

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5173311号
(P5173311)

(45) 発行日 平成25年4月3日(2013.4.3)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(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 N M Z

請求項の数 16 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2007-208266 (P2007-208266)	(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
(22) 出願日	平成19年8月9日(2007.8.9)	(74) 代理人	100105289 弁理士 長尾 達也
(65) 公開番号	特開2009-43998 (P2009-43998A)	(72) 発明者	未平 信人 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
(43) 公開日	平成21年2月26日(2009.2.26)	(72) 発明者	関 淳一 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
審査請求日	平成22年8月2日(2010.8.2)	(72) 発明者	奥島 真吾 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】 インプリント方法、インプリント装置および半導体製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に設けられた未硬化樹脂を、モールドと該基板との間に充填して硬化させ、該モールドの加工面に形成されたパターンをインプリントするインプリント方法であって、前記モールドにおける第1の端部の前記基板に対する間隔と、前記モールドにおける第2の端部の前記基板に対する間隔とを、異なる間隔として前記モールドを前記基板に配置する第1の工程と、

前記モールドまたは/および前記基板を移動させることで、前記未硬化樹脂を、前記モールドの前方の端部より外側から前記モールドと前記基板との間に流入させて前記モールドと前記基板の間に充填する第2の工程と、

前記モールドまたは/および前記基板の姿勢を制御し、前記モールドにおける第1の端部の前記基板に対する間隔と、前記モールドにおける第2の端部の前記基板に対する間隔とを前記第1の工程により配置された間隔とは異なる間隔にする第3の工程と、

を有し、

前記第2の工程では、前記モールドの前方の端部の少なくとも一部と前記未硬化樹脂とを接触させた状態で前記モールドまたは/および前記基板を移動させることを特徴とするインプリント方法。

【請求項2】

前記第3の工程において、前記モールドにおける第1の端部の前記基板に対する間隔と、前記モールドにおける第2の端部の前記基板に対する間隔とを等しくすることを特徴と

する請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 3】

前記第 1 の工程が、前記第 1 の端部を前記モールドの前方の端部とし、前記第 2 の端部を前記モールドの前方の端部に対する後方の端部とすると共に、

前記第 1 の端部と前記基板の間隔を、前記第 2 の端部と前記基板の間隔よりも狭い間隔として、前記モールドを前記基板に配置する工程を含むことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のインプリント方法。

【請求項 4】

前記モールドが、前記移動させる際の進行方向側から見て、仰角となるように配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載のインプリント方法。

10

【請求項 5】

前記基板が、前記移動させる際の進行方向側から見て、伏角となるように配置されていることを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載のインプリント方法。

【請求項 6】

前記モールドの法線ベクトルを、

$$\vec{n}_1$$

前記基板の法線ベクトルを、

$$\vec{n}_2$$

20

前記モールドと前記基板を所定の間隔にしたときのモールドの法線ベクトルを

$$\vec{n}_3$$

としたときに、以下の関係を満たすように、前記モールドと前記基板を制御することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のインプリント方法。

30

$$(\vec{n}_1 \times \vec{n}_2) \cdot \vec{n}_3 = 0$$

【請求項 7】

前記基板の複数の領域をインプリントする際に、該インプリントされる領域毎に回転運動と並進運動を繰り返してインプリントすることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のインプリント方法。

【請求項 8】

前記第 1 の工程が、前記第 1 の端部を前記モールドの前方の端部と該モールドの前方の端部に対する後方の端部とを繋ぐ前記モールドにおける一方の横の辺とし、前記第 2 の端部を該一方の横の辺に対する他方の横の辺とすると共に、

40

前記第 1 の端部と前記基板の間隔を、前記第 2 の端部と前記基板の間隔よりも狭い間隔として前記モールドを前記基板に配置する工程を含む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 9】

前記第 1 の工程が、前記第 1 の端部を前記横の辺と前記前方の端部とが交わる一方の点とし、第 2 の端部を該一方の点と対角にある他方の点とすると共に、

前記第 1 の端部と前記基板の間隔を最も狭い間隔とし、前記第 2 の端部と前記基板の間隔を最も広い間隔として、前記モールドを前記基板に配置する工程を含むことを特徴とす

50

る請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 1 0】

前記基板の複数の領域をインプリントするに際し、前記第 1 の端部を既にインプリントされた側とし、前記第 2 の端部を未硬化樹脂の側とすることを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載のインプリント方法。

【請求項 1 1】

前記第 2 の工程では、前記未硬化樹脂を塗布しながら前記モールドの前方の端部の少なくとも一部と前記未硬化樹脂とを接触させた状態で前記モールドまたはノおよび基板を移動させることで、

前記未硬化樹脂を、前記モールドの前方の端部より外側から前記モールドと前記基板との間に流入させて、前記モールドと前記基板の間に充填することを特徴とする請求項 1 から 1 0 のいずれか 1 項に記載のインプリント方法。

10

【請求項 1 2】

前記樹脂の塗布に際し、前記モールドと前記基板の相対的な位置変化におけるそれらの間に存在する空間の変化に伴い、前記樹脂の塗布量の制御を行うことを特徴とする請求項 1 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 1 3】

前記樹脂の塗布量の制御に際し、該樹脂の塗布量を、モールドの長さ、モールドと水平面の角度、基板と水平面の角度、モールドおよび基板の最短距離、モールドの速度、経過時間、に基づいて計算することを特徴とする請求項 1 2 に記載のインプリント方法。

20

【請求項 1 4】

前記第 2 の工程と前記第 3 の工程とが、同時に行われることを特徴とする請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載のインプリント方法。

【請求項 1 5】

基板上に設けられた未硬化樹脂を、モールドと該基板との間に充填して硬化させ、該モールドの加工面に形成されたパターンをインプリントするインプリント装置であって、

前記モールドにおける第 1 の端部の前記基板に対する間隔と、前記モールドにおける第 2 の端部の前記基板に対する間隔とを、異なる間隔として前記モールドを前記基板に配置する姿勢制御機構と、

前記モールドおよび前記基板の姿勢および位置を計測する計測機構と、

30

前記モールドまたはノおよび前記基板を移動させることで、前記未硬化樹脂を、前記モールドの前方の端部より外側からモールドと基板との間に流入させて前記モールドと前記基板の間に充填する充填機構と、

を有し、

前記充填機構は、前記モールドの前方の端部の少なくとも一部と前記未硬化樹脂とを接触させた状態で前記モールドまたはノおよび前記基板を移動させることを特徴とするインプリント装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載のインプリント方法、または、請求項 1 5 に記載のインプリント装置、を用いてモールドのパターンを基板上の未硬化樹脂にインプリントする工程を有することを特徴とする半導体製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モールドの形状を被加工部材に転写して加工するためのインプリント方法、インプリント装置および半導体製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、非特許文献 1 に紹介されているように、モールド上の微細な構造を半導体、ガラス、樹脂や金属等の基板に転写する微細加工技術が開発され注目を集めている。

50

これらの技術は、数ナノメートルオーダーの分解能を持つためナノインプリントあるいはナノエンボッシングなどと呼ばれている。

半導体に加え、フォトニッククリスタル等の光学素子、 μ -TAS (Micro Total Analysis System)、バイオチップの製造技術として幅広い分野への応用が期待されている。

【0003】

このようなナノインプリントのうち、光インプリント方式を半導体製造技術に用いる場合について以下に説明する。

まず、基板（例えばシリコン基板）上に光硬化樹脂からなる層を形成する。

次に、樹脂層に所定の凹凸構造が形成されたモールドを押し当てる。

次に、UV光を照射することで光硬化樹脂を硬化させる。これにより樹脂層に凹凸構造が転写される。

この樹脂層をマスクとしてエッチング等を行い、基板へ凹凸構造が転写される。

【0004】

このような半導体製造においては、高スループットが要求される。例えば、現行の光露光装置では1時間あたり100枚の基板を処理する場合に、一枚あたりに割り当てられる時間は数十秒である。

更に、基板一枚に100個のチップの領域がある場合、1個のチップあたり1秒以下で処理を行わなければならない。

【0005】

従来において、特許文献1のインプリント装置では、チップごとにモールドと基板の位置合わせを行うダイバイダイ方式、ディスペンサにより樹脂を分散して塗布する方式が開示されている。

現在のインプリント装置では、1個のチップあたり数秒～数十秒程度かかり、基板の1時間あたりの処理能力は数枚となっている。

【非特許文献1】Stephan Y. Chou et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 67, Issue 21, pp. 3114 - 3116 (1995)

【特許文献1】米国特許第6,696,220号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、特許文献1のインプリント装置では、上記したようにダイバイダイ方式によってチップごとにモールドと基板の位置合わせが行なわれ、またディスペンサにより樹脂を分散して塗布する方式が採られている。

そのため、上記従来例のものでは位置合わせや、樹脂の塗布などに時間を要することとなる。

このような時間の短縮化を図るため、半導体の露光装置で活用されている、数個のチップの位置計測データを用いてステージ制御を行うグローバルアライメント方式を利用した位置合わせや、スピコートなどの塗布方式を適用することも考えられる。

【0007】

しかしながら、ナノインプリントにおいては、更に、つぎのような理由による課題を有している。

すなわち、モールドと基板とを数十ナノメートル～数百ナノメートルの間隔にしてインプリントする必要があり、モールドと基板とを所定の間隔に位置合わせを行うために時間を要することとなる。

また、位置合わせされたモールドにより、基板に塗布された樹脂にインプリントする際に、樹脂を所定の厚さにするためには樹脂の拡散を待つ必要があり、そのため時間を要することとなる。

なお、今日では、一方において、低粘度の樹脂などが開発されてきているが、このような樹脂の特性を活用し、樹脂の充填時間を短縮することが可能となるインプリント方法の実

10

20

30

40

50

現が希求されている。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記課題を踏まえ、樹脂を所定の厚さにするために樹脂の拡散を短縮して樹脂を充填することが可能となるインプリント方法、インプリント装置および半導体製造方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記課題を解決するため、次のように構成したインプリント方法、インプリント装置および半導体製造方法を提供するものである。

本発明のインプリント方法は、基板上に設けられた未硬化樹脂を、モールドと該基板との間に充填して硬化させ、該モールドの加工面に形成されたパターンをインプリントするインプリント方法であって、

前記モールドにおける第 1 の端部の前記基板に対する間隔と、前記モールドにおける第 2 の端部の前記基板に対する間隔とを、異なる間隔として前記モールドを前記基板に配置する第 1 の工程と、

前記モールドまたは / および前記基板を移動させることで、前記未硬化樹脂を、前記モールドの前方の端部より外側から前記モールドと前記基板との間に流入させて前記モールドと前記基板の間に充填する第 2 の工程と、

前記モールドまたは / および前記基板の姿勢を制御し、前記モールドにおける第 1 の端部の前記基板に対する間隔と、前記モールドにおける第 2 の端部の前記基板に対する間隔とを前記第 1 の工程により配置された間隔とは異なる間隔にする第 3 の工程と、

を有し、

前記第 2 の工程では、前記モールドの前方の端部の少なくとも一部と前記未硬化樹脂とを接触させた状態で前記モールドまたは / および前記基板を移動させることを特徴とする

。また、本発明のインプリント方法は、

前記第 3 の工程において、前記モールドにおける第 1 の端部の前記基板に対する間隔と、前記モールドにおける第 2 の端部の前記基板に対する間隔とを等しくすることを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記第 1 の工程が、前記第 1 の端部を前記モールドの前方の端部とし、前記第 2 の端部を前記モールドの前方の端部に対する後方の端部とすると共に、

前記第 1 の端部と前記基板の間隔を、前記第 2 の端部と前記基板の間隔よりも狭い間隔として、前記モールドを前記基板に配置する工程を含むことを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記モールドが、前記移動させる際の進行方向側から見て、仰角となるように配置されていることを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記基板が、前記移動させる際の進行方向側から見て、伏角となるように配置されていることを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、

前記モールドの法線ベクトルを、

$$\vec{n}_1$$

【 0 0 1 0 】

前記基板の法線ベクトルを、

$$\vec{n}_2$$

【 0 0 1 1 】

前記モールドと前記基板を所定の間隔にしたときのモールドの法線ベクトルを

10

20

30

40

50

$$\vec{n}_3$$

【 0 0 1 2 】

としたときに、以下の関係を満たすように、前記モールドと前記基板を制御することを特徴とする。

$$\left(\vec{n}_1 \times \vec{n}_2 \right) \cdot \vec{n}_3 = 0$$

10

【 0 0 1 3 】

また、本発明のインプリント方法は、前記基板の複数の領域をインプリントする際に、該インプリントされる領域毎に回転運動と並進運動を繰り返してインプリントすることを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、

前記第 1 の工程が、前記第 1 の端部を前記モールドの前方の端部と該モールドの前方の端部に対する後方の端部とを繋ぐ前記モールドにおける一方の横の辺とし、前記第 2 の端部を該一方の横の辺に対する他方の横の辺とすると共に、

20

前記第 1 の端部と前記基板の間隔を、前記第 2 の端部と前記基板の間隔よりも狭い間隔として前記モールドを前記基板に配置する工程を含むことを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、

前記第 1 の工程が、前記第 1 の端部を前記横の辺と前記前方の端部とが交わる一方の点とし、第 2 の端部を該一方の点と対角にある他方の点とすると共に、

前記第 1 の端部と前記基板の間隔を最も狭い間隔とし、前記第 2 の端部と前記基板の間隔を最も広い間隔として、前記モールドを前記基板に配置する工程を含むことを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記基板の複数の領域をインプリントするに際し、前記第 1 の端部を既にインプリントされた側とし、前記第 2 の端部を未硬化樹脂の側とすることを特徴とする。

30

また、本発明のインプリント方法は、前記第 2 の工程では、前記未硬化樹脂を塗布しながら前記モールドの前方の端部の少なくとも一部と前記未硬化樹脂とを接触させた状態で前記モールドまたはノおよび基板を移動させることで、

前記未硬化樹脂を、前記モールドの前方の端部より外側から前記モールドと前記基板との間に流入させて、前記モールドと前記基板の間に充填することを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記樹脂の塗布に際し、前記モールドと前記基板の相対的な位置変化におけるそれらの間に存在する空間の変化に伴い、前記樹脂の塗布量の制御を行うことを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記樹脂の塗布量の制御に際し、該樹脂の塗布量を、モールドの長さ、モールドと水平面の角度、基板と水平面の角度、モールドおよび基板の最短距離、モールドの速度、経過時間、に基づいて計算することを特徴とする。

40

また、本発明のインプリント方法は、前記第 2 の工程と前記第 3 の工程とが、同時に行われることを特徴とする。

また、本発明のインプリント装置は、基板上に設けられた未硬化樹脂を、モールドと該基板との間に充填して硬化させ、該モールドの加工面に形成されたパターンをインプリントするインプリント装置であって、

前記モールドにおける第 1 の端部の前記基板に対する間隔と、前記モールドにおける第 2 の端部の前記基板に対する間隔とを、異なる間隔として前記モールドを前記基板に配置する姿勢制御機構と、

50

前記モールドおよび前記基板の姿勢および位置を計測する計測機構と、
前記モールドまたは／および前記基板を移動させることで、前記未硬化樹脂を、前記モールドの前方の端部より外側からモールドと基板との間に流入させて前記モールドと前記基板の間に充填する充填機構と、

を有し、

前記充填機構は、前記モールドの前方の端部の少なくとも一部と前記未硬化樹脂とを接触させた状態で前記モールドまたは／および前記基板を移動させることを特徴とする。

また、本発明の半導体製造方法は、上記いずれかに記載のインプリント方法、または、上記インプリント装置、を用いてモールドのパターンを基板上の未硬化樹脂にインプリントする工程を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、樹脂を所定の厚さにするために樹脂の拡散を短縮して樹脂を充填することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

つぎに、本発明の実施の形態における基板上に設けられた未硬化樹脂を、モールドと該基板との間に充填して硬化させ、該モールドの加工面に形成されたパターンをインプリントするインプリント方法について説明する。

本実施形態においては、本発明のインプリント方法の一例として、モールドが基板に対して平行でない状態を保ちながら、モールドや基板の面内方向の位置を変化させることによって、モールドと基板の間に樹脂を充填するインプリント方法について説明する。

20

【0016】

図1に、上記本実施形態のインプリント方法における各工程を説明するフローチャートを示す。

本実施形態のインプリント方法は、つぎのように実施される。

(1) 図1に示すように、まず、インプリントの工程を開始し、基板を基板保持部にロードする(S1-1)。なお、モールドは予め配置されている。

(2) 次に、モールドに対する基板の位置計測を行なう(S1-2)。

以後の各工程においては、ここで計測した結果を元にステージの精度を利用してインプリントを行うグローバルアライメント方式を前提に説明する。

30

(3) まず、インプリントの第1の工程において、モールドおよび基板のステージを動かし、モールドを基板に対して所定の位置に配置する(S1-3)。

この時、モールドの第1の端部に対する基板の間隔が、第2の端部に対する基板の間隔と異なるように配置する。この状況では、モールドと基板の間には、硬化後の樹脂および気体が存在する。

(4) 次に、インプリントの第2の工程において、前記基板上の未硬化樹脂が設けられた側に移動させ、その進行方向側から見て前記モールドの前方の端部より外側から、樹脂をモールドと基板の間に流入させる(S1-4)。

この過程において、モールドまたは／および基板を移動させる。これによりモールドまたは／および基板が相対的な位置変化をするとともにモールドと基板の間に樹脂が充填される。

40

(5) 次に、インプリントの第3の工程において、モールドまたは／および基板を回転させ、第1の端部に対する基板の間隔が、第2の端部に対する基板の間隔を第1の工程により配置された間隔とは異なる間隔にする。例えば、モールドにおける第1の端部の基板に対する間隔と、モールドにおける第2の端部の基板に対する間隔とを等しくする(S1-5)。

(6) 次の工程において、UV光を照射し、光硬化樹脂を硬化させる(S1-6)。

(7) 次の工程において、モールドおよび基板のステージ制御によってモールドを基板から離す(S1-7)。

50

(8) 次の工程において、基板上の全ての領域においてインプリントが終了しているかどうかを判断する(S1-8)。

ここで、終了している場合は、基板を次のエッチングなどの工程に移動するためにアンロードする(S1-9)。終了していない場合はS1-3に戻す。

【0017】

つぎに、モールドの進行方向から見て、第1の端部がモールドにおける前方の端部、第2の端部がモールドにおける後方の端部とした構成例について説明する。

但し、本発明はこのような構成例に限られるものではなく、例えば、進行方向に対する垂直な軸に対してモールドが傾いた状態に配置し、これにより特に未硬化の樹脂側を広くすることによって樹脂を出し易くしてインプリントするようにしてもよい。

10

【0018】

図2に、上記第1の端部がモールドにおける前方の端部、第2の端部がモールドにおける後方の端部とした構成例について説明する図を示す。

図2において、201はモールド、202は硬化後の樹脂、203は基板、204は未硬化の樹脂、205は基準面、206はモールドの目標位置、207は対向する基板位置、208は前方端部、209は後方端部である。

ここでは、モールドを基板に対して動かす例について説明する。また、グローバルアライメント方式で、樹脂の塗布方法はスピン塗布とする。

【0019】

図2(a)は、モールド201の形状を基板203上の樹脂に転写し硬化させたS1-6の状態である。

20

基板上には、硬化後の樹脂202、未硬化の樹脂204が存在する。

図2(b)は、モールドを基板に対して垂直方向に退避させた離型後のS1-7の状態である。基準面205は基板表面から残膜層の厚さだけ高くなったところである。

ここでは、水平な面である。紙面に向かって左側に目標とするインプリント領域がある場合、進行方向は左側矢印、前方端部208、後方端部209は図のように定義する。当然右側に目標とするインプリント領域がある場合、進行方向は右側矢印、前方端部、後方端部は逆になる。

この残膜はない方が良いが、ここでは、所定の厚さになるように制御することを前提として説明する。この残膜は例えば数十nm~数μmである。従って、モールドおよび基板はこの厚さを考慮してステージの位置を決定する。次のモールドの目標位置206およびそれに対する基板の位置207とする。

30

【0020】

図2(c)は、モールドと基板を所定の位置に配置したS1-3の状況である。

モールドと基準面の成す角を(仰角)、基板と基準面の成す角を(伏角)となるように配置されている。

結果的に、モールドと基板の配置は、前のステップで硬化した時の前方端部の位置にてモールドおよび基板が回転したようになっている。は $0 \pm 5^\circ$ 以内、は $\pm 5^\circ$ 以内が望ましい。

因に、20mmのモールドを使って、が 0.1° の角度がある場合、両端部の高さの差は $34.9 \mu\text{m}$ である。

40

また、 1° の角度がある場合の両端部の高さの差は $349 \mu\text{m}$ であり、 5° の角度の場合の両端部の高さの差は $1750 \mu\text{m}$ である。

前方端部の位置および対向する基板の位置および角度は、装置構成、パターンのアスペクト、樹脂の性質などによって決める。

なお、図2(b)の離型工程を入れる理由は、モールドおよび基板を離すこと、垂直に離型することによりパターンの壊れることを低減すること、である。

特に、パターンのアスペクト比が高い場合に有効である。この離型工程を不要とした例については実施例2で説明する。

【0021】

50

図2(d)は、前方端部と基板の間隔を保ちながらモールドを目標位置206に移動させ、モールドと基板の間に樹脂を充填する工程である。

当然、モールドと基板の成す角 θ 、樹脂の特性、表面処理によって、表面張力や毛细管力などの影響が変化し、モールドと基板の間の樹脂の充填のされ方が変わる。

例えば、モールドと基板の間を全て埋めるように充填される場合や、前方端部と基板の間隔で決まる厚さの膜が形成される場合などがある。

充填に必要な樹脂の量は、モールドと基板の間の残膜に相当する体積およびパターンの体積の総和とすることができる。

【0022】

図2(e)は、モールドの前方端部が目標位置に到達し、モールドおよび基板を回転させ、モールドと基板が所定の間隔になるように制御した状況である。

回転により樹脂が外に押し出される。なお、押し出された樹脂は、装置構成によってモールドより外側を露光しないようにする場合、チップの間隔を空けることによって硬化しても良いようにする場合など対処する。

また、吸引機構がある場合には吸引してもよい。

【0023】

なお、チップごとのダイバイダイ方式を採用する場合には、この状況で位置合わせを行う。この後、UV光を照射することによって、樹脂にモールドのパターンを転写する。

この図2(a)から図2(e)のプロセスを基板上の必要な個所に対して繰り返し行う。

また、図2(d)および図2(e)の充填工程と回転工程は同時に行ってもよい。

【0024】

上記構成では、つぎのような作用効果を有する。

(1) モールドおよび基板の並進運動を利用することによって、樹脂を強制的にモールドと基板の間に充填させることができる。これは、樹脂が拡散する速度に比べて早く制御できることがある。

(2) 予め前方端部が基板と所定の間隔になるように制御を行っているため、必要以上の樹脂が入りにくい。

(3) モールドの進行方向に対して前方端部が後方端部より狭いことによって、前方端部が高圧、後方端部が低圧になりやすくなる。従って、樹脂が後方に拡散しやすくなる。

(4) θ が伏角である場合には、重力によって樹脂がモールドと基板の間に流れやすくなる。なお、樹脂の特性に応じてこの角度は決める。

(5) 回転によって樹脂を外側に押し出すことができる。

【実施例】

【0025】

以下に、本発明の実施例について説明する。

【0026】

[実施例1]

本実施例においては、本発明を適用したインプリント装置の構成例について説明する。

図3に、本実施例のインプリント装置の構成例を説明する図を示す。

図3において、301はモールド、302はモールド保持機構、303は基板、304は基板保持機構である。

305はモールド用zステージ、306はモールド用xyステージ、307は基板用zステージ、308は基板用xyステージである。

309は基板用干渉計、310は基板用ミラー、311はモールド用干渉計、312はモールド用ミラー、313は光学系、314は光学系用zステージ、315は光学系用xyステージ、316は光源である。

【0027】

本実施例において、モールド301はモールド保持機構302により真空チャック方式などによって保持されている。

モールドはモールド用xyステージ306にて移動され、姿勢制御機構を構成するモ-

10

20

30

40

50

ルド用 z ステージ 3 0 5 にて姿勢制御することができる。

ステージ位置計測のために、計測機構を構成するモールド用干渉計 3 1 1 およびモールド用ミラー 3 1 2 が配置されている。

基板 3 0 3 は基板保持機構 3 0 4 に配置されている。基板は、基板用 z ステージ 3 0 7 により位置移動、基板用 x y ステージ 3 0 8 にて姿勢制御を行うことができる。

ステージ位置計測のために基板用干渉計 3 0 9、基板用ミラー 3 1 0 が配置されている。ここには不図示であるが、当然各軸に対して計測することができる。

【 0 0 2 8 】

モールドに対する基板の位置計測を行う光学系 3 1 3 は光学系用 x y ステージ 3 1 5 および光学系用 z ステージ 3 1 4 によって移動することができる。グローバル方式ではこの計測結果を基にチップごとのステージの駆動プロファイルを設定する。基板の位置移動、加圧、露光等の制御はインプリント制御機構（不図示）によって行う。

光源 3 1 6、樹脂を塗布するための機構（不図示）を備えている。なお、モールドの範囲外の樹脂を硬化させないように遮光部材を備えている。

【 0 0 2 9 】

ここで、モールドの姿勢制御について図 4 を用いて説明する。

図 4 (a) において、モールドの z ステージは、3 つの z 方向に移動する機構で構成されている。

面を規定するそれらの 3 点をそれぞれ A , B , C とし、モールドは D E F G で表される。

なお、モールドの一辺の長さは L とする。点 A , B , C はそれぞれ z のみを変数である。当然 x y ステージによりそれぞれの点における x , y , に関する値を変更することができる。この平面は基準点 P (0 , 0 , z_p) が z 軸と平行に移動する。なお、ここでは簡単のため、x y ステージは固定した状態で説明する。

また、辺 D E , E F , F G , G D の中点をそれぞれ点 S , T , U , V とすると、辺 P S および P T の周りを回転することができる構成である。したがって、点 S は y z 平面内を移動することができ、D E は P S と垂直である。

また、点 T は x z 平面内を移動することができ、E F は P T と垂直である。

【 0 0 3 0 】

なお、図 2 は、モールドを z x 平面で切った断面図であり、前方端部 2 0 8 は辺 D G、後方端部 2 0 9 は辺 E F に相当するとして良い。

従ってモールドは辺 P S を中心に回転する。図 4 (b) のように点 D の z_d および x y 平面との成す角 を決めれば D E F G の位置が決まり、平面の数式が計算できる。

この数式に対して点 A , B , C の x および y の値を代入すれば、それぞれの点の所定の z の値が求まることになる。

【 0 0 3 1 】

D E F G の法線ベクトルは外積を用いて以下のようなになる。

$$\vec{n}_1 = \frac{\overrightarrow{DE} \times \overrightarrow{DG}}{|\overrightarrow{DE}| |\overrightarrow{DG}|} \quad (1)$$

【 0 0 3 2 】

この平面上の任意の点を X とすれば以下のような方程式を満たすことになる。

10

20

30

40

$$\vec{n}_1 \cdot \vec{DX} = 0 \quad (2)$$

【 0 0 3 3 】

したがって、点 A , B , C の x , y の値を代入することによって所定の z の値が求まる。
同様に基板側の法線ベクトル

$$\vec{n}_2$$

【 0 0 3 4 】

および各軸の z を求めることができる。
基準面の法線ベクトルを

$$\vec{n}_3$$

【 0 0 3 5 】

とすれば、これらの関係は以下を満たすように制御する。

$$(\vec{n}_1 \times \vec{n}_2) \cdot \vec{n}_3 = 0 \quad (3)$$

【 0 0 3 6 】

以上により、本実施例においては、前記第 3 の工程が、モールドと基板の間隔が等しくなった際のモールドの法線ベクトルが、

前記モールドの法線ベクトルと前記基板の法線ベクトルに対して一次従属となるように、前記モールドと前記基板を制御する構成を採ることができる。

なお、図 2 では前方端部 208 を中心に回転させている。D、G の位置および角度を決めることによって P の位置が計算できる。

回転運動と同時に x y ステージによる移動をさせることになる。

【 0 0 3 7 】

[実施例 2]

本実施例においては、本発明を適用した離型工程と配置工程が同時に行えるインプリント方法の構成例について説明する。

図 5 に、本実施例の構成例を説明する図を示す。

図 5 には、図 2 の本発明の実施形態で説明した構成と同じ構成には、同一の符号が付されているので、共通する部分の説明は省略する。

【 0 0 3 8 】

本実施例のインプリント方法において、図 5 (a) は、図 2 同様に前のインプリント領域におけるインプリントが終了した状況である。

図 5 (b) は、モールドと基板を離型すると同時にそれぞれを配置した状況である。

モールドは前方端部 208、基板はモールドの目標位置 206 に対向する基板位置 207 をそれぞれ回転中心にしている。

ここでの前方端部とは図 4 の DG に相当する。なお、基板が前方端部 208 を回転中心にしない理由は、208 部分付近が離型しない可能性があるからである。当然、モールドと基板の間には硬化した樹脂がある。

【0039】

図 5 (c) は、モールドを基準面 205 に沿って移動させ、目標位置に到達した状況である。ここでの基準面は水平面であるとする。

この時、モールドと基板の間には未硬化樹脂が前方端部より外側からモールドと基板の間に流入し、モールドと基板の間に充填される。

図 5 (d) は、モールドの目標位置 206 に到達した後、モールドおよび基板をそれぞれモールドの目標位置 206、対向する基板の位置 207 を中心として回転させ、前方端部と後方端部におけるモールドと基板の間隔を同じにする。

この後、UV 光を照射することによって光硬化樹脂を硬化させる。

【0040】

所定のインプリント領域全てが終了している場合は、ステージを動かし、モールドを基板から離型し、基板をアンロードする。終了していない場合は図 5 (a) に戻る。

この構成によれば、基板の複数の領域のインプリントにおいて、インプリントされる領域毎に回転運動と並進運動を繰り返してインプリントする際、実施例 1 の特徴に加え、離型工程と配置工程が同時に行えるため、時間を短縮することができる。

また、離型時にモールドと基板を垂直に上げた場合は大きな離型力を必要とする。

それに対して、回転による離型は、離型力を低減する効果もある。

【0041】

[実施例 3]

本実施例においては、本発明を適用した進行方向に対する垂直な軸に対してモールドが傾いた状態に配置し、これにより特に未硬化の樹脂側を広くすることによって樹脂を出し易くしたインプリント方法の構成例について説明する。

本実施例においては、図 1 で説明した第 1 の端部を、モールドの前方の端部と該モールドの後方の端部とを繋ぐ該モールドにおける一方の横の辺とし、

前記第 2 の端部を前記一方の横の辺に対する他方の横の辺とすると共に、

前記第 1 の端部と前記基板の間隔を、前記第 2 の端部と前記基板の間隔よりも狭い間隔として前記モールドを前記基板に配置する構成が採られる。

図 6 に、本実施例 3 における基板の複数の領域をインプリントする際の、モールドと基板の位置関係の一例を説明する図を示す。

図 6 において、説明のためインプリント領域に番号 1 - 16 が振られている。

【0042】

本実施例のインプリント方法において、図 6 (a) は、番号 1 - 10 の領域のインプリントが終了し、番号 11 の領域に移動中でモールドの進行方向の前方端部が AA' に到達した状況である。

番号 12 - 16 は樹脂が未硬化の領域である。

この時の AA', BB' の断面プロファイルを図 6 (b)、(c) に示す。なお、奥行き方向の情報は省略する。進行方向に対して番号 6 の側の端部 (硬化後) が番号 14 の側 (未硬化) の端部より狭くなっている場合である。

【0043】

この本実施例の構成を具体的に説明するため、図 4 で説明した構成と対比すれば、

図 4 で示される DG が前方の端部、本実施例における上記した第 1 の端部である一方の横の辺が DE に相当する。

また、図 4 で示される GF が後方の端部、本実施例における上記した第 2 の端部が GF に相当する。

そして、この上記第 1 端部である一方の横の辺を既にインプリントされた側とし、その基

10

20

30

40

50

板との間隔を、上記第2端部である一方の横の辺側における基板との間隔より狭くして、未硬化の樹脂側に樹脂を出し易くする構成が採られている。

その際、本実施例における上記第1の端部を、上記した横の辺と前方の端部とが交わる一方の点とし、第2の端部をこの一方の点と対角にある他方の点とすると共に、

上記した第1の端部と基板の間隔を最も狭い間隔とし、上記した第2の端部と基板の間隔を最も広い間隔として、前記モールドを前記基板に配置するようにしてもよい。

具体的に図4を用いて説明すれば、D点での位置におけるモールドと基板との間隔を最小とし、G点におけるモールドと基板との間隔を最大とし、樹脂を充填させるように構成してもよい。

一般に、樹脂が硬化している側は残膜およびパターンが存在し、樹脂が流れにくくなっている。

この構成によれば、樹脂の未硬化側を広くすることによって、この方向に樹脂の流動を促し、充填時間を短縮することができる。

【0044】

[実施例4]

本実施例においては、樹脂の塗布を行いながらモールドまたは基板を移動させる、すなわち充填工程と塗布工程とを同時に行なえるようにしたインプリント方法の構成例について説明する。

図7に、本実施例の構成例を説明する図を示す。

図7には、図2の本発明の実施形態で説明した構成と同じ構成には、同一の符号が付されているので、共通する部分の説明は省略する。

図7において、701は塗布機構である。

【0045】

本実施例のインプリント方法において、図7(a)は、前の領域のインプリントが終了した状況である。

樹脂を塗布するための塗布装置が配置されており、塗布機構701はモールドの動きに合わせて移動することができる。

図7(b)は、モールドおよび基板のステージによってモールドと基板を離型した状況である。

図7(c)は、モールドおよび基板を配置した状況である。この時、モールドと基準面の角度は、基板と基準面の角度はである。モールドと基板の間には硬化後の樹脂が存在する。

【0046】

図7(d)は、樹脂を塗布しながら移動させ、モールドと基板の間に樹脂を充填する工程である。ここでは、前記モールドと前記基板の相対的な位置変化におけるそれらの間に存在する空間の変化に伴い、前記樹脂の塗布量の制御を行う。なお、樹脂を吸引する吸引機構を有することができる。

図7(e)は、モールドの前方端部が目標位置に到達し、モールドおよび基板を回転させ、モールドと基板が所定の間隔になった状況である。

UV光を照射することによって光硬化樹脂を硬化させる。

所定のインプリント領域全てが終了している場合は、ステージを動かし、モールドと基板を離す。基板をアンロードする。終了していない場合は図7(a)に戻る。

【0047】

ここで樹脂の塗布量について簡略化したモデルを用いて図8を用いて説明する。

樹脂はモールドと基板の間を全て満たしている場合や、所定の間隔で広がっている場合がある。

ここでは、モールドと基板の相対的な位置変化とともに、樹脂がモールドと基板の間を樹脂塗布機構側からすべて埋めていく場合について説明する。

モールドの端部208と基板の間隔がgであるとす。モールドが進み、樹脂が台形ABCDまで満たされているとする。

10

20

30

40

50

なお、ここでは図4の点Vが図8の点Aに相当する。モールドが速度 v で時間 t 経過したときから、微小時間 dt の間に $v dt$ 進むことによって、台形 $BEFC$ の面積変化 dS が起こる。

$$dS = \frac{BC + EF}{2} v dt \quad (4)$$

10

【0048】

上記式(4)から、次のような式で表される。

$$\frac{dS}{dt} \approx \{vt(\tan \delta + \tan \phi) + g\}v \quad (5)$$

20

【0049】

従って、モールドと基板の樹脂の埋まっていない部分の変化はモールドの幅 L を用いて以下の式(6)のように表される。

$$\frac{dV}{dt} \approx L\{vt(\tan \delta + \tan \phi) + g\}v \quad (6)$$

30

【0050】

樹脂の塗布量はこの変化を元に、モールドと基板のパターン形状、モールドから外にはみ出す量を考慮して算出する。

具体的には、樹脂の塗布量を、モールドの長さ、モールドと水平面の角度、基板と水平面の角度、モールドおよび基板の最短距離、モールドの速度、経過時間、に基づいて計算する。

当然、モールドと基板の間隔によって塗布量が一定量を超えると塗布を止めても良い。

なお、インプリント終了後のはみ出した樹脂はそのまま放置してもよいし、吸引機構があるような場合は吸引してもよい。

40

本実施例の構成によれば、実施例1の特徴に加え、塗布工程と充填工程を同時にできるため時間が短縮できることである。

さらに、樹脂の塗布量を大きくすることによって強制的に流入させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の実施の形態のインプリント方法における各工程を説明するフローチャート。

【図2】本発明の実施の形態のインプリント方法におけるモールドの進行方向から見て、第1の端部がモールドにおける前方の端部、第2の端部がモールドにおける後方の端部と

50

した構成例について説明する図。

【図3】本発明の実施例1におけるインプリント装置を説明する図。

【図4】本発明の実施例1におけるモールドの姿勢制御について説明する図。

【図5】本発明の実施例2における離型工程と配置工程が同時に行えるインプリント方法の構成例について説明する図。

【図6】本発明の実施例3における基板の複数の領域をインプリントする際の、モールドと基板の位置関係の一例を説明する図。

【図7】本発明の実施例4における樹脂の塗布を行いながらモールドまたは基板を移動させる、すなわち充填工程と塗布工程とを同時に行なえるようにしたインプリント方法の構成例について説明する図。

10

【図8】本発明の実施例4における樹脂の塗布量について簡略化したモデルを用いて説明する図。

【符号の説明】

【0052】

201：モールド

202：硬化後の樹脂

203：基板

204：未硬化の樹脂

205：基準面

206：モールドの目標位置

20

207：対向する基板位置

208：前方端部

209：後方端部

301：モールド

302：モールド保持機構

303：基板

304：基板保持機構

305：モールド用z ステージ

306：モールド用x y ステージ

307：基板用z ステージ

30

308：基板用x y ステージ

309：基板用干渉計

310：基板用ミラー

311：モールド用干渉計

312：モールド用ミラー

313：光学系

314：光学系用z ステージ

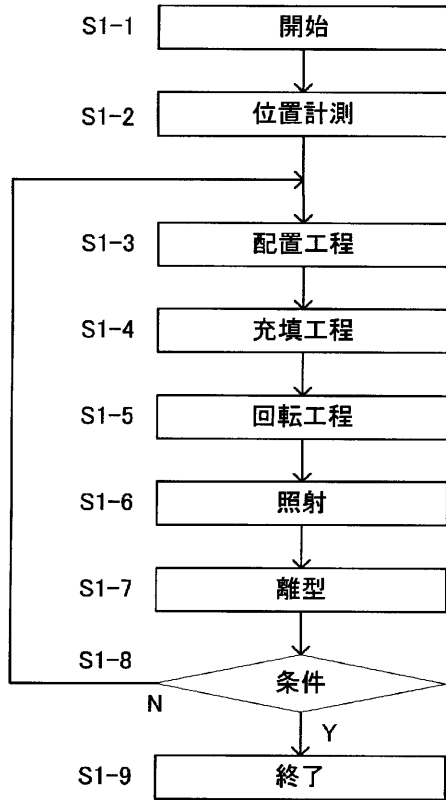
315：光学系用x y ステージ

316：光源

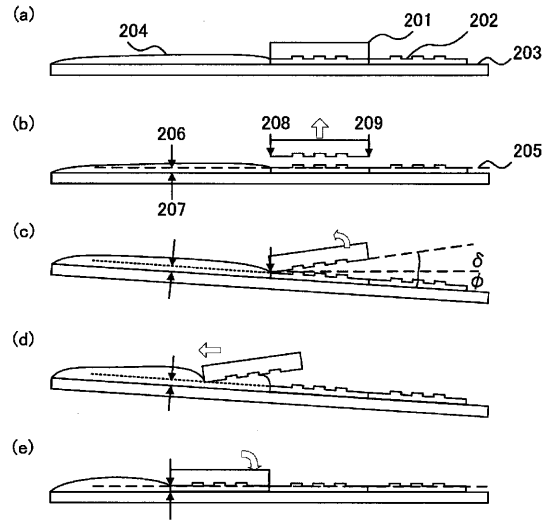
701：塗布機構

40

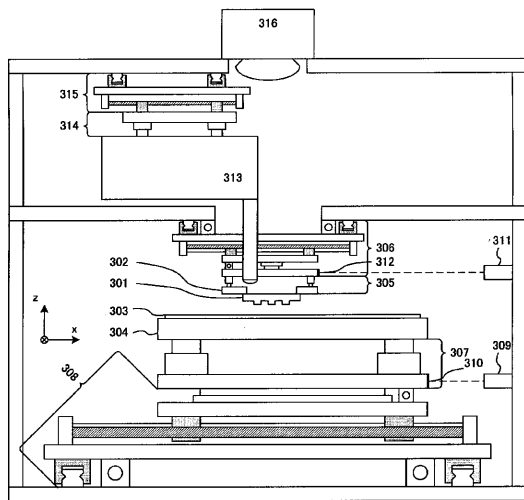
【図1】



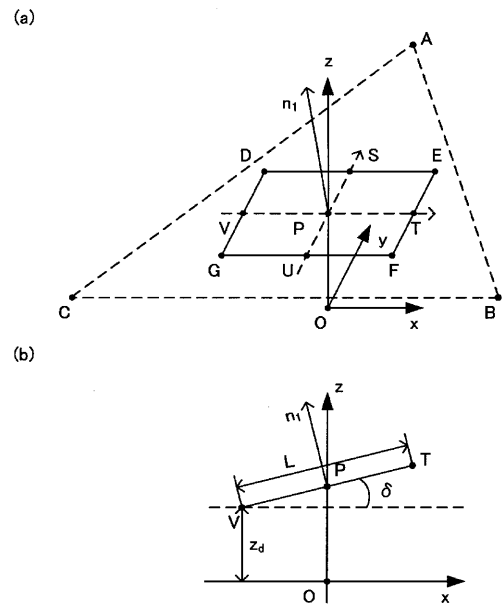
【図2】



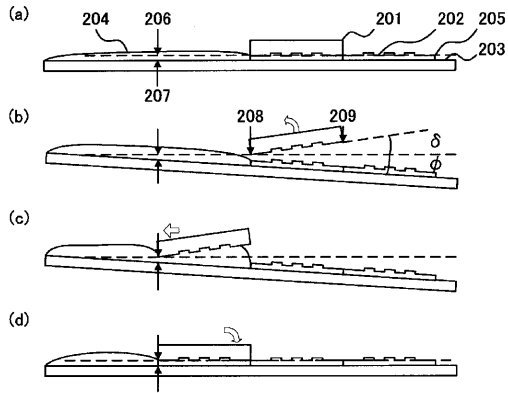
【図3】



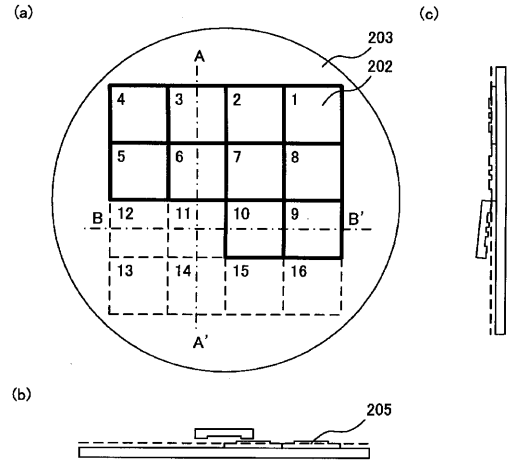
【図4】



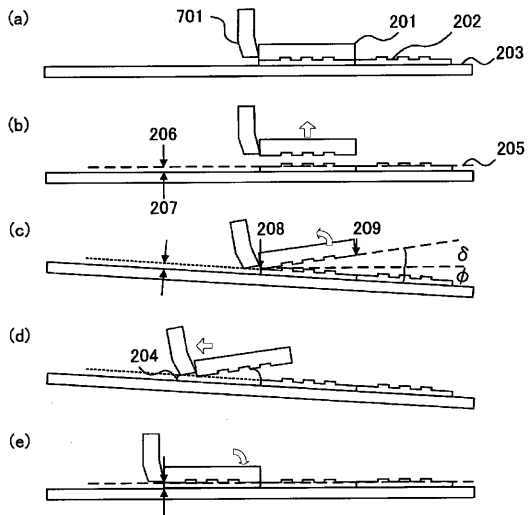
【 図 5 】



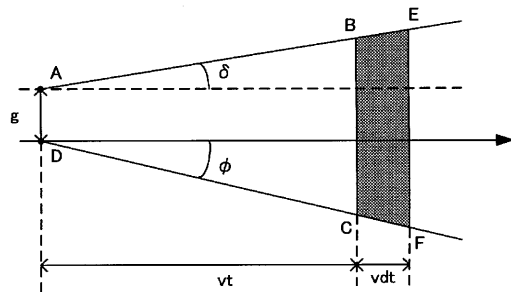
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

審査官 渡戸 正義

- (56)参考文献 特開2007-027361(JP,A)
特開2005-101201(JP,A)
特開2003-077867(JP,A)
特開平02-113456(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/027		
B29C	53/00	-	53/84
B29C	57/00	-	59/18