(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4472358号
(P4472358)

(45)発行日　平成22年6月2日(2010.6.2)　(24)登録日　平成22年3月12日(2010.3.12)

(51)Int.Cl.		F I		
G01B 11/00	(2006.01)	G01B	11/00	G
G01B 11/26	(2006.01)	G01B	11/26	G
G03F 7/20	(2006.01)	G03F	7/20	521
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	515G
		H01L	21/30	516B

請求項の数 37　(全 23 頁)

(21)出願番号　特願2003-584816 (P2003-584816)
(86)(22)出願日　平成15年4月11日 (2003.4.11)
(65)公表番号　特表2005-522705 (P2005-522705A)
(43)公表日　平成17年7月28日 (2005.7.28)
(86)国際出願番号　PCT/US2003/011048
(87)国際公開番号　WO2003/087934
(87)国際公開日　平成15年10月23日 (2003.10.23)
審査請求日　平成18年4月6日 (2006.4.6)
(31)優先権主張番号　60/371,869
(32)優先日　平成14年4月11日 (2002.4.11)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(73)特許権者　598176743
ザイゴ　コーポレーション
ＺＹＧＯ　ＣＯＲＰＯＲＡＴＩＯＮ
アメリカ合衆国　コネチカット州　０６４５５ミドルフィールド　ローレル　ブルック　ロード（番地なし）
(74)代理人　100068755
弁理士　恩田　博宣
(74)代理人　100105957
弁理士　恩田　誠
(72)発明者　ヒル、ヘンリー　エイ.
アメリカ合衆国　８５７１６　アリゾナ州　タクソン　エス．アベニダ　デ　パルマス　３４０

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ツインステージリソグラフィツールにおける干渉計システム誤差の補償

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

露光装置及び第１及び第２ステージを含むリソグラフィツールを使用する方法であって、前記第１及び第２ステージは、前記露光装置に近接する露光位置と前記露光位置から離れた別の位置との間で移動可能であり、

前記第１ステージが前記露光位置にある間に、第１ステージ上の第１ウェハを前記露光装置からの照射光で露光すること、

露光中に、前記第１ウェハの基準位置に対する前記第１ウェハの位置を干渉法を用いてモニターすることであって、前記露光位置にある前記第１ステージに関する前記干渉計システムのシステム誤差を示す第１の所定のデータに基づいて測定干渉位相を補償することを備える前記モニターすること、

前記露光位置において、前記第１ステージを前記第２ステージと入れ替えること、

前記第２ステージが前記露光位置にある間に、前記第２ステージ上の第２ウェハを前記露光装置からの照射光で露光すること、

露光中に、前記第２ウェハの基準位置に対する前記第２ウェハの位置を干渉法を用いてモニターすることであって、前記露光位置にある前記第２ステージに関する前記干渉計システムのシステム誤差を示す第２の所定のデータに基づいて測定干渉位相を補償することを備える前記モニターすることを備え、

前記干渉計システムは、動作状態において２つのビームを異なる経路に沿って方向付け、次にこれらのビームを合成して出力ビームを生成する干渉計を備え、前記出力ビームは

、前記２つのビームの間の光路長差に関する情報を含み、
前記システム誤差は、前記干渉計の不完全性から生じる誤差を含み、これらの誤差によって、前記出力ビームから生成される測定可能な干渉位相が等式Φ＝ｐｋｎＬで表わされる関係からずれ、この等式ではｐは整数であり、ｋは前記出力ビームの波数であり、そしてｎＬは前記光路長差に対応する、方法。
【請求項２】
前記第１の所定のデータは、前記第２の所定のデータとは異なる、請求項１記載の方法。
【請求項３】
前記ずれは、前記光路長差に関して周期性を示さない形で変化する非周期誤差項を含む、請求項１記載の方法。
【請求項４】
前記ずれは、前記光路長差に関して周期的に変化する周期誤差項を含む、請求項１記載の方法。
【請求項５】
前記システム誤差は、測定対象物の不完全性から生じる誤差を更に含む、請求項１記載の方法。
【請求項６】
前記測定対象物の不完全性は、前記測定対象物の反射面の状態の変化を含む、請求項５記載の方法。
【請求項７】
前記第１及び第２ウェハを露光している間に、照射光がマスクを通るように方向付けられて前記ウェハの表面に照射パターンが形成される、請求項１記載の方法。
【請求項８】
前記照射は、ＵＶ照射である、請求項７記載の方法。
【請求項９】
前記干渉法を用いてモニターすることは、前記露光位置にある前記第１または第２ステージの一つ以上の自由度をモニターすることを備える、請求項１記載の方法。
【請求項１０】
前記一つ以上の自由度は、一つ以上の直交軸に沿った前記ステージの変位を含む、請求項９記載の方法。
【請求項１１】
前記一つ以上の自由度は、一つ以上の直交軸を中心とする前記ステージの回転を含む、請求項９記載の方法。
【請求項１２】
前記第１または第２ステージが前記他の位置にある間に、前記第１または第２ステージの位置を干渉法を用いてモニターすることを更に備える、請求項１記載の方法。
【請求項１３】
前記他の位置にある前記第１または第２ステージをモニターすることは、前記他の位置にある前記第１または第２ステージをモニターすることに関連する測定干渉位相を、それぞれ前記他の位置にある前記第１または第２ステージに関する前記干渉計システムのシステム誤差も示す前記第１または第２の所定のデータに基づいて補償することを備える、請求項１２記載の方法。
【請求項１４】
前記他の位置にある前記第１及び第２ステージに関する前記干渉計システムのシステム誤差を示す前記第１及び第２の所定のデータは異なる、請求項１３記載の方法。
【請求項１５】
前記他の位置にある前記第１または第２ステージからウェハを取り外すことを更に備える、請求項１２記載の方法。
【請求項１６】

前記他の位置にある前記第１または第２ステージにウェハを載置することを更に備える、請求項１２記載の方法。

【請求項１７】

前記他の位置はアライメントセンサに近接し、前記方法は、前記第１または第２ステージに対すると共に前記アライメントセンサに対して前記ウェハを位置合わせすることを更に備える、請求項１６記載の方法。

【請求項１８】

露光装置及び第１及び第２ステージを含むリソグラフィツールを使用する方法であって、前記第１及び第２ステージは、前記露光装置に近接する露光位置と前記露光位置から離れた別の位置との間で移動可能であり、

前記第１ステージが前記露光位置にある間に、第１ステージ上の第１ウェハを前記露光装置からの照射光で露光すること、

露光中に、前記第１ウェハの基準位置に対する前記第１ウェハの位置を干渉法を用いてモニターすることであって、前記露光位置にある前記第１ステージに関する前記干渉計システムのシステム誤差を示す第１の所定のデータに基づいて測定干渉位相を補償することを備える前記モニターすること、

前記露光位置において、前記第１ステージを前記第２ステージと入れ替えること、

前記第２ステージが前記露光位置にある間に、前記第２ステージ上の第２ウェハを前記露光装置からの照射光で露光することを備え、

前記干渉計システムは、動作状態において２つのビームを異なる経路に沿って方向付け、次にこれらのビームを合成して出力ビームを生成する干渉計を備え、前記出力ビームは、前記２つのビームの間の光路長差に関する情報を含み、

前記システム誤差は、前記干渉計の不完全性から生じる誤差を含み、これらの誤差によって、前記出力ビームから生成される測定可能な干渉位相が等式Φ＝ｐｋｎＬで表わされる関係からずれ、この等式ではｐは整数であり、ｋは前記出力ビームの波数であり、そしてｎＬは前記光路長差に対応する、方法。

【請求項１９】

露光システムと、

各々がウェハを支持し、かつ位置決めする第１及び第２ステージであって、前記第１及び第２ステージは、第１位置と第２位置との間で移動可能であり、前記第１位置は、前記露光システムに近接する、第１及び第２ステージと、

前記第１及び第２位置にある前記第１及び第２ステージの位置をモニターするように構成された一つ以上の干渉計を含む干渉計システムと、

前記第１位置にある前記第１ステージに関するシステム誤差を示す第１の所定のデータと、前記第１位置にある前記第２ステージに関するシステム誤差を示す第２の所定のデータとを供給する電子記憶媒体と、を備え、

前記一つ以上の干渉計の各々は、動作状態において２つのビームを異なる経路に沿って方向付け、次にこれらのビームを合成して出力ビームを生成し、前記出力ビームは、前記２つのビームの間の光路長差に関する情報を含み、

前記システム誤差は、前記一つ以上の干渉計のうちの一つの干渉計の不完全性から生じる誤差を含み、前記不完全性によって、前記出力ビームから生成される測定可能な干渉位相が等式Φ＝ｐｋｎＬで表わされる関係からずれ、この等式ではｐは整数であり、ｋは前記出力ビームの波数であり、そしてｎＬは前記光路長差に対応する、ツインステージリソグラフィツール。

【請求項２０】

前記第１の所定のデータは、前記第２位置にある前記第１ステージに関するシステム誤差も示し、前記第２の所定のデータは、前記第２位置にある前記第２ステージに関するシステム誤差も示す、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２１】

前記電子記憶媒体との接続を行なうように構成された電子制御装置を更に備え、この電

子制御装置は、動作状態において、前記干渉計の出力を、前記電子記憶媒体の前記第１及び第２の所定のデータに基づいて補正する、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２２】

前記ずれは、前記光路長差に関して周期的な形で変化する周期誤差項を含む、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２３】

前記ずれは、前記光路長差に関して周期性を示さない形で変化する非周期誤差項を含む、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２４】

前記第１の所定のデータは、前記干渉計の一つ以上の各々についてのΦ＝ｐｋｎＬの関係からの前記測定位相のずれに関する情報を、前記第１位置にある前記第１ステージに関する前記干渉計と測定対象物との間の距離の関数として、または前記干渉計に対する前記測定対象物の姿勢の関数として含む、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２５】

前記第１の所定のデータは、前記干渉計の一つ以上の各々についてのΦ＝ｐｋｎＬの関係からの前記測定位相のずれに関する情報を、前記第２位置にある前記第１ステージに関する前記干渉計と測定対象物との間の距離の関数として、または前記干渉計に対する前記測定対象物の姿勢の関数として更に含む、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２６】

前記第２の所定のデータは、前記干渉計の一つ以上の各々についてのΦ＝ｐｋｎＬの関係からの前記測定位相のずれに関する情報を、前記第１位置にある前記第２ステージに関する前記干渉計と測定対象物との間の距離の関数として、または前記干渉計に対する前記測定対象物の姿勢の関数として含む、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２７】

前記第２の所定のデータは、前記干渉計の一つ以上の各々についてのΦ＝ｐｋｎＬの関係からの前記測定位相のずれに関する情報を、前記第２位置にある前記第２ステージに関する前記干渉計と測定対象物との間の距離の関数として、または前記干渉計に対する前記測定対象物の姿勢の関数として更に含む、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２８】

前記第２位置に近接するアライメントセンサを更に備え、前記アライメントシステムは、動作状態において、前記第２位置にある前記ステージの上、または前記第２位置にある前記ステージ上のウェハの上のアライメントマークの位置を特定する、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項２９】

前記干渉計システムは、前記第１ステージ上に搭載された一つ以上の測定対象物及び前記第２ステージ上に搭載された一つ以上の測定対象物を備える、請求項１９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項３０】

前記第１ステージ上に搭載される前記測定対象物の内の少なくとも一つの測定対象物は、前記第１ステージが前記第１位置にあるときに前記干渉計の内の第１干渉計からビームを受け、そして前記第１ステージが前記第２位置にあるときに異なる干渉計からビームを受けるように構成されている、請求項２９記載のツインステージリソグラフィツール。

【請求項３１】

干渉計、及び第１及び第２測定対象物を備える干渉計システムを設けること、

前記干渉計に対する前記第１及び第２測定対象物の自由度を交互にモニターすることで

あって、前記干渉計は、前記モニターの間、２つのビームを異なる経路に沿って方向付け、次にこれらのビームを合成して出力ビームを生成し、前記出力ビームは、前記２つのビームの間の光路長差に関する情報を含み、前記ビームの内の一方のビームは、モニターされる前記測定対象物に衝突し、前記干渉計システムの不完全性によって、前記出力ビームから生成される測定可能な干渉位相が等式Φ＝ｐｋｎＬで表わされる関係からずれ、この等式ではｐは整数であり、ｋは前記出力ビームの波数であり、ｎＬは前記光路長差に対応する、前記モニターすること、

前記第１測定対象物をモニターしながら、前記干渉計システムの不完全性から生じる前記干渉計システムのシステム誤差を示す第１の所定のデータに基づいて測定干渉位相を補償すること、

前記第２測定対象物をモニターしながら、前記干渉計システムの不完全性から生じる前記干渉計システムのシステム誤差を示す第２の所定のデータに基づいて前記測定干渉位相を補償すること

を備える、方法。

【請求項３２】

前記第１及び第２の所定のデータは異なる、請求項３１記載の方法。

【請求項３３】

前記ずれは、前記光路長差に関して周期性を示さない形で変化する非周期誤差項を含む、請求項３１記載の方法。

【請求項３４】

前記ずれは、前記光路長差に関して周期的に変化する周期誤差項を含む、請求項３１記載の方法。

【請求項３５】

前記システム誤差は、前記測定対象物の反射面の状態の変化から生じる誤差を更に含む、請求項３１記載の方法。

【請求項３６】

請求項１記載の方法を含む集積回路の製造方法。

【請求項３７】

請求項１９記載のツインステージリソグラフィツールの使用を含む集積回路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、リソグラフィシステム、及び干渉計を使用するリソグラフィシステムのモニター要素に関する。より詳細には、本発明は、ツインステージリソグラフィシステムに関する。

【背景技術】

【０００２】

直線変位及び角度変位測定及び分光干渉計を含む干渉計システムは、リソグラフィツールにおけるマスクステージまたはウェハステージ等の測定対象物の直線変位及び角度変位を測定する。このようなリソグラフィツールは一般的に、コンピュータチップ等の大規模集積回路の製造に使用される。

【０００３】

リソグラフィツールの機能は、空間的にパターン化された照射光をフォトレジストに覆われたウェハに方向付けることである。プロセスにおいては、ウェハのどの位置で照射光を受けるかを決定し（位置合わせ）、そしてその位置のフォトレジストに向けて照射を行なう（露光）。

【０００４】

リソグラフィでは、重ね合わせの改善が、１００ｎｍ以下の線幅（設計基準）を実現するための５つの最も困難な挑戦の内の一つであり、これに関しては例えばＳｅｍｉｃｏｎ

ｄｕｃｔｏｒ Ｉｎｄｕｓｔｒｙ Ｒｏａｄｍａｐ，ｐ．８２（１９９７）を参照されたい。重ね合わせとは、ウェハをツール内で正確に、そして再現性良く位置させるツール機能を指す。重ね合わせは、ウェハステージ及びレチクル（またはマスク）ステージの位置決めを行なうために使用する距離測定干渉計の性能、すなわち精度及び確度に直接依存する。リソグラフィツールは年当たり５千万～１億ドルの製品を生産することができるので、距離測定干渉計の性能改善による経済価値は非常に大きい。リソグラフィツールによる歩留まりを１％上げると、集積回路製造業者には年当たり約百万ドルの経済的利益がもたらされ、そして競争力が強まるという点でリソグラフィツールベンダーにとって非常に有利となる。

【０００５】

ウェハ位置を正しく決めるために、ウェハは、専用センサにより測定されるアライメント（位置合わせ）マークをウェハの上に含む。アライメントマークの測定位置によりツール内のウェハ位置が決定される。この情報を、ウェハ表面を所望通りにパターニングするための仕様とともに使用して、ウェハを空間的にパターン化された照射光に対して位置合わせする。このような情報に基づいて、フォトレジストに覆われたウェハを支持する可動ステージがウェハを移動させ、照射光によりウェハの正しい位置が露光されるようにする。

【０００６】

露光の間、照射光源はパターン化されたレチクルを照射し、このレチクルは照射光を散乱して空間的にパターン化された照射光を生成する。レチクルはマスクとも呼ばれ、これらの用語を以下では同じような意味で使用する。縮小リソグラフィの場合、縮小レンズは散乱照射光を集め、レチクルパターンの縮小像を形成する。別の構成として、近接転写の場合には、散乱照射光は、ウェハに当たる前に短い距離（通常、ミクロンオーダー）を伝搬して１：１のレチクルパターン像を生成する。照射光によってレジスト内で光化学プロセスが始まり、これにより照射パターンがレジスト内の潜像に変換される。

【０００７】

干渉計システムは、ウェハ及びレチクルの位置を制御し、レチクル像をウェハに転写する位置決め機構の重要な構成要素である。このような干渉計システムが上述の性能を有する場合、システムが測定する距離の精度は、距離測定に対する誤差要因を最小化すると高くなる。

【０００８】

一般的に、露光システムまたは露光ツールとも呼ばれるリソグラフィツールは通常、照射システム及びウェハ位置決めシステムを含む。照射システムは、紫外線、可視光線、ｘ線、電子線、またはイオン照射線等の照射光を供給する照射光源と、照射光にパターンを附与して空間的にパターン化された照射光を生成するレチクルまたはマスクとを含む。また、縮小リソグラフィの場合、照射システムは、空間的にバターン化された照射光をウェハ上に結像させるレンズアセンブリを含む。結像した照射光により、ウェハに塗布されたレジストが露光される。また、照射システムは、マスクを支持するマスクステージと、マスクを通して方向付けられる照射光に対するマスクステージの位置を調整する位置決めシステムとを含む。ウェハ位置決めシステムはウェハを支持するウェハステージ及び結像照射光に対するウェハステージの位置を調整する位置決めシステムを含む。集積回路の製造には、複数の露光工程が含まれる。リソグラフィに関する一般的な参考文献として、例えばＪ．Ｒ Ｓｈｅａｔｓ ａｎｄ Ｂ．Ｗ．ＳｍｉｔｈによるＭｉｃｒｏｌｉｔｈｏｇｒａｐｈｙ：Ｓｃｉｅｎｃｅ ａｎｄ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ（Ｍａｒｃｅｌ Ｄｅｋｋｅｒ，Ｉｎｃ．，Ｎｅｗ Ｙｏｒｋ，１９９８）を参照されたい。この参考文献の内容は、本明細書において参照により引用される。

【０００９】

干渉計システムを使用して、レンズアセンブリ、照射光源または支持構造等の露光システムの他の構成部品に対するウェハステージ及びマスクステージの各々の位置を正確に測定することができる。このような場合、干渉計システムを固定構造に取り付け、測定対象

物を可動部品に、例えば、マスクステージ及びウェハステージの一方に取り付けることができる。別の構成として、配置を逆にして、干渉計システムを可動物に取り付け、そして測定対象物を固定物に取り付けることができる。

【００１０】

一般的に、このような干渉計システムを使用して、露光システムの他の構成部品に対する露光システムのある構成部品の位置を測定することができ、この場合、干渉計システムはある構成部品に取り付けられるか或いは支持され、測定対象物は、別の構成部品に取り付けられるか或いは支持される。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【００１１】

リソグラフィツールが動作している間、露光の前にかなり長い時間を使ってウェハの位置合わせを行なうのでツールのスループットを下げてしまう。ツインステージリソグラフィツール（デュアルステージリソグラフィツールとも呼ぶ）は、あるウェハの位置合わせ手順の幾つかを別のウェハの露光と並行して実施するので、ウェハを処理する能力を上げることができる。

【００１２】

ツインステージリソグラフィでは、ウェハステージを露光位置と装着脱位置との間で入れ替えて交互に露光を行なう。露光装置に対するウェハの位置をモニターする干渉計システムの幾つかの構成部品（例えば測定対象物）がステージの上に配置され、同時に、他の構成部品（例えば干渉計）がツールのフレームに固定されるので、干渉計システムの相対する構成部品は交互に行なわれる露光ごとにその位置が変化する。例えば、各ステージがそのステージに取り付けらる平面ミラー測定対象物を有する場合、この構成部品（物体）は露光ごとに干渉計に対する位置が入れ替わる。

【００１３】

許容誤差が小さいシステムでは、干渉計システムのシステム誤差を重ね合わせ精度と妥協させると、誤差がほぼ補償される、または補正されることがない限りツールによる歩留まりを下げる。システム誤差は、周期誤差及び非周期誤差と呼ばれる誤差だけでなく、測定対象物（群）の不完全性から生じる誤差も含む。ツインステージシステムでは、システム誤差を補償するという行為は、単一ステージツールに比べてより挑戦的な行為である。何故なら、システムの構成部品、システム誤差は交互に行なわれる露光のたびに変化するからである。従って、或る態様においては、本発明はツインステージリソグラフィシステムのシステム関連干渉計システム誤差を補償する方法を特徴とする。

【００１４】

ツインステージリソグラフィシステムのシステム関連干渉計システム誤差は、システムの各構成部品を特性化し、そしてシステムを、システムのこれらの構成部品の各配置に関して特性化することにより補償することができる。例えば、干渉計システムの特性化を、装着脱位置にある第１ステージ及び露光位置にある第２ステージに関して、次に装着脱位置にある第２ステージ及び露光位置にある第１ステージに関して行なう。従って、干渉計データをシステム誤差に関して補償する際には、システムは、ステージ構成を追跡し、その構成に適するデータを使用して補償を行なう。

【００１５】

非周期誤差のようなシステム誤差を予め認識することにより、ウェハの位置合わせ手順を実行する時間を短くすることもできる。何故なら、誤差情報を使用すると、アライメントデータは、誤差が未知である場合よりもより高精度で取得することができるからである。従って、ウェハの位置合わせは、より少ないデータを使用して従来のシステムと同等の精度で行なうことができる。

【００１６】

本発明の種々の態様に関して以下に記載する。

概括すると、第１の態様では、本発明は、露光装置及び第１及び第２ステージを含むリ

ソグラフィツールを使用する方法を特徴とし、この場合、第１及び第２ステージは、露光装置に近接する露光位置と露光位置から離れた別の位置との間で移動可能である。この方法では、（１）第１ステージが露光位置にある間に、第１ステージ上の第１ウェハを露光装置からの照射光で露光すること、（２）露光中に、第１ウェハの基準位置に対する第１ウェハの位置を干渉法を用いてモニターすることであって、露光位置にある第１ステージに関する干渉計システムのシステム誤差を示す第１の所定の表示に基づいて測定干渉位相を補償することを含む前記モニターすること、（３）露光位置において第１ステージを第２ステージと入れ替えること、（４）第２ステージが露光位置にある間に、第２ステージ上の第２ウェハを露光装置からの照射光で露光すること（５）露光中に、第２ウェハの基準位置に対する第２ウェハの位置を干渉法を用いてモニターすることであって、露光位置にある第２ステージに関する干渉計システムのシステム誤差を示す第２の所定の表示に基づいて測定干渉位相を補償することを含む前記モニターすることを含む。

【００１７】

この方法の実施形態は、次の特徴及び／又は他の態様の特徴の一つ以上の特徴を含むことができる。第１の所定の表示は第２の所定の表示とは異ならせることができる。干渉計システムは干渉計を含み、この干渉計は、動作状態において、２つのビームを異なる経路に沿って方向付け、次にこれらのビームを合成して出力ビームを生成し、出力ビームは、２つのビームの間の光路長差に関する情報を含み、システム誤差は、干渉計の不完全性から生じる誤差を含み、これらの誤差によって、出力ビームから生成される測定可能な干渉位相が等式Φ＝ｐｋｎＬで表わされる関係からずれ、この等式ではｐは整数であり、ｋは出力ビームの波数であり、そしてｎＬは光路長差に対応する。このずれは、光路長差に関して周期性を示さない形で変化する非周期誤差項を含む、そして／または、光路長差に関して周期的に変化する非周期誤差項を含む。別の構成として、または追加される形で、システム誤差は、測定対象物の不完全性（例えば、測定対象物の反射面の状態の変化）から生じる誤差を含む。

【００１８】

第１及び第２ウェハを露光している間に、照射光がマスクを通るように方向付けられてウェハの表面に照射パターンが形成される。この照射は、ＵＶ照射とすることができる。干渉法を用いたモニターすることは、露光位置にある第１または第２ステージの一つ以上の自由度をモニターすることを含むことができる。一つ以上の自由度の例として、一つ以上の直交軸に沿ったステージの変位、及び／又は一つ以上の直交軸を中心とするステージの回転が挙げられる。

【００１９】

この方法は、第１または第２ステージが他の位置にある間に、第１または第２ステージの位置を干渉法を用いてモニターすることを更に含む。他の位置にある第１または第２ステージをモニターすることは、他の位置にある第１または第２ステージをモニターすることに関連する測定干渉位相を、それぞれ他の位置にある第１または第２ステージに関する干渉計システムのシステム誤差も示す第１または第２の所定の表示に基づいて補償することを含む。他の位置にある第１及び第２ステージに関する干渉計システムのシステム誤差を示す第１及び第２の所定の表示は異なる。この方法は、ウェハを他の位置にある第１または第２ステージに載置すること、そして／または、第１または第２ステージから取り外すことを更に含む。幾つかの実施形態では、他の位置はアライメントセンサに近接し、この方法は、第１または第２ステージに対すると共にアライメントセンサに対してウェハを位置合わせすることを更に含む。

【００２０】

この方法は、第１及び第２ウェハを露光する前に干渉計システムのシステム誤差を特性化することにより生成第１及び第２の所定の表示をすることを含む。干渉計システムは、一つ以上の干渉計及び一つ以上の測定対象物を備え、干渉計システムのシステム誤差は、一つ以上の干渉計及び一つ以上の測定対象物のシステム誤差を求めることにより特性化される。干渉計システムのシステム誤差は、露光位置にある第１及び第２ステージ、及び他

の位置にある第１及び第２ステージに関して特性化される。

【００２１】

概括すると、別の態様において、本発明は、露光装置及び第１及び第２ステージを含むリソグラフィツールを使用する方法を特徴とし、この場合、第１及び第２ステージは露光装置に近接する露光位置と露光位置から離れた別の位置との間で移動可能である。この方法は、（１）が露光位置にある間に、第１ステージ上の第１ウェハを第１ステージ露光装置からの照射光で露光すること、（２）露光中に、第１ウェハの基準位置に対する第１ウェハの位置を干渉法を用いてモニターすることであって、露光位置にある第１ステージに関する干渉計システムのシステム誤差を示す第１の所定の表示に基づいて測定干渉位相を補償することを含む前記モニターすること、（３）露光位置において第１ステージを第２ステージと入れ替えること、（４）第２ステージが露光位置にある間に、第２ステージ上の第２ウェハを露光装置からの照射光で露光することを含む。

【００２２】

この方法の実施形態は他の態様の一つ以上の特徴を含むことができる。

概括すると、別の態様において、本発明はツインステージリソグラフィツールを特徴とし、このツインステージリソグラフィツールは、露光システムと、各々がウェハを支持し、かつ位置決めする第１及び第２ステージであって、第１及び第２ステージは、第１位置と第２位置との間で移動可能であり、第１位置は、露光システムに近接する、第１及び第２ステージと、第１及び第２位置にある第１及び第２ステージの位置をモニターするように構成された一つ以上の干渉計を含む干渉計システムと、第１位置にある第１ステージに関するシステム誤差を示す第１の所定の表示及び第１位置にある第２ステージに関するシステム誤差を示す第２の所定の表示を供給する電子記憶媒体と、を備える。

【００２３】

このツインステージリソグラフィツールの実施形態は、次の特徴及び／又は他の態様の特徴の内の一つ以上の特徴を含むことができる。

第１の所定の表示は、第２位置にある第１ステージに関するシステム誤差も示し、第２の所定の表示は、第２位置にある第２ステージに関するシステム誤差も示す。ツインステージリソグラフィツールは、電子記憶媒体との接続を行なうように構成される電子制御装置を備え、この電子制御装置は動作状態において、干渉計の出力を、電子記憶媒体の第１及び第２の所定の表示に基づいて補正する。

【００２４】

一つ以上の干渉計の各々は動作状態において、２つのビームを異なる経路に沿って方向付け、次にこれらのビームを合成して出力ビームを生成し、出力ビームは２つのビームの間の光路長差に関する情報を含む。一つ以上の干渉計の内の一つの干渉計の不完全性によって、出力ビームから生成される測定可能な干渉位相が等式Φ＝ｐｋｎＬで表わされる関係からずれ、この等式ではｐは整数であり、ｋは出力ビームの波数であり、そしてｎＬは光路長差に対応する。ずれは、光路長差に関して周期的な形で変化する周期誤差項を含むことができる。別の構成として、または追加される形で、ずれは、光路長差に関して周期性を示さない形で変化する非周期誤差項を含むことができる。

【００２５】

第１の所定の表示は、干渉計の一つ以上の各々についてのΦ＝ｐｋｎＬの関係からの測定位相の変位に関する情報を、第１位置にある第１ステージに関する干渉計と測定対象物との間の距離の関数として、または干渉計に対する測定対象物の姿勢の関数として含む。また、第１の所定の表示は、干渉計の一つ以上の各々についてのΦ＝ｐｋｎＬの関係からの測定位相の変位に関する情報を、第２位置にある第１ステージに関する干渉計と測定対象物との間の距離の関数として、または干渉計に対する測定対象物の姿勢の関数として含む。第２の所定の表示は、干渉計の一つ以上の各々についてのΦ＝ｐｋｎＬの関係からの測定位相の変位に関する情報を、第１位置にある第２ステージに関する干渉計と測定対象物との間の距離の関数として、または干渉計に対する測定対象物の姿勢の関数として含む。また、第２の所定の表示は、干渉計の一つ以上の各々についてのΦ＝ｐｋｎＬの関係か

らの測定位相の変位に関する情報を、第２位置にある第２ステージに関する干渉計と測定対象物との間の距離の関数として、または干渉計に対する測定対象物の姿勢の関数として含む。

【００２６】

ツインステージリソグラフィツールは、第２位置に近接するアライメントセンサを備え、アライメントシステムは動作状態において、第２位置にあるステージの上、または第２位置にあるステージ上のウェハの上のアライメントマークの位置を特定する。干渉計システムは、第１ステージ上に搭載された一つ以上の測定対象物及び第２ステージ上に搭載された一つ以上の測定対象物を備える。第１ステージ上に搭載された測定対象物の内の少なくとも一つの測定対象物は、第１ステージが第１位置にあるときに干渉計の内の第１干渉計からビームを受け、そして第１ステージが第２位置にあるときに異なる干渉計からビームを受けるように構成することができる。

【００２７】

概括すると、別の態様において、本発明は方法を特徴とし、この方法は、干渉計、及び第１及び第２測定対象物を備える干渉計システムを設けること、干渉計に対する第１及び第２測定対象物の自由度を交互にモニターすることを備え、干渉計は、モニター間、２つのビームを異なる経路に沿って方向付け、次にこれらのビームを合成して出力ビームを生成し、出力ビームは、２つのビームの間の光路長差に関する情報を含み、ビームの内の一方のビームはモニターされる測定対象物に衝突し、そして干渉計システムの不完全性によって、出力ビームから生成される測定可能な干渉位相が等式Φ＝ｐｋｎＬで表わされる関係からずれ、この等式ではｐは整数であり、ｋは出力ビームの波数であり、ｎＬは光路長差に対応する。また、この方法は、第１測定対象物をモニターしながら干渉計システムのシステム誤差を示す第１の所定の表示に基づいて測定干渉位相を補償すること、第２測定対象物をモニターしながら干渉計システムのシステム誤差を示す第２の所定の表示に基づいて測定干渉位相を補償することを含む。

【００２８】

この方法の実施形態は、次の特徴及び／又は他の態様の特徴の内の一つ以上の特徴を含むことができる。

第１及び第２の所定の表示は異ならせることができる。ずれは、光路長差に関して周期性を示さない形で変化する非周期誤差項を含むことができる。別の構成として、または追加される形で、ずれは、光路長差に関して周期的に変化する周期誤差項を含むことができる。システム誤差は測定対象物の反射面の状態の変化から生じる誤差を含むことができる。

【００２９】

更に別の態様では、本発明は、前述の態様に関して記載した方法を含む集積回路の製造方法を特徴とする。

別の態様では、本発明は、前述の態様に関して記載したツインステージリソグラフィツールの使用を含む集積回路の製造方法を特徴とする。

【００３０】

特に断らない限り、本明細書に使用する全ての技術的及び科学的用語は、本発明が属するこの技術分野の当業者が共通に理解するものと同じ意味を有する。本明細書において参照されることにより本発明の開示に含まれることとした出版物、特許出願、特許、及び他の参考文献と相反する状況が生じる場合には、定義を含む本明細書が優先するものとする。

【００３１】

本発明の他の特徴、目的、及び利点は次の詳細な記載から明らかになるものと考えられる。

種々の図における同様な参照符号は同様な構成部品を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３２】

図１Ａ及び図１Ｂを参照すると、ツインステージリソグラフィツール１００は２つのウェハステージ、ステージ１１０及びステージ１２０を含み、これらのステージはフレーム１０１に取り付けられたステージ基台１４０上に配置されている。ステージ１１０及びステージ１２０は、それぞれウェハ１１１及び１１２を搭載し支持する。ステージ１１０は、レンズ系１５０に対して露光位置に配置され、このレンズ系は動作中、照射光源１５５からの照射光を、ウェハ１１１を露光すべく方向付ける。ウェハ１１１の露光中、照射光源１５５からの照射ビーム、例えば紫外線（ＵＶ）ビーム（例えば、１００ｎｍ～３５０ｎｍの波長）は、ビーム成形光学系を通過し、そして照射光源１５５からステージ１１０に向かって下方に伝搬する。照射ビームは、マスクステージが搭載するマスク１５８を通過する。マスクがウェハステージ１１０上のウェハ１１１にレンズ系１５０を通して結像される。

【００３３】

ステージ１２０は、アライメントセンサ１８０に対して装着脱位置にあり、このセンサはステージ１２０上のウェハ１２１の位置特定をウェハ表面のアライメントマークの位置を特定することにより行なう。装着脱位置では、ウェハ交換装置（図示せず）が露光済みウェハをステージ１２０から取り外し、そして露光済みウェハを未露光ウェハと取り替える。ウェハ交換装置は、ウェハを取り替え、アライメントセンサ１８０は、ツールがウェハ１１１を露光している間にステージ１２０上の新規ウェハの位置を特定する。

【００３４】

位置決めシステムは、ステージ１１０及び１２０を露光位置と装着脱位置との間で入れ替える。位置決めシステムはステージアクチュエータ１１２及び１２２を含む。ステージアクチュエータ１１２は、ステージ１１０を移動させ、アクチュエータ１２２は、ステージ１２０を移動させる。これらのアクチュエータは、ステージがそれぞれ装着脱位置または露光位置にあるときにアライメントセンサ１８０またはレンズ系１５０のいずれかに対してステージを移動させる。図１Ａ及び図１Ｂに示す座標系に対して、アクチュエータは、これらのステージをｘ方向及びｙ方向に移動させ、かつ、ステージをｘ軸、ｙ軸及びｚ軸を中心に回転させることができる。

【００３５】

位置決めシステムは、ｚ軸に平行な軸を中心に基台１４０を回転させることによりステージを装着脱位置と露光位置との間で入れ替える。別の実施形態では、基台１４０はステージをｘ方向及びｙ方向の経路に沿って移動させる機能を備える運搬装置を含むことができる。このような実施形態では、位置決めシステムは、まず、一つのステージをｙ方向に変位させ、次に両方のステージをｘ軸に沿った平行経路を逆方向に移動させることによりこれらのステージを入れ替える。これらのステージのｘ軸に沿った位置が入れ替わると、ｙ軸に沿って最初に変位させたステージをその元のｙ座標に戻すことにより、入れ替えが完了する。

【００３６】

基台１４０及び基台１４０が支持する種々の構成部品は周囲の振動から、例えばエアベアリングを含むダンピング装置により隔離される。

干渉計システムは、ツール１００内のステージ１１０及び１２０の位置を正確にモニターするために使用される。干渉計システムは、露光位置にあるステージ１１０の位置及び姿勢をモニターする干渉計１１５Ｂ及び１１５Ｃ、並びに、装着脱位置にあるステージ１２０の位置及び姿勢をモニターする干渉計１２５Ａ及び１２５Ｂを含む。干渉計１１５Ｂ及び１２５Ｂはステージのｙ方向の変位をモニターし、他方、干渉計１１５Ｃ及び１２５Ａはステージのｘ方向の変位をモニターする。これらの干渉計は、測定ビームを方向付け、各ステージ上に載置した平面ミラー測定対象物で反射させて、ステージの位置／姿勢をモニターする。本実施形態では、３つの測定対象物を各ステージ上に載置する。すなわち測定対象物１１８Ａ，１１８Ｂ及び１１８Ｃをステージ１１０上に載置し、測定対象物１２８Ａ，１２８Ｂ及び１２８Ｃをステージ１２０上に載置する。測定対象物１１８Ｂ及び１１８Ｃは、測定ビーム１１７Ｂ及び１１７Ｃをそれぞれ干渉計１１５Ｂ及び１１５Ｃに

向けて反射する。同様に、測定対象物１２８Ａ及び１２８Ｂは、測定ビーム１２７Ａ及び１２７Ｂをそれぞれ干渉計１２５Ａ及び１２５Ｂに向けて反射する。

【００３７】

別の位置決めシステムは、照射光源１５５及びレンズ系１５０に対してマスク１５８を位置決めする。位置決めシステムは、例えば圧電変換素子及び該当する制御電子機器を含む。本実施形態には含まないが、上記干渉計システムの内の一つ以上を使用して、マスクステージだけでなく、リソグラフィ構造を形成するプロセスにおいて正確にモニターする必要がある他の可動部品の位置も正確に測定することができる（上記のＳｈｅａｔｓ ａｎｄ ＳｍｉｔｈによるＭｉｃｒｏｌｉｔｈｏｇｒａｐｈｙ：Ｓｃｉｅｎｃｅ ａｎｄ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙを参照のこと）。

【００３８】

アライメントセンサ１８０は、例えばレーザを使用する回折システム、または広帯域ＣＣＤカメラシステムとすることができる。これらのアライメントシステムは両方とも、ウェハ上の特殊なアライメントマークを使用する。異なるレベル（プロセス層）の重ね合わせ制御を最適化するように設計されるアライメントマークを各センサに対して選択する。

【００３９】

ステージ１２０が装着脱位置にある間、アライメントセンサ１８０は、ステージ１２０及び／又はウェハ１２１の上のアンアライメントマークの位置を特定してステージ１２０上のウェハ１２１の位置を求める。リソグラフィツールがウェハの位置合わせを行なうと、ツールは、アライメントターゲットが位置するユーザ定義の位置を検出する。通常のアライメントレイアウトには、ウェハ半径の約７０％の箇所に円形状に位置する６～８のアライメントマーク領域が含まれる。このデータセットから、線形モデルを導出してウェハグリッド（ｗａｆｅｒ ｇｒｉｄ）及び／又はショットを指定する。線形モデルによりウェハグリッド及び露光ショットのスケール、回転及び直交性を定量化する。これらのモデル計算により、ツールのスケール、回転及び直交性に関するアライメント補正を定量化する。次に線形モデルを測定アライメントデータから減算するとアライメント残留誤差、または非線形誤差（ｎｏｎ－ｌｉｎｅａｒ ｅｒｒｏｒｓ：ＮＬＥｓ）が得られる。ここではＮＬＥをレベルアライメントの品質の測定指標として使用する。

【００４０】

別のアライメントセンサをレンズ系１５０と共に備えることにより、ウェハが露光位置にあるときにアライメントマークの位置を特定することができる。

電子制御装置（例えばコンピュータ）は、ツール１００の種々の構成部品（例えば、照射光源１５５、レンズ系１５０、アライメントセンサ１８０、及び干渉計１１５Ｂ，１１５Ｃ，１２５Ａ及び１２５Ｂと）と通信し、そしてシステムにおけるウェハの配置、露光、及び取り外しを調整する。電子制御装置は、ユーザインターフェイスを含むことができ、このインターフェイスを通してオペレータは、情報を供給し、そして種々のツール手順を開始することができる。

【００４１】

リソグラフィックツール１００の他の実施形態では、干渉計システムを使用して複数の軸に沿った距離、及び、これには限定されないが例えばマスク（またはレチクル）ステージに関する角度を測定することができる。また、ＵＶレーザビームではなく、例えばｘ線ビーム、電子ビーム、イオンビーム、及び可視光ビームを含む他のビームを使用してウェハを露光することができる。

【００４２】

幾つかの実施形態では、リソグラフィスキャナはこの技術分野では列参照（ｃｏｌｕｍｎ ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ）として知られているものを含むことができる。このような実施形態では、複数の干渉計の内の一つ以上の干渉計は、基準ビームを外部基準経路に沿って方向付けて、このビームを或る構造に取り付けられた基準ミラーに衝突させ、このミラーにより照射ビームを、例えばレンズ系１５０に方向付ける。基準ミラーは基準ビームを干渉計に返す。ステージ１１０上の測定対象物により反射される測定ビームとレンズハウジ

ングに取り付けられた基準ミラーにより反射される基準ビームを合成することによって干渉計が生成する干渉信号は、照射ビームに対するステージの位置の変化を示す。また他の実施形態では、干渉計システムは、リソグラフィツール１００のレチクル（またはマスク）ステージまたは他の可動部品の位置の変化を測定するように配置されてもよい。最後に、干渉計システムは、スキャナに加えて、またはスキャナに代えてステッパーを含むリソグラフィシステムとともに同様な態様で使用することができる。

【００４３】

リソグラフィツール１００の動作について記載する前に、干渉計１１５Ｂ，１１５Ｃ，１２５Ａ及び１２５Ｂの動作、及び干渉計システムから生じるシステム誤差の発生源について詳細に記載する。これらの誤差は、ツールの使用の前、及び／又はツールがオフラインになっている時に特性化される。干渉計システムの構成部品（例えば、干渉計及び測定対象物）は、これらをツールに設置する前に特性化することができるが、システム誤差の発生源がこれらの構成部品の設置または使用の間に生じるので、一旦、構成部品が設置された後にこれらの構成部品を特性化するとよい。例えば、ステージミラー測定対象物をステージに固定することにより生じる応力がミラー表面を歪ませてシステム誤差を発生させる。また、変更のための交換が原因で、異なる測定対象物を各干渉計に使用することになるので、干渉計システムの誤差は干渉計システムの各配列に対して特性化され、それに応じて補償されなければならない。システム誤差の更に別の発生源及びこれらのシステム誤差を特性化する方法を以下に記載する。

【００４４】

ツール１００に使用するような変位測定干渉計は、基準物に対する測定対象物の位置の変化を光干渉信号に基づいてモニターする。干渉計は、測定対象物が反射する測定ビームを基準物が反射する基準ビームにオーバーラップさせ、そして干渉させることにより光干渉信号を生成する。

【００４５】

図２を参照すると、変位測定干渉計の一例は、高安定性平面ミラー干渉計（ｈｉｇｈ ｓｔａｂｉｌｉｔｙ ｐｌａｎｅ ｍｉｒｒｏｒ ｉｎｔｅｒｆｅｒｏｍｅｔｅｒ：ＨＳＰＭＩ）３１０であり、このミラー干渉計を干渉計システム３００の一部として示す。ＨＳＰＭＩ３１０に加えて、干渉計システム３００は、平面ミラー測定対象物３４０、光源３１２、検出器３５０、及び電子プロセッサ兼コンピュータ３６０を含む。ＨＳＰＭＩ３１０は、偏光ビームスプリッタ３３０、再帰性反射体３３２、１／４位相差板３３４及び３３６、並びに平面ミラー基準ミラー３４２を含む。光源３１２は、入力ビーム３２０をＨＳＰＭＩ３１０に方向付け、このＨＳＰＭＩ３１０が入力ビームを２つの成分に分離する。第１及び第２通過測定ビーム３２２及び３２４として示される一成分は、ＨＳＰＭＩ３１０を出射する前に測定対象物３４０により２回反射される。第１及び第２通過基準ビーム３２８及び３２７として示される他の成分は、ＨＳＰＭＩ３１０を出射する前に基準ミラー３４２により２回反射される。出射ビーム成分はオーバーラップし、そして出力ビーム３２６として示される。

【００４６】

多くの用途において、測定ビーム及び基準ビームは直交する偏光及び異なる周波数を有する。異なる周波数は、例えばレーザゼーマン分裂、音響光学変調、または複屈折素子などを使用してレーザの内部により生成することができる。直交偏光に起因して、偏光ビームスプリッタは、測定ビーム及び基準ビームをそれぞれ測定対象物及び基準物に方向付けることができ、反射測定ビーム及び反射基準ビームを合成して重畳出射測定ビーム及び重畳出射基準ビームを形成する。重畳出射ビームは、出力ビームを形成し、続いてこの出力ビームは、偏光板を通過する。偏光板は、出射測定ビーム及び出射基準ビームの偏光を混合して混合ビームを形成する。混合ビームの出射測定ビーム成分及び出射基準ビーム成分は互いに干渉するので、混合ビームの強度が出射測定ビーム及び出射基準ビームの相対位相とともに変化する。

【００４７】

検出器３５０は、出力ビーム３２６の測定ビーム成分及び基準ビーム成分それぞれの偏光成分を混合する偏光板を含む。検出器３５０は、混合ビームの時間依存の強度を測定し、その強度に比例する電気干渉信号を生成する。測定ビーム及び基準ビームは異なる周波数を有するので、電気干渉信号は、出射測定ビーム及び出射基準ビームの周波数の差に等しいビート周波数を有する「ヘテロダイン」信号を含む。測定経路及び基準経路の長さが、例えば測定対象物を含むステージの移動によって互いに対して変化する場合、測定ビート周波数は２νｎｐ／λに等しいドップラーシフトを含み、この場合、νは測定対象物及び基準物の相対速度、λは測定ビーム及び基準ビームの波長、ｎは光ビームが伝搬する媒質、例えば空気または真空の屈折率、そしてｐは測定対象物及び基準物への通過回数であり、ＨＳＰＭＩ３１０の場合は２である。測定干渉信号の位相の変化は、測定対象物の相対位置の変化に対応し、例えば２πの位相変化はλ／（２ｎｐ）の距離変化Ｌにほぼ対応する。距離２Ｌは往復距離変化、または干渉計から測定対象物までの距離の変化である。換言すれば、位相Φは理想的にはＬに直接比例し、次式で表わすことができる。

【００４８】

【数１】

$$\Phi = 2pkL \qquad (1)$$

上式では、ｋ＝２πｎ／λである。

【００４９】

残念なことに、観測される干渉位相

【００５０】

【数２】

$$\tilde{\Phi}$$

は必ずしも、位相Φと完全に同じではない。多くの干渉計は、例えば「周期誤差」として知られる非線形性を含む。周期誤差は、測定干渉信号の観測位相及び／又は強度に対する影響因子として表わすことができ、そして例えば光路長２ｐｎＬの変化に正弦関数的に依存する。特に、位相の１次周期誤差は、例えば（４πｐｎＬ）／λに正弦関数的に依存し、位相の２次周期誤差は、例えば２（４πｐｎＬ）／λに正弦関数的に依存する。高次の周期誤差も存在し、それ以外に副高調波周期誤差、及び検出器及び信号処理電子機器を備える干渉計システムの他の位相パラメータの正弦関数的依存性を示す周期誤差も存在する。

【００５１】

周期誤差に加えて、「非周期誤差」とも呼ばれる非周期性の非線形性が存在する。非周期誤差の発生源の一例として、干渉計の測定経路での光ビームの回折が挙げられる。回折による非周期誤差は、システムの動作を分析することにより求められ、これに関しては、例えばＡｐｐｌｉｅｄ　Ｏｐｔｉｃｓ，２０（５），７３６－７５７，１９８１のＪ．－Ｐ．Ｍｏｎｃｈａｌｉｎ，Ｍ．Ｊ．Ｋｅｌｌｙ，Ｊ．Ｅ．Ｔｈｏｍａｓ，Ｎ．Ａ．Ｋｕｒｎｉｔ，Ａ．Ｓｚｏｋｅ，Ｆ．Ｚｅｒｎｉｋｅ，Ｐ．Ｈ．Ｌｅｅ，ａｎｄ　Ａ．Ｊａｖａｎによる「２ビーム走査高精度マイケルソン干渉計を用いた高精度レーザ波長測定」に記載されている。

【００５２】

非周期誤差の第２の発生源は、干渉計部品を通過する光ビームの「ビームずれ」及び基準ビームと測定ビームの一方の他方に対する横方向ずれがもたらす効果である。ビームずれは、例えば入力ビームが干渉計に向かって伝搬する方向の変化、または上記のＨＳＰＭＩのようなダブルパス平面ミラー干渉計の対象ミラーの姿勢の変化により生じる。

【００５３】

従って、上述の周期誤差及び非周期誤差のような誤差に起因して、観測干渉位相は通常、Φの他にも影響因子を含む。従って、観測位相は、更に正確には次式で表わされる。

【００５４】
【数３】

$$\tilde{\Phi} = \Phi + \psi + \zeta \qquad (2)$$

上式において、ψ及びζはそれぞれ周期誤差及び非周期誤差によってもたらされる影響因子である。

【００５５】

変位測定の用途においては、観測位相が２ｐｋＬに等しいと仮定する場合が多く、これによりＬを測定位相から容易に求めることができる。多くの場合、この仮定は、特には、周期誤差及び／又は非周期誤差によってもたらされる影響が小さい場合、或いは、その用途に必要とされる精度のレベルが比較的低い場合には理に適った近似となる。しかしながら、高いレベルの精度を必要とする用途においては、周期誤差及び／又は非周期誤差が考慮されなければならない。例えば、集積回路マイクロリソグラフィ製造の高精度変位測定要求は非常に厳しくなってきており、原因の一つとしては、ステッパー及びスキャナの結像系の領域が小さく限定されていること、そして、ウェハ上の線幅のサイズが小さくなり続けていることが挙げられる。ステッパー及びスキャナに関して必要とされる高精度の変位測定は通常、平面ミラー干渉計により行なわれる。この平面ミラー干渉計の外部ミラー群の内の一つはステッパーまたはスキャナのステージミラーに取り付けられる。

【００５６】

ウェハは通常、平坦ではないので、ウェハステージの姿勢を一つ以上の角自由度に関して調整してウェハ上の露光箇所のウェハの非平坦性を補償する必要もある。平面ミラー干渉計の使用と一つ以上の角自由度の変化が組み合わされることにより、干渉計部品を通過する光ビームの横方向ずれが発生する。基準ビームと測定ビームのビームずれが及ぼす効果は、共通モードビームずれ及びビームずれの差として有効に表現することができる。ビームずれの差は、基準ビームと測定ビームの横方向ずれの差であり、そして共通モードビームずれは、基準ビームと測定ビームの平均横方向ずれである。

【００５７】

横方向ビームずれの上述した発生源は、距離測定干渉法において深刻な問題を引き起こす可能性がある。測定区間の長さが１メートルであり、ステージミラーの角度方向の変化に対応する代表値が０．０００５ラジアンであり、そしてダブルパス平面ミラー干渉計を使用する場合、干渉計の出力ビームの基準成分と測定成分との間の相対横方向ずれは２ミリメートルである。相対横方向ずれが２ミリメートル、ビーム径が６ミリメートル、そして出力ビーム成分の波面誤差がλ／２０のオーダーの場合、誤差は、約１ナノメートル未満の距離を測定する際に生じることになる。この誤差は非周期誤差であり、そしてこの誤差により、集積回路製造におけるステッパー及びスキャナのマイクロリソグラフィ用途に大きな制約が課される。

【００５８】

また波面誤差は、透過面の不完全性及び再帰性反射体、位相差板のような素子の不完全性、及び／又はビームの波面に不要な変形を生じさせるマルチモード光ファイバとの結合により生じる。

【００５９】

周期誤差を定量化する種々の技術が、本出願の譲受人が本出願とともに保有する米国特許第６，２５２，６６８号、米国特許第６，２４６，４８１号、米国特許第６，１３７，５７４号、及び２００２年１１月５日出願のＨｅｎｒｙ　Ａ．　Ｈｉｌｌによる「干渉周期誤差の補償」と題する米国特許出願第１０／２８７，８９８号に記載されており、これらの文献を参照によりこれらの文献の各々の内容全体を引用する。これらの誤差要因を補償するために、周期誤差補償システム及び方法を使用して、観測される位相の周期誤差要因を特性化する周期誤差関数を求めることができる。幾つかの実施形態では、周期誤差を特性化するために、異なる光路長差に対応する干渉信号に対する複数回の測定を分析して

非線形性を定量化するシステム及び方法を採用する。特定の実施形態では、時間と共に変化する干渉信号または時間と共に変化する干渉信号から抽出される位相をフーリェ変換し、そして非線形性の内の少なくとも幾つかをフーリェ変換信号の絶対値の二乗（すなわち、パワースペクトル）のピークに関連付ける。このような各ピークの周波数でのフーリェ変換信号の振幅及び位相を使用して関連付けされた非線形性を定量化する。各ピークの周波数、及びその周波数を読み取ることができるかどうかは通常、光路長差の変化率、すなわちドップラーシフトに依存する。従って、システム及び方法を用いて複数のドップラーシフトの各々に対応する複数の時間変動干渉信号を分析することにより、システム及び方法を用いない場合には分からない非線形性を読み取ることができ、また異なるドップラーシフトの測定に影響する非線形性の効果を補完することができる。例えば、非線形性の効果は測定に関して補完することができるが、この補間は、測定対象物が固定されているか或いは向きを変えているときに、すなわちドップラーシフトがゼロになっているか或いはゼロを通過しているときに行なわれる。

【００６０】

干渉計の非周期誤差を小さくする一つの方法は、非常に品質の高い光学素子を使用することである。商用目的からすると、この解決方法は、干渉計のコストが必然的に高くなるので魅力的ではない。誤差を小さくする別の方法は、干渉計を設置する前に干渉計の誤差を定量化し、次に干渉計により得られる測定値を干渉計の最終用途においてプリコンパイル済みデータに基づいて補償することである。

【００６１】

幾つかの実施形態では、干渉計に関連する非周期誤差を定量化する際に、位相が依存するパラメータをスキャンしながら干渉計出力ビームに関連する観測位相をモニターする。誤差の他の発生源が無視できる、または補償できると仮定すると、観測位相に及ぼされる非周期誤差の効果を、基準値からの観測位相の変動から求めることができる。基準値は、別の干渉作用により生じる位相に基づくものとする、または観測位相とスキャンされるパラメータとの間の数学的関係から求められる位相値に基づくものとすることができる。

【００６２】

基準値が別の干渉計の位相に基づく場合、基準値を、スキャン中に基準干渉計によりモニターされる冗長位相とすることができる。テスト対象の干渉計及び基準干渉計が同じ自由度の測定対象物をモニターするように構成される場合、観測位相及び冗長位相は非周期誤差及び他の誤差が無い状態で比例する必要がある。従って、この関係を示す観測位相の変動は全て、テスト干渉計の非周期誤差により生じ得る。勿論、これは、冗長位相測定に対する基準干渉計の非周期誤差の影響が無視できると仮定している。この仮定を保証するために、基準干渉計を高品質素子を使用して作製して干渉計の非周期誤差の発生源を少なくする。別の構成として、または追加する形で、基準干渉計を非周期誤差が小さくなる態様で動作させる。例えば、測定対象物から短距離の位置で動作させて非周期誤差の発生源となるビームずれを小さくする。冗長位相測定の非周期誤差を最小化する別の方法は、既知の非周期誤差を有する基準干渉計を使用することである。これ方法によれば、基準値は、基準干渉計から得られる観測位相を所定の非周期誤差影響因子で補正することにより設定することができる。

【００６３】

基準値を設定する別の方法は、スキャン対象パラメータを観測位相に関連付ける既知の関係（例えば数学公式）から得られる。例えば、干渉計の測定ビームと基準ビームの光路長差が観測位相に及ぼす効果は干渉計の配置から求めることができる。この配置の効果は通常、干渉計に対する測定対象物の姿勢及び位置等のパラメータの関数である。従って、これらのパラメータの内の一つをスキャンしながら観測位相をモニターし、そして、スキャン対象パラメータに対する位相の予測される関数依存性からの観測位相の変動として非周期誤差を求めることができる。

【００６４】

非周期誤差データは、干渉計アセンブリ全体に加え、干渉計の構成部品に関して求める

ことができる。例えば、光ファイバピックアップ（ＦＯＰ）を使用して干渉計出力ビームを離れた位置の検出器に送出する場合、ビームずれのような干渉計からのアーチファクトは、出力ビームがＦＯＰに入力することによって更に別の非周期誤差となる。これらの更に別の非周期誤差を干渉計／ＦＯＰ合成アセンブリに関して求めることができるが、これらの非周期誤差をＦＯＰのみに関しても求めることができる。構成部品に関する非周期誤差関数を求める原理は、干渉計に関するものと同じである。すなわち、システムは、位相が依存するパラメータをスキャンしながら、干渉計によって生じる観測位相を構成部品を使用してモニターする。非周期誤差が及ぼす効果は、誤差の他の発生源が無視できるか、または補償されると仮定すると、観測位相の基準値からの変動として求められる。幾つかの実施形態では、ＦＯＰの非周期誤差は２つの成分からなる光ビーム、例えばヘテロダイン干渉計システムの出力ビームのビームずれ差及び共通モードビームずれの関数として測定される。

【００６５】

非周期誤差関数に加えて干渉計システムに関する重要情報も、非周期誤差関数を測定するプロセスにおいて生成することができる。この更に別の情報は、干渉計システムの測定軸を一つ以上のパラメータ、例えば測定経路の物理長及び干渉計への入力ビームの伝搬方向の関数として含む。２つ以上の平面ミラー干渉計を含む干渉計アセンブリの場合、非周期誤差関数を測定するプロセスでは、２つ以上の干渉計の各々の測定軸を入念に決定し、そして２つ以上の測定軸の間隔の正確な測定を行なう。この情報を使用して一つ以上の平面に在る平面ミラー測定対象物の角度変位の変化を求めることができる。

【００６６】

干渉計及び干渉計部品の非周期誤差を特性化するために使用することができる装置の例及び方法の詳細については、２００３年２月１２日出願のＨｅｎｒｙ　Ａ．　Ｈｉｌｌによる「干渉システムの非周期誤差の特性化及び補償」と題する米国特許出願第１０／３６６，５８７号に記載されており、この文献が本明細書において参照によりこの文献の全内容を引用する。

【００６７】

リソグラフィツール干渉計システムに関連する他のシステム誤差もツールの使用の前に特性化することができる。例えば、上述したツールの干渉計システムのシステム誤差の考えられる別の発生源は、測定対象物の反射面の不完全性、例えばミラーの表面状態の変化である。ミラーの表面状態の指標はミラー形状である。各測定対象物の形状は、例えばフィゾー干渉計（Ｆｉｚｅａｕ　ｉｎｔｅｒｆｅｒｏｍｅｔｅｒ）を使用して特性化することができる。測定対象物の各部分の形状も幾つかの技術を使用して求めることができ、これらの技術は、例えば本出願の譲受人が本出願と共に保有する２００１年５月１０日出願の「その場で行なうステージミラーの特性化」と題する米国特許出願第０９／８５３，１１４号、２００２年８月１３日出願のこれも「その場で行なうミラーの特性化」と題する米国特許出願第１０／２１７，５３１号、及び２００３年４月３日出願の「ステージミラーマッピング方法及び装置」と題し、同じ題名の２００２年４月９日出願の仮特許出願第６０／３７１，１７２号の優先権を主張する米国特許出願第＿＿＿＿＿＿号に記載されている。これらの出願はＨｅｎｒｙ　Ａｌｌｅｎ　Ｈｉｌｌを発明者とし、そしてこれらの文献を本明細書において参照によりこれらの文献の内容の全てを引用する。

【００６８】

幾つかの実施形態では、測定対象物は、リソグラフィツール干渉計を使用してその場で特性化される。各測定対象物は露光位置及び装着脱位置において該当する干渉計を使用して特性化される。その場で行なわれる特性化により利点が得られるが、これは、ミラーに関連する誤差を求める際に多くの場合に重要となるものが必ずしもミラーの実際の物理変形ではなく、リソグラフィ露光サイクル中の干渉測定ビーム（群）に対するミラーの「実効」光学的変形であるからである。この実効光学的変形は、ミラーの物理変形だけでなく、リソグラフィ露光サイクル中のステージの移動により生じる熱及び空気の乱れのような環境が及ぼす効果によりもたらされる測定ビーム経路に沿った光学的傾斜も含む。このよ

うな光学的傾斜は、干渉測定ビームの伝搬特性をミラーの物理変形と同じ態様で変調してしまう。従って、幾つかの実施形態では、リソグラフィツールは製造過程においてミラー特性化手順を実行して環境効果を特性化に組み込む。次に、特性化を使用して製造過程においてステージの干渉測定値を補正する。

【００６９】

従って、測定対象物に関連するシステム誤差及びランダム誤差を補償することができる。これらの補正によりミラーの設置前の不備、ミラー設置により生じるミラーの変形、及びフォトリソグラフィ露光サイクル中の環境効果を打ち消すことができ、この場合、これらの現象は、ステージ位置をモニターするために使用する干渉計にとってミラー表面がどのように「見える」かに関して影響を及ぼすものである。また、補正により、例えば剥離又はほこりによるミラー表面の製造過程における全ての劣化を補償することができる。さらに、補正をフォトリソグラフィ露光サイクルの複数のサイクル期間中に平均化し、そして継続的に更新することにより、補正の統計学的精度をリソグラフィツールのスループットを下げることなく改善することができる。

【００７０】

このようなミラー特性化技術は、複数の測定軸に対するステージ位置を干渉法により測定してステージ位置に関する冗長情報を提供することを基礎とすることができる。例えば、ウェハステージの２つの異なる側面に衝突する個別の干渉測定ビームに基づいて、ウェハステージの面内回転を２回測定することができる。次に、この２回の面内回転測定を、ステージの位置が第１軸（例えばｘ軸）に沿ってステップ移動する、またはスキャンするときに繰り返す。従って、複数の冗長測定値の差は、その第１軸に平行な姿勢の第１ステージミラーの実効光学的変形によるものである。次にプロセスを、第１軸に直交する第２軸（例えばｙ軸）に沿ったステージの複数の移動に対して繰り返して、第２軸に平行な姿勢の第２ステージミラーの実効光学的変形を求める。

【００７１】

このような方法で干渉計のシステム誤差を特性化することにより、スキャン対象パラメータの関数である一つ以上の位相項を生成することができる。これらの位相項は、例えばルックアップテーブルとして、べき級数表示として、またはフーリェ級数におけるようなスペクトルとして保存することができる。各干渉計に対応するこれらの位相項は異なるステージの測定対象物に対して同じである可能性があるが、異なる可能性の方が高い。スキャン対象パラメータは、干渉計に対する測定対象物の位置及び／又は姿勢、測定対象物の回転軸に対する干渉計の位置、ビームずれ、並びに測定ビーム及び／又は基準ビームの伝搬の方向を含むことができる。

【００７２】

誤差データは或る電子データ記憶媒体（例えばメモリチップまたはディスク）に保存することができ、この電子データ記憶媒体を干渉計のエンドユーザに供給する。ツールの干渉計システムを動作させる制御アルゴリズムはデータ記憶媒体から非周期誤差関数にアクセスし、位相に基づいて下流の計算を行なう前に、観測位相を補償する。

【００７３】

次にリソグラフィツール１００の動作に戻り、まず、単一ウェハに関する動作について簡単に記載し、続いて種々のプロセスステップについて更に詳細に記載する。リソグラフィツールの動作は、図３に示すようにフローチャート２００に要約される。

【００７４】

まず、装着脱位置のステージ１２０から露光済みウェハを取り外し、そしてウェハ交換装置が未露光ウェハをその正規の位置に載置する（ステップ２０１）。次にツール１００は、干渉計１２５Ａ及び１２５Ｂを初期化し（ステップ２０２）、ステージ１２０上のウェハの位置及び姿勢をアライメントセンサ１８０及び干渉計１２５Ａ及び１２５Ｂを使用して求める（ステップ２０３）。次にツール１００は、ステージ１１０及びステージ１２０の位置を入れ替え、ステージ１２０が露光位置に、そしてステージ１１０が装着脱位置にあるようにする（ステップ２０４）。ステージ１２０が露光位置にあると、ツールはス

テージ上の基準位置を特定し（ステップ２０５）、干渉計１１５Ｂ及び１１５Ｃを初期化し（ステップ２０６）、さらに露光装置１５０に対してウェハを位置決めする。次にツール１００は、プロセスを進めてウェハを露光する（ステップ２０７）。露光が完了すると、ツール１００は再度ステージを入れ替えてステージ１２０を装着脱位置に、ステージ１１０を露光位置に戻し（ステップ２０８）、そしてこの手順を繰り返す。

【００７５】

第１ステップのステップ２０１に戻り、ステージ１２０に載置された場合、ステージ上のウェハの位置及び姿勢は、露光目的に十分な精度では認識されない。ウェハが露光位置にあるときにウェハの位置合わせを行なうことができるが、露光位置のウェハの位置合わせに要する時間のために露光サイクルが遅くなり、ウェハのスループットが低下してしまう。従って、アライメント（位置合わせ）ステップをウェハが装着脱位置にある間に実施し、この位置合わせ中に求められた情報を使用して露光位置にある位置合わせ時間を短くする。

【００７６】

アライメントステップの目的は、ステージに対するウェハの位置及び姿勢を決定することにある。位置合わせの前に、ツール１００は干渉計１２５Ａ及び１２５Ｂを初期化してこれらの干渉計が共有する基準フレームにおけるステージの位置を記録する。続いて、基準フレーム内のステージの動きを干渉計によってモニターして干渉精度を得る。

【００７７】

初期化においては、ステージを装着脱位置における既知の基準位置に移動させる。ステージが基準位置に到達するポイントは、ステージ上の光学マークをモニターすること、または基準位置を或る方向または方向群にステージの移動限度として定義することにより求めることができる。例えば、ツールは一つ以上のストッパを含んで、このストッパによって一つ以上の方向のステージの移動を制限する。干渉計１２５Ａと測定対象物１２８Ａとの間の距離及び干渉計１２５Ｂと測定対象物１２８Ｂとの間の距離が、装着脱位置のステージの移動範囲に比べて小さいステージ位置に基準位置を対応させることができる。例えば基準位置では、これらの測定対象物は、これらの物体のそれぞれの干渉計から約５センチメートル未満の位置とすることができる。

【００７８】

ステージが基準位置にあると、電子制御装置１７０は、干渉計１２５Ａ及び１２５Ｂから受信する各信号のヘテロダイン干渉計位相を認識することによりシステムを初期化する。これらの位相の次の変化を制御装置が使用して測定対象物の位置、そしてそれに応じた基準位置に対するステージ及びウェハの位置を追跡する。

【００７９】

初期化の後、基準フレームに対するステージの位置が認識されるが、ステージ上のウェハの位置は認識されない。ステージ上のウェハの位置を求めるために、ステージアクチュエータは、アライメントセンサ１８０によってウェハの位置が特定されるまでステージ位置をスキャンする。基準フレームに対するアライメントセンサ１８０の位置は、システム設計及び校正から認識することができる。このスキャンの間、干渉計１２５Ａ及び１２５Ｂはステージの位置をモニターする。干渉計による測定は、現時点の構成のシステムに対して取得されるデータを使用してシステム誤差に関して補償されて、干渉計による測定の精度が上がる。十分な数のアライメントマークを識別してステージ上のウェハの位置及び姿勢が正確に求まるまで、ステージはウェハの位置をスキャンする。電子制御装置は、この情報を保持して露光中のウェハの位置合わせに使用する。

【００８０】

一旦、ツール１００がウェハの位置を求め、そして一旦、ステージ１１０上のウェハに対する露光サイクルが完了すると、ツール１００は、ステージ位置を入れ替えてステージ１２０及びウェハ１２１を露光位置に移動させる。この段階で、ステージ１２０上のウェハ１２１の位置及び姿勢が認識されるが、レンズシステム１５０に対するステージの位置は認識されない。

【００８１】
レンズシステム１５０に対するステージ１２０の位置は、ステージを基準位置に移動させることにより求めることができる。基準位置は、ステージの機械的移動限界から、及び／又はステージまたはウェハの一つ以上のアライメントマークの位置を特定することにより確認することができる。一旦、基準位置が確認されると、ツール１００は、干渉計１１５Ｂ及び１１５Ｃを初期化して、ツールがレンズシステム１５０に対してウェハを正確に位置決めすることができ、かつ露光スキャン中のウェハの位置をモニターできるようにする。干渉計による測定はシステム誤差に関して、前に取得した露光位置のステージ１２０に対応するデータを使用して補償される。誤差補償により精度が上がるので、レンズシステム１５０に対する初期のウェハ位置合わせは十分な精度で行なうことができ、この場合、ウェハ位置合わせは、誤差補償を用いない同程度のシステムに必要となるアライメントマークよりも少ないアライメントマークの位置を特定することにより行なわれる。

【００８２】
個々のマイクロチップまたは個々のマイクロチップの一部に対応するウェハの異なる部分が露光されるように、ウェハの位置をスキャンしながらウェハを露光照射光に晒して、露光を進行させる。スキャンの間、ツールはウェハの位置を干渉計１１５Ｂ及び１１５Ｃを使用してモニターし、再度干渉計による測定をシステム誤差に関して補償する。一旦、露光が完了すると、ステージ１２０は装着脱位置に戻り、そしてウェハ１２１は新規のウェハに置き換えられる。

【００８３】
今までの記述はリソグラフィツール１００の特定の部品及び構成に関するものであったが、同様の考え方を他の実施形態に使用することができる。例えば、今までの記述はＨＳＰＭＩを参照しながら行なわれてきたが、一般的に他のタイプの変位測定干渉計を使用することができる。異なるタイプの干渉計には、シングルパス干渉計及びマルチパス干渉計の両方が含まれ（ＨＳＰＭＩは、ダブルパス干渉計）、受動干渉計、ダイナミック干渉計、及び分散干渉計が含まれる。別の構成として、または更に追加される形で、リソグラフィツール１００は、一自由度よりも多くの自由度をモニターする干渉計、測定対象物の角度配向の変動をモニターする干渉計、及びビーム伝搬方向を測定する角度変位干渉計を含むことができる。

【００８４】
ダイナミック干渉計の例は、２００２年８月２３日出願のＨｅｎｒｙ　Ａ．Ｈｉｌｌによる「入力ビームの方向を制御するダイナミック干渉計」と題する米国特許出願第１０／２２６，５９１号に記載されている。ビームずれがゼロの受動干渉計の例は、２００２年７月２９日出願のＨｅｎｒｙ　Ａ．Ｈｉｌｌによる「ビームずれがゼロの受動干渉計」と題する米国特許出願第１０／２０７，３１４号に記載されている。角度変位干渉計の例は、共にＨｅｎｒｙ　Ａ．Ｈｉｌｌによる、２００２年８月２３日出願の「入力ビームの方向を制御するダイナミック干渉計」と題する米国特許出願第１０／２２６，５９１号、２００１年８月２２日出願の「角度検知ビームスプリッタを使用する、ビームずれがゼロの受動干渉計」と題する米国仮出願第６０／３１４，３４５号、及び２００２年１０月１５日出願のＨｅｎｒｙ　Ａ．Ｈｉｌｌ及びＪｕｓｔｉｎ　Ｋｒｅｕｚｅｒによる「光ビーム方向の変化を測定する干渉計」と題する米国特許出願第１０／２７２，０３４号に記載されている。別の構成として、または更に追加される形で、干渉計システムは、一つ以上の差動角度変位干渉計を含むことができ、この干渉計の例もまた米国特許出願第１０／２７２，０３４号に記載されている。一自由度よりも多くの自由度を測定する干渉計システム及びビームずれを小さくする干渉計システムの例は、２００３年１月２８日出願のＨｅｎｒｙ　Ａ．Ｈｉｌｌによる「マルチパス干渉計」と題する米国特許出願第１０／３５２，６１６号に記載されている。他の構成のマルチパス干渉計は、ＶＤＩ　Ｂｅｒｉｃｈｔｅ　Ｎｒ．７４９，９３－１０６（１９８９）に掲載されたＣ．Ｚａｎｏｎｉによる「距離及び角度測定のための差動干渉計構成：原理、利点及びアプリケーション」と題する論文に記載されている。２波長分散干渉計の例は、Ｈｅｎｒｙ　Ａ．Ｈｉｌｌ，Ｐｅｔｅｒ

ｄｅ　Ｇｒｏｏｔ及びＦｒａｎｋ　Ｃ．Ｄｅｍａｒｅｓｔによる「空気利用のマルチパス干渉計の屈折率及び光路長効果を測定する装置及び方法」と題する米国特許第６，２１９，１４４　Ｂ１号、及びＨｅｎｒｙ　Ａ．Ｈｉｌｌ，Ｐｅｔｅｒ　ｄｅ　Ｇｒｏｏｔ及びＦｒａｎｋ　Ｃ．Ｄｅｍａｒｅｓｔによる米国特許第６，３２７，０３９　Ｂ１号に記載されている。

【００８５】

また、ツール１００では、測定対象物がステージ上に搭載され、干渉計がフレーム上に搭載されるが、他の構成を採用することができる。例えば、干渉計をステージ上に搭載し、測定対象物をフレーム上に搭載することができる。幾つかの実施形態では、検出器を干渉計から離れた位置に配置し、そして出力ビームを光ファイバピックアップ（ＦＯＰ）を使用して検出器に方向付けることができる。幾つかの実施形態は、上述の列参照を含むことができる。

【００８６】

幾つかの実施形態では、マスクを定期的に取り替える場合、第２マスクステージをツインウェハステージと同様な形態で採用することができる。干渉計を使用してマスク位置をモニターする場合、上に記載したのと同様な考え方を用いてシステムのスループットを上げる、及び／またはマスク位置決め精度を改善することができる。概して、本明細書に開示するコンセプトを、構成部品の位置を干渉法を利用してモニターする他のシステムに適用することができ、この場合、これらの他のシステムでは、モニター対象の構成部品は動作中の異なる段階で変化する。

【００８７】

本発明の多くの実施形態について記載してきた。いずれにせよ、本発明の技術思想及び技術範囲から逸脱しない範囲で種々の変形を本発明に対して行なうことができることが理解されるであろう。例えば、開示した技術を、多数の構成に従って並べ替えた干渉計システム要素をスキャン動作中に使用する他のシステム（例えばシングルステージツール）に適用することができる。このシステムの一例では、ステージミラーが短くなり（例えば約１／２に）、１つではなく２つの干渉計によりモニターされ、同時にステージが特定の位置にある。ステージが該当する方向にスキャンされると、まず情報が干渉計の内の一方によって、次に他方によって取得される。従ってシステム誤差は、干渉計に対するステージミラーの両方の配置に関して求めてこれらの誤差を正確に補償する必要がある。他の実施形態は特許請求の範囲の技術範囲に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【００８８】

【図１Ａ】ツインステージリソグラフィツールの模式図である。

【図１Ｂ】図１Ａのツインステージリソグラフィツールの構成部品の透視図である。

【図２】高安定平面ミラー干渉計（ＨＳＰＭＩ）を含む干渉計システムの模式図である。

【図３】ツインステージリソグラフィツールの動作を示すフローチャートである。

【図１Ａ】

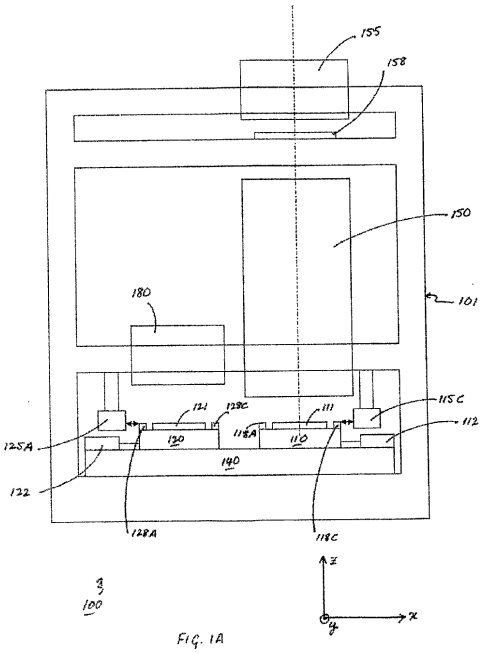


FIG. 1A

【図１Ｂ】

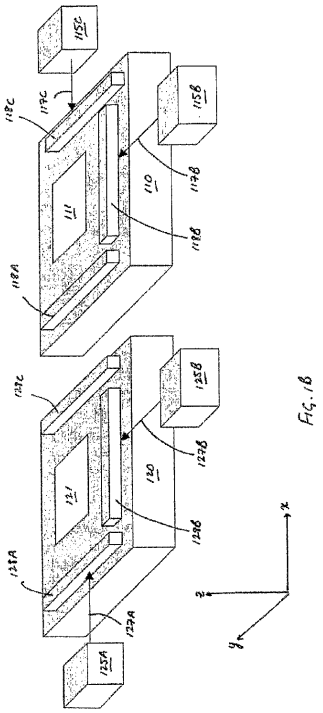


FIG. 1B

【図２】

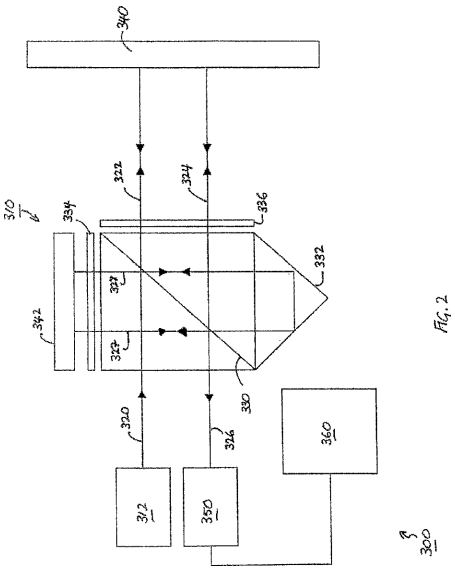
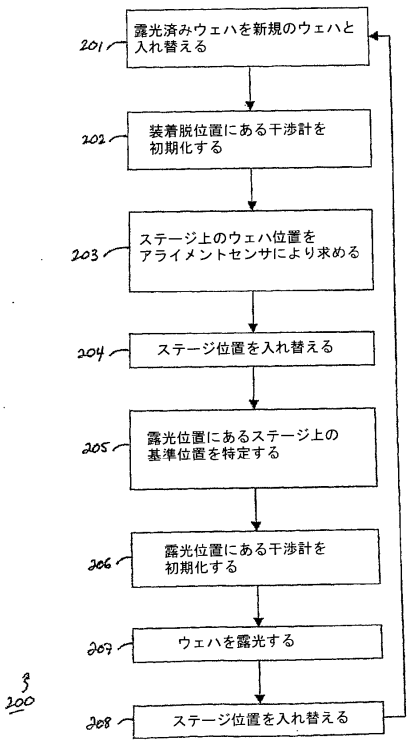


FIG. 2

【図３】



フロントページの続き

審査官　▲うし▼田　真悟

(56)参考文献　特開２００２－２６７４１０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３２３４０４（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０５１０６９（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３３２４９０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01B　9/00-11/30
H01L　21/027
G03F　7/20