

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4340638号
(P4340638)

(45) 発行日 平成21年10月7日(2009.10.7)

(24) 登録日 平成21年7月10日(2009.7.10)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 514 F
G03F 7/20 521

請求項の数 15 外国語出願 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2005-99664 (P2005-99664)
 (22) 出願日 平成17年3月2日 (2005.3.2)
 (65) 公開番号 特開2005-252281 (P2005-252281A)
 (43) 公開日 平成17年9月15日 (2005.9.15)
 審査請求日 平成17年5月2日 (2005.5.2)
 (31) 優先権主張番号 10/790252
 (32) 優先日 平成16年3月2日 (2004.3.2)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 10/954654
 (32) 優先日 平成16年10月1日 (2004.10.1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ピー.
 プイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
 4 ディー アール, デ ラン 6501
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 真司
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (72) 発明者 ミカエル フアン デル フェーン
 オランダ国、エindhoven、エーデ
 ルヴァイスストラート 90

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板の表側または裏側に結像するためのリソグラフィ装置、基板識別方法、デバイス製造方法、基板、およびコンピュータプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上の第1および第2形態の位置を測定するように構成したセンサと、
 実測位置に基づいた第1および第2形態の相対位置を、複数の記憶した第1および第2
 形態の相対位置の少なくとも一つと比較するように構成され、かつ、前記複数の記憶した
 第1および第2形態の相対位置の各々が少なくとも一つの基板を特徴付ける情報に関連付
 けられている識別ユニットと、
 を含み、

前記識別ユニットが第1および第2形態の相対位置と複数の記憶した第1および第2形
 態の相対位置の一つとの間の対応を示すように構成され、

10

前記識別ユニットは、前記実測位置に基づいた第1および第2形態の相対位置が、前記
 複数の記憶した第1および第2形態の相対位置のいずれにも等しくない場合に、前記実測
位置に基づいた前記相対位置と前記複数の記憶した前記相対位置のそれとの差を決定
し、当該差の最小値を選択することにより前記基板を識別するように構成されている、リ
 ソグラフィ装置。

【請求項 2】

少なくとも一つの基板を特徴付ける情報が、基板の素性、較正基板の高さ情報、基板が
 属する基板の組の中の基板の数量、基板が受けた先の処理作業の日付、リソグラフィプロ
 セスの先の作業で使用した装置、およびリソグラフィプロセスの先の作業で使用したバタ
 ーニング構造体の少なくとも一つを示す請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

20

【請求項 3】

第1および第2形態の相対位置が第1方向の第1距離および第1方向と異なる第2方向の第2距離を含み、

そこで識別ユニットが第1距離を第1方向の少なくとも一つの記憶した距離と比較するように構成してあり、第1方向の少なくとも一つの記憶した距離は、対応する基板についての情報を示し、そして

そこで識別ユニットが第2距離を第2方向の少なくとも一つの記憶した距離と比較するように構成してあり、第2方向の少なくとも一つの記憶した距離は、対応する基板についての情報を示す請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 4】

10

少なくとも一つのセンサによって測定した通りの第1形態の位置に基づいて基板を位置付けるように構成した位置決め構造体を含む請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 5】

複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の一つに基づいて、基板の位置を決めるように構成した位置決め構造体を含む請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 6】

複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の一つに関連する少なくとも一つの基板を特徴付ける情報に基づいて、装置を較正するように構成した位置決め構造体を含む請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 7】

20

識別ユニットが論理素子のアレイおよび論理素子のアレイによって実行可能な命令を記憶するメモリを含む請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 8】

基板が互いに対して独特な位置を有する複数の形態を含み、センサが参照位置に対応する複数の形態の位置を測定するように構成してあり、前記装置がさらに、

参照位置の位置に対応して、複数の形態の位置を示す参照情報を記憶するように構成したメモリユニット、および

センサおよびメモリユニットに接続され、複数の形態の中から第1および第2形態を識別するように構成したプロセッサ装置、を含む請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

30

【請求項 9】

基板が該基板の第1側に配置した目標部分および基板の第2側に配置した形態部分を含み、第2側は第1側と背中合せに位置し、第2側は、その上に複数の形態が位置し、さらに、

複数の形態の像を基板の第2側から基板の周囲の外にある平面上に伝達するように構成した光学システムを含む請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 10】

前記光学システムが複数の形態の像を第2側からセンサの捕捉範囲内に置く請求項9に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 11】

40

基板に関する情報を得る方法であって、

基板上の第1および第2形態の位置を測定する工程と、

基板上の第1形態と第2形態との間の実測位置に基づく相対位置を、複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の少なくとも一つと比較される工程であって、複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の各々が少なくとも一つの基板を特徴付ける情報に関連付けられている工程と、

第1および第2形態の相対位置と複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の一つの間の対応を表示する工程と、

を含み、

前記表示工程は、前記実測位置に基づいた第1および第2形態の相対位置が、前記複数

50

の記憶した第1および第2形態の相対位置のいずれにも等しくない場合に、前記実測位置に基づいた前記相対位置と前記複数の記憶した第1および第2形態の相対位置のそれとの差を決定し、当該差の最小値を選択することを含む、方法。

【請求項12】

基板が互いに対して独特な位置を有する複数の形態を含み、前記方法がさらに、
参照位置に基づいて複数の形態の位置を測定する工程、および
複数の形態の中から第1および第2形態を識別する工程、を含む請求項11に記載された方法。

【請求項13】

光ビームを、複数の形態を含む基板の第2側の形態部分上に投影する工程であって、基板の第2側が基板の目標部分を有する第1側と背中合せにある工程、および

複数の形態の像を基板の第2側から基板の周囲の外にある平面上に創る工程、をさらに含む請求項11に記載された方法。

【請求項14】

複数の形態の像を、基板上の第1および第2形態の位置の測定ができるようにするために、捕捉範囲内に置く工程、をさらに含む請求項13に記載された方法。

【請求項15】

各々マーカおよびマーカに対応して独特の位置に形態を有する、1組の基板上に複数のデバイスを製造する工程と、

組の基板の少なくとも一つのために、形態およびマーカの少なくとも一つの、他の形態およびマーカに対応する位置を測定する工程と、

実測相対位置を、基板の組の一つにおけるマーカと形態との間の、記憶した複数の相対位置の少なくとも一つと比較する工程と、

前記複数の記憶した相対位置のうち、実測相対位置に対応する記憶した相対位置を選択することによって基板を識別する工程と、
を含み、

前記製造工程が基板の素性に基づいて処理作業を修正する工程を含み、

前記識別工程は、前記実測相対位置が、前記複数の記憶した相対位置のいずれにも等しくない場合に、前記実測相対位置と前記複数の記憶した相対位置のそれとの差を決定し、当該差の最小値を選択することを含む、デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この出願は、2004年3月2日に提出した米国特許出願10/790,252の部分継続出願および2004年9月27日に提出した米国特許出願10/954,654の部分継続出願であり、その両方を参考までに完全な形でここに援用する。

【0002】

本発明は、基板の表側または裏側で行う基板測定に関する。

【背景技術】

【0003】

リソグラフィ装置は、基板の目標部分上に所望のパターンを付ける機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）の製造に使うことができる。その場合、マスクまたはレチクルとも呼ぶ、パターニング構造体を使ってこのICの個々の層に対応する回路パターンを創成してもよく、このパターンを、放射線感応材料（レジスト）の層を有する基板（例えば、シリコンウエハ）上の目標部分（例えば、一つまたは幾つかのダイの一部を含む）に結像することができる。一般的に、单一基板が隣接する目標部分のネットワークを含み、それらを順次露光する。既知のリソグラフィ装置には、全パターンをこの目標部分上に一度に露光することによって各目標部分を照射する、所謂ステップと、このパターンを投影ビームによって与えられた方向（“走査”方向）に走査することによって各目標部分を照射し、一方、この基板をこの方向に平行または逆平行に同期して走査する、

10

20

30

40

50

所謂スキャナがある。

【0004】

集積回路の生産中、互いに重ねた数層から成る回路を作れるためには、基板を典型的にはリソグラフィ装置に数回送込む。30層も使うことができる。最初の層の回路パターンを創成するために使うリソグラフィ装置は、典型的には最終層の回路パターンを創成するために使うリソグラフィ装置と同じではない。これは、最終層の回路パターンの形態が典型的には最初の層の形態より遙かに大きく、それで、正確でなく、従って高価でないリソグラフィ装置を最終層に所望の回路パターンを付けるために使えるからである。

【0005】

従来、基板は、目標部分に対する位置が分っている整列マークを備える。整列中、整列センサが整列マークの位置を測定する。この様にして、目標部分の位置を決めてよい。10 整列センサは、与えられた時間に基板上の狭い領域を観察し、この狭い領域がこの整列センサのフットプリントと考えられる。屡々、整列が始ったとき、整列マークは、整列センサが観察する領域と一致しない。この問題を解決するために、基板を整列センサの下で、整列マークが整列センサの観察する領域を通過することを確実にするに十分大きい距離に亘って走査する。整列マークの位置は、それが整列センサの観察する領域を通過するときに測定する。

【0006】

この整列法の有り得る欠点は、基板の走査に時間が掛り、それで時間当りリソグラフィ装置が処理できる基板の数に影響することである。20

【0007】

整列マークを使う代りに、米国特許第3,898,617号は、回路形態を使って整列を行うように、回路形態の位置を測定する整列システムを記述する。この整列センサは、基板上の目標部分の狭い領域を観察する。このセンサは、目標部分の領域にある回路形態の像を記録する。この像を、回路形態の像およびそれらの関連位置を含むライブラリと対照する。測定した像とライブラリの像の間に一致が見付かれば、ライブラリから検索した関連位置がこの基板の位置を与える。

【0008】

この方法の有り得る欠点は、整列センサの下での基板の時間が掛る走査が、ライブラリの像と一致する記録像が見付かるまで必要かも知れないことである。30

【0009】

一旦整列を達成すると、幾つかのリソグラフィ装置が関連して、この基板の第1層またはその他の層上に所望のパターンを同時に付けてよい。これらの機械の較正を出来るだけ正確に行っても、各装置がそれ自体の誤差を持込むかも知れない。これらの誤差が基板に付けた像または基板上の像の位置に悪影響するかも知れない。リソグラフィ装置を二組の基板（普通ロットと呼ぶ）の間で較正する場合、誤差がこれら二組に対しても違うかも知れない。

【0010】

二つのリソグラフィ装置を同時に使うとき、これは、与えられた層に付けるべきパターンを含む幾つかのパターニング構造体が利用できるかも知れないことを意味する。これら幾つかのパターニング構造体も生産公差のために違うかも知れない。これらの差は、基板に付けた像の差または像を付けた基板上の位置の差に繋がるかも知れない。40

【0011】

普通、基板は、基板を引掻いて符号を付ける。基板は、これらの符号を使って識別することができる。基板の素性と基板上に像を投影するために使うリソグラフィ装置またはパターニング構造体との間の関係を記憶する。記憶した関係と基板の素性との組合せを使って、先に使ったリソグラフィ装置またはパターニング構造体の知識に基づいて、これらの差を補正することができる。

【0012】

しかし、基板を識別しまたはこの基板に適用する処理工程を決めるためには、この符号50

を読むためにリソグラフィ装置に特別のセンサが必要である。これは、この符号を読むために時間が必要であるので、リソグラフィ装置のコストおよびスループットに影響する。集積回路の全生産中に使う他の機械に比べてリソグラフィ装置のコストが比較的高いとすれば、このシステムで利用できるリソグラフィ装置の数が限られ、それでリソグラフィ装置のスループットが典型的にこの生産プロセスのボトルネックである。

【0013】

その上、基板に符号を付けることは、符号を印すために使うスペースが集積回路を製造するために使える貴重なスペースを取上げるので、制限されている。効率を上げ、コストを減らすためには、基板のサイズを増さずに基板上に追加の集積回路を製造するのが望ましい。集積回路の生産は、一つの基板上に多くの集積回路を置けば、集積回路当りに安くなり、または集積回路当りに速くなるだろう。従って、基板上のスペースを余分な集積回路のために解放し且つ符号のスペースを保留することによって、生産コストを低下でき、スループットを向上できる。

【0014】

基板目標領域を増すための既知の方法には、整列マークを基板の表側、または第1側と反対の裏側、または第2側に置くことがある。典型的に、表側には集積回路がある。整列放射線を基板の裏側に向けることができる光学システムを含むリソグラフィ装置が米国特許第6,768,539号に開示しており、その全体を参考までにここに援用する。整列マークの像を基板の第1側の平面に設けてもよい。これは、共通整列システムを基板の両側のマークの整列に使用できるようにする。この整列システムは、基板の表および裏にある形態を使って整列を行えるかも知れない。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0015】

リソグラフィ生産プロセスでは、マークまたは形態を対応する基板に関連する諸特性を伝達するように構成してもよい。本発明の一実施例では、これらの形態が基板に関連する整列情報またはその他の情報を提供する整列マークを含んでもよい。このシステムは、これらの形態の特性に基づいて基板を識別しある／またはこれらの形態の特性に基づいて基板に適用すべきプロセスの種類を識別することができるかも知れない。もう一つの実施例では、このシステムがこのシステムの整列値を基板毎基準で、ロット毎基準でまたは基板のその他の量で自動的に調整するためにこれらの形態から情報を導出するかも知れない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

更なる実施例では、複数の形態の空間座標に基づいて情報を伝達するように、形態を基板上に配置してもよい。例えば、複数の形態を使って、位置オフセットを使う符号を創成してもよい。本発明の他の実施例では、形態の位置探知を容易にするために、形態を主要整列マークに関して方向付けしてもよい。本発明の更に他の実施例では、これらの形態を基板の第1側または第2側に配置してもよい。

【0017】

本発明の一実施例によるリソグラフィ装置は、基板の第1側または第2側にある第1および第2形態の位置を測定するように構成した少なくとも一つのセンサ、並びにこの第1および第2形態の実測相対位置を、この実測位置に基づいて、複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の少なくとも一つと比較するように構成した識別ユニットを含む。この複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の各々は、少なくとも一つの基板を特徴付ける情報に関連する。この識別ユニットは、この第1および第2形態の実測相対位置と複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の一つとの間の対応を示すようにも構成してある。

【0018】

本発明の他の実施例による方法は、基板の第1側または第2側にある第1および第2形

10

20

30

40

50

態の位置を測定する工程を含む。この方法は、この基板上の第1および第2形態の実測相対位置を、実測位置に基づき、複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の少なくとも一つと比較する工程も含む。これら複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の各々は、少なくとも一つの基板を特徴付ける情報に関連する。この方法は、この第1および第2形態の実測相対位置と複数の記憶した第1および第2形態の相対位置の一つの間の対応を表示する工程も含む。

【0019】

本発明の他の実施例による基板の標識付け方法は、基板の第1側または第2側に第1形態を設ける工程；この基板の対応する第1側または第2側に第2形態を設ける工程；並びにこの第1および第2形態の相対位置とこの基板を特徴付ける情報の間の対応を記録する工程を含む。この情報は、この基板をあるグループの他の基板と区別し、および／またはこの基板のあるグループへの帰属関係を示してもよい。10

【0020】

本発明の他の実施例による基板の標識付け方法は、基板の第1側または第2側に第1形態を設ける工程；この基板の同じ第1側または第2側にこの第1形態に対応する位置に第2形態を設け、この第1および第2形態のこの相対位置がこの基板に関する特徴情報を提供するようにする工程を含む。

【0021】

本発明の他の実施例によるリソグラフィ装置は、基板の第1側または第2側にある第1および第2形態の相対位置を測定するように構成した一つ以上のセンサ、並びにこの基板上のこの第1および第2形態の実測相対位置を一つ以上の記憶した第1および第2形態の相対位置と比較するように構成した識別ユニットを含む。この一つ以上の記憶した第1および第2形態の相対位置は、各々一つ以上の基板を特徴付ける情報に関連する。この識別ユニットは、この基板上の第1および第2形態の実測相対位置が一つ以上の記憶した第1および第2形態の相対位置の一つと一致するかどうかを決めるように構成してある。20

【0022】

本発明の他の実施例によるデバイス製造方法は、1組の基板上に多数のデバイスを製造する工程を含む。各基板は、この基板の位置に関する情報を提供するためにこの基板の第1側または第2側にあるマーカを備える。各基板は、このマーカに対応する位置に形態を備え、この相対位置がこの基板の処理工程の設定を示すようにする。30

【0023】

他の実施例によれば、センサを有するリソグラフィ装置で、互いに対して独特の位置を有する複数の形態を備える物体の位置を決める方法が提供され、それは、この複数の形態の一つの位置に対応して、この複数の形態の残りの位置を示す参照情報を提供する工程；この複数の形態の部分集合の各々の位置を測定するためにこのセンサを使用し、これらの実測位置が座標系での参照位置を含む工程；他の実測形態に対応するこの形態の実測位置に基づいて、この部分集合の形態を識別する工程；およびこの識別した形態の素性、この参照情報およびこの座標系での実測参照位置に基づいて、この物体の位置を決める工程を含み、この複数の形態は、基板の第1側または第2側にあってもよい。

【0024】

他の実施例によるリソグラフィ装置は、独特の相対位置を有する複数の形態を備える物体を支持するように構成した物体テーブル；この複数の形態の部分集合の各々を検出するように構成した位置センサ；この複数の形態の参照形態の位置に対応して、この複数の形態の残りの位置を示す参照情報を記憶するように構成したメモリユニット；並びにこの位置センサにおよびこのメモリユニットに接続され、この形態の他の検出形態に対応する検出位置に基づいて、この部分集合の形態を識別するように構成し、およびこの参照情報およびこの座標系でのこの参照形態の実測位置に基づいて、このセンサに対するこの物体の位置を決めるように構成した処理装置を含み、この複数の形態は、基板の第1側または第2側にあってもよい。40

【0025】

50

20

30

40

50

更なる実施例によれば、複数の形態を備え、この複数の形態の各々がこの複数の形態の他の何れか二つに対して二次元平面で独特の位置を有する、物体の位置を決める方法が提供され、それは、この複数の形態の部分集合の各々の位置を測定するためにリソグラフィ装置のセンサを使用する工程；他の実測形態に対応するこの形態の実測位置に基づいて、この部分集合の形態を識別する工程；および（A）この識別した形態の素性、（B）この複数の形態の参照形態の位置に対応して、この複数の形態の残りの位置を示す参照情報、および（C）座標系でのこの参照情報の位置に基づいて、この物体の位置を決める工程を含み、この複数の形態は、基板の第1側または第2側にあってもよい。

【0026】

次に本発明の実施例を、例としてだけ、添付の概略図を参照して説明する。それらの図面で対応する参照記号は対応する部品を指す。 10

【実施例】

【0027】

本発明の実施例には、上に説明したような問題を一つ以上解決する、基板識別をもたらすように構成した方法および装置がある。

【0028】

この本文では、ICの製造でリソグラフィ装置を使用することを具体的に参照するかも知れないが、ここで説明するリソグラフィ装置は、集積光学システム、磁区メモリ用誘導検出パターン、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッド等の製造のような、他の用途があるかも知れないことを理解すべきである。当業者には、そのような代替用途の関係で、ここで使う“ウエハ”または“ダイ”という用語のどれも、それぞれ、より一般的な用語“基板”または“目標部分”と同義と考えてもよいことが分るだろう。ここで言及する基板は、露光の前または後に、例えば、トラック（典型的には基板にレジストの層を付け且つ露光したレジストを現像する器具）または計測若しくは検査器具で処理してもよい。該当すれば、この開示をそのようなおよびその他の基板処理器具に適用してもよい。更に、この基板を、例えば、多層ICを創るために、二度以上処理してもよく、それでここで使う基板という用語は既に多重処理した層を含む基板も指すかも知れない。 20

【0029】

ここで使用する“放射線”および“ビーム”という用語は、紫外（UV）放射線（例えば、波長365、248、193、157または126nmの）および超紫外（EUV）放射線（例えば、5~20nmの範囲の波長を有する）、並びにイオンビームまたは電子ビームのような、粒子ビームを含むあらゆる種類の電磁放射線を包含する。 30

【0030】

ここで使う“パターニング構造体”という用語は、投影ビームの断面に、この基板の目標部分に創るようなパターンを与えるために使うことができる構造体を指すと広く解釈すべきである。この投影ビームに与えたパターンは、基板の目標部分の所望のパターンと厳密には対応しなくてもよいことに注目すべきである。一般的に、投影ビームに与えたパターンは、集積回路のような、この目標部分に創るデバイスの特別の機能層に対応するだろう。

【0031】

パターニング構造体は、透過性でも反射性でもよい。パターニング構造体の例には、マスク、プログラム可能ミラーアレイ、およびプログラム可能LCDパネルがある。マスクは、リソグラフィでよく知られ、二値、交互位相シフト、および減衰位相シフトのようなマスク型、並びに種々のハイブリッドマスク型がある。プログラム可能ミラーアレイの一例は、小型ミラーのマトリックス配置を使用し、入射放射線ビームを異なる方向に反射するようにその各々を個々に傾斜することができ；この様にして反射ビームをパターン化する。

【0032】

この支持構造体は、パターニング構造体を支持、即ち、その重量を坦持する。それは、パターニング構造体を、その向き、リソグラフィ装置の設計、および、例えば、パターニ 50

ング構造体が真空環境に保持されているかどうかのような、その他の条件に依る方法で保持する。この支持体は、機械的クランプ、真空またはその他のクランプ手法、例えば真空条件下の静電クランプを使うことができる。この支持構造体は、例えば、フレームまたはテーブルでもよく、それらは必要に応じて固定または可動でもよく、且つ、パターニング構造体の各例で、支持構造体は、例えば、フレームまたはテーブルでもよく、それらは必要に応じて固定または可動でもよく且つこのパターニング構造体が、例えば投影システムに関して、所望の位置にあることを保証してもよい。ここで使う“レチクル”または“マスク”という用語のどれも、より一般的な用語“パターニング構造体”と同義と考えてもよい。

【0033】

10

ここで使う“投影システム”という用語は、例えば使用する露光放射線に対して、または浸漬液の使用または真空の使用のような他の要因に対して適宜、屈折性光学システム、反射性光学システム、および反射屈折性光学システムを含む、種々の型式の投影システムを包含するように広く解釈すべきである。ここで使う“レンズ”という用語のどれも、より一般的な用語“投影システム”と同義と考えてもよい。

【0034】

この照明システムも放射線の投影ビームを指向し、成形し、または制御するための屈折性、反射性、および反射屈折性光学要素を含む、種々の型式の光学要素も包含してよく、そのような要素も以下で集合的または単独に“レンズ”とも呼ぶかも知れない。

【0035】

20

このリソグラフィ装置は、二つ（二段）以上の基板テーブル（および／または二つ以上のマスクテーブル）を有する型式でもよい。そのような“多段”機械では、追加のテーブルを並列に使ってもよく、または準備工程を一つ以上のテーブルで行い、一方他の一つ以上のテーブルを露光用に使ってもよい。

【0036】

このリソグラフィ装置は、投影システムの最終素子と基板の間のスペースを埋めるように、この基板を比較的屈折率の高い液体、例えば水の中に浸漬する型式でもよい。浸漬液をこのリソグラフィ装置の他のスペース、例えば、マスクと投影システムの最初の素子との間にも加えてよい。浸漬法は、例えば、投影システムの開口数を効果的に増すために、この技術でよく知られている。

30

【0037】

図1は、本発明の特定の実施例によるリソグラフィ投影装置を概略的に表示する。この装置は：

放射線（例えば、UV放射線またはEUV放射線）の投影ビームPBを供給するための照明システム（照明器）IL；

パターニング構造体（例えば、マスク）MAを支持し、且つこのパターニング構造体を部材PLに関して正確に位置決めするために第1位置決め装置段PMに結合された第1支持構造体（例えば、マスクテーブル）MT；

基板（例えば、レジストを塗被したウエハ）Wを保持し、且つこの基板を部材PLに関して正確に位置決めするために第2位置決め装置PWに結合された基板テーブル（例えば、ウエハテーブル）WT；および

パターニング構造体MAによって投影ビームPBに与えたパターンを基板Wの目標部分C（例えば、一つ以上のダイを含む）上に結像するための投影システム（例えば、屈折性投影レンズ）PLを含む。

【0038】

40

ここに表示するように、この装置は、（例えば、透過性のマスクを使用する）透過型である。その代りに、この装置は、（例えば、上に言及したような種類のプログラム可能ミラーアレイを使用する）反射型でもよい。

【0039】

照明器ILは、放射線源SOから放射線のビームを受ける。この線源とリソグラフィ装

50

置は、例えば、線源がエキシマレーザであるとき、別々の存在であってもよい。そのような場合、この線源はリソグラフィ装置の一部を形成するとは考えられず、放射線ビームは、線源 S O から、例えば適当な指向ミラーおよび / またはビーム拡大器を含むビーム送出システム B D を使って、照明器 I L へ送られる。他の場合、例えば、線源が水銀灯であるとき、線源がこの装置の一部分であってもよい。この線源 S O と照明器 I L は、もし必要ならビーム送出システム B D と共に、放射線システムと呼んでもよい。

【 0 0 4 0 】

照明器 I L は、ビームの角強度分布を調整するための調整構造体 A M を含んでもよい。一般的に、この照明器の瞳面での強度分布の少なくとも外側および / または内側半径方向範囲（普通、それぞれ、外側および 内側と呼ぶ）を調整できる。その上、照明器 I L は、一般的に、積分器 I N およびコンデンサ C O のような、種々の他の部品を含む。この照明器は、その断面に所望の均一性および強度分布を有する、投影ビーム P B と呼ぶ、状態調節した放射線ビームを提供する。10

【 0 0 4 1 】

投影ビーム P B は、マスクテーブル M T 上に保持したマスク M A に入射する。マスク M A を通り抜けてから、この投影ビーム P B は、レンズ P L を通過し、それがこのビームを基板 W の目標部分 C 上に集束する。第 2 位置決め構造体 P W および位置センサ I F （例えば、干渉計測装置）を使って、基板テーブル W T を、例えば、異なる目標部分 C をビーム P B の経路に配置するように、正確に動かすことができる。同様に、例えば、マスク M A をマスクライブラリから機械的に検索してから、または走査中に、第 1 位置決め手構造体 P M およびもう一つの位置センサ（図 1 にはっきりとは図示せず）を使ってマスク M A をビーム P B の経路に関して正確に配置することができる。一般的に、物体テーブル M T および W T の移動は、位置決め構造体 P M および P W の一部を形成する、長ストロークモジュール（粗位置決め）および短ストロークモジュール（微細位置決め）を使って実現する。しかし、ステッパの場合には（スキャナと違って）、マスクテーブル M T を短ストロークアクチュエータに結合するだけでもよく、または固定してもよい。マスク M A および基板 W は、マスク整列マーク M 1、M 2 および基板整列マーク P 1、P 2 を使って整列してもよい。20

【 0 0 4 2 】

図示する装置は、以下の好適モードで使うことができる：30

1 . ステップモードでは、投影ビームに与えた全パターンを目標部分 C 上に一度に（即ち、単一静的露光で）投影しながら、マスクテーブル M T および基板テーブル W T を本質的に固定して保持する。次に基板テーブル W T を X および / または Y 方向に移動して異なる目標部分 C を露光できるようにする。ステップモードでは、露光領域の最大サイズが単一静的露光で結像する目標部分 C のサイズを制限する。

2 . 走査モードでは、投影ビームの与えたパターンを目標部分 C 上に投影（即ち、单一動的露光で）しながら、マスクテーブル M T および基板テーブル W T を同期して走査する。マスクテーブル M T に対する基板テーブル W T の速度および方向は、投影システム P L の（縮）倍率および像反転特性によって決る。走査モードでは、露光領域の最大サイズが单一動的露光での目標部分の（非走査方向の）幅を制限し、一方走査運動の長さが目標部分の（走査方向の）高さを決める。40

【 0 0 4 3 】

3 . もう一つのモードでは、プログラム可能パターニング構造体を保持するマスクテーブル M T を本質的に固定し、投影ビームに与えたパターンを目標部分 C 上に投影しながら、基板テーブル W T を動かしまたは走査する。このモードでは、一般的にパルス化した放射線源を使用し、プログラム可能パターニング構造体を基板テーブル W T の各運動後または走査中の連続する放射線パルスの間に必要に応じて更新する。この作動モードは、上に言及した型式のプログラム可能ミラーアレイのような、プログラム可能パターニング構造体を利用するマスクレス・リソグラフィに容易に適用できる。

上に説明した使用モードの組合せおよび / または変形または全く異なった使用モードも50

使ってよい。

【0044】

図2は、ウエハテーブルWT上のウエハWを示す。ウエハマークWM3およびWM4がウエハWの第1側（“表側”）に設けてあり、WM3およびWM4の上に矢印で示すように、光をこれらのマークから反射して、後に説明する整列システム（図示せず）に関連してマスク上のマークと整列するために使うことができる。更なるウエハマークWM1およびWM2がウエハWの第2側（“裏側”）に設けてある。ウエハWのこの裏側のウエハマークWM1、WM2に光学的にアクセスするために、光学システムがウエハテーブルWTに組込んである。この光学システムは、1対のアーム10A、10Bを含む。各アームは、二つのミラー12、14および二つのレンズ16、18から成る。各アームのミラー12、14は、それらが水平に対して成す角度の和が90度であるように傾斜している。この様にして、ミラーの一つに垂直に入射する光ビームは、他のミラーから反射されるとき垂直のままである。10

【0045】

使用する際、光をウエハテーブルWTの上からミラー12上へ向け、レンズ16および18を通してミラー14上へ、および次にそれぞれのウエハマークWM1、WM2へ向ける。光は、ウエハマークの部分から反射され、ミラー14、レンズ18および16並びにミラー12を介して、この光学システムのアームに沿って戻る。ミラー12、14およびレンズ16、18は、ウエハマークWM1、WM2の像20A、20BがウエハWの表（上）面の平面に、このウエハWの表側に設けてある何れかのウエハマークWM3、WM4の垂直位置に対応してできるように構成してある。レンズ16、18およびミラー12、14の順序は、勿論この光学システムに適宜異なってもよい。例えば、レンズ18がミラー14とウエハWの間にあってもよい（後の実施例参照）。20

【0046】

ウエハマークWM1、WM2の像20A、20Bは、仮想ウエハマークとして作用し、ウエハWの表（上）側に設けてある実ウエハマークと全く同じ方法で先在する整列システム（図示せず）による整列に使うことができる。

【0047】

図2に示すように、光学システムのアーム10A、10Bは、それらをウエハWの上の整列システムが見えるように、ウエハWの脇に変位している像20A、20Bを作る。光学システムのアーム10A、10Bの二つの有り得る向きを、XY平面にあるウエハWの平面図である図3および図4に示す。図3では、光学システムのアーム10A、10BがX軸に沿って整列している。図4では、光学システムのアーム10A、10BがY軸と平行である。両方の場合とも、ウエハマークWM1、WM2がX軸上にある。ウエハマークWM1、WM2は、ウエハWの下側にあり、それでウエハWの上側の観点からは逆転している。しかし、この光学システムのアームのミラーの構成は、ウエハマークWM1、WM2の像20A、20Bを廻して正しい方向に再び復原し、倒置していないことを予定し、それでこれらの像は、基板Wの上側にあるかのように厳密に同じに見える。この光学システムは、ウエハマークWM1、WM2のその像20A、20Bに対するサイズ比が1:1であるように、即ち拡大も縮小もないよう構成してある。従って、像20A、20Bは、厳密にそれらがウエハWの表側上の実ウエハマークであるかのように使うことができる。マスク上に設けた共通整列パターンまたはキーを実および仮想ウエハマークの両方と整列するために使うことができる。30

【0048】

現例では、図2に示すように、ウエハマークがウエハWの表側と裏側の両方に対応する位置に設けてある。図3および図4では、明確にするために、ウエハWの裏側のウエハマークだけを示す。この構成によれば、ウエハWをX軸かY軸周りに回転することによって裏返すとき、ウエハWの上側にあったウエハマークが今度は下側にあるが、光学システムのアーム10A、10Bによって結像できるような位置にある。40

【0049】

このミラー構成のために、光学システムのアーム 10A、10B に平行な一方向のウエハの変位がウエハの下側にあるウエハマーク WM1、WM2 の対応する像 20A、20B を反対方向に変位することに気付くだろう。例えば、図 3 で、ウエハ W が右に変位すれば、像 20A、20B は、左へ変位するだろう。ウエハマーク WM1、WM2 の位置を決めるとき、およびウエハ W とマスクの相対位置を調整して整列を実施するとき、整列システムを制御するソフトウェアがこれを考慮に入れる。光学システムの二つのアーム 10A、10B が対称であれば、ウエハが変位しても、像 20A および 20B の間隔は、実際一定のままだろう。

【0050】

少なくとも二つのウエハマークがウエハ W の側毎に設けてある。たった一つのマークがマスク上の特定の点の像の、ウエハ上の特定の点に対する相対位置決めについての情報を与えることができる。しかし、正しい方位整列および倍率を保証するために、少なくとも二つのマークを使う。

【0051】

図 5 は、ウエハテーブル WT の一部を断面で示す。本発明のこの実施例によれば、ウエハの裏側にあるウエハマークを結像するための光学システム 10A、10B が特別な様式でこのウエハテーブルに組込んである。図 5 に示すように、光学システムのアームのミラー 12、14 が個別部品として設けられてなく、ウエハテーブル WT と一体である。適当な面をウエハテーブル WT に機械加工し、次にそれにコーティングを施して反射率を向上し、この様にしてミラー 12、14 を作る。この光学システムは、熱膨張係数が非常に低く、従って高整列精度を維持できることを保証する、ゼロジュールTMのような、ウエハテーブルと同じ材料で作る。

【0052】

図 1 に戻って参考して、このリソグラフィ装置は、直角座標系で表してある。この座標系では、z 方向を投影システム PL の光軸と平行であると定義する。x および y 座標は、この投影システムの光軸に垂直である。有限領域（例えば、目標部分 C）についてのこの文書では、最低 x 座標を有するその領域の辺をその領域の x 座標と見做すが、何か他の規則を使ってもよく、もし望むなら、異なる領域に別の規則を使ってもよい。

【0053】

整列は、基板整列マーク P1、P2 の位置を軸外しセンサ MS で測定することによって行っててもよい。このセンサによる測定を軸外しで行うならば、このマークは、投影システム PL の光軸の近くになくてもよい。この測定を軸外しで行うならば、この軸外し測定の位置と投影システム PL の光軸の間の関係を知りまたは決めることが望ましいか必要かも知れない。位置センサ IF（例えば、少なくとも一つの干渉計またはその他の光学的若しくは容量式センサを含むシステム）を使ってこの軸外し測定の位置と投影システム PL の光軸を関係付けることができる。

【0054】

マークセンサ MS は、識別ユニット IU に接続しており、それは第 1 メモリ MEM1 および第 2 メモリ MEM2 にも接続している。第 1 メモリ MEM1 の目的は、基板上の異なる領域の所定の位置を記憶することである。この文書で所定の位置とは、設計した通り、即ち、リソグラフィ工程の設計中に意図した通りの位置を意味する。同様に、この文書で、所定の相対位置とは、設計した相対位置である。実際には、相対位置が所定の相対位置、即ち、意図する相対位置から逸脱することがある。第 2 メモリ MEM2 の目的は、基板上の異なる領域の相対位置を記憶することである。

【0055】

基板整列マーク P1、P2 は、固定位置で基板上に作った領域である。これらの基板整列マーク P1、P2 は、更なる処理作業のための参照位置となる。第 1 パターニング作業で第 2 パターニング作業と同じ参照位置を使うことによって、両作業のパターンを直接互いの上に配置することができる。

【0056】

10

20

30

40

50

本発明の図 6 に示す実施例では、パターニング構造体 M A が整列マークパターン M 1 @ M A 1、第 1 回路パターン C P 1 @ M A 1 および参照マークパターン M 2 @ M A 1 を含み、各々別の領域を占める。‘第 1 回路パターン’という用語は、基板の第 1 層の回路パターンを意味することを意図する。

【 0 0 5 7 】

この文書で、領域の名前は、それらが作ってあるパターニング構造体または基板の表示を含む。パターニング構造体 M A 1 上の領域の名前は、@ M A 1 を含み、パターニング構造体 M A 2 上の領域の名前は、@ M A 2 を含む。基板 W 1 上の領域の名前は、@ W 1 を含み、基板 W 2 上の領域の名前は、@ W 2 を含む。整列マークパターン M 1 @ M A 1 の x 座標は、x M 1 @ M A 1 であり、第 1 回路パターン C P 1 @ M A 1 の x 座標は、x C P 1 @ M A 1 であり、参照マークパターン M 2 @ M A 1 の x 座標は、x M 2 @ M A 1 である。
10

【 0 0 5 8 】

三つの領域 M 1 @ M A 1、C P 1 @ M A 1、M 2 @ M A 1 全ての相対 x 座標が分っている。相対位置の名前は、それらが作ってあるパターニング構造体または基板の同じ表示（例えば、@ M A 1）を含む。更に、これらの名前は、d x A t o B @ C のように集積され、この x は、この座標系での方向を示し、A および B は、どの領域が関係するかを示しおよび C は、それらが作ってあるパターニング構造体または基板を示す。ここでパターニング構造体または基板の表示は、領域の A または B の名前から除外してある。

一例として、整列マークパターン M 1 @ M A 1 と参照マークパターン M 2 @ M A 1 の間の相対 x 座標は、d x M 1 t o M 2 @ M A 1 である。
20

【 0 0 5 9 】

使用する際、リソグラフィ装置が整列マークパターン M 1 @ M A 1、第 1 回路パターン C P 1 @ M A 1 および / または参照マークパターン M 2 @ M A 1 を別々に照明して、これらの像を基板上に別々に投影してもよい。これは、各パターンの位置を基板上に投影するとき独立に選択できるようにする。

【 0 0 6 0 】

図 7 に示すように、パターニング構造体 M A 1 を照明することによって、三つの領域全ての像を基板 W 1 上に投影する。実際には、各目標部分 C を一度だけ照明するように、第 1 回路パターン C P 1 @ M A 1 を基板 W 1 上に繰返し投影する。図 7 は、簡単のために一つの目標部分 C だけを示す。これらの像を、第 1 メモリユニット M E M 1（図 1）に記憶してある、それぞれ x P 1 @ W 1、x C P 1 @ W 1 および x P 2 @ W 1 である（図 7）、基板 W 1 の所定の位置に投影する。
30

【 0 0 6 1 】

基板 W 1 上へのこれらの像の投影中、基板 W 1 の上に放射線感応材料がある。この放射線感応材料は、投影した像のエネルギーのために局部的に変る。

【 0 0 6 2 】

照明後、基板 W 1 を処理する。処理中、x 座標毎の放射線感応材料の局部差を同じ x 座標で半導体材料の有無に変換する。処理手順の幾らかまたは全てをこのリソグラフィ投影装置の外部で行ってもよい。処理後、基板 W 1 は、基板整列マーク P 1 @ W 1、基板 W 1 上の第 1 回路パターン C P 1 @ W 1 および基板参照マーク P 2 @ W 1 を含む。
40

【 0 0 6 3 】

整列マーク P 1 @ M A 1、第 1 回路パターン C P 1 @ M A 1 および参照マーク P 2 @ M A 1 の像を、同じリソグラフィ装置を使って第 2 基板 W 2 上に投影する。この第 2 基板 W 2 に対し、基板整列マークの所定の x 座標は、やはりメモリユニット M E M 1 に記憶してある、x P 1 @ W 2（図 8）である。この値は、x P 1 @ W 1 と異なる。基板 W 2 上の第 1 回路パターンに対する所定の x 座標 x P 1 @ W 2 は、基板 W 1 上のそれに等しい。参照マーク P 2 @ W 2 の所定の x 座標 x P 2 @ W 2 も基板 W 1 上のそれに等しい。

【 0 0 6 4 】

基板 W 2 も処理する。基板 W 2 は、今度は基板整列マーク P 1 @ W 2、基板 W 2 上の第 1 回路パターン C P 1 @ W 2 および基板参照マーク P 2 @ W 2 を含む。
50

【0065】

基板W1に対し、基板参照マークP2@W1と基板整列マークP1@W1の位置の間のx軸に沿う距離 $d \times P1 \text{ to } P2 @ W1$ を次の式を使って識別ユニットIU(図1)によって計算し、

$$d \times P1 \text{ to } P2 @ W1 = xP1 @ W1 - xP2 @ W1$$

第2メモリユニットMEM2(図1)に第1メモリ項目として記憶し、それが基板W1を識別する。

【0066】

基板W2に対し、基板参照マークP2@W2と基板整列マークP1@W2の位置の間のx軸に沿う距離 $d \times P1 \text{ to } P2 @ W2$ を次の式を使って識別ユニットIUによって計算し、

$$d \times P1 \text{ to } P2 @ W2 = xP1 @ W2 - xP2 @ W2$$

第2メモリユニットMEM2に第2メモリ項目として記憶し、それが基板W2を識別する。

【0067】

距離 $d \times P1 \text{ to } P2 @ W1$ と $d \times P1 \text{ to } P2 @ W2$ の間の明確な差が基板W1と基板W2の識別を可能にする。

【0068】

未確認基板WU(図9)をこのリソグラフィ投影装置に持込んでこの基板WU上の第1回路パターンCP1@WUの上に第2回路パターンCP2@WUを作る。この第2回路パターンCP2@WUを正確に第1回路パターンCP1@WUの上に作るためにには、基板WU上の第1回路パターンCP1@WUの位置を決めなければならない。基板テーブルWT上の基板WUをマークセンサMS(図1)の測定領域内に配置する。マークセンサMSは、基板整列マークP1@WUの位置 $xP1 @ WU$ および基板参照マークP2@WUの位置 $xP2 @ WU$ を測定する。

【0069】

識別ユニットIUは、基板整列マークP1@WUの実測位置 $xP1 @ WU$ と基板参照マークP2@WUの位置 $xP2 @ WU$ のx軸に沿う距離 $d \times P1 \text{ to } P2 @ WU$ を計算する。

【0070】

実測位置の距離 $d \times P1 \text{ to } P2 @ WU$ を識別ユニットIUによって第2メモリMEM2の項目と比較する。この実測位置の距離 $d \times P1 \text{ to } P2 @ WU$ は、 $d \times P1 \text{ to } P2 @ W1$ を含む第2メモリユニットMEM2の第1メモリ項目に等しい。従って、識別ユニットIUは、この未確認基板を基板W1と認定するだろう。

【0071】

基板W1ではなく基板W2をリソグラフィ装置に送込んだとすると、 $d \times P1 \text{ to } P2 @ WU$ は、基板整列マークP1@W2とP2@W2の実測位置の距離になるだろう。この距離 $d \times P1 \text{ to } P2 @ WU$ は、第2メモリユニットMEM2の第2メモリ項目に等しくなり、識別ユニットIUは、この未確認基板を基板W2と認定するだろう。

【0072】

本発明の少なくとも幾つかの実施例を使って、これらの基板の設計状態にとっての差を補正することができる。例えば、基板W1上の第1回路パターンCP1@W1を、パターニング構造体MA1上の第1回路パターンCP1@MA1の像を第1リソグラフィ装置LA1によって基板W1上に投影することによって作る。基板W2上の第1回路パターンCP1@W2を、パターニング構造体MA1上の第1回路パターンCP1@MA1の像を第2リソグラフィ装置LA2によって基板W2上に投影することによって作る。第2リソグラフィ装置LA2の誤差のために、基板W2上の第1回路パターンCP1@W2と基板参照マークP2@W2の相対位置は、関連するメモリに定めた通りではない。この第2リソグラフィ装置LA2の誤差は、先の測定から分っていて、この情報を第1リソグラフィ装置LA1と共有する。

10

20

30

40

50

【0073】

第2回路パターンCP2@MA2の像を誤差補正せずに第1リソグラフィ装置LA1によって基板WU上に結像したいかも知れない。この基板WUの素性は、第1リソグラフィ装置LA1にとって最初未知である。この基板WUの素性は、前に説明したように決める。この基板の素性に基づいて、リソグラフィ装置は、第2回路パターンCP2@MAを基板上に結像するとき、どの補正を行うべきかを決める。基板WUを基板W1と認定するならば、補正是何も必要ない。基板WUを基板W2と認定するならば、補正が必要かも知れない。第2回路パターンCP2@MA2を、第2リソグラフィ装置LA2の誤差を補正して、基板W2上に結像する。

【0074】

本発明の少なくとも幾つかの実施例は、基板整列マークP1および基板参照マークP2に関連する位置および/または誤差を考慮に入れるための装置またはその他の構造体を備えることができる。基板参照マークのx座標xP2@Wの所定の位置は、両基板W1、W2に対して等しい。基板W1上の基板整列マークのx座標xP1@W1の所定の位置は、基板W2上の基板整列マークのx座標xP1@W2の所定の位置と異なる。これらの所定の差とは別に、実際には誤差も起る。基板W1上の基板整列マークP1から基板参照マークP2への実測相対距離 $d \times P1 t o P2 @ W1$ は、次のように表せる

$$r d \times P1 t o P2 @ W1 = d \times P1 t o P2 @ W1 + p e 1 + m e 1$$

但し、 $p e 1$ は位置誤差、 $m e 1$ は測定誤差(図10参照)である。位置誤差の例は、パターニング構造体MA1の生産中にパターニング構造体MA1上の回路パターンCP1@MA1と参照マークP2@MA1の間の距離に作る誤差である。先に説明したように、このリソグラフィ装置は、回路パターンCP1@MA1、参照マークP2@MA1および/または整列マークP1@MA1を別々に投影するかも知れない。実際に、回路パターンCP1@MA1の像を基板W1上の各目標部分C(図1)に付ける場合、参照マークP2@MA1の一つの像と整列マークP1@MA1の一つの像だけを基板W1上に付ける。この結像は、パターニング構造体MA1上の相対位置および基板W1上の所定の位置についての情報を使って行う。

【0075】

参照マークP2@MA1および回路パターンCP1@MA1を基板W1上へ結像する工程中、パターニング構造体MA1上の参照マークP2@MA1と回路パターンCP1@MA1の間の相対距離を測定せず、確認できない場合、相対距離 $r d \times C P1 t o P2 @ W1$ は、 $d \times C P1 t o P2 @ W1$ と等しくないかも知れない。

測定誤差の例は、マーカセンサが作る誤差および位置センサIFが作る誤差(図1)である。

【0076】

基板W2に対し、実測したときの対応する距離は、次のように表せる

$$r d \times P1 t o P2 @ W2 = d \times P1 t o P2 @ W2 + p e 2 + m e 2.$$

両実測相対距離 $r d \times P1 t o P2 @ W1$ および $r d \times P1 t o P2 @ W2$ は、誤差項を含むかも知れない。識別ユニットIUは、実測距離wDを基板W1および基板W2上の基板整列マークP1および基板参照マークP2の間の所定の距離 $d \times P1 t o P2 @ W1$ および $d \times P1 t o P2 @ W2$ と比較する。所定の距離 $d \times P1 t o P2 @ W1$ および $d \times P1 t o P2 @ W2$ のどれも実測距離wDと等しくないことも有り得る。識別ユニットIUは、この実測距離wDと所定の距離の各々との差を決めるだろう。実測距離wDとの最小差の所定の距離を基板を識別するときに選択してもよい。 $|wD - d \times P1 t o P2 @ W1| < |wD - d \times P1 t o P2 @ W2|$ の場合、識別ユニットIUは、この基板をW1と認定するだろう。 $|wD - d \times P1 t o P2 @ W1| > |wD - d \times P1 t o P2 @ W2|$ の場合、識別ユニットIUは、この基板をW2と認定するだろう。

【0077】

第2基板W2上で、第1回路パターンに対するx座標xCP1@W2の所定の位置は、基板W1上のそれに等しい。第2基板W2上で、x座標xP2@W2の所定の位置も基板

W1上のそれに等しい。両基板W1、W2上で、第1回路パターンCP1@W1、CP1@W2の位置は、基板参照マークのx座標XP2@W1、XP2@W2を測定し、第1回路パターンCP1@W1、CP1@W2と基板参照マークP2@W1、P2@W2の所定の相対位置を補償することによって決めることができる。この距離をdCP1t0P2@Wと呼ぶ。この関係は、

$$xCP1@W = xP2@W + dCP1t0P2@W. \quad (1)$$

【0078】

識別ユニットIUは、メモリユニットMEM1から位置xCP1@WおよびxP2@Wを読み取り、この距離dCP1t0P2@Wを計算できるように構成してある。

処理した基板W1上では、この距離をrdCP1t0P2@W1と呼ぶ。所定の距離dCP1t0P2@Wとの関係は、

$$rdCP1t0P2@W1 = dCP1t0P2@W1 + 1. \quad (2)$$

この項1は、位置誤差pe1に類似する位置誤差である。

【0079】

第1基板パターンCP1@W1と基板整列マークP1@W1の間の所定の距離をdCP1t0P1@W1と呼ぶ。基板W1上に実現したこの距離をrdCP1t0P1@W1と呼び、次のように表せる

$$rdCP1t0P1@W1 = dCP1t0P1@W1 + 1 \quad (3)$$

但し、1は、位置誤差1に類似する位置誤差である。

【0080】

同様に、基板W2上で、基板W2上の第1回路パターンCP1@W2および基板整列マークP1@W2の間の所定の距離は、dCP1t0P1@W2であり、実現した距離は、rdCP1t0P1@W2である。この関係を次のように表せる

$$rdCP1t0P1@W2 = dCP1t0P1@W2 + 2 \quad (4)$$

但し、2は、位置誤差1および1に類似する位置誤差である。

【0081】

基板参照マークP2@W1の実測したx座標XP2@W1は、次の通りである筈である

$$xP2@W1 = xP2@W1 + 1. \quad (5)$$

この項1は、測定誤差me1に類似する測定誤差である。

【0082】

基板整列マークP1@W1の実測したx座標XP1@W1は、次の通りである筈である

$$xP1@W1 = xP1@W1 + 1. \quad (6)$$

この項1も測定誤差である。この誤差は、例えばノイズのために、測定誤差1に等しい必要はない。

【0083】

一旦基板参照マークP2@W1および基板整列マークP1@W1の両方が基板W1上にできると、基板W1を現像し、それらの両位置を読み取ることができ、基板W1上の第1回路パターンCP1@W1の位置を決めるために使うことができる。

【0084】

基板W1上の第1回路パターンの位置は、次の式から推定できる

$$xCP1@W1 = xP2@W1 + dCP1t0P2@W1. \quad (7)$$

ここで、第1回路パターンの実現した位置xCP1@W1は測定できないので、この実現した距離の代りにCP1t0P2@W1間の所定の距離を使うことに注目すべきである。

【0085】

基板W2上の第1回路パターンの位置は、次の式から導出できる

$$xCP1@W2 = xP2@W2 + dCP1t0P2@W2. \quad (8)$$

基板W1上の第1回路パターンCP1@W1の位置は、基板整列マークP1@W1の実測位置からも推定できる。これは、次によって行うことができる

$$xCP1@W1 = xP1@W1 + dCP1t0P1@W1. \quad (9)$$

基板W2に対し、第1回路パターンCP1@W2の位置を次によって推定することがで

10

20

30

40

50

きる

$$x \text{ C P } 1 @ W 2 = x \text{ P } 1 @ W 2 + d \text{ C P } 1 t o \text{ P } 1 @ W 2. \quad (10)$$

【0086】

基板の識別後、基板が基板整列マーク $P 1 @ W 1$ または $P 1 @ W 2$ を含むかどうか、即ち、この基板が基板 $W 1$ であるか、基板 $W 2$ であるかが分る。この基板が基板 $W 1$ である場合、第1回路パターンの位置を、基板参照マークの実測位置（式7）か基板整列マークの実測位置（式9）を使って推定できる。この推定は、誤差項を減らすために、基板参照マークの実測位置と基板整列マークの実測位置の両方を使って推定することができる。式7および9の二つの推定を加え、答えを2で割る結果は、

$$x \text{ C P } 1 @ W 1 = (x \text{ P } 2 @ W 1 + d \text{ C P } 1 t o \text{ P } 2 @ W 1) / 2 \quad 10$$

$$+ x \text{ P } 1 @ W 1 + d \text{ C P } 1 t o \text{ P } 1 @ W 1) / 2. \quad (11)$$

式5、2、6および3を書込むと、如何に誤差が推定した $x \text{ C P } 1 @ W 1$ に入り込むかが明確になる。

$$x \text{ C P } 1 @ W 1 = (x \text{ P } 2 @ W 1 + 1 + r d \text{ C P } 1 t o \text{ P } 2 @ W 1 - 1) / 2$$

$$+ x \text{ P } 1 @ W 1 + 1 + r d \text{ C P } 1 t o \text{ P } 1 @ W 1 - 1) / 2. \quad (12)$$

【0087】

より多くの基板整列マークを使う場合、上の式を変え、従って推定誤差を最小にすることができる。より多くの基板整列マークを使うことは、勿論、多数の組の基板を独特に識別する可能性も開く。

【0088】

リソグラフィ生産プロセスでは、整列マークまたは形態を使って基板に関連する種々の特性を符号化してもよい。本発明の一実施例では、これらの特性が基板を識別するかも知れず、この基板に施すべきプロセスの種類を識別するかも知れない。その上、これらの特性は、基板に関連する整列情報を含むかも知れない。他の実施例では、このシステムが基板上の形態から導出した情報に基づいて特定の基板のためにこのシステムの整列値を調整するかも知れない。リソグラフィシステムは、複数のマークを解析し、対応する基板を識別するかも知れない。

【0089】

従来のシステムは、対応する基板を識別するために基板上に書かれたシリアルナンバを有するかも知れない。シリアルナンバは、基板の識別を可能にするかも知れないが、基板の縁に対してそれらを配置することは、ステッパ捕獲範囲を使って捕獲するのが困難である。

【0090】

本発明は、複数の形態のための空間座標を使って、基板上に符号化した情報に基づいて基板を識別することを可能にする。これらの形態は、主要整列マークに関して方向付けされてもよい。例えば、複数の整列マークがそれらの位置オフセットを使って符号を創成してもよい。これらの形態は基板の第1側または第2側に配置してもよい。

【0091】

本発明は、主要整列マークの一つに関して位置してもよい x または y 方向の形態を提供する。本発明の一実施例で、これらの形態は、長さ 30 mm、幅 0.25 mm または何か他の寸法のスペースを占めるかも知れない。これらの形態は、50~49 枠の符号を含み、それをこのシステムが 3/4 秒以下の時間で走査するかも知れない。この符号を、基板の種類のような、基板特性を識別するためのバーコードとして使ってもよく、または基板のバッチから特定の基板を識別してもよい。この符号は、ステッパの動作を制御するために使う情報を提供するかも知れない。

【0092】

本発明は、基板上の既知の位置に対して正確に配置した主要マークを有する形態装置を含むかも知れない。追加の形態を、選択した要素と整列するために基板を x 、 y 、または z 方向にシフトすべき量のような、整列情報を符号化するために、この主要マークに対して配置してもよい。結像および読み取り公差が一つのマーク装置に対する符号分解能に限界

10

20

30

40

50

をもたらすかも知れない。例えば、結像および読み取りのための位置分解能が 500 nm で、このマークに対する最大オフセット範囲が 50 μm であれば、マーク毎に 100² および六つのマークに対して 10²⁴ の符号分解能を達成するだろう。

【0093】

基板整列マーク P1 の位置を図 1 に目標領域 C と類似する領域にあるように表示する。基板が湾曲しているために、基板の縁には小さ過ぎて完全な円が嵌め込めない領域がある。これらの領域をネズミはみと呼ぶ。ネズミはみは、都合よく基板参照マークまたは基板整列マークを入れるために使うことができ、それによって目標領域 C をパターニング回路用に解放する。

【0094】

目標領域 C 間の線は、普通、リソグラフィではスクライブレーンと呼ぶ。回路は、それらのスクライブレーンに沿って互いから分離されている。スクライブレーンは、都合よく、基板参照マークまたは基板整列マークを入れるために使うことができ、それによって目標領域 C をパターニング回路用に解放する。その代りに、基板参照マークまたは基板整列マークを基板上にパターニング回路と反対に置いてもよい。他の構成を使ってもよい。

【0095】

上の実施例では、基板整列マークおよび基板参照マークを、基板の処理後、後続層の結像前に読み取る。特別な場合には、これらのマークを更に処理せずに（例えば、露光後、または露光したレジスト層の現像後）読み取ることが可能である。この場合、これらのマークは潜在していてもよい。当業者には、潜在マークが本発明の実施例で使えることが明白だろ

10

【0096】

当業者には、基板上のまたは位置を決め得る基板のどんな形態も基板参照マークに置き換わり得ることが明白だろう。当業者には、基板参照マークおよび基板整列マークの相対位置が、日付、シリアルナンバ処理情報、工場情報、またはその他の情報のような、この基板を特徴付ける情報を示し、または含んでもよいことが明白だろう。シリアルナンバ、例えば 7 に加えた、例えば 9 の一連の基板内の基板番号は、それが 9 基板中の基板番号 7 に関する事を示す。これらすべての場合、基板に関するこの特徴情報を関連位置に符号化してもよい。この基板に関する特徴情報を相対位置とある相対位置に対応する特徴情報との間の既知の関係で復号化できる。日付、シリアルナンバ処理情報、工場情報、またはその他の情報のような、この基板に関する特徴情報を基板または基板の組を識別するために考えられることが分るだろう。

20

【0097】

当業者には、このリソグラフィ装置を較正するためにこの特徴情報を使ってもよいことが明白だろう。例えば、較正基板の素性が、基板上の二つの位置 (x1, y1, z1), (x2, y2, z2) (図示せず) の間の高さの差のような、高さ情報に関連してもよい。高さの差は、z 軸に沿う距離である（図 1）。この実測距離を特徴情報に従って先に測定した距離と比較する。先に測定した距離とこの実測距離の間の比を較正比として使うことができる。この較正基板上の実測 z 座標掛けるこの較正比が較正した z 座標になるだろう。言換えれば、このリソグラフィ装置を較正する。

30

【0098】

この較正比は、他の基板 W 上の測定値を較正するためにも使ってよい。他の基板 W 上で測定した z 座標にこの較正比を掛けて較正した z 座標を得る。

40

【0099】

当業者には、基板上の各層内で、この基板に関する新しい特徴情報を結像できることが明白だろう。これは、新しい組みの整列マークと参照マークを基板上に結像することによって実現できる。この新しい組のマークは、例えば、基板のスクライブレーンに結像できる。

【0100】

上に説明した本発明の実施例では、軸外しマークセンサ MS を使う（図 1）。このマー

50

クセンサは、軸上でも同等によく機能しただろう。このセンサによる測定をマークが投影システムPLの光軸を横切るように保持して行うならば、このセンサを軸上センサと呼ぶ。

【0101】

特に、二つのテーブルを備えるシステム（図示せず）では、基板W2のマークセンサMSによる測定を、投影システムPLを使う基板W1の照明と同時に行うことができる。この様にして、基板を投影システムPLの下に持ってくる前に識別を終えることができる。

【0102】

上の実施例では、パターニング構造体MA1が整列マークM1および参照マークM2を含んでもよい。これらのマークを別々に基板W1上に結像するので、当業者には、パターニング構造体MA1上には整列マークM1@MA1だけしか必要ないことが明白だろう。この条件は、パターニング構造体MA1上の整列マークM1@MA1を基板整列マークP1@W1の位置および基板参照マークP2@W1の位置で基板W1上に結像することである。ここで基板整列マークP1@W1とP2@W1の相対位置を基板W1に関する情報を特徴付けるように定めることができる。

【0103】

ここで説明したような、識別ユニットは、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、またはその他の処理ユニットのような、一つ以上の論理素子のアレイを含んでもよい。そのようなアレイは、ソフトウェアおよび／またはファームウェア命令を実行するように構成してもよい。その代りに、そのようなアレイが少なくとも一部はハードワイヤード（例えば、特定用途向け集積回路）でもよい。更なる代案として、そのようなアレイは、固定であるが再プログラム可能（例えば、現場プログラム可能ゲートアレイ）でもよい。

【0104】

図11は、図1のリソグラフィ装置の、図1に比べて異なるy位置での断面を示す。本発明の実施例で、測定放射線の線源Sは、フレームFに固定してある（または、フレームFに対して既知の位置にある）。この測定放射線をマスクMA上の整列マークM1に向ける。センサ検出光学系DOがカメラCAM（CCD、CMOS、または他のそのようなセンサを有する）上にこの整列マークM1の像を作る。このカメラCAM上に作った像の表現を位置処理装置PPDによって検索する。位置処理装置PPD（例えば、プロセッサ、または1組の命令をファームウェアおよび／またはソフトウェアで実行する論理素子のその他のアレイ）がこのマスクの位置を決める。この位置処理装置PPDは、位置センサIF2、カメラCAMおよび入力装置IPから入力を受けるかも知れない。位置センサIF2は、フレームFに固定してあってもよく（または、フレームFに対して既知の位置にある）および第1位置決め装置PMの位置を測定する。この実施例で、位置センサIF2は、干渉計であり、そのベースは、フレームFに固定してあり、その可動部品は、第1位置決め装置PM上にある。それで、この第1位置決め装置PMの位置は、カメラCAMを読み取るときに、このフレームに対して分る。入力装置IPは、キーボード、タッチスクリーン、マウス、またはその他のデータ入力用装置である。

【0105】

図12は、整列マークを含むマスクの領域を概略的に示す。図12に示すように、図1のx,y座標系がある。マスク上のこの領域をここでは整列領域と呼ぶ。この整列領域は、整列中に測定する領域、測定領域より遥かに大きいことがある。有効な整列測定をこの整列領域内の測定領域の多重位置で行うことができる。

【0106】

この整列領域M1は、この整列領域M1上に分布した多数の形態（図12に点で示し、一つの点が一つの形態を示す）を含んでもよい。これらの形態は、測定放射線源Sが出す放射線を反射する高反射性の小さい領域から成る。これらの形態を囲む領域は、背景で、低反射性である。

【0107】

これらの形態の位置を示す参照情報が整列領域M1のデカルト座標系の原点ORmに関

10

20

30

40

50

して、位置処理装置 P P D に記憶してある。これらの形態の位置は、 x および y 方向の形態間の距離が形態それ自体を識別できるように設計してある。例えば、形態 F 1 だけが正の y 方向に次の隣までの距離が 1 単位および正の x 方向に次の隣までの距離が 1 単位である。形態 F 2 だけが正の y 方向に次の隣までの距離が 5 単位および正の x 方向に次の隣までの距離が 5 単位である。その上、どれか一つの形態の位置を決めるこことによって、他のどれかの形態の位置を計算してもよい。

【 0 1 0 8 】

与えられた形態に対して、位置処理装置 P P D は、記憶した形態の位置を使って、正の x および y 方向に次形態までの距離を決める。位置処理装置 P P D は、その形態のための x および y 方向の距離をテーブルに記憶する。これを他の形態に対して繰返してもよい。 10

【 0 1 0 9 】

全整列領域 M 1 の一部だけを検出光学系 D O によって結像する。これが測定領域 I A 1 である。図 1 2 に破線で示す、この測定領域 I A 1 は、カメラ C A M に見える。この測定領域 I A 1 は、四つの形態を含み、一つが F 1 であり、これらが整列領域 M 1 内に形態の部分集合を作る。

【 0 1 1 0 】

カメラ C A M の出力は、電子データに変換した、測定領域 I A 1 の像（図 1 3 に示す）を含む。位置処理装置 P P D は、測定領域 I A 1 内の点で示し且つ U 1、U 2、U 3 および U 4 と表示するかも知れない、これら四つの形態の素性についての予備知識が無いかも知れない。位置処理装置 P P D は、カメラ C A M の（例えば、このカメラのセンサの）デカルト座標系の原点 O R s に対する形態 U 1、U 2、U 3 および U 4 の位置を決める。このカメラ C A M のデカルト座標系の 1 単位は、整列領域のデカルト座標系の 1 単位に対応する。これらの位置を使って測定領域 I A 1 内の形態の正の x および y 方向に次の形態までの距離を計算し且つ記憶する。これらの距離を未確認形態の各々（即ち、U 1、U 2、U 3 および U 4）に対して記憶する。 20

【 0 1 1 1 】

像 I A 1 内の形態 U 1 は、正の x 方向に次の形態までの距離が 1 単位であり、正の y 方向に次の形態までの距離も 1 単位である。

【 0 1 1 2 】

整列領域 M 1 内で形態 F 1 だけが正の x 方向に次の形態までの距離が 1 単位であり、正の y 方向に次の形態までの距離も同様に 1 単位であるので、位置処理装置 P P D は、計算した距離を使って像 I A 1 内の形態 U 1 を整列領域 M 1 内の形態 F 1 と認定する。 30

【 0 1 1 3 】

形態 U 1 のこの素性を使って、この整列領域の位置をカメラ C C D の位置に対して決めることができる。これらの形態の位置を整列領域の原点 O R m に対して位置処理装置 P P D に記憶する。この例では、整列領域内の形態 F 1 の座標が (2 , 8) であり、この括弧間の最初の数は x 座標を示し、二番目の数は y 座標を示す。像 I A 1 内の確認した形態 U 1 の座標は、カメラ C A M の原点 O R s に対して分っていて、(1 , 1) である。カメラ C A M の原点 O R s に関する整列領域の原点 O R m の位置は、次の式によって決め：

$$O R m = \text{座標 } U 1 - \text{座標 } F 1$$

但し、座標 U 1 は形態 U 1 の座標の略であり、座標 F 1 は形態 F 1 の座標の略である。 40

【 0 1 1 4 】

図 1 2 および図 1 3 の例で、並びに F 1 を使って、カメラ C A M の座標系に於ける整列領域 M 1 の原点 O R m の位置は、 $O R m = (1 , 1) - (2 , 8) = (-1 , -7)$ 。

マスク M A 上の整列領域 M 1 の位置は分っている。従って、このマスクをこのリソグラフィ装置に関して整列できる。

【 0 1 1 5 】

当業者には、整列領域 M 1 内の全ての形態の位置を位置処理装置 P P D に記憶する必要がないことが分るだろう。参照情報外の位置が記憶していない形態は、測定してないか、それらの実測位置が識別に繋がらないかである。 50

【0116】

図14は、本発明の実施例の測定領域M2を示す。図14内の点は、個々の形態を示す。全整列領域M2の一部だけを検出光学系DOによって結像する。これが測定領域IA2である。この測定領域IA2を破線で示し、二つの形態F5、F6を含む。

【0117】

このカメラCAMの出力は、電子データに変換した、測定領域IA2の像（図15に示す）を含む。位置処理装置PPDは、測定領域IA2内の形態の素性についての予備知識が無いかも知れない。位置処理装置PPDは、測定領域IA2の二つの形態のカメラCAMの座標系での位置を、U5に対して（0.5, 2.5）およびU6に対して（0.5, 0.5）と決める。これらの位置を使って、測定領域IA2内の形態U6の、正のy方向に次の形態である、形態U5までの距離を決め且つ記憶する。10

【0118】

形態U5には正のx方向に隣がない。像IA2の縁は、正のx方向に2.5単位にある。整列領域M2内の形態F3、F4、F5およびF6だけが2.5単位未満の距離内に正のx方向に隣がない。従って、形態U5を形態F3、F4、F5またはF6の何れか一つと認定する。

【0119】

形態U5には正のy方向に隣がなく、それで像IA2の縁までの形態U5の距離は0.5単位である。位置処理装置PPDに記憶したテーブルで、正のy方向に隣までの全ての距離は、少なくとも1単位である。従って、それ以上識別できない。20

【0120】

形態U6には、正のy方向に2単位の距離に隣がある。形態F7、F8およびF6だけに正のy方向に2単位の距離に隣があるので、形態U6を形態F7、F8およびF6の何れか一つと認定する。

【0121】

形態U6を形態F7、F8またはF6の一つであると認定すると、形態U5を形態F9、F10またはF5の一つであると認定する。形態U5は、既に形態F3、F4、F5またはF6の一つであると認定したので、この組合せで形態U5を形態F5と認定する結果になる。

【0122】

カメラCAMの座標系での整列領域の原点の位置は、形態F5のこの素性を使って次のように見付けられる30

$$ORm = 座標U5 - 座標F5$$

但し、形態F5の座標F5は、整列領域の座標系にあり、形態U5の座標U5は、カメラCAMの座標系にある。これは、次にこのマスクをこのリソグラフィ装置に関して整列できるようにする。

【0123】

当業者には、整列領域を測定領域が各有り得る像の少なくとも一つの形態を独特に識別するために十分な数の形態を含むように設計することが望ましいかも知れないことが分るだろう。例えば、形態を整列領域に無作為に配置してもよい。形態の高密度を選ぶことによって、各有り得る像に十分な数の形態があることを想定できる。40

【0124】

整列領域で全ての他の形態から遠い、孤立性の形態が整列領域にあってもよい。測定領域をそのような孤立性の形態の上に置き、他の形態がこの測定領域に何もなければ、それでもこの孤立性の形態を識別するかも知れない。識別は、位置処理装置PPDに記憶した参照情報に、カメラCAMに見える他の形態なしにカメラCAMに対する実測位置に有り得る、他の形態が何も無いかどうかをチェックすることによって行う。

【0125】

本発明の実施例では、マスク上の形態間の実測距離を使って整列領域またはマスクさえも識別できる。マスクMA3は、整列領域M3（図16）を含み、マスクMA4は、整列50

領域M 4(図17)を含む。整列領域M 4は、サイズが整列領域M 3と同じである。両整列領域M 3、M 4は、座標(2, 10)に基づき形態F 1(図16に点で示す)を含み、且つ同じ形態のパターン(図16に点で示す)を含む。しかし、基本形態までの全ての距離は、整列領域M 4では整列領域M 3の距離に対して係数2を掛ける。整列領域M 3にある幾つかの形態は、それらの基本形態F 1までの距離が整列領域M 4の外部に落ちるほど大きいので、整列領域M 4に対応物がない。整列領域M 3で各軸方向の距離は、奇数単位(1, 3, ...)のようにあるように選んである。これは、整列領域M 4で各軸方向の距離は、偶数単位(2および4のように)であることを意味する。2形態間の距離を同じ×座標で測定することは、今や形態およびマスクMA 3上の整列領域M 3またはマスクMA 4上の整列領域M 4も識別する。整列領域M 4の一部を検出光学系DO(図11)によって結像する。図17は、カメラCAMに見える像IA 3を示す。

【0126】

図17は、図16の像IA 3に点で示す形態U 9およびU 10を示す。形態U 9とU 10の間の距離は、(2, 0)である。従って、この像を採った整列領域をM 4と認定する。整列領域M 4は、マスクMA 4上にあり、マスクMA 3上にはないので、このマスクをマスクMA 4と認定する。

【0127】

上にこのマークが存在する整列領域、またはマスクさえも識別できるので、整列領域を情報領域(それが識別情報を提供するという意味で)として説明できることが分かるだろう。

【0128】

比較的高反射性の形態および低反射性の形態間の領域に多数の代案があることが分かるだろう:

1. 形態を特定の放射線に対して低反射性の点によって作ってもよい。これらの点の外部の領域は、その放射線に対して高反射性だろう。

2. 形態を特定の放射線に対して背景と異なる透過率の点によって作ってもよい。そうするとこのマスクをセンサ(センサがCCDカメラのような位置感応装置である場合)またはセンサの組み(センサが位置感応装置でなく、例えば、フォトセルである場合)と放射線源との間に置くだろう。

3. 形態を、特定の入射放射線を背景がこの入射放射線を散乱する方向とは異なる方向に散乱する点で作ってもよい。

4. 形態を、特定の入射放射線を背景がこの入射放射線を回折する方向とは異なる方向に回折する点で作ってもよい。

5. 形態が整列領域の残りより上に隆起した領域でもよい。測定面に平行な光を放射することによって、そのような形態の存在がこの放射線を阻止するだろう。この放射線源に対向するセンサがそれならば形態の存在を検出できるだろう。

【0129】

当業者には分るように、他の種類の形態を本発明のために使うことができる。

整列領域で形態の位置情報を決めることができるどんな装置も使えることが分かるだろう。これらの形態は、ピック・アンド・プレース部品、バイアまたは導電領域のような、回路形態でもよい。

【0130】

センサが一つの測定装置を含むことは必要ない。相対位置が分っている検出器のどんな組みも、整列領域で形態の位置を決めるためのセンサとして使うことができる。各測定装置は、その測定領域に形態があるか無いかを検出する。検出した形態の位置は、これらの形態を検出する測定装置の素性によって示す。そのような装置の例は、空気マイクロメータ(局部高さを決定できる)、静電容量センサ(局部静電容量を決定できる)およびフォトダイオードである。異なる検出原理が異なる測定装置に対応することが分かるだろう。

【0131】

検出光学系DOは、完全でないかも知れず、測定領域をカメラCAM上に結像する際に

10

20

30

40

50

収差を生じるかも知れない。例えば、これらの収差は、像の中心で最小かも知れない。そのような場合、実測位置の精度は、像の中心の形態の位置だけを使うことによって最適化されるかも知れない。最初の形態の識別後、中心に近い第2形態を選んで、その第2形態の実測位置を整列領域の位置決定のために使ってもよい。

【0132】

センサを最初に（および／またはその後定期的に）使うとき、それを較正することが望ましいか必要かも知れない。このセンサを、実測位置および処理装置PPD（図11）に記憶した位置を使って較正する。形態F5およびF6を識別してから（図14）、この実測距離を処理装置PPDに記憶した位置から決めた距離と比較することができる。この比較は、実測距離と処理装置PPDに記憶した位置によって決めた距離の間の比を決めるこ¹⁰とによって得る。この比は、センサの座標系で1単位の距離をマスクMAの座標系で1単位の距離に結び付ける。このセンサを、センサの原点までの実測距離を決めた比で割ることによって較正する。

【0133】

当業者には、センサによる測定に影響する他のパラメータ（例えば、回転、フィールド歪み、収差）も較正できることが分るだろう。この較正のためには、最小二乗基準または実測形態を識別し同時にマスクMAの座標からセンサの座標への変換のパラメータを決める何か他の適当な基準を使うことが望ましいかも知れない。このセンサによって測定したままのマーカの整列領域は、ある場合は回転または膨張しているかも知れない。例えば、センサで測定領域の形態の位置を測定する瞬間に位置が未知であることに加えて、それがどれかの軸周りの幾らかの回転角を有することがある。更に有り得る変換は、対称回転、非対称回転、対称拡大、非対称拡大、または x^2 若しくは xy の位置依存性のような高次パラメータである。²⁰

【0134】

この問題は、決定すべきパラメータを伴う逆変換モデルを使うことによって本発明の実施例で解決する。この逆変換を実測形態の位置に適用し、このパラメータの関数としての変換した位置を得る。参照情報の形態の位置と実測形態の変換した位置との差に最小二乗基準を適用することによって、このパラメータを見出すことができる。このモデルの最も単純な形で、この逆変換モデルは、並進である。このモデルの結果は、この位置である。このモデルのもう一つの形では、x軸周りの回転角がパラメータである。これは、位置と³⁰同時に決定する。

【0135】

当業者には、変換モデルを、形態の測定にではなく、参照テーブルの形態に適用しても同等に良いことが分るだろう。しかし、測定する形態の部分集合によりも、参照情報により多くの形態があるかも知ないので、これは、逆変換モデルを実測形態の位置に適用するよりも多くの計算活動を生じるかも知れない。当業者には、変換モデルと逆変換モデルの両方を適用して、幾つかのパラメータを同時に見付けてもよいことも分るだろう。

【0136】

本発明の実施例は、図11に概略的に示す、検出光学系DOがマスクに面する側でテレスコントリックであるとき、使うと都合がよいかも知れない。テレスコントリック性は、像の形態間の距離がマスクMAと検出光学系DOの間の距離に依存しないことを保証するので、有用である。従って、xおよびy座標でマスクの位置を決めることは、このマスクのz座標から独立している。⁴⁰

【0137】

テレスコントリック検出光学系を使う更なる利点は、実測通りの形態U5、U6（図15）のサイズをこの検出光学系DOからのマスクMAの距離を決めるために使えることがある。カメラCAMの検出光学系DOまでの距離は、この検出光学系DOまで既知の距離に固定し、像面を形成する。マスクMA上の整列領域がこの検出光学系の像面と共に物体面にあるとき、鮮明な像IA2ができる。整列領域M2が関連する共役物体面内になれば、像IA2内の形態は、ぼけ、従って整列領域M2が共役物体面内にあるときより大き⁵⁰

く見える。形態 U 5、U 6 のサイズを測定し、整列領域 M 2 と検出光学系の間の距離を示すために使う。カメラ C A M から検出光学系 D O までの固定距離が分っていれば、形態 U 5、U 6 のサイズがこの整列領域とカメラ C A M までの距離を示す。

【 0 1 3 8 】

二重テレセントリック検出光学系を使うことによって、更なる利点を得ることができる。二重テレセントリック検出光学系を使うことによって、像内の形態間の距離がカメラ C A M からこの検出光学系までの距離に依存しない。従って、カメラ C A M と検出光学系の間の距離の正確な決定が必要ない。

【 0 1 3 9 】

マスクが二つの形態を含むとき、このマスクが両形態の中間点の周りに 180 度回転していなければ、マスクの位置および方向を決めることができる。これが起ると、形態が位置を入れ替え、測定が一つの形態を他と取違えるかも知れない。正確な識別法に依って、この識別の入れ替えが 90 度の回転に対しても起るかも知れない。10

【 0 1 4 0 】

リソグラフィ生産環境に於けるマスクの取扱いのために、この方向は、90 度より遙かに良い精度で分っていて、この問題を避ける。未知の回転が起ったかも知れない場合、このマスクは、少なくとも三つの形態 A、B、C を独特の位置に含むことが必要かも知れない。独特の位置とは、A と B の間の距離が B と C の間の距離および A と C の間の距離と異なることを意味する。位置および形態の部分集合を作る何れか二つの形態間の距離の測定を位置処理装置 P P D に記憶した参照情報と比較することができる。三つの参照距離の一つが実測距離と最も近い整合をするだろう。形態 A と B の距離を決めた場合、方向を決めるために、形態の更なる部分集合を作ると考えられる形態 C も測定する。この形態の更なる部分集合は、追加の形態を含むことができ、それも使って回転を測定してもよい。20

【 0 1 4 1 】

独立測定を使って本発明の実施例による方法の精度を改善してもよい。例えば、マスクの位置を、各々相対位置が分っている二つの整列領域のそれぞれの一つを測定する、第 1 および第 2 (例えば、C C D、C M O S) カメラを使って決めてよい。この第 1 および第 2 カメラの相対位置は、分っている。二つの整列領域の各々のための実測位置は、マスクの位置を示す。これらの整列領域の実測位置をそれらの期待位置と比較する。これは、第 1 および第 2 カメラに対するマスクの回転を測定する。測定ノイズを低減するために、第 1 および第 2 カメラで決めた位置を平均してもよい。その代りに、測定を繰返してもよい。これを行う場合、第 1 カメラの位置情報が第 2 カメラの位置情報と最も良く整合する測定値を正しい測定値として選ぶ。その上、一つの整列領域の一つのカメラ C A M による幾つかの測定値を平均することができる。30

【 0 1 4 2 】

本発明の実施例による方法を使って決めた、マスクの位置を、このマスクによってパターン化した放射線の投影ビームが基板の目標領域に上に正確に (例えば、ナノメートルのような、高精度に) あるように、マークと基板の相対位置を制御するために使ってもよい。その代りに、基板を固定位置に維持して、このマスクの位置を制御してもよい。その代りに、マスクを所定の位置に維持して、制御ユニットがこのマスクの位置に基づいて、基板の位置を制御してもよい。マ制御ユニットを設けて、スクと基板の相対位置を制御してもよい。40

【 0 1 4 3 】

本発明の実施例の有利な使用法では、センサに対するマスクの回転を決め、次に所望の角度に調整する。この所望の角度は、投影ビーム P L で作るマスクの像が基板上の目標領域と同じ回転を有するようになっている。その代りに、この基板の回転を調整してもよい。

当業者には、参照情報を別の方法で設けてもよいことが分るだろう。この参照情報を、位置処理装置 P P D に接続した別のメモリユニット (例えば、半導体メモリまたは一つ以上のディスクドライブ) に記憶することができる。50

【0144】

本発明の原理を説明する目的で、マスク上の整列領域の例を提供する。本発明の実施例を基板に同様に、または適当な形態を有する整列領域を備える物体に実行してもよく、この物体を物体テーブル、例えば基板テーブルまたはマスクテーブルが支持することが分るだろう。その代りに、この物体テーブルが適当な形態を有する整列領域を備えてよい。

【0145】

一実施例によれば、センサを有するリソグラフィ装置で、独特の相対位置を有する複数の形態を備える物体の位置を決める方法が、これら形態の位置を関係付け、その位置の一つが絶対位置である参照情報を用意する工程を含み；このセンサを使ってこれらの形態の部分集合の位置を測定し、その少なくとも一つの位置が座標系で絶対位置である工程；および一つ以上の形態の他の形態に関する独特の相対位置に基づいてこの一つ以上の実測形態を識別する工程；この一つ以上の識別した形態の素性、この参照情報およびこの座標系での一つ以上の実測絶対位置を使ってこの物体の位置を決める工程を含むことに特徴がある。

10

【0146】

更なる実施例によるリソグラフィ装置は、独特の相対位置を有する複数の形態を備える物体を支持するための物体テーブル；この物体上の形態の部分集合を検出するように構成した位置センサを含み；これら形態の位置を関係付け、その一つの位置が座標系で絶対位置である参照情報を記憶するためのメモリユニット；この位置センサおよびこのメモリユニットに接続され、一つ以上の形態の他の形態に関する独特の相対位置に基づいてこの一つ以上の実測形態を識別するように構成しおよびこの参照情報およびこの座標系での実測絶対位置を使ってこのセンサに対するこの物体の位置を決めるように構成した処理装置を含むことに特徴がある。

20

【0147】

本発明の特定の実施例を上に説明したが、本発明を説明した以外の方法で実施してもよいことが分るだろう。この説明は、本発明を限定することを意図しない。例えば、本発明の実施例は、ここに開示した一つ以上的方法を記述する機械実行可能命令の一つ以上の集合（例えば、シーケンス）を含むコンピュータプログラム、およびそのような命令を含むデータ記憶媒体（例えば、半導体メモリ（揮発性および／または非揮発性）、磁気および／または光ディスク媒体等）も含む。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲だけで決めるべきである。

30

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】本発明の実施例によるリソグラフィ装置を表示する。

【図2】本発明の実施例による両面整列用光学システムの二つの分岐を組込んだ基板テーブルを示す概略断面図である。

【図3】本発明の実施例による両面整列光学系の位置および方向を示すウエハの平面図である。

【図4】本発明による両面整列光学系の代替位置および方向を示す平面図である。

【図5】本発明の実施例による一体の光学部品を有する基板テーブルの一部の断面図である。

40

【図6】本発明の実施例を実行するために使ってよい、第1回路パターン、参照マークおよび整列マークを含むパターニング構造体を表示する。

【図7】本発明の実施例による基板W1上の基板整列マーク、第1回路パターンおよび基板参照マークを有する基板を示す。

【図8】本発明の実施例による基板W2上の基板整列マーク、第1回路パターンおよび基板参照マークを有する基板を示す。

【図9】本発明の実施例による基板W2上の基板整列マーク、第1回路パターンおよび基板参照マークを有する未確認基板を示す。

【図10】所定通り、実際に実現した通りおよび実測した通りの基板整列マークおよび基

50

板参照マークの位置を示す。

【図11】図1のリソグラフィ装置を別の断面で表示する。

【図12】幾つかの形態を含む整列領域を表示する。

【図13】幾つかの形態を含む整列領域の一部の像を表示する。

【図14】幾つかの形態を含む整列領域を表示する。

【図15】幾つかの形態を含む整列領域の一部の像を表示する。

【図16】各々別の物体上にある二つの整列領域を表示する。

【図17】幾つかの形態を含む整列領域の一部の像を表示する。

【符号の説明】

【0149】

12 ミラー

14 ミラー

16 レンズ

18 レンズ

C 目標部分

IU 識別ユニット

MA パターニング構造体

MEM メモリユニット

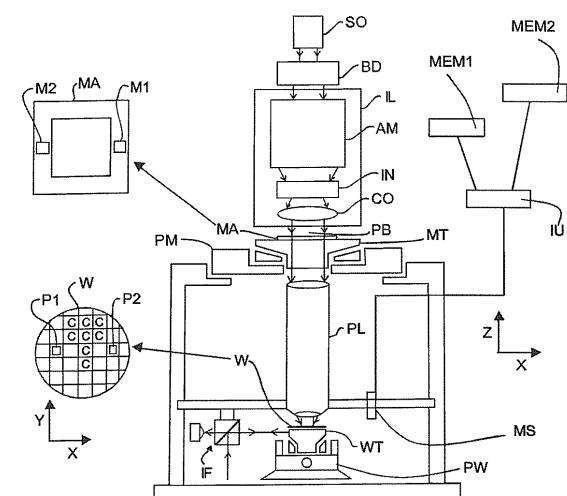
MS センサ

W 基板

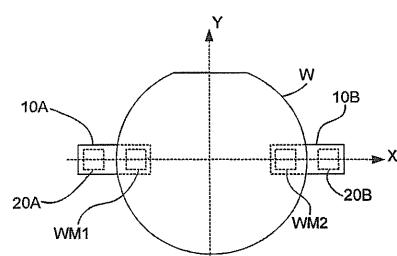
10

W 20

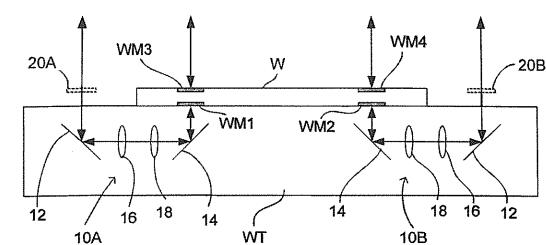
【図1】



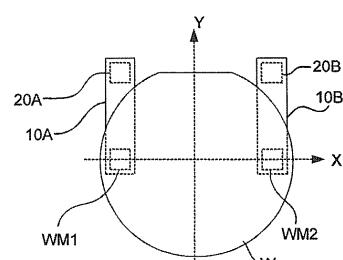
【図3】



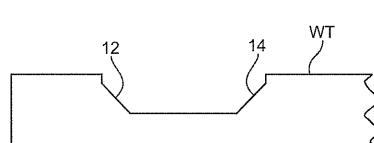
【図2】



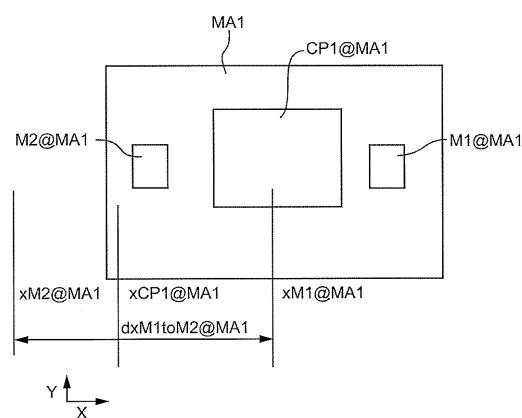
【図4】



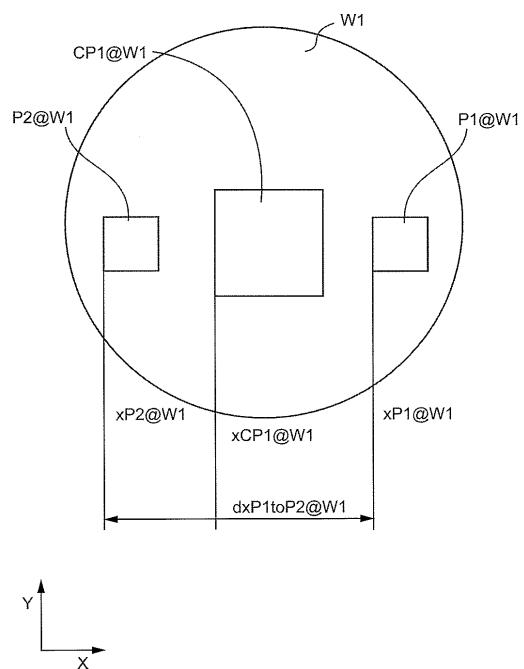
【図5】



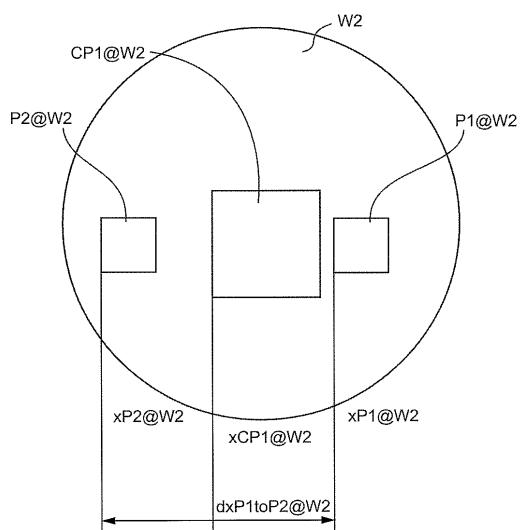
【図6】



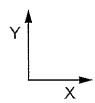
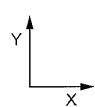
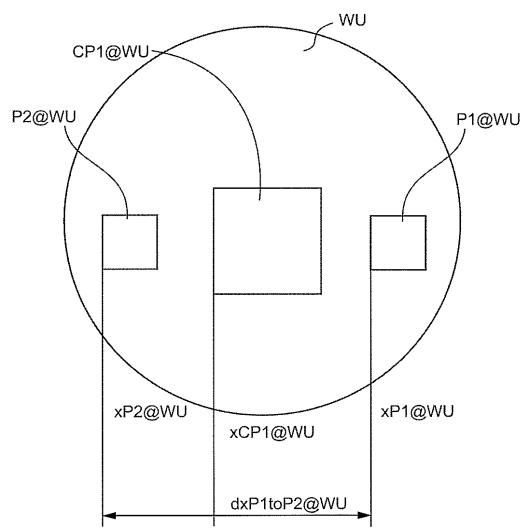
【図7】



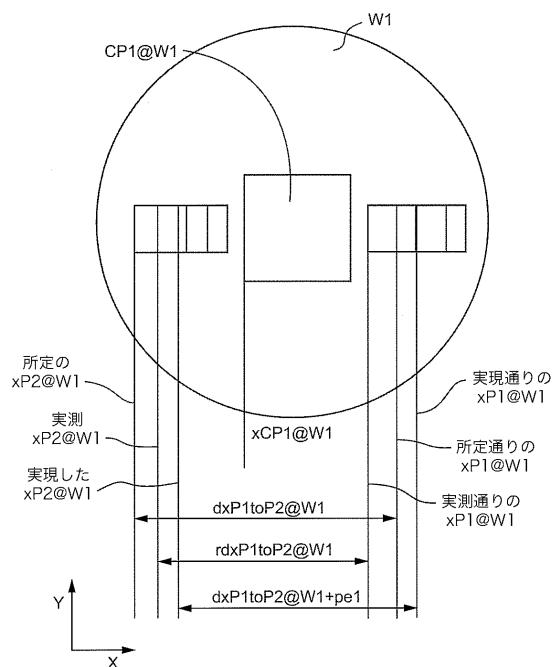
【図8】



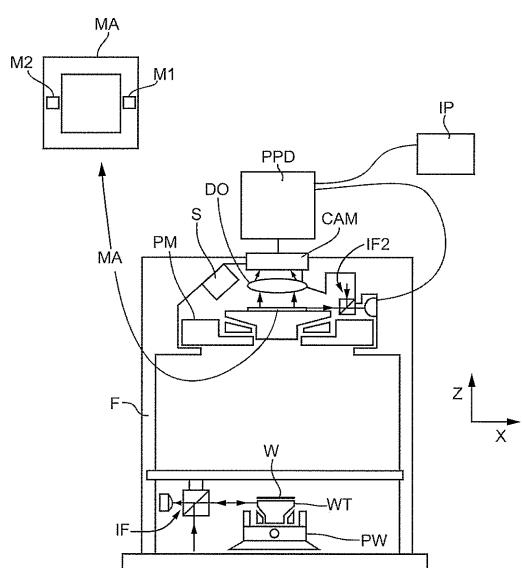
【図9】



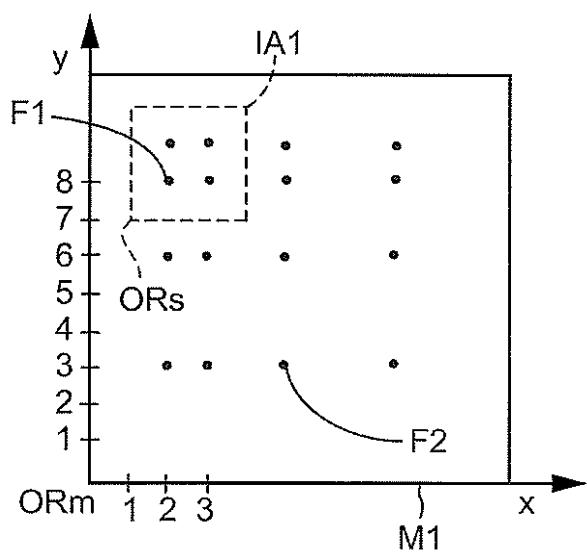
【図 1 0】



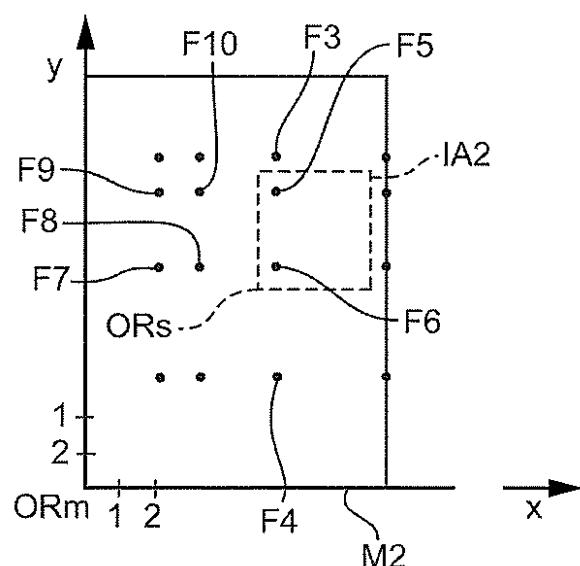
【図 1 1】



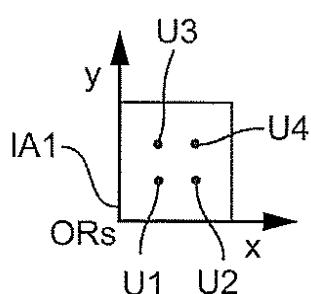
【図 1 2】



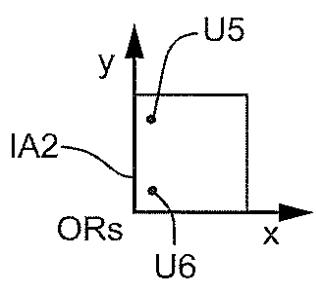
【図 1 4】



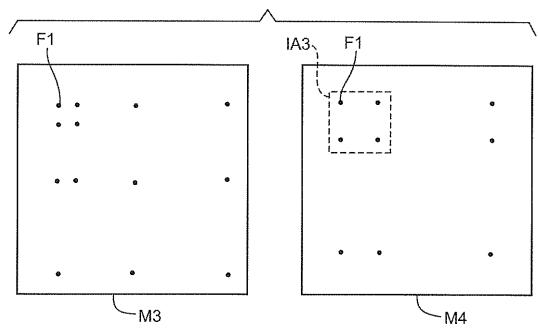
【図 1 3】



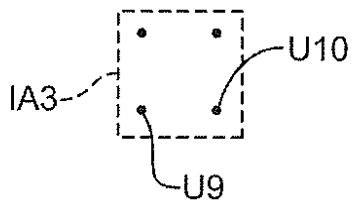
【図 1 5】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 クリストニアヌス ゲラルダス マリア デ モル
オランダ国、ソンエンブリューゲル、ストクロースストラート 4
(72)発明者 ヘンリクス ヴィルヘルムス マリア フアン ブエル
オランダ国、エンドホーフェン、フェルヴェルストラート 8 8
(72)発明者 ヤコブ フレデリク フリソ クリンカーメール
オランダ国、デルフト、プロエルフイスストラート 5 0
(72)発明者 アナスタシウス ヤコブス アニセトゥス ブルインスマ
オランダ国、デルフト、パルクゾーム 8 9
(72)発明者 マルティヌス ヘンドリクス アントニウス レーンデルス
オランダ国、ロッテルダム、スタドホウデルスブレイン 2 9 ピー
(72)発明者 フベルト アドリアーン フアン ミエルロ
オランダ国、マースルイス、ヤン ボーデステインストラート 9

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開平05-259010(JP,A)
特開平09-275066(JP,A)
特開2002-280299(JP,A)
特開平05-217843(JP,A)
特開平04-043358(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21 / 027
G 03 F 7 / 20
G 03 F 9 / 00