

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4846888号
(P4846888)

(45) 発行日 平成23年12月28日 (2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日 (2011.10.21)

(51) Int. Cl.	F I
G03F 9/00 (2006.01)	G03F 9/00 H
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 525W

請求項の数 3 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願平11-328055	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成11年11月18日 (1999.11.18)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2000-228356 (P2000-228356A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成12年8月15日 (2000.8.15)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成18年11月20日 (2006.11.20)		弁理士 高梨 幸雄
審判番号	不服2010-8230 (P2010-8230/J1)	(72) 発明者	稲 秀樹
審判請求日	平成22年4月19日 (2010.4.19)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
(31) 優先権主張番号	特願平10-356940		ヤノン株式会社内
(32) 優先日	平成10年12月1日 (1998.12.1)	(72) 発明者	長谷川 雅宣
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		(72) 発明者	佐藤 隆史
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置合わせ方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1物体のパターンでレジストが塗布された第2物体を露光する露光装置の前記第1物体と前記第2物体との位置合わせ方法において、

レジスト塗布後の前記第2物体上のアライメントマークの像を前記露光装置のアライメントスコープで検出して得られる検出信号のアライメントオフセット値を取得するステップと、

前記アライメントオフセット値を用いて、前記第1物体とレジストが塗布された前記第2物体との位置を合わせるステップと、を有し、

前記アライメントオフセット値を取得するステップは、
レジスト塗布前の前記アライメントマークの表面形状を計測する第1計測ステップと、レジスト塗布後の前記アライメントマーク上の前記レジストの表面形状を計測する第2計測ステップと、

前記アライメントマークの表面形状の計測値と前記レジストの表面形状の計測値とを用いて前記検出信号をシミュレートし、該シミュレートの信号が、レジスト塗布後の前記アライメントマークの像を前記露光装置のアライメントスコープで実際に検出して得られた信号に合うように、前記アライメントマークの表面形状と前記レジストの表面形状との相対位置を決定するステップと、

前記アライメントオフセット値が前記アライメントマークのどの位置に対して発生するかを予め定義するステップと、

10

20

該決定された相対位置において、該定義された前記アライメントマークの位置を基準として前記検出信号の前記アライメントオフセット値を取得するステップと
を含む

ことを特徴とする位置合わせ方法。

【請求項 2】

前記表面形状は、前記露光装置外のアナライザーによって計測されることを特徴とする請求項 1 記載の位置合わせ方法。

【請求項 3】

前記表面形状は、A F Mによって計測されることを特徴とする請求項 1 記載の位置合わせ方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は例えば半導体製造用の露光装置において第 1 物体のレチクル面上に形成されている IC, LSI, VLSI 等の微細な電子回路パターンと第 2 物体のウェハーの相対的な位置合わせ（アライメント）を行う為の位置合わせ方法に関するものである。本発明は特にウェハープロセス誤差である WIS (Wafer Induced shift) を発生しうる状況においてアライメントを行う必要のある位置合わせ方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体製造用の投影露光装置には、集積回路の高密度化に伴いレチクル面上の回路パターンをウェハー面上により高い解像力で投影露光することが要求されている。回路パターンの投影解像力を向上させる手段としては、露光光の波長を固定して投影光学系の NA を大きくしたり、露光光をより短波長化、例えば g 線から i 線、i 線からエキシマレーザーの発振波長へと移行する露光法がとられている。

【0003】

一方、回路パターンの微細化に伴い電子回路パターンの形成されているレチクルとウェハーの高精度アライメントに対する要求もますます厳しくなっている。

【0004】

レチクルとウェハーの位置合わせにはウェハー面上に塗布されたレジストを感光させる露光光を使用する場合と、感光させない非露光光、例えば He-Ne レーザーの発振波長である 633nm を使用する場合とがあるが、現状の実用化されているアライメントの使用波長は、非露光光がほとんどである。これは非露光光が半導体製造プロセスに影響されにくい、特にレジストの透過率が高い為、ウェハーマークをレジスト特性に関係なく観察できるというメリットを持っているためである。

【0005】

本出願人からも、非露光光を用いた位置合わせ装置の出願が、例えば特開昭 63-32303 号公報や特開平 2-130908 号公報等で提案され、実際に製品化されて効果が確認されている。

【0006】

前記、従来公知のアライメント技術は非露光光 TTL (Through The Lens) Offaxis 方式と呼ばれ、レチクルパターンをウェハー上に転写投影する投影光学系に非露光光を通したとき発生する色収差をアライメント光学系で補正している。

【0007】

また、現在実際に使用されているアライメント方法のほとんどは、ウェハー上のアライメントマークの光学像を CCD カメラ等の撮像素子上に結像して得られる電気信号を画像処理し、ウェハー位置を検出する方法である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

尚、露光装置として通称ステッパーと呼ばれているもの、スキャナーと呼ばれているものが存在するが、以下ステッパーで代表して説明する。

10

20

30

40

50

【0009】

前述の画像処理を使用した非露光光TTL Offaxis方式はi 線ステッパーには使用されているが、エキシマレーザを光源とするエキシマステッパには採用されていない。採用されない理由は、エキシマステッパの投影光学系の場合、非露光光、例えばHe-Ne レーザ発振波長である633nm で発生する投影光学系の色収差が非常に大きく、アライメント光学系での補正を高NAで実施することができないからである。

【0010】

このためエキシマステッパにおいては、前述の非露光光TTL Offaxis方式に代わり、投影光学系を通さず別個のOffaxis顕微鏡を設け、非露光波長で観察を行う非露光光Offaxis方式の画像処理方式の検出系がほとんどである。

10

【0011】

非露光光Offaxis方式は投影光学系を通らない方式、即ちTTL ではなくnon-TTL Offaxis方式であるため、Offaxis顕微鏡と投影光学系との距離、いわゆるベースラインの変動が精度劣化の要因となる。

【0012】

ベースラインの変動を抑え、高精度アライメントを達成するため、非露光Offaxis方式では熱的に影響されにくい部材を使用したり、頻繁にベースライン補正を行なうことが必要とされる。

【0013】

また、エキシマステッパにおける非露光光TTL Offaxis方式では、画像処理方式以外のものも採用されている。画像処理以外の方式は照明光を検出せず、限られた回折光の光のみ使用する暗視野検出方式のもので、ヘテロダイン検出と呼ばれる方式も当てはまる。

20

【0014】

限られた回折光を検出する非露光光TTL Offaxis方式は本出願人からも既に提案されている。この方式はベースラインが短い為、TTL でない非露光光Offaxis方式の欠点は解消しているが、暗視野検出の為、明視野検出に比較すると検出率に問題が存在する。

【0015】

現状の製造においては、上記の画像処理方式、画像処理方式以外の検出方式それぞれの短所、長所をプロセスに応じて見極めて選択し、使用する事で、要求される高精度の位置合わせを可能としている。

30

【0016】

しかしながら、現在要求されているアライメントのさらなる高精度の要求に対しては、前述の二方式を用いても、半導体プロセスの誤差に対してまだ解決されない問題が存在する。

【0017】

最も大きな問題は、プロセスによりアライメントマーク形状が非対称になる事に対する対応がなされていない点である。

【0018】

一例としてはメタルCMP(Chemical Mechanical Polishing) 工程等における平坦化プロセスを挙げることができる。該CMP 工程ではアライメントマークの構造が非対称となり、グローバルアライメントにおいて、図21に示す回転エラーや、図22に示す倍率エラーが発生し、精度が低下することが大きな問題となっている。

40

【0019】

平坦化プロセスによるウエハのアライメントマークの構造の歪は、暗視野検出方式の方に誤差として大きく発生しやすく、精度低下の原因となる。従ってベースラインの安定性を画像処理方式以外の非露光光TTL Offaxis方式で達成しても、プロセス敏感度が高い事で、実際には使用されているケースが少ないのが現実である。

【0020】

さらに、ICの微細化の要求に対応するには、アライメントを含めたトータルオーバーレー精度の向上が重要である。特に最近ではレチクルパターンをウエハに転写する際の投影

50

光学系のディストーションが注目を集めている。

【0021】

特に問題なのは、投影光学系の残収差、特にコマ収差により露光における各種照明モードやパターン形状によりディストーションが変わることである。従来ディストーションは、光束の主光線が像面のどこに入射するかによって定義され、NAによらない収差とされてきた。しかしながら、実際の像は照明系の不均一性や、投影光学系のコマ収差の影響で、NAによって非対称性が異なる。主光線はNAを変えてもずれないので従来の定義ではディストーションは変化しないのに、実際の像はズレるという現象が、トータルオーバーレー精度を劣化させる原因となっていた。

【0022】

本発明で取り扱うディストーションは光束の主光線が像面のどこに入射するかという旧来のディストーションの定義とは異なった、NAに伴う非対称性まで考慮した実用的な意味でのディストーションである。以降、本明細書でディストーションと呼ぶのは後者のNAに伴う非対称性まで考慮したディストーションで、旧来の定義のディストーションとは異なるものとする。また特に旧来の定義のディストーションを参照する時には旧ディストーションという言葉を使用することとする。

【0023】

NAに伴う非対称性まで考慮したディストーションは照明系の不均一性や、投影光学系のコマ収差に起因するだけでなく、ウエハー上に形成するパターン形状からも影響を受ける。回折光の強度分布がパターン形状により異なるため、回折光に対し、コマ収差や照明系の不均一性の影響の与え方が異なるのがその原因である。

【0024】

また現在、実際にディストーションを計測するのは重ね合せ検査装置と呼ばれているもので、計測原理は明視野照明で画像処理を行う形式が殆どである。計測するパターンは10～20 μm 角と大きく、該計測パターンの光学像をCCD カメラ等の光電変換素子上に形成して各種画像処理でパターンの位置を検出し、ディストーションを求めている。

【0025】

計測すべきディストーションは前述のNAに伴う非対称性まで考慮したディストーションであり、現在、実際に半導体の製造で重ね合せ精度を必要とするパターンはサブミクロンのパターンであるべきである。従ってパターン形状の影響を考えると、現状の重ね合せ検査装置で使用している10 μm 角付近のパターンでディストーションを求めても、実際に必要としている値を求めていることにならない。

【0026】

実際に即したディストーションを求めるためには、既にいくつかの工夫が提案されている。

【0027】

例えば10 μm 角のパターンの外側に0.5 μm のラインアンドスペースの線を3本配置する方式も工夫の一つである。光学的な重ね合せ検査装置では0.5 μm の線1本の分離検出はできないが、3本まとめて検出すれば位置ずれ量を検出することができる。また、露光量を変化させて0.5 μm の1本の解像、非解像の現象を利用して計測する方法も提案されている。

【0028】

しかしながら、NAに伴う非対称性まで考慮したディストーションはパターン形状に依存するため、0.5 μm ラインアンドスペースの3本線の計測だけで、ディストーションの値を代表することはできない。特にコンタクトホールのような0.35 μm 角のディストーションの特性等とは大きな差が発生したりするため、上述の工夫も決して完全な方法とは言えない。

【0029】

また現状の光学的な計測方法で、0.35 μm 線幅以下の細かいパターンを解像することができないのも大きな問題となっている。

10

20

30

40

50

【0030】

本発明は、上述従来例に鑑み、より正確な位置合わせを可能とする位置合わせ方法を提供することを目的とする。

【0031】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明の位置合わせ方法は、第1物体のパターンでレジストが塗布された第2物体を露光する露光装置の前記第1物体と前記第2物体との位置合わせ方法において、レジスト塗布後の前記第2物体上のアライメントマークの像を前記露光装置のアライメントスコープで検出して得られる検出信号のアライメントオフセット値を取得するステップと、

10

前記アライメントオフセット値を用いて、前記第1物体とレジストが塗布された前記第2物体との位置を合わせるステップと、を有し、

前記アライメントオフセット値を取得するステップは、レジスト塗布前の前記アライメントマークの表面形状を計測する第1計測ステップと、レジスト塗布後の前記アライメントマーク上の前記レジストの表面形状を計測する第2計測ステップと、

前記アライメントマークの表面形状の計測値と前記レジストの表面形状の計測値とを用いて前記検出信号をシミュレートし、該シミュレートの信号が、レジスト塗布後の前記アライメントマークの像を前記露光装置のアライメントスコープで実際に検出して得られた信号に合うように、前記アライメントマークの表面形状と前記レジストの表面形状との相対位置を決定するステップと、

20

前記アライメントオフセット値が前記アライメントマークのどの位置に対して発生するかを予め定義するステップと、

該決定された相対位置において、該定義された前記アライメントマークの位置を基準として前記検出信号の前記アライメントオフセット値を取得するステップと
を含む

ことを特徴としている。

【0063】

【発明の実施の形態】

以下に述べる位置合わせ方法及び位置合わせ装置は上記TTL Offaxisとnon-TTL Offaxisを単独で用いた時の課題を解決すべくなされたもので、ウエハーとレチクルの相対的な位置合わせにおいて、ウエハーの位置検出をベースラインの安定性の高い非露光光TTL Offaxis方式の位置合わせ装置で検出するとともに、該TTL Offaxisで検出を行う以前に、ウエハー上のアライメントに使用するのと同じの複数のマークの形状を、前記位置合わせ装置を搭載した露光装置以外の装置で事前に計測し、前記複数のマーク間のオフセットを求めておく。

30

【0064】

事前計測においてはレジスト塗布前と後の表面形状を例えばAFM等により計測し、レジストとウエハー上のアライメントマークとの3次元的な相対位置関係を、前記位置合わせ装置の検出系の信号に合う様にオフセットとして算出する。算出されたオフセット値を使用して露光装置側で位置合わせを行えば、前述のプロセスによるアライメントマーク形状の非対称性による精度劣化を解消することができる。

40

【0065】

また、以下に述べる位置合わせ方法及び位置合わせ装置を用いた露光装置では、トータルオーバーレー精度を向上させるため、レチクルとウエハーの相対位置合わせを行う位置合わせ検出系を持ち、該検出系によりウエハー上のアライメントマークを検出する時、予め該検出より前にウエハー上の複数のパターンあるいはマークの形状を露光装置内または外において光を利用しない原子間力顕微鏡AFM等の計測系で計測して事前に決定し、該複数のパターンあるいはマーク間の相対位置関係をオフセット量として使用する。

【0066】

50

該複数のパターンあるいはマークとは半導体製造上で重ね合せ精度を最も必要とする複数の形状のパターンと、アライメントマークと、重ね合せ検査装置用マーク等のことを意味している。予め得られた計測から得られるオフセット値を利用して、レチクルとウェハーの重ね合せ、露光を行うとともに、ウェハーを現像後、重ね合せ検査装置で検査する時も、前記オフセット値を反映した重ね合せ結果として判断を行うことにより、高精度なトータルオーバーレー精度を達成することができる。

【0067】

また、接触式プロファイラー、AFM等のサンプルに接触する方式における形状計測時、特にレジスト表面の形状計測において、サンプルにかかる力が大きく、かつ常にサンプル面に一定力を加えながらサンプル面をトレースするような計測モードでは、サンプル表面にキズが付いたり、剥れる等して形状が変化してしまうことがあり、正確な形状データが得られないばかりでなく、後のアライメント検出系による計測値にも影響を及ぼす恐れがあるが、以下に述べる形状計測器は、サンプル表面をトレースする探針が高速に断続的に上下し、尚且つ、サンプルにかかる力が50nN以下と小さいため、レジスト表面に変化を及ぼす事がなく、正確な計測を可能とする。

【0068】

また、レジスト無しの表面形状計測においても、常にサンプル面に一定力を加えながらサンプル面をトレースするような計測モードでは、表面と探針との摩擦力が変化すると形状データに影響を与える場合があるが、以下に述べる形状計測器は、サンプル表面をトレースする探針が高速に断続的に上下する方式であるので、水平方向の摩擦力を生じる事がなく、正確な形状データを得ることができる。

【0069】

図1は本発明の実施形態1の位置合わせ装置を適用した露光装置におけるウェハーの位置情報の流れを示した図である。

【0070】

なお、以下の説明では露光装置をステッパー、露光装置に搭載されている位置合わせ装置の位置合わせ検出系をアライメントスコープとし、該位置合わせ装置外において、ウェハーを事前計測する装置をオフセットアナライザーと呼ぶこととする。オフセットアナライザーではレジスト塗布前後の表面形状を計測し、計測したレジストとウェハーマークの3次元的な相対位置関係から位置合わせ装置の位置合わせ検出系の信号に合う様にオフセットを算出する。

【0071】

オフセットアナライザーの検出には勿論光学式のものも用いることができるが、特許公報2735632号公報に示した様な走査型トンネル顕微鏡や、特開平5-217861号公報に示されている様な原子間力顕微鏡(AFM)等の分解能の高い方式を用いることもできる。AFM等の検出は従来露光装置に組み込まれた形での実施形態も知られているが、本実施形態では、以下、分解能の高いことを利用したAFMを用いた形態を代表とする。

【0072】

次いで図1のウェハーと情報の流れについて説明する。

【0073】

ウェハーWはまず丸1で示す様に、レジストを塗布する前にオフセットアナライザーOAに運ばれ、塗布前のウェハー上のアライメントマークの形状(表面形状)をAFMで計測する(第1計測ステップ)。

【0074】

次に丸2でウェハーはコーターCTに運ばれてレジストが塗布され、丸3で再度オフセットアナライザーOAに運ばれてアライメントマーク上のレジスト形状(レジストの表面形状)を再びAFMで計測する(第2計測ステップ)。

【0075】

ウェハーは次に丸4でステッパーSTに運ばれてアライメントスコープによりアライメントマークの信号が検出され、丸5でステッパーSTからアライメントマークの信号情報をオ

10

20

30

40

50

フセットアナライザー0Aに送る。

【0076】

続く丸6では、予めオフセットアナライザー0Aでレジスト塗布前後で求めたレジストとウエハーマークとの3次元的な相対位置関係より、アライメントスコープにより得られたアライメントマーク信号とウエハーマーク位置との関係を求めてアライメント計測のオフセット（アライメントオフセット値）を算出し、ステッパーSTに送る。ステッパーSTでは送られてきたオフセットをもとにアライメントして露光を行ない、全てのショットの露光終了後、ウエハーは現像のためデベロッパーDVへ搬送される。現像後、いくつかの処理を経て回路を形成し、最終的に半導体デバイスを得る手法については周知の差、説明は省略する。

10

【0077】

ここでアライメント計測のオフセットはアライメントオフセット値のことである。

図2はオフセットアナライザーの構成を示したものである。

【0078】

オフセットアナライザーは、ウエハーを支持するチャック101、該チャック101を三次元的に移動させるXYZ ステージ102、レジスト有り/無しの状態で表面計測をするAFM103、オフセットアナライザー全体を制御し、かつ検出された表面形状からアライメントオフセットを算出するシミュレーターを所有したCPU104で構成されている。なお、図ではウエハー搬送系やウエハーの三次元位置検出系は不図示となっている。

【0079】

図3はTTL Offaxis方式をとった露光装置(ステッパーST)の構成を示したものである。

20

【0080】

同図においてアライメントスコープASは、ウエハー1上のアライメントマークAMを、感光しない光（非露光光）を用いてレチクルを透過せずに投影光学系を介して、検出する検出系である。ここで露光光とはウエハー上に塗布したホトレジストを感光させる光、例えばi線ステッパーなら超高圧Hgランプを光源としたi線（365nm）、エキシマレーザステッパーであればエキシマレーザ発振波長（248nmや193nm）のことをいう。

【0081】

20は照明系で、露光光で回路パターンが形成されているレチクル12を照明する。投影光学系13はレチクル12面上の回路パターンをウエハー1面上に、例えば五分之一に縮小投影する。

30

【0082】

アライメントスコープASの構成では、He-Neレーザ5から射出した光束6がファイバー7、照明系8を透過した後、ビームスプリッタ9で反射し、リレーレンズ10、対物レンズ11、投影光学系13を通してウエハー1のアライメントマークAMを照明する。

【0083】

アライメントマークAMの反射光は、照明した時とは逆に投影光学系13、対物レンズ11、リレーレンズ10を透過した後、今度はビームスプリッタ9を透過してエレクター15によりCCDカメラ16の撮像面17上にアライメントマークAMの像を形成する。

【0084】

アライメントマークAMの像はCCDカメラ16により光電変換され、回線を通じて演算手段であるコンピュータ51に入力される。コンピュータ51は入力信号をFFT（高速フーリエ変換）処理し、処理して得られた位相から、アライメントマークAMの位置を検出する。

40

【0085】

ウエハー1は、ウエハーチャック21上に置かれている。ウエハーチャック21は駆動手段であるθ-Zステージ22上に構成され、ウエハー1をチャック表面に吸着することにより、各種振動に対して、ウエハー1の位置がずれないようにしている。θ-Zステージ22はチルトステージ23の上に構成され、ウエハー1をフォーカス方向（投影光学系13の光軸方向）に上下動させる。

【0086】

50

チルトステージ23は、レーザ干渉計26で制御するX-Y ステージ18上に構成され、ウェハー1の反りが投影光学系13の像面に対し最小になるように補正する。また、チルトステージ23独自でフォーカス方向に駆動することも可能である。ウェハーのX-Y 方向の位置はチルトステージ23上に構成したパーミラー25とレーザー干渉計26によりモニターされ、X-Y ステージ18の駆動量に反映される。レーザー干渉計26は回線を通じてコンピュータ51にX-Y ステージ18の駆動量に関する計測値を転送する。

【0087】

露光を行うときには、フォーカス以外に投影光学系13の像面に対するショットの面の傾きも検出し、該検出結果を用いてチルトステージ23で傾きを含めたフォーカス状態を総合的に補正する。フォーカス計測系29及び30はウェハー1面のフォーカス測定後、回線を通じコンピュータ51に計測値を転送する。

10

【0088】

本実施形態はファーストマスク以外の工程で、アライメント計測終了後、オフセットアナライザーによる補正值(オフセット)を使用して、被計測対象であるウェハーのショット配列格子を表わすウェハー倍率、直交度、縮小倍率等を算出することを特徴としている。該算出値は露光装置内の不図示の記憶装置に記憶しておき、レチクル12面上の電子回路パターンをウェハー1に転写する際は、該算出値に基づいて位置合わせデータの補正を行い、ウェハーステージ21あるいはレチクルステージを駆動して、逐次露光を行う。

【0089】

本実施形態の特徴であるオフセットアナライザーは露光機であるステッパーとは別に構成されている。オフセットアナライザーは独立に動作させることが可能なため、ステッパーの露光を妨げないシーケンスでウェハー処理をコントロールすることができる。オフセットアナライザーは複数のステッパーに対して、複数個構成する事もできる。この時、オフセットアナライザーの数は必ずしもステッパーの数に等しい必要はない。又、後述する様にオフセットアナライザーはステッパーと別に構成せずにステッパー内に構成しても、スループットの問題を除き上述と同様の効果が得られる。

20

【0090】

図4は実際のアライメントマークの上をAFMで計測したデータである。図示した信号はレジストが設けられているもので、アライメントマークの構造は図5に示すメタルCMPと呼ばれてるプロセスで形成されたものである。

30

【0091】

図4のウェハーの左右と真中のショットでアライメントマークをAFMで計測したデータより、アライメントマークは真中のショットでの表面形状は対称であるが、左右のショットにおける表面形状は非対称で、かつ非対称性がウェハーの左右で反転している事が判る。

【0092】

次いでオフセットアナライザーにおいて、アライメントマークのレジスト無しと有りの形状からオフセットを算出するシミュレータについて説明する。

【0093】

シミュレータの市販品としては、例えばアメリカのEMFLEXやAvant!, Metropole (いずれも商品名)等を挙げることができる。

40

【0094】

シミュレータでは有限要素法を用いて光の伝搬に関するMaxwellの方程式をベクトル的に解き、アライメントマークからの光が、実際の構成でどのような信号となるかを求める事ができる。また、光学系の収差等も含めた実際の構成でのアライメントスコープによるアライメントマークの検出信号をシミュレートすることも可能である。

【0095】

Maxwellの方程式を解いて得られた信号から各種信号処理、例えば前述のFFT(高速フーリエ変換)処理を行い、得られた位相から、アライメントマークAMの位置を検出する。この信号処理は、実際のステッパーでの処理アルゴリズムと同じものにする必要がある。ここで得られた検出位置と、実際のアライメントマークの位置との差がオフセットとなる。

50

【0096】

また、オフセットアナライザーでの処理はFFT（高速フーリエ変換）のみに限られるものではなく、他の画像処理方式も採用可能である。

【0097】

高精度な位置合わせを行うには位置合わせのオフセットがアライメントマークのどこに対して発生するか定義する必要がある。特に図6の様にアライメントマークAMが非対称な構造を持っている場合、位置合わせを上部Tに対してか、下部Bに対してか、あるいはその平均かを予め決めて、オフセットアナライザーで処理する必要がある。

【0098】

オフセット情報は、上部T、下部B、平均値に各々対応して求めることができる。図7、図8、図9は実際の計算手法を示したものである。

10

【0099】

図7はレジストが無しでのアライメントマークの上部をAFMで計測したデータ、図8はレジストが有るときでのアライメントマークの上をAFMで計測したデータ、図9は上記図7、図8のレジスト無し／有の情報からアライメント信号をシミュレータで計算した信号を示す図である。信号のシミュレーションは明視野像に対して行っている。

【0100】

以上説明した様に、非露光光を使用したTTL Offaxis方式でアライメントマークを計測する時に発生するオフセットを、事前にオフセットアナライザーで算出する事により、プロセスによるアライメントマーク形状の非対称性による精度劣化を防ぐことができる。またオフセットアナライザーはステッパーと独立に構成すれば、高精度かつ高スループットの位置合わせ方式が可能となる。

20

【0101】

オフセットアナライザーによる計測は全てのウェハーにおいて実施しても良いし、例えば限定した条件における一枚目のウェハーのシーケンスのみで実施して、二枚目以降のウェハーでは一枚目で得られたオフセットを使用する事も可能である。

【0102】

二枚目以降のウェハーに対し一枚目で得られたオフセットを使用できるのはウェハーのアライメントマークの形状の非対称性のばらつきが少ない場合で、例えばあるロット内等の限定した条件下に適用される。

30

【0103】

例えば、事前にステッパー側で1枚ないし複数枚のウェハーのアライメントマークの検出信号を得、この検出信号を記憶しておき、これに実のウェハーの際の同検出信号をマッチング処理して最もマッチングさせた状態で、それぞれの検出信号より得られる計測値が、あらかじめ入力しておいた閾値を超えない場合は、このウェハーにおいても記憶されたオフセット値を用い、一方この閾値を計測値を超えた場合は改めてこのウェハーを用いてオフセット値の取得を実行するようにしてもよい。

【0104】

従ってオフセットアナライザーは、毎ウェハーの全てで計測し計算を実行する必要がある。

40

【0105】

以上説明した様に非露光光を使用したTTL Offaxis方式を用いればnon-TTL offaxis顕微鏡を用いた場合の如くOffaxis顕微鏡と投影光学系との距離、いわゆるベースライン長を長くせずに高精度の計測が可能で、ベースラインの変動による精度劣化の問題も解消し、かつプロセスによりアライメントマーク形状が非対称になる事による精度劣化を防いで、高精度かつ高スループットの位置合わせを実現することができる。

【0106】

本発明の実施形態1ではオフセットアナライザーとしてAFMのみを用いたウェハーの検出系を示したが、本発明の実施形態2としてオフセットアナライザーとしてステッパーのアライメントスコープと同じアライメント検出系をAFMと共に構成してもよい。即ちオフ

50

セットアナライザーとして図2の構成に図3で示すものと同様のアライメントスコープを設け、これでアライメント信号を取得する(図は省略)。ステッパーと同一の検出系を用いているため、ウェハーを送ってアライメントした後にオフセット算出する図1の丸5, 丸6といった手順を省略する事が可能である。

【0107】

本実施形態においては、ステッパーのアライメントスコープの誤差の情報を予め知っている必要がある。誤差情報とは例えば光学系のコマ収差や照明系の均一性等である。

【0108】

ステッパーのアライメントスコープは上記誤差を無視できるまで調整しても良いし、ステッパーのアライメントスコープとオフセットアナライザーのアライメント検出系が同じ誤差となるように調整しておいても良い。

10

【0109】

また、別の実施形態としてステッパーのアライメントスコープの装置の誤差の情報を予め知っていれば、オフセットアナライザーにステッパーのアライメントスコープと同じアライメント検出系を構成せずに、その誤差をすべてシミュレータで換算して、オフセットを算出しても良い。

【0110】

アライメントマーク形成部の形状計測は、例えば以下のような場合レジストの塗布前と塗布後の一方のみでも良い。

【0111】

20

1. レジストの塗布ムラに起因する位置検出誤差の成分が無視できるほど小さい場合は、レジスト塗布前のアライメントマーク形成部の形状のみ計測すれば、塗布後の形状はこの計測した塗布前の形状から推測できる。よってレジスト塗布前の実測形状とレジスト塗布後の推定形状(シミュレータで換算するか、実験により形状の推定テーブルを作成しておく)とから、前述と同様にオフセット値の計測が実行される。

【0112】

2. レジストを塗布する前のアライメントマークの形状の誤差が無視できるほど小さい場合は、この形状はあらかじめ求めておくか1枚目のウェハーでのみ計測を行なっておき、レジスト塗布後のアライメントマーク形成部の形状のみ計測すれば、レジスト塗布前の既知の形状とレジスト塗布後の実測形状とから、前述と同様にオフセット値の計測が実行される。どちらの誤差が小さいかは事前にレジスト塗布前後での形状を複数枚のウェハーで計測しておいて求めておけば良い。

30

【0113】

本発明のオフセットアナライザーを使用する検出方法は、TTL Offaxis方式に限定されるものではない。例えばOffaxis顕微鏡に対して適用しても同様に、プロセスによるアライメントマーク形状の非対称による精度劣化を防ぐ事が可能である。

【0114】

Offaxis顕微鏡はnon-TTL Offaxis方式であるためベースラインの変動に対する対策として、熱的に影響されにくい部材を使用したり、頻繁にベースラインの補正を行なう等の公知の対策を取るのが望ましい。

40

【0115】

最近ではまた、アライメントだけでなく、ショット全体の位置合わせ精度を表わすトータルオーバーレーが注目を集めている。アライメントは言わばショット内1点の位置ずれであるが、トータルオーバーレーの場合はショット内全域が問題となるため、投影光学系のディストーションが問題となる。

【0116】

ここでは先ず、レチクルパターンをウェハーに転写する投影光学系のディストーションの計測法について説明する。ディストーション計測の基準としては、一般にはレーザー干涉計付きのXYステージが採用される。

【0117】

50

ディストーション計測では先ず、投影光学系のパターンをウエハーに転写するためのレチクル上のマークの位置誤差をレーザー干渉計付きのXYステージでレチクルを駆動して計測する。レチクルには投影光学系の一回の露光範囲、例えば角22mmの中の $9 \times 9 = 81$ 点の位置に、XY計測の可能な角 $10 \mu\text{m}$ 程度の大きさのパターンが配置されている。なお、本明細書で述べる数字は全てウエハー上の数値で、レチクル上の寸法は投影光学系の縮小率を考慮し1/5X縮小なら5倍、1/4Xなら4倍を掛けて換算することができる。

【0118】

次いで前述のマークの位置誤差を計測したレチクルを使って、投影光学系でウエハー上にパターンを転写する。ウエハーにはレジストが塗布されていて、露光後現像すると、例えば露光された部分のレジストが現像でなくなり、所望のパターンが形成される。

10

【0119】

ディストーションの計測方法には

1)一回露光法

2)二回露光法

という露光回数で区別できる2種類の方法がある。

【0120】

形成されたレジストパターンの位置を長寸法測定機により計測し、得られた計測値から、先に計測しておいたレチクルの位置誤差を引いた値を投影光学系のディストーションとするのが一回露光法である。該長寸法測定機のレーザー干渉計付きのXYステージの駆動精度が一回露光法の計測精度を決める。

20

【0121】

二回露光法では先ず、一回露光法と同じく投影光学系の一回の露光範囲、例えば角22mm全面に露光を行う。レチクルには前述の様に $9 \times 9 = 81$ 個のウエハー上で角 $10 \mu\text{m}$ のマークがある。ウエハーは現像せずに続けて二回目の露光を受ける。二回目の露光ではレチクル中央の部分のみ露光を照明して、中央の部分に配置した角 $20 \mu\text{m}$ のマークのみを露光する。この時、ウエハーは今回露光される角 $20 \mu\text{m}$ のマークが、角22mm内に既に露光した $9 \times 9 = 81$ の角 $10 \mu\text{m}$ のマークに重なるように露光装置のレーザー干渉計付きのXYステージを駆動して順次露光を行う。従って2回目の露光は合計81回行われることになる。

【0122】

二回目の露光が終了したウエハーは、現像後、重ね合せ検査装置により角 $10 \mu\text{m}$ と角 $20 \mu\text{m}$ のマークの重ね合わせ具合を計測し、投影光学系のディストーションを算出する。ディストーション計測の精度を決めるのは、露光装置のレーザー干渉計付きのXYステージ精度である。

30

【0123】

図10は本発明の実施形態3でトータルオーバーレー向上のため使用する複数のパターン及びマークの配置を示すものである。図10では、半導体製造上で重ね合せ精度を最も必要とする形状のパターン（ここではコンタクトホールCHと、ゲートパターンGP）、及び重ね合せ検査装置用マークOMとアライメントマークAMをX及びY方向に並べたことを特徴としている。一列に並べたのは前述のオフセットアナライザーでAFM等の光を利用しない計測系で、各パターンまたはマークの相対位置関係を計測する時、一走査範囲で計測できるようにするためである。該複数のパターン及びマーク配置で構成された組み合わせたパターンが角22mm内の $9 \times 9 = 81$ 点に配置されたレチクルを、レジストを塗布したウエハー上に投影光学系により露光転写して現像が行われる。

40

【0124】

現像が行われたウエハーはオフセットアナライザーへ運ばれ、実施形態1にあったAFM等の光を利用しない計測系で、前記複数のパターンまたはマークの相対位置関係を計測する。

【0125】

計測は投影光学系の露光条件、例えばNAや照明条件に応じて行われ、対応する前記複数のパターンまたはマークの相対位置関係の計測した結果を、前記角 $10 \mu\text{m}$ のマークまたは角

50

10 μm と角20 μm のマークを使って計測したディストーションの結果に反映する。従ってパターン差に応じたディストーションは実際に使用するパターンを使用することで自動的に補正される。

【0126】

例えば、ゲートパターンGPとアライメントマークAMの間に単純なずれのオフセットが発生した場合は、アライメント時に該ずれを補正するオフセットを装置に反映させて露光する。単純なずれのオフセットは投影光学系の偏心コマ収差により全画面に同じ量のコマ収差が発生し、ゲートパターンGPとアライメントマークAMの間に一定のオフセットが生じたと考えられる。

【0127】

コンタクトホールCHと重ね合わせ検査装置用マークOMの間に複雑なずれが発生している場合は、実際の半導体パターンを転写するためのレチクル描画時に、本実施形態で計測される複数のパターンまたはマーク間のオフセットを反映させればよい。

【0128】

本実施形態ではオフセットアナライザーとして図2の光を利用しないAFM等の計測系で構成したものをそのまま流用した。該オフセットアナライザーでXYステージをウエハー全面がAFMで計測できるように駆動して、複数のパターンまたはマーク間の相対位置関係を測定する。測定値はCPUを介してステッパーへ転送される。

【0129】

以上の手順を取れば、投影光学系で発生するディストーションを実用的なパターン形状、NA、照明条件に対応して計測することができる。従って、該計測結果を利用してオフセット補正をすれば、高精度なトータルオーバーレーを達成することが可能となる。

【0130】

なお、オフセットアナライザーの計測センサーとしてはAFMを採用した構成だけでなく、接触式のプロファイラー、あるいはSEM、走査型トンネル顕微鏡等を使えるのは前実施形態と同様である。

【0131】

ここまではレジストパターンで事前にディストーションを計測して高精度なトータルオーバーレーを達成したが、オフセットアナライザーのXYステージに高精度な機能を持たせれば、実素子に対して直接計測を行う計測系を構成したのが実施形態4である。オフセットアナライザーは図2構成の装置を用いることができ、露光装置のアライメントスコープ外でレジストの塗布前後の表面状態を計測し、位置合わせ装置の検出系の信号に合うようにした時のレジストとウエハーマークとの3次元的な相対位置関係のオフセットを算出する。

【0132】

実施形態4における直接計測でのウエハーと情報の流れを説明したのが図11である。図11と図1の差は、計測するパターンまたはマークと、重ね合せ検査装置へのオフセットの反映の仕方である。図1で説明した実施形態では計測対象となるマークがアライメントマークのみであったが、本実施形態では半導体製造上で重ね合せ精度を最も必要とする複数の形状のパターンとアライメントマークと重ね合せ検査装置用マークを計測し、該計測値同士を比較して相互のオフセットを求めることを特徴としている。

【0133】

まず丸1で、レジスト塗布前に前述の半導体製造上で重ね合せ精度を最も必要とする複数のパターンと前記アライメントマークあるいは重ね合せ検査装置用マーク間の相対位置関係を計測する。前述の実施形態では専用のレチクルを使用して作成したレジストパターンがAFMの走査可能範囲の中に入るよう構成したが、本実施形態では実素子を直接計測することが特徴である。

【0134】

従って、本実施形態ではオフセットアナライザーのXYステージが広範囲にわたって動くため、高精度である必要がある。レジスト塗布前に例えばゲートパターンや重ね合せ検査装

10

20

30

40

50

置用マークやアライメントマークについての位置関係をXYステージ基準に計測する。

【0135】

続く手順は図1と同様で、丸2でウェハはコーターに運ばれてレジストが塗布され、丸3で再度オフセットアナライザーに運ばれてアライメントマークの上のレジスト形状を再びAFMで計測する。

【0136】

ウェハは次に丸4でステッパーに運ばれてアライメントスコープによりアライメントマークの信号が検出され、丸5でステッパーからアライメントマークの信号情報をオフセットアナライザーに送る。

【0137】

続く丸6では、予めオフセットアナライザーでレジスト塗布前後で求めたレジストとウェハマークとの3次元的な相対位置関係より、アライメントスコープにより得られたアライメントマーク信号とウェハマーク位置との関係を求めてアライメント計測のオフセットを算出し、ステッパーに送る。ステッパーでは送られてきたオフセットを元に補正を行って露光し、全てのショットの露光終了後、ウェハは現像のためデベロッパーへ搬送される。

【0138】

本実施形態ではさらに丸7に移行し、丸1で求めたオフセットを使ってアライメント成分とディストーション成分とを分離し、トータルオーバーレーの検証を行う。前述の様に重ね合せ検査装置用マークと、実際に重ね合せ精度を最も必要とするパターンのディストーションとの間にはオフセットがあるため、該オフセットの使用は必要項目である。

【0139】

オフセットアナライザーはプロセスによるアライメントマーク形状の非対称性による精度劣化を防ぐことができるので、CMP等の半導体形成プロセスの影響を受けず、また実際に即したディストーションの計測も可能なため、高精度、かつ高スループットの位置合わせを可能とする。また、プロセスにおける複雑な最適化も不要で、COO (Cost Of Ownership) 向上が可能となる。

【0140】

ここまでの説明では露光装置としてステッパーを扱ってきたが、スキャナーや等倍のX線露光やEB直描、EUV等の全ての露光方式の位置合わせ方法に対しても本発明が有効なのは言うまでもない。

【0141】

尚、上述の実施形態ではスループットの向上を考え、露光装置とオフセットアナライザーを別体としたが、スループットが許すのであれば露光装置内にオフセットアナライザーを設け、これにより計測を行うようにしても良い。

【0142】

又、オフセットアナライザーを光学式計測装置としても良い。以下にオフセットアナライザーとして、特に干渉顕微鏡方式を使用したときの例を示す。

【0143】

図12はリニーク干渉顕微鏡方式、図13はミロー干渉顕微鏡方式を用いた一部分の説明図である。これらの方式の説明の文献は、岩波出版、久保田 広著、波動光学414、415頁に記載されており、図12、図13もそこからの引用である。

【0144】

図12に示すリニーク干渉顕微鏡方式は、対物（対物レンズ L_1 、物体 M_1 ）と同じものを参照光側（レンズ L_2 、面 M_2 ）に使用して軸外での設計上の収差をキャンセルしている。尚Sは光源、Cは集光レンズ、Mはハーフミラーである。一方、図13に示すミロー干渉顕微鏡方式は、対物レンズ L_1 と観察物体 M_1 との間にハーフミラーMを配置して、ハーフミラーMによって反射し、レンズ L_1 上に設けた参照反射面 M_3 に入射して反射した光を参照光として使用している。

【0145】

形状測定の手法としては、光源SにHe-Ne LASERを使用する場合に、4フォーカスの画像（ $\lambda/4$ ずつフォーカス量を変えたときに得られる画像）を使用して立体形状計測を行う、所謂縞走査法に使用することができる。

【0146】

一方、ハロゲンランプを使用すると白色干渉となり可干渉距離が短くなり、それを使用したコヒーレンスプローブ法という立体形状が可能となる。

【0147】

この立体形状検出方法のうち縞走査法に関しては、コロナ社、光計測のニーズとシーズ、228頁に記載されている。又、コヒーレンスプローブ法に関しては、学際企画、新しい光学顕微鏡、第一巻レーザ顕微鏡の理論と実際の82頁に記載されているので詳細は省略する。

10

【0148】

上述した構成によれば、ウエハーのアライメントマークにプロセスによって発生する非対称性が存在しても、事前に該マークの形状を計測し、発生するオフセットを算出することにより、該非対称性の影響を除去することが可能となった。オフセットアナライザーが露光装置と別に存在しているため、本発明では露光装置のスループットの低下という問題が発生せず、各種プロセスの影響を受けない、安定、且つ高精度なウエハーの位置合わせが可能となる。

【0149】

また、さらに投影光学系によって発生するディストーションをパターン形状、NA、照明条件に対応して計測することができるため、該計測結果を利用してオフセット補正を行えば、高精度なトータルオーバーレーを達成することができる。

20

【0150】

以下の実施形態ではオフセット値を算出するための、レジスト膜塗布前後の段差パターン形状の相対位置関係を、前記レジストを塗布するコーターの回転速度及び時間、レジストの粘度及び投液量から求めるようにするか、段差パターンが形成された基板上の段差の無い部分のレジスト膜厚から求めるか、或いはその両方を行うようにしている。

【0151】

また、オフセット値を算出するための、レジスト膜塗布前後の段差パターン形状の相対位置関係を、撮像手段によって検出した画像信号から求める方法も有り、前述の方法と併用すると尚良い。

30

【0152】

これらの場合、表面形状計測機構に原子間力顕微鏡(AFM)を用いるようにすると好ましい。また、表面形状計測機構に接触式プロファイラーを用いても良い。

【0153】

また、表面形状計測機構に原子力間顕微鏡または接触式プロファイラーを用いる場合、段差パターン表面をトレースする探針が、基板面と垂直な方向に断続的に上下しながらトレースするようにしている。

【0154】

また、段差パターンの表面形状計測において、原子間力顕微鏡又は接触式プロファイラーを用いる場合、段差パターン表面をトレースする探針の段差パターン表面に加わる力が10nN以下になるようにしている。

40

【0155】

上記構成に基づき、ウエハー面内のアライメントマーク近傍のレジスト表面の形状が非対称であり、その中でも対称に近い所とそうでない所が混在する場合においても、表面形状計測機構により得られた段差パターン部分の表面形状情報からレジスト膜での屈折の影響によるオフセット値を算出する。そして、そのマークにおいて前記照明機構によって照明された段差パターンの像を前記撮像手段によって検出した画像をもとに求められた段差パターンの位置情報から前記オフセット値分を差し引く事で、マーク近傍のレジスト膜厚分布が対称でない場合でも、その影響を取り除くことができる。この波形の対称性を利用し

50

てアライメントマークの中心位置を求めるアライメント方式においても、検出精度の低下、ならびにアライメント精度の低下を招く事が無い。

【0156】

ここで、レジスト表面形状からオフセット値を算出する手段であるシミュレータについて説明する。

【0157】

シミュレータについては様々なものが考えられる。

【0158】

市販品では、前述したアメリカのWeidlinger Associates社製の、EMFLEXがある。このシミュレータは有限要素法により、光の伝搬をMaxwellの方程式をベクトルの的に解くことで、アライメントマークからの信号となる光が、実際の構成で、どうなるかを求める事ができる。勿論、光学系の収差等も含めた実際の構成条件に合ったもので、信号をシミュレートできる。

10

【0159】

この信号から各種信号処理、例えば前述のパターンマッチング処理法により重心を算出し、レジスト形状の非対称性に起因する（アライメントマークの中心位置に対する）オフセット量を求める。また、シミュレーションにより得られた信号波形からその重心を求める処理は実際のステッパーでの処理のアルゴリズムと同じものにする必要がある。この種の、信号波形から位置を検出する方法としては、特開平9-115815号公報で、テンプレートを使用しパターンマッチング法により位置を検出する方法が提案されている。

20

【0160】

次に、実際の計算例を図14、図15、図16を使用して説明する。

【0161】

図14は、レジスト無しでの代表的（典型的、理想的）なアライメントマーク形状を与えたデータを示す。図15は、レジスト有りでのアライメントマーク上を原子間力顕微鏡で計測したデータを示す。図16は、図14、図15のデータからアライメント信号波形をシミュレータで計算した信号を示す。

【0162】

この波形から、パターンマッチング法等により重心を求め、レジスト形状が対称である場合との重心位置の差をオフセット値として算出するが、この信号を算出するためには、図14のアライメントマーク形状データと図15の（アライメントマーク上に形成された）レジスト膜の表面形状の相対的な位置関係を決めなければならない。

30

【0163】

その第1の方法は、ウェハーにレジストを塗布する際のコーターの回転速度及び時間、レジストの粘度及び投放量から求める方法である。これらのパラメータにより、予め実験により求めて持っておいたアライメントマーク段差とレジスト膜厚の関係から段差部の膜厚が求められ、マーク形状データとレジスト膜形状データの相対位置を決める事ができる。

【0164】

第2の方法は、段差パターンが形成された基板上の段差の無い部分のレジスト膜厚から求める方法である。レジストコート工程の膜厚管理に、通常でも基板上の数点の膜厚測定を行っているが、この膜厚データを利用して、予め実験によって求めて持っておいた段差の無い部分の膜厚とマーク段差部の膜厚との関係からマーク段差部の膜厚が求められ、第1の方法と同様にマーク形状データとレジスト膜形状データの相対位置を決める事ができる。

40

【0165】

第3の方法は、本体上に備える撮像手段によって検出した画像信号から求める方法である。通常はこの画像信号によってのみウェハーのアライメントを行っているが、マーク形状データとレジスト膜形状データからシミュレータによって得られるアライメント信号の計算波形を、実際の検出信号波形と合うようにする事でマーク形状データとレジスト膜形状データの相対位置を決める事ができる。

50

【0166】

これら第1～3の方法を単独で行うだけで、アライメントの必要精度に対して不十分である場合は、第1、2の方法で膜厚を求め、さらに第3の方法により微少修正を行うことで、算出されるオフセット値が信頼性の高いものとなり、高精度のアライメントを可能にする。

【0167】

また、これらの方法においては、事前にプロセス条件と膜厚の関係や、段差有無部の膜厚の関係をj得るための計測は前提となるが、実際に露光するウェハーのレジスト塗布前の形状計測は行わないので、レジスト塗布前のウェハーを汚したり、傷つけたりする心配がない。

10

【0168】

次に、表面形状計測機構について、原子間力顕微鏡を用いると、従来アライメント装置への付加も容易であり、かつレジストの表面形状が高速で高精度に計測できる。

【0169】

また、表面形状計測機構に原子間力顕微鏡または接触式プロファイラーを用いる場合、特にレジスト表面の形状計測において、サンプル表面にかかる力が大きく、かつ、常にサンプル面に一定力を加えながらサンプル面をトレースするような計測モードでは、サンプル表面にキズが付いたり、剥がれる等して形状が変化してしまうことがあり、正確な形状データが得られないばかりでなく、後のアライメント検出系による計測値にも影響を及ぼす恐れがある。これに対して、本発明の形状計測器は、サンプル表面をトレースする探針が高速に断続的に上下し、尚且つ、サンプルにかかる力が10nN以下と小さいため、レジスト表面に変化を及ぼす事が無く、正確な計測を可能とする。

20

【0170】

また、常にサンプル面に一定力を加えながらサンプル面をトレースするような計測モードでは、表面と探針との摩擦力が変化すると形状データに影響を与える場合があるが、本発明の形状計測器は、サンプル表面をトレースする探針が高速に断続的に上下する方式であるので、水平方向の摩擦力を生じる事が無く、正確な形状データをj得る事が出来る。

【0171】

次いで、本発明の実施形態5について図17を使って説明する。

【0172】

本実施形態に係る位置合わせ方法及び装置を備えた半導体露光装置は、縮小投影レンズ62上の所定の位置に置かれたレチクル64上の回路パターンを露光照明系63により、縮小投影レンズ62下の移動可能なステージ66上に置かれたウェハー65上の各パターン領域に順次縮小投影し、該ウェハー65上の各パターン領域に該回路パターンの像を転写するように構成されている。アライメント検出系61は、ウェハー65に形成されたアライメントマークAMを照明する機構と、照明されたアライメントマークAMの像を撮像するCCD等からなり、縮小投影レンズ62の近傍に配置され、ウェハー65上のスクライブライン（不図示）内に配置されたアライメントマークAMの位置検出を行うように構成されている。

30

【0173】

また、アライメントマークは凹または凸の段差パターンで構成されており、その上にレジストが塗布された状態でアライメント照明光により照明される。

40

【0174】

照明されたアライメントマークAMの像を、CCDカメラによって撮像し、得られた検出信号をパターンマッチング法により重心を求めている。

【0175】

また、アライメントマークはウェハー上の各ショット毎の複数箇所に形成するようにしているが、スループットの向上と位置検出精度向上の目的で、ウェハー全体のレチクルに対する位置合わせを露光の前に一度だけ行い、後はウェハー上のショット配列の設計値に従ってステップ・アンド・リピート方式で機械的に位置決めする、所謂グローバル・アライメント方式を採っている。

50

【0176】

また、本実施形態においては、前記ウエハー65の表面形状を計測する原子間力顕微鏡68が縮小投影レンズ62近傍に配置されており、干渉計67によりその位置が制御された移動ステージ66上のウエハー65に形成されたアライメントマーク部AMの表面形状（実際はアライメントマーク上のレジスト表面形状）を検出するように構成されている。

【0177】

また、前記段差パターンの表面形状計測において、アライメントマーク部AMの表面をトレースする原子間力顕微鏡68の探針が、基板面と垂直な方向に断続的に上下しながらトレースするようにし、かつ、段差パターン表面をトレースする探針の段差パターン表面に加わる力が10nN以下になるようにしている。

10

【0178】

次に、本実施例における、アライメントマークに対する位置決め方法について説明する。

【0179】

干渉系67によりその位置が制御された移動ステージ66上にウエハー65が搭載されると、図18のフローに示す如く、原子間力顕微鏡68により、各ショット毎の凹凸段差アライメントマークの断面形状が検出される。設定されたショットのマークの断面形状の検出が終了すると、ステージ66が駆動し、光学系によるマークの位置検出が行われる。光学系による位置検出の方法はHe-Neレーザー等の非露光光を光源とするアライメント照明系から出射した光がxyz方向に駆動可能なステージ66の上に置かれたウエハー65上に作成されたマークAMを照明する。マークAMからの反射光、あるいは散乱光は再びアライメント光学系を透過し、CCDカメラ上に前記マークの像を結像させる。CCDカメラで検出された信号は画像処理されて信号波形の重心値が求められる。ここで、光学系により検出された信号はCPUに送られ原子間力顕微鏡68により検出されたアライメントマークの断面形状からオフセット値を算出する。光学系により検出した信号から求めた重心値から、このオフセット値を差し引く事により、アライメントマークの真の中心位置が求められる。該検出値からステージ66を駆動してウエハ65の位置合わせを行っている。

20

【0180】

上記構成に基づき、アライメントマーク近傍のレジスト表面の断面形状が非対称であり、その中でも対称に近い所とそうでない所が混在する場合でも、表面形状計測機構により各部所毎に得られたオフセット値をアライメントマークの像を前記撮像手段によって検出した画像から求めた信号波形の重心から差し引く事により、すべての部所においてレジストの膜厚ムラに起因する屈折の影響を取り除く事ができる。よって例えば波形の対称性を利用してアライメントマークの中心位置を求めるアライメント方式においても、検出精度の低下、ならびにアライメント精度の低下を招く事が無い。

30

【0181】

また、表面形状計測機構に前記原子間力顕微鏡68を用いると、従来のアライメント装置への付加も容易であり、レジストの表面形状が高速で高精度に計測でき、かつ、レジスト表面に以降のプロセスで妨げとなるような影響を与えないという効果がある。

【0182】

次いで、本発明の実施形態6について図19を使って説明する。

40

【0183】

本発明に係る位置検出方法及び装置を備えた半導体露光装置は、実施形態5と同様、縮小投影レンズ72上の所定の位置に置かれたレチクル74上の回路パターンを、露光照明系73により、縮小投影レンズ72下の移動可能なステージ76上に置かれたウエハー75上の各パターン領域に順次縮小投影し、該ウエハー75上の各パターン領域に該回路パターンの像を転写するように構成されている。アライメント検出系71は、実施形態5と同様の構成であり、ウエハーに形成されたアライメントマークAMを照明する機構と、照明されたアライメントマークAMの像を撮像するCCD等からなり、縮小投影レンズ72の近傍に配置され、ウエハ75上のスクライブライン（不図示）内に配置されたアライメントマークAMの位置検出を行うように構成されている。

50

【0184】

また、ウエハー75上のアライメントマークAMとそれを検出し位置決めを行う方式も実施形態5と同様、グローバル・アライメント方式を採っている。

【0185】

また、本発明においては、前記ウエハー75の表面形状を検出する原子間力顕微鏡78と、干渉計77等によりその位置が制御された移動ステージ79を有する表面形状検出系70、及びオフセット値を算出するCPUと算出されたオフセット値を記録するメモリが、前記縮小投影系、アライメント検出系等を備えた露光装置の外部に設置されている。

【0186】

また、前記段差パターンの表面形状計測において、アライメントマーク部表面をトレースする原子間力顕微鏡78の探針が、基板面と垂直な方向に断続的に上下しながらトレースするようにし、かつ、段差パターン表面をトレースする探針の段差パターン表面に加わる力が10nN以下になるようにしている。

【0187】

次に、本実施形態における、アライメントマークに対する位置決め方法について説明する。

【0188】

本実施例においては、図20に示すアライメントフローに示す如く、マーク断面形状検出は表面形状検出系70により予め行い、各ウエハー毎のアライメントマーク情報として一旦メモリに記録される。そして、露光装置による露光時に、ウエハー75が干渉計77によりその位置が制御された移動ステージ76上に搭載されると、アライメントマークAMの像を前記撮像手段によって検出した画像をもとに検出信号の重心値の算出を行うようにしている。光学系による重心検出の方法は、実施形態5と同様である。ここで、光学系により検出された信号はCPUに送られ、メモリに記録された各ウエハーのアライメントマークの断面形状からオフセット値を算出する。マークのオフセット値算出法は実施形態5と同様である。光学系により検出した信号から求めた重心値からこのオフセット値を差し引く事により、アライメントマークの真の中心位置が求められる。この検出値からステージ76を駆動してウエハー75の位置合わせを行っている。

【0189】

上記構成に基づき、アライメントマーク近傍のレジスト表面の断面形状が非対称であり、その中でも対称に近い所とそうでない所が混在する場合でも、表面形状計測機構により各部所毎に得られたオフセット値を、アライメントマークの像を前記撮像手段によって検出した画像から求めた信号波形の重心から差し引く事により、レジストの膜厚ムラに起因する屈折の影響を取り除く事ができる。

【0190】

よって、例えば波形の対称性を利用してアライメントマークの中心位置を求めるアライメント方式においても、検出精度の低下、ならびにアライメント精度の低下を招く事が無い。

【0191】

また、前記表面形状計測機構に原子間力顕微鏡を用いると、レジストの表面形状が高速で高精度に計測でき、かつ、レジスト表面に以降のプロセスで妨げとなるような影響を与えないという効果がある。

【0192】

また、表面形状検出系を露光装置の外部に設け、各ウエハーのアライメントマーク形状情報を一旦記録するようにしたことで、各ウエハーの表面形状検出が露光装置による露光のアライメント時に行う必要がなく、露光のスループットを低下させることがない。

【0193】

以上、本発明の実施形態を説明してきたが本発明の適用は半導体製造装置に限ったものではなく、薄い透明フィルムに覆われた微細構造の観察や位置決めするための方法や装置に適用可能である。また、当業者公知の技術の範囲内で本発明が種々の構成の変形ができる

10

20

30

40

50

。

【0194】

【発明の効果】

本発明によれば、以上のように各要素を特定することにより、より正確な位置合わせを可能とする位置合わせ方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態1のオフセットアナライザーを配置した時のウェハーと情報の流れの概念図

【図2】 オフセットアナライザーの構成の概念図

【図3】 アライメント検出系を搭載した露光装置の概略図

10

【図4】 アライメントマークの上をAFMで計測したデータを示す図

【図5】 メタルCMP工程のアライメントマークの構造を示す図

【図6】 非対称なアライメントマークの断面構造を示す図

【図7】 レジスト無し状態でアライメントマークの上をAFM計測したデータを示す図

【図8】 レジスト有の状態でアライメントマークの上をAFMで計測したデータを示す図

【図9】 レジスト無し／有の情報からシミュレータで計算したアライメント信号を示す図

【図10】 本発明の実施形態3で投影光学系により発生する複数のパターンあるいはマーク間でのディストーション差を計測するマークを示す図

【図11】 本発明の実施形態4でオフセットアナライザーを配置して実素子計測を行う時のウェハーと情報の流れの概念図

20

【図12】 リニーク干渉顕微鏡方式の説明図

【図13】 ミロー干渉顕微鏡方式の説明図

【図14】 レジスト無しでの代表的（典型的、理想的）アライメントマーク形状を与えたデータを示す図

【図15】 レジスト有りでのアライメントマーク上を原子間力顕微鏡で計測したデータを示す図

【図16】 図14、15のデータからアライメント信号波形をシミュレータで計算した信号を示す図

【図17】 本発明の実施形態5を示す概略図

30

【図18】 本発明の実施形態5のアライメント方法を示すフロー

【図19】 本発明の実施形態6を示す概略図

【図20】 本発明の実施形態6のアライメント方法を示すフロー

【図21】 アライメントエラーとしての回転誤差の発生を示す図

【図22】 アライメントエラーとしての倍率誤差の発生を示す図

【符号の説明】

1 ウェハー

5 光源（例えばHe-Ne レーザ）

7 ファイバー

8 アライメント照明光学系

40

9 ビームスプリッター

10 リレーレンズ

11 対物

12 レチクル

13 縮小投影光学系

14 ミラー

15 エレクター

16 CCD カメラ

17 CCD カメラ上に形成されたアライメントマーク像

18 XYステージ

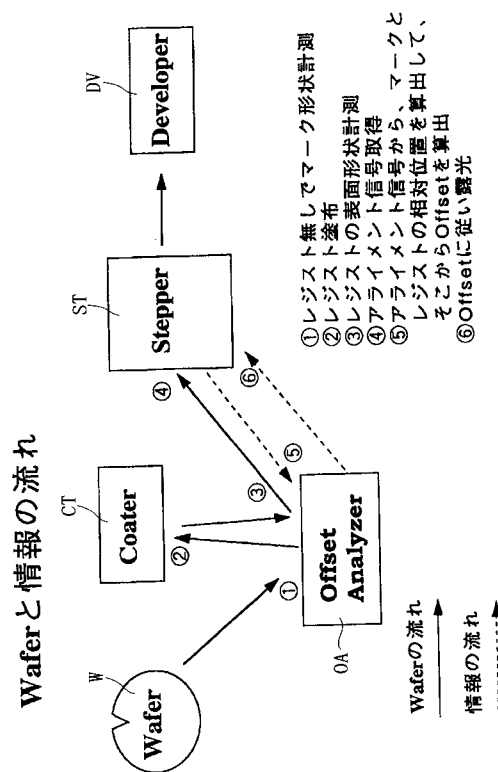
50

- 19 レチクルマーク
 20 照明光学系
 21 ウエハーチャック
 22 θ -Zステージ
 23 チルトステージ
 25 バーミラー
 26 レーザー干渉計
 29 フォーカス計測系（投光系）
 30 フォーカス計測系（検出系）
 51 コンピュータ
 AM アライメントマーク
 AS アライメントスコープ
 61,71 アライメント検出系
 62,72 縮小投影レンズ
 63,73 露光照明系
 64,74 レチクル
 65,75 ウエハー
 66,76 ステージ
 67,77 干渉計
 68,78 原子間力顕微鏡

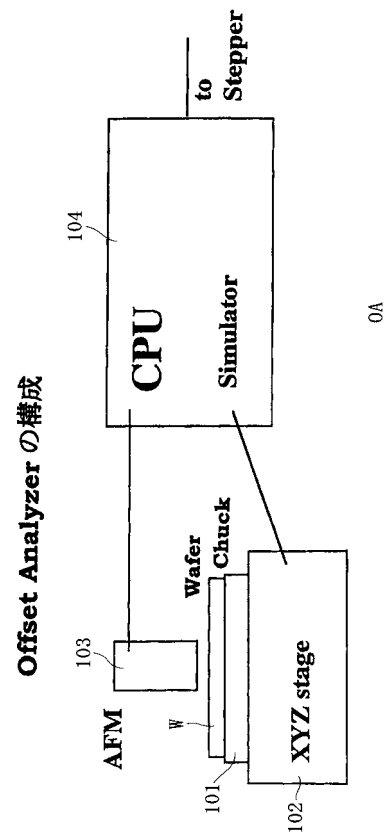
10

20

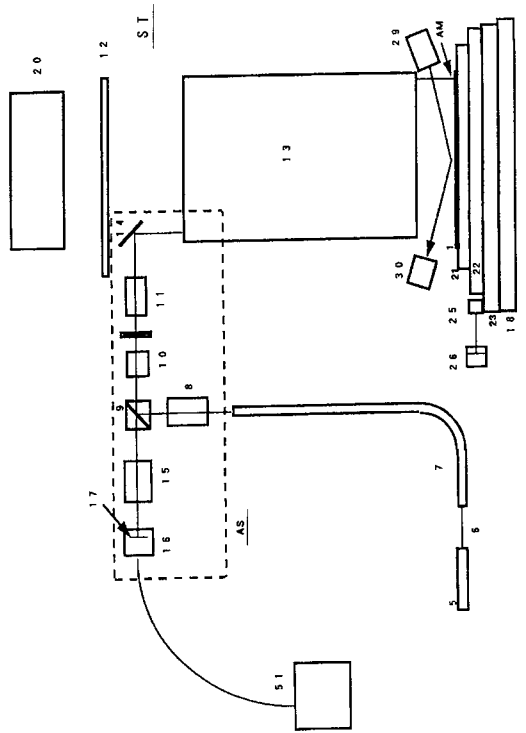
【図 1】



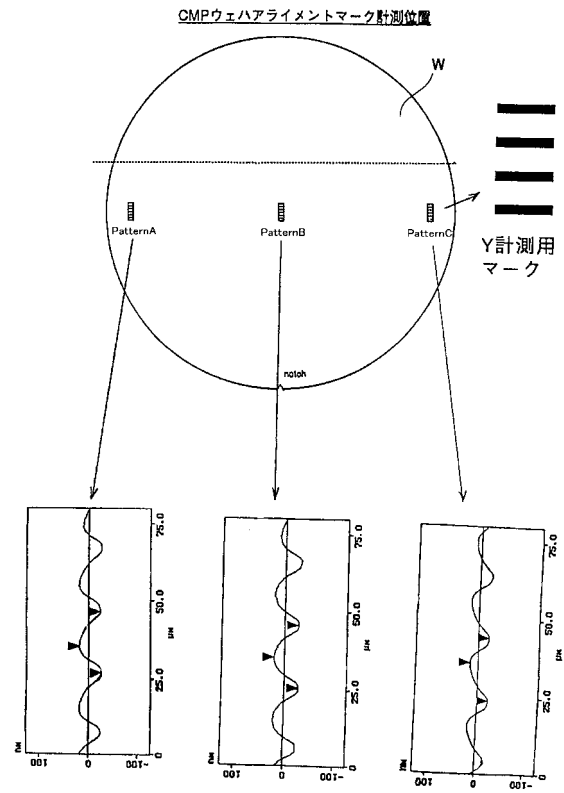
【図 2】



【図 3】

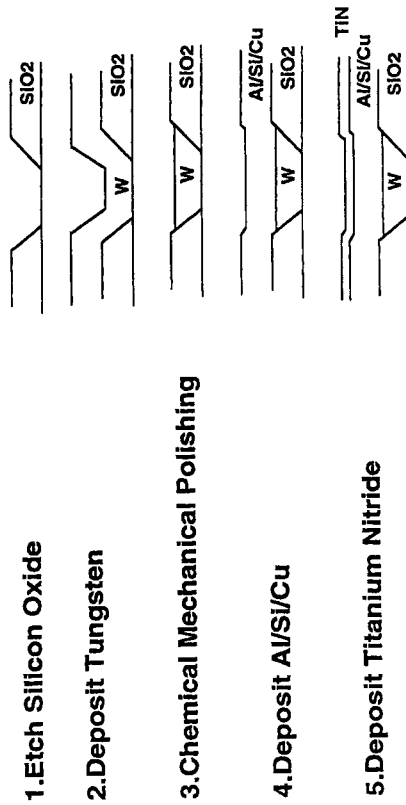


【図 4】

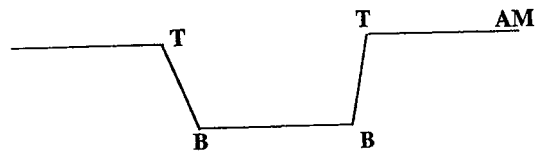


【図 5】

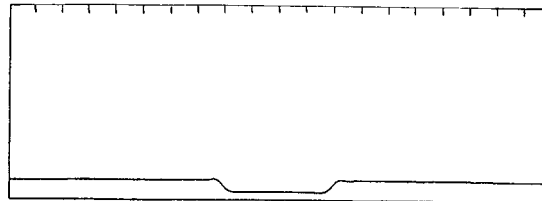
Structure of Planarized Wafer / CMP



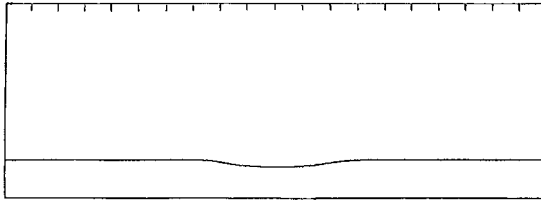
【图 6】



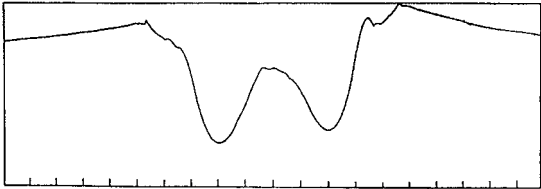
【图 7】



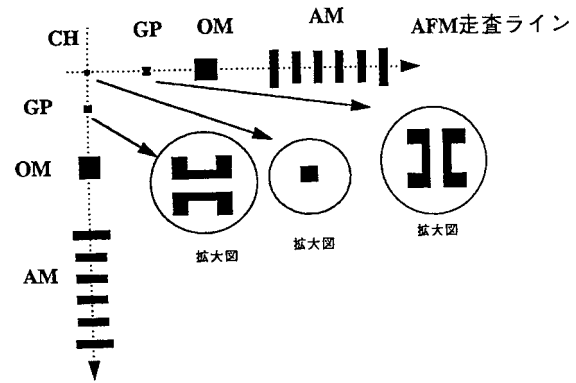
【図 8】



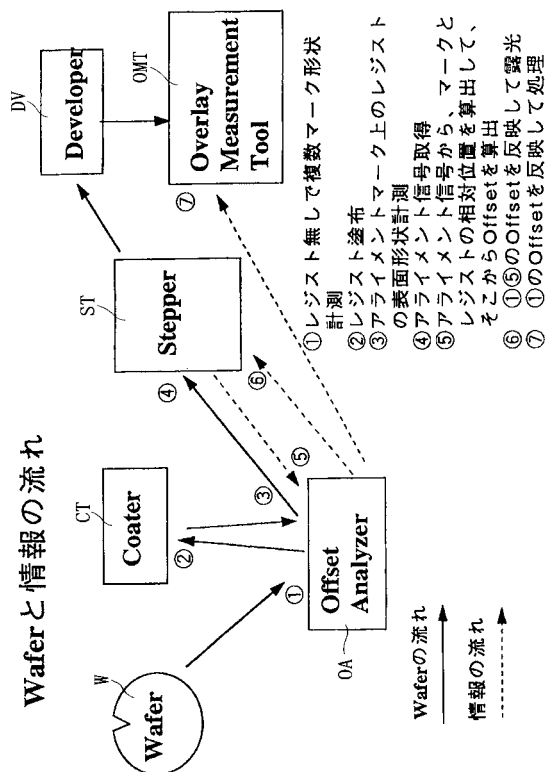
【図 9】



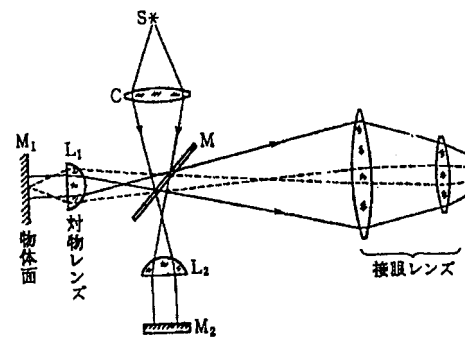
【図 10】



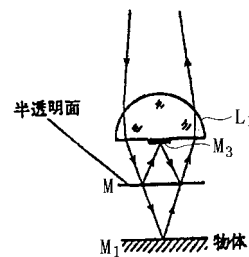
【図 11】



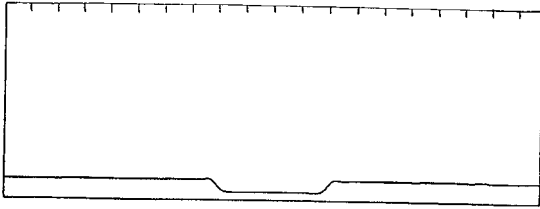
【図 12】



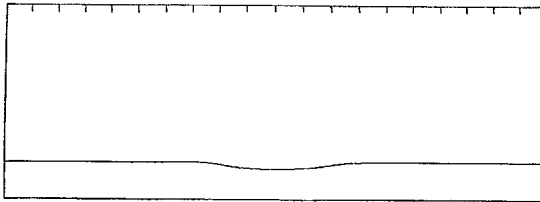
【図 13】



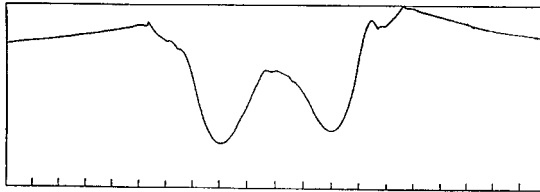
【図 14】



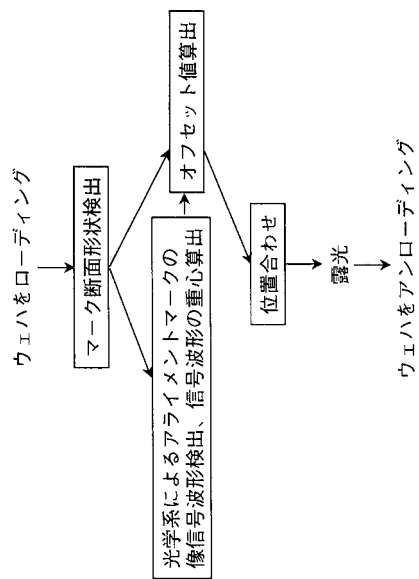
【図 15】



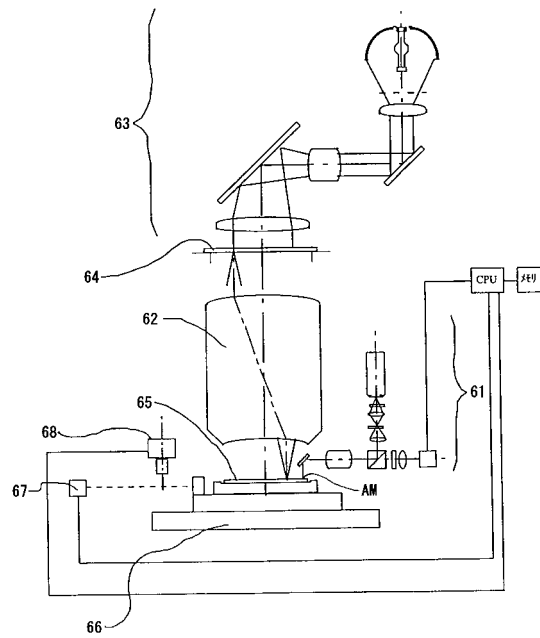
【図 16】



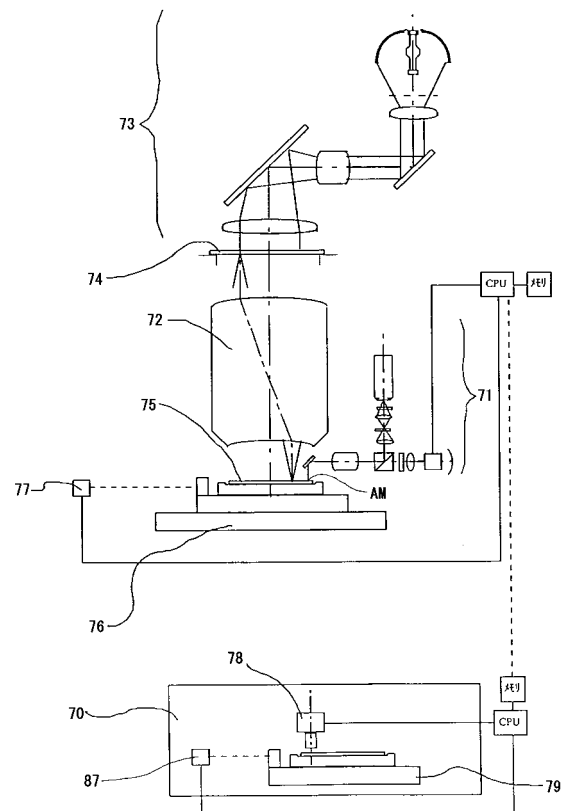
【図 18】



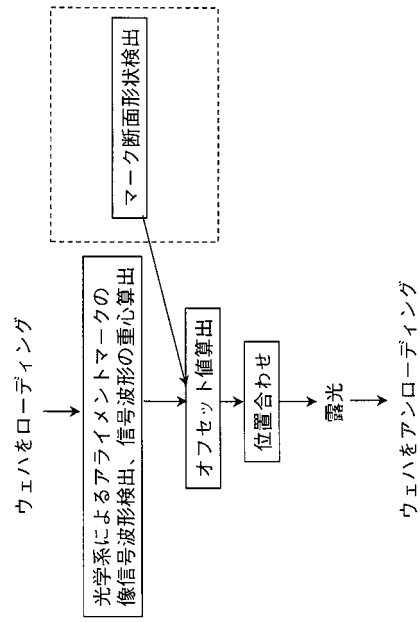
【図 17】



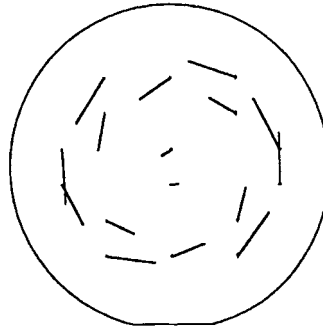
【図 19】



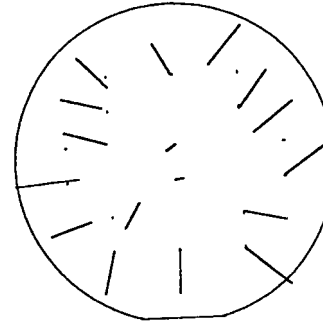
【図 20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

(72)発明者 吉井 実
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

合議体

審判長 村田 尚英

審判官 伊藤 幸仙

審判官 神 悦彦

(56)参考文献 特開平2-170515 (JP, A)
特開平8-45814 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F7/20-7/24

G03F9/00-9/02

H01L21/027

H01L21/30