

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005年11月10日 (10.11.2005)

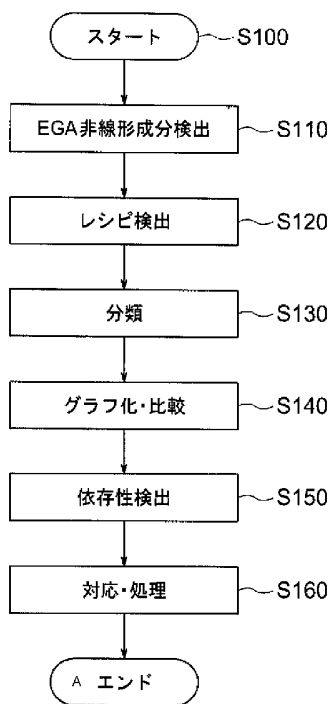
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/106932 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/027, G03F 7/20 (74) 代理人: 前田 均, 外(MAEDA, Hitoshi et al.); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町1丁目1番17号 東京堂神保町第3ビル2階 前田・西出国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/007807
- (22) 国際出願日: 2005年4月25日 (25.04.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (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, [続葉有])
- (30) 優先権データ: 特願2004-133600 2004年4月28日 (28.04.2004) 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): 白石 健一 (SHI-RAISHI, Kenichi) [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).

(54) Title: ANALYSIS METHOD, EXPOSING EQUIPMENT AND EXPOSING EQUIPMENT SYSTEM

(54) 発明の名称: 解析方法、露光装置及び露光装置システム



(57) Abstract: [PROBLEMS] To provide an analysis method for easily and suitably analyzing measurement data, which relates to manufacture of a device and dependent on a combination of a recipe and a process unit. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] In the analysis method, characteristics of exposure results, for instance, line width accuracy and overlapping accuracy, are discretionary detected from exposing process results by lot. The characteristics are classified by being associated with, for instance, a recipe, and a process unit in exposing equipment and a track or a combination of them, which are of a time when the exposing process exhibiting such characteristics is performed. Then, based on the classified results, whether the characteristics of the exposure results have dependency on a specific recipe or a process unit is judged. In the case where there is dependency, when a lot using such recipe and process unit is fed afterwards, a warning is given or automatic correction is made, and a process of a low accuracy is prevented from being performed.

(57) 要約: 【課題】 レシピや処理ユニットの組み合わせに依存するデバイスの製造に関わる計測データの分析を容易かつ適切に行えるような解析方法を提供する。【解決手段】 本発明の解析方法によれば、例えば線幅精度や重ね合わせ精度等の露光結果の特性を、ロット毎の露光処理の結果より任意に検出し、その特性を、その特性を呈する露光処理を行った時の例えばレシピ、及び、露光装置やトラックにおける処理ユニット又はその組み合わせに対応付けて分類する。そして、その分類結果に基づいて、特定のレシピや処理ユニットに露光結果の特性への依存性があるか否かを判定する。依存性がある場合には、その後そのレシピや処理ユニットを使用するロットが投入された場合には、警告を発したり、自動的に補正を行う等して、精度の悪い処理が施されるのを防止する。

S100 START  
S110 EGA NONLINEAR COMPONENT DETECTION  
S120 RECIPE DETECTION  
S130 CLASSIFICATION  
S140 GRAPHING, COMPARING  
S150 DEPENDENCY DETECTION  
S160 RESPONDING, PROCESSING  
A END

WO 2005/106932 A1



BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,  
IE, IS, IT, LI, LU, MC, 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

## 明 細 書

### 解析方法、露光装置及び露光装置システム

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、CCD等の撮像素子、プラズマディスプレイ素子、薄膜磁気ヘッド等の電子デバイス(以下、単に電子デバイスあるいはデバイスと称する)を製造する際に使用して好適な、露光結果に係るデータを解析し線幅制御精度や重ね合わせ精度の悪化を早期に検出することができる解析方法に関する。また、その解析方法を用いることにより線幅制御精度や重ね合わせ精度の悪化を早期に検出することができ、電子デバイスの生産性を向上させることができる露光装置及び露光装置システムに関する。

#### 背景技術

- [0002] 電子デバイスの製造にあたっては、リソグラフィ工程において、露光装置を用いて、フォトマスクやレチクル(以後、レチクルと総称する。)に形成された微細なパターンの像を、フォトレジスト等の感光剤を塗布した半導体ウエハやガラスプレート等の基板(以下、ウエハと総称する。)上に投影露光する。その際、レチクルとウエハとを高精度に位置合わせ(アライメント)し、レチクルのパターンをウエハ上に既に形成されているパターンに重ね合わせ、投影露光をする。近年、パターンの微細化や高集積度化が急速に進んでおり、このような露光装置には以前に増して高い露光精度が要求されている。そのため、アライメントに対する精度の要求も一層厳しくなっており、より高精度なアライメントが要望されている。
- [0003] レチクルアライメントにおけるマーク検出の方式としては、露光光を用いる方式が一般的と言える。露光光をレチクル上に描画されたアライメントマークに照射し、CCDカメラ等で撮像したアライメントマークの画像データを画像処理してマーク位置を計測するVRA(Visual Reticle Alignment)方式等が適用されている。ウエハアライメントにおけるマーク検出の方式としては、レーザー光をウエハのドット列状のアライメントマークに照射し、そのマークにより回折又は散乱された光を用いてマーク位置を計測するLSA(Laser Step Alignment)方式がある。また、ハロゲンランプ等を光

源とする波長帯域幅の広い光でアライメントマークを照明し、CCDカメラ等で撮像したアライメントマークの画像データを画像処理してマーク位置を計測するFIA (Field Image Alignment) 方式がある。さらに、ウエハ上の回折格子状のアライメントマークに周波数を僅かに変えたレーザー光を2方向から照射し、発生した2つの回折光を干渉させ、その位相からアライメントマークの位置を計測するLIA (Laser Interferometric Alignment) 方式等もある。

[0004] ウエハアライメントには、ウエハのショット領域毎にアライメントマークを検出して位置合わせを行うダイ・バイ・ダイ(D/D)アライメント方式と、ウエハのいくつかのショット領域のみのアライメントマークを検出し、ショット領域の配列の規則性を求めることで各ショット領域を位置合わせするグローバル・アライメント方式とがある。電子デバイスの製造ラインでは、現在のところ、スループットとの兼ね合いから、主にグローバル・アライメント方式が使用されている。特に最近では、ウエハ上のショット領域の配列の規則性を統計的手法によって高精度に検出するエンハンスト・グローバル・アライメント(EGA)方式が広く用いられている(例えば、特許文献1参照)。これらの光学式アライメントにおいては、まず、レチクル上のアライメントマークを検出し、位置座標を計測する。次に、ウエハ上のアライメントマークを検出し、位置座標を計測する。次に、これらの計測結果から、レチクルの位置と重ね合わせられるショットの位置との相対的な位置関係を求める。これらの結果をもとに、ショット位置にレチクルのパターン像が重なるように、ウエハをウエハステージにより移動させ、レチクルのパターン像を投影露光する。

[0005] また、多数の種類電子デバイスを短期間に製造することが要求されており、生産性の向上が求められている。そのため、電子デバイスの製造ラインにおいては、製造上の不具合を早急に検出して迅速に対応するために、また、これにより特性の優れたデバイスを効率良く製造するために、ひいては、装置の稼働率を向上させて歩留まりを向上させるために、情報収集・解析装置、診断システム及び装置支援システム等の導入が行われている。このような診断システムや装置支援システムにおいては、露光装置やプロセス処理装置等の製造装置、検査装置及び計測装置等から各種のデータを収集し、サーバー装置等においてそれらのデータを解析することにより状況

の把握等を行い、制御パラメータ等の調整を行っている。これにより、例えば、装置の稼動状況の分析及び把握、装置の傾向を統計的に解析しての異常の検知、及び、装置の傾向から未来を予測しての異常発生の防止、等の処理が行われている(例えば、特許文献2参照)。

[0006] ところで、リソグラフィ工程において、特定のプロセスにおいて特定の誤差が大きくなる場合がある。例えば、あるプロセスプログラム(レシピと称する場合もある。)を使用して1層目のパターンを露光したロットに2層目のパターンを露光する場合に、EGAの非線形成分が大きくなり、重ね合わせ精度に悪影響を及ぼしたり、特定プロセスのウエハに対してのみ、ウエハエッジにかかった欠けショットでのフォーカス制御精度が悪化する場合がある。一般的に露光装置にてロットを流す場合、プロセス毎にレシピを作成し、レシピ内のパラメータをそのプロセスに対して最適化する必要がある。しかし、レシピ内の全てのパラメータをプロセス毎に最適化するのはパラメータの数も多く、非常に困難である。そのため、実使用上必ずしも最適なレシピ設定の下でウエハの露光が行われているとは限らない。これにより、特定のレシピで特定の誤差が悪化すると考えられる。

[0007] 一方、トラックが塗布、ベーク、クール及び現像等の各モジュール内に同一の機能のユニットを複数備えている場合、実際に使用したユニットの組み合わせに依存して線幅制御精度や重ね合わせ精度に差が生じる場合がある。露光装置が複数のステージ、露光ユニット及びアライメント系を具備している場合も同様で、特定のユニットあるいはそれらの特定の組み合わせを用いた場合にEGAの非線形成分が大きくなり、線幅制御精度や重ね合わせ精度に悪影響を及ぼす場合がある。このような問題は、電子デバイスの性能のばらつきや歩留まりの低下をもたらす可能性が高く、これをなるべく早く検知し、迅速に補正や対策を講じることが、生産性の向上や品質の向上の観点からも重要である。

[0008] よって、本発明の目的は、リソグラフィ工程においてプロセスプログラム(レシピ)、処理ユニットあるいはそれらの組み合わせに依存する線幅制御精度や重ね合わせ精度等のデバイスの製造に関わる計測データの分析を容易かつ適切に行えるような解析方法を提供することにある。また、本発明の他の目的は、そのような解析方法に係

る解析を適切に行い、電子デバイスを適切かつ高い生産性で製造することができる露光装置及び露光装置システムを提供することにある。

特許文献1:特開昭62-84516号公報

特許文献2:特許第336436号公報

#### 発明の開示

- [0009] 本発明の第1の観点によると、露光対象を露光して得られた露光結果の所定の特性を検出し(ステップS110)、前記露光対象に対して行った前記露光を含むリソグラフィ工程の所定の処理の条件を規定したプロセスプログラムを検出し(ステップS120)、前記検出した前記露光結果の所定の特性を、前記プロセスプログラム毎に分類し(ステップS130)、前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラムに対する依存性を検出するようにした解析方法が提供される。
- [0010] この解析方法では、例えば線幅精度や重ね合わせ精度等の露光結果の特性を、露光処理の結果より任意に検出し、その特性を、その特性を呈する露光処理を行った時のプロセスプログラム(レシピ)に対応付けて分類する。これにより、レシピ毎に露光結果の特性を比較することができ、その結果、その特性とレシピとの関係、相関、すなわち、その特性のそのレシピへの依存性を検出することができる。
- [0011] 本発明の第1の観点に係る解析方法において、前記露光対象に対して行った前記リソグラフィ工程の所定の処理に使用した処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせを検出し、前記検出した前記露光結果の所定の特性を、前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせ毎に分類し、前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせに対する依存性を検出するようにできる。好適な具体例としては、前記露光結果の所定の特性は、露光して形成したパターンの線幅の精度と、前記パターンの重ね合わせ精度である。
- [0012] 本発明の第1の観点に係る解析方法において、前記検出した依存性に基づいて、前記露光結果の所定の特性が予め定めた基準値を超えると予測される前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせの少なくとも1つを特定し、前記特定した前記プロセスプログラム、前記処理ユ

ニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせに該当する処理が行われる際に警報を発するようにできる。

- [0013] 本発明の第2の観点によると、露光対象を露光して得られた露光結果の所定の特性を検出し、前記露光対象に対して行った前記リソグラフィ工程の所定の処理に使用した処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせを検出し、前記検出した前記露光結果の所定の特性を、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ毎に分類し、前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラムに対する依存性を検出するようにした解析方法が提供される。
- [0014] 本発明の第3の観点によると、マスクに形成されたパターンを基板に露光する露光手段と、前記パターンの露光結果の所定の特性を検出する検出手段と、前記露光に供した基板に対して、前記露光を含むリソグラフィ工程の所定の処理において使用した当該処理の条件を規定したプロセスプログラム、前記リソグラフィ工程の所定の処理において使用した処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせを収集する収集手段と、前記検出手段により検出した前記露光結果の所定の特性を、前記収集手段により収集した前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせ毎に分類し、前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせに対する依存性を解析する解析手段とを有する露光装置が提供される。
- [0015] 本発明の第3の観点に係る露光装置において、前記解析手段は、露光対象の基板が、露光結果の所定の特性に影響を与える前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ若しくはそれらの組み合わせが使用された基板である場合は、当該旨の警告を発するようにできる。また、前記露光手段は、露光対象の基板が、露光結果の所定の特性に影響を与える前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせが使用された基板である場合は、前記所定の特性に対する影響を除去する補正処理とともに露光を行うようにできる。
- [0016] 本発明の第4の観点によると、露光に供する基板に対して、前記露光の前工程及

び後工程の所定の処理を行う処理ユニットを有するトラック(20)と、マスクに形成されたパターンを露光処理により基板の所定ショット領域に転写する露光装置(10)と、前記露光に供した基板に対して、前記露光を含むリソグラフィ工程の所定の処理において使用した当該処理の条件を規定したプロセスプログラム、前記リソグラフィ工程の所定の処理において使用した処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせを収集する収集手段(210)と、前記露光結果の所定の特性を、前記収集手段により収集した前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせ毎に分類し、前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせに対する依存性を検出する解析装置(251)とを有する露光装置システム(1)が提供される。

[0017] 本発明の第4の観点に係る露光装置システムにおいて、前記トラック(20)は、露光結果の所定の特性に影響を与える前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせが使用された基板を、前記所定の特性に影響が生じないように前記露光装置で処理するための制御条件を検出する最適条件検出手段をさらに有し、前記露光装置(10)は、露光対象の基板が、露光結果の所定の特性に影響を与える前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせが使用された基板である場合は、前記最適条件検出手段で検出された前記制御条件により露光を行うようにできる。また、前記最適条件検出手段は、前記基板の表面形状を計測し、フォーカス制御を行うための前記制御条件を検出するようにできる。さらに、前記最適条件検出手段は、前記基板に形成されたパターンを観察し、前記パターンの位置検出を行うための前記制御条件を検出するようにできる。

[0018] なお、本欄において一部付した符号は、添付図面に示されている対応する構成の符号であるが、これはあくまでも理解を容易にするためのものであって、何ら本発明に係る手段が添付図面を参照して後述する実施の形態の態様に限定されることを示すものではない。

[0019] 本発明の第1又は第2の観点に係る解析方法によれば、リソグラフィ工程において

プロセスプログラム(レシピ)、処理ユニットあるいはそれらの組み合わせに依存する線幅制御精度や重ね合わせ精度等のデバイスの製造に関わる計測データの分析を容易かつ適切に行えるようになる。また、本発明の第3の観点に係る露光装置又は第4の観点に係る露光装置システムによれば、電子デバイスを適切かつ高い生産性で製造することができるようになる。

### 図面の簡単な説明

- [0020] [図1]図1は本発明の一実施の形態の露光装置システムの構成を示す図である。
- [図2]図2は図1に示した露光装置システムの露光装置の構成を示す図である。
- [図3]図3は図1に示した露光装置のオフ・アクシス方式のアライメント光学系の指標板の断面図である。
- [図4]図4は図1に示した露光装置システムのサーバーの機能構成を示す図である。
- [図5]図5は図4に示したサーバーの機能の装置・プロセス解析機能によるエラー集計グラフを示す図である。
- [図6]図6は図4に示したサーバーの機能の装置・プロセス解析機能による生産性グラフを示す図である。
- [図7]図7は図4に示したサーバーの機能の装置・プロセス解析機能による装置環境グラフを示す図である。
- [図8]図8は図1に示した露光装置及びトラックの処理ユニットの構成を模式的に示す図である。
- [図9]図9は図1に示した露光装置システムにおける本発明に係る解析方法を示すフローチャートである。
- [図10]図10はレシピ別のEGA非線形成分の分布を示す図である。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0021] 本発明の一実施の形態について、図1～図10を参照して説明する。図1は、本発明の一実施の形態の露光装置システム1の構成を示すブロック図である。図1に示すように、露光装置システム1は、露光装置10、トラック20、レーザー30、インライン計測器(検査装置)40、オフライン計測器(検査装置)50、装置支援システム60及び通信ネットワーク70を有する。

[0022] 装置支援システム60は、サーバー61、端末装置62及びリモート端末装置63を有する。また、通信ネットワーク70は、第1のネットワーク71、第2のネットワーク72及びゲート装置73を有する。なお、露光装置システム1は、複数のデバイス製造ラインを有し、露光装置10、トラック20、レーザー30及びインライン計測器40は、例えば各ラインに対応して複数設けられている。また、オフライン計測器50は、それらの製造ラインとは別に複数設けられている。

[0023] まず、露光装置システム1の各部の構成について順に説明する。露光装置10は、レチクル上に形成された所望のパターンの像を感光材料が塗布された基板(ウエハ)上に投影し、ウエハ上にそのパターンを転写する。本実施の形態の露光装置10は、図8に示すように、ウエハを載置するウエハステージを2ユニット具備し、また、ウエハアライメントを行うアライメント系も2ユニット有するいわゆるツインステージタイプの露光装置である。第1のステージに載置されたウエハは、第1のアライメントユニットでアライメントが行われた後、第1のステージ毎投影光学系の下に露光位置に配置され露光に供される。また、第2のステージに載置されたウエハは、第2のアライメントユニットでアライメントが行われた後、第2のステージ毎投影光学系の下に露光位置に配置され露光に供される。第1のステージのウエハに対する第1のアライメントユニットによるアライメントと第2のステージのウエハに対する投影光学系を介した露光処理、及び、第1のステージのウエハに対する投影光学系を介した露光処理と第2のステージのウエハに対する第2のアライメントユニットによるアライメントが交互に同時並行的に行われることにより、効率良く露光処理を行うことができる。なお、これら2つのステージユニット及び2つのアライメントユニットは、各々構成は同一なので、以下の露光装置の構成の説明においては、各々1つだけを図示してその説明を行う。

[0024] 露光装置の全体構成について図2～図3を参照して説明する。なお、以下の説明においては、図2中に示したXYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係等について説明する。XYZ直交座標系は、X軸及びZ軸が紙面に対して平行となるよう設定され、Y軸が紙面に対して垂直となる方向に設定される。図中のXYZ座標系は、実際にはXY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直上方向に設定される。

- [0025] 露光装置10においては、図2に示すように、図示しない照明光学系から出射された露光光ELは、コンデンサレンズ101を介してレチクルRに形成されたパターン領域PAに均一な照度分布で照射される。露光光ELとしては、例えばg線(436nm)やi線(365nm)、又は、KrFエキシマレーザ(248nm)、ArFエキシマレーザ(193nm)又はF<sub>2</sub>レーザ(157nm)から出射される光等が用いられる。
- [0026] レチクルRはレチクルステージ102上に保持され、レチクルステージ102はベース103上の2次元平面内において移動及び微小回転ができるように支持される。装置全体の動作を制御する主制御系115が、ベース103上の駆動装置104を介してレチクルステージ102の動作を制御する。このレチクルRは、その周辺に形成された図示しないレチクルアライメントマークがミラー105、対物レンズ106、マーク検出系107からなるレチクルアライメント系で検出されることによって、投影光学系PLの光軸AXに関して位置決めされる。
- [0027] レチクルRのパターン領域PAを透過した露光光ELは、例えば両側(片側でもよい。)テレセントリックな投影光学系PLに入射され、ウエハ(基板)W上の各ショット領域に投影される。投影光学系PLは、露光光ELの波長に関して最良に収差補正されており、その波長のもとでレチクルRとウエハWとは互いに共役になっている。また、露光光ELは、ケラー照明であり、投影光学系PLの瞳EP内の中心に光源像として結像される。なお、投影光学系PLはレンズ等の光学素子を複数有する。その光学素子の硝材としては露光光ELの波長に応じて石英、蛍石等の光学材料が使用される。
- [0028] ウエハWは、ウエハホルダー108を介してウエハステージ109上に載置される。ウエハホルダー108上には、ベースライン計測等で使用する基準マーク110が設けられている。ウエハステージ109は、投影光学系PLの光軸AXに垂直な面内でウエハWを2次元的に位置決めするXYステージ、投影光学系PLの光軸AXに平行な方向(Z方向)にウエハWを位置決めするZステージ、ウエハWをZ軸を中心として微小回転させるステージ、及び、Z軸に対する角度を変化させてXY平面に対するウエハWの傾きを調整するステージ等を有する。
- [0029] ウエハステージ109の上面の一端にはL字型の移動ミラー111が取り付けられ、移動ミラー111の鏡面に対向した位置にレーザー干渉計112が配置される。図2では

簡略化して図示しているが、移動鏡111はX軸に垂直な反射面を有する平面鏡及びY軸に垂直な反射面を有する平面鏡より構成される。また、レーザー干渉計112は、X軸に沿って移動鏡111にレーザービームを照射する2個のX軸用のレーザー干渉計及びY軸に沿って移動鏡111にレーザービームを照射するY軸用のレーザー干渉計より構成され、X軸用の1個のレーザー干渉計及びY軸用の1個のレーザー干渉計により、ウエハステージ109のX座標及びY座標が計測される。また、X軸用の2個のレーザー干渉計の計測値の差により、ウエハステージ109のXY平面内における回転角が計測される。

[0030] レーザー干渉計112により計測されたX座標、Y座標及び回転角を示す位置計測信号PDSは、ステージコントローラ113に供給される。ステージコントローラ113は、主制御系115の制御の下、この位置計測信号PDSに応じて、駆動系114を介してウエハステージ109の位置を制御する。また、位置計測情報PDSは主制御系115へ出力される。主制御系115は、供給された位置計測信号PDSをモニターしつつ、ウエハステージ109の位置を制御する制御信号をステージコントローラ113へ出力する。さらに、レーザー干渉計112から出力された位置計測信号PDSは後述するフィールドイメージアライメント(FIA)演算ユニット141へ出力される。

[0031] なお、図2に示した露光装置においては、TTL方式のアライメント系(116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123及び124)を有するが、ここではその説明は省略する。露光装置10は、オフ・アクシス方式のアライメント光学系(以下、アライメントセンサと称する)を投影光学系PLの側方に備える。このアライメントセンサは、基板表面のアライメントマーク付近を撮像した信号(n次元信号)を信号処理(画像処理を含む)して、マークの位置情報を検出するFIA(Field Image Alignment)方式のアライメントセンサである。

[0032] 露光装置10においては、このアライメントセンサにより、サーチアライメント計測やファインアライメント計測を行う。サーチアライメント計測は、ウエハ上に形成されている複数個のサーチアライメント用のマークを検出し、ウエハの回転量やXY面内での位置ずれを検出する処理である。本実施の形態においてサーチアライメント計測の信号処理方法としては、予め設定した基準パターン(テンプレート)を用いて、そのテン

プレートに対応する所定のパターンを検出するテンプレートマッチング手法を用いる。

- [0033] また、ファインアライメント計測は、ショット領域に対応して形成されているファインアライメント用のアライメントマークを検出し、最終的に各露光ショットの位置決めを行うための処理である。本実施の形態においてファインアライメントの画像処理方法としては、マークのエッジを抽出してその位置を検出する手法(エッジ計測手法)を用いる。なお、サーチアライメント計測及びファインアライメント計測のいずれにおいても、その画像処理方法は本実施の形態の手法に限られるものではなく、各々、テンプレートマッチング手法でもエッジ計測手法でも、あるいはまたその他の画像処理方法であってもよい。上記サーチアライメント計測時の観察倍率とファインアライメント計測時の観察倍率とは、互いに等しい観察倍率としてもよいし、あるいは、ファインアライメント時の倍率をサーチアライメント時の倍率よりも高倍に設定するようにしてもよい。
- [0034] このアライメントセンサは、ウエハWを照明するための照射光を出射するハロゲンランプ126、ハロゲンランプ126から出射された照明光を光ファイバー128の一端に集光するコンデンサレンズ127、及び、照明光を導波する光ファイバー128を有する。照明光の光源としてハロゲンランプ126を用いるのは、ハロゲンランプ126から出射される照明光の波長域は500～800nmであり、ウエハW上面に塗布されたフォトリソグラフィを感光しない波長域であるため、及び、波長帯域が広く、ウエハW表面における反射率の波長特性の影響を軽減することができるためである。
- [0035] 光ファイバー128から出射された照明光は、ウエハW上に塗布されたフォトリソグラフィの感光波長(短波長)域と赤外波長域とをカットするフィルタ129を通過して、レンズ系130を介してハーフミラー131に達する。ハーフミラー131によって反射された照明光は、ミラー132によってX軸方向とほぼ平行に反射された後、対物レンズ133に入射し、さらに投影光学系PLの鏡筒下部の周辺に投影光学系PLの視野を遮光しないように固定されたプリズム(ミラー)34で反射されてウエハWを垂直に照射する。
- [0036] なお、図示を省略しているが、光ファイバー128の出射端から対物レンズ133までの光路中には、適当な照明視野絞りが対物レンズ133に関してウエハWと共役な位置に設けられる。また、対物レンズ133はテレセントリック系に設定され、その開口絞り

(瞳と同じ)の面133aには、光ファイバー128の出射端の像が形成され、ケーラー照明が行われる。対物レンズ133の光軸は、ウエハW上では垂直となるように定められ、マーク検出時に光軸の倒れによるマーク位置のずれが生じないようにしている。

[0037] ウエハWからの反射光は、プリズム134、対物レンズ133、ミラー132、ハーフミラー131を介して、レンズ系135によって指標板136上に結像される。この指標板136は、対物レンズ133とレンズ系135とによってウエハWと共役に配置され、図3に示すように矩形の透明窓内に、X軸方向とY軸方向のそれぞれに伸びた直線状の指標マーク136a, 136b, 136c, 136dを有する。従って、ウエハWのマークの像は、指標板136の透明窓136e内に結像され、このウエハWのマークの像と指標マーク136a, 136b, 136c, 136dの像とは、リレー系137, 139及びミラー138を介してイメージセンサ140に結像する。

[0038] イメージセンサ140(光電変換手段、光電変換素子)は、その撮像面に入射する像を光電信号(画像信号、画像データ、データ、信号)に変換するものであり、例えば2次元CCDが用いられる。イメージセンサ140から出力された信号(n次元信号)は、FIA演算ユニット141に、レーザー干渉計112からの位置計測信号PDSとともに入力される。

[0039] なお、本実施の形態では、イメージセンサ140において2次元画像信号を得て、これをFIA演算ユニット141に入力し使用する。また、サーチアライメント処理の時に行うテンプレートマッチングの際には、2次元CCDで得た信号を非計測方向に積算(投影)して1次元投影信号として、計測方向への計測に使用する。なお、イメージセンサ140で得る信号やその後段の信号処理の際に処理対象とする信号の形式は、本実施の形態の例に限られるものではない。テンプレートマッチングの際に、2次元画像処理を行うように構成して2次元信号を計測に用いるようにしてもよい。また、3次元画像信号を得て、3次元画像処理を行うように構成してもよい。さらに言えば、CCDの信号をn次元(nは、 $n \geq 1$ の整数)に展開して、例えば、n次元の余弦成分信号、n次元正弦信号、あるいはn次周波数信号等を生成し、そのn次元信号を用いて位置計測を行うものに対しても適用可能である。なお、本明細書の説明において画像、画像信号、画像情報、パターン信号等と称する時も同様に、2次元の画像のみならず、こ

のようなn次元信号(n次元の画像信号や、上述のごとく画像信号から展開された信号等)をも含むものとする。

- [0040] FIA演算ユニット141は、入力された画像信号からアライメントマークを検出し、そのアライメントマークの指標マーク136a~136dに対するマーク像のずれを求める。そして、位置計測信号PDSによって表されるウエハステージ109の停止位置から、ウエハWに形成されたマークの像が指標マーク136a~136dの中心に正確に位置した時のウエハステージ109のマーク中心検出位置に関する情報AP2を出力する。
- [0041] FIA演算ユニット141は、サーチアライメント及びファインアライメントの各アライメント処理時に、各々、所定のアライメントマーク像の位置検出及びそのずれの検出を行う。本実施の形態においては、サーチアライメントの時にはテンプレートマッチング手法を利用し、また、ファインアライメントの時にはエッジ検出処理手法を利用して、マークの位置検出及びずれの検出を行う。
- [0042] これら露光装置10の各構成部は、主制御系115の制御に基づいて協働して動作する。主制御系115は、そのように、露光装置10の各部を制御する。また、主制御系115は、通信ネットワーク70を介して後述する装置支援システム60のサーバー61と通信を行う。そして、運転履歴データ、プロセスプログラム(プロセス条件データ。レシピと称する場合もある)、装置セットアップ状態データや、前述した各部での計測データ、すなわち、アライメント計測データや、マーク信号波形のトレースデータ等を、サーバー61に送信する。また、主制御系115は、前述したデータに基づいて装置支援システム60のサーバー61で得られた制御情報に基づいて、動作条件が制御されたり、あるいは、動作を停止されたり、中断されたりする。また、主制御系115は通信ネットワーク70を構成する第1のネットワーク71を介して、トラック20、レーザー30、インライン計測器40及びオフライン計測器50等の各装置からデータを収集することもできる。以上、露光装置10の概略の構成である。
- [0043] 図1に示す露光装置システム1に戻って、トラック20は、各ラインにおいてウエハを順次搬送するとともに、露光の前工程及び後工程の処理を行う処理系である。トラック20は、例えば図8に示すように、最適条件検出ユニット25、塗布ユニット21、第1のベークユニット22、第2のベークユニット23及び現像ユニット24を有する。このようなト

トラック20においては、塗布ユニット21において反射増進膜をレジスト塗布し、第1のベークユニット22でベークして溶剤が飛ばされて、露光装置10に投入されて露光処理が施される。露光が終了したら、第2のベークユニット23においてベーク(PEB)を行い、現像ユニット24で現像する。

[0044] 最適条件検出ユニット25は、投入されたウエハに対して露光装置10と同じ条件でウエハ表面形状計測やアライメント信号取得を行い、そのウエハに最適なフォーカス制御方法やアライメント方法を選択する。そのため、最適条件検出ユニット25には、露光装置10と同一のAFシステム及びアライメントシステムが設置されており、これにより露光装置10において最適な処理を行うための条件を検出する。トラック20の塗布ユニット21、第1のベークユニット22、第2のベークユニット23及び現像ユニット24は、各々同じ機能、同じ性能のユニットを3つずつ有する。そして、投入されたウエハを、これら各ユニットで同時並行的に処理する。

[0045] レーザー30は、各ラインの露光装置10に露光光を提供する光源である。インライン計測器40は、露光装置10、トラック20あるいはレーザー30等の装置内に組み込まれたセンサであり、例えば装置雰囲気温度、湿度、気圧等の情報を計測するセンサである。インライン計測器40で計測されたデータは、後述するデータ転送方式に基づいて、装置支援システム60のサーバー61に出力される。オフライン計測器50は、デバイスの製造ラインに直接は組み込まれていない計測ツールであり、例えば重ね合わせ計測装置や、線幅測定装置等である。

[0046] 装置支援システム60は、露光装置10、トラック20、レーザー30、インライン計測器40及びオフライン計測器50等の各種装置からネットワーク70を介して種々のデータを収集し、これを解析し、例えば装置異常等の状態を把握する。また、装置に異常があった場合には、解析結果に基づいて、その原因を検出する。また、各装置の状態に基づいて、露光装置システム1の各製造ラインのプロセスを制御する。そのために装置支援システム60のサーバー61は、まず、露光装置10、トラック20、レーザー30、インライン計測器40及びオフライン計測器50等の各装置よりデータを収集し、これをデータベースに保存し管理する。そして、その保存したデータを用いて、装置やライン稼働状態の解析や診断等を行う。また、必要に応じて、装置の故障の原因の

推定を行う。また、その結果に基づいて、各装置の自動補正制御、レポート作成・通知等の処理を行う。

[0047] 装置支援システム60のサーバー61には、ソフトウェアあるいはハードウェアにより、例えば図4に示すような機能モジュールが展開されており、これにより後述する種々の装置支援動作が実行される。

[0048] サーバー61のデータ収集部210は、露光装置10からデータを収集する露光装置データ取得部211、トラック20からデータを収集するトラックデータ取得部212、レーザー30からデータを収集するレーザーデータ取得部213、インライン計測器40からデータを収集するインライン計測器データ取得部214、オフライン計測器50からデータを収集するオフライン計測器データ取得部215を有する。これらのデータ取得部211～215により、前述した露光装置10を初めとする露光装置システム1の各装置より、通信ネットワーク70を介して、イベントログファイル、シーケンスログファイル、エラーログファイル、稼動履歴ログファイル、計測結果ファイル、パラメータ設定ファイル、診断結果ファイル、アライメント等の各種信号波形ファイル、及び、その他各種トレースデータやログファイル等を収集する。

[0049] 本発明に係る例えば各ロットに対する使用レシピや使用処理ユニット等の情報は、露光装置データ取得部211及びトラックデータ取得部212を介して入力される。また、EGA計測結果データや重ね合わせ計測結果データは、露光装置データ取得部211を介して露光装置10から、あるいは、オフライン計測器データ取得部215を介してオフライン計測器50たる重ね合わせ誤差計測器から入力される。

[0050] 露光工程DB220は、データ収集部210において収集したデータを蓄積するデータベースである。例えば、各ロットに対する使用レシピや使用処理ユニット等の情報、あるいは、EGA計測結果データや重ね合わせ誤差計測データ等も露光工程DB220に蓄積される。露光工程DB220に蓄積されたデータは、適宜、後述するアプリケーション250により使用され、露光装置の支援処理に供される。また、後述する端末装置62及びリモート端末装置63からもアクセスされる。一般的に露光装置10は他のプロセス装置に比較して発生するデータ量は膨大であり、それらの膨大なデータベースは露光工程DB220により効率良く管理される。

- [0051] 共通ソフトツール230は、サーバー61が所望の動作をする際に共通的に使用されるツールである。例えば、データ収集部210において収集したデータあるいは露光工程DB220に蓄積されているデータへのアクセス、通信ネットワークを介したリモート接続等の機能等がこの共通ツールとして提供される。
- [0052] インターフェイス240は、サーバー61が、他の装置との通信や作業者とのデータや命令の入出力を行うためのインターフェイスである。具体的には、インターフェイス240は、サーバー61が通信ネットワーク70を介して露光装置10等の他の装置に接続されてデータの転送を行う通信環境を提供する。また、通信ネットワーク70を介して接続された端末装置62からアクセス可能にするリモートネットワーク接続環境を提供する。また、作業者からの命令やデータの入出力を好適な形態で行うヒューマンインターフェイス環境を提供する。
- [0053] アプリケーション250は、露光装置システム1において実際にサーバー61が露光装置10等の装置支援を行うための機能を実現するプログラムである。図示のごとく、本実施の形態のサーバー61には、装置・プロセス解析機能251、レポート・通知機能252、e-mail診断機能253、自動診断機能254、PP管理機能255、自動補正制御機能256を各々実現するアプリケーションが具備されている。
- [0054] 装置・プロセス解析機能251は、露光工程DB220に蓄積されているデータを解析し、解析結果を例えばグラフ等の形態で出力する。装置・プロセス解析機能251は、本発明に係る解析処理として、プロセスプログラム(レシピ)、図8に示すような露光装置10やトラック20の処理ユニット及びその組み合わせに対する重ね合わせ精度や線幅精度等の露光特性の依存性の解析処理を行う。なお、この解析方法の具体的な内容については後に詳細に説明する。
- [0055] 本発明に係る解析処理の他に、装置・プロセス解析機能251は、露光工程DB220に蓄積されているデータの集計処理、統計処理等を行う。例えば、装置・プロセス解析機能251は、装置のユニット毎のエラー件数を集計し、図5に示すようなエラー集計グラフを出力する。図5に示すエラー集計グラフは、所定の期間における露光装置10毎のエラー発生件数をエラーの種類毎(エラー発生のユニット毎)に表示するグラフである。このグラフを見れば、どの露光装置のどのユニットに問題が存在するかを

一見して把握することができる。すなわち、エラーの装置やレシピ(プロセス・プログラム)への依存性を解析することができ、トラブル対応時間を短縮することができる。

- [0056] また、装置・プロセス解析機能251は、例えば、処理工程毎の処理時間を集計し、図6に示すような生産性グラフを出力する。図6に示す生産性グラフは、ロット内の各ウエハに対する、ウエハ交換時間、アライメント時間及び露光時間を示すグラフである。このようなグラフを見れば、ウエハ交換時間が長いウエハが時々存在しており、ウエハ搬送に無駄が発生していることがわかる。すなわち、このようなグラフより、装置の利用状況を把握することができ、生産性効率を高める方策を検討することができる。
- [0057] また、装置・プロセス解析機能251は、例えば、レンズ室の目標気圧と実際の気圧とを集計することにより、図7に示すような気圧の制御状態を示すグラフを出力する。図7は、2つのレンズ室(A室及びB室)の目標気圧と計測した実際の気圧とを重ねてプロットしたものである。図7において、上段に表示されているのがA室に関するデータであり、下段に表示されているのがB室に関するデータであり、目標気圧は折れ線でそれぞれ表示され、実際の気圧は菱形の図形でそれぞれプロットされている。このグラフを見れば、A室、B室ともに目標気圧によく追従していることがわかる。そして、このようなグラフにより、露光装置10の環境を把握することができる。すなわち、装置性能と環境変動の相関を求め、プロセス異常の原因調査の時間の短縮及び装置調整の頻度の最適化を行うことができる。
- [0058] 装置・プロセス解析機能251がこのように動作することにより、データの整理や解析を行う場合におけるグラフ作成の負荷が軽減される。そして、解析効率が向上し、ダウンタイムを短縮化することができる。
- [0059] レポート・通知機能252は、装置・プロセス解析機能251で行われた解析処理結果あるいは異常原因推定結果等を、通信ネットワーク70を介して、例えば作業者のいる端末装置62やリモート端末装置63に出力する。また、レポート・通知機能252は、露光装置システム1の各装置の月、週あるいは日等を単位とした稼動状態を示すレポートを自動的に生成し、予め設定された所定の出力先に出力する。レポート内容は、例えばMTBF、MTBIあるいは障害発生要因別ヒストグラム等の、装置の適切な運転状態を維持するための管理データである。

- [0060] e-mail診断機能253は、後述する自動診断機能254の出力内容等を遠隔地のリモート端末装置63に通信ネットワーク70を介して送信する機能である。これにより、リモート端末装置63での露光装置システム1の各装置の性能監視、不具合や故障の把握、故障部位の判断等が可能となる。その結果、遠隔地からの露光装置10等の診断や調整が可能となる。また、定常的に運転履歴やログデータを監視することにより、装置の予防保守も可能となる。
- [0061] 自動診断機能254は、各種装置から送られてくるデータを解析し、装置の稼動状況の異常を自動的に検出する機能である。自動診断機能254においても、本発明に係る解析方法を用いてデータの分析・解析及び異常原因の推定を行う。本発明に係る解析方法及び異常原因推定の方法については、後に詳細に説明する。自動診断機能254は、その他に、例えばエラー件数診断、メンテナンスデータ診断、あるいはプロダクションデータ診断と言うような自動診断を行う。エラー件数診断は、露光装置10のステージ、ローダー、アライメント等におけるエラーの発生件数から、装置トラブルと不良プロセスを発見するものである。メンテナンスデータ診断は、露光装置10のステージ、結像系、照明系、アライメント、AF等の各種計測結果の変化を監視することにより、メンテナンス頻度の最適化、及び、消耗品交換時期の最適化を行うものである。また、プロダクションデータ診断は、アライメント計測結果、フォーカス制御データ等を監視することにより、プロセス異常の早期発見と不良品生産の予防を行うものである。このような自動診断機能254により、ダウンタイムの短縮と生産中の異常を早期に、あるいは適切なタイミングで検出することができ、リワークウエハの削減を行うことができる。
- [0062] レシピ(PP)管理機能255は、露光装置10等のプロセス装置における実際の処理条件を記載したレシピを管理する機能である。露光装置システム1においては、露光装置10及びトラック20に適用するレシピをサーバー61において集中管理しており、サーバー61から各露光装置10及び各トラックの制御装置にダウンロードあるいはアップロードできるようになっている。また、PP管理機能255は、どのレシピをどのロットに適用して露光装置10及びトラック20の処理を制御したかという情報を記憶する。この情報は、前述した装置・プロセス解析機能251により、重ね合わせ精度や線幅精

度がレシピに依存するか否かを解析する場合等に参照される。

[0063] また、PP管理機能255は、作業者がサーバー61上においてレシピを作成することができる環境を提供する。すなわち、PP管理機能255は、作業者が通信ネットワーク70を介してオフィスのPC等からサーバー61にアクセスし、レシピの作成、編集を行うことができる環境、ツール等を提供する(デスクトップ・レシピ編集機能)。また、PP管理機能255は、レシピを最適化するための環境を提供する。通常、作業者は、例えば前述した装置・プロセス解析機能251や自動診断機能254による解析結果や診断結果に基づいて、レシピを編集し最適化を行う。しかし、レシピを編集する際には、それ以外に処理条件の妥当性をチェックしたい場合がある。そのような条件の妥当性のチェックのためのシミュレーション環境を、PP管理機能255は作業者に提供する。より具体的には、PP管理機能255は、設定したレシピに基づく露光処理のシミュレーション環境を提供し、これにより、例えば重ね合わせ、結像及びスループットの評価が行えるようになっている。

[0064] 自動補正制御機能256は、各種装置から送られてくるデータに基づいて、フィードバック又はフィードフォワード補正制御を行い、装置の機能及び動作を安定化させる機能である。自動補正制御機能256は、装置・プロセス解析機能251において本発明に関わるレシピ、露光装置20やトラック30の処理ユニット及びその組み合わせに対する重ね合わせ精度や線幅精度等の露光特性の依存性の解析処理が行われた場合であって、新たに投入されたロットがそのような重ね合わせ精度や線幅精度に影響を及ぼすようなレシピや処理ユニットを使用することとなっている場合に、これに対して自動補正制御を行う。そのような場合、自動補正制御機能256は、まず、図8に示す最適条件検出ユニット25に対して、最適条件の検出を指示する。すなわち、投入されたウエハに対して露光装置10と同じ条件でウエハ表面形状計測やアライメント信号取得を行い、そのウエハに最適なフォーカス制御方法やアライメント方法を選択するよう指示を行う。そのような最適な処理条件が選択されたら、自動補正制御機能256は、露光装置10に対して、選択された条件で露光処理を行うように指示をする。

[0065] また、自動補正制御機能256は、環境や装置状態の変化に対する補正制御、及び、プロセスに対する補正制御を行う。環境や装置状態の変化に対する補正制御は、

温度、気圧あるいは湿度等の環境の変動や、露光装置、トラックあるいはレーザー等の装置の状態の変化に対して補正制御を行うことにより装置性能の安定化を図るものである。具体的には、例えば次のような各制御を行う。まず、気圧、温度及び湿度の変化データから、露光装置10のフォーカス面を予測制御し、面安定性の向上を図る(長期フォーカス安定化)。また、レーザー、気圧、温度及び湿度の変化データから、最適露光量を予測制御し、ウエハ間のCD安定性の向上を図る(ウエハ間 $\Delta$ CD安定化)。また、PEB温度の不均一に起因するウエハ内の線幅の不均一をショット毎に露光量を微調整して補正し、ウエハ内 $\Delta$ CDの安定性の向上を図る(ウエハ内 $\Delta$ CD安定化)。また、ローダーとトラックのインターフェイスの温度変化を計測し、露光時のウエハ伸縮量を予測し、アライメント補正をかけ、重ね精度の向上を図る(ウエハ間重ね安定化)。

[0066] プロセスに対する補正制御は、プロセスに起因する変動や、露光装置、トラック、レーザー等の装置の運用時の組み合わせによる変動を予測し、これに基づいて種々の動作条件等を補正制御することにより、装置性能の安定化を図るものである。具体的には、次のような制御を行う。例えば、SDM(ディストーションマッチング)、GCM(グリッドマッチング)の補正パラメータの最適化を行い、重ね合わせ精度の向上を図る(号機間マッチング重ね合わせ精度向上)。なお、SDM, GCMの詳細については、特開平7-57991号公報及び特開2002-353121号公報を参照されたい。また、各レシピ(プロセスプログラム)による実スループットの算出、及び、露光装置-トラック間での実スループットの算出を行い、スループット低下ユニットの特定とその対策の支援を行う(スループットシミュレータによる生産性向上)。また、プロセス毎にアライメント計測アルゴリズムの自動選択を行い、重ね合わせ精度の向上を図る(アライメント計測アルゴリズム自動計測)。また、マスクパターンに最適化されたレンズ収差補正制御を行う(レンズ収差補正制御)。

[0067] なお、これらのアプリケーションレベルの機能の操作画面は、ウェブブラウザで構築されており、リモート/ローカルの区別無く、全ての機能がどこからでも利用できるようになっている。

[0068] 装置支援システム60の端末装置62は、例えば工場内において作業者がサーバー

61にアクセスするための端末装置である。端末装置62は、通信ネットワーク70の第1のネットワーク71に接続されており、第1のネットワーク71を介してサーバー61と接続される。

[0069] 装置支援システム60のリモート端末装置63は、例えば工場外のオフィスや、あるいは露光装置10のベンダーから、関係者がサーバー61にアクセスするための端末装置である。リモート端末装置63は、第2のネットワーク72、ゲート装置73及び第1のネットワーク71を介し、また、サーバー61のインターフェイス240の機能を用いてサーバー61に接続される。以上が、装置支援システム60の構成である。

[0070] 通信ネットワーク70は、露光装置システム1の各装置を接続するためのネットワークである。通信ネットワーク70の第1のネットワーク71は、例えば工場内の通信ネットワークであって、装置支援システム60のサーバー61及び端末装置62、露光装置10、トラック20、レーザー30、インライン計測器40及びオフライン計測器50等を接続する。また、通信ネットワーク70の第2のネットワーク72は、例えば工場外の通信ネットワークや、露光装置10のベンダーが管理するネットワーク等である。図示のごとく、第2のネットワーク72と第1のネットワーク71とは、例えばファイアウォール機能を有するゲート装置73により接続される。

[0071] 次に、このような構成の露光装置システム1における、本発明に係るレシピに依存する露光特性の解析方法及び解析結果に基づく対応処理について図8～図10を参照して説明する。図9は、その解析処理の流れを示すフローチャートである。この解析処理においては、EGAの非線形成分をレシピ毎に集計し、非線形成分の大きいレシピを特定するとともに、これに対する対策を施す。EGAにより補正されるのは線形成分のみであり非線形成分の大きいウエハでは重ね合わせ精度が悪化する。そこで、この非線形成分を露光結果を示す特性として検出し解析する。なお、EGA非線形成分が発生する原因は、アライメント時のセンサやアルゴリズムが最適化されていないこと、CMPによりアライメントマークに非対称等の影響が現れていること、あるいは、ウエハの温度管理の精度が不十分であること等が挙げられる。

[0072] この解析処理は、種々のレシピを用いてある程度多数のロットに対して露光処理を行い、そのログ情報等が蓄積された状態でスタートするのが好適である。解析処理を

開始すると(ステップS100)、処理を施したロット毎にEGAの非線形成分を検出し収集する(ステップS110)。EGA非線形成分が、重ね合わせ誤差データとして既に検出されて例えば露光工程DB220に蓄積されている場合には、それを読み出して用いればよい。また、アライメント計測データ等が蓄積されている場合には、装置・プロセス解析機能251の機能を利用して、非線形成分を抽出するようにしてもよい。

[0073] 次に、非線形成分を抽出したロットに対して、トラックあるいは露光処理時に使用したレシピを検出する(ステップS120)。使用したレシピの情報は、ロット毎に露光工程DB220に記憶されているのでこれを参照する。

[0074] 次に、収集したEGA非線形成分の情報を、使用したレシピに対応付けて分類し(ステップS130)、分類したレシピ毎の非線形成分の情報を比較が容易なようにグラフ化する(ステップS140)。その結果、例えば図10に示すようなグラフが得られる。図10に示すグラフは、横軸に露光レシピをとり、縦軸にEGA非線形成分をとり各ロットのデータをプロットしたグラフである。

[0075] 次に、このEGA非線形成分が、レシピに依存しているか否かを検出する(ステップS150)。具体的には、レシピ別にEGA非線形成分の平均値及び標準偏差を算出し、例えばある程度の数のレシピについて算出した平均の平均値及び標準偏差との差を検出する。そして、この差が、各々所定の閾値を越えた場合に、EGA非線形成分がレシピに依存していると判定する。なお、オペレータがレシピによるEGA非線形成分の依存性を直接に判定する場合には、図10に示すグラフを参照することにより、オペレータは依存状態を容易に把握することができる。図10に示すグラフからは、レシピR、レシピS及びレシピZにおいて、明らかにEGA非線形成分が他のレシピに比べて大きくなっていることが観察される。

[0076] 依存性がある旨が判定されたら、必要に応じて所定の対応処理を実施する(ステップS160)。例えば、EGA非線形成分に影響を与えると判定されたレシピ(EGA非線形成分がそのレシピに依存していると判定されたレシピ)が、新たなロットに対して適用された場合、何らかの警告を発してオペレータに調査やメンテナンスを促す。例えばレポート・通知機能252を制御し、そのような通知、警告を行う。このような警告を行えば、重ね合わせ精度の悪化を未然に防ぐことができる。

- [0077] また、例えば自動補正制御機能256を制御して、アライメントのアルゴリズムを変更したり、GCM(ショット配列補正機能)を有効にして3次までのショット配列を補正することにより、発生すると見こまれるEGA非線形成分を自動補正することができる。アライメントのアルゴリズムを変更する際には、露光装置10内のFIAと同様の機能を有し図8に示すようにトラック20内に配置されている最適条件検出ユニット25により、露光前のウエハの滞留時間を利用して、予め、最も適切なアライメント波形が得られるアルゴリズムを特定しておく。これにより、露光時に最適なアライメントアルゴリズムを使用することができる。最適条件検出ユニット25に、露光装置10のAFシステムと同様の構成を配置しておき、露光前に対象プロセスでのウエハ内の段差プロファイルを計測し、この計測結果に応じてAF制御応答性の最適化を行うという処理をとることもできる。
- [0078] このような解析処理を行うことにより、レシピに依存してEGA非線形成分が生じている場合、これを容易に把握し、分析し、対策することができる。その結果、露光装置10の最適な設定を行うことが容易になり、露光精度を向上させることができる。なお、本実施の形態ではEGA非線形成分の例を説明したが、同様の解析処理をEGA線形成分に対して適用することができる。EGA線形成分は、本来EGA計測により補正されるべきものであるが、EGA計測時と露光時との間にウエハに伸縮等があると露光結果に線形成分が残留してしまい、これが重ね合わせ誤差となる。そこで、上述の解析処理をEGA線形成分にも適用し、残留線形誤差とレシピとの依存性を検出する。そして、依存性のあるレシピを使用して露光を行う場合には、EGA計測結果に解析結果から得られるオフセットを加えて露光する。これにより露光装置10の露光精度を向上させることができる。
- [0079] このような解析方法は、露光装置10及びトラック20で使用する処理ユニット又はその組み合わせに依存して露光特性が変動する場合の解析にも使用することができる。例えば、図8に示すように露光装置10及びトラック20がともに同一機能の複数の処理ユニットを含んでいるものとする。図8の場合では、ウエハが実際に通過するユニットの組み合わせは $324(=3^4 \times 2^2)$ 通りとなる。そこで、特定のレシピに着目し、前述した方法と同様の方法により、このレシピにより処理された多数のウエハに対して例え

ば線幅ばらつきを算出し、これを処理ユニットの組み合わせに対応付けて分類することにより、線幅バラツキの処理ユニットの組み合わせに対する依存性を検出することができる。すなわち、線幅バラツキに影響を与える処理ユニットの組み合わせを容易に検出することができる。

[0080] このような場合も、線幅ばらつきが大きくなる傾向にある処理ユニットの組み合わせによってウエハが流れて来た時には、露光前あるいは現像終了後等に警告を発してオペレータに対処を促すことにより、不良品生産の拡大を防止することができる。また、処理ユニットの組み合わせ毎に線幅分布を計測しておけば、露光時にODC機能(ショット毎に照度むら、露光量制御を意図的に変化させて線幅均一性を高める機能)を用いて、該当するユニット組み合わせに対する最適な露光量補正を実行することができる。

[0081] このように、本実施の形態の露光装置システム1においては、露光装置10の状態や異常状態を迅速にサーバー61に吸い上げ、容易かつ適切にそのデータの解析を行い、例えば異常の原因等を推定することができる。特に、レシピや処理ユニット又はその組み合わせに依存する線幅や重ね合わせ精度への影響を、容易に解析し、依存関係を検出し、また対策をとることができる。従って、異常状態の発生に対しても適切に対応することができ、また、露光装置の最適な設定を行うことが容易になり、露光精度を向上させ、高性能な電子デバイスを生産性よく製造することができる。

[0082] なお、本実施の形態では、装置支援システム60を構成するサーバー61によりプロセスプログラム、露光装置10やトラック20の処理ユニット及びその組み合わせに対する露光特性の依存性の解析処理を行う例を説明したが本発明はこれらに限られない。例えば、露光装置10が備える主制御装置115が通信ネットワーク70を介して必要な情報を収集し、上記と同様の解析を行うようにしても構わない。この場合、情報を収集する収集手段と、解析を行う解析手段とは、主制御装置115のハードウェアとソフトウェアとが協働することにより実現される。

[0083] なお、本実施の形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって本発明を何ら限定するものではない。本実施の形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含み、また任意好適な種々

の改変が可能である。例えば、本発明は露光装置を含むシステムに限られるものではない。電子デバイス製造工程において用いられる任意のプロセス処理装置等にも適用可能である。

[0084] 本開示は、2004年4月28日に提出された日本国特許出願第2004-133600号に含まれた主題に関連し、その開示の全てはここに参照事項として明白に組み込まれる。

## 請求の範囲

- [1] 露光対象を露光して得られた露光結果の所定の特性を検出し、  
前記露光対象に対して行った前記露光を含むリソグラフィ工程の所定の処理の条件を規定したプロセスプログラムを検出し、  
前記検出した前記露光結果の所定の特性を、前記プロセスプログラム毎に分類し、  
前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラムに対する依存性を検出する解析方法。
- [2] 前記露光対象に対して行った前記リソグラフィ工程の所定の処理に使用した処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせを検出し、  
前記検出した前記露光結果の所定の特性を、前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせ毎に分類し、  
前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせに対する依存性を検出する請求項1に記載の解析方法。
- [3] 前記露光結果の所定の特性は、露光して形成したパターンの線幅の精度と、前記パターンの重ね合わせ精度である  
請求項1又は2に記載の解析方法。
- [4] 前記検出した依存性に基づいて、前記露光結果の所定の特性が予め定めた基準値を超えると予測される前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせの少なくとも1つを特定し、  
前記特定した前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせに該当する処理が行われる際に警報を発する請求項2又は3に記載の解析方法。
- [5] 露光対象を露光して得られた露光結果の所定の特性を検出し、  
前記露光対象に対して行った前記リソグラフィ工程の所定の処理に使用した処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせを検出し、  
前記検出した前記露光結果の所定の特性を、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ毎に分類し、

前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラムに対する依存性を検出する解析方法。

- [6] マスクに形成されたパターンを基板に露光する露光手段と、  
前記パターンの露光結果の所定の特性を検出する検出手段と、  
前記露光に供した基板に対して、前記露光を含むリソグラフィ工程の所定の処理において使用した当該処理の条件を規定したプロセスプログラム、前記リソグラフィ工程の所定の処理において使用した処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせを収集する収集手段と、  
前記検出手段により検出した前記露光結果の所定の特性を、前記収集手段により収集した前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせ毎に分類し、前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせに対する依存性を解析する解析手段とを有する露光装置。
- [7] 前記解析手段は、露光対象の基板が、露光結果の所定の特性に影響を与える前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ若しくはそれらの組み合わせが使用された基板である場合は、当該旨の警告を発する請求項6に記載の露光装置。
- [8] 前記露光手段は、露光対象の基板が、露光結果の所定の特性に影響を与える前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせが使用された基板である場合は、前記所定の特性に対する影響を除去する補正処理とともに露光を行う請求項6又は7に記載の露光装置。
- [9] 露光に供する基板に対して、前記露光の前工程及び後工程の所定の処理を行う処理ユニットを有するトラックと、  
マスクに形成されたパターンを露光処理により基板の所定ショット領域に転写する露光装置と、  
前記露光に供した基板に対して、前記露光を含むリソグラフィ工程の所定の処理において使用した当該処理の条件を規定したプロセスプログラム、前記リソグラフィ工程の所定の処理において使用した処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくは

はそれらの組み合わせを収集する収集手段と、

前記露光結果の所定の特性を、前記収集手段により収集した前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせ毎に分類し、前記露光結果の所定の特性の前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせに対する依存性を検出する解析装置とを有する露光装置システム。

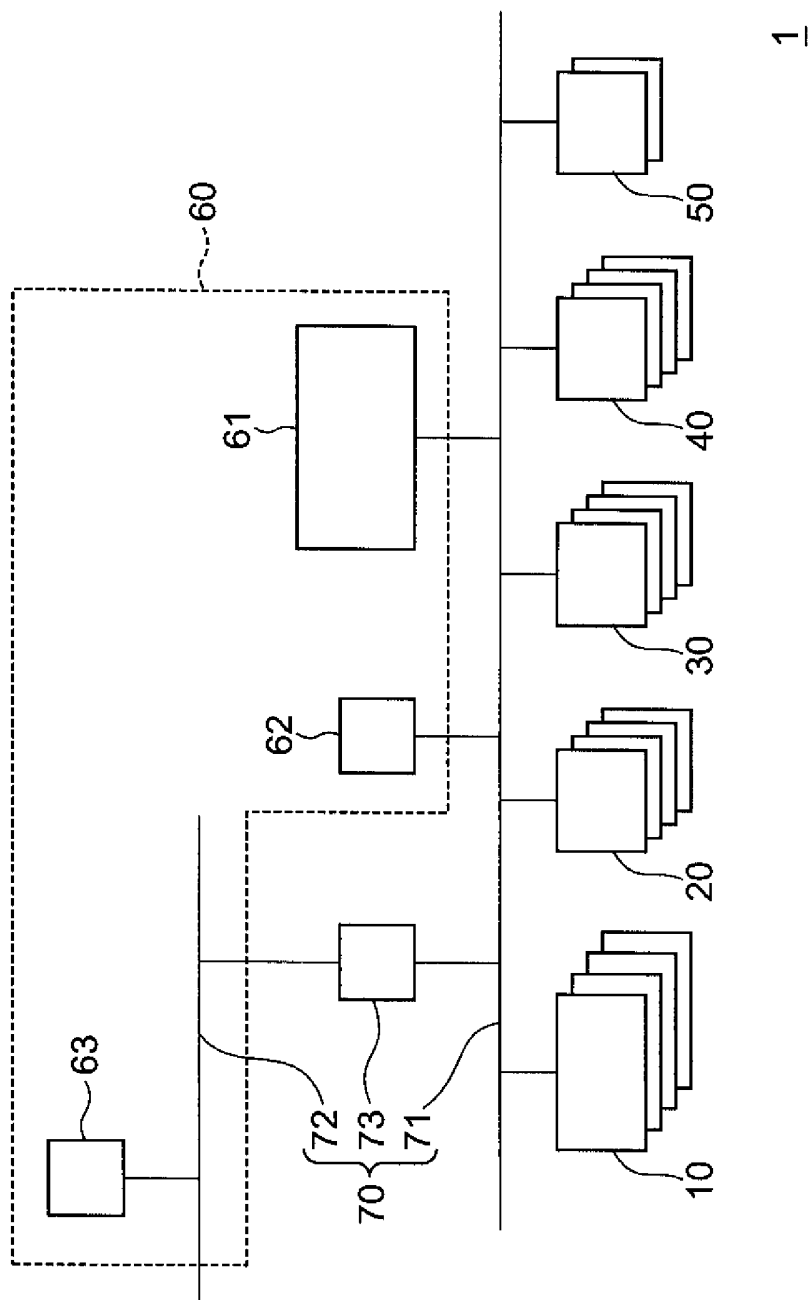
- [10] 前記トラックは、露光結果の所定の特性に影響を与える前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせが使用された基板を、前記所定の特性に影響が生じないように前記露光装置で処理するための制御条件を検出する最適条件検出手段をさらに有し、

前記露光装置は、露光対象の基板が、露光結果の所定の特性に影響を与える前記プロセスプログラム、前記処理ユニット又は処理ユニットの組み合わせ、若しくはそれらの組み合わせが使用された基板である場合は、前記最適条件検出手段で検出された前記制御条件により露光を行う請求項9に記載の露光装置システム。

- [11] 前記最適条件検出手段は、前記基板の表面形状を計測し、フォーカス制御を行うための前記制御条件を検出する請求項10に記載の露光装置システム。

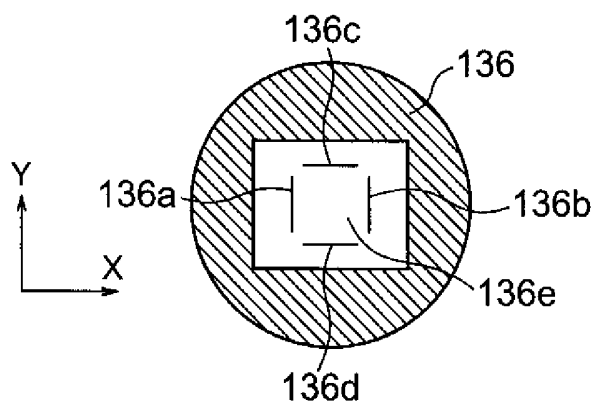
- [12] 前記最適条件検出手段は、前記基板に形成されたパターンを観察し、前記パターンの位置検出を行うための前記制御条件を検出する請求項10又は11に記載の露光装置システム。

[図1]

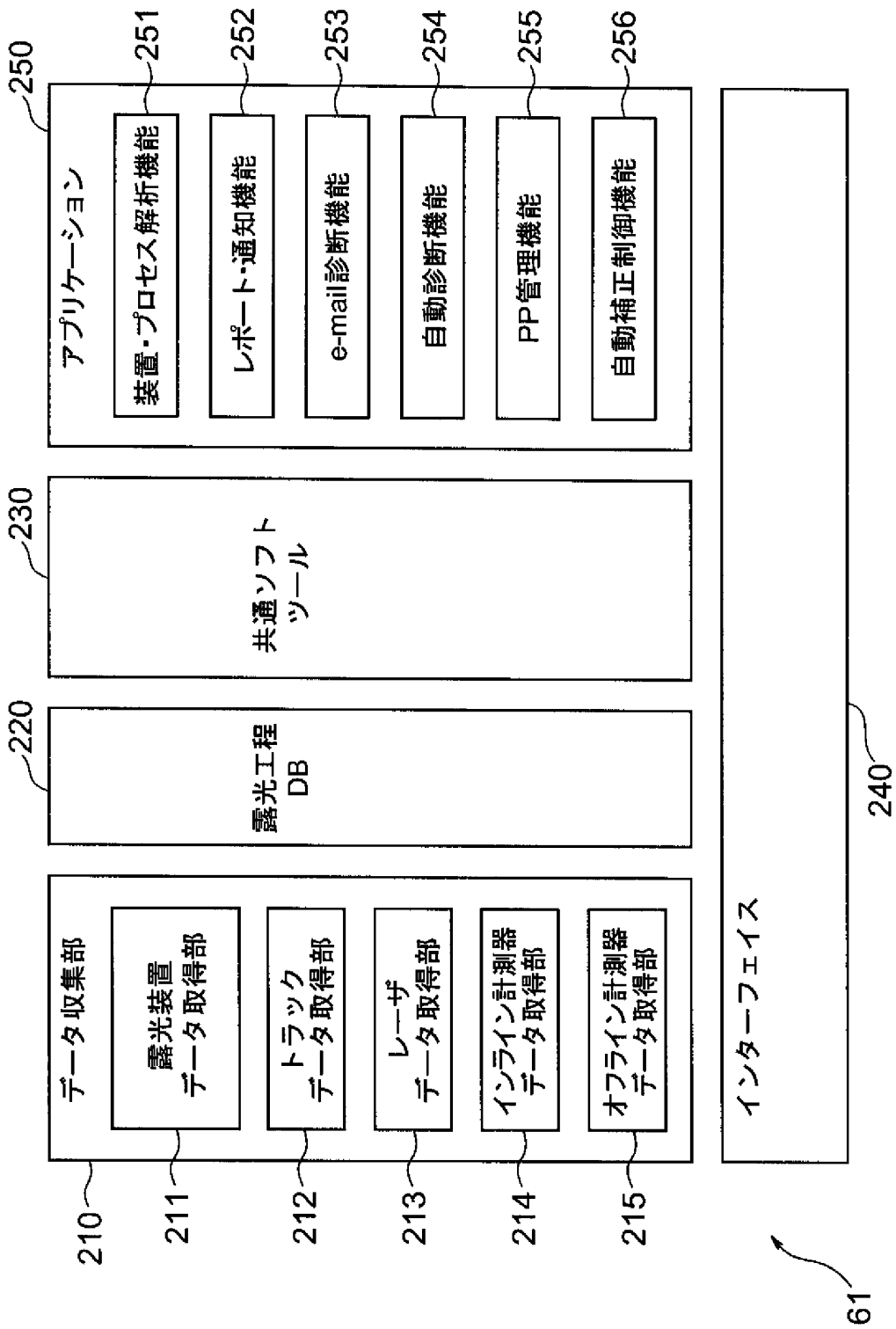




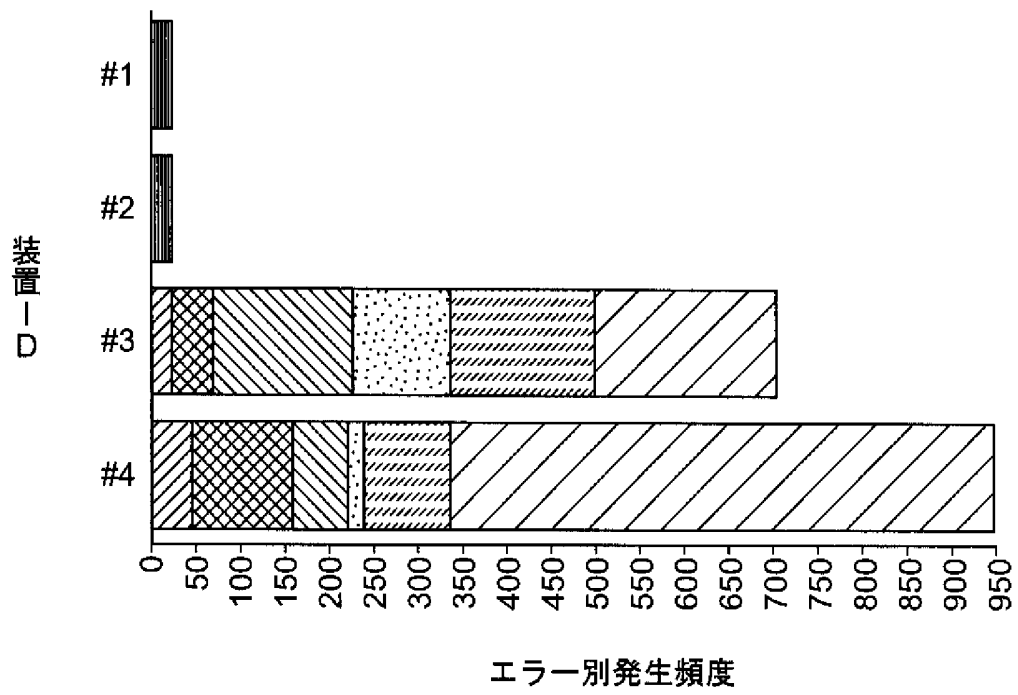
[図3]



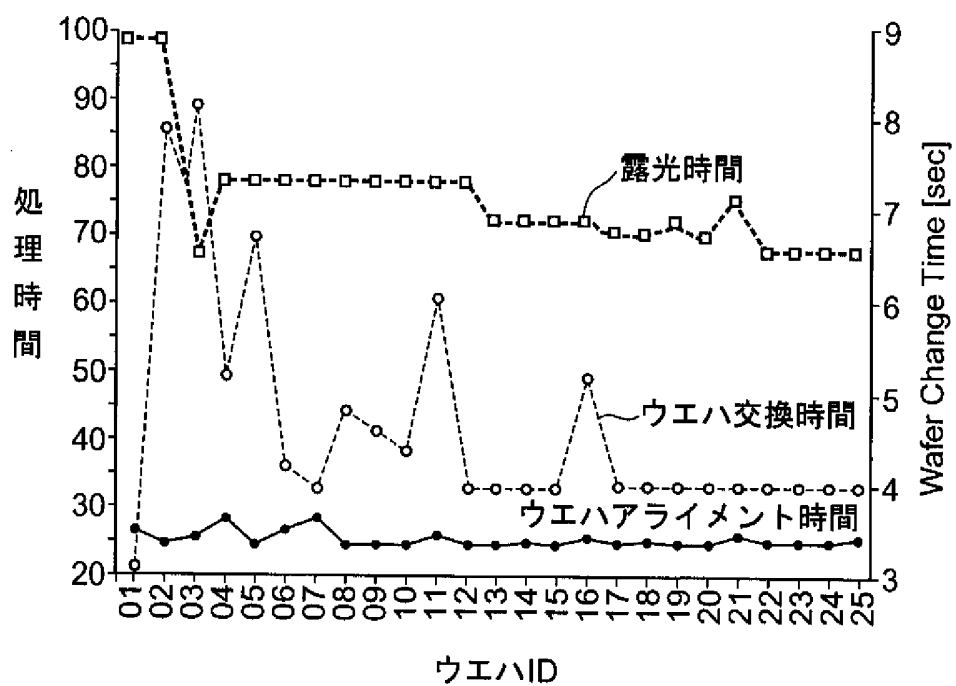
[図4]



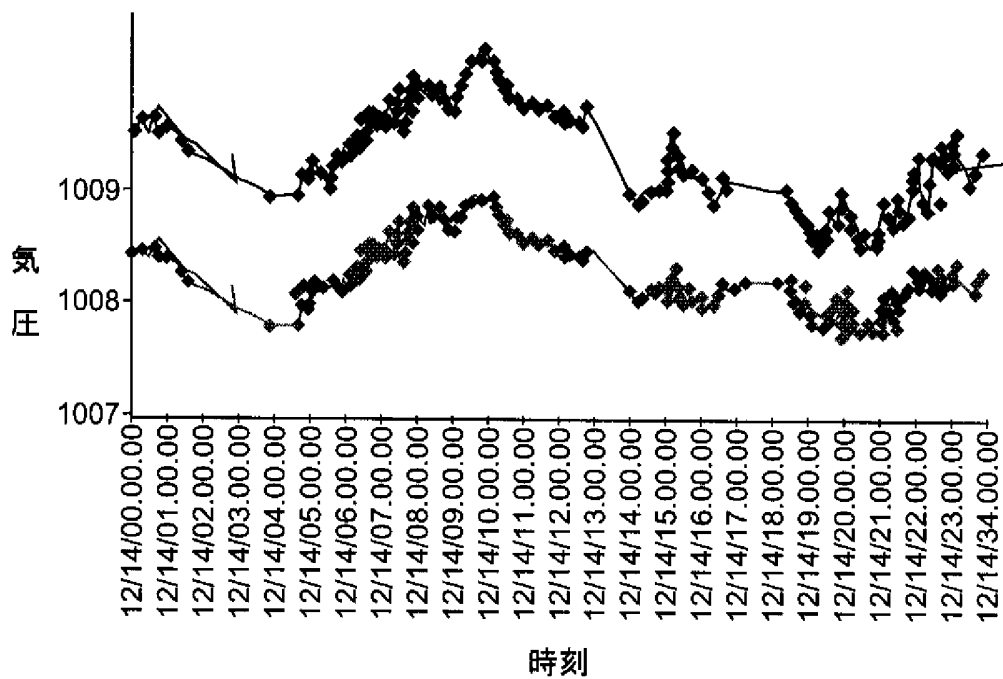
[図5]



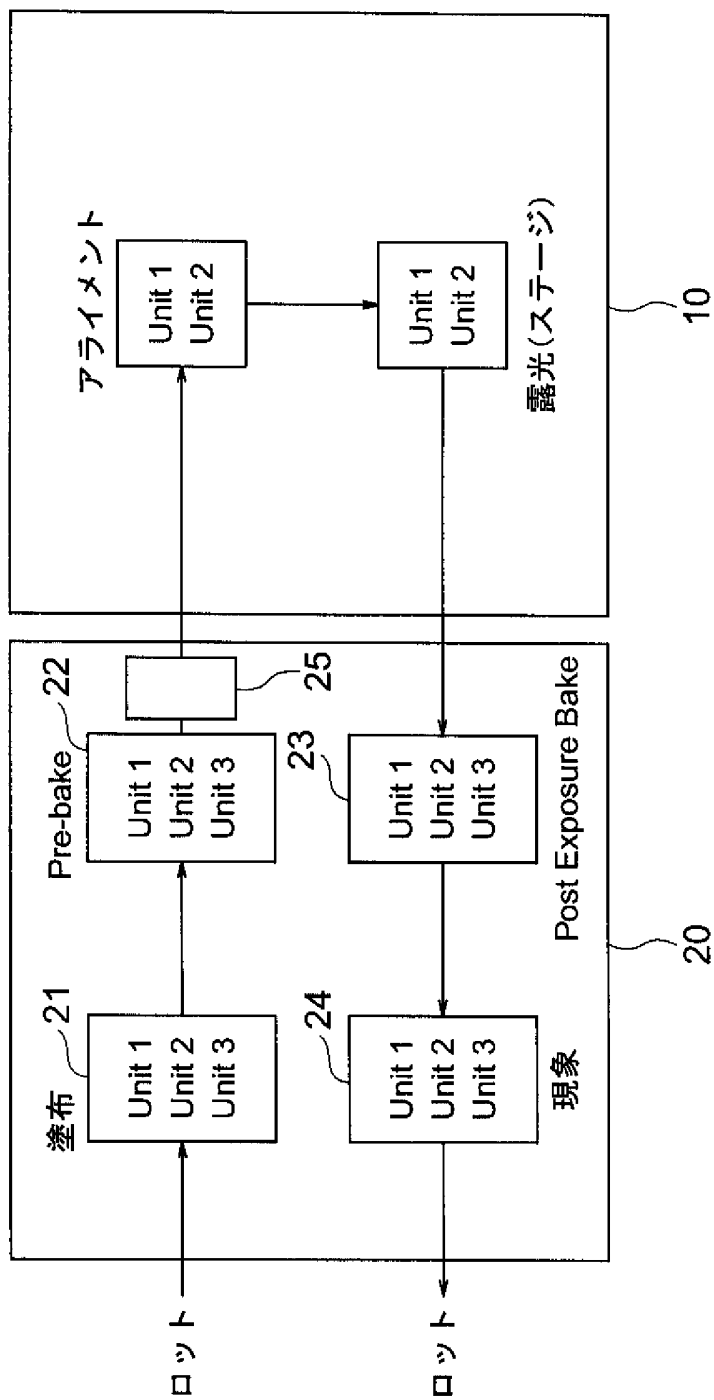
[図6]



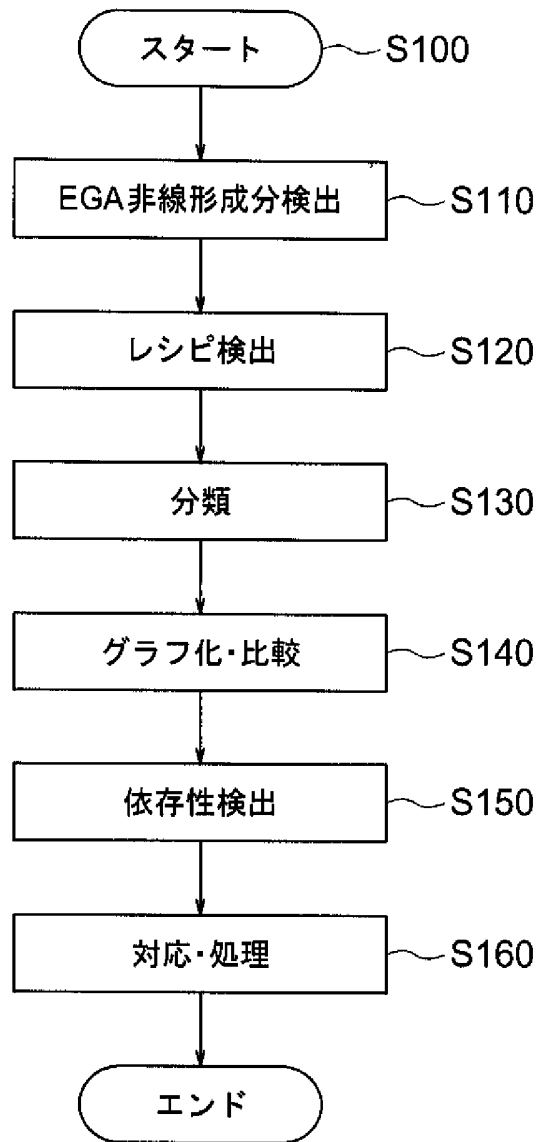
[図7]



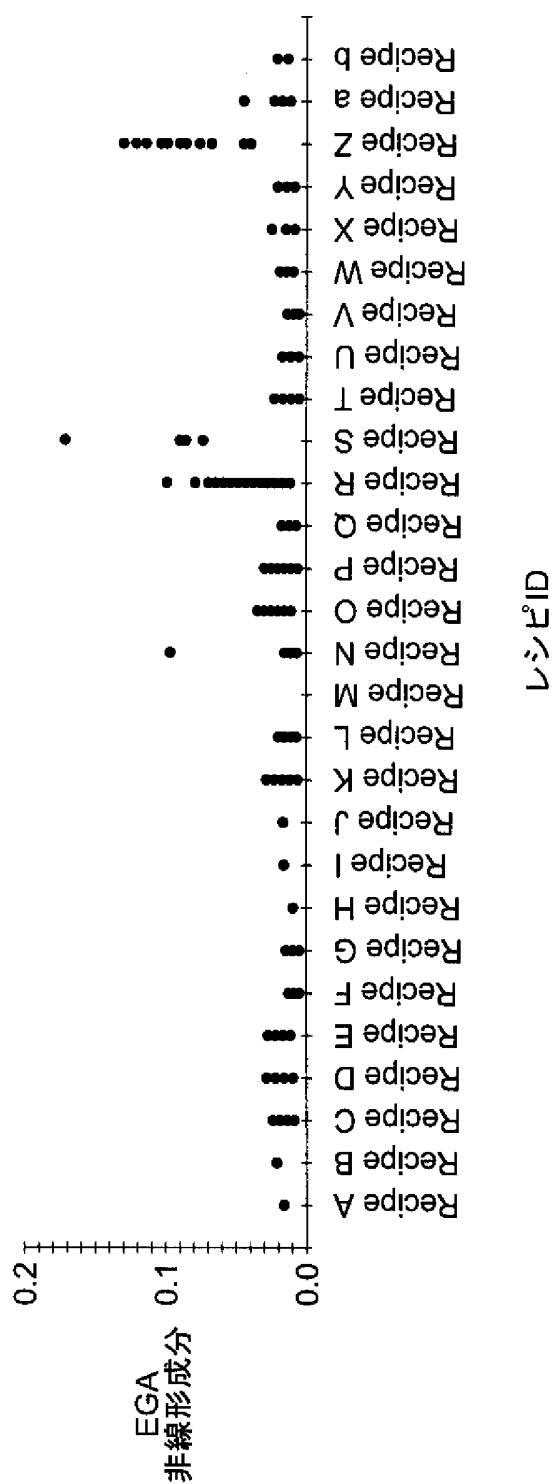
[図8]



[図9]



[図10]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007807

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl <sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20		
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) Int.Cl <sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20		
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 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005		
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.
X Y	JP 2002-359174 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 December, 2002 (13.12.02), Full text (Family: none)	1, 2, 4-10, 12 3
X Y	JP 2003-324055 A (Canon Inc.), 14 November, 2003 (14.11.03), Par. Nos. [0030] to [0106] & US 2003/0202182 A1	1, 2, 4-10, 12 3
X Y	WO 03/071471 A1 (KLA-TENCOR CORP.), 28 August, 2003 (28.08.03), First page; Claims & US 2003/0223630 A1 & JP 2005-518107 A & AU 2003-213059 A1	1, 2, 4-10, 12 3
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 01 August, 2005 (01.08.05)		Date of mailing of the international search report 16 August, 2005 (16.08.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007807

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2004-103674 A (Kabushiki Kaisha Runesasu Technology), 02 April, 2004 (02.04.04), Full text (Family: none)	1,2,4-11 3
X Y	JP 11-288879 A (Hitachi, Ltd.), 19 October, 1999 (19.10.99), Full text (Family: none)	1,2,4-11 3
X Y	WO 03/001297 A2 (KLA-TENCOR CORP.), 03 January, 2003 (03.01.03), First page; Claims & US 2003/0048458 A1 & JP 2005-513757 A	1,2,4-10 3
X Y	JP 2002-134395 A (Sony Corp.), 10 May, 2002 (10.05.02), Full text & US 2003/0054642 A1 & WO 02/035588 A1 & TW 531799 B	1,2,4-10 3
X Y	JP 2004-040039 A (Sony Corp.), 05 February, 2004 (05.02.04), Page 1; Claims (Family: none)	1,2,4-10 3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20

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 (IPC))  
 Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005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 カテゴリー*	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
X Y	JP 2002-359174 A (三菱電機株式会社) 2002. 12. 13 全文(ファミリーなし)	1, 2, 4-10, 12 3
X Y	JP 2003-324055 A (キヤノン株式会社) 2003. 11. 14 [0030]-[0106] & US 2003/0202182 A1	1, 2, 4-10, 12 3
X Y	WO 03/071471 A1 (KLA-TENCOR CORPORATION) 2003. 08. 28 First page, claims. & US 2003/0223630 A1 & JP 2005-518107 A AU 2003-213059 A1	1, 2, 4-10, 12 3

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ー	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 01. 08. 2005	国際調査報告の発送日 16. 8. 2005
----------------------------	---------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 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) 岩本 勉 電話番号 03-3581-1101 内線 3274	2M 9355
--	---	---------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	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
X Y	JP 2004-103674 A (株式会社ルネサステクノロジ) 2004. 04. 02 全文(ファミリーなし)	1, 2, 4-11 <sub>3</sub> 3
X Y	JP 11-288879 A (株式会社日立製作所) 1999. 10. 19 全文(ファミリーなし)	1, 2, 4-11 <sub>3</sub> 3
X Y	WO 03/001297 A2 (KLA-TENCOR CORPORATION) 2003. 01. 03 First page, claims & US 2003/0048458 A1 & JP 2005-513757 A	1, 2, 4-10 <sub>3</sub> 3
X Y	JP 2002-134395 A (ソニー株式会社) 2002. 05. 10 全文 & US 2003/0054642 A1 & WO 02/035588 A1 & TW 531799 B	1, 2, 4-10 <sub>3</sub> 3
X Y	JP 2004-040039 A (ソニー株式会社) 2004. 02. 05 第1 ページ、特許請求の範囲(ファミリーなし)	1, 2, 4-10 <sub>3</sub> 3