

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5068422号
(P5068422)

(45) 発行日 平成24年11月7日(2012.11.7)

(24) 登録日 平成24年8月24日(2012.8.24)

(51) Int.Cl.		F I		
GO 1 N 21/956	(2006.01)	GO 1 N	21/956	A
GO 1 N 21/88	(2006.01)	GO 1 N	21/88	H
HO 1 L 21/66	(2006.01)	HO 1 L	21/66	J

請求項の数 13 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-292692 (P2004-292692)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成16年10月5日 (2004.10.5)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2006-105780 (P2006-105780A)		東京都港区西新橋一丁目24番14号
(43) 公開日	平成18年4月20日 (2006.4.20)	(74) 代理人	100091096
審査請求日	平成19年4月6日 (2007.4.6)		弁理士 平木 祐輔
		(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	志村 啓
			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
		審査官	平田 佳規

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細構造観察方法および欠陥検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

試料表面に形成されたパターンを光によって観察する方法であって、
光を偏光子、無偏光ビームスプリッタ、及び / 4 板に入射させ、円偏光を前記試料へ照射するステップと、

前記 / 4 板を用いて、前記試料で反射された光の 0 次光成分と高次回折光の一部とを互いに直交する 2 つの直線偏光成分に変換するステップと、

前記変換された 2 つの直線偏光成分を前記無偏光ビームスプリッタを用いて反射するステップと、

前記 0 次光成分に対する透過率が異なる複数の部分偏光板の中から前記パターンのコントラストを強調する部分偏光板を選択するステップと、

前記選択した部分偏光板を、前記無偏光ビームスプリッタから射出した試料からの反射光の光路中に配置し、さらに前記反射光のうち試料で反射された際に回転方向が変わらなかった円偏光成分に由来する直線偏光成分の偏光方位と前記部分偏光板の直線偏光を損失無く透過する方位とを平行に配置するステップと、

前記選択された部分偏光板を通過した光を用いて前記パターンのコントラストを強調した試料像を形成するステップと、

を有することを特徴とする構造観察方法。

【請求項2】

請求項1に記載の構造観察方法において、

10

20

前記試料上に形成されたパターンの方位に応じて前記部分偏光板を切り替えることを特徴とする構造観察方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の構造観察方法において、
前記試料像のコントラストが高くなるように前記部分偏光板を切り替えることを特徴とする構造観察方法。

【請求項 4】

試料表面に形成されたパターンを光によって観察する方法であって、
光を偏光子、無偏光ビームスプリッタ、及び / 4 板に入射させ、円偏光を前記試料へ照射するステップと、

10

前記 / 4 板を用いて、前記試料で反射された光の 0 次光成分と高次回折光の一部とを互いに直交する 2 つの直線偏光成分に変換するステップと、

前記変換された 2 つの直線偏光成分を前記無偏光ビームスプリッタを用いて反射するステップと、

前記 0 次光成分が変換された第 1 の直線偏光成分と前記高次回折光の一部が変換された第 2 の直線偏光成分とを別々の光路に分離するステップと、

前記第 1 の直線偏光成分を第 1 のイメージセンサで第 1 の画像として撮像するステップと、

前記第 2 の直線偏光成分を前記第 1 のイメージセンサとは異なる第 2 のイメージセンサで第 2 の画像として撮像するステップと、

20

前記第 1 の画像と前記第 2 の画像を、前記高次回折光成分による画像に与える係数が、前記 0 次光成分による画像に与える係数よりも大きくなるように強度比を変えて合成するステップと、

を有することを特徴とする構造観察方法。

【請求項 5】

試料を載置する試料ステージと、

無偏光ビームスプリッタと、

光源を備え、直線偏光を前記無偏光ビームスプリッタに入射させる光学系と、

前記無偏光ビームスプリッタを通った前記直線偏光を円偏光に変換する / 4 板と、

前記 / 4 板からの円偏光を前記試料ステージに載置された試料に照射し、試料からの反射光を前記 / 4 板に再入射させる対物レンズと、

30

前記試料で反射された光のうち 0 次光成分に対する透過率が異なる複数の部分偏光板と、

前記複数の部分偏光板を切り替え、切り替えた部分偏光板を、前記無偏光ビームスプリッタから射出した試料からの反射光の光路中に配置し、さらに前記反射光のうち試料で反射された際に回転方向が変わらなかった円偏向成分に由来する直線偏光成分の偏光方位と前記部分偏光板の直線偏光を損失無く透過する方位とを平行に配置する部分偏光板切り替え手段と、

前記選択された部分偏光板を通った光が入射され試料の像を結像する結像光学系と、

前記結像光学系によって結像された試料の像を撮像するイメージセンサと、

40

前記イメージセンサによって撮像された画像を予め記憶しておいた画像と比較して試料の欠陥を検出する欠陥検出部と

を有することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の欠陥検査装置において、

前記部分偏光板切り替え手段は、前記試料上に形成されたパターンの方位に応じて前記部分偏光板を切り替える

ことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の欠陥検査装置において、

50

前記部分偏光板切り替え手段は、前記試料像のコントラストが高くなるように前記部分偏光板を切り替える

ことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 8】

請求項 5 に記載の欠陥検査装置において、

前記部分偏光板切り替え手段は、前記試料で反射された際に回転方向が変わらなかった円偏光成分に由来する直線偏光を、試料で反射された際に回転方向が逆になった円偏光成分に由来する直線偏光成分よりも高い透過率で透過するように前記選択した部分偏光板を配向する

ことを特徴とする欠陥検査装置。

10

【請求項 9】

請求項 5 に記載の欠陥検査装置において、

前記複数の部分偏光板は、前記試料で反射された際に回転方向が変わらなかった円偏光成分に由来する直線偏光に対する透過効率が等しく、試料で反射された際に回転方向が逆になった円偏光成分に由来する直線偏光に対する透過効率が異なる複数の部分偏光板であり、

前記部分偏光板切り替え手段は、前記複数の部分偏光板を選択的に前記光路上に配置する

ことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 10】

試料を載置する試料ステージと、

無偏光ビームスプリッタと、

光源を備え、直線偏光を前記無偏光ビームスプリッタに入射させる光学系と、

前記無偏光ビームスプリッタを通った前記直線偏光を円偏光に変換する / 4 板と、

前記 / 4 板からの円偏光を前記試料ステージに載置された試料に照射し、試料からの反射光を前記 / 4 板に再入射させる対物レンズと、

前記無偏光ビームスプリッタから出射した試料からの反射光の光路中に配置され、試料照射光における偏光面の回転方向と逆および同一の 2 つの回転方向の円偏光成分に由来する試料像を分離して結像する結像部と、

前記結像光学系による 2 つの試料像をそれぞれ撮像する第 1 および第 2 のイメージセンサと、

前記第 1 および第 2 のイメージセンサによって撮像された画像を異なる比率で合成して試料像を形成する画像処理部であって、合成する 2 つの画像の強度比を変える画像処理部と、

前記合成した試料像を予め記憶しておいた画像と比較して試料の欠陥を検出する欠陥検出部とを有し、

前記画像処理部は、高次回折光成分による画像に与える係数が、0 次光成分による画像に与える係数よりも大きくなるように前記強度比を変えることを特徴とする欠陥検査装置

。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の欠陥検査装置において、

前記画像処理部は、前記試料照射光における偏光面の回転方向と同一の回転方向の円偏光成分に由来する試料像を逆の回転方向の円偏光成分に由来する試料像より大きな比率で合算する

ことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の欠陥検査装置において、

前記結像部は、前記無偏光ビームスプリッタから射出した試料からの反射光の光路中に配置された結像光学系、および前記結像光学系の後段に配置された偏光ビームスプリッタを備える

50

ことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 13】

無偏光ビームスプリッタと、

光源を備え、直線偏光を前記無偏光ビームスプリッタに入射させる光学系と、

前記無偏光ビームスプリッタを通った前記直線偏光を円偏光に変換する / 4 板と、

前記 / 4 板からの円偏光を前記試料ステージに載置された試料に照射し、試料からの反射光を前記 / 4 板に再入射させる対物レンズと、

前記無偏光ビームスプリッタから出射した試料からの反射光の光路中に配置され、試料照射光における偏光面の回転方向と逆および同一の 2 つの回転方向の円偏光成分に由来する試料像を分離して結像する結像部と、

前記結像光学系による 2 つの試料像をそれぞれ撮像する第 1 および第 2 のイメージセンサと、

前記第 1 および第 2 のイメージセンサによって撮像された画像を異なる比率で合成して試料像を形成する画像処理部であって、合成する 2 つの画像の強度比を試料像のコントラストが高くなるように変える画像処理部と、

前記合成した試料像を予め記憶しておいた画像と比較して試料の欠陥を検出する欠陥検出部とを有し、

前記画像処理部は、高次回折光成分による画像に与える係数が、0 次回折光成分による画像に与える係数よりも大きくなるように前記強度比を変換することを特徴とする欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細構造の観察方法、およびそれを実現する高分解能顕微光学系、特に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などにおいて微細パターンの欠陥および異物等の観察や検査に用いる高分解能光学系と、これを用いた欠陥検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

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などにおいて、光学顕微鏡を用いた微細パターンの欠陥および異物等の観察や検査が行われている。近年、半導体デバイスの集積度の向上に伴い、顕微鏡光学系の高性能化が必要となってきた。

【0003】

光学顕微鏡の分解能を上げる方法としては、結像に使用する光の波長の短波長化と、対物レンズの高開口数 (NA) 化、結像系の伝達関数 (MTF) の高域を持ち上げる超解像技術を用いる方法などがある。これらのうち、短波長化と高 NA 化は直接的な方法であるが、実用上はいずれについても様々な制約があり、実現できない場合がある。そこで、波長と NA を変えずに微細構造を高いコントラストで観察できる方法、すなわち結像系の MTF の高域を持ち上げる超解像技術が注目されている。

【0004】

超解像技術の一例として、偏光状態を制御することで MTF を改善する方法が特開 2000 - 155099 号公報に示されている。直線偏光で試料を照明し、試料からの反射光をアナライザを通して結像系に導く方法と、楕円偏光で試料を照明し、試料からの反射光のうち偏光ビームスプリッタで反射された直線偏光成分のみを結像系に導く方法が示されている。前者では、試料上の直線状パターンの方向に対する試料を照明する直線偏光の方位とアナライザの方位を最適化することで、試料上のパターンによる高次回折光と 0 次光との光量比を調整している。0 次光の光量を減らすことで高域の MTF が改善されるとともに、パターンのある部分と無い部分の光量差を減らすことが可能になり、微細パターンが見やすくなり、また、観察像を用いた欠陥検査の性能を向上させることができる。照明系の結像系の光路の分離に無偏光ビームスプリッタを用いる必要があるため、光の利用効

10

20

30

40

50

率が低く、像が暗くなるという欠点はあるが、試料での反射時の偏光の変化が顕著に現われるため、大きなMTF改善効果を得ることができる。後者の方法では、試料上の直線状パターンの方向に対する試料を照明する楕円偏光の方位と楕円率を最適化することで、同様のMTF改善効果が得られる。直線偏光照明を用いる系よりも光の利用効率を高くとることが可能で、明るい像を得ることができる。なお、この系では、直線偏光照明を実現することもできる。しかし、その場合には、試料からの反射光が結像系に戻らないため、MTF改善効果が最も大きくなる直線偏光照明で像を観察することはできない。

【0005】

この方法を実現する系の基本構成のうち後者の楕円偏光照明を用いる場合の例を図4および図5に示す。光源8から出た光は、凹面鏡とレンズ9を介して開口絞り11に達し、さらにレンズと波長選択フィルタ12、視野絞り13を経て偏光ビームスプリッタ15に入射する。偏光ビームスプリッタ15を透過した直線偏光は、 $\lambda/2$ 板16、 $\lambda/4$ 板17を通して楕円偏光となり、対物レンズ20によって試料1に照射される。 $\lambda/4$ 板17を回転させることによって楕円偏光の長軸の方向を制御し、 $\lambda/2$ 板16を回転させることによって楕円偏光の楕円率を制御することができる。試料1で反射された光は、対物レンズ20、 $\lambda/4$ 板17、 $\lambda/2$ 板16を経て再び偏光ビームスプリッタ15に入射し、s偏光成分だけが反射され、結像レンズ30とズームレンズ50からなる結像系に導かれる。この系では、試料1を円偏光照明するように2枚の波長板の角度を決めた場合には、試料面で反射する際に偏光状態が変化しなかった成分だけが、偏光ビームスプリッタ15で反射されて結像系に導かれる。一方、試料1を楕円偏光照明するように2枚の波長板の角度を決めた場合には、試料1で反射する際に偏光状態が変化した成分の一部も偏光ビームスプリッタ15で反射されて結像系に導かれる。一般的に直線状のパターンで回折された光は偏光状態が変化する場合があるが、0次光は変化しない。そこで、楕円偏光照明することによって回折光成分が強調され、結像系に導かれる。その結果、高域のMTFが改善された像を得ることが可能になる。

【0006】

また、試料を円偏光照明しながら高域のMTFを改善する別の従来技術として、特開平5-296842号公報やApplied Optics vol.33, pp.1274-1278(1994)に記載のように、偏光特性のない無偏光ビームスプリッタを挟んで照明側に偏光子と対物レンズ側に $\lambda/4$ 板と結像側に検光子を配置する方法、および特開2003-344306号公報のように不完全な偏光特性をもつ部分偏光ビームスプリッタを挟んで対物レンズ側に $\lambda/4$ 板と結像側に検光子を配置する方法がある。これら円偏光照明を用いる従来技術においても、高域のMTFが改善される原理は、前記楕円偏光照明を用いる方式と同様、試料面で反射する際に偏光状態が変化した成分のみを、もしくは試料面で反射する際に偏光状態が変化した成分をより多く結像側へ導くことによるものである。

【0007】

【特許文献1】特開2000-155099号公報

【特許文献2】特開平5-296842号公報

【特許文献3】特開2003-344306号公報

【非特許文献1】Applied Optics vol.33, pp.1274-1278(1994)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来例で説明した直線偏光照明や楕円偏光照明を用いる方法は、高域のMTFを改善できる有効な方法である。しかし、大きなMTF改善効果を得るためには、試料上のパターンの方位によって照明光の偏光の方位を変える必要があり、条件設定が煩雑であるという問題点があった。また、試料上に方位の異なるパターンが混在する場合に、すべてのパターンについて同等のMTF改善効果を得ることが難しいという問題があった。これは、MTFの改善効果が等方的でなく、照明光の偏光方向と試料上のパターンの方向との関係に依存するからである。無偏光ビームスプリッタを挟んで照明側に偏光子、対物レンズ側に

10

20

30

40

50

／4板、結像側に検光子を配置し、円偏光で試料を照明する方法では、結像側の検光子の方位を照明側の偏光子と平行にした場合には等方的なMTF改善効果が得られるが、検光子がそれ以外の状態ではMTF改善効果は強弱を調整可能であるが等方的ではない。また、部分偏光ビームスプリッタを挟んで対物レンズ側に／4板、結像側に検光子を配置し、円偏光で試料を照明する方法では、高域のMTFの改善効果は等方性である点において良好であるが、試料からの反射時に偏光状態が変わらなかった成分（大部分が正反射光、すなわち0次光である）は常にほぼ損失なく結像光学系に導かれるため大きなMTF改善効果が得られないという問題があった。

【0009】

そこで、本発明の目的は、試料上のパターンの方向に依存せず大きなMTF改善効果が得られ、かつ必要に応じて改善効果の強弱をMTF改善効果の等方性を保ったままで切り換えられる方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、試料上のパターンの方位によらずMTF改善効果を得るために、円偏光照明下でMTF改善効果を得る方法を提供する。具体的には、照明系と結像系の光路の分離に無偏光ビームスプリッタを用い、照明系では無偏光ビームスプリッタに偏光子を経て光を入射させ、無偏光ビームスプリッタ透過後に／4板を加えて試料を円偏光で照明し、無偏光ビームスプリッタ直後の結像系に部分偏光板を追加する。試料で反射された際に偏光状態が変化して生じた成分は、偏光状態が変化しない成分の円偏光の偏光回転方向とは逆の回転方向を持つ円偏光となるので、再度／4板通過後、照明時と同一の方位の直線偏光となる。結像系の部分偏光板はこの直線偏光の方位と平行に置き、この方位の直線偏光成分を最大の効率で透過するようにする。この部分偏光板が偏光状態が変化しない成分に由来する直線偏光成分をほぼ完全に遮断するものであれば、エッジのみが強調されて光り、平坦部が暗く見える暗視野像となり、最大のMTF改善効果が得られる。部分偏光板として、この直交方向の直線偏光の漏洩度合いの異なるものを何段階か設けておき、それらを切り換えることにより、MTF改善効果を調節することができる。また、その調節段階のどの状態においても、MTF改善効果は試料上のパターンの方位によらず等方的である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、高域でのMTF改善効果が等方的に得られるので、試料上のパターン方向に依存しない高分解能像観察、および、高感度な欠陥検出が可能になる。また必要に応じて、試料で反射された光のうち反射時に回転方向が逆になった成分（正反射成分、すなわち0次光成分）を結像光学系へ導く効率を簡単な切り替えで変化させることによって、高域でのMTF改善効果の大きさを調節することができるので、より多様な試料への対応が可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下の図において、同等の機能部分には同じ符号を付して説明する。

【0013】

本発明の微細構造観察方法を用いた光学欠陥検査装置の実施例を図1に示す。試料1はチャック2に真空吸着されており、このチャック2は、ステージ3、Zステージ4、Yステージ5、Xステージ6上に搭載されている。試料1の上方に配置されている光学系111は、試料1に形成されているパターンの外観検査を行うために試料1の光学像を撮像するものであり、主に照明光学系と試料1の像を作り撮像する結像光学系及び、焦点検出光学系45で構成されている。照明光学系に配置された光源8はインコヒーレント光源であり、例えばキセノンランプである。

【0014】

光源 8 からでた光は、レンズ 9 を介して開口絞り 11 の開口部を透過し、さらにレンズと波長選択フィルタ 12 を経て視野絞り 13 に到達する。この波長選択フィルタ 12 は試料 1 の分光反射率を考慮し、高解像度の試料 1 の像を検出するために照明波長域を限定するものであり、例えば干渉フィルタを配置する。視野絞り 13 を透過した光は、光路分離部 210 に入射する。

【 0 0 1 5 】

光路分離部 210 は、偏光子 14 と p s 偏光間の特性がほぼ等しい無偏光ビームスプリッタ 200 と / 4 板 17、部分偏光板 22 から構成されており、光源 8 から試料 1 に向かう照明光の光路と試料 1 から撮像素子へ向かう光路を分離する。その機能は図 2 に示す。

10

【 0 0 1 6 】

光路分離部 210 に入射した照明光(ランダム偏光)は、偏光子 14 を通って p 偏光の直線偏光となった後、無偏光ビームスプリッタ 200 を透過する。さらに / 4 板 17 によって円偏光となって対物レンズ 20 を経て試料 1 に照射される。試料 1 に照明された光は、試料 1 上で反射、散乱、回折され、対物レンズ 20 の NA 以内の光は再び対物レンズ 20 に入射し、 / 4 板 17 を通る。試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が逆になった成分(正反射成分、すなわち 0 次光成分)は、 / 4 板 17 で s 偏光の直線偏光となる。一方、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が変わらなかった成分(反射光の偏光状態の変化によって生じた成分、すなわち高次回折光の一部)は、 / 4 板 17 で p 偏光の直線偏光となる。これらの成分は、無偏光ビームスプリッタ 200 で反射された後、部分偏光板 22 に入射する。部分偏光板 22 は光学素子として不可避な反射・吸収損失を除いては p 偏光に対してはほとんど損失なく透過し、s 偏光に対してはその一部のみを透過するように配置されているので、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が変わらなかった成分(反射光の偏光状態の変化によって生じた成分、すなわち高次回折光の一部)は最大の効率で部分偏光板 22 を透過し、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が逆になった成分(正反射成分、すなわち 0 次光成分)は一部分のみが偏光板 22 を透過する。ここで、試料 1 の高域の空間周波数情報を反映した反射光成分は高次回折光中に含まれているため、高域の空間周波数成分が強調され、MTF 改善効果が得られる。

20

【 0 0 1 7 】

試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が変わらなかった成分(反射光の偏光状態の変化によって生じた成分、すなわち高次回折光の一部)のみを結像光学系に導いて像形成させた場合、Applied Optics vol.33, pp.1274-1278(1994)に記載のように、その像の強調度合いは試料上のあらゆる方位のパターンに対して等方的である。一方、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が変わらなかった成分(反射光の偏光状態の変化によって生じた成分、すなわち高次回折光の一部)に由来する p 偏光成分と、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が逆になった成分(正反射成分、すなわち 0 次光成分)に由来する s 偏光成分を、方位を p・s 偏光の中間の角度に配置した検光子(偏光板)によって合成すると、これら p・s 偏光間の位相差の正負によって合成結果が変化するため、形成される像のうちある方位のパターンが強調されるとすると、それと直交する方位のパターンはコントラストが抑制されるため、MTF の改善効果は異方的となる。しかし本発明の方法では、これら p 偏光成分と s 偏光成分を、偏光的に合成することなく通過させるように部分偏光板を用いているため、結像光学系で形成される像を撮像素子で検出する場合、検出される光量は、p 偏光成分の振幅の二乗と s 偏光成分の振幅の二乗の和となり、前記のような MTF 改善効果の異方性を生じることはなく、s 偏光成分の透過効率の大小に関わらず効果は常に等方的となる。

30

40

【 0 0 1 8 】

今、試料 1 として濃度 I が次式のように場所 x と共に正弦波状に変化するコントラスト 100% の縞状パターンを考え、この物体の像を結像光学系で結像させることを考える。

【 0 0 1 9 】

50

$$I(x) = 0.5 + 0.5 \times \cos(x)$$

【0020】

このとき、結像光学系の結像特性が理想的であれば、物体と忠実な像が図6(a)のように得られる。この場合の空間周波数成分は図7(a)のように、0次光(直流成分)と±1次光(cos成分)の強度比が1:0.5となっている。しかし、一般の結像光学系を用いて得られる像は、図6(a)の画像よりもコントラストの低い図6(b)に示したような画像となり、この場合の空間周波数成分は図7(b)のようになる。このような縞状パターンの中に存在する欠陥を感度良く検出する際の画像としては、図6(a)・図7(a)に示したように良好なコントラストで、すなわち十分な解像度で得られている画像が好適であることが一般的に知られている。

10

【0021】

図7(a)と図7(b)を比べると、図6(b)のようにコントラストの良くない画像は一般にコントラストの良い画像に比べて、空間周波数成分うちの0次光成分の強度が±1次光成分に比べて相対的により大きいことが分かる。そこで、結像させるときに前述のように試料1で反射された光のうち反射時に回転方向が逆になった成分(正反射成分、すなわち0次光成分)を抑制してやることにより、コントラストを改善することができる。しかしこの際、0次光は適切に抑制されるべきであり、コントラストの改善された望ましい状態の空間周波数成分は、例えば画像が単純な正弦波状の濃淡変化を示す場合には、図7(a)のように0次光の強度と±1次光の強度が約1:0.5になるべきである。0次光を抑制する際にこれ以上0次光の割合を減らすと、元の物体には含まれなかった空間周波数を持つ構造が画像上に現れるようになり、欠陥検出に障害となる場合がある。例えば0次光を完全に除去してしまうと、結像される画像は、図6(c)のように元の画像と大きく異なり、元の縞状パターンには含まれなかった2倍の空間周波数成分から成る画像になってしまう。

20

【0022】

そのため、0次光抑制手段においては0次光を抑制する程度が元の試料のコントラスト特性に合わせて可変できることが必要となる。

【0023】

本実施例では、この部分偏光板22としてs偏光に対する透過効率の異なるものを複数備えており、部分偏光板切り替え機構220によってs偏光に対する透過効率が所望の値である部分偏光板が選ばれて結像光学系光路上に配置される。これにより、検査対象パターンに応じて高域のMTF改善効果を調節することができる。なお、ビームスプリッタのように反射により光路の折返しが発生する光路分離素子と異なり、部分偏光板は単なる透過素子であるため、結像光学系光路上での出し入れ・切り換えは精度的に容易である。

30

【0024】

部分偏光板22を透過した光は、結像レンズ30とズームレンズ50からなる結像光学系を介して、イメージセンサ70の受光面に試料1の像を形成する。イメージセンサ70はリニアセンサやTDIイメージセンサ或いはエリアセンサ(TVカメラ)等が用いられる。また、試料からの反射光の一部は、例えばダイクロイックミラー等の光分割手段25によって焦点検出光学系45に導かれ、自動焦点合せを行うための信号検出に用いられる。

40

【0025】

焦点検出光は、結像レンズ40で試料1の高さ情報を有した光学像をセンサ41上に形成し、このセンサ出力の信号は、焦点検出信号処理回路90に入力される。焦点検出信号処理回路90は試料1の高さと対物レンズ20の焦点位置のズレ量を検出し、CPU75に焦点ズレ量のデータを送る。この焦点ズレ量に応じて、CPU75からステージ制御部80にZステージ4を駆動させる指令を行い、所定パルスを送る。CPU75からステージ制御部80にZステージ4を送り、自動焦点合わせが行われる。

【0026】

また、検出光学系のイメージセンサ70で検出した試料1の光学像の画像データは、画

50

像処理回路 7 1 に入力されて処理が行われ、欠陥判定回路 7 2 で欠陥部の判定が行われる。その結果は、ディスプレイなどの表示手段に表示されるとともに、通信手段を介して、ワークステーションやデータサーバなどの外部記憶・制御装置へ送信される。

【 0 0 2 7 】

検出した画像データから欠陥部の判定を行うイメージセンサ 7 0 から欠陥判定回路 7 2 までの一連の画像処理の具体的な処理の方法としては、例えば、特開平 2 - 1 7 0 2 7 9 号公報または特開平 3 - 3 3 6 0 5 号公報などに記載されているように、隣接チップの対応する画像データ同士を比較することにより行う方法や、隣接チップの対応する画像データ同士を比較する方法、隣接するパターンの画像データ同士を比較する方法、設計データと画像データ同士を比較する方法等がある。

10

【 0 0 2 8 】

画像処理回路 7 1 の詳細例を図 8 に示す。イメージセンサ 7 0 で受光された検出光は、A / D 変換器 7 1 1 を通じてデジタル信号に変換され、参照画像記憶手段 7 1 2 に記憶される。試料 1 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、対物レンズ 2 0 の直下において現在画像取得中のパターンの画像を検出画像、検出画像の直前に画像取得された、検出画像に隣接する同一形状のパターンの画像を参照画像と呼ぶ。画像比較手段 7 1 4 は、現在画像取得中の検出画像と、記憶された参照画像の対応する位置の強度の比較を行い、その強度差に応じた欠陥信号を出力する。画像比較手段 7 1 4 で検出画像と参照画像の同一位置の出力を同時刻に比較するために、参照画像記憶手段 7 1 2 の出力は参照画像遅延読出手段 7 1 3 で試料 1 上のパターン間隔に応じた一定時間の遅延を経た後画像比較手段 7 1 4 に供給される。

20

【 0 0 2 9 】

試料 1 の X Y 方向への移動は、ステージ制御部 8 0 で X ステージ 6 及び Y ステージ 5 の動きを 2 次元的に制御して行う。また、ステージ 3 は、X Y ステージ 6 及び 5 の運動方向と試料 1 に形成されたパターンのアライメントを行うときに用いられる。

【 0 0 3 0 】

なお、本実施例では光源 8 は例えばキセノンランプのようにインコヒーレント光源であるとしたが、これはレーザー光源のようなコヒーレント光源であっても良く、その場合レーザーからの出力光が最初から直線偏光になっていれば、照明光学系中の偏光子 1 4 は省略することができる。

30

【 0 0 3 1 】

別の実施例を図 3 に示す。光源 8 からの照明光が試料 1 に入射し、試料 1 から反射・散乱・回折した光が再び無偏光ビームスプリッタへ戻り結像光学系側へ反射されるところまでは、前記図 1 に示した実施例と同様である。本実施例では、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が逆になり / 4 板 1 7 で s 偏光の直線偏光となった成分（正反射成分、すなわち 0 次光成分）と、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が変わらず / 4 板 1 7 で p 偏光の直線偏光となった成分（反射光の偏光状態の変化によって生じた成分、すなわち高次回折光の一部）は共に無偏光ビームスプリッタ 1 7 での反射後、結像光学系に導かれ、結像レンズ 3 0 およびズームレンズ 5 0 の作用により像形成される。ここでズームレンズ 5 0 の後には偏光ビームスプリッタ 2 3 が置いてあり、この偏光ビームスプリッタ 2 3 において、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が逆になり / 4 板 1 7 で s 偏光の直線偏光となった成分（正反射成分、すなわち 0 次光成分）は反射し、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が変わらず / 4 板 1 7 で p 偏光の直線偏光となった成分（反射光の偏光状態の変化によって生じた成分、すなわち高次回折光の一部）は透過する。これら分離された 2 つ光成分はそれぞれイメージセンサ 7 0 および 7 6 の受光面に同じ倍率で試料 1 の像を形成する。

40

【 0 0 3 2 】

イメージセンサ 7 0 および 7 6 で検出した試料 1 の光学像の画像データは、共に画像処理回路 7 1 に入力され、それぞれに異なる適当な係数が乗じられた後、合算される。このとき、試料 1 で反射された光のうち反射時に回転方向が変わらず / 4 板 1 7 で p 偏光の直

50

線偏光となった成分（反射光の偏光状態の変化によって生じた成分、すなわち高次回折光の一部）に対してより大きな係数を乗じることにより、合算後の画像データはこの成分をより多く含むようになり、高域のMTFの改善効果が得られる。試料1で反射された光のうち反射時に回転方向が逆になり / 4板17でs偏光の直線偏光となった成分（正反射成分、すなわち0次光成分）と、試料1で反射された光のうち反射時に回転方向が変わらず / 4板17でp偏光の直線偏光となった成分（反射光の偏光状態の変化によって生じた成分、すなわち高次回折光の一部）は各々単独で検出すれば、試料1上のパターンに対するコントラスト改善効果は、パターン方位に関わらず等方的であるため、合算後の画像では等方的なコントラスト改善効果が得られる。また、乗じる係数を変えることにより、容易に改善効果の強弱を調節することができる。なお、本実施例における自動焦点合わせや欠陥判定の構成および働きは、前記図1に示した実施例と同様であるため、説明は省略する。

10

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明による欠陥検査装置の実施例を示す図。

【図2】本発明による欠陥検査装置における光路分離部の詳細図。

【図3】本発明による欠陥検査装置の別の実施例を示す図。

【図4】従来の欠陥検査装置光学系の構成例を示す図。

【図5】従来の欠陥検査装置における光路分離部の構成例を示す図。

【図6】画像のコントラストの説明図。

20

【図7】画像に含まれる周波数成分の説明図。

【図8】画像処理回路の詳細例を示す図。

【符号の説明】

【0034】

1 ... 試料

8 ... 光源

14 ... 偏光子

17 ... / 4板

20 ... 対物レンズ

22 ... 部分偏光板

30

30 ... 結像レンズ

50 ... ズームレンズ

70 ... イメージセンサ

71 ... 画像処理回路

72 ... 欠陥判定回路

200 ... 無偏光ビームスプリッタ

210 ... 光路分離部

220 ... 部分偏光板切り替え機構

711 ... A/D変換器

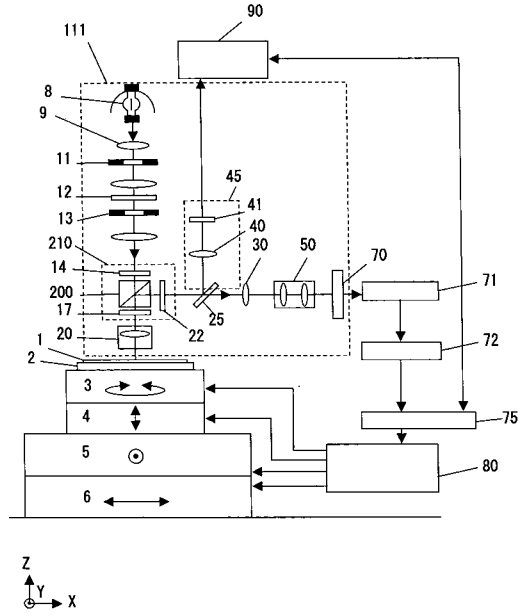
712 ... 参照画像記憶手段

40

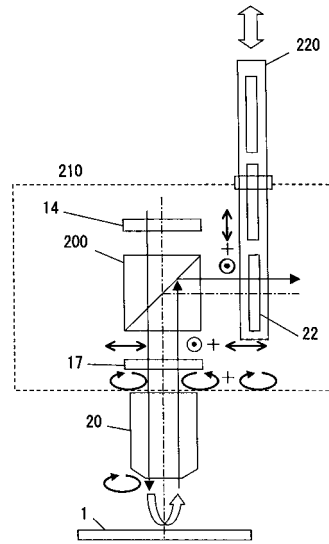
713 ... 参照画像遅延読出手段

714 ... 画像比較手段

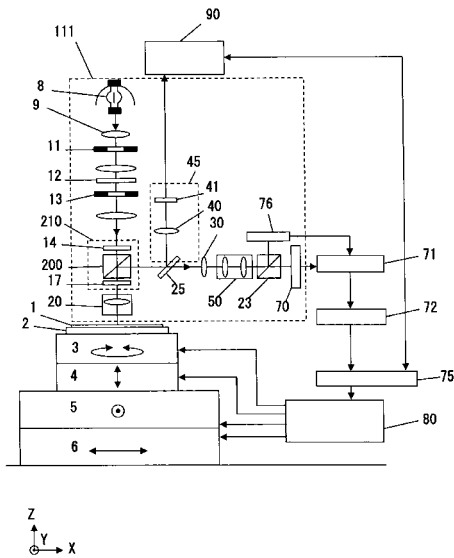
【 図 1 】



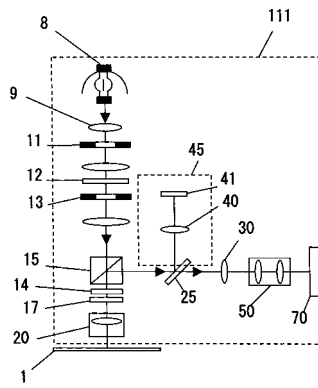
【 図 2 】



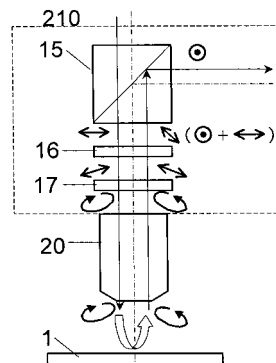
【 図 3 】



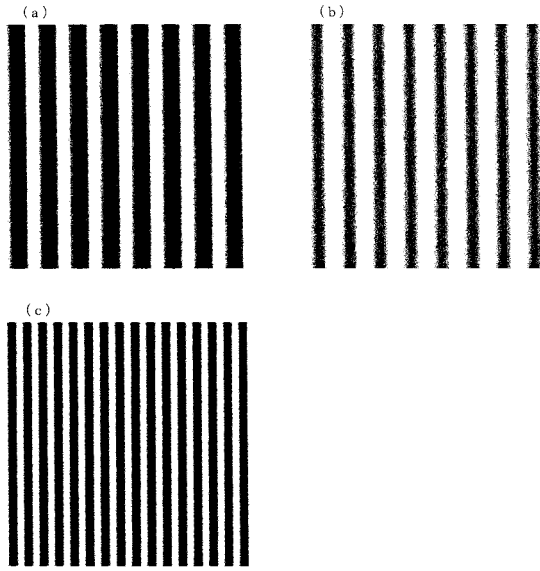
【 図 4 】



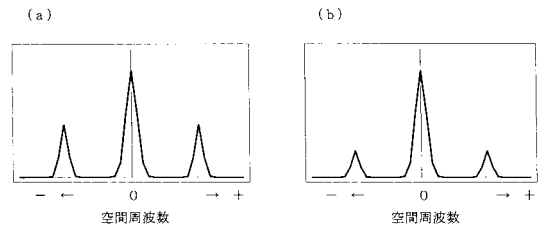
【 図 5 】



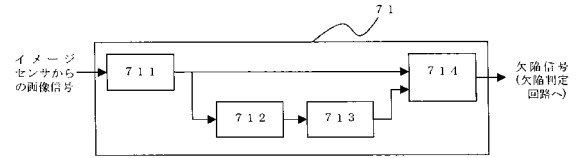
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-344306(JP,A)
国際公開第2004/040281(WO,A1)
特開2003-262595(JP,A)
特開2003-295118(JP,A)
特開平08-128918(JP,A)
特開平07-248211(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/84 - 21/958
G01M 11/00
G01B 11/00 - 11/30
G02B 5/30
G02B 21/06
G02F 1/13
G09F 9/00
H01J 9/42
H01J 11/02
H01L 21/64 - 21/66
H04N 7/18