

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3938785号

(P3938785)

(45) 発行日 平成19年6月27日(2007.6.27)

(24) 登録日 平成19年4月6日(2007.4.6)

(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

請求項の数 15 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2006-112896 (P2006-112896)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成18年4月17日(2006.4.17)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(62) 分割の表示	特願2001-330113 (P2001-330113) の分割	(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
原出願日	平成13年10月29日(2001.10.29)	(72) 発明者	芝田 行広 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
(65) 公開番号	特開2006-250944 (P2006-250944A)	(72) 発明者	前田 俊二 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
(43) 公開日	平成18年9月21日(2006.9.21)		
審査請求日	平成18年5月17日(2006.5.17)	審査官	西村 仁志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検査方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源から発射されて偏光の状態が制御された光により対物レンズの瞳位置に輪帯状の2次光源像を結像させ、該結像させた輪帯状の2次光源像からの光をパターンが形成された試料に照射し、該照射による前記試料からの反射光のうち前記対物レンズを透過した反射光による像を結像させ、該結像させた反射光の像をTDIイメージセンサで検出し、該検出して得た信号を記憶しておいた参照信号と比較して前記試料上の欠陥を検出する欠陥検査方法であって、1/2波長板と1/4波長板とを用いて前記試料に照射する光の偏光の状態と前記結像させる試料からの反射光の偏光の状態を調整することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項2】

前記光源から発射されて偏光の状態が制御された光は、波長帯域が100~300nmの紫外光であることを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

【請求項3】

前記光源はパルス発振レーザ光源であって、前記TDIイメージセンサの1蓄積時間内に30パルス以上のレーザを発射することを特徴とする請求項1又は2に記載の欠陥検査方法。

【請求項4】

前記パルス発振レーザ光源から発射されたパルスレーザを光路長が異なる複数の光路に分岐し、該分岐したパルスレーザを合成した後に偏光の状態を制御して輪帯状の2次光源

像を形成し、前記試料を照明することを特徴とする請求項3記載の欠陥検査方法。

【請求項5】

前記輪帯状の2次光源像からの光を前記パターンが形成された試料に対してプリュースター角を含む方向から照射することを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

【請求項6】

前記1/2波長板で前記偏光の楕円の方位角を、また前記1/4波長板で前記偏光の楕円率を調整することを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

【請求項7】

前記1/2波長板と1/4波長板とを用いて前記結像させる試料からの反射光の0次光と高次回折光の振幅を調整することを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

10

【請求項8】

光源と、該光源から発射された光の偏光の状態を制御する偏光制御手段と、該偏光制御手段で偏光の状態を制御された光を入射する対物レンズ手段と、該対物レンズ手段の瞳位置に前記偏光制御手段で偏光の状態が制御された光による輪帯状の2次光源像を結像させる2次光源像形成手段と、該2次光源像形成手段で結像させた輪帯状の2次光源像からの光が照射される試料を載置するテーブル手段と、該テーブル手段に載置されて前記2次光源像からの光が照射された試料からの反射光のうち前記対物レンズ手段に入射した反射光による光学像を結像させる結像光学系手段と、該結像光学系手段により結像させた前記反射光による光学像を検出する像検出手段と、該像検出手段で前記光学像を検出して得た信号を処理して前記試料上の欠陥を検出する信号処理手段とを備え、前記偏光制御手段は1/2波長板と1/4波長板とを有し、該1/2波長板と1/4波長板とを用いて前記対物レンズ手段を介して試料に照射する光の偏光の状態と前記結像光学系手段を介して結像させる試料からの反射光の偏光の状態を調整することを特徴とする欠陥検査装置。

20

【請求項9】

前記光源は、波長が100～300nmの紫外光を発射することを特徴とする請求項8記載の欠陥検査装置。

【請求項10】

前記光源はパルス発振レーザー光源であって、前記TDIイメージセンサの1蓄積時間内に30パルス以上のレーザーを発射することを特徴とする請求項8又は9に記載の欠陥検査装置。

30

【請求項11】

前記パルス発振レーザー光源から発射されたパルスレーザーを光路長が異なる複数の光路に分岐し該分岐したパルスレーザーを合成する分岐・合成光路手段を更に備え、該分岐・合成光路手段で一旦分岐した後に合成したパルスレーザーを前記偏光制御手段に入射させることを特徴とする請求項10記載の欠陥検査装置。

【請求項12】

前記像検出手段はTDIイメージセンサを有し、前記結像光学系手段により結像させた前記試料からの反射光による光学像を前記TDIイメージセンサで検出することを特徴とする請求項8又は9に記載の欠陥検査装置。

【請求項13】

前記2次光源像形成手段は、前記パターンが形成された試料に対してプリュースター角を含む方向から前記紫外光を照射するように前記対物レンズ手段の瞳位置に輪帯状の2次光源像を結像させることを特徴とする請求項8記載の欠陥検査装置。

40

【請求項14】

前記偏光制御手段は前記1/2波長板で前記偏光の楕円の方位角を、また前記1/4波長板で前記偏光の楕円率を調整することを特徴とする請求項8記載の欠陥検査装置。

【請求項15】

前記偏光制御手段は前記1/2波長板と1/4波長板とで前記結像光学系手段で結像させる試料からの反射光の0次光と高次回折光の振幅を調整することを特徴とする請求項8記載の欠陥検査装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体製造工程やフラットパネルディスプレイの製造工程に代表される薄膜プロセスを経て基板上に形成されたパターンの欠陥や異物欠陥などの検査や観察に用いる光学系とこの光学系を用いた欠陥検査方法及びその装置、並びに検査情報の効率的な活用方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

薄膜プロセスを経て基板上に形成された微細なパターンの欠陥を検出するためには、フォーカス及びコントラストが高精度に調整された高品位の画像を得る必要がある。 10

【0003】

従来欠陥検査の分野においてこのような高品位の画像を得るための技術として、特開2000-323542号公報に開示されている対象物の画像検出方法に関するものがある。この従来技術は、光源にブロードバンドの白色光源を用いて、白色光の各波長帯域ごとにZ方向の異なる場所に焦点を持たせ、対象物に段差がある場合に、対象物の表層と底面にピントが合うように2系統のイメージセンサを配置して像を検出するものである。この2系統のイメージセンサは、対物レンズの縦色収差に応じて、物体面にピントの合う位置は光軸方向に異なっている。従って、対物レンズの縦色収差を利用して、物体の異なる面をそれぞれのイメージセンサで画像を検出するものである。尚、検出光路において、2系統のイメージセンサ用に光路を分岐してから、それぞれのイメージセンサに到達するまでの光路には、それぞれの縦色収差に対応した光が透過するようにバンドパスフィルタが配置されている。 20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記従来技術は、ウェハ上の異なる面の画像を2系統のイメージセンサを用いて検出し、それぞれのイメージセンサにピントのあった画像を採用するものである。従って、2系統のイメージセンサで検出した画像から、新たな画像を生成するものではなく、ウェハ上の定められた領域について、2系統のイメージセンサで検出した画像のどちらかを選択して、欠陥検査に使うものである。しかし、半導体に代表される薄膜製造プロセスにおいては、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 処理によりウェハ表面は平坦化処理が施されており、上記のような2つのイメージセンサでウェハ上の異なる高さの画像を検出する必要はない。また、仮にウェハ上に段差があったとしても、ロジック製品では、構造が複雑であるため、2系統のイメージセンサで検出した画像の使い分けができない。 30

【0005】

微細なパターンの欠陥を高精度に検出するには、照明光の波長を短波長化しなければならず、一般に、短波長の光源で検査に必要な十分な光量を確保するためには、レーザ光源を用いなければならない。しかし、照明にレーザ光源を用いる場合、光の干渉の問題、即ち時間的・空間的コヒーレンスの問題や試料表面に形成された薄膜によって生ずる干渉ノイズの問題、背景パターンとの明るさのコントラストの問題、パルス照明光の照度変動の問題等が発生する。 40

【0006】

本発明の目的は、上記したような照明の光源にレーザを用いることによって発生する時間的・空間的コヒーレンスの問題、を解決して、光量の大きいレーザを用いて高速に高感度でパターンの欠陥を検査することを可能にすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記した目的を達成するために、本発明では、照明光の短波長化を図って光学系の基本解像度を向上させる構成とした。対象波長は、DUV (Deep Ultra Violet) からVUV (Va 50

cuum Ultra Violet)光を対象としている。これらの波長域における光源としては、VUV領域としてF2レーザ(波長157nm)がある。欠陥検査用光学系として、これらのレーザ光を照明に用いるためには、2つの技術課題がある。1つは、物体表面上に形成された光学的に透明な層間絶縁膜の膜厚むらに伴う検出画像の明るさむらの低減とコヒーレンスの低減である。絶縁膜の膜厚むらに伴う明るさむらは、複数の波長の光を照明する構成とすることにより低減した。また、この複数の波長の照明により、時間的コヒーレンスも低減することができる。

【0008】

しかし、DUVからVUV領域の光は、透過率の高い硝材が限定されるため、例えばVUV光とDUV光を同軸照明した場合、色収差補正は不可能である。そこで、それぞれの波長の光を同軸照明し、補正しきれない色収差は、検出光路を波長に対応した2系統に分岐し、それぞれの波長の像面にイメージセンサを配置して検出する。これにより、目的とする物体面(同一面)について、2つの波長域でピントの合った2画像を検出する。この2つの画像を電氣的に合成(2つの画像を用いて新たな画像を生成)することにより、解像度が高く、欠陥検査上のノイズも低減した画像を検出することが可能である。

【発明の効果】

【0009】

以上に説明したように、本発明によれば、照明の光源にレーザを用いることによって発生する時間的・空間的コヒーレンスの問題、試料表面に形成された薄膜によって生ずる干渉ノイズの問題、背景パターンとの明るさのコントラストの問題、パルス照明光の照度変動の問題等を解決することができるので、光量の大きいレーザを用いて高速に高感度でパターンの欠陥を検査することができるようになった。特に、光源として真空紫外光(VUV光)であるF2レーザ(波長:157nm)を採用することにより、20~30nm程度の極微細なパターン欠陥を、高速に検出することができるようになった

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明では、DUV~VUV領域の光を照明光として用い、基本解像度を向上するようにした。本発明者らは、照明に偏光を用いることにより、より微細な欠陥でもより高い解像度(高コントラスト)の画像が得られるということを見出した。しかし、照明にレーザ光源を用いると、光学部品の表面で反射して検出器に入る、いわゆる迷光の影響を受けて、検出感度が低下してしまう。本発明では、この迷光による検出感度低下の影響を回避するために、照明光学系に光路長の異なる複数の光路を設け、それぞれの光路を経て試料上に到達した照明光による画像を検出するようにした。

【0011】

また、試料表面の光学的に透明な膜の膜厚の影響を低減するために、複数の波長の照明光を同軸方向から照明する方式を実現するために、レンズ系で補正しきれない色収差は、検出光路上で波長ごとに光路を分岐して、それぞれの波長ごとの像を検出する構成とした。これら波長ごとに検出した画像を合成して1つの画像として画像処理を行い、欠陥を検出する。また、欠陥検出上有利な画像が検出できるように、ウェハ上で正反射した0次光の振幅を抑制し、高次回折光の振幅とバランスが調整できるようにする。さらに、薄膜干渉の影響を低減する照明方式として、ブリュースター角照明または全反射角照明を採用した。

【0012】

本発明の実施形態の一例を、図1に示す。異なる波長のレーザ光源2及び3から出射したレーザ光を、ダイクロイックミラー8で同軸化して1本のレーザ光4とする。このレーザ光4は偏光ビームスプリッター(Polarizing Beam Splitter:以下PBSと記す)7に入射して、このPBS7を透過するP偏光成分とPBS7で反射して光軸を直角方向に曲げて出射するS偏光成分とに分離される。光軸を直角方向に曲げて出射したS偏光成分は、光路差光学系10に入射する。光路差光学系10に入射したS偏光成分の光は光路差を受けて、再びPBS7cで先にPBS7で分岐した光と同軸化される。これらの光は空間コヒ

10

20

30

40

50

ーレンズ低減部15を透過した後、位相差量の異なる波長板50、51、対物レンズ20を透過してウェハ1を照明する。

【0013】

ウェハ1上のパターンで反射・回折・散乱した光のうち、対物レンズ20のNA (Numerical Aperture)内に伝搬した光は、再び対物レンズ20に捕捉され、像面に光学像を結像する。尚、像検出光路においては、照明系に配置したダイクロイックミラー5と同様の分岐特性を持つダイクロイックミラー25を配置しており、それぞれの波長で形成された光学像をそれぞれのイメージセンサ30、35で検出する。これは、レーザ光の波長に応じてレンズの硝材が限られ、色収差を補正することができなくなるため、レーザ光源2及び3のそれぞれの波長に応じた結像位置にイメージセンサを配置するものである。

10

【0014】

本発明では、従来のUV光(紫外光:波長() = 365 nm)を照明光源として用いた検査装置では検出が困難であった20~30 nm程度の極微小な欠陥を検出できるようにするために、より波長の短いDUV光(遠紫外光: = 300~180 nm程度)やVUV光(真空紫外光: = 180~100 nm程度、F2レーザの場合は、 = 157 nm)を照明光源として用いるようにした。また、照明光源としてレーザを用いた場合、レーザが有する高いコヒーレンスに起因する光の干渉の問題が発生する。本発明では、この問題を解決するために、2波長照明を採用して、時間的コヒーレンスを低減するようにした。

【0015】

2系統のイメージセンサ30、35で検出した画像信号は、それぞれのA/D変換回路52、53でデジタル濃淡画像化される。これらのデジタル濃淡画像は、レーザ光の照度変動モニタ33で検出した照度変動を正規化するため、照度変動補正回路60に入力され、照明光量の変動を正規化する。それぞれ照度補正されたデジタル濃淡画像は、複数の画像を1つの画像に合成するため、画像合成回路80に入力される。画像合成回路80は、例えば2画像を電氣的に足し合わせて、合成画像を作成する。この合成された画像は、画像処理部85に入力され、画像の欠陥を抽出する計算を行う。尚、2系統のイメージセンサのうち、どちらか1つのイメージセンサで検出した画像を用いて検査することが可能なように、画像合成回路80で画像合成しないモードも可能な構成になっている。

20

【0016】

画像処理部85で抽出した欠陥情報(欠陥の座標やサイズ及び分類結果など)は、欠陥表示が可能な表示用画面を備えたオペレーティングコンピュータ95に転送される。また、検査情報管理システム296にも同様の情報が格納される。ウェハ1を搭載しているステージ110、Zステージ115、Xステージ120、Yステージ125は、機構制御部(MC)90でコントロールされている。また、オペレーティングコンピュータ95は、検査装置をオペレーティングするものであり、機構部の動作を行う場合は、機構制御部90に指示を出す。また、検査条件の設定など作業者とのインターフェースもオペレーティングコンピュータ95で行う。

30

【0017】

また、本発明では、VUV領域の光源を搭載する。このため、光路中での光の減衰を最小限にするため、レーザ光源2及び3を出射したレーザ光がイメージセンサ30及び35に達するまでの光の経路を含む領域38を窒素でパージする。なお、対物レンズ20とウェハ1の間(Working Distance)は大気環境とする。これにより、ウェハ1は大気環境での取り扱いが可能であり、装置コストの低減及びウェハ搬送性を向上することが可能となる。

40

【0018】

また、本実施例では、レーザ光源を用いて説明したが、レーザ光源をランプ光源に変更することなども容易に考えられる。また、200 nm以下の波長の照明光を用いることにより、解像度が向上し、大きさが30~20 nm程度の極微細な欠陥を検出することが可能となる。

50

【 0 0 1 9 】

光路差光学系 10 について、図 1 及び図 2 を用いて説明する。異なる波長のレーザー光源 2 及び 3 から出射してダイクロイックミラー 8 で同軸化したレーザー光 4 は P B S 7 で透過光 (P 偏光) と反射光 (S 偏光) とに分岐される。 P B S 7 で反射した S 偏光成分は光路差光学系 10 に導かれる。この S 偏光は、 1 / 2 波長板 8 を通過することにより、 P B S 7 a、 7 b 及び全反射ミラー 10 1 と 10 2 とで形成される周回光路の P B S 7 a に対して P 偏光になるように位相差が与えられて、 P B S 7 a を透過する。

【 0 0 2 0 】

透過した光は全反射ミラー 10 1 と 10 2 とで反射されて、 1 / 2 波長板 11 を通過することにより、周回光路の出口側の P B S 7 b に対して P 偏光成分と S 偏光成分とが同等になるように位相差が与えられる。このため、周回光路の出口側の P B S 7 b に入射した光は、 S 偏光成分が P B S 7 a の側に反射されて再び周回光路に入る。これに対して、 P 偏光成分は P B S 7 b を透過して 1 / 2 波長板 12 に入射し、 P B S 7 c に対して S 偏光になるように位相差が与えられたのち、 P B S 7 c に入射する。この P B S 7 で反射されて周回行路を経由した後に P B S 7 c に入射した S 偏光は、 P B S 7 を透過して P B S 7 c に入射した P 偏光と同軸化され、物体 1 を照明する照明光となる。

【 0 0 2 1 】

なお、周回光路においては、 2 周目以降も P B S 7 b において、反射と透過の分岐が繰り返され、反射した S 偏光は、さらに周回を繰り返す。さらに、 P B S 7 で反射されて周回光路を経由して P B S 7 c に入射する S 偏光の光路長と P B S 7 を透過して直接 P B S 7 c に入射する P 偏光の光路長との差は、以下に示すレーザー光 4 の可干渉距離以上の距離を持っており、 P B S 7 c で同軸化された光の時間的コヒーレンスが低減される。尚、 (数 1) に可干渉距離 L を求める数式を示す。

【 0 0 2 2 】

【 数 1 】

$$L = \frac{\lambda c^2}{\Delta \lambda} \quad \text{(数 1)}$$

【 0 0 2 3 】

可干渉距離 L は、照明光の中心波長 c の 2 乗に比例し、照明光の波長幅に反比例する。例えば、照明光源として真空紫外光 (V U V 光) を発生する F 2 レーザ ($\lambda = 157 \text{ nm}$) を用いた場合の可干渉距離 L は数十 mm である。

【 0 0 2 4 】

ここで、 P B S 7 で P 偏光と S 偏光とを分岐する分岐比を計算する一例を、図 3 に示す。 P B S 7 に入射したレーザー光 4 の P 偏光成分は P B S 7 を透過し、 S 偏光成分は反射する。このため、入射したレーザー光 4 が P 偏光の振動方向に対して角度 θ に振動面を有する直線偏光であった場合は、 (数 2) により、透過する光量が求まる。

【 0 0 2 5 】

【 数 2 】

$$T = \frac{(\cos \theta)^2}{(\cos \theta)^2 + (\sin \theta)^2} \quad \dots \text{(数 2)}$$

【 0 0 2 6 】

他の方式による光路差光学系 10' の一例を、図 4 に示す。図 4 の場合、 P B S 4 7 に

レーザ光 4 が入射して S 偏光成分が反射され P 偏光成分が透過するところまでは、図 1 及び図 2 で説明した構成と同じである。図 4 の構成において、P B S 4 7 で反射されたレーザ光 4 の S 偏光成分は、第 1 の光路差光学系 1 7 の側に出射する。この第 1 の光路差光学系 1 7 は、2 枚の全反射ミラー 1 0 3 と 1 0 4 とで構成されている。このような構成において、第 1 の光路差光学系 1 7 に入った S 偏光光は、2 枚の全反射ミラー 1 0 3 と 1 0 4 とで反射されて P B S 4 7 a に入射し、P B S 4 7 を透過した P 偏光と再び同軸化される。ここで、第 1 の光路差光学系 1 7 の光路長は、P B S 4 7 を透過して直接 P B S 4 7 a に入射する P 偏光の光路長と、可干渉距離以上の差がある。

【 0 0 2 7 】

P B S 4 7 a で合成された光は、1 / 4 波長板 4 8 を通過することにより円偏光になり、P B S 4 7 b に入射して再び P 偏光成分と S 偏光成分とに分離され、S 偏光成分は第 2 の光路差光学系 1 8 に入射する。この第 2 の光路差光学系 1 8 に入射した S 偏光は、2 枚の全反射ミラー 1 0 5 と 1 0 6 とにより反射されて、P B S 4 7 c に入射して P B S 4 7 b を透過した P 偏光成分と再び合成される。この第 2 の光路差光学系 1 8 の光路長は、第 1 の光路差光学系 1 7 の光路長よりも、レーザ光 4 の可干渉距離に相当する距離以上長い。

10

【 0 0 2 8 】

ここで、第 2 の光路差光学系 1 8 に入射する S 偏光は、P B S 4 7 a で合成された P 偏光成分と S 偏光成分とが 1 / 4 波長板 4 8 を透過することにより円偏光に変換された光から分岐されたものなので、その振幅は、第 1 の光路差光学系 1 7 を通過した光 (S 偏光成分) と通過しなかった光 (P 偏光成分) のそれぞれの振幅の半分になる。

20

【 0 0 2 9 】

ここで、第 1 の光路差光学系 1 7 を通過する S 偏光の光路長と第 1 の光路差光学系 1 7 を通過せずに P B S 4 7 から P B S 4 7 a に直接到達する P 偏光の光路長との差を L 1 , 第 2 の光路差光学系 1 8 を通過する S 偏光の光路長と第 2 の光路差光学系 1 8 を通過せずに P B S 4 7 b から P B S 4 7 c に直接到達する P 偏光の光路長との差を L 2 とする。この場合、第 1 の光路差光学系 1 7 と第 2 の光路差光学系 1 8 により、互いの光路長の差がそれぞれ可干渉距離よりも大きい 4 系統の光線が形成される。これは、(1) 2 系統の光路差を通過していない (光路差 0) 光線 (2) 第 1 の光路差光学系のみを通過した光線 (光路差 L 1) (3) 第 2 の光路差光学系のみを通過した光線 (光路差 L 2) (4) 第 1 及び第 2 の光路差光学系を通過した光線 (光路差 L 1 + L 2) である。この 4 系統の光線のそれぞれの振幅は、原理上同等である。しかし、実際には振幅に多少の差が生じることがある。この場合、1 / 4 波長板の設定状態によって、このバランスを調整することが可能である。

30

【 0 0 3 0 】

このように大きな光路長差を持つ 4 系統の光を照明光として用いることにより、イメージセンサ 3 0 及び 3 5 上における迷光 (光学部品などで不要な反射をして、ウェハに届かずに直接イメージセンサに到達する光など) による干渉の影響を低減することができる。これによりノイズのレベルが低減できて、欠陥検査の閾値のレベルを低く押さえることが可能になり、高感度な欠陥検査を実現することができる。

【 0 0 3 1 】

さらに、図 1 及び図 2 では 1 / 2 波長板を用いた場合について、また、図 4 では 1 / 4 波長板を用いた場合について説明したが、波長板の設定の仕方によっては、どちらの波長板を用いても同様の効果を得ることができる。従って、図 2 及び図 4 に示した構成は、ほんの一例であり、様々なアプリケーションが可能である。

40

【 0 0 3 2 】

次に、図 5 を用いてレーザ光の空間的コヒーレンス低減部 1 5 の詳細を説明する。光路差光学系 1 0 又は 1 0 ' を通ったレーザ光 4 は、ビームエキスパンダ 1 5 1 に入射してビーム径が拡大された後、第 1 の拡散板 1 5 0 に入射し、レーザ光の指向性が拡散される。

【 0 0 3 3 】

次に、この拡散光は、第 1 のレンズ系 1 5 2 を透過した後、ロッドレンズで構成される

50

フライアイレンズ155に入射する。フライアイレンズ155の射出端においては、第1の拡散板150の拡散度に応じて、点光源群が形成され、これが2次光源となる。この2次光源を射出した光は、第2の拡散板160に入射する。この第2の拡散板160は回転可能な構成となっており、モータ165によって回転駆動される。モータ165により第2の拡散板160を回転させると、第2の拡散板160に入射した光の位相が時間的に乱されるために、コヒーレンスが低減される。この第2の拡散板160を透過した光は、第2のレンズ系153により、対物レンズ20の射出瞳21の位置に2次光源像を結像する。これにより、物体面において、照度分布の均一なケラー照明となる。なお、先に示した光路差光学系と第1及び第2の拡散板さらにはフライアイレンズ155を組み合わせることにより、レーザー光の時間的・空間的なコヒーレンスを低減することができる。

10

【0034】

ここで、第2の拡散板160の構成の一例を、図6に示す。拡散板はドーナツ上に配置されている。これをモータ165で回転させることにより、照明光の位相を時間的に乱すことが可能となる。この拡散板の回転周期は、画像を取り込む周期と同期を取ることが望ましい。例えば、画像取込周期を T_1 とした場合、拡散板160の回転周期は、 T_1/n とする。ここで、 n は自然数とする。

【0035】

図7に、電氣的絶縁膜がウェハ1の表面に膜付けされたモデルの膜厚と反射率の関係を示す。絶縁膜として、 SiO_2 をモデルとしている。尚、照明光は波長193nmの単色であり、入射角は $0 \sim 50^\circ$ の照明とプリュースター角(57.5°)付近となる $50 \sim 60^\circ$ の2種類について計算した。また、絶縁膜と SiO_2 の屈折率は波長193nmのものである。

20

【0036】

$0 \sim 50^\circ$ 照明(ランダム偏光)では、膜厚の増加に伴って、反射率が振動する。これは、薄膜干渉によるものであり、膜厚が変わると絶縁膜の表面で反射した光と、薄膜に入射して空気中に出てきた光の光路差が変わるために、膜厚の変動により反射率が振動する。この振動は反射率3%~28%の幅で振れており、25%の振動幅がある。この反射率変動は、像面に形成される光学像の明るさを示している。このため、ウェハ1上に形成されたパターンを比較検査する場合、比較する2つの領域で絶縁膜の膜厚が異なると明るさの差が大きくなる。この絶縁膜の膜厚変動が、デバイスにとって致命性がない場合は、この明るさむらは、欠陥検出上ノイズとなる。

30

【0037】

逆に、膜厚変動がデバイスにとって致命性がある場合は、これを検出する必要があるため、膜厚に対する反射率の変動が大きい方が検出しやすい。しかし、半導体製造工程の例では、この膜厚変動はデバイスに致命性がないため、絶縁膜の膜厚に応じて反射率の変動幅が大きいと、検査感度の観点からはノイズとなる。この反射率変動幅を低減する方式として、本発明では、プリュースター角照明を採用した。プリュースター角照明とは、P偏光の光を特定の角度で照明すると、絶縁膜と空気の界面で反射がおこらず、全て透過するものである。このため、薄膜干渉の原因となる振幅分割がおこらず、膜厚変動に伴う反射率変動がなくなる。図7にP偏光で入射角 $50 \sim 60^\circ$ で照明した場合の計算結果も示している。

40

【0038】

このプリュースター角付近の照明では、反射率の変動が0.5%~3%程度に低減できる。従って、プリュースター角付近の入射角でP偏光照明することにより、絶縁膜の膜厚変動に伴う明るさむらを低減することが可能である。これにより、検査上のノイズが低減されるため、欠陥検出感度が向上する。次に、プリュースター角で照明するための一例について、図5を用いて説明する。照明光の入射角は、対物レンズ20の瞳21の位置に形成される2次光源像の形状で決定される。

【0039】

プリュースター角となる入射角 57° 付近で照明するためには、瞳21位置において輪

50

帯状の2次光源像を結像させる必要がある。このため、フライアイレンズ155の射出端付近に輪帯状の開口絞り156を配置することにより、プリュースター角付近の入射角で照明することができる。尚、この開口絞りは、フライアイレンズ155の射出端以外に、対物レンズ20の射出瞳21と共役な位置がある場合は、この共役位置付近に配置することも考えられる。また、光軸に対して57°付近で反射、回折、散乱した光のみをイメージセンサに到達させることにより、薄膜干渉による反射率むらを低減させることも可能である。これは、対物レンズ20の瞳21位置あるいは、これと共役な像側(イメージセンサ側)の位置に空間フィルタ(図示せず)を配置し、ウェハ1上で反射、回折、散乱した光のうち、光軸に対して57°付近で反射、回折、散乱した光のみをイメージセンサに到達させるものである(プリュースター角検出)。このプリュースター角検出の場合は、照明光の入射角をプリュースター角に限定する必要はない。

10

【0040】

以上、プリュースター角照明とプリュースター角検出方式について説明したが、これらを併用することも容易に考えられる。また、開口絞り156及び空間フィルタは、ウェハ1の絶縁膜の有無等により、異なる形状のものを設置できるようにすることが考えられる。

【0041】

次に、P偏光照明するための方策について、放射状ポラライザを用いた例を、図8を用いて説明する。

【0042】

光源から出たレーザー光は、直線偏光であるが第1及び第2の拡散板等で偏光は乱される。このため、ウェハ1をP偏光照明するためには、対物レンズの射出瞳面21において偏光は光軸を中心として放射状に振動させる必要がある。この方策として、対物レンズ20の瞳位置21と共役な位置に照明光の振動方向について、光軸を中心に放射方向のみを透過させるフィルタ(放射状ポラライザ)130を設けることにより、ウェハ1上において、P偏光照明をすることが可能となる。尚、このフィルタ130は、対物レンズ20の瞳位置21或いはその共役位置以外の照明光路、あるいは検出光路に置いて効果がある。また、第1及び第2の拡散板を照明系に配置しない場合や、拡散板透過後も振動方向に偏りがある場合は、上記フィルタ130を配置しても、均等な偏光照明をすることができない。このため、振動方向の偏りを無くす手法を図9に示す。尚、この例では拡散板を図示

20

30

【0043】

レーザー光源2から出射した直線偏光4は、ビームエキスパンダー190により、ビーム径が拡大される。これらの光は、回転する1/2波長板58に入射し、この1/2波長板58の回転周波数の4倍の速度で偏光が回転して出射する。尚、回転1/2波長板58は、モータ185で駆動されて回転する。

【0044】

1/2波長板58を透過した光は、さらに、1/2波長板58a, 58b, 58cを透過する。このとき、それぞれの1/2波長板58a, 58b, 58cを透過する度に、振動面の回転速度は4倍になる。尚、この例では1/2波長板58a, 58b, 58cを固定しているが、1/2波長板58と同様に、回転させる構成にしても良い。これらの1/2波長板58, 58a, 58b, 58cを透過した光は、回転偏光照明光となってビームスプリッタ19で反射されて対物レンズ20に入射し、ウェハ1上に照明される。なお、回転偏光照明光によりウェハ1をP偏光照明するためには、図8に示した放射状ポラライザ130を、図9に示すように、空間的コヒーレンス低減部15とビームスプリッタ19との間に配置する。尚、放射状ポラライザ130を検出光路に配置する構成として、ビームスプリッタ19とイメージセンサ30との間に配置する構成も考えられる。

40

【0045】

また、薄膜干渉を発生させない照明方式として、照明光を基板の表面で全反射させる全反射角照明方式がある。照明光を基板の表面で全反射させるための全反射角 θ_c を算出す

50

る式を（数 3）に示す。

【 0 0 4 6 】

【 数 3 】

$$\sin \theta_c = n_2 / n_1 \quad \bullet \bullet \bullet \text{ (数 3)}$$

【 0 0 4 7 】

ここで、 n_1 は空気中の屈折率、 n_2 は絶縁膜の屈折率を示す。

10

【 0 0 4 8 】

全反射角照明を実現するためには、入射角を 90° に設定する必要がある。これを実現するのは構造上困難である。このため、絶縁膜表面で反射率を高めるためには、入射角を極力大きくし (90° に近づけ)、S 偏光で照明する必要がある。S 偏光照明を実現するためには、対物レンズ 20 の瞳 21 面上において、照明光の振動方向を光軸中心とした円周方向にする必要がある。これを実現するには、照明光路上に、図 10 に示す特性を有したポラライザ 131 を配置すればよい。また、図 8 及び図 10 に示したポラライザ 130 及び 131 を照明光路に配置する説明をしたが、検出系に同様の特性を有したアナライザ (図示せず) を配置しても、同等の効果を得ることができる。この例では、対物レンズ 20 を通して照明する TTL (Through The Lens) 方式について説明したが、対物レンズの外側から照明する暗視野照明方式も考えられる。この方式は、オフアキシス照明と呼ばれている。

20

【 0 0 4 9 】

図 11 に、照明光の偏光と正反射光 (0 次光) の偏光及び高次回折光の偏光を示す。瞳面 21 において、照明光の偏光 201 が円周方向の振動をしているとする。この光がウェハ 1 上のパターンを照明する。なお、ウェハ上の半球 22 は、対物レンズ 20 による屈折の様子を模式的に示している。ウェハ上で正反射した 0 次光は、瞳位置 21 において光軸対称な位置に伝搬する。このときの偏光は照明光と同じ円周方向に振動面を有する。これに対して、高次回折光は、ウェハ 1 に形成されたパターンの方向に応じて、回折する方向が異なる。このため、照明光に対して、高次回折光の伝搬する方向が異なるため、高次回折光の瞳面 21 における振動方向 210 は、照明光の振動方向 201 及び 0 次光の振動方向 205 に対して、異なる振動面となる。なお、ウェハ 1 に対する偏光は、照明光、0 次光、高次回折光共に同じであり、保存されている。これを模式的に示した図を、図 12 に示す。

30

【 0 0 5 0 】

図 12 において、対物レンズ 20 の瞳面 21 における照明光の振動方向を 201 に示す。ウェハ 1 上のパターンによって生じる +1 次光の分布を 220 に示す。また、1 次光の分布を 221 に示す。ここで、瞳面 21 で 201 の振動方向を有する照明光によるウェハ 1 からの反射光のうち、再び対物レンズ 20 に捕捉された 0 次光は 205 の位置に到達する。これに対して、+1 次回折光は 210 に到達する、このとき、瞳面における振動方向は 0 次光と高次回折光では異なる (ウェハに対する振動方向は同じである)。このため、偏光照明をした場合は、+1 次回折光を多く透過する偏光フィルタを検出光路に配置することにより 0 次光を抑制し、+1 次回折光を含む高次回折光を効率的に透過させる事が可能である。この高次回折光は、0 次光よりもパターン情報を多く含んでいるため、高次回折光を効率的に検出することにより、光学像のコントラストを高めることが可能となる。あるいは、所望のコントラストに調節することが可能となる。

40

【 0 0 5 1 】

これを実現する一例を図 13 に示す。レーザ光源 2 を出射した直線偏光は P B S 19 で S 偏光が反射されて、ウェハ 1 の側へ向かう照明光となる。この照明光は、 $1/2$ 波長板 50 で楕円の方位角が、また、 $1/4$ 波長板 51 で楕円率が調整されて、所望の楕円率と

50

楕円の方位角を有する楕円偏光となる。この照明光が対物レンズ20を介してウェハ1に照明される。ウェハ1上で反射・回折・散乱した光は再び対物レンズ20に捕捉され、1/2波長板50、1/4波長板51を透過し、PBS19に入射する。このPBS19に入射した光のうち、0次光がPBS19を透過する割合は、1/4波長板51で調整される照明の楕円率でほぼ決定される。すなわち、1/4波長板を調整して照明の楕円率を扁平にする(楕円率を0に近づける)と、イメージセンサ30および35の側に透過する0次光の割合は低減する。

【0052】

これに対して、高次回折光(±1次回折光他)は、パターンの方向性に依じてイメージセンサ30および35の側に到達する割合が異なる。従って、1/2波長板50と1/4波長板51とを調整して楕円率と楕円の方位角とを適当に設定することにより、イメージセンサ30および35とに到達する0次光と高次回折光の振幅を調整する事が可能となり、イメージセンサ30および35上に形成される光学像のコントラストを調整することが可能となる。これにより、欠陥検出に有利な光学像を形成することが可能となり、検査感度の向上が実現できる。

10

【0053】

この光学系を用いて検出した画像の一例を、図14に示す。図14の(a)は、通常の顕微鏡でウェハ1の画像を検出したものであり、図14の(b)は図13に示す本発明の光学系を用いて検出した画像である。(a)では、横方向に配線されているラインとスペースが分離できておらず、配線の形状不良が検査できない。これに対して、本発明による画像(b)では、ラインとスペースが高コントラストに分離されており、ラインアンドスペースの検査を高感度に行うことが可能であることがわかる。

20

【0054】

また、縦方向に形成されたラインアンドスペースを検出したときの対物レンズ20の後側焦点位置(瞳位置:フーリエ変換面)の画像を図15に示す。図15の(a)には通常照明の瞳像を示し、図15の(b)には本発明の光学系を用いたときの瞳像を示す。(a)では、瞳全体に分布している0次光と左右の周辺に分布している±1次回折光の光強度(明るさ)が同等程度であるのに対し、(b)に示したように、本発明による光学系を用いた場合では、±1次回折光を強調して検出できている。これにより、本発明の方が、より微細なパターン形状が光学像に復元されることがわかる。したがって、本発明によれば、通常光学系を用いた場合に比べて、より微細なパターン欠陥を検出することが可能となる。

30

【0055】

次に、本発明の光学系を用いて、光学像のパターンコントラストを調整する方法を図16に示す。横軸にウェハ1上を正反射した0次光がPBS19で透過する割合を示す。縦軸に像面におけるパターンコントラストを示す。0次光透過率を変換させることにより、像面における0次光と高次回折光の割合を調節することが可能となり、パターンコントラストが変化する。

【0056】

一般に、光学像のコントラストを向上させるためには、0次光と高次回折光の振幅を同等程度にすると良い。なお、このコントラストとは、パターン部の明るさとその背景であるスペース部の明るさの違いであるため、このコントラストは背景とパターン部の反射率によって左右される。また、0次光と高次回折光の割合は、パターンの周波数や材質及び照明光の偏光の方位角や対物レンズのNA(Numerical Aperture)等によって左右される。しかし、0次光と高次回折光の振幅を制御することにより、パターンコントラストを所望の状態に調整できる。なお、コントラストを調整するためには、楕円偏光の方位角と楕円率を調整する必要がある。1/2波長板50と1/4波長板51とを回転可能な構成(電動回転)とする必要がある。

40

【0057】

次に、本発明を用いた場合の検査感度向上の効果を、図17に示す。例えば、検査対象

50

となるウェハ 1 上に図 17 (a) に示すようなパターンが形成されていたとする。尚、図 17 (a) のパターンは、ウェハ 1 上に形成された 1 つのダイ 280 を模式的に示している。このパターンの中には、パターンピッチの粗い領域 282 とパターンピッチの密な領域 286 及びパターンピッチが中間の領域 284 がある。ここで、通常の光学系でこれらの画像を検出した例を図 17 (b) に示す。図 17 (b) は、図 17 (a) に示すライン A - A の光強度分布を示しており、パターンピッチの粗い領域 (パターン周波数の低い領域) では、十分なコントラストが得られる。しかし、パターンピッチが密になる (パターン周波数が高くなる) と、パターンコントラストは低減する。

【 0058 】

欠陥検査上、パターンピッチの密な方が欠陥による致命性が高くなるため、検査上はパターンピッチの密な領域を高コントラストに検出したいが、通常の光学系ではこれは不可能である。これに対して、本発明による光学系を用いた場合には、0 次光と高次回折光の振幅の割合を調整することが可能となり、図 17 (c) に示すようにパターンピッチの粗い領域のパターンコントラストを維持したまま、パターンピッチの密な領域のパターンコントラストを高めることが可能となる。これにより、致命性の高い密パターン部を検査するときでも高コントラストな光学像を得ることができるので、検査感度を高感度に維持した状態で検査することが可能になる。

【 0059 】

また、本発明ではパターンピッチの粗い領域を検査する場合には、1 / 2 波長板 50 と 1 / 4 波長板 51 とを調整してコントラストを通常照明と同等とする事により、検査感度を損うことなく画像を検出することができる。

【 0060 】

次に、レーザ光の照度むらを補正する手法を図 18 に示す。例えば、レーザ光源がパルス発振の場合は、各パルスに強度ばらつきがあると、ウェハ 1 上において時間的に照度むらが発生する。この照度むらは、パルス発振周波数が大きくなると顕著になる傾向がある。したがって、高速な検査を行うためには、この照度むらの問題が無視できなくなる。

【 0061 】

パルス周波数が一定であると仮定すると、検査速度を高速化すると画像の 1 画素を撮像のために照明されるパルスが少なくなる。このため、照明の各パルスに強度変動があると、検出された画像の明るさが異なる。これは、一見、パターンの反射率の違いと見分けがつかず、検査上ノイズとなる。この照度むらを補正する為には、照明の照度をモニタリングする必要がある。

【 0062 】

図 18 に示す構成は、ウェハ 1 を X 方向に定速走査させながら、1 次元イメージセンサで画像を検出する構成である。例えば、レーザ光源から出射したレーザ光のうち、ウェハ 1 の照明光とならない光を光量計 55 に入射させる。この光量モニタ 55 で検出した光量を画像照度補正回路に入力する。この画像照度補正回路にはイメージセンサ 30 で検出した画像を A / D 変換したデジタル画像も入力される。画像が検出されたときの照度を $I_{ref}(t)$ 、画像の明るさを $I(t, y)$ とすると、図 18 の 60 に示す式で各画素の光量を補正する (I_{cal})。尚、k は係数である。これにより、照明光の照度変動を正規化することが可能である。

【 0063 】

図 19 には、照度補正機能を搭載した構成を示す。レーザ光がパルス照明の場合は、1 画素を検出する蓄積時間の間に 1 パルス以上の照明が必要である。従って、イメージセンサ 30 の画像取込とパルス照明の同期を取ることが望ましい。しかし、1 次元イメージセンサ 30 で画像を検出する場合は、ウェハ 1 を走査するステージとの同期も取る必要がある。これを実現する 1 例として、ステージの移動量をリニアスケールなどの測長器 (図示せず) で検出して得た信号 241 (X 方向) および 242 (Y 方向) を用い、予め設定した画像サンプリング周期に応じて、同期パルス発信器 240 から同期信号 243 をパルス制御部 250 に入力する。パルス制御部 250 からは、同期信号 243 に応じて同期パル

10

20

30

40

50

ス信号 244 がレーザー光パルス発振ドライバー 230 に出力され、この同期パルス信号 244 を受けてレーザー光光源 2 からレーザー光をパルス発振する。

【0064】

また、パルス制御部 250 からは、イメージセンサ 30 のドライバ 31 にも同期パルス信号 245 が入力されて、レーザー光光源 2 からレーザー光が発振されるタイミングとイメージセンサ 30 で画像を取り込むタイミングとの同期が取れるように制御される。図 19 では記載を省略したが、レーザー光源 4 及びイメージセンサ 35 についても同様な制御が行われる。

【0065】

さらに、パルス制御部 250 からは照度補正部 60 へも同期パルス信号 246 が出力され、照度補正部 60 では、レーザー光光源 2 からレーザー光が発振されるタイミングおよびイメージセンサ 30 で画像を取り込むタイミングに合わせて照度モニタ 55 から出力されるレーザー光の照度の検出信号を取り込み、イメージセンサ 30 で取込んだ画像に対して照度むらの補正を行う。

【0066】

以上の構成により、照明の光源にレーザーを用いることによって発生する時間的・空間的コヒーレンスの問題、試料表面に形成された薄膜によって生ずる干渉ノイズの問題、背景パターンとの明るさのコントラストの問題、パルス照明光の照度変動の問題等を解決することが可能になり、光源として真空紫外光 (VUV 光) である F2 レーザ (波長: 157 nm) を採用することにより、50 nm 程度以上の大きさの欠陥はもちろんのこと、20 ~ 30 nm 程度の極微細なパターン欠陥を、高感度で高速に検出することが可能になった。尚、パルス発振レーザー光源を用いて高速に画像を検出するためには、パルス発振を高周波する必要がある。これは、画像を検出するためには、イメージセンサ 30 の蓄積時間の範囲内に、少なくとも 1 パルス以上の照明が必要であることによる。

【0067】

しかし、ウェハ 1 に照明される光のエネルギーが高いと、ウェハ 1 に形成されたパターンにダメージを与える。このため、1 画素の画像を得るためには、複数のパルスで照明する必要がある。このパルス数は、材質によるが 30 パルス以上必要である。従って、高速画像検出 (例えば、50 Gpps [Giga pixel per second]) を行うためには、パルス発振の高周波化が必要である。理想的には、連続発振が良いが、パルス発振の場合は 50 KHz 以上の周波数が必要である。

【0068】

また、画像取込速度を維持したままイメージセンサ 30 の蓄積時間を長くできる TDI (Time Delay Integration) イメージセンサの併用も必要である。尚、TDI イメージセンサとは、ウェハ 1 の光学像が走査する速度に同期して、像の走査方向に配列された CCD 素子の電荷を転送しながら蓄積させる方式である。先に示した画像検出速度 50 Gpps を実現するには、電荷を遅延積分するステージ数が 2000 以上必要になる。これにより、高速画像検出が可能となり、検査装置の高スループット化が実現できる。

【0069】

以上に説明したような、本発明による光学系を採用した図 1 に示す検査装置を用いてパターン欠陥を検査する場合のフローチャートを図 20 に示す。レーザー光源 2 及び 4 から射出したレーザー光 4 を光路差光学系 10 に導入して複数の波長 (1, 2) のコヒーレンスを低減し、再度直線偏光にする。この直線偏光を波長板を用いて楕円偏光にし、対物レンズを介して試料 1 を照明する。このとき、照明光の照度をモニタリングする。照明により試料 1 で反射、回折し対物レンズで集光された光は、先の波長板を透過する。このとき、正反射光である 0 次光はほぼ直線偏光に変換される。これらの光は、特定の偏光成分が検出光路に導かれる。

【0070】

検出光路においては、ダイクロイックミラーで光路を波長分岐し、それぞれの波長に対応する像面に結像する。これらの光学像をそれぞれイメージセンサで検出して光電変換し

10

20

30

40

50

、ビデオ信号で濃淡情報を出力する。このビデオ信号をデジタル信号に変換する。次に、照明光の照度をモニタリングした信号を用いて、照度むらに起因した画像の明るさむらを補正する。

【0071】

次に、波長分離して検出した複数のデジタル画像を合成する。この合成した画像は位置合わせ処理部に入力される。また、合成画像は遅延メモリにも取り込まれ、比較するピッチに対応した時間遅延させてから位置合わせ部に入力される。例えば、ダイ比較を行う場合は、合成して処理部に入力された画像と遅延メモリに取込まれた隣接ダイの画像との位置合わせをおこなう。次に、この位置合わせが終わった画像同士を比較検査して、差異の特徴量を算出して欠陥を抽出し、抽出した欠陥の情報を出力する。この出力する欠陥の情報には、欠陥の画像が含まれる場合もある。

10

【0072】

以上、検査装置及び検査結果の管理、活用方法について実施例を示してきたが、ここに示した例はほんの一例であり、これらの実施例を組み合わせた実施例も本発明の範囲内であることは言うまでもない。例えば、レーザ光源をランプ光源に変更することなども容易に考えられる。

【0073】

つぎに、以上の検査装置を有効に活用し、製造ラインを効率的に運営するシステムを図21に示す。まず、ウェハ1が製造ラインに投入され、製造装置群292により処理される。特定の処理が施された途中の工程で、本発明などの検査装置300で検査が実施される。この検査装置300により、それまでの工程で製造されたパターンの異常を検知する。多層膜の場合はこれらの工程が繰り返される。以上の生産工程を流れたウェハが最終的に完成され、後工程(ダイ切断やリード線形成やパッケージ等)を経て製品となる。各検査装置で検知したプロセスの異常は、必要に応じて解析装置で異常の原因や対策内容を解析する。

20

【0074】

本発明では、逐次検出される検査結果やその対策内容を生産情報管理システム296に蓄積し、異常の早期発見及び予測を行い、不良品を極力低減するシステムを構築するものである。このシステムを図22に示す。検査装置で検出した欠陥情報は、欠陥情報データベース297と欠陥情報照合システム298に入力される。また、欠陥情報照合システム298は、歩留まり・製造装置情報管理システム299と情報の照合が可能である。

30

【0075】

図21に示した生産情報管理システム296とは、欠陥情報データベース297と欠陥情報照合システム298及び歩留まり・製造装置情報管理システム299で構成されている。欠陥情報データベース297は、製造ラインの立ち上げ時から検出された欠陥情報を蓄積する。データとしては、検査結果であるADC(Auto Defect classification)結果と検査時にリアルタイムで検出した欠陥部の画像及び欠陥部の座標と画像処理で算出した欠陥特徴量を格納する。

【0076】

また、これらの欠陥に対して、欠陥発生原因と対策結果及び欠陥致命性についても情報を格納していく。また、欠陥情報照合システム298では、検査により得られた検査結果(ADC結果、欠陥部の画像、欠陥部の座標、欠陥特徴量)を基に、これまでに得られている欠陥情報データベースの各種情報と照合・検索を行い、欠陥の致命性などを判断する。これにより、致命性が高い欠陥であると判断された場合は、過去の欠陥データとの相関をとる。過去の欠陥データとの相関がある場合は、欠陥情報データベース297に保存されている対策情報を参照して、対策内容を提案する。

40

【0077】

また、過去の発生したことの無い欠陥であった場合は、解析装置で欠陥の原因や欠陥発生装置を解析し、対策を実施する。また、これらの欠陥情報は、歩留まりの推移や製造装

50

置のメンテナンス状況などと統計的に相関を求めていくことにより、欠陥と歩留まりの因果関係や欠陥と装置状況の因果関係を明らかにできる可能性がある。これにより、歩留まりの予測や装置のメンテナンス状況を把握し、歩留まり低下が予測された場合は、早急に対策を講じることが可能となる。また、これらの欠陥発生状況や対策状況は、逐一欠陥情報データベース297や歩留まり・製造装置情報管理システム299にデータを蓄積していくことにより、データの信頼性や予測の信頼性を向上する。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】本発明の全体の概略構成を示すブロック図である。

【図2】偏光を用いた光路差光学系の基本構成を示す正面図である。

10

【図3】PBSを透過する光の振幅を算出する説明するPBSの斜視図である。

【図4】光路差光学系の他の一実施例を示す正面図である。

【図5】コヒーレンスを低減する照明光学系の概略構成を示すブロック図である。

【図6】(a)回転拡散板の側面図、(b)回転拡散板の正面図である。

【図7】SiO₂の膜厚と反射率の関係を示すグラフである。

【図8】放射ポライザの正面図である。

【図9】照明光の振動方向の偏りを是正する光学系の概略構成を示すブロック図である。

【図10】ポライザの正面図である。

【図11】ウェハ表面と対物レンズの瞳面における0次光と高次回折光の偏光の状態を示す模式図である。

20

【図12】対物レンズの瞳面における0次光と高次回折光の偏光の状態を示す模式図である。

【図13】0次光と高次回折光の振幅制御を行う光学系の概略構成を示すブロック図である。

【図14】(a)従来の光学系で観察した配線パターンの画像、(b)本発明による光学系で観察した配線パターンの画像である。

【図15】(a)従来の光学系でラインアンドスペースパターンを観察したときに対物レンズの後側焦点位置の画像、(b)本発明による光学系でラインアンドスペースパターンを観察したときに対物レンズの後側焦点位置の画像である。

【図16】0次光の透過率とパターンコントラストの関係を示すグラフである。

30

【図17】(a)ウェハ上に形成されたダイの平面図、(b)ダイを従来の光学系で観察したときに得られるダイの画像のA-Aライン上に相当する部分の信号、(c)ダイを本発明による光学系で観察したときに得られるダイの画像のA-Aライン上に相当する部分の信号である。

【図18】照明の照度変動補正部の概略構成を示すブロック図である。

【図19】照度変動機能を搭載した観察光学系の概略構成を示すブロック図である。

【図20】本発明によるパターン欠陥検査の信号の処理の流れを示すフローチャートである。

【図21】本発明による欠陥検査装置を用いた生産情報管理システムの概略の構成を示す斜視図である。

40

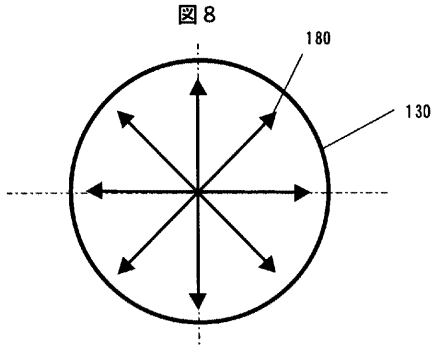
【図22】本発明による欠陥検査装置から生産情報管理システムに出力する検査結果の情報の例を示す図である。

【符号の説明】

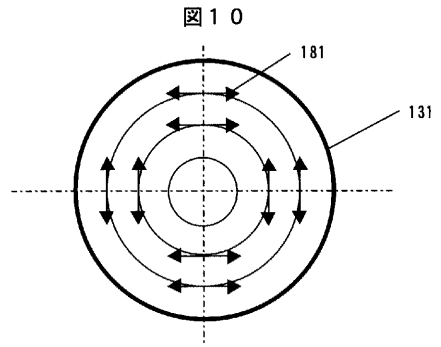
【0079】

1...ウェハ, 2...レーザ光源, 4...照明光, 10...光路差光学系, 20...対物レンズ, 21...対物レンズの瞳, 30...イメージセンサ, 50...A/D変換器, 60...照度補正回路, 80...画像合成回路, 85...画像処理部, 90...機構経コントローラ, 95...オペレーションコントローラ, 155...フライアイレンズ, 160...回転拡散板, 180...照明光の振動方向, 280...ダイエリア, 296...生産情報管理システム, 300...検査装置

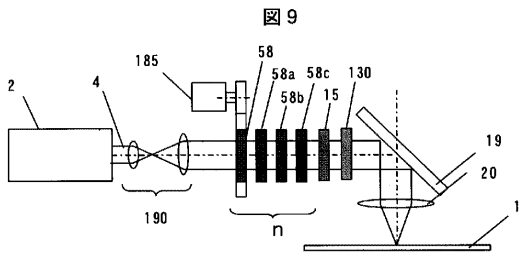
【 図 8 】



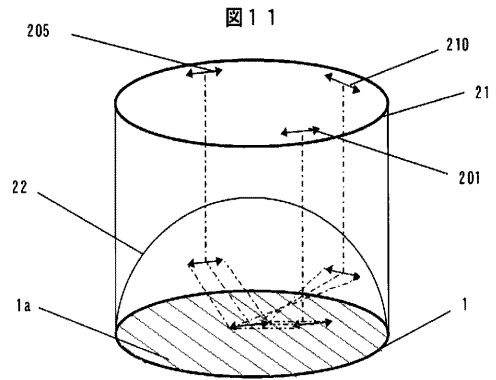
【 図 10 】



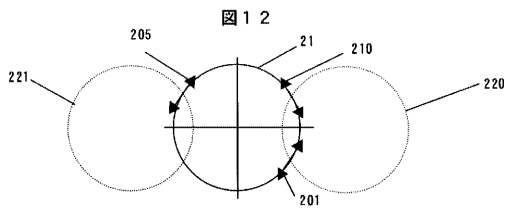
【 図 9 】



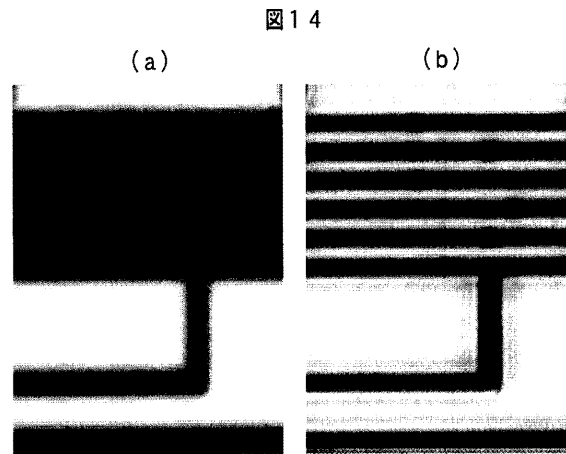
【 図 11 】



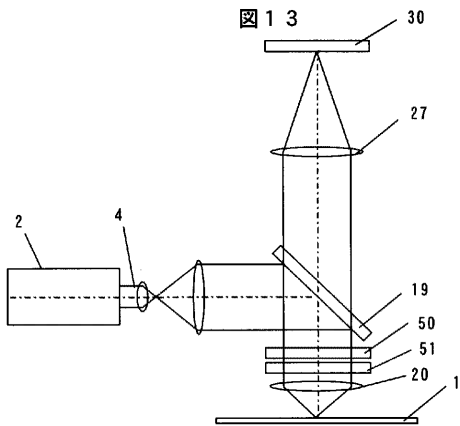
【 図 12 】



【 図 14 】

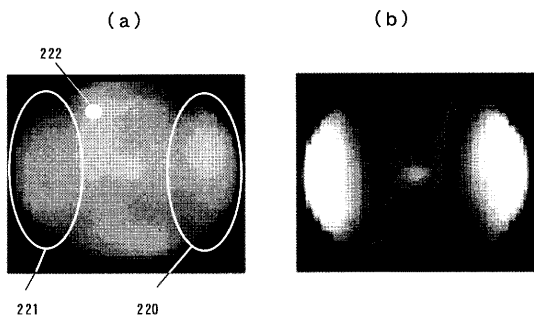


【 図 13 】



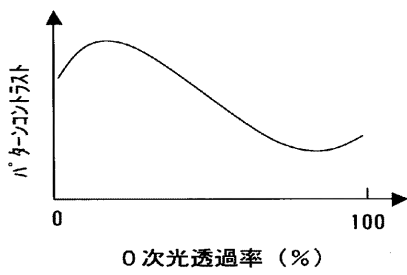
【 図 1 5 】

図 1 5



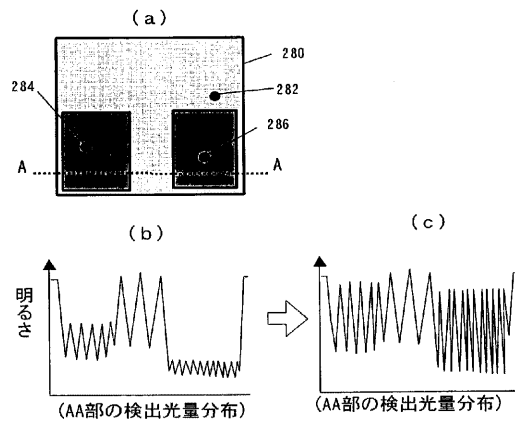
【 図 1 6 】

図 1 6



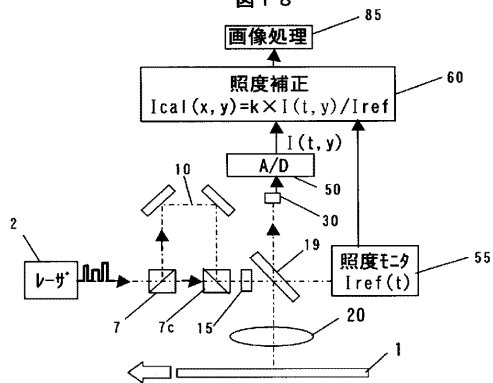
【 図 1 7 】

図 1 7



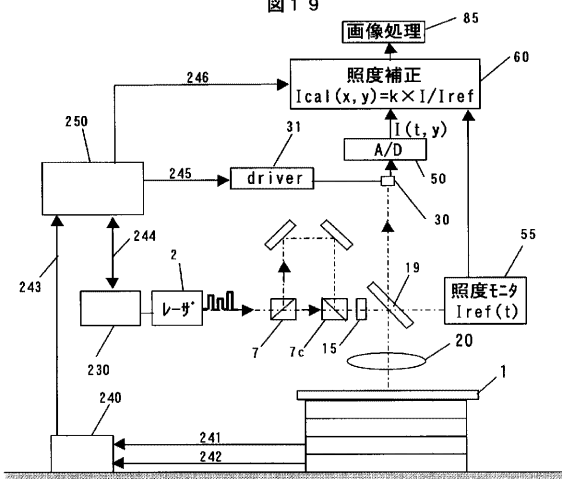
【 図 1 8 】

図 1 8

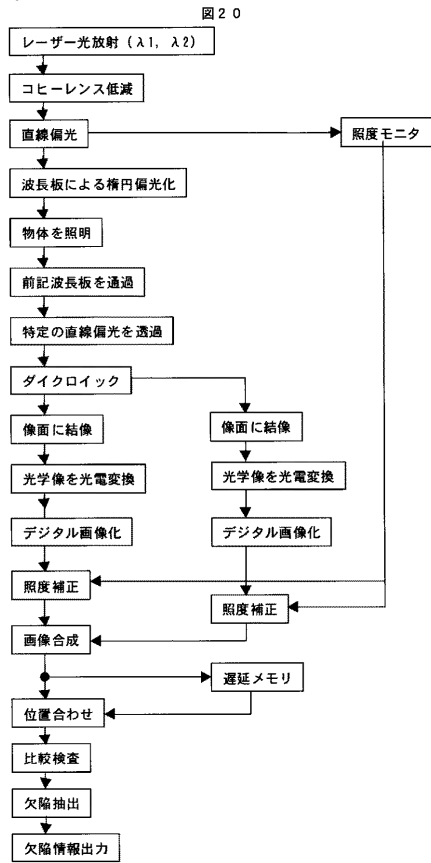


【 図 1 9 】

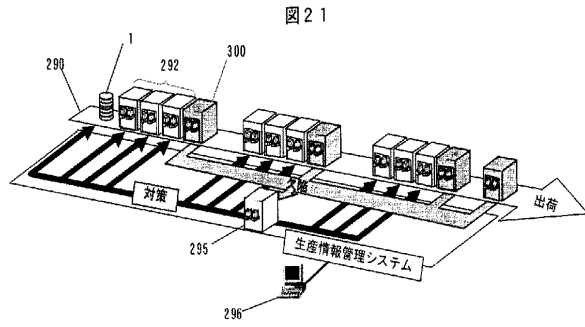
図 1 9



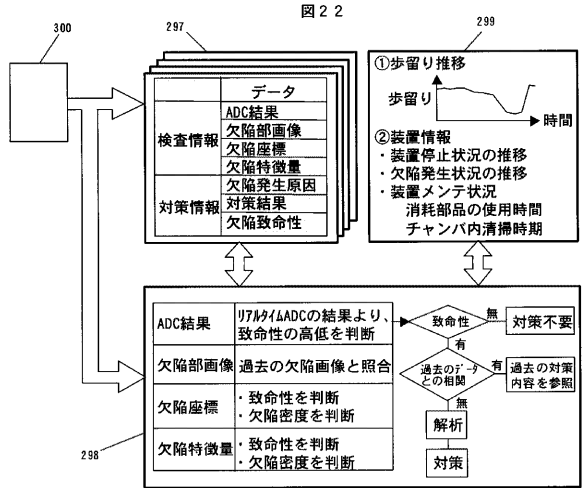
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平11-311608(JP,A)
特開昭62-073141(JP,A)
特開2000-323542(JP,A)
特開2001-194323(JP,A)
特開平07-083844(JP,A)
特開平05-281130(JP,A)
特開平01-187437(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/956
H01L 21/66