

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6552392号
(P6552392)

(45) 発行日 令和1年7月31日(2019.7.31)

(24) 登録日 令和1年7月12日(2019.7.12)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 O 2 D

H O 1 L 21/30 5 6 4 Z

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2015-234320 (P2015-234320)
 (22) 出願日 平成27年11月30日(2015.11.30)
 (65) 公開番号 特開2017-103315 (P2017-103315A)
 (43) 公開日 平成29年6月8日(2017.6.8)
 審査請求日 平成30年9月14日(2018.9.14)

(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 難波 永
 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 右▲高▼ 孝幸

最終頁に続く

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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

型とインプリント材を接触させ、前記インプリント材を硬化させることにより基板上に前記インプリント材のパターンを形成するインプリント装置であって、

吐出口を有し、前記吐出口から基板に向けてインプリント材を吐出する吐出手段と、

前記吐出口と前記基板との距離が互いに異なる第1状態および第2状態のそれぞれの状態で前記吐出手段により、吐出された前記インプリント材の吐出位置を取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した前記吐出位置に基づいて前記吐出手段の吐出角度を決定する決定手段と、を有することを特徴とするインプリント装置。

【請求項 2】

前記基板は段差を有し、前記第1状態は前記吐出口が前記段差の高い方の面に対向している状態であり、前記第2状態は前記吐出口が前記段差の低い方の面に対向している状態であ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】

前記第1状態は前記基板が第1の高さに位置する状態であり、前記第2状態は前記基板が第1の高さとは異なる第2の高さに位置する状態であ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 4】

前記基板を移動させる移動手段を有し、

前記移動手段は、前記第 1 状態および前記第 2 状態のそれぞれの状態で前記吐出手段により吐出された前記インプリント材の位置が所定方向に互いにずれるように前記基板を移動させ、

前記決定手段は、前記所定方向と交差する方向における前記インプリント材の吐出位置に基づいて前記吐出角度を決定することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

【請求項 5】

前記決定手段は第 1 決定手段であり、

前記取得手段が取得する前記インプリント材の吐出位置は、前記移動手段が所定方向に前記基板を移動させている間に吐出された前記インプリント材の位置であって、

前記基板を移動させる移動手段と、

前記第 1 状態および前記第 2 状態のそれぞれの状態において、前記移動手段が所定方向に前記基板を移動させている間に前記吐出手段により吐出されたインプリント材の吐出位置の前記所定方向のずれに基づいて前記吐出手段の吐出速度を決定する第 2 決定手段と、を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

【請求項 6】

前記取得手段は、前記第 1 状態および前記第 2 状態のそれぞれの状態で吐出されたインプリント材を撮像する撮像手段と、前記撮像手段の撮像結果を画像処理することによって前記吐出位置を算出する算出手段と、を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

【請求項 7】

前記決定手段により決定された前記吐出角度に基づいて、前記基板に対する前記インプリント材の吐出位置を補正する補正手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

【請求項 8】

前記第 1 決定手段により決定された前記吐出角度、および前記第 2 決定手段により決定された前記吐出速度、の少なくとも一方に基づいて、前記基板に対する前記インプリント材の吐出位置を補正する補正手段を有することを特徴とする請求項 5 に記載のインプリント装置。

【請求項 9】

前記補正手段は、前記吐出手段の吐出タイミングおよび前記吐出手段に付与する電圧の少なくとも一方を補正することを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載のインプリント装置。

【請求項 10】

インプリント材を吐出する吐出手段の吐出角度を計測する計測方法であって、

前記吐出手段の吐出口と基板との距離が異なる、第 1 状態および第 2 状態のそれぞれの状態で、前記吐出手段が前記基板上に前記インプリント材を吐出する工程と、

前記工程で吐出された前記インプリント材の吐出位置を取得する工程と

前記工程で取得した前記吐出位置に基づいて前記吐出角度を決定する工程と、を有することを特徴とする計測方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の計測方法で得られた、前記吐出角度に基づいて、基板に対するインプリント材の吐出位置を補正する吐出条件を決定する工程と、

前記決定する工程で決定された前記吐出条件で前記基板に前記インプリント材を吐出する工程と、

前記吐出する工程で吐出された前記インプリント材と型とを接触させる工程と、

前記接触させる工程で接触させた前記型と前記インプリント材とを引き離す工程と、を有することを特徴とするインプリント方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のインプリント方法を用いて基板にパターンを形成する工程と、

前記工程の後に前記基板を加工する工程と、

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、計測方法、インプリント方法、およ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装置として、インプリント装置が知られている。インプリント装置は、吐出手段により基板上に吐出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。

10

【0003】

インプリント材を吐出する吐出手段は吐出口が形成されたノズルを複数有し、それぞれのノズルはピエゾ素子等の吐出機構を用いてインプリント材を吐出する。一般に、パターン形成に伴うインプリント材の吐出は基板を移動させている間に行われる。そのため、吐出手段は、目標の吐出位置が吐出口の下方に位置するタイミングよりも早いタイミングでインプリント材を吐出する。インプリント材が吐出されてから基板に到達するまでの滞空時間に基づいて、インプリント材の吐出タイミングが設定されている。

【0004】

20

特許文献1は、吐出手段の組み付け公差に起因する吐出位置のずれを補正する方法に関する発明である。すなわち、複数のノズルを全ての配置ずれを補正する方法が記載されている。配置ずれの計測のために、基板に対してインプリント材を吐出し、インプリント材の目標の吐出位置に対する実際の吐出位置のずれを求めることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-222705

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

特許文献1のように配置ずれを計測するためには、静止している基板上にインプリント材を吐出することになる。

【0007】

しかし、特許文献1のように基板を静止させた状態でインプリント材を吐出したのでは、吐出速度あるいは吐出角度等の個々の吐出特性を分離して計測することが困難である。このような個々の吐出特性の計測ができていないと、例えば吐出角度の変化による滞空時間の変化に起因して、基板を移動させながら吐出されたインプリント材の吐出位置が目標の吐出位置からずれるおそれがある。

【0008】

40

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、吐出角度を他の吐出特性から分離して計測することができるインプリント装置、計測方法、およ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】

【0009】

本発明は、

型とインプリント材を接触させ、前記インプリント材を硬化させることにより基板上に前記インプリント材のパターンを形成するインプリント装置であって、吐出口を有し、前記吐出口から基板に向けてインプリント材を吐出する吐出手段と、前記吐出口と前記基板との距離が互いに異なる第1状態および第2状態のそれぞれの状態で前記吐出手段により

50

、吐出された前記インプリント材の吐出位置を取得する取得手段と、前記取得手段が取得した前記吐出位置に基づいて前記吐出手段の吐出角度を決定する決定手段と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、吐出角度を他の吐出特性から分離して計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1実施形態にかかるインプリント装置の構成を示す図である。

【図2】吐出位置のずれについて説明する図である。

10

【図3】第1実施形態の吐出角度の計測方法について説明する図である。

【図4】第1実施形態の計測方法を示すフローチャートである。

【図5】第2実施形態の吐出角度の計測方法について説明する図である。

【図6】第2実施形態の計測方法を示すフローチャートである。

【図7】第3実施形態の吐出速度の計測方法について説明する図である。

【図8】第3実施形態の計測方法を示すフローチャートである。

【図9】第4実施形態の吐出速度の計測方法について説明する図である。

【図10】第4実施形態の計測方法を示すフローチャートである。

【図11】インプリント方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

20

【0012】

[第1実施形態]

(装置構成)

図1は、実施形態のインプリント装置100の構成を示す図である。図1において、鉛直方向（高さ方向）をZ軸、当該Z軸に垂直な平面内で互いに直交する2軸をX軸およびY軸としている。インプリント装置100は、モールド（型）103を用いて基板101上にパターンを形成する装置である。当該パターンは、基板101上に供給された光硬化性のインプリント材102に対してモールド103を接触させ、モールド103を接触させた状態でインプリント材102を硬化させることにより形成する。

【0013】

30

照射部104は未硬化状態のインプリント材102を硬化させるための紫外線105を基板101に照射する。照射部104は紫外線105を出射する光源106と、紫外線105の光路を基板101の方向に折り曲げるミラー107とを有する。

【0014】

モールド103は、外周が矩形であり、その中心部には凹凸パターンが形成された矩形のパターン部103aを有する。基板101上にはパターン部103aとほぼ同じ大きさの複数のパターン領域120が形成されている。1回のインプリント材102とモールド103との押し付け動作（以下、押型動作という）により、1つのパターン領域120上にパターン部103aの転写パターンが形成される。モールド103の材料は、石英などの紫外線105を透過する材料である。

40

【0015】

チャック108は、真空吸着力や静電気力によりモールド103を保持する。駆動機構109は、チャック108と共にモールド103をZ軸方向に沿って移動させる。紫外線105が基板101に到達するように、チャック108および駆動機構109は中央部に開口領域110を有する。モールド103の押型動作およびインプリント材102からモールド103を引き離す動作（以下、離型動作という）の際に、モールド103を移動させる。

【0016】

基板ステージ111は、チャック112aと駆動機構112bと基準マーク112cを有し、後述の制御部122からの指示にしたがって基板101を位置決めする。チャック

50

112aは、基板101を真空吸着力や静電気力により基板101を保持する。チャック112aにより基板101を保持した状態で基板ステージ111はXY平面内に沿って移動する。基板101の位置計測に使用される基準マーク112cは、駆動機構112b上に設けられている。

【0017】

駆動機構109および駆動機構112bは、粗動駆動系や微動駆動系等、複数の駆動系から構成されていてもよい。また、駆動機構109はZ軸方向だけではなく、X軸方向、Y軸方向、および各軸周りの回転方向へモールド103を移動させる機構であってもよい。駆動機構112bはX軸方向およびY軸方向だけではなく、その他の軸方向、および各軸周りの回転方向へ基板101を移動させる機構であってもよい。

10

【0018】

モールド103とインプリント材102との押型動作および離型動作は、モールド103および基板101のうち少なくとも一方をZ軸方向に移動させることで行えばよい。

【0019】

モールド103の上方に透過部材113を配置することで、開口領域110内に、圧力調整が可能な空間114を設けている。インプリント材102にパターン部103aを接触させる際に、パターン部103aを下に凸形状に撓ませる。これにより、モールド103とインプリント材102の間に気泡が入ることを防ぎ、パターン部103aの隅々までインプリント材102を充填させる。

【0020】

20

吐出手段115は、Y軸方向に沿って配置された複数のノズル116（図2に図示）の吐出口から基板101に向けて未硬化状態のインプリント材102を吐出する。ノズル116は piezo素子の圧電効果を利用してインプリント材102を押し出す。piezo素子に印加する（付与する）電圧の波形（以下、駆動波形という）や、その駆動波形にしたがって電圧を印加するタイミングは、後述の制御部122によって指示される。

【0021】

制御部122からの指示によって、吐出手段115の吐出条件を調整可能である。吐出条件は、インプリント材102の吐出タイミング、吐出速度、吐出量等である。

【0022】

計測部117は、パターン部103aに形成されているマーク118とパターン領域120に形成されているマーク119との相対位置ずれを計測する。

30

【0023】

インプリント装置100は、基板101上に吐出されたインプリント材102の吐出位置を取得する手段として、撮像部121と後述の制御部122とを有する。

【0024】

撮像部121は、モールド103を透過する光を基板101に向けて照射し、当該透過した光の反射光をCCD等の撮像素子で受光することにより基板101の像を撮像する。例えば、撮像結果を、モールド103とインプリント材102の接触状態の確認のために用いてもよい。また、パターン部103aと基板101との間へのパーティクルの挟み込みや、パターン部103aへのインプリント材102の充填状態の確認のために用いてもよい。さらに、基板101上の、押印される前のインプリント材102を撮像して、インプリント材102の吐出位置を示す画像を取得する。

40

【0025】

制御部（算出手段、決定手段、補正手段）122はCPU、RAM、ROMを有しており、照射部104、駆動機構109、基板ステージ111、吐出手段115、計測部117、撮像部121および記憶部123と回線を介して接続されている。これらを統括的に制御して、後述の図4のフローチャートに示すプログラムにしたがって吐出角度の計測を実行する。さらに、後述の図11のフローチャートに示すプログラムにしたがってインプリント処理を実行する機能を有する。

【0026】

50

制御部 122 は、撮像部 121 の撮像結果を画像処理することによって、インプリント材 102 の吐出位置を算出する算出手段としての機能を有する。算出された吐出位置に基づいて吐出角度を決定する決定手段としての機能を有する。

【0027】

さらに、決定された吐出角度に基づいて、吐出手段 115 の吐出条件を補正する。吐出条件の補正によって、インプリント材 102 の吐出位置を補正する補正手段としての機能を有する。記憶部 123 は、制御部 122 により読み取り可能なハードディスク（記憶媒体）等で構成される。図 4（後述）、図 11（後述）のフローチャートに示すプログラム、計測に用いる後述の基板 211 の吐出手段 115 との間の距離、ノズル 116 の配置等を記憶している。

10

【0028】

ベース定盤 124 には、基板ステージ 111 が載置される。駆動機構 109 を吊り下げ支持するブリッジ定盤 125 は、ベース定盤 124 に対して支柱 126 を介して設けられている。

【0029】

（吐出位置のずれについて）

図 2 は吐出位置のずれを説明する図である。吐出位置は、基板 101 に対して吐出されたインプリント材 102 が基板 101 に付着した位置である。図 2（a）、図 2（b）の上側の図は、吐出手段 115 を - Z 方向から見た図である。吐出手段 115 が有する複数のノズル 116 のうちの、一部のノズル 116 a、116 b、116 c を示す。図 2（a）、図 2（b）の下側の図は、撮像部 121 で撮像された、基板 101 上におけるインプリント材 102 の吐出位置を示している。

20

【0030】

インプリント処理において、基板ステージ 111 が速度 V_s で - X 方向に移動する間に、固定された吐出手段 115 によってインプリント材 102 が吐出される。

【0031】

X 軸方向に延伸している破線 201 a は、ノズル 116 a の走査軌跡を仮想的に基板 101 上に投影した軌跡である。同様にして破線 201 b はノズル 116 b の、破線 201 c はノズル 116 c の走査軌跡を仮想的に基板 101 上に投影した軌跡である。Y 軸方向に延伸している破線 201_1、201_2、・・・、201_N と破線 201 a との交点は、1 番目～N 番目にノズル 116 a から吐出されたインプリント材 102 の理想的な吐出位置を示している。

30

【0032】

図 2（a）は吐出角度および吐出速度ずれが無い場合の理想的なインプリント材 102 の配置を示している。図 2（b）は、ノズル 116 b およびノズル 116 c からの吐出角度又は吐出速度の少なくとも一方が所定値からずれることで、吐出位置ずれが生じた場合のインプリント材 102 の配置を示す図である。図 2（a）、（b）に示す白丸はノズル 116 a～116 c の吐出口でもある。

【0033】

本実施形態および後続の実施形態において、吐出角度とは、鉛直方向とインプリント材 102 の吐出方向とのなす角のことをいう。本実施形態および後続の実施形態において、吐出速度は、インプリント材 102 が滞空中の速度の積分値を、滞空時間 Δt で除した値に相当する。吐出手段 115 より与えられた初速度と空気抵抗を受けて減速し基板に到達する直前の速度とのずれを補正し、落下中のインプリント材 102 の速度を等速と仮定したためである。

40

【0034】

（吐出角度の計測方法）

第 1 実施形態では、異なる高さを有する段差付きの基板 211 を用いて、ノズル 116 の吐出角度を計測する。XZ 平面内における吐出角度の計測方法について説明する。

【0035】

50

図3は、第1実施形態の吐出角度の計測方法について説明する図である。図3(a)は、モールド103側から-X方向を見た図、図3(b)は、基板211上にインプリント材102を吐出している状態を示す図である。

【0036】

基板211は、段差の高いほうの面である第1領域211aと、段差の低い方の面であり第1領域211aよりも Δh 低い位置の第2領域211bとを含む。基板ステージ111によって、吐出手段115との距離が h_1 となる高さ H_1 (第1の高さ)に第1領域211aは位置決めされる。このとき、吐出手段との距離が h_2 となる高さ H_2 (第2の高さ)に第2領域211bが位置決めされる。吐出手段115と第2領域211bは、距離 $h_2 = h_1 + \Delta h$ で表される。

10

【0037】

吐出角度の算出精度を確保するため、高さ H_1 での吐出位置と高さ H_2 での吐出位置のX軸方向のずれ Δd が数 μm 程度となるように Δh を設定することが好ましい。例えば、 Δh が80~200 μm となるような基板211を使用することが好ましい。

【0038】

図4は、第1実施形態の計測方法を示すフローチャートである。簡易化のため、1つのノズル116からインプリント材102を吐出する場合について説明する。

【0039】

まず、吐出手段115が第1領域211aと対向している第1状態で、吐出手段115は第1領域211aに向けてインプリント材102aを吐出する(S101)。次に、基板ステージ111をX軸方向(所定方向と交差する方向)の位置は固定したままY軸方向(所定方向)に移動させ、吐出手段115を第2領域211bと対向させる(S102)。次に、吐出口が第2領域211bと対向している第2状態で、吐出手段115は第2領域211bに向けてインプリント材102bを吐出する(S103)。

20

【0040】

撮像部121が、第1状態で吐出された基板211上のインプリント材102aと、第2状態で吐出された基板211上のインプリント材102bを撮像する(S104)。撮像部121は、撮像した画像を制御部122に送信する。

【0041】

制御部122は、受信した画像を画像処理して、インプリント材102aの位置とインプリント材102bの位置(それぞれの状態で吐出されたインプリント材の吐出位置)を算出する。インプリント材102a、102bの吐出位置は、例えば、X軸方向の位置およびY軸方向の位置を含んでいる。さらに、制御部122は、インプリント材102aとインプリント材102bのX軸方向における距離 Δd (図3(b)参照)を算出する(S105)。吐出角度を θ とすると、 $\theta \neq 0$ の場合は $\Delta d \neq 0$ となる。

30

【0042】

制御部122は、 Δd 、 Δh を用いて吐出角度を決定する(S106)。 θ を用いて、 $\tan \theta = \Delta d / \Delta h$ が成立する(図3(a)参照)。インプリント材102bが θ の方向に吐出されることにより距離 Δh の落下時にX軸方向にも移動するからである。 θ が微小角であるので $\theta = \Delta d / \Delta h$ を演算することにより、吐出角度を決定することができる。

40

【0043】

Y軸方向に沿って配置された他のノズル116についても、S101~S106の工程を繰り返すことで吐出角度を計測することができる。

【0044】

本実施形態ではインプリント材102a、102bの吐出時に基板ステージ111を静止させているため、ノズル116からの吐出速度が所定値からずれている場合であっても吐出速度の影響は受けずに計測することができる。

【0045】

このように、ノズル116の吐出口と基板101との距離が異なる第1状態および第2

50

状態のそれぞれの状態で吐出された、インプリント材 102 a、102 b の位置に基づいて、それぞれの吐出手段 115 の吐出角度を計測する（決定する）ことができる。吐出手段 115 が基板ステージ 111 の静止状態でインプリント材 102 を吐出するため、吐出速度が所定値からずれを考慮する必要がない。したがってインプリント装置 100 による本計測方法によれば、吐出角度を、吐出速度等の他の吐出特性から分離して計測することができる。

【0046】

具体的には、S102において基板ステージ111をY軸方向に移動させ、X軸方向におけるインプリント材102 a、102 bの位置に基づいて吐出角度を計測している。基板ステージ111を移動させることにより、吐出されたインプリント材102 a、102 bがつながってしまい、制御部122による位置の算出が困難になることを防ぐことができる。これにより、吐出角度を精度良く計測することができる。

10

【0047】

吐出手段115を側方から観察することにより吐出角度を観察するような専用装置を設けることなく、1台のインプリント装置100内で吐出角度を計測できる。これにより、専用装置の設置による設置面積の増加や、吐出手段115を外部に取り出して計測することによるメンテナンスの煩雑性を抑制することができる。

【0048】

（吐出位置ずれの補正方法）

インプリント処理におけるインプリント材102の供給工程では、吐出角度に起因して吐出位置がX軸方向に $(h1 \times \theta)$ ずれる。吐出位置のずれを補正するために、制御部122はインプリント材102を吐出タイミングを補正する。具体的には、制御部122が、吐出角度 $\theta = 0$ のノズルよりも吐出タイミングを $\Delta t = (h1 \times \theta) / Vs$ だけずらす。吐出タイミングをずらすとは、吐出手段115のピエゾ素子に電圧が印加されるタイミングをずらすことである。なお、駆動波形がピエゾ素子に入力される周期は、吐出前の計測角度から変更させないでおく。

20

【0049】

具体的には、吐出方向が-X方向側（基板ステージ111の移動方向側に傾いている場合は、 $(h1 \times \theta) / Vs$ 遅く吐出するように吐出タイミングを補正する。一方、吐出方向が+X方向側（基板ステージ111の移動方向側とは反対方向に傾いている場合は、 $(h1 \times \theta) / Vs$ 早く吐出するように補正する。ノズル116ごとに異なる吐出タイミングを設定して構わない。

30

【0050】

このようにすれば吐出角度に起因する吐出位置のずれを補正して、理想的な位置にインプリント材102を吐出させることができる。

【0051】

〔第2実施形態〕

本実施形態では、基板101が高さH1（第1高さ）に位置決めされた第1状態と、基板101が高さH1とは異なる高さH2（第2高さ）に位置決めされた第2状態とのそれぞれの状態インプリント材102を吐出することにより、吐出角度を計測する。高さH1は、吐出手段115からh1離れた位置であり、高さH2は吐出手段から $h2 = h1 + \Delta h$ 離れた位置である。

40

【0052】

第1実施形態とは、インプリント装置100が基板ステージ111をZ軸方向に位置決め可能であること、記憶部123に図6のフローチャートに示すプログラムが記憶されていることが異なる。図5の吐出角度の計測方法について説明する図と、図6のフローチャートを用いて、第2実施形態にかかる吐出角度の計測方法について説明する。

【0053】

制御部122は、図6のフローチャートに示すプログラムを記憶部123から読み出して実行する。まず、基板101を高さH1に位置決めした状態で、吐出手段115はイン

50

プリント材 102a を吐出する (S201)。基板 101 を X 軸方向に移動させる (S202)。基板ステージ 111 を Z 軸方向に Δh に移動させ、基板 101 を高さ H2 に位置決めする (S203)。次に、吐出手段 115 がインプリント材 102b を吐出する (S204)。S205 ~ S207 は、図 4 の S104 ~ S106 と同じ処理のため、説明を省略する。

【0054】

なお、S202 と S203 は順番が逆でもよい。S202 での移動量は、吐出されたインプリント材 102a とインプリント材 102b 同士が接触しない程度 (例えば 80 ~ 200 μm) に離れていればよい。

【0055】

このように、吐出口と基板 101 との距離が異なる第 1 状態および第 2 状態のそれぞれの状態で基板 211 に吐出された、インプリント材 102a、102b の位置に基づいて、それぞれ吐出手段 115 の吐出角度を計測する (決定する) ことができる。さらに、第 1 実施形態のように段差を有する専用の基板 211 を用いずに吐出角度を計測することができる。第 1 実施形態と同様の理由により、インプリント装置 100 による本計測方法によれば、吐出角度を、吐出速度等の他の吐出特性から分離して計測することができる。

【0056】

吐出手段 115 を側方から観察することにより吐出角度を観察するような専用装置を設けることなく、1 台のインプリント装置 100 内で吐出角度を計測できる。これにより、専用装置の設置による設置面積の増加や、吐出手段 115 を外部に取り出して計測することによるメンテナンスの煩雑性を抑制することができる。

【0057】

吐出角度に起因する吐出位置のずれの補正方法は、第 1 実施形態と同様であるため説明を省略する。

【0058】

[第 3 実施形態]

本実施形態では、第 1 実施形態と同様、基板 211 を用いて、ノズル 116 からのインプリント材 102 の吐出速度を計測する。吐出手段 115 は、基板ステージ 111 が移動している間の、吐出口と基板 211 との距離が異なる第 1 状態および第 2 状態のそれぞれの状態でインプリント材 102 を吐出する。

【0059】

説明の簡易化のため、前述の実施形態で吐出角度を求めた結果が吐出角度 $\theta = 0^\circ$ の場合について説明する。第 1 実施形態とは、インプリント装置 100 の記憶部 123 に図 8 のフローチャートに示すプログラムが記憶されていることが異なる。さらに、制御部 122 は、吐出速度を決定する第 2 決定手段としての機能を有する。

【0060】

図 7 に示す吐出速度の計測方法について説明する図と、図 8 の吐出速度の計測方法を示すフローチャートを用いて説明する。以下の説明において、基板ステージ 111 の移動速度を V_s 、ノズル 205b からのインプリント材 102b、インプリント材 102b' の吐出速度を V とする。

【0061】

吐出手段 115 が第 1 領域 211a と対向している状態で基板ステージ 111 を X 軸方向 (所定方向)、特に - X 方向に速度 V_s で移動させている間に、吐出手段 115 が基板 211 に向けて一定周期でインプリント材 102 を吐出する (S301)。

【0062】

吐出は、複数のノズルのうち、少なくともノズル 205a、205b を介して同時に行われる。時刻 t では、ノズル 205a は第 1 領域 211a 上にインプリント材 102a を、ノズル 205b は第 1 領域 211a にインプリント材 102b を吐出する。時刻 t' では、ノズル 205a は第 1 領域 211a 上にインプリント材 102a' を、ノズル 205b は第 2 領域 211b にインプリント材 102b' を吐出する。

【0063】

撮像部121が、基板211上のインプリント材102a、102a'、102b、102b'を撮像する(S302)。撮像部121は、撮像した画像を制御部122に送信する。

【0064】

制御部122は、受信した画像を画像処理して、インプリント材102a、102a'、102b、102b'の位置をそれぞれ求める。さらに、制御部122は、インプリント材102aとインプリント材102bのX軸方向の距離 Δx を求める(S303)。ここで Δx は、ノズル205aとノズル205bのX軸方向の配置位置のずれと、ノズル205aの吐出速度とノズル205bの吐出速度の違いによる吐出位置のずれとの影響とを含む量である。

10

【0065】

次に、制御部122は、第2領域211bに吐出されたインプリント材102a'とインプリント材102b'の、X軸方向の距離 Δds を求める(S304)。

【0066】

次に、制御部122は、段差の高さ Δh の影響による吐出位置のずれを算出する。具体的には、 $\Delta ds' = \Delta ds - \Delta x$ を計算して $\Delta ds'$ を算出する(S305)。これにより、ノズル205aとノズル205bのX軸方向の配置位置ずれの影響とノズル205aの吐出速度の影響とを除去している。

【0067】

20

最後に、制御部122はノズル205bの吐出速度 V を求める(S306)。インプリント材102b'が距離 Δh の落下する際に要する時は Δt は $\Delta t = \Delta h / V$ で表される。また Δt の間に基板211が速度 Vs で進むため、 $\Delta t = \Delta ds' / Vs$ でもある。この2式を用いて、 $V = (\Delta h \times Vs) / \Delta ds'$ を計算することによって吐出速度 V を求めることができる。

【0068】

同様の方法で吐出手段115と基板211の相対位置をY軸方向にずらしながら計測することで、第2領域211bと対向可能な位置にある各ノズル116の吐出速度 V を求めることができる。

【0069】

30

前述の実施形態で吐出角度を計測した結果が吐出角度 θ がXZ平面内で $\theta \neq 0^\circ$ の場合は、吐出手段115からの距離が $h1$ の基板101に吐出する際に、吐出位置が $\theta \times h1$ ずれることを考慮して $\Delta ds'$ および吐出速度 V を算出することが好ましい。

【0070】

よって、第1状態および第2状態のそれぞれの状態で基板211に吐出された、インプリント材102a、102a'、102b、102b'の位置に基づいて、吐出手段115の吐出速度を計測する(決定する)ことができる。吐出手段115を側方から観察することにより吐出速度を観察するような専用装置を設けることなく、1台のインプリント装置100内で吐出速度を計測できる。これにより、専用装置の設置による設置面積の増加や、吐出手段115を外部に取り出して計測することによるメンテナンスの煩雑性を抑制することができる。

40

【0071】

S305とS304の工程は可逆である。また、 Δx はノズル205aとノズル205bの位置を実測することにより求めてもよい。

【0072】

(吐出位置ずれの補正方法)

インプリント処理におけるインプリント材102の供給工程では、吐出速度が所定の速度 $V0$ から速度 V になった場合、インプリント材102の滞空時間が変化することにより吐出位置が所定の位置からずれる。吐出位置のずれは、制御部122が吐出手段115のインプリント材102の吐出タイミングを補正することにより補正できる。

50

【 0 0 7 3 】

吐出手段 1 1 5 と基板 1 0 1 との距離が h_1 の状態でインプリント材 1 0 2 を供給する場合、速度 V_0 のときの滞空時間 Δt_0 は $\Delta t_0 = h_1 / V_0$ であり、速度 V のときの滞空時間 Δt は $\Delta t = h_1 / V$ である。したがって、速度 $V < V_0$ の場合は、吐出タイミングを $|\Delta t - \Delta t_0| = h_1 \times (V - V_0) / (V \times V_0)$ だけ早くし、速度 $V > V_0$ の場合は、吐出タイミングを $h_1 \times (V - V_0) / (V \times V_0)$ だけ遅くする。

【 0 0 7 4 】

あるいは、制御部 1 2 2 は、吐出タイミングを補正するのではなく、ノズル 1 1 6 の吐出速度が速度 V_0 に近づくように駆動波形を変更してもよい。この際ノズル 1 1 6 ごとに異なる吐出タイミングや駆動波形を設定して構わない。

10

【 0 0 7 5 】

このようにして、制御部 1 2 2 は、吐出速度に起因する吐出位置のずれを補正して、理想的な位置にインプリント材 1 0 2 を吐出させることができる。

【 0 0 7 6 】

〔 第 4 実施形態 〕

本実施形態では、基板 1 0 1 が高さ H_1 に位置決めされた状態と、基板 1 0 1 が高さ H_2 に位置決めされた状態とのそれぞれの状態においてインプリント材 1 0 2 を吐出することで、吐出速度を計測する。

【 0 0 7 7 】

第 1 実施形態とは、インプリント装置 1 0 0 の基板ステージ 1 1 1 が基板 1 0 1 を Z 軸方向に位置決め可能であること、記憶部 1 2 3 に図 1 0 のフローチャートに示すプログラムが記憶されていることが異なる。制御部 1 2 2 は、吐出速度を決定する第 2 決定手段としての機能を有する。

20

【 0 0 7 8 】

図 9 の吐出速度の計測方法について説明する図と、図 1 0 の計測方法を示すフローチャートを用いて、以下説明する。図 9 には Y 軸方向に沿って配置された 6 つのノズル 1 1 6 が図示されているが、簡易化のため、そのうちの 1 つのノズル 2 0 5 の吐出速度の計測方法を説明する。なお、前述の実施形態で吐出角度を求めた結果、吐出角度 $\theta = 0^\circ$ であった場合について説明する。

【 0 0 7 9 】

基板 1 0 1 を高さ H_1 で - X 方向に速度 V_s で移動させている間に、ノズル 2 0 5 から一定周期でインプリント材 1 0 2 を吐出する (S 4 0 1)。このとき、インプリント材 1 0 2 a を吐出し始めた瞬間の、ノズル 2 0 5 と基板 1 0 1 との相対位置を記憶しておく。

30

【 0 0 8 0 】

基板ステージ 1 1 1 を Z 軸方向に Δh に移動させ、基板 1 0 1 を高さ H_2 に位置決めする (S 4 0 2)。Z 軸方向以外を除き、S 4 0 1 の工程で記憶した相対位置になるように、基板ステージ 1 1 1 を X Y 方向に移動させる (S 4 0 3)。

【 0 0 8 1 】

再び、基板ステージ 1 1 1 を高さ H_2 で - X 方向に速度 V_s で移動させている間に、ノズル 2 0 5 から一定周期でインプリント材 1 0 2 を吐出する (S 4 0 4)。

40

【 0 0 8 2 】

撮像部 1 2 1 が、基板 1 0 1 上のインプリント材 1 0 2 a とインプリント材 1 0 2 b を撮像する (S 4 0 5)。撮像部 1 2 1 は、撮像した画像を制御部 1 2 2 に送信する。

【 0 0 8 3 】

制御部 1 2 2 は、受信した画像を画像処理することによって、インプリント材 1 0 2 a とインプリント材 1 0 2 b の位置を求める。さらに、インプリント材 1 0 2 a とインプリント材 1 0 2 b の X 軸方向の距離 Δd_{s1} (図 9 (b) 参照) を算出する (S 4 0 6)。

【 0 0 8 4 】

Δd_{s1} を用いて、制御部 1 2 2 は吐出速度を算出する。吐出速度は、 $V = (\Delta h \times V_s) / \Delta d_{s1}$ を演算することで求めることができる。同様に $\Delta d_{s2} \sim \Delta d_{s6}$ を

50

求めることにより、ノズル 205 以外の各ノズル 116 の吐出速度を求めることができる。

【0085】

このように、吐出手段 115 と基板 101 との距離が異なるそれぞれの状態で基板 101 に吐出された、インプリント材 102a、102a'、102b、102b' の位置に基づいて、それぞれのノズル 1 の吐出速度を計測することができる。

【0086】

さらに、1つのノズル 205 のみを用いてノズル 205 の吐出速度を算出可能であるため、第3実施形態の Δx の算出工程のように、算出計測対象外の参照のノズル 116 との関係性を考慮する必要が無い点で好ましい。

10

【0087】

吐出手段 115 を側方から観察することにより吐出速度を観察するような専用装置を設けることなく、1台のインプリント装置 100 内で吐出速度を計測できる。これにより、専用装置の設置による設置面積の増加や、吐出手段 115 を外部に取り出して計測することによるメンテナンスの煩雑性を抑制することができる。

【0088】

S401 と S403 で吐出周期を同じにしておくことが好ましい。高さ H1 と高さ H2 とで、1～N 回目に着弾したインプリント材 102a とインプリント材 102b との位置ずれを複数求めて Δds の平均値を算出すれば、精度良く Δds を求めることができる。

20

【0089】

前述の実施形態で吐出角度を計測した結果、吐出角度 θ が XZ 平面内で $\theta \neq 0^\circ$ であった場合は、吐出手段 115 からの距離が h1 の基板 101 に吐出する際に、吐出位置が $\theta \times h1$ ずれることを考慮して $\Delta ds'$ および吐出速度 V を算出することが好ましい。

【0090】

Δds が小さく、インプリント材 102a とインプリント材 102b が接触してしまう場合は、S401 と S403 とを別の基板 101 を用いても良い。

【0091】

吐出速度に起因する吐出位置のずれの補正方法は、第3実施形態と同様であるため説明を省略する。

30

【0092】

以上説明した第1～第2実施形態によれば、インプリント装置 100 は吐出手段 115 の吐出角度を他の吐出特性から分離して計測することができる。さらに、第3～第4実施形態によれば、インプリント装置 100 は吐出手段 115 の吐出速度を計測することもできる。さらに、制御部 122 は、吐出手段 115 の吐出条件を補正することで、インプリント材 102 を目標位置に吐出することができる。制御部 122 が決定した吐出角度、制御部 122 が決定した吐出速度の少なくとも一方に基づいて、制御部 122 は吐出条件を補正してもよい。これにより、インプリント材 102 の吐出位置を補正できる。

【0093】

[インプリント方法]

40

本発明の一実施形態にかかるインプリント方法を図 11 に示す。吐出角度を計測する工程 (S501) と、吐出位置ずれを補正するようにインプリント材 102 の吐出タイミングを補正する工程 (S502) と、インプリント処理をする工程 (S503～S506) とを含む。S501 の工程は例えば、第1、第2実施形態で述べた通りである。

【0094】

インプリント処理の工程について説明する。吐出位置ずれを補正できるように、S502 で決定された吐出タイミングでインプリント材 102 をパターン領域 120 に供給する (S503)。次に、供給されたインプリント材 102 に対してパターン部 103a を押し付ける (S504)。次にインプリント材 102 を紫外線 105 により硬化させ (S505)、最後にパターン部 103a をインプリント材 102 から引き離す (S506)。

50

これにより、S 4 0 1 や S 4 0 2 の工程を実行しない場合に比べて、欠陥の少ない転写パターンを形成することができる。

【 0 0 9 5 】

[その他の実施形態]

前述の各実施形態に共通する、その他の実施形態について説明する。

【 0 0 9 6 】

制御部 1 2 2 は、吐出条件として、吐出手段 1 1 5 の吐出手段に印加する電圧の駆動波形を補正してもよい。電圧を補正することで吐出速度を補正することができる。あるいは、吐出角度および吐出速度を両方とも補正することで、インプリント材 1 0 2 の吐出位置を補正してもよい。

10

【 0 0 9 7 】

撮像部 1 2 1 を用いてインプリント材 1 0 2 の吐出された位置を計測する前に、基板 1 0 1 に紫外線 1 0 5 を照射してインプリント材 1 0 2 を硬化させてしまうことが好ましい。制御部 1 2 2 による画像処理の際に、インプリント材 1 0 2 の位置検出の精度を向上させることができる。

【 0 0 9 8 】

基板 2 1 1 は、同一物体に第 2 領域 2 1 1 b 分の掘り込みを形成した基板であっても良いし、適宜複数の合体させることで形成した基板であってもよい。

【 0 0 9 9 】

制御部 1 2 2 は、計測して得られた吐出角度と閾値角度 θ' 、あるいは計測して得られた吐出速度と閾値速度 V' とを比較してもよい。比較した結果、計測して得られた吐出角度が θ' より大きい場合や計測して得られた吐出速度が閾値速度 V' より大きい場合に、吐出手段 1 1 5 の交換時期であることをユーザに知らせることが好ましい。

20

【 0 1 0 0 】

第 1、第 2、第 4 実施形態では、吐出手段 1 1 5 と基板 1 0 1 (2 1 1) との距離が異なる状態で吐出された、少なくとも 2 か所のインプリント材 1 0 2 の位置が計測できればよい。第 3 実施形態では、吐出手段 1 1 5 と基板 2 1 1 との距離が異なるそれぞれの状態で 2 つのノズルから 1 つずつ吐出された、少なくとも 4 か所のインプリント材 1 0 2 の位置が計測できればよい。

【 0 1 0 1 】

30

第 1、第 3 の実施形態において、インプリント材 1 0 2 の吐出工程は、基板ステージ 1 1 1 を移動させながら行ってもよい。この場合、制御部 1 2 2 は基板ステージ 1 1 1 の移動により吐出位置がずれることを考慮して Δd や Δd_s を算出する。

【 0 1 0 2 】

制御部 1 2 2 は、インプリント装置 1 0 0 の他の構成要素と共通の筐体内に設置されてもよいし、筐体外に設置されてもよい。また、制御部 1 2 2 は、制御対象物や、機能（本発明の算出手段としての機能、決定手段としての機能、補正手段としての機能）毎に異なる制御基板の集合体であってもよい。

【 0 1 0 3 】

インプリント材 1 0 2 として、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（未硬化状態の組成物を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、放射線、熱等が用いられる。電磁波としては、例えば、その波長が 1 0 n m 以上 1 m m 以下の範囲から選択される、赤外線、可視光線、紫外線などの光である。

40

【 0 1 0 4 】

硬化性組成物は、光や放射線の照射により、あるいは、加熱により硬化する組成物である。このうち、光により硬化する光硬化性組成物は、重合性化合物と光重合開始剤とを少なくとも含有し、必要に応じて非重合性化合物又は溶剤を含有してもよい。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。

50

【 0 1 0 5 】

インプリント材 1 0 2 は、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付与されてもよい。インプリント材 1 0 2 の粘度（ 2 5 における粘度）は、例えば、 $1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以上 $1 0 0 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以下である。

【 0 1 0 6 】

〔物品の製造方法〕

インプリント装置 1 0 0 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。

【 0 1 0 7 】

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。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。

10

【 0 1 0 8 】

硬化物のパターンを一時的に用いる場合、基板に対する加工工程とし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。さらに、他の周知の加工工程（現像、酸化、成膜、蒸着、平坦化、インプリント材剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等）を施してもよい。

20

【 0 1 0 9 】

以上、本発明の好ましい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および変更が可能である。

【符号の説明】

【 0 1 1 0 】

1 0 0 インプリント装置

1 0 1、2 1 1 基板

1 0 2、1 0 2 a、1 0 2 a'、1 0 2 b、1 0 2 b' インプリント材

1 0 3 型

30

1 1 1 基板ステージ（移動手段）

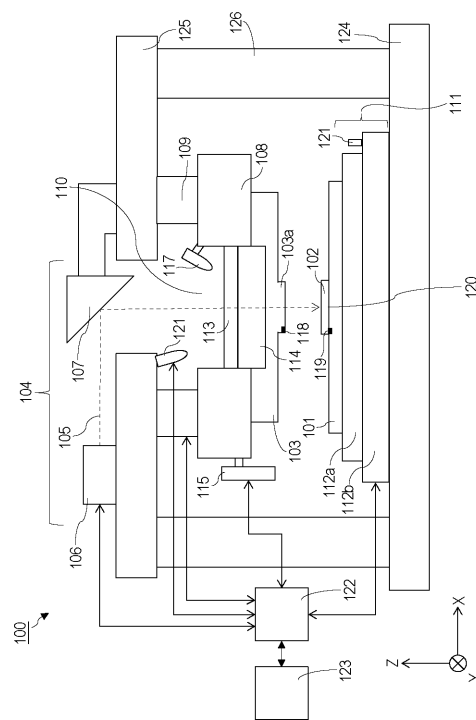
1 1 5 吐出手段

1 1 6 ノズル

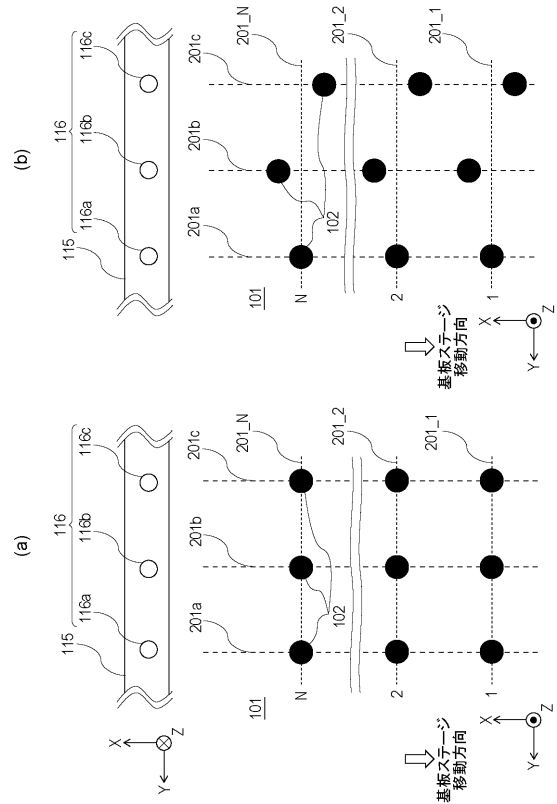
1 2 1 撮像部（取得手段）

1 2 2 制御部（取得手段、決定手段）

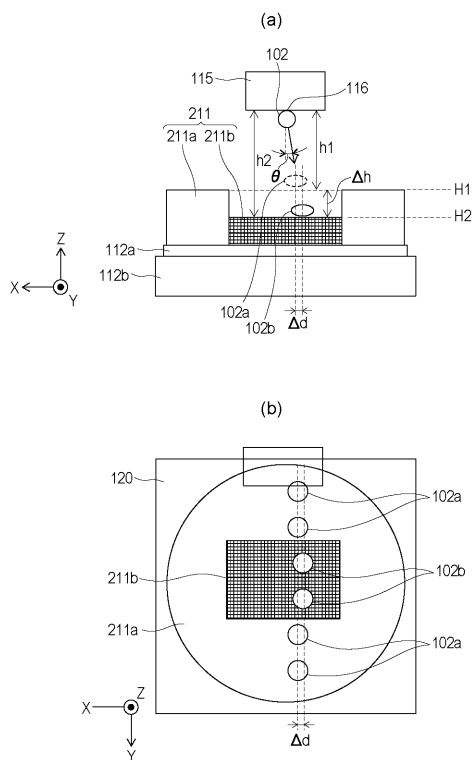
【図 1】



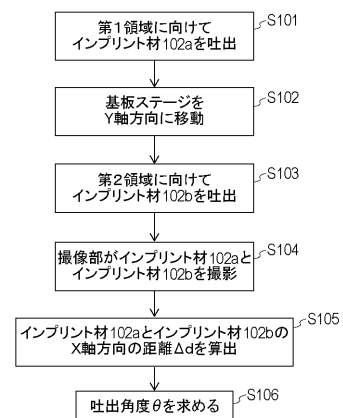
【図 2】



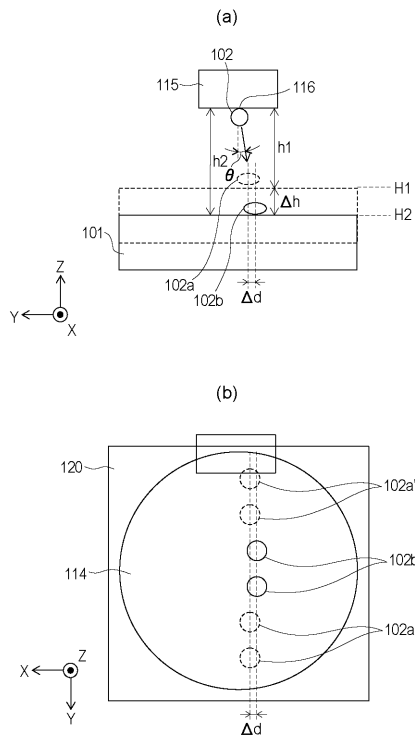
【図 3】



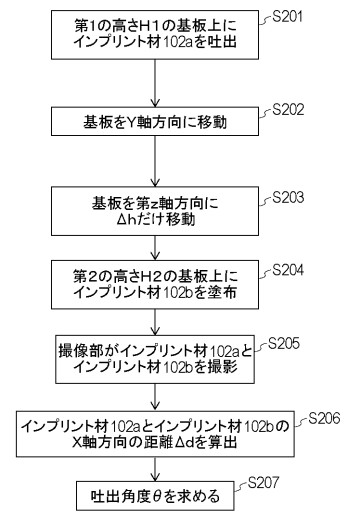
【図 4】



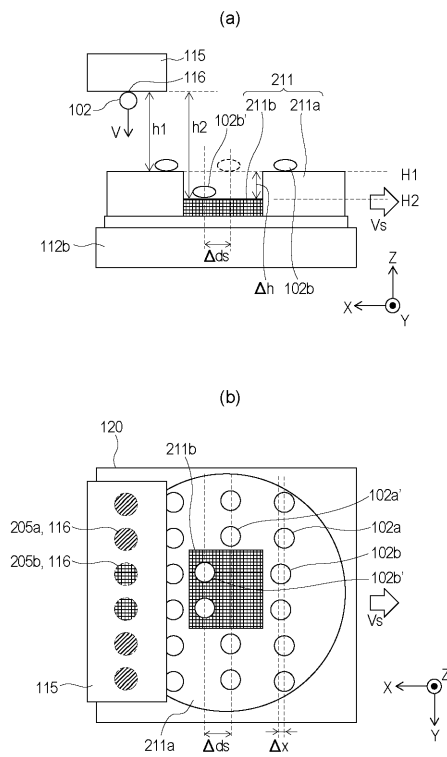
【図 5】



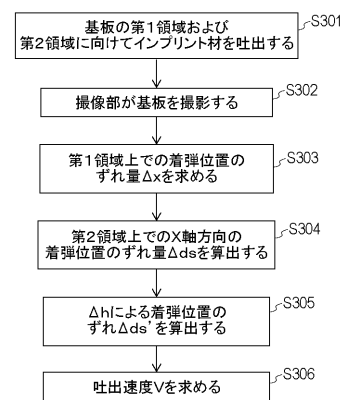
【図 6】



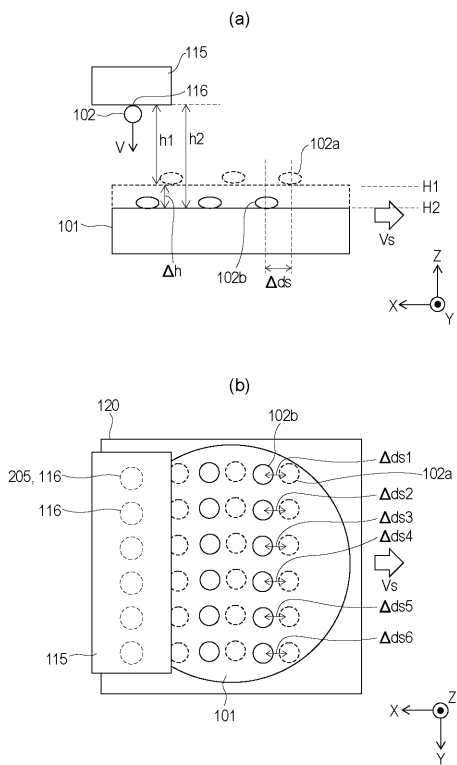
【図 7】



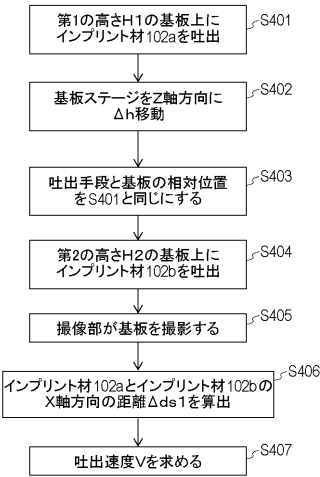
【図 8】



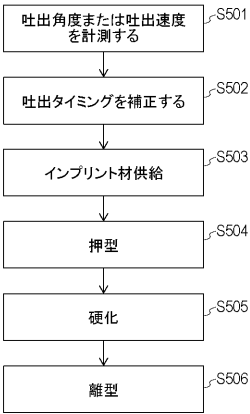
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2015 - 179771 (JP, A)
特開 2011 - 192917 (JP, A)
特開 2012 - 011310 (JP, A)
米国特許出願公開第 2014 / 0199472 (US, A1)
米国特許出願公開第 2011 / 0177249 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21 / 027
21 / 30
21 / 46