

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6674909号
(P6674909)

(45) 発行日 令和2年4月1日(2020.4.1)

(24) 登録日 令和2年3月11日(2020.3.11)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 N 21/956 (2006.01)	GO 1 N 21/956 A
HO 1 L 21/66 (2006.01)	HO 1 L 21/66 J
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 21 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2016-574086 (P2016-574086)	(73) 特許権者	500049141
(86) (22) 出願日	平成27年6月19日 (2015.6.19)		ケーエルエー コーポレーション
(65) 公表番号	特表2017-521653 (P2017-521653A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ
(43) 公表日	平成29年8月3日 (2017.8.3)		タス ワン テクノロジー ドライブ
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/036820	(74) 代理人	110001210
(87) 国際公開番号	W02015/196163		特許業務法人Y K I 国際特許事務所
(87) 国際公開日	平成27年12月23日 (2015.12.23)	(72) 発明者	ニコライデス レーナ
審査請求日	平成30年6月12日 (2018.6.12)		アメリカ合衆国 カリフォルニア カスト
(31) 優先権主張番号	62/014, 986		ロ バレー コロンビア ドライブ 1 7
(32) 優先日	平成26年6月20日 (2014.6.20)		7 4 9
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(72) 発明者	ツァイ ベン-ミン ベンジャミン
(31) 優先権主張番号	14/741, 866		アメリカ合衆国 カリフォルニア サラト
(32) 優先日	平成27年6月17日 (2015.6.17)		ガ スコットランド ドライブ 1 9 8 0
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インライン型のウェハエッジ検査、ウェハブレアラインメント、及びウェハ洗浄

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体ウェハの検査及び加工システムにおいて、

リソグラフィシステム中でリソグラフィ工程がそこに施行される予定の各ウェハを、そのウェハに対してフォトリソグラフィ工程が実行される前に受けるエッジ検出システムであって、

1つ又は複数の照明ビームをウェハの、少なくとも1つの側面並びにウェハの境界領域内にある上部及び底部を含むエッジ部分へと誘導するための少なくとも1つの照明経路と、

1つ又は複数の照明ビームに応答して、ウェハのエッジ部分から散乱又は反射された出力放射を集光し、検出するための少なくとも1つの集光モジュールと、

エッジ部分の中の欠陥を位置特定し、そのようなウェハの検出された出力放射に基づいて、各ウェハが仕様範囲内であるか否かを判断するためのアナライザモジュールであり、前記欠陥は、粒子、クラック、又はスクラッチを含む、アナライザモジュールと、

を含むエッジ検出システムと、

前記エッジ検出システムから、仕様範囲内であることが判明した各ウェハを受け取るフォトリソグラフィシステムと、

を含み、

前記エッジ検出システムは、前記フォトリソグラフィシステムとインライン方式で連結され、

前記エッジ検出システムの前記アナライザモジュールはさらに、前記少なくとも1つの集光モジュールにより集光され、検出された前記出力放射に基づき各ウェハのアラインメント位置を決定するように構成され、かつ前記アラインメント位置を前記フォトリソグラフィシステムに提供するように構成され、

前記リソグラフィシステムは、前記エッジ検出システムからの前記アラインメント位置を受け取り、受け取った前記アラインメント位置を、各ウェハをレチクルパターンに関して整列させるために使用する

ことを特徴とするシステム。

【請求項2】

請求項1に記載のシステムにおいて、

前記エッジ検出システムの前記アナライザモジュールはさらに、フォトリソグラフィ工程の間の各ウェハのアラインメントのために、各ウェハが前記エッジ検出システムから前記フォトリソグラフィシステムに移動するときに各ウェハのアラインメント位置を追跡するように構成される

ことを特徴とするシステム。

【請求項3】

請求項1に記載のシステムにおいて、

前記エッジ検出システムは、各ウェハを、そのウェハが前記フォトリソグラフィシステムにより加工される直前に受けるように配置されることを特徴とするシステム。

【請求項4】

請求項1に記載のシステムにおいて、

前記少なくとも1つの照明経路は、エッジ部分に同時に誘導される複数の照明ビームを生成するための回折光学要素を含むことを特徴とするシステム。

【請求項5】

請求項4に記載のシステムにおいて、

前記エッジ検出システムは、照明経路の下で各ウェハを回転させて、複数の照明ビームでそのようなウェハのエッジ部分の全周がスキャンされるようにし、また前記エッジ検出システムをエッジ部分の上部、底部、及び少なくとも1つの側面の周囲で回転させるための少なくとも1つの位置決め機構をさらに含むことを特徴とするシステム。

【請求項6】

請求項1に記載のシステムにおいて、

前記少なくとも1つの集光モジュールは、各ウェハから散乱された出力放射を受け取るための暗視野経路と、各ウェハから反射された出力放射を受け取るための明視野経路と、を含むことを特徴とするシステム。

【請求項7】

請求項1に記載のシステムにおいて、

前記少なくとも1つの照明経路は、少なくとも1つの照明ビームで各ウェハのエッジ部分をスキャンするための偏向機構を含むことを特徴とするシステム。

【請求項8】

請求項1に記載のシステムにおいて、

前記少なくとも1つの照明経路と前記少なくとも1つの集光モジュールは、各ウェハのエッジ部分の少なくとも1つの側面を検査するためのエッジ検査器と、少なくとも1つの側面の検査中に各ウェハのエッジ部分のそれぞれ上部及び底部を同時に検査するための上側カメラと下側カメラの形態であることを特徴とするシステム。

【請求項9】

請求項1に記載のシステムにおいて、

前記少なくとも1つの照明経路と前記少なくとも1つの集光モジュールは、各ウェハのエッジ部分の少なくとも1つの側面、上部、及び底部を同時に検査するように構成された複数のカメラの形態であることを特徴とするシステム。

【請求項10】

10

20

30

40

50

請求項 9 に記載のシステムにおいて、
前記カメラは、各ウェハのエッジ部分の少なくとも 1 つの側面、上部、及び底部に沿って相互にずらして配置されていることを特徴とするシステム。

【請求項 1 1】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、
前記エッジ検出システムの前記少なくとも 1 つの照明経路と前記少なくとも 1 つの集光モジュールは、

各ウェハのエッジ部分に向かって位置決めするための内面と、内面の反対の外面を有する曲面ディフューザと、

前記曲面ディフューザの外面上の複数の位置に隣接する複数の照明ビームを生成して、
前記曲面ディフューザによって各サンプルのエッジ部分において複数の入射角度で均一な光が出力されるようにする複数の光源と、

入射光に応答して各ウェハのエッジ部分から散乱される出力放射を受け取り、検出された信号を生成するためのセンサと、
を含み、

前記光源、前記曲面ディフューザ、及び前記センサは、集積されることを特徴とするシステム。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、
照明経路は、明視野照明及び暗視野照明を提供するように構成されることを特徴とするシステム。

【請求項 1 3】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、
前記少なくとも 1 つの集光モジュールは、エッジ部分の少なくとも 1 つの側面、上部、及び底部からの出力放射を受け取るように配置された複数の第一の端と、受け取った出力放射をラインスキャンカメラ又は TDI (time delay integration) カメラへと出力する複数の第二の反対の端を有するファイバ束の形態であることを特徴とするシステム。

【請求項 1 4】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、
前記少なくとも 1 つの集光モジュールは、エッジ部分の少なくとも 1 つの側面、上部、及び底部から出力放射を同時に受け取って、ラインスキャンカメラ又は TDI (time delay integration) カメラへと誘導するように位置付けられた複数の光学要素の形態であることを特徴とするシステム。

【請求項 1 5】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、
前記エッジ検出システムの前記少なくとも 1 つの照明経路と前記少なくとも 1 つの集光モジュールは、各ウェハのエッジ部分に配置された複数のブルーレイ装置を含むことを特徴とするシステム。

【請求項 1 6】

フォトリソグラフィシステムの中のフォトリソグラフィ工程が施行される予定のウェハのエッジ部分を検査する方法において、

フォトリソグラフィシステムの中でフォトリソグラフィ工程が施行される各ウェハについて、そのウェハにフォトリソグラフィ工程が実行される前にそのウェハをエッジ検出システムの中に受けるステップと、

前記エッジ検出システムによって、各ウェハの、少なくとも 1 つの側面並びにウェハの境界領域内にある上部及び底部を含むエッジ部分の欠陥を検査して、ウェハが仕様範囲内にあるか否かを判断するステップであり、前記欠陥は、粒子、クラック、又はスクラッチを含む、ステップと、

前記エッジ検出システムによって、前記エッジ検出システムの集光モジュールにより集

10

20

30

40

50

光され、検出された出力放射に基づき各ウェハのアラインメント位置を決定し、前記アラインメント位置を前記フォトリソグラフィシステムに提供するステップと、

前記エッジ検出システムが仕様範囲内であると判断した各ウェハについて、前記エッジ検出システムから前記フォトリソグラフィシステムへと排出するステップと、

前記フォトリソグラフィシステムによって、前記エッジ検出システムから前記アラインメント位置を受け取り、受け取った前記アラインメント位置を、各ウェハをレチクルパターンに関して整列させるために使用するステップと、

を含み、

前記エッジ検出システムは、前記フォトリソグラフィシステムとインラインの関係であることを特徴とする方法。

10

【請求項 17】

請求項 16 に記載の方法において、

仕様範囲内であることが判明した特定のウェハの欠陥を、そのような特定のウェハに前記フォトリソグラフィ工程が実行されている間又はその後に追跡するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 18】

請求項 16 に記載の方法において、

前記エッジ検出システムは、前記リソグラフィシステムの処理速度と等しいか、それより速い速度でウェハを検査することを特徴とする方法。

20

【請求項 19】

請求項 16 に記載の方法において、

各ウェハのエッジ部分は、ウェハの円周の周囲で回転され、ウェハのエッジ部分の上部及び下部並びに少なくとも 1 つの側面の全体にわたってステップ式に移動される複数の同時スキャンスポットで検査されることを特徴とする方法。

【請求項 20】

請求項 16 に記載の方法において、

エッジ検出システムによって、フォトリソグラフィ工程の間の各ウェハのアラインメントのために、各ウェハが前記エッジ検出システムから前記フォトリソグラフィシステムに移動するときに各ウェハのアラインメント位置を追跡するステップと、

をさらに含むことを特徴とする方法。

30

【請求項 21】

請求項 20 に記載の方法において、

仕様範囲外であると判断され、前記フォトリソグラフィシステムにウェハを送る前に洗浄可能である各ウェハを洗浄するステップをさらに含み、

洗浄するステップは、前記エッジ検出システム及び前記フォトリソグラフィシステムとインラインの関係にある内部洗浄システムにおいて実行されることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に、ウェハ検査及び画像化の分野に関する。より詳しくは、本発明は、ウェハのラウンドエッジの検査及び画像化のための装置及び技術に関する。

40

【背景技術】

【0002】

本願は、“Method for In-Line Semiconductor Wafer Edge Inspection, Simultaneous Pre-Alignment, and Wafer Cleaning” と題し、2014年6月20日に Lena Nicolaidis et al. により出願された米国仮特許出願第 62/014,986 号の優先権を主張するものであり、その全体をあらゆる目的のために参照によって本願に援用する。

【0003】

50

一般に、半導体製造業界には、シリコン等の基板上に積層され、パターンニングされた半導体材料を使用して集積回路を製造するための非常に複雑な技術が関わる。大規模な回路集積と半導体装置の小型化によって、製造された装置はますます欠陥の影響を受けやすくなっている。すなわち、装置の故障の原因となる欠陥がさらに微細化しつつある。装置は一般に、最終使用者又は顧客に出荷される前に無欠陥の状態であることが求められる可能性がある。

【0004】

半導体業界では、様々な検査システムを使って半導体レチクル又はウェハ上の欠陥を検出している。1種の検査ツールは、光学検査システムである。光学検査システムでは、1つ又は複数のビームが半導体ウェハへと誘導され、その後、反射及び/又は散乱ビームが検出される。すると、検出されたビームを使って、検出された電気信号又は画像が生成されてもよく、このような信号又は画像がその後分析されて、ウェハ上に欠陥が存在するかが判断される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許出願公開第2008/0124489号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ある特定の検査分野では、ウェハの側面が画像化されて、このようなウェハのエッジ領域の画像を得る。このようなエッジ領域を画像化するための改良された検査技術と装置が引き続き必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

以下に、本発明の特定の実施形態の基本を理解できるようにするために、本開示の簡略的な概要を示す。この概要は、本開示の詳細に及び全体像ではなく、本発明の重要/不可欠要素を特定せず、また本発明の範囲も画定しない。その唯一の目的は、後述のより詳しい説明の前置きとして、本明細書中で開示されているいくつかの概念を単純化した形で提示することにすぎない。

【0008】

1つの実施形態において、半導体ウェハの検査及び加工システムが開示される。このシステムは、リソグラフィシステム中でリソグラフィ工程がそこに施行される予定の各ウェハを、そのウェハに対してフォトリソグラフィ工程が実行される前に受けるエッジ検出システムを含む。このエッジ検出システムは、1つ又は複数の照明ビームをウェハのエッジ部分へと誘導するための少なくとも1つの照明経路を含み、そのようなエッジ部分は、少なくとも1つの側面並びにウェハの境界領域内にある上部及び底部を含む。エッジ検出システムはまた、1つ又は複数の照明ビームに応答して、ウェハのエッジ部分から散乱又は反射された出力放射を集光し、検出するための少なくとも1つの集光モジュールと、エッジ部分の欠陥の位置を特定し、そのようなウェハの検出された出力放射に基づいて、各ウェハが仕様範囲内であるか否かを判断するためのアナライザモジュールも有する。全体的なシステムは、エッジ検出システムから、仕様範囲内であることが判明した各ウェハを受け取るフォトリソグラフィシステムをさらに含み、エッジ検出システムは、フォトリソグラフィシステムとインライン方式で連結される。

【0009】

ある具体的な実施例において、エッジ検出システムのアナライザモジュールはさらに、各ウェハのアラインメント位置を判断するように構成され、エッジ検出システムからのこのようなアラインメント位置は、フォトリソグラフィシステムによって、フォトリソグラフィ加工中にそのようなウェハを整列させるために受け取られる。他の例において、エッジ検出システムは、各ウェハを、そのウェハがフォトリソグラフィシステムにより加工さ

10

20

30

40

50

れる直前に受けるように配置される。また別の実施形態において、少なくとも1つの照明経路は、エッジ部分に同時に誘導される複数の照明ビームを生成するための回折光学要素を含む。別の態様において、エッジ検出システムは、照明経路の下で各ウェハを回転させて、複数の照明ビームでそのようなウェハのエッジ部分の全周がスキャンされるようにし、またエッジ検出システムをエッジ部分の上部、底部、及び少なくとも1つの側面の周囲で回転させるための少なくとも1つの位置決め機構をさらに含む。

【0010】

他の実施形態において、少なくとも1つの集光モジュールは、各ウェハから散乱された出力放射を受け取るための暗視野経路と、各ウェハから反射された出力放射を受け取るための明視野経路を含む。ある特定の実施形態において、少なくとも1つの照明経路は、少なくとも1つの照明経路で各ウェハのエッジ部分全体をスキャンするための偏光機構を含む。他の態様において、少なくとも1つの照明経路と少なくとも1つの集光経路は、各ウェハのエッジ部分の少なくとも1つの側面を検査するためのエッジ検査器と、少なくとも1つの側面の検査中に各ウェハのエッジ部分のそれぞれ上部及び底部を同時に検査するための上側カメラと下側カメラの形態である。他の例において、少なくとも1つの照明経路と少なくとも1つの集光経路は、各ウェハのエッジ部分の少なくとも1つの側面、上部、及び底部を同時に検査するように構成された複数のカメラの形態である。別の態様において、カメラは、各ウェハのエッジ部分の少なくとも1つの側部、上部、及び底部に沿って相互からずれて配置されている。

【0011】

他の実施例において、エッジ検出システムの少なくとも1つの照明経路と少なくとも1つの集光経路は、各ウェハのエッジ部分に向かって位置決めするための内面と内面の反対の外面を有する曲面ディフューザと、ディフューザの外面上の複数の位置に隣接する複数の照明ビームを生成して、ディフューザが各サンプルのエッジ部分において複数の入射角で均一な光を出力するようにする複数の光源と、入射光にตอบสนองして各ウェハのエッジ部分から散乱される出力放射を受け取り、検出された信号を生成するためのセンサを含む。光源、ディフューザ、及びセンサは、コンパクトなフォーマットに集積される。

【0012】

他の実施形態において、照明経路は、明視野照明及び/又は暗視野照明を提供するように構成される。他の態様において、少なくとも1つの集光経路は、エッジ部分の少なくとも1つの側面、上部、及び底部からの出力放射を受け取るように配置された複数の第一の端と、受け取った出力放射をラインスキャンカメラ又はTDI (time delay integration) カメラへと出力する複数の第二の反対の端を有するファイバ束の形態である。また別の例において、少なくとも1つの集光経路は、エッジ部分の少なくとも1つの側面、上部、及び底部からの出力放射を同時に受け取って、ラインスキャンカメラ又はTDI (time delay integration) カメラへと案内するように位置付けられた複数の光学要素の形態である。他の実施形態において、エッジ検出システムの少なくとも1つの照明経路と少なくとも1つの集光経路は、各ウェハのエッジ部分に配置された複数のブルーレイ装置を含む。

【0013】

代替的な実施形態において、本発明は、フォトリソグラフィシステムの中のフォトリソグラフィ工程が施行される予定のウェハのエッジ部分を検査する方法に関する。この方法は、(i) フォトリソグラフィシステムの中でフォトリソグラフィ工程がそこに施行される予定の各ウェハについて、そのウェハにフォトリソグラフィ工程が実行される前にそのウェハをエッジ検出システムの中に受けるステップと、(ii) エッジ検出システムによって、各ウェハの、少なくとも1つの側面並びにウェハの境界領域内にある上部及び底部を含むエッジ部分の欠陥を検査して、ウェハが仕様範囲内にあるか否かを判断するステップと、(iii) エッジ検出システムが仕様範囲内にあると判断した各ウェハについて、エッジ検出システムからウェハをリソグラフィシステムへと排出するステップを含む。エッジ検出システムは、フォトリソグラフィシステムとインラインの関係である。

【0014】

別の態様において、方法は、仕様範囲内にあることが判明した特定のウェハの欠陥を、その特定のウェハにフォトリソグラフィ工程が実行されている間又はその後を追跡するステップを含む。ある特定の実施形態において、エッジ検出システムは、リソグラフィシステムの処理速度と等しいか、それより速い速度でウェハを検査する。他の態様において、各ウェハのエッジ部分は、ウェハの円周の周囲で回転され、ウェハのエッジ部分の上部及び下部並びに少なくとも1つの側面の全体にわたりステップ式に移動される複数の同時スキャンスポットで検査される。他の態様において、方法は、(i)エッジ検出システムによって、各ウェハのアラインメント位置を判断するステップと、(ii)各ウェハに関するそのようなアラインメント位置をエッジ検出システムからリソグラフィシステムで受けるステップを含み、受け取ったアラインメント位置は、フォトリソグラフィ工程中のそのようなウェハのアラインメントのために使用される。別の態様において、方法は、仕様範囲外であると判断され、フォトリソグラフィシステムにウェハを送る前に洗浄可能である各ウェハを洗浄するステップを含み、洗浄するステップは、エッジ検出及びフォトリソグラフィシステムとインラインの関係にある内部洗浄システムで実行される。

10

【0015】

本発明の上記及びその他の態様を、図面を参照しながら以下に詳しく説明する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1A】本発明の1つの実施形態によるリソグラフィシステムとのインラインエッジ検出システムの概略図である。

20

【図1B】本発明の1つの実施形態によるエッジ検出工程を示すフローチャートである。

【図2A】本発明の1つの実施例によるマルチスポットモードを有するエッジ検出システム204の1つの実施例を示す。

【図2B】本発明の1つの実施例によるマルチスポットモードを有するエッジ検出システム204の1つの実施例を示す。

【図2C】本発明の1つの実施例によるマルチスポットモードを有するエッジ検出システム204の1つの実施例を示す。

【図3A】本発明の他の実施形態による照明ビーム経路における音響光学装置(acousto-optical device)(AOD)スキャナを有するエッジ検出システムを示す図である。

30

【図3B】本発明の他の実施形態による照明ビーム経路における音響光学装置(acousto-optical device)(AOD)スキャナを有するエッジ検出システムを示す図である。

【図3C】本発明の他の実施形態による照明ビーム経路における音響光学装置(acousto-optical device)(AOD)スキャナを有するエッジ検出システムを示す図である。

【図3D】本発明の他の実施形態による照明ビーム経路における音響光学装置(acousto-optical device)(AOD)スキャナを有するエッジ検出システムを示す図である。

40

【図4A】本発明の他の実施形態による、エッジ面のためのスポットスキャナとそれぞれ上面及び下面用の2つのカメラを有するエッジ検査システムの概略図である。

【図4B】本発明の他の実施形態による、エッジ面のためのスポットスキャナとそれぞれ上面及び下面用の2つのカメラを有するエッジ検査システムの概略図である。

【図4C】本発明の他の実施形態による、エッジ面のためのスポットスキャナとそれぞれ上面及び下面用の2つのカメラを有するエッジ検査システムの概略図である。

【図5】本発明の他の実施形態による、スキャントラックサイズを最適化するエッジ検査システムの概略側面図である。

【図6A】本発明の他の具体的な実施例による、複数のカメラを有するエッジ検出システムの概略側面図である。

50

【図 6 B】カメラの裏から関心対象のエッジに向かって見た、図 6 A のシステムの側面図である。

【図 6 C】図 6 A のシステムの上面図である。

【図 6 D】本発明の他の実施形態による、複数のカメラと曲面ディフューザを有するエッジ検出システムの切欠き側面図である。

【図 7 A】本発明の代替的な実施形態による、ずらして配置されたカメラを有するエッジ検出システム 700 を示す図である。

【図 7 B】本発明の代替的な実施形態による、ずらして配置されたカメラを有するエッジ検出システム 700 を示す図である。

【図 8】ある例示的な実施形態による暗視野照明と複数のカメラを有するエッジ検出システムを示す図である。

10

【図 9】本発明の他の実施形態による光ファイバのコヒーレンスバンドルを利用する他の実施例を示す図である。

【図 10】本発明の 1 つの実施形態による、複数のブルーレイ照明と検出装置を利用する別のエッジ検出システムの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下の説明の中で、本発明を十分に理解できるようにするために、多数の具体的な詳細が示されている。本発明は、これらの具体的な詳細のいくつか又は全部がなくても実施できる。他の例において、よく知られた構成要素又は工程は、本発明を不必要に曖昧にしないように、詳しくは説明していない。本発明は具体的な実施形態に関連して説明するが、当然のことながら、本発明を実施形態に限定しようとしていない。

20

【0018】

本明細書で使用されるかぎり、「標本」及び「サンプル」という用語は一般に、ウェハ又は、関心対象の欠陥のあるエッジを有するその他のあらゆる標本を指す。「標本」、「サンプル」及び「ウェハ」という用語は、本明細書においては互換的に使用されているが、ウェハに関して説明されている実施形態は、検査及び画像化のために構成され、及び/又は使用されていてもよい。

【0019】

本明細書で使用されるかぎり、「ウェハ」という用語は一般に、半導体又は非半導体材料で形成された基板を指す。半導体材料の例としては、単結晶シリコン、ガリウムヒ素、及びリン化インジウムが含まれるが、これらに限定されない。このような基板は一般に、半導体製造施設において見られ、及び/又は加工されてもよい。基板はまた、ガラス、サファイヤ、又は、現代の製造において時折使用されるその他の絶縁体材料を指す。

30

【0020】

1 つ又は複数の層がウェハ上に形成されてもよい。例えば、このような層は、レジスト、誘電材料、及び導電材料を含んでいてもよいが、これらに限定されない。多くの様々な種類の層が当業界で知られており、ウェハという用語は、本明細書において使用されるかぎり、何れの種類の層がその上に形成されるウェハも包含するものとされる。ウェハ上に形成される 1 つ又は複数の層は、パターンニングされてもよい。例えば、ウェハは各々が繰り返し可能なパターン特徴を有する複数のダイを含んでいてもよい。このような材料の層の形成と加工により、最終的には、完成された半導体装置が得られてもよい。要するに、ウェハは、完成した半導体装置の層の一部がその上に形成されている基板又は、完成した半導体装置の全ての層がその上に形成されている基板を含んでいてもよい。

40

【0021】

ウェハは、エッジに欠陥を含んでいるかもしれない。ウェハのエッジに見られる可能性のある欠陥の例としては、チップ、クラック、スクラッチ、マーク、粒子、及び残留化学物質（例えば、レジストやスラリー）が含まれるが、これらに限定されない。例えば、ウェハにフォトリソ材料をスパインコーティングしている間に、フォトリソビードがウェハ周辺付近に形成される可能性があり、過剰なフォトリソが垂れてウェハのエッジ

50

にかかる可能性がある。このような過剰なエッジフォトレジストが剥がれ落ちて、ウェハの装置領域又はリソグラフィツールのチャックもしくはその他の表面へと移動する可能性がある。同様に、エッチングケミカル又は蒸着フィルム材料がウェハエッジ上に残り、装置領域へと移動するかもしれない。これらのエッジの欠陥は、数に関係なく、歩留まり低下を招く可能性がある。複数のウェハが一体に結合されている場合、このようなウェハ間の結合部にも欠陥がありうる。

【 0 0 2 2 】

ウェハのエッジは、全長にわたってベベル処理され、又はラウンド型とされていてもよい。あるいは、サンプルエッジには、例えば、複数のウェハが積み重ねられ、一体に結合されている結合ウェハ型配置においては、ベベル処理されたエッジ部分とベベル処理されていないエッジ部分の両方が含まれているかもしれない。どちらの例においても、ウェハエッジには、ベベル型エッジを得るための研削、切削、又は研磨工程が施されてもよい。そのような研削、切削、又は研磨中に、エッジの一部がベベル処理されないままとなるかもしれない。

【 0 0 2 3 】

ウェハリソグラフィシステムには、チャック及び浸漬ヘッドに堆積する微粒子を洗浄するために、コストのかかるダウンタイムが発生する。リソグラフィシステムは、高精度光学システムであり、その機能には極限レベルのクリーンさが必要である。液浸リソグラフィの使用を含め、半導体製造技術がより複雑になるにつれて、汚染物がウェハエッジからリソグラフィツールの重要面へと移動する危険性もまた高まっている。この汚染は、製造ラインをクリーニングのために停止しなければならないため、重大な生産量損失の原因となりかねない。

【 0 0 2 4 】

これらの微粒子の多くの発生源はウェハのエッジ領域であり、これには、端面から数ミリメートル以内の上面、側面ベベルと端面領域、及びウェハ端面から数ミリメートル以内の底面を含む。カリフォルニア州サンノゼの S E M I という機関が使用する用語において、これらの領域は、ゾーン 1 ~ ゾーン 5 と呼ばれる。

【 0 0 2 5 】

このダウンタイムコストは、ウェハエッジ検査装置がリソグラフィシステムと同じかそれ以上のスループットで動作できれば、大幅に削減できよう。ウェハエッジ検査装置はまた、インラインウェハプリアライナの機能も提供でき、この場合、エッジ検査システムは、製造フローの中のリソグラフィシステムの前にあるインラインのウェハトラック内の既存のプリアライナの代わりとすることができる。例えば K L A - T e n c o r V i s e d g e システム等、エッジ検査システムの中には現在、検査工程中に画像データを取得するものがあり、これらのシステムは、リソグラフィシステムのためのプリアラインメントを実行するように構成できる。

【 0 0 2 6 】

特定の実施形態において、エッジ検査システムは、フォトリソグラフィ工程のフロー内に設置される。好ましいことに、エッジ検査システムは低コストで、フォームファクタが小さく、これをリソグラフィシステムとフローの一部である機器の中に容易に組み込むことができる。これに加えて、エッジ検査は、フォトリソグラフィシステムの速度に影響を与えない、又はわずかしかな影響を与えない速度で行われる。

【 0 0 2 7 】

図 1 A は、本発明の 1 つの実施形態によるリソグラフィシステム 1 0 6 とのインラインエッジ検出システム 1 0 4 の概略図である。図 1 B は、本発明の 1 つの実施形態によるインラインエッジ検出工程を示すフローチャートである。動作 1 5 2 において、リソグラフィ工程がそれに対して施工される予定の各ウェハについて、そのウェハがトラック（例えば 1 0 2 a ）に投入され、これは、ウェハを移動させて、高速エッジ検出システム 1 0 4 により受けられるようにする。動作 1 5 4 において、受け取られたウェハのエッジが検査されて、欠陥の位置が特定され、そのようなウェハのアラインメントが決定される。エッ

10

20

30

40

50

ジ検査システム104は、高速エッジ検査を実行するように構成される。例えば、各ウェハのエッジは、そのようなウェハに対してその後のフォトリソグラフィ工程が実行される直前に検査される。

【0028】

高速エッジ検査を提供するほかに、エッジ検査システム104は、リソグラフィシステムのためのプリアラインメントシステムの役割を果たし、そのようなリソグラフィシステムのためのプリアラインメントを実行してもよい。プリアラインメントは、トラック上でのウェハの回転方位を特定する役割を果たす。

【0029】

次に、動作156において、ウェハが仕様範囲内であるか否かが、エッジ検査の結果に基づいて判断されてもよい。例えば、検出された欠陥は、歩留まりに影響を与える、又は汚染の問題の原因となる可能性のある「実」欠陥に分類されるかもしれない、又は、歩留まりに影響を与える、又は汚染を引き起こす可能性のない「擬似」欠陥として分類されるかもしれない。1つの欠陥検出の実施例において、欠陥は、局所的なばらつきを周辺領域と比較して、所定の閾値より高い差を「実」欠陥と定義すること、検出された光がある特定の種類の経路（例えば、散乱対反射）によって受け取られたか否かを判断すること、その他によって発見される。この工程の一環として、発見されたエッジ欠陥が、リソグラフィシステムを汚染する可能性につながるような、リソグラフィシステムが修理及び/又はクリーニングのためにオフラインにされ、重大なコスト及び遅れを引き起こす原因となりうる形態か否かが判断されてもよい。

【0030】

ウェハが仕様範囲内であると判断されると、そのウェハは次に、動作158において、トラック（例えば102b）に投入され、それがウェハをリソグラフィシステム106によって受けられるように移動させる。潜在的欠陥もウェハ加工中に追跡されて、その潜在的欠陥が、歩留まりに影響を与える可能性のある「実」欠陥へと発展しないか否かが判断される。例えば、各潜在的欠陥の位置が保存され、ウェハが1つ又は複数のその後の製造ステップによって加工された後に、そのような位置がエッジ検出ツールによって定期的に検査される。ウェハリソグラフィシステム106によって加工された後、動作158において、ウェハはすると、排出トラック102cへと投入される。例えば、ウェハはこのシステムからウェハトラック102cを通じて排出される。

【0031】

ウェハが仕様範囲外である可能性がある場合、動作160において、ウェハがクリーニング可能であるか否かが判断されてもよい。例えば、欠陥がウェハのエッジから洗い落とせるか否かが判断されてもよい。ウェハが洗浄可能であれば、動作162において、ウェハは次に外部洗浄ステーション又は内部洗浄ステーション（104）で洗浄される。洗浄後、動作158において、ウェハをトラックに投入でき、これがウェハをリソグラフィシステム106によって受けられるように移動させ、動作158において、リソグラフィシステム106はそのようなウェハを加工し、トラック102cを通じて排出する。

【0032】

このタイプのインラインエッジ検査装置により、微粒子発生源の可能性があると特定されたウェハを、ウェハトラック102bを通じてスキャナ106に入る前に内蔵洗浄動作又は外部洗浄ステーション（図示せず）の何れかに搬送することができ、それゆえ、洗浄イベント間の時間を延長することにより、スキャナの洗浄とダウンタイムの必要性を大幅に減少させる。ウェハトラック内の既存のプリアライナシステムの代わりとなることにより、このソリューションは、ウェハスキャナ装置に対する影響を最小限にする。ウェハリソグラフィシステム106により加工された後、動作158において、ウェハは排出トラック102cに投入され、それによってウェハがリソグラフィシステム106のフローから排出される。

【0033】

ウェハが洗浄可能でない場合、動作164において、ウェハが修復可能であるか否かが判断されてもよい。すると、修復可能なウェハに対して、ウェハ修復動作166が実行されてもよい。その後、動作158において、修復されたウェハをトラックに投入でき、それがリソグラフィシステムによって受けられ、加工される。ウェハが修復可能でなければ、ウェハはその代わりに廃棄される。

【0034】

ここで、より詳細な図面を参照すると、図面は正確な縮尺で描かれていないことがわかる。特に、図面の要素のいくつかの縮尺は、その要素の特性を強調するために過度に誇張されている。また、図面は同じ縮尺で描かれていないこともわかる。複数の図面に示されている、同様に構成されうる要素は、同じ参照番号を使って示されている。

10

【0035】

エッジ検出システムの特定の実施形態は、高スループットの半導体製造生産ラインとインラインで、ウェハの、上側エッジ、ベベルと側面、及び下側エッジを含むエッジ領域を微粒子に関して検査する。例えば、エッジ検査は、リソグラフィシステムがウェハを加工する速度と等しい、又はそれより速い速度で実行される。特定の実施例において、ウェハはリソグラフィシステムにより、1時間にウェハ200枚の速度で加工される。この実施例では、エッジ検査器は1時間にウェハ200枚又はそれ以上の速度でウェハを検査する。その結果として得られた検査データは、ウェハを必要に応じて洗浄ステップへと送るために使用されてもよく、またウェハプリアラインメントデータがリソグラフィシステムへと提供される。

20

【0036】

図2A~2Cは、ウェハを検査し、ウェハのプリアラインメント回転を測定するためのマルチスポットモードを有するエッジ検出システム204の1つの実施例を示す。図2A~2Cは簡略化された図であり、説明を簡単にするために、必ずしもこのようなシステムに一般的に存在しうるすべての構成要素を示してはいない。図2Aの斜視図に示されるように、このエッジ検出システム204は複数の照明ビームを生成し、これらはサンプル202上の複数のスポット206a、206b、及び206cで合焦される。エッジ検出システムは、サンプルのラウンドエッジ、例えば半導体ウェハのベベルエッジ上の欠陥を検出できる。この例においては、半導体ウェハの最も薄いエッジ表面であるウェハ202の断面ベベルエッジ部が、関心対象サンプルとして示されている。サンプルの上面203(図2B)は、1つ又は複数のバターニングされた層を含んでいても、ベアの状態であってもよい。ウェハは、少なくとも集積回路、薄膜ヘッドダイ、微小電気機械システム(MEMS)装置、フラットパネルディスプレイ、磁気ヘッド、磁気及び光記憶媒体、レーザ、導波管、ウェハ上に加工されたその他の受動要素等のフォトニクス及び光電子デバイスを含んでいてもよいその他の構成要素、印刷ヘッド、及びウェハ上に加工されたバイオチップデバイスの少なくとも一部をさらに含んでいてよい。この例において、ベベルエッジは、上面202a、底面202b、及び側面202cを有する。上面及び下面202a及び202bは、側面202cへと傾斜している。しかしながら、あらゆる適当な数のベベル面によってラウンドエッジが形成されてもよい。

30

【0037】

このエッジ検出システム204は、アクチュエータ経路に沿って移動されて、図2Bのサンプル202のエッジをスキャンしてもよい。この移動は、1つ又は複数の位置決め機構(例えば、216b)によって実行されてもよく、これらはエッジ検出システム204の1つ又は複数の構成要素に機械的に連結されている。いくつかの実施形態において、エッジ検出システム204は、1つ又は複数のアクチュエータ又は位置決め機構216bに連結されたステージによって支持されてもよい。1つ又は複数の位置決め機構216aは、アクチュエータ経路(サンプル202の一部の上と下で)に沿ってエッジ検出システム204を半径方向及び回転方向に作動させて、サンプルエッジ202a~202eの選択された部分をスキャンできるように構成される。

40

【0038】

50

これに加えて、サンプルは、サンプルの円周の異なるエッジ部分を検査するために、方向 に回転されてもよい。サンプルは、サンプル 202 を選択された位置へと作動させる（例えば、関心対象の欠陥が見える位置まで移動させる）ように構成されたステージにより支持されてもよい。例えば、ステージは、サンプル 202 をその中心軸の周囲で回転させて、サンプルエッジ（例えば、202a ~ 202e）の選択された部分が見える位置まで移動させるように構成された 1 つ又は複数のモータ、サーボ、又は代替的な位置決め機構 216a に機械的に連結され、又はこれを含んでいてもよい。

【0039】

本明細書で説明する位置決め機構は、スクリュードライブとステップモータ、エアベアリングドライブ、フィードバック位置を有するリニアドライブ、又はバンドアクチュエータとステップモータ等、何れの形態をとってもよい。一般に、エッジ検出システムは、サンプルエッジの、スポットに対応する複数の位置を同時に検査する。次に、サンプルをこのエッジ検出システムに関して回転させて、複数のスポットの現在位置における円周全体がサンプルの回転中に検査されるようにすることができる。その後、エッジ検出システムは、方向 に回転又はステップ移動させて、サンプルの回転中に最後のスポット間の位置がサンプルの円周全体に沿って検査されるようにすることができる。このステップ移動工程は、方向 に沿ってエッジ部分のすべてがカバーされるまで繰り返される。

【0040】

図 2B は、本発明の 1 つの実施形態による、図 2A のエッジ検出システム 204 のための照明経路 250 の概略側面図である。図 2B に示されるように、照明経路 250 は、1 つ又は複数の照明ビームを生成するための 1 つ又は複数の光源（例えば、252）を含んでいてもよい。照明ビームの波長は、各用途の特定の要求事項に依存する。

【0041】

リレイレンズ 254 は、生成された照明を受けて、瞳面において実際の瞳を生成する。変倍レンズ 256 は、スポットの大きさと、スイープ長さを調整するために使用できる。

【0042】

図 2B に示される実施形態において、回折光学素子（DOE）258 を変倍レンズ 256 の前に設置することにより、複数のスポットを生成できる。図 2B は 3 つのスポットが生成されることを示しているが、その他の実施形態は異なる数のスポットを生成できる。複数のビームを生成するための、図の 3×1 DOE 素子を何れの適当な DOE 又は、より一般的には何れの $n \times m$ DOE に置き換えてもよい。次に、対物レンズ 260 を、スポットをウェハエッジ等のサンプル 202 上に合焦させるために使用できる。

【0043】

あるいは、システムは DOE 258 と対物レンズ 260 との間に配置されたリレイレンズを利用してよい。照明システムの瞳が対物レンズの位置で、レンズアセンブリの内側に物理的に位置付けられているとき、一般にリレイを使って対物レンズの外側に実際の瞳が形成され、それによって、DOE がそのような瞳の上に置かれてもよい。低開口数のシステムの場合、物理的ストップの位置は対物レンズアセンブリの外側にある。高開口数のシステムでは、物理的ストップの位置は対物レンズアセンブリの内側にあってもよい。この場合、別のリレイがシステムに追加されて、DOE を置くための位置が提供されるであろう。

【0044】

照明経路は、その他の光学要素、例えば入射ビームをコリメートするためのリレイレンズ、偏光のためのアナライザ、あらゆる線又は円偏光を提供するための波長板（例えば、S、P、その他）、及び垂直及び傾斜入射ビームの両方を形成するためのあらゆる数のミラーとビームスプリッタを含んでいてもよい。ミラー又はビームスプリッタの何れも移動可能であってよい（例えば、作動されてもよい）。

【0045】

各傾斜入射ビームの光軸はサンプル表面に、サンプル表面の法線に関してある角度、例えば個々の用途に応じて $0 \sim 85$ 度の範囲で誘導されてもよい。複数の傾斜角度が、1 つ

10

20

30

40

50

又は複数のミラー又はビームスプリッタ要素の並進移動によって実現されてもよい。傾斜入射光は、サンプル表面に関して傾けられた対物レンズから斜角で入射してもよい。

【0046】

図2Cは、本発明の1つの実施形態によるマルチスポットエッジ検出システム204の照明経路250、暗視野(DF)集光経路262a、明視野(BF)集光経路262bの斜視図を描いたものである。DF及びBF集光経路は、サンプルからの散乱又は鏡面反射光を1つ又は複数のセンサ/検出器へと誘導するための何れの適当な光学要素を含んでいてもよい。BF例路262bは、DF経路と同様の構成要素を含んでいてもよい。一般に、システム204は、別々のBF及びDF集光経路を含んでいてもよく、又は本発明の代替案によれば、1つ又は複数の構成要素を共有するように、融合したBF及びDF経路を含んでいてもよい。

10

【0047】

DF経路262aは、サンプル202からの散乱光を、照明がそのようなサンプル202に向かって誘導されたことに応答して集光するために使用できる。DF経路262aで誘導される光は、レンズ228、レンズ240及び241、フーリエフィルタ及び構成可能アパーチャアセンブリ234、及びレンズ236を透過し、センサモジュール238へと誘導されてもよい。集光経路はまた、偏光アナライザアセンブリも含んでいてよい。

【0048】

表面から散乱された光は、レンズアセンブリ228を通じて集光され、コリメートされる。レンズアセンブリ228は、実際の、アクセス可能な集光瞳を生成するように、複数の光学要素を含んでいてもよい。このコリメート光は次に、レンズ240及び241を透過してもよく、これらは集光した光をフーリエ面へとリレイするように構成されてもよい。フーリエフィルタと柔軟アパーチャ機構234は、フーリエ面において出力光の一部を空間フィルタ処理するように構成されてもよい。これに加えて、機構234は、フーリエ面において各種の空間部分を透過させて、出力ビームの信号を最大にし、及びノイズ(及びその結果としての垂直光軸に関する角度)を最小にするための、プログラム可能なアパーチャシステムを含んでいてもよい。

20

【0049】

出力垂直ビームは次に、レンズ236によってセンサモジュール238に合焦されてもよい。センサモジュール238は、スポット又はビーム分離アセンブリ、例えば、各出力ビームを分離するためのスリット及びプリズムアセンブリを含んでいてもよい。例えば、各スポットはスリットを通り、その後プリズムに入り、これはスポット分離と光均一化の両方のために使用される。各ビームの出力光は次に、その対応するプリズムから光ファイバ要素へと出力されてもよく、これが出力ビームを合焦要素へと通過させ、その出力ビームがセンサに合焦される。各光ファイバ要素はビームをさらに均一化し、出力をスポットごとに異なるセンサへと誘導できる。ファイバの機能はまた、ミラー、プリズム、又はその他によっても実現できる。各ファイバは、受け取った出力光をランダム化する。スリット、プリズム、及びノイズ又は光ファイバを使用することに加えて、その他のアイソレーション機構を使用してもよい。各センサは、PMT、アバランシェ光ダイオード、ピンダイオード、CCDカメラ、その他の形態をとることができる。例えば、光ダイオード(又は光ダイオードアレイ)はBF経路で使用されてもよく、PMTはDF経路内で使用される。

30

40

【0050】

検出された信号のダイナミックレンジを増大させるための機構を、集光経路の付近に提供してもよい。大まかに言えば、高ダイナミックレンジ集光器は、検出された光子から信号を生成するための、光電子増倍管(PMT)などの光センサと、光信号をデジタル光信号へと変換するためのアナログ-デジタル変換器(ADC)を含む。もちろん、光を検出し、アナログ信号をデジタル信号に変換するために、その他の適当な機構を使用してもよい。ゲイン調整フィードバックシステムもまた、各PMTのゲインを調整するために使用してよい。

【0051】

50

D F 集光経路 2 6 2 a は、サンプル表面の平面に略垂直な領域にわたる一定の立体角の角度にわたって集光してもよく、又は垂直以外の角度からの光を集光してもよい。D F 集光経路 2 6 2 a は、ウェハ上の意図的なパターンからの散乱光を集光するため、及び上方へと光を散乱させる欠陥を検出するために使用されてもよい。サンプルの意図的なパターン、例えば図 2 A のアラインメントノッチ 2 0 1 から収集された信号は、ウェハパターンを機器内の機械的ステージの座標系に整列させ、位置合わせしやすくするために使用されてもよい。何れの欠陥も、アラインメントマーク 2 0 1 に関して発見される。アラインメントマーク 2 0 1 が発見され、それがわかると、このアラインメントマークの位置もまた、ウェハがリソグラフィシステム内に投入される時に、ウェハをレチクルパターンに関して整列させるために使用できる。例えば、ウェハに関するアラインメントマークの位置は、エッジ検出システムの中で発見され、その後、ウェハがエッジ検出システムから移動されてリソグラフィシステムの中に入る間に追跡される。この全体的なアラインメント工程は、後述の他のエッジ検出システムの何れによっても実行できる。

10

【 0 0 5 2 】

合焦されるべき各スポットを表面エッジ上の同じ相対位置に保持するための機構もまた、本明細書で説明するエッジ検出の実施形態の何れにも使用できる。ビームがエッジ表面上で移動されている間にエッジ検査ヘッドとエッジ表面との間の一定の距離を保持するための機構のいくつかの例示的な実施形態は、Meeks et al. に 2 0 1 0 年 2 月 2 日に発行された米国特許第 7, 6 5 6, 5 1 9 号に詳しく開示されており、同特許の全体を参照によって本願に援用する。援用されるこの特許にはまた、欠陥検出方法についても記載されており、これは、本明細書に記載されているシステムの実施形態の何れによっても実行できる。

20

【 0 0 5 3 】

図 3 A ~ 3 D は、本発明の他の実施形態による、照明ビーム経路の中に音響光学装置 (A O D) スキャナを有するエッジ検出システムを示す。A O D を追加することにより、ウェハの、エッジ付近の上部及び底部の比較的平坦な領域をウェハ 1 回転でスキャンでき、これは、これらの領域において必要なウェハの回転が 1 0 0 0 回のオーダにもなる現在の 1 トラックずつの方式と対照的である。図 3 A に示されるように、エッジ検査システム 3 0 4 は 1 つのスポット 3 0 2 a を生成し、これは表面を方向 3 1 0 へと、例えばスポット位置 3 0 2 b 及び 3 0 2 c までスキャンする。その後、サンプル 2 0 2 はまた、方向に

30

【 0 0 5 4 】

いくつかのスキャン及び偏光システムは、1 つ又は複数のビームでウェハをスキャン又はスイープするための 1 つ又は複数の入射ビーム光源を有する照明経路を含む。スキャンシステムは、具体的には、音響光学偏光板 (A O D) と、A O D の偏光特性を制御するための機構を含んでいてもよい。例えば、クロックを使って、各 A O D への「チャープ」信号入力を生成してもよい。例えば、図 3 B は、音響光学素子 (A O D) 1 0 2 の簡略化した構成を示している。A O D 1 0 2 は、音声トランスデューサ 1 2 1 と、水晶 1 2 2 等の音響光学媒体と、吸音材 1 2 3 と、を含む。システムの特定の波長要件に応じて、水晶以外の音響光学媒体材料を使用できる。吸音材は、音響光学媒体 1 2 2 の切込みとすることができ、振動電気信号は、音声トランスデューサ 1 2 1 を駆動し、それを振動させることができる。すると、この振動は、水晶板 1 2 2 内に音波を発生させる。吸音材 1 2 3 は、水晶板 1 2 2 の縁辺に到達した音波のすべてを吸収する材料で形成できる。音波の結果として、水晶板 1 2 2 への入射光 1 2 4 は、複数の方向 1 2 8、1 2 9、及び 1 3 0 へと回折する。

40

【 0 0 5 5 】

回折ビームは水晶板 1 2 2 から、音声の波長に関する光の波長に応じた角度で射出する。周波数を低から高に上げることによって、部分 1 2 6 は部分 1 2 7 より高い周波数を有する。部分 1 2 6 の周波数の方が高いため、これは入射ビームの一部を、回折ビーム 1 2 8 によって示されるように、より急峻な角度で回折させる。部分 1 2 7 の周波数は比較的

50

低いため、これは入射光の一部を、回折光ビーム 130 によって示されるように、より浅い角度で回折させる。部分 126 と 127 の間の中間部分は、高い方と比較的低い方の周波数との間の周波数を有するため、これは入射光ビームの一部を、回折光ビーム 129 によって示されるように、中間の角度で回折させる。このように、AOD は、入射ビーム 124 を位置 125 において合焦させるために使用できる。

【0056】

図 3C は、ビームを生成し、それによってウェハ等のサンプル 202 をスキャンするように構成された例示的なデュアル AOD 照明システム 300 を示している。プレスキャン AOD 321 は、光源 252 からの入射光をある角度で偏向させるために使用でき、この角度は高周波 (RF) 駆動源の周波数に比例する。望遠レンズ 322 は、プレスキャン AOD 321 からの傾斜スキャンをリニアスキャンに変換するために使用できる。

10

【0057】

チャープ AOD 324 は、音響伝播面内の入射ビームをスキャン面 325 に合焦させるために使用でき、これはトランスデューサ 324A で RF 周波数のすべてをランプすることによって実現できる。この急速ランプにより、チャープパケット 324B が形成される。すると、チャープパケット 324B は、チャープ AOD 324 を通って音速で伝播する。図 3C は、スポットスイープ始点におけるチャープパケット 324B の位置を示しており、それに対して図 3D は、そのスポットスイープの終点におけるチャープパケット 324B の位置を示している。この伝播中、プレスキャン AOD 321 は、AOD 324 の中のチャープパケットを追跡するようにその RF 周波数を調整し、チャープパケット 324B への光ビーム入射を保持することができる点に留意する。

20

【0058】

シリンダレンズ 323 は、音響伝播面に垂直な平面内にビームを合焦させるために使用できる。リレイレンズ 254 は、実際の瞳を瞳面に生成させるために使用できる。変倍レンズ 256 は、スポットの大きさとスイープの長さを調整するために使用できる。対物レンズ 260 はすると、スポットをウェハ等のサンプル 202 に合焦させるために使用できる。

【0059】

他のシステムは、プレスキャン AOD の代わりにビームエキスパンダを利用して、「フラッド AOD」システムを形成してもよい。フラッド AOD の構成 (図示せず) では、AOD 324 において 1 つ又は複数のチャープパケット (図示せず) を生成できる。AOD 全体がビームエキスパンダからの光で照明されるため、AOD 324 は入射光を各チャープパケットに合焦させ、それゆえ、各チャープパケットがそれ自体のスポットを生成する。したがって、対物レンズ 260 は 1 つ又は複数のスポットをサンプル 202 に同時に合焦させる (図示せず)。

30

【0060】

複数のチャープパケットを生成する AOD が複数のスポットを生成するために使用される場合、より大きい AOD が必要となるが、それは、必要な RF 周波数をランプするために必要な時間によって、各チャープパケットの大きさが制限されるからである。チャープパケットが多いほど、より大きい AOD が使用される。これに加えて、チャープパケットの各々は、それが AOD の長さに沿って移動する間に減衰する。それゆえ、より大きい AOD により、より小さい AOD より減衰による損失が大きくなる。反対に、より近接した複数のチャープパケット及び、ひいては相互に近接するスキャンスポットを有する AOD により、スキャンスポット間のクロストークが大きくなる。

40

【0061】

図 4A は、本発明の他の実施形態による、エッジ表面用のエッジ検査器 404 と、それぞれ上面及び底面 (例えば、202d 及び 202e) を検査するための 2 つのカメラ 406a 及び 406b を有するエッジ検査システム 400 の概略図である。エッジ検査器 404 は、上述のようなシングルスポット又はマルチスポットスキャンの形態とすることができる。エッジ検査器 404 は、上面及び底面を除いて、サンプル 202 のエッジに追従す

50

るアクチュエータ回転経路に沿って方向 に移動してもよい。エッジ検査器 404 はまた、AOD等の偏光機構を内蔵していてもよく、これはエッジの1つ又は複数のスポットをスキャンする。これらの上面及び底面スポットスキャンは、スキャンカメラ又はTDI (time delay integration) カメラによる検査(例えば、406a及び406b)に置き換えることができ、それによって、ウェハの1回転(例えば、方向)を利用してこれらの領域を検査し、より高い感度を提供できる。

【0062】

図4Bは、本発明のある具体的な実施例による、エッジ表面を検査するためのエッジ検査器404の照明経路450の概略側面図である。図のように、照明経路450は、照明ビームを生成するための光源452と、瞳面に実際の瞳を生成するためのリレイレンズ454と、異なる倍率設定を選択するための変倍レンズ456と、照明ビームをサンプル202上の各エッジ、例えばベベルエッジ202a~202cに、照明経路がそのようなエッジの上で回転される時に合焦するための対物レンズ406と、を含んでいてもよい。上側及び下側カメラ406a及び406bは、エッジ検査器経路460とは異なる円周位置に位置付けられ、サンプルが方向 に回転中に(図4A)、上側及び下側境界領域202d及び202eの部分と同時に画像化する。

10

【0063】

図4Cは、図4Aのエッジ検出システムの照明経路450、暗視野(DF)集光経路462a、及び明視野(BF)集光経路462bの斜視図を示す。DF及びBF集光経路は、サンプルからの散乱及び鏡面反射光を1つ又は複数のセンサ/検出へと誘導するための何れの適当な光学要素を含んでいてもよい。BFチャンネル462bは、DFチャンネルと同様の構成要素を含んでいてもよい。一般に、システム404は、別々のBF及びDF集光経路を含んでいてもよく、又は本発明の代替案によれば、1つ又は複数の構成要素を共有するように、融合されたBF及びDFチャンネルを有していてもよい。

20

【0064】

DF経路462aは、サンプル202からの、照明がそのようなサンプル202へと誘導されたことに応答して散乱した光を集光するために使用できる。DF経路462aで誘導される光は、レンズ428、レンズ440及び441、フーリエフィルタ及び構成可能なアパーチャアセンブリ434、及びレンズ436を透過して、センサモジュール438へと誘導されてもよい。集光経路はまた、偏光アナライザアセンブリを含んでいてもよい。これらの構成要素は、前述の同じ名前の構成要素と同様に機能してもよい。

30

【0065】

上側及び下側カメラシステム406a及び406bは、サンプルが、例えば方向 に回転されている間に、上面及び底面を画像化するように、何れの適当な方法で構成されてもよい。

【0066】

図5は、本発明の他の実施形態によるスキヤニングトラックサイズを最適化するためのエッジ検査システム502の概略側面図である。このシステム502は、上面、側面、及び底面にわたる1つの大きなスポットを、例えば方向 にスキャンするように構成されてもよい。サンプル202はまた、方向 に回転されてもよい。このシステム500は、方向 に沿ってより大きなステップをとってもよく、これは、スポットサイズがサンプル上でより大きい面積を占めるからである。このようにして、感度と速度の最適なトレードオフを実現できる。システム502は、上述のシングルスポットシステムと同様に構成されてもよい。これに加えて、このシステム502は、他の、より小さいスポットサイズのシステムより高いスループットを実現するように、比較的大きいスポットを生成するよう、何れの適当な機構によって構成されてもよく、例えば、レンズの焦点距離を調整すること、照明ビームのコリメートの程度を調整すること、等による。照明スポットはまた、感度対速度を最適化するために、円形以外、例えば楕円形のスポットであってもよい。このシステム500はあるいは、各スポットでより高解像度の情報を取得するために、より低速で移動させるために使用されてもよい。

40

50

【0067】

図6Aは、本発明の他の特定の実施例による、複数のカメラを有するエッジ検出システム600の概略側面図である。図6Bは、カメラの裏から、関心対象エッジに向かって見た時の、図6Aのシステムの側面図である。図6Cは、図6Aのシステムの上側面図を示す。図のように、システム600は、何れの適当な数のカメラ604を含むこともでき、これらは上面、側面、及び底面エッジに沿って、例えば線608に沿って位置付けられ、これらのカメラは上面、側面、及び底面上の複数の位置から、照明装置606によってそのような同じ表面へと誘導された入射光に应答して、散乱及び/又は反射された光を同時に受けるように位置付けられる。図の例において、カメラ604aは、上面からの光を受けるように位置付けられ、カメラ604eは底面からの光を受けるように位置付けられている。カメラ604a、604b、及び604cは、例えばあらゆる数と種類のベベルエッジ等の側面からの光を受けるように位置付けられる。

10

【0068】

照明装置606は、光をサンプルの上面、底面、及び側面へと誘導するための、何れの適当な形態をとってもよい。図6A~Bに示されるように、照明装置606は、LED環状照明装置の形態である。具体的な実施例において、マルチカメラKLA-Tencor Wafer Edge Review(WER)システム(カリフォルニア州ミルピタスのKLA-Tencorが販売)をflash-on-the-fly画像収集モードに再構成して、ウェハを検査し、ウェハのプリアラインメント回転を測定することができる。

20

【0069】

図の例において、照明装置606はLED環状照明装置の形態であるが、何れの適当な種類の照明発生器を複数のカメラと実装してもよい。例えば、本明細書に記載されている照明経路の何れを複数の受像カメラに使用してもよい。

【0070】

他の実施形態において、LED光源は曲面ディフューザの後方に連結され、これは、Paul D. Hornにより2015年6月5日に出願された、本願と同時係属中の米国特許出願第14/731,861号に記載されており、同出願の全体を参照によって本願に援用する。図6Dは、本発明の他の実施形態による、複数のカメラと曲面ディフューザを有するエッジ検出システム650の切欠き側面図である。図のように、複数のカメラ(例えば、658a、658b、及び658c)がディフューザ656の中に位置付けられていてもよい。各カメラ又はセンサ658また、ベベルエッジ(例えば、202a~c)の1つ又は複数の特定の表面集合からの散乱光を受けるように位置付けられてもよい。

30

【0071】

図6Dに示されている例において、エッジ検出システム650は複数の光源(例えば、654a、654b、654c)から形成されてもよく、これらはドーム型ディフューザ656の裏面656aに連結され、又はそれに隣接する。非常にコンパクトである何れの適当な光源も使用してよい。光源の例にはLED(発光ダイオード)、光ファイバに連結された1つ又は複数の光源、例えばハロゲンランプ、ダイオードレーザ等が含まれる。

【0072】

各センサ又はカメラ658は一般に、関心対象のエッジから散乱された光の一部を検出器/センサに誘導し、合焦させるための集光光学系を含む。各カメラ658は、ディフューザ656と一体化されてもよい。例えば、センサ108は、ディフューザ656の穴又はスロットの中に取り付け、又は結合することができる。カメラは、ディフューザの内面656bと平らになるように取り付け、又は結合することも、又はディフューザより低く窪ませることができる。特定の実施形態において、イメージセンサは各々、非常にコンパクトである。例えば、各センサは、直径が数mm以下であってもよい。センサの例には、OmniVision OV6922その他が含まれる。

40

【0073】

異なるカメラを何れの数の用途に利用してもよい。例えば、各カメラを関心対象表面に

50

関して異なる角度に設置してもよい。各カメラはまた、特定の範囲の波長又は色を検出するように構成してもよい。もちろん、その代わりに、各々が複数の色を検出するように構成されたカメラを、この実施形態において、又は本明細書に記載されている何れの実施形態においても使用してよい。

【0074】

ディフューザ656は、光源からの光を透過させ、散乱させて（例えば拡散して）、光がディフューザの内側部分全体からベベルエッジ表面へと広い角度範囲で散乱されるような材料で形成されてよい。ディフューザ656は、光学的な拡散材料、例えばフルオロポリマ又は、ニューハンプシャ集ノースサットンの *Lab sphere, Inc.* が販売する *Spectralon*、ポリカーボナイト樹脂、その他から機械加工されてもよい。あるいは、ディフューザ656は、3Dプリンタで生成できる。ディフューザはまた、光源とフィルムとの間に位置付けられた透明基板に接着された拡散フィルムから形成されてもよい。ディフューザ656bの内面はまた、反射材料でコーティングして、拡散光をドームの内側に向かって、またベベルエッジ面に向かって反射してもよい。

10

【0075】

ディフューザは、光源からの照明ビームがそこを通過して透過され、散乱されて、光がベベルエッジのすべての表面又はすべての表面の実質的部分に向かって発せられるような表面を提供する、何れの適当な形状であってもよい。図の例において、ディフューザ656は、光源の入射角範囲をカバーするサイズのドーム形状とされる。

20

【0076】

光源（例えば、654）は、何れの適当な方法によってディフューザ656に取り付けられ、又はそれに近接して位置付けられてもよい。好ましくは、光源とディフューザの外表面（例えば、656a）との間の距離は、3mm～約1インチの間である。例えば、LEDが関心対象エッジと対面する、ディフューザ内面（例えば、656b）と反対のディフューザ外表面（例えば、656a）に結合されてもよい。

【0077】

ある特定の実施例において、エッジ検出システム650は、照明をベベルエッジ面のすべてと、上面の境界領域の中10mm以上まで供給するように位置付けられる。また、光は、ドームの表面全体からベベルエッジのすべての側面に完全に当たるよう出力されることがわかる。

30

【0078】

他のシステム構成（例えば、WERシステムを再構成したもの）では、複数のカメラがウェハエッジの円周方向にずらされて、カメラの視野の縁が重複するようにされている。図7A～7Bは、本発明の他の代替的な実施形態による、ずらして配置された複数のカメラ704a～704eを有するエッジ検出システム700を示している。図7Aは、関心対象のエッジに隣って見た端面図であり、図7Bは側面図である。この例において、カメラ704a～704eは、線708からずれている。この実施形態では、ウェハが1回転するだけで、関心対象領域全体を十分検査できる。

【0079】

一般に、明視野（BF）及び/又は暗視野（DF）照明モードが上述の実施形態において提供されてもよい。例えば、BF照明モードでは、照明はカメラ704a～704eと同じ視野内から発せられてもよい。あるいは、DF照明モードでは、照明はカメラの視野の外側から発生られてもよい。他の例において、図8は、ある例示的な実施形態による、暗視野照明装置802と、ずらして配置された複数のカメラ704a～704eを有するエッジ検出システムを示している。

40

【0080】

図9は、本発明の他の実施形態による、光ファイバのコヒーレントバンドルを利用する他の実施例を示している。ファイバは第一の端902a～902eを含み、これは表面202a～eを含む名目上のウェハエッジの輪郭に概して追従するように位置付けられる。図のファイバはサンプル面ごとに1本のファイバしか含んでいないが、各面上に複数の

50

ファイバを位置付けることもできる。すると、ウェハエッジ面は、ファイババンドルに結像させることができ、ファイババンドルの、線形で平坦な構成に配置された反対の端 904 は、ラインスキャンカメラ又は TDI カメラ 906 に結像させることができる。他の実施例では、光学素子を利用して、ウェハエッジの輪郭の湾曲面を平坦なセンサ面、例えばラインスキャン又は TDI カメラ等に大まかにマッピングしてもよい。

【0081】

図 10 は、本発明の 1 つの実施形態による、複数の照明及び検出装置を利用する他のエッジ検出システム 1000 の概略図である。1 つの例において、ブルーレイ DVD システムの照明及び検出装置が、マルチスポットスキャンングエッジ検査システムとして利用されてもよい。システム 1000 は、複数の小型のブルーレイ装置 1002 を含んでいてもよく、その各々が、比較的小さいスポットサイズを実現する高開口数 (0.85 以上) で青紫波長範囲 (例えば、405 nm 以下) を有するように構成される。一般に、各ブルーレイレーザ装置は、ブルーレイ波長範囲の照明光を生成するためのレーザと、生成された照明ビームを、装置の小さい窓を通じてサンプルへと高開口数で合焦させるためのレンズと、を有する。各レーザ装置はまた、サンプルから小さい窓を通じて反射 (又は散乱) されて戻った光を受け取り、このような受け取られた光はセンサ、例えば光ダイオードセンサによって検出され、検出信号が生成され、それがレーザ装置から出力される。

【0082】

これらのレーザ装置は、エッジの輪郭の周囲に配置して、サンプルのラウンドエッジ全体並びに上面及び底面部分を実質的に照明されるようにすることができる。例えば、ブルーレイ装置は、上側及び下側境界エッジ部分を含む、サンプルのエッジの輪郭に追従する構造に取り付けられる。レーザ装置は、相互に互い違いに配置することによって、より多くのレーザ装置をエッジの輪郭に沿って取り付け、エッジの輪郭全体を検査するためにレーザ間のスペースを埋めるのに方向 にステップ移動させる量を少なくしてもよい。複数のセンサ又はカメラもエッジの輪郭の周囲に配置して、上述のように、上側及び下側境界面部分を含むすべてのエッジ面からの散乱又は反射光を素早く検出できるようにしてもよい。センサの例には、上述のセンサ又はカメラの何れが含まれていてもよい。

【0083】

本明細書に記載されているエッジ検出システムと方法は、何れの適当な光学画像化及び検査システムに組み込まれてもよい。各エッジ検出システムは一般に、1 つ又は複数の光源を含んでいてもよく、その各々が照明光学系を通過してサンプルエッジへと誘導される光ビームを生成する。光源の例には、コヒーレントレーザ光源 (例えば、深 UV 又はガスレーザ発生器)、フィルタランプ、LED 光源等が含まれる。

【0084】

サンプルから反射及び / 又は散乱された画像又は光は、光学要素の集合を透過して、又はそこから反射されて、1 つ又は複数のセンサ上で受けられる。適当なセンサには、電荷結合素子 (CCD)、CCD アレイ、TDI (time delay integration) センサ、TDI センサアレイ、光電子増倍管 (PMT)、及びその他のセンサが含まれる。

【0085】

エッジ検出システム 1000 の各センサによって捕捉された信号は、コントローラ又はアナライザコンピュータシステム (例えば、図 2C の 273) によって、又は、より一般的には、センサからのアナログ信号を処理用のデジタル信号に変換するように構成されたアナログ - デジタル変換器を含んでいてもよい信号処理装置により処理できる。コンピュータシステム 273 は、検出された光ビームの強度、位相、画像、及び / 又はその他の特性を分析するように構成されてもよい。コンピュータシステム 273 は、(例えば、プログラミング命令によって) 画像及びその他の検査特性を表示するためのユーザインタフェースを (例えばコンピュータスクリーン上に) 提供するように構成されてもよい。コンピュータシステム 273 はまた、検出閾値、焦点を変更する等、使用者入力を提供するための 1 つ又は複数の入力装置 (例えば、キーボード、マウス、ジョイスティック) を含んで

10

20

30

40

50

いてもよい。特定の実施形態において、コンピュータシステム273は、上で詳しく説明した検査方法を実行するように構成される。コンピュータシステム273は一般に、入力/出力ポートに連結された1つ又は複数のプロセッサと、適当なバス又はその他の通信機構を介した1つ又は複数のメモリを有する。

【0086】

このような情報とプログラム命令は特別に構成されたコンピュータシステム上で利用されてもよいため、このようなシステムは、コンピュータ読取可能媒体に保存可能な、本明細書に記載された各種の動作を実行するためのプログラム命令/コンピュータコードを含む。機械読取可能媒体の例としては、ハードディスク、フロッピディスク、及び磁気テープなどの磁気媒体、CD-ROMディスク等の光媒体、光ディスク等の光磁気媒体、及びプログラム命令を保存し、実行するように特に構成されたハードウェアデバイス、例えばリードオンリメモリデバイス(ROM)、及びランダムアクセスメモリ(RAM)が含まれるが、これらに限定されない。プログラム命令の例には、コンパイラにより生成されるようなマシンコードと、インタプリタを使ってコンピュータにより実行可能なより高レベルコードを含むファイルの両方が含まれる。

10

【0087】

特定の実施形態において、サンプルエッジを検査するためのシステムは、少なくとも1つのメモリ及び少なくとも1つのプロセッサを含み、これらは、上述の技術を実行し、及び/又はエッジ検出ツールを動作させるように構成される。

【0088】

留意すべき点として、上述の図と説明は、システムの具体的な構成要素の限定と解釈されず、システムは、他の様々な形態で実施できる。例えば、検査又は測定ツールは、レチクル又はウェハの特徴の重要な面を解決するために構成された多数の適当な既知の画像化又は計測ツール何れのもであってもよい。例えば、検査又は測定ツールは、暗視野画像顕微鏡法、暗視野画像顕微鏡法、フルスカイ画像顕微鏡法、位相差顕微鏡法、偏光コントラスト顕微鏡法、及びコヒーレンスプローブ顕微鏡法に適應させてもよい。また、単独及び複数の画像方式を使って標的の画像を捕捉できることも想定される。これらの方法は例えば、シングルグラフ、ダブルグラフ、シングルグラフコヒーレンスプローブ顕微鏡(CPM)、及びダブルグラフCPM方式を含む。スキャタロメトリ等の画像化しない光学方式もまた想定される。

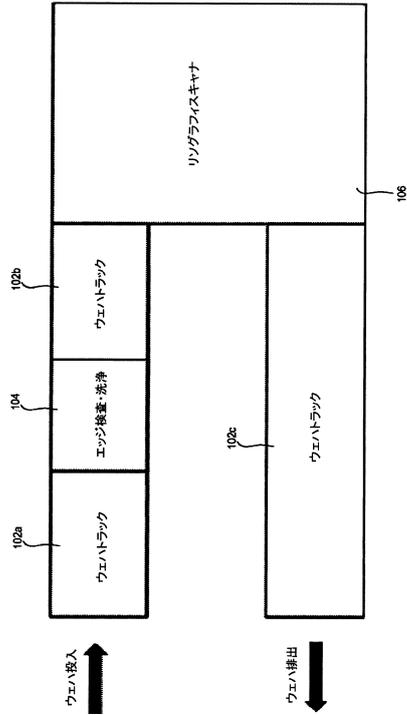
20

30

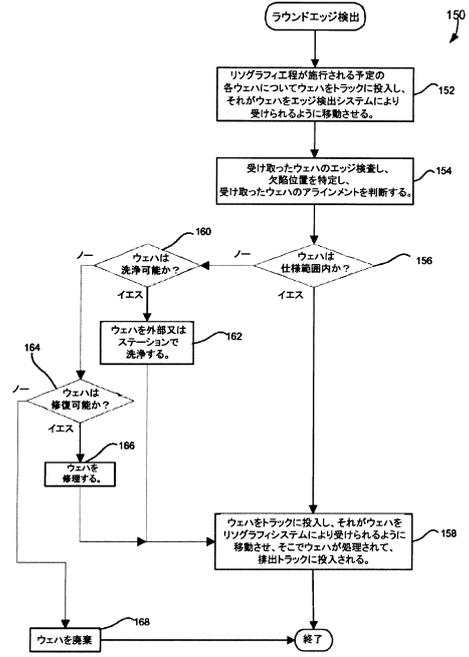
【0089】

上記の発明は、明瞭に理解できるようにするために、ある程度詳細に説明したが、添付の特許請求の範囲内で特定の変更や改良を実施してもよいことは明らかである。留意すべき点として、本発明の工程、システム、及び装置を実施するための代替的な方法がある。したがって、これらの実施形態は例示的であって限定的ではないと解釈され、本発明は、本明細書に記載された詳細には限定されないものとする。

【図1A】



【図1B】



【図2A】

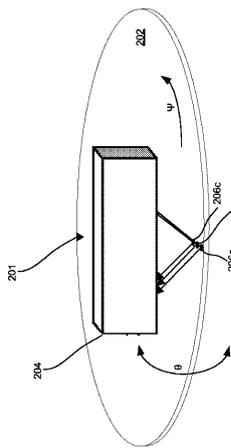
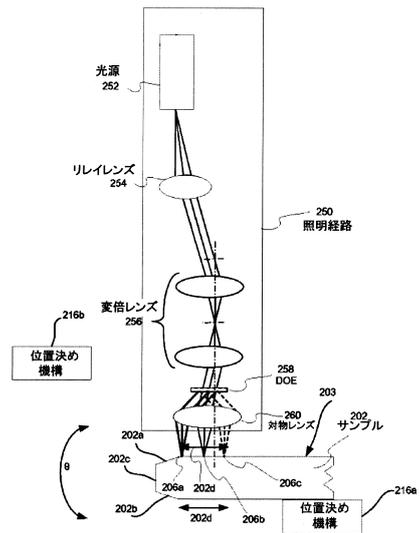
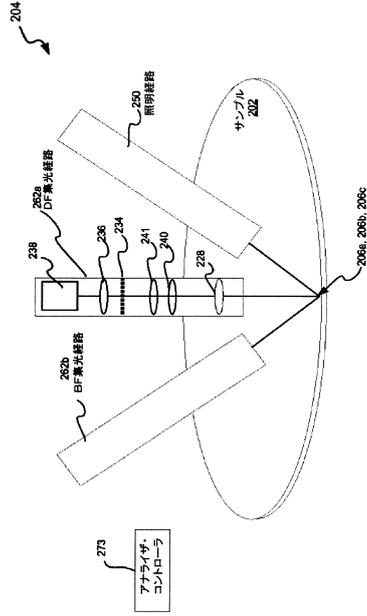


Figure 2A

【図2B】



【図2C】



【図3A】

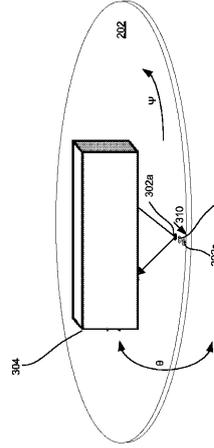
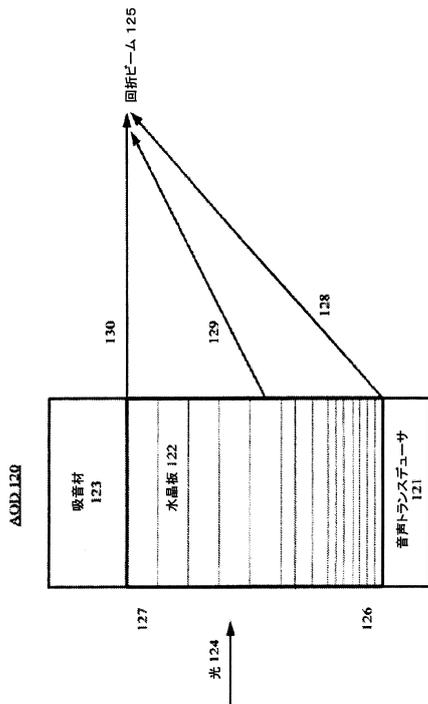
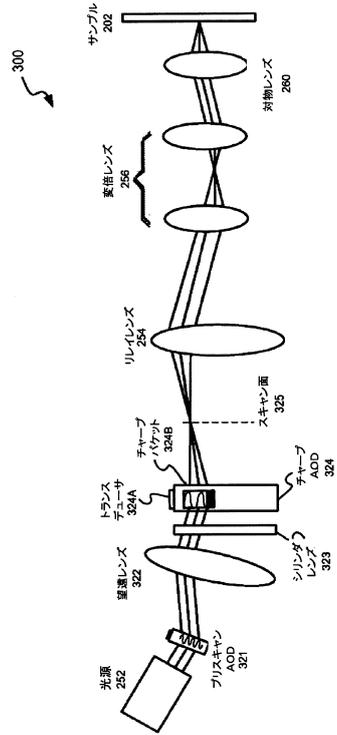


Figure 3A

【図3B】



【図3C】



【図 3 D】

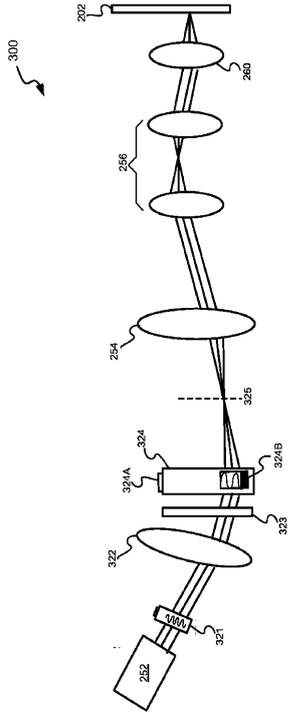


Figure 3D

【図 4 A】

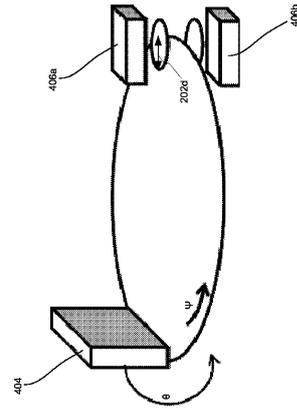
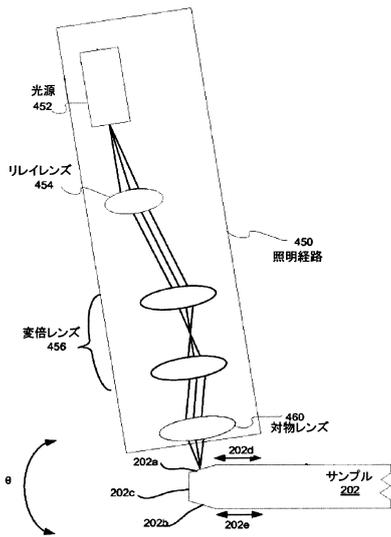
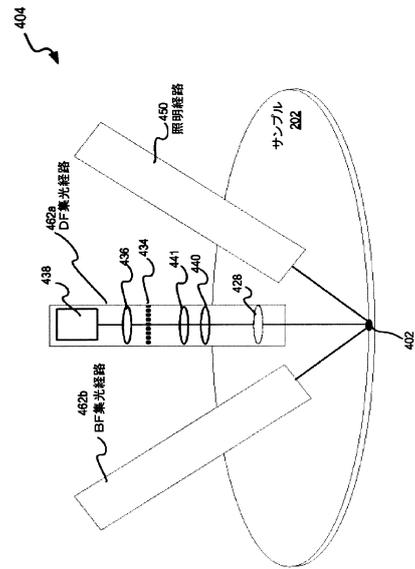


Figure 4A

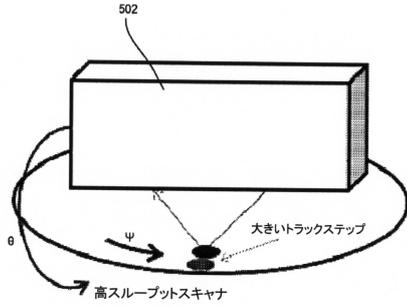
【図 4 B】



【図 4 C】



【図5】



【図6B】

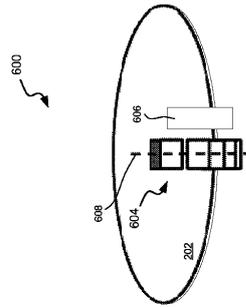


Figure 6B

【図6A】

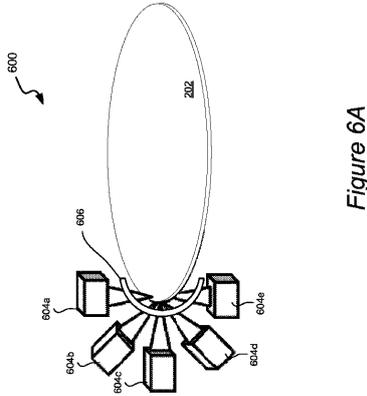


Figure 6A

【図6C】

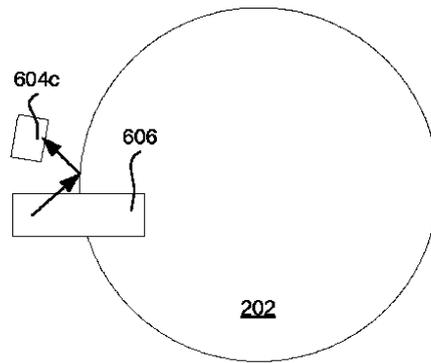


Figure 6C

【図6D】

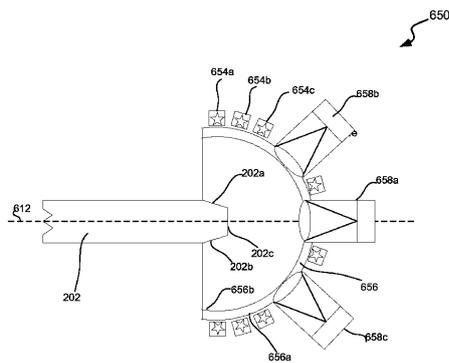
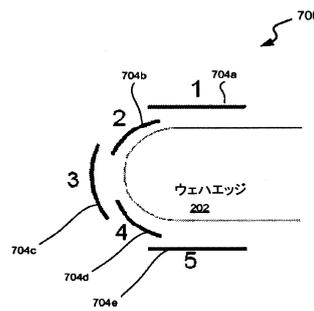


Figure 6D

【図7B】



【図8】

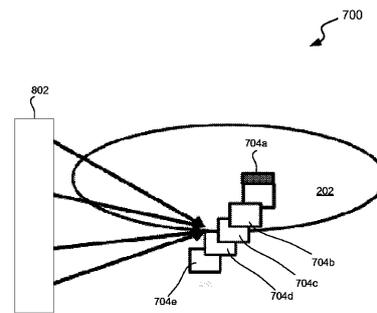


Figure 8

【図7A】

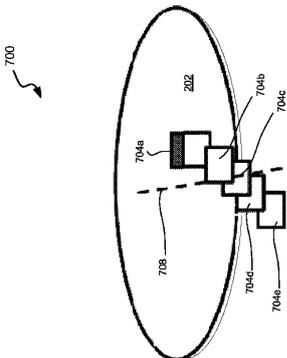
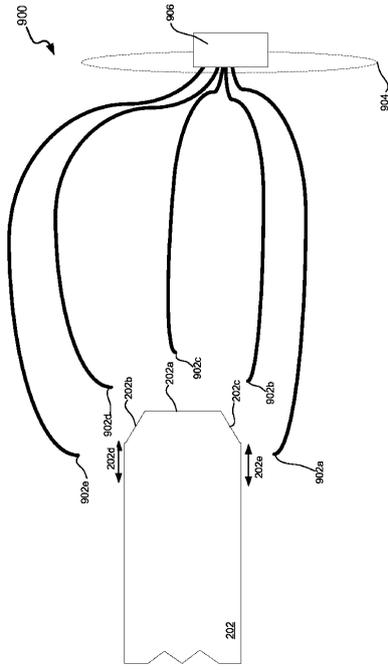
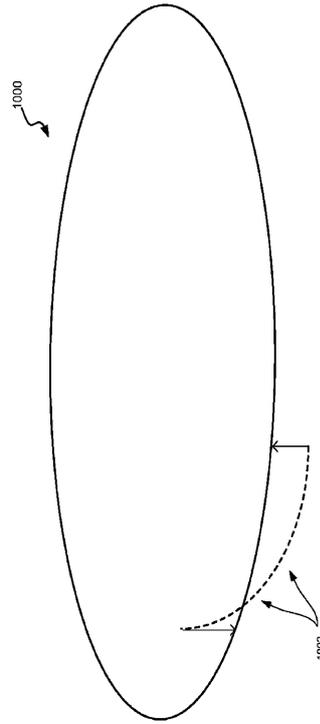


Figure 7A

【 9 】



【 10 】



フロントページの続き

- (72)発明者 アジ パラシャント エイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア サン ノゼ ニューポート アヴェニュー 1655
- (72)発明者 ガスボーダ マイケル
アメリカ合衆国 カリフォルニア ロス ガトス ケネディ ロード 16964
- (72)発明者 ストコフスキー スタンリー イー
アメリカ合衆国 カリフォルニア ダンビル コンターダ サークル 755
- (72)発明者 ツァオ グオヘン
アメリカ合衆国 カリフォルニア パロ アルト プラット レーン 408
- (72)発明者 ウェン ヨウシャン
アメリカ合衆国 カリフォルニア フリーモント チェリー マナー コート 420
- (72)発明者 マハデヴァン モーハン
アメリカ合衆国 カリフォルニア サンタ クララ リバー サイド コート 406 #306
- (72)発明者 ホーン ポール ディー
アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピタス ブターノ ドライブ 1612
- (72)発明者 フォルラート ヴォルフガング
ドイツ ブルバッハ ルイーゼンシュトラッセ 14

審査官 蔵田 真彦

- (56)参考文献 特開2008-135583(JP, A)
特開2012-068232(JP, A)
特表2005-521064(JP, A)
国際公開第2008/143228(WO, A1)
国際公開第2006/025386(WO, A1)
特開2009-124018(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0005056(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/84 - 21/958
H01L 21/66