

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-29070

(P2015-29070A)

(43) 公開日 平成27年2月12日(2015.2.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30	4F209
B29C 59/02 (2006.01)	B29C 59/02	5F146
	H01L 21/30	502A

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-111668 (P2014-111668)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成26年5月29日 (2014.5.29)	(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康徳
(31) 優先権主張番号	特願2013-139260 (P2013-139260)	(74) 代理人	100112508 弁理士 高柳 司郎
(32) 優先日	平成25年7月2日 (2013.7.2)	(74) 代理人	100115071 弁理士 大塚 康弘
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100116894 弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409 弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

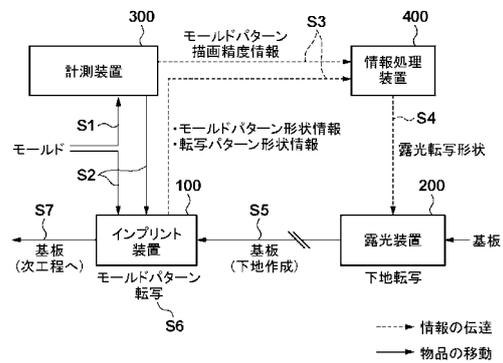
(54) 【発明の名称】 パターン形成方法、リソグラフィ装置、リソグラフィシステムおよび物品製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 下地層との重ね合わせ精度を向上する。

【解決手段】 ショット領域ごとに第1のパターンを形成して第1のショット配列を画定する第1工程と、インプリント処理を第1のショット配列における1以上のショット領域ごとに行うことによって第1のパターンの上のインプリント材に第2のパターンを形成して第2のショット配列を画定する第2工程と、を含む。第2工程では、モールドを変形させることによってモールドに形成された第2のパターンを補正することによって、第1のショット配列との重ね合わせ誤差を低減して第2のショット配列を画定し、第1工程では、モールドを変形させることによってモールドに形成された第2のパターンを補正して第2工程を行った場合に基板上に画定されうる推定上の第2のショット配列の情報に基づいて、第1のショット配列と第2のショット配列との重ね合わせ誤差が許容範囲内となるように第1のパターンを形成する。

【選択図】 図10



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板上にパターンを形成するパターン形成方法であって、

基板上のショット領域ごとに第 1 のパターンを形成して第 1 のショット配列を画定する第 1 工程と、

基板上のインプリント材とモールドとを接触させた状態で前記インプリント材を硬化させるインプリント処理を前記第 1 工程で画定された第 1 のショット配列における 1 以上のショット領域ごとに行うことによって前記第 1 のパターンの上のインプリント材に第 2 のパターンを形成して第 2 のショット配列を画定する第 2 工程と、

を含み、

前記第 2 工程では、前記モールドを変形させることによって前記モールドに形成された第 2 のパターンを補正することによって、前記第 1 のショット配列との重ね合わせ誤差を低減して前記第 2 のショット配列を画定し、

前記第 1 工程では、前記モールドを変形させることによって前記モールドに形成された第 2 のパターンを補正して前記第 2 工程を行った場合に基板上に画定されうる推定上の前記第 2 のショット配列の情報に基づいて、前記第 1 のショット配列と前記第 2 のショット配列との重ね合わせ誤差が許容範囲内となるように前記第 1 のパターンを形成する、ことを特徴とするパターン形成方法。

10

【請求項 2】

前記第 2 工程で、前記第 1 工程で画定された第 1 のショット配列における複数のショット領域に前記インプリント処理を同時に行う、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパターン形成方法。

20

【請求項 3】

前記第 1 工程は、マスクのパターンを投影光学系を介して基板に投影して前記基板を露光する投影露光装置を用いて行われる、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のパターン形成方法。

【請求項 4】

前記第 1 工程で、前記投影光学系を構成する光学素子または前記マスクの位置または姿勢を調整することによって、前記第 1 のショット配列と前記第 2 のショット配列との重ね合わせ誤差が許容範囲内となるように前記第 1 のパターンを形成する、ことを特徴とする請求項 3 に記載のパターン形成方法。

30

【請求項 5】

前記第 2 のショット配列の情報は、前記インプリント処理に使用されるモールドとインプリント装置との識別データをさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 6】

前記第 2 のショット配列の情報は、前記インプリント処理がなされるショット領域の位置のデータをさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 7】

前記第 2 のショット配列は、前記インプリント処理に使用されるモールドの形状の計測結果に基づく、ことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

40

【請求項 8】

前記第 2 のショット配列は、前記インプリント処理に使用されるインプリント装置に搭載されたモールドの形状の計測結果に基づく、ことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 9】

前記第 2 のショット配列は、前記インプリント処理によって前記第 2 のパターンを形成して画定された前記第 2 のショット配列の計測結果に基づく、ことを特徴とする請求項 1

50

ないし 6 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 10】

前記第 2 のショット配列は、前記インプリント処理に使用されるインプリント装置に備えられた検出器による計測結果に基づき、ことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のパターン形成方法。

【請求項 11】

前記第 2 のショット配列の情報は、先にパターンを形成した基板における前記第 1 のショット配列と前記第 2 のショット配列との差分の計測結果を含む、ことを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 12】

基板上のショット領域ごとに第 1 のパターンを形成するリソグラフィ装置であって、
 基板上のインプリント材とモールドとを接触させた状態で前記インプリント材を硬化させるインプリント処理を前記第 1 のパターン上の 1 以上のショット領域ごとに行うことにより第 2 のパターンを形成し、第 2 のパターンを形成するインプリント処理を行うことにより形成される推定上の第 2 のショット配列の情報を取得する取得部と、
 前記取得部で取得した第 2 のショット配列の情報に基づいて、第 1 のパターンを形成して第 1 のショット配列を画定し、画定されたショット配列となるように第 1 のパターンを形成する制御部と、

を備え、

前記第 2 のショット配列の情報は、前記モールドを変形させることによって前記モールドに形成された第 2 のパターンを補正して、第 2 のパターンを形成するインプリント処理を行うことによって前記基板上に画定される推定上の配列の情報である、ことを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 13】

前記第 2 のショット配列の情報は、モールドに形成されたパターン形状を含む、ことを特徴とする、請求項 12 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 14】

基板上にパターンを形成するリソグラフィシステムであって、
 基板上のショット領域ごとに第 1 のパターンを形成して第 1 のショット配列を画定するリソグラフィ装置と、
 樹脂にモールドを接触させながら前記樹脂を硬化させるインプリント処理を前記画定された第 1 のショット配列における 1 以上のショット領域ごとに行うことにより前記第 1 のパターン上の樹脂に第 2 のパターンを形成して第 2 のショット配列を画定するインプリント装置と、

を備え、

前記リソグラフィ装置は、前記インプリント処理を行った場合に基板上に画定される推定上の前記第 2 のショット配列の情報に基づいて、前記第 1 のショット配列と前記第 2 のショット配列との重ね合わせ誤差が許容範囲内となるように前記第 1 のパターンを形成し、

前記第 2 のショット配列の情報は、前記モールドを変形させることによって前記モールドに形成された第 2 のパターンを補正して、第 2 のパターンを形成するインプリント処理を行うことにより前記基板上に画定される推定上の配列の情報である、ことを特徴とするリソグラフィシステム。

【請求項 15】

リソグラフィシステムを用いて基板上にパターンを形成すること、
 前記パターンが形成された前記基板を加工することと、
 を含む、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】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、パターン形成方法、リソグラフィ装置、リソグラフィシステムおよび物品製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

インプリント技術は、ナノスケールの微細パターンの転写を可能にする技術であり、磁気記憶媒体や半導体デバイスの量産向けナノリソグラフィ技術の1つとして実用化されつつある。インプリント技術では、電子線描画装置等を用いて微細パターンが形成されたモールドを原版としてシリコン基板やガラスプレート等の基板上に微細パターンを形成する。この微細パターンは、基板の上に樹脂を塗布し、その樹脂を介して基板にモールドのパターンを押し付けた状態で紫外線を照射することで上記樹脂を硬化した後、硬化した樹脂からモールドを引き離すことによって形成される。このようなインプリント技術は、例えば、特許文献1に開示されている。

10

【0003】

完成したデバイスの性能を出すため、モールドのパターンが基板上的パターンへ高精度で所定の位置へ転写される必要がある。その際には、モールドに形成されたパターン形状を基板上的パターン形状に合わせることが一般的である。そこで、例えば、モールドを周辺から押し引きしてモールドのパターン形状を補正する補正機構を備えるインプリント装置が、特許文献2で提案されている。

【0004】

また、特許文献3で異なった転写方法の露光装置間において各投影光学系で発生する収差の補正方法が提案されている。特許文献3記載の方法は、それぞれの露光装置の投影光学系で補正しやすい形状に投影光学系を調整して形状を合わせ込んで補正する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-098310号公報

【特許文献2】特表2008-504141号公報

【特許文献3】国際公開第99/36949号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

しかし、インプリント装置では、モールドの補正機構によってモールドのパターン形状を大きく補正することは難しい。また、インプリント装置で行える補正方法が限られていることに加え、樹脂とモールドの接触、樹脂の充填、光照射、樹脂の硬化、離型という一連のインプリント工程時において、モールドが変形する恐れがある。特に、複数のショット領域や基板全面のショット領域に一括してインプリント処理を行う際には、ショット領域毎に形成されるパターンの形状が異なるため、特許文献2、3記載の方法では補正が難しく、重ね合わせ精度の劣化が見込まれる。

【0007】

そこで、本発明は、下地層との重ね合わせ精度を向上するインプリント処理を含むパターン形成方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

発明の一つの側面は、基板の上にパターンを形成する方法であって、基板上的ショット領域ごとに第1のパターンを形成して第1のショット配列を画定する第1工程と、基板上的インプリント材とモールドとを接触させた状態で前記インプリント材を硬化させるインプリント処理を前記第1工程で画定された第1のショット配列における1以上のショット領域ごとに行うことによって前記第1のパターンの上のインプリント材に第2のパターンを形成して第2のショット配列を画定する第2工程と、を含み、前記第2工程では、前記モールドを変形させることによって前記モールドに形成された第2のパターンを補正するこ

50

とによって、前記第1のショット配列との重ね合わせ誤差を低減して前記第2のショット配列を画定し、前記第1工程では、前記モールドを変形させることによって前記モールドに形成された第2のパターンを補正して前記第2工程を行った場合に基板上に画定される推定上の前記第2のショット配列の情報に基づいて、前記第1のショット配列と前記第2のショット配列との重ね合わせ誤差が許容範囲内となるように前記第1のパターンを形成する、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、下地層との重ね合わせ精度を向上するインプリント処理を含むパターン形成方法を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】インプリント装置を示した図。

【図2】インプリント装置のモールドの補正機構を示した図。

【図3】モールド側マーク及び基板側マークの配置を示した図。

【図4】モールドと基板との間のパターン形状の差を示した図。

【図5】インプリント処理を示した図。

【図6】モールドの転写領域と基板端との関係を示した図。

【図7】露光装置を示した図。

【図8】露光装置による転写形状の補正の様子を示した図。

20

【図9】複数のショット領域を同時にインプリントする際の転写パターン情報の管理方法を示した図。

【図10】リソグラフィシステムとパターン形成方法と示した図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、本発明に係るパターン形成方法の実施形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。図1は、本実施形態で使用するインプリント装置100の構成を示す図である。インプリント装置100は、樹脂（インプリント材）に型（モールド）を接触させながら樹脂を硬化させるインプリント処理を行うことで基板上の樹脂にパターンを形成する。本実施形態では、樹脂の硬化法として紫外線の照射によって樹脂を硬化させる光硬化法を採用する。

30

【0012】

インプリント装置100は、モールド11を保持するモールド保持部12と、基板（ウエハ）13を保持する基板保持部14と、検出器（アライメントスコープ）15と、モールド11の形状を補正する補正機構16と、制御部とを有する。また、インプリント装置100は、基板上に紫外線硬化型の樹脂を供給するための樹脂供給部（ディスプレイ）、モールド保持部12を保持するためのブリッジ定盤、基板保持部14を保持するためのベース定盤なども有する。

【0013】

40

モールド11は、基板上の樹脂に転写すべきパターンが3次元形状に形成されたパターン面11aを有する。モールド11は、基板上の樹脂を硬化させるための紫外線を透過する材料、例えば、石英で構成される。モールド11のパターン面11aには、モールド側マーク18が形成されている。モールド保持部12は、モールド11を保持する保持機構であって、モールド11を真空吸着又は静電吸着するモールドチャック、モールドチャックを載置するモールドステージ、モールドステージを駆動する駆動系などを含む。モールドステージの駆動系は、モールドステージ、ひいてはモールド11を少なくともZ軸方向（樹脂に対するモールド11の押印方向）に駆動する。また、モールドステージの駆動系は、Z軸方向だけではなく、X軸方向、Y軸方向及び（Z軸周りの回転）方向にモールドステージを駆動する機能を備えていてもよい。

50

【 0 0 1 4 】

基板（ウエハ）13は、モールド11のパターンが転写される基板であって、例えば、単結晶シリコン基板やSOI（Silicon on Insulator）基板などを含む。基板13には、樹脂が供給（塗布）される。また、基板上の複数のショット領域のそれぞれには、基板側マーク19が形成されている。基板保持部14は、基板13を保持する保持機構であって、基板13を真空吸着又は静電吸着する基板チャック、基板チャックを載置する基板ステージ、基板ステージを駆動する駆動系などを含む。基板ステージの駆動系は、基板ステージひいては基板13を少なくともX軸方向及びY軸方向（モールド11の押印方向に直交する方向）に駆動する。また、基板ステージの駆動系は、X軸方向及びY軸方向だけではなく、Z軸方向及び（Z軸周りの回転）方向に基板ステージを駆動する機能を備えていてもよい。

10

【 0 0 1 5 】

検出器15は、モールド11に形成されたモールド側マーク18と、基板13の上の複数のショット領域のそれぞれに形成された基板側マーク19とを光学的に検出（観察）するスコープで構成されている。検出器15は、モールド側マーク18と基板側マーク19との相対的な位置関係を検出することができればよい。したがって、検出器15は、モールド側マーク18と基板側マーク19との2つのマークを同時に撮像するための光学系を備えたスコープで構成してもよいし、2つのマークの干渉信号やモアレなどの相対位置関係を反映した信号を検出するスコープで構成してもよい。検出器15は、モールド側マーク18と基板側マーク19とを同時に検出できなくてもよい。例えば、検出器15は、内部に配置された基準位置に対するモールド側マーク18及び基板側マーク19のそれぞれの位置を求めることで、モールド側マーク18と基板側マーク19との相対的な位置関係を検出してよい。

20

【 0 0 1 6 】

補正機構16は、モールド11に対して、パターン面11aに平行な方向に力を付与してパターン面11aの形状を変形させる。例えば、補正機構16は、図2に示すように、パターン面11aの側面を吸着する吸着部16aと、パターン面11aの側面に向かう方向及びパターン面11aの側面から遠ざかる方向に吸着部16aを駆動するアクチュエータ16bとで構成される。但し、補正機構16は、モールド11に熱を付与してモールド11の温度を制御することでパターン面11aを変形させてもよい。

30

【 0 0 1 7 】

制御部は、CPUやメモリなどを含み、インプリント装置100の各部を制御する。制御部は、インプリント処理及びそれに関連する処理を制御する。例えば、制御部は、インプリント処理を行う際に、検出器15の検出結果に基づいて、モールド11と基板13との位置決めを行う。また、制御部は、インプリント処理を行う際に、補正機構16によるモールド11のパターン面11aの変形量を制御する。

【 0 0 1 8 】

図3を参照して、モールド11と基板13との位置決めに用いられるモールド側マーク18及び基板側マーク19について説明する。本実施形態では、基板13の上の1つのショット領域に6つのチップ領域が配置されているものとする。図3(a)は、モールド11のパターン面11aの4隅に形成されたモールド側マーク18a~18hを示している。例えば、横方向に長手方向を有するモールド側マーク18a, 18b, 18e, 18fは、X軸方向に計測方向を有するマークである。縦方向に長手方向を有するモールド側マーク18c, 18d, 18g, 18hは、Y軸方向に計測方向を有するマークである。また、図3(a)において、点線で囲まれた領域は、6つのチップ領域のそれぞれに転写すべきパターンが形成されたパターン域を示している。

40

【 0 0 1 9 】

図3(b)は、基板13の上の1つのショット領域13aの4隅に形成された基板側マーク19a~19hを示している。例えば、横方向に長手方向を有する基板側マーク19a, 19b, 19e, 19fは、X軸方向に計測方向を有するマークである。また、縦方向に長

50

手方向を有する基板側マーク 19 c, 19 d, 19 g, 19 h は、Y 軸方向に計測方向を有するマークである。また、図 3 (b) において、ショット領域 13 a の内側の実線で囲まれた領域は、チップ領域を示している。

【 0 0 2 0 】

インプリント処理を行う際、即ち、モールド 11 と基板 13 の上の樹脂とを接触させる際には、モールド側マーク 18 a ~ 18 h のそれぞれと基板側マーク 19 b ~ 19 h のそれぞれとが互いに近傍に位置することになる。したがって、検出器 15 によってモールド側マーク 18 と基板側マーク 19 とを検出することで、モールド 11 のパターン面 11 a の形状及び位置と基板 13 の上のショット領域 13 a の形状及び位置とを比較することができる。モールド 11 のパターン面 11 a の形状及び位置と基板 13 の上のショット領域 13 a の形状及び位置との間に大きな差（ずれ）が生じると、重ね合わせ誤差が許容範囲を超え、パターンの転写不良（製品不良）を招いてしまう。

10

【 0 0 2 1 】

図 4 (a) 乃至図 4 (e) は、モールド 11 のパターン面 11 a の形状及び位置と基板 13 の上のショット領域 13 a の形状及び位置との間に生じるずれ（第 2 のショット配列）を示す図である。モールド 11 とショット領域 13 a とのずれには、シフト、倍率ずれ、回転などが含まれる。基板側マーク 19 に対するモールド側マーク 18 の位置ずれ量を検出することで、ずれが、シフト、倍率ずれ及び回転のどれであるのかを推定することができる。

20

【 0 0 2 2 】

図 4 (a) は、モールド 11 とショット領域 13 a とのずれがシフトである場合を示している。モールド側マーク 18 が基板側マーク 19 から一方向にずれていることを検出した場合、モールド 11 とショット領域 13 a とのずれがシフトであると推定することができる。図 4 (b) は、モールド 11 とショット領域 13 a とのずれが倍率ずれである場合を示している。モールド側マーク 18 がショット領域 13 a の中心に対して一様に外部又は内部に向かってずれていることを検出した場合、ずれが倍率ずれであると推定することができる。図 4 (c) は、モールド 11 とショット領域 13 a とのずれが台形ずれである場合を示している。モールド側マーク 18 がショット領域 13 a の中心に対して外部又は内部に向かってずれ、その方向がショット領域 13 a の上下又は左右で異なっていることを検出した場合、ずれが台形ずれであると推定することができる。また、モールド側マーク 18 がショット領域 13 a の中心に対して外部又は内部に向かってずれ、ずれ量がショット領域 13 a の上下又は左右で異なっていることを検出した場合、ずれが台形ずれであると推定することができる。

30

【 0 0 2 3 】

図 4 (d) は、モールド 11 とショット領域 13 a とのずれがねじれである場合を示している。モールド側マーク 18 のずれる方向がショット領域 13 a の上下又は左右で異なっていることを検出した場合、ずれがねじれであると推定することができる。図 4 (e) は、モールド 11 とショット領域 13 a とのずれが回転である場合を示している。図 4 (d) におけるモールド側マーク 18 のずれる方向がショット領域 13 a の上下左右で異なり、ショット領域内のある点を中心として円を描くようにずれている場合、ずれが回転であると推定することができる。

40

【 0 0 2 4 】

図 4 (b) 乃至図 4 (e) に示したように、モールド 11 とショット領域 13 a とのずれが倍率ずれ、台形ずれ、ねじれ、回転などである場合、制御部は、補正機構 16 によって、モールド 11 のパターン面 11 a の形状を変形させる。具体的には、制御部は、パターン面 11 a の形状がショット領域 13 a の形状となるように、補正機構 16 によるパターン面 11 a の変形量を制御する。制御部は、アクチュエータ 16 b の駆動量（即ち、モールド 11 に付与する力）とパターン面 11 a の変形量との対応関係を表すデータを予め取得してメモリなどに格納する。また、制御部は、検出器 15 の検出結果に基づいて、パターン面 11 a の形状をショット領域 13 a の形状に一致させるために必要となるパター

50

ン面 1 1 a の変形量を算出する。換言すれば、制御部は、検出器 1 5 によって検出されたモールド側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 との位置ずれ量からパターン面 1 1 a を変形させる度合いを算出する。そして、制御部は、メモリに格納したデータから、算出したパターン面 1 1 a の変形量に対応するアクチュエータ 1 6 b の駆動量を求め、アクチュエータ 1 6 b を駆動する。以上のように、モールド 1 1 とショット領域 1 3 a の位置合わせや形状補正を行い、基板上にモールドのパターンを転写する。

【 0 0 2 5 】

インプリント処理によってモールド 1 1 のパターンが基板上的樹脂に転写される様子を、図 5 を用いて説明する。図 5 (a) に示すように、押印を開始するまでに樹脂 2 0 が基板上的インプリント対象領域に塗布される。一般的に使用されているインプリント用の樹脂は、揮発性が高いためインプリント処理の直前に塗布される。揮発性が低いのであれば、樹脂は、スピンコートなどを用いて事前に塗布されていても良い。上述したように、制御部は、検出器 1 5 によりモールド側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 の相対位置を計測し、2 つのマーク 1 8 , 1 9 の位置合わせ並びにモールド 1 1 の形状補正を行う。モールド 1 1 には、位置合わせ用のモールド側マーク 1 8 のほかに素子のパターンを刻んだパターン面 1 1 a が構成されている。

10

【 0 0 2 6 】

次に図 5 (b) に示すように、制御部は、モールド 1 1 を樹脂 2 0 に接触させモールド 1 1 のパターン部 (凹凸構造) へ樹脂 2 0 を充填させる。この際、樹脂 2 0 は可視光を透過するため、基板側マーク 1 9 は計測可能である。また、モールド 1 1 は樹脂 2 0 を紫外光で硬化させるため、石英など透明な基板を用いる。そのため、モールド 1 1 と樹脂 2 0 との屈折率差が小さく凹凸構造だけでは、モールド側マーク 1 8 を計測できなくなる場合がある。そこで、モールド側マーク 1 8 にはモールド 1 1 と異なる屈折率や透過率の物質を塗布したり、イオン照射などによりマーク部の屈折率を変えたりする手法が提案されている。これらの手法を用いることで、図 5 (b) の状態においても、検出器 1 5 はモールド側マーク 1 8 を計測することが可能である。

20

【 0 0 2 7 】

図 5 (c) は、樹脂 2 0 へ紫外光を照射して硬化させ、その後モールド 1 1 を基板 1 3 から引きはがした状態を示している。紫外光の照射によって、モールド 1 1 のパターンが基板 1 3 に転写されるが、同時にモールド側マーク 1 8 も基板 1 3 に転写され、基板 1 3 の上に転写マーク 2 1 が生成されている。転写マーク 2 1 は基板上に転写されたパターンであり、これと基板側マーク 1 9 との相対位置の計測を行うことで両者の重ね合わせ検査を行うことができる。

30

【 0 0 2 8 】

インプリント装置 1 0 0 で用いるモールド 1 1 は、所定のモールドの線幅に対して等倍で描画する必要がある。また、インプリント処理を繰り返すとモールド 1 1 は樹脂と多くの回数接触し、引きはがされることによるダメージが蓄積され、パターンの破損などが発生する。電子線描画装置などによる直接描画では、費用が莫大となり生産コストが大幅に増加するため、マスターモールドを作成しそれを転写してレプリカモールドを作成することが提案されている。この場合、転写時のパターン歪やねじれ等がどうしても発生してしまう。また、生産性向上のため複数のショット領域に同時にインプリントする手法や基板全面に一括してパターンを転写する方式が提案されているが、パターン面の面積が増加すると更に大きなパターン歪やねじれ等パターン形状の劣化が発生する。また、広い面積のモールドを転写するため、保持や転写による形状変化も発生する。

40

【 0 0 2 9 】

モールド補正機構は、前述したように石英などで構成されたモールドを周辺から力を加えることで、変形させパターン形状を補正する手法である。このため、前記したような倍率ずれ、台形ずれ、ねじれ、回転などといった形状でも補正できる量は限られている。補正のため、あまり大きな力を加えると、モールド自体が破損する可能性がある。また、より大きな面積を持ったモールドの場合、周辺からの圧力による変形では、中心付近まで変

50

形させることが難しいことが分かっている。

【0030】

また、後段で述べるが図9に示すようなモールドパターン内でのチップやショットの配列はモールド周辺からの圧力では補正することが難しい。したがって、これらをモールドの補正機構16のみで全て補正するのは不可能である。

【0031】

そこで、本願の発明者は、例えば投影露光装置で下地のパターン(第1のパターン)を形成する際に、後段で使用するインプリント装置100で形成されるパターン(第2のパターン)の形状に合わせたパターン形状に補正することを提案する。モールド11のパターン面11aに形成されたパターンの形状の計測方法について、以下に述べる。インプリント処理によって基板13に転写されたパターンに対してモールド11に構成されたパターンの形状性能の影響が大きい場合には、モールド11のパターンの形状を予め高精度に計測しておき、そのモールド11を使用する際の補正量として用いる。

10

【0032】

モールド11がモールド保持部12に保持されることによる形状変化が、モールド11の転写パターンの形状に大きな影響を及ぼす場合には、モールド11をインプリント装置100に取り付けた状態でモールド11のパターンの形状を計測する必要がある。図1に記載のように、使用するモールド11をモールド保持部12に保持させる。モールド11がモールド保持部12に保持されることによりモールド11へ力が加わり、モールド11が変形する。モールド11上に構成されたパターンの基準との形状差を計測することで、変形されたモールド11のパターンの形状を計測する。基準としては、基準基板や基板ステージ上に構成された基準マーク22を用いる。基準基板は、検査用に作成された基板であり、その構成パターンは事前にインプリント装置外の計測装置などで高精度に計測され管理されている。基準マーク22は、電子線描画装置などを用いてパターンを構成したものであり、こちらパターンは高精度に管理されている。

20

【0033】

図4に示した手法を用いて、上述した基準とモールド11に構成されたマークとの相対位置関係を計測することで、モールド11のパターンの形状を計測することができる。なお、図4では、モールド11に構成された8つのマークを計測しているが、パターン領域が広い場合やより高精度で計測する必要がある場合には、より多くの点数で計測するほうがよい。

30

【0034】

モールド11を装置内で保持してインプリント処理を行うときのモールド11の形状変化が、転写パターンの形状に大きな影響を及ぼす場合には、実際にインプリント装置でインプリント処理を行った結果を反映させる必要がある。

【0035】

図5に示すように、モールド11のパターンを転写するとモールド側マーク18やパターンが基板上に転写される。この転写されたパターンの形状を計測することで、インプリント処理におけるモールド11の形状変化による転写パターンの形状を求めることができる。さらに、基板面内の場所によって転写時の挙動が変わることがある。例えば、基板13の中心付近にインプリントする際と、基板13の周辺部にインプリントする際とでは、基板13の保持状態などが変化するため転写パターンの形状が変わることがありうる。特に、図6に示すようにモールド11のパターン面11aが基板13のエッジにかかる場合には、その挙動が他の場合と異なる可能性が高い。図6では、6つチップを1つのショット領域として転写するが、そのうちの3チップ分しか基板13上に転写できない状態を示している。しかし、生産性の観点から1つのチップでも転写できるのであれば、インプリント処理を行うべきである。この場合、ショット領域の全面にインプリント処理する場合に比べ、転写工程の挙動が変わる可能性が高い。そのため、図6のように基板13のエッジを含めて転写する箇所や基板面内で転写パターン形状が変化する場合は、それぞれの場合に対してモールド11の転写パターンの形状を取得する必要がある。例えば、基板上に

40

50

図5に示す方式で転写したパターンの形状を、装置外へ取り出して計測装置により計測する。これらの手法であれば、転写されたパターンを精度良く求めることも可能であるためより正確な形状を求めることが可能である。

【0036】

また、モールド11のパターンを前述したような基準基板に転写することで、転写したパターン(マーク)と基準基板に形成された下地パターンとの相対位置を計測することで、転写パターンの形状を求めることができる。この場合、例えば、インプリント装置に構成された検出器15を用いることも可能である。両者の相対位置から形状を計測する方法は、図4で示した手法を使うことができる。この手法であれば、インプリント装置外の計測装置を必要とすることが無い為、効率良く形状を計測することができるし、別途計測装置を準備する必要が無い。精度良くパターン形状を計測するため基準として事前に装置外の計測機などで高精度に計測され管理されたパターンを有する基準基板をあげたが、実際に使用する基板を用いても良い。例えばインプリント処理を開始するまえにインプリント条件を定めるために使用するいわゆるパイロットウエハなどがこれにあたる。

10

【0037】

また、実際の生産工程において、下地パターンとインプリント装置での転写パターンの差分を、投影露光装置を用いて形成する下地パターンの作成工程にフィードバックすることで、生産が進むに従いより重ね合わせ精度を向上することができる。

【0038】

上記実施形態では補正機構16のようなインプリント装置内の補正機構によってモールド11のパターンを補正していないが、インプリント装置内の補正機構によってモールド11のパターンを補正しても良い。例えば、補正機構16によって補正しない状態での転写パターンの形状を上記のように求め、求めた転写パターンの形状と下地パターンとの差分から補正機構16による補正量を差し引いた差分を、投影露光装置による補正量としても良い。これにより下地で発生するであろう製造誤差をインプリント装置側の補正機構で補正することができるため、ショット形状の合わせがさらに良くなる。

20

【0039】

逆に、補正機構16によって出来る限り補正できる項目並びに量を上記のように求め、求めた転写パターンと下地パターンとの差分を投影露光装置による補正量としても良い。つまり、インプリント装置で補正できる項目や量はインプリント装置内で補正し、それ以外の補正項目や量を下地側で補正することで、形状補正項目や補正量をモールドと下地で分散する。これにより下地ショット形状の変形量をなるべく抑えることができる。

30

【0040】

これは、一連の工程内で多数回のパターン転写をされるためショット形状の許容量は当然存在する。このため、なるべく下地のショット形状の変形量を小さく収めたい要求への解となる。

【0041】

ここで述べた計測方法では、インプリント装置とモールド11との組合せ、つまり装置間で差があるか、また形状変形に再現性があるかといった観点も必要である。例えば、モールド11の保持による変形が装置間で同様であれば、同一機種であればどの装置でインプリント処理を行おうと同じ転写パターン形状のデータを用いることができる。したがって、計測では装置間差や再現性を計測することが望ましい。

40

【0042】

装置間における変形の差は、同じモールド11を複数のインプリント装置で同様の測定をすることで求めることができる。装置間に差がみられた場合、インプリント装置とモールド11の組合せは必須の情報であり、それらの識別データを管理する必要がある。再現性は、同一のインプリント装置でモールド11の保持から計測までを複数回繰り返すことで求めることができる。計測結果にばらつきがある場合は、それらの平均形状を求め、ばらつき分はインプリント装置に構成されている補正機構16により微小な補正を行う。以上のようにして、インプリント装置で転写されるパターン形状を求めることができる。

50

【 0 0 4 3 】

上述したインプリント装置によって転写されるパターン形状に基づいて、インプリント装置 100 によるパターンの形成の前段として投影露光装置 200 により下地パターンを形成する。投影露光装置における像歪みの発生について具体的に説明する。まず、比較的単純なステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（ステップ）における像歪みの発生について、図 7 及び図 8 に基づいて説明する。図 7 に示すように、ステップでは、両側テレセントリックな投影光学系 P O が用いられているため、構成されているレンズ素子又はマスク（レチクル）R を投影光学系 P O の光軸に平行な方向に駆動した場合、光軸に対称な成分の像変化（倍率成分）が発生する。また駆動するレンズ素子によって、例えば図 8（a）中に点線で示される正方形パターンの像を実線で示されるような形状に変化させる対称ディストーション（たる型ディストーション）を発生させることができる。投影光学系 P O としてレチクル側が非テレセントリックなものが用いられている場合には、レンズ素子を投影光学系 P O の光軸方向へ駆動することにより、倍率のみを変更することが可能である。

10

【 0 0 4 4 】

レチクル R あるいはレンズ素子を投影光学系 P O の光軸に垂直な平面に対して傾斜させた場合、図 8（b）のように、正方形のパターンを実線で示される台形状のパターンに変化させることができる。すなわち、回転軸を中心に倍率成分を変化させることで、台形状の歪みを発生させることができる。レンズ素子のみでなく、他に構成されている光学素子をも駆動可能に構成しても良い。あるいは複数枚のレンズから成るレンズ群を駆動可能に構成しても良い。どのレンズ素子の位置または姿勢を動かすと、どのパターン形状になるかは光学構成次第であるため、必要に応じて動かすレンズ素子を選択する。

20

【 0 0 4 5 】

通常、像歪みを発生させると、それに伴い像面位置（フォーカス）、コマ収差等が副次的に変化するので、それらを打ち消すようにレチクル R 2、レンズ素子を駆動する必要がある。一例として像面位置（フォーカス）、コマ収差、ディストーションの 3 つを採り上げて簡単に説明する。例えば、ディストーションのみを変化させるには、初期調整の段階で、レチクル R とレンズ素子とを独立して駆動しながら、フォーカス、コマ収差、ディストーションの 3 つの結像特性について測定を行い、上記 3 つの結像特性の変化係数を求めておく。そして、フォーカスを除く 2 つの結像特性の変化係数とレチクル R、レンズ素子の駆動量とを用いて 2 元連立 1 次方程式を立て、その式のディストーションの変化係数にのみ所定量を入れ、コマ収差の変化係数に零を入れた新たな連立方程式を立てる。そして、この式を解いて得られた駆動量に応じてレチクル R、レンズ素子を駆動すれば良い。ここで、フォーカスを除くのは、ディストーション等の他の結像特性を補正するためにレンズ等を駆動すると、それに付随してフォーカスが変動するので、フォーカスの補正は別の検出ユニットにより行う必要があるからである。フォーカスの補正は、副次的に変化したフォーカスの変動量を考慮して、不図示のフォーカス検出系の目標値を変更することによって、対応が可能である。以上のように、軸対称成分あるいは、傾斜軸に対して比例して変化する成分の補正は、静止露光型のステップでは比較的簡単に行うことができる。

30

【 0 0 4 6 】

ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置（スキャナ）では、走査露光後にパターンが形成されるので、投影光学系 P O の像形状の変更だけでは不十分であり、走査中に走査方向の像歪みは平均化されてしまうので、これを考慮しなければならない。まず、倍率の変更はステップと同様の方法で投影光学系 P O の倍率を変更するとともに、レチクル R と基板との相対走査速度（同期速度比）を変更する必要がある。投影光学系 P O の倍率変更で非走査方向の倍率を変更でき、レチクル R と基板との同期速度比を変更することで走査方向の倍率変更が可能である。従って、スキャナの主制御部では、各方向の倍率を変えることにより、図 8（c）中に点線で示される正方形のパターンが実線で示されるような長方形のパターンに変化するような像歪み（長方形成分）を発生させることが可能である。また、レチクル R と基板の走査方向の相対角度にオフセットを与えることにより、

40

50

図 8 (d) の実線で示されるような像歪み (菱形状あるいは平行四辺形状の像歪み) を発生させることが可能である。さらに、走査中のレチクル R と基板の走査方向の相対角度を徐々に変化させることにより、図 8 (e) 中に実線で示されるような像歪みを発生させることが可能である。レチクルと基板との同期速度比の変更による走査方向の倍率変更や、レチクルと基板の走査方向の相対角度にオフセットを与えることによる像歪みの発生については、特開平 6 - 3 1 0 3 9 9 号公報、特開平 7 - 5 7 9 9 1 号公報に詳細に記載されている。

【 0 0 4 7 】

このように、スキャナでは、レチクル R と基板との相対走査 (同期移動) によりレチクル R のパターン像を形成するために、走査方向と非走査方向とに独立に像歪みを発生させることが可能である。また、走査中に同期速度比、走査方向の相対角度等の条件を変えることにより、走査位置で異なる像歪みを発生させることができる。

10

【 0 0 4 8 】

以上のような手法を用いて、投影露光装置 2 0 0 を用いて、後段で使用するインプリント装置 1 0 0 の転写パターンの形状 (第 2 のショット配列) に合わせた形状 (第 1 のショット配列) の下地を作成する。一般的に、投影露光装置はショット領域ごとに露光処理を行う。しかし、インプリント工程では、転写時に樹脂がモールドの凹凸へ充填する時間がかかるため、1 以上、例えば複数のショット領域に対して同時に転写する方が効率的である。つまり、投影露光装置とインプリント装置では一度に転写するショット領域の数が異なることが考えられる。図 9 (a) に記載したように、インプリント装置で 4 つのショット領域に 1 度にパターンを形成する場合を考える。この場合、糸巻型の形状が転写領域に対して発生しているため、4 つのショット領域 A ~ D は、それぞれ異なった形状をしている。このようなインプリント処理の工程 (第 2 工程) が後段に存在する場合に前段の投影露光工程 (第 1 工程) で下地の形状を補正するためには、4 つのショット領域それぞれに対してパターンの形状を把握し、管理し、転写しなければならない。

20

【 0 0 4 9 】

また、インプリント領域全体の歪みや変形だけではなく、図 9 (b) のようにインプリント領域内に構成されたショット領域 (パターン) の相対位置も考慮する必要がある。

【 0 0 5 0 】

これらインプリント領域内のショット領域 (パターン) の位置や形状などを総称して、「マークの配列」と以下で呼ぶこととする。

30

【 0 0 5 1 】

図 9 (c) に、インプリント装置を用いて 4 つのショット領域を単位としてインプリント処理を行う例を示す。この場合、4 つのショット領域 A ~ D のショット配列の形状が異なるため、4 つのショット領域のそれぞれで重ね合わせ誤差を低減して許容範囲内となるように投影露光装置により下地のパターンを形成する必要がある。また、基板端では、4 つのショット領域の一部しか構成されない場合も起こりうるため、インプリントされるショット領域の位置と補正量を管理し、投影露光装置で転写する必要がある。基板全面に一括してインプリントする際には、全てのショット領域において形状が異なることが考えられる為、ショット領域毎に補正量を管理し、投影露光装置で転写する必要がある。

40

【 0 0 5 2 】

さらに、投影露光装置を用いて下地のパターンを形成するときに、同時にインプリントされるショット領域間の差を極力なくすようにする方が望ましい。例えば、スキャナであれば、露光時のスキャン方向によって転写性能が異なることがありうる。そこで、同時にインプリントされるショット領域に関しては、全て同一方向でスキャン露光することが望ましい。

【 0 0 5 3 】

図 1 0 を用いて、基板上にパターンを形成する本発明に係るリソグラフィシステムについて説明する。リソグラフィシステムは、計測装置 3 0 0 と情報処理装置 4 0 0 とインプリント装置 1 0 0 と投影露光装置 2 0 0 とを含む。リソグラフィシステムは、インプリン

50

ト装置 100、投影露光装置 200 に形成されたレジストパターンを現像する現像装置やエッチング装置等も含む。投影露光装置 200 は、基板上のショット領域毎に下地パターン（第 1 のパターン）を形成して第 1 のショット配列を画定する。

【0054】

インプリント装置 100 は、投影露光装置 200 を用いて画定された第 1 のショット配列における 1 以上のショット領域ごとに行うことによって下地パターン上に第 2 のパターンを形成して第 2 のショット領域を画定する。計測装置 300 は、インプリント処理を行った場合に基板上に画定されうる推定上の第 2 のショット配列を取得するための計測を行う。情報処理装置（取得部）400 は、計測装置 300 の計測結果を取得して推定上の第 2 のショット配列の情報として保持する。

10

【0055】

リソグラフィシステムが基板上にパターンを形成するとき、計測装置 300 と情報処理装置 400 とインプリント装置 100 と投影露光装置 200 との動作およびそれらの間での情報のやり取りについて、以下説明する。

（ステップ S1） モールド 11 のパターン面 11a に形成されたパターンの精度を計測するため、計測装置 300 によりパターン面 11a のパターンを計測する。これにより、パターン面 11a 自体の形状を求められる。

（ステップ S2） モールド 11 をインプリント装置で保持した状態やインプリント工程で発生するパターンの形状変化の影響が大きい場合、インプリント装置に搭載し必要な工程でのパターンの形状を計測装置 300 又はインプリント装置内のスコープにより計測する。

20

（ステップ S3） S1、S2 における計測結果は情報処理装置 400 により格納される。パターンの形状変化がモールド 11 とインプリント装置との組み合わせに依存する場合、情報処理装置 400 は、その組み合わせの情報と計測結果の情報とのセットで保持し、管理する。情報処理装置 400 は、また、基板面内や基板エッジを含んだショット領域でのパターンの変形も同様に管理する。

（ステップ S4） 情報処理装置 400 は、保持している情報に基づいて、露光処理によって形成すべき下地パターンの形状情報を投影露光装置 200 に送る。投影露光装置 200 は、情報処理装置 400 から受け取った下地パターンの形状情報に基づいて露光処理によりパターンを転写する。

30

（ステップ S5） 投影露光装置 200 により下地のパターンが転写された基板 13 は、現像やエッチング等の工程を経て、下地のパターンが形成される。

（ステップ S6） インプリント装置 100 は、下地のパターンが形成された基板 13 に対してインプリント処理を行ってパターンを基板 13 に転写する。インプリント処理を受ける基板 13 に対して、どのモールド、どのインプリント装置でインプリントした際のパターン形状と一致するかは情報処理装置 400 により管理されている。情報処理装置 400 の指示に従い、形状が一致するモールド/インプリント装置へ送り込まれ、インプリントによる転写工程に進む。

（ステップ S7） インプリント装置 100 によりパターンが転写された基板 13 は、現像やエッチング等の次工程へと送られる。

40

【0056】

以上のステップ S1～S7 を行うことにより、複数のショット領域に同時にインプリント処理を行う場合においても、モールド 11 の転写パターン形状とその下地形状とを一致させることができる。本実施形態では、下地層にパターンを転写するリソグラフィ装置として投影露光装置を使用した。しかし、下地層にパターンを転写するリソグラフィ装置として、荷電粒子線描画装置等も使用することができる。

【0057】

上記実施形態では、インプリント装置で補正機構によって形状補正を行うことができる。一例として、露光装置 200 で作成した基板には多少なりとも製造ばらつきが発生する。これがインプリント装置 100 でインプリントする際にショット形状の差分として残る

50

。この微小な形状補正をインプリント装置内の形状補正機構で行ってもよい。

【0058】

また別の例として下地側ですべて補正してもよいが、一連の工程内で多数回のパターン転写をされるためショット形状の許容量は当然存在する。このため、なるべくショット形状の変形量を小さく収めたい要求がある。この場合、インプリント装置100で補正できる量は残し、補正できない量を下地へ反映させることで下地形状変化をなるべく小さくする手法が考えられる。

【0059】

その場合、インプリント装置100での補正可能項目、補正可能量をS3で情報処理装置400に送ってもよいし、インプリント装置固有であれば最初から情報として情報処理装置400で所持していてもよい。そして、S3で送られてきたインプリントされるパターン形状からインプリント装置で補正可能な項目と補正可能量を差引いた形状をS4で露光装置200へ送り下地を作成する。

10

【0060】

その結果できた下地をインプリント装置100へ送り込み、インプリント装置100の補正機構で形状補正することで、より合った（補正量の少ない）形状同士でのインプリントが可能となる。

【0061】

なお、本実施形態ではインプリント装置内の形状補正機構として補正機構16のみを取り上げたが、これに限らない。インプリント装置内で補正できうる形状補正機構であれば、本件の手法は有効である。

20

【0062】

[物品製造方法]

本発明の実施形態に係る物品製造方法は、例えば、半導体デバイス等のマイクロデバイスや微細構造を有する素子等の物品を製造するのに好適である。該製造方法は、投影露光装置200およびインプリント装置100を含むリソグラフィ装置を用いて基板上にパターンを形成する工程を含む。さらに、該製造方法は、パターンが形成された基板を加工する他の周知の工程（酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、エッチング、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）を含みうる。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも1つにおいて有利である。

30

【0063】

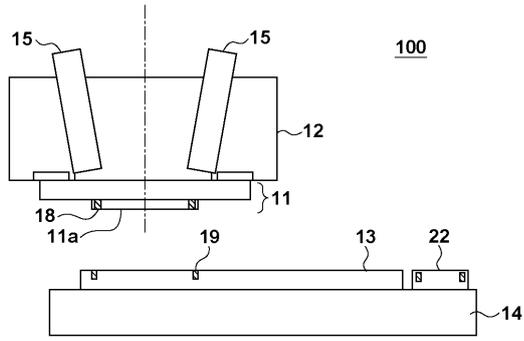
以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【符号の説明】

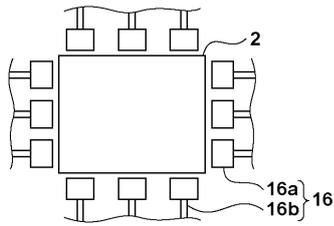
【0064】

100：インプリント装置。200：露光装置。300：計測装置。400：情報処理装置。11：モールド。13：基板。16：補正機構。

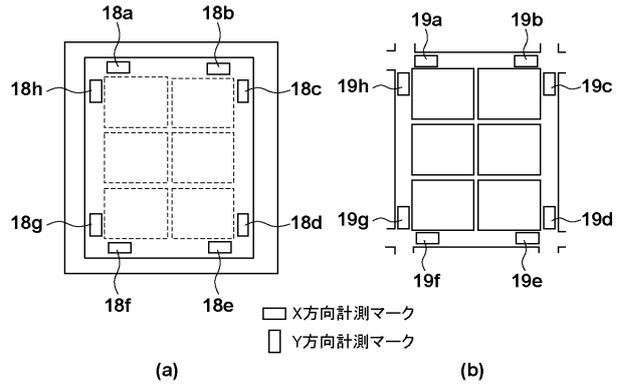
【 図 1 】



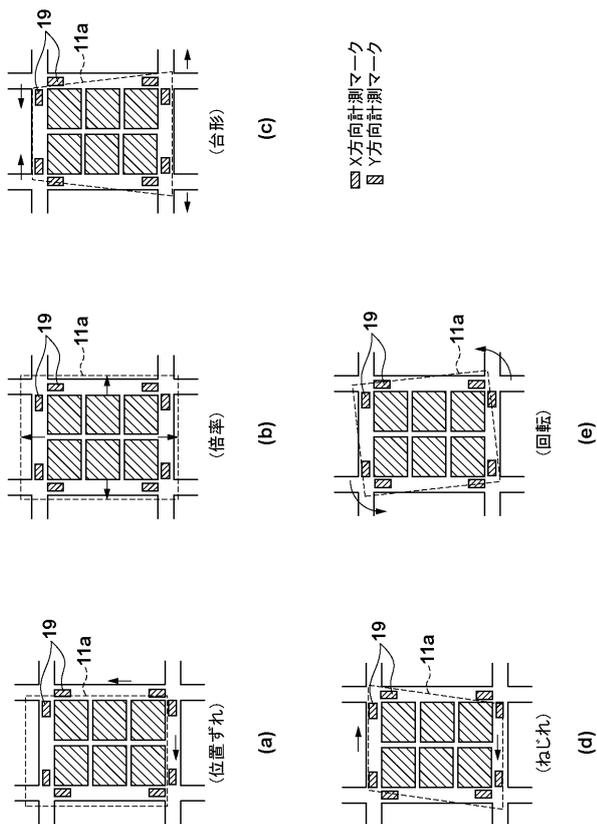
【 図 2 】



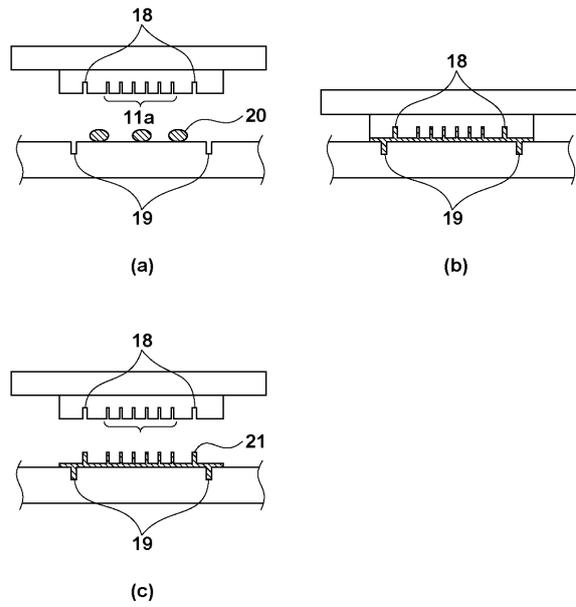
【 図 3 】



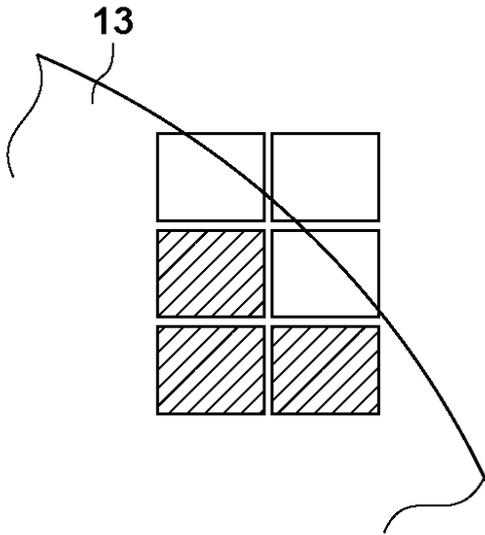
【 図 4 】



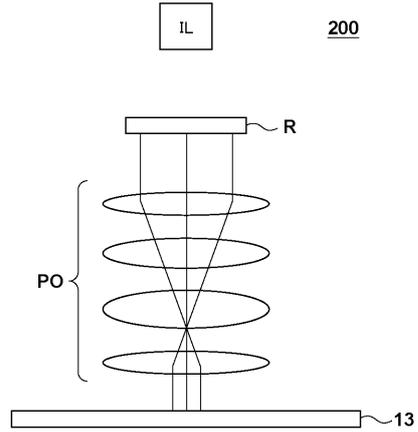
【 図 5 】



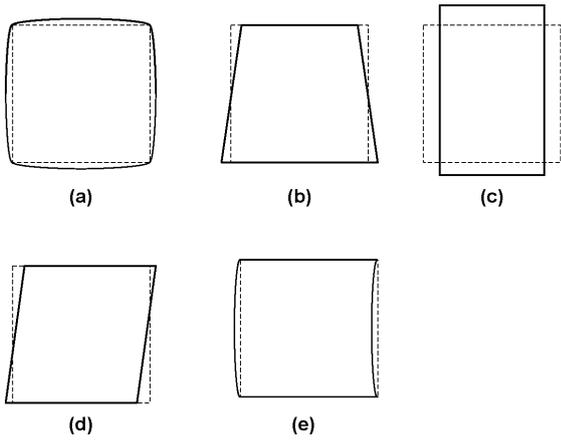
【 図 6 】



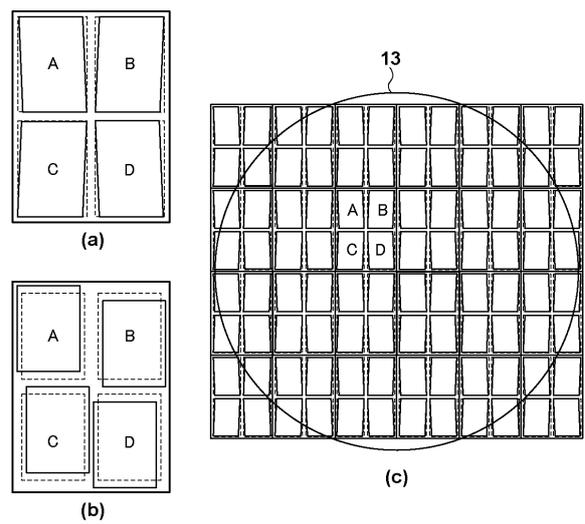
【 図 7 】



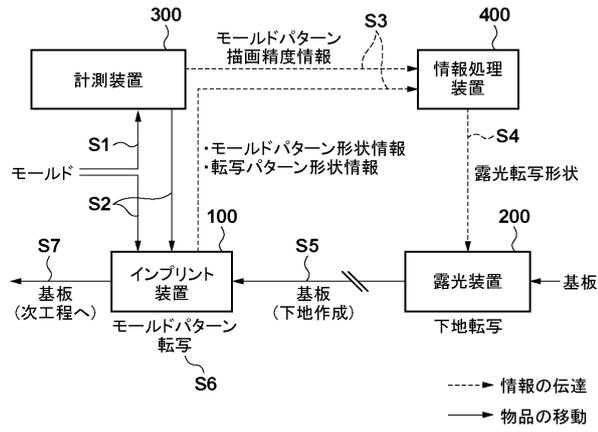
【 図 8 】



【 図 9 】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 浩司

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

Fターム(参考) 4F209 AA44 AF01 AG05 AH33 AR20 PA02 PB01 PC01 PC05 PN09

PN13 PQ11

5F146 AA31