

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3652589号
(P3652589)

(45) 発行日 平成17年5月25日(2005.5.25)

(24) 登録日 平成17年3月4日(2005.3.4)

(51) Int.C1.⁷

F 1

GO1N 21/88
GO1N 21/956
GO6T 1/00
HO1L 21/66

GO1N 21/88 J
GO1N 21/956 A
GO6T 1/00 305A
HO1L 21/66 J

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2000-232704 (P2000-232704)

(22) 出願日

平成12年8月1日(2000.8.1)

(65) 公開番号

特開2002-48722 (P2002-48722A)

(43) 公開日

平成14年2月15日(2002.2.15)

審査請求日

平成15年6月6日(2003.6.6)

(73) 特許権者 000207551

大日本スクリーン製造株式会社
京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁

天神北町1番地の1

(74) 代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明

(74) 代理人 100088672

弁理士 吉竹 英俊

(74) 代理人 100088845

弁理士 有田 貴弘

(72) 発明者 萩 寛志

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神
北町1番地の1 大日本スクリーン製造株
式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】欠陥検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検査対象物に対する欠陥検査を行う欠陥検査装置であつて、
前記被検査対象物における各区分領域ごとの欠陥状態を正しく表現したデータとして定義される真の正解結果を格納する格納手段と、

所定のパラメータを有する所定の検査手法を用いることにより、前記被検査対象物における前記各区分領域ごとの前記欠陥状態に関する検査結果を取得する検査結果取得手段と、

前記検査結果を前記各区分領域ごとに前記真の正解結果と比較することにより、前記所定のパラメータを有する前記所定の検査手法の正しさに関する評価結果を得る評価手段と

10

、
前記評価結果に基づいて、前記所定の検査手法における前記所定のパラメータの値を変更する変更手段と、
を備え、

前記評価手段は、前記検査結果を前記各区分領域毎に前記真の正解結果と比較することにより、前記区分領域ごとの当該検査結果を複数の事象に分類し、その内の複数の分類結果を反映した1つの評価量を用いて、前記所定のパラメータを有する前記所定の検査手法の正しさを評価することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の欠陥検査装置において、

20

前記変更手段は、前記評価量の値に応じて、前記所定のパラメータの変更量を調整することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項3】

請求項2に記載の欠陥検査装置において、

前記複数の事象は、

前記真の正解結果が欠陥である区分領域に対して欠陥である旨の前記検査結果が得られている真欠陥としての事象と、

前記真の正解結果が欠陥でない区分領域に対して欠陥である旨の前記検査結果が得られている虚報としての事象と、

を含むことを特徴とする欠陥検査装置。

10

【請求項4】

請求項3に記載の欠陥検査装置において、

前記複数の事象は、さらに、

前記真の正解結果が欠陥である区分領域に対して正常である旨の前記検査結果が得られているもれとしての事象、

を含むことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項5】

被検査対象物に対する欠陥検査を行う欠陥検査装置であって、

前記被検査対象物における各区分領域ごとの欠陥状態を正しく表現したデータとして定義される真の正解結果を格納しておく格納手段と、

20

所定のパラメータを有する所定の検査手法を用いることにより、前記被検査対象物についての前記区分領域ごとの前記欠陥状態に関する検査結果を取得する検査結果取得手段と、

前記検査結果を前記各区分領域ごとに前記真の正解結果と比較することにより、前記所定のパラメータを有する前記所定の検査手法の正しさに関する評価結果を得る評価手段と、
を備え、

前記評価手段は、前記検査結果を前記真の正解結果と前記各区分領域ごとに比較することにより、前記各区分領域毎の当該検査結果を複数の事象に分類し、その内の複数の分類結果を反映した1つの評価量を用いて、前記所定のパラメータを有する前記所定の検査手法の正しさを評価することを特徴とする欠陥検査装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体ウエハ、プリント配線板、レチクル、およびカラーフィルタなどの被検査対象物に対する欠陥検査を行う欠陥検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体ウエハ、プリント配線板、レチクル、およびカラーフィルタなどの被検査対象物に対する欠陥検査を行う欠陥検査装置が存在する。たとえば、被検査対象物の画像を撮像しその撮像画像に対して所定の画像処理を施すことにより、撮像画像の画素毎の欠陥の有無を検査する欠陥検査装置などが存在する。このような欠陥検出装置においては、所定のアルゴリズムを用いた検査手法を用いて欠陥検出動作が行われる。そして、これらの検査手法においては、設定すべき種々のパラメータが存在する。

40

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような種々のパラメータ等の調整作業は、装置のオペレータによって経験的かつ試行錯誤的に行われており、この調整作業にかなりの時間を要するなどパラメータの設定が容易でないという問題が存在する。

【0004】

50

また、このような問題は、上記検査手法に対する適切な評価基準が付与されていないことにも起因して発生するものであるとも考えられる。

【0005】

そこで、本発明は前記問題点に鑑み、適切なパラメータを簡易に設定することが可能な欠陥検出装置を提供することを第1の目的とする。また、欠陥検査においても用いられる検査手法に対する適切な評価基準を付与することを第2の目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の欠陥検査装置は、被検査対象物に対する欠陥検査を行う欠陥検査装置であって、前記被検査対象物における各区分領域ごとの欠陥状態を正しく表現したデータとして定義される真の正解結果を格納する格納手段と、所定のパラメータを有する所定の検査手法を用いることにより、前記被検査対象物における前記各区分領域ごとの前記欠陥状態に関する検査結果を取得する検査結果取得手段と、前記検査結果を前記各区分領域ごとに前記真の正解結果と比較することにより、前記所定のパラメータを有する前記所定の検査手法の正しさに関する評価結果を得る評価手段と、前記評価結果に基づいて、前記所定の検査手法における前記所定のパラメータの値を変更する変更手段と、を備え、前記評価手段は、前記検査結果を前記各区分領域毎に前記真の正解結果と比較することにより、前記区分領域ごとの当該検査結果を複数の事象に分類し、その内の複数の分類結果を反映した1つの評価量を用いて、前記所定のパラメータを有する前記所定の検査手法の正しさを評価することを特徴とする。

【0007】

請求項2に記載の欠陥検査装置は、請求項1に記載の欠陥検査装置において、前記変更手段は、前記評価量の値に応じて、前記所定のパラメータの変更量を調整することを特徴とする。

【0008】

請求項3に記載の欠陥検査装置は、請求項2に記載の欠陥検査装置において、前記複数の事象は、前記真の正解結果が欠陥である区分領域に対して欠陥である旨の前記検査結果が得られている真欠陥としての事象と、前記真の正解結果が欠陥でない区分領域に対して欠陥である旨の前記検査結果が得られている虚報としての事象と、を含むことを特徴とする。

【0009】

請求項4に記載の欠陥検査装置は、請求項3に記載の欠陥検査装置において、前記複数の事象は、さらに、前記真の正解結果が欠陥である区分領域に対して正常である旨の前記検査結果が得られているもれとしての事象、を含むことを特徴とする。

【0010】

請求項5に記載の欠陥検査装置は、被検査対象物に対する欠陥検査を行う欠陥検査装置であって、前記被検査対象物における各区分領域ごとの欠陥状態を正しく表現したデータとして定義される真の正解結果を格納しておく格納手段と、所定のパラメータを有する所定の検査手法を用いることにより、前記被検査対象物についての前記区分領域ごとの前記欠陥状態に関する検査結果を取得する検査結果取得手段と、前記検査結果を前記各区分領域ごとに前記真の正解結果と比較することにより、前記所定のパラメータを有する前記所定の検査手法の正しさに関する評価結果を得る評価手段と、を備え、前記評価手段は、前記検査結果を前記真の正解結果と前記各区分領域ごとに比較することにより、前記各区分領域毎の当該検査結果を複数の事象に分類し、その内の複数の分類結果を反映した1つの評価量を用いて、前記所定のパラメータを有する前記所定の検査手法の正しさを評価することを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】

< A . 第1実施形態 >

< A 1 . 構成 >

10

20

30

40

50

図1は、本発明の第1実施形態に係る欠陥検査装置であるパターン検査装置1の構成を表す概略図である。このパターン検査装置1は、検査対象となる対象物(被検査対象物)2を載置するXYテーブル3と、XYテーブル3をX方向およびY方向にそれぞれ駆動するモータ4a, 4bなどを含む駆動部4と、被検査対象物2を撮像するCCDラインセンサ5とを備えており、被検査対象物に対する欠陥検査を行う。ここでは、被検査対象物2として半導体ウエハWを検査する場合を想定し、図2にその詳細を表す平面図を示す。図2に示すように、半導体ウエハWは、複数の単位パターンである「ダイ(die)」2aがX方向およびY方向にそれぞれ繰り返しマトリクス状に配列されている構造を有する。

【0012】

また、パターン検査装置1は、検査結果取得部10と格納部20と評価部30とパラメータ変更部40とをさらに備えている。

10

【0013】

このうち、検査結果取得部10は、所定のパラメータを有する所定の検査手法を用いることにより、被検査対象物2についての各単位領域(たとえば撮像画像における1画素に対応する領域)ごとの欠陥の有無等に関する検査結果を取得する。この検査結果取得部10は、図3に示すように、画像入力処理部11と理想パターン生成部13と比較判定部15とを有している。画像入力処理部11は、CCDラインセンサ5を介して得られる被検査画像(撮像画像)の入力処理を行う処理部であり、理想パターン生成部13は、被検査画像との比較に用いられる参照画像を生成する処理部である。この参照画像は、たとえばCADなどのデータを用いて理想的なパターンを生成することなどにより得ることができる。また、比較判定部15は、画像入力処理部11において得られた被検査画像と、理想パターン生成部13において生成された参照画像とを比較することにより、被検査画像における各単位領域毎の欠陥の有無に関する検査結果を取得することができる。

20

【0014】

また、格納部20(図1)は、被検査対象物2についての単位領域(たとえば被検査画像における1画素に対応する領域)毎の欠陥の有無に関する真の正解結果を格納する。ここでは、格納部20は、被検査対象物2の所定の評価対象領域R(たとえば1つのダイ2a)(図2参照)内についての真の正解結果を格納するものとする。なお、評価対象領域Rは、被検査対象物2の全領域のうち評価部30において評価対象となる領域を意味する。

30

【0015】

この真の正解結果は、被検査対象物2における各単位領域(たとえば被検査画像の各画素に対応する領域)における欠陥の有無に関する真の状態を示すものであり、各領域における「欠陥状態を正しく表現したデータ」として定義されるものである。この真の正解結果は、後述するような方法等により取得することができる。なお、ここでは、1つのダイ2aを評価対象領域Rとしているが、これに限定されず、ダイ2aの一部を評価対象領域Rとしてもよく、複数のダイを評価対象領域Rとしてもよい。また、後述の評価部30における評価精度を向上させるためには、より広い領域を評価対象領域Rとして選択してその評価動作を行うことが好ましく、たとえば、複数の評価対象領域Rを設けることや、各評価対象領域Rの面積を大きくすることなどが可能である。

【0016】

40

さらに、評価部30は、検査結果取得部10により取得された検査結果と、格納部20に格納されている真の正解結果とを、単位領域毎に比較することにより、所定のパラメータを有する所定の検査手法の正しさに関する評価を行うことにより、その評価結果を得る処理部である。具体的には、図4に示すように、検査結果取得部10により取得された検査結果と格納部20に格納されている真の正解結果とを単位領域毎に比較する比較部31と、その比較結果に応じて各単位領域を複数の事象(後述)のいずれかに分類する分類部33と、分類部33において各事象毎に分類された情報を用いて評価量Vを算出する評価量算出部35とを有している。

【0017】

また、パラメータ変更部40は、評価部30における評価結果に基づいて、所定の検査手

50

法における所定のパラメータの値を変更する処理を行う。

【0018】

これらの各処理部10, 20, 30, 40の動作等については次述する。

【0019】

< A2. 動作 >

つぎに、この実施形態の欠陥検査装置（パターン検査装置）1の動作について、図5および図6を参照しながら説明する。図5は、動作の概略を表すフローチャートであり、図6は、その一部のステップSP30についての詳細動作を表すフローチャートである。

【0020】

図5に示すように、まず、ステップSP10において、試料（サンプル）としての被検査対象物2（半導体ウエハW）を欠陥検査装置1の所定の位置に固定する。なお、この半導体ウエハWの一部の領域を、上述の評価対象領域Rとして設定する。

10

【0021】

つぎに、ステップSP20において、この半導体ウエハWの評価対象領域Rについての「真の正解結果」が既知であるか否かを判定し、既知である場合にはステップSP40へ進み、既知でない場合にはステップSP30へ進む。

【0022】

ここではまず、既知でないと判定された場合について、図6のステップSP30（真の正解結果の作成動作）に関する詳細フローチャートを参照しながら説明する。

【0023】

20

< 真の正解結果の取得動作 >

ステップSP30における詳細動作に関する説明を行うにあたって、まず「真の正解結果」について、図7を参照しながら説明する。

【0024】

図7(a)は、半導体ウエハW内の評価対象領域R（たとえばダイ2a）における欠陥の有無に関する真の正解結果（真の状態）を概念的に示す図であり、撮像画像においてx方向およびy方向に2次元的に配置される正方形形状の複数の画素のそれぞれに対応する領域について、欠陥が存在するか否かを示す図である。図7(a)においては、被検査対象として撮像の対象となる半導体ウエハWと同一の半導体ウエハWにおける真の状態（さらに詳細にはその半導体ウエハWの評価対象領域Rにおける真の状態）が示されており、より具体的には、CCDラインセンサ5（図1）を用いて得られる被検査画像の評価対象領域Rの複数（16個×16個）の画素に対応する部分の欠陥の有無に関する真の状態が示されている。

30

【0025】

図7(a)においては、白色の画素は真の非欠陥部分（すなわち正常部分）を示しており、黒色の画素は真の欠陥部分を表している。ここでは、左上側に逆L字型の4個の画素に相当する欠陥部分D1と右上側に横に並んだ2個の画素に相当する欠陥部分D2とが、真の欠陥部分として得られている状態を示している。このように、被検査対象物2（評価対象領域R）においては、欠陥部分と正常部分とが存在する。

【0026】

40

これらの各画素に対応する各単位領域は、実際に（真に）欠陥であるか否かにより区別される。すなわち、被検査対象物2についての各単位領域は、欠陥の有無に関する真の状態に応じて区別される。したがって、この真の正解結果は、被検査対象物2についての被検査画像（撮像画像）における全ての画素について、その画素に対応する部分が欠陥であるか否かを判定することによって得ることができる。しかしながら、全ての画素についての真の正解結果を得ることは、非常に労力のかかる作業となる。そこで、ここでは所定のアルゴリズムを用いた欠陥検出手法を用いて、効率的に真の正解結果を得る場合（ステップSP30）について説明する。

【0027】

このステップSP30においては、所定のアルゴリズムを用いた手法を用いて欠陥検出手動

50

作を行うことにより、真の正解結果が作成される。

【0028】

そのため、まず、ステップSP31においては、より具体的には、より多くの部分が欠陥として検出されるようなパラメータ、言い換えれば、検出感度が高くなるようなパラメータを選択する。たとえば、参照画像の画素値（階調値）と被検査画像（撮像画像）の画素値（階調値）との差の絶対値が所定の閾値を超える場合に欠陥であると判定するパターン比較検査において、その閾値を通常の値より小さな値として設定すればよい。

【0029】

そして、次のステップSP33において、被検査対象物となる半導体ウエハWについてステップSP31で設定されたパラメータ（閾値）を用いて欠陥検査を行う。これによって、より多くの領域が欠陥候補として検出される。

10

【0030】

次のステップSP35においては、ステップSP33における欠陥検出動作において欠陥として検出された部分について、その欠陥が真の欠陥であるか否かを判定することにより、真の欠陥部分を特定する。なお、この場合の判定は、たとえば、拡大された被検査画像を用いて人間（オペレータ）が目視により行うことなどが可能である。

【0031】

この場合、欠陥でないにもかかわらず欠陥として検出されてしまう「虚報」を多く含む可能性が高くなるものの、欠陥であるにもかかわらず欠陥として検出されない「もれ」をなくすことが可能である。したがって、「もれ」がないことによって真の欠陥部分を確実に特定することが可能になり、かつ、「虚報」の数だけ余分な確認作業を行うだけで真の欠陥部分の検出動作が可能になる。

20

【0032】

このようにして、図7(a)に示すような、真の正解結果を取得することが可能である。また、取得された真の正解結果は、格納部20に格納される。

【0033】

<欠陥検査動作>

再び図5を参照する。上記のステップ20において真の正解結果が既知であると判定されるか、あるいは、ステップSP30において真の正解結果が得られた後において、ステップSP40に進む。

30

【0034】

このステップSP40においては、検査結果取得部10におけるパラメータを設定する。たとえば、この検査結果取得部10において、参照画像の画素値（階調値）と被検査画像の画素値（階調値）との差の絶対値が所定の閾値を超える場合に欠陥であると判定する手法を用いる場合には、パラメータとしての閾値を適宜の値に設定する。なお、通常、この閾値の値は、上記の真の正解結果の取得動作において用いられた値よりも低い感度を有する値（すなわち大きな値）となる。なぜなら、上記のパラメータでは虚報が非常に多く発生するため、欠陥検出結果としてそのまま用いるには不適当であると考えられるからである。

【0035】

つぎに、ステップSP50において、上記アルゴリズムの欠陥検出手法を用いて、欠陥検査動作を行う。図3に示すように、この欠陥検査動作においては、画像入力処理部11において入力された被検査画像と、理想パターン生成部13において生成された参照画像とが、上記ステップSP40において設定されたパラメータ（閾値）を用いて比較判定部15において比較されることにより、欠陥検査動作が行われる。

40

【0036】

<評価動作>

つぎに、ステップSP60においては、ステップSP50で得られた検査結果と真の正解結果とを比較することにより、ステップSP40で設定されたパラメータを有するこの検査手法の正しさに関する評価結果を得る動作を行う。ここでは、「検査結果」を「真の正

50

解結果」と単位領域毎に比較することにより、単位領域毎の検査結果を複数の事象に分類し、その分類結果を用いた評価量を用いて所定のパラメータを有する所定の検査手法の正しさを評価する場合について説明する。

【0037】

図8は、検査結果の分類について説明する図であり、「真の正解結果」と「検査結果」との関係を示している。ここでは、各画素毎の検査結果が、複数(4つ)の事象、すなわち、(1)「真欠陥(事象E1)」、(2)「もれ(事象E2)」、(3)「虚報(事象E3)」、および(4)「真正常(事象E4)」、の各事象に分類される場合が示されている。

【0038】

ここで、「真欠陥」は、検査結果が欠陥、かつ、真の正解結果も欠陥である事象であり、言い換れば、真の正解結果が欠陥である単位領域に対して欠陥である旨の検査結果が得られている事象である。

【0039】

「もれ」は、検査結果が正常、かつ、真の正解結果が欠陥である事象であり、言い換れば、真の正解結果が欠陥である単位領域に対して正常である旨の検査結果が得られている事象である。

【0040】

「虚報」は、検査結果が欠陥、かつ、真の正解結果が正常である事象であり、言い換れば、真の正解結果が欠陥でない単位領域に対して欠陥である旨の検査結果が得られている事象である。

【0041】

「真正常」は、検査結果が正常、かつ、真の正解結果も正常である事象であり、言い換れば、真の正解結果が欠陥でない単位領域に対して正常である旨の検査結果が得られている事象である。

【0042】

また、図7(b)は、図7(a)と同一の評価対象領域Rに関する検査結果の一例を示す図であり、黒色の画素は、欠陥として検出された部分を示し、白色の画素は正常であるとして検出された部分(欠陥として検出されなかった部分)を示す。

【0043】

この図7(b)においては、点線の円C1で囲まれる部分には真の欠陥部分D1が存在し、欠陥部分D1が欠陥として検出されている様子が示されている。すなわち、検査結果における、欠陥部分D1に対応する4つの画素(図7(a)および図7(b)のいずれにおいても黒色の画素)は、「真欠陥」の事象に分類される。

【0044】

また、点線の円C3で囲まれる部分においては、十字状の5つの画素が真の欠陥でないにも拘わらず欠陥部分D3として検出されている様子が示されている。すなわち、検査結果におけるこれらの5つの画素(図7(a)において白色でありかつ図7(b)において黒色の画素)は、「虚報」の事象に分類される。

【0045】

さらに、点線の円C2で囲まれる部分においては、本来は真の欠陥部分D2が存在するにも拘わらず、いずれの画素も欠陥として検出されていない様子が示されている。すなわち、検査結果における、欠陥部分D2に対応する2つの画素(図7(a)において黒色でありかつ図7(b)において白色の画素)は、「もれ」の事象に分類される。

【0046】

そして、点線の円C4で囲まれる部分に代表されるその他の画素は、真の正解結果が正常であり、かつ、検査結果も正常であると判断される画素である。すなわち、検査結果におけるこれらの画素(図7(a)および図7(b)のいずれにおいても白色の画素)は、「真正常」の事象に分類される。

【0047】

10

30

40

50

評価部 30 は、これらの分類結果を用いた評価量を用いて、所定のパラメータを有するステップ S P 50 における欠陥検査動作を評価する。すなわち、所定のパラメータを有する所定の検査手法に基づく欠陥検査の正しさを評価する。

【 0 0 4 8 】

ここでは、確率の概念を用いて検査結果の評価を行う。上記 4 つの事象 E_i ($1 \leq i \leq 4$) の発生確率 p_i ($1 \leq i \leq 4$) を、評価対象領域 R 内の全画素数 M に対する各事象 E_i の画素数 m_i を用いて、 $p_i = m_i / M$ と定義する。なお、ここでは、画素数を基準にして各事象 E_i の発生確率 p_i を算出しているが、これによらず、たとえば画素値の和を基準にして各事象 E_i の発生確率 p_i を算出してもよい。

【 0 0 4 9 】

また、検査結果に対する各事象 E_i の発生確率 p_i と同様に、真の正解結果に対する各事象 E_i の発生確率 q_i ($1 \leq i \leq 4$) を想定する。そして、これらの両確率 p_i, q_i の差を考慮した評価量 V を次の数 1 により定義する。この評価量 V は、真の正解結果に関する確率分布と、検査結果に関する確率分布との差が大きいほど、大きな値を有する。

【 0 0 5 0 】

【 数 1 】

$$V = \sum_{i=1}^4 \{ k_i \cdot (p_i - q_i) \}$$

10

20

【 0 0 5 1 】

ただし、 k_i は、重み付け係数であり、適宜の値が定められる。なお、この k_i の値を調整することにより、いずれの事象を重視するかを決定することが可能である。

【 0 0 5 2 】

また、たとえば、 k_i として $k_i = \log(p_i / q_i)$ を採用すると、数 1 は、次の数 2 となる。

【 0 0 5 3 】

【 数 2 】

30

$$V = J(P, Q)$$

$$= \sum_{i=1}^4 \{ (q_i - p_i) \cdot \log_2 \frac{q_i}{p_i} \}$$

【 0 0 5 4 】

この数 2 は、ジェフェリィの情報量と称される統計量に相当し、2 つの確率分布間の距離、すなわち、確率 p_i の確率分布と確率 q_i の確率分布との相互間の距離を表す量である。なお、真の正解結果における事象 E_2 (もれ) および事象 E_3 (虚報) の確率 q_2 および確率 q_3 はゼロとなるが、数 2 においてそのままの値を使用すると、ゼロ除算により無限大 () に発散するため、計算上、確率 q_2, q_3 が微小な確率を有するように補正を行うことが好ましい。たとえば、画像全体の画素数に対して、1 画素の「もれ」または「虚報」の事象が発生する確率の値を q_2 または q_3 として用いることができる。

40

【 0 0 5 5 】

このような評価量 V を用いることにより、検査結果を総合的に評価することが可能である。すなわち、「真欠陥」、「虚報」、「もれ」、「真正常」の複数の事象に対する分類結果を用いた評価を行うことが可能になる。この場合、たとえば、「虚報」および「もれ」

50

の事象の発生確率を抑制しつつ（確率 p_2, p_3 をそれぞれゼロ（ $= q_2, q_3$ ）に近づけつつ）、かつ、「真欠陥」の事象の発生確率を理想状態に近づける（確率 p_1 を確率 q_1 にできるだけ近づける）ことが最適状態である旨の評価基準に基づいて検査手法の正しさを評価することができるので、単に「真欠陥」の事象の発生確率を理想状態に近づける（確率 p_1 を確率 q_1 にできるだけ近づける）ことが最適状態である旨の評価基準に基づいて検査手法の正しさを評価する場合に比べて、総合的なバランスを考慮した評価を行うことが可能である。

【0056】

なお、ここでは、4つの事象の全てについて考慮しているが、少なくとも2つの事象を用いた評価を行ってもよい。その場合においても、より総合的な評価基準に基づいた評価を行うことが可能である。たとえば、検査結果を、「真欠陥」および「虚報」の両事象を含む複数の事象に分類し、その分類結果（たとえば両事象の確率）を用いることにより、「真欠陥」の発生確率を理想状態に近づけつつ「虚報」の発生確率を最小化することが最適状態である旨の評価基準に基づいて、その検査手法の正しさに関する評価を行うことができるので、総合的な評価を行うことが可能である。さらには、検査結果を、「真欠陥」および「虚報」に加えて「もれ」の事象をも含む3つの事象を含む複数の事象に分類し、その分類結果を用いることにより、総合的な評価を行うことも可能である。また、総合的な評価を必要としない場合には、単一の事象についてのみ考慮することにより、評価を行なってもよい。また、何れの数に事象を分類する場合でも、全ての分類結果ではなく、その内の複数の分類結果を用いて評価を行うことも可能である。

10

20

【0057】

<パラメータ変更動作>

次のステップSP70においては、ステップSP60において上記のようにして取得された評価結果に基づいて、その検査手法におけるパラメータの調整が行われる。

【0058】

具体的には、評価量Vの大きさに応じて、パラメータ（たとえば閾値）の変化量（調整量）を決定することにより、好適にパラメータを調整することができる。たとえば、評価量が比較的大きい場合には、検査結果と真の正解結果とのずれが比較的大きいものと考えられるので、パラメータを大きく修正し、一方、評価量が比較的小さい場合には、検査結果と真の正解結果とのずれが比較的小さいものと考えられるので、パラメータを小さく修正（微調整）することができる。これにより、パラメータを好適に最適化することができる。

30

【0059】

また、パラメータの変更の方向（パラメータの値を増加させるか減少させるか）については、検査結果における各事象の確率 p_i と真の正解結果における各事象の確率 q_i との差（ $p_i - q_i$ ）における正負の符号に基づいて変更することができる。

【0060】

以上のようにして、この欠陥検査装置1においては、所定のパラメータを有する所定の検査手法を用いることにより被検査対象物における各単位領域ごとの欠陥の有無に関する検査結果を取得し、取得された検査結果を真の正解結果と各単位領域ごとに比較することにより所定のパラメータ（閾値）を有する所定の検査手法（比較検査）の正しさに関する評価結果を得た上で、その評価結果に基づいて所定の検査手法における所定のパラメータの値を変更することができる。したがって、検査手法におけるパラメータを簡易に最適化することができるので、評価量Vを最適化する好適な検査結果を簡易に得ることができる。また、以上の動作を繰り返すことなどによって、パラメータの最適化を行うことにより、評価量Vを最小化することができる。特に、好適なアルゴリズムの検査手法を用いた場合には、理想状態において評価量V = 0となる。

40

【0061】

なお、上記においては、被検査対象物2である半導体ウエハWの一部の評価対象領域Rについて、上述の動作をおこなうことにより検査結果の評価等を行っていたが、より正確な

50

評価を行うためにはより大きな領域を評価対象領域Rとすることが好ましい。ただし、半導体ウエハWの全面において検査環境条件が等しいと考えられる場合には、上述したように、半導体ウエハWの一部を評価対象領域Rとして抽出することにより、効率的に検査手法の評価を行うことができる。また、同様にして、異なる半導体ウエハWについての欠陥検査を行う場合においても、照明等の検査環境条件がほぼ同一である場合には、検査手法の正しさに関する評価結果が同様のものとなることが予想されるため、同じパラメータを用いて検査を行うことにより、好適な検査結果を得ることが可能になる。ただし、逆に、半導体ウエハWごとに照明等の検査環境条件が異なる場合においては、各半導体ウエハWごとに再度の評価を行ってパラメータの再調整を行うことが好ましい。これにより、より好適な検査結果を得ることができる。

10

【0062】

< B. その他 >

上記実施形態においては、被検査対象物における「区分領域」として、各領域の大きさが互いに等しい単位領域（各画素に対応する領域）を例示しているが、これに限定されず、各領域の大きさが互いに異なる領域（区分領域）毎に検査結果を得てもよい。この場合でも、各区分領域ごとに真の正解結果と各検査結果とを比較することにより、所定の検査手法の正しさに関する評価結果を得て、その評価結果に基づいて、欠陥検査装置で使用される検査手法のパラメータを変更することが可能である。

【0063】

また、上記実施形態においては、参照画像および被検査画像の画素値（階調値）との差の絶対値が所定の閾値を超える場合に欠陥であると判定する検査手法、すなわち、参照画像および被検査画像を比較してその欠陥の有無等を検査する比較検査による検査手法について説明しているが、これに限定されず、その他のアルゴリズムを有する検査手法を用いてもよい。たとえば、特徴量抽出を行うアルゴリズムを有する検査手法を用いて検査結果を得る場合にも本発明を適用することができ、これによってもその検査手法における各種パラメータの調整を行うことが可能である。ここで、特徴量抽出を行うアルゴリズムとは、所定の画像特徴量（たとえばエントロピー）に基づいて、欠陥の有無等を判定するものである。あるいは、同様に、デザインルールチェック（DRC）のアルゴリズムを有する検査手法を用いて検査結果を得る場合にも本発明を適用することができる。ここで、デザインルールチェック（DRC）は、製作された部品等をその設計上の様々な条件に基づいて検査する手法であり、たとえば、所定の線の幅が隣接線との間隔の2倍以上であるという制約を満たすか否かの条件に基づいて、当該所定の線の欠陥の有無等について検査を行うものである。

20

【0064】

また、上記実施形態においては、単一のアルゴリズムを有する検査手法におけるパラメータ調整について説明したが、これに限定されない。複数のアルゴリズムに基づく検査結果を複合的に組み合わせることにより、最終的な検査結果を得る場合にも本発明を適用することができる。

【0065】

たとえば、複数のアルゴリズムを用いた場合には、複数のアルゴリズムのそれぞれについて上記のステップS P 4 0, S P 5 0, S P 6 0の動作を行うことにより、各アルゴリズムごとの評価量V_j（j = 1, ..., N；ただしNはアルゴリズムの数）を求めることができる。この場合において、上述したように、各アルゴリズムの検査手法を用いた検査結果を評価し、その評価結果を用いて各アルゴリズムにおけるパラメータの最適化を図ることが可能である。この場合、それぞれ最適化された複数のアルゴリズムによる検査結果のうち最も評価値V_jが高いアルゴリズムによる検査結果を選択し、その選択された検査結果を最終的な検査結果として出力することができる。

40

【0066】

さらにこれを拡張すれば、これらの複数のアルゴリズムごとの評価量V_jを用いて各アルゴリズムごとの検査結果を利用し、たとえば重み付けして加算することにより、最終的な

50

検査結果を出力することが可能である。図9は、そのような変形例、すなわち、複数のアルゴリズムの検査手法を用いて最終的な検査結果を得る場合について説明する概念図である。図9は、重み付け加算による方法を示している。

【0067】

図9に示すように、検査結果取得部10Bは、各アルゴリズムA_j(j=1,...,N)を用いた検査手法に基づいて検査結果を取得する各アルゴリズム別の検査結果取得部16a,...16j,...16nを有している。評価部30Bは、各アルゴリズム別の検査結果取得部16a,...16j,...16nにおいて出力された各検査結果を真の正解結果と比較して評価を行うことにより各評価量V_jを得る。また、パラメータ変更部40Bは、この各評価量V_jを用いて、各アルゴリズムA_jにおけるパラメータをそれぞれ調整する。このような動作を幾度か繰り返すことにより、各アルゴリズムA_jのパラメータを最適化する。

10

【0068】

その後、検査結果取得部10Bにおいて、各アルゴリズム別の検査結果取得部16a,...16j,...16nは、最適化されたパラメータを用いて各検査結果を出力する。そして、評価部30Bにおいて、各アルゴリズムごとの検査結果を真の正解結果と比較することにより、各アルゴリズムを有する検査手法の正しさに関する各評価量V_jを求め、さらに、重み付け係数変更部60Bにおいて各評価量V_jに対応する重み付け係数H_jを求める。たとえば、これらの重み付け係数H_jを、評価量V_jが小さくなるにつれて大きな値となるように調整することができる。そして、これらの重み付け係数H_jを用いて各アルゴリズムごとの検査結果を重み付けして加算した値を用いて判定部17において各単位領域が欠陥であるか否かを判定する。たとえば、判定部17は、重み付け加算した値と所定の閾値との大小により欠陥であるか否かを判定することができる。これにより、最終的な検査結果を得ることができる。

20

【0069】

この場合においては、途中の検査結果を用いて各アルゴリズムについての評価を行う場合について示したが、さらには、最終的な検査結果に対して評価を行って評価量Vを算出してもよい。そして、その最終的な検査結果に対する評価量Vを用いて、さらに各パラメータ値(重み付け係数H_jなど)を変更することも可能である。

【0070】

30

また、上記実施形態においては、「欠陥状態」に関する検査結果として、欠陥の有無、すなわち欠陥であるか否かに区別した検査結果を例示している。より具体的には、検査結果と真の正解結果とをそれぞれ欠陥であるか否かの2つの事象に区別することにより、検査結果を合計4つの事象に分類する場合について例示している。しかしながら、これに限定されず、「欠陥状態」として、欠陥の程度(度合い)を表す指標に基づいてさらに多くの区分を有するように区分けするように適用しても良い。より具体的には、欠陥度合いを示す指標に基づいてさらに多くの区分(たとえば欠陥度合い「低」、「中」、「高」の3つの区分)に分けることによって、「欠陥状態」をさらに多くの事象(たとえば9つ)に分類して、表すようにしてもよい。

【0071】

40

さらに、上記実施形態においては、対象物の状態を撮像することにより、欠陥検査を行う場合について説明したが、これに限定されない。いわゆる撮像動作を伴わない他の検査(たとえば所定の測定器具を用いた検査など)にも適用することができる。たとえば、基板におけるピアホール付近における導通状態を、所定の測定器具を用いて複数の区分領域ごとにその電気ベクトルおよび磁気ベクトルの状態を観測し、各区分領域ごとの状態に応じてその欠陥状態を検査する検査装置などにも適用することができる。この場合においても、被検査対象物における各区分領域ごとの欠陥状態に関する検査結果を所定の検査手法を用いて取得し、その検査結果を真の正解結果と各区分領域ごとに比較することにより、所定のパラメータを有する所定の検査手法の正しさに関する評価結果を得ることができる。

50

【0072】

【発明の効果】

以上のように、請求項1ないし請求項4に記載の欠陥検査装置によれば、所定のパラメータを有する所定の検査手法を用いることにより被検査対象物における各区分領域ごとの欠陥状態に関する検査結果を取得し、取得された検査結果を各単位領域ごとに真の正解結果と比較することにより所定のパラメータを有する所定の検査手法の正しさに関する評価結果を得た上で、その評価結果に基づいて所定の検査手法における所定のパラメータの値を変更することができる。したがって、検査手法における適切なパラメータを簡易に設定することができるので、評価量Vを最適化する好適な検査結果を簡易に得ることができる。言い換えれば、適切なパラメータを簡易に設定することが可能になる。

10

【0073】

特に、評価手段は、検査結果を各区分領域毎に真の正解結果と比較することにより、区分領域ごとの当該検査結果を複数の事象に分類し、その内の複数の分類結果を反映した1つの評価量を用いて、所定のパラメータを有する所定の検査手法の正しさを評価するので、検査結果を総合的に評価することができる。

また、請求項2に記載の欠陥検査装置によれば、変更手段は、評価量の値に応じて、所定のパラメータの変更量を調整することにより、例えば、評価量が比較的大きい場合には、所定のパラメータを大きく修正し、評価量が比較的小さい場合には、所定のパラメータを小さく修正することができる。したがって、所定のパラメータを好適に最適化することができる。

20

【0074】

また、請求項5に記載の欠陥検査装置によれば、所定のパラメータを有する所定の検査手法を用いることにより、被検査対象物についての区分領域ごとの欠陥状態に関する検査結果を取得する検査結果取得手段と、取得された検査結果を各区分領域ごとに真の正解結果と比較することにより、所定のパラメータを有する所定の検査手法の正しさに関する評価結果を得る評価手段とを備え、評価手段は、検査結果を真の正解結果と各区分領域ごとに比較することにより、各区分領域毎の当該検査結果を複数の事象に分類し、その内の複数の分類結果を反映した1つの評価量を用いて、所定のパラメータを有する所定の検査手法の正しさを評価する。したがって、所定のパラメータを有する所定の検査手法の正しさを総合的に評価することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る欠陥検査装置1を表す概略構成図である。

【図2】被検査対象物2(半導体ウエハW)の詳細を表す平面図である。

【図3】検査結果取得部10の機能ブロック図である。

【図4】評価部30の機能ブロック図である。

【図5】欠陥検査装置1における動作の概略を表すフローチャートである。

【図6】ステップS P 30における詳細動作を表すフローチャートである。

【図7】評価対象領域Rにおける欠陥の有無に関する真の正解結果(a)および検査結果(b)を示す概念図である。

【図8】検査結果の分類について説明する図である。

40

【図9】変形例について説明する図である。

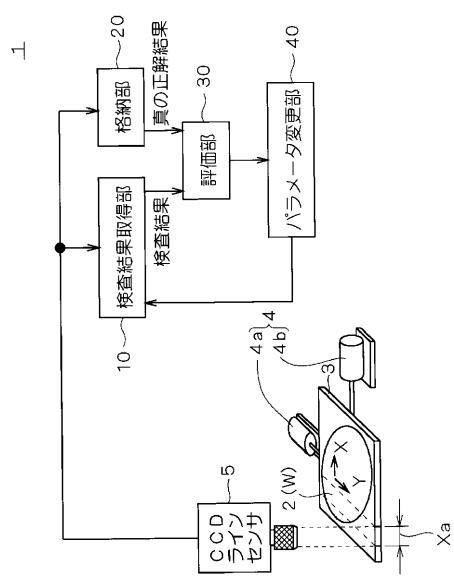
【符号の説明】

- 1 欠陥検査装置(パターン検査装置)
- 2 被検査対象物
- 2 a ダイ
- 3 X Y テーブル
- 5 C C D ラインセンサ
- A j アルゴリズム
- D 1, D 2, D 3 欠陥部分
- E 1, E 2, E 3, E 4, E i 事象

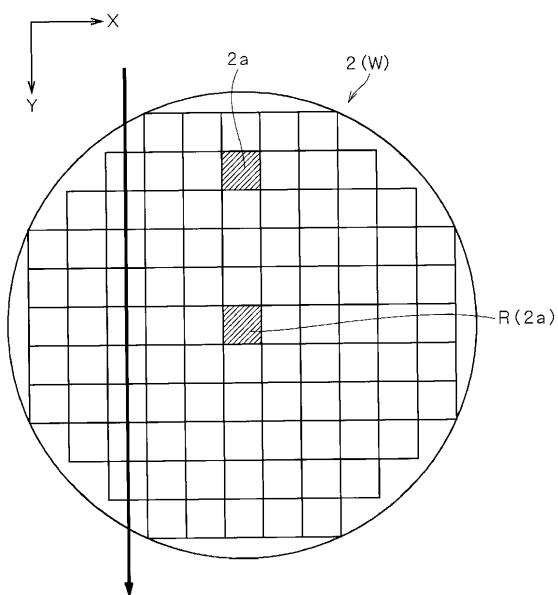
50

R 評価対象領域
 V, V_j 評価量
 W 半導体ウエハ

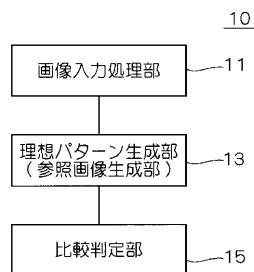
【図1】



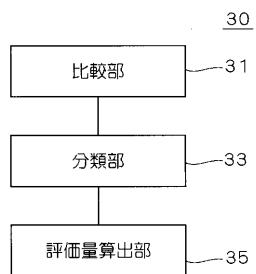
【図2】



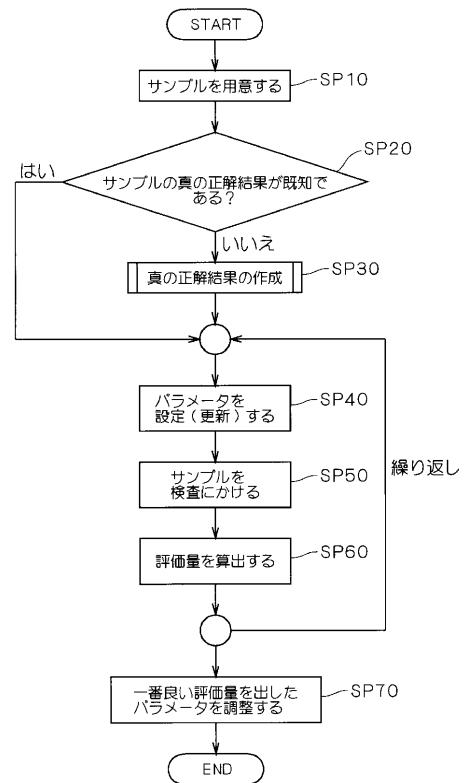
【圖3】



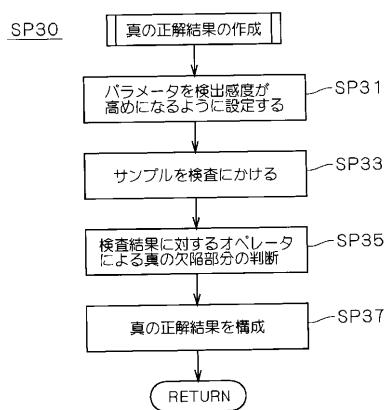
【 図 4 】



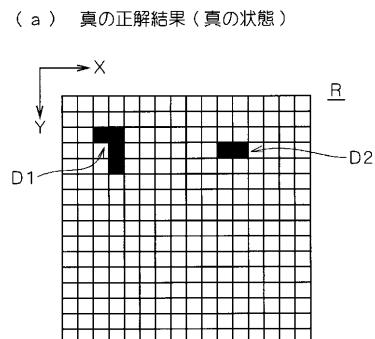
【 図 5 】



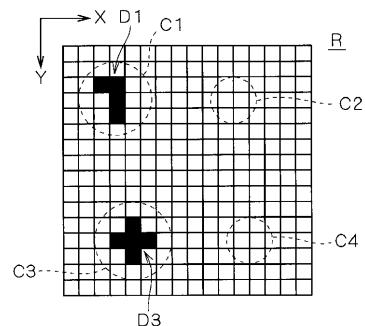
【圖 6】



【図7】



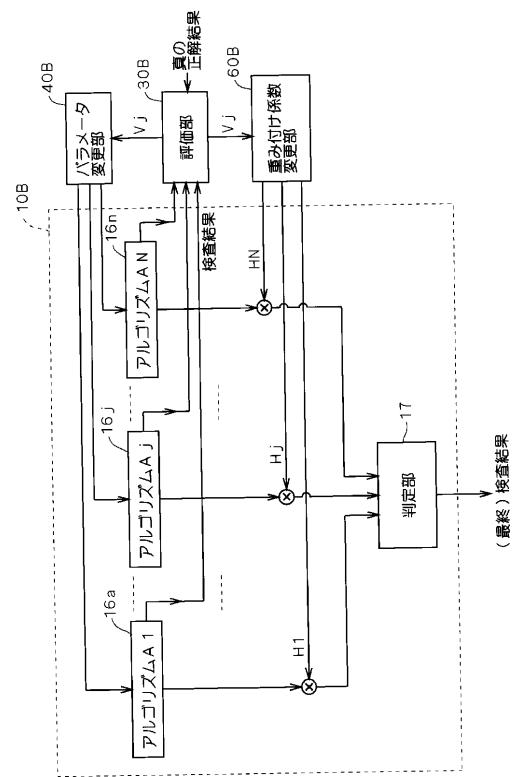
(b) 檢查結果



【図8】

検査結果		
	欠陥	正常
真の正解結果	E 1 : 検出部分 (真欠陥) E 3 : 検出部分 (虚報)	E 2 : 非検出部分 (もれ) E 4 : 非検出部分 (真正常)
正常		

【図9】



フロントページの続き

審査官 田邊 英治

(56)参考文献 特開平11-064235(JP,A)
特開2000-067797(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G01N 21/84-21/958
G06T 1/00
H01L 21/64-21/66