

(43) 国際公開日
2006年5月4日 (04.05.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/046429 A1(51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/019058

(22) 国際出願日: 2005年10月17日 (17.10.2005)

(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 2004-310917
2004年10月26日 (26.10.2004) 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三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

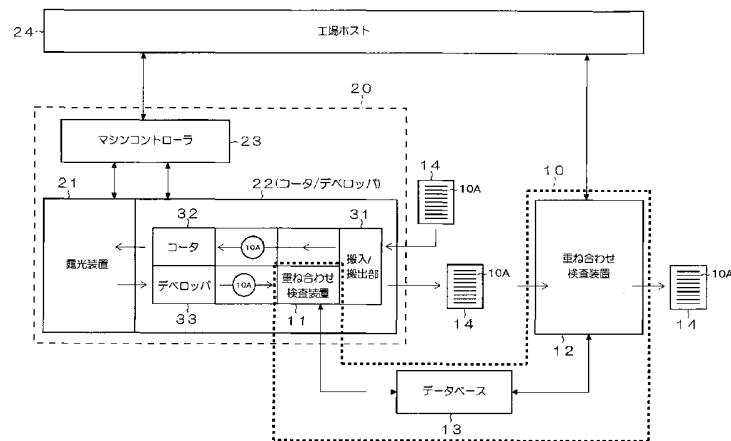
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高木 誠 (TAKAGI,

Makoto) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三
丁目2番3号 株式会社ニコン知的財産部内 Tokyo
(JP).(74) 代理人: 古谷 史旺, 外 (FURUYA, Fumio et al.); 〒
1600023 東京都新宿区西新宿1丁目19番5号 第
2明宝ビル9階 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, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,
NA, NG, 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.(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,

/ 続葉有 /

(54) Title: OVERLAY INSPECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 重ね合わせ検査システム

24... PLANT HOST COMPUTER
23... MACHINE CONTROLLER
21... EXPOSURE APPARATUS
22... (COATER/DEVELOPER)
32... COATER33... DEVELOPER
11... OVERLAY INSPECTION UNIT
31... CARRY IN/OUT PART
13... DATABASE
12... OVERLAY INSPECTION UNIT

(57) Abstract: An overlay inspection system which can achieve both exposure process correction by single wafer and improvement in exposure process accuracy. The system is provided with a first inspection unit (11), which is incorporated in a path wherein a substrate (10A) taken out from a transfer container (14) is recovered to the transfer container through at least an exposure process and a development process, and inspects overlay of the substrate underwent the development process at a plurality of points; a second inspection unit (12), which is arranged outside the path and inspects overlay of the substrate at more points than the first inspection unit when the substrate which has recovered to the transfer container through the first inspection unit is taken out again from the transfer container; and a generating means (image processing part of the inspection units (11, 12)), which generates exposure process correcting data, based on the inspection results from the first inspection unit and the inspection results from the second inspection unit.

/ 続葉有 /



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, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

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。

(57) 要約: 本発明は、露光工程の補正の枚葉化と高精度化との双方を実現可能な重ね合わせ検査システムを提供することを目的とする。そのため、搬送容器14から取り出された基板10Aが少なくとも露光工程と現像工程とを経て搬送容器に回収されるまでの経路に組み込まれ、現像工程を経た後の基板の重ね合わせ検査を複数の点で行う第1検査装置11と、前記経路の外に配置され、第1検査装置を経て搬送容器に回収された後の基板が該搬送容器から改めて取り出されたときに、該基板の重ね合わせ検査を第1検査装置よりも多くの点で行う第2検査装置12と、第1検査装置による検査結果と第2検査装置による検査結果とに基づいて、露光工程の補正用データを生成する生成手段(上記の検査装置11, 12の画像処理部)とを備える。

明 細 書

重ね合わせ検査システム

技術分野

- [0001] 本発明は、基板の異なる層に形成された複数のパターンの重ね合わせ検査を行う重ね合わせ検査システムに関し、特に、半導体素子や液晶表示素子などの製造工程における重ね合わせ検査に好適な重ね合わせ検査システムに関する。

背景技術

- [0002] 半導体素子や液晶表示素子などの製造工程では、周知のリソグラフィ工程を経てレジスト層に回路パターンが転写され、このレジストパターンを介してエッチングなどの加工処理を行うことにより、所定の材料膜に回路パターンが転写される(パターン形成工程)。そして、このパターン形成工程を何回も繰り返し実行することにより、様々な材料膜の回路パターンが基板(半導体ウエハや液晶基板)の上に積層され、半導体素子や液晶表示素子の回路が形成される。
- [0003] さらに、上記の製造工程では、様々な材料膜の回路パターンを精度よく重ね合わせるため(製品の歩留まり向上を図るため)、各々のパターン形成工程のうち、リソグラフィ工程の後でかつ加工工程の前に、基板上のレジストパターンの位置ずれ検出を行っている(例えば特許文献1を参照)。これは、1つ前のパターン形成工程で形成された下地層の回路パターン(以下「下地パターン」という)とレジストパターンとの重ね合わせ検査である。重ね合わせ検査の結果は、基板の良否判定などに用いられる。
- [0004] また、一般的に、重ね合わせ検査は、リソグラフィシステム(露光装置を含む)から独立した単体型の装置で実施される。このため、検査対象の基板は、リソグラフィ工程を経た後、カセットなどの搬送容器に収納された状態で(つまりロット単位で)、重ね合わせ検査装置に搬送されてくる。そして、重ね合わせ検査装置では、ロット内の一部の基板に対して抜き取りで重ね合わせ検査を行い、ロット単位で重ね合わせ検査の結果を出力する。その後、基板の良否判定がロット単位で行われ、良品の場合は次工程(加工工程など)、不良品の場合は再生工程または廃棄工程へ、ロット単位で搬送される。

[0005] さらに、あるロットAにおける重ね合わせ検査の結果は、そのロットAの良否判定に用いられる他、次のロットB(ロットAと同じ製品名で同じ工程名)の良品率向上のために、リソグラフィ工程の中の露光工程にフィードバックされ、次のロットBに対する露光工程の補正に用いられる。

露光工程の補正とは、マスク(レチクル)に形成された回路パターンの潜像をレジスト層に焼き付ける際、その潜像と下地パターンとの位置や大きさのずれ(以下「プロセスオフセット」という)が小さくなるように、露光装置の各部(アライメント系やAF系など)を予め微調整する処理である。露光工程のプロセスオフセットは、露光装置の各部の経時変化に応じて少しずつ変動し、また、各基板の下地層の状態によっても変動する。このため、プロセスオフセットの増大を回避するには露光工程の補正が必要となる。

[0006] 露光工程の補正を行うことにより、次のロットBに対する露光工程では、プロセスオフセットの小さな潜像がレジスト層に焼き付けられる。そして、現像処理の後、その潜像に応じたレジストパターンが下地パターンの上に形成され、次のロットBにおけるレジストパターンの重ね合わせ状態も良好となる。ロットBにおける重ね合わせ検査の結果は、上記と同様、露光工程にフィードバックされ、その次のロットCに対する露光工程の補正に用いられる。

[0007] このように、従来では、単体型の重ね合わせ検査装置からロット単位で出力される検査結果を露光工程にフィードバックし、あるロットの重ね合わせ検査の結果に基づいて次のロットに対する露光工程の補正を行うと共に、このような露光工程の補正をロット単位で繰り返す。したがって、同じ製品名で同じ工程名の複数のロットに対するリソグラフィ工程では、ロットが切り替わるごとに露光工程のプロセスオフセットを小さくすることができ、プロセスオフセットの増大を回避できる。

特許文献1:特開2000-150353号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、単体型の重ね合わせ検査装置からロット単位で出力される検査結果を露光工程にフィードバックする場合、露光工程の補正を上記のようなロット単位で行って

おり、ロット内の各基板ごとに補正していない。今後、半導体素子などの高集積化に伴って回路パターンの微細化がさらに進むと、より高い重ね合わせ精度が要求されるため、露光工程の補正をきめ細かく、例えば基板ごとに行うことが必要になる。

[0009] 露光工程の補正を基板ごとに行うためには、スループットを低下させないために、リソグラフィシステム(露光装置を含む)の中に重ね合わせ検査装置を組み込み、インライン化する必要がある。この場合、組み込み可能なスペースの制約から、単体型の装置をそのまま組み込むことは困難であり、検査ステージの駆動部や防振台などを小型化せざるを得ない。そして、重ね合わせ検査の精度よりも処理速度を優先し、各基板での測定点数を減らして、基板1枚あたりの所要時間を短縮する必要がある。ところが、このような構成では、高精度化が図れない。

[0010] 本発明の目的は、露光工程の補正をきめ細かく且つ高精度化に行える実現可能な重ね合わせ検査システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の重ね合わせ検査システムは、搬送容器から取り出された基板が少なくとも露光工程と現像工程とを経て前記搬送容器に回収されるまでの経路に組み込まれ、前記現像工程を経た後の前記基板におけるレジストパターンと下地パターンとの重ね合わせ検査を、前記基板のうち複数の点で行う第1検査装置と、前記経路の外に配置され、前記基板におけるレジストパターンと下地パターンとの重ね合わせ検査を、前記基板のうち前記第1検査装置よりも多くの点で行う第2検査装置と、前記第1検査装置による重ね合わせ検査の結果と前記第2検査装置による重ね合わせ検査の結果とに基づいて、前記露光工程の補正用データを生成する生成手段とを備えたものである。

[0012] また、上記の重ね合わせ検査システムにおいて、前記生成手段は、前記第1検査装置による重ね合わせ検査の結果に基づいて前記補正用データの低次成分を生成すると共に、前記第2検査装置による重ね合わせ検査の結果に基づいて前記補正用データの高次成分を生成するものである。

また、上記の重ね合わせ検査システムにおいて、前記生成手段は、前記低次成分を生成した後、前記第2検査装置による重ね合わせ検査の結果から前記補正用デ

一タの各成分を算出して、該各成分のうち前記低次成分を取り除くことにより、前記高次成分を生成するものである。

- [0013] また、上記の重ね合わせ検査システムにおいて、前記第1検査装置は、前記露光工程の前にレジストを塗布して前記露光工程の後に前記レジストを現像する塗布/現像装置の中に組み込まれ、前記第2検査装置は、前記塗布/現像装置の外に配置されるものである。

発明の効果

- [0014] 本発明の重ね合わせ検査システムによれば、露光工程の補正をきめ細かく且つ高精度化に行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本実施形態の重ね合わせ検査システム10の構成を示すブロック図である。
[図2]組込型の重ね合わせ検査装置11における基板10Aの測定点10Bについて説明する図である。
[図3]単体型の重ね合わせ検査装置12における基板10Aの測定点10Cについて説明する図である。
[図4]組込型の重ね合わせ検査装置11と単体型の重ね合わせ検査装置12の概略構成を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0016] 以下、図面を用いて本発明の実施形態を詳細に説明する。

本実施形態の重ね合わせ検査システム10は、図1に示す通り、リソグラフィシステム20の中に組み込まれた重ね合わせ検査装置11と、リソグラフィシステム20から独立した単体型の重ね合わせ検査装置12と、データベース13とで構成される。この重ね合わせ検査システム10は、半導体素子や液晶表示素子などの製造工程において、基板10A(半導体ウエハや液晶基板など)の異なる層に形成された複数のパターンの重ね合わせ検査を行うものである。

- [0017] ここで、基板10Aは、カセットなどの搬送容器14に収納された状態で(つまりロット単位で)リソグラフィシステム20に搬送され、そこでのリソグラフィ工程(後述)を経た後、再び搬送容器14に収納された状態で単体型の重ね合わせ検査装置12に搬送さ

れる。このような搬送容器14の移動は、自動搬送装置(不図示)またはオペレータが行う。搬送容器14は、複数枚(例えば25枚)の基板10Aを収納可能であり、キャリアと呼ばれることもある。

[0018] 本実施形態の重ね合わせ検査システム10について具体的に説明する前に、リソグラフィシステム20の説明を行う。

リソグラフィシステム20では、露光装置21とコータ/デベロッパ22とが隣接して設置され、また、その間に基板10Aの搬送機構(不図示)が設置される。コータ/デベロッパ22には、搬入/搬出部31とコータ32とデベロッパ33とが搭載され、さらに、本実施形態の重ね合わせ検査システム10のうち組込型の重ね合わせ検査装置11が搭載され、基板10Aの搬送機構(不図示)も設置される。このように、リソグラフィシステム20の内部では、不図示の搬送機構により、各装置(11,21,31~33)が互いにインライン化されている。

[0019] リソグラフィシステム20において、搬入/搬出部31は、基板10Aが収納された搬送容器14の搬入と搬出とを行うための装置である。コータ32は、搬送容器14内(つまりロット内)の各基板10Aに対し、露光装置21における露光工程の前にレジストを塗布する装置である。デベロッパ33は、露光工程の後に各基板10Aのレジストを現像する装置である。組込型の重ね合わせ検査装置11は、現像工程の後に各基板10Aの重ね合わせ検査(詳細は後述)を行う装置である。また、露光装置21は、マスク(レチクル)に形成された回路パターンの潜像を各基板10Aのレジスト層に焼き付ける装置である。

[0020] 上記構成のリソグラフィシステム20において、搬入/搬出部31に搬送容器14が搬入されると、この搬送容器14から取り出された各基板10Aは、コータ32におけるレジスト塗布工程を経て露光装置21に搬送され、露光装置21における露光工程とデベロッパ33における現像工程とを経て組込型の重ね合わせ検査装置11に搬送され、重ね合わせ検査装置11における検査工程を経た後、搬送容器14に回収される。

[0021] 組込型の重ね合わせ検査装置11は、露光工程の補正を基板ごとに行うために、リソグラフィシステム20の中に組み込まれたものである。リソグラフィシステム20の中に組み込むことで、搬送容器14から取り出された基板10Aがリソグラフィ工程(レジスト

塗布工程と露光工程と現像工程など)を経て搬送容器14に回収されるまでの間に、その基板10Aの重ね合わせ検査を行うことが可能になり、その結果を露光工程にフィードバックすることができる。

[0022] 露光工程の補正とは、回路パターンの潜像をレジスト層に焼き付ける際、その潜像と下地パターンとのプロセスオフセットが小さくなるように、露光装置21の各部(アライメント系やAF系など)を予め微調整する処理である。露光工程のプロセスオフセットは、露光装置21の各部の経時変化に応じて少しずつ変動し、また、各基板10Aの下地層の状態によっても変動する。ちなみに、基板10Aの下地層の状態は、成膜装置やCMP装置の経時変化などの影響を受け、基板10Aごとに異なることが多い。このため、半導体素子などの高集積化に伴って回路パターンの微細化がさらに進むと、露光工程の補正を枚葉で行うことが必要になる。

[0023] なお、露光装置21とコータ/デベロッパ22の上位には、マシンコントローラ23が接続されている。マシンコントローラ23は、工場ホスト24からの指示に基づいて、露光装置21とコータ/デベロッパ22とを制御し、各装置(11,21,31~33)での処理内容や基板10Aの搬入/搬出のタイミングや露光工程の補正などを指示する。工場ホスト24は、工場全体(リソグラフィシステム20や本実施形態の重ね合わせ検査システム10を含む)の工程管理を行っている。

[0024] 次に、本実施形態の重ね合わせ検査システム10について具体的に説明する。

組込型の重ね合わせ検査装置11は、上記の通り、コータ/デベロッパ22の中に配置され、搬送容器14から取り出された基板10Aがリソグラフィ工程を経て搬送容器14に回収されるまでの経路に組み込まれている。また、単体型の重ね合わせ検査装置12は、コータ/デベロッパ22の外(つまり上記経路の外)に配置されている。さらに、組込型の重ね合わせ検査装置11は不図示の通信手段を介してデータベース13と接続され、単体型の重ね合わせ検査装置12も不図示の通信手段を介してデータベース13と接続され、全体としてネットワークを形成している。

[0025] 組込型の重ね合わせ検査装置11による検査対象の基板10Aも、単体型の重ね合わせ検査装置12による検査対象の基板10Aも、同様の現像後の状態であり、その表面にはレジストパターンが形成されている。そして、基板10Aにおけるレジストパタ

ーンと下地パターンとの重ね合わせ検査が、組込型の重ね合わせ検査装置11と単体型の重ね合わせ検査装置12により、リソグラフィシステム20の中と外の各々で行われる。

[0026] また、基板10Aには、重ね合わせ検査のために多数の測定点が用意されている。測定点の位置は、基板10Aの各ショット領域の四隅などである。各測定点には、レジストパターンの基準位置を示すレジストマークと下地パターンの基準位置を示す下地マークとが形成されている。

本実施形態の重ね合わせ検査システム10において、組込型の重ね合わせ検査装置11では、基板10Aの多数の測定点のうち、図2に示す8箇所の測定点10Bで、各々、レジストマークと下地マークとの相対的なずれ量(重ね合わせずれ量)が求められ、重ね合わせ検査が行われる。単体型の重ね合わせ検査装置12では、基板10Aの多数の測定点のうち、図3に示す52箇所の測定点10Cで、各々、レジストマークと下地マークとの相対的なずれ量(重ね合わせずれ量)が求められ、重ね合わせ検査が行われる。つまり、組込型の重ね合わせ検査装置11と単体型の重ね合わせ検査装置12とは基板10Aでの測定点数が異なり、組込型よりも単体型での測定点数が多くなっている。

[0027] さらに、組込型の重ね合わせ検査装置11と単体型の重ね合わせ検査装置12には、各々、図4に示す検査ステージ41と光学系42とカメラ43と画像処理部44とが設けられる。検査ステージ41は、基板10Aを支持する。光学系42は、基板10Aの局所領域(測定点10Bまたは測定点10C)の光像を形成する。カメラ43は、不図示の撮像素子により基板10Aの光像を撮像し、撮像信号を画像処理部44に出力する。

[0028] 画像処理部44は、カメラ43から撮像信号を取り込むと、これをデジタル画像に変換し、この画像に対して所定の信号処理を施し、測定点10Bまたは測定点10Cでの重ね合わせずれ量を算出する。さらに、画像処理部44は、基板10Aの複数の各測定点10Bまたは各測定点10Cでの重ね合わせずれ量に基づいて、露光装置21の補正用データ(後述)を生成する。組込型の重ね合わせ検査装置11の画像処理部44と単体型の重ね合わせ検査装置12の画像処理部44とは総じて「生成手段」に対応する。

[0029] このように、組込型の重ね合わせ検査装置11と単体型の重ね合わせ検査装置12の基本的な構成は同様である。しかし、組込型の重ね合わせ検査装置11では、リソグラフィシステム20における組み込み可能なスペースの制約から、単体型の重ね合わせ検査装置12と比較して、検査ステージ41の駆動部や防振台などが小型化されている。このため、組込型の重ね合わせ検査装置11の処理能力は、単体型の重ね合わせ検査装置12と比較して低くなっている。

[0030] そして、処理能力の低い組込型の重ね合わせ検査装置11では、重ね合わせ検査の精度よりも処理速度を優先し、各基板10Aでの測定点数を減らして(図2参照)、基板1枚あたりの所要時間を短縮するようにしている。組込型の重ね合わせ検査装置11は、露光工程の補正の枚葉化のために設けた装置である。

さらに、処理能力の高い単体型の重ね合わせ検査装置12では、処理速度よりも重ね合わせ検査の精度を優先し、各基板10Aでの測定点数を増やして(図3参照)、重ね合わせ検査の精度を高めるようにしている。単体型の重ね合わせ検査装置12は、露光工程の補正の高精度化のために設けた装置であり、組込型の重ね合わせ検査装置11よりも多くの点で重ね合わせ検査を行う。

[0031] また、上記構成の組込型の重ね合わせ検査装置11と単体型の重ね合わせ検査装置12とに接続されたデータベース13には、組込型の重ね合わせ検査装置11用のレシピと、単体型の重ね合わせ検査装置12用のレシピとが、予め記憶されている。重ね合わせ検査装置11用のレシピは、基板10Aの各測定点10B(図2)の位置情報などを登録したファイルである。重ね合わせ検査装置12用のレシピは、基板10Aの各測定点10C(図3)の位置情報などを登録したファイルである。各レシピは、それぞれ、ロットの種類(製品名および工程名の組み合わせ)と対応付けて記憶されている。また、組込型の重ね合わせ検査装置11の画像処理部44が生成した露光装置21の補正用データも、製品名と工程名とロット番号と対応付けてデータベース13に保存される。

[0032] 次に、リソグラフィシステム20における基板10Aの処理手順と、本実施形態の重ね合わせ検査システム10における基板10Aの検査手順とについて説明する。

コータ/デベロッパ22の搬入/搬出部31に搬送容器14がセットされると、そのことが

マシンコントローラ23を介して工場ホスト24に通知される。工場ホスト24は、セットされた搬送容器14の製品名と工程名などを参照して、その搬送容器14内の基板10Aに適したレジスト塗布条件、露光条件、現像条件、検査条件などをマシンコントローラ23に指示する。このとき、工場ホスト24からマシンコントローラ23には、各種の条件と一緒に、製品名と工程名とロット番号が出力される。

[0033] マシンコントローラ23は、工場ホスト24からの指示に基づいて、露光装置21とコータ/デベロッパ22にそれぞれ指示を出し、不図示の搬送機構にも指示を出す。このため、工場ホスト24からの指示の通りに、搬入/搬出部31の搬送容器14から基板10Aが取り出され、コータ32で基板10Aにレジストが塗布され、露光装置21でレジスト層に回路パターンの潜像が形成され、デベロッパ33でレジスト層が現像され、組込型の重ね合わせ検査装置11で重ね合わせ検査（詳細は次に説明）が行われ、搬送容器14に回収される。

[0034] 組込型の重ね合わせ検査装置11では、工場ホスト24の指示に基づいて、現在のロットの製品名と工程名に対応付けられた重ね合わせ検査装置11用のレシピ（図2の各測定点10Bの位置情報を含むファイル）をデータベース13から読み込む。

そして、現像工程を経た後の基板10Aが検査ステージ41に載置されると、レシピに登録された位置情報にしたがって、各測定点10Bを装置の視野内に順に位置決めし、8箇所の測定点10Bで重ね合わせ検査を行う。つまり、各測定点10Bの画像を取り込み、その画像に基づいて各測定点10Bでの重ね合わせずれ量(X1,Y1)を算出する。重ね合わせずれ量(X1,Y1)は、各測定点10Bの位置座標(x,y)と対応付けて、画像処理部44内のメモリに保存される。重ね合わせずれ量(X1,Y1)は、請求項の「第1検査装置による重ね合わせ検査の結果」に対応する。

[0035] さらに、組込型の重ね合わせ検査装置11では、予め指定された8箇所の測定点10Bの各々で求めた重ね合わせずれ量(X1,Y1)と測定点10Bの位置座標(x,y)との組み合わせに対し、次の式(1),(2)で表される1次線形モデルを適用する。式(1),(2)の $k_1 \sim k_6$ は後述の補正係数であり、露光装置21の補正用データの低次成分に対応する。

$$X1 = k_1 + k_2 \cdot x + k_3 \cdot y \quad \cdots (1)$$

$$Y1 = k_4 + k_5 \cdot x + k_6 \cdot y \quad \cdots (2)$$

そして、1次線形モデルにしたがって合計8点の測定結果(重ね合わせずれ量(X1, Y1)と位置座標(x,y)との組み合わせ)を解析し、最小二乗法などを使って測定結果のバラツキの影響(つまり1次線形モデルによる近似の残留誤差)が最小となるように、露光装置21の補正用データの低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を生成する。低次成分の主原因は、基板10Aに対する熱加工時(つまり露光工程)での伸縮と考えられる。

[0036] なお、補正係数 k_1 は、重ね合わせずれ量(X1, Y1)のX方向のオフセット成分である。補正係数 k_2 は、X方向のスケーリング成分である。補正係数 k_3 は、X軸のローテーション成分である。補正係数 k_4 は、Y方向のオフセット成分である。補正係数 k_5 は、Y方向のスケーリング成分である。補正係数 k_6 は、Y軸のローテーション成分である。

さらに、1次線形モデルの適用による補正用データの低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)の生成は、基板10Aのショット間成分(ウエハ成分)とショット内成分との各々について行われる。ショット間成分について行う場合、位置座標(x,y)は基板10Aの中心を原点とした座標値となる。ショット内成分について行う場合、位置座標(x,y)は基板10Aの各ショット領域の中心を原点とした座標値となる。

[0037] 本実施形態では、図2に示す通り、基板10Aのショット間成分の低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を生成するために5ショットの測定結果を用い、基板10Aのショット内成分の低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を生成するためにショット内4点の測定結果を用いるため、式(1),(2)の方程式の解が得られてしまうことはなく、測定結果のバラツキの影響(つまり1次線形モデルによる近似の残留誤差)を小さくすることができる。

[0038] 組込型の重ね合わせ検査装置11は、上記のようにして露光装置21の補正用データの低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を生成すると、その低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)と各測定点10Bでの実測値(重ね合わせずれ量(X1, Y1))とを、マシンコントローラ23経由で工場ホスト24に出力する。さらに、低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)は、組込型の重ね合わせ検査装置11からデータベース13にも出力され、単体型の重ね合わせ検査装置12によって参照可能に保存される。

[0039] ここで、組込型の重ね合わせ検査装置11からマシンコントローラ23に出力された上記の低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)は、現在のロットの良品率向上のため、露光工程に

フィードバックされ、次の基板10A(これから露光装置21に搬送される基板10A)に対する露光工程の補正に用いられる。ちなみに、マシンコントローラ23は、上記の低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)に基づいて、露光工程のプロセスオフセットが小さくなるように露光工程を補正する。

[0040] 組込型の重ね合わせ検査装置11の検査ステージ41には、現像工程を経た後の基板10Aが順に載置され、搬送容器14内の全て(例えば25枚)の基板10Aに対して、上記と同様の重ね合わせ検査が繰り返し行われる(全数検査)。そして、各基板10Aにおいて生成された補正用データの低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)が、マシンコントローラ23とデータベース13に出力される。また、低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)に基づく露光工程の補正は、ロット内の基板10Aごとに行われる。

[0041] そして、搬送容器14内の全て(例えば25枚)の基板10Aに対するリソグラフィ工程(レジスト塗布工程,露光工程,現像工程など)と、組込型の重ね合わせ検査装置11による検査工程とが終了すると、露光装置21とコータ/デベロッパ22は、マシンコントローラ23を介して、その旨を工場ホスト24に通知する。また、搬送容器14に全ての基板10Aが回収されると、工場ホスト24から外部の自動搬送装置(不図示)またはオペレータに対し、その搬送容器14を搬入/搬出部31から搬出するように指示が出される。

[0042] 上記のように、処理能力の低い組込型の重ね合わせ検査装置11では、重ね合わせ検査の精度よりも処理速度を優先し、各基板10Aでの測定点数を減らすことにより(図2参照)、基板1枚あたりの所要時間を短縮することができ、リソグラフィシステム20の本来のスループットを低下させないように高速で重ね合わせ検査を行うことができる。したがって、露光工程の補正が基板ごとに行えるようになる(枚葉化の実現)。

[0043] その後、リソグラフィシステム20の搬入/搬出部31から搬出された搬送容器14が単体型の重ね合わせ検査装置12にセットされると、そのことが工場ホスト24に通知される。工場ホスト24は、セットされた搬送容器14の製品名と工程名などを参照して、その搬送容器14内の基板10Aに適した検査条件などを指示する。このとき、工場ホスト24から単体型の重ね合わせ検査装置12には、ロットの製品名と工程名とロット番号が出力される。

[0044] 単体型の重ね合わせ検査装置12では、工場ホスト24の指示に基づいて、現在のロットの製品名と工程名に対応付けられた重ね合わせ検査装置12用のレシピ(図3の各測定点10Cの位置情報を含むファイル)をデータベース13から読み込む。

そして、搬送容器14から改めて取り出された基板10Aが検査ステージ41に載置されると、レシピに登録された位置情報にしたがって、各測定点10Cを装置の視野内に順に位置決めし、52箇所の測定点10Cで重ね合わせ検査を行う。つまり、各測定点10Cの画像を取り込み、その画像に基づいて各測定点10Cでの重ね合わせずれ量(X2,Y2)を算出する。重ね合わせずれ量(X2,Y2)は、各測定点10Cの位置座標(x,y)と対応付けて、画像処理部44内のメモリに保存される。重ね合わせずれ量(X2,Y2)は、請求項の「第2検査装置による重ね合わせ検査の結果」に対応する。

[0045] さらに、単体型の重ね合わせ検査装置12では、予め指定された52箇所の測定点10Cの各々で求めた重ね合わせずれ量(X2,Y2)と測定点10Cの位置座標(x,y)との組み合わせに対し、次の式(3),(4)で表される高次モデルを適用する。式(3),(4)の $k_1 \sim k_{12}$ は補正係数であり、露光装置21の補正用データの各成分に対応する。

$$X2 = k_1 + k_2 \cdot x + k_3 \cdot y + k_7 \cdot x^2 + k_8 \cdot xy + k_9 \cdot y^2 \quad \cdots(3)$$

$$Y2 = k_4 + k_5 \cdot x + k_6 \cdot y + k_{10} \cdot x^2 + k_{11} \cdot xy + k_{12} \cdot y^2 \quad \cdots(4)$$

そして、高次モデルにしたがって合計52点の測定結果(重ね合わせずれ量(X2,Y2)と位置座標(x,y)との組み合わせ)を解析し、最小二乗法などを使って測定結果のバラツキの影響(つまり高次モデルによる近似の残留誤差)が最小となるように、露光装置21の補正用データの各成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)を算出する。

[0046] なお、各成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)のうち、補正係数 $k_1 \sim k_6$ は、既に説明した露光装置21の補正用データの低次成分であり、基板10Aに対する熱加工時(露光工程)での伸縮が主原因と考えられる。また、補正係数 $k_7 \sim k_{12}$ は、露光装置21の補正用データの高次成分であり、露光装置21を含む各種の製造装置の号機間差が原因と考えられる。

[0047] さらに、高次モデルの適用による補正用データの各成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)の生成は、基板10Aのショット間成分(ウェハ成分)について行われる。本実施形態では、図3に示す通り、基板10Aのショット間成分の各成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)を生成するた

めに13ショットの測定結果を用いるため、式(3),(4)の方程式の解が得られてしまうこととはなく、測定結果のバラツキの影響(つまり高次モデルによる近似の残留誤差)を非常に小さくすることができる。

- [0048] 上記のように、単体型の重ね合わせ検査装置12は、組込型の重ね合わせ検査装置11による低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)の生成後、組込型の重ね合わせ検査装置11よりも多くの点で高精度な重ね合わせ検査を行い、露光装置21の補正用データの各成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)を算出する。そして、各成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)のうち、データベース13に保存されている低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を取り除くことにより、高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)を生成する。
- [0049] 単体型の重ね合わせ検査装置12は、上記のようにして露光装置21の補正用データの低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を生成すると、その高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)と各測定点10Cでの実測値(重ね合わせずれ量(X2,Y2))とを、工場ホスト24に出力する。これで工場ホスト24には、既に組込型の重ね合わせ検査装置11から出力された低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)と合わせて、露光装置21の補正用データの各成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)が揃うことになる。
- [0050] 本実施形態において、単体型の重ね合わせ検査装置12による上記の重ね合わせ検査は、搬送容器14内の1枚の基板10Aに対して抜き取りで行われる。予め指定された基板10Aに対する上記の重ね合わせ検査が終了すると、単体型の重ね合わせ検査装置12は、その旨を工場ホスト24に通知する。その後、工場ホスト24は、自動搬送装置(不図示)またはオペレータに対して、搬送容器14を搬出するように指示を出す。なお、単体型の重ね合わせ検査装置12における検査の結果、良品の場合は次工程(加工工程など)、不良品の場合は再生工程または廃棄工程へ、ロット単位で搬送される。
- [0051] 単体型の重ね合わせ検査装置12から工場ホスト24に出力された上記の高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)は、次のロットの良品率向上のため、マシンコントローラ23経由で露光工程にフィードバックされ、次のロット内の基板10Aに対する露光工程の補正に用いられる。ちなみに、マシンコントローラ23は、上記の高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)に基づいて、露光工程のプロセスオフセットが小さくなるように露光工程を補正する。

[0052] 上記のように、処理能力の高い単体型の重ね合わせ検査装置12では、処理速度よりも重ね合わせ検査の精度を優先し、各基板10Aでの測定点数を増やすことにより(図3参照)、測定結果のバラツキの影響を低減することができ、重ね合わせ検査の精度を高めることができる。したがって、露光工程の補正の高精度化が実現する。なお、単体型の重ね合わせ検査装置12では抜き取り検査を行うため、基板10Aの測定点数を増やしても、リソグラフィシステム20の本来のスループットが低下することはない。

[0053] 本実施形態の重ね合わせ検査システム10では、処理能力の低い組込型の重ね合わせ検査装置11を設け、上記の補正用データの低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を生成することにより、露光工程の補正を枚葉で行うことができる。さらに、処理能力の高い単体型の重ね合わせ検査装置12を設け、上記の補正用データの高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)を生成することにより、露光工程の高精度な補正をロット単位で行うことができる。

[0054] したがって、本実施形態の重ね合わせ検査システム10では、組込型の重ね合わせ検査装置11と単体型の重ね合わせ検査装置12との連携により、各々の処理能力を最大限に活用し、リソグラフィシステム20の本来のスループットを低下させることなく、露光工程の補正の枚葉化と高精度化との双方を実現することができる。

なお、露光工程のプロセスオフセットの変動のうち、高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)に関わる変動は、一般的に、低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)に関わる変動よりも小さい。したがって、本実施形態の重ね合わせ検査システム10のように、低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)に関わる大きな変動を基板ごとに補正し、高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)に関わる小さな変動をロット単位で補正することにより、露光工程のプロセスオフセットを安定した範囲内に収めることができる。このため、半導体素子などのデバイス製造をより安定して行うことができる。

[0055] また、本実施形態の重ね合わせ検査システム10では、組込型の重ね合わせ検査装置11による重ね合わせ検査の結果(重ね合わせずれ量(X1,Y1))から補正用データの低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を生成した後、単体型の重ね合わせ検査装置12による重ね合わせ検査の結果(重ね合わせずれ量(X2,Y2))から補正用データの各

成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)を算出し、各成分(補正係数 $k_1 \sim k_{12}$)のうちデータベース13内の低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を取り除くことにより、高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)を生成するため、露光工程へのフィードバックが2重に掛かってしまう事態を回避できる。

(変形例)

なお、上記した実施形態では、単体型の重ね合わせ検査装置12が多数の測定結果を解析する際の高次モデルとして、各測定点10Cの位置座標(x,y)の2次までの項を用いる例(式(3),(4)参照)を説明したが、本発明はこれに限定されない。高次モデルに位置座標(x,y)の3次以上の項を含めてもよいし、指数などの要素や、スキャン露光装置の走査方向などの要素を加えてもよい。

[0056] さらに、上記した実施形態では、基板10Aのショット間成分の高次成分(補正係数 $k_7 \sim k_{12}$)を生成するために13ショットの測定結果を用いたが、そのショット数は6以上であれば何個でも構わない。また同様に、基板10Aのショット間成分の低次成分(補正係数 $k_1 \sim k_6$)を生成するために5ショットの測定結果を用いたが、そのショット数は3以上であれば何個でも構わない。さらに、基板10Aのショット内成分については、ショット内3点でも構わない。

[0057] また、上記した実施形態では、1枚の基板10Aでの測定結果のみを用いて露光装置21の補正用データを生成する例を説明したが、本発明はこれに限定されない。ロット内の複数枚の基板10Aでの測定結果を平均し、平均値を用いて露光装置21の補正用データを生成してもよい。この場合、単体型の重ね合わせ検査装置12での測定枚数も2枚以上となる。また、単体型の重ね合わせ検査装置12では、過去の複数ロットの測定結果からロット間の変動を推定し、次のロットの測定結果の推定値を求め、これを用いて露光装置21の補正用データを生成しても構わない。平均値や推定値を用いることによって、変動の特異点のデータの影響を低減でき、より安定した補正が可能となる。

[0058] さらに、上記した実施形態では、組込型の重ね合わせ検査装置11の画像処理部44と単体型の重ね合わせ検査装置12の画像処理部44とで露光装置21の補正用データを生成する例を説明したが、本発明はこれに限定されない。マシンコントローラ2

3または工場ホスト24に出力された測定結果(重ね合わせずれ量と測定点の位置座標との組み合わせ)に基づいて、マシンコントローラ23または工場ホスト24が露光装置21の補正用データを生成するようにしても構わない。この場合、マシンコントローラ23または工場ホスト24が請求項の「生成手段」に対応する。

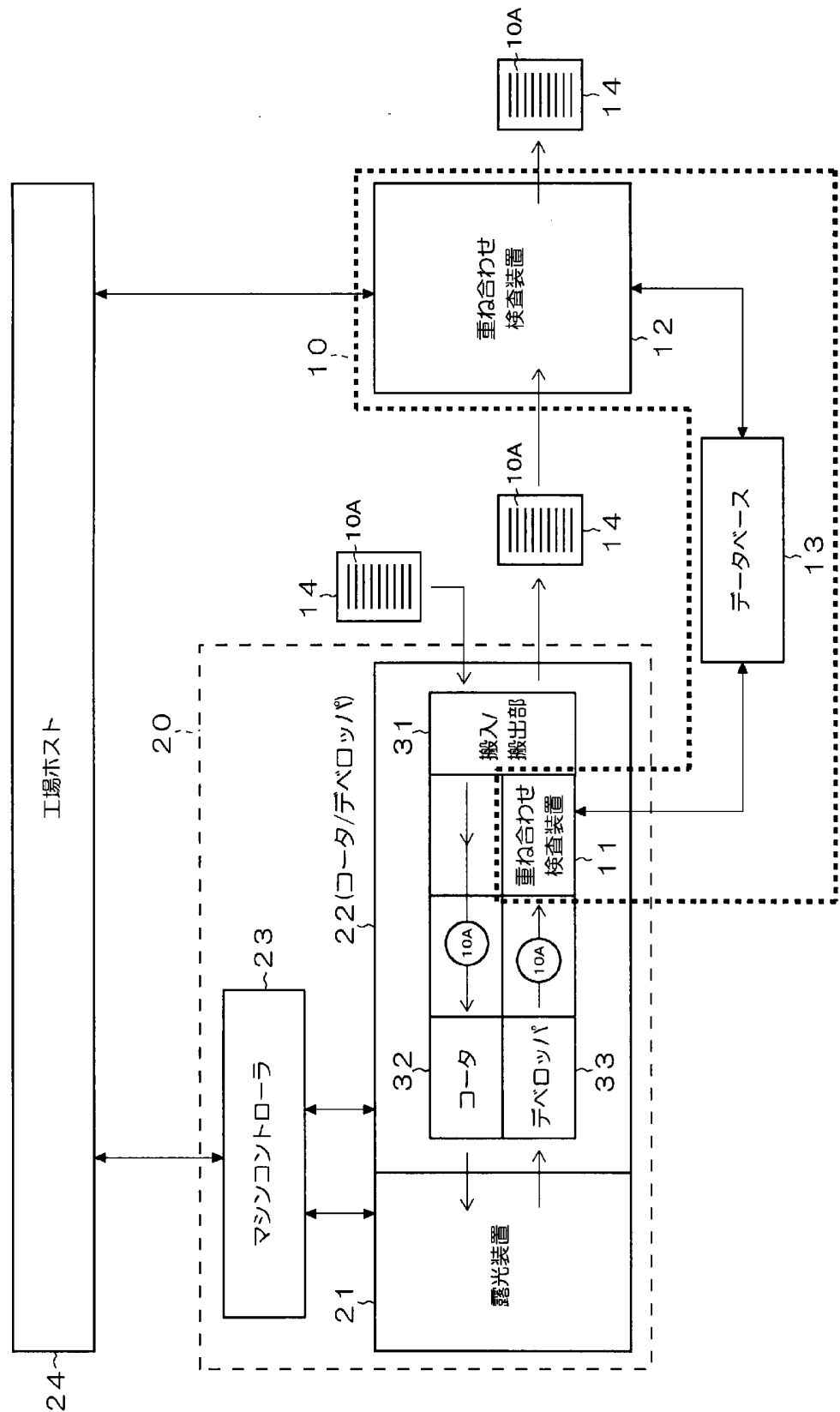
[0059] また、上記した実施形態では、データベース13をリソグラフィシステム20と重ね合わせ検査システム10の外部に設置したが、本発明はこれに限定されない。組込型の重ね合わせ検査装置11や単体型の重ね合わせ検査装置12の内部に設置された記憶装置の少なくとも1つを用い、その記憶装置にデータ(検査結果)を記憶させ、他の測定検査装置からデータの読み書きが可能な構成としてもよい。2つの検査装置(11,12)が直接通信し、2種類の検査結果を比較してもよい。

[0060] さらに、上記した実施形態では、組込型の重ね合わせ検査装置11と単体型の重ね合わせ検査装置12とを1台ずつ設けたが、2つの検査装置(11,12)のうち少なくとも一方を複数台にしてもよい。

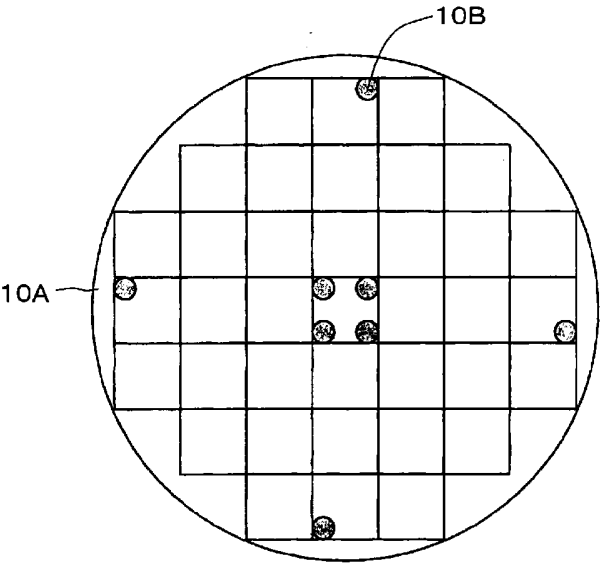
請求の範囲

- [1] 搬送容器から取り出された基板が少なくとも露光工程と現像工程とを経て前記搬送容器に回収されるまでの経路に組み込まれ、前記現像工程を経た後の前記基板におけるレジストパターンと下地パターンとの重ね合わせ検査を、前記基板のうち複数の点で行う第1検査装置と、
- 前記経路の外に配置され、前記基板におけるレジストパターンと下地パターンとの重ね合わせ検査を、前記基板のうち前記第1検査装置よりも多くの点で行う第2検査装置と、
- 前記第1検査装置による重ね合わせ検査の結果と前記第2検査装置による重ね合わせ検査の結果とに基づいて、前記露光工程の補正用データを生成する生成手段とを備えた
- ことを特徴とする重ね合わせ検査システム。
- [2] 請求項1に記載の重ね合わせ検査システムにおいて、
- 前記生成手段は、前記第1検査装置による重ね合わせ検査の結果に基づいて前記補正用データの低次成分を生成すると共に、前記第2検査装置による重ね合わせ検査の結果に基づいて前記補正用データの高次成分を生成する
- ことを特徴とする重ね合わせ検査システム。
- [3] 請求項2に記載の重ね合わせ検査システムにおいて、
- 前記生成手段は、前記低次成分を生成した後、前記第2検査装置による重ね合わせ検査の結果から前記補正用データの各成分を算出して、該各成分のうち前記低次成分を取り除くことにより、前記高次成分を生成する
- ことを特徴とする重ね合わせ検査システム。
- [4] 請求項1から請求項3の何れか1項に記載の重ね合わせ検査システムにおいて、
- 前記第1検査装置は、前記露光工程の前にレジストを塗布して前記露光工程の後に前記レジストを現像する塗布/現像装置の中に組み込まれ、
- 前記第2検査装置は、前記塗布/現像装置の外に配置される
- ことを特徴とする重ね合わせ検査システム。

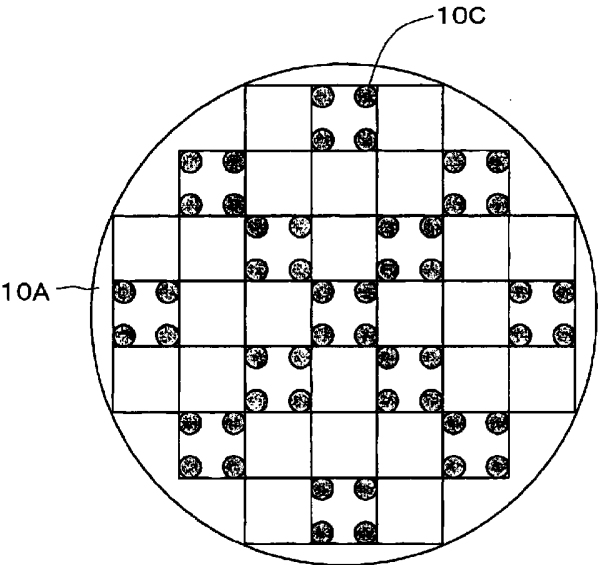
[図1]



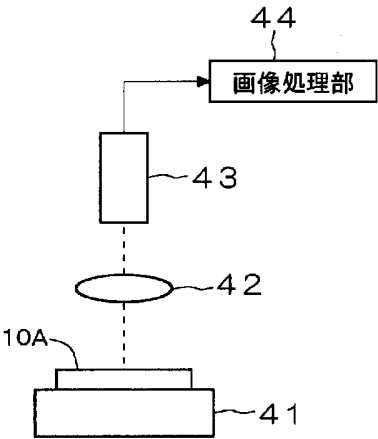
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/019058

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01), G03F7/20(2006.01)

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)

H01L21/027, G03F7/20, H01L21/66, H01L21/68

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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	WO 2003/077291 A1 (Olympus Corp.), 18 September, 2003 (18.09.03), Claims; Fig. 1A & US 2005/0037272 A1	1-4
A	JP 11-186358 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 09 July, 1999 (09.07.99), Page 1 (Family: none)	1-4
P,A	WO 2005/083756 A1 (Nikon Corp.), 09 September, 2005 (09.09.05), Page 1; Claims (Family: none)	1-4

☐ 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
10 January, 2006 (10.01.06)

Date of mailing of the international search report
17 January, 2006 (17.01.06)

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 (IPC)) Int.Cl. H01L21/027(2006.01), G03F7/20(2006.01)			
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. H01L21/027, G03F7/20, H01L21/66, H01L21/68			
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 1971-2006年 日本国実用新案登録公報 1996-2006年 日本国登録実用新案公報 1994-2006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	
A	WO 2003/077291 A1 (オリンパス株式会社) 2003.09.18 請求の範囲、図1A & US 2005/0037272 A1	1-4	
A	JP 11-186358 A (大日本スクリーン製造株式会社) 1999.07.09 第1頁 (ファミリーなし)	1-4	
P, A	WO 2005/083756 A1 (株式会社ニコン) 2005.09.09 第1頁、請求の範囲 (ファミリーなし)	1-4	
☐ 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 「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 10.01.2006		国際調査報告の発送日 17.01.2006	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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