

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-156475
(P2005-156475A)

(43) 公開日 平成17年6月16日(2005.6.16)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/956	GO 1 N 21/956 A	2 G O 5 1
GO 6 T 1/00	GO 6 T 1/00 3 O 5 D	4 M 1 0 6
GO 6 T 5/50	GO 6 T 5/50	5 B O 5 7
HO 1 L 21/66	HO 1 L 21/66 J	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2003-398312 (P2003-398312)	(71) 出願人	501387839 株式会社日立ハイテクノロジーズ 東京都港区西新橋一丁目24番14号
(22) 出願日	平成15年11月28日(2003.11.28)	(74) 代理人	100074631 弁理士 高田 幸彦
		(72) 発明者	松井 繁 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立ハイ テクノロジーズ那珂事業所内
		(72) 発明者	鈴木 克弥 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立ハイ テクノロジーズ那珂事業所内
		Fターム(参考)	2G051 AA51 AB02 AC21 BC05 CA03 CD03 DA05 EC03
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン欠陥検査装置およびパターン欠陥検査方法

(57) 【要約】

【課題】

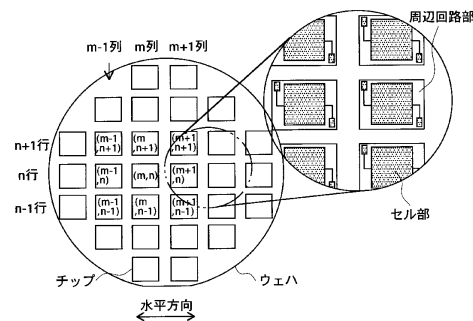
被検査物体上に透明薄膜でパターンが形成されていて、その透明薄膜の膜厚が被検査物体上の位置によって変化している場合においても、高い検査精度で欠陥を検出できるパターン欠陥検査装置を提供する。

【解決手段】

被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンをイメージセンサを走査して得られる検出画像とその行列方向に隣接する同一形状のパターンを走査して得られる参照画像とを比較して欠陥を検出するパターン欠陥検査装置である。このパターン欠陥検査装置は、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ左右上下斜めに隣接する最近接8チップを含んで同一形状のパターンの画像から統計的演算処理により平均参照画像を生成する手段と検出画像を生成された平均参照画像と比較して欠陥を検出する手段とを備える。

【選択図】 図2

図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンをイメージセンサを走査して得られる検出画像とその行列方向に隣接する同一形状のパターンを走査して得られる参照画像とを比較して欠陥を検出するパターン欠陥検査装置において、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ左右上下の最近接 4 チップを含んで同一形状のパターンの画像から統計的演算処理により平均参照画像を生成する手段と検出画像を生成された平均参照画像と比較して欠陥を検出する手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 2】

被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンをイメージセンサを走査して得られる検出画像とその行列方向に隣接する同一形状のパターンを走査して得られる参照画像とを比較して欠陥を検出するパターン欠陥検査装置において、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ左右上下斜めに隣接する最近接 8 チップを含んで同一形状のパターンの画像から統計的演算処理により平均参照画像を生成する手段と検出画像を生成された平均参照画像と比較して欠陥を検出する手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

10

【請求項 3】

請求項 2 において、前記平均参照画像を生成する統計的演算処理が、前記最近接 8 チップの画像の対応する各画素上の信号強度についての 2 次曲面を算出し、前記検出画像の $g(x, y)$ 点における画素に対応する画素についての 2 次曲面上の平均信号強度を求め、平均信号強度と前記 $g(x, y)$ 点における信号強度と比較することからなることを特徴とするパターン欠陥検査装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 または 2 のパターン欠陥検査装置において、平均参照画像を生成する統計的演算処理が検出画像の上下左右斜めに隣接する最近接する同一形状のパターンから適合する 2 次曲面を算出する処理であることを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 5】

請求項 4 のパターン欠陥検査装置において、適合する 2 次曲面を求める計算手法が最小二乗法であり、その計算の際に同時に平均二乗誤差を算出する手段とその平均二乗誤差を用いて欠陥検出判定時の閾値を決定する手段とその閾値にもとづいて欠陥の有無を判定する手段を備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

30

【請求項 6】

被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンをイメージセンサを走査して得られる検出画像とその行列方向に隣接する同一形状のパターンを走査して得られる参照画像とを比較して欠陥を検出するパターン欠陥検査装置において、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ左右上下斜めに隣接する少なくとも最近接 8 チップの同一形状のパターンと検出画像の両方から統計的演算処理により平均参照画像を生成する手段と検出画像を生成された平均参照画像と比較して欠陥を検出する手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

40

【請求項 7】

被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンをイメージセンサを走査して得られる検出画像とその行列方向に隣接する同一形状のパターンを走査して得られる参照画像とを比較して欠陥を検出するパターン欠陥検査方法において、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ左右上下の最近接 4 チップを含んで同一形状のパターンの画像から統計的演算処理により平均参照画像を生成し、検出画像を生成された平均参照画像と比較して欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 8】

被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンをイ

50

メージセンサを走査して得られる検出画像とその行列方向に隣接する同一形状のパターンを走査して得られる参照画像とを比較して欠陥を検出するパターン欠陥検査方法において、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ左右上下斜めに隣接する最近接8チップを含んで同一形状のパターンの画像から統計的演算処理により平均参照画像を生成し、検出画像を生成された平均参照画像と比較して欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウェハ、フォトマスク、プリント基板等の検査対象物体上に形成された複数のパターンの画像を検出し欠陥検査を行うパターン欠陥検査装置およびパターン欠陥検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般にパターンの欠陥検査では、被検査物体の画像を撮像する画像検出手段として一次元イメージセンサが用いられる。図4はイメージセンサの構成図であり、図5は、被検査物体の検査領域の平面図で、イメージセンサでパターンの検査領域を走査する場合に、一回の走査で画像が検出できる領域を示す。イメージセンサ8の光検出器の画素81の配列方向と直交する方向に検査対象物体を走査して二次元画像を取得する。複数の画素81が並んだ方向の長さをイメージセンサ8の高さと呼ぶ。また、被検査物体を製造中の複数の半導体チップを有する半導体ウェハとした場合、一つのチップのイメージセンサ8の高さと同じ方向の長さをチップ高さと呼ぶ。一般にチップ高さはイメージセンサ8の高さより大きいので、イメージセンサ8の一回の走査ではチップの部分の画像しか検出できない。このチップの部分画像の大きさは、検出を行うイメージセンサ8の高さと、チップ画像をこのイメージセンサ8に投影する結像光学系の結像倍率とで決まる。この高さをイメージセンサ8の有効撮像高さと呼ぶ。一般に使用されているイメージセンサと結像光学系の組合せでは、有効撮像高さはチップ高さより小さいので、チップ全面を検査するためには、複数回高さ方向にずらして走査する方法が用いられている。

【0003】

図6はウェハ上に形成された複数個のチップ21をイメージセンサで複数回走査する場合のセンサ走査軌跡101を示す平面図である。一般にパターン欠陥検査装置では、イメージセンサは固定されており、ステージを用いて被検査対象のウェハを移動させている。まずX方向に被検査物体を移動させて画像を取得する。一つのチップ21の画素毎の情報は走査順にメモリに記憶される。一回の走査で画像検出が終わった後、イメージセンサの有効撮像高さ分だけY方向に被検査物体を移動させ、図6では破線で示すように走査方向が逆になるようにステージを移動させ、これを繰り返すことで画像を順次検出する。

【0004】

チップ21の検査は同じパターン同士の画像比較により行われるが、領域bを検査する場合は、参照画像として検査領域cの画像を用いる。しかし、走査される各行の先頭チップである領域aを検査する場合には、同じパターンの一つ前の領域の参照画像が存在しないため、検査ができない。そのため、ウェハの外周に検査ができない領域が発生してしまう。以上の理由より、ウェハ外周チップで検査できないチップが発生する。

【0005】

従来のパターン欠陥検査装置では、上記の問題を走査方法を変えることで解決したのも存在する(例えば、特許文献1参照)。図7は、図6と同じく、イメージセンサの走査軌跡を示す平面図である。この場合、イメージセンサの有効撮像高さがチップ高さの1/3であり、検査領域を短冊状に3つの領域に分けて走査するものとする。X方向の1行目の走査は図6に示したものと同様であるが、2行目は被検査物体をY方向へ1チップの高さ分だけ移動させ走査する。これを繰り返し、チップの1/3の領域分の同じパターンの画像を比較検査する。最後の行が終了したら、図6中に破線で示すように、チップの次の

10

20

30

40

50

1 / 3 の領域の同じパターンの画像を比較検査する。初めのチップが終了したら、チップの残りの 1 / 3 の領域の同じパターンの画像を比較検査する。

【 0 0 0 6 】

折返し直後の領域 b を検査する場合、参照画像となる領域 c の画素情報の読み出しは記憶時の順序とは逆の順序で読み出すことによって、領域 b と領域 c とを同一パターンの画像として比較検査ができる。なお、検査の開始の時の領域 a の参照画像として、予め同じパターンの他の領域の画像を記憶させておくことにより、領域 a の検査も可能とすることができる。

しかし、図 6 に示される走査軌跡で検査を行うパターン欠陥検査装置でも、また図 6 に示される走査軌跡で検査を行うパターン欠陥検査装置でも、あるチップの検出画像の比較検査は直前の同一パターンのチップの参照画像と比較することにより行っている。このように直前の一つのチップの画像を参照画像とすることによって以下の問題が生じる。

【 0 0 0 7 】

一般にパターン欠陥検査の対象となる被検査物体においては、フォトレジストや SiO_2 等の絶縁膜のように、可視光の波長に対して透明な材料でパターンが形成されていることが多い。この場合、薄膜が欠陥検査装置で使用している光の波長に対して透明であっても、光の干渉効果によって、その光の波長とパターンを形成する材料の屈折率および膜厚で決まる反射率を示すことから、欠陥検査装置ではその存在を明暗の画像として検出することができる。図 1 は欠陥検査装置で使用している光の波長に対して透明な材料で薄膜状のパターンが形成されているウェハの例を示す。一般にこのようなウェハにおいては、薄膜パターンの膜厚はウェハ全面で完全に均一とはならず、場所によって膜厚が若干異なる現象を生じるが、ある程度の膜厚誤差はこのような半導体チップの製造上影響がないものとして許容される。しかし、場所によって膜厚が異なると、パターンの反射率が異なるため、検出される画像の明るさに差を生じる。このような現象を色ムラと称する。例えば、図 1 の隣り合うチップ n と直前のチップ n - 1 で、その中に含まれる同一形状のパターン p における膜厚が異なり色ムラが生じているとする。この場合、チップ n を検出画像、チップ n - 1 を参照画像として比較検査を行うと、パターン p はこれらの 2 画像間で形状が同一で、欠陥が存在しないにも関わらず、画像としての明暗が異なるため、欠陥であるとして誤検出されてしまう。このような偽の欠陥情報は、真の欠陥との区別が困難になるため、検査装置の信頼性に大きく関わる問題である。

【 0 0 0 8 】

従来から、このような偽の欠陥情報を拾わないようにするための対策として、

(1) 検出画像と参照画像を比較検査する際に、どのくらいの差をもって優位差有り判定するかの基準となる閾値を色ムラを拾わない程度に大きくする。

(2) 検出画像 - 参照画像間に生じている色ムラの影響を補正してやり、色ムラを除去した状態で比較検査を行う。

という 2 つの方法が行われている。しかし (1) の方法は、検査装置の検出感度を下げること他にならず、真の欠陥に対しての検出能力も同時に低下する問題がある。また (2) は、例えば特許文献 2 に示されているような方法であるが、検出画像のチップ位置における色ムラの程度を、直前のチップの参照画像から推定することは、即ち過去の既知情報から未来の未知情報を外挿により推定することであり、また利用できる情報が検出画像 1 面と参照画像 1 面の 2 画像分と少ないため、色ムラの影響を補正・除去できる効果が限られているという問題があった。

【 0 0 0 9 】

特許文献 3 には、繰り返される被検査パターンから画像信号を検出し、この検出された画像信号から繰り返される被検査パターンの統計画像信号を生成し、この生成された統計画像信号を基準画像信号として前記検出された画像信号と位置合わせして比較することによって被検査パターンに存在する欠陥または欠陥候補を抽出する被検査パターン検査方法が記載されている。

【 0 0 1 0 】

10

20

30

40

50

特許文献4には、第1のパターンを順次取り込む手段と、該手段で取り込まれた第1のパターン加算平均を算出し、第2のパターンを生成するパターン生成手段と、生成された第2のパターンと、新たに取り込まれた第1のパターンとを比較し、そのパターン差を検出する手段とを備え、パターン差によって欠陥を検出する表面欠陥検査装置が記載されている。

【0011】

特許文献5には、1枚のウェハをダイシングすることによって得られる複数の半導体チップの濃淡情報を順次一時的に記憶する第1画像メモリと、上記第1の画像メモリの濃淡情報と比較判定を行うための基準の濃淡情報を記憶する第2の画像メモリと、上記第1画像メモリと第2画像メモリの濃淡情報を比較し良品の半導体チップを検出する良品検出部と、上記良品検出部が良品と判断した時に上記第1画像メモリと第2画像メモリの濃淡情報の演算を行い、該演算結果で第2画像メモリの濃淡情報を書き替え、新たな基準の濃淡情報となるようにする画像平均化処理部を具備した半導体チップの外観検査装置が記載されている。

10

【0012】

【特許文献1】特開平11-160247号公報

【特許文献2】特開2000-97869号公報

【特許文献3】特開平10-74812号公報

【特許文献4】特開平3-286383号公報

【特許文献5】特開平5-218160号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明の目的は、透明薄膜でパターンが形成されており、検出画像の位置と参照画像の位置でその膜厚が異なっている場合においても、パターン欠陥の検査精度を向上させることを可能としたパターン欠陥検査装置およびパターン欠陥検査方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記目的を達成するために、本発明は、被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンのうち、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ前後を含む2以上の複数の同一形状のパターンの画像から平均参照画像を生成する。

30

【0015】

そのために本発明は、検出画像と、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ前後を含む2以上の複数の同一形状のパターンの画像を記憶する画像記憶手段と、それらの記憶された画像から統計的演算処理により平均参照画像を生成する平均参照画像生成手段と、検出画像とその平均参照画像を比較検査して欠陥を検出する画像比較手段を備える。

【0016】

本発明は、更に上下方向の2つのパターンを加えて平均参照画像を検出画像の上下左右4つの同一形状のパターンから統計的演算処理により生成することを特徴とする。

40

【0017】

この構成によれば、参照画像を少なくとも検出画像を挟んだ左右および上下の4つの画像から生成することによって検出画像位置での色ムラの状態に近い状態の参照画像を得ることができるため、この参照画像と検出画像とを比較検査する際に色ムラの影響を効果的に軽減することができ、色ムラの影響の大きい被検査物体においてもパターン欠陥の検査精度を向上させることを可能とした欠陥検査装置および欠陥検査方法を提供することができる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、被検査物体上に透明薄膜でパターンが形成されていて、その透明薄膜

50

の膜厚が被検査物体上の位置によって変化している場合においても、色ムラの影響を除去または軽減し、高い検査精度で欠陥を検出できるパターン欠陥検査装置を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

本発明のパターン欠陥検査装置は、被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンをイメージセンサを走査して得られる検出画像とその行列方向に隣接する同一形状のパターンを走査して得られる参照画像とを比較して欠陥を検出するパターン欠陥検査装置であって、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ左右上下斜めに隣接する最近接8チップを含んで同一形状のパターンの画像から統計的演算処理により平均参照画像を生成する手段と検出画像を生成された平均参照画像と比較して欠陥を検出する手段とを備えたことを特徴とする。

10

【0020】

この構成によれば、参照画像を少なくとも検出画像を挟んだ左右上下および斜めに隣接する最近接する8つの画像から生成することによって検出画像位置での色ムラの状態に近い状態の参照画像を得ることができるため、この参照画像と検出画像とを比較検査する際に色ムラの影響を効果的に軽減することができ、色ムラの影響の大きい被検査物体においてもパターン欠陥の検査精度を向上させることを可能とした欠陥検査装置および欠陥検査方法を提供することができる。

【0021】

平均参照画像を生成する統計的演算処理は、検出画像の上下左右斜めに隣接する最近接する同一形状のパターンの単純平均を行う。

20

あるいは、平均参照画像を生成する統計的演算処理は、検出画像の上下左右斜めに隣接する最近接する8つの同一形状のパターンから適合する2次曲面を算出する処理を行う。

【0022】

適合する2次曲面を求める計算手法は、最小二乗法であり、その計算の際に同時に平均二乗誤差を算出する手段とその平均二乗誤差を用いて欠陥検出判定時の閾値を決定する手段とその閾値にもとづいて欠陥の有無を判定する手段を備える。

【0023】

本発明は、また被検査物体上に行列方向に等間隔で連続的に配列された同一形状を有するパターンをイメージセンサを走査して得られる検出画像とその行列方向に隣接する同一形状のパターンを走査して得られる参照画像とを比較して欠陥を検出するパターン欠陥検査装置において、検出画像に隣接する少なくとも検出画像を挟んだ左右上下斜めに隣接する少なくとも最近接8チップの同一形状のパターンと検出画像の両方から統計的演算処理により平均参照画像を生成する手段と検出画像をその生成された平均参照画像と比較して欠陥を検出する手段とを備えたパターン欠陥検査装置として構成することができる。

30

【実施例】

【0024】

本発明の一実施例を、図面を参照して説明する。

図8は、パターン欠陥検査装置の概略構成図である。被検査物体であるウェハ3は、高さ方向への移動と回転が可能なZステージ2上に固定され、Zステージ2は水平方向であるX方向とY方向に移動可能なXYステージ1の上に設置されている。

40

【0025】

ウェハ3の上方には、照明光源4からの照明光をウェハ3側へ向けるハーフミラー5があり、対物レンズ6を経てウェハ3を照明する。ウェハ3上で反射された反射光は対物レンズ6、ハーフミラー5を経て、検出光としてイメージセンサ8で受光される構成となっている。また、ハーフミラー7で分岐された光は自動焦点検出手段9に入り、最適焦点位置を算出し、Zステージ2のZステージに移動指令を与え、最適焦点で画像が検出できるようにしている。イメージセンサ8で受光された検出光は、A/D変換器10を通じてデジタル信号に変換され、画像記憶手段11に記録される。

【0026】

50

一般にチップ高さはイメージセンサ 8 の有効撮像高さより大きいので、チップ 21 の全面を検査するためには、チップ 21 の領域をイメージセンサの有効撮像高さで分割し、複数回高さ方向にずらして走査する。一例としてイメージセンサの有効撮像高さがチップ高さの $1/3$ であり、検査領域を短冊状に 3 つの領域に分けて走査するものとする。走査の手順は図 7 に示すように、X 方向の 1 行目の走査を左から右へ行った後、2 行目は被検査物体を Y 方向へ 1 チップの高さ分だけ移動させ走査する。これを繰り返して、チップの $1/3$ の領域分の同じパターンの画像を比較検査する。最後の行が終了したら、図 7 中に破線で示すように、チップの次の $1/3$ の領域の同じパターンの画像を比較検査する。初めのチップが終了したら、チップの残りの $1/3$ の領域の同じパターンの画像を比較検査することによりチップ 21 全面の検査を終了する。

10

【0027】

後述のように本発明の実施例では、検出画像と比較検査をする対象になる参照画像を、検出画像のチップに対し上下左右斜めに隣接する最近接 8 チップの画像から生成する。このため、前出の画像検出手段 11 は 3 行分のチップ列に対してイメージセンサ 8 の有効撮像高さ分の全画像を記憶できる容量が必要となる。ここで「左右」とは検出画像の走査方向の前後であり、「上下」とは走査方向がチップ高さだけ変えられて折り返したときの検出画像の上下ということであり、「斜めに隣接する」とは走査方向がチップ高さだけ変えられて折り返したときの「上下」に隣接する 4 つの画像を意味する。詳細は図 2 に示される。被検査対象ウェハの直径を 300mm、検査時の画素寸法（被検査物体上での寸法）を $0.2 \mu\text{m} \times 0.2 \mu\text{m}$ 、イメージセンサの高さ方向の総画素数を 4,096 とし、各画素毎の画像情報の格納に 1 byte を要するとした場合、必要な容量は、

20

$$300\text{mm} \div 0.2 \mu\text{m} \times 4,096 \times 1\text{byte} \times 3 = \text{約 } 1.7 \text{ Gbyte}$$

（ただし 1 Gbyte = 1,073,741,824 byte）

となる。従来このような大容量は記録速度のきわめて遅い磁気記憶媒体によってのみ実現可能であったため検査中に実時間で処理を行う必要のあるパターン欠陥検査装置ではこのような技術を実現することは現実的ではなかったが、最近の半導体素子の進歩により、この程度の記憶容量は半導体メモリの集合で十分実現可能となってきた。

【0028】

図 2 は、半導体ウェハおよび拡大部の平面図である。本実施例のパターン欠陥検査では、検査領域に隣接する領域の画像を記憶して参照画像とし、この参照画像と検査領域の画像とを比較し、両者の差異の部分を欠陥として抽出する。図 2 に示すような 1 枚のウェハ 3 上には、個別に製品となるチップ 21 が複数個配列されている。これらのチップ 21 は同一形状のパターンとして行列方向に一定間隔で連続的に配置されている。ここでは、チップ (m, n) 内の検査領域 a における欠陥の有無を検出する場合の動作について説明を行う。被検査対象のウェハを図中下から順次、第 $n-1$ 行、第 n 行、第 $n+1$ 行と走査し、第 $n+1$ 行の第 $m+1$ 列のチップまで走査が終了し画像が画像記憶手段 11 に記憶されると、平均参照画像生成手段 12 は、

30

$(m-1, n-1)$
 $(m, n-1)$
 $(m+1, n-1)$
 $(m-1, n)$
 $(m+1, n)$
 $(m-1, n+1)$
 $(m, n+1)$
 $(m+1, n+1)$

40

の 8 画像の対応する画素の信号強度の単純平均（算術平均）を順次計算することにより、これら 8 画像の平均としての平均参照画像を生成する。ただし、第 $n-1$ 行および第 $n+1$ 行の各チップと第 n 行の各チップとは、ステージの走査方向が逆になっているため、記憶画像の読み出し時は逆方向に読み出すことで画像情報の方向を合わせる。

【0029】

50

次にチップ (m , n) の画像が検出画像として読み出され、前記平均参照画像と共に画像比較手段 1 3 に渡される。画像比較手段では、これら 2 画像の対応する画素の信号強度の比較を順次行い、指定された閾値以上の差が発見された画素が欠陥として検出される。

【 0 0 3 0 】

本実施例において生成される平均参照画像は、検出画像のチップを挟んで上下左右斜めに最近接する 8 チップから算出されるため、これら周囲の 8 チップの画像から中央のチップ位置における画像を内挿によって求めていることになる。このため、パターンを形成している透明薄膜の膜厚がチップの間隔に対して急激に増減の変化をしている特殊な場合を除き、この平均参照画像に含まれる色ムラの状態は、これら 8 チップの中央に位置する検出画像のチップにおける色ムラの状態に十分近いことが期待できる。一般に、半導体ウェハではチップの間隔はウェハ直径の 1 / 1 0 以下であり、膜厚誤差が製品としての許容範囲内にある半導体ウェハにおいては、パターンを形成している透明薄膜の膜厚の変化がチップの間隔内では単調に増加または減少する分布をとっていると仮定して差し支えない。このように本実施例の欠陥検査方法では、[背景技術] で記載した、例えば特許文献 2 に示されているような、検出画像のチップ位置における色ムラの程度を、検出画像 1 面と直前のチップの参照画像 1 面の合計 2 画像分の情報のみを用いて推定し補正する方法に比べ、簡単な計算処理で確実な効果を得ることが可能である。

10

【 0 0 3 1 】

なお、上記では平均参照画像を、各画素毎に検出画像周辺の最近接 8 チップの単純平均 (算術平均) を計算することで求めているが、これら 8 チップの画像の対応する各画素毎に、最小二乗法によって最も良く適合する 2 次曲面

20

$$g (x , y) = a x ^ 2 + b y ^ 2 + c x y + d x + e y + f \quad \dots \dots (式 1)$$

を求め、中央の検出画像のチップ位置におけるこの $g (x , y)$ の値をその画素の明るさについての信号強度として求めるようにしても良い。すなわち、平均参照画像を生成する統計的演算方法が、最近接 8 チップの画像の対応する各画素上の明るさの信号強度についての 2 次曲面を算出し、検出画像の $g (x , y)$ 点における画素に対応する 2 次曲面上の信号強度を求め、この平均信号強度と前述の $g (x , y)$ 点における信号とを比較することを行う。図 3 は、2 次曲面図である。黒点は、各チップ画像内の位置 (x , y) における信号強度を表し、黒丸の 8 点から統計的演算で二次曲面を算出し、星印で示す検出チップ画像内の位置 (x , y) における信号強度に対して算出した二次曲面上の、検出に対応する位置の信号強度を求める。途中の計算過程は省略するが、この計算は非常に簡単な結果となり、平均参照画像の各画素の信号値は、チップ (p , q) における着目した画素の信号値を $I_{p,q}$ と表記すると、

30

$$\begin{aligned} I_{m,n} = & - 0.25 \times I_{m-1,n+1} + 0.5 \times I_{m,n+1} - 0.25 \times I_{m+1,n+1} \\ & + 0.5 \times I_{m-1,n} \quad \quad \quad + 0.5 \times I_{m+1,n} \\ & - 0.25 \times I_{m-1,n-1} + 0.5 \times I_{m,n-1} - 0.25 \times I_{m+1,n-1} \end{aligned}$$

と計算することができる。この方法では、単純平均 (算術平均) に比べ、計算はやや複雑になるが、チップ間隔に対して膜厚がより急に変化している場合でも、より精度の高い平均参照画像を生成することができる利点がある。

【 0 0 3 2 】

またこの最小二乗法を用いる方法では、適合する 2 次曲面を求める際、同時に平均二乗誤差 (求めた 2 次曲線と、元の標本データとの二乗誤差の期待値) を求めることができることから、別の利点もある。一般に、欠陥を持たない同一形状のパターン同士を比較する場合でも、画像信号に重畳する種々の雑音成分や、欠陥には分類しない程度の微少な形状のゆらぎ等の存在により、画像の差を計算すると必ずしもゼロとはならない。そのため欠陥の有無を判定する際には、画像の差が閾値として予め設定された一定値を超えた場合にのみ欠陥として検出する必要がある。しかし閾値の決定は、大きすぎると感度が必要以上に低下し、また小さすぎると実際には欠陥がない場合でも雑音成分等を拾って偽の欠陥情報を発生してしまう、というように適切に設定するには困難が伴う。この平均二乗誤差は、これら 8 チップに含まれる同一形状のパターンが、この 2 次曲線を用いて色ムラ等の影

40

50

響を補正した後でも、どのくらいバラツキを持っているかの指標となるため、欠陥の有無を判定する際の閾値を検査中にこの数値を用いて動的に決定すると、実際のバラツキを反映して閾値を決定することができ、雑音成分やパターン形状のゆらぎが大きいところでは自動的に閾値を増加させ、逆にそれらの影響の小さいところでは自動的に閾値を下げて検査することが可能になり、効果的に欠陥を検出できる利点が見られる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】表面に透明薄膜でパターンが形成されたウェハの平面図。

【図2】半導体ウェハおよび拡大部の平面図。

【図3】算出された二次曲面を表す図。

【図4】イメージセンサの構成図。

【図5】被検査物体の検査領域の平面図。

【図6】複数個のチップをイメージセンサで複数回走査する場合のセンサ走査軌跡を示す平面図。

【図7】イメージセンサの走査軌跡を示す平面図。

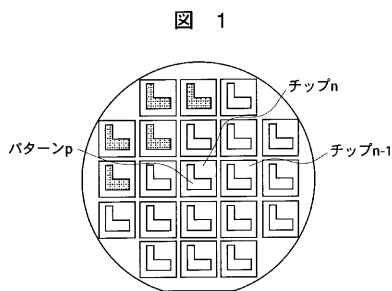
【図8】パターン欠陥検査装置の概略構成図。

【符号の説明】

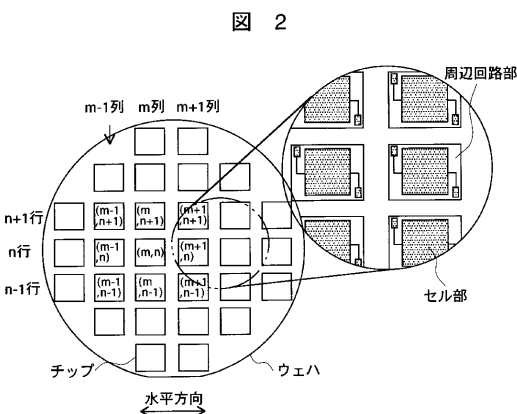
【0034】

1 ... X Y ステージ、2 ... Z ステージ、3 ... ウェハ、4 ... 照明光源、5、7 ... ハーフミラー、6 ... 対物レンズ、8 ... イメージセンサ、9 ... 自動焦点検出手段、10 ... A / D 変換器、11 ... 画像記憶手段、12 ... 平均参照画像生成手段、13 ... 画像比較手段、21 ... チップ、81 ... 画素。

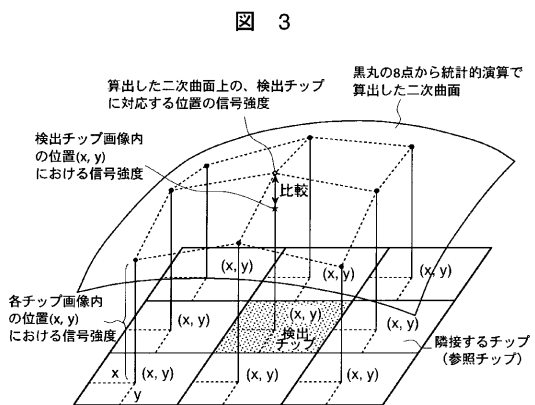
【図1】



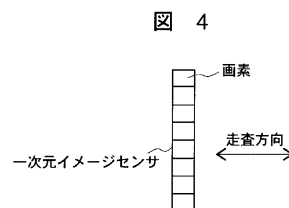
【図2】



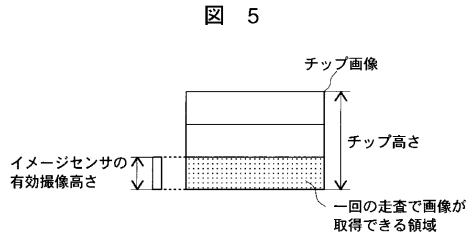
【図3】



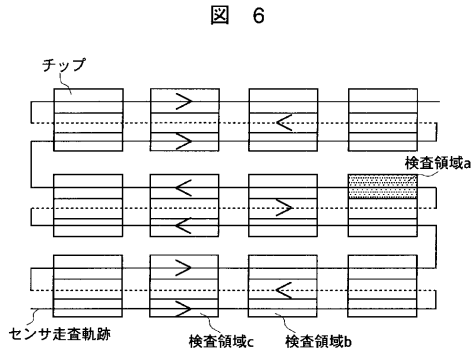
【図4】



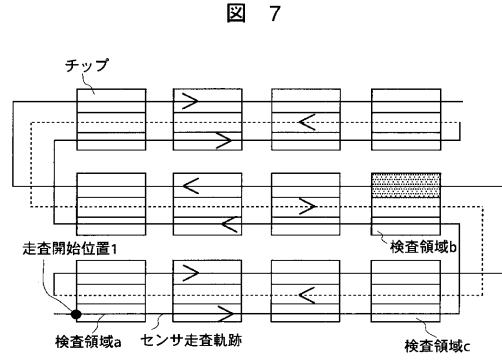
【 図 5 】



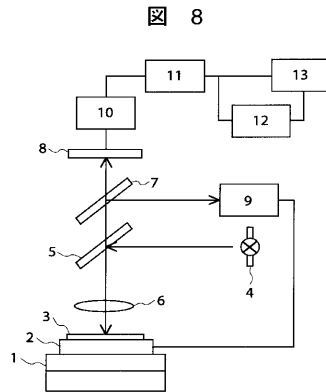
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M106 AA01 BA04 BA20 CA39 DB02 DB12 DB13 DJ18 DJ20 DJ21
5B057 AA03 BA02 CA08 CA12 CA16 CB08 CB12 CB16 CC01 DA03
DB02 DB09 DC32