

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007年9月13日 (13.09.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/102484 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/66 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/054279
- (22) 国際出願日: 2007年3月6日 (06.03.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-060439 2006年3月7日 (07.03.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 沖田 晋一 (OKITA, Shinichi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区

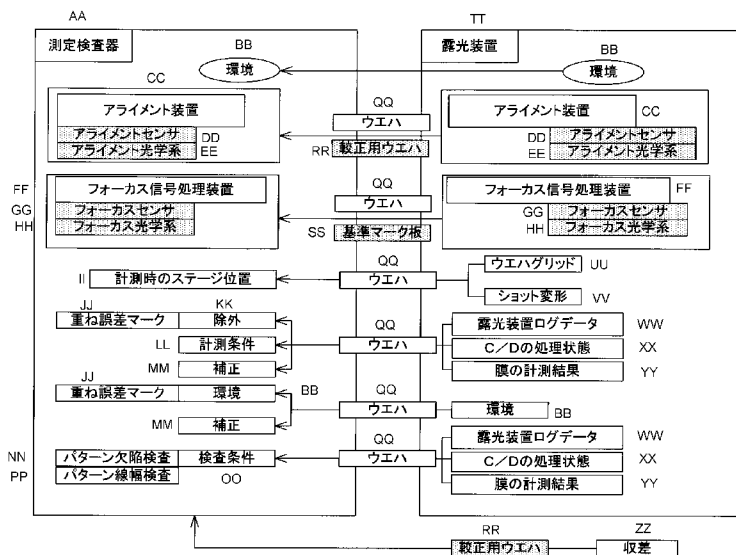
丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
安川 浩司 (YASUKAWA, Koji) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 立石 篤司 (TATEISHI, Atsuji); 〒2060035 東京都多摩市唐木田一丁目53番地9 唐木田センタービル 立石国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: DEVICE MANUFACTURING METHOD, DEVICE MANUFACTURING SYSTEM, AND MEASURING/EXAMINING INSTRUMENT

(54) 発明の名称: デバイス製造方法、デバイス製造システム及び測定検査装置



AA MEASURING/EXAMINING INSTRUMENT
BB ENVIRONMENT
CC ALIGNMENT DEVICE
DD ALIGNMENT SENSOR
EE ALIGNMENT OPTICAL SYSTEM
FF FOCUS SIGNAL PROCESSING DEVICE
GG FOCUS SENSOR
HH FOCUS OPTICAL SYSTEM
II STAGE POSITION DURING MEASUREMENT
JJ ALIGNMENT ERROR MARK
KK EXCLUSION
LL MEASUREMENT CONDITION
MM CORRECTION

NN PATTERN DEFECT INSPECTION
OO INSPECTION CONDITION
PP PATTERN LINE WIDTH INSPECTION
QQ WAFER
RR CALIBRATION WAFER
SS REFERENCE MARK PLATE
TT EXPOSURE APPARATUS
UU WAFER GRID
VV SHOT SHAPE VARIATION
WW EXPOSURE APPARATUS LOG DATA
XX C/D PROCESSING STATE
YY FILM MEASUREMENT RESULT
ZZ ABERRATION

(57) Abstract: When a wafer is measured/examined by means of a measuring/examining instrument before and after the exposure by an exposure apparatus, the various conditions such as the environments in the exposure apparatus and the measuring/examining instrument, the measurement condition of an alignment system, the measurement condition of an AF measurement instrument, the wafer grid, and the image distortion are made to be kept unchanged. Particularly, according to the processing states of the exposure apparatus and the coater/developer and the results of the film measurement, exclusion of the alignment error measurement mark, adjustment of the measurement condition, correction of the results of the measurement, adjustment of the environments, correction of the results of the measurement according to the environments, and adjustment of the pattern defect inspection are executed. The aberration of the projection optical system of the exposure apparatus where the pattern on a calibration wafer is transferred is taken into consideration when calibration is performed. With this, the device production yield can be

[続葉有]

improved.

WO 2007/102484 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 露光装置で露光を行う前後において、測定検査器でウエハの測定検査を行う場合には、露光装置と測定検査器との装置内の環境、アライメント系の計測条件、AF計測装置の計測条件、ウエハグリッド、像歪みなどの各種条件を一致させる。特に、露光装置、コータ・デベロッパの処理状態、膜の計測結果などに応じて、重ね合わせ誤差測定用マークの除外、その計測条件の調整及び計測結果の補正、環境の調整、環境に応じた計測結果の補正、パターン欠陥検査の調整を行う。また、較正処理においては、較正用ウエハ上のパターンを転写した露光装置の投影光学系の収差なども考慮する。これにより、デバイス生産の歩留まりを向上させることができる。

明 細 書

デバイス製造方法、デバイス製造システム及び測定検査装置

技術分野

- [0001] 本発明は、デバイス製造方法、デバイス製造システム及び測定検査装置に係り、さらに詳しくは、例えば、半導体素子、液晶表示素子、CCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子、薄膜磁気ヘッド等を製造するためのフォトリソグラフィ工程を含むデバイス製造方法、デバイス製造システム及び測定検査装置に関する。

背景技術

- [0002] 半導体素子等のデバイスは、ウェハ等の基板に対し、成膜・レジスト処理、露光処理、ポストバーク (PEB) 処理、現像処理、エッチング処理などの一連の複数の基板処理を、この順番で繰り返すことにより製造される。これら一連の基板処理では、デバイス生産の歩留まりの向上を目的として、個々の基板処理が終了するとその基板の測定検査処理を行っている。成膜・レジスト処理後における、基板上の膜の測定検査処理、現像処理又はエッチング処理後における、基板上に形成されたパターンの欠陥検査などはその一例である。
- [0003] デバイス製造工場内では、同一の処理を行う複数台の測定検査器が設置されているのが一般的であり、それらの測定検査器の中からいずれか1つの装置を選択して、その基板の測定検査を行うのが通常である。このようにすれば、測定検査処理を行うための待ち時間を極力少なくして、スループットを向上することができるからである。
- [0004] しかしながら、複数台の測定検査器が同じ機種であっても、同じ基板を測定検査した場合に測定検査結果に違いが生じる場合がある。このような測定検査結果の違いは、基板の情報を検出するセンサ回路のゲイン、オフセット成分及び検査感度などを、測定検査器間で同じ値に設定したとしても機差として残留する。
- [0005] そこで、実際の運用に先立って、較正用の基準基板を各測定検査器で測定検査させ、その基板上に形成された同一のパターンの測定検査結果が測定検査器間で極力一致するように(すなわち、機差が低減するように)、各測定検査器の測定検査状態を較正する較正処理が従来においても行われていた。

[0006] しかしながら、実際にデバイスパターンが形成される基板と校正用の基準基板との状態の違い、あるいはパターンそのものの違いなどにより、上述のような校正作業を行ったとしても、実際の基板に対する測定検査結果に機差が生じてしまう。

発明の開示

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、第1の観点からすると、基板に対する測定検査処理を含む一連の基板処理を経てデバイスを製造するデバイス製造方法であって、前記基板に関する情報と、当該基板に対する一連の基板処理に関する情報との少なくとも一方を取得する取得工程と;前記取得された情報に基づいて、同一の測定検査処理を行う複数の測定検査装置の中から、前記基板を測定検査する1つの測定検査装置を選択する選択工程と;前記取得された情報に基づいて、前記選択された測定検査器の測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整する調整工程と;を含むデバイス製造方法である。

[0008] これによれば、基板に関する情報及び／又は、その基板に対する一連の基板処理に関する情報に基づいて、最適な測定検査器を選択し、前記情報に基づいて、測定検査条件及び／又は測定検査結果に関する情報を調整するので、測定検査条件及び／又は測定検査結果を、その基板に合わせたものとすることができる。これにより、いずれの測定検査器を用いても、機差が生ずることがない測定検査が可能となる。

[0009] 本発明は、第2の観点からすると、基板に対する測定検査処理を含む一連の基板処理を経てデバイスを製造するデバイス製造システムであって、前記基板に関する情報と、当該基板に対する一連の基板処理に関する情報との少なくとも一方を取得する取得装置と;同一の前記測定検査処理を行う複数の測定検査器と;取得された前記情報に基づいて、前記複数の測定検査器の中から、実際に前記基板を測定検査する1つの測定検査器を選択する選択装置と;取得された前記情報に基づいて、選択された前記測定検査器の測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整する調整装置と;を備えるデバイス製造システムである。

[0010] これによれば、取得装置で取得された、基板に関する情報及び／又は、その基板に対する一連の基板処理に関する情報に基づいて、選択装置により、最適な測定検査

査器が選択される。また、調整装置により、前記情報に基づいて、測定検査条件及び／又は測定検査結果に関する情報が調整される。従って、測定検査条件及び／又は測定検査結果を、その基板に合わせたものとすることができる。これにより、いずれの測定検査器を用いても、機差が生ずることがない測定検査が可能となる。

[0011] 本発明は、第3の観点からすると、基板に対する測定検査処理を行う測定検査装置であって、前記基板に関する情報と、当該基板に対する一連の基板処理に関する情報との少なくとも一方を取得する取得装置と；取得された前記情報に基づいて、実際に前記基板を測定検査するのに適切であるか否かを判定する判定装置と；前記判定装置により適切であると判定された場合に、取得された前記情報に基づいて、測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整する調整装置と；を備える測定検査装置である。

[0012] これによれば、取得装置で取得された、基板に関する情報及び／又は、その基板に対する一連の基板処理に関する情報に基づいて、判定装置により、実際に前記基板を測定検査するのに適切であるか否かが判定され、適切であると判定された場合に、調整装置により、取得された前記情報に基づいて、測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方が調整される。従って、測定検査条件及び／又は測定検査結果を、その基板に合わせたものとすることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]一実施形態に係るデバイス製造システムの概略的な構成を示す図である。

[図2]露光装置の概略的な構成を示す斜視図である。

[図3]図3(A)～図3(E)は、重ね合わせ誤差測定用マークと、各種制御系の制御誤差との関係を示す図である。

[図4]ウエハプロセスのフローチャートである。

[図5]図5(A)～図5(C)は、ショット領域の配列の成分を説明するための図である。

[図6]露光装置と測定検査器とで一致させることが可能な条件を模式的に示す図である。

[図7]図7(A)～図7(E)は、重ね合わせ誤差測定用マークの例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下、本発明の一実施形態を図1～図6に基づいて説明する。

[0015] 図1には、一実施形態に係るデバイス製造・処理システム1000の概略構成が示されている。図1に示されるように、デバイス製造・処理システム1000は、工場内生産管理メインホストシステム600と、露光セル700と、搬送ライン800と、デバイス製造・処理装置群900と、露光工程管理コントローラ(以下、「管理コントローラ」と略述する)160と、解析装置170とを備えている。

[0016] [工場内生産管理メインホストシステム]

工場内生産管理メインホストシステム(以下、「ホスト」と呼ぶ)600は、デバイス製造・処理システム1000全体の状態を把握し、露光セル700、搬送ライン800、デバイス製造・処理装置群900、管理コントローラ160、解析装置170を統括制御するメインホストコンピュータである。

[0017] ホスト600と、露光セル700と、搬送ライン800(より具体的にはそのコントローラ)と、デバイス製造・処理装置群900と、管理コントローラ160と、解析装置170との間は、有線又は無線の通信ネットワーク又は専用の通信回線を通じて接続されており、相互にデータ通信を行うことができる。このデータ通信により、ホスト600は、デバイス製造・処理システム1000全体の統括制御を実現している。

[0018] 露光セル700は、複数の露光装置100、101と、複数のトラック200と、複数の測定検査器120、121と、搬送ライン140とを備えている。図2では、説明を簡単にするために、露光装置、トラック、測定検査器はともに2台しか示されていないが、実際には、3つ以上設けられていても良い。

[0019] [露光装置]

露光装置100、101は、デバイスパターンを、フォトレジストが塗布されたウエハに転写する装置である。露光装置100、101は同じ機種であるため、以下では、露光装置100を代表的に取り上げてその構成等について説明する。

[0020] 図2には、露光装置100の概略構成が示されている。図2に示されるように、露光装置100は、コヒーレントな照明光ILを射出する照明系10、照明光ILにより照明されるデバイスパターン等が形成されたレチクルRを保持するレチクルステージ(不図示)、照明光ILにより照明されたデバイスパターン等を投影する例えば両側テレセントリック

クな投影光学系PL、露光対象となるウエハWを保持するウエハステージWST、オフ軸のアライメント系ALG及びこれらを統括制御する主制御装置20等を備えている。

[0021] 照明系10からの照明光ILは、レチクルステージに保持されたレチクルR上に形成された回路パターン等のデバイスパターンを照明する。以下では、この照射領域を照明領域IARと記述する。照明領域IARを経由した照明光ILは、投影光学系PLを介して、ウエハステージWSTに保持されたウエハW上に入射する。これにより、ウエハW上には、照明領域IAR内のデバイスパターンの投影像が形成される。以下では、このウエハW上の領域を露光領域IAと記述する。

[0022] ここで、投影光学系PLの光軸と平行な座標軸をZ軸とするXYZ座標系を考える。ウエハステージWSTは、XY平面内で移動可能であるとともに、ウエハWの面を、Z軸方向のシフト、 θ_x (X軸回りの回転) 方向、 θ_y (Y軸回りの回転) 方向に調整することが可能である。レチクルステージは、ウエハステージWSTに同期してY軸方向に移動することが可能である。レチクルステージ及びウエハステージWST (以下、適宜、両ステージと呼ぶ) の投影光学系PLの投影倍率に応じたY軸方向への同期走査により、レチクルR上のデバイスパターンが、照明領域IARを横切るのに同期して、ウエハWの面が露光領域IAを横切る。これにより、レチクルR上のデバイスパターン全体が、ウエハW上に転写される。露光装置100は、照明光ILに対し、上述した両ステージの相対同期走査と、ウエハステージWSTのXY面内でのショット間ステッピングとを繰り返すことにより、ウエハW上の複数の異なる領域 (ショット領域SA) にレチクルR上のデバイスパターンが転写される。すなわち、露光装置100は、走査露光 (ステップ・アンド・スキャン) 方式の露光装置である。

[0023] 主制御装置20には、照明光ILの強度 (露光量) を制御する露光量制御系、両ステージの同期制御及び投影光学系PLの焦点深度内にウエハWの面を一致させるオートフォーカス/レベリング制御 (以下、単に、フォーカス制御という) などを行うステージ制御系、並びに投影光学系PLの結像性能を制御するレンズ制御系 (いずれも不図示) などの各種制御系が構築されている。

[0024] 露光量制御系は、露光量を検出可能な各種露光量センサの検出値に基づいて、

その露光量を目標値に一致させるように制御するフィードバック制御を行っている。このフィードバック制御における制御誤差などの時系列データは、予め指定されたインターバルで、常時ログデータとして保存される。

- [0025] ステージ制御系は、各ステージの位置を計測する干渉計及び／又は他のセンサの計測値に基づいて、その位置を目標位置に一致させるように、両ステージの位置及び速度を制御している。
- [0026] ステージ制御系のうち、両ステージの同期制御を行う制御系を同期制御系とし、ステージ(ウエハ面)のZ位置(すなわち投影光学系PLの光軸方向に関するウエハの位置(フォーカス位置))、及びX軸回り、Y軸回りの回転量(デバイスパターンの投影像に対するウエハ面の傾き)を制御する制御系を、フォーカス制御系とする。
- [0027] 同期制御系は、走査露光中、両ステージの同期制御を行い、干渉計等の計測値に基づいて、それらの同期誤差が低減されるように、フィードバック制御を行っている。また、露光装置100、101には、ウエハ面のフォーカス／レベリングずれを複数計測点(図2では1つしか示されていないが、実際には、複数の計測点がある)にて検出する斜入射方式のフォーカス検出系AFが設けられている。このフォーカス検出系AFは、フォーカス光学系(60a, 60b)と、フォーカスセンサ23と、フォーカス信号処理装置24とを備えている。
- [0028] フォーカス光学系(60a, 60b)は、その送光系60aから発せられ、ウエハWの被露光面に斜入射し、反射した複数(例えば $7 \times 7 = 49$)の光が、受光系60bで受光されるように配置されている。各光は、ウエハWの被露光面上の複数の計測点での面高さの情報を含む光となっている。フォーカスセンサ23は、受光系60bで受光されたこれらの複数の光を光電変換し、複数の計測点の中から、例えば9個程度の計測点を選択して、フォーカス信号処理装置24に出力する。フォーカス信号処理装置24は、選択された計測点に対応する光電変換信号に基づいて、その9個の計測点を含む領域のウエハ面高さ及び傾きを求め、主制御装置20に出力している。主制御装置20のフォーカス制御系は、このウエハ面高さ及び傾きに基づいて、露光領域IAに対応するウエハ面を、投影光学系PLの像面に一致させるようなフィードバック制御を行っている。フォーカスセンサ23は、電気回路等のハードウェアで構成されている。ま

た、フォーカス信号処理装置24は、コンピュータであり、その機能は、コンピュータ上で動作するソフトウェアにより実現されている。

[0029] フォーカス検出系AFを用いてフォーカス制御を行うためには、フォーカス検出系AFの動作を規定する装置パラメータが適切に設定される必要がある。このような装置パラメータを、フォーカス関連パラメータという。フォーカス関連パラメータには、例えば、ウエハWの被露光面の面形状であるフォーカス段差マップ、信号出力のオフセット成分であるフォーカスオフセット、フォーカスセンサの配置、フォーカスセンサの選択、フォーカス信号を処理するためのフォーカス計測アルゴリズムなどがある。

[0030] なお、同期制御系の制御誤差、及びフォーカス制御系の制御誤差の時系列データについても、予め指定されたインターバルで常時ログデータとして保存される。

[0031] 投影光学系PLは、屈折光学素子(レンズ素子)等の複数の光学素子(不図示)を含んでいる。これらのレンズ素子のうち、幾つかのレンズ素子は、レンズ制御系によって外部からその位置と姿勢を調整可能な可動レンズとなっている。これらのレンズ素子各々が、X軸、Y軸、Z軸(光軸)方向にシフト駆動可能であり、各軸回りの回転方向(θ_x 、 θ_y 、 θ_z)に回転駆動可能、すなわち6自由度に駆動可能な構成となっている。レンズ制御系は、大気圧、露光装置100、101のチャンバ内の温度、露光量、及び投影光学系PLのレンズの温度などをモニタし、そのモニタ結果に基づいて投影光学系PLの倍率変動量及びフォーカス変動量などを算出し、その算出結果に基づいて、投影光学系PL内部の気圧の調整、可動レンズ素子の位置・姿勢の調整(及びレンズ間隔の調整)、並びにフォーカスオフセットの変更などを行っている。これにより、ベストフォーカス位置と、倍率とが、目標値に追従するようになる。倍率変動量と、フォーカス変動量は、予め指定されたインターバルで常時ログデータとして保存される。

[0032] 露光装置100に搬入されたウエハWは、その外形を基準としてラフにアライメントされた状態で、ウエハステージWST上にロードされる。図2に示されるように、そのウエハW上において、すでにショット領域SAが配列状に形成されている場合には、レチクルR上のデバイスパターンを、そのショット領域SAに正確に重ね合わせて転写する必要がある。

- [0033] そこで、露光装置100ではウエハステージWSTにロードされたウエハW上にそのデバイスパターンとともに形成されたアライメントマークを、オフアクシス方式のアライメント系ALGで計測して、XY座標系におけるそのマークの位置座標を計測する。
- [0034] アライメント系ALGは、レジストが感光しない波長帯域を有する照明光(検出ビーム)をウエハW上に照射する送光系と、ウエハWの被露光面からの反射光を受光する受光系とからなるアライメント光学系ASを備えている。さらに、アライメント系ALGは、アライメント光学系ASを介して得られる光を光電検出することで、例えば、マーク波形に相当する信号を検出するためのアライメントセンサ21を備えている。この光電検出の結果得られる検出信号が、マークを含むウエハWの下地に対応する波形である場合、すなわちアライメント系ALGの検出視野内にマークが存在する場合には、その検出信号に基づいて、マークの位置座標を検出することが可能である。図2には、アライメントセンサ21により検出されたマーク波形を処理して、そのマークの位置座標を算出するアライメント装置22が示されている。アライメントセンサ21は、CCD及び電気回路等のハードウェアで構成されている。また、アライメント装置22は、コンピュータであり、その機能は、コンピュータ上で動作するソフトウェアにより実現されている。
- [0035] なお、デバイスパターンの正確な重ね合わせ露光を行うためには、ウエハW上のすべてのショット領域SAの位置情報を計測しても良いが、それでは、スループットに影響が出るおそれがある。そこで、露光装置100では、実際に計測するアライメントマークを限定し、計測されたアライメントマークの位置の計測結果から、ウエハW上のショット領域SAの配列を統計的に推定するグローバルアライメント技術を採用している。露光装置100では、このグローバルアライメントとして、設計上のショット配列に対する実際のショット配列のずれを、X、Yを独立変数とする多項式で表現し、統計演算を行ってその多項式における妥当な係数を求める、いわゆるEGA方式のウエハアライメントが採用されている。EGA方式のウエハアライメントでは、まず、計測対象のアライメントマークを計測するショット領域を幾つか選択する。選択されたショット領域をサンプルショットという。アライメント系ALGでは、サンプルショットに付設されたアライメントマーク(サンプルマーク)の位置を計測する。このような計測動作を、以下ではEGA計測と呼ぶ。

- [0036] EGA方式のウエハアライメントでは、このEGA計測の計測結果、すなわち幾つかのサンプルマークの位置情報に基づく統計演算により、ショット領域SAの配列を表す補正量を推定する。このような演算を、以下ではEGA演算と呼ぶ。なお、EGA方式のウエハアライメントについては、特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号明細書等が開示されている。なお、ショット領域SAの配列の座標系は、基準マーク板FM上に形成された基準マークを基準としている。
- [0037] 上記多項式により求められる、各ショット領域の位置のXY補正量を、EGA補正量という。EGA方式のウエハアライメントで求められる多項式の係数は、最小二乗法で求められたものであることから、マーク位置の実測値と、EGA補正量により補正されたマーク位置との間にはずれ(非線形誤差成分)が残る。このずれを残差という。この残差は、精度の観点からすれば、小さい方が望ましいのは勿論である。
- [0038] 残差を小さくするための手段の1つが、EGA多項式モデルの高次化である。例えば、EGA多項式モデルを、1次式でなく、2次式又は3次式とした方が残差は当然に小さくなる。ただし、多項式を高次化する場合には、それに合わせてサンプルショットの数を増やす必要がある。
- [0039] また、ある一部のサンプルマークの計測結果が、実際のショット配列から著しくずれている場合には、全体の残差が大きくなる傾向がある。したがって、このようなサンプルマークの計測位置については、EGA演算に用いないようにリジェクトするのが望ましい。すなわち、EGA計測によりサンプルマークの位置情報のうちの幾つかを、EGA演算に用いないようにして、推定精度を高めていくことも可能である。このように、サンプルマークの数及び／又は配置の選択は、EGA方式のウエハアライメントにとって重要なファクタとなる。
- [0040] [アライメント関連パラメータ]
- 露光装置100、101では、上記アライメント系を用いたEGA方式のウエハアライメントに関連する動作を規定するファクタを幾つかパラメータ化し、アライメント関連パラメータとしてその設定値を調整することができる。前述のように、アライメント系ALGは、アライメント光学系AS、アライメントセンサ21及びアライメント装置22を備えており、それぞれの処理動作を規定する装置パラメータを設定できるようになっている。

- [0041] これらの装置パラメータとしては、一般に、ハードウェアの設定で、その設定が固定されるべき固定パラメータと、ウエハW毎に変更する方が望ましい調整パラメータとの2つがある。
- [0042] 固定パラメータとしては、アライメント光学系ASが有する収差量、アライメントセンサ21のゲイン、及び暗電流などのオフセット成分などがある。
- [0043] 一方、調整パラメータとしては、アライメント光学系ASの送光系における照明光の波長、フォーカスオフセット、計測するマークのマーク長、マーク・タイプ、マーク・ピッチ、マーク幅、マーク・センターシフト、信号波形形状(シングル/ダブル)、マーク検出アルゴリズム(信号処理アルゴリズム(エッジ抽出法、テンプレートマッチング法、折り返し自己相関法等、スライスレベル等))、マーク検出許容値、上述したような、EGA計測に必要なサンプルマーク数、EGA計測に必要なサンプルショット数、リジェクトすべきマーク位置座標の閾値であるEGALIMIT値などがある。レジスト膜などの膜厚による干渉及びウエハWの下地の反射率などを考慮すれば、照明光の波長は、慎重に設定されるべきである。
- [0044] また、アライメント系が、複数種類のアライメントセンサを備え、全てのセンサでマーク検出を行っていた場合に、実際のマーク位置の検出に用いられた波形データを検出したアライメントセンサの種類(FIA(Field Image Alignment)方式か、LSA(Laser Step Alignment)方式かなど)もアライメント関連パラメータに含まれる。
- [0045] また、EGA多項式モデルの種類(6パラメータモデル、10パラメータモデル、ショット内平均化モデル、ショットファクタ間接適用モデル、高次EGA処理条件(使用次数と使用補正係数)等)、重み付けEGA処理条件、EGAオプション機能の拡張EGA処理条件(ショット内多点EGA実施条件、EGA計算モデル、ショット成分補正条件等)、計測されたマークの計測位置に加えるべき補正量(アライメント補正值等)などもアライメント関連パラメータに含まれる。これらEGA多項式モデル等のショット配列を表現するためのパラメータは、ショット配列の線形成分を補正する線形補正パラメータと、ショット配列(ウエハグリッド)の非線形成分を補正するための非線形補正パラメータとに分類することも可能である。ショット配列の非線形成分は、高次関数又はXY座標系のマップとして表現されることが多いので、非線形補正パラメータは、一般的

に、その係数又はマップ上の補正量となる。

[0046] 主制御装置20は、上述したように、露光装置100の各種構成要素を制御するコンピュータシステムである。上述した露光装置100の各種動作は、主制御装置20の統括制御によって実現されるものである。上述した露光量制御系、同期制御系、フォーカス制御系、レンズ制御系などは、主制御装置20内に含まれている。また、主制御装置20は、デバイス製造・処理システム1000内に構築された通信ネットワークに接続され、その通信ネットワークを介して外部とのデータ送受信が可能となっている。主制御装置20は、この通信ネットワークを介して、コマンドを受けて動作する。また、主制御装置20は、各種制御誤差のトレースデータを解析装置170に送信するとともに、解析装置170によって最適化されたパラメータに関する情報を受信して、主制御装置20内に設定する。

[0047] [トラック]

図1に戻り、トラック200は、露光装置100を囲むチャンバ(不図示)に接するように配置されている。トラック200は、内部に備える搬送ラインにより、主として露光装置100に対するウエハWの搬入・搬出を行っている。

[0048] [コータ・デベロッパ]

トラック200内には、レジスト塗布処理を行うコータ、現像処理を行うデベロッパ、PEB処理を行うPEB装置などを備えるコータ・デベロッパ(C/D)110が設けられている。C/D110は、レジスト塗布、現像、PEB処理の処理状態を観測し、その観測データをログデータとして記録することができる。観測可能な処理状態としては、例えば、スピンコータの回転速度、現像中の温度、現像モジュール処理、PEBの温度均一性(ホットプレート温度均一性)、ウエハ加熱履歴管理(PEB処理後のオーババークを回避、クーリングプレート)の各状態がある。C/D110も、その装置パラメータの設定により、その処理状態をある程度調整することができる。このような装置パラメータには、例えば、ウエハW上のレジストの厚みを補正することができるパラメータ(レジストの滴下量、滴下間隔)、装置内の設定温度、スピンコータの回転速度などがある。

[0049] C/D110は、露光装置100、101、及び測定検査器120などの外部の装置とは、独立して動作可能である。C/D110は、トラック200内の搬送ラインに沿って配置さ

れており、この搬送ラインによって、露光装置100、101とC/D110とトラック200外部との間でウエハWの搬送が可能となる。また、C/D110は、デバイス製造・処理システム1000内の通信ネットワークと接続されており、外部とのデータ送受信が可能となっている。

[0050] すなわち、露光装置100と該露光装置100に隣接するトラック200内のC/D110、露光装置101と該露光装置101に隣接するトラック200内のC/D110は、相互にインライン接続されている。ここで、インライン接続とは、装置間及び各装置内の処理ユニット間を、ロボットアーム又はスライダ等のウエハWを自動搬送する搬送装置を介して接続することを意味する。このインライン接続により、露光装置100とC/D110との間、露光装置101とC/D110との間でのウエハWの受け渡し時間を格段に短くすることができる。

[0051] インライン接続された露光装置100とトラック200、露光装置101とトラック200は、これを一体として、1つの基板処理装置(100、200)、(101、200)とみなすこともできる。基板処理装置(100、200)、(101、200)は、ウエハWに対して、フォトリソ等の感光剤を塗布する塗布工程と、感光剤が塗布されたウエハW上にマスク又はレチクルRのパターンの像を投影することでウエハWを露光する露光工程と、露光工程が終了した後のPEB工程、その後のウエハWを現像する現像工程等を行う。露光セル700は、基板処理装置(100、200)、及び基板処理装置(101、200)をそれぞれ1つ備えているとみなすことができる。

[0052] [測定検査器]

測定検査器120、121は、ウエハWを対象とする種々の測定検査を行うことが可能な複合的な測定検査器である。測定検査器120、121は同機種であるため、以下では、測定検査器120を代表的に取り上げてその構成等について説明する。測定検査器120は、露光装置100におけるウエハステージWSTと同様に、ウエハWを保持するステージを備えている。このステージのXY位置は、ウエハステージWSTと同様に、不図示の干渉計により計測されている。測定検査器120のコントローラは、干渉計の計測位置により、ステージのXY位置を制御する。ウエハWの測定検査には、まず、ウエハWの位置合わせが必要となる。この測定検査器120は、露光装置100、101と

同様に、ウエハWの位置合わせが可能であり、露光装置100のアライメント系ALGと同様のアライメント系を備えている。測定検査器120におけるウエハWのアライメントは、露光装置100、101と同様のアライメント関連パラメータの下で、同じように行うことができる。

[0053] 測定検査器120は、この他、ウエハWに対する各種測定検査を行うべく、以下に示すセンサを備えている。

- (1)ウエハW上の反射防止膜、フォトリソ膜、トップコート膜等の膜の膜厚を測定するための干渉計
- (2)ウエハW上のアライメントマークの測定を行うために設けられたアライメント系であって、アライメント系ALGと同様のアライメント系
- (3)ウエハWの面形状(いわゆるショットフラットネス(デバイストップグラフィ、フォーカス段差))の計測を行う計測装置であって、フォーカス検出系AFと同様の計測装置
- (4)ウエハW上の異物及び／又はしみの検査を行うためのセンサであって、アライメント系又はレーザスキャン方式のセンサ
- (5)ウエハW上に形成されたパターンの線幅及び／又は重ね合わせ誤差の測定を行うためのセンサであって、デバイスパターンを撮像可能な撮像装置
- (6)ウエハW上のパターン欠陥の検査を行うためのセンサであって、高倍率の撮像装置又はレーザスキャン方式のセンサ

[0054] 測定検査器120には、この他にも、必要な測定検査内容に応じて、様々なセンサが設けられている。

[0055] 測定検査器120は、露光装置100、101及びC/D110とは、独立して動作可能である。露光セル700内の搬送ライン140は、露光装置100、101、C/D110、測定検査器120、121の間を、ウエハW毎に搬送可能であるものとする。また、測定検査器120は、通信ネットワークを介してデータの入出力が可能である。

[0056] [デバイス製造・処理装置群]

デバイス製造・処理装置群900としては、成膜装置910と、酸化・イオン注入装置920と、エッチング装置930と、化学的機械的研磨を行いウエハWを平坦化する処理を行うCMP (Chemical Mechanical Polishing) 装置940とが設けられている。成膜装

置910は、CVD(Chemical Vapor Deposition)等を用いて、ウエハW上に、反射防止膜、トップコート膜などの薄膜を生成する装置である。酸化・イオン注入装置920は、ウエハWの表面に酸化膜を形成し、又はウエハW上の所定位置に不純物を注入するための装置である。エッチング装置930は、現像されたウエハWに対しエッチングを行う装置である。CMP装置940は、化学機械研磨によってウエハWの表面を平坦化する研磨装置である。各装置とも、その処理パラメータの調整により、その処理状態を調整可能であるとともに、その処理状態を観測し、処理状態に関するデータをログデータとしてロギング可能である。また、各装置とも、通信ネットワークを介してデータ入出力が可能である。

[0057] 成膜装置910、酸化・イオン注入装置920、エッチング装置930及びCMP装置940の間は、相互間でウエハWを搬送可能とするための搬送経路が設けられている。デバイス製造・処理装置群900には、この他にも、プロービング処理、リペア処理、ダイシング処理、パッケージング処理、ボンディング処理などを行う装置も含まれている。

[0058] [搬送ライン]

搬送ライン800は、デバイス製造・処理装置群900の各種装置と、露光セル700との間で、ウエハWの搬送を行う。この搬送ライン800と、露光セル700内の搬送ライン140との協調動作により、ウエハWに対する処理が完了した装置から、ウエハWに対する次なる処理を行う装置まで、ウエハWが搬送される。

[0059] [管理コントローラ]

管理コントローラ160は、露光装置100、101により実施される露光工程を集中的に管理するとともに、トラック200内のC/D110、測定検査器120、121の管理及びそれらの連携動作の制御を行う。このようなコントローラとしては、例えば、パーソナルコンピュータ(以下、適宜PCと略述する)を採用することができる。管理コントローラ160は、デバイス製造・処理システム1000内の通信ネットワークを通じて、処理、動作の進捗状況を示す情報、及び処理結果、測定検査結果を示す情報を各装置から受信し、デバイス製造・処理システム1000の製造ライン全体の状況を把握し、露光工程等が適切に行われるように、各装置の管理及び制御を行う。

[0060] [解析装置]

解析装置170は、デバイス製造・処理システム1000内の通信ネットワークと接続されており、外部とデータ送受信が可能となっている。解析装置170は、ウエハWに関する情報及びウエハWに対するプロセスに関する情報を取得し、取得された情報の解析を行う。より具体的には、測定検査器120、121の測定検査結果の解析を行い、必要であれば、その解析結果に基づいて、露光装置100、101等の装置パラメータの最適化を行う。また、解析装置170は、ウエハWに対する測定検査を行うのに好適な測定検査器の選択又は測定検査器の測定検査条件等の調整を行う。

[0061] このような解析装置170を実現するハードウェアとしては、例えばパーソナルコンピュータを採用することができる。この場合、解析処理は、解析装置170のCPU(不図示)による解析プログラムの実行により実現される。解析プログラムは、CD-ROMなどのメディア(情報記録媒体)により供給され、PCにインストールされた状態で実行される。

[0062] また、解析装置170は、解析に必要なデータベースを備えている。このデータベースの1つとしてCDテーブル群がある。CDテーブル群は、露光装置100、101における照明条件と、露光量、同期精度、フォーカス、レンズの各制御誤差と、パターン線幅との関係が登録されたデータベースである。

[0063] このCDテーブル群は、ウエハW上に転写形成されたデバイスパターンの重ね合わせ誤差を測定する際に、デバイスパターンとともに転写された重ね合わせ誤差マークを選択するために用いられる。

[0064] 図3(A)には、ショット領域SA内にデバイスパターンとともに転写される重ね合わせ誤差測定用マークと、露光量、同期精度、フォーカス、レンズなどの各種制御系の制御誤差との関係が模式的に示されている。図3(A)に示される、ウエハW上のショット領域SAには、露光領域IAが、 $Y=0$ から $Y=Y_1$ に、一定のスキャン速度で、ウエハWに対して相対的に移動することによりデバイスパターンが転写されるものとする。また、このデバイスパターンは、重ね合わせ誤差測定用マークM1を含んでいるものとする。

[0065] 図3(B)～図3(E)には、露光量制御誤差、同期精度制御誤差、フォーカス制御誤差及びレンズ制御誤差のログデータの一例が、それぞれ示されている。図3(B)～図

3(E)に示されるように、これらのログデータのうち、重ね合わせ誤差測定用マークM1の転写に寄与するログデータは、 $Y=A$ から $Y=B$ までのログデータとなる。したがって、解析装置170は、露光量、同期精度、フォーカス誤差、レンズ誤差の $Y=A$ から $Y=B$ までのログデータの統計値(例えば、移動平均値(MEAN値)、移動標準偏差(MSD値)など)に基づいて、重ね合わせ誤差測定用マークM1が、実際に重ね合わせ誤差を測定するのに適当なマークであるか否かを判断する。

[0066] CDテーブル群には、ウエハステージWSTとレチクルステージの相対同期走査中における、露光装置100、101での照明条件と、露光量制御誤差、同期精度制御誤差、フォーカス制御誤差、及びレンズ制御誤差の統計値と、その地点でのパターン線幅との関係が蓄積されている。解析装置170は、露光装置100、101から取得した各種制御誤差ログデータに基づいて、ウエハW上に転写された各重ね合わせ誤差測定用マークのパターン線幅を推定し、そのマークが測定に適切であるか否かを判断するために、このCDテーブル群を参照する。なお、露光量制御誤差、同期精度制御誤差、又はフォーカスの制御誤差の統計値が、データベースに登録されていない値であった場合には、その値の近傍の幾つかの値の補間演算によって、パターン線幅を推定する。

[0067] CDテーブル群に基づいてパターン線幅を有効に推定するためには、そのテーブルに、各種制御誤差の統計値とパターン線幅との関係を予め登録しておく必要がある。この登録に際しては、実際に、ウエハWに対する露光装置100、101の露光中のトレースデータから算出された各種制御系の制御誤差の統計値と、測定検査器120で測定されたパターン線幅とをテーブル群に蓄積していけば良い。なお、CDテーブル群に登録されるパターン線幅は、測定検査器120の測定結果に基づくものでなく、SEMにより測定された値又はOCD法等により測定された値に基づくものであっても良いし、テストパターンの空間像を計測する空間像センサによって計測されるテストパターンの空間像から求められた値であっても良い。

[0068] なお、露光量誤差、同期精度誤差、フォーカス誤差、レンズ誤差が全く同じであっても、パターン線幅は、露光装置100、101の露光条件、転写されるパターンの設計条件、又は像高などによって異なるようになる。そのため、このテーブル群は、露光条

件、パターン設計条件、及び像高の組み合わせごとに用意される。このように、テーブル群については、露光条件、パターン設計条件、露光量制御誤差、同期精度制御誤差、フォーカス制御誤差、又はレンズ制御誤差をキーとして、パターン線幅の推定値を探索できるようにデータベース化しておく必要がある。なお、露光条件としては、露光波長、投影光学系NA、照明NA、照明 σ 、照明種類、焦点深度などがあり、パターンの設計条件としては、マスク線幅、ターゲット線幅(例えば130nm)、パターンピッチ、マスク種類(バイナリ、ハーフトーン、レベンソン)、パターン種類(孤立線、密集線(ライン・アンド・スペース・パターン))などがある。これらの露光条件と、パターン設計条件と、パターン線幅との関係、及びテーブルにおける像高などの諸条件の設定方法については、例えば特開2001-338870号公報に詳細に開示されている。

[0069] 解析装置170は、この他にも、解析結果を蓄積するデータベースを備えている。

[0070] [較正処理]

図1に示されるように、本実施形態に係るデバイス製造・処理システム1000は、同じ測定検査処理を行う複数の測定検査器120、121と、複数の露光装置100、101とを有している。したがって、例えば、同一のプロセスを実行する際に、一方の測定検査器、露光装置がビジー状態であれば、もう一方の測定検査器、露光装置を用いることにより、ウエハの待ち時間を短くして、スループットの向上を図ることができる。

[0071] しかしながら、測定検査器が異なれば、まったく同じウエハをロードしても、その測定検査結果に違いが生じる場合がある。これは、測定検査器が同じ機種であっても、それぞれの特性が装置間で異なるからである。そこで、上述のようなスケジューリングにより同種類の測定検査を行う複数の測定検査器120、121の機差を低減するために、実際の運用に先立って、測定検査器の較正処理を行う。

[0072] この較正処理には、較正用のウエハが用いられる。この較正用ウエハは、各装置100、101、120、121のアライメント系で測定可能な較正用のパターンが多数形成されたウエハである。較正用の測定検査パターンは、較正用のウエハ上のほぼ全面に渡って形成されている。

[0073] まず、露光装置100、101と測定検査器120、121に、較正用のパターンが形成さ

れた較正用ウエハを順次ロードし、較正用ウエハ上の同一のパターンをそれぞれのアライメント系で検出(測定)し、各装置100、101、120、121のアライメント系で取得されるマーク波形信号が同一となるように、各アライメント系の光学系(図2の露光装置100においては、アライメント光学系AS)と、アライメントセンサ(図2の露光装置100においては、アライメントセンサ21)とを調整する。較正用ウエハには、複数の異なる種類のパターン(例えば、線幅及び／又は形状がそれぞれ異なる複数の代表的なパターン)が多数計測されており、ここでは、これらすべてのパターンで、検出されたマーク波形が、装置間で一致するように、マッチング調整が行われる。

[0074] 次に、各装置100、101、120、121のフォーカス検出系AFのマッチング調整を行う。まず、露光装置100、101の投影光学系PLの最良結像面、測定検査器120、121の光学系の最良結像面などを空間像計測などの方法で求める。そして、ウエハWを保持するステージに設けられた基準マーク板FMを、その最良結像面に位置させる。フォーカス検出系AFを用いて、基準マーク板FMのデフォーカス量をフォーカス検出系AFの複数の計測点について検出する。このときの検出結果が、各計測点でのオフセット成分となる。また、ステージを投影光学系PLの光軸方向に移動させ、その時の複数の計測点でのデフォーカス量が同一となるように、フォーカス光学系(60a、60b)の調整と、フォーカスセンサ23のオフセット、ゲイン調整などを行う。

[0075] 上記2つのマッチング調整により、露光装置100、101、測定検査器120、121のアライメント系ALG及びフォーカス検出系AFは、同じウエハの同じマークに対しては、ほぼ同じ状態での測定が可能となる。

[0076] なお、この後、再度、露光装置100、101と測定検査器120、121に、較正用のパターンが形成された較正用ウエハを順次ロードし、各装置100、101、120、121のウエハWを保持するXY座標系と、干渉計の計測値にしたがってウエハWを保持するステージを移動させたときの座標系のずれを表すステージ移動の非線形成分(ステージグリッドの非線形成分)を求めるようにしても良い。ここでは、較正用ウエハ上に形成されたパターンを、アライメント系の検出視野内に位置させるように動かしつつ、そのパターンの位置を、アライメント系で測定する。このときのパターンの位置ずれの測定値が、ステージグリッドの非線形成分に相当する。この測定値は、装置パラメータと

して、各装置100、101、120、121に設定される。これにより、各装置間でのステージグリッドの差がほぼ0となる。従って、同じウエハWの同じマークをそれぞれ計測しようとして、そのマークをアライメント系の検出視野内に収めるべく、そのウエハWを保持するステージを移動させた場合、そのウエハWがステージ上に全く同じ状態で保持されていたとすれば、そのマークは、どの装置においても、アライメント系の検出視野内のほぼ同じ位置に位置決めされるようになる。

[0077] [デバイス製造工程]

次に、デバイス製造・処理システム1000における一連のプロセスの流れについて説明する。図4には、このプロセスのフローチャートが示されている。このデバイス製造・処理システム1000の一連のプロセスは、ホスト600及び管理コントローラ160によってスケジューリングされ管理されている。実際には、図4に示される処理が、ウエハ毎に、例えばパイプライン的に繰り返されることになる。

[0078] 図4に示されるように、まず、ステップ203では、レチクルRを、レチクルステージにロードし、レチクルRの位置合わせ(レチクルアライメント)、及びベースライン(オフアクシスのアライメント系ALGの検出中心とレチクルR上のパターンの投影中心との距離(位置関係))の計測などの準備処理を行う。この準備処理により、レチクルR上のデバイスパターンを、ウエハステージWST上で位置合わせされたウエハW上に既に形成されたショット領域SAに対して重ね合わせて転写する、重ね合わせ露光が可能となる。

[0079] この後、上記ステップ203と平行して、ウエハWに対する処理が行われる。まず、成膜装置910においてウエハW上に膜を生成し(ステップ205)、そのウエハWをC/D110に搬送し、C/D110においてそのウエハW上にレジストを塗布する(ステップ207)。

[0080] 次のステップ208では、ウエハWを測定検査するための測定検査器(120又は121)の選択と、その測定検査条件の設定を行う。この処理の流れは以下のようになっている。

[0081] (1)解析装置170がホスト600(又は管理コントローラ160)に対して、露光装置100、101のいずれで露光するか否かを問い合わせる。

(2) ホスト600 (又は管理コントローラ160) は、露光装置名を解析装置170に送る。

(3) 解析装置170は、選択された露光装置に対して、露光装置の処理条件に関するデータを問い合わせる。このデータには、アライメント系ALG及びフォーカス検出系AFなどの処理条件に関するデータが含まれる。

(4) 問い合わせを受けた露光装置は、測定検査条件に関するデータを、解析装置170に送る。

(5) 解析装置170は、受信したデータに基づいて、最適な測定検査器を選択する。

[0082] この場合、解析装置170は、ウェハWに対して露光を行う露光装置との相性によって、事前測定検査処理を行う測定検査器を選択することができる。例えば、後述するように、ウェハWに対して露光を行う露光装置として露光装置100が選択されている場合には、測定検査器におけるアライメント系の測定条件を、その露光装置100におけるアライメント系ALGの測定条件に合わせた場合に、その測定条件が、設定できる測定条件の範囲を超えていた場合には、その測定検査器を選択せず、他の測定検査器を選択するようにすれば良い。

(6) 解析装置170は、選択結果をホスト600 (又は管理コントローラ160) に返す。

(7) 解析装置170は、測定検査条件に関するデータを、選択された測定検査器に送る。このような測定検査条件には、例えば、アライメント光学系によるマーク計測時の波長及びフォーカスオフセット、アライメントセンサにより検出されたマーク波形データを処理する信号処理装置の処理条件、例えば、マーク長、マーク・タイプ、マーク・ピッチ、マーク幅、マーク・センターシフト、信号波形形状 (シングル/ダブル)、マーク検出アルゴリズム、マーク検出許容値、計測必要マーク数、計測必要ショット数及びEGAリミット値などのアライメント関連パラメータ、並びに信号出力のオフセット成分であるフォーカスオフセット、フォーカスセンサの配置、フォーカスセンサの選択及びフォーカス信号を処理するためのフォーカス計測アルゴリズムなどのフォーカス関連パラメータがある。

(8) 選択された測定検査器は、受信したデータに従って、測定検査条件を設定する。

[0083] 次のステップ209では、ステップ208で選択された測定検査器 (120又は121) にお

いて、ウエハWの測定検査処理を行う。より具体的には、選択されたウエハWを、測定検査器120に搬送し、そのステージ上にウエハWをロードする。

[0084] そして、アライメント系ALGを用いて、ステージ上のウエハWのアライメントを行う。前述のように、露光装置100、101と、測定検査器120、121とでは、アライメント光学系AS、アライメントセンサ21については、較正用ウエハ等を用いて、マッチング調整がなされており、上記ステップ208において、アライメント系ALGの他の計測条件も、露光装置と一致するように調整されているため、同一マークに対するマーク検出波形はほぼ同一となり、いずれの測定検査器であっても、露光装置と全く同じ状態で、マークを検出することが可能となる。すなわち、この時点で、測定検査器120、121の機差は解消されている。

[0085] なお、このアライメントでは、ウエハW上のショット領域SAの配列の非線形成分、及びショット領域SA自体の非線形成分まで検出するようにしても良い。図5(A)～図5(C)には、ショット領域SA内に形成された重ね合わせ測定用マークM1の位置と、ショット領域SAの配列と、ショット領域SA自体との関係が模式的に示されている。

[0086] 図5(A)は、ショット領域SAの配列(ウエハグリッド)が、線形成分のみを有している場合の図である。図5(A)に示される左側のショット領域SAの配列に対し、右側のショット領域の配列のウエハグリッドは、回転、倍率、オフセット成分のみを有しており、マークM1の位置は、その線形成分のみで求めることができる。したがって、この場合、ショット領域SAの配列の線形成分に従えば、マークM1を、アライメント系ALGの検出視野の中心に位置させることができるようになる。

[0087] 図5(B)は、ショット領域SAの配列(ウエハグリッド)が、線形成分の他に、非線形成分を有している場合の図である。図5(B)の左側には、線形成分のみを有するショット領域SAの配列が示されているのに対し、図5(B)の右側のショット配列は、隣接するショット配列の位置関係が変化しており、その分だけマークM1の位置が変化している。この場合には、ショット領域SAの配列の線形成分及び非線形成分に従えば、マークM1を、アライメント系ALGの検出視野の中心に位置させることができるようになる。

[0088] 図5(C)に示されるように、ショット配列の線形成分、非線形成分に加え、ショット領

域SA自体が変形していた場合にも、マークM1の位置はさらにシフトすることになる。この場合には、ショット領域SAの配列の線形成分及び非線形成分に加え、ショット領域SA自体の変形をも考慮すれば、重ね合わせ誤差測定用マークM1を、アライメント系ALGの検出視野の中心に位置させることができるようになる。

[0089] このように、事前測定検査処理を行う際に、ショット領域SAの配列の非線形成分、及びショット領域SA自体の変形成分までも考慮してステージを位置決めすれば、測定対象のマークを、アライメント系ALGの検出視野の中心に常に位置させることができるようになり、アライメント光学系ASが有する収差成分によるマーク検出誤差のばらつきを低減することが可能となる。このようなアライメントを行うためには、ショット領域SAの配列の非線形成分、及びショット領域SA自体の変形成分までも考慮したEGA多項式モデル式を採用する必要がある。

[0090] そして、選択された測定検査器(120、121のいずれか)では、ウエハW上に、既に形成された前層の複数のショット領域SAのうち、測定対象として選択されたショット領域SA(以下、計測ショットと呼ぶ)について、ショットフラットネス(ショット領域のフォーカス段差)の測定を行う。この計測ショットの数及び配置は、任意のものとすることができるが、例えば、ウエハWの外周部の8ショットとすることができる。また、測定検査処理では、ウエハW上の膜の検査、アライメント関連パラメータの最適化のためのマーク測定なども行う。

[0091] 測定検査器(120、121のいずれか)の測定検査結果は、露光装置100、101及び解析装置170に送られる。解析装置170は、必要に応じて、例えば、マークの測定結果に基づいて、露光装置100、101のアライメント関連パラメータの最適化などを行う。この最適化結果は、該当する露光装置に送られ、その露光装置は、アライメント関連パラメータの最適値を設定する。また、この測定結果(例えばフォーカス段差)は、露光装置(100又は101)における走査露光時のフォーカス制御に用いられる。

[0092] 続いて、ウエハを露光装置(100とする)に搬送し、露光装置100にてレチクルR上の回路パターンをウエハW上に転写する露光処理を行う(ステップ211)。このとき、露光装置100では、計測ショット露光中の露光量制御誤差、同期精度制御誤差、フォーカス制御誤差、レンズ制御誤差のトレースデータをモニタリングし、内部のメモリ

にログデータとして記憶しておく。次に、ウェハWをC/D110に搬送して、C/D110にて現像処理を行う(ステップ213)。

[0093] 次のステップ214では、事後測定検査処理を行う測定検査器の選択及び測定検査条件の設定を行う。その後、このレジスト像の線幅の測定、ウェハW上に転写されたデバイスパターンの線幅測定及びパターン欠陥検査などの事後測定検査処理を行う(ステップ215)。このステップ214、215は、後述するエッチング処理後に行うようにしても良い。

[0094] 事後測定検査処理の処理内容としては、様々なものがあるが、例えば、以下のものがあげられる。

(1) デバイスパターンの重ね合わせ誤差測定

(2) デバイスパターンのパターン欠陥検査

以下、(1)、(2)の測定検査処理各々について、ステップ214、215の処理を、詳細に説明する。ステップ214において、測定検査器の選択までは、前述したとおりであるので、測定検査器が選択されてから以降の処理について説明する。

[0095] [デバイスパターンの重ね合わせ誤差測定]

まず、選択された測定検査器は、露光装置(100、101のいずれかであるが、ここでは露光装置100とする)に対して、測定検査に必要な処理条件などに関するデータを問い合わせる。露光装置100は、重ね合わせ誤差測定に必要な情報、例えば、露光装置100内の環境(温度、湿度、気圧)、アライメント系ALGの測定条件、ウェハWのアライメント結果のデータ(ウェハグリッド及びショット領域SA自体の変形成分)、ウェハWの面形状などのデータ(フォーカス段差データ)、及びフォーカス関連パラメータなどを測定検査器に送る。測定検査器は、送られた情報にしたがって、測定検査器内の環境、及びアライメント系の測定条件などを、露光装置100にあわせる。

[0096] デバイスパターンの重ね合わせ誤差測定では、露光装置100におけるアライメント系ALGの測定条件(アライメント装置22の処理条件など)が設定された状態で、アライメントが行われるようになる。

[0097] そして、ウェハW上の重ね合わせ誤差測定用マークの測定を行う。ここでは、測定対象となるマークに対する光学系のフォーカス合わせを、露光装置100と同じフォー

カス関連パラメータの下で、事前測定検査処理で測定されたフォーカス段差のデータを考慮して行う。このようにすれば、マークに対するフォーカス合わせに要する時間を短くすることが可能となる。

[0098] また、ショット領域SAには、多数の重ね合わせ誤差測定用マークが形成されているため、形成状態が良好でないマークについては、測定対象から除外することができる。この場合、選択された測定検査器は、解析装置170に測定対象から除外すべきマークについて問い合わせる。解析装置170は、この問い合わせを受信した後、露光装置100に対して、ログデータの送信を要求する。露光装置100は、そのウエハWに対する処理を行ったときのログデータを解析装置170に送信する。解析装置170は、受信したログデータに基づいて、図3(A)～図3(E)に示されるように、重ね合わせ誤差測定用マークが形成されている地点での制御誤差を、AB間のログデータから算出する。そして、その制御誤差をキーとして、CDテーブル群を参照し、その重ね合わせ誤差測定用マークの推定線幅値を求める。そして、その推定線幅値が、設計線幅から所定値以上ずれている場合には、その重ね合わせ誤差測定用マークを測定対象から除外するように設定する。そして、測定対象となっているウエハW上の重ね合わせ誤差測定用マーク各々の解析結果を、測定検査器に返す。

[0099] なお、解析装置170では、マークの除外のほかにも様々な処理が可能である。例えば、重ね合わせ誤差測定用マークが、ライン・アンド・スペース・パターン(L/Sパターン)であり、その重ね合わせ誤差測定用マークの非対称性が、露光装置100のログデータに基づいて推定可能である場合には、その非対称性から推定されるマークの位置ずれ量を解析結果として算出するようにしても良い。

[0100] 解析装置170から解析結果を受信した測定検査器は、その結果に基づいて、除外されていない重ね合わせ誤差測定用マークによる重ね合わせ誤差の測定を行い、必要であれば、その重ね合わせ誤差を、上述のようにして算出された位置ずれ量で補正する。

[0101] なお、解析装置170は、露光装置100のログデータだけでなく、C/D110のログデータ、事前測定検査処理等の少なくとも1つにおいて行われたウエハWの膜の測定検査結果(膜厚、膜上のクラッチ、はがれなど、又はそれらの組合せ)を参照して、

重ね合わせ誤差測定用マークの除外、位置ずれ量の推定などを行うようにしても良い。また、解析装置170は、露光装置の環境に関するデータから重ね合わせ誤差測定用マークの位置ずれ量がある程度推定可能である場合には、その位置ずれ量を算出し、測定検査器に送るようにしても良い。この場合、位置ずれ量の推定には、例えば次式を用いることができる。

[0102] [数1]

$$\begin{aligned} \text{Result} = & \text{Result} + \alpha \times \Delta \text{Temperature} + \text{offsetT} \\ & + \beta \times \Delta \text{Humid} + \text{offsetH} + \\ & + \gamma \times \Delta \text{Press} + \text{offsetP}. \quad \cdots(1) \end{aligned}$$

ここで、Resultは、算出するマークの位置ずれ量である。Resultは、1サンプル前の値の増分値で算出される。その増分値は、そのサンプリング時間における温度変化 $\Delta \text{Temperature}$ と、湿度変化 ΔHumid と、気圧変化 ΔPress との1次関数となっている。 α 、 β 、 γ は、それぞれの係数であり、offsetT、offsetH、offsetPは、温度変化、湿度変化、気圧変化に対するオフセット成分である。なお、式(1)において右辺のResultが1サンプル前の値であり、左辺のResultは更新された値を示す。1サンプル前のResultに露光装置の環境に関するデータを加味した結果、左辺の更新されたResultが得られることを式(1)は示している。

[0103] なお、係数 α 、 β 、 γ と、オフセットoffsetT、offsetH、offsetPは、過去に取得された、温度変化、湿度変化及び気圧変化と、マークの位置ずれ量との関係を表す統計データに基づいて、例えば、統計解析などの手法を用いて求めることができる。例えば、1ヶ月の間、1日の間における、それらの関係を測定し、その測定データを用い、最小二乗法などを用いて、上記係数とオフセットとを算出することができる。

[0104] [デバイスパターンの欠陥検査]

まず、選択された測定検査器は、露光装置(100とする)に対して、測定検査に必要な処理条件などに関するデータを問い合わせる。露光装置は、デバイスパターンの欠陥検査に必要な情報、例えば、露光装置内の環境(温度、湿度)、アライメント系ALGの測定条件、ウエハWのアライメント結果のデータ(ウエハグリッド及びショット領域SA自体の変形成分)、ウエハWの面形状などのデータを測定検査器に送る。測

定検査器は、送られた情報にしたがって、測定検査器内の環境及びアライメント系の測定条件、並びにフォーカス関連パラメータ(フォーカス段差データ含む)などを、露光装置100に合わせる。

- [0105] デバイスパターンの欠陥検査においても、露光装置100におけるアライメント系ALGの測定条件(アライメント装置22の処理条件など)が設定された状態で、ウエハアライメントが行われるようになる。
- [0106] そして、ウエハW上の重ね合わせ誤差測定用マークの測定を行う。ここでは、計測対象となるマークに対する測定光学系のフォーカス合わせを、事前測定検査処理で測定されたフォーカス段差データを考慮して行う。このようにすれば、マークに対するフォーカス合わせに要する時間を短くすることが可能となる。
- [0107] 選択された測定検査器は、解析装置170に対し、測定処理内容について問い合わせる。すると、解析装置170は、この問い合わせを受信した後、露光装置100に対して、ログデータの送信を要求する。露光装置は、そのウエハWに対する処理を行ったときのログデータを解析装置170に送信する。解析装置170は、受信したログデータに基づいて、図3(A)～図3(E)に示されるように、検査対象のパターンが形成されている地点での制御誤差を、AB間のログデータを用いて算出する。そして、その制御誤差をキーとして、CDテーブル群を参照し、パターンの推定線幅値を求める。そして、その推定線幅値が、設計線幅から所定値以上ずれているパターンに対しては、ファインにパターン検査を行うように、設定する。そして、測定対象となっているウエハW上の重ね合わせ誤差測定用マーク各々の解析結果を、測定検査器に返す。
- [0108] なお、測定検査器では、解析結果に従って、パターン欠陥検査を行う。ここで、制御誤差が大きく、パターン欠陥が発生している可能性が高い場所では、欠陥検査の検出感度を高めに設定するようにしても良い。また、制御誤差が小さく、推定線幅値と設計線幅とがほぼ一致すると考えられる場所については、パターンの信頼性が高いと考えられるため、パターン欠陥検査の検出感度を低めに設定する、あるいは比較的ラフなパターン検査を行うなどが可能である。
- [0109] なお、解析装置170は、露光装置のログデータだけでなく、C/D110のログデータ、事前測定検査処理等の少なくとも1つにおいて行われたウエハWの膜の測定検

査結果(膜厚、膜上のクラッチ、はがれなど、又はその組合せ)を参照して、パターン欠陥検査の感度設定を行うようにしても良い。

[0110] 上述のようにして、ステップ214、215の処理が行われた後、ウエハWは、測定検査器からエッチング装置930に搬送され、エッチング装置930においてエッチングを行い、不純物拡散処理、配線処理、成膜装置910にて成膜、CMP装置940にて平坦化、酸化・イオン注入装置920でのイオン注入処理などを必要に応じて行う(ステップ219)。そして、全工程が完了し、ウエハ上にすべてのパターンが形成されたか否かを、ホスト600において判断する(ステップ221)。この判断が否定されればステップ205に戻り、肯定されればステップ223に進む。このように、成膜・レジスト塗布～エッチング等という一連のプロセスが工程数分繰り返し実行されることにより、ウエハW上に回路パターンが積層されていき、半導体デバイスが形成される。

[0111] 繰り返し工程完了後、プロービング処理(ステップ223)、リペア処理(ステップ225)が、デバイス製造・処理装置群900において実行される。ステップ223において、メモリ不良を検出した時には、ステップ225において、例えば、冗長回路へ置換する処理が行われる。解析装置170は、パターン欠陥が発生した箇所などの情報を、プロービング処理、リペア処理を行う装置に送るようにすることもできる。不図示の検査装置では、ウエハW上の線幅異常が発生した箇所については、チップ単位で、プロービング処理、リペア処理の処理対象から除外することができる。その後、ダイシング処理(ステップ227)、パッケージング処理、ボンディング処理(ステップ229)が実行され、最終的に製品チップが完成する。なお、ステップ215の事後測定検査処理は、ステップ219のエッチング後に行うようにしても良い。この場合には、エッチング後にウエハW上に形成される像(以下、エッチング像とも呼ぶ)に対し重ね合わせ誤差、及び／又はパターン欠陥検査が行われるようになる。現像後、エッチング後の両方に行うようにしても良い。この場合には、レジスト像に対しても、エッチング像に対しても測定検査が行われるようになるので、それらの測定結果に違いに基づいて、エッチング処理の処理状態を検出することができるようになる。

[0112] 図6には、測定検査器において、露光装置と一致させることが可能な処理条件が模式的に列挙されている。

- [0113] 図6に示されるように、露光装置と、測定検査器とでは、まず、露光時の温度・湿度・気圧などの環境データを、測定検査器と一致させることができる。測定検査器は、露光装置から、直接、あるいは、解析装置170、管理コントローラ160、又はホスト600を介して、露光装置で露光が行われたときの環境データを取得し、そのデータが示す環境と、装置内の環境とが同じとなるように、装置内の環境制御を行い、環境が同じになった状態で、ウエハWに対する測定検査を行う。
- [0114] さらに、露光装置と、測定検査器とでは、アライメント系の調整を行う。
- [0115] マークを検出するためのアライメント光学系、マーク波形信号を検出するためのアライメントセンサなどのハードウェアの処理条件の一部は、較正用ウエハを用いた較正処理によりマッチング調整される。そして、ウエハWごとに異なる条件が要求されるものの、例えば、アライメント光学系によるマーク計測時の波長及びフォーカスオフセット、及びアライメントセンサにより検出されたマーク波形データを処理する信号処理装置の処理条件、例えば、マーク長、マーク・タイプ、マーク・ピッチ、マーク幅、マーク・センターシフト、信号波形形状(シングル/ダブル)、マーク検出アルゴリズム、マーク検出許容値、計測必要マーク数、計測必要ショット数及びEGAリミット値などのパラメータは、ウエハWに対する事前測定検査処理、及び事後測定検査処理に先立って、露光装置と測定検査器とで一致するように、条件設定が行われる。
- [0116] さらに、アライメント用又はデバイスパターン処理用のフォーカス信号を検出するためのフォーカス光学系、及びフォーカスセンサなどのハードウェアの処理条件の一部は、基準マーク板FM(又は較正用ウエハ)を用いた較正処理によりマッチング調整される。そして、ウエハWごとに異なる条件が要求されるもの、フォーカス光学系、フォーカスセンサの一部の処理条件、それらにより検出されたフォーカス信号を処理する信号処理装置の処理条件、デバイス段差補正マップ、フォーカスオフセット、フォーカスセンサ配置、フォーカスセンサ選択、及びフォーカス検出アルゴリズムなどのパラメータは、ウエハWに対する測定検査処理に先立って、露光装置と測定検査器とで一致するように、条件設定が行われる。
- [0117] さらに、ウエハW上のマーク計測にあたり、そのマークをアライメント系の検出視野に移動させる必要がある。しかるに、ウエハW上のマークの実際の位置は、そのマー

クを含むショット領域SAの配列(ウエハグリッド)及び／又はショット領域SA自体のデバイスパターンの歪み(転写される時のデバイスパターンの像の歪み)に応じて設計上の位置からずれる。ショット領域の配列及びデバイスパターンの歪みは、回転、倍率、オフセットなどの線形成分の他、高次関数でなければ表現することができない非線形成分を含んでいる。アライメント系では、これらの非線形成分をも考慮すれば、計測対象のマークを、常に、アライメント系の検出視野の中心に位置させることができるようになる。

- [0118] また、事後測定検査処理において、ウエハW上のデバイスパターンの重ね合わせ誤差の測定を行う場合には、各重ね合わせ誤差測定用マークが、測定するにふさわしいか否かを、露光装置100、101の各種制御誤差のログデータ、C/D110の処理状態、レジスト膜の計測結果を考慮して判断する。例えば、これらのログデータに基づいて、重ね合わせ誤差の測定に不適なマークを除外したり、マークの測定条件を調整したり、マークの重ね合わせ誤差測定用マークの測定位置を補正したりする。このようにすれば、測定検査結果を安定化させて、機差を低減することが可能となる。
- [0119] さらに重ね合わせ誤差計測にあたっては、露光装置の環境に、測定検査器の環境をあわせたり、重ね合わせ誤差測定用マークの計測位置を補正することも可能である。
- [0120] また、事後測定検査処理において、ウエハW上のデバイスパターンの線幅測定及び／又はパターン欠陥の検査を行う場合には、露光装置100、101の各種制御誤差のログデータ、C/D110の処理状態、及びレジスト膜の計測結果を考慮する。例えば、これらのログデータに基づいて、パターン線幅異常及び／又はパターン欠陥が発生している可能性が高い領域については、細かく検査する、あるいは検査感度、検査分解能、検査アルゴリズムなどの検査条件を調整する。
- [0121] さらに、較正用ウエハ上に形成された測定検査パターンは、厳格な基準の下で転写形成されたものではあるが、プロセスウエハ上のパターンと同様に、露光装置により転写されたものであり、露光装置の投影光学系の収差の影響を受けたものであるため、収差による測定検査パターンの変形を考慮して、較正用ウエハの測定検査パターンの測定検査結果によるアライメント系のマッチング調整を行うようにしても良い。

- [0122] 以上の点において、露光装置と測定検査器とで処理条件を一致させた場合には、露光装置と測定検査器との処理状態がほぼ同一となり、そのウエハWに対する測定検査器間の測定検査結果の機差が低減するようになり、常に、安定した測定検査が可能となる。なお、較正用ウエハ又は基準マーク板を用いたアライメント系及び／又はフォーカス系の較正処理は、プロセスを実行する前に行う必要があるが、その他の処理条件の調整を行う順番は特に限定されない。
- [0123] 以上詳細に説明したように、本実施形態によれば、ウエハWに関する情報、及び／又はそのウエハWに対する一連の基板処理に関する情報に基づいて、同一の測定検査処理を行う複数の測定検査器120、121の中から、ウエハWの測定検査に好適な測定検査器を選択するとともに、実際のウエハW及び／又はその基板処理に応じて測定検査器120、121の測定検査条件を調整したり、その測定検査結果を補正したりする。これにより、そのウエハWに応じた状態での測定検査が可能となるため、実際のプロセスウエハWを測定検査する際の測定検査器120と測定検査器121との間の機差を低減することが可能となる。
- [0124] さらに、本実施形態によると、実際の運用に先立って、露光装置100、101、測定検査器120、121にそれぞれ、較正用ウエハを順次ロードして、それぞれのアライメント系ALGによって、較正用ウエハ上の同一の測定検査用マークを、測定検査させ、その測定検査結果が、露光装置100、101と測定検査器120、121とで一致するように、アライメント系ALGの検出系の動作条件を較正する較正工程を行うことができる。これにより、測定検査器120、121間、露光装置と測定検査器との間などで、同一のマークの測定検査結果が同一となるように、アライメント系ALGのハードウェアがマッチング調整されるようになる。
- [0125] なお、本実施形態では、露光装置100、101と、測定検査器120、121とが同じ構成を有するアライメント系(オートフォーカス機構を含む)を備えているものとしたが、各装置のアライメント系は、必ずしも同一のハードウェア構成を有している必要はない。例えば、本実施形態では、露光装置100、101と、測定検査器120、121とが、ウエハW上のアライメントマークに相当する波形データを光電検出するアライメント光学系AS及びアライメントセンサ21と、そのアライメントマークのフォーカス状態を検出

するフォーカス光学系(60a, 60b)及びフォーカスセンサ23とを備えるものとしたが、これに限らず、アライメント光学系AS及びアライメントセンサ21、又はフォーカス光学系(60a, 60b)及びフォーカスセンサ23が、共通であれば良い。この場合にも、その共通なハードウェアの動作条件を校正用ウエハを用いて校正することが可能である。

[0126] すなわち、各装置で、検出系のすべてが共通である必要はなく、そのうち一部に共通な部分があれば、その部分での処理条件を調整することが可能である。また、検出系に共通する部分がなくても、測定検査結果ができる限り一致するように、調整することも可能である。

[0127] なお、測定検査器の測定条件等を調整するために用いられる、一連の基板処理に関するデータとしては、様々なものを適用することができる。例えば、基板処理によりウエハW上に形成されたアライメントマークの検出処理に関するデータ、露光装置100、101のアライメント系ALGのマークのフォーカス状態に関するデータ、露光によりウエハW上に形成されたショット領域SAの配列に関するデータ、露光によりウエハW上に形成されたデバイスパターンの歪み(ショット領域SAの変形)に関するデータ、露光装置100、101の処理状態に関するデータ、露光装置100、101内の環境に関するデータ、及びウエハW上に生成された膜の測定検査結果に関するデータなどを適用することができる。

[0128] これらのデータを用いて、様々な測定検査内容の測定検査条件、及び／又は測定検査結果の調整が可能となる。例えば、ウエハW上に重ね合わせて形成されたデバイスパターンに含まれる複数の重ね合わせ誤差測定用マークの測定処理に関して、露光装置100、101の処理状態に関する情報と、露光装置100、101の環境に関するデータと、ウエハW上に生成された膜の測定検査結果に関するデータとの少なくとも1つに基づいて、重ね合わせ誤差測定用マークの測定条件、測定結果及び測定環境の少なくとも1つの調整を行うことができる。

[0129] さらに、露光装置100、101の処理状態に関する情報と、露光装置100、101内の環境に関する情報と、ウエハW上に生成された膜の測定検査結果に関する情報との少なくとも1つに基づいて、異常と判断された重ね合わせ誤差測定用マークを除外するようにしても良い。

- [0130] また、ウエハW上に形成されたデバイスパターンのパターン欠陥検査であれば、露光装置100、101の処理状態に関する情報と、ウエハW上に生成された膜の測定検査結果に関する情報との少なくとも一方に基づいて、パターン欠陥検査の検査条件を調整することができる。より具体的には、異常と判断された部分を、正常と診断された部分に比して、重点的に検査する。さらに、正常と診断された部分のパターン欠陥の検査頻度を減らすようにすれば、全体のスループットの低下を防止することができる。
- [0131] また、本実施形態では、測定検査器の調整に実際のプロセスウエハを用いたが、測定検査器120、121と露光装置100、101とのハードウェアのマッチング調整に利用された、較正用ウエハを用いるようにしても良い。この場合、較正用ウエハ上に形成された測定検査用パターンの歪みに関するデータ(例えば、そのパターンを転写した露光装置の投影光学系の収差データ)を考慮して、測定検査処理を行う測定検査器として選択された測定検査器の測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整することができる。
- [0132] また、本実施形態では、測定検査器120、121の選択、調整を行うためのデータとして、露光装置100、101の処理状態に関するデータ、すなわち露光におけるウエハWとデバイスパターンとの制御誤差に関するデータその他、例えば、C/D110における膜生成処理及び／又は現像処理における制御誤差に関するデータを用いることも可能とした。なお、これに限らず、デバイス製造・処理装置群900の各装置の処理状態に関するデータを、その処理後のウエハWの測定検査を行う測定検査器の調整に用いることも可能である。
- [0133] なお、レチクルR上には、通常、複数の異なる重ね合わせ誤差測定用マークが形成されている場合が多い。例えば、図7(A)～図7(E)に示されるような、マークが重ね合わせ誤差測定用マークとして、レチクルR上に形成されており、デバイスパターンとともに、ウエハW上に転写形成されているものとする。
- [0134] 重ね合わせ誤差測定用マークとしては、いずれか1つのマークを選択すれば良い。本実施形態では、図7(A)～図7(E)に例示されるマークのうち、測定検査器間での測定検査結果の機差が最小となるようなマークを選択することも可能である。このよう

にしても、測定検査状態が安定し、測定検査器間の機差が低減する。

- [0135] なお、上記実施形態では、解析装置170は、露光装置100からログデータをそのまま取得したが、露光装置100で、制御誤差の統計値(MSD値、MEAN値)が算出されていれば、その統計値を取得するようにしても良い。
- [0136] また、上記実施形態では、ウェハ1枚1枚について、測定検査器の測定検査条件等の調整を行ったが、本発明はこれには限られない。例えば、測定検査結果の異常が検出される度に行うようにしてもよく、所定のインターバル(ウェハ数枚置き、所定時間経過毎)で行うようにしても良い。
- [0137] 上記実施形態では、測定検査器120、121を露光装置100等とインラインに接続するものとしたが、測定検査器120、121は、露光装置100及びトラック200とはインラインに接続されていないオフラインの測定検査器であっても良い。
- [0138] さらに、特開平11-135400号公報、特開2000-164504号公報、国際公開第2005/074014号パンフレット、国際公開第1999/23692号パンフレット、米国特許第6,897,963号明細書などに開示されるように、ウェハWを保持するウェハステージと、基準マークが形成された基準部材及び各種の光電センサを搭載した計測ステージとを備えた露光装置にも本発明を適用することができる。
- [0139] なお、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置について説明したが、本発明は、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置は勿論、その他の露光装置、例えば、プロキシミティ方式の露光装置などにも適用できる。また、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも本発明を好適に適用することができる。これに代表されるように、各種装置についても、その種類には限定されない。例えば、レチクルRに代えて、例えば米国特許第6,778,257号明細書に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて、透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスク(可変成形マスク、アクティブマスク、あるいはイメージジェネレータとも呼ばれ、例えば非発光型画像表示素子(空間光変調器)の一種であるDMD(Digital Micro-mirror Device)などを含む)を採用した露光装置であっても良い。
- [0140] また、例えば国際公開第98/24115号パンフレット、国際公開第98/40791号

パンフレット、特開平10-163099号公報及び特開平10-214783号公報(対応米国特許第6,590,634号明細書)、特表2000-505958号公報(対応米国特許第5,969,441号明細書)、米国特許第6,208,407号明細書などに開示されるような、ウェハステージを複数備えたマルチステージ型の露光装置にも適用できる。また、例えば国際公開第99/49504号パンフレット、国際公開第2004/053955号パンフレット(対応米国特許出願公開第2005/0252506号明細書)、米国特許第6,952,253号明細書、欧州特許出願公開第1420298号明細書、国際公開第2004/055803号パンフレット、国際公開第2004/057590号パンフレット、米国特許出願公開第2006/0231206号明細書、米国特許出願公開第2005/0280791号明細書などに開示される液浸法を用いる露光装置にも本発明を適用することができるのは勿論である。この場合、投影光学系と基板との間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、本発明は、特開平6-124873号公報、特開平10-303114号公報、米国特許第5,825,043号明細書などに開示されているような露光対象の基板の被露光面全体が液体中に浸かっている状態で露光を行う液浸露光装置にも適用可能である。例えば露光装置100が液浸露光装置で、露光装置101が液浸でない露光装置であっても構わない。

[0141] なお、上記実施形態で引用した露光装置などに関する全ての公報、国際公開パンフレット、米国特許出願公開及び米国特許明細書の開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

[0142] また、本発明は、半導体製造工程に限らず、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造工程にも適用可能である。また、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する工程、薄膜磁気ヘッドの製造工程、及び撮像素子(CCDなど)、マイクロマシン、有機EL、DNAチップなどの製造工程の他、すべてのデバイス製造工程における線幅管理に本発明を適用することができるのは勿論である。

[0143] また、上記実施形態では、解析装置170を、例えばPCとした。すなわち解析装置170における解析処理は、解析プログラムが、PCで実行されることにより実現されている。この解析プログラムは、上述したようにメディアを介してPCにインストール可能となっても良いし、インターネットなどを通じてPCにダウンロード可能となっても

良い。また、解析装置170がハードウェアで構成されていても構わないのは勿論である。また、上記実施形態では、独立した解析装置170を備えるようにしたが、解析装置170は、測定検査器120、121の各々に設けられるようにしても良い。この場合、それぞれの測定検査器120、121に備えられた解析機能は、ウエハWに関するデータ、及び／又は露光装置100、101の処理状態のデータに基づいて、自身がそのウエハWを測定検査するのに適切であるか否か判断することになる。

産業上の利用可能性

[0144] 以上説明したように、本発明のデバイス製造方法、デバイス製造システム及び測定検査装置は、デバイスを生産するのに適している。

請求の範囲

- [1] 基板に対する測定検査処理を含む一連の基板処理を経てデバイスを製造するデバイス製造方法であって、
- 前記基板に関する情報と、当該基板に対する一連の基板処理に関する情報との少なくとも一方を取得する取得工程と；
- 取得された前記情報に基づいて、同一の測定検査処理を行う複数の測定検査器の中から、実際に前記基板を測定検査する1つの測定検査器を選択する選択工程と；
- 取得された前記情報に基づいて、選択された前記測定検査器の測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整する調整工程と；を含むデバイス製造方法。
- [2] 請求項1に記載のデバイス製造方法において、
- 前記測定検査器に設けられ、前記基板に関する情報を検出する検出系と、前記基板処理を行う基板処理装置に設けられ、前記基板に関する情報を検出する検出系との少なくとも一部が共通する場合に、
- 前記調整工程に先立って、
- 校正用の基準基板を用いて、前記測定検査器と前記基板処理装置との検出系の共通部の動作条件を校正する校正工程をさらに含むデバイス製造方法。
- [3] 請求項2に記載のデバイス製造方法において、
- 前記検出系は、
- 前記基板上のパターンに関する情報を光電検出するパターン検出系と、
- 前記検出系に対する前記基板のフォーカスに関する情報を検出するフォーカス検出系との少なくとも一方を備えるデバイス製造方法。
- [4] 請求項1～3のいずれか一項に記載のデバイス製造方法において、
- 前記基板に対する一連の基板処理に関する情報は、
- 前記基板処理により前記基板上に形成された位置合わせ用マークの検出処理に関する情報と、
- 前記基板処理装置のフォーカスに関する情報と、

前記基板処理により前記基板上に形成されたパターンの配列に関する情報と、
前記基板処理により前記基板上に形成されたパターンの歪みに関する情報と、
前記基板処理の処理状態に関する情報と、
前記基板処理の環境に関する情報と、
前記基板上に生成された膜の測定検査結果に関する情報と、の少なくとも1つを含むデバイス製造方法。

- [5] 請求項4に記載のデバイス製造方法において、
前記測定検査処理は、
前記基板上に重ね合わせて形成されたデバイスパターンに含まれる複数の重ね合わせ誤差測定用マークの測定を含み、
前記調整工程では、
前記基板処理の処理状態に関する情報と、前記基板処理の環境に関する情報と、
前記基板上に生成された膜の測定検査結果に関する情報との少なくとも1つに基づいて、重ね合わせ誤差測定用マークの測定条件、測定結果及び測定環境の少なくとも1つの調整を行うデバイス製造方法。
- [6] 請求項4に記載のデバイス製造方法において、
前記測定検査処理は、
前記基板上に重ね合わせて形成されたデバイスパターンに含まれる複数の重ね合わせ誤差測定用マークの測定を含み、
前記調整工程では、
前記基板処理の処理状態に関する情報と、前記基板処理の環境に関する情報と、
前記基板上に生成された膜の測定検査結果に関する情報との少なくとも1つに基づいて、異常と判断された重ね合わせ誤差測定用マークを除外するデバイス製造方法。
。
- [7] 請求項4に記載のデバイス製造方法において、
前記測定検査処理は、
前記基板上に形成されたデバイスパターンのパターン線幅検査及びパターン欠陥検査の少なくとも一方を含み、

- 前記調整工程では、
- 前記基板処理の処理状態に関する情報と、前記基板上に生成された膜の測定検査結果に関する情報との少なくとも一方に基づいて、パターン線幅検査及びパターン欠陥検査の少なくとも一方の検査条件を調整するデバイス製造方法。
- [8] 請求項7に記載のデバイス製造方法において、
- 前記調整工程では、異常と判断された部分を、正常と診断された部分に比して、重点的に検査するようにするデバイス製造方法。
- [9] 請求項8に記載のデバイス製造方法において、
- 前記調整工程では、正常と診断された部分のパターン線幅の検査頻度、又は、パターン欠陥の検査頻度を減らすデバイス製造方法。
- [10] 請求項9に記載のデバイス製造方法において、
- 前記基板として、校正用の基準基板を用いた場合、
- 前記調整工程では、
- 前記基準基板上に形成された計測用パターンの歪みに関する情報を考慮して、前記測定検査処理を行う測定検査器として選択された測定検査器の測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整するデバイス製造方法。
- [11] 請求項4～10のいずれか一項に記載のデバイス製造方法において、
- 前記基板処理は、前記基板上への膜生成処理と、前記基板へのデバイスパターンの転写処理と、転写されたデバイスパターンの現像処理と、転写されたデバイスパターンのエッチング処理とを含み、
- 前記基板処理の処理状態に関する情報は、前記転写処理における前記基板とデバイスパターンとの制御誤差に関する情報と、前記膜生成処理及び前記現像処理における処理状態に関する情報との少なくとも一方を含むデバイス製造方法。
- [12] 基板に対する測定検査処理を含む一連の基板処理を経てデバイスを製造するデバイス製造システムであって、
- 前記基板に関する情報と、当該基板に対する一連の基板処理に関する情報との少なくとも一方を取得する取得装置と；
- 同一の前記測定検査処理を行う複数の測定検査器と；

取得された前記情報に基づいて、前記複数の測定検査器の中から、実際に前記基板を測定検査する1つの測定検査器を選択する選択装置と;

取得された前記情報に基づいて、選択された前記測定検査器の測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整する調整装置と;を備えるデバイス製造システム。

[13] 請求項12に記載のデバイス製造システムにおいて、

前記基板処理を行う基板処理装置と;

前記測定検査器に設けられ、前記基板に関する情報を検出する検出系と、前記基板処理装置に設けられ、前記基板に関する情報を検出する検出系との少なくとも一部が共通する場合に、

前記調整装置による調整前に、

校正用の基準基板を用いて、前記測定検査器と前記基板処理装置との検出系の共通部の動作条件を校正する校正装置と;をさらに備えるデバイス製造システム。

[14] 請求項13に記載のデバイス製造システムにおいて、

前記検出系は、

前記基板上のパターンに関する情報を光電検出するパターン検出系と、

前記検出系に対する前記基板のフォーカスに関する情報を検出するフォーカス検出系との少なくとも一方を備えるデバイス製造システム。

[15] 請求項12～14のいずれか一項に記載のデバイス製造システムにおいて、

前記基板に対する一連の基板処理に関する情報は、

前記基板処理により前記基板上に形成された位置合わせ用マークの検出処理に関する情報と、

前記基板処理装置のフォーカスに関する情報と、

前記基板処理により前記基板上に形成されたパターンの配列に関する情報と、

前記基板処理により前記基板上に形成されたパターンの歪みに関する情報と、

前記基板処理の処理状態に関する情報と、

前記基板処理の環境に関する情報と、

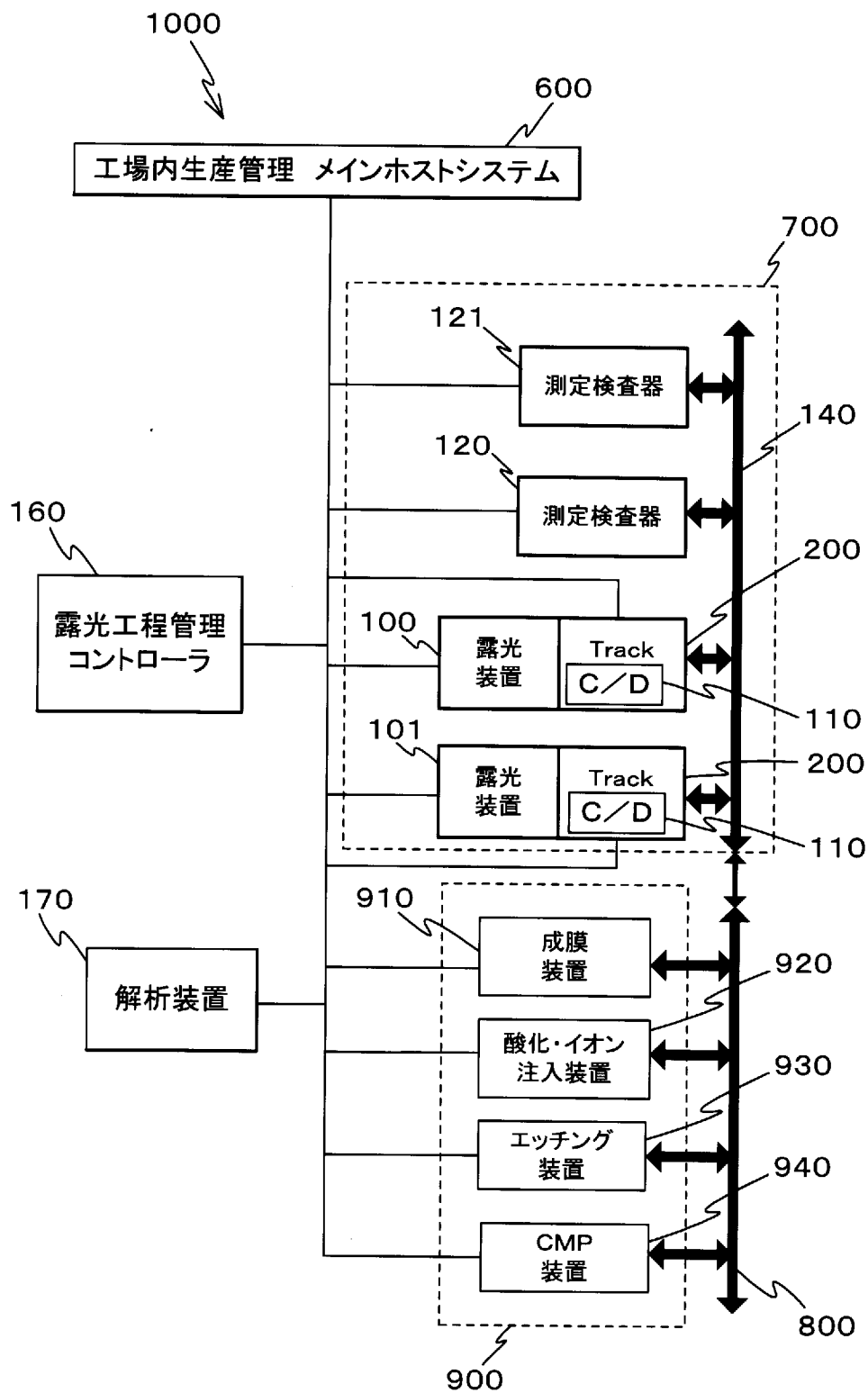
前記基板上に生成された膜の測定検査結果に関する情報と、の少なくとも1つを含

むデバイス製造システム。

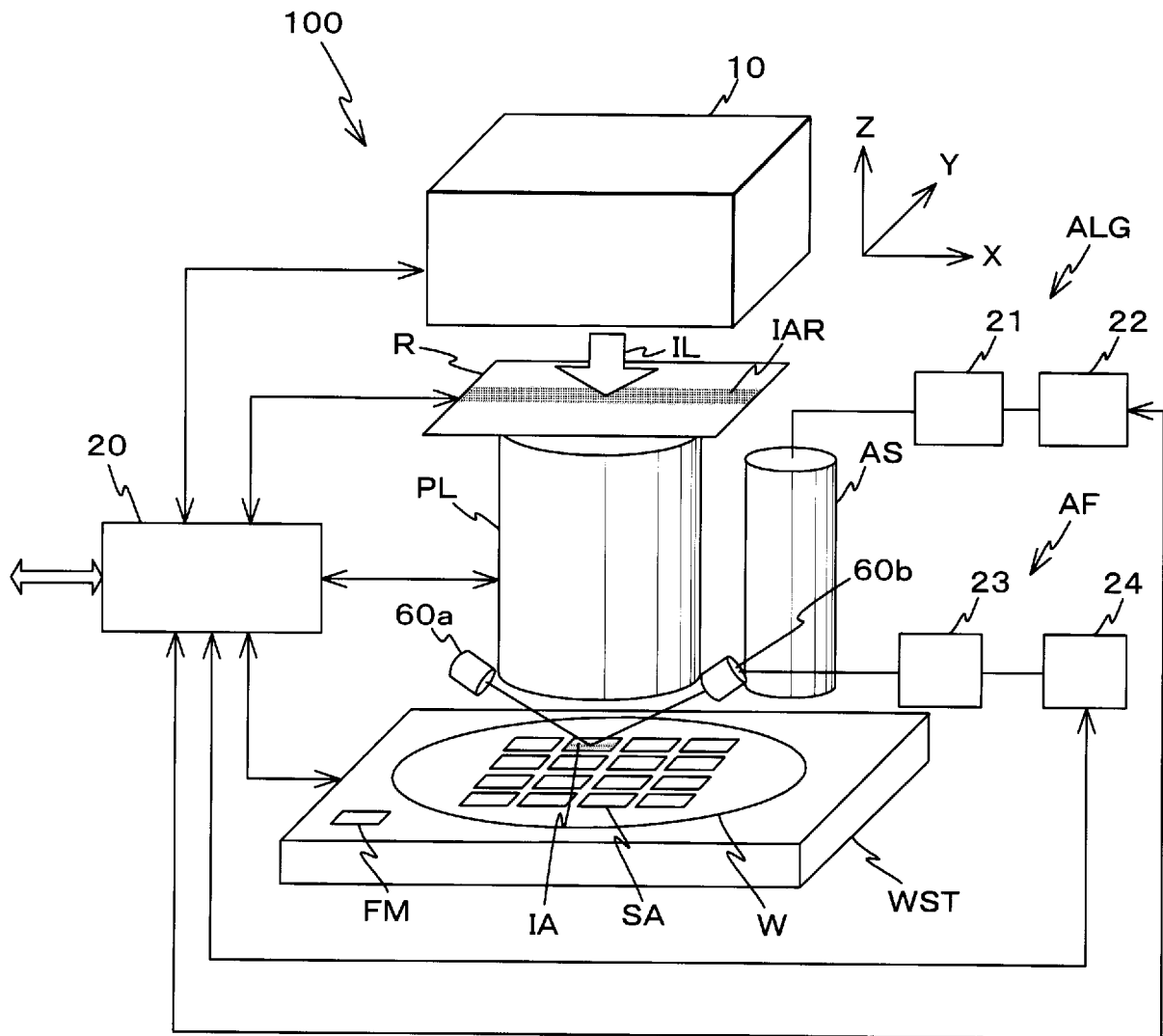
- [16] 請求項15に記載のデバイス製造システムにおいて、
前記複数の測定検査器は、前記基板上に重ね合わせて形成されたデバイスパターンに含まれる複数の重ね合わせ誤差測定用マークの測定を行い、
前記調整装置は、前記基板処理の処理状態に関する情報と、前記基板処理の環境に関する情報と、前記基板上に生成された膜の測定検査結果に関する情報との少なくとも1つに基づいて、重ね合わせ誤差測定用マークの測定条件、測定結果及び測定環境の少なくとも1つの調整を行うデバイス製造システム。
- [17] 請求項15に記載のデバイス製造システムにおいて、
前記複数の測定検査器は、前記基板上に重ね合わせて形成されたデバイスパターンに含まれる複数の重ね合わせ誤差測定用マークの測定を行い、
前記調整装置は、前記基板処理の処理状態に関する情報と、前記基板処理の環境に関する情報と、前記基板上に生成された膜の測定検査結果に関する情報との少なくとも1つに基づいて、異常と判断された重ね合わせ誤差測定用マークを除外するデバイス製造システム。
- [18] 請求項15に記載のデバイス製造システムにおいて、
前記複数の測定検査器は、前記基板上に形成されたデバイスパターンのパターン線幅検査及びパターン欠陥検査の少なくとも一方を行い、
前記調整装置は、前記基板処理の処理状態に関する情報と、前記基板上に生成された膜の測定検査結果に関する情報との少なくとも一方に基づいて、パターン線幅検査及びパターン欠陥検査の少なくとも一方の検査条件を調整するデバイス製造システム。
- [19] 請求項18に記載のデバイス製造システムにおいて、
前記調整装置は、異常と判断された部分を、正常と診断された部分に比して、重点的に検査するようにするデバイス製造システム。
- [20] 請求項19に記載のデバイス製造システムにおいて、
前記調整装置は、正常と診断された部分のパターン線幅の検査頻度、又は、パターン欠陥の検査頻度を減らすデバイス製造システム。

- [21] 請求項20に記載のデバイス製造システムにおいて、
前記基板として、校正用の基準基板を用いた場合、
前記調整装置は、
前記基準基板上に形成された計測用パターンの歪みに関する情報を考慮して、前記測定検査処理を行う測定検査器として選択された測定検査器の測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整するデバイス製造システム。
- [22] 請求項15～21のいずれか一項に記載のデバイス製造システムにおいて、
前記基板処理は、前記基板上への膜生成処理と、前記基板へのデバイスパターンの転写処理と、転写されたデバイスパターンの現像処理と、転写されたデバイスパターンのエッチング処理とを含み、
前記基板処理の処理状態に関する情報は、前記転写処理における前記基板とデバイスパターンとの制御誤差に関する情報と、前記膜生成処理及び前記現像処理における処理状態に関する情報との少なくとも一方を含むデバイス製造システム。
- [23] 基板に対する測定検査処理を行う測定検査装置であって、
前記基板に関する情報と、当該基板に対する一連の基板処理に関する情報との少なくとも一方を取得する取得装置と；
取得された前記情報に基づいて、実際に前記基板を測定検査するのに適切であるか否かを判定する判定装置と；
前記判定装置により適切であると判定された場合に、取得された前記情報に基づいて、測定検査条件及び測定検査結果に関する情報の少なくとも一方を調整する調整装置と；を備える測定検査装置。
- [24] 請求項23に記載の測定検査装置において、
前記測定検査装置に設けられ、前記基板に関する情報を検出する検出系と、前記基板処理を行う基板処理装置に設けられ、前記基板に関する情報を検出する検出系との少なくとも一部が共通する場合に、
前記調整装置の調整前に、
校正用の基準基板を用いて、前記検出系の共通部の動作条件を校正する校正装置をさらに備える測定検査装置。

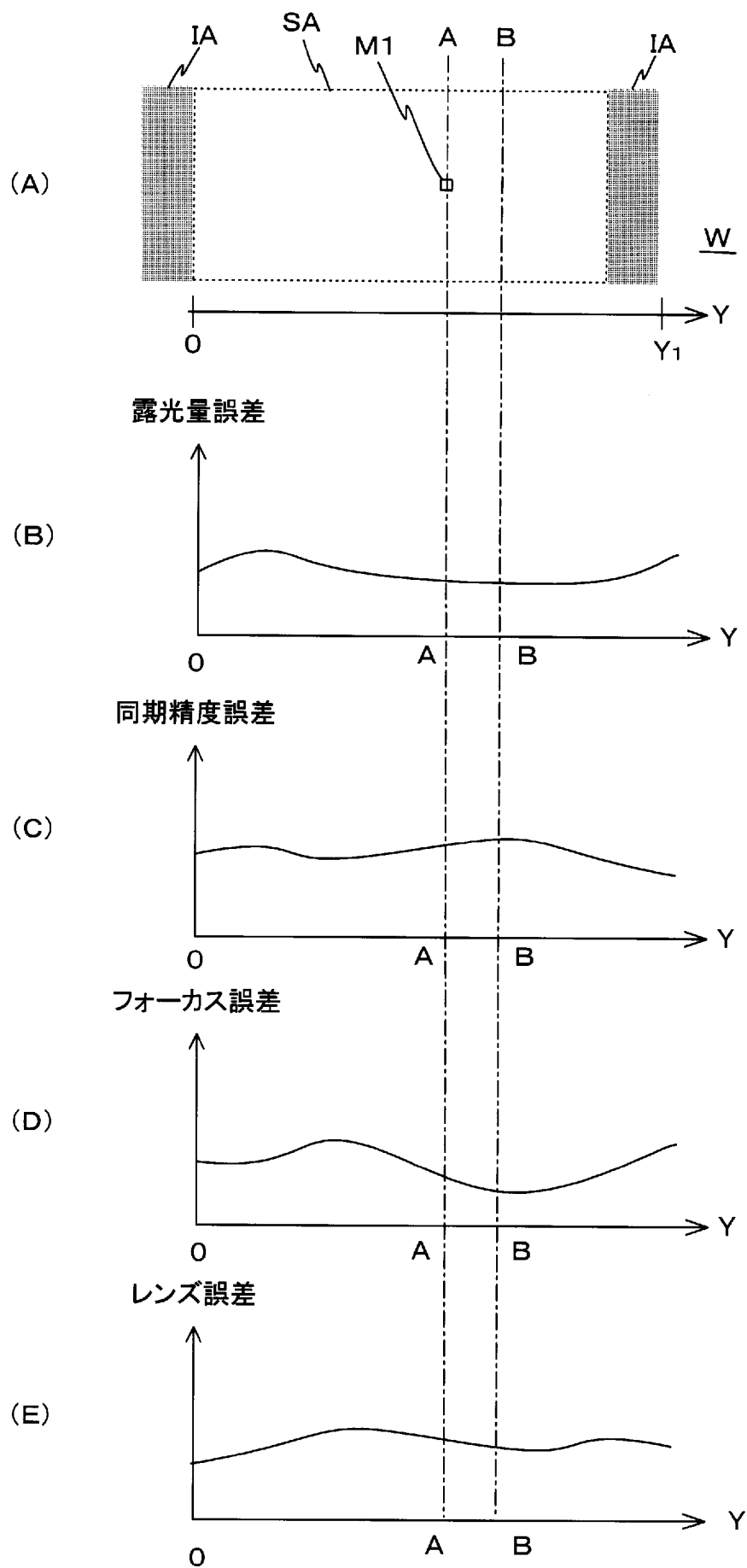
[図1]



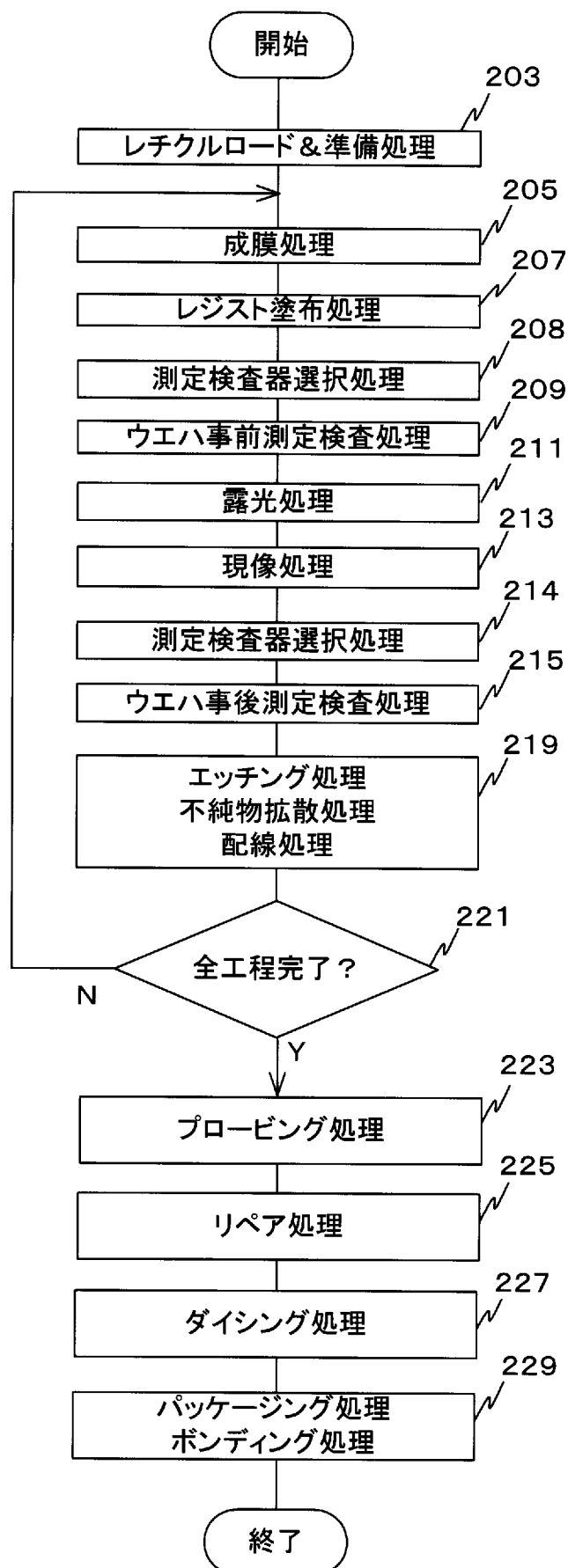
[図2]



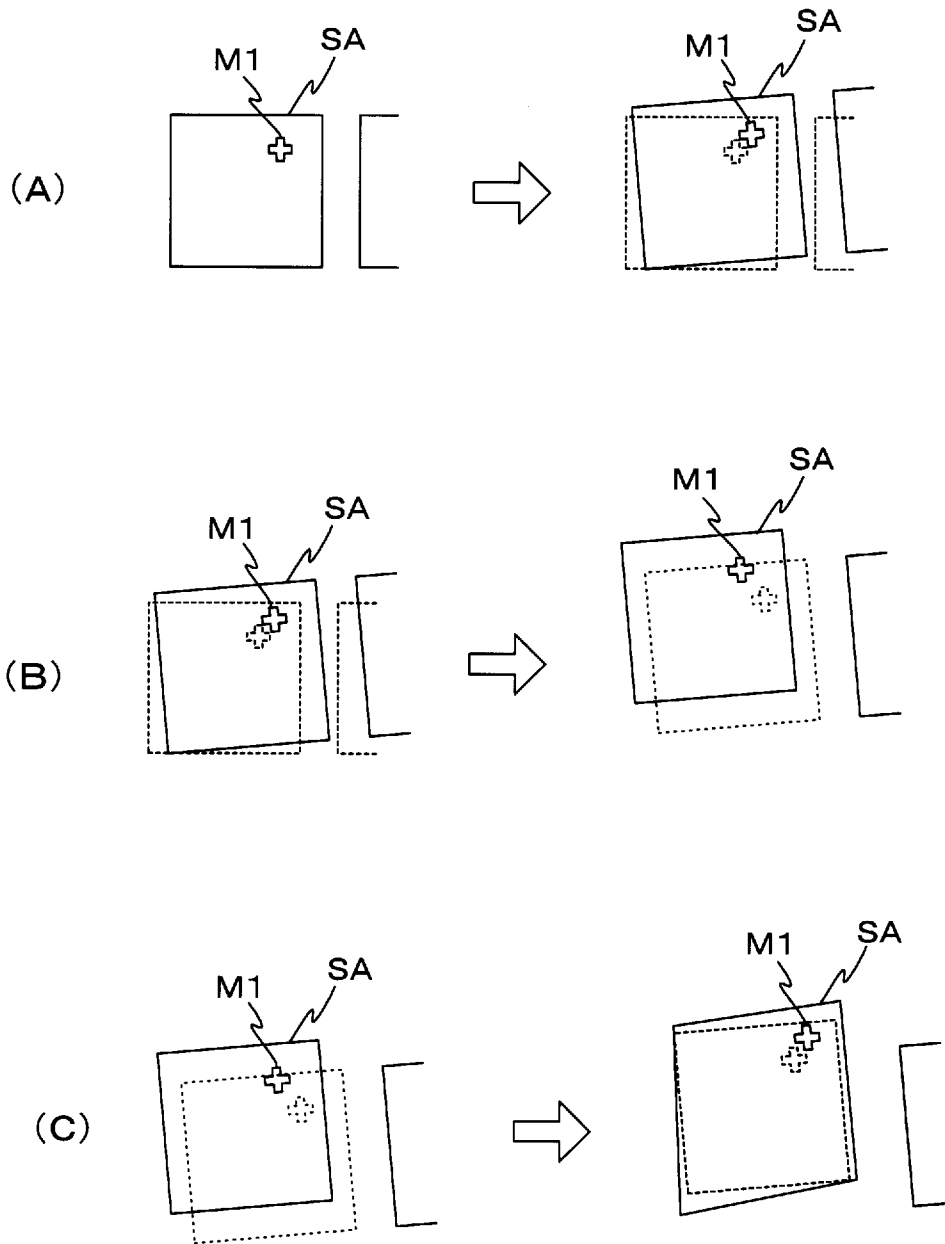
[図3]



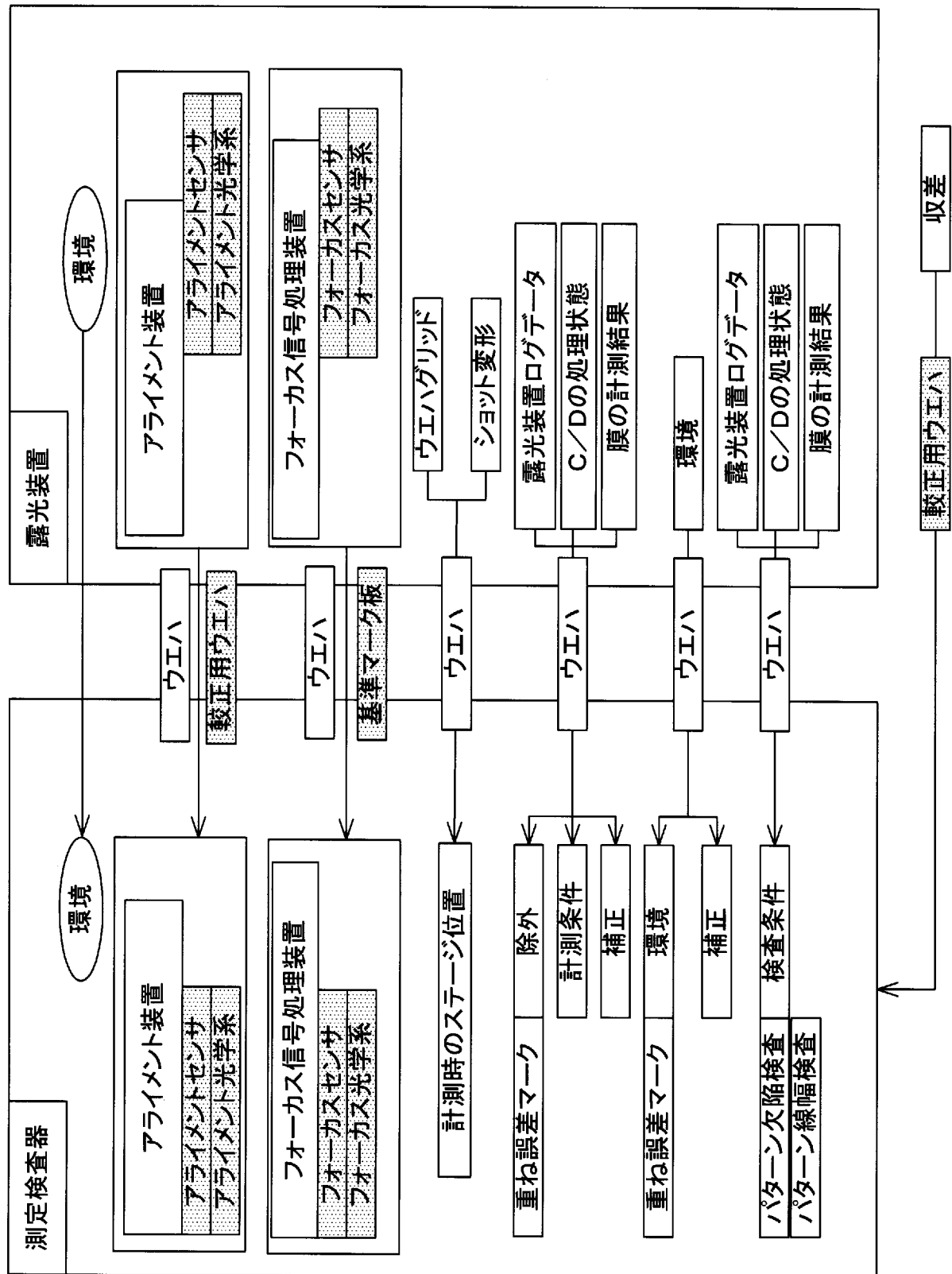
[図4]



[図5]



[図6]

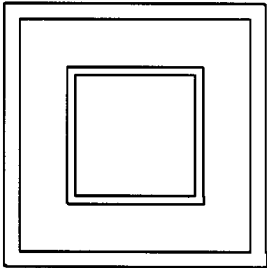


[図7]

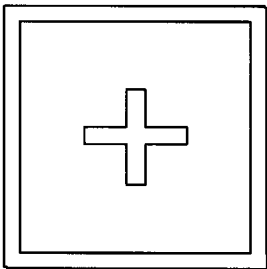
(A)



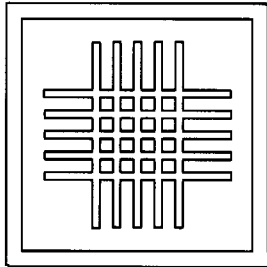
(B)



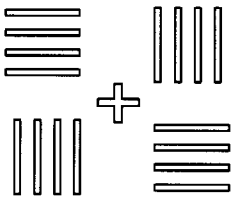
(C)



(D)



(E)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/054279

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/66(2006.01) i, H01L21/027(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/66, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-250852 A (Hitachi, Ltd.), 14 September, 2001 (14.09.01), Par. Nos. [0018], [0041] & US 2001/0048761 A1 & US 2005/0196033 A1	1-24
A	JP 2002-190443 A (Hitachi, Ltd.), 05 July, 2002 (05.07.02), Claim 1 & US 2002/0076629 A1 & US 2002/0100013 A1 & EP 1217448 A2	1-24
A	JP 2002-100660 A (Hitachi, Ltd.), 05 April, 2002 (05.04.02), Claim 1 & US 2002/0027653 A1 & US 2005/0128472 A1	1-24

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31 May, 2007 (31.05.07)

Date of mailing of the international search report
12 June, 2007 (12.06.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/66(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/66, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 7 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-250852 A（株式会社日立製作所）2001.09.14, 段落【0018】、 【0041】 & US 2001/0048761 A1 & US 2005/0196033 A1	1-24
A	JP 2002-190443 A（株式会社日立製作所）2002.07.05, 請求項 1 & US 2002/0076629 A1 & US 2002/0100013 A1 & EP 1217448 A2	1-24
A	JP 2002-100660 A（株式会社日立製作所）2002.04.05, 請求項 1 & US 2002/0027653 A1 & US 2005/0128472 A1	1-24

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

3 1 . 0 5 . 2 0 0 7

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 6 . 2 0 0 7

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

池 淵 立

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5

4 E

8 8 3 1