

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】平成 19 年 7 月 12 日 (2007.7.12)

【公表番号】特表 2007-506081(P2007-506081A)

【公表日】平成 19 年 3 月 15 日 (2007.3.15)

【年通号数】公開・登録公報 2007-010

【出願番号】特願 2006-526625(P2006-526625)

【国際特許分類】

G 0 1 N 21/956 (2006.01)

H 0 1 L 21/66 (2006.01)

【F I】

G 0 1 N 21/956 A

H 0 1 L 21/66 J

【手続補正書】

【提出日】平成 19 年 5 月 25 日 (2007.5.25)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ウェハの検査方法及び装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、ウェハの検査方法及び装置に関し、とりわけ、適正化可能な検出パラメータを用いてミクロ（微細）欠陥を検出する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

図 1 は、暗視野照明方式でウェハを検査するためのウェハ検査装置の基本構造を示す。ウェハ検査装置 1 は、照明光ビーム 37 を照明軸 9 に沿ってウェハ 6 の表面 32 に角度で照射するよう構成された、対物レンズ 3 を備える落射光照明装置 2 を有する。照明光は、例えばキセノンランプ又はキセノンフラッシュランプ等の別体の光源 11 から光導体束 12 を介して落射光照明装置 2 に供給されることが多い。ウェハ 6 の表面 32 では、領域 35 が照明される。

【0003】

ウェハ検査装置 1 は、更に、対物レンズ 5 を備える、とりわけ CCD カメラ等のマトリクスカメラ又はラインカメラ等の画像撮影装置 4 を有する。画像撮影装置 4 は、図示の例では、ウェハ 6 の表面に直交して延在する結像軸 10 に沿って配向されている。対物レンズ 5 は、画像撮影装置 4 によって撮影される画像野 8 を予め設定する。図示の例では、画像野 8 は、照明領域 35 とほぼ完全に重なって（一致して）いるが、照明領域 35 より小さくすることも勿論可能である。画像撮影装置 4 により撮影されたウェハ 6 の表面の画像データは、データ伝送路 13 を介してデータ読み取り装置 14 によって読み取られ、相應の処理の後、モニタ 15 又は同等の表示装置に表示されるか又は欠陥の同定のために更に評価される。

【0004】

ウェハ 6 は、ウェハ収容装置 7 によって保持される。ウェハ 6 のフラット又はノッチ（不図示）は、ウェハ 6 の配向（位置合せ）に役立つ。従って、ウェハ 6 は、ウェハ検査装置 1 内において既知のかつ予め設定可能な配向で保持される。ウェハ検査装置 1 は、ウェ

ハ処理装置の一部とすることもウェハ処理装置に後置することも可能である。この目的のために、ウェハ6は、処理後に適切に配向されて、ウェハ検査装置1に移送されることができる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来技術から既知のウェハ検査装置は、その画像撮影装置、例えばマトリクスカメラ又はラインカメラが常に固定の(一定の)画像野によって作動されるという点で共通している。そのため既知のウェハ検査装置の解像度は一定であり、この解像度は作動中変更することはできない。それにもかかわらず適切なピクセル解像度を得るために、通常は、高ピクセル数のカメラが使用されるが、このため、画像撮影及び画像処理は大掛かりなものになる。更に、一定の画像野による従来の画像撮影は、実際のウェハ処理の状態(状況)ないし条件に必ずしも適正に適合されるわけではない。一定の画像野を備える従来のウェハ検査装置は、常に、例えば単位時間当りに検査されるチップないしウェハにて測定される一定のスループットでしか作動することができない。なぜなら、スループットは、光源として使用されるフラッシュランプの最大繰り返し周波数、ウェハ検査装置によってウェハを案内することのできる最大速度等によって実質的に予め決定されるからである。

【0006】

それゆえ、本発明の課題は、ウェハ検査を一層より可変かつよりフレキシブルに実行することができるようなウェハの検査方法及び装置を提供することである。更に、ウェハ検査方法及び装置は、適正な解像度又は適正なスループットを常に達成できるように構成されるべきである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題は、ウェハの表面の少なくとも1つの部分の照明、画像撮影装置による、前記ウェハの前記表面の前記照明された部分の画像の撮影、前記撮影された画像中の少なくとも1つの画像領域の選定、及び前記少なくとも1つの選定された画像領域に基づく、前記画像撮影装置の画像野のサイズの変更、を有することを特徴とするウェハの検査方法によって解決される。更なる有利な実施形態は、従属請求項の対象である。

【0008】

上記方法は、前記画像野の前記サイズの前記変更は、対物レンズの焦点距離の調整によって達成されることが好ましい。

【0009】

また、前記対物レンズの前記焦点距離の前記調整は、他の対物レンズの旋回挿入によって達成されることが好ましい。

【0010】

また、前記焦点距離は、ズーム対物レンズの調整によって変更されることが好ましい。

【0011】

また、前記画像野の前記サイズの前記変更は、前記少なくとも1つの選定された画像領域から導出された値が所定値を取るか又は該導出された値が適正化されるように、実行されることが好ましい。

【0012】

また、前記所定値は、1又は複数の以下の値、すなわち前記少なくとも1つの選定された画像領域と前記撮影された画像野の縁部(複数)との距離(x_1 , x_2 , y_1 , y_2)、前記画像撮影装置のピクセル解像度(RES_Pixel)、撮影された画像野当りのダイの数、撮影された画像野の縦方向及び/又は横方向におけるダイの数、単位時間当りのウェハ検査装置のスループット、を含むことが好ましい。

【0013】

また、前記画像野の前記サイズの前記変更は、前記少なくとも1つの選定された画像領域から導出された値が所定値を取るか又は適正化されるまで、反復的に実行されることが

好ましい。

【0014】

また、前記少なくとも1つの選定された画像領域は、1又は複数のダイを含むか又は該1又は複数のダイに相応することが好ましい。

【0015】

また、前記少なくとも1つの画像領域の前記選定は、更に、以下の工程、すなわち前記ウェハの前記表面上の縁部（複数）及び／又は角領域（複数）及び／又は所定構造（複数）及び／又はマーキング（複数）を選定するためのパターン認識の実行、を含むことが好ましい。

【0016】

また、前記少なくとも1つの画像領域の選定は、更に、以下の工程、すなわち前記ウェハの前記表面上の縁部（複数）及び／又は角領域（複数）及び／又は所定構造（複数）及び／又はマーキング（複数）の入力、を含むことが好ましい。

【0017】

また、前記画像撮影装置によって撮影された前記画像のピクセル解像度が自動的に求められる工程を更に含むことが好ましい。

【0018】

さらに、上記課題はウェハの表面を照明するための落射光照明装置、及び前記ウェハの前記表面の画像を撮影するための、少なくとも1つの対物レンズを有する画像撮影装置、を含むと共に、前記少なくとも1つの対物レンズは、前記画像撮影装置の画像野のサイズが変更可能であるように、その焦点距離が調整可能に構成されていること、を特徴とするウェハ検査装置によって解決される。更なる有利な実施形態は、従属請求項の対象である。

【0019】

上記装置は、互いに異なる焦点距離を有する複数の対物レンズを含むと共に、適切な対物レンズが旋回挿入可能に構成されていることが好ましい。

【0020】

また、前記対物レンズは、ズーム対物レンズであることが好ましい。

【0021】

また、前記画像撮影装置によって撮影された前記画像の画像データを読み取りかつ該撮影された画像中に少なくとも1つの画像領域を選定するように構成されたデータ読み取り装置、及び前記データ読み取り装置によって選定された前記少なくとも1つの画像領域に基づいて前記画像撮影装置の前記画像野の前記サイズを変更するように構成された制御装置、を含むことが好ましい。

【0022】

また、前記制御装置は、前記少なくとも1つの選定された画像領域から導出された値が所定値を取るか又は該導出された値が適正化されるように、前記画像野の前記サイズを変更することが好ましい。

【0023】

また、前記制御装置は、前記所定値が、1又は複数の以下の値、すなわち前記少なくとも1つの特定された画像領域と前記撮影された画像野の縁部（複数）との距離（ x_1, x_2, y_1, y_2 ）、前記画像撮影装置のピクセル解像度（RES_Pixel）、撮影された画像野当りのダイの数、撮影された画像野の縦方向及び／又は横方向におけるダイの数、単位時間当りのウェハ検査装置のスループット、を含むように構成されることが好ましい。

【0024】

また、前記制御装置は、前記少なくとも1つの選定された画像領域から導出された前記値が所定値を取るか又は適正化されるまで、前記画像野の前記サイズを反復的に変更するように構成されることが好ましい。

【0025】

また、前記データ読み取り装置は、前記少なくとも1つの選定された画像領域が1又は複数のダイを含むか又は該1又は複数のダイに相応するように構成されることが好ましい。

—

【0026】

また、前記データ読み取り装置は、前記ウェハの前記表面上の縁部（複数）及び／又は角領域（複数）及び／又は所定構造（複数）及び／又はマーキング（複数）を選定するためのパターン認識を実行するように構成されることが好ましい。

【0027】

また、前記データ読み取り装置は、前記ウェハの前記表面上の縁部（複数）及び／又は角領域（複数）及び／又は所定構造（複数）及び／又はマーキング（複数）が入力可能に構成されることが好ましい。

【0028】

また、前記データ読み取り装置は、前記画像撮影装置によって撮影された前記画像のピクセル解像度を自動的に求めるように構成されることが好ましい。

【発明の効果】

【0029】

本発明により、ウェハ検査を一層より可変かつよりフレキシブルに実行することができる。具体的に言うと、ウェハ表面撮影用の画像野の大きさを、ウェハ表面にあるダイに適合させることができる。実際の画像野は、この最適な即ち可及的に少ない未使用画像領域を有する個々のダイ又はサブ領域（複数）が実際の画像野に収まるように、X方向及び／又はY方向における解像度が適正であるように、例えばASICの製造時にチップサイズが突然変化した場合に画像野が迅速に適合されるように、解像度の変化によってウェハ検査装置が種々異なる速度ないしスループットで作動することができ又はウェハの表面全体がただ1回の画像撮影によって検査することができるよう、設定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

本発明によるウェハ検査方法では、ウェハの表面は、少なくとも部分的に照明され、該ウェハの該表面の照明された部分の画像が撮影され、該撮影された画像において少なくとも1つの画像領域が規定ないし選定（以下本願において「選定」で代表する）され、画像撮影装置の画像野の大きさが上記少なくとも1つの画像領域に基づいて変更される。

【0031】

このため、本発明によれば、画像撮影装置の画像野の大きさは、ウェハ処理の状態（状況）ないし状態に適正に適合化することができる。とりわけ、本発明の方法では、適正な解像度、ウェハ検査装置の適正なスループット、適正な画像サイズ等を達成することができる。従って、全体として、ウェハ検査装置は、一層より可变的かつよりフレキシブルに作動することができる。

【0032】

画像撮影装置の画像野の大きさは、例えば新たに処理されるべきチャージ（対象物）における変更されたチップサイズへの適合化の際に或いは（加工）処理プロセスの経過中ウェハ検査装置の解像度を変更するために、随時変更することができると有利である。即ち、本発明は、ウェハ検査装置の画像撮影装置が常に一定の画像野で作動するという従来の原理に反する思想に基づいている。驚くほど簡単な手段で画像撮影装置の画像野を随時変更することができるので、本発明に応じ、ウェハについて、一層より可变的かつより効率的に欠陥の検査をすることができる。

【0033】

本発明によれば、ウェハ検査装置は、暗視野照明方式でも、明視野照明方式でも、この両方式を同時に使用しても作動することができる。ウェハ検査装置は、この2つの作動（照明）形式の間で、例えば明視野及び／又は暗視野落射光照明装置を選択的に制御することによって、切替可能であると有利である。ウェハの表面の照明部分のサンプル画像を撮影した後、本発明に応じ、少なくとも1つの画像領域が選定されるが、この画像領域には

、次の工程において、画像野の大きさが適合化される。この画像領域の選定は、例えば画面（スクリーン）表示を用いて操作者によって、手動で行うこともできるし、ウェハの表面の特徴的構造を認識する適切なパターン認識ソフトウェアを使用して完全に自動的に行うこともできる。選定される画像領域は、例えば、１つのダイ、複数のダイを含むウェハ領域、作製されるべき１つのチップ若しくはそのサブ領域、又はウェハステッパのステッパショット（部分）とすることができる。現在使用されている画像野サイズが選定された画像領域のサイズに最適に整合されていないことが本発明に応じて判明すると、該画像野のサイズは変更される。

【 0 0 3 4 】

画像野のサイズの変更は、対物レンズの焦点距離を変更することによって達成することができるが、これは、例えば、別の（異なる）焦点距離を有する対物レンズ、例えばレボルバー型対物レンズホルダ中の１つの対物レンズを結像ビーム路に旋回挿入することによって実現できる。また、画像野のサイズの変更は、例えばＣＣＤカメラ等の画像撮影装置とウェハの表面との間の距離を变化することによっても達成することができる。この場合、画像撮影装置の対物レンズは、画像（撮影）距離の変更に応じて新ためてフォーカシング（ピント合せ）する必要がある。或いは、対物レンズは、例えばレボルバー型ホルダによって、切り替えることも可能である。画像撮影装置には、手動又は電子的に調整可能なズーム対物レンズが前置されるととりわけ有利である。この場合、ウェハの表面は、常に、画像撮影装置に鮮鋭に結像される。

【 0 0 3 5 】

画像野のサイズは、少なくとも１つの選定された画像領域から導出された値が所定値を取るか又は該導出された値が適正化されるように変更されると有利である。少なくとも１つの選定された画像領域から導出された値によって、実際の画像野のサイズがウェハ処理プロセスの実際の状況ないし状態に適正に適合しているか否かを判断するための客観的基準が使用可能になる。この値は、画像野サイズが手動で変化される場合でも、画像野サイズが電子的に制御ないし調整される場合でも、使用することができる。この値は、ウェハの表面のサンプル撮影から導出された距離又はピクセル数から導出されると有利である。

【 0 0 3 6 】

上記所定値は、少なくとも１つの選定された画像領域と、撮影された画像野の縁部ないし辺部（複数）との間の距離、及び／又は画像撮影装置のピクセル解像度、及び／又は撮影された画像野当りのダイの数、及び／又は撮影された画像野の縦方向及び／又は横方向のダイの数、及び／又は単位時間当りのウェハ検査装置のスループットに相応すると有利である。これらの値はすべて、画像撮影装置によって撮影されたライン又はマトリクス画像において、例えばパターン認識ソフトウェアを用いて、完全に自動的に決定する（求める）ことができるので、画像野サイズも完全に自動的に制御ないし調整されて変更することができる。

【 0 0 3 7 】

更なる一実施形態によれば、画像野サイズの変更は、反復的に実行することができる。即ち、第１のステップにおいて、画像野サイズを１つの方向に変更即ち拡大又は縮小し、この変更された画像野サイズにおいて撮影された画像から、新たに、画像領域を選定し、この画像領域から上記の値を導出し、その直前の画像野サイズにおける値と比較する。この比較から、画像野サイズが適切な方向に変更即ち拡大又は縮小されたかを判定することができる。これらのステップは、導出された値が、場合により最小公差を考慮して、所定値を取るまで又は該導出された値が適正化アルゴリズムに応じて適正化されるまでのあいだ実行される。

【 0 0 3 8 】

画像野サイズの完全自動的変更を可能にするため、少なくとも１つの画像領域を選定するためにパターン認識を実行することができる。このパターン認識は、所定のスキームに従い、ウェハの表面の特徴的構造（複数）を選定ないし検出する。この特徴的構造は、例えば、ウェハの表面の縁部ないし辺部（複数）及び／又は角領域（複数）及び／又は所定

構造（複数）及び／又はマーキング（複数）である。この場合、これらの特徴的構造の位置が既知であれば、更なる値、例えば実際に撮影された画像における距離又はピクセル数を電子的に導出することができる。

【 0 0 3 9 】

上記の特徴的構造は、例えば本発明の方法又は装置を制御するためのソフトウェアにこれらの特徴的構造を手動又は半自動で入力することによって、学習することも勿論可能である。

【 0 0 4 0 】

本発明の方法により、画像撮影装置によって撮影される画像のピクセル解像度が自動的に決定され（求められ）、その際、画像野が、所定の最小ピクセル解像度が保証されるように変更され、その結果、ウェハの表面のミクロ（微細）欠陥が確実に同定可能であると特に有利である。

【 0 0 4 1 】

更なる一視点に応じ、本発明は、本書に記載された方法を実行するように構成されたウェハ検査装置を提供する。

【 0 0 4 2 】

以下に、本発明の実施例を添付図面を参照して説明する。以下の実施例から更なる特徴、利点、及び解決されるべき課題を見出すことができる。

【 0 0 4 3 】

なお、図中、同じ参照符号は同じ又は実質的に同じ機能を有する構成要素又は構成要素群を表す。

【 0 0 4 4 】

図 1 に示すように、本発明のウェハ検査装置 1 では、上述した従来技術のものと比較して以下の相違点がある：画像撮影装置 4、例えばラインカメラ又はマトリクスカメラ、とりわけ有利には CCD カメラは、ズーム対物レンズ 5 を有し、その焦点距離は、手動又は電氣的に制御して変更することができる。これによりウェハ 6 の表面 3 2 は常に鮮鋭に画像撮影装置 4 に結像される。択一的に又は付加的に、画像撮影装置 4 とウェハ 6 の表面 3 2 との間の距離は、例えば画像撮影装置 4 を結像軸 1 0 に沿って手動で又は電動的に摺動することによって変更することができる。この場合、像距離を変更した後、改めて、対物レンズ 5 を鮮鋭に調整する必要がある。択一的に又は付加的に、対物レンズ 5 と、とりわけ CCD チップ（不図示）等の画像撮影装置 4 との間の距離は、ウェハ 6 の表面 3 2 を再び画像撮影装置 4 に鮮鋭に結像するために、像距離の変更後に変更することができる。対物レンズ 5 は、旋回可能に支承されたレボルバー型対物レンズホルダによって保持することもできる。この対物レンズホルダは、互いに異なる焦点距離を有する複数の対物レンズを収容するため、焦点距離は、別の適切な焦点距離を有する対物レンズを結像光束路に旋回挿入することによって迅速に変更することもできる。上記のステップ（複数）を制御するために、画像撮影装置 4 と、例えばコンピュータ等のデータ読み取り装置 1 4 との間に、データ伝送路 1 9 を設けることができる。このコンピュータは、画像撮影装置 4 を手動調整する場合、後述する画像野適正化のための調整がすでに十分であるか否か又は画像野適正化のために更なる調整が必要であるか否かに関する操作者に対する指示（メッセージ）を表示装置 1 5 に生成（出力）することも可能である。

【 0 0 4 5 】

図 1 には、暗視野方式の照明を使用するウェハ検査装置 1 が示されている。暗視野照明方式では、ウェハ 6 の表面 3 2 によって反射された照明光ビーム 3 7 は、直接的には画像撮影装置 4 に入射しない。尤も、ウェハ検査装置 1 は、反射された照明光が画像撮影装置 4 に直接入射する明視野照明方式で構成することも勿論可能である。明視野照明方式のために、更なる落射光照明装置（不図示）を設け、選択的にスイッチオンすることにより、その都度目的の落射光照明装置を選択・作動することができる。この目的のために、照明装置 1 1 は、制御装置としても機能するデータ読み取り装置 1 4 に、データ伝送路 2 0 を介して、接続されている。択一的に又は付加的に、落射光照明装置 2 の入射角 を、その

都度使用される照明方式に適合して変更可能に構成することも可能である。

【0046】

図2は、被検ウェハの概略的平面図を示す。ウェハ6は、互いに境界付けられたほぼ矩形の複数のサブ領域16を含むが、これらサブ領域は、図示の実施例では、それぞれ、ウェハ用ステッパのステッパショットに対応する。個々のステッパショット16は、1又は複数のダイを含むことができる。図2に示すように、ほぼ平坦な領域35が落射光照明装置によって照明されるが、この領域35は、矢印によって暗示されているように、後述する図3及び図5においては拡大して示される。平坦領域35は円形又は矩形に構成することができる。

【0047】

図3(a)及び(b)は、本発明に応じて画像野を適正化するための方法ないし措置を示す。なお、この場合、ほぼ矩形のCCDチップを有するCCDカメラが、画像撮影装置として用いられているものとする。選択された結像倍率では、図3(a)に示すようなサイズを有する画像野8が、ほぼ矩形のCCDチップに対応付けられている。図3(a)に示すように、ウェハ6の表面には、ほぼ矩形の複数のダイ17が形成されているが、これらのダイ17は、互いに対しほぼ垂直に延在する複数の分離領域18によって相互に分離されている。ウェハ6は、(加工)処理プロセス後、これらの分離領域18に沿って個々のダイに切り出される。

【0048】

画像野8を取り囲む太い黒線(黒枠)(の下方(紙面裏側)の(ダイ)領域)は、画像撮影装置のCCDチップに(もはや)結像されない。従って、図3(a)から分かるように、図示の実施例では、画像野8内にあるグレーハッチングされた4つのダイ17は、いずれも、CCDチップに完全には結像されない。ところで、まさにこのCCDチップに結像されないダイの領域に欠陥が存在することもある。このような欠陥を確実に検出するためには、従来技術では、ウェハ6を画像撮影装置に対して相対的に摺動して、第2の画像撮影において、その前に(先の画像撮影において)CCDチップに結像されなかったダイ17の領域即ち図3(a)の太い黒線(黒枠)の下方の(紙面裏側の)領域がCCDチップに結像されるようにせざるを得ないであろう。これを行うには、少なくとも4つの更なる画像撮影が必要となるが、このため、ウェハ検査装置のスループットは低下し、画像評価も大掛かりなものとなる。なぜなら、1つのダイ17が欠陥を有するか否かに関する確実な判断が可能となる前に、少なくともさらに4つの画像撮影(撮影画像)が評価されなければならないからである。

【0049】

本発明によれば、画像撮影装置の画像野8は、随時、即ち例えば処理プロセスの進行中であっても、変更することができる。その様子が図3(b)に示されている。図3(b)では、画像野8は、例えば画像撮影装置4のズームファクタ(倍率)又は結像倍率の変化により、図3(a)と比べて拡大されている。破線(の枠)は、画像野適正化が行われていない場合の画像野21を比較のために示されている。図3(b)に示されているように、画像野8の(図示)左側の縁部(辺部)と、画像野8に(図示左側において)かろうじて完全に含まれているダイ17の(図示)左側の縁部(辺部)との間の距離は x_1 であり、画像野8に(図示右側において)かろうじて完全に含まれているダイ17の(図示)右側の縁部(辺部)と、画像野8の(図示)右側の縁部(辺部)との間の距離は x_2 であり、画像野8の(図示)下側の縁部(辺部)と、画像野8に(図示下側において)かろうじて完全に含まれているダイ17の(図示)下側の縁部(辺部)との間の距離は y_2 であり、画像野8に(図示上側において)かろうじて完全に含まれているダイ17の(図示)上側の縁部(辺部)と、画像野8の(図示)上側の縁部(辺部)との間の距離は y_1 である。

【0050】

全体として、距離 x_1 、 x_2 、 y_1 及び y_2 は、ダイ17の寸法と比べると相当に小さいため、画像野8のほぼ全体を欠陥の検出に使用することができ、そのため、適正な画像

野解像度を実現することができる。画像野 8 のサイズを変更することによって、ただ 1 回の画像撮影により図 3 (b) にグレーハッチングして示した複数のダイ 1 7 即ち全部で 4 つのダイの表面全体において欠陥を検出することができ、更なる画像撮影は必要とされないであろう。このため、ウェハ検査装置のスループットは、図 3 (a) と比べて著しく大きくすること、図示の実施例では凡そファクタ 4 (4 倍) だけ大きくすることができる。

【 0 0 5 1 】

当業者には容易に分かるとおり、画像野 8 のサイズは、勿論、ただ 1 つのダイ 1 7 のみが完全に画像野 8 の内部に収まるように変更することができる。この場合、達成可能な解像度は一層大きくなるであろう。この目的のためには、例えば走行可能な X / Y テーブル又はステップモータによって画像撮影装置に対するウェハ 6 の位置を適切に変化するだけでよいであろう。

【 0 0 5 2 】

ウェハ 6 の表面にある (複数の) 分離領域 1 8 は、パターン認識ソフトウェアによって容易に同定することができるので、上述の画像野適正化は、手動で実行する代わりに、完全に自動的に実行することができる。分離領域 (複数) 1 8 は、パターン認識ソフトウェア又は操作者によって検出可能なウェハ 6 表面上の特徴的構造の一例に過ぎない。特徴的構造の更なる例としては、例えば、個々のダイ 1 7 の縁部 (辺部)、個々のダイの角領域、ウェハ 6 の表面 3 2 上の他の特徴的構造又はウェハ 6 の表面上のマーキングが挙げられる。このような特徴的構造は、図 3 (a) 及び (b) から分かるように、ウェハ 6 の表面で周期的に繰り返し表れる。本発明の画像野適正化は、X 方向及び / 又は Y 方向に沿った少なくとも 2 つの特徴的構造に基づいて個々のダイ 1 7 が確実に同定可能になると直ちに実行可能になる。

【 0 0 5 3 】

上述の画像野適正化は、個々のダイ 1 7 のサブ領域、例えば処理中の集積回路のメモリ部分を完全に画像野 8 の内部に移動させるためにも勿論適する。

【 0 0 5 4 】

図 4 は、図 3 (a) 及び (b) による画像野適正化の方法ステップの概略的フローチャートを示す。まず、ステップ S 1 において、ウェハ 6 の表面、例えば図 3 (a) にグレーハッチングされた領域の画像が撮影される。この図示のグレーハッチング領域は、4 つの別個のダイ 1 7 から形成されるが、これら 4 つのダイは当該領域に完全には含まれていない。次に、ステップ S 2 において、特徴的構造 (複数)、例えば図 3 (a) の分離領域 (複数) 1 8 又は個々のダイ (複数) 1 7 の角 (複数) が X 方向及び Y 方向において選定される。

【 0 0 5 5 】

次に、ステップ S 3 において、上記特徴的構造 (の各々) と画像野 8 の縁部 (辺部) との間の距離がそれぞれ決定される。図 3 (a) によれば、パターン認識ソフトウェア又は操作者は 1 つの分離領域 1 8 のみを X 方向及び Y 方向において選定する。従って、Y 方向に延在する分離領域 1 8 と画像野 8 の左側又は右側縁部 (辺部) との間の X 方向における距離は個々のダイ 1 7 の長さにほぼ相当し、X 方向に延在する分離領域 1 8 と画像野 8 の下方又は上方縁部 (辺部) との間の Y 方向における距離は個々のダイ 1 7 の幅にほぼ相当する。

【 0 0 5 6 】

次のステップ S 4 において、上述のようにして求められた距離 x_1 、 x_2 、 y_1 及び y_2 が、予設定可能な境界値 $D_{x \min}$ 及び $D_{x \max}$ ないし $D_{y \min}$ 及び $D_{y \max}$ の間の予設定可能な範囲内にあるか否かが決定される。

【 0 0 5 7 】

上述の距離 x_1 、 x_2 、 y_1 及び y_2 並びに境界値 $D_{x \min}$ 、 $D_{x \max}$ 、 $D_{y \min}$ 及び $D_{y \max}$ は、画像撮影装置 4 の画像読み取りに使用される CCD チップのピクセル数で求められると都合がよい。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 4 において上記距離 x_1 、 x_2 、 y_1 及び y_2 が上記予設定可能な境界範囲内になれば、ステップ S 5 において画像野 8 のサイズが適切に変化される。次に、サンプル画像撮影に関するステップ S 1 に戻り、ステップ S 2 からステップ S 5 までのループが、ステップ S 4 による条件が充足されるまで再度実行される。ステップ S 1 から S 5 までのループは、繰り返し実行することができる。ステップ S 5 における画像野 8 のサイズの 1 つの方向への変更（即ち拡大又は縮小）は、偶発的に（非人為的に）行われることもある。しかしながら、ステップ S 5 における画像野 8 のサイズの変更は、画像野 8 のより詳細な分析及びステップ S 3 で求めた距離 x_1 、 x_2 、 y_1 及び y_2 に基づき、システムチェックに、該分析から導出された 1 つの方向に、即ち拡大又は縮小をシステムチェックに実行することも可能である。例えば、ステップ S 3 で求められた距離 x_1 、 x_2 、 y_1 及び y_2 が画像野 8 の幅のほぼ半分に相当する場合、ソフトウェアは、次のサンプル画像撮影のステップ S 1 において全部で 4 つのダイ 17 が画像野 8 に収まるように、画像野 8 が拡大されるべきことを決定することができる。画像野 8 のサイズがステップ S 5 において変更される範囲（程度）も、先行の（直前の）サンプル画像撮影のより詳細な分析から導出することができる。

【0059】

ステップ S 4 において条件（複数）が充足されると、続いてステップ S 6 において、画像撮影装置 4 によりウェハ 6 の表面 32 の 1 つの画像が撮影され、該撮影された画像は、データ読み取り装置 14 により読み取られ、該データ読み取り装置 14 において適切に更に処理及び評価される。とりわけ、このように撮影された画像領域中において、当業者には基本的に既知のソフトウェアによって、ウェハの表面のマクロ欠陥について探査される。欠陥が存在すると判断されたダイ 17 ないしウェハ 6 の表面の部分に対しては、後続のプロセスステップ（複数）において、除去することも、或いは満足のいく品質が当該ダイ 17 ないし部分に対しても保証されるまで適切に後処理することも可能である。

【0060】

当業者であれば容易に理解できるように、上記の距離 x_1 、 x_2 、 y_1 及び y_2 は、図 3（b）にグレーハッチングで示した領域が実際に撮影される画像の内部に確実に収まる可以保证されるように、画像野 8 の幅全体ないし長さ全体と比べて比較的小さなものにすることができる。

【0061】

図 5（a）及び（b）は、画像野領域の解像度の適正化の一例について、互いに対比されることにより概略的に示したものである。太い黒線（黒枠）は、撮影された画像野 8 の縁部（辺部）を示すが、この縁部（辺部）は画像撮影装置 4 の CCD チップには結像されない。図 5（a）の例では、撮影された画像野 8 の（Y 方向における）幅は、4 つのダイ 17 の幅よりもわずかに大きい。従って、図 5（a）では 4 つのダイ 17 だけが CCD チップに結像される。従って、図 5（a）にグレーハッチングされた 4 つのダイ 17 に対してしか、ただ一回の画像撮影による確実な欠陥探査は実行することができない。他のすべてのダイ 17 に対しては、少なくとも 2 回の画像撮影が必要であり、このため、ウェハ検査装置のスループットは低下し、画像評価は全体として比較的大掛かりになる。また、図 5（a）にグレーハッチングされた 4 つのダイ 17 に関して言えば、図 5（a）により達成可能な解像度、例えばウェハ 6 での単位長さ当りでのピクセル数で測定され解像度は、比較的小さい。なぜなら、撮影された画像野 8 の大きな領域は、画像評価に使用することができないからである。

【0062】

図 5（a）において、 N_x 又は N_y は、選択された解像度においてただ 1 つのダイ 17 に対して X 方向又は Y 方向に沿って使用可能な CCD チップのピクセル数を表す。図 5（a）に示すように、CCD チップは X 方向に凡そ $3.5 \times N_x$ ピクセルを有し、Y 方向に凡そ $4 \times N_y$ のピクセルを有する。図 5（a）では、欠陥を確実に検出するために、これらのピクセルのうち凡そ $2N_x \times 2N_y = 4N_x \times N_y$ ピクセルしか使用することができない。

【 0 0 6 3 】

図 5 (b) は、本発明による画像野適正化後の、撮影された画像野 8 のサイズを比較のために示すものである。図 5 (b) では、破線 2 1 は、画像野適正化前の画像野のサイズを示す。図 5 (a) と比べると、画像野 8 は縮小されているので、例えばピクセル数で測定される、図 5 (b) にグレーハッチングされた 4 つのダイ 1 7 の外側縁部 (辺部) と撮影された画像野 8 の縁部 (辺部) との間の距離は比較的小さい。グレーハッチングされた (4 つの) ダイと実際に撮影される画像野 8 との間の距離は、図 4 に基づいて説明したようにして予設定可能な最小距離に調整することができる。

【 0 0 6 4 】

図 5 (b) によれば、図 5 (a) と比べると、X 方向及び Y 方向においてより多数のピクセルが、欠陥の検出のために使用することができるため、ピクセル解像度は全体として大きくすることができた。図 5 (a) と比べると、図 5 (b) では解像度が凡そファクタ 1 . 8 だけ向上している。

【 0 0 6 5 】

図 6 は、図 5 (a) 及び (b) による画像野適正化の方法ステップの概略的フローチャートを示す。まず、ステップ S 1 0 において、ウェハ 6 の表面のサンプル画像撮影が行われる。次に、サンプル画像撮影において特徴的構造、例えば図 5 (a) に示した分離領域 (複数) 1 8 が同定 (選定) される。例えば図 5 (a) によるサンプル画像撮影では、画像野 8 に、分離領域 (複数) 1 8 によって予め設定されているような、全部で 4 つのダイ 1 7 があることが求められる。

【 0 0 6 6 】

次に、ステップ S 1 1 において、サンプル画像撮影で達成された実際のピクセル解像度が決定される (求められる) 。この目的のために、X 方向に沿った 2 つの分離領域 1 8 間のピクセル数 N_x ないし Y 方向に沿った 2 つの分離領域 1 8 間のピクセル数 N_y が決定される (求められる) 。図 5 (a) で個々のダイ 1 7 の寸法が既知であれば、実際に達成されるピクセル解像度は、単位長さ当りのピクセル数で計算することもできる。

【 0 0 6 7 】

次に、ステップ S 1 2 において、実際に達成されたピクセル解像度 Res_Pixel (IST) が所定値であるか否かが検査される。図 6 によれば、後者の値は Res_Pixel (SOLL) として示されており、達成されるべき最小解像度 \pm 予設定可能な公差に相当する。

【 0 0 6 8 】

ステップ S 1 2 において、X 方向及び Y 方向において実際に達成されたピクセル解像度 Res_Pixel (IST) が所定値 Res_Pixel (SOLL) に達していなかったことが見出されると、ステップ S 1 3 において、画像野 8 のサイズが変更即ち拡大又は縮小され、再度のサンプル画像撮影に関するステップ S 1 0 に戻る。ステップ S 1 0 から S 1 3 のループは、ステップ S 1 2 において条件が充足されるまで、例えば所望の最小解像度に達するまで繰り返される。次に、ステップ S 1 4 において、ウェハ 6 の表面 3 2 について、1 つの画像が撮影され、該撮影された画像は、データ読み取り装置によって読み取られ、次いで、当業者に既知の適切な画像処理ソフトウェアによってさらに処理され、最後に欠陥等が検査される。

【 0 0 6 9 】

図 7 と図 8 は、実際に達成されたピクセル解像度を求めるためのステップ S 1 1 の枠内で実行可能な択一的手段の例を示す。

【 0 0 7 0 】

ステップ S 1 0 から S 1 2 のループにおいて、例えば分離領域 1 8 等の特徴的構造 (複数) と実際に撮影された画像野 8 の縁部 (辺部) との間の最小間隔を検査しかつ適正化することも勿論可能である。

【 0 0 7 1 】

図 7 によれば、ウェハ検査装置は学習モードで作動することができる。ステップ S 1 0

においてサンプル画像撮影が実行された後、プログラムステップAへジャンプすることによって、ダイ - 格子が学習される。この目的のために、個々のダイの角（複数）（図5（a）参照）は、例えば数値キーによって入力すること、或いは例えばマウスでダイの角をマーキングするようなソフトウェアにより対話式に入力することができる。このようにして学習された特徴的構造（複数）に、ステップS21において、実際に撮影された画像中に具体的なピクセルが当て嵌め（ないし割り当て）られ、そこから次のステップS11において、実際に達成されるピクセル解像度がX方向及びY方向において求められる（選定ないし規定される）。図7による方法ステップは、とりわけ手動又は半自動的な画像適正化に適する。

【0072】

図8は、画像野適正化のためのステップS11と関連して実行される択一的方法ステップの一例を示す。まず、ステップS10のサンプル画像撮影及びプログラムステップAへのジャンプ後に、ステップS25において、サンプル画像撮影（撮影画像）における画像野8中の特徴的構造が同定される。このために、従来技術から既知のパターン認識ソフトウェアがサンプル画像撮影（撮影画像）を限なく探査する。次に、ウェハ6は、ウェハ収容装置7のX/Y走行テーブル又はステップモータ等によって、X方向及び/又はY方向で所定の走行ストロークだけ移送される（ステップS26）。次に、第2のサンプル画像撮影が実行され、ステップS27において、ステップS25に対応する同じ特徴的構造を探査し、現に変更されているその位置を画像野8において同定する。ステップS26においてX方向及び/又はY方向に走行した走行ストロークに相当するピクセル数から、ピクセル当りの長さで表される、実際のピクセルサイズを求める（決定する）ことができる。

【0073】

このようにして決定された（求められた）ピクセルサイズから、撮影された画像野8における達成可能なピクセル解像度を推定することができる。画像野8のサイズは、図6のように、所望のピクセル解像度が達成されるまで変更することができる。

【0074】

当業者であれば容易に分かるように、上述の方法は、画像野を実際のウェハ処理プロセスのその都度の状態（状況）に最適に適合化するために、手動、半自動又は全自動的に実行することができる。とりわけ、実際の画像野は、この最適な即ち可及的に少ない未使用画像領域を有する個々のダイ又はサブ領域（複数）が実際の画像野に収まるように、X方向及び/又はY方向における解像度が適正であるように、例えばASICの製造時にチップサイズが突然変化した場合に画像野が迅速に適合されるように、解像度の変化によってウェハ検査装置が種々異なる速度ないしスループットで作動することができ又はウェハの表面全体がただ1回の画像撮影によって検査することができるよう、設定することができる。本発明の方法は、例えばコンピュータ又は機械により読み取り可能なデータ記録媒体に記憶されたコンピュータプログラムによっても実行することも勿論可能である。

【0075】

当業者であれば容易に分かるように、一般的な解決思想及び特許請求の範囲によって規定される保護範囲を逸脱しない範囲内において、多数の修正及び変形を行うことができる。従って、このような修正及び変形も明らかに本発明に含まれているものとする。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】本発明に依じて使用可能なウェハ検査装置の一例の模式的側面図。

【図2】被検ウェハの一例の模式的平面図。

【図3】画像野適正化の前（a）及び後（b）における、撮影された画像野の対比。

【図4】図3に応じた画像野適正化のための概略的フローチャート。

【図5】撮影された画像の解像度を適正化する前（a）及び後（b）における、撮影された画像野。

【図6】図5（a）及び図5（b）に応じた、撮影された画像野の解像度を適正化するための概略的フローチャート。

【図 7】図 6 の方法の部分ステップを示すフローチャート。

【図 8】図 6 の方法の別の部分ステップを示すフローチャート。

【符号の説明】

【 0 0 7 7 】

- 1 ウェハ検査装置
- 2 落射光照明装置
- 3 対物レンズ
- 4 カメラ
- 5 対物レンズ
- 6 ウェハ
- 7 ウェハ収容装置
- 8 カメラ 4 の画像野
- 9 照明軸
- 1 0 結像軸
- 1 1 光源
- 1 2 光導体束
- 1 3 データ伝送路
- 1 4 データ読み取り装置
- 1 5 モニタ
- 1 6 ステッパショット
- 1 7 ダイ
- 1 8 分離領域
- 1 9 接続伝送路
- 2 0 接続伝送路
- 2 1 画像野変更を受けていない画像野
- 3 2 ウェハ 6 の表面
- 3 5 照明領域
- 3 7 照明光ビーム
- x 1、x 2、y 1、y 2 距離
- N x、N y x / y 方向におけるピクセル数