

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-27593

(P2007-27593A)

(43) 公開日 平成19年2月1日(2007.2.1)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 H O 1 L 21/027 (2006.01) H O 1 L 21/30 5 2 6 B 5 F O 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2005-210775 (P2005-210775)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成17年7月21日 (2005.7.21)	(74) 代理人	100086287 弁理士 伊東 哲也
		(74) 代理人	100086461 弁理士 齋藤 和則
		(72) 発明者	大石 哲 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	稲 秀樹 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
		Fターム(参考)	5F046 BA04 BA05 CC08 CC11 DA05 DB05 DB08 DC11

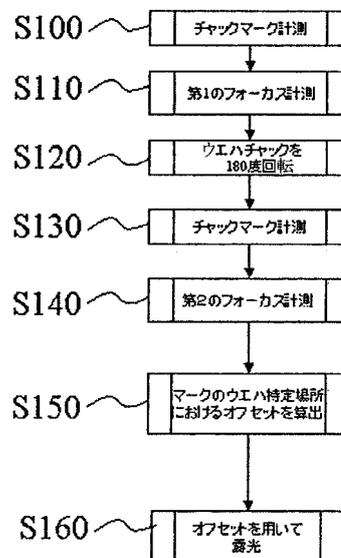
(54) 【発明の名称】 フォーカス計測方法および計測装置、露光方法および露光装置ならびにオフセット計測装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ウエハの反射率差などのウエハプロセス誤差を軽減し、かつ装置コストを抑え、面位置を検出する。

【解決手段】 ウエハ等の被処理基板の所定場所に計測光を照射し、その反射光を受光素子で検出し、該被処理基板における該所定場所の面位置を計測する。前記被処理基板を保持する基板保持手段には基準マークが配置されている。前記所定場所を所定の計測光照射位置に位置合わせして第1の面位置計測を行う工程S110と、該所定場所の前記基準マークとの相対位置を求める工程とを有する。また、保持手段を面位置計測方向と垂直な面内で180度回転させる工程と、前記基準マークとの相対位置に基づき前記所定場所を前記照射位置に位置合わせして第2の面位置計測を行う工程S140とを有する。さらに、位置計測値と第2の面位置計測値とに基づいて、前記照射位置での前記所定場所における面位置計測のオフセットを求める工程S150を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被処理基板の所定場所に計測光を照射し、その反射光を受光素子で検出し、該受光素子からの信号を用いて、該被処理基板における該所定場所の面位置を計測する面位置計測方法において、

前記被処理基板を保持する基板保持手段には基準マークが配置されており、

前記所定場所を所定の計測光照射位置に位置合わせして第 1 の面位置計測を行う工程と

、
該所定場所の前記基準マークとの相対位置を求める工程と、

該基板保持手段を面位置計測方向と垂直な面内で 180 度回転させる工程と、

10

前記基準マークとの相対位置に基づき前記所定場所を前記照射位置に位置合わせして第 2 の面位置計測を行う工程と、

第 1 の面位置計測値と第 2 の面位置計測値とに基づいて、前記照射位置での前記所定場所における面位置計測のオフセットを求める工程と

を有することを特徴とする面位置計測方法。

【請求項 2】

前記計測光は、複数の計測光束が前記所定場所に線または点対称に配置される複数の照射位置に対して照射され、前記第 2 の面位置計測時の前記位置合わせは、各計測光束が第 1 の面位置計測時と対称な照射位置に照射されるように行われ、前記オフセットは、複数の照射位置の個々について求められることを特徴とする請求項 1 に記載の面位置計測方法

20

【請求項 3】

前記計測光は、前記照射位置に面位置計測用マークを投影する光であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の面位置計測方法。

【請求項 4】

前記オフセットを求めるための面位置計測は、ロットの先頭の被処理基板に対して行うことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の面位置計測方法。

【請求項 5】

前記オフセットを求めるための面位置計測は、被処理基板を処理する工程毎に行うことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の面位置計測方法。

30

【請求項 6】

前記オフセットを求めるための面位置計測は、被処理基板に形成されるパターン毎に行うことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の面位置計測方法。

【請求項 7】

原版に形成されたパターンを投影光学系を介して被露光基板上的パターンと位置合わせして露光する投影露光装置の基板保持手段に保持された前記被露光基板の所定場所に計測光を照射し、その反射光を受光素子で検出し、該受光素子からの信号を用いて、該被露光基板における該所定場所の面位置を計測する面位置計測装置において、

前記基板保持手段に配置された基準マークと、

前記被露光基板の所定場所を前記計測光の照射位置に位置合わせして第 1 の面位置計測を行い、かつ該所定場所の前記基準マークとの相対位置を計測し、さらに前記基板保持手段を面位置計測方向と垂直な面内で 180 度回転させた後、前記基準マークとの相対位置に基づき前記所定場所を前記照射位置に位置合わせして第 2 の面位置計測を行う制御手段と、

40

第 1 の面位置計測値と第 2 の面位置計測値とに基づいて、前記照射位置での前記所定場所における面位置計測オフセットを算出する手段と

を有することを特徴とする面位置計測装置。

【請求項 8】

前記計測光は、複数の計測光束が前記所定場所に線または点対称に配置される複数の照射位置に対して照射され、前記第 2 の面位置計測時の前記位置合わせは、各計測光束が第

50

1の面位置計測時と対称な照射位置に照射されるように行われ、前記オフセットは、複数の照射位置の個々について算出されることを特徴とする請求項7に記載の面位置計測装置。

【請求項9】

前記計測光は、前記照射位置に面位置計測用マークを投影する光であることを特徴とする請求項7または8に記載の面位置計測装置。

【請求項10】

原版に形成されたパターンを投影光学系を介して被露光基板上的パターンと位置合わせして露光する際、

前記投影光学系の像面に対する前記被露光基板の面位置を計測し、その計測値を請求項1～6のいずれか1つに記載の面位置計測方法におけるオフセットを用いて修正した値に基づいて前記被露光基板の面位置を制御して露光する工程を有することを特徴とする露光方法。 10

【請求項11】

前記計測光は、非露光光であることを特徴とする請求項10に記載の露光方法。

【請求項12】

請求項7～9のいずれか1つに記載の面位置計測装置を備え、

原版に形成されたパターンを投影光学系を介して被露光基板上的パターンと位置合わせして露光する際、

前記投影光学系の像面に対する前記被露光基板の面位置を計測し、その計測値を前記オフセットを用いて修正した値に基づいて前記被露光基板の面位置を制御して露光することを特徴とする露光装置。 20

【請求項13】

前記計測光は、非露光光であることを特徴とする請求項12に記載の露光装置。

【請求項14】

基準マークを配置された基板保持手段と、

該基板保持手段に保持された被処理基板の所定場所に計測光を照射し、その反射光を受光素子で検出し、該受光素子からの信号を用いて、該被処理基板における該所定場所の面位置を計測する面位置計測手段と、

前記被処理基板の所定場所を前記計測光の照射位置に位置合わせする手段と、 30

該所定場所の前記基準マークとの相対位置を計測する手段と、

前記基板保持手段、面位置計測手段、位置合わせ手段および相対位置計測手段を制御して、前記被処理基板の所定場所を前記計測光の照射位置に位置合わせして第1の面位置計測を行い、かつ該所定場所の前記基準マークとの相対位置を計測し、さらに前記基板保持手段を面位置計測方向と垂直な面内で180度回転させた後、前記基準マークとの相対位置に基づき前記所定場所を前記照射位置に位置合わせして第2の面位置計測を行う制御手段と、

第1の面位置計測値と第2の面位置計測値とに基づいて、前記照射位置での前記所定場所における面位置計測オフセットを算出する手段と

を有することを特徴とするオフセット計測装置。 40

【請求項15】

前記計測光は、複数の計測光束が前記所定場所に線または点対称に配置される複数の照射位置に対して照射され、前記第2の面位置計測時の前記位置合わせは、各計測光束が第1の面位置計測時と対称な照射位置に照射されるように行われ、前記オフセットは、複数の照射位置の個々について算出されることを特徴とする請求項14に記載のオフセット計測装置。

【請求項16】

前記計測光は、前記照射位置に面位置計測用マークを投影する光であることを特徴とする請求項14または15に記載のオフセット計測装置。

【請求項17】

請求項 10 もしくは 11 に記載の露光方法または請求項 12 もしくは 13 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、露光した前記基板を現像する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等をリソグラフィ工程で製造する際に使用される投影露光装置におけるウエハなどの基板の面位置検出に関する。

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ（焼き付け）技術を用いて半導体メモリや論理回路などの微細な半導体素子または液晶表示素子を製造する際、投影露光装置が使用される。この投影露光装置では、レチクル（マスク）に描画された回路パターンを投影光学系によってウエハ等に投影して回路パターンを転写する。

【0003】

投影露光装置においては、半導体素子の高集積化に伴い、より高い解像力でレチクルの回路パターンをウエハに投影露光することが要求されている。投影露光装置で転写できる最小の寸法（解像度）は、露光に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数（NA）に反比例する。従って、波長を短くすればするほど解像力はよくなる。このため、近年の光源は、超高圧水銀ランプから波長の短いKrFエキシマレーザやArFエキシマレーザになり、F₂レーザの実用化も進んでいる。超高圧水銀ランプの光としては、波長約436nmのg線および波長約365nmのi線がある。また、KrFエキシマレーザの波長は約248nm、ArFエキシマレーザの波長は約193nm、F₂レーザの波長は約157nmである。

さらに、露光領域の一層の拡大も要求されている。

【0004】

これらの要求を達成するために、投影露光装置も、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置（いわゆる「ステッパ」）から、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（いわゆる「スキャナ」）が主流になりつつある。ステッパは、略正方形形状の露光領域をウエハに縮小して一括露光するものである。一方、スキャナは、露光領域を矩形または円弧状のスリット形状としてレチクルとウエハを相対的に高速走査するもので、大画面を精度よく露光することができる。

【0005】

スキャナでは、露光中において、ウエハの所定の位置が露光スリット領域に差し掛かる前に、光斜入射系の表面位置検出手段によってそのウエハの所定の位置における表面位置を計測する。そして、その所定の位置を露光する際にウエハ表面を最適な露光結像位置（フォーカス位置）に合わせ込む駆動を行っている。

特に、露光スリットの長手方向（即ち、走査方向と垂直方向）には、ウエハの表面位置の高さ（フォーカス）だけではなく、表面の傾き（チルト）を計測するために、露光スリット領域に複数の計測点を有している。かかるフォーカスおよびチルトの計測方法は、数々提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0006】

ところで、近年では露光光の短波長化および投影光学系の高NA化が進み、焦点深度が極めて小さくなり、露光すべきウエハ表面を最良結像面に合わせ込む精度、いわゆるフォーカス精度もますます厳しくなっている。特に、最近ではウエハ上のパターンの粗密やウエハに塗布されたレジストの厚さむらに起因する表面位置検出手段の計測誤差が無視することができなくなっている。

【0007】

まず、レジストの厚さむらに起因する計測誤差としては、周辺回路パターンやスクライプライン近傍には、焦点深度と比べれば小さいが、フォーカス計測にとっては大きな段差

10

20

30

40

50

が発生している。このため、塗布されるレジスト表面の傾斜角度が大きくなり、表面位置検出手段の検出する反射光が反射や屈折によって正反射角度からずれを生じてしまう。

【0008】

また、ウエハ上のパターンの粗密に起因する計測誤差としては、図14に示すように、パターンが粗な領域と密な領域とでは、ウエハの反射率に差が生じてしまう。このため、表面位置検出手段で検出する反射光の反射強度が変化し、パターンの粗密のない場合の本来の信号波形(A)に対して(B)のような非対称性が発生し、例えば重心処理等の信号処理では計測誤差(オフセット)が生じる。

【0009】

このようなウエハ表面位置検出手段の計測誤差を軽減するために、以下に示すような手法が提案されている。 10

例えば、特許文献2では、計測場所を中心に180度回転させて計測値の平均値を用いる方法が提案されている。また、特許文献3では、同一計測場所を2つの光学系を用いて互いに逆方向から計測を行い、計測誤差をキャンセルする方法が提案されている。

【特許文献1】特開平6-260391号公報

【特許文献2】特開平8-21705号公報

【特許文献3】特開平11-16827号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、特許文献2のような単に回転のみでは、投影光学系の光軸方向におけるウエハの面位置(以下、「Z高さ」という)およびチルトが回転前後で再現していない可能性がある。この場合、計測値にウエハプロセス誤差だけでなく、フォーカス、チルトずれが含まれるため、正しくウエハプロセス誤差を算出することができない。 20

また、特許文献3では、特許文献2で生じるフォーカス、チルトずれの問題はなくなるが、光学系を2つ持つことになり、装置コストを上げてしまうこととなる。

本発明は、上述の従来例における問題点を解決することを課題とする。

【0011】

すなわち、本発明は、被露光基板、例えばウエハの反射率差などのウエハプロセス誤差が発生する状況下においても、面位置検出のための、装置コストを抑え、ウエハプロセス誤差を軽減することを課題とする。 30

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の課題を解決するため、本発明では、被処理基板上の所定場所に対して第1の面位置計測を行い、次に被処理基板を180度回転して同一場所に対して第2の面位置計測を行う。これらの第1および第2の面位置計測による計測値に基づいて前記照射位置での前記所定場所における面位置計測のオフセットを求める。さらに、被処理基板を保持する基板保持手段に基準マークを設け、このマークと所定場所の相対位置をモニタし、被処理基板を180度回転する前後で面位置計測光が正しく同一場所に照射されるようにする。

【発明の効果】

40

【0013】

本発明によれば、被処理基板上の場所によって、パターンの粗密による反射率差などが生じていても、より正確なオフセットを求めることができる。したがって、スキャナやステッパのような投影露光装置におけるウエハ等の被処理基板の面位置検出精度を向上させることができ、ひいては歩留まりを向上させることができる。特に、本発明を露光装置に適用した場合、露光せずにウエハ面のベストフォーカスを求めることができるため、TATの短縮にも効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

先ず、本発明の実施態様を列挙する。 50

〔実施態様 1〕

このフォーカス計測方法は、レチクルとウエハを相対的に走査して、レチクル上に形成された回路パターンをウエハ上の複数のショットに投影露光する露光装置に適用される。そして、非露光光を該ウエハの特定場所に照射し、その反射光を受光素子で検出し、受光素子からの信号を用いて、ウエハの面位置を計測するフォーカス計測方法に関し、以下を特徴とする。

該ウエハを装着したウエハチャックにはチャックマークが配置されている。照射位置は非露光光を照射するための光学系により決まっている。該照射位置において、該ウエハの特定場所で第1のフォーカス計測を行う工程と、該ウエハの特定場所の該チャックマークからの相対位置を求める工程を有する。また、該ウエハチャックを180度回転させる工程と、該チャックマークからの相対位置に基づいて該ウエハの特定場所を該照射位置に位置合わせし、第2のフォーカス計測を行う工程を有する。さらに、第1のフォーカス計測値と第2のフォーカス計測値に基づいて、該照射位置での該ウエハの特定場所におけるオフセットを求める工程を有する。

10

【0015】

〔実施態様 2〕

このフォーカス計測方法は、レチクルとウエハを相対的に走査して、レチクル上に形成された回路パターンをウエハ上の複数のショットに投影露光する露光装置に適用される。そして、非露光光を該ウエハの特定場所に複数照射し、その反射光を受光素子で検出し、受光素子からの信号を用いて、ウエハの面位置を計測するフォーカス計測方法に関し、以下を特徴とする。

20

該ウエハを装着したウエハチャックにはチャックマークが配置されている。複数の照射位置は非露光光を照射するための光学系により決まっており、夫々の照射位置は、該複数の照射位置全体の中心位置に対して対称に配置している。該複数の照射位置全体の中心位置において、該ウエハの特定場所で第1のフォーカス計測を行う工程と、該ウエハの特定場所の該チャックマークからの相対位置を求める工程とを有する。また、該ウエハチャックを180度回転させる工程を有する。また、該チャックマークからの相対位置に基づいて該ウエハの特定場所を該複数の照射位置全体の中心位置に位置合わせし、第2のフォーカス計測を行う工程を有する。さらに、夫々の照射位置の該ウエハ特定場所におけるオフセットを求める工程を有する。このオフセットは、夫々の照射位置における第1のフォーカス計測値と、夫々の照射位置に対して、該複数の照射位置全体の中心位置に関して対称な位置関係にある照射位置における第2のフォーカス計測値に基づいて求める。

30

【0016】

〔実施態様 3〕

このフォーカス計測方法において、実施態様1あるいは実施態様2記載の照射される非露光光は、マークが投影された光であることを特徴とする。

【0017】

〔実施態様 4〕

このフォーカス計測装置は、レチクルとウエハを相対的に走査して、レチクル上に形成された回路パターンをウエハ上の複数のショットに投影露光する露光装置に適用される。そして、非露光光を該ウエハの特定場所に照射し、その反射光を受光素子で検出し、受光素子からの信号を用いて、ウエハの面位置を計測するフォーカス計測装置に関し、以下を特徴とする。

40

該ウエハを装着したウエハチャックにはチャックマークが配置されている。照射位置は非露光光を照射するための光学系により決まっている。該照射位置において、該ウエハの特定場所で第1のフォーカス計測を行う手段と、該ウエハの特定場所の該チャックマークからの相対位置を求める手段を有する。また、該ウエハチャックを180度回転させる手段と、該チャックマークからの相対位置に基づいて該ウエハの特定場所を該照射位置に位置合わせし、第2のフォーカス計測を行う手段を有する。さらに、第1のフォーカス計測値と第2のフォーカス計測値に基づいて、該照射位置での該ウエハの特定場所におけるオ

50

フセットを求める手段を有する。

【0018】

[実施態様5]

このフォーカス計測装置は、レチクルとウエハを相対的に走査して、レチクル上に形成された回路パターンをウエハ上の複数のショットに投影露光する露光装置に適用される。そして、非露光光を該ウエハの特定場所に照射し、その反射光を受光素子で検出し、受光素子からの信号を用いて、ウエハの面位置を計測するフォーカス計測装置に関し、以下を特徴とする。

該ウエハを装着したウエハチャックにはチャックマークが配置されている。複数の照射位置は非露光光を照射するための光学系により決まっており、夫々の照射位置は、該複数の照射位置全体の中心位置に対して対称に配置している。該複数の照射位置全体の中心位置において、該ウエハの特定場所で第1のフォーカス計測を行う手段と、該ウエハの特定場所の該チャックマークからの相対位置を求める手段とを有する。また、該ウエハチャックを180度回転させる手段と、該チャックマークからの相対位置に基づいて該ウエハの特定場所を該複数の照射位置全体の中心位置に位置合わせし、第2のフォーカス計測を行う手段を有する。さらに、夫々の照射位置の該ウエハ特定場所におけるオフセットを求める手段を有する。オフセットは、夫々の照射位置における第1のフォーカス計測値と、夫々の照射位置に対して、該複数の照射位置全体の中心位置に関して対称な位置関係にある照射位置における第2のフォーカス計測値に基づいて求める。

10

【0019】

20

[実施態様6]

このフォーカス計測装置において、実施態様4あるいは実施態様5記載の照射される非露光光は、マークが投影された光であることを特徴とする。

【0020】

[実施態様7]

このフォーカス計測装置では、実施態様6記載のフォーカス計測装置において、フォーカス計測用のマークをフォーカス計測用の投影光学系によりウエハ上に投影し、投影像を受光光学系により受光素子に再結像させる。そして、該投影光学系に関して、マークが形成されている面とウエハ面とがシャインプルーフの関係にあり、かつ該受光光学系に関して、ウエハ面と受光素子面とがシャインプルーフの関係にあることを特徴とする。

30

【0021】

[実施態様8]

このフォーカス計測方法において、実施態様1から実施態様3記載のオフセットを求めるフォーカス計測は、ロットの先頭ウエハに対して行うことを特徴とする。

[実施態様9]

このフォーカス計測方法において、実施態様1から実施態様3記載のオフセットを求めるフォーカス計測は、ウエハプロセス毎に行うことを特徴とする。

[実施態様10]

このフォーカス計測方法において、実施態様1から実施態様3記載のオフセットを求めるフォーカス計測は、デバイスパターンごとに行うことを特徴とする。

40

【0022】

[実施態様11]

この露光方法は、実施態様1から実施態様3記載のオフセットを用いて露光する工程を有することを特徴とする。

[実施態様12]

この露光装置は、実施態様4から実施態様6記載のオフセットを用いて露光する手段を有することを特徴とする。

【0023】

[実施態様13]

実施態様4から実施態様6記載のオフセットを求める装置が、露光装置とは別にオフセ

50

ット計測装置として構成されることを特徴とする。

[実施態様 14]

実施態様 13 記載のオフセット計測装置は、ひとつ、あるいは複数の露光装置に対して管理することのできるオフセット計測装置である。

[実施態様 15]

実施態様 1 から実施態様 14 記載の露光装置は、スキャナまたはステッパである。

【0024】

次に、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態を説明する。

図 13 は、本発明の一側面としての露光装置 1 の構成を示す概略ブロック図である。

露光装置 1 は、ステップ・アンド・スキャン方式でレチクル 20 に形成された回路パターンをウエハ 40 に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ工程に好適である。露光装置 1 は、図 13 に示すように、照明装置 10 と、レチクル 20 を載置するレチクルステージ 25 と、投影光学系 30 と、ウエハ 40 を載置するウエハステージ 45 とを有する。また、フォーカスチルト検出系 50 と、アライメント検出系 70 と、制御部 60 とを有する。

【0025】

制御部 60 は、CPU やメモリを有し、照明装置 10、レチクルステージ 25、ウエハステージ 45、フォーカスチルト検出系 50、アライメント検出系 70 と電氣的に接続され、露光装置 1 の動作を制御する。

照明装置 10 は、転写用の回路パターンが形成されたレチクル 20 を照明し、光源部 12 と、照明光学系 14 とを有する。

光源部 12 は、レーザ光を使用し、例えば、波長約 193 nm の ArF エキシマレーザ、波長約 248 nm の KrF エキシマレーザなどを使用することができる。但し、光源の種類はエキシマレーザに限定されず、波長約 157 nm の F₂ レーザや波長 20 nm 以下の EUV (Extreme ultraviolet) 光を使用してもよい。

【0026】

照明光学系 14 は、光源部 12 から射出した光束を用いて被照明面を照明する光学系であり、本実施形態では、光束を露光に最適な所定の形状の露光スリットに成形し、レチクル 20 を照明する。照明光学系 14 は、レンズ、ミラー、オプティカルインテグレータ、絞り等を含み、例えば、コンデンサーレンズ、ハエの目レンズ、開口絞り、コンデンサーレンズ、スリット、結像光学系の順で配置する。照明光学系 14 は、軸上光、軸外光を問わずに使用することができる。オプティカルインテグレータは、ハエの目レンズや 2 組のシリンダリカルレンズアレイ (またはレンチキュラーレンズ) 板を重ねることによって構成されるインテグレータを含む。但し、光学ロッドや回折素子に置換される場合もある。

【0027】

レチクル 20 は、例えば、石英製で、その上には転写されるべき回路パターンが形成され、レチクルステージ 25 に支持および駆動される。レチクル 20 から発せられた回折光は、投影光学系 30 を通り、ウエハ 40 上に投影される。レチクル 20 とウエハ 40 とは、光学的に共役の関係に配置される。レチクル 20 とウエハ 40 を縮小倍率比の速度比で走査することによりレチクル 20 のパターンをウエハ 40 上に転写する。なお、露光装置 1 には、光斜入射系のレチクル検出手段 70 が設けられており、レチクル 20 は、不図示のレチクル検出手段によって位置が検出され、所定の位置に配置される。

【0028】

レチクルステージ 25 は、不図示のレチクルチャックを介してレチクル 20 を支持し、不図示の移動機構に接続されている。不図示の移動機構は、リニアモータなどで構成され、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向および各軸の回転方向にレチクルステージ 25 を駆動することでレチクル 20 を移動させることができる。

投影光学系 30 は、物体面からの光束を像面に結像する機能を有し、レチクル 20 に形成されたパターンを経た回折光をウエハ 40 上に結像する。

ウエハ 40 は、被処理体であり、フォトリソが基板上に塗布されている。なお、本

実施形態では、ウエハ40は、フォーカスチルト検出系50が位置を検出する被検出体でもある。

アライメント光学系70は、ウエハ40のXY位置ずれを検出するためのものであり、図では露光投影光学系の光軸とは別の光軸上に配置され、非露光光を用いるいわゆるオフアクシス方式を示している。

【0029】

ウエハステージ45は、ウエハチャック46によってウエハ40を支持する。ウエハチャックには、少なくとも3つ以上のウエハチャックマークが配置されており、フォーカスチルト検出系50によってZ高さ情報を、アライメント光学系によってXY位置情報を得ることができる。ウエハステージ45は、レチクルステージ25と同様に、リニアモータを利用して、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向および各軸の回転方向にウエハ40およびウエハチャック46を移動させる。また、レチクルステージ25の位置とウエハステージ45の位置は、例えば、レーザ干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。ウエハステージ45は、例えば、ダンパを介して床等の上に支持されるステージ定盤上に設けられる。レチクルステージ25および投影光学系30は、例えば、床等に載置されたベースフレーム上にダンパを介して支持される図示しない鏡筒定盤上に設けられる。

10

【0030】

次に、本実施形態におけるフォーカスチルト検出系50について説明する。フォーカスチルト検出系は、光学的な計測システムを用いて露光中のウエハ40の表面位置（Z軸方向）の位置情報を検出する。本実施形態では、特にフォーカス検出用のスリット状のマークをウエハ上に照射する検出方式を説明する。具体的には、フォーカス検出用のスリット状のマークを、フォーカス検出用の投影光学系52を用いてウエハ40の表面に対して高入射角度で投影する。そのマーク投影像を、受光光学系54を用いてCCDなどの光電変換素子に再結像させ、光電変換素子からの信号波形を用いて、ウエハの面位置を検出する。

20

【0031】

次に、ウエハ40上のあるショットの一つの計測個所に対して、露光スリットの長手方向に複数のマークを配置して、それぞれのマーク像を個別の光電変換素子に再結像させフォーカス計測を行う。

30

さらに、ウエハ40上の複数のサンプルショットに対して走査方向に数mm間隔で上記の複数マークによるフォーカス計測を行い、これらのフォーカス計測結果を統計的に処理することにより、ウエハの面位置（フォーカスおよびチルト）を検出している。

【0032】

[実施形態1]

図1は本発明の実施形態1を説明するフロー図である。

本発明の実施形態1は、ウエハ上に照射されたフォーカス検出用のスリット状のマークが一つ(mk)の場合である。

ウエハを搬入して、ウエハチャックに装着されると、まずステップS100で、ウエハチャック上にある少なくとも3つのチャックマークのZ高さ、およびXY位置を計測する。

40

【0033】

図2は、本実施形態の動作を、XY平面、およびZ方向から説明した図である。上記ステップS100では、図2のチャックマークcmk1、cmk2、cmk3に対してそれぞれXY位置計測およびZ高さ計測を行い、チャックマークの平面を決定する。

なお、ここでチャックマークを計測する理由は、Z高さや、XY位置の基準を決めるために、ウエハプロセス誤差のないマークを用いる必要があるからである。

【0034】

次に、図1のステップS110で、チャックマークの平面とステージの走り面が一致するように、マークmkによって第1のフォーカス計測を行う。なお、この第1のフォーカ

50

ス計測はウエハ上のサンプルショットにおけるスキャン方向に通常数 mm の間隔で行う。

図 3 は第 1 のフォーカス計測における図 2 のマーク m_k 付近 (A) の詳細を示した図で、一例としてマーク m_k に対して、ウエハの下地パターンの反射率が紙面左側で低く、紙面右側で高い場合を示す。このときマーク m_k の光電変換素子上でのフォーカス計測信号は、反射率が高い領域では信号強度が高く、反射率が低い領域では信号強度が低くなるため、図 3 (b) のようになる。ここで、基準高さからのずれ量を Z 、ウエハプロセスによる誤差を Δ とすると、フォーカス計測値 $m_k(1)$ は数式 1 で表される。なお、以下の説明において m_k に続くかっこ内の数字は、回転前が 1、回転後が 2 を示す。

【 0 0 3 5 】

【 数 1 】

$$mk(1) = Z + \Delta$$

10

【 0 0 3 6 】

次に、図 1 のステップ S 1 2 0 では、ウエハを 1 8 0 度回転させて、ステップ S 1 3 0 で、再び、チャックマークの高さ、および $X Y$ 位置を計測する。

図 4 は、ウエハ回転後の動作を $X Y$ 平面、および Z 方向から説明した図である。上記ステップ S 1 3 0 では、ステップ S 1 1 0 と同様に、チャックマーク $cm_k 1$ 、 $cm_k 2$ 、 $cm_k 3$ に対してそれぞれ $X Y$ 位置計測および Z 高さ計測を行い、チャックマークの平面を決定する。

20

【 0 0 3 7 】

次に、図 1 のステップ S 1 4 0 で、第 1 のフォーカス計測を行ったウエハのそれぞれの位置に対して、 $X Y$ 位置が一致し、かつ Z 高さは、ステージの走りがチャックマークの平面に合うように位置合わせする。さらに、この状態で第 2 のフォーカス計測を行う。

なお、本実施形態では、第 1 のフォーカス計測位置と第 2 のフォーカス計測位置とを、 $X Y$ 位置を正確に一致させる必要があるが、 $X Y$ 位置を一致するためには、まず、第 1 のフォーカス計測を実施した $X Y$ 位置を、チャックマーク基準で記憶しておき、ウエハ回転後に、チャックマーク基準で $X Y$ 位置を戻すことで実現することができる。

【 0 0 3 8 】

図 5 は第 2 のフォーカス計測における図 4 のマーク m_k 付近 (B) の詳細を示した図である。ウエハの下地パターンの反射率がウエハ回転前の図 3 (a) と比べて反転し、紙面左側が高く、紙面右側で低くなる。従って、マーク m_k の光電変換素子上でのフォーカス計測信号は図 5 (b) のようになり、下地パターンの反射率による信号強度の差が、ウエハ回転前と比べて反転している。以上から、フォーカス計測値 $m_k(2)$ は数式 2 で表され、数式 1 と比べてウエハプロセスによる誤差 Δ が異符号となる。

30

【 0 0 3 9 】

【 数 2 】

$$mk(2) = Z - \Delta$$

40

【 0 0 4 0 】

次に、図 1 のステップ S 1 5 0 では、マーク m_k におけるウエハ上の各位置における基準高さからのずれ Z とウエハプロセス誤差 Δ を、 $m_k(1)$ と $m_k(2)$ を用いて数式 3 のように算出する。

【 0 0 4 1 】

【数 3】

$$\left\{ \begin{array}{l} Z = \frac{mk(1) + mk(2)}{2} \\ \Delta = \frac{mk(1) - mk(2)}{2} \end{array} \right.$$

10

最後に、図 1 のステップ S 1 6 0 では、ウエハプロセスの誤差 をオフセットとして持ち、ウエハ上に実際の露光を行う。すなわち、実際の露光時には、ウエハの各位置で第 1 のフォーカス計測値から を差し引く。これにより、ウエハプロセス誤差を低減したウエハの面位置検出が可能となる。

【0042】

[実施形態 2]

図 6 は本発明の実施形態 2 を説明するフロー図である。

本発明の実施形態 2 は、ウエハ上に照射されたフォーカス検出用のスリット状のマークが複数 (mk 1、mk 2、mk 3) の場合である。

20

ウエハを搬入して、ウエハチャックに装着されると、まずステップ S 2 0 0 で、ウエハチャック上にある少なくとも 3 つのチャックマークの Z 高さ、および X Y 位置を計測する。図 7 は、本実施形態 2 について、X Y 平面、および Z 方向から説明した図である。ステップ S 2 0 0 では、図 7 のチャックマーク cmk 1、cmk 2、cmk 3 に対してそれぞれ X Y 位置計測および Z 高さ計測を行い、チャックマークの平面を決定する。

【0043】

次にステップ S 2 1 0 で、チャックマークの平面とステージの走り面が一致するように、複数マーク mk 1、mk 2、mk 3 を用いて、ステージをスキャンさせながら、第 1 のフォーカス計測を行う。図 8 は第 1 のフォーカス計測における図 7 のマーク mk 1、mk 2、mk 3 付近 (A) の詳細を示した図である。マーク下のウエハのパターンがロジック、メモリ、スクライプラインなどで反射率がさまざまに異なり、マーク mk 1、mk 2、mk 3 の光電変換素子上でのフォーカス計測信号は、図 8 (b) のようになる。なお、本実施形態におけるそれぞれのマークはマーク全体の中心位置に対して対称に配置されている。それぞれのマークの計測値 mk 1 (1)、mk 2 (1)、mk 3 (1) は、マーク基準高さからのずれ量を Z 1、Z 2、Z 3、ウエハプロセスによる誤差を 1、2、3 とすると、数式 4 で表される。

30

【0044】

【数 4】

$$\left\{ \begin{array}{l} mk1(1) = Z_1 + \Delta_1 \\ mk2(1) = Z_2 + \Delta_2 \\ mk3(1) = Z_3 + \Delta_3 \end{array} \right.$$

40

【0045】

次にステップ S 2 2 0 では、ウエハを 1 8 0 度回転させて、ステップ S 2 3 0 で、再び

50

、チャックマークの高さ、およびXY位置を計測する。図9は、ウエハ回転後の動作をXY平面、およびZ方向から説明した図である。上記ステップS230では、ステップS210と同様に、チャックマークcmk1、cmk2、cmk3に対してそれぞれXY位置計測およびZ高さ計測を行い、チャックマークの平面を決定する。

【0046】

次に、ステップS240で、第1のフォーカス計測を行ったウエハのそれぞれの位置に対して、マーク全体の中心(図9のmk2の×印)のXY位置が一致するようにウエハを位置合わせする。さらに、Z高さは、ステージの走りがチャックマークの平面に合うように位置合わせする。この状態で第2のフォーカス計測を行う。

【0047】

図10は第2のフォーカス計測における図9のマークmk1、mk2、mk3付近(B)の詳細を示した図である。実施形態2のそれぞれのマークはマーク全体の中心位置(mk2の×印)に対して対称に配置されているため、ウエハ回転後のmk1は回転前のmk3と同一の位置を計測している。つまり、計測すべき基準高さからのずれはZ3である。また、回転後のmk1に対するウエハ下地パターンの反射率が回転前のmk3に対するパターンの反射率を反転したものになっている。

また、同様にウエハ回転後のmk3は回転前のmk1と同一の位置を計測しており、回転後のmk3に対するパターンの反射率は回転前のmk1に対するパターンの反射率を反転したものとなっている。

【0048】

以上のことから、マークmk1、mk2、mk3の光電変換素子上でのフォーカス計測信号は図10(b)のようになる。フォーカス計測値mk1(2)、mk2(3)、mk3(3)は数式5で表され、数式4と比べてウエハプロセスによる誤差1、2、3が異符号となる。

【0049】

【数5】

$$\left\{ \begin{array}{l} mk1(2) = Z_3 - \Delta_3 \\ mk2(2) = Z_2 - \Delta_2 \\ mk3(2) = Z_1 - \Delta_1 \end{array} \right.$$

【0050】

次に、図6のステップS250では、マークmk1、mk2、mk3のウエハ上の各位置における基準高さからのずれZ1、Z2、Z3とウエハプロセス誤差1、2、3を算出する。これらのずれおよび誤差は、数式4、数式5からそれぞれ数式6、数式7のように算出される。

【0051】

10

20

30

40

【数 6】

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_1 = \frac{mk1(1) + mk3(2)}{2} \\ Z_2 = \frac{mk2(1) + mk2(2)}{2} \\ Z_3 = \frac{mk3(1) + mk1(2)}{2} \end{array} \right.$$

10

【0052】

【数 7】

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_1 = \frac{mk1(1) - mk3(2)}{2} \\ \Delta_2 = \frac{mk2(1) - mk2(2)}{2} \\ \Delta_3 = \frac{mk3(1) - mk1(2)}{2} \end{array} \right.$$

20

【0053】

最後に、図6のステップS260では、マークmk1、mk2、mk3のウエハの各位置におけるウエハプロセスの誤差 1、2、3をオフセットとして持ち、ウエハ上に実際の露光を行う。すなわち、実際の露光時には、マークmk1、mk2、mk3のウエハの各位置で第1のフォーカス計測値からオフセット 1、2、3を差し引く。これにより、ウエハプロセス誤差を低減したウエハの面位置検出が可能となる。

30

【0054】

なお、本実施形態では、マークが奇数本(3本)の場合について説明したが、これに限らず、偶数本のマークであってもよい。例えば、マークが4本(順にmk1、mk2、mk3、mk4)であった場合には、複数マークの中心は図11のmk2とmk3の間のx印となり、オフセット 1~4は数式8のようになる。

【0055】

【数 8】

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_1 = \frac{mk1(1) - mk4(2)}{2} \\ \Delta_2 = \frac{mk2(1) - mk3(2)}{2} \\ \Delta_3 = \frac{mk3(1) - mk2(2)}{2} \\ \Delta_4 = \frac{mk4(1) - mk1(2)}{2} \end{array} \right.$$

10

【0056】

[実施形態3]

本発明の実施形態3は、前記フォーカス計測によるオフセット計測は、ロットの先頭ウエハに対して行うことを特徴とするものである。これは、ロット内ではパターンによるウエハプロセス誤差は安定していることを前提としている。つまり、ロットの先頭のウエハに対してフォーカス計測を行い、各マークの各スキャン位置におけるオフセットを求めておく。そうすれば、以降のウエハに関しては1枚目のオフセットを用いて修正を行うことで、スループットを低下させることなく、ウエハプロセス誤差を低減したウエハの面位置検出が可能となる。

20

【0057】

[実施形態4]

本発明の実施形態4は、前記フォーカス計測によるオフセット計測は、ウエハプロセス毎に行うことを特徴とするものである。これは、工程ごとにウエハの下地パターンが異なるため、前記パターンによるオフセットも計測する必要があるためである。具体的にはウエハプロセスが変更されるごとに、そのウエハに対してフォーカス計測を行い、各マークの各スキャン位置におけるオフセットを求めておく。同一プロセスの以降のウエハに関してはオフセットを用いて修正を行うことで、スループットを低下させることなく、プロセス誤差を低減したウエハの面位置検出が可能となる。

30

さらに、本実施形態におけるフォーカス計測による前記オフセット計測は、レチクルに描画されているデバイスパターンごとに行ってもよい。

【0058】

[実施形態5]

これまでの実施形態は、露光装置内でフォーカス計測を行い、オフセット計測を行うことに関するものであったが、これに限らず、前記オフセット計測は、露光装置とは別の装置で行ってもよい。具体的には、露光装置の外で、オフセット計測を行い、実際の露光シークェンスにはオフセット分の修正だけを行う。そうすれば、スループットを低下させることなく、ウエハプロセス誤差を低減したウエハの面位置検出が可能となる。

40

さらに、本実施形態におけるオフセット計測は、ひとつの露光装置に対してだけでなく、工場内の複数の露光装置に対して管理してもよい。これは、オフセット計測を、複数の露光装置に対して、別々に行っても良いし、露光装置の機差を小さくすることができれば、同じオフセット値を複数の露光装置に対して適用することも可能である。

【0059】

[実施形態6]

本発明における実施形態6は、実施形態2のフォーカス検出系の構成に関するものである。実施形態2では、高入射角でウエハ面にマーク像を投影している。それ故に、3つの

50

マーク $m k 1$ 、 $m k 2$ 、 $m k 3$ のうち、マーク全体の中心位置に関して対称な2つのマーク $m k 1$ 、 $m k 3$ の光学特性（デフォーカス特性）が異なる可能性がある。 $m k 1$ と $m k 3$ とで光学特性に違いが生じると、以下の問題が生じる。つまり、 $m k 1$ における第1のフォーカス計測値 $m k 1(1)$ と、 $m k 3$ における第2のフォーカス計測値 $m k 3(2)$ は、数式9に示すようにそれぞれのマーク $m k 1$ と $m k 3$ の光学特性による誤差 ε_1 、 ε_3 を含むことになる。

【0060】

【数9】

$$\begin{cases} mk1(1) = Z_1 + \Delta_1 + \varepsilon_1 \\ mk3(2) = Z_1 - \Delta_1 + \varepsilon_3 \end{cases}$$

10

【0061】

数式9からは誤差 ε_1 、 ε_3 を消去したウエハプロセス誤差 Δ_1 を導き出すことはできない。

従って、それぞれのマークの光学特性は同じにすることが好ましい。本実施形態では、図12に示すように、投影光学系80に関して、フォーカス検出用の複数マークが形成されているレチクル82面とウエハ40面とがシャインプルーフの関係にあるように構成されている。加えて受光光学系81に関して、ウエハ40面と受光素子83面とがシャインプルーフの関係にあるように構成されている。

20

【0062】

上述した実施形態によれば、ウエハの反射率差などのウエハプロセス誤差が発生する状況下においても、ウエハプロセス誤差を軽減することができる。そのため、ウエハの面位置検出精度を向上させることができ、ひいては歩留まりを向上させることができる。特に、上述の実施形態によれば、露光せずにウエハ面のベストフォーカスを求めることができるため、TATの短縮にも効果がある。

【0063】

[実施形態7]

なお、これまで説明してきた実施形態は、装置コストを抑制しながら、ウエハプロセス誤差を低減したフォーカス検出系の提案であった。本実施形態は、今後、コストよりもウエハプロセスの複雑化に伴い、1枚ごとウエハを計測する必要性が生じた場合に好適なものである。また、露光装置の構成が、例えばツインステージのように、露光ステーションと計測ステーションが分離されていて、計測ステーションでフォーカス検出用の光学系配置の制約がなくなる場合に好適なものである。

30

すなわち、特許文献3のように、上記実施形態の受光側にもう一つの投光系、投光側にもう一つの受光系を配置し、二方向からウエハの特定場所へ入射させて、第1および第2のフォーカス計測を行い、オフセットを算出する。

この方式は、スループットの面から、ウエハを回転させるよりも有利であり、上記実施形態様と同様の効果が得られるのは自明である。

40

【0064】

[実施形態8]

今まで説明してきた実施形態は、ウエハの面位置検出（フォーカス、チルト）に関するものである。しかし、ウエハチャックマーク計測時に、XY位置も計測しているため、チャックマーク基準でウエハ上のXY位置ずれ検出用のマーク（アライメントマーク）も、アライメント光学系70を用いて計測可能である。従って、ウエハの180度回転前後の同一計測場所でのアライメント計測値を用いて、アライメント光学系の誤差（TIS）をキャンセルすることもできる。

【0065】

50

[デバイス製造方法の実施形態]

次に、図 15 および図 16 を参照して、上述の露光装置 1 を利用したデバイスの製造方法の実施形態を説明する。図 15 は、デバイス（IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1（回路設計）ではデバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコンなどの材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、マスクとウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）では、ステップ 5 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 7）される。

10

図 16 は、ステップ 4 のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ 11（酸化）では、ウエハの表面を酸化させる。ステップ 12（CVD）では、ウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 13（電極形成）では、ウエハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ 14（イオン打ち込み）ではウエハ上にイオンを打ち込む。ステップ 15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 16（露光）では、露光装置 1 によってマスクの回路パターンをウエハに露光する。ステップ 17（現像）では、露光したウエハを現像する。ステップ 18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

20

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図 1】本発明の実施形態 1 を説明するフロー図。

【図 2】実施形態 1 を X Y 平面および Z 方向から説明した図。

【図 3】図 2 におけるマーク m k 付近の詳細を示した図。

【図 4】実施形態 1 におけるウエハ回転後の動作を X Y 平面および Z 方向から説明した図。

【図 5】図 4 におけるマーク m k 付近の詳細を示した図。

30

【図 6】本発明の実施形態 2 を説明するフロー図。

【図 7】第 2 の実施形態を X Y 平面および Z 方向から説明した図。

【図 8】図 7 におけるマーク m k 付近の詳細を示した図。

【図 9】実施形態 2 におけるウエハが移転後の動作を X Y 平面および Z 方向から説明した図。

【図 10】図 9 におけるマーク m k 1、m k 2、m k 3 付近の詳細を示した図。

【図 11】本発明においてフォーカス検出用マークが 4 本の場合のマークの配置を示した図。

【図 12】本発明の実施形態におけるフォーカス検出系の構成を示す図。

【図 13】本発明の実施形態における半導体露光装置の全体的な構成を説明する図。

40

【図 14】ウエハ上のパターンの反射率差による計測誤差を説明する図。

【図 15】本発明に係る露光装置によるデバイス製造プロセスを説明するフロー図。

【図 16】図 15 のウエハプロセスを説明するフロー図。

【符号の説明】

【0067】

1 露光装置

10 照明装置

20 レチクル

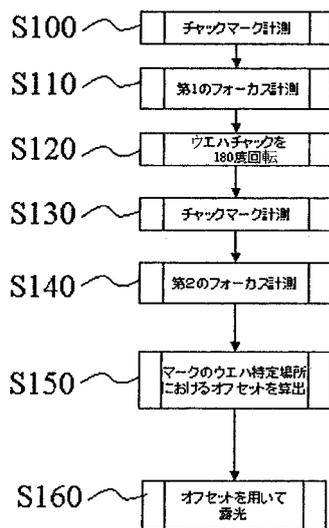
25 レチクルステージ

30 投影光学系

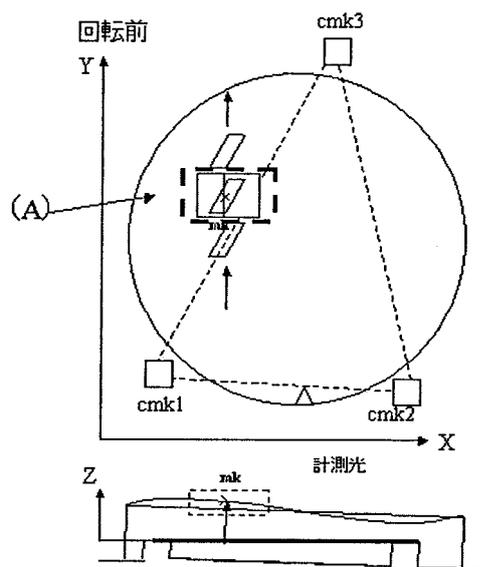
50

- 40 ウエハ
- 45 ウエハステージ
- 50 フォーカスチルト検出系
- 60 制御部
- 70 アライメント検出系
- cmk1、cmk2、cmk3 チャックマーク
- mk1、mk2、mk3、mk4 フォーカス計測用マーク

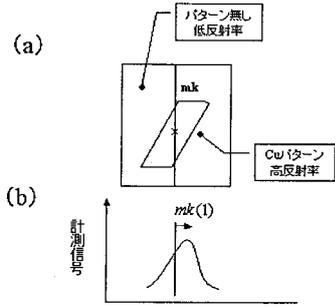
【図1】



【図2】

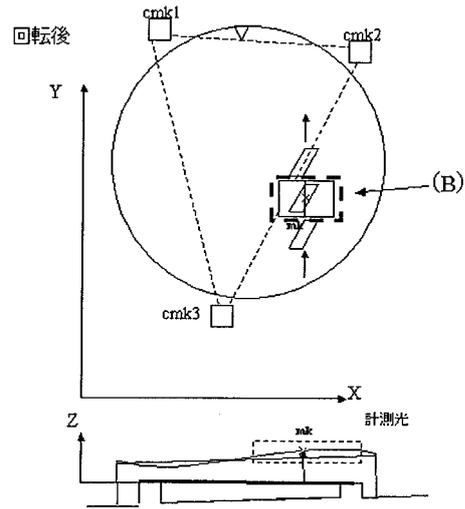


【 図 3 】

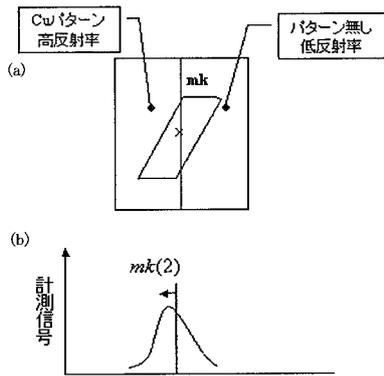


平均

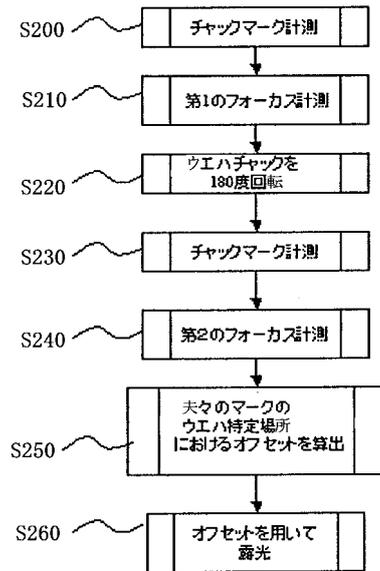
【 図 4 】



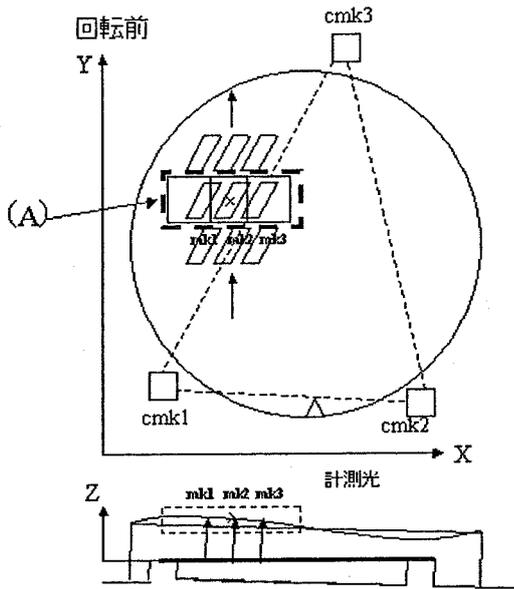
【 図 5 】



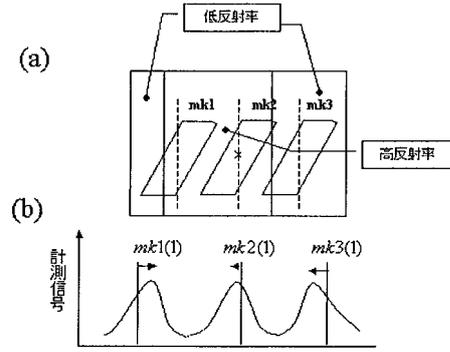
【 図 6 】



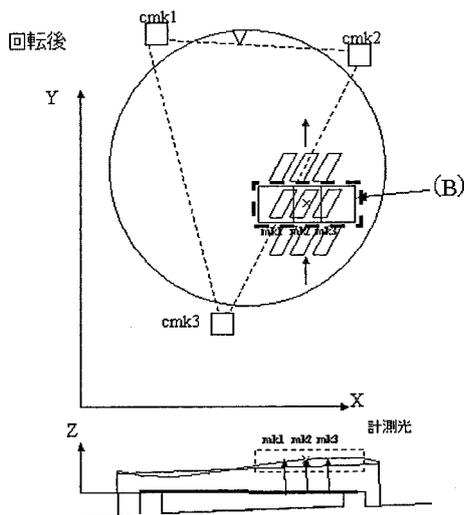
【 図 7 】



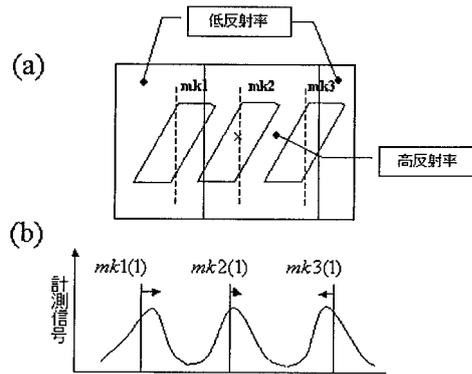
【 図 8 】



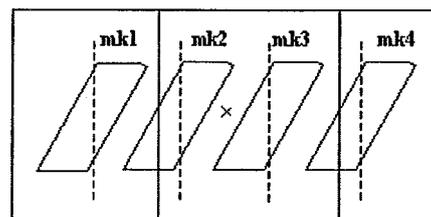
【 図 9 】



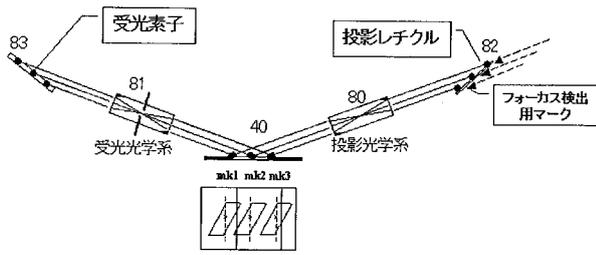
【 図 10 】



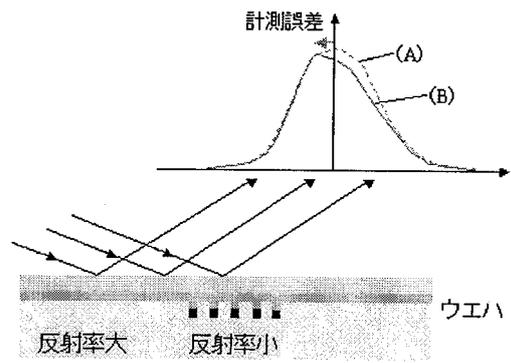
【 図 11 】



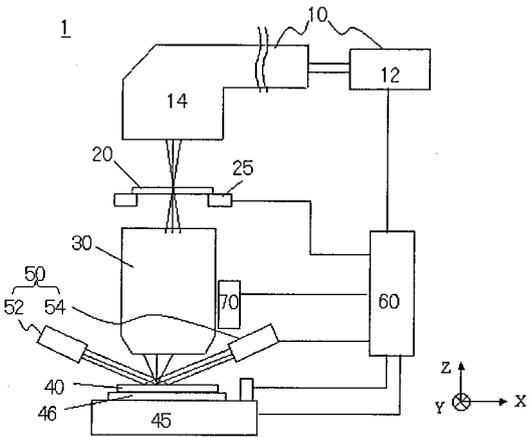
【 図 1 2 】



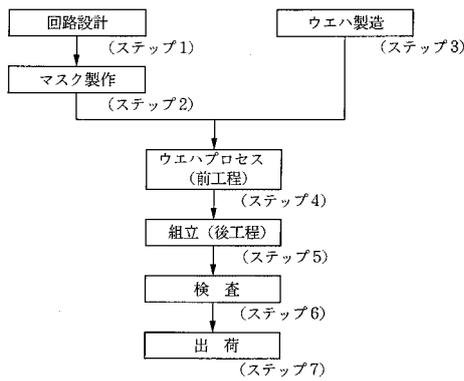
【 図 1 4 】



【 図 1 3 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

