

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4611663号  
(P4611663)

(45) 発行日 平成23年1月12日 (2011. 1. 12)

(24) 登録日 平成22年10月22日 (2010. 10. 22)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

G O 1 B 11/00 (2006. 01)

G O 6 T 1/00 (2006. 01)

H O 1 L 21/66 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 O 2 V

H O 1 L 21/30 5 2 5 W

G O 3 F 7/20 5 2 1

G O 1 B 11/00 H

G O 6 T 1/00 3 O 5 C

請求項の数 6 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-138913 (P2004-138913)  
 (22) 出願日 平成16年5月7日 (2004. 5. 7)  
 (65) 公開番号 特開2005-322748 (P2005-322748A)  
 (43) 公開日 平成17年11月17日 (2005. 11. 17)  
 審査請求日 平成18年8月22日 (2006. 8. 22)

(73) 特許権者 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2 4 番 1 4 号  
 (74) 代理人 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (74) 代理人 100068504  
 弁理士 小川 勝男  
 (72) 発明者 鈴木 高彦  
 東京都渋谷区東3 丁目1 6 番 3 号  
 日立ハイテク電子エ  
 ンジニアリング株式会社内  
 (72) 発明者 田部井 孝和  
 東京都渋谷区東3 丁目1 6 番 3 号  
 日立ハイテク電子エ  
 ンジニアリング株式会社内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 重ね合わせ誤差測定方法、重ね合わせ誤差測定装置、及び半導体デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体ウェーハ上に形成されたパターンの像の画像信号を検出し、画像信号の波形の仮想中心位置から左右等しい距離にある画像信号の差の二乗を積算する対称性評価関数の値を算出し、対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置をパターンの中心位置として検出し、パターンの中心位置のずれ量を求める重ね合わせ誤差測定方法であって、

対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、前記画像信号の波形の仮想中心位置から左右等しい距離にある画像信号の差の二乗の積算範囲を設定することを特徴とする重ね合わせ誤差測定方法。

【請求項 2】

照明光を発生する光源と、

前記光源が発生した照明光を半導体ウェーハの表面へ照射する投光系と、

半導体ウェーハの表面からの反射光を受光する受光系と、

前記受光系で受光した光の強度から半導体ウェーハ上に形成されたパターンの像の画像信号を検出する画像信号検出手段と、

前記画像信号検出手段が検出した画像信号の波形の仮想中心位置から左右等しい距離にある画像信号の差の二乗を積算する対称性評価関数の値を算出する処理と、

対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置をパターンの中心位置として検出する処理と、

パターンの中心位置のずれ量を求める処理とを行う画像信号処理手段とを備えた重ね合

わせ誤差測定装置であって、

前記画像信号処理手段は、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、前記画像信号の波形の仮想中心位置から左右等しい距離にある画像信号の差の二乗の積算範囲を設定することを特徴とする重ね合わせ誤差測定装置。

【請求項 3】

受光系のフォーカス位置を調整して半導体ウェーハ上に形成されたパターンの像の画像信号を検出し、画像信号の波形の仮想中心位置から左右等しい距離にある画像信号の差の二乗を積算する対称性評価関数の値を算出し、対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置をパターンの中心位置として検出し、パターンの中心位置のずれ量を求める重ね合わせ誤差測定方法であって、

10

受光系のフォーカス位置に応じて対称性評価関数の極小値を正規化し、正規化した極小値が最も小さくなるように、受光系フォーカス位置を調整することを特徴とする重ね合わせ誤差測定方法。

【請求項 4】

照明光を発生する光源と、

前記光源が発生した照明光を半導体ウェーハの表面へ照射する投光系と、

半導体ウェーハの表面からの反射光を受光する受光系と、

前記受光系のフォーカス位置を調整するフォーカス調整手段と、

前記受光系で受光した光の強度から半導体ウェーハ上に形成されたパターンの像の画像信号を検出する画像信号検出手段と、

20

前記画像信号検出手段が検出した画像信号の波形の仮想中心位置から左右等しい距離にある画像信号の差の二乗を積算する対称性評価関数の値を算出する処理と、

対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置をパターンの中心位置として検出する処理と、

パターンの中心位置のずれ量を求める処理とを行う画像信号処理手段とを備えた重ね合わせ誤差測定装置であって、

前記画像信号処理手段は、前記受光系のフォーカス位置に応じて対称性評価関数の極小値を正規化し、

前記フォーカス調整手段は、正規化した対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、

30

前記受光系のフォーカス位置を調整することを特徴とする重ね合わせ誤差測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 又は請求項 3 に記載の重ね合わせ誤差測定方法を用いて、パターンの重ね合わせ精度を検査することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項 6】

請求項 2 又は請求項 4 に記載の重ね合わせ誤差測定装置を用いて、パターンの重ね合わせ精度を検査することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、半導体デバイスの製造工程で半導体ウェーハ上に形成されたパターンの重ね合わせ誤差を測定する重ね合わせ誤差測定方法、重ね合わせ誤差測定装置、及びそれらを用いた半導体デバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

IC、LSI等の半導体デバイスの製造工程では、いわゆるフォトリソグラフィ技術により、回路パターンを形成している。フォトリソグラフィ技術では、縮小投影露光装置を用いて、レチクルやフォトマスクに形成されたパターンを、感光材料（レジスト）を塗布した半導体ウェーハ上に転写する。そして、現像処理によってレジストパターンを形成し、さらに、このレジストパターンをマスクとしてドライエッチングにより回路パター

50

ンを形成する。半導体デバイスを半導体ウェーハ上に構成するためには、このような回路パターンの形成を20回～30回程度繰り返す必要がある。

【0003】

半導体デバイスの回路パターンの重ね合わせ精度は、SIA (Semiconductor Industry Association) Roadmap 2000年の表1「Product Critical Level Lithography Requirements」に示されているような精度が要求される。

【0004】

一般に、回路パターンの重ね合わせ精度の検査は、半導体デバイスの製造工程で回路パターンの他に測定用パターンを形成し、重ね合わせ誤差測定装置を用いてこの測定用パターンの重ね合わせ誤差を測定することにより行われている。重ね合わせ誤差測定装置は、測定用パターンの像の画像信号を検出し、検出した画像信号を処理して測定用パターンの中心位置を検出し、測定用パターンの中心位置のずれ量を求めるものである。

10

【0005】

パターンの像の画像信号からパターンの中心位置を検出する手法として、特許文献1に記載の対称性マッチング法が知られている。対称性マッチング法では、画像信号の波形の仮想中心位置から左右等しい距離にある画像信号の差の二乗を積算する対称性評価関数を用い、仮想中心位置を変化させながら対称性評価関数の値を算出して、対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置をパターンの中心位置として検出する。

20

【特許文献1】特開平6-151274号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般に、対称性マッチング法では、対称性評価関数の積算範囲を広くする程、データ量が多くなり安定した検出を行うことができる。しかしながら、測定対象のパターンの段差に非対称性が有ると、画像信号の波形が非対称となるため、対称性評価関数の形状に歪みが生じ、測定誤差が発生するという問題があった。

【0007】

これに対し、特許文献1には、画像信号の波形が非対称的になっている領域を求め、この領域を除いた対称性の良い領域を局所的な区間として積算範囲とする技術が開示されている。しかしながら、画像信号の波形が非対称的になっている領域を求めるためには、画像信号の極大点、極小点、変曲点等の特徴点を検出して比較する複雑な処理が必要となる。

30

【0008】

本発明の課題は、対称性マッチング法を用い、簡単な処理でパターンの段差の非対称性の影響を除去して、パターンの重ね合わせ誤差を精度良く測定することである。また、本発明の課題は、パターンの重ね合わせ精度を向上して、高品質な半導体デバイスを製造することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の第1の特徴は、対称性マッチング法において、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、対称性評価関数の積算範囲を設定することである。

40

【0010】

また、本発明の第2の特徴は、対称性マッチング法において、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、受光系のフォーカス位置を調整することである。このとき、受光系のフォーカス位置が合焦点位置に近い程、受光系で受光する光の強度が強くなり、パターンの像の画像信号が大きくなるので、受光系のフォーカス位置に応じて対称性評価関数の極小値を正規化する。

【0011】

従来、対称性マッチング法では、対称性評価関数の値が極小となる位置が重要であって

50

、極小値の大きさ自体は重要視されていなかった。本発明では、対称性評価関数の極小値の大きさに着目した。パターンの段差がほぼ対称であると、画像信号の波形がほぼ対称となるため、対称性評価関数の極小値は零に近くなる。一方、パターンの段差に非対称性があると、画像信号の波形が非対称となるため、対称性評価関数の極小値は大きくなる。本発明では、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、対称性評価関数の積算範囲を設定し、または受光系のフォーカス位置を調整する。これにより、パターンの段差の非対称性の影響が最も除去されて、検出される中心位置が真の値に近づく。画像信号の波形が非対称的になっている領域を求める複雑な処理は、必要ない。

【 0 0 1 2 】

本発明の半導体デバイスの製造方法は、上記のいずれかの特徴を備えた重ね合わせ誤差測定方法又は重ね合わせ誤差測定装置を用いて、パターンの重ね合わせ精度を検査するものである。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、対称性評価関数の積算範囲を設定することにより、簡単な処理でパターンの段差の非対称性の影響を除去して、パターンの重ね合わせ誤差を精度良く測定することができる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明によれば、受光系のフォーカス位置に応じて対称性評価関数の極小値を正規化し、正規化した極小値が最も小さくなるように、受光系のフォーカス位置を調整することにより、簡単な処理でパターンの段差の非対称性の影響を除去して、パターンの重ね合わせ誤差を精度良く測定することができる。

【 0 0 1 5 】

本発明の半導体デバイスの製造方法によれば、パターンの重ね合わせ精度を向上して、高品質な半導体デバイスを製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 6 】

図 1 は、本発明の一実施の形態による重ね合わせ誤差測定装置の概略構成を示す図である。重ね合わせ誤差測定装置は、チャック 10、ステージ 11、光源 20、投光系、受光系、検出器 32、33、画像信号処理回路 40、制御装置 50、及びステージ駆動回路 60 を含んで構成されている。

【 0 0 1 7 】

表面に測定用パターンが形成された半導体ウェーハ 1 が、チャック 10 上に固定されている。ステージ 11 は、チャック 10 を搭載しながら、XY 方向へ移動し、方向に回転し、また Z 軸方向に移動する。ステージ駆動回路 60 は、制御装置 50 の制御により、ステージ 11 を駆動する。ステージ 11 の XY 方向への移動及び方向への回転によって、半導体ウェーハ 1 上の測定用マークの位置決めが行われる。また、ステージ 11 の Z 軸方向への移動によって、受光系のフォーカス位置が調整される。

【 0 0 1 8 】

なお、ステージ 11 により半導体ウェーハ 1 を移動する代わりに、受光系を移動させることによって、測定用マークの位置決め及び受光系のフォーカス位置の調整を行ってもよい。

【 0 0 1 9 】

光源 20 は、例えば水銀ランプ等から成り、照明光を発生する。投光系は、ライトガイド 21、照明用開口絞り 22、照明用リレーレンズ 23、ハーフミラー 24、及び対物レンズ 25 を含んで構成されている。光源 20 から発生した照明光は、ライトガイド 21、照明用開口絞り 22、照明用リレーレンズ 23 を通り、ハーフミラー 24 で反射されて、対物レンズ 25 から半導体ウェーハ 1 の表面へ照射される。

【 0 0 2 0 】

受光系は、対物レンズ 25、ハーフミラー 24、結像レンズ 30、及びハーフミラー 3

10

20

30

40

50

１を含んで構成されている。半導体ウェーハ１の表面からの反射光は、対物レンズ２５で集光され、ハーフミラー２４を透過した後、結像レンズ３０を通過して、ハーフミラー３１へ入射する。

【００２１】

ハーフミラー３１へ入射した反射光の約半分は、ハーフミラー３１を透過して検出器３２の受光面で結像する。ハーフミラー３１へ入射した反射光の残り約半分は、ハーフミラー３１で反射されて検出器３３の受光面で結像する。検出器３２、３３は、ＣＣＤラインセンサーから成り、一方はＸ方向、他方はＹ方向に複数の画素が配列されている。検出器３２、３３は、受光面で受光した光の強度に応じた画像信号を画像信号処理回路４０へ出力する。

10

【００２２】

なお、検出器３２、３３の代わりに２次元のエリアセンサーを用いてもよく、その場合、ハーフミラー３１は不要である。

【００２３】

画像信号処理回路４０は、Ａ／Ｄ変換器、画像メモリ、ディジタル信号処理装置（ＤＰＳ）等を含んで構成されている。画像信号処理回路４０は、検出器３２、３３からの画像信号をディジタル信号に変換した後、対称性評価関数の値を算出する処理と、対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置を測定用パターンの中心位置として検出する処理と、測定用パターンの中心位置のずれ量を求める処理とを行う。

【００２４】

20

まず、画像信号処理回路４０のこれらの処理について説明する。図２（ａ）は測定用パターンの一例の断面図、図２（ｂ）は測定用パターンの像の画像信号の一例を示す図である。一般に、測定用パターンは、エッチングパターンとレジストパターンとで構成されている。図２（ａ）はこれらのうちレジストパターンの例を示しており、半導体ウェーハの表面に形成された膜２の上に、２つのレジストパターン３ａ、３ｂが形成されている。図２（ａ）の測定用パターンに対し、検出器３２は、一例として図２（ｂ）に示す画像信号を出力する。

【００２５】

図２（ｂ）に示す画像信号について、画像信号処理回路４０は、まず、仮想中心位置のＸ座標を変化させながら、対称性評価関数の値を算出する処理を行う。対称性評価関数は、画像信号の波形の仮想中心位置から左右等しい距離にある画像信号の差の二乗を積算するもので、その詳細は特許文献１に記載されている。図３は、算出された対称性評価関数の値の一例を示す図である。本例は、図２（ｂ）に示す画像信号について、積算範囲をＷ１に設定して対称性評価関数の値を算出した例を示している。

30

【００２６】

続いて、画像信号処理回路４０は、対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置をレジストパターン３ａ、３ｂの中心位置として検出する処理を行う。図３に示した例では、対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置のＸ座標Ｘ１を検出し、これを２つのレジストパターン３ａ、３ｂのＸ方向の中心位置とする。

【００２７】

40

画像信号処理回路４０は、エッチングパターンについても、同様にしてＸ方向の中心位置の検出を行う。そして、エッチングパターンの中心位置とレジストパターンの中心位置とのずれ量を求める処理を行って、Ｘ方向の重ね合わせ誤差を測定する。画像信号処理回路４０は、検出器３３が出力するＹ方向の画像信号についても同様の処理を行い、Ｙ方向の重ね合わせ誤差を測定する。

【００２８】

次に、本発明の第１の特徴について説明する。本発明の第１の特徴は、画像信号処理回路４０が、対称性評価関数の値を算出する処理において、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、対称性評価関数の積算範囲を設定することである。

【００２９】

50

ここで、対称性評価関数の極小値が最も小さくなる積算範囲は、例えば、複数の異なる積算範囲で対称性評価関数の値を算出し、その結果に基づいて決定する。以下、図2(b)に示す画像信号について、積算範囲をW1及びW2として対称性評価関数の値を算出した例について説明する。

#### 【0030】

図4は、対称性評価関数の値が極小となる部分を拡大して示した図であって、図4(a)は積算範囲をW1とした例、図4(b)は積算範囲をW2とした例である。図4(a)に示すように、積算範囲をW1とした例では、対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置のX座標はX1となり、極小値はほぼ零となった。一方、図4(b)に示すように、積算範囲をW2とした例では、対称性評価関数の値が極小となる仮想中心位置のX座標はX2となり、極小値が大きくなった。

10

#### 【0031】

これらの結果から、対称性評価関数の積算範囲をW1に設定すると、積算範囲をW2に設定する場合に比べ、対称性評価関数の極小値が小さくなるので、パターンの段差の非対称性の影響が少なくなる。従って、2つのレジストパターン3a, 3bのX方向の中心位置として検出されるX座標X1は、X2よりも、真の値に近いものとなる。

#### 【0032】

なお、以上説明した例では積算範囲をW1及びW2の2つとしていたが、本発明では、適当な範囲及び数の複数の積算範囲で対称性評価関数の値を算出し、その結果に基づいて積算範囲を決定すればよい。対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、対称性評価関数の積算範囲を設定することにより、パターンの段差の非対称性の影響が最も除去されて、検出される中心位置が真の値に近づく。

20

#### 【0033】

次に、本発明の第2の特徴について説明する。本発明の第2の特徴は、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、受光系のフォーカス位置を調整することである。このとき、受光系のフォーカス位置が合焦点位置に近い程、受光系で受光した光の強度が強くなり、パターンの像の画像信号が大きくなるので、受光系のフォーカス位置に応じて対称性評価関数の極小値を正規化する。

#### 【0034】

ここで、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるフォーカス位置は、例えば、複数の異なるフォーカス位置で測定用パターンの像の画像信号を検出し、各フォーカス位置で検出した画像信号について対称性評価関数の値を算出して決定する。図1に示した実施の形態において、ステージ駆動回路60は、制御回路50の制御により、ステージ11をZ軸方向へ駆動し、受光系のフォーカス位置を変化させる。検出器32, 33は、複数の異なるフォーカス位置で測定用パターンの像の画像信号を検出する。画像信号処理回路40は、各フォーカス位置で検出した画像信号について対称性評価関数の値を算出する処理を行い、フォーカス位置に応じて対称性評価関数の極小値を正規化する。

30

#### 【0035】

図5は、正規化した対称性評価関数の極小値のフォーカス位置による変化を示す図であって、図5(a)は測定用パターンの段差がほぼ対称の場合の例、図5(b)は測定用パターンの段差が非対称性を有する場合の例である。図5(a)に示すように、測定用パターンの段差がほぼ対称の場合、正規化した対称性評価関数の極小値はフォーカス位置によらずほぼ一定となる。一方、図5(b)に示すように、測定用パターンの段差が非対称性を有する場合、正規化した対称性評価関数の極小値はフォーカス位置によって変化する。

40

#### 【0036】

図5(b)に示す例では、フォーカス位置F1で、正規化した対称性評価関数の極小値が最も小さくなっており、パターンの段差の非対称性の影響が最も少なくなっている。従って、制御回路50によりステージ駆動回路60を制御してステージ11をZ軸方向へ駆動し、受光系のフォーカス位置をこの位置に調整することにより、パターンの段差の非対称性の影響が最も除去されて、検出される中心位置が真の値に近づく。

50

## 【 0 0 3 7 】

なお、正規化した対称性評価関数の極小値が最も小さくなるフォーカス位置は、合焦点位置と一致するとは限らない。本発明では、合焦点位置に関係なく、正規化した対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、受光系のフォーカス位置を決定すればよい。

## 【 0 0 3 8 】

以上説明した実施の形態によれば、画像信号処理回路 4 0 が、対称性評価関数の極小値が最も小さくなるように、対称性評価関数の積算範囲を設定することにより、簡単な処理でパターンの段差の非対称性の影響を除去して、パターンの重ね合わせ誤差を精度良く測定することができる。

## 【 0 0 3 9 】

10

また、以上説明した実施の形態によれば、画像信号処理回路 4 0 が、受光系のフォーカス位置に応じて対称性評価関数の極小値を正規化し、制御回路 5 0、ステージ駆動回路 6 0 及びステージ 1 1 からなるフォーカス調整手段が、正規化した極小値が最も小さくなるように、受光系のフォーカス位置を調整することにより、簡単な処理でパターンの段差の非対称性の影響を除去して、パターンの重ね合わせ誤差を精度良く測定することができる。

## 【 0 0 4 0 】

本発明の重ね合わせ誤差測定方法又は重ね合わせ誤差測定装置を用いて、パターンの重ね合わせ精度を検査することにより、パターンの重ね合わせ精度を向上して、高品質な半

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 4 1 】

【図 1】本発明の一実施の形態による重ね合わせ誤差測定装置の概略構成を示す図である。

【図 2】図 2 ( a ) は測定用パターンの一例の断面図、図 2 ( b ) は測定用パターンの像の画像信号の一例を示す図である。

【図 3】算出された対称性評価関数の値の一例を示す図である。

【図 4】対称性評価関数の値が極小となる部分を拡大して示した図であって、図 4 ( a ) は積算範囲を W 1 とした例、図 4 ( b ) は積算範囲を W 2 とした例である。

【図 5】正規化した対称性評価関数の極小値のフォーカス位置による変化を示す図であって、図 5 ( a ) は測定用パターンの段差がほぼ対称の場合の例、図 5 ( b ) は測定用パターンの段差が非対称性を有する場合の例である。

30

## 【符号の説明】

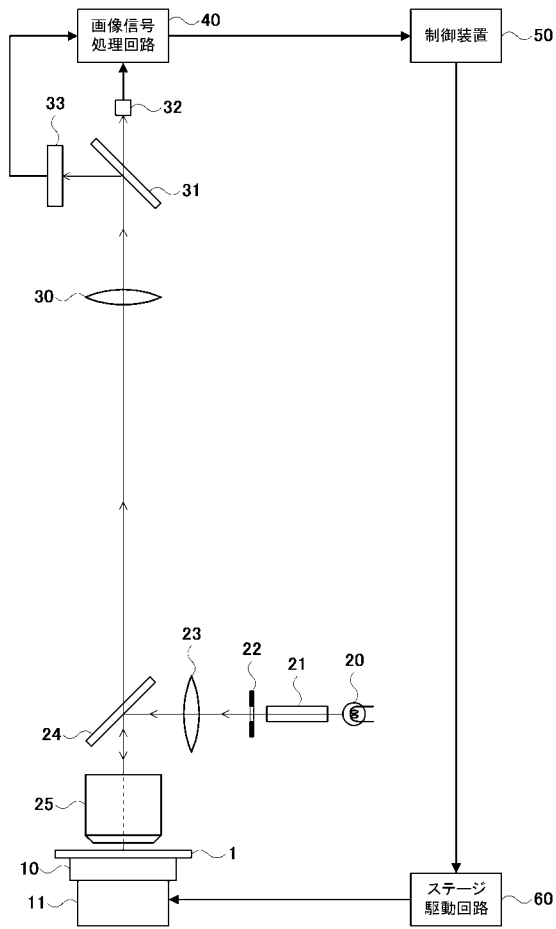
## 【 0 0 4 2 】

- 1 半導体ウェーハ
- 2 膜
- 3 a , 3 b レジストパターン
- 1 0 チャック
- 1 1 ステージ
- 2 0 光源
- 2 1 ライトガイド
- 2 2 照明用開口絞り
- 2 3 照明用リレーレンズ
- 2 4 , 3 1 ハーフミラー
- 2 5 対物レンズ
- 3 0 結像レンズ
- 3 2 , 3 3 検出器
- 4 0 画像信号処理回路
- 5 0 制御装置
- 6 0 ステージ駆動回路

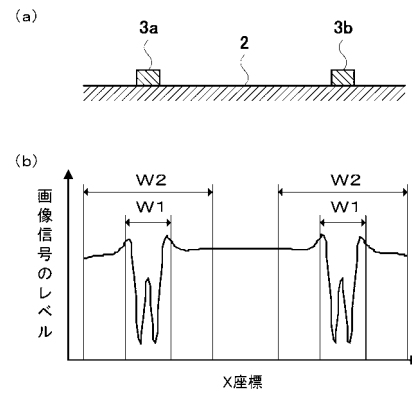
40

50

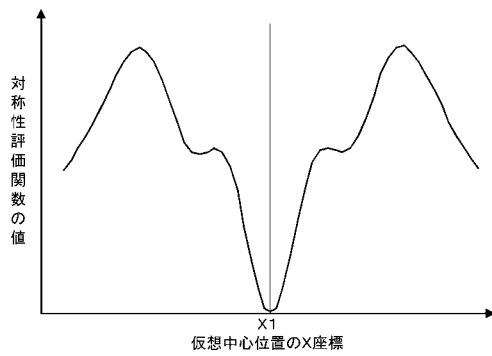
【図 1】



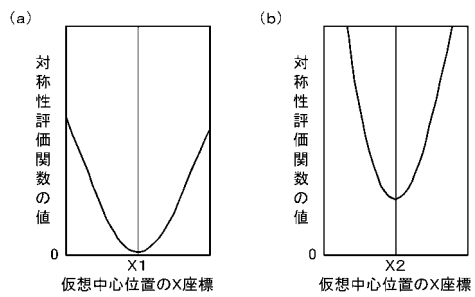
【図 2】



【図 3】

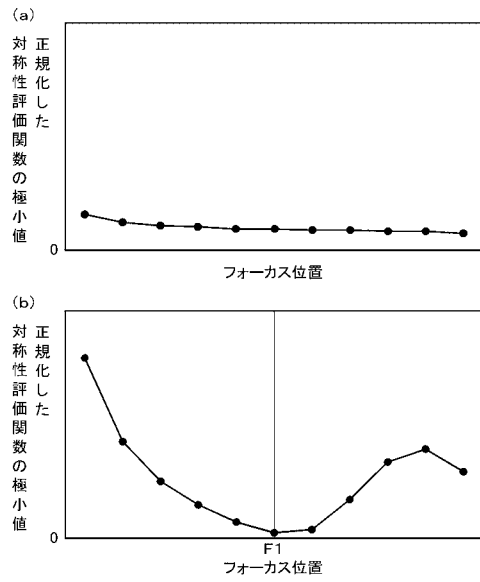


【図 4】





## 【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 1 L 21/66

P

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特開昭 6 3 - 1 4 7 2 8 1 ( J P , A )  
 特開昭 6 1 - 2 7 8 1 3 6 ( J P , A )  
 特開昭 6 1 - 2 3 6 1 1 7 ( J P , A )  
 特開平 0 8 - 0 6 4 5 0 0 ( J P , A )  
 特開昭 6 1 - 1 0 8 1 3 3 ( J P , A )  
 特開平 1 0 - 0 7 0 0 6 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L	2 1 / 0 2 7		
H 0 1 L	2 1 / 6 4	-	2 1 / 6 6
G 0 1 B	1 1 / 0 0	-	1 1 / 3 0
G 0 6 T	1 / 0 0	-	1 / 4 0
G 0 6 T	3 / 0 0	-	5 / 5 0
G 0 6 T	9 / 0 0	-	9 / 4 0