよいことは明白である。説明された形式は例示に過ぎず、そのような変更を包含することは、以下の特許請求の範囲の意図である。さらに、本発明は添付の特許請求の範囲によって定義されることを理解すべきである。

。

10

20

30

40

フロントページの続き

(72)発明者 ペティボーン ドナルド

アメリカ合衆国 カリフォルニア サン ノゼ マッコイ アヴェニュー 4805

(72)発明者 グレイヴス バズ

アメリカ合衆国 カリフォルニア ロス ガトス イーストビュー ドライブ 14574

審査官 田中 洋介

(56)参考文献 特開2010-048813(JP,A)

特開2004-156978(JP,A)

特開2009-180561(JP,A)

特開昭59-061142(JP,A)

特表2011-517487(JP,A)

米国特許出願公開第2005/0254065(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 21/958

G01B 11/00 - 11/30

G02B 21/00 - 21/36