

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6611450号  
(P6611450)

(45) 発行日 令和1年11月27日 (2019. 11. 27)

(24) 登録日 令和1年11月8日 (2019. 11. 8)

(51) Int. Cl.		F I		
H O 1 L 21/027 (2006. 01)		H O 1 L 21/30		5 O 2 D
B 2 9 C 59/02 (2006. 01)		B 2 9 C 59/02		Z

請求項の数 4 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2015-74494 (P2015-74494)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年3月31日 (2015. 3. 31)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-195183 (P2016-195183A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成28年11月17日 (2016. 11. 17)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成30年3月20日 (2018. 3. 20)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	船吉 智美
			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	山▲崎▼ 拓郎
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプリント装置、インプリント方法、及び物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上の1つのショット領域にインプリント材を供給し、当該ショット領域に型を接触させることをショット領域毎に繰り返すことで、前記基板上の複数のショット領域の各々に前記型に応じたパターンを形成するインプリント装置であって、

前記基板を移動させる移動手段と、

前記基板上にインプリント材を供給する供給手段と、

前記型と前記基板の少なくとも一方を傾けることにより、前記型と前記基板との相対的な傾きを調整する調整手段を有し、

前記移動手段が前記供給手段と対向する位置から前記型と対向する位置へ移動する方向が所定方向であって、かつ、前記基板上において第1方向に順次パターンが形成される場合には、前記調整手段は、前記第1方向に順次パターンが形成される複数のショット領域の各々に対して前記インプリント材と前記型を接触させる際に、前記第1方向側における前記型と前記基板との間隔が、前記第1方向とは反対側における前記型と前記基板との間隔よりも小さくなるように前記相対的な傾きを調整し、

前記移動手段が前記供給手段と対向する位置から前記型と対向する位置へ移動する方向が前記所定方向と同じ方向であって、かつ、前記基板上において前記第1方向とは反対向きの第2方向に順次パターンが形成される場合には、前記調整手段は、前記第2方向に順次パターンが形成される複数のショット領域の各々に対して前記インプリント材と前記型を接触させる際に、前記第2方向側における前記型と前記基板との間隔が、前記第2方向

10

20

とは反対側における前記型と前記基板との間隔よりも小さくなるように前記相対的な傾きを調整することを特徴とするインプリント装置。

【請求項 2】

前記調整手段は、前記移動手段の速度に関する情報に基づいて前記相対的な傾きを調整することを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント装置。

【請求項 3】

基板上の 1 つのショット領域にインプリント材を供給し、当該ショット領域に型を接触させることをショット領域毎に繰り返すことで、前記基板上の複数のショット領域の各々に前記型に応じたパターンを形成するインプリント方法であって、

前記型と前記基板の少なくとも一方を傾けることにより、前記型と前記基板との相対的な傾きを調整する調整工程と、

前記型と前記インプリント材を接触させる接触工程を有し、

前記調整工程において、

前記基板上にインプリント材を供給する位置から前記基板に型を接触させる位置へ前記基板を移動する方向が所定方向であって、かつ、前記基板上において第 1 方向に順次パターンが形成される場合には、前記第 1 方向に順次パターンが形成される複数のショット領域の各々に対して前記インプリント材と前記型を接触させる際に、前記第 1 方向側における前記型と前記基板との間隔が、前記第 1 方向とは反対側における前記型と前記基板との間隔よりも小さくなるように前記相対的な傾きを調整し、

前記基板上にインプリント材を供給する位置から前記基板に型を接触させる位置へ前記基板を移動する方向が前記所定方向と同じ方向であって、かつ、前記基板上において前記第 1 方向とは反対向きの第 2 方向に順次パターンが形成される場合には、前記第 2 方向に順次パターンが形成される複数のショット領域の各々に対して前記インプリント材と前記型を接触させる際に、前記第 2 方向側における前記型と前記基板との間隔が、前記第 2 方向とは反対側における前記型と前記基板との間隔よりも小さくなるように前記相対的な傾きを調整することを特徴とするインプリント方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のインプリント方法により、基板上にパターンを形成するステップと、前記パターンの形成された基板に対してエッチング処理及びイオン注入処理のいずれか一方の処理を施すステップと、を有することを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インプリント装置、インプリント方法、及び物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイス等の製造のために基板上に微細なパターンを形成する方法として、インプリント法が知られている。インプリント法は、凹凸パターンを有する原版を用いてインプリント材を成形し、基板上にインプリント材（例えば、硬化性樹脂）のパターンを形成する方法である。しかし、このパターンの凹部に残る残膜の膜厚分布（残膜の膜厚のばらつき）が大きな状態のまま加工工程を進めてしまうと、所望の性能を有する物品が得られなくなる恐れがある。

【0003】

特許文献 1 は、残膜の膜厚分布を小さくする方法を開示している。インプリント材のパターンの複数の領域に関する残膜を形成後に計測して得た残膜の膜厚分布に基づいて、基板に対するインプリント材の供給量分布を作成し直している。一例として、膜厚が薄くなる領域にインプリント材を多く塗布するように供給量分布を作成する方法が挙げられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 2 2 8 5 9 3 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

本願発明者は、残膜の膜厚分布に、成形前のインプリント材が供給された基板が水平方向に移動することによってインプリント材の状態の変化が影響する点に気付いたが、この点について特許文献 1 には記載がない。

【 0 0 0 6 】

本発明の第 1 の側面は、残膜の膜厚分布を低減できるインプリント装置及びインプリント方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の第 1 の側面は、基板上の 1 つのショット領域にインプリント材を供給し、当該ショット領域に型を接触させることをショット領域毎に繰り返すことで、前記基板上の複数のショット領域の各々に前記型に応じたパターンを形成するインプリント装置であって、前記基板を移動させる移動手段と、前記基板上にインプリント材を供給する供給手段と、前記型と前記基板の少なくとも一方を傾けることにより、前記型と前記基板との相対的な傾きを調整する調整手段を有し、前記移動手段が前記供給手段と対向する位置から前記型と対向する位置へ移動する方向に対して、前記基板上において第 1 方向に順次パターンが形成される場合には、前記調整手段は、前記第 1 方向に順次パターンが形成される複数のショット領域の各々に対して前記インプリント材と前記型を接触させる際に、前記第 1 方向側における前記型と前記基板との間隔が、前記第 1 方向とは反対側における前記型と前記基板との間隔よりも小さくなるように前記相対的な傾きを調整し、前記移動手段が前記供給手段と対向する位置から前記型と対向する位置へ移動する方向に対して、前記基板上において前記第 1 方向とは反対向きの第 2 方向に順次パターンが形成される場合には、前記調整手段は、前記第 2 方向に順次パターンが形成される複数のショット領域の各々に対して前記インプリント材と前記型を接触させる際に、前記第 2 方向側における前記型と前記基板との間隔が、前記第 2 方向とは反対側における前記型と前記基板との間隔よりも小さくなるように前記相対的な傾きを調整することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明のインプリント装置、供給量分布の作成方法、及びインプリント方法は、残膜の膜厚分布を低減するように、型の傾きを調整できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】第 1 実施形態のインプリント装置の構成を示す図。

【図 2】ディスペンサを示す図。

【図 3】押印順序を示す図。

【図 4】ステージの制御偏差について説明する図。

【図 5】ステージの移動方向と傾きの関係を示す図。

【図 6】押印後の残膜を示す図。

【図 7】第 1 実施形態に係るインプリント処理を示すフローチャート。

【図 8】原版の傾き調整後の様子を示す図。

【図 9】基板ステージの制御電流を説明する図。

【図 10】基板の平坦度の影響を説明する図。

【図 11】原版の押印面の傾きの影響を説明する図

【図 12】押印順序と残膜の膜厚との関係を示す図。

【図 13】パターンの形成状況を示す図。

【図 14】液滴パターンの作成方法を示すフローチャート。

10

20

30

40

50

【図 15】液滴パターンを示す図。

【図 16】第 5 実施形態に係るインプリント処理を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0010】

[第 1 実施形態]

(装置構成)

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るインプリント装置 1 を示す図である。図 1 において、ステージ 9 はウエハ 3 等の基板を載せ、水平面に沿って移動する。水平面とは、重力方向に垂直な平面である。水平面に沿って移動するとは、ステージ 9 を駆動させる際の制御誤差の程度で水平面に対して傾いて移動する状態も含むものとする。本実施形態では、  
10  
本発明にかかるインプリント材状態に関する状態とは、基板ステージ 9 の移動方向から予測される、インプリント材のパターンの残膜 2 b (図 6 に図示) の膜厚分布の傾向 (以下、残膜傾向情報という) のことをいう。当該残膜傾向情報については後で詳述する。

【0011】

インプリント装置 1 は、原版 7 (型) と紫外光 4 とによって紫外線硬化樹脂 (インプリント材) 2 を成形し、当該樹脂 2 の凹凸パターンを形成する。光源 5 は、ハロゲンランプや LED 等であり、基板 3 に向けて紫外光 4 を照射する。光源 5 は、原版ステージ 6 の鉛直上方 (+Z 方向側) に配置されており、原版 7 を介して基板 3 上の樹脂 2 に紫外光 4 を照射する。  
20

【0012】

基板 3 と対向する側 (-Z 方向側) に原版 7 が配置された原版ステージ 6 は、原版 7 を保持しながら当該原版 7 の位置決めをする。原版 7 には中央に凹凸パターンが形成されている。凹凸パターンの凸部を結んでできる仮想面をパターン面 (型のパターン面) 7 a (図 8 の拡大図参照) という。本実施形態では 1 つのショット領域 20 (図 3 に図示) 分の凹凸パターンが形成されている原版 7 を用いた場合について説明するが、複数のショット領域 20 分の凹凸パターンが形成された原版 7 を用いてもよい。

【0013】

樹脂 2 が塗布された (供給された) 基板 3 を載せて移動する基板ステージ (移動手段) 9 は、当該基板 3 を、水平面に沿う方向を含む 3 軸方向に位置決めできる。基板ステージ 9 には、基板 3 を保持するチャック (不図示)、チャックの載置された天板 (不図示)、  
30  
及び、ステージ制御部 8 からの制御電流を受けて天板を移動させるモータ等の駆動機構 (不図示) が含まれている。

【0014】

原版ステージ (調整手段) 6 は、原版 7 を粗く位置合わせする粗動ステージ 10 と、粗動ステージ 10 よりも小さな移動量で精密に位置合わせをする微動ステージ 11 と、原版 7 を保持する保持部 12 と、が上から順に積み重なった構造を有している。粗動ステージ 10 と微動ステージ 11 により原版 7 を 6 軸方向に位置決めできる。すなわち、制御部 17 からの指示を受けて、微動ステージ 11 は原版 7 の傾きを調整する機能を有している。

【0015】

粗動ステージ 10 は中央部に開口 10 a 及び微動ステージ 11 は中央部に開口 11 a を有しており、原版 7 は、紫外光 4 を透過する材料 (例えば、石英等) で構成されている。これにより、光源 5 からの紫外光 4 は原版 7 を透過して基板 3 上の樹脂 2 に到達する。なお、微動ステージ 11 と保持部 12 との間に、紫外光 4 を透過する板部材 (不図示) が挿入されている。  
40

【0016】

保持部 12 は真空吸引力あるいは静電気力によって原版 7 を保持できる。保持部 12 は凹凸パターンの周囲だけを保持するように中央に開口を有している。当該開口が原版 7 と前述の板部材とに挟まれることによって、空間 13 を成している。

【0017】

圧力調整部 14 は空間 13 と接続されている。圧力調整部 14 は、真空ポンプ (不図示)  
50

）を含み、空間 1 3 内の圧力を調整する。樹脂 2 と原版 7 が接触する際には空間 1 3 内の圧力を高めて、原版 7 の形状が鉛直下方に凸形状となるように変形することができる。接触後は圧力を徐々に戻して、原版 7 の凹部に樹脂が充填されやすくなるようにする。

#### 【 0 0 1 8 】

以下の説明において、基板 3 に塗布された樹脂 2 と原版 7 とを接触させて、原版 7 の凹凸パターンに樹脂 2 を充填させる（以下、押印する、という）ための Z 軸方向への移動は、原版ステージ 6 が行うものとする。しかし、押印動作が実行できるのであれば、原版ステージ 6 と基板ステージ 9 の少なくとも一方が Z 軸方向への移動を行えばよい。

#### 【 0 0 1 9 】

ディスペンサ（供給手段）15 は、未硬化の樹脂 2 を保管するタンク 16 から供給を受けながら、液滴パターンに従って基板 3 上の所定の位置に樹脂 2 を塗布する。図 2 はディスペンサ 15 を鉛直下方から見た図である。樹脂 2 を吐出する複数の吐出口 15 A が一列に並んでいる。1 つの吐出口 15 A は、樹脂を所定量（以下、1 滴という）ずつ基板 3 に向けて吐出する。1 滴あたりの吐出量はサブピコリットル～数ピコリットルである。

10

#### 【 0 0 2 0 】

ディスペンサ 15 は数マイクロメートル～数十マイクロメートル間隔で基板 3 上に樹脂 2 を塗布する。ディスペンサ 15 は、ディスペンサ 15 の下方を基板 3 が移動（走査）する間に、1 つのショット領域 20 に対する 1 回の押印動作で必要となる量の樹脂 2 を吐出する。これにより、1 つのショット領域 20 に対して未硬化 2 を供給することができる。液滴パターン（供給量分布、塗布マップ、あるいはドロップレシビともいう）とは、作成部 25 が作成した樹脂 2 の塗布位置と塗布量を示すデータである。液滴パターンは、原版 7 の種類やディスペンサ 15 の情報等を用いて作成される。

20

#### 【 0 0 2 1 】

制御部 17 は、CPU、RAM、HDD 等を含み、樹脂 2 に凹凸パターンを形成するまでの一連の動作（以下インプリント処理という）を統括的に制御する。例えば、原版ステージ 6 の水平方向の目標位置、原版ステージ 6 の目標の傾き、基板ステージ 9 の目標位置を指示する。所定のタイミングで光源 5 に、基板 3 に向けて紫外光 4 を照射させる。液滴パターンが格納されている格納部 19 から必要な液滴パターンを読み出し、当該液滴パターンをディスペンサ 15 に送信する。押印動作時に圧力調整手段 14 に目標の圧力を指示する。

30

#### 【 0 0 2 2 】

計測器 18 は、インプリント装置 1 内に搬送された基板 3 の表面の凹凸を計測するフォーカス計測器である。

#### 【 0 0 2 3 】

格納部 19 は、原版 7 の凹凸パターンと、ディスペンサ 15 に設定するための液滴パターンと、押印雰囲気の情報と、基板ステージ 9 の移動方向情報を有している。ここで、押印雰囲気の情報とは、押印動作位置周囲の温度、気流、酸素濃度、樹脂 2 の種類、樹脂 2 の揮発のしやすさに関する情報等である。

#### 【 0 0 2 4 】

基板ステージ 9 の移動方向情報とは、樹脂 2 の塗布された基板 3 が、ディスペンサ 15 の下方位置（供給手段と対向する位置）から押印動作が行われる原版 7 との対向位置（以下、押印位置という）に向かう方向である。

40

#### 【 0 0 2 5 】

さらに、第 1 実施形態にかかる格納部 19 は、移動方向情報と相関のある残膜傾向情報を有している。残膜傾向情報とは、基板ステージ 9 の移動に関する情報から予測される、残膜 2 b の膜厚分布の傾向である。基板 3 上の全てのショット領域 20 に対してインプリント処理を行うための、図 7 のフローチャートに示すプログラムを有している。

#### 【 0 0 2 6 】

次に、基板ステージ 9 の移動について図 3～図 6 を用いて説明する。図 3 は、押印順序情報（パターンの形成順序に関する情報）を示す図である。複数の矩形形状のショット領

50

域 20 は、インプリント処理による被パターン形成領域を示す。ショット領域 20 内の括弧内の数字は、押印順序を示している。すなわち、図 3 (A) の場合は、1 行目のショット領域 20 に対して + X 方向に順にパターンを形成したあとは、2 行目のショット領域 20 に対しても + X 方向に順にパターンを形成する。

【0027】

図 3 (B) の場合は、1 行目のショット領域 20 に対して + X 方向に順にパターンを形成したあとは、2 行目のショット領域 20 に対して - X 方向に順にパターンを形成する。基板ステージ 9 は、1 回の押印動作を終えるごとに、ディスペンサ 15 と、原版 7 と対向する位置との間を往復移動する。

【0028】

基板ステージ 9 は、その制御指令（時間に対する目標位置を示す指令）に対して応答遅れを伴って位置決めされるものである。図 4 は、横軸は時間、実線のグラフに対応する縦軸は基板ステージ 9 の位置、点線のグラフに対応する縦軸はステージ偏差（制御指令に対する基板ステージ 9 の位置のずれ）を示している。例えば、時刻  $t_1$  で移動し、時刻  $t_2$  で停止するように指示を受けた基板ステージ 9 は、時刻  $t_2$  でも整定せず、時刻  $t_3$  以降でステージ偏差が許容範囲に収束する様子を示している。

【0029】

図 5 は、基板ステージ 9 の移動方向と傾きを示す図である。図 5 (A)、(D) は時刻  $t_1 \sim t_2$  の基板ステージ 9 の様子、図 5 (B)、(E) は時刻  $t_2 \sim t_3$  の基板ステージ 9 の様子、図 5 (C)、(F) は時刻  $t_3$  以降の様子を示している。図 5 (B) (E) に示すように、+ X 方向に移動する基板ステージ 9 は + X 方向側が反対側に比べて下がるように、- X 方向に移動する基板ステージ 9 は - X 方向側が反対側に比べて下がるように、微小に傾く傾向がある。

【0030】

本実施形態では、制御部 17 は、スループットを優先させて時刻  $t_2 \sim t_3$  に押印動作を行うように原版ステージ 6 を制御する。移動方向側が低くなるように基板 3 が傾いた状態で樹脂 2 と原版 7 が接触するため（図 6 (A)、(B)）、パターン形成後の樹脂（以下、樹脂パターンという）2 a の下部には、厚み偏差の大きな残膜 2 b が形成されてしまう（図 6 (C)、(D)）。残膜 2 b とは、押印により形成された樹脂パターン 2 a の下部（凹部）に残る層状部分のことであり、形成される凹凸パターンの凹部の底辺と基板 3 との間の部分を意味する。

【0031】

第 1 実施形態で使用する基板ステージ 9 の移動方向情報は、基板ステージ 9 が、ディスペンサ 15 の下方位置から押印動作が行われる位置に向かう方向である。すなわちインプリント装置 1 の場合は、+ X 方向である。第 1 実施形態の残膜傾向情報は、ショット領域 20 内の移動方向側（+ X 方向側）の残膜 2 b が、当該移動方向側とは反対側（- X 方向側）の残膜 2 b よりも厚くなる、という情報である（図 5、図 6 参照）。

【0032】

（インプリント処理の流れ）

次に、第 1 実施形態に係るインプリント処理の流れについて、図 7、図 8 を用いて説明する。図 7 はインプリント処理の流れを示すフローチャートである。制御部 17 が図 7 のフローチャートに示すプログラムを実行することでインプリント処理が行われる。本実施形態では、基板ステージ 9 が位置決めされる際に基板ステージ 9 が傾くことが主な要因となって生じる残膜 2 b の残膜のばらつき、すなわち膜厚分布を低減できる実施形態である。樹脂 2 の表面の傾きは、基板 3 の傾きと同じになるものとする。

【0033】

まず、制御部 17 は原版ステージ 6 に搭載された原版 7 のパターンを認識し、格納部 19 内にある適切な液滴パターンをディスペンサ 15 に設定する（S100）。

【0034】

制御部 17 は、樹脂 2 の塗布された基板 3 が、押印位置までに至るまでに移動する移動

10

20

30

40

50

方向の情報に基づいて、押印時に基板 3 が傾く方向を求める (S 2 0 0)。本実施形態にかかるインプリント装置 1 では、基板ステージ 9 はディスペンサ 1 5 下方位置から押印位置へ、すなわち + X 方向に移動する。基板ステージ 9 は基板ステージ 9 の移動方向側が低くなるように傾く。よって、基板ステージ 9 の傾きに伴って、樹脂 2 の表面の傾きも + X 方向側 (移動方向側) が低い位置になるように傾く。

【 0 0 3 5 】

この情報に基づき、原版ステージ 6 は、基板 3 が傾く方向とパターン面 7 a が傾く方向は同じ方向となり、基板 3 が傾く方向とパターン面 7 a が傾く方向とが平行に近づくように原版 7 の傾きを調整する (S 3 0 0)。傾ける方向は、樹脂 2 の表面とパターン面 7 a のなす角が小さくなる方向、すなわち原版 7 のパターン面 7 a の + X 方向側が低い位置になる方向である。

10

【 0 0 3 6 】

ディスペンサ 1 5 が、基板 3 上に未硬化の樹脂 2 を塗布する (S 4 0 0)。ディスペンサ 1 5 の位置から押印位置まで基板 3 が移動したら、所定のタイミングで、S 3 0 0 で調整された原版 7 の傾きのまま押印動作をする (S 5 0 0)。所定のタイミングとは、ステージ偏差が許容範囲に達する前のタイミング (時刻  $t_2 \sim t_3$ ) である。原版 7 の凹部に樹脂 2 が充填された後に、光源 5 が紫外光 4 を所定時間照射して、未硬化状態の樹脂 2 を硬化させる (S 6 0 0)。原版ステージ 6 が、原版 7 を離型する (S 7 0 0)。

【 0 0 3 7 】

このようにして、基板 3 上に樹脂パターン 2 a が形成される。制御部 1 7 は、基板 3 上の全ショット領域 2 0 にパターンを形成し終えたかどうかを判断する (S 8 0 0)。パターンを形成した (Y e s) 場合は、制御部 1 7 は基板 3 を搬出させる (S 1 0 0 0)。

20

【 0 0 3 8 】

まだパターンの形成されていないショット領域 2 0 がある場合は (N o)、次のショット領域 2 0 を選択し、そのショット領域 2 0 を押印する際に原版 7 の傾きの変更が必要かどうかを判断する (S 9 0 0)。

【 0 0 3 9 】

変更が必要な場合とは、例えば、次に押印するショット領域 2 0 の移動方向が先に押印したショット領域 2 0 の移動方向とは異なる場合である。設定する傾きの変更が必要な場合は、S 2 0 0 ~ S 9 0 0 を繰り返す。変更が不要な場合は、同じ傾きとなるように原版 7 の傾きを調整しながら S 3 0 0 ~ S 9 0 0 を繰り返す。後続の基板 3、後続する別のロットの基板 3 に対しても、制御部 1 7 が原版 7 に必要な傾き方向を求めて、原版ステージ 6 に傾きを調整させる。

30

【 0 0 4 0 】

所定のショット領域 2 0 ごと、または 1 枚の基板 3 を処理するごとに、インプリント装置 1 の内部あるいは外部において、パターンの欠陥情報検査や異常検知情報を取得し、新たな傾きを設定してもよい。欠陥情報とは、検査装置 (不図示) で得られた樹脂 2 パターンの転写精度の測定結果である。異常検知情報とは、型の押印力または離型力の異常、押印時の不純物噛み、原版 7 の規定の使用回数を超え等の情報である。

【 0 0 4 1 】

40

以上のように、本実施形態では、基板ステージ 9 の移動方向に基づいて、原版ステージ 6 が原版 7 の傾きを調整する。傾ける方向は、形成されるパターンの残膜 2 b の膜厚分布が小さくなる方向、すなわち、パターン面 7 a と樹脂パターン 2 a の表面のなす角が小さくなるように原版 7 の傾きを調整する。これにより、本実施形態を実施しない場合に比べて樹脂パターン 2 a における、残膜 2 b の膜厚分布を低減することができる (残膜の膜厚の均一性を向上させることができる)。

【 0 0 4 2 】

なお、パターン面 7 a の傾きとは、空間 1 3 と大気圧とがほぼ等しい状態におけるパターン面 7 a の傾き (パターン面 7 a の中心と接する面の傾きでもある) のことを意味している。また、基板ステージ 9 が新しい方向に移動する場合は、樹脂 2 の表面は基板ステー

50

ジ 9 の移動方向側に傾くため、当該移動方向に応じて原版 7 の傾きを調整すればよい。

#### 【 0 0 4 3 】

また、基板 3 に対するショット領域 2 0 の位置に応じて、基板ステージ 9 の傾く度合いが異なる場合がある。例えば、基板 3 の周縁側のショット領域 2 0 と、中心寄りのショット領域 2 0 とでは、基板ステージ 9 の傾く度合いが異なることがある。このような場合は、残膜傾向情報はディスペンサ 1 5 下方から押印位置まで移動する移動距離に相関関係にあるため、基板 3 に対するショット領域 2 0 の位置に基づいて原版 7 の傾きを調整してもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

なお、基板ステージ 9 の移動方向情報は、樹脂 2 の塗布された基板 3 が、ディスペンサ 1 5 の下方位置を離れて最短距離で押印位置に向かわない場合は、移動の最後に、ある位置から押印位置に向かう移動方向であってもよい。

#### 【 0 0 4 5 】

##### [ 第 2 実施形態 ]

第 2 実施形態は、基板ステージ 9 の傾きの度合いを、基板ステージ 9 のモータの制御電流から取得する実施形態である。モータの制御電流も、基板ステージ 9 の移動方向および移動のための力の大きさと相関関係にある。第 2 実施形態にかかる樹脂 2 の表面の傾きも、第 1 実施形態と同様、基板ステージ 9 の傾く方向等である。

#### 【 0 0 4 6 】

図 9 は、ステージ偏差と基板ステージ 9 の制御電流との関係を示す図である。横軸は時間である。縦軸は、それぞれ、基板ステージ 9 の制御指令（実線）、時間に対するステージ偏差（点線）、時間に対する基板ステージ 9 の制御電流（破線）である。図 9 に示すように、ステージ偏差と制御電流との間には、一定の時間差及び類似の振幅傾向がある。よって、ステージ制御部 8 が当該制御電流をリアルタイムに取得し、制御部 1 7 が電流値に基づいてステージ偏差を算出し、当該ステージ偏差から基板ステージ 9 の傾きを予測できる。これにより、原版ステージ 6 は原版 7 の傾きを調整することができる。

#### 【 0 0 4 7 】

本実施形態では、制御電流を介した実測値に基づいて、リアルタイムに傾きを調整するため、精度良く原版 7 のパターン面 7 a と樹脂 2 の表面とを平行に近づけることができる。調整した傾きのまま押印動作をすることで、残膜 2 b の膜厚分布を低減することができる。

#### 【 0 0 4 8 】

##### [ 第 3 実施形態 ]

第 3 実施形態は、残膜傾向情報を、基板ステージ 9 の移動方向、及び基板 3 の凹凸情報（平坦度）に基づいて取得する実施形態である。基板 3 の形状が図 1 0 ( A ) に示すように均一ではない場合に、樹脂 2 の表面も基板 3 の形状にならって不均一になってしまう。そこで、計測器 1 8 に基板 3 の、計測器 1 8 に対する基板 3 の表面の位置（面位置）を計測させることで、制御部 1 7 は基板 3 の凹凸形状情報を取得する。

#### 【 0 0 4 9 】

図 1 0 ( B ) は、その制御の具体例を示す図である。基板ステージ 9 が水平面に対して  $s$  傾き、基板 3 の押印対象となるショット領域 2 0 が基板ステージ 9 に対して  $-w$  傾いている場合、原版 7 の傾き  $h$  を水平面に対して  $h = s + (-w)$  とする。これにより、原版 7 のパターン面 7 a と樹脂 2 の表面とを平行に近づけることができ、残膜 2 b の偏差を低減することができる。

#### 【 0 0 5 0 】

なお、原版 7 に対してパターン面 7 a が傾いている場合（図 1 1 ( A )）は、これを考慮してパターン面 7 a と樹脂 2 の表面とのなす角が小さくなるように原版 7 の傾きを調整してもよい（図 1 1 ( B )）。

#### 【 0 0 5 1 】

##### [ 第 4 実施形態 ]



4 実施形態では、インプリント材の状態に関する情報とは、残膜傾向情報である。あるいは、残膜傾向情報と相関のある、基板ステージ 9 の移動中の樹脂 2 の状態でもよい。樹脂 2 の状態とは、例えば、基板 3 に塗布された樹脂 2 の表面（インプリント材の被成形面）の傾き、あるいは樹脂 2 の表面の傾く方向の傾向である。

【0052】

第 4 実施形態では、パターンの形成順序に関する情報は、押印順序である。図 3（A）（B）に示すように、それぞれのショット領域 20 に対して何番目にパターンが形成されるのか、という情報である。

【0053】

なお、樹脂 2 の表面の傾きとは本実施形態では次のように定義される。基板 9 に対して同じ X 位置に並ぶ複数の液滴高さの平均値を X 位置毎に求めた場合に、各 X 位置における液滴の高さを結んでできる傾斜の傾きとする。樹脂 2 の表面の傾く方向の傾向とは、例えば基板ステージ 9 の移動方向側とその反対側の高低の関係である。

【0054】

第 4 実施形態に係るインプリント装置 1 では、原版ステージ 6 は、押印順序と、押印順序と相関のある残膜傾向情報に基づいて原版 7 の傾きを調整する。ディスペンサ 15 と対向する位置から押印位置に向かう方向が一定であっても、インプリント装置内の気流の影響や、基板ステージ 9 の移動に伴う気流の影響等を受けて、その押印順序によって残膜傾向が一定とはならない場合に有利な実施形態である。図 12 は、図 3（B）に示すような押印順序で樹脂パターン 2a を形成する場合の、押印順序と残膜傾向情報の関係を示す図である。複数のショット領域 20 のそれぞれに描かれている円の大きさは、残膜 2b の膜厚の厚さに対応している。すなわち、円の大きな領域ほど、残膜 2b の膜厚が厚くなる領域を示している。

【0055】

図 13（A）（B）は押印順序と、パターンの形成状況との関係を示す図である。ショット領域 23（第 1 領域）は、パターンが形成されておらず、かつ樹脂 2 の塗布されたショット領域、ショット領域（第 2 領域）24 は樹脂パターン 2a が形成されたショット領域である。ショット領域 23 上の樹脂 2 は、基板ステージ 9 の移動によって、液滴の状態が揮発により変化した様子を示している。

【0056】

図 12 の 1 行目では、移動方向側（+X 方向側）に順にパターンが形成されていく。すなわち、図 13（A）に示すように、ショット領域 23 がショット領域 24 に対して、基板ステージ 9 の移動方向側にある状態で、基板ステージ 9 は移動する。

【0057】

押印位置における樹脂 2 の状態は、揮発等の影響により、樹脂 2 のそれぞれの液滴の高さが異なる状態となる。傾向として、ショット領域 24 が形成されていない側に対してショット領域 24 が形成されている側の高さが低くなるように、樹脂 2 の表面の傾きが傾斜する状態となる。この場合は、残膜傾向情報は、基板ステージ 9 の移動方向側における残膜 2b の膜厚が、当該移動方向側とは反対側の膜厚よりも厚くなりやすいという情報になるが傾斜を有する状態となる。

【0058】

図 12 の 2 行目は、移動方向とは逆方向（-X 方向）に順にパターンが形成されていく。すなわち、図 13（B）に示すように、ショット領域 24 がショット領域 23 に対して、基板ステージ 9 の移動方向側にある状態で、基板ステージ 9 は移動する。

【0059】

押印位置における樹脂 2 の状態は、樹脂 2 のそれぞれの液滴の高さにより、ショット領域 24 の形成されていない側に対してショット領域 24 が形成されている側の高さが低くなるように樹脂 2 の表面の傾きが傾斜する状態となる。この場合は、残膜傾向情報は、基板ステージ 9 の移動方向側（移動先に近い側）における残膜 2b の膜厚が、当該移動方向側とは反対側（移動先に遠い側）の膜厚よりも薄くなりやすいという情報になる。

## 【 0 0 6 0 】

原版ステージ 6 は、残膜傾向情報と、当該残膜傾向情報と相関のある、押印順序（移動手段の移動によって変化するインプリント材の状態に関する情報）とに基づいて、原版 7 の傾きを調整する。原版ステージ 6 は樹脂 2 の表面の傾きとパターン面 7 a の傾きが逆向きなるように原版 7 を傾ける。すなわち、パターン面 7 a の移動方向側の部分とステージ 9 との間隔が、パターン面 7 a の移動方向側とは反対側の部分とステージ 9 との間隔よりも小さくなるように原版 7 を傾ける。

## 【 0 0 6 1 】

図 1 3 ( A ) に示すように、ショット領域 2 3 がショット領域 2 4 に対して、基板ステージ 9 の移動方向側にある状態で、基板ステージ 9 は移動する場合は、パターン面 7 a の移動方向側が、当該移動方向側よりも低い位置になるように原版 7 を傾ける（図 1 3 ( C ) ）。

10

## 【 0 0 6 2 】

図 1 3 ( A ) に示すように、ショット領域 2 3 がショット領域 2 4 に対して、基板ステージ 9 の移動方向側とは反対側にある場合は、パターン面 7 a の移動方向側が、当該移動方向側よりも高い位置になるように原版 7 を傾ける（図 1 3 ( D ) ）。

## 【 0 0 6 3 】

以上のように、原版ステージ 6 は、残膜傾向情報と、当該残膜傾向情報と相関のある、押印順序（移動手段の移動によって変化するインプリント材の状態に関する情報）とに基づいて原版 7 の傾きを調整する。

20

## 【 0 0 6 4 】

これにより、本実施形態を実施しない場合に比べて、樹脂パターン 2 a の残膜 2 b の膜厚分布を低減することができる。単に、基板 3 の傾きに応じて原版 7 の傾きを調整する方法（特開 2 0 0 5 - 1 0 2 0 1 号公報参照）だけでは、残存してしまう、残膜 2 b の膜厚分布も低減することができる。基板ステージ 9 が同一の移動方向に移動しても残膜傾向が一定とはならない場合や、樹脂 2 の表面が、基板 3 の傾きにならって均一に傾かない場合にも、樹脂パターン 2 a の残膜 2 b の膜厚分布を低減することができる。

## 【 0 0 6 5 】

なお、ディスペンサ 1 5 で樹脂 2 が塗布された基板 3 が、最短ルートで移動して押印位置に到達しない場合もある。この場合は、押印位置に到達するまでの移動距離及び移動方向も考慮して、樹脂 2 の表面がどのような状態になるのか、あるいは残膜傾向情報はどのようなものか、を求めてもよい。

30

## 【 0 0 6 6 】

なお、パターンの形成順序に関する情報は、ショット領域 2 3 とショット領域 2 4 との位置関係を把握できるような情報であればよい。そのため、押印順序以外の情報でもよい。

## 【 0 0 6 7 】

たとえば、 $n$  回目にパターンを形成したショット領域 2 0 と、 $n + 1$  回目にパターンを形成しようとするショット領域 2 0 の位置を比較し、 $n$  回目にパターンを形成したショット領域 2 0 から  $n + 1$  回目にパターンを形成したショット領域 2 0 に向かう方向が、基板ステージ 9 の移動方向と同じか否か、という情報（連続して形成されるパターンの位置関係に関する情報）でもよい。基板ステージ 9 の移動方向側に、ショット領域 2 4 が存在するか否か、という情報（第 1 領域の移動方向側における第 2 領域の有無情報）でもよい。さらに、 $XY$  平面内にどの位置にショット領域 2 4 が配置されているかという情報（第 2 領域の位置情報）でもよい。さらに、押印位置周囲の空気を不活性ガスで置換する場合に、不活性ガスを供給する部材の配置位置の情報を含んでいてもよい。

40

## 【 0 0 6 8 】

本実施形態では、原版 7 の傾きを調整する場合を例に説明したが、調整手段は基板に対する型の傾きが調整できればよい。すなわち、原版 7 及び基板 3 の少なくとも一方の傾きが調整できればよい。

50

## 【 0 0 6 9 】

## 〔 第 5 実施形態 〕

第 5 実施形態は、第 4 実施形態にかかる原版 7 の傾き調整と、押印順序に基づき作成された液滴パターンより樹脂 2 の塗布量調整とを併用することによって、残膜 2 b の膜厚分布を低減できる実施形態である。原版 7 の傾き調整をしても、なお、残膜 2 b の膜厚分布を無視できない場合に好適である。

## 【 0 0 7 0 】

格納部 1 9 は後述する図 1 6 のフローチャートに示すプログラムを有している。作成部 2 5 が当該プログラムを実行することにより、液滴パターンは作成される。

## 【 0 0 7 1 】

図 1 4 は、作成部 2 5 がインプリント処理する前に作成する液滴パターンの作成工程 5 0 を示すフローチャートである。作成部 2 5 は、液滴パターンの作成に必要な情報、すなわち、原版情報、ディスペンサ情報、押印雰囲気の情報等を取得する ( S 1 0 1 )。S 1 0 1 で取得した情報に基づいて、作成部 2 5 は、1 つのショット領域 2 0 内の小領域ごとに必要となる樹脂量の目安を示す、樹脂量分布を作成する ( S 1 0 2 )。

## 【 0 0 7 2 】

作成部は、ディスペンサ 1 5 の液滴サイズ情報を用いて、1 回の押印あたりに必要な樹脂 2 の液滴数を算出する ( S 1 0 3 )。液滴数を適当に配分し、予備液滴パターンを求める ( S 1 0 8 )。予備液滴パターンの一例を図 8 ( A ) に示す。表示領域は、1 つのショット領域 2 0 に対応する領域である。白地の矩形領域 2 1 は樹脂 2 を塗布しない領域を示し、黒地の矩形領域 2 2 は樹脂 2 を塗布する領域を示している。

## 【 0 0 7 3 】

図 7 の説明に戻る。次に、作成部 2 5 は、基板ステージ 9 の移動方向情報と、当該移動方向情報に対応する残膜傾向情報とを格納部 1 9 から取得する ( S 1 0 5 )。S 1 0 5 で取得した残膜傾向情報と予備液滴パターンを用いて、ディスペンサ 1 5 に設定するための液滴パターンを作成する ( S 1 0 7 )。S 1 0 7 で作成する液滴パターンは、予備液滴パターンが示す樹脂 2 の総液滴数は変えず、その塗布位置の分布を変更したものである。S 1 0 7 では、第 4 実施形態にかかる原版 7 の傾き調整をしても、なお残存する膜厚分布を低減するための工程である。

## 【 0 0 7 4 】

以下、S 1 0 7 の工程について具体的に説明する。図 1 3 ( A ) のように、+ X 方向にパターンを順次形成していく場合は、基板ステージ 9 の移動方向側における残膜 2 b の膜厚が、当該移動方向側とは反対側の膜厚よりも厚くなりやすい。そこで作成部 2 5 は、図 1 5 ( B ) に示す液滴パターンを作成する。ショット領域 2 3 内の、残膜 2 b が厚くなりやすい移動方向側に塗布する樹脂 2 の密度が、残膜 2 b が薄くなりやすい移動方向側とは反対側に塗布する樹脂 2 の密度よりも小さくなるように樹脂を塗布できる液滴パターンである。

## 【 0 0 7 5 】

図 1 3 ( B ) のように、- X 方向に順次パターンを形成していく場合は、基板ステージ 9 の移動方向側における残膜 2 b の膜厚が、当該移動方向側とは反対側の膜厚よりも薄くなりやすい。そこで作成部 2 5 は、図 1 5 ( C ) に示す液滴パターンを作成する。ショット領域 2 3 内の、残膜 2 b が薄くなりやすい移動方向側に塗布する樹脂 2 の密度が、残膜 2 b が厚くなりやすい移動方向側とは反対側に塗布する樹脂 2 の密度よりも大きくなるように樹脂を塗布できる液滴パターンである。

## 【 0 0 7 6 】

作成部 2 5 は、1 種類の原版情報に対応する液滴パターンを複数作成する。残膜傾向情報に応じて異なる液滴パターンを作成する必要があるからである。さらに、原版 7 の凹凸パターンの一部領域が基板 3 からみ出るように押印する場合があり、はみ出る部分に対応する位置には樹脂 2 を吐出しないようにできる液滴パターンも作成する必要があるからである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 7 】

図 1 6 は、第 4 実施形態にかかる原版 7 の傾き調整と、押印順序に基づき作成された液滴パターンより樹脂 2 の塗布量調整とを併用するインプリント処理の流れを示すフローチャートである。制御部 1 7 が当該フローチャートのプログラムを実行する。

## 【 0 0 7 8 】

原版 7 が搭載されたら、まず、制御部 1 7 はその原版パターンの情報と押印順序の情報を取得する ( S 2 0 )。押印順序を考慮し、各ショット領域 2 0 においてどのように残膜 2 b が形成されやすいのか残膜傾向情報を求める ( S 1 2 0 )。原版ステージ 6 が原版 7 の傾きを調整することにより、膜厚分布が低減する分を差し引いて、作成部 2 5 は前述の作成工程 5 0 にしたがひ、液滴パターンを作成する ( 2 2 0 )。ここで作成される液滴パターンは、移動方向側とその反対側とで供給量の密度に差がでるような液滴パターンである。

10

## 【 0 0 7 9 】

制御部 1 7 は、押印対象となるショット領域 2 0 に適した液滴パターンを、ディスペンサ 1 5 に設定する ( S 3 2 0 )。さらに押印対象となるショット領域 2 0 に適した方向、すなわち残膜 2 b の膜厚分布を低減する方向に原版 7 の傾きを調整する。S 5 2 0 ~ S 9 2 0 の工程は図 7 の S 4 0 0 ~ S 8 0 0 と、S 1 1 2 0 の工程は図 7 の S 1 0 0 0 と同様の工程のため説明を省略する。

## 【 0 0 8 0 】

制御部 1 7 が、1 つのショット領域 2 0 にパターンを形成し、S 9 2 0 において全ショット領域 2 0 へのインプリント処理が終了していないと判断した場合は、次に押印対象となるショット領域 2 0 において、残膜傾向情報が変わるかどうかを判断する ( S 1 0 2 0 )。残膜傾向情報が変わる ( Y E S ) と判断した場合は、S 3 2 0 に戻り液滴パターンを再設定する。さらに、変更後の残膜傾向情報に合わせて、原版ステージ 6 は原版 7 の傾き調整をする ( S 4 2 0 )。残膜傾向情報が変わらない場合は、S 4 2 0 に戻り、同じ液滴パターン、同じ原版 7 の傾き量で、インプリント処理を実行する。

20

## 【 0 0 8 1 】

以上が本実施形態のインプリント処理の流れの説明である。原版 7 の傾き調整と、押印順序に基づき作成された液滴パターンより樹脂 2 の塗布量調整とを併用することによって、残膜 2 b の膜厚分布を低減できる実施形態である。原版 7 の傾き調整をしても、なお、無視できない残膜 2 b の膜厚分布を低減することができる。また、液滴パターンにおける塗布量密度を変更することにより、原版 7 を傾けて押印しても押印対象のショット領域 2 3 内において、残膜 2 b が局所的に厚くなってしまう場合において、残膜 2 b が均一になるように残膜 2 b の膜厚分布を低減できる。

30

## 【 0 0 8 2 】

## [ 第 6 実施形態 ]

第 6 実施形態では、基板ステージ 9 の移動が水平面に沿って移動するときの速さに関する情報にも基づいて、原版ステージ 6 が原版 7 の傾きを調整する実施形態である。基板ステージ 9 の速さに関する情報とは、基板ステージ 9 の速度の大きさあるいは加速度等の大きさを示す情報である。

40

## 【 0 0 8 3 】

本実施形態を第 1 実施形態に適用することにより、押印位置における基板ステージ 9 の傾きが、速さに関する情報に応じて変化する場合にも、形成される残膜 2 b の膜厚分布を所望の範囲まで低減することができる。

## 【 0 0 8 4 】

また、本実施形態を第 4 実施形態に適用することにより、押印順序による残膜 2 b の膜厚分布が基板ステージ 9 の速さに関する情報に基づいて変化する場合にも、形成される残膜 2 b の膜厚分布を所望の範囲まで低減することができる。

## 【 0 0 8 5 】

## [ その他の実施形態 ]

50

以下、その他の実施形態について説明する。第１～第６実施形態は、適宜組み合わせてもよい。本発明に係るインプリント装置が、ディスペンサ１５を複数備えていてもよい。ディスペンサ１５が複数ある場合は、押印対象となるショット領域２０に対して樹脂２を塗布したディスペンサ１５と対向する位置から、押印位置へ向かう方向が移動方向となる。

【００８６】

基板３におけるショット領域２３の位置に応じて使用するディスペンサ１５が異なり、残膜傾向情報の種類が増える場合であっても、ショット領域２０内の残膜２ｂの膜厚分布、及びショット領域２０間の残膜２ｂの膜厚分布を低減することができる。

【００８７】

移動方向は、押印対象となるショット領域２０の基板上での位置、ディスペンサ１５の位置、押印位置によって定まるものである。押印順序は図４に示したものに限られない。ランダムな押印順序、千鳥格子模様となる押印順序などでもよい。制御部１７、格納部１９は、前述のそれぞれの機能を有しているのであれば、一つの制御基板上に設けられていても、別個の制御基板上に設けられていてもよい。

【００８８】

第１～第６実施形態では、紫外光４を照射することで光硬化性の樹脂２を硬化させる光インプリント法を説明したが、これに限るものではない。インプリント材として、光を含む各種電磁放射線により硬化する樹脂を用いたインプリント法であっても、加熱により硬化する樹脂を用いた熱インプリント法であってもよい。

【００８９】

[ 物品の製造方法 ]

本発明の実施形態にかかる物品（半導体集積回路素子、液晶表示素子、撮像素子、磁気ヘッド、ＣＤ－ＲＷ、光学素子、フォトマスク等）の製造方法は、インプリント装置１を用いて基板（単結晶シリコンウエハ、ＳＯＩ（Silicon on Insulator）、ガラス板等）３上にパターンを形成する工程と、当該パターンが形成された基板３に対してエッチング処理及びイオン注入処理の少なくともいずれか一方の処理を施す工程とを含む。さらに、他の周知の処理工程（酸化、成膜、蒸着、平坦化、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等）を含んでもよい。

【００９０】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

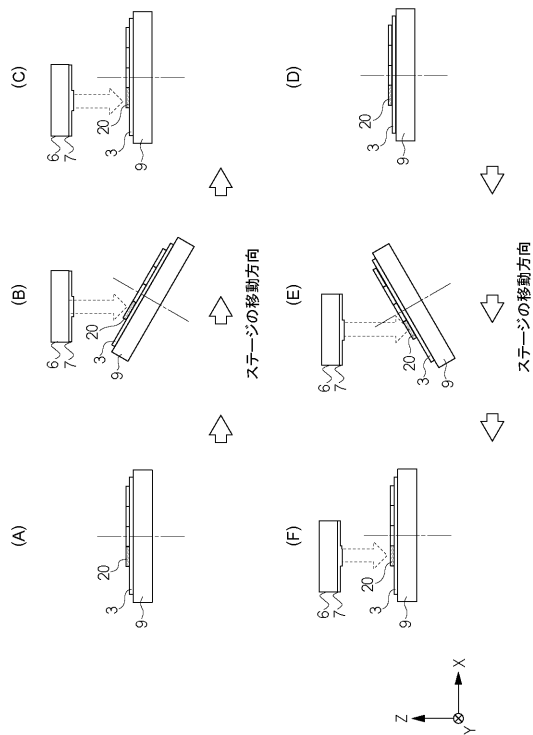
【符号の説明】

【００９１】

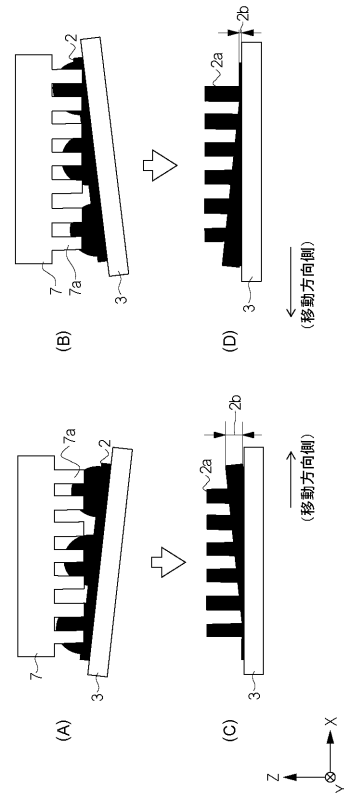
- １ インプリント装置
- ３ 樹脂（インプリント材）
- ６ 原版ステージ６（調整手段）
- ８ 原版（型）
- ９ 基板ステージ（移動手段）
- １０ 基板
- ２０ ショット領域（（複数の）領域）
- ２３ ショット領域（第２領域）
- ２４ ショット領域（第１領域）



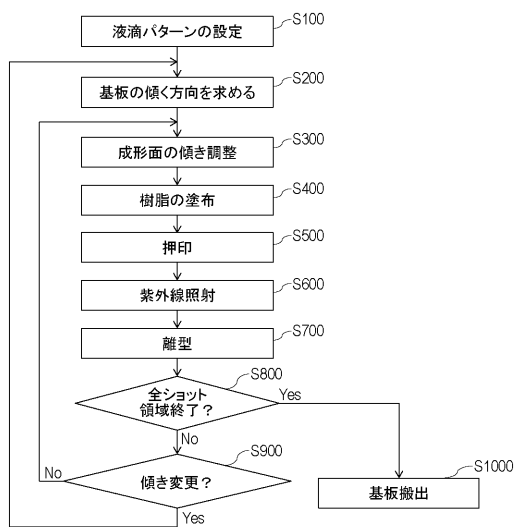
【図 5】



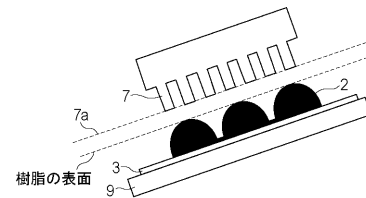
【図 6】



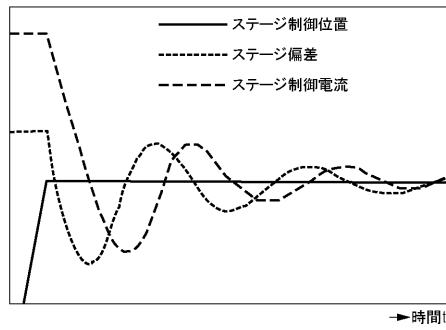
【図 7】



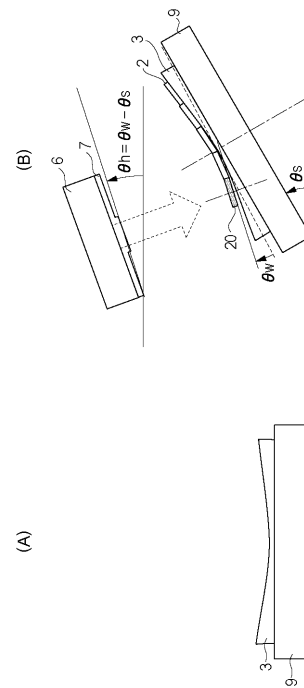
【図 8】



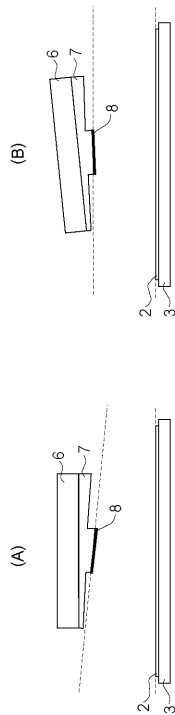
【図 9】



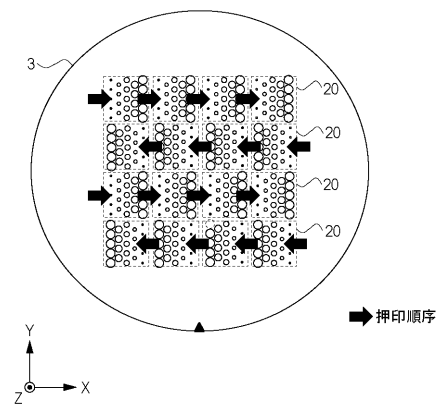
【図 10】



【図 11】

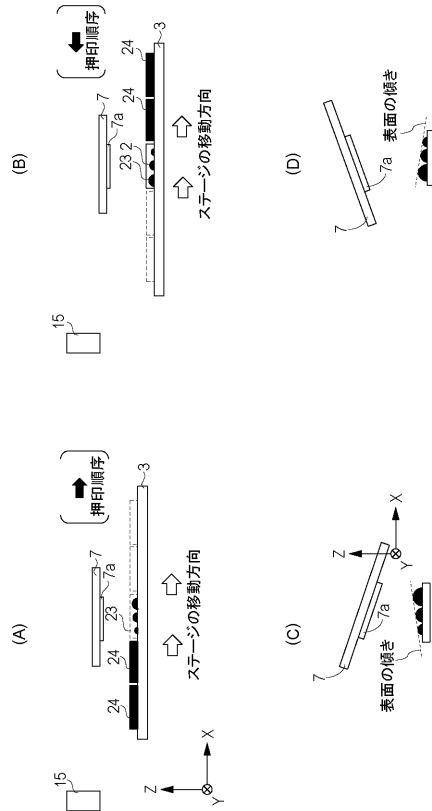


【図 12】

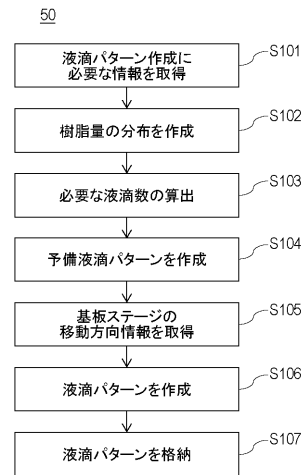




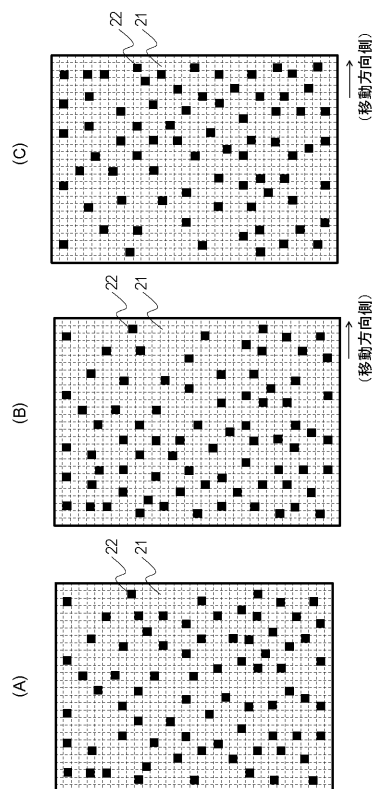
【図 13】



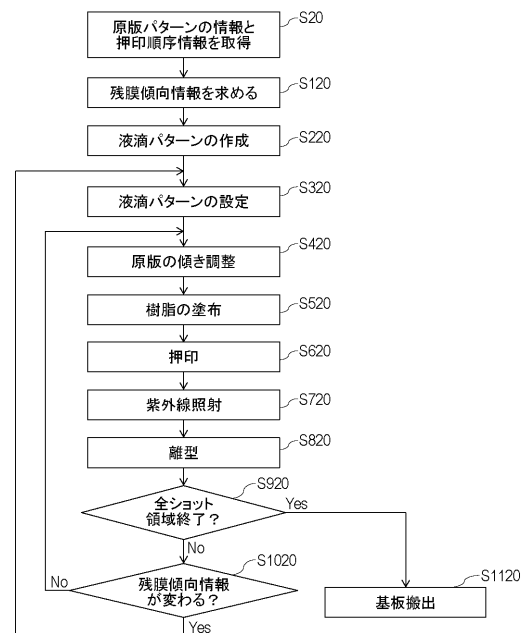
【図 14】



【図 15】



【図 16】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 藤本 正敬  
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 山口 裕充  
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 田口 孝明

- (56)参考文献 特開2009-043998(JP,A)  
特開2014-064022(JP,A)  
特開2010-283207(JP,A)  
特開2013-219230(JP,A)  
特開2013-131577(JP,A)  
特開2005-101201(JP,A)  
特開2003-077867(JP,A)  
米国特許出願公開第2015/0001751(US,A1)  
特開平11-340125(JP,A)  
特開平11-026365(JP,A)  
韓国登録特許第10-1238628(KR,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC H01L 21/30、  
21/027、  
21/46、  
G03F 7/20-7/24、  
9/00-9/02、  
B29C 53/00-53/84、  
57/00-59/18