

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3631766号
(P3631766)

(45) 発行日 平成17年3月23日(2005.3.23)

(24) 登録日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int.CI.⁷

F 1

H 01 L 21/027
G 03 F 9/00H 01 L 21/30
G 03 F 9/00526 A
H

請求項の数 19 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願平11-533271	(73) 特許権者	599045866 エイエスエム リトグラフィー ベスローテン フエンノートシャップ オランダ国フェルトホーフェン, デ ルン 1110
(86) (22) 出願日	平成10年12月11日(1998.12.11)	(74) 代理人	100066692 弁理士 浅村 皓
(65) 公表番号	特表2001-513267(P2001-513267A)	(74) 代理人	100072040 弁理士 浅村 肇
(43) 公表日	平成13年8月28日(2001.8.28)	(74) 代理人	100072822 弁理士 森 徹
(86) 国際出願番号	PCT/EP1998/008090	(74) 代理人	100087217 弁理士 吉田 裕
(87) 国際公開番号	W01999/032940	(72) 発明者	ロープストラ, エリク, ロエロフ オランダ国, ヘーゼ, アトラス 7
(87) 国際公開日	平成11年7月1日(1999.7.1)		最終頁に続く
審査請求日	平成15年4月23日(2003.4.23)		
(31) 優先権主張番号	97204054.7		
(32) 優先日	平成9年12月22日(1997.12.22)		
(33) 優先権主張国	欧州特許庁(EP)		

(54) 【発明の名称】 時間を節約する高さ測定を用いた、基板にマスク・パターンを繰り返し投影する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影ビームおよび投影システムによって、放射線感應層を設けた基板の複数の領域にマスク・パターンを投影する方法で、基板を伴う基板ホルダーを投影ビーム中および投影システムの下に導入する前に、

投影ビームの軸に平行の方向で高さを測定することと、

基板ホルダーの基準面の高さを測定することと、

基板領域の高さと基板ホルダーの基準面の高さとの関係を確立することと、

この関係をメモリに保存することによって、各基板領域について基板の表面輪郭を判別し、

基板を伴う基板ホルダーを、各基板領域の照明のために投影ビーム中に導入した後、基板ホルダーの基準面の高さを検査することにより、各基板領域の高さを調節する方法において、各基板領域の高さの測定にて、前記領域および第1高さセンサーを、投影ビームの軸に対して垂直の面で互いに対し移動させ、第2高さセンサーを、基板支持基準面の高さを測定するために使用し、該当する基板領域の理想的高さに関連する基板支持基準面の高さを、その後、計算して保存し、基板を投影ビーム中に導入した後、各該当する基板領域の理想的高さに関連する基板支持基準面の高さの値のみを第3高さセンサーで検査して、各基板領域の高さを調節し、各基板領域の高さを測定する時に基板ホルダー基準面の高さも測定することを特徴とする方法。

【請求項 2】

基板を伴う基板ホルダーを投影ビーム中に導入する前後両方、および基板ホルダー基準面の高さを測定する時に、X軸およびY軸に沿って基板の位置も測定し、X軸およびY軸は3軸直交座標系の軸であり、そのZ軸が投影ビームの軸に平行であることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

基板を伴う基板ホルダーを投影ビーム中に導入する前に、各基板領域について、前記基板領域に関連するアラインメント・マークと基板ホルダー上の少なくとも1つの基準マークとの間の関係を求め、基板を伴う基板ホルダーを投影ビーム中に導入した後、照明する前に、前記関係を用いながら、マスク上の対応するマークに対して前記基準マークのアラインメントをとることにより、各基板領域のアラインメントをとることを特徴とする、請求項2に記載の方法。

10

【請求項4】

請求項1、請求項2又は請求項3に記載の方法を用いる、リソグラフィ技術によって製造される製品。

【請求項5】

マスク・パターンを基板ホルダー上に配置された基板の複数の領域に投影する投影ステーションと、各基板領域の高さおよび基板ホルダーの基準面の高さを測定する測定ステーションとを備える装置で、装置を通る基板の経路が、測定ステーションを介して投影ステーションへと延在する装置であって、測定ステーションが、それぞれ基板領域および基板ホルダー基準面の高さを測定する第1および第2高さセンサーを収容し、投影ステーションが、基板ホルダー基準面の高さを測定する第3高さセンサーを収容することを特徴とする、請求項1に記載の方法を実行するのに適したリソグラフィ投影装置。

20

【請求項6】

測定ステーションが、基板領域に関連したアラインメント・マークを撮像する要素を備える光学的アラインメント・システムと、アラインメント・システム内の基準マーク上の少なくとも1つの基板ホルダー・アラインメント・マークとを含むことを特徴とする、請求項5に記載のリソグラフィ投影装置。

30

【請求項7】

3つの高さセンサーが光学的高さセンサーであることを特徴とする、請求項5または請求項6に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項8】

第2および第3高さセンサーのうちの少なくとも1つが、基板のXおよびY変位および位置を測定する別個の複合XYZ干渉計システムの一部を形成して、幾つかのXおよびY測定軸を有し、その数が、少なくとも干渉計で求める基板の変位数に等しく、前記測定軸が、基板ホルダー上に配置されたXおよびY測定鏡と協力し、前記干渉計システムが、さらに、XY面に対して鋭角で基板ホルダー上に配置されたZ測定鏡と協力し、前記Z測定軸およびZ測定鏡が、Z反射体およびZ検出器とともに高さセンサーを構成することを特徴とする、請求項7に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項9】

干渉計システムのZ測定鏡が、XY面に対してほぼ45°の角度で基板ホルダー上に配置されることを特徴とする、請求項8に記載のリソグラフィ投影装置。

40

【請求項10】

干渉計システムのZ測定鏡が、XまたはY測定鏡の面取り部分で構成されることを特徴とする、請求項8または請求項9に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項11】

干渉計システムのZ測定鏡が、XまたはY測定鏡も配置された基板ホルダーの側面に配置された面取り棒で構成され、前記棒が、Z方向に前記側面の小さい部分のみ、およびこれに垂直の方向で側面全体に延在することを特徴とする、請求項8または請求項9に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項12】

50

干渉計システムのZ測定鏡が、基板から遠い基板ホルダーの部分に配置されることを特徴とする、請求項11に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項13】

Z測定ビームに関連した基準ビームの基準鏡が、Z測定鏡も配置された基板ホルダーの側面に配置されたXまたはY測定鏡で構成されることを特徴とする、請求項8から請求項12のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項14】

Z測定ビームの経路が、Z測定鏡で反射してZ検出器に向けられるZ測定ビームを、前記測定鏡でさらに反射させるために前記鏡に反射させる逆反射体を組み込むことを特徴とする、請求項8から請求項13のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。 10

【請求項15】

Z測定軸に加えて、干渉計システムがさらに少なくとも5本の測定軸を備えることを特徴とする、請求項8から請求項14のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項16】

干渉計システムが、波長の異なる2本の測定ビームが伝搬する測定軸を有する、請求項8から請求項15のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項17】

測定鏡を除き、投影ステーションと干渉計ステーション、さらにZ反射体の構成要素が、投影ステーションも固定されている剛性の枠内に配置され、枠が装置の他の構成要素から動的に隔離されて吊り下げられることを特徴とする、請求項8から請求項16のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。 20

【請求項18】

XおよびY測定ビームに関連する基準ビームの基準鏡が、投影システムのホルダー上に配置されることを特徴とする、請求項8から請求項17のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項19】

基板を投影ビーム中に導入する前に、複数の基板領域の表面輪郭を求める際、連続的に検査した領域が互いに対し配置された順序によって規定された特定のルートに従い、その後、基板を投影ビーム中および投影ステーションの下に導入する時、領域の照明中に同じルートを辿ることを特徴とする、請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の方法。 30

【発明の詳細な説明】

本発明は、投影ビームおよび投影システムによって、放射線感応層を設けた基板の複数の領域にマスク・パターンを投影する方法に関し、基板を伴う基板ホルダーを投影ビーム内および投影システムの下に導入する前に、基板の各領域について、

投影ビームの軸に平行な方向で高さを測定し、

基板ホルダーの基準面の高さを測定し、

基板領域の高さと基板ホルダーの基準面の高さとの関係を確立し、

この関係をメモリに保存することにより、基板の表面輪郭を求め、

各基板領域を照明するために、基板を伴う基板ホルダーを投影ビームに導入した後、この領域の高さを、基板ホルダーの基準面の高さを検査することにより調節する方法に関する。 40

本発明はまた、この方法によって製造された製品、およびこの方法を実行するのに適したリソグラフィ投影装置に関する。

ICを製造するこのタイプの方法および装置は、日本特許出願公開第61-196532号に記載されている。この特許出願は、IC製造プロセス中に、毎回異なるマスク・パターンでの連続的な照明間に、基板が熱処理を受けるので、基板の表面が変形することがあるという問題に言及している。基板表面のこのような変形のせいで、基板のIC区域または領域は、マスク・パターンを様々な基板領域に撮像する投影レンズ・システムの焦点深度を越えてしまうことがあり、したがってもう画像を実現できない。したがって、各基板領域の高さ、つまり投影レンズ・システムの光軸に平行な軸に沿った位置を測定する必要がある。基板領 50

域ごとに高さ測定を1カ所で実施すると、問題の基板領域の高低差は測定できず、基板領域全体が投影レンズ・システムの焦点深度内にあることを保証できない。

日本特許出願公開第61-196532号の目的は、基盤領域表面全体が焦点深度内にあることを保証でき、この表面が照明するには悪すぎる、または全く使用してはならない品質を有しているか、確認できる方法を提供することである。この目的を実現するため、日本特許出願公開第61-196532号は、投影ビーム内および投影レンズ・システムの下に、したがって投影ステーション内に導入する前に、基板の領域の高さおよび場合によっては傾斜を測定することを提案する。

現在のリソグラフィ装置の重要なパラメータは、スループット、つまり装置が単位時間ごとに照明できる基板、したがってマスク・パターンの画像を設けた基板の数である。日本特許出願公開第61-196532号の公示の後、これら装置の新型が次々に作られている。これら新型の装置によって、より多くの電子部品を持つICを製造することができた。しかし、これは、マスク・パターンに対して基板領域の（投影システムの軸に対して垂直のXおよびY方向に）アラインメント（整合）をとり、その領域に焦点を維持する手順がさらに困難になり、さらに時間がかかることになる。このアラインメントの間、基板のアラインメント・マークをマスクのマーク上に撮像し、例えば米国特許第4,778,275号に記載されているアラインメント・システムばかりでなく、基板のXおよびY移動および基板領域の位置を座標系上で固定することができる干渉計システムも使用する。

重要な進展は、3つではなく少なくとも5つの測定軸を有する干渉計システムを使用することであった。このような干渉計システムを備えたリソグラフィ装置が、欧州特許出願公開第498 499号に記載されている。この干渉計システムでは、X軸およびY軸に沿った基板の変位ばかりでなく、X軸に対する傾斜およびY軸に対する傾斜も非常に正確に測定することができる。その結果、基板領域ごとに別個のアラインメントを実行することなく、各基板領域をマスク・パターンに対して十分な精度で位置決めすることができる。したがって、基板の照明に必要な時間を大幅に短縮することができる。

日本特許出願公開第61-196532号では、基板領域の高さと傾斜とを測定するために、別個の測定ステーションを使用する。複数の基板ホルダーを使用するため、第1基板の照明と第2基板の測定とを同時に実行することができ、したがって既知の装置と同じスループットを達成できることも注目される。その理由は、基板領域ごとに様々な余分の測定ステップを実行するので、装置が基板を1つずつ処理する、つまり最初に第1基板を連続的に測定して照明し、その後、第2基板を連続的に測定して照明し、以下同様とすると、基板全体を照明するのに必要な時間が長すぎてしまうからである。しかし、少なくとも5つの測定軸を有する干渉計システムを設けた設備により、日本特許出願公開第61-196532号で言及された問題および解決策はなくなり、別個の測定ステーションおよび平行時間の測定および照明がなくても、目的とした精度も達成することができる。

新規のリソグラフィ装置、およびさらに小さい細部を撮像しなければならず、基板領域のさらに高度の位置決め精度が望ましい、現在開発中のリソグラフィ装置では、5つ以上の測定軸を有する干渉計システムを使用しても、基板領域ごとにアラインメントをとり、焦点および傾斜の補正を実行することが必要である。

例えば欧州特許出願公開第0 687 957号および日本特許出願公開第57-183031号の英語版要約書で、少なくとも2つの基板ホルダーおよび別個のアラインメント・ステーションを有するリソグラフィ投影装置を設けることが、既に提案されている。このステーションでは、基板を投影ステーションに導入する前に、これを配置する基板ホルダーに対してアラインメントをとる。2つの基板ホルダーを使用し、これはアラインメント・ステーションと投影ステーションの間を移動することができるので、投影ステーションで第1基板を照明している間に、アラインメント・ステーションの基板支持部に対して第2基板のアラインメントをとることができ、投影ステーションでのアラインメントに必要な時間を最小限に抑えることができる。

日本特許出願公開第61-196532号に記載された高さ測定ステーションでは、基板領域と基板ホルダーの基準面両方の高さを測定するため、例えば3つの空気センサーで構成される

10

20

30

40

50

複数の同じ高さセンサーを使用する。さらに、基板領域の表面の形状を測定するため、シャーリング干渉計システムを設ける。この測定装置を選択した結果、測定手順は比較的多くの段階を含むことになる。

第1に、基板領域の傾斜を計算できるよう、3つの空気センサーによって基板領域の高さを、この領域の3つの異なる位置で測定する。この傾斜を「仮基礎面」と呼ぶ。その後、高さ測定ステーションにある垂直アクチュエータによって、仮基礎面が干渉計の基準面に平行になるよう確保する。次に、基板表面の空気センサーを基板ホルダーの基準面に移動させる。その後、干渉計で基板領域を測定し、その間に基板領域表面の形状を、干渉計システムに形成した干渉パターンから計算する。この処置の間、基板は垂直アクチュエータによってわずかな距離だけ垂直に移動しなければならない。その後、基板支持部基準面の高さを、3つの空気センサーで測定する。最後に、この高さと仮基礎面との相関を求める。このようにして獲得した情報を投影ステーションに送信し、ここで、該当する基板が到着したら、基板領域の高さを調整するために使用し、投影ステーションにある3つのセンサーでは、基板の基準面の高さしか測定しない。

日本特許出願公開第61-196532号に記載されたものとは異なる概念に基づき、これより単純な、冒頭のパラグラフに記載したタイプの方法を提供することが、本発明の目的である。本発明による方法は、各基板領域の高さの測定において、前記領域および第1高さセンサーを、投影ビームの軸に垂直な面で互いに対しても移動させ、基板支持部の基準面の高さを測定するために第2高さセンサーを使用し、該当する基板領域の理想的高さに関連する基板支持部基準面の高さを、その後計算して保存し、基板を投影ビームに導入した後には、各基板領域のこの高さの値のみを、第3高さセンサーで検査することを特徴とする。

投影ビームの軸は、投影放射線の対称軸を意味するものと理解される。この放射線は、丸い断面または環状断面または円形区画の形態の断面を有する1本のビームで構成してよい。あるいは、投影放射線は、例えば4つの象限に配置され、その対象について投影装置の解像力を向上させた4本のサブ・ビームで構成してよい。ここで、対称軸は、4つの象限の中心を通る軸である。マスク面の区域で円形の区画の形態の断面を有する投影ビームを、ステップ走査器に使用する。後者の場合、対称軸は、円の曲率中心を通る軸である。

本発明は、基板領域の測定の1つの高さセンサーを使用し、この領域および高さセンサーを互いに対しても測定方向に垂直な面で移動させ、高さセンサーが毎回、基板領域の小さい部分しか測定しないことにより、基板領域の高さおよび輪郭は、日本特許出願公開第61-196532号に記載された方法と比較して、非常に単純な方法で、より短い時間で測定できるという認識に基づくものである。さらに、基板支持部の基準面の測定に第2高さセンサーを使用するので、第1高さセンサーを基板領域から基準面へ、およびその逆へと変位させる必要がなく、これは測定装置の安定性を高め、測定を向上させる。

本発明による方法は、さらに、基板領域ごとに、この基板領域の高さおよび基板ホルダーベース面の高さを同時に測定できることを特徴とすることが好ましい。

これは、測定時間が短くなるよう、測定ステーションに2つの高さセンサーを使用することによって、可能になる。

方法の好ましい実施形態は、さらに、基板を備えた基板ホルダーを投影ビーム内に導入する前後、および基板ホルダーの基準面の高さを測定する時に、X軸およびY軸に沿って基板の位置も測定し、X軸およびY軸は座標の3軸直交系の軸であり、Z軸が投影ビームの軸に平行であることを特徴とする。

上述した干渉計システムで実行できるXおよびY測定により、基板領域の位置が、この領域の高さと同時に干渉計システムで決定した座標系で測定される。この測定の結果は、投影ステーションで、特に基板領域の特定に使用することができる。さらに、Z軸の測定をXおよびY軸測定と組み合わせると、これらの測定の信頼性および精度が向上する。

各基板領域のXおよびY位置が、測定ステーションと投影ステーションとの両方で決定されたので、基板を投影ビーム中に導入する前に、リソグラフィ技術に必要なアラインメント手順の一部を実行することができる。これが当てはまる方法の実施形態は、基板を伴う基板ホルダーを投影ビーム中に導入する前に、前記基板領域に関連するアラインメント・

10

20

30

40

50

マークと、基板ホルダー上の少なくとも1つの基準マークとの間の関係を基板領域ごとに求め、基板を伴う基板ホルダーを投射ビーム中に導入した後は、照明する前に、前記関係を利用し、前記基準マークをマスク上の対応するマークについてアラインメントをとることにより、各基板領域のアラインメントをとることを特徴とする。

したがって、第1基板を照明中に、第2基板ではアラインメント手順の最も時間がかかる部分を実行することができ、したがってアラインメントに必要な時間を大幅に短縮することができる。アラインメントに必要なXおよびY位置の測定は、基板領域の高さ測定のために、既に実行されているということを利用する。基板を投影ビーム中に導入する前に、アラインメント手順の一部を実行することの原理および利点が、欧州特許出願公開第0 687 957号および日本特許出願公開第57-183031号の英語版要約書に記載されている。 10

本発明による方法の特に有利な実施形態は、基板を投影ビームに導入する前に複数の基板領域の表面輪郭を求める際に、連続的に検査した領域が互いに対し配置された順序によって規定されたような特定のルートに従い、その後に基板を投影ビーム中および投影システムの下に導入する時に、領域の照明中に同じルートを辿ることを特徴とする。これは、基板上の領域の測定位置（表面の輪郭を求めた場所）と露光位置（照明する位置）との間のデータのマッチングを非常に単純化する。このような実施形態は、測定ステーションと露光ステーションとで同じルートを辿るが、同じ順序を辿ることが確かに許容されるものの、それに限定されるものでないことを明記しておかねばならない。

新規の方法を用いることにより、基板領域のマスク・パターンの鮮明なイメージが得られ、したがって、ICなどのこの方法で製造される製品は、本発明がこの製品にも実現されるように、非常に良好に規定された構造を有する。 20

本発明は、本発明による方法を実行するのに適したリソグラフィ投影装置にも関する。この装置は、基板ホルダー上に配置された基板の複数の領域にマスク・パターンを投影する投影ステーションと、各基板領域の高さおよび基板ホルダーの基準面の高さを測定する測定ステーションとを備え、ここで、装置を通る基板の経路が測定ステーションを介して投影ステーションまで延在し、装置が、測定ステーションが、それぞれ基板領域および基板ホルダー基準面の高さを測定する第1および第2高さセンサーを収容し、投影ステーションが基板ホルダー基準面の高さを測定する第3高さセンサーを収容することを特徴とする。 。

本発明の装置は、最後に述べた装置が高さセンサーを1つしか収容しない点で、日本特許出願公開第61-196532号による装置とは異なる。 30

新規の装置では、容量性または空気式メータなど、種々のタイプの高さセンサーを使用することができる。さらに、高さセンサーは相互に異なるタイプでもよい。しかし、3つの高さセンサーは光学的高さセンサーであることが好ましい。

光学的高さセンサーは使用において融通性があり、装置に必要な特別な措置が少なく、非常に正確で信頼性が高い。

投影装置の好ましい実施形態は、XおよびY変位および基板の位置を測定するため、第2および第3高さセンサーのうち少なくとも1つが、別個の複合XYZ干渉計システムの一部を形成し、幾つかのXおよびY測定軸を有し、その数が、少なくとも干渉計で求められる基板の変位数と等しく、前記測定軸が、基板ホルダー上に配置されたXおよびY測定鏡と協力し、前記干渉計システムが、さらに、XY面に対して鋭角で基板ホルダー上に配置されたZ測定鏡と協力するZ測定軸を有し、前記Z測定鏡およびZ測定鏡が、Z反射体およびZ検出器とともに高さセンサーを構成することを特徴とする。 40

安定性および精度に関しては、Z測定鏡とともに延在するXY干渉計システムは、リソグラフィ装置の高さセンサーとして使用するのに非常に適している。これで、比較的少なく単純な手段で高さの測定を実現することができる。つまり干渉計システムの特別なビーム分割器および特別なZ検出器、および基板ホルダー上の特別の測定鏡である。さらに、高さセンサーを設けるため、投影システムと基板との間にスペースをとっておく必要がない。次に、基板の高さを、投影システムに接続されたZ反射体に対して求める。

既に述べたように、アラインメント手順の一部も、測定ステーションの高さ測定に加えて 50

行えれば、非常に有利である。この機能を提供する装置は、測定ステーションが、基板領域に関連したアラインメント・マークを撮像する要素を備えた光アラインメント・システムと、アラインメント・システム内の基準マーク上にある少なくとも1つの基板ホルダー・アラインメント・マークを含むことを特徴とする。

基板テーブル上で基板のアラインメントをとるのに使用するだけの測定ステーションのアラインメント・システムが、上述の日本特許出願公開第57-183031号に記載されている。装置の好ましい実施形態は、干渉計システムのZ測定鏡が、XY面に対してほぼ45°の角度で基板ホルダー上に配置されることを特徴とする。

Z反射体がXY面に平行な場合、Z測定鏡は最小の幅を有することができる。というのは、Z測定ビームはZ反射体への出入りに同じ経路を横断するからである。

装置は、さらに、干渉計システムのZ測定鏡が、XまたはY測定鏡の面取り部分で構成されることを特徴としてもよい。

次に、この目的に適した基板ホルダーの側面を、直線部分と、直線部分に対して好ましくは45°の角度の面取り部分とに分割し、両方の部分は反射性である。

装置の好ましい実施形態は、干渉計システムのZ測定鏡が、基板ホルダーの側面に配置された面取りバーで構成されて、その側にはXまたはY測定鏡も配置され、前記バーは前記側面の小さい部分のみZ方向に延在し、それに対して垂直の方向では側面全体に延在することを特徴とする。

Z反射体は、投影システムのホルダーに当てて配置されているので、この反射体の一方端とリソグラフィ装置の投影システムの軸との間に、例えば約70mmの距離が与えられる。基板ホルダーの極端なX位置でも、Z測定鏡が反射した測定ビームがZ反射体に到達できるよう、投影システムの軸とZ測定鏡の中心との間の距離は、この極端な位置の前記距離と最小限で等しくなければならない。つまり、Z測定のために基板ホルダーを拡大しなければならない。このホルダーには所与の高さが必要であり、Z測定鏡を設ける側面にはXまたはY測定鏡も設けなければならないので、Z測定鏡のために基板ホルダーを拡大すると、その重量が大幅に増加することになる。Z測定鏡を、基板ホルダーに固定接続された薄いバーに設けることにより、このホルダーの重量を制限しておくことができる。

リソグラフィ装置のさらなる特有の特徴によると、Z測定鏡は、基板から遠い基板ホルダーの部分に配置することが好ましい。

Z測定鏡をホルダーの下側に、XまたはY測定鏡をその上に配置することにより、XおよびY方向の動的アッベ(Abbe)誤差の危険性を低下させることができる。さらに、基板ホルダーの該当する側面の最大部分、およびZ測定鏡と投影システムとの間の最大スペースが、他の測定に適している。

Z測定ビームに関連する基準ビームの別個の基準鏡を、干渉計システムに配置してもよい。次に、Z測定ビームおよびZ基準ビームを受けるZ検出器は、Z測定鏡が基板ホルダーのX測定鏡と同じ側面に配置されていれば、Z位置に関する情報をX位置に関する情報と混合した信号を、Z測定鏡がY測定鏡と同じ側面に配置されていれば、Y位置に関する情報と混合した信号を供給する。次に、X位置信号またはY位置信号との電子的微分を、まだこの信号で実行しなければならない。つまり、この信号をX位置またはY位置の信号と組み合わせて、純粹なZ位置を獲得しなければならない。

しかし、装置は、さらに、Z測定ビームに関連する基準ビームの基準鏡を、Z測定鏡も配置された基板ホルダーの側面に配置されたXまたはY測定鏡で構成することも特徴となることが好ましい。

次に光学的微分を実行し、Z検出器の出力信号は純粹なZ位置情報を含む。電子的部分を実行する必要はない。光学的微分は、干渉計システムに関連する電子回路の処理速度にもう依存しなくてもよいという利点を有する。

X測定軸については、測定ビームとそれに関連する基準ビームとがそれぞれ測定鏡および基準鏡で反射した後、このビームがZ検出器の面で形成する放射線スポットが可能な限り満足できるよう一致するよう、ビーム分割器がそれらを組み合わせなければならない。これで、この検出器によって供給される信号は、最大振幅を有する。しかし、これらのビー

10

20

30

40

50

ムに関連する測定鏡の望ましくない傾斜のため、この放射線スポットが検出器に対して偏ることがあり、したがってこれらのビームの方向が変化する。この現象は「ビームの飛び」として知られる。Z測定ビームは、Z反射体ばかりでなくZ測定鏡でも反射するので、Z測定ビームのビームの飛びは、Z基準ビームの飛びより大きい。上述した光学的微分法を用いると、つまりZ基準ビームをXまたはY測定鏡に送ると、ビームの飛びを減少させることができる。実際、ビームの飛びは、両方のビームで同じ方向に変化する。したがって、光学的微分法は第2の利点を提供する。

ビームの飛びをさらに減少させるため、装置は、さらに、Z測定ビームの経路が、測定鏡で反射して検出器に向かうZ測定ビームを、前記測定鏡でさらに反射させるために、前記鏡へと反射させる逆反射体を組み込むことを特徴とすることが好ましい。

このようにZ測定ビームが測定鏡上で特別に反射するので、このビームの経路にある鏡の傾斜に関係なく、測定ビームの元の方向が維持される。

干渉計システムのXおよびY測定軸の数は、装置の他の測定システムの有無に応じて、異なってもよい。しかし、X測定軸に加えて、干渉計システムはさらに少なくとも5本の測定軸を含むことが好ましい。

このシステムでは、最高測定精度の利点を、特別な測定機能、つまりZ測定と組み合わせる。

干渉計の測定を、測定ビームが伝搬する媒体の屈折率の変化に依存しないようにするために、干渉計システムは、さらに、システムが、異なる波長の2本の測定ビームが伝搬する測定軸を有することを特徴としてよい。

波長が異なる2本のビームで同じ距離を測定し、媒体の屈折率はこの測定ビームの波長に依存するので、起こりうる屈折率の変化を測定することができ、干渉計システムの測定結果をそれで補正することができる。前記測定軸は、別個の基準測定軸または他の測定軸の1つでよい。

リソグラフィ装置は、さらに、測定鏡を除き、投影ステーション・干渉計システムの構成要素、さらにZ反射体を、投影システムも固定されている剛性の枠に配置し、枠が装置の他の構成要素から動的に隔離されて吊り下げられることを特徴とすることが好ましい。

この測定は、所望の測定精度を実現するのに大いに寄与する。干渉計ユニットは、投影システムを妨害することなく、固定結合される。計測学用枠とも呼ばれる前記枠が、装置に動的に隔離されるか、振動のない状態で吊り下げられるので、この装置にある干渉計ユニットの位置は、基板ホルダーが一部を形成している基板テーブル、およびマスク・ホルダーが一部を形成しているマスク・テーブルの駆動力などの外力の影響をもはや受けない。装置は、さらに、XおよびY測定ビームに関連する基準ビームの基準鏡が、投影システムのホルダー上に配置されることを特徴としてもよい。

ここで、基板のXおよびY位置は、もはや干渉計要素に関しては測定されず、投影システムに関して測定される。次に、計測学用枠に起こりうる変形が位置測定に与える影響は、無視できるほど小さい。

本発明の以上およびその他の態様は、以下で述べる実施形態から明白であり、これについて説明される。

図1は、リソグラフィ投影装置の投影ステーションの実施形態を示す。

図2は、別個の高さ測定ステーションおよび2つの基板ホルダーを有するリソグラフィ投影装置の図を示す。

図3は、投影ステーションおよび測定ステーションに使用する高さセンサーを示す。

図4は、基板上で測定する高さセンサーの実施形態を示す。

図5、図6および図7は、両ステーションで使用し、そのメーターが複合干渉計システムの一部を形成する高さセンサーの第1、第2および第3の実施形態を示す。

図8は、計測学用枠を備えた投影ステーションの実施形態を示す。

図9は、測定ステーションおよび投影ステーションで実行される干渉測定の概観である。

図10は、図2の装置で基板ホルダーが実行する動作を示す。

図1は、基板上にマスク・パターンを繰り返し撮像するフォトリソグラフィ装置の実施形

10

20

30

40

50

態の光学的要素を概略的に示す。この装置の主な構成要素は、投影レンズ・システムPLを収容する投影柱である。マスク・パターンCが撮像されるマスクMAのマスク・ホルダーMHが設けられ、このシステムの上に配置される。マスク・ホルダーは、マスク・テーブルMT内にある。基板テーブルWTが、投影レンズ・システムPLの下に配置される。このテーブルは、感光層を備えて、何回もその都度異なるIC区域Wdにマスク・パターンを撮像しなければならない基板Wの基板ホルダーWHを収容する。基板テーブルはXおよびY方向に移動することができ、したがってマスク・パターンをIC区域に撮像した後、その後のIC区域をマスク・パターンの下に配置することができる。

装置は、さらに、例えばクリプトン・フッ素・エキシマー・レーザーまたは水銀ランプなどの放射線源LA、レンズ・システムLS、反射体REおよび集光レンズCOを備える照明システムを有する。照明システムによって供給される投影ビームPBが、マスク・パターンCを照明する。このパターンは、投影レンズ・システムPLによって基板WのIC区域に撮像される。あるいは、欧州特許出願公開第0 658 810号に記載されているように照明システムを実現してもよい。投影レンズ・システムは、例えばM = 1/4の倍率、開口数NA = 0.6および22mmの直径を有する回折限界画像サイズを有する。

装置は、さらに、複数の測定システム、つまりXY面で基板Wに対するマスクMAのアラインメントをとるシステム、基板ホルダー、したがって基板のXおよびY位置および方向を判別する干渉計システム、および投影レンズ・システムPLの焦点または画像面と基板Wの感光性層表面との間の偏差を判別する焦点誤差検出システムとを備える。これらの測定システムはサーボ機構の一部であり、これは電子信号処理および制御回路およびドライバ、つまりアクチュエータを備え、これで基板と焦点合わせの位置および方向を、測定システムが供給した信号に関して補正することができる。

アラインメント・システムは、図1の右上隅に示したマスクMAで2つのアラインメント・マークM₁およびM₂を使用する。これらのマークは回折格子で構成することが好ましいが、周囲とは光学的に異なる正方形または細片など、他のマークで形成してもよい。アラインメント・マークは2次元、つまり互いに対し垂直の2方向、つまり図1のXおよびY方向に延在することが好ましい。基板Wは少なくとも2つのアラインメント・マークを有し、これも好ましくは2次元の回折格子で、そのうち2つP₁およびP₂を図1に示す。マークP₁およびP₂は、パターンCの画像を形成しなければならない基板Wの区域の外側に配置される。格子マークP₁およびP₂は位相格子であることが好ましく、格子マークM₁およびM₂は振幅格子であることが好ましい。

図1は、アラインメント・システムの特殊な実施形態、つまり二重アラインメント・システムを示し、これはそれぞれ基板アラインメント・マークP₂をマスク・アラインメント・マークM₂上で、基板アラインメント・マークP₁をマスク・アラインメント・マークM₂上でアラインメントをとるため、2本のアラインメント・ビームbおよびb'を使用する。ビームbは反射要素30、例えば鏡などで、プリズム26の反射表面27へと反射する。表面27はビームbを基板アラインメント・マークP₂へと反射し、これは放射線の一部をビームb₁として関連のマスク・アラインメント・マークM₂へと通過させ、ここでマークP₂の画像が形成される。例えばプリズムなどの反射要素11がマークM₂上に配置され、このプリズムは、マークM₂によって通過した放射線を放射線感受性検出器13に向ける。第2アラインメント・ビームb'は、鏡31で投影レンズ・システムPLの反射体29へと反射する。反射体29はビームb'をプリズム26の第2反射表面28へと通過させ、この表面はビームb'を基板アラインメント・マークP₁に向ける。このマークは、ビームb'の放射線の一部をビームb₁'としてマスク・アラインメント・マークM₁へと反射させ、ここにマークP₁の画像が形成される。マークM₁を通過するビームb₁の放射線は、反射体11'によって放射線感受性検出器13'へと向ける。二重アラインメント・システムの動作は、米国特許第4,778,275号に記載され、このシステムのさらなる詳細については、これを参照する。

図1によるアラインメント・システムの実施形態は、特に、投影レンズ・システムPLが例えば248nmなどの短い波長を有する投影ビームPB用に設計され、アラインメント・ビームが例えれば633nmなどの大幅に長い波長を有する装置に適している。実際、このシステムは

10

20

30

40

50

、投影柱に特別なレンズ、つまり補正レンズ25を組み込む。このレンズは、基板アラインメント・マークがマスク・アラインメント・マークの面に、投影レンズ・システムがアラインメント・ビームの波長に合わせて最適化されていないという事実にもかかわらず、正しい倍率で撮像されることを保証する。補正レンズは、投影柱中に、一方で基板アラインメント・ビームによって発生したアラインメント・ビームの様々な回折次数のサブビームが、これらのサブビームに別個に影響できるよう、補正レンズの面で十分に分離され、他方で、補正レンズが投影ビームおよびマスク・パターンCで形成された画像に与える影響が無視できるほどであるような高さに配置される。補正レンズ25は、投影レンズ・システムのフーリエ面に配置することが好ましい。アラインメント・ビーム b および b_1 の主光線が図1に示すように互いに交差する面に補正レンズを配置すると、このレンズを2本のアラインメント・ビームの補正に使用することができる。補正レンズ25の目的および動作に関するさらなる詳細については、米国特許第5,100,237号を参照する。

回折要素などの楔または他の屈折要素を、アラインメント・ビームの経路をさらに下ったアラインメント・マークの近傍に配置することが好ましい。このような屈折要素（図1には図示せず）があると、アラインメント・エラーを防止することができる。アラインメント・エラーは、検出器13または13'が捕捉した選択アラインメント・ビーム部分内に意図しない位相差がある結果として生じ、位相差は、基板アラインメント・マークから来るアラインメント・ビーム部分の対称軸がマスク・プレートに垂直でなく、したがってこのプレート内に偽の反射が生じた場合に発生する。このような屈折要素を設けたアラインメント・システムは、米国特許第5,481,362号に記載されている。

マスクに対して基板全体のアラインメントをとるのに使用する図1に示したグローバル・アラインメント・マーク P_1 および P_2 に加えて、基板には、IC区域ごとにマスク・パターンに関して該当する区域のアラインメントをとるよう、例えばIC区域ごとに1つのマークなど、さらなるアラインメント・マークを設けてもよい。マークは3つ以上のアラインメント・マークを有することができ、例えば補正するようにZ軸を中心とするマスクの回転を測定するため、さらなるアラインメント・マークを使用することができる。

基板テーブルWTのXおよびY位置を正確に求めるため、既知の投影装置は多軸干渉計システムを備える。米国特許第4,251,160号は2軸システムについてのべ、米国特許第4,737,283号は3軸システムについて述べている。図1では、このような干渉計システムを要素50、51、52および53で概略的に表し、図では測定軸を1つだけ、つまりX軸を示す。例えばレーザなどの放射線源50から発するビーム b_4 は、ビーム分割器51によって測定ビーム b_{4m} と基準ビーム b_{4r} に分割される。測定ビームは基板ホルダーWHの反射側面54に到達し、この側面で反射した測定ビームは、ビーム分割器によって、例えば「角の立方体」反射体などの静止反射体が反射した基準ビームと結合される。結合したビームの強度は、検出器53で測定することができ、基板ホルダーWHの変位（この場合はX方向）は、この検出器の出力信号から得ることができ、このホルダーの瞬間の位置も確立することができる。

図1で概略的に示すように、単純化のために1つの信号 S_{53} で表される干渉計の信号、およびアラインメント・システムの信号 S_{13} および S_{13r} は、例えばマイクロコンピュータなどの信号処理ユニットSPUに適用され、これは前記信号を処理してアクチュエータACの信号 S_{AC} を制御し、これで基板テーブルWTを介してXY面で基板ホルダーを移動させる。

図1に示すX測定軸を備えるばかりでなく、Y測定軸および場合によっては第3の測定軸も備える干渉計システムでは、静止干渉計システムによって規定された座標系でのアラインメント・マーク P_1 、 P_2 および M_1 、 M_2 の位置およびその相互距離を、基板に対するマスクの初期アラインメント、またはグローバル・アラインメントの間に決定することができる。この干渉計システムを使用して、基板テーブルが非常に正確にステップする、つまり所定の距離および方向に移動するようすることもできる。このようなステップは、マスク・パターンが第1IC領域または領域で1つ（または複数の）フラッシュで撮像された後、その後のIC領域をマスク・パターンおよび投影レンズ・システムの下に配置するのに実行され、したがってマスク・パターンもこの領域に撮像することができる。これらのステップおよび撮像操作は、全IC領域にマスク・パターン画像を設けるまで続けられる。この方法

10

20

30

40

50

で作動するリソグラフィ装置をステッパと呼ぶ。

一方で、IC領域の単位表面当たりに要求される電子コンポーネントが増加し、他方でIC領域が大きくなるので、投影レンズ・システムの解像力および画像領域に与えられる要件は、ますます厳しくなっている。これらの技術的に矛盾する要件を多少とも解決するため、既にステップ走査器の使用が提案されている。このような装置では、ステッパと同じステッピング動作を実行するが、マスク・パターンをIC領域に撮像する時に、IC領域の対応する下位領域にマスク・パターンの小さい一部しか撮像されない。マスク・パターンの連続する部分を、IC領域の連続する下位領域に撮像することにより、マスク・パターン全体をIC領域に撮像することができる。そのため、マスク・パターンは、マスク・パターンの位置に例えれば長方形または弓形などの小さい照明スポットを形成する投影ビームで照明され
10、基板テーブルは、投影レンズ・システムおよび投影ビームに関して所定の方向、つまり走査方向で移動して、マスク・テーブルは同じまたは反対方向に移動し、基板テーブルの速度は、マスク・テーブルのM倍である。Mは、マスク・パターンを撮像する倍率である。マスクおよび基板は、任意の瞬間に相互に正確な位置になるよう保証しなければならず、これはマスクと基板との動作を非常に正確に同期する、つまり基板の速度 V_{sub} を常にマスクの速度 V_{MA} のM倍にすることによって実現することができる。

$V_{sub} = M \cdot V_{MA}$ の状態を点検するため、ステップ走査器は、基板干渉計システムばかりでなく、マスクの動作と位置とを正確に測定できるマスク干渉計システムも備えるとよい。最後に述べたシステムの測定鏡は、マスク・ホルダーに固定することが好ましい。マスク干渉計システムは、図1では要素60、61、62、63および64で表示され、これは基板干渉計システムの要素50、51、52、53および54と同じ機能を有する。マスク干渉計システムの信号は、図1では単純さを期して1つの信号 S_{63} で表されるが、信号処理ユニットSPUに提供され、ここで信号を基板干渉計システムの対応する信号と比較する。これで、マスクと基板が相互に正しい位置にあるか、同時に移動する、またはその両方であるか確認することができる。
20

これらの条件が満足されているか確認するため、基板およびマスクの両方の干渉計システムに3本の測定軸があれば十分である。しかし、基板干渉計システムは、5本の測定軸を有することが好ましい。欧州特許出願公開第0 498 499号に記載されているように、X、Yおよび_{Z,W}ばかりでなく_{X,W}および_{Y,W}、つまりX軸およびY軸を中心とする基板の傾斜も測定することができる。5軸干渉計システムを構成できる干渉計ユニットの様々な実施形態については、欧州特許出願公開第0 498 499号を参照する。マスクでもXおよびY軸を中心とする傾斜を測定できるため、5軸マスク干渉計システムを使用してもよい。しかし、代替法として、X軸およびY軸を中心とするマスクの傾斜を測定するため、3軸マスク干渉計システムを、容量性センサーなどの他のセンサーと組み合わせることが可能である。
30

基板を投影ステーションで照明できるようにするには、その前に基板のZ方向の高さを、投影システムに対して最初に測定し、場合によってはマスク・パターンが常に基板上に鮮明に撮像できるようにしなければならない。既知の投影装置では、光学的焦点誤差検出装置をこの高さ測定に使用し、この装置は投影ステーション内にあり、投影システムに固定される。この検出装置は米国特許第4,356,392号に記載されている。
40

さらに、基板の局所的傾斜を測定しなければならない。このため、投影ステーション内にある焦点およびレベル装置を、既知の装置に使用する。このような装置が米国特許第5,191,200号に記載されている。焦点およびレベル装置を投影システムの固定結合する。というのは、この装置の要素が、投影システムも固定されている測定枠の一部を形成するプレートに配置されているからである。これにより、投影システムの画像面と基板ホルダーの表面との間に結合が確立される。

投影システムが、所与の自由作業距離、つまりこのシステムの最後の要素と基板表面との間の距離を有するような設計を有するよう、焦点およびレベル装置を使用するには、所与のスペースが必要である。さらに、いわゆる縁ダイ、つまり基板の縁に位置する基板領域を測定する場合に、焦点およびレベル装置の助けを受けて測定する間、問題が生じること
50

がある。別個の基板領域で測定するには特定の時間が必要であり、その間、投影ステーションは基板の実際の照明に使用できないのである。

これらの問題は、Z位置および基板領域の傾斜を違う方法で測定し、この測定の大部分を投影ステーション以外で実行すれば回避することができる。マスク・パターンに対する基板領域のアライメントについて既に提案したのと同様に、このために投影装置をZ測定ステーションおよび第2またはそれ以上の基板ホルダーで拡張することができる。

図2は、2つの基板ホルダーおよび1つのZ測定ステーションを備えたこのような拡張フォトリソグラフィ投影装置の機械的要素を概略的に示す。この装置は枠101を備え、これは垂直のZ方向で見ると、連続的に、位置決め装置103、マスク・ホルダー107、および放射線源109を設けた照明ユニット108を備える。位置決め装置103は、第1基板ホルダー111および第2の同一の基板ホルダー113を備える。投影レンズ・ホルダー105が、マスク・ホルダーと基板ホルダーとの間にある。基板ホルダー111および113は、第1および第2支持面117および119を備え、これはZ方向に対して垂直に延在し、その上にそれぞれ第1基板120および第2基板121を配置することができる。第1および第2基板ホルダー111および113は、位置決め装置103のそれぞれ第1変位ユニット123および第2変位ユニット125により、枠101に対してZ方向に対して垂直であるX方向に平行な第1方向、およびZ方向およびX方向に垂直でY方向に平行な第2違法校に移動することができる。マスク・ホルダー107は、Z方向に対して垂直に延在する支持表面127を有し、その上にマスク129を配置することができる。

照明しなければならない基板は、装置に入るマガジン内に配置される。このマガジンから、基板は移送機構によって連続的に装置に導入される。前記マガジンおよび移送機構は、図2には図示されず、それ自体が知られている。Z測定ステーションは、図2では同様に枠101に固定された測定ユニット133で概略的に表される。図2に示す装置の状況では、第1基板ホルダー111が投影ステーション内にあり、第1基板120は、照明ユニット108から発して、ホルダー105内にある投影システムで焦点を絞った放射線で、マスク129を介して照明される。この投影システムの光軸131のみを示す。第2基板ホルダーは、測定ステーション内にある。以下で述べるように、基板領域の高さおよび位置は、このステーションで求められ、第2基板ホルダー113上の基準面の高さと関連付けられる。基板119の照明が終了した後、第1基板ホルダー111は、位置決め装置によって投影ステーションから測定ステーションへと変位される。第1基板120は、前記移送機構により、このステーションから前記マガジンへと移動する。同時に、第2基板ホルダーが位置決め装置によって測定ステーションから投影ステーションへと移動する。測定ステーション内の基板領域の理想的高さおよび位置は、既に基板ホルダーの基準面の高さに関連付けられているので、基板ホルダーの基準面の高さのみ測定し、これを必要に応じて投影ステーションで補正する。この測定および補正は、迅速に実行できる比較的単純なプロセスである。測定ステーションでは、その瞬間に投影ステーションにある基板の照明と時間を平行して、より困難で時間がかかる基板領域の高さおよび位置の測定が実行されているので、単位時間当たり多数の基板を照明できるよう、最大限の時間、投影ステーションを照明自体に使用することができる。

2つの基板ホルダーおよびテーブルを備えたフォトリソグラフィ装置の原理および利点は、特に欧州特許出願公開第0 687 957号および日本特許出願公開第57 - 183031号の英語版の要約書に記載され、そこにはこのような装置の実施形態も締めされている。

図3は、本発明により基板領域の高さおよび位置を測定する方法を概略的に示す。この図では、図2の要素に対応する要素は同じ参照番号で示されている。図の右側部分は、図に示した瞬間に第2基板121を伴う第2基板ホルダー113を収容する測定ステーション133を示す。図の左側部分は、第1基板120を伴う第1基板ホルダー111を収容する投影ステーションの小さい部分を示す。矢印140は、基板をいかに投影装置に移動させるかを示す。測定ステーション133は、概略的にのみ示した第1高さセンサーを備え、これは既知の様々な方法で実現することができる。この高さセンサーは、例えば容量性、空気式または光学的高さセンサーでよい。光学的高さセンサーの実施形態を図4に示す。

10

20

30

40

50

この図では、要素190は測定ビーム b_3 を供給するダイオード・レーザなどの放射線源である。このビームは、ビーム分割器191を通過し、反射プリズム192によって基板121の表面へと反射し、ビームは非常に小さい角度で基板に入射する。基板表面で反射したビームは、プリズム193で逆反射体194へと反射する。逆反射体はビームを内部で反射し、したがってこのビームは、プリズム193、基板表面およびプリズム192上の反射体を介してビーム b'_3 と同じ経路を再度横断する。ビーム分割器195および反射プリズムは、測定ビームを放射線感受性検出システム196へと反射させる。このシステムは、例えば位置感受性検出器または2つの別個の検出器で構成される。このシステム上にビーム b'_3 が形成する放射線スポットの位置は、測定ビームが入射する基板表面の部分の高さに依存する。この光学的高さセンサーの包括的記述については、米国特許第4,356,392号に参照し、このような高さセンサーは焦点誤差検出装置と呼ばれる。

感光層を備えた基板の測定に特に適した高さセンサーは、感光層に斜めに入射する測定ビームで作動するが、このビームは広い波長帯を有するタイプである。測定ビームの広帯域特性により、基板アセンブリの層および感光層の複数反射によって生じことがある干渉は、互いに平均して、高さ測定信号には影響しない。十分に正確な測定信号を獲得するため、測定ビームの経路は、放射線源と基板との間に第1格子、この基板と検出システムとの間に第2格子を組み込む。第1格子は、放射線感受性層での反射を介して第2格子に撮像され、第1格子の画像が第2格子と一致する程度を、放射線感受性層の高さで判別する。この高さセンサーの包括的記述については、米国特許第5,191,200号を参照し、ここでは本特許で焦点検出システムと呼ぶこの高さセンサーの種々な実施形態が記載されている。

高さセンサー150は、いかなる瞬間にも基板121の小さい区域しか測定しない。高さの測定のため、基板121を伴う基板ホルダー113を、矢印152および153で示すようにZおよびY方向に高さセンサーの下で移動させ、したがって、この基板の局所的高さが、基板の多数のポイントで測定される。このようにして獲得した測定値は、各基板領域について理想的な高さおよび位置を計算できるよう、既知の方法で処理することができる。測定ステーションは第2高さセンサー160を備え、これも概略的にしか図示されていず、基板ホルダーの基準面170の高さを測定する。この測定は、基板の高さ測定と同時に、それと同回数実行される。次に、2つの高さセンサーの測定値を互いに関連付け、該当する基板領域の理想的高さおよび位置に関連する基準面170の高さを、基板領域ごとに計算することができる。第2高さセンサーの種々の実施形態も可能である。以下で説明するように、高さセンサーは干渉計として実現することが好ましく、基準面は基板ホルダーの面取り反射面であり、この面は干渉計のZ測定鏡として機能する。この面は、干渉計測定ビーム165を、高さセンサー150と結合したプレート174上に配置されたZ反射体175へと反射させる。Z反射体は、測定ビームを再び干渉計へと反射させ、基板ホルダーの高さを測定するための基準を形成する。

基板121および基板ホルダー113での高さ測定中、基板120は投影ステーションで照明される。この高さ測定および照明を実行した後、基板ホルダー111を投影ステーションから取り出し、基板120をこのホルダーから取り出して、ホルダーに基板を設け、次に測定ステーション150に配置し、ここで測定する。その間に、基板ホルダー113および基板をこのステーションから取り出し、投影ステーションに配置する。このステーションで、マスク・パターンを全基板領域に連続的に投影できるよう、基板ホルダーを矢印162および163で示すように投影システム305の下でXおよびY方向に移動させる。基板領域を照明しているので、最初に基板ホルダーの基準面172が、測定ステーション150で計算して、該当する基板領域の高さに関連した高さにあるか、検査しなければならない。そのため、投影ステーションには第3高さセンサー180を設ける。この高さセンサーからの信号を使用して、基板ホルダーの支持表面の高さ、したがって該当する基板領域の高さおよび位置を補正することができる。そのため、例えばこの信号を、基板ホルダー内にあるZアクチュエータに適用してよい。

原則的に、高さセンサー180も種々の方法で実現することができる。しかし、この高さセンサーは、

ンサーもZ干渉計であることが好ましい。この干渉計の測定ビーム185は、Z測定鏡として機能する基板支持基準面174によって反射体186に反射し、これがビームをZ測定鏡172を介して反射させ、干渉計へと戻す。Z反射体186は、投影システム305に固定されたプレート184上に配置される。

基板ホルダーの高さメータとしてZ干渉計を使用することの利点は、基板および基板領域のXおよびY位置を測定するために投影ステーションに既に存在するXおよびY干渉計システムに、このメータを統合できるからである。分割鏡およびZ検出器など、特別な要素をわずかしか使用しないことにより、欧州特許出願公開第0 498 499号に記載されたシステムのように、既知の干渉計システムはXおよびY測定ビームばかりでなく少なくともZ測定ビームも供給し、これを処理できることを保証することができる。

基板および別個の基板領域の高さの測定と同時に、本発明によるZ測定を実行するのに必要な基板および基板領域の位置を測定することも可能であり、この領域の高さは、同様にZ測定ステーションにある複合XYZ干渉計システムを使用することにより、その瞬間に測定される。投影ステーションでは、複合干渉計システムを使用して、これから照明する基板領域を投影システムの下に運び、正しい高さに配置するよう確保することができる。複合干渉計システムで実行される一方のXY測定、および他方のZ測定も、重要な共同作用の効果を有する。一方で、基板および基板領域のXおよびY位置を高い精度で測定できるよう、この基板および基板領域の高さ、つまりZ位置が分かっていなければならず、他方で、基板および基板領域のZ位置を高い精度で測定できるよう、この基板および基板領域のXおよびY位置が分かっていなければならない。複合干渉計は、XおよびY位置、さらにZ位置に関する情報を供給するので、最適かつ迅速な測定を実行することが可能である。測定ステーションおよび投影ステーションに複合干渉計システムを使用することのさらなる大きな利点は、XおよびY方向で基板および基板領域のアラインメントをとる手順の一部を、測定ステーションでも行えることである。マスク・パターンに対して基板のアラインメントをとるため、この基板およびマスクには通常、アラインメント・マークを設け、別個の基板領域のアラインメントをとるため、各基板領域に別個のアラインメント・マークを設ける。アラインメントの程度は、基板のアラインメント・マークとマスクのアラインメント・マークを互いの上に撮像し、アラインメント・マークが他方のアラインメント・マークの画像と正確に一致するか検出することにより判別する。基板の変位を測定し、座標系に基板領域の位置を固定するため、位置測定システム、好ましくは干渉計システムを使用しなければならない。基板ホルダーにも1つまたは複数のアラインメント・マークを設け、測定ステーションにある基準アラインメント・マークに対して測定ステーションの基板のアラインメント・マークおよび基板ホルダーのアラインメント・マークのアラインメントをとることにより、各基板のアラインメント・マークと基板ホルダーのアラインメント・マークとの間の関係を確立することができる。これで、投影ステーションではマスクのアラインメント・マークに対して基板ホルダーのアラインメント・マークのアラインメントをとるだけでよい。これは、短時間しか必要としない極めて単純なプロセスであり、基板領域のマークのアラインメントの方が時間がかかる。後者のプロセスは測定ステーションで実行され、別の基板の照明と時間が平行するので、アラインメントに関しても大幅に時間を節約することができる。

すでに述べたように、新規の方法を実行するために使用するXYZ干渉計システムは、原則的に欧州特許出願公開第0 498 499号に記載されたように構成することができるが、それに記載されたシステムが、測定ビームがZ測定鏡へと向けられる少なくとも1本の測定軸で拡張することを条件とする。

既知のように、干渉計は、測定しなければならない対象に固定された測定鏡に向けられ、これから反射する測定ビームばかりでなく、静止基礎鏡に向けられ、これから反射する基準ビームも含む。複合XYZ干渉計システムの場合、XおよびY基準鏡は、欧州特許出願公開第0 498 499号に記載されたような干渉計システムを構成する干渉計ユニットに配置することができる。Z測定ビームの基準鏡も、このようなユニットに配置することができる。しかし、Z基準鏡は、図5に示すようにXまたはY測定鏡で形成することができる。

10

20

30

40

50

投影ステーションの基板干渉システムに関するこの図では、Z基準ビームを $b_{z,1,r}$ で示す。このビームは、干渉計ユニット200から出るが、これは2本のX測定軸MAX,1およびMAX,2に加えてZ測定軸MAX,7も備え、この測定軸は基板ホルダーWHの上面に可能な限り近づけて配置される。Z測定鏡260は測定軸MAX,7のZ測定ビームをZ反射体264へと反射し、これは投影システムのホルダーLHに固定されたプレート263上に配置され、これより大きい計測学的枠の一部を形成してもよい。Z反射体はZ測定ビームをZ測定鏡260へと反射させ、これは測定ビームを干渉計ユニット200へと反射させる。このユニットは、Z測定ビーム用の別個の検出器を収容する。他の信号とともに、この検出器の出力信号を処理して、Z測定信号にことができる。

図5のZ測定鏡260は、XY面、つまりXおよびY測定ビームが伝搬する面に対して45°の角度で配置される。原則的に、Z測定鏡はXY面に対して異なる鋭角で延在してもよい。しかし、45°の角度が好ましい。というのはZ測定ビームがZ反射体264への往復に同じ経路を通り、Z測定鏡の幅を最小にできるからである。

Z測定ビームが基板ホルダーの上面に近い位置で、したがって基板に近い位置でZ測定鏡に衝突する干渉計のこの実施形態では、基板に起こりうる傾斜がZ測定信号に与える影響を無視することができる。

X測定鏡は、図5に示すように、Z測定の基準鏡として使用される。この鏡で反射する基準ビーム $b_{z,1,r}$ はZ位置の情報ばかりでなくX位置の情報も含み、したがってこの基準ビームをZ検出器上でZ測定ビームと組み合わせると、この検出器の出力信号が純粋なZ位置信号となる。したがって、光学的微分が実行される。Z測定の基準鏡としてX測定鏡を使用する代わりに、Z測定用基準鏡を干渉計ユニット200に配置することも可能である。次にZ検出器が供給する信号は、純粋なZ位置の情報を含まず、その信号のZ位置情報はX位置情報と混合されている。純粋なZ位置信号を獲得するには、X位置情報検出器信号から除去し、したがってこの信号から引かなくてはならない。つまり、電子的微分を使用しなければならない。特に、リソグラフィ装置で望ましいように、基板ホルダーを高速かつ大きい加速度で移動させねばならない場合、干渉計システムに関連する電子回路が測定信号を処理できる速度が、制限要素になることがある。光学的微分を用いる場合は、このような制約がない。光学的微分、つまりXまたはY測定鏡をZ測定の基準鏡として使用することを、XYZ干渉計システムの全実施形態で使用することができる。

図5でも図示されているように、干渉計システムは、2つのZ測定を実行できるような方法で実現してもよい。

そのため、第1Z測定鏡260の反対側にある基板ホルダーWHの側面265も面取りされ、これに第2Z測定鏡を設ける。この鏡は、Z測定軸MAX,8に沿って延びる第2測定ビームと協力する。第2Z測定ビームは測定鏡によって第2Z反射体268へと反射し、これはプレート263の下側に配置される。第2Z測定ビームはZ反射体268によって測定鏡へと反射し、これは測定ビームを測定軸MAX,8に関連する検出器へと反射する。測定軸MAX,7およびMAX,8によって供給される信号を加えることにより、基板の平均Z位置を判別することができる。したがって、Z位置の値は、基板ホルダーのX位置とは無関係に獲得される。

図5に示す実施形態では、Y軸に対する基板の傾斜を示す信号も獲得することができる。この信号は、MAX,7およびMAX,8測定軸によって供給される信号の差に比例する。

図5の実施形態では、特別な放射線源を備え、第2Z検出器を収容する別個の干渉計ユニット280が必要である。図6は、特別な干渉計ユニットが必要でない干渉計システムの実施形態を示す。この実施形態では、MAX,8測定軸の測定ビームが、第2Z検出器も備えた干渉計ユニット200によって供給される。MAX,8測定軸の測定ビームは、基板と投影レンズとの間のスペースを横断し、2つの反射面271および272を有する屋根形反射体270によってZ測定鏡265へと反射する。鏡265は、測定ビームをZ反射体268へと反射させ、これは測定ビームを測定鏡265へと反射させ、その後、このビームは検出器ユニット200へと逆の経路を横断する。このユニット内で、測定ビームは上述した第2検出器に受けられる。

Z測定鏡260および265は基板ホルダーの全長にわたってY方向、つまり図5および図6に示した面に対して垂直の方向に延在する。リソグラフィ装置がステップ走査器である場合

、Y方向は走査方向であり、したがってZ測定を走査長全体にわたって実行することができる。

原則的に、Z測定鏡の幅は、この鏡の区域におけるZ測定ビームの断面の直径と等しい、またはこのビームがZ反射体への経路を2回辿る場合は、これよりわずかに大きい。つまり、この幅を制限することができ、Z測定鏡の表面を小さいままにしておける。測定鏡は、総面積が小さいので、実際に望ましい表面精度で製造することができる。

図6で示すように、投影レンズ・システムPLの主軸AA' と Z反射体268の端部との間には所定の距離がある。この距離は、例えば約70mmである。Z測定も基板ホルダーWHの極端なX位置（図7で示すように、基板の最右部分が図示されている）で実行できるため、軸AA' と測定鏡265との間の距離hは、少なくともその位置での距離fに等しくなければならぬ。これは、Z測定のために、X方向での基板ホルダーの幅を所定の値だけ増加させねばならないことを意味することがある。MAX₈測定軸を介したZ測定に加えて、MAX₇測定軸を介したZ測定も実行する場合、基板ホルダーの幅は、この値の2倍に増加させるとよい。基板ホルダーも、Z測定鏡とYおよびY測定鏡との両方をその側面に配置できるため、所定の高さがなければならないので、X方向の寸法が大きくなると、ホルダーの重量が大幅に増加する。したがって、Z測定鏡は、面取りした側面を有する棒形の要素上に配置することが好ましく、その要素は基板ホルダーに固定接続される。

図7は、2つのZ測定鏡293および294が棒形要素291、292上に配置された干渉計システムの実施形態を示す。ここでも、測定鏡に必要な幅は、この鏡の区域で測定ビームの断面直径と等しいか、それよりわずかに大きく、したがって棒形要素のZ方向の寸法を制限することができる。記載されたZ測定を実行するのに適するよう基板ホルダーに加える余分な重量は、これによって制限される。図7に示すように、2つのZ測定鏡は、基板ホルダーの下部分に配置される。その結果、干渉計ユニット200に関連するX測定軸を、基板ホルダーの上面の近傍に配置することができ、これらの測定軸のアッペ誤差の危険性を低下させることができる。さらに、基板ホルダーの側面の最大部分および投影システムと基板ホルダーとの間の最大スペースは、記載した測定以外の測定を実行するのに使用することができ、本発明とは無関係である。

図7は、投影ビームPBも示す。ステップ走査器リソグラフィ装置の場合、このビームは基板の区域で、例えば長方形などの長い形の断面を有し、その縦方向はX方向と平行である。基板領域にマスク・パターンを撮像する度に、マスクおよび基板を投影ビームおよび投影レンズ・システムに対してY方向に移動させることにより、このビームを基板上でY方向に移動させる。

本出願人の名前で出願され、本特許出願の前、またはこれと同時に公示される欧州特許出願第97203771.7 (PHQ97.010) 号は、本発明による方法の実現以外の用途のため、Z測定軸を伴う複合干渉計システムの種々の実施形態について記述している。複数のXおよび/またはY測定軸を有するこれらの干渉計システムの実施形態は、本発明による方法を実行するにも使用することができる。少なくとも1本のZ測定軸ばかりでなく少なくとも5本の他のXおよびY測定軸を使用する干渉計システムが好ましい。というのは、XおよびY位置およびZ軸を中心とした回転ばかりでなく、X軸およびY軸に対する基板の傾斜も、これで測定できるからである。先行の特許出願を参照することにより、これは参考により本明細書に組み込まれるので、干渉計システムの実施形態の構造的詳細を、これ以上記述する必要はない。

Z反射体およびZ測定鏡から戻るZ測定ビームの経路は、このZ測定鏡と、このビームに関連する干渉計との間に、この測定ビームを再びZ測定鏡およびZ反射体へと反射させる逆反射体を組み込むことができる。その結果、Z測定鏡およびZ反射体上で測定ビームが余分に反射し、したがってこの測定ビームの経路にある鏡で起こりうる傾斜が発生した場合に、測定ビームの元の方向を維持することが実現される。したがって、Z測定信号でのビームの飛びを、大幅に減少させることができる。Z測定ビームの経路に逆反射体がある干渉計システムの実施形態は、上述した先行の特許出願にも記載されている。

リソグラフィ装置の複合干渉計システムで必要な精度に関して、温度、気圧、湿度などの

10

20

30

40

50

周囲のパラメータの変化が、ある役割を果たし始めることがある。これらの変化は、干渉計のビームが伝搬する媒体の屈折率を変化させる。このような変化は、媒体の乱流によっても生じることがある。補正できるよう、これらの変化を判別できるようにするために、干渉計システムに静止反射体と協力する余分な測定軸、つまり基準測定軸を設けてよい。基準軸の測定ビームは、一定の幾何学的経路長を横断する。しかし、光学経路の長さは、幾何学的経路長と横断する媒体の屈折率との積であり、屈折率の変化から影響を受ける。したがって、この変化は、基準軸測定ビームとそれに関連する基準ビームとが横断する経路の長さの差にも影響を与える。この差は、基準測定軸に関連する干渉計ユニットの余分な基準検出器によって測定される。この検出器の出力信号を使用して、乱流または周囲のパラメータの変化による屈折率の変動の情報を、他の測定軸を介して獲得することができる。

屈折率の変動は、例えば2倍の差などの大きく異なる波長を有し、干渉計ビームが伝搬する媒体内で同じ経路を横断する2本の測定ビームによって、測定することもできる。ビームの屈折率は、そのビームの波長に依存するので、これらのビームの光学経路長は、ビームの幾何学的経路長が等しくても異なり、したがって、これらのビームは検出器に到着時に位相差を有する。屈折率が変動した場合、この位相差も変化するので、屈折率の変動を示す信号が獲得される。

マスクおよび基板が、IC区域の照明中に基板の高いフィードスルー率を有するリソグラフィ装置で、確実に極めて高精度の方法で互いに対しても配置されるため、基板ホルダーおよびマスク・ホルダーのアクチュエータの力が基板ホルダーの干渉計システムの構成要素に、ステップ走査器の場合はマスク・ホルダーの干渉計システムに伝達されることは、防止しなければならない。そのため、測定鏡を除く干渉計システムの構成要素を、投影システムも固定されている剛性の枠に配置することができ、この枠は装置の他の構成要素から動的に隔離されて吊り下げられる。これで、干渉計の構成要素は、投影システムを妨害することなく固定結合される。前記枠は計測学的枠とも呼ばれ、装置の振動から動的に隔離され、またはその振動のない状態で吊り下げられ、そこにある干渉計の構成要素の位置は、基板テーブルおよびマスク・テーブルの駆動力などの外力から、もはや影響されない。

図8は、計測学的枠を設けたステップ走査式光学リソグラフィ装置を概略的に示す。このような装置は、基板の干渉計システムISWばかりでなく、マスクのXおよびY変位を測定する干渉計システムISMも備える。これらの干渉計システムおよび投影システムPLが計測学的枠MFに配置されているので、これらのシステムは互いに固定され、投影システムによって形成されるマスク・パターンの画像は、干渉計システムに結合される。

基板干渉計システムの測定鏡290および293、およびマスク干渉計システムの測定鏡297は、基板およびマスクが固定されている基板ホルダーWHおよびマスク・ホルダーMHのそれぞれ一部であるので、基板およびマスクの動作は、これらのシステムで直接測定される。その結果、これらの動作および形成されるマスク・パターンの画像は、Z軸に沿って基板およびマスクの相互位置を調節するアクチュエータなど、装置の他の構成要素の動作から影響を受けない。

XおよびY方向にマスクおよび基板を変位させるアクチュエータ（図8には、XアクチュエータXA_wおよびXA_rのみが棒で図示されている）は、アクチュエータ枠AFの部分を形成する。

計測学的枠は、概略的に図示された動的絶縁器SU₁、SU₂、SU₃およびSU₄によってアクチュエータ枠内で吊り下げられ、したがってこの枠は装置の残りから動的に隔離されている。マスク・テーブルMTおよび基板テーブルWTが、アクチュエータ枠内に配置される。基板テーブルは3つのZアクチュエータを有し、そのうち2つZA_{w,1}およびZA_{w,2}が図示され、基板のZ位置は、3つのアクチュエータに等しく通電することによって基板のZ位置を調節するか、3つのアクチュエータに不均等に通電することによって基板の傾斜を実現することができる。これらの動作は、マスク・テーブルにも3つのZアクチュエータを設ければ、同様の方法でマスクでも実現することができ、そのうち2つZA_{r,1}およびZA_{r,2}が図示されている。

プレート263は、投影レンズ・ホルダーの下部分に固定され、計測学的枠内にある。既に述べたように、このプレートの反射性の下側264が、干渉計システムISWのZ測定軸のZ反射体を構成する。

計測学的枠およびアクチュエータ枠を備えた図8の構造は、本発明によりZ測定を実行するステップ・タイプのリソグラフィ装置にも使用することができる。このような装置は、マスク干渉計システムを含まない。

計測学的枠には、剛性および安定性に関して厳格な要件を加えねばならず、この枠の材料は、熱膨張率が非常に小さくなければならない。しかし、基板干渉計システムおよび場合によってはマスク干渉計システムのXおよびY測定軸の基準鏡を、投影レンズ・システムPLのホルダーまたは計測学的プレート263に固定すれば、この要件を緩和することができる。干渉計システムと投影レンズ・システムとは、光学的に結合され、相互の動作が測定に影響することはない。この機能を、プレート263の下に2つの基準鏡298および299で、図8に概略的に示す。基準ビームを、基板干渉計システムから反射体（図示せず）を介して、これらの基準鏡に案内することができる。マスク干渉計システムの場合も、基準鏡を投影レンズ・システムのホルダーに固定してよい。

計測学的枠がないリソグラフィ投影装置でも、同じ利点を獲得するよう、基板干渉計システム、および場合によってはマスク干渉計システムのXおよびY基準鏡を、投影レンズ・システムのホルダーに固定することができる。多軸干渉計システムを設けても、Z測定軸がないフォトリソグラフィ投影装置は、投影レンズ・システムのホルダーに基準鏡が固定され、それ自体で知られ、PCTW097/33205号に記載されている。

図9は、本発明による方法を実行するのに適したリソグラフィ装置の所定の実施形態において、投影ステーションおよび測定ステーションで実行される干渉計測定の概観である。この図は、X測定鏡R₁、R'₁、Y測定鏡R₂およびR'₂、およびZ測定鏡R_{3,1}、R_{3,2}、R'_{3,1}、R'_{3,2}を有する2つの基板ホルダー111および113を示す。図9の中心部分は、XY面で切り取った断面、上部分はXZ面で切り取った断面、左側部分はYZ面で切り取った断面である。参照番号300および310は、照明ステーションおよびアラインメント・ステーションの測定区域を示す。各測定軸を、2つの文字と1つの数字で示す。最初の文字は、該当する測定軸で実行する測定の方向（X、YまたはZ）を示し、数字はこの方向の測定軸の数を示し、2番目の文字は、測定を実行するのがアラインメント・ステーション（M）が照明ステーション（E）を示す。図9の実施形態では、X方向およびY方向の両方で3本の測定軸に沿って測定を実行し、2つのZ測定を実行する。干渉計ユニット330は、投影ステーションのY測定に使用する。投影ステーションおよび測定ステーションの対応する干渉計ユニットは、同じ参照番号で示すが、測定ステーションの干渉計ユニットの参照番号はプライム記号を付ける。

2つの基板テーブルおよび関連するホルダーを、リソグラフィ装置の測定ステーションから投影ステーションへ、およびその逆へ移動させるため、共通の回転を介して基板を測定ステーションまたは投影ステーションへ運べるよう、この移動中に2つの基板テーブルを共通の回転式アームに固定することができる。しかし、ステーション間の移動を実行するため、基板テーブルは、XY面で直線運動をするよう、別個に駆動されることが好ましい。

図10は、基板ホルダー111および113および関連のテーブル（図示せず）が、この場合に投影ステーション300および測定ステーション310に対していかに移動するかを示す。この図では、4つの異なる状況を左から右へSIT1、SIT2、SIT3およびSIT4で示す。SIT1では、基板ホルダー111が投影ステーション300の中にあり、このホルダー上にある基板が照明され、基板ホルダー113は測定ステーション310の中にあり、このホルダー内の基板が測定される。SIT2では、照明プロセスおよび測定プロセスが完了し、2つの基板ホルダーが該当するステーションを出ている。SIT3では、2つの基板ホルダーが互いを通過し、基板ホルダー111は測定ステーション310への途上にあり、基板ホルダー113は投影ステーション300への途上にある。SIT4では、基板ホルダー113が、このホルダー上にある基板を照明することができるよう、投影ステーション300内に位置し、一方基板ホルダー111は、第1基板を取り外して新しい基板を設けた後、この基板で測定を実行できるよう、測定ステーショ

10

20

30

40

50

ン310に配置される。

基板領域の高さおよび位置を測定する新規の方法を、IC構造を製造するフォトリソグラフィ装置に関連して述べてきた。しかし、この方法は、インテグレイティッド・オプティックスやプレーナー光学システムの構造、磁気ドメイン・メモリの案内および検出パターン、または液晶表示パネルの構造など、他の構造を製造するフォトリソグラフィ装置にも使用することができる。方法は、イオン放射線、電子放射線またはX先放射線など、光放射線以外の放射線を使用して、マスク・パターンを縮小して、または縮小せず基板上に撮像する他のリソグラフィ装置にも、使用することができる。画像は、投影システムで形成される画像ばかりでなく、近接画像でもよい。

【図2】

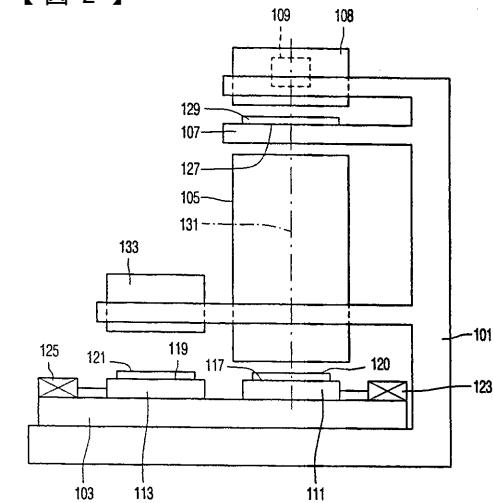


FIG. 2

【図1】

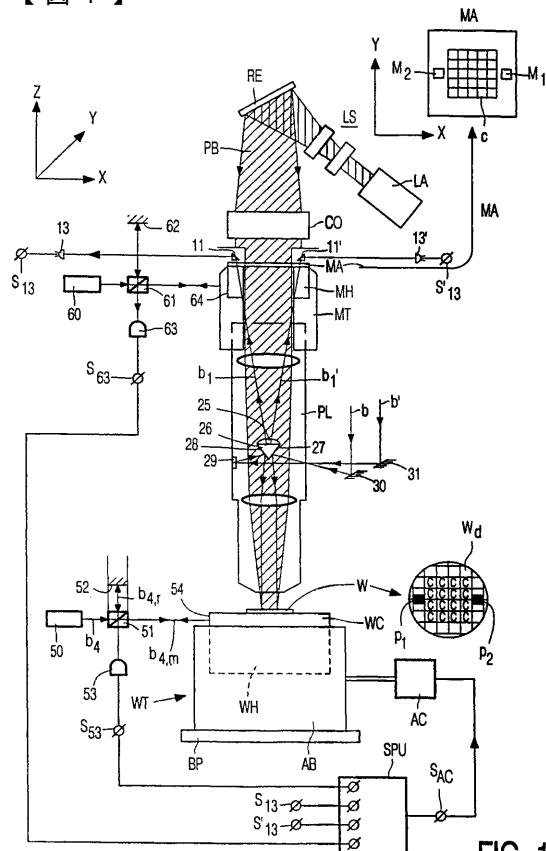


FIG. 1

【 図 3 】

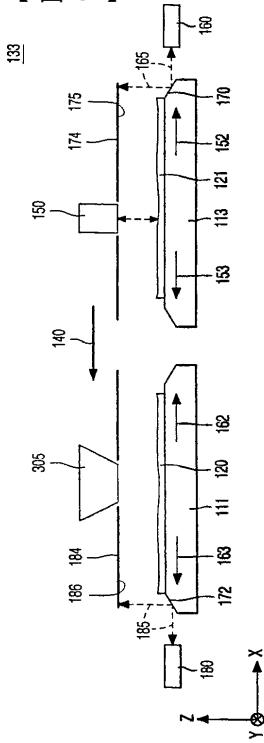


FIG. 3

【 図 4 】

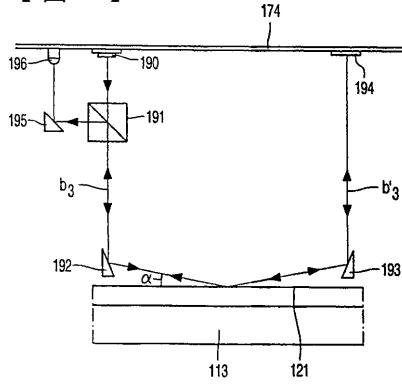


FIG. 4

【 図 5 】

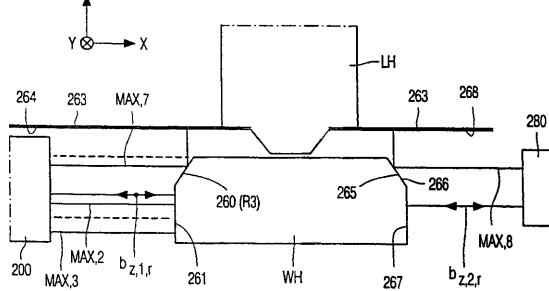


FIG. 5

【図6】

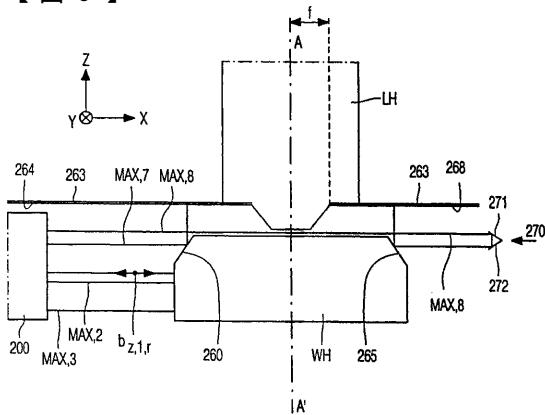


FIG. 6

【 図 7 】

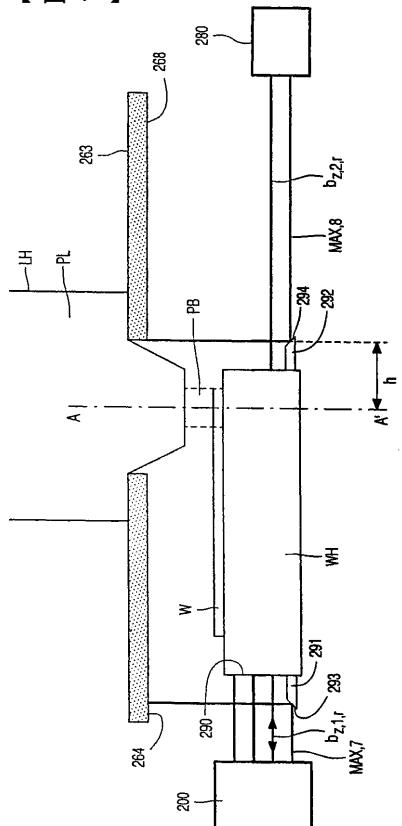
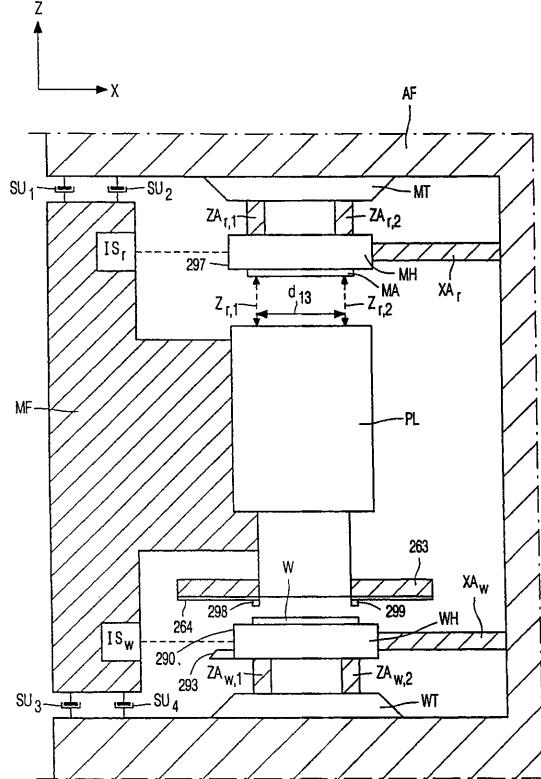


FIG. 7

【図8】



【図9】

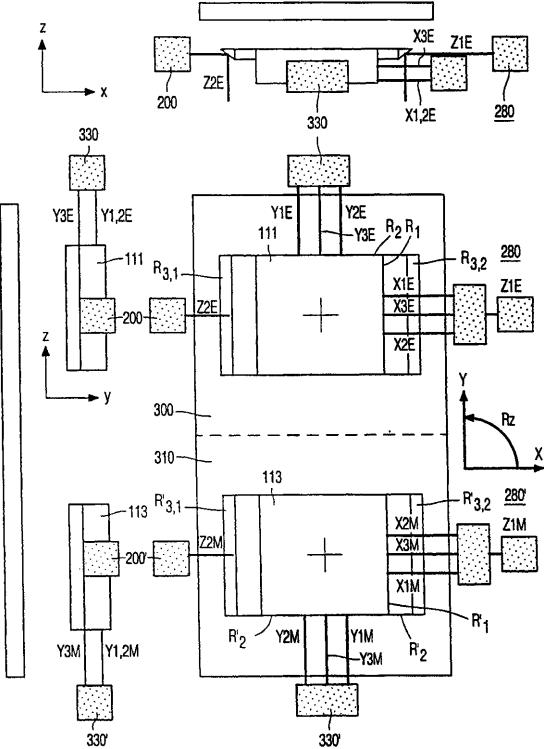


FIG. 9

FIG. 8

【図10】

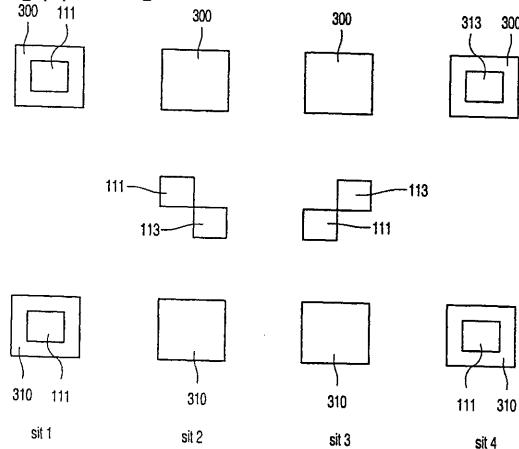


FIG. 10

フロントページの続き

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 特開昭61-196532(JP,A)
特開平08-051069(JP,A)
特開平08-191045(JP,A)
特開平04-179115(JP,A)
特開平10-163098(JP,A)
国際公開第98/024115(WO,A1)
米国特許第05715064(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/027

G03F 9/00