

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6120678号
(P6120678)

(45) 発行日 平成29年4月26日 (2017. 4. 26)

(24) 登録日 平成29年4月7日 (2017. 4. 7)

(51) Int. Cl.

F I

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

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-111351 (P2013-111351)
 (22) 出願日 平成25年5月27日 (2013. 5. 27)
 (65) 公開番号 特開2014-229883 (P2014-229883A)
 (43) 公開日 平成26年12月8日 (2014. 12. 8)
 審査請求日 平成28年5月20日 (2016. 5. 20)

(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 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (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
 (72) 発明者 樋浦 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 赤尾 隼人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプリント方法、インプリント装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板のマークを含むパターンが形成されたショット領域を有する基板上にインプリント材を供給する供給工程と、

前記インプリント材に型のマークを含むパターンを有する型を接触させる接触工程と、

前記型を接触させた状態で前記インプリント材を硬化させる硬化工程と、

前記基板と前記型との間隔を広げることで、前記型のマークが転写されて成るインプリント材のマークを含むパターンをインプリント材に形成する形成工程とを有するインプリント方法であって、

センサと、前記センサ上に前記型を透過した光によってインプリント材のマークの像及び基板のマークの像を形成する光学系とを用い、前記型のマークが前記光学系の焦点深度外に位置するまで、前記基板と前記型との間隔を広げた後、前記センサでインプリント材のマーク及び基板のマークを検出して、基板のパターンとインプリント材のパターンとの相対的な位置ずれを求めることを特徴とするインプリント方法。

【請求項 2】

基板上には前記ショット領域が複数配置されており、

各ショット領域に対し、前記接触工程において型と基板との位置合わせを行ってから、前記硬化工程及び形成工程を実行し、その後、前記基板のパターンとインプリント材のパターンとの相対的な位置ずれを求めることで、複数のショット領域に順にパターンを形成する際に、

10

20

先のショット領域において求めた基板のパターンとインプリント材のパターンとの相対的な位置ずれを、後のショット領域における前記型と基板との位置合わせに用いることを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 3】

先のショット領域において求めた基板のパターンとインプリント材のパターンとの相対的な位置ずれが、許容範囲外の場合は、後のショット領域に対するパターンの形成を停止することを特徴とする請求項 2 に記載のインプリント方法。

【請求項 4】

複数の基板のそれぞれに対し、前記接触工程において型と基板との位置合わせを行い、前記硬化工程及び形成工程を実行し、その後、前記基板のパターンとインプリント材のパターンとの相対的な位置ずれを求めることで、複数の基板に順にパターンを形成する際に、

10

先の基板において求めた基板のパターンとインプリント材のパターンとの相対的な位置ずれを、後の基板における前記型と基板との位置合わせに用いることを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 5】

前記型のマークを含むパターンが形成されたパターン面を有し、前記基板と前記型との間隔を広げた後に、前記型を前記パターン面に平行な方向に移動させ、その後、前記インプリント材のマーク及び基板のマークを検出することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載のインプリント方法。

20

【請求項 6】

前記光学系の焦点深度内に基板のマークを位置させた状態で、前記基板と前記型との間隔を広げる動作を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載のインプリント方法。

【請求項 7】

基板上に供給されたインプリント材に、型のマークを含むパターンを有する型を接触させ、前記型を接触させた状態でインプリント材を硬化させ、前記基板と前記型との間隔を広げることで、前記型のマークが転写されて成るインプリント材のマークを含むパターンをインプリント材に形成するインプリント装置であって、

前記基板は、基板のマークを含むパターンが形成されたショット領域を有し、

30

前記基板と前記型との間隔を広げる駆動部と、

インプリント材のマークと基板のマークとを検出する検出部と、

前記駆動部及び検出部の動作を制御するとともに、前記検出部の検出結果から、前記基板に形成されたパターンと前記インプリント材に形成されたパターンとの相対的な位置ずれを求める制御部と、を有し、

前記検出部は、センサと、前記センサ上に前記型を透過した光によってインプリント材のマークの像及び前記基板のマークの像を形成する光学系とを備えており、

インプリント材の硬化の後、前記制御部は、前記駆動部によって前記型のマークが前記光学系の焦点深度外に位置するまで、前記基板と前記型との間隔を広げた後、前記検出部によってインプリント材のマークと基板のマークとを検出させることを特徴とするインプリント装置。

40

【請求項 8】

前記検出部は更に前記型のマークを検出する機能を有し、前記制御部は、インプリント材に型を接触させる際に、前記検出部に型のマークと基板のマークとを検出させ、その検出結果から前記型に形成されたパターンと前記基板に形成されたパターンとの相対的な位置ずれを求めることを特徴とする請求項 7 に記載のインプリント装置。

【請求項 9】

前記制御部は前記光学系の焦点深度内に基板のマークを位置させた状態で、前記基板と前記型との間隔を広げる動作を行うことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載のインプリント装置。

50

【請求項 10】

請求項 7 乃至 9 の何れか 1 項に記載のインプリント装置を用いて、基板上のインプリント材にパターンを形成する工程と、

インプリント材に形成されたパターンを用いて前記基板を加工する工程と、を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、インプリントにより形成されたパターンと基板上のショット領域にあるパターンの重ね合わせを検査するためのアライメントマークを検出する、インプリント方法、インプリント装置及びデバイス製造方法に関する。

10

【背景技術】**【0002】**

インプリント技術は、型に形成されたパターンを基板上のインプリント材に形成する技術であり、半導体デバイスや磁気記憶媒体を製造するリソグラフィ技術のひとつとして提案されている（特許文献 1）。インプリント装置は、パターンが形成されたパターン面を有する型と、基板上に供給されたインプリント材（例えば光硬化樹脂）とを接触させ、接触させた状態でインプリント材を硬化させる。硬化したインプリント材と型との間隔を広げて、インプリント材から型を離すことで基板上のインプリント材にパターンを形成することができる。

20

【0003】

このようなインプリント装置では、型と基板とのアライメント方法として、ダイバイダイアライメント方式を用いるのが一般的である。ダイバイダイアライメント方式は、基板上に形成された複数のショット領域毎に、かかるショット領域に形成された複数のアライメントマークと型に形成された複数のアライメントマークとを検出するものである。アライメントマークを検出するスコープとしては、マークの像を検出するセンサと、センサ上にマークの像を形成する光学系を備えた構成とする。

【0004】

インプリント技術では、ダイバイダイアライメント方式でショット領域のパターンと型のパターン面とのアライメントを行って型を押し付けてインプリント材を硬化させても、硬化後はショット領域のパターンと転写されたパターンとの相対的な位置ずれがある。そのため、ショット領域のパターン上のインプリント材に型のパターンを転写した後に、ショット領域のパターンと転写されたパターンとの相対的な位置ずれを検査（重ね合わせ検査）する必要がある。

30

【0005】

そこで、特許文献 2 にはインプリント装置内に構成したアライメントセンサにより、基板の下地パターンに予め形成されたマークと、基板上に塗布した樹脂に転写されたマークとの相対位置ずれ量を計測するものが記載されている。

【先行技術文献】**【特許文献】**

40

【0006】

【特許文献 1】特開 2007 - 281072 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 88264 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

センサとセンサ上にマークの像を形成する光学系とを備えたスコープを使って重ね合わせ検査を行う場合、硬化したインプリント材と型との間隔を広げた後にマークを検出しようとすると、型に形成されたアライメントマークがスコープの視野内に位置している。そのため、重ね合わせ検査に必要な各ショット領域に予め形成されたマークとインプリント

50

材に形成されたマークの検出精度に影響を及ぼす。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、硬化したインプリント材と型との間隔を広げた後に、重ね合わせ検査の精度を向上することができる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 9 】

本発明のインプリント方法は、基板のマークを含むパターンが形成されたショット領域を有する基板上にインプリント材を供給する供給工程と、インプリント材に型のマークを含むパターンを有する型を接触させる接触工程と、型を接触させた状態でインプリント材を硬化させる硬化工程と、基板と型との間隔を広げることで、型のマークが転写されて成るインプリント材のマークを含むパターンをインプリント材に形成する形成工程とを有するインプリント方法であって、センサと、センサ上に型を透過した光によってインプリント材のマークの像及び基板のマークの像を形成する光学系とを用い、型のマークが光学系の焦点深度外に位置するまで、基板と型との間隔を広げた後、センサでインプリント材のマーク及び基板のマークを検出して、基板のパターンとインプリント材のパターンとの相対的な位置ずれを求めることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

硬化したインプリント材と型との間隔を広げた後に、重ね合わせ検査の精度を向上することができるインプリント方法を提供する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明のインプリント装置を示した図である。

【図 2】インプリント装置の補正機構を示した図である。

【図 3】型のマークと基板上に形成されたマークの配置を示した図である。

【図 4】基板のパターンと型のパターンとの相対的な位置ずれを示した図である。

【図 5】本発明のインプリント工程を示した図である。

【図 6】本発明のインプリント工程及び重ね合わせ検査工程のフローを示した図である。

【図 7】本発明のインプリント動作のフローを示した図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の好ましい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。

【 0 0 1 3 】

図 1 は、第 1 実施形態のインプリント装置 1 を示す図である。インプリント装置 1 は、半導体デバイスなどの製造工程で使用されるリソグラフィ装置である。インプリント装置 1 は、型 1 1（原版、モールド）を保持する型保持部 1 2 と、基板 1 3 を保持する基板保持部 1 4 と、検出部 1 5 と、補正機構 1 6 と、制御部 1 7 とを有する。さらに、型保持部 1 2 を移動させる型ステージ 2 2（型駆動部）と、基板保持部 1 4 を移動させる基板ステージ 2 3（基板駆動部）を備える。また、インプリント装置 1 は、図示を省略しているが、基板 1 3 の上にインプリント材（未硬化樹脂）を供給するための供給部（ディスペンサ）、型ステージ 2 2 を保持するためのブリッジ定盤、基板ステージ 2 3 を保持するためのベース定盤なども有する。

【 0 0 1 4 】

本実施形態では、インプリント材として紫外線の照射によって硬化する紫外線硬化型の樹脂を用いて、型 1 1 に形成されたパターンを転写する光硬化法によるインプリントについて説明する。インプリント装置 1 は、基板 1 3 の上に供給されたインプリント材と、パターンが形成された型 1 1 とを接触させた（押印した）状態で不図示の光源から紫外線を照射してインプリント材を硬化させる。インプリント装置 1 は、硬化したインプリント材と型 1 1 との間隔を広げる（離型する）ことでインプリント材にパターンを形成（転写）

するインプリント処理を行う。

【0015】

型11は、インプリント材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。型11は、基板13の上のインプリント材に照射される紫外線が透過する材料（例えば、石英など）で構成される。また、パターン面11aには、型側マーク18（第1アライメントマーク）が形成されている。

【0016】

型保持部12は、型11を保持する保持機構であって、型11を真空吸着又は静電吸着するモールドチャックを有する。型ステージ22は、型保持部12（型11）を少なくともZ軸方向（基板13の上のインプリント材と型11と接触させる際の押し付ける方向（10押印方向）と、インプリント材と型11の間隔を広げる方向（離型方向））に駆動する。また、型保持部12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）方向に駆動する機能を備えていてもよい。

【0017】

基板13は、パターン面11aに形成されたパターンが転写、形成される基板であって、例えば、単結晶シリコンウエハやSOI（Silicon on Insulator）ウエハなどを含む。基板13には、インプリント材が供給部から供給（塗布）される。基板13にはパターンが転写されるショット領域に基板側マーク19（第2アライメントマーク）が形成されている。基板13にショット領域が複数配置されている場合には、各ショット領域に基板側マーク19が形成されている。型に形成されたパターンを樹脂に接20触させる際に、型側マーク18と基板側マーク19を用いて型と基板のアライメントを行う。

【0018】

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を有する。基板ステージ23は、基板保持部14（基板13）を少なくともX軸方向及びY軸方向（型11の押印方向・離型方向に直交する方向）に駆動する。また、基板ステージ23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）方向に駆動する機能を備えていてもよい。本実施形態では型11を基30板13に近づけることでインプリント材と接触させたが、基板13を型11に近づけてもよく、また型11と基板13とを互いに近づけてもよい。

【0019】

検出部15は、型11に形成された型側マーク18と基板13上のショット領域に形成された基板側マーク19とを、型11を透過する検出光を用いて光学的に検出（観察）するスコープで構成されている。検出部15が、型側マーク18と基板側マーク19とを検出し、検出結果から型11と基板13の相対的な位置ずれを求めることができればよい。そのため、検出部15は、型側マーク18と基板側マーク19の像を同時に撮像するための撮像部（センサ）やマークの像を撮像部に結像させるための光学系を備えたスコープで構成することができる。このように、検出部15でマークを検出するとは、光学系の焦点をマークに合わせた状態で、光学系によって形成されたマークの像をセンサで撮像すること40を示す。さらに、検出部15は、型側マーク18と基板側マーク19によるモアレ信号など型11と基板13との相対的な位置を反映した干渉信号を検出するスコープで構成してもよい。

【0020】

また、検出部15は、型側マーク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、検出部15は、検出部の内部に配置された基準位置に対する型側マーク18及び基板側マーク19を検出し、それぞれの位置を求めることで、型側マーク18と基板側マーク19との相対的な位置ずれを求めてもよい。検出部15は、光源からの紫外線の光路を遮らないように、傾けて配置しているがこれに限らない。例えば、紫外線を透過し可視光を反射する特性を持ったミラーを構成し、ミラーを反射した光を検出すれば、検出部15を傾けずに配置することができる。50

【 0 0 2 1 】

図2に示すようにインプリント装置1には、補正機構16(変形部)を備えていても良い。例えば、補正機構16(変形部)は、型11の側面に、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(パターン形状)をパターン面(XY面)に平行な方向に変形させる。この場合、補正機構16は、型11の側面に接触する接触部16aと、型11の側面に近づく方向(押す方向)及び型11の側面から遠ざかる方向(引く方向)に接触部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は加熱部を備えていても良く、型11に熱を付与して型11の温度を制御することでパターン面11aをパターン面に平行な方向に変形させてもよい。

【 0 0 2 2 】

制御部17は、インプリント装置1の動作を制御するプログラムが格納されたメモリMR Yと、メモリMR Yに格納されたプログラムを実行するプロセッサPR C、検出部15の検出結果を用いて型と基板の相対的な位置を演算する演算部C A Lなどを含む。実行されたプログラムに従ってインプリント装置1を構成する各ユニットを制御するための信号を出力する。また、検出部15が検出した型側マーク18と基板側マーク19との検出結果に基づいて、制御部17の演算部C A Lで型11と基板13との相対的な位置ずれを求める。演算部C A Lによる演算結果を入力値として制御部17は、型ステージ22または基板ステージ23を駆動させるための信号を出力する。制御部17から出力された信号に基づき、型ステージ22または基板ステージ23が移動することで型11と基板13の相対的な位置を変化させ、型11と基板13の位置合わせを行う。なお、型ステージ22と基板ステージ23の双方を同時又は順次駆動させても良い。さらに、制御部17は、インプリント装置1でパターンを形成する際に、補正機構16による型11のパターン面11aの変形量を制御する。

【 0 0 2 3 】

図3を参照して、型11と基板13のアライメントに用いられるアライメントマークについて説明する。図3(a)は型11のパターン面11aに形成された型側マーク18を示している。図3(b)は基板13の上のショット領域に形成された基板側マーク19を示している。本実施形態では、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。

【 0 0 2 4 】

図3(a)に示すように、型11のパターン面11aには型側マーク18a~18hが形成されている。X軸方向に長手方向を有する型側マーク18a、18b、18e及び18fは、X軸方向に計測方向を有するマークである。同様に、Y軸方向に長手方向を有する型側マーク18c、18d、18g及び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4を示しており、各チップ領域4には転写すべきパターンが形成されている。また、本実施形態では6つのチップ領域4が形成されている領域と型側マーク18が形成された領域(パターン面11a)を合わせてショット領域5とする。

【 0 0 2 5 】

図3(b)に示すように、基板13の上の1つのショット領域5には回路パターンと基板側マーク19a~19hとが形成されている。X軸方向に長手方向を有する基板側マーク19a、19b、19e及び19fは、X軸方向に計測方向を有するマークである。それぞれ、図3(a)に示した型側マーク18a、18b、18e及び18fに対応している。これらの対応した型側マークと基板側マークとを用いて型と基板とのX方向の相対的な位置ずれを求める。また、Y軸方向に長手方向を有する基板側マーク19c、19d、19g及び19hは、Y軸方向に計測方向を有するマークである。それぞれ、図3(a)に示した型側マーク18c、18d、18g及び18hに対応している。これらの対応した型側マークと基板側マークとを用いて型と基板とのY方向の相対的な位置ずれを求める。また、図3(b)において、ショット領域5の内側の実線で囲まれた領域は、6つのチップ領域4を示している。

【 0 0 2 6 】

インプリント装置 1 で基板 1 3 上にパターンを形成する際、即ち、型 1 1 と基板 1 3 の上のインプリント材とを接触させる際は、各型側マーク 1 8 a ~ 1 8 h と対応する各基板側マーク 1 9 b ~ 1 9 h が近傍に位置することになる。従って、検出部 1 5 によって型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 とを検出することで、型 1 1 のパターン面 1 1 a と基板 1 3 のショット領域 5 との相対的な位置ずれを求めることができる。型 1 1 のパターン面 1 1 a と基板 1 3 の上のショット領域 5 とに相対的な位置ずれが生じると、パターンの転写不良（製品不良）を招いてしまう。

【 0 0 2 7 】

図 4 を参照して、インプリントにおける型 1 1 のパターン面 1 1 a と基板 1 3 の上のショット領域 5 との相対的な位置ずれについて説明する。ここで、型 1 1 と基板 1 3 との相対的な位置ずれとは、型 1 1 のパターン面 1 1 a と基板 1 3 のショット領域 5 との間に位置（シフト）や形状（倍率）にずれ（誤差）が生じることを示している。検出部 1 5 が複数の型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 のそれぞれを検出し、検出結果に基づいて演算部 C A L が型 1 1 と基板 1 3 との相対的な位置ずれを求める。図 4 (a) ~ (e) は、型 1 1 のパターン面 1 1 a と基板 1 3 の上のショット領域 5 のパターン間に生じる相対的な位置ずれ（以下、「型 1 1 とショット領域 5 とのずれ」とも称する）を示す図である。型 1 1 （のパターン）とショット領域 5 （のパターン）とのずれには、シフト、倍率ずれ、回転などが含まれる。それぞれの基板側マーク 1 9 に対する型側マーク 1 8 の相対的な位置ずれ（位置ずれ量）を求めることで、型 1 1 とショット領域 5 とのずれにどのような成分が含まれているか知ることができる。

【 0 0 2 8 】

図 4 (a) は、型 1 1 とショット領域 5 とのずれがシフトである場合を示している。検出部 1 5 が検出したそれぞれの型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 とが一方向にずれている場合、型 1 1 とショット領域 5 とのずれがシフトであると推定することができる。

【 0 0 2 9 】

図 4 (b) は、型 1 1 とショット領域 5 とのずれが倍率ずれである場合を示している。検出部 1 5 が検出したそれぞれの型側マーク 1 8 が基板側マーク 1 9 とショット領域 5 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場合、型 1 1 とショット領域 5 とのずれが倍率ずれであると推定することができる。

【 0 0 3 0 】

図 4 (c) は、型 1 1 とショット領域 5 とのずれが台形ずれである場合を示している。検出部 1 5 が検出したそれぞれの型側マーク 1 8 が基板側マーク 1 9 とショット領域 5 の中心に対して外部又は内部に向かってずれている。ずれている方向がショット領域 5 の上下又は左右で異なっている場合、型 1 1 とショット領域 5 とのずれが台形ずれであると推定することができる。

【 0 0 3 1 】

図 4 (d) は、型 1 1 とショット領域 5 とのずれがねじれである場合を示している。検出部 1 5 が検出した型側マーク 1 8 が基板側マーク 1 9 に対してずれる方向がショット領域 5 の上下又は左右で異なっている場合、型 1 1 とショット領域 5 とのずれがねじれであると推定することができる。

【 0 0 3 2 】

図 4 (e) は、型 1 1 とショット領域 5 とのずれが回転である場合を示している。検出部 1 5 が検出した型側マーク 1 8 が基板側マーク 1 9 に対してずれる方向がショット領域 5 の上下左右で異なり、ショット領域 5 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、型 1 1 とショット領域 5 とのずれが回転であると推定することができる。

【 0 0 3 3 】

図 4 (a) に示したように、型 1 1 とショット領域 5 とのずれがシフトである場合、制御部 1 7 は、型ステージ 2 2 を移動させる。具体的には、検出部 1 5 で型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 とを検出し、検出結果に基づいて制御部 1 7 の演算部 C A L は、型 1 1

と相対的な位置ずれを求める。制御部 17 は求めた相対的な位置ずれから、パターン面 11a と基板上のショット領域 5 が重なるように、型ステージ 22 の駆動量を制御する。型ステージ 11 に加えて基板ステージ 23 を型ステージ 11 の駆動に対して同時または順次移動させても良い。少なくとも一方型ステージ 22 及び基板ステージ 23 の少なくとも一方の駆動によってシフトの位置ずれを補正する。

【0034】

また、図 4 (b) ~ 図 4 (d) に示したように、型 11 とショット領域 5 とのずれが倍率ずれ、台形ずれ、ねじれなどである場合、制御部 17 は、補正機構 16 によって、型 11 のパターン面 11a の形状を変形させる。具体的には、検出部 15 で型側マーク 18 と基板側マーク 19 とを検出し、検出結果に基づいて制御部 17 の演算部 CAL は、型 11 と基板 13 との相対的な位置ずれを求める。制御部 17 は、求めた相対的な位置ずれから、パターン面 11a の形状が基板上のショット領域 5 の形状となるように、補正機構 16 によるパターン面 11a の変形量を制御する。補正機構 16 によりパターン面 11a を変形させ、基板ステージ 23 によりショット領域 (基板 13) を変位 (移動) させることで、型 11 とショット領域 5 のアライメントを行う。また、アクチュエータ 16b の駆動量 (即ち、型 11 に付与する力) とパターン面 11a の変形量との対応関係を表すデータを予め取得して制御部 17 のメモリ MRY などに記憶させておいても良い。制御部 17 は、メモリ MRY に格納したデータに基づき、パターン面 11a の変形量に対応するアクチュエータ 16b の駆動量を求め、アクチュエータ 16b を駆動させることができる。

【0035】

さらに、図 4 (e) に示したように、型 11 とショット領域 5 が回転差をもっている場合、制御部 17 は、型保持部 12 もしくは基板ステージ 23 もしくはその両方を回転させることで補正することができる。

【0036】

以上のように、型 11 とショット領域 5 のアライメントやパターン面 11a の形状の補正を行い、型 11 に形成されたパターンを基板 13 上のインプリント材に転写する。

【0037】

図 5 は、基板 13 上のインプリント材 20 に型 11 のパターン面 11a に形成されたパターンを転写するインプリント工程を説明する。図 5 (a) ~ (c) はそれぞれ、基板 13 と型 11 を断面から見た様子を示している。

【0038】

図 5 (a) に示すように、押印を開始するまでにインプリント材 20 を基板 13 上のショット領域 5 に供給する。インプリント材 20 は、一般的に揮発性が高い樹脂であるためインプリント工程の直前にインプリント材 20 を基板上に供給する。揮発性が低いインプリント材であれば、スピコートなどで事前に基板上の全面 (複数配置されたショット領域) にインプリント材を供給しておいても良い。上述したように、型側マーク 18 と基板側マーク 19 を検出することで型 11 と基板 13 の相対的な位置ずれを求め、基板のシフト移動や型の形状の補正によりアライメントを行う。

【0039】

図 5 (b) に示すように、型 11 をインプリント材 20 に接触させ、型 11 に形成されたパターン (凹凸構造) にインプリント材 20 を充填させる。このとき型 11 とインプリント材 20 は、検出部 15 から照射される検出光が透過するため、検出部 15 で基板側マーク 19 を検出することができる。しかし、型 11 とインプリント材 20 とが接触し、パターン凹部に樹脂が充填することで型側マーク 18 が計測できなくなる場合がある。これは、型 11 とインプリント材 20 が接触する前は、型 11 に空気が接していたので屈折率差が大きかったが、パターン凹部に樹脂が充填されることで屈折率差が小さくなるため、型側マーク 18 が検出できなくなる。そこで、型側マーク 18 に型 11 の屈折率や透過率と異なる物質を塗布したり、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) の状態になっても型側マーク 18 を検出することが可能である。検出部 15 が、型側マーク 18 と基板側マーク 19

とを検出し、上述のように型ステージ 2 2 の駆動や補正機構 1 6 を用いることによって、パターン面 1 1 a と基板上のショット領域 5 とをアライメントした後、インプリント材 2 0 を硬化させる。

【 0 0 4 0 】

図 5 (c) はインプリント材 2 0 を硬化させた後、硬化したインプリント材 2 0 と型 1 1 との間隔を広げて、型 1 1 と基板を引き離した (離型) 状態を示している。ここで、インプリント材 2 0 は、パターン面 1 1 a に形成されたパターンが形成されているが、同時に型側マーク 1 8 もインプリント材 2 0 に転写され、基板 1 3 上に転写マーク 2 1 (第 3 アライメントマーク) が形成される。離型工程後に、この転写マーク 2 1 と基板側マーク 1 9 を検出することで、基板上のショット領域 (のパターン) とインプリント材に形成されたパターンとの相対的な位置ずれを計測、いわゆる重ね合わせ検査、を行うことができる。離型工程後に重ね合わせ検査をするため、インプリント材に形成された転写マーク 2 1 上に型 1 1 が在る状態で、検出部 1 5 は転写マーク 2 1 と基板側マーク 1 9 とを検出することになる。

10

【 0 0 4 1 】

型 1 1 とインプリント材 2 0 の接触時に検出部 1 5 で型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 を検出しているため、離型後でも検出部 1 5 で、視野内に在る転写マーク 2 1 と基板側マーク 1 9 を検出することができる。このようにアライメント用の検出部 1 5 を用いて、パターンを転写直後の基板 1 3 の上層のパターンと下層のパターン間の重ね合わせ検査をインプリント装置上で行うことができる。

20

【 0 0 4 2 】

ここで検出部 1 5 (スコープ) は、基板 1 3 上に焦点を合わせて接触時 (押印時) の型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 を検出している。具体的には、検出部 1 5 に含まれる光学系は、その焦点を型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 に合わせた状態でセンサ上に両者のマークの像を形成する。そのため、型と基板を引き離した直後に基板側マーク 1 9 と転写マーク 2 1 を検出しようとする、検出部 1 5 の焦点深度内に型側マーク 1 8 が位置しているため、重ね合わせ検査に影響を与える恐れがある。そこで、型 1 1 と基板 1 3 との間隔を十分に広げて、型 1 1 (のマーク 1 8) を検出部 1 5 の焦点深度外に配置することで基板側マーク 1 9 と転写マーク 2 1 だけを観察することができる。

【 0 0 4 3 】

30

例えば検出部 1 5 に用いるスコープの検出 NA が 0 . 1 で、検出光が波長 6 0 0 n m (可視光) の光でマーク 1 9 , 2 1 を検出する場合、スコープの焦点深度は $\pm 3 0 \mu m$ である。よって、このスコープの焦点位置が基板 1 3 の表面にある場合は、型と基板の間隔を $3 0 \mu m$ より大きくも離すことによって型側マーク 1 8 は検出部 1 5 で検出されなくなる。

【 0 0 4 4 】

ここで検出部 1 5 は、必ずしも基板 1 3 上 (基板側マーク 1 9) に焦点を合わせなくても良く、検出部 1 5 の焦点深度内に基板側マーク 1 9 が位置していれば良い。少なくとも、検出部 1 5 の焦点深度外に型 1 1 (のマーク 1 8) を位置させた後に、検出部 1 5 の焦点深度内に基板側マーク 1 9 が位置していれば良い。また、検出部 1 5 の焦点深度内に基板側マーク 1 9 を位置させた状態で、インプリント材と型との間隔を広げて良い。

40

【 0 0 4 5 】

以上のように、検出部 1 5 は転写マーク 2 1 上に型 1 1 が在る状態で、転写マーク 2 1 と基板側マーク 1 9 から型 1 1 を透過した光を検出している。位置ずれを求める手段 (演算部 C A L) は、検出部 1 5 の検出結果を用いて、離型後の転写マーク 2 1 と基板側マーク 1 9 の相対的な位置、つまり重ね合わせ精度を計測 (重ね合わせ検査) する。

【 0 0 4 6 】

図 6 は、本実施形態のインプリント工程のフローを示している。ここで本実施形態を説明するフローには次の、A : インプリント工程、B : 型のパターンとショット領域の位置 / 形状合わせ、C : 重ね合わせ検査工程が含まれる。

50

【 0 0 4 7 】

A：インプリント工程では、図 5 で説明した型に形成されたパターンを基板上のインプリント材に形成（転写）する工程である。

【 0 0 4 8 】

B：型のパターンとショット領域の位置／形状合わせでは、型側マークと基板側マークを検出し、相対的な位置を計測することで、型のパターンと基板上的ショット領域の相対的な位置並びに形状の差を求め、補正する工程である。

【 0 0 4 9 】

C：重ね合わせ検査工程は、転写マーク 2 1 と基板側マーク 1 9 を検出することで、インプリント材に形成されたパターンと基板上的ショット領域との相対的な位置ずれを計測し、重ね合わせ検査する工程である。

10

【 0 0 5 0 】

まず、型とインプリント材を接触させ（6 A - 1、押印工程）、型に形成されたパターン（凹凸パターン）に樹脂を充填する（6 A - 2、充填工程）。押印工程と充填工程の間に並行して、検出部で型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 の検出が可能になったら、型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 の検出を開始する（6 B - 1、検出工程）。2 つのマークの検出結果に基づいて型のパターンとショット領域の相対的な位置の算出を開始する。2 つのマークを同時に検出するためには、型 1 1 と基板 1 3 の間隔が充分近づいてからでしか計測できない。しかし、例えば事前に型側マーク 1 8 を検出部で検出し、検出部の基準（例えばスコープの受光面）に対する位置を計測し、記憶する。そして、基板側マーク 1 9 を検出部で検出し、検出部の基準に対する位置を計測する。このように検出部で検出された型側マーク 1 8 と基板側マーク 1 9 から 2 つのマークの相対的な位置を求めても良い。

20

【 0 0 5 1 】

基板 1 3 上のショット領域内に形成された複数の型側マーク 1 8 と複数の基板側マーク 1 9 を検出部 1 5 で検出した検出結果に基づいて、図 4 で示した型（のパターン）と基板（のパターン）の相対的な位置や形状の差分を算出する（6 B - 2、算出工程）。算出した相対的な位置や形状の差分（差分量）に従って、型と基板の少なくとも一方の位置や形状の補正を行う（6 B - 3、補正工程）。ここで説明したアライメントマークの検出方法および型の補正方法は、上記の図 2 および図 4 の説明で記載した手法で行うことができる。

30

【 0 0 5 2 】

補正工程（6 B - 3）の補正が十分かどうか確認するため、再び検出工程（6 B - 1）に戻っても良い。この検出工程、算出工程、補正工程を複数回行い、必要とする精度に対して十分に補正されていることが確認されたら、紫外光をインプリント材に照射してインプリント材を硬化させる（6 A - 3、硬化工程）。

【 0 0 5 3 】

インプリント材が硬化したら、硬化したインプリント材と型との間隔を広げ、インプリント材から型を引き離す（6 A - 4、離型工程）。硬化したインプリント材と型とが接触した状態から、型ステージ 2 2（型駆動部）または基板ステージ 2 3（基板駆動部）が駆動することによって、硬化したインプリント材と型との間隔を広げる。型ステージ 2 2 及び基板ステージ 2 3 が同時にまたは順次、駆動することによって、インプリント材と型との間隔を広げても良い。

40

【 0 0 5 4 】

この際、型と基板の間隔が検出部のスコープの焦点深度に対して大きくなるように間隔を広げる。検出部 1 5 のスコープの焦点を基板側マーク 1 9 に合わせているとき、インプリント材から型を引き離すことでスコープの焦点深度から型側マーク 1 8 が外れ、見えなくなる。もしくは型側マーク 1 8 が関与する干渉信号など基板側マーク 1 9 との相対的な位置を反映した信号が発生しなくなる。これにより、転写マーク 2 1 と基板側マーク 1 9 を検出部 1 5 で検出する（6 C - 1、マーク検出工程）。検出部 1 5 で検出した検出結果

50

は、制御部 17 の演算部 C A L (相対的な位置ずれを求める手段) へ送られる。検出部 15 の検出結果に基づき、演算部 C A L は相対的な位置ずれを算出すること (重ね合わせ検査) ができる (6 C - 2、位置ずれ算出工程)。

【 0 0 5 5 】

マーク検出工程 (6 C - 1) の際、検出部 15 の焦点深度に対して十分に型 11 と基板 13 の間隔を広げられない場合、転写マーク 21 と基板側マーク 19 に型側マーク 18 が重ならない位置へ、型 11 を離型方向に対して垂直な方向に移動 (シフト) させる。通常位置合わせに用いるアライメントマークの大きさは $100\ \mu\text{m}$ 程度である。型 11 をアライメントマークの大きさ以上の距離をパターン面 11a に平行な方向に移動させればよい。アライメントマークの大きさに合わせて型 11 を移動させれば、検出部 15 の検出視野に転写マーク 21 と基板側マーク 19 が入ったまま 2 つのマークを検出し、相対的な位置ずれを算出することができる。ここでは、型 11 をパターン面 11a に平行な方向に移動させて説明したが、基板 13 を移動させても良い。その際には転写マーク 21 と基板側マーク 19 とが検出部 15 の検出視野から外れないように移動させる。以上のように、型 11 をシフトさせる場合であっても、検出部 15 は、転写マーク 21 上に型 11 が在る状態で、型 11 を介して転写マーク 21 と基板側マーク 19 を検出している。

10

【 0 0 5 6 】

上記のマーク検出工程 (6 C - 1) での検出方法、並びに位置ずれ算出工程 (6 C - 2) での計測方法は、検出工程 (6 B - 1) の検出方法、並びに算出工程 (6 B - 2) の算出方法を適用することができる。

20

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、離型工程の直後に各ショット領域における基板上のショット領域と転写されたパターンの相対的な位置ずれを求めることができるので、生産性を落とすことなくパターンを転写したショット領域に対して重ね合わせ検査を行うことができる。インプリント工程と重ね合わせ検査工程が終了 (6 A - 5) した後、基板上のショット領域にパターンの形成が完了したかを判断する。パターン形成が完了していない場合は、次のショット領域にパターンを転写するために基板 13 が移動する。このように、重ね合わせ検査をパターンが転写されたショット領域とは異なるショット領域にパターンを転写する工程を開始する前に行う。

【 0 0 5 8 】

30

図 6 の工程 B : 型のパターンとショット領域のパターンの位置および形状合わせ (6 B - 1 ~ 3) によって型と基板の相対的な位置 / 形状を十分に補正した後にインプリントしているため、ほとんど誤差はないはずである。しかしながら図 6 の工程 C : 重ね合わせ検査工程 (6 C - 1 ~ 2) の検査結果で重ね合わせ精度が低い場合は、インプリント工程でインプリント材を硬化させる前の位置合わせ計測時と硬化後の計測との間でオフセットがあることが考えられる。

【 0 0 5 9 】

この樹脂が硬化する際に発生する相対的な位置ずれの大きな要因の一つが、樹脂の収縮に伴うものである。樹脂の硬化を開始してから樹脂が十分に硬化するまでに、樹脂の硬化に応じて樹脂が収縮するため、樹脂の収縮に伴って型に応力が加わる。この型に加わる応力のために各ショット領域で基板と型との相対的な位置ずれが同じような方向に発生することが分かった。また、離型時に硬化した樹脂から型を垂直に引き離すことができれば良いが、基板面の垂直方向に対して角度を伴って離型した場合、樹脂に形成されたパターンに X Y 方向の力が加わるため、位置ずれが発生することも分かってきている。

40

【 0 0 6 0 】

そこで、重ね合わせ算出工程 (6 C - 2) で得られた計測結果を、次のショット領域もしくは次の基板以降の算出工程 (6 B - 2) でオフセットとして加味することができる。従来、すべてのショット領域でパターンを転写した後に重ね合わせ検査を行っていたものと比較して短いサイクルで重ね合わせ検査の検査結果のフィードバックが可能となり重ね合わせ精度向上が見込まれる。

50

【 0 0 6 1 】

また、重ね合わせ検査の検査結果（データ）を、各ショット領域もしくはチップ領域での重ね合わせ精度を把握することができるため、製品としての良否の判定を行うことができる。また、本計測結果に基づいて詳しく計測するショット領域もしくはチップを特定し、より精度の高い重ね合わせ検査装置で計測することも可能である。インプリント装置内では簡易的な検査を行い、検査結果に基づいて重ね合わせ検査装置で詳細に検査してもよい。全ショット領域の検査を行うより、あらかじめ絞られたショット領域だけで行うため、検査装置で行う重ね合わせ検査の時間を短くすることができる。

【 0 0 6 2 】

インプリント装置内で行う重ね合わせ検査の結果、インプリント材に形成されたパターンと基板上のショット領域との相対的な位置ずれが、許容範囲内の場合は、重ね合わせ算出工程で得られた計測結果を用いて他のショット領域にインプリントを行う。一方で、インプリント材に形成されたパターンと基板上のショット領域との相対的な位置ずれが、許容範囲外の場合は、インプリント装置外部の重ね合わせ検査装置を用いて相対的な位置ずれを計測し、より正確な重ね合わせ検査を行う。また、相対的な位置ずれが、許容範囲外の場合は、後のショット領域に対するパターンの形成を停止することができる。

10

【 0 0 6 3 】

図7は本実施形態におけるインプリント装置1を用いて基板上にパターンを形成するインプリント動作の一連の流れを示すフローチャートである。図7に示すインプリント動作は、図1で示した制御部17に有するメモリMR Yに格納されているプログラムを実行することで実施される。また、制御部17に有するプロセッサPR CはメモリMR Yに格納されたプログラムを処理する。このように、上述した本発明のインプリント動作は、制御部のメモリMR Yに格納されたプログラムに従って実行される。

20

【 0 0 6 4 】

インプリント工程が開始されると、インプリント装置1に基板Wが搬入される（S71）。不図示の基板搬送ユニットが、インプリント装置1の外部から基板13を基板保持部14に載置する。

【 0 0 6 5 】

基板が搬入されると、基板13上に複数配置されたショット領域の配置を計測する（S72）。ここでは検出部15が、基板上に形成されたアライメントマークを検出し、基板上的ショット領域の配列（位置）を求める。検出部15の代わりに、型11を介さずにアライメントマークを検出するオフアクシスアライメントスコープを用いても良い。

30

【 0 0 6 6 】

ショット領域の配置を計測した後、パターンを転写するショット領域に樹脂を供給するために基板ステージ23が移動する（S73）。基板ステージ23が移動することで、樹脂が塗布されるショット領域が供給部の下に位置する。

【 0 0 6 7 】

基板13が移動した後、上述した本実施形態のインプリント工程及び重ね合わせ検査工程を行う（S74）。インプリント工程及び重ね合わせ検査工程は、図6で説明した各工程を実行する。

40

【 0 0 6 8 】

インプリント工程及び重ね合わせ検査工程の後、基板上的ショット領域にパターンの形成が完了したかを判断する（S75）。パターン形成が完了していない場合、S73に戻り次にパターンを形成するショット領域に樹脂を塗布するために基板ステージが移動し、S74のインプリント工程及び重ね合わせ検査工程を繰り返す。

【 0 0 6 9 】

パターン形成が完了した場合、インプリント装置100から基板Wが搬出される（S76）。不図示の基板搬送ユニットが、基板保持部23から基板13をインプリント装置1の外部に搬出し、一連のインプリント動作を終了する。

【 0 0 7 0 】

50

本実施形態では、ダイバダイアライメントにおける型と基板の位置合わせに用いたアライメントマークを使って重ね合わせ検査を行っているがこれに限らない。例えば、本実施形態は各ショット領域の四隅に基板側マーク 19 を構成しているが、複数のチップ領域を持つショット領域の場合、チップ領域とチップ領域の間などの所望の位置にアライメントマークを構成してもよい。なお、本実施例では、マーク 19 を、チップ領域間またはショット領域間のスクライブライン内に配置してある。

【0071】

図 6 で説明した工程 B の補正が終了し、工程 C の重ね合わせ検査が開始されるまでにスコープが駆動し所望のアライメントマーク（工程 B で使用したマークとは異なるマーク）を計測しても良い。

10

【0072】

また、重ね合わせ検査のために、検出部 15 とは異なるスコープをインプリント装置内に用意してもよい。ただしこの場合のスコープは、離型工程の直後に重ね合わせ検査のためのマーク検出を行うので、検出部 15 と同様に型ステージ 22 内に配置し、型 11 を介してマークの検出を行えるようにする。また、樹脂を硬化させる光が通過する経路を遮らないように配置する必要がある。重ね合わせ検査に型側マーク 18 がインプリント材 20 に転写された転写マーク 21 を用いる場合には、重ね合わせ検査用のスコープを検出部 15 に隣接して配置する。

【0073】

通常、位置合わせ用のスコープは、生産性向上のため短時間でマーク（位置）の検出が求められている。また、装置内にスコープを多く配置するとともにマークの位置に近傍まで寄る必要がある為、スコープの小型化（簡易化）が求められている。そのため、マークを検出するために必要な時間（チャージタイム）を短くすることや、スコープの視野を狭く（狭化）する必要がある。このような位置合わせ用のスコープを用いて、重ね合わせ検査を行うと、視野が狭くマークの検出時間が短いため、重ね合わせ検査に必要な信号がマークから得られない場合がある。重ね合わせ検査のためのスコープをインプリント装置内に用意すれば、視野を広くしたり、マークを検出するための時間を長くしたりするなど、位置合わせ用のスコープと比較して制約を緩めることができる。そのため、より多くのマークを検出することができ、多くのマークの検出結果に基づいて重ね合わせ検査をすることができる。

20

30

【0074】

さらに、本件で使用するマークであるが限られたスペースに構成しなければならない為、アライメントに用いるマークを流用することが望ましい。しかしながら、重ね合わせ検査の精度を求める場合など、必要に応じて重ね合わせ検査に最適なマークを別途構成しても良い。この場合、検出部 15 の視野内にアライメントマークと重ね合わせ検査用マークが構成できれば、本実施形態を行うことは難しくない。また視野から外れた位置にある場合は、離型後基板ステージ 23 もしくは検出部 15 を駆動し、検出部 15 で捕捉できれば実施可能である。

【0075】

本実施形態では、ダイバダイアライメントにおける型と基板の位置合わせについて説明したが、本発明のインプリント方法はダイバダイアライメントに限らない。例えば、基板上に複数配置されたショット領域に形成されたマークを検出し、検出結果から複数のショット領域の配列座標を求め、求めた配列座標に基づいて型と基板の位置合わせを行うグローバルアライメント方式でも良い。グローバルアライメント方式で型と基板の位置合わせをして、型に形成されたパターンを基板上のショット領域上のインプリント材に形成したのち、上述した方法で基板のパターンとインプリント材のパターンとの相対的な位置ずれを求める。グローバルアライメント方式の場合、ずれを求めた基板とは異なる基板上の複数のショット領域の配列座標を求める際に、求めた相対的な位置ずれの結果を用いる。複数のショット領域に形成されたマークの検出結果に加え、相対的な位置ずれの結果を用いることで、インプリント材を硬化させた後の基板のパターンと転写されたパターンと

40

50

の相対的な位置ずれを低減することができる。

【 0 0 7 6 】

本実施形態では、紫外光を照射してインプリント材を硬化させる光硬化型のインプリントについて説明した。基板上に供給されるインプリント材は、照射される光の波長に応じて適宜決めればよい。また本発明は、光硬化型のインプリントに限らず、熱を用いてインプリント材を硬化させる熱硬化型のインプリントを適用することができる。

【 0 0 7 7 】

(デバイス製造方法)

物品としてのデバイス(半導体集積回路素子、液晶表示素子等)の製造方法は、上述したインプリント装置を用いて基板(ウエハ、ガラスプレート、フィルム状基板)にパターンを形成する工程を含む。さらに、該製造方法は、パターンを形成された基板をエッチングする工程を含みうる。なお、パターンドメディア(記録媒体)や光学素子などの他の物品を製造する場合には、該製造方法は、エッチングの代わりに、パターンを形成された基板を加工する他の処理を含みうる。本実施形態の物品製造方法は、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一つにおいて有利である。

10

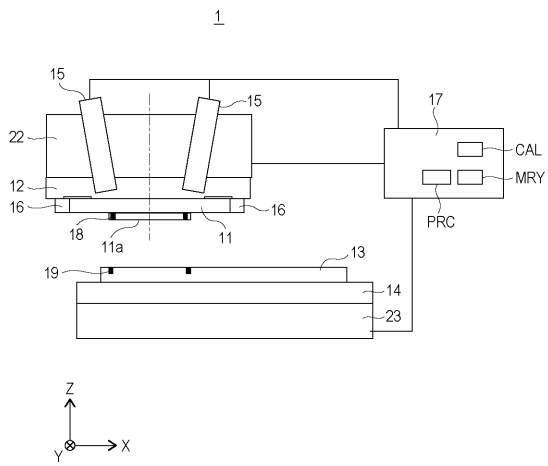
【 符号の説明 】

【 0 0 7 8 】

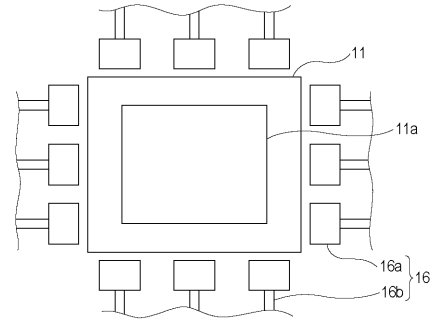
- 1 インプリント装置
- 1 1 型
- 1 2 型保持部
- 1 3 基板
- 1 4 基板保持部
- 1 5 検出部
- 1 8 型側マーク(第1アライメントマーク)
- 1 9 基板側マーク(第2アライメントマーク)
- 2 1 転写マーク(第3アライメントマーク)

20

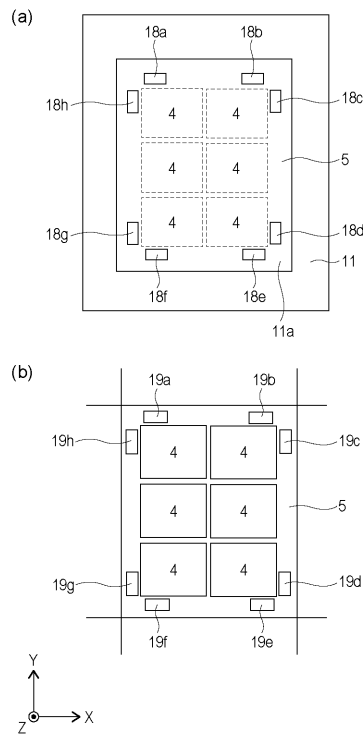
【図 1】



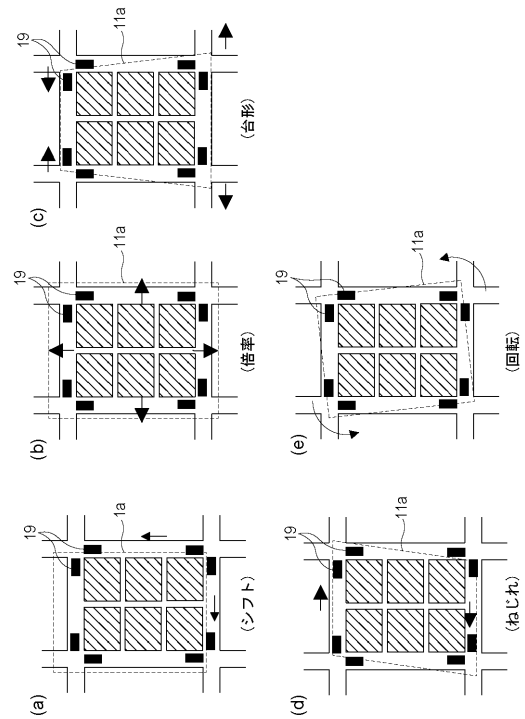
【図 2】



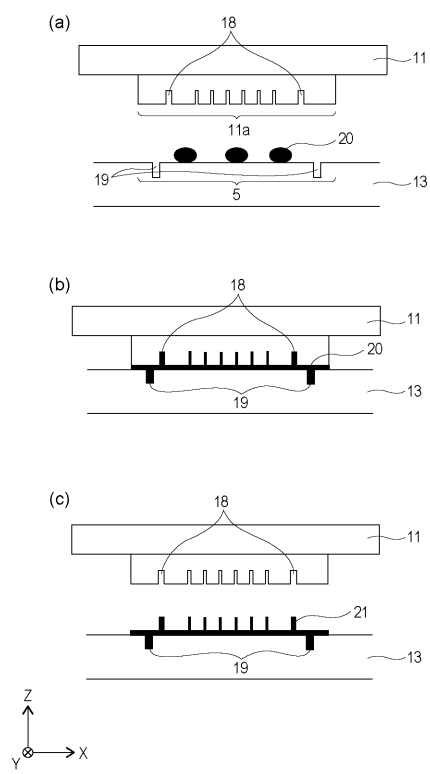
【図 3】



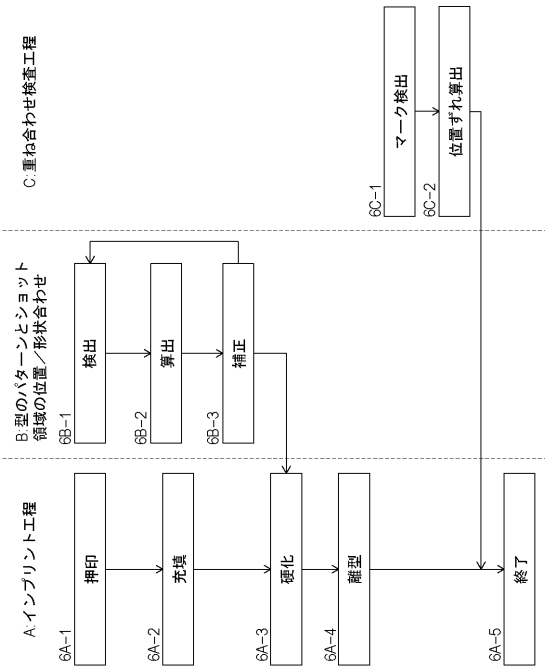
【図 4】



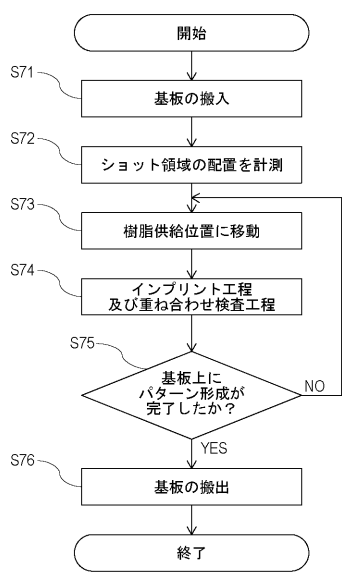
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-088264(JP,A)
特開2011-176321(JP,A)
特開2010-087529(JP,A)
特開2011-061025(JP,A)
特開2007-230229(JP,A)
特開2016-201423(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20; 9/00-9/02
B29C 57/00-59/18