

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6960232号
(P6960232)

(45) 発行日 令和3年11月5日(2021.11.5)

(24) 登録日 令和3年10月13日(2021.10.13)

(51) Int.Cl.	F 1
H 01 L 21/027	(2006.01)
G 03 F 7/20	(2006.01)
B 29 C 59/02	(2006.01)
HO 1 L	21/30
GO 3 F	7/20
GO 3 F	7/20
B 29 C	59/02
	Z

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-59686 (P2017-59686)
(22) 出願日	平成29年3月24日 (2017.3.24)
(65) 公開番号	特開2018-163954 (P2018-163954A)
(43) 公開日	平成30年10月18日 (2018.10.18)
審査請求日	令和2年3月23日 (2020.3.23)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	110003281 特許業務法人大塚国際特許事務所
(72) 発明者	田中 悠輔 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
(72) 発明者	鳥居 弘穂 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
審査官	植木 隆和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置、および物品製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上にパターンを形成するリソグラフィ装置であって、
前記基板を保持する基板保持部と、
前記基板保持部による前記基板の保持力を調整する調整部と、
前記基板の面外方向または面内方向の変形量を計測する計測部と、
前記基板保持部により前記基板が保持された状態から前記調整部により前記保持力を弱めながら前記計測部により計測された前記変形量に基づいて前記基板保持部と前記基板との接触状態が前記基板保持部と前記基板との間に凝着が生じた異常であるか否かを判定する判定部と、

を有することを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 2】

前記判定部は、前記調整部により前記保持力が所定値に調整されたときに前記計測部により計測された前記変形量がしきい値を超えていなければ、前記接触状態が前記異常であると判定することを特徴とする請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3】

前記判定部は、前記計測部により前記変形量がしきい値を超えたときの前記保持力が所定値より弱ければ、前記接触状態が前記異常であると判定することを特徴とする請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 4】

前記計測部は、前記基板の面外方向の変形量を計測するように構成され、前記しきい値は、前記面外方向の変形量により前記基板の前記基板保持部からの浮き上がりを判定するための値に設定されていることを特徴とする請求項2又は3に記載のリソグラフィ装置。

【請求項5】

前記計測部は、前記基板の面内方向の変形量を計測するように構成され、前記しきい値は、前記面内方向の変形量により前記基板の前記基板保持部に対する滑りを判定するための値に設定されていることを特徴とする請求項2又は3に記載のリソグラフィ装置。

【請求項6】

前記基板保持部により前記基板が保持されてから所定時間待機した後、前記保持力を弱め、その後、前記保持力を元に戻すことにより、前記基板と前記基板保持部との間の温度差によって前記基板に生じた歪みを除去する歪み除去処理の中で、前記判定部による判定が行われることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項7】

基板の上にパターンを形成するリソグラフィ装置であって、
前記基板を保持する基板保持部と、
前記基板保持部による前記基板の保持力を調整する調整部と、
前記基板の面外方向の変形量を計測する計測部と、
前記基板保持部により前記基板が保持された状態から前記調整部により前記保持力を弱めながら前記計測部により計測された前記面外方向の変形量に基づいて前記基板保持部と前記基板との接触状態が正常か否かを判定する判定部と、
を有し、

前記判定部は、前記調整部により前記保持力が所定値に調整されたときに前記計測部により計測された前記面外方向の変形量がしきい値を超えていなければ、前記接触状態が異常であると判定するように構成され、

前記しきい値は、前記面外方向の変形量により前記基板の前記基板保持部からの浮き上がりを判定するための値に設定されていることを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項8】

基板の上にパターンを形成するリソグラフィ装置であって、
前記基板を保持する基板保持部と、
前記基板保持部による前記基板の保持力を調整する調整部と、
前記基板の面内方向の変形量を計測する計測部と、
前記基板保持部により前記基板が保持された状態から前記調整部により前記保持力を弱めながら前記計測部により計測された前記面内方向の変形量に基づいて前記基板保持部と前記基板との接触状態が正常か否かを判定する判定部と、
を有し、

前記判定部は、前記調整部により前記保持力が所定値に調整されたときに前記計測部により計測された前記面内方向の変形量がしきい値を超えていなければ、前記接触状態が異常であると判定するように構成され、

前記しきい値は、前記面内方向の変形量により前記基板の前記基板保持部に対する滑りを判定するための値に設定されていることを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項9】

前記基板保持部により前記基板が保持されてから所定時間待機した後、前記保持力を弱め、その後、前記保持力を元に戻すことにより、前記基板と前記基板保持部との間の温度差によって前記基板に生じた歪みを除去する歪み除去処理の中で、前記判定部による判定が行われることを特徴とする請求項7または8に記載のリソグラフィ装置。

【請求項10】

10

20

30

40

50

基板の上にパターンを形成するリソグラフィ装置であって、
 前記基板を保持する基板保持部と、
 前記基板保持部による前記基板の保持力を調整する調整部と、
 前記基板の変形量を計測する計測部と、
 前記基板保持部により前記基板が保持された状態から前記調整部により前記保持力を弱めながら前記計測部により計測された前記変形量に基づいて前記基板保持部と前記基板との接触状態が正常か否かを判定する判定部と、
 を有し、
 前記基板保持部により前記基板が保持されてから所定時間待機した後、前記保持力を弱め、その後、前記保持力を元に戻すことにより、前記基板と前記基板保持部との間の温度差によって前記基板に生じた歪みを除去する歪み除去処理の中で、前記判定部による判定が行われる、ことを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 1 1】

前記基板のショット領域の形状を補正するために前記基板を加熱する基板加熱部を更に有し、

前記計測部は、前記基板加熱部により加熱された前記基板の変形量を計測することを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 1 2】

前記判定部により前記接触状態が前記異常であると判定されたときは警告を出力することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置を用いて基板にパターンを形成する工程と、

前記形成する工程で前記パターンが形成された前記基板を処理する工程と、
 を有し、

前記処理する工程で処理された前記基板から物品を製造することを特徴とする物品製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、リソグラフィ装置、および物品製造方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

リソグラフィ工程において、原版や基板、あるいはそれらを保持する保持部に異物が付着した状態でパターン形成を行うと、基板に形成されるパターンに歪みや欠陥が生じうる。そのため、定期的あるいは状況に応じて基板保持部をクリーニングするなどの措置がとられる（例えば特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2003-234265 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

異物対策をさらに進めることは、高精度なパターン形成性能を実現するための重要な要請である。かといって、クリーニングを無闇に増やしたのではスループット（生産性）が低下する。

【0 0 0 5】

本発明は、パターンの歪みや欠陥の抑制とスループットの両立に有利な技術を提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明の一側面に係るリソグラフィ装置は、基板の上にパターンを形成するリソグラフィ装置であって、前記基板を保持する基板保持部と、前記基板保持部による前記基板の保持力を調整する調整部と、前記基板の面外方向または面内方向の変形量を計測する計測部と、前記基板保持部により前記基板が保持された状態から前記調整部により前記保持力を弱めながら前記計測部により計測された前記変形量に基づいて前記基板保持部と前記基板との接触状態が前記基板保持部と前記基板との間に凝着が生じた異常であるか否かを判定する判定部とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0007】

本発明によれば、パターンの歪みや欠陥の抑制とスループットの両立に有利な技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1】実施形態におけるインプリント装置の構成を示す図。

【図2】実施形態におけるインプリント処理を示すフローチャート。

【図3】基板と基板保持部との凝着現象を説明する図。

【図4】基板の面内方向の変形量を計測する方法を説明する図。

【図5】実施形態における洗浄装置と保管部を説明する図。

20

【図6】実施形態における凝着判定処理を説明する図。

【図7】実施形態における凝着判定処理を説明する図。

【図8】実施形態における凝着判定処理を含む歪み除去処理を示すフローチャート。

【図9】実施形態における物品製造方法を説明する図。

【発明を実施するための形態】**【0009】**

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではなく、以下の実施形態は本発明の実施の具体例を示すにすぎない。また、以下の実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが本発明の課題解決のために必須のものであるとは限らない。

30

【0010】**<第1実施形態>**

本発明は、インプリント装置、露光装置、荷電粒子線描画装置等のリソグラフィ装置に適用できるが、以下の実施形態では、リソグラフィ装置の一例として、インプリント装置について説明する。まず、実施形態に係るインプリント装置の概要について説明する。インプリント装置は、基板上に供給されたインプリント材を型と接触させ、インプリント材に硬化用のエネルギーを与えることにより、型の凹凸パターンが転写された硬化物のパターンを形成する装置である。

【0011】

インプリント材としては、硬化用のエネルギーが与えられることにより硬化する硬化性組成物（未硬化状態の樹脂と呼ぶこともある）が用いられる。硬化用のエネルギーとしては、電磁波、熱等が用いられる。電磁波は、例えば、その波長が10nm以上1mm以下の範囲から選択される光、例えば、赤外線、可視光線、紫外線などでありうる。硬化性組成物は、光の照射により、あるいは、加熱により硬化する組成物でありうる。これらのうち、光の照射により硬化する光硬化性組成物は、少なくとも重合性化合物と光重合開始剤とを含有し、必要に応じて非重合性化合物または溶剤を更に含有してもよい。非重合性化合物は、増感剤、水素供与体、内添型離型剤、界面活性剤、酸化防止剤、ポリマー成分などの群から選択される少なくとも一種である。インプリント材は、インプリント材供給装置（不図示）により、液滴状、或いは複数の液滴が繋がってできた島状又は膜状となって基板上に配置されうる。インプリント材の粘度（25℃における粘度）は、例えば、1

40

50

$\text{mPa}\cdot\text{s}$ 以上 $100\text{mPa}\cdot\text{s}$ 以下でありうる。基板の材料としては、例えば、ガラス、セラミックス、金属、半導体、樹脂等が用いられる。必要に応じて、基板の表面に、基板とは別の材料からなる部材が設けられてもよい。基板は、例えば、シリコン基板、化合物半導体基板、石英ガラスである。

【0012】

図1は、本実施形態に係るインプリント装置1の構成を示す図である。このインプリント装置1は、物品としての半導体デバイスなどの製造に使用され、被処理基板である基板10上に型8を用いてインプリント材のパターンを形成する。なお、ここでは光硬化法を採用したインプリント装置1を例にして説明する。図1において、基板10上のインプリント材14に入射する紫外線9の光軸と平行にXYZ座標系におけるZ軸をとり、Z軸に垂直な平面内に互いに直交する方向にX軸およびY軸をとる。

10

【0013】

光照射部2は、インプリント処理の際に、型8および基板10に対して紫外線9を照射する。光照射部2は、不図示の光源と、光源から照射された紫外線9をインプリントに適切な光に調整する光学素子とを含みうる。紫外線9は、ダイクロイックミラー36bで反射され、型8および基板10へと導かれる。

【0014】

型8は、外周形状が矩形であり、基板10に対向する面には、例えば回路パターンなどの転写すべきパターンが形成されたパターン部8aを含む。また、型8の材質は、紫外線9を透過させることができるもの（例えば石英）である。さらに、型8は、後述するような形状補正部38による変形を容易とするために、紫外線9が照射される面に、平面形状が円形で、かつ、ある程度の深さを有するキャビティ（凹部）が形成された形状としてもよい。

20

【0015】

型保持機構3は、まず、型8を保持する型保持部11と、この型保持部11を保持し、型8を移動させる型駆動機構12とを有する。型保持部11は、型8における紫外線9の照射面の外周領域を真空吸着圧や静電力により引き付けることで型8を保持し得る。例えば、型保持部11が真空吸着圧により型8を保持する場合には、型保持部11は、外部に設置された不図示の真空ポンプに接続され、この真空ポンプのON/OFFにより型8の脱着が切り替えられる。また、型保持部11および型駆動機構12は、光照射部2から照射された紫外線9が基板10に向かうように、中心部（内側）に開口領域13を有する。この開口領域13には、開口領域13の一部と型8とで囲まれる空間を密閉空間とする光透過部材41（例えば石英板）が設置され、真空ポンプなどを含む不図示の圧力調整装置により開口領域13内の空間圧力が調整される。圧力調整装置は、例えば、型8と基板10上のインプリント材14との接触に際して、空間内の圧力をその外部よりも高く設定することで、パターン部8aを基板10に向かい凸形に撓ませ、インプリント材14に対してパターン部8aの中心部から接触させ得る。これにより、パターン部8aとインプリント材14との間に気体が残留することを抑え、パターン部8aの凹凸部にインプリント材14を隅々まで充填させることができる。

30

【0016】

型駆動機構12は、型8と基板10上のインプリント材14との接触または引き離しを選択的に行うように型8を各軸方向に移動させる。この型駆動機構12に採用可能なアクチュエータとしては、例えばリニアモータまたはエアシリンダがある。また、型8の高精度な位置決めに対応するために、粗動駆動系や微動駆動系などの複数の駆動系から構成されていてもよい。さらに、Z軸方向だけでなく、X軸方向やY軸方向、またはZ軸（Z軸周りの回転）方向の位置調整機能や、型8の傾きを補正するためのチルト機能などを有する構成もあり得る。なお、インプリント装置1における接触および引き離し動作は、型8をZ軸方向に移動させることで実現してもよいが、基板ステージ4をZ軸方向に移動させることで実現してもよく、または、その双方を相対的に移動させてよい。

40

【0017】

50

基板 10 は、例えば、単結晶シリコン基板や S O I (S i l i c o n o n I n s u l a t o r) 基板であり、この被処理面にはインプリント材 14 が塗布される。基板ステージ 4 は、基板 10 を保持し、型 8 と基板 10 上のインプリント材 14 との接触に際して、型 8 と基板 10 との位置合わせを実施する。この基板ステージ 4 は、基板 10 を保持する基板保持部 16 と、この基板保持部 16 を保持し、各軸方向に移動可能とするステージ駆動機構 17 とを有する。基板保持部 16 は、基板 10 を真空吸着圧や静電気力により保持し、保持力は制御部 7 からの指令により調整部 58 によって調整することができる。また、基板保持部 16 は基板 10 を吸着するだけではなく、基板 10 を吸着面側から部分的に加圧することができる。一方、ステージ駆動機構 17 に採用可能なアクチュエータとしては、例えばリニアモータや平面パルスモータがある。ステージ駆動機構 17 も、X 軸および Y 軸の各方向に対して、粗動駆動系や微動駆動系などの複数の駆動系から構成されていてもよい。さらに、Z 軸方向の位置調整のための駆動系や、基板 10 の 方向の位置調整機能、または基板 10 の傾きを補正するためのチルト機能などを有する構成もあり得る。
10

【 0 0 1 8 】

また、基板ステージ 4 は、その側面に、X、Y、Z、 x 、 y 、 z の各方向に対応した複数の参照ミラー 18 を備える。ここで、 x 、 y 、 z はそれぞれ X 軸、Y 軸、Z 軸周りの回転方向を表す。これに対して、インプリント装置 1 は、これらの参照ミラー 18 にそれぞれビームを照射することで、基板ステージ 4 の位置を測定する複数のレーザー干渉計 19 (測長器) を備える。レーザー干渉計 19 は、基板ステージ 4 の位置を実時間で計測し、制御部 7 は、その計測値に基づいて基板ステージ 4 (すなわち、基板 10) の位置決め制御を実行する。
20

【 0 0 1 9 】

供給部 5 は、基板 10 上に未硬化状態のインプリント材 14 を供給する。なお、インプリント材 14 は、紫外線 9 を受光することにより硬化する性質を有する組成物であり、半導体デバイス製造工程などの各種条件により適宜選択されうる。また、供給部 5 から供給されるインプリント材 14 の量も、基板 10 上に形成されるインプリント材 14 の所望の厚さや、形成されるパターンの密度などにより適宜決定されうる。

【 0 0 2 0 】

形状補正部 38 は、型保持部 11 に保持された型 8 の側面に外力を印加する不図示の外力印加部を備え、制御部 7 からの指令により、パターン部 8a の形状を変形することができる。また、本実施形態のインプリント装置 1 は、基板加熱部 37 を備える。基板加熱部 37 は不図示の光源部を含み、この光源部からの光は、ダイクロイックミラー 36a で反射し、ダイクロイックミラー 36b を透過して、基板 10 に照射される。この光の照射エネルギーによる熱によって基板を加熱し、それにより基板を変形させることができる。
30

【 0 0 2 1 】

また、インプリント装置 1 は、インプリント処理に際し、基板 10 上に存在し、図 4 に示す被処理部となるショット領域 20 の形状またはサイズを計測するアライメント計測を行うためのアライメント計測部 6 を備える。アライメント計測部 6 から照射されるアライメント光 35 は、ダイクロイックミラー 36a および 36b を透過し、パターン部 8a および基板 10 のショット領域 20 上に形成された不図示のアライメントマークに照射される。これらのアライメントマークで反射したアライメント光 35 は、アライメント計測部 6 で受光され、パターン部 8a と基板 10 上のショット領域 20 との相対位置が計測される。
40

【 0 0 2 2 】

制御部 7 は、インプリント装置 1 に含まれる各構成要素の動作、および調整などを制御し得る。制御部 7 は、例えば C P U およびメモリを含むコンピュータ装置で構成されうる。制御部 7 は、インプリント装置 1 の各構成要素に回線を介して接続され、プログラムなどに従って各構成要素の制御を実行し得る。本実施形態の制御部 7 は、少なくとも型保持機構 3 、基板ステージ 4 、基板保持部 16 、形状補正部 38 、光照射部 2 、アライメント
50

計測部 6 の動作を制御する。なお、制御部 7 は、インプリント装置 1 の他の部分と一体（共通の筐体内に）で構成されていてもよいし、インプリント装置 1 の他の部分とは別体（別の筐体内に）で構成されていてもよい。

【 0 0 2 3 】

また、インプリント装置 1 は、基板ステージ 4 を載置するベース定盤 27 と、型保持機構 3 を支持するブリッジ定盤 28 と、ベース定盤 27 から延設され、除振器 29 を介してブリッジ定盤 28 を支持するための支柱 30 とを備える。除振器 29 は、床面からブリッジ定盤 28 へ伝わる振動を除去する。さらに、インプリント装置 1 は、共に不図示であるが、型 8 を装置外部から型保持機構 3 へ搬送する型搬送機構や、基板 10 を装置外部から基板ステージ 4 へ搬送する基板搬送機構などを含み得る。

10

【 0 0 2 4 】

次に、インプリント装置 1 によるインプリント処理について、図 2 を用いて説明する。まず、制御部 7 は、不図示の基板搬送機構を制御して、インプリント装置 1 内に基板 10 を搬入し、基板ステージ 4 上の基板保持部 16 に基板 10 を載置する（S101）。

【 0 0 2 5 】

制御部 7 は、基板保持部 16 を制御して基板 10 を保持する。ここで、基板 10 と基板保持部 16 との間には、温度差がありうる。温度差がある状態で基板 10 を基板保持部 16 に保持した場合、基板 10 と基板保持部 16 との間の熱伝導により基板 10 に歪みが生じうる。基板 10 に発生した歪みは、重ね合わせ誤差を増大させる要因となるため、除去する必要がある。そこで、S102で、制御部 7 は歪み除去処理を行う。この歪み除去処理において、制御部 7 は、基板 10 と基板保持部 16 との間の熱伝導が収束しうるものとして予め定めた時間待機した後、基板保持部 16 の吸着圧（保持力）を一旦解放する。これにより基板 10 の歪みが解放される。その後、制御部 7 は再び基板保持部 16 の吸着圧を基板 10 を保持するための圧力に戻す。こうすることで、基板 10 に発生した歪みを除去し、重ね合わせ誤差の増大を防ぐことができる。

20

【 0 0 2 6 】

その後、制御部 7 は、ステージ駆動機構 17 を制御して、基板 10 上のパターンを形成する領域が供給部 5 の下に位置するよう基板ステージ 4 を搬送し、供給部 5 を制御してインプリント材 14 を該領域に供給する（S103）。次に、制御部 7 は、ステージ駆動機構 17 を制御して、基板 10 上のパターンを形成する領域（ショット領域）がパターン部 8a の下に位置するよう基板ステージ 4 を搬送する（S104）。

30

【 0 0 2 7 】

次に、制御部 7 は、型駆動機構 12 を制御して、基板 10 上のインプリント材 14 に型 8 のパターン部 8a を接触させる（S105）。この接触により、インプリント材 14 が、パターン部 8a の凹凸部に充填される。

【 0 0 2 8 】

次に、制御部 7 は、アライメント計測部 6 を制御してアライメント計測を行う。例えば、パターン部 8a には、図 4 に示すようにマーク 52 が形成されており、アライメント計測部 6 は、このマーク 52 と基板 10 上に存在するショット領域 20 に形成されたマーク 51 との相対位置や形状差などを計測する。図 4 は、マーク 51 とマーク 52 が面内方向に離れている場合について示している。しかし、マークの形態はこれに限られず、ピッチが異なる回折格子からなるマーク 51 とマーク 52 を重ねてモアレ縞を発生させて、そのモアレ縞の位相から相対位置を検出する方式でもよい。制御部 7 は、アライメント計測の結果に基づいて、パターン部 8a とショット領域 20 との相対位置をシフト成分および回転成分に分解し、ステージ駆動機構 17 により、位置合わせを行う。また、制御部 7 は、パターン部 8a とショット領域 20 との形状差（倍率差など）を低減するように、パターン部 8a の形状を変形させるための形状補正部 38 及びショット領域 20 の形状を変形させるための基板加熱部 37 の制御を行う（S106）。このとき、形状補正部 38 もしくは基板加熱部 37 のいずれか一方のみを用いて制御を行ってもよい。

40

【 0 0 2 9 】

50

パターン部 8 a とショット領域 2 0 との形状補正が完了すると、制御部 7 は、光照射部 2 から紫外線 9 を照射させ、型 8 を透過した紫外線 9 によりインプリント材 1 4 を硬化させる (S 1 0 7)。そして、インプリント材 1 4 が硬化した後に、制御部 7 は、型駆動機構 1 2 を制御して、型 8 をインプリント材 1 4 から引き離す (離型) (S 1 0 8)。これにより、基板 1 0 上のショット領域 2 0 の表面には、パターン部 8 a の凹凸部にならった 3 次元形状のインプリント材 1 4 のパターン (層) が形成される。その後、基板ステージ 4 は、次にパターン形成を行うショット領域に、インプリント材 1 4 を供給するために、供給部 5 の下へ基板 1 0 を搬送する (S 1 0 9)。

【0030】

このような一連のインプリント動作を、基板ステージ 4 の駆動によりパターン形成領域 (ショット領域) を変更しながら繰り返すことで、基板 1 0 上の複数のショット領域インプリント材のパターンを形成することができる。基板 1 0 上の複数のショット領域にインプリント材のパターンが形成された後、制御部 7 は不図示の基板搬送機構を制御して基板 1 0 を搬出する (S 1 1 0)。

10

【0031】

インプリント装置 1 においては、図 3 に示されるように、基板 1 0 と基板保持部 1 6 との間に異物 5 4 が混入する可能性がある。異物混入の経路は種々考えられる。例えば、基板 1 0 が複数の半導体プロセスを経てきている場合、いずれかの工程で、基板 1 0 の裏面に樹脂 (インプリント材やレジスト) 等の異物 5 4 が付着する可能性がある。また、基板 1 0 を搬送するためのカセット内に基板 1 0 が保管されている場合、基板 1 0 の表面に形成された膜 (有機物) から脱ガスが発生し、その脱ガスが、カセット内に保管されている基板 1 0 の表面または裏面に異物 5 4 として付着する可能性もある。あるいは、インプリント装置 1 は S 1 0 3 で、装置内でインプリント材 1 4 を供給するため、インプリント材 1 4 の揮発成分が装置内に充満し、基板保持部 1 6 の表面に異物 5 4 として付着する可能性もある。

20

【0032】

このような異物 5 4 を挟んで基板保持部 1 6 が基板 1 0 を保持した場合、S 1 0 2 の歪み除去処理において両者の熱伝導が収束しうる所定時間待機している間に、基板 1 0 と基板保持部 1 6 とが異物 5 4 によって凝着する凝着現象を引き起こす場合がある。基板 1 0 と基板保持部 1 6 との間で凝着現象が発生すると、基板 1 0 が基板保持部 1 6 の水平平面内で拘束されるため、S 1 0 2 において基板 1 0 の歪みの解放が阻害されうる。基板 1 0 の歪みの解放が十分に行われない場合、重ね合わせ誤差が増大し、デバイス不良を引き起こす可能性が高まる。

30

【0033】

本実施形態において、制御部 7 は、歪み除去処理の中で、調整部 5 8 により保持力を弱めながら計測される基板 1 0 の変形量の変化に基づいて基板保持部 1 6 と基板 1 0 との接触状態が正常か否かを判定する判定部として機能しうる。上述のような凝着は、接触状態 (保持状態) の異常であるとして判定される。従来の手法では、基板保持部に基板が保持された状態で異物やその凝着の検出を行うことはできなかった。以下、基板保持部 1 6 と基板 1 0 との接触状態が正常か否かを判定する処理の例として、基板 1 0 と基板保持部 1 6 との間の凝着の有無を判定する凝着判定処理を詳しく説明する。

40

【0034】

本実施形態において、凝着判定処理は例えば、S 1 0 2 の歪み除去処理の中で行われうる。図 8 に、凝着判定処理を含む S 1 0 2 の歪み除去処理のフローチャートを示す。制御部 7 は、基板保持部 1 6 を制御して基板 1 0 の保持力 (吸着圧) を、基板 1 0 を保持するための値に設定する (S 2 0 1)。これにより基板 1 0 が基板保持部 1 6 に保持される。その後、基板 1 0 と基板保持部 1 6 との間の温度差が低減されるよう所定時間待機する (S 2 0 2)。

【0035】

次に、制御部 7 は、調整部 5 8 に基板保持部 1 6 による基板の保持力を一定量低減させ

50

(S203)、その都度、基板10の表面に沿った方向(面内方向)と直交する方向(面外方向)の変形量を計測する(S204)。このとき、例えばアライメント計測部6、高倍率アライメントスコープ55、あるいは高さセンサ56を、この変形量を計測する計測部として用いることができる。すなわち、面外方向の変形量の計測は、例えばアライメント計測部6におけるフォーカスのずれ量に基づき算出することにより行われうる。あるいは、基板10のマークを検出するための高倍率アライメントスコープ55のフォーカスのずれ量に基づいて算出してよいし、基板10の高さセンサ56としてレーザー干渉計等の測長器を搭載して計測してもよい。

【0036】

図6は、基板保持部16の吸着圧を変化させたときの基板10の面外方向の変形量の変化の例を示すグラフである。図6において、横軸は基板の吸着圧(すなわち基板保持部16により基板を保持する保持力)を示しており、吸着圧が低くなるほど(すなわち左方向にいくほど)保持力が強くなり、吸着圧が高くなるほど(右方向にいくほど)保持力が弱くなる。

10

【0037】

基板保持部16による基板の保持力を弱めていく(横軸の右方向にいく)場合、曲線Aのように、ある保持力で基板10は基板保持部16から浮き上がり、面外方向の変形が生じるようになる。しかし、基板10と基板保持部16との間で凝着が起きていると、その保持力では基板10は浮かず、曲線Bのように、保持力をさらに弱めないと基板10は浮かない。

20

【0038】

そこで、制御部7は、S203で保持力を弱めながら、調整部58により保持力が通常の基板の浮き上がり開始点の保持力またはそれよりも若干弱い保持力である所定値Fになつたかを監視している(S205)。保持力が所定値Fになつた時点で、制御部7は、基板の面外方向の変形量がしきい値THを超えているか否かを判定する(S206)。しきい値THは、面外方向の変形量により基板10の基板保持部16からの浮き上がりを判定するための値に設定され、例えば制御部7内のメモリに記憶されている。ここで変形量がしきい値THを超えていなければ、制御部7は、基板保持部16と基板10との接触状態が異常である(凝着が発生している)と判定する。この場合、制御部7は、基板保持部16のメンテナンスを促す警告を出力し(S210)、処理を停止する(S211)。

30

【0039】

一方、基板の面外方向の変形量がしきい値THを超えていれば、制御部7は歪み除去処理を進めるべく、保持力を更に弱めていく(S207)。そして、保持力が所定の下限値を下回ったかを確認し(S208)、下限値を下回った時点で、保持力を基板10を保持するための元の値(S201の値)に戻す(S209)。

【0040】

その他の方法として、基板の面外方向の変形量がしきい値THを超えたときの基板の保持力が所定値Fより弱ければ、制御部7は、基板保持部16と基板10との接触状態が異常である(凝着が発生している)と判定してもよい。基板保持部16に保持される基板10は、成膜工程やエッチング工程などの半導体プロセスを経る過程で残留応力により反りが発生している可能性がある。基板10に生じている反りにより基板10の面外方向の変形量は変化するため、しきい値THは基板10の反りを考慮して設定されるとよい。

40

【0041】

基板保持部16のメンテナンスを促す警告が発せられた場合、基板保持部16の表面に異物が付着している可能性が高いため、基板保持部16は洗浄工程に回される。基板保持部16の洗浄は、例えば、図5に示すようなインプリント装置1に隣接する洗浄装置71によって行われる。この場合、メンテナンス対象の基板保持部16は搬送口ボット61によって洗浄装置71へ搬送される。洗浄は、異物の物性によって、超音波洗浄、脱脂洗浄、機械洗浄等から適宜選択される。洗浄装置71による洗浄により、基板保持部16に付着した異物が除去され、基板10と基板保持部16との間で発生する凝着現象を防ぐこ

50

とができ、これにより重ね合わせ誤差の増加が抑えられる。なお、洗浄装置 7 1 はインプリント装置 1 内に設けられていてもよいし、インプリント装置 1 の外部に設けられていてもよい。また、基板保持部 1 6 のメンテナンスを促す警告は音声による報知でもよいし、表示部による表示でもよいし、またはその両方であってもよい。

【 0 0 4 2 】

上述の説明では、凝着判定処理は S 1 0 2 の歪み除去処理の中で行われるものとして説明したが、S 1 0 2 の歪み除去処理とは独立に行うようにしてもよい。S 1 0 2 の歪み除去処理には基板の保持力を弱める工程が含まれるので、それを利用して凝着判定処理も併せて行うことは、スループットの低下を招かない点で有利である。また、凝着判定処理は、基板 1 0 の全箇所を行うようにしてもよいし、代表的に特定の箇所だけを行うようにしてもよい。また、凝着判定処理は、ロット内の全基板に対して行うようにしてもよいし、特定の基板だけに対して行うようにしてもよい。

10

【 0 0 4 3 】

< 第 2 実施形態 >

第 1 実施形態では、基板 1 0 の面外方向の変形量の計測結果に基づいて凝着の判定を行ったが、本実施形態では、基板 1 0 の表面に沿った方向（面内方向）の変形量の計測結果に基づいて凝着の判定を行う。図 7 は、基板保持部 1 6 の吸着圧を変化させたときの基板 1 0 の面内方向の変形量の変化の例を示すグラフである。図 7 の横軸は、図 6 と同様、基板の吸着圧（すなわち基板保持部が基板を保持する保持力）を示しており、吸着圧が低くなるほど（すなわち左方向にいくほど）保持力が強くなり、吸着圧が高くなるほど（右方向にいくほど）保持力が弱くなる。

20

【 0 0 4 4 】

基板保持部 1 6 による基板の保持力を弱めていく（横軸の右方向にいく）場合、曲線 C のように、ある保持力で基板 1 0 は基板保持部 1 6 から受ける摩擦力が低下することで滑りが生じ、面内方向の変形が生じるようになる。しかし、基板 1 0 と基板保持部 1 6 との間で凝着が起きていると、その保持力では、基板 1 0 の滑りは生じず、曲線 D のように、保持力をさらに弱めないと基板 1 0 の滑りは生じない。

【 0 0 4 5 】

そこで、制御部 7 は、通常の基板が滑り始める保持力またはそれよりも若干弱い所定の保持力 F' において、基板の面内方向の変形量がしきい値 $T H'$ を超えているか否かを判定する。しきい値 $T H'$ は、面内方向の変形量により基板 1 0 の基板保持部 1 6 に対する滑りを判定するための値に設定され、例えば制御部 7 内のメモリに記憶されている。面内方向の変形量の計測は、例えばアライメント計測部 6 を用いて、図 4 に示すパターン部 8 a と基板上のショット領域 2 0 とのアライメントマークずれ量 5 3 を算出することにより行われる。あるいは、高倍率アライメントスコープ 5 5 を用いて直接、基板 1 0 の面内方向の変形量を計測するようにしてもよい。また、基板加熱部 3 7 により基板 1 0 を加熱させた状態で基板保持部 1 6 の基板の保持力を変化させて基板 1 0 の面内方向の変形量を計測してもよい。この時点で面内方向の変形量が $T H'$ を超えていなければ、制御部 7 は、凝着が発生していると判断し、基板保持部 1 6 のメンテナンスを促す警告を出力する。ここで、変形量のしきい値は、基板に形成されたショット領域の場所に応じて異なる場合がある。そのため、計測する場所に応じたしきい値を制御部 7 内のメモリに記憶されてもよい。その他の方法として、基板の面内方向の変形量がしきい値 $T H'$ を超えたときの基板の保持力が所定値より弱ければ、制御部 7 は、基板保持部 1 6 のメンテナンスを促す警告を出力するようにしてもよい。

30

【 0 0 4 6 】

< 第 3 実施形態 >

第 1 実施形態では、基板保持部 1 6 のメンテナンスを促す警告が出力されると、洗浄装置 7 1 による基板保持部 1 6 の洗浄を行う構成を説明した。これに対し本実施形態では、基板保持部 1 6 のメンテナンスを促す警告が出力されると、基板保持部 1 6 の交換を行う。基板保持部 1 6 の交換は、図 5 に示すステージ駆動機構 1 7 上に載置されている基板保

40

50

持部 16 を、搬送口ボット 61 により、保管部 72 に搬送する。その後、洗浄済みの基板保持部 16 を搬送口ボット 61 により保管部 72 から取り出し、ステージ駆動機構 17 上に載置する。保管部 72 内は、例えば、洗浄済みの基板保持部 16 を格納する領域と、メンテナンスのためにステージ駆動機構 17 により降ろされた基板保持部 16 を格納する領域とに分かれている。

【 0 0 4 7 】

なお、洗浄装置 71 および保管部 72 は、インプリント装置 1 内に設けられていてよいし、インプリント装置 1 の外部に設けられていてよい。また、基板保持部 16 のメンテナンスを促す警告が出力された場合、まず基板保持部 16 を保管部 72 に保管されている洗浄済みの基板保持部と交換し、インプリント処理を再開させる。その後に、保管部 72 からメンテナンスの必要な基板保持部 16 を洗浄装置 71 に搬送して洗浄を行うようにしてもよい。こうすることで、インプリント処理の中断時間を最小限に抑えることが可能である。

【 0 0 4 8 】

< 物品製造方法の実施形態 >

インプリント装置を用いて形成した硬化物のパターンは、各種物品の少なくとも一部に恒久的に、或いは各種物品を製造する際に一時的に、用いられる。物品とは、電気回路素子、光学素子、MEMS、記録素子、センサ、或いは、型等である。電気回路素子としては、DRAM、SRAM、フラッシュメモリ、MRAMのような、揮発性或いは不揮発性の半導体メモリや、LSI、CCD、イメージセンサ、FPGAのような半導体素子等が挙げられる。型としては、インプリント用のモールド等が挙げられる。

【 0 0 4 9 】

硬化物のパターンは、上記物品の少なくとも一部の構成部材として、そのまま用いられるか、或いは、レジストマスクとして一時的に用いられる。基板の加工工程においてエッチング又はイオン注入等が行われた後、レジストマスクは除去される。

【 0 0 5 0 】

次に、物品製造方法について説明する。図 9 (a) に示すように、絶縁体等の被加工材 2z が表面に形成されたシリコン基板等の基板 1z を用意し、続いて、インクジェット法等により、被加工材 2z の表面にインプリント材 3z を付与する。ここでは、複数の液滴状になったインプリント材 3z が基板上に付与された様子を示している。

【 0 0 5 1 】

図 9 (b) に示すように、インプリント用の型 4z を、その凹凸パターンが形成された側を基板上のインプリント材 3z に向け、対向させる。図 9 (c) に示すように、インプリント材 3z が付与された基板 1 と型 4z とを接触させ、圧力を加える。インプリント材 3z は型 4z と被加工材 2z との隙間に充填される。この状態で硬化用のエネルギーとして光を型 4z を介して照射すると、インプリント材 3z は硬化する。

【 0 0 5 2 】

図 9 (d) に示すように、インプリント材 3z を硬化させた後、型 4z と基板 1z を引き離すと、基板 1z 上にインプリント材 3z の硬化物のパターンが形成される。この硬化物のパターンは、型の凹部が硬化物の凸部に、型の凸部が硬化物の凹部に対応した形状になっており、即ち、インプリント材 3z に型 4z の凹凸パターンが転写されたことになる。

【 0 0 5 3 】

図 9 (e) に示すように、硬化物のパターンを耐エッチング型としてエッチングを行うと、被加工材 2z の表面のうち、硬化物が無いか或いは薄く残存した部分が除去され、溝 5z となる。図 9 (f) に示すように、硬化物のパターンを除去すると、被加工材 2z の表面に溝 5z が形成された物品を得ることができる。ここでは硬化物のパターンを除去したが、加工後も除去せずに、例えば、半導体素子等に含まれる層間絶縁用の膜、つまり、物品の構成部材として利用してもよい。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

(他の実施形態)

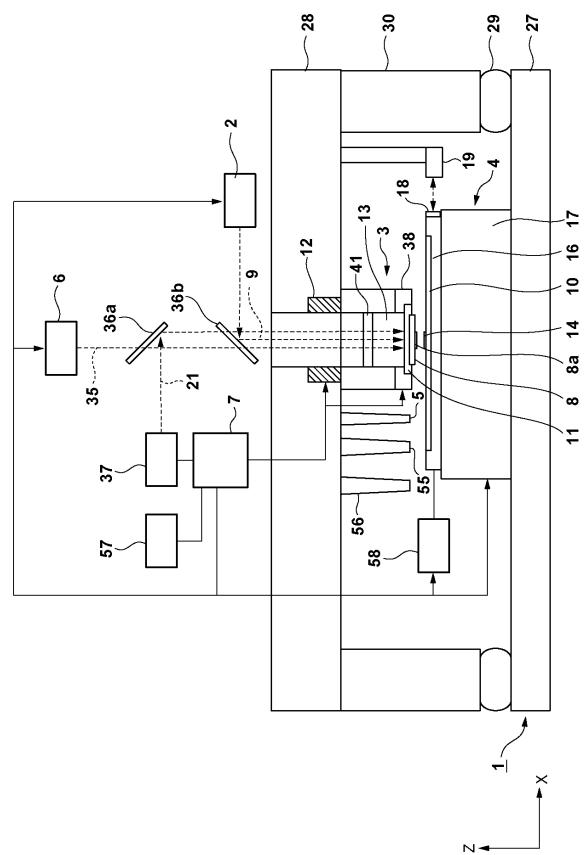
本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサーがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

【符号の説明】

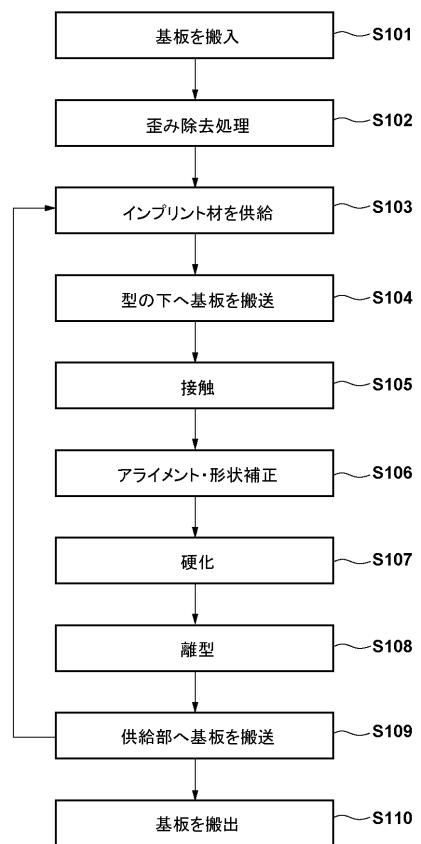
【0055】

1：インプリント装置、2：光照射部、4：基板ステージ、6：アライメント計測部、11：型保持部、16：基板保持部

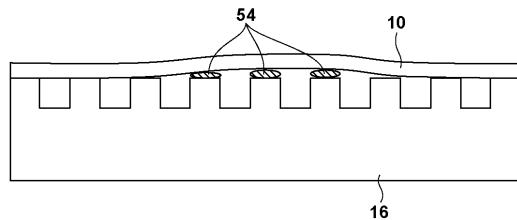
【図1】



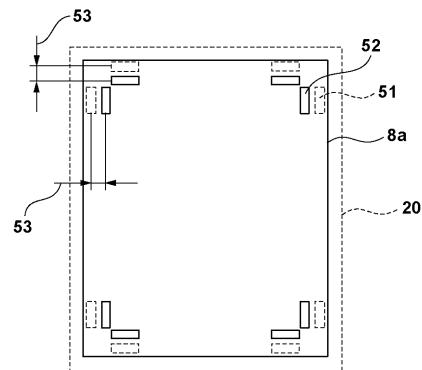
【図2】



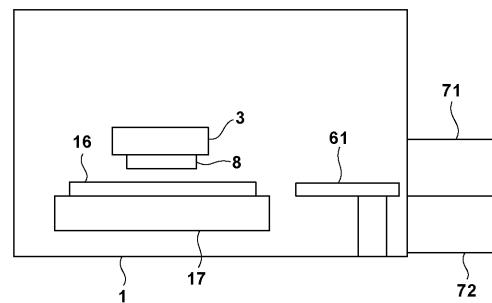
【図3】



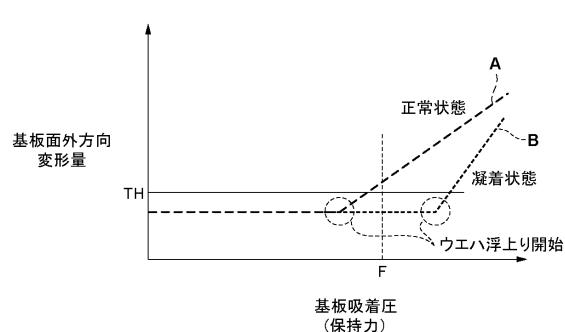
【図4】



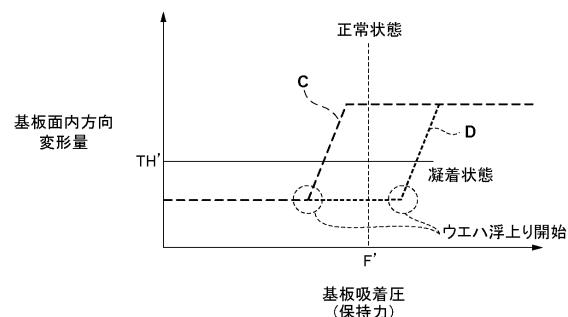
【図5】



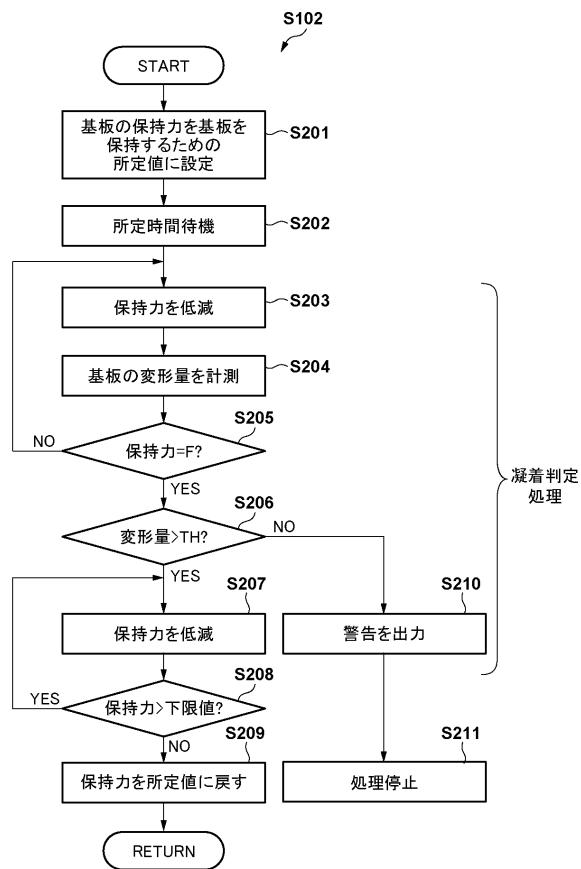
【図6】



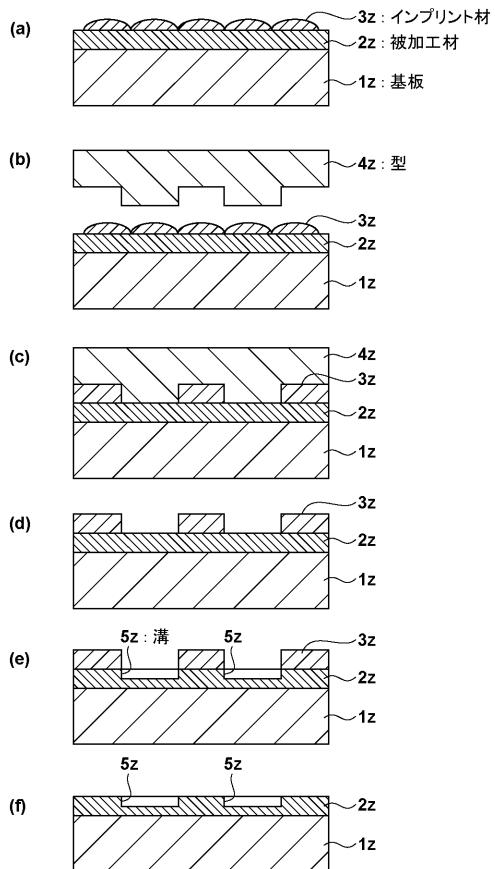
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平03-225940(JP,A)
特開平11-016833(JP,A)
特開2011-146663(JP,A)
特開2017-050349(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20
B29C 59/02