

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5638529号  
(P5638529)

(45) 発行日 平成26年12月10日 (2014.12.10)

(24) 登録日 平成26年10月31日 (2014.10.31)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 O 2 D

請求項の数 2 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-533172 (P2011-533172)	(73) 特許権者	503193362
(86) (22) 出願日	平成21年10月21日 (2009.10.21)		モレキュラー・インプリンツ・インコーポ
(65) 公表番号	特表2012-506635 (P2012-506635A)		レーテッド
(43) 公表日	平成24年3月15日 (2012.3.15)		アメリカ合衆国・78758-3605・
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/005723		テキサス州・オースティン・ウエスト・ブ
(87) 国際公開番号	W02010/047790		レイカー・レーン・1807・ビルディン
(87) 国際公開日	平成22年4月29日 (2010.4.29)		グ・シー・100
審査請求日	平成24年10月22日 (2012.10.22)	(74) 代理人	100064621
(31) 優先権主張番号	61/107,360		弁理士 山川 政樹
(32) 優先日	平成20年10月22日 (2008.10.22)	(74) 代理人	100098394
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 山川 茂樹
(31) 優先権主張番号	61/107,837	(72) 発明者	トルスケット, ヴァン・エヌ
(32) 優先日	平成20年10月23日 (2008.10.23)		アメリカ合衆国・78723・テキサス州
(33) 優先権主張国	米国 (US)		・オースティン・スケイルズ・ストリート
			・4212

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体分注装置の較正

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体分注システム内の複数の分注ヘッドを較正する方法であって、その方法は、  
流体分注システム内に実質的に平坦な表面を有する型を位置決めするステップと、  
印加する各電圧ごとに、

- 基板上の複数の分注ヘッドから複数の小滴を分注し、
- 前記基板上にパターン層を形成するために、重合性材料を前記実質的に平坦な表面を有する型に接触させ、前記重合性材料を凝固し、
- 前記パターン層の残留層厚さを測定する、

ように、前記複数の分注ヘッドに印加される電圧の変化をさせるステップと、

印加された各電圧から測定された前記残留層厚さから、前記複数の分注ヘッドの各分注ヘッドが実質的に同じ体積を分注するように所望の残留層厚さを決定するステップと、

所望の電圧を定義するために前記所望の残留層厚さと関連付けられた前記印加電圧を決定するステップと、

前記複数の分注先端ヘッドを前記所望の電圧が印加されるように更新するステップと、から構成されることを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記所望の膜厚は、前記所望の電圧が印加された前記複数の分注ヘッドのそれぞれにおいて実質的に同じであることを確認するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

10

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本出願は、2008年10月22日に出願された米国特許出願第61/107,360号、2008年10月23日に出願された米国仮特許出願第61/107,837号、2008年10月30日に出願された米国仮特許出願第61/109,608号、および2009年10月20日に出願された米国特許出願第12/582,041号の優先権を主張し、これらの全ての出願は参照により本明細書に組み込まれる。

## 【背景技術】

## 【0002】

ナノ加工は、約100ナノメートル以下のフィーチャを有するきわめて小さな構造の加工を含む。ナノ加工がかなり大きい効果を有する1つの用途は、集積回路の処理である。半導体処理産業は、基板上に形成される単位面積当たりの回路を増大させると同時に高い生産歩留まりを目指す努力をし続けており、したがって、ナノ加工はますます重要になってきている。ナノ加工は、形成される構造物の最小フィーチャ寸法を縮小し続けながらより優れたプロセス制御を提供する。ナノ加工が利用されてきた他の開発分野には、バイオテクノロジー、光学技術、機械システムなどがある。

## 【0003】

今日使用されている例示的なナノ加工技術は、一般に、インプリント・リソグラフィと呼ばれる。例示的なインプリント・リソグラフィ・プロセスは、米国特許公開第2004/0065976号、米国特許公開第2004/0065252号、および、米国特許第6,936,194号などの多くの公報に詳細に述べられており、これらの文献はすべて、参照により本出願に組み込まれる。

## 【0004】

前述の米国特許出願と特許のそれぞれに開示されたインプリント・リソグラフィ技術は、重合可能層（成型可能液体）におけるレリーフ・パターンの形成と、そのレリーフ・パターンに対応するパターンを下の基板に転写することを含む。パターンニング・プロセスを容易にするのに望ましい位置決めを可能にするために、基板は、移動ステージに結合され得る。パターンニング・プロセスは、基板から離間されたテンプレートと、テンプレートと基板の間に塗布される成型可能液体とを使用する。成型可能液体は凝固して、成型可能液体と接触するテンプレートの表面の形状に合致するパターンを有する硬質層が形成される。凝固後、テンプレートが硬質層から分離され、その結果、テンプレートと基板が離間される。次に、基板と凝固層は、凝固層のパターンに対応するレリーフ像を基板に転写する更に他のプロセスにかけられる。

## 【0005】

本発明がより詳細に理解されるように、本発明の実施形態の説明は、添付図面に示された実施形態に関して提供される。しかしながら、添付図面は、本発明の典型的な実施形態だけを示し、したがって範囲の限定と考えるべきでないことに注意されたい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0006】

【図1】本発明の一実施形態によるリソグラフィ・システムの単純化された側面図である。

【図2】パターン層が上に配置された図1に示された基板の単純化された側面図である。

【図3】流体分注システムの例示的な実施形態の単純化された側面図である。

【図4】図3の流体分注システムによって提供された例示的な画像を示す図である。

【図5】分注ヘッドに印加される電圧と基板上の小滴の液滴体積との関係と、分注ヘッドに印加される電圧と基板上の小滴の液滴径との関係を表すグラフである。

【図6】例示的な流体分注システムおよび関連する画像の図である。

【図7】図6に示された行の平均小滴径の表である。

【図8】実質的に均一の小滴を提供するように流体分注システムを較正する例示的な方法

10

20

30

40

50

のフローチャートである。

【図 9】小滴の液滴体積を計算する例示的方法のフローチャートである。

【図 10】小滴の液滴体積を計算する追加の方法のフローチャートである。

【図 11】基板上に位置決めされた小滴を示す図である。

【図 12】分注ヘッドを整合させる方法のフローチャートである。

【図 13】分注ヘッドに印加された電圧と残留層厚さの関係を表すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

#### リソグラフィ・システム

図を参照し、詳細には図 1 を参照すると、基板 12 上にレリーフ・パターンを形成するために使用されるリソグラフィ・システム 10 が示される。基板 12 は、基板チャック 14 に結合させ得る。図示では、基板チャック 14 は、真空チャックである。しかし、基板チャック 14 は、真空式、ピン型、溝型、電磁気式などを含むが、これらに限定されない任意のチャックでよい。例示的なチャックは、米国特許第 6,873,087 号に記載されており、この特許は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0008】

基板 12 と基板チャック 14 は、更に、ステージ 16 によって支持され得る。ステージ 16 は、x 軸、y 軸及び z 軸のまわりの動きを提供し得る。ステージ 16、基板 12 および基板チャック 14 は、台（図示せず）上で配置され得る。

【0009】

テンプレート 18 は基板 12 から離間されている。テンプレート 18 は、一般に、基板 12 の方に延在するメサ 20 を有し、メサ 20 はパターンニング面 22 を有する。さらに、メサ 20 は、型 20 と呼ばれることがある。テンプレート 18 および / または型 20 は、熔融石英、石英、シリコン、有機重合体、シロキサン重合体、ホウケイ酸ガラス、フルオロカーボン重合体、金属、硬化サファイアなどを含むがこれらに限定されない材料から形成され得る。図示されたように、パターンニング面 22 は、複数の離間したくぼみ 24 および / または突出部 26 によって画定されたフィーチャを有するが、本発明の実施形態は、そのような構成に限定されない。パターンニング面 22 は、基板 12 上に形成されるパターンの基礎を構成する任意の原本パターンを画定してもよい。

【0010】

テンプレート 18 は、チャック 28 に結合され得る。チャック 28 は、真空式、ピン型、溝型、電磁気式および / または他の類似のチャック型として構成され得るが、これらに限定されない。例示的なチャックは、更に、米国特許第 6,873,087 号に記載されており、この特許は、参照により本明細書に組み込まれる。さらに、チャック 28 は、インプリント・ヘッド 30 に結合され、その結果、チャック 28 および / またはインプリント・ヘッド 30 が、テンプレート 18 を移動させ易いように構成され得る。

【0011】

システム 10 は、さらに、流体分注システム 32 を有することができる。流体分注システム 32 は、基板 12 上に重合性材料 34 を付着させるために使用されることがある。重合性材料 34 は、液滴分注、回転塗布、浸せき塗布、化学蒸着（CVD）、物理蒸着（PVD）、薄膜蒸着、厚膜蒸着などの技術を使用して基板 12 上に位置決めされ得る。重合性材料 34 は、設計検討事項に応じて型 20 と基板の 12 の間に所望の体積が画定される前および / または後に、基板 12 上に配置され得る。重合性材料 34 は、米国特許第 7,157,036 号と米国特許公開第 2005/0187339 号に記載されたような単量体を含んでもよく、これらの文献は全て、参照により本願に組み込まれる。

【0012】

図 1 と図 2 を参照すると、システム 10 は、更に、経路 42 に沿ってエネルギー 40 を導くように結合されたエネルギー源 38 を含んでもよい。インプリント・ヘッド 30 とステージ 16 は、テンプレート 18 と基板 12 を経路 42 に重ね合わせて位置決めするように構成され得る。システム 10 は、少なくともステージ 16、インプリント・ヘッド 30

10

20

30

40

50

、流体分注システム 3 2 および / またはエネルギー源 3 8 と通信する処理装置 ( プロセッサ ) 5 4 によって調整されても、また記憶装置 ( メモリ ) 5 6 に記憶されたコンピュータ可読プログラムで動作されても良い。

【 0 0 1 3 】

インプリント・ヘッド 3 0 若しくはステージ 1 6 またはこれらの両方は、型 2 0 と基板の 1 2 の間の距離を変化させて、これらの間に重合性材料 3 4 で満たされる所望の体積を画定する。例えば、インプリント・ヘッド 3 0 は、型 2 0 が重合性材料 3 4 と接触するようにテンプレート 1 8 に力を加え得る。所望の体積が重合性材料 3 4 で満たされた後、エネルギー源 3 8 は、エネルギー 4 0 ( 例えば、広帯域紫外線放射 ) を生成して、基板 1 2 の表面 4 4 と型 2 0 のパターンニング面 2 2 の形状に合致するように重合性材料 3 4 を凝固させ及び / 又は架橋して、基板 1 2 上にパターン層 4 6 を画定する。パターン層 4 6 は、残留層 4 8 と、突出部 5 0 とくぼみ 5 2 として示された複数のフィーチャを有し、突出部 5 0 は厚さ  $t_1$  を有し、残留層 4 8 は厚さ  $t_2$  を有し得る。

10

【 0 0 1 4 】

前述のシステムと工程は、更に、米国特許第 6 , 9 3 2 , 9 3 4 号、米国特許公開第 2 0 0 4 / 0 1 2 4 5 6 6 号、米国特許公開第 2 0 0 4 / 0 1 8 8 3 8 1 号および米国特許公開第 2 0 0 4 / 0 2 1 1 7 5 4 号で言及されているインプリント・リソグラフィ法およびシステムで使用されてもよく、これらの各文献は、参照により本明細書に組み込まれる。

【 0 0 1 5 】

20

流体分注システム 3 2

前述のように、流体分注システム 3 2 を使用して型 2 0 と基板 1 2 の間の体積に重合性材料 3 4 が塗布され得る。図 3 は、流体分注システム 3 2 の例示的な実施形態を示す。流体分注システム 3 2 は、分注ヘッド 6 0 とノズル・システム 6 2 を含んでもよい。ノズル・システム 6 2 は、必要とされる特定の実施態様により単一の先端 6 4 または複数の先端 6 4 を有し得る。例えば、図 3 は、複数の先端 6 4 を有するノズル・システム 6 2 を示す。一般に、重合性材料 3 4 は、分注ヘッド 6 0 内を伝わり、ノズル・システム 6 2 の先端 6 4 から出る。先端 6 4 は、重合性材料 3 4 が基板 1 2 上に位置決めされる分注軸 6 5 を定義する。先端 6 4 と基板 1 2 の間の距離  $d_s$  は、跳ね返りおよび / または液滴位置のずれを防止しないまでも最小にし、ガスをなくさないにしないにしても最小にし、及び / 又は類似の設計検討事項に従うように選択され得る。さらに、図 4 を参照すると、各小滴 6 6 は、直径  $D$  およびそれと関連付けられた体積  $V_D$  を有し得る。一例において、小滴 6 6 の体積  $V_D$  は、約 1 ~ 1 0 0 0 ピコリットルでよく、直径  $D$  は、約 1 ミクロン ~ 1 mm でよい。

30

【 0 0 1 6 】

重合性材料 3 4 は、基板 1 2 上の流体分注システム 3 2 によって、基板 1 2 上で 1 つの小滴 6 6 または複数の小滴 6 6 として位置決めされ得る。基板 1 2 に重合性材料 3 4 を付着させるための例示的な小滴技術は、米国特許公開第 2 0 0 5 / 0 2 7 0 3 1 2 号と米国特許公開第 2 0 0 5 / 0 1 0 6 3 2 1 号に詳細に述べられおり、これらの公開特許は全て、参照により本明細書に組み込まれる。

40

【 0 0 1 7 】

図 3 と図 4 を参照すると、流体分注システム 3 2 は、さらに、視覚システム 7 0 を含んでもよい。視覚システムは、基板 1 2 上の小滴 6 6 の少なくとも 1 つの画像 7 4 を提供する顕微鏡 7 2 ( 例えば、光学顕微鏡 ) を有し得る。顕微鏡 7 2 は、処理装置 5 4 によって調整され、さらに記憶装置 5 6 に記憶されたコンピュータ可読プログラムで動作し得る。処理装置 5 4 は、顕微鏡 7 2 によって提供された小滴 6 6 の画像 7 4 を評価することができる。あるいは、小滴 6 6 の画像 7 4 の評価は、ユーザによって手動で行われ得る。顕微鏡 7 2 および / または処理装置 5 4 は、分注ヘッド 6 0 からの小滴 6 6 の分注を制御するためにフィードバックを提供することができる。

【 0 0 1 8 】

50

### 分注ヘッド 60 に印加される電圧の変更

分注ヘッド 60 は、分注ヘッド 60 および更に他の実施形態では各先端 64 に印加される電圧  $V_i$  を変化させることによって小滴 66 の体積  $V_D$  を制御することができる液体分注アクチュエータを含み得る。一実施形態では、分注ヘッド 60 は、マイクロ電磁弁または圧電式ディスペンサを含んでもよい。圧電式ディスペンサは、テキサス州プラノの MicroFab Technologies, Inc. から市販されている。

#### 【0019】

液体分注アクチュエータを使用する際に、分注ヘッド 60 に印加された電圧  $V_i$  の大きさは、各小滴 66 の小滴体積  $V_D$  と小滴径  $D$  に関連することがある。さらに他の実施形態では、電圧  $V_i$  は、各小滴 66 の小滴体積  $V_D$  と小滴径  $D$  を直接制御し得る。図 5 のグラフに示されたように、電圧  $V_i$  と小滴体積  $V_D$  は、実質的に線形関係で定義されてもよく、その結果、数字 68 によって示されたように、分注ヘッド 60 に印加される電圧  $V_i$  が高くなるほど小滴体積  $V_D$  が増える。さらに、電圧  $V_i$  と小滴径  $D$  は、実質的に線形関係で定義されてもよく、その結果、数字 69 によって示されたように、分注ヘッド 60 に印加される電圧  $V_i$  が高くなるほど小滴径  $D$  が増える。このような関係に基づいて、小滴径  $D$  が分析されて小滴 66 の目標体積  $V_T$  をもたらす電圧  $V_i$  が提供されてもよく、目標体積  $V_T$  は、小滴 66 の望ましい体積である。

#### 【0020】

図 6 と図 7 を参照すると、画像 74 内の小滴径  $D$  の分析を使用して、小滴 66 の目標体積  $V_T$  を提供するために分注ヘッド 60 に印加される電圧  $V_i$  を較正し得る。

#### 【0021】

多数の分注ヘッド 64 を使用して基板 12 をインプリントするとき、各分注ヘッド 64 によって分注される液滴体積  $V_D$  を一致させることが望ましいことがある。小滴 66 全体を異なる液滴体積  $V_D$  にすることにより、図 2 に示されたパターン層 46 の残留層厚さ  $t_2$  が変化し、最終的にパターン転写問題が生じることがあり、これは望ましくない。

#### 【0022】

一例では、1 つまたは複数の小滴 66 の目標体積  $V_T$  が評価され得る。体積  $V_D$  を有する小滴 66 が、初期電圧  $V_i$  に基づいて分注され得る。一実施形態では、小滴 66 は、各小滴 66 が基板 12 上で他の小滴 66 と接触する可能性を最小にしながら広がるように付着され得る。その他の実施形態では、小滴 66 は、各小滴 66 が他の小滴 66 と接触することなく基板 12 上に広がるように付着され得る。小滴 66 が基板 12 上に所望の任意のパターンで付着され得ることに注意されたい。図 6 に示された  $3 \times 3$  格子パターンの使用は、図と説明を単純にするためである。

#### 【0023】

小滴 66 の液滴パターンの任意選択の巨視的解析が提供され得る。そのような巨視的解析は、液滴パターンの忠実度を評価することがある。例えば、小滴 66 の液滴パターンは、小滴 66 が整列されているかどうかおよび/または液滴パターン内のどれかの小滴 66 がゆがんだ縁を有するかどうかを決定するために評価される。この巨視的解析は、初期電圧  $V_i$  を決定する事前選択として使用され得る。しかしながら、巨視的解析は、先端 64 に印加される現在電圧  $V_i$  を決定するために、インプリント・プロセス中に任意の間隔で行なわれ得る。

#### 【0024】

小滴径  $D$  は、各小滴 66 ごとに評価され得る。さらに、 $3 \times 3$  格子の各行 1 ~ 3 の平均小滴径  $D_{AVG}$  が決定され得る。平均小滴径  $D_{AVG}$  に基づいて、流体分注システム 32 は、各先端 64 の電圧  $V_i$  を調整して調整電圧  $V_{iADJ}$  を提供するように較正され得る。 $V_i$  に対するそのような調整は、各小滴 66 の目標体積  $V_T$  が達されるまで平均小滴径  $D_{AVG}$  を増大または減少させるように行われ得る。

#### 【0025】

図 7 は、図 6 の行 1 ~ 3 の初期電圧  $V_i$ 、平均小滴径  $D_{AVG}$ 、および目標体積  $V_T$  の例示的な値を提供する表を示す。示されたように、画像 74 の行 1 ~ 3 の小滴 66 の目標体積

10

20

30

40

50

$V_T$ は5.0 pLでもよい。同じ画像74内の小滴が、異なる目標体積 $V_T$ を有し得ることに注意されたい。

【0026】

図7では、すべての行1~3全体に印加された初期電圧 $V_i$ が、異なる平均小滴径 $D_{AVG}$ を提供する。例えば、先端64aに初期電圧 $V_i$ が印加されると、281.1  $\mu$ mの小滴の平均小滴径が提供され、先端64bおよび64cに同じ初期電圧 $V_i$ が印加されると、それぞれ272.9  $\mu$ mと331.0  $\mu$ mの小滴の平均小滴径が提供される。行1の平均小滴径 $D_{AVG}$ が目標体積 $V_T$ を提供する場合、初期電圧 $V_i$ は、行2の平均小滴径 $D_{AVG}$ を大きくするために先端64bに対して高められ、行3の平均小滴径 $D_{AVG}$ を小さくするために先端64cに対して低くされることがある。行1~3全体の平均小滴径 $D_{AVG}$ を実質的に等しくすることにより、小滴66が目標体積 $V_T$ と実質的に等しい体積 $V_D$ を有することができる。

10

【0027】

流体分注システム32の較正方法

図8は、実質的に同じ目標体積 $V_T$ を有する小滴66を提供するように流体分注システム32を較正する例示的な方法のフローチャートを示す。以下に例示的な方法の詳細を説明する。しかしながら、操作を記述する順序は、限定として解釈されるべきでなく、またプロセスを実行するために任意数の記述された操作を他の順序および/または並列に組み合わせ得る。さらに、状況により、特定の操作が修正され及び/又は省略され得ることを理解されたい。

20

【0028】

段階82で、先端64a~64cを有する分注ヘッド60に初期電圧設定 $V_i$ が提供され得る。一例として、各行1~3の初期電圧設定 $V_i$ は、約21.7Vでよい。

【0029】

段階84で、分注ヘッド60は、基板12上に重合性材料34の小滴66をある一定パターンで位置決めし得る。各小滴66は、小滴径Dによって定義され得る。一例において、図7で、分注ヘッド60は、基板12上に小滴66a~iを付着させ、各小滴66a~iは、関連付けられた小滴径 $D_{A-i}$ を有する。

【0030】

段階86で、重合性材料34は、凝固され及び/又は架橋され得る。段階86が任意選択であることに注意することが有用なことがある。

30

【0031】

段階88で、図3に示された視覚システム70は、分析のために基板12上の小滴66の少なくとも1つの画像74を提供し得る。画像74は、単一の小滴66、いくつかの小滴66、またはすべての小滴66を描写し得る。

【0032】

段階90で、処理装置54によって画像74が評価されて、各小滴66の液滴径Dと画像74および/または行内の小滴66の数とが提供され得る。さらに、画像74の2つ以上の部分の平均小滴径 $D_{AVG}$ が決定され得る。例えば、図7に示された各行1~3の小滴径 $D_{AVG}$ が決定され得る。

40

【0033】

段階92で、小滴66間の平均小滴径 $D_{AVG}$ を比較して調整電圧 $V_{i\_ADJ}$ を決定し得る。例えば、各行1~3の平均小滴径 $D_{AVG}$ を比較し、印加される初期電圧 $V_i$ を高めるか低くして各行の調整電圧 $V_{i\_ADJ}$ を提供し得る。

【0034】

段階94で、流体分注システム32は、各行の調整電圧 $V_{i\_ADJ}$ を使用して小滴66を分注得る。段階96で、画像74内の小滴66の目標体積 $V_T$ が得られるまで調整電圧 $V_{i\_ADJ}$ を使用して段階84~92を繰り返し得る。

【0035】

段階98で、流体分注システム32は、ブランク基板12上に目標体積 $V_T$ を有する小

50

滴 6 6 を分注してブランク（実質的に平坦な）型 2 0 でインプリントして、残留層を形成し得る。一例では、画像 7 4 内の小滴 6 6 は、目標体積  $V_T$  を有する実質的に均一なものでよい。

【 0 0 3 6 】

段階 1 0 0 で、図 2 に示された残留層の厚さ  $t_2$  を測定し評価して、パターン層 4 6 の変更（もしある場合）が必要かまたは約  $\pm 10 \text{ nm}$  以下の目標許容範囲内にあるかどうかを決定できる。

【 0 0 3 7 】

段階 1 0 2 で、必要に応じて、所望の残留層厚さ  $t_2$  を得るために電圧の微調整が行われる。

10

【 0 0 3 8 】

#### 分注ヘッドの整合

小滴 6 6 全体が異なる液滴体積  $V_D$  を有すると、パターン層 4 6 の残留層厚さ  $t_2$ （図 2 に示された）がばらつき、最終的にパターン転写問題が起こることがあり、これは望ましくない。

【 0 0 3 9 】

複数の分注ヘッド 6 0 を使用して基板 1 2 をインプリントするとき、各分注ヘッド 6 0 が実質的に同じ液滴体積  $V_D$  を有するようにする（「液滴体積を一致させる」）ことが望ましいことがある。液滴体積を一致させないと、パターン層 4 6 の膜厚が不揃いになり、これがパターン転写問題の原因となることがある。

20

【 0 0 4 0 】

これまでの技術は、液滴体積の微調整を行うことができず、すなわち小滴 6 6 の液滴パターンの変更によって膜厚を変化させていた。これは、液滴パターン作成プロセスを妨げ、したがって、液滴パターンを個々のディスペンサとツールに適合させなければならなかった。手段の移植性は問題ではなかった。

【 0 0 4 1 】

この目的のため、図 1 2 は、各分注ヘッド 6 0 の整合方法のフローチャートを示し、ここで、各分注ヘッド 6 0 によって分注される液滴体積を一致させるために電圧調整が使用される。以下に例示的な方法の詳細を説明する。しかしながら、操作を記述する順序は、限定として解釈されるべきでなく、またプロセスを実行するために任意数の記述された操作を他の順序および/または並列に組み合わせることができる。さらに、状況により、特定の操作が修正され及び/又は省略され得ることを理解されたい。

30

【 0 0 4 2 】

段階 1 5 0 で、パターンを含まない（すなわち、実質的に平面な）型 2 0 が、リソグラフィ・システム 1 0 内で位置決めされる。

【 0 0 4 3 】

段階 1 5 2 で、基板 1 2 が、ある範囲のディスペンサ電圧  $V_i$  を含む型 2 0 でパターンニングされ、また各ディスペンサ電圧  $V_i$  ごとにパターン層 4 6 の残留層厚さ  $t_2$  を測定する。

【 0 0 4 4 】

40

段階 1 5 4 で、残留層厚さ  $t_2$  とディスペンサ電圧  $V_i$  の関係をプロットする。図 1 3 は、様々な液滴パターン格子密度の残留層厚さと電圧との相関関係のグラフを示す。

【 0 0 4 5 】

段階 1 5 6 で、各ディスペンサ電圧  $V_i$  ごとに測定された残留層厚さから、分注ヘッド 6 0 を整合させる（すなわち、各分注ヘッド 6 0 が、実質的に同じ体積を分注する）のに望ましい残留層厚さ  $t_2$  を決定する。

【 0 0 4 6 】

段階 1 5 8 で、図 1 3 のプロット（段階 1 5 4 を参照）から、各分注ヘッド 6 0 の所望の残留層厚さ  $t_2$  を達成する電圧  $V_i$  を決定する（段階 1 5 6 を参照）。

【 0 0 4 7 】

50

段階 160 で、各分注ヘッド 60 の電圧  $V_i$  を更新する。

【0048】

段階 162 で、基板 12 を型 20 でパターンニングして、新しい電圧設定ですべての分注ヘッド 60 の残留層厚さ  $t_2$  が実質的に同じであることを検証する。

【0049】

小滴 66 の液滴体積  $V_D$  の計算

図 9 は、小滴 66 の液滴体積  $V_D$  を計算する例示的方法のフローチャートを示す。この方法は、オンラインで行われてもオフラインで行われ得る。以下に例示的な方法の詳細を説明する。しかしながら、操作を記述する順序は、限定として解釈されるべきでなく、プロセスを実行するために任意数の記述した操作を他の順序および / または並列に組み合わせることができる。さらに、状況により、特定の操作が修正され及び / または省略され得ることを理解されたい。

10

【0050】

段階 102 で、実質的に同じ小滴体積  $V_D$  の小滴 66 を含む液滴パターンが作成される。

【0051】

段階 104 で、段階 102 で液滴パターンを作成するために使用された分注ヘッド 60 が識別される。

【0052】

段階 106 で、作成された液滴パターンが、流体分注システム 32 にロードされる。一実施形態では、流体分注システム 32 は、空気流のない環境内に設置されてもよく、分注プロセスは空気流から遮断され得る。さらに、基板 12 が、流体分注システム 32 内に位置決めされる。

20

【0053】

段階 108 で、小滴 66 が基板 12 上に配置される前に基板 12 の質量  $M_S$  が記録される。

【0054】

段階 110 で、小滴 66 が、基板 12 上に位置決めされる。小滴 66 は、バランス測定装置（図示せず）によって測定される質量が提供されるまで基板 12 上に位置決めされ得る。一実施形態では、約 50 回を超える。基板 12 上に位置決めされた小滴 66 の数は、 $N_D$  として定義され得る。

30

【0055】

段階 112 で、基板 12 上に位置決めされた小滴 66 と基板 12 の質量が測定され、 $M_T$  として定義される。

【0056】

段階 114 で、小滴 66 の体積  $V_{\text{droplets}}$  が、以下のように計算される。

$$V_{\text{droplets}} = M_T - M_S \quad (1)$$

【0057】

段階 116 で、小滴 66 の平均液滴体積  $V_{\text{AVG}}$  が、以下のように計算される。

$$V_{\text{AVG}} = V_{\text{droplets}} / N_D \quad (2)$$

40

【0058】

図 10 は、小滴 66 の液滴体積  $V_D$  を計算する代替方法のフローチャートを示す。より具体的には、より大きな体積を有する（例えば、約 10 pL を超える）小滴 66 の場合、小滴 66 の側面を撮像し、次に上面（小滴 66 の上）撮像を使用して液滴の幾何学形状から小滴体積  $V_D$  を求め得る。以下に例示的な方法の詳細を説明する。しかしながら、操作を記述する順序は、限定として解釈されるべきでなく、またプロセスを実行するために任意数の記述された操作を他の順序および / または並列に組み合わせることができる。さらに、状況により、特定の操作が修正および / または省略され得ることを理解されたい。

【0059】

段階 118 で、実質的に同じ小滴体積  $V_D$  の小滴 66 を含む液滴パターンが作成される

50



。

## 【 0 0 6 0 】

段階 1 2 0 で、小滴 6 6 が、分注ヘッド 6 0 によって基板 1 2 上に位置決めされる。

## 【 0 0 6 1 】

段階 1 2 2 で、視覚システム 7 0 を使用して、基板 1 2 上の小滴 6 6 a の側面の少なくとも 1 つの画像 7 4 を提供する。

## 【 0 0 6 2 】

段階 1 2 4 で、次に、画像 7 4 の小滴 6 6 a が測定される。より具体的には、図 1 1 に示されたように、小滴 6 6 a の高さ  $h$ 、小滴 6 6 a の半径  $r$ 、および小滴 6 6 a の円の半径  $R_c$  が得られる。

10

## 【 0 0 6 3 】

段階 1 2 6 で、小滴 6 6 a ( 球状キャップ ) の体積が、以下のように計算される。

## 【 0 0 6 4 】

## 【 数 1 】

$$\begin{aligned} V_{\text{spherical cap}} &= \frac{1}{3} \pi h^2 (3R_c - h) \\ &= \frac{1}{6} \pi h (3r^2 + h^2) \end{aligned}$$

## 【 0 0 6 5 】

図 1 0 のフローチャートのプロセスが、 $N$  回 ( $N$  個の小滴 6 6 に) 繰り返されてもよく、これにより、 $V_{\text{AVG}}$  が計算され得る。

20

## 【 0 0 6 6 】

さらに他の実施形態では、小滴 6 6 が飛行中 ( 分注ヘッド 6 0 から分注されるとき ) に小滴 6 6 の液滴体積  $V_D$  が計算され得る。より具体的には、小滴 6 6 a が基板 1 2 と相互作用しない球体であるときに画像 7 2 が得られ得る。小滴 6 6 a の体積は、以下のように計算される。

## 【 0 0 6 7 】

## 【 数 2 】

$$V_{\text{drop}} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

30

## 【 0 0 6 8 】

まとめ

実施形態を構造的特徴および / または方法に固有の文言で説明してきたが、添付の特許請求の範囲の対象が、説明した特定の特徴または方法に必ずしも限定されないことを理解されたい。むしろ、特定の特徴と方法は、出願の遠隔自動構成および公開の提供のための例示的な実施態様として開示された。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 9 】

1 2 基板 ;    3 0    インプリント・ヘッド ;    3 8    エネルギー源 ;  
6 6 小滴 ;    7 4 画像。

40

【図 1】

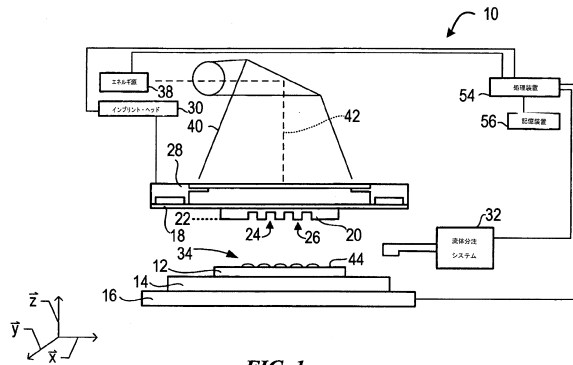


FIG. 1

【図 2】

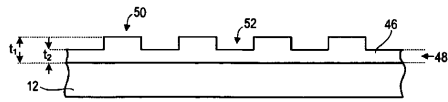


FIG. 2

【図 3】

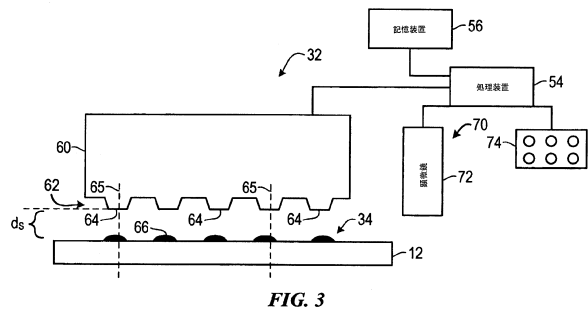


FIG. 3

【図 4】

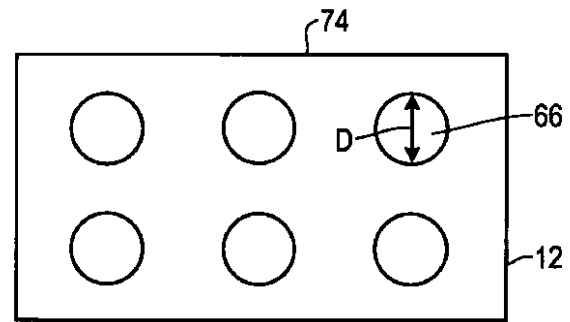


FIG. 4

【図 5】

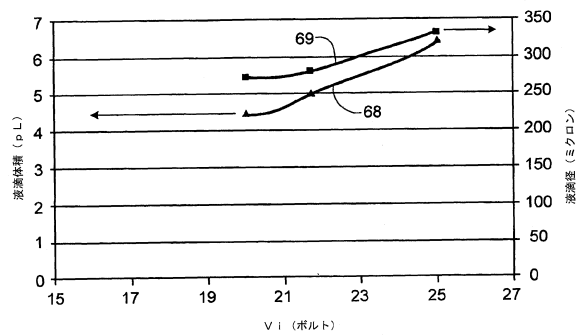


FIG. 5

【図 7】

目標5.0pL (Vt)	初期電圧 (Vi)	平均小滴径 $D_{avo}$	調整電圧
行 1	21.7	281.1 $\mu$ m	
行 2	21.7	272.9 $\mu$ m	電圧を上げる
行 3	21.7	331.0 $\mu$ m	電圧を下げる

FIG. 7

【図 6】

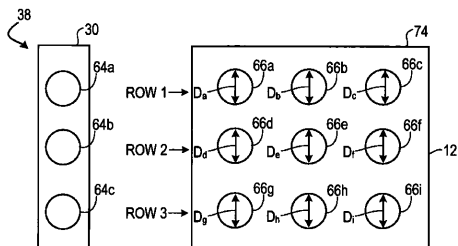


FIG. 6

【図 8】

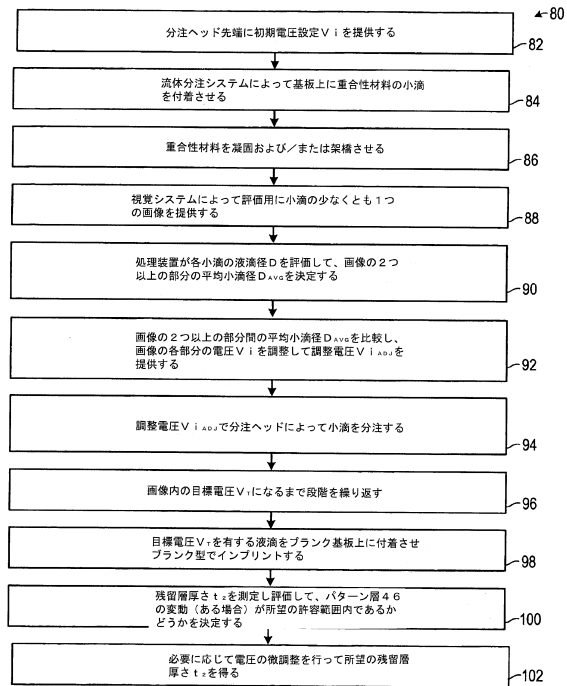


FIG. 8

【図 9】

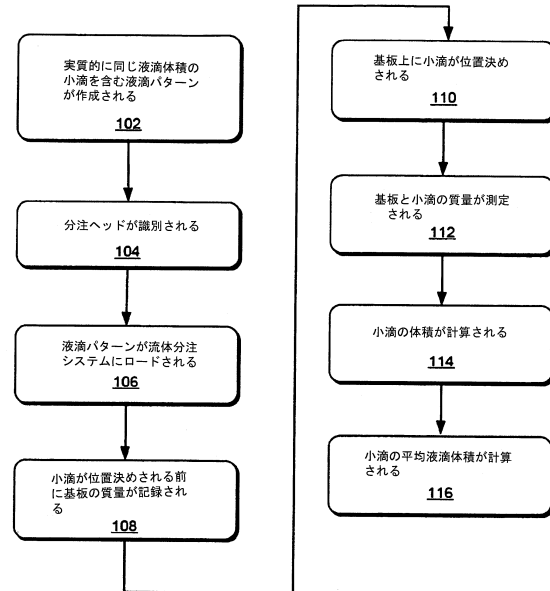


FIG. 9

【図 10】

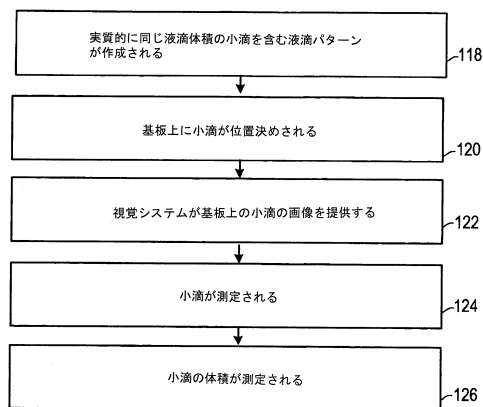


FIG. 10

【図 12】

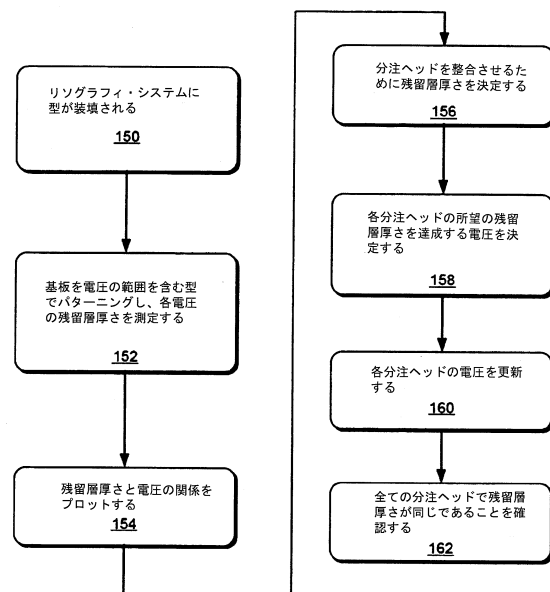
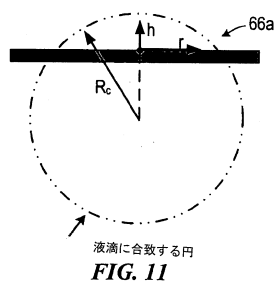


FIG. 12

【図 11】



【図 13】

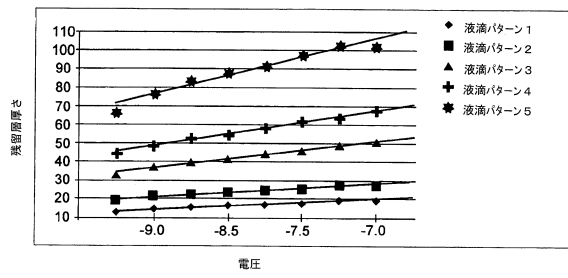


FIG. 13

## フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/109,608

(32)優先日 平成20年10月30日(2008.10.30)

(33)優先権主張国 米国(US)

(31)優先権主張番号 12/582,041

(32)優先日 平成21年10月20日(2009.10.20)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ジョンソン, スティーヴン・シイ

アメリカ合衆国・78757・テキサス州・オースティン・マディソン アベニュー・1712

(72)発明者 クスナットディノヴ, ニヤズ

アメリカ合衆国・78681・テキサス州・ラウンドロック・ランチパーク トライル・3257

(72)発明者 シンプソン, ローガン

アメリカ合衆国・78615・テキサス州・コウブランド・キャメロン ロード・20700

審査官 秋田 将行

(56)参考文献 特開2006-035041(JP, A)

特開2007-111679(JP, A)

特開2007-273979(JP, A)

特開2008-091865(JP, A)

特表2008-502157(JP, A)

特表2009-532906(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

B05C 5/00-21/00

B05D 1/00-7/26

B41J 2/01, 2/165-2/185

, 2/21-2/215

, 3/01-3/36, 3/38

, 3/42-3/54, 3/62