

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3987795号
(P3987795)

(45) 発行日 平成19年10月10日(2007.10.10)

(24) 登録日 平成19年7月20日(2007.7.20)

(51) Int. Cl.

H O 1 L 21/027 (2006.01)

F I

H O 1 L 21/30 5 O 2 D

請求項の数 45 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-513006 (P2002-513006)
 (86) (22) 出願日 平成13年7月2日(2001.7.2)
 (65) 公表番号 特表2004-504718 (P2004-504718A)
 (43) 公表日 平成16年2月12日(2004.2.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2001/021005
 (87) 国際公開番号 W02002/007199
 (87) 国際公開日 平成14年1月24日(2002.1.24)
 審査請求日 平成16年1月23日(2004.1.23)
 (31) 優先権主張番号 09/618,174
 (32) 優先日 平成12年7月18日(2000.7.18)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 503026026
 ナノネックス コーポレーション
 アメリカ合衆国 08540 ニュージャ
 ージー, プリンストン, フォーレット ド
 ライヴ 7
 (73) 特許権者 503026037
 チョウ, スティーヴン, ワイ.
 アメリカ合衆国 08540 ニュージャ
 ージー, プリンストン, フォーレット ド
 ライヴ 7
 (74) 代理人 100064447
 弁理士 岡部 正夫
 (74) 代理人 100085176
 弁理士 加藤 伸晃

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体圧カインプリント・リソグラフィ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の表面に成形可能層を塗布する工程と、
 複数の突出フィーチャを有する成形表面を備えた型を提供する工程と、
型と成形可能層との間の領域を封止する工程と、
 直接流体圧力によって成形表面および成形可能層を共に押し付け、突出フィーチャの下
 側の成形可能層の厚さを薄くし薄くなった領域を生成する工程と、
 成形可能層から型を取り去る工程とを含む、基板の表面を処理するための方法。

【請求項 2】

選択的に基板の領域を露出させるために、薄くなった領域から成形可能層の材料を除去 10
 する工程と、

基板の露出領域を選択的にさらに処理する工程とをさらに含む、請求項 1 に記載の方法

【請求項 3】

さらに処理する工程が、基板を不純物でドーブすること、基板から材料を除去すること
 、または基板上に材料を添加することを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

押付け後に成形可能層を硬化させる工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

封止することが、型と基板との間の領域を加圧流体から封止することを含む、請求項 1 20

に記載の方法。

【請求項 6】

基板または型あるいはその両方が十分に柔軟であり、共に流体圧力に従う、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

押付け工程が、加圧流体の流れによって、型および成形可能層を共に押し付けることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

成形表面の少なくとも 2 つの突出フィーチャが、横方向に 200 nm 未満の間隔を隔てて配置される、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 9】

成形可能層の厚さが、0.1 nm から 10 μ m の範囲である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

示差熱膨張または収縮を最小化するために、基板および型の材料が同じ材料である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

成形可能層が予め形成されたパターンを備えており、成形表面および成形可能層を共に押し付ける前に、予め形成されたパターンに型を整列させる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

基板の表面に配置された成形可能層と、
成形可能層に隣接して配置される複数の突出フィーチャを含む成形表面を備えた型と、
成形表面および成形可能層を共に押し付けるための加圧流体を供給する、加圧流体が入った圧力容器と、

20

成形可能層と成形表面との間の領域を加圧流体から封止するためのシールと
を備えた、基板を処理するための装置。

【請求項 13】

シールが、周辺ガスケット、o - リング、流体不透過の柔軟性の薄膜および周辺クランプから選択されるデバイスを備える、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 14】

基板および型が圧力容器内に配置された、請求項 12 に記載の装置。

30

【請求項 15】

圧力容器が、成形可能層を加熱するためのヒータをさらに備える、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 16】

圧力容器が、成形可能層に放射線を照射することができる透明窓をさらに備える、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 17】

型または基板が放射線に対して透明である、請求項 16 に記載の装置。

【請求項 18】

圧力容器が、型および成形可能層を共に押し付けるための加圧流体を供給する複数の開口部を備える、請求項 12 に記載の装置。

40

【請求項 19】

成形表面の少なくとも 2 つの突出フィーチャが、200 nm 未満の間隔を隔てて配置される、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 20】

成形可能表面の突出フィーチャが、0.1 nm から 10 μ m だけ突出する、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 21】

半導体基板にマスク層を塗布し、
パターン化された表面を有する型を、マスク層に隣接して配置し、

50

チャンバに加圧流体を充填し、
型とマスク層との間の領域を、チャンバ内の流体圧力から分離するために、封止材を位置決めし、

型およびマスク層を共に押し付けるために、チャンバから型または基板を加圧流体を浴びせることを含む、半導体基板上のマスク層をパターン化するための方法。

【請求項 2 2】

マスク層の材料が重合体からなり、押付けを実施した後、重合体を硬化させる工程をさらに含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 3】

硬化させる工程が、マスク層を放射線で照射することを含む、請求項 2 2 に記載の方法 10

【請求項 2 4】

硬化したマスク層が、インプリント・パターンを型から保護する、請求項 2 2 に記載の方法。

【請求項 2 5】

マスク層をマスク層の材料が硬化する温度に冷却することをさらに含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 6】

マスク層の材料がレジストからなる、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 7】

マスク層の材料が液体重合体からなる、請求項 2 6 に記載の方法。 20

【請求項 2 8】

押付けに先立って、マスク層をマスク層の材料が軟化する温度に加熱することをさらに含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 9】

押付けが、型のパターン化された面を基板に向けて押し付けるために、型の表面に流体圧力を加えることを含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 3 0】

押付けが、基板を型のパターン化された面に向けて押し付けるために、基板の表面に流体圧力を加えることを含む、請求項 2 1 に記載の方法。 30

【請求項 3 1】

マスク層から型を除去し、成形済み凹所をマスク層に残すことと、
基板の領域を露出させるために、成形済み凹所からマスク材料を取り除くこととをさらに含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 3 2】

露出した基板を選択的にエッチングする工程、露出した基板中に不純物を選択的に拡散させる工程、および露出した基板上に材料を選択的に堆積させる工程のうちの 1 つまたは複数の工程をさらに含む、請求項 3 1 に記載の方法。

【請求項 3 3】

位置決めすることが、型とマスク層との間の領域の周囲に材料のリングを配置すること 40
を含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 3 4】

位置決めすることが、圧力チャンバと型および基板のうちの少なくともいずれか 1 つとの間に、少なくとも 1 つの柔軟性の薄膜を配置することを含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 3 5】

基板上にマスク材料の層を配置する工程と、
パターン化された表面を備えた型を、マスク材料の層に隣接して位置決めする工程と、
マスク材料の層を圧力チャンバから分離するために、封止デバイスを位置決めする工程と、

マスクされた基板および型を圧力チャンバ内に配置する工程と、
型のパターン化された面およびマスク材料の層を共に押し付けるために、圧力チャンバ内の加圧流体の圧力を大きくする工程とを含む、半導体基板を処理する方法。

【請求項 3 6】

封止デバイスを位置決めする工程によって、マスク材料の層と型との間の領域を、圧力チャンバ内の加圧流体から気密分離する、請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 3 7】

圧力を大きくする前にマスク層を加熱することをさらに含む、請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 3 8】

押付け後マスク層を硬化させ、型による変形部分を硬化させることをさらに含む、請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 3 9】

硬化後、マスク層との接触から型を除去することをさらに含む、請求項 3 8 に記載の方法。

【請求項 4 0】

型の除去後、マスク層から汚染物質を除去する工程をさらに含む、請求項 3 9 に記載の方法。

【請求項 4 1】

変形部分のマスク材料を取り除くことをさらに含む、請求項 3 8 に記載の方法。

【請求項 4 2】

基板を選択的にエッチングする工程、基板中に不純物を選択的にドーブする工程、基板上に材料を選択的に追加する工程のうちの 1 つまたは複数の工程によって、基板をさらに処理することを含む、請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 3】

圧力を大きくすることが、チャンバ内の流体に圧力を加えることよりなる、請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 4 4】

流体が気体からなる、請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 4 5】

流体が液体からなる、請求項 3 5 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

本発明はインプリント・リソグラフィに関し、詳細には、直接流体圧力を使用して薄膜中に型を押し込むインプリント・リソグラフィに関する。このプロセスは、広い面積にわたって解像度および均一性が向上したナノインプリント・リソグラフィを提供するために特に有用である。

【0002】

(発明の背景)

リソグラフィは、半導体集積回路および多くの光学デバイス、磁気デバイス、微小機械デバイスの製造の鍵となるプロセスである。リソグラフィによって、基板に担持された薄膜上にパターンが形成され、それにより、後続するプロセス・ステップにおいて、基板または基板に追加された他の材料に、そのパターンが複製される。従来のリソグラフィは、一般に、基板にレジストの薄膜を塗布し、塗布したレジストを所望の放射線パターンで露光し、かつ、物理パターンを生成するために、露光した薄膜を現像することを必要とする。この手法では、放射線の波長によって解像度が制限され、また、フィーチャ (feature) サイズが小さくなればなるにつれて装置が高価になる。基本的に異なる原理に基づくナノインプリント・リソグラフィは、高解像度、高処理能力、低コスト、および大面積のカバレッジの可能性を提供している。ナノインプリント・リソグラフィの場合、ナノス

10

20

30

40

50

ケールのフィーチャを備えた型が薄膜中に押し込まれ、それにより薄膜の形状が型のフィーチャに従って変形し、薄膜中に浮彫りパターンが形成される。型を除去した後で、薄くなった部分を除去するために薄膜を処理することができる。この除去により、その下にある基板が露出し、さらに処理される。1998年6月30日特許発行された、発明の名称「Nanoimprint Lithography」と題する本出願人による米国特許第5,772,905号に、ナノインプリント・リソグラフィの詳細が記載されている。905号特許に言及することにより、当該特許を本明細書に組み込む。

【0003】

薄膜中に型を押し込む通常の方法は、型および基板を、高精度機械プレスの剛性プレート上にそれぞれ位置決めすることを必要とする。このような装置を使用したプロセスにより、 12 in^2 程度の面積にわたって高度な均一性を備えた25nm未満のフィーチャが生成されるが、スループットを改善するためには、また、表示装置などの多くの応用例向けには、より広い面積にわたって均一性を備えることが大いに有利であろう。

【0004】

(発明の概要)

インプリント・リソグラフィの改良された方法は、基板に支持された薄膜中に型を押し込むために直接流体圧力を使用することを含む。有利には、型および/または基板は十分に柔軟であり、流体圧力の下で広範囲な接触を提供している。流体による押込みは、薄膜に対して型を封止し、それによって得られるアセンブリを、加圧チャンバ内に配置することによって行うことができる。流体による押込みは、型を加圧流体の噴流を浴びせることによって行うこともできる。この流体による押込みにより、解像度が向上し、かつ、広範囲にわたる高度な均一性が得られる。

【0005】

本発明の利点、性質および他の様々な特徴については、添付の図面に照らして行う、実施形態の実施形態についての以下の詳細な説明を考察することにより、より明白になるであろう。

【0006】

添付の図面は、本発明の概念を示すためのものであり、したがって実際のスケールどおりではないことを理解されたい。

【0007】

(詳細な説明)

高精度機械プレスを使用して薄膜中に型を押し込む場合、広範囲にわたる微小パターンの複製には許容差の問題が生じる。プレスは、複数のガイド・シャフト上を複数の開口部を通して移動し、複数のガイド・シャフトとその各々の開口部との間の隙間は、複製すべきフィーチャ(features)に比べて大きくなっている。このような隙間により、望ましくない相対並進移動および回転移動が、基板と型との間に生じる。また、いかに慎重に構築しても、リソグラフィに使用される型および基板は、完全な平面ではない。これらの型および基板がプレスの剛性プレート上に配置されるとき、広範囲にわたる平面性からの逸脱があると、成形圧力およびインプリント深さが変化することになる。したがって、機械的なプレスの限界が回避されたインプリント・リソグラフィ方法が提供されることが望ましい。

【0008】

本発明によれば、直接流体圧力を使用して、型および成形可能表面を共に押し付けることにより、機械的なプレスの望ましくない横移動の問題が改善される。本発明の方法によれば、型、成形可能表面を支持している基板、または型および基板の両方の表面全体に流体圧力が加えられる。流体圧力は等方的であるため、重大な不平衡の横方向の力が加えられることはない。また、直接流体圧力には、流体からの等方的圧力の伝達を妨害しないので、可撓性の薄膜を介して型または基板に伝達される流体圧力が含まれている。また、圧力容器内の多数の開口部からの加圧流体の流れも、ほぼ等方的直接流体圧力を型または基板に加えることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

本発明は、既にパターン化されている基板上にパターンを成形する場合に重要な応用例に適用されることを意図している。型は、従来のアライメント技法を使用して、既存のパターンに整列させることができ、また、直接流体圧力によるインプリントによりあらゆる相対的な横方向の移動が最小化され、その結果、2つのパターンの配列が改善される。

【 0 0 1 0 】

図面を参照すると、図1に、直接流体圧力を使用したインプリント・リソグラフィのための改良型プロセスの概略を示す流れ図が示されている。ブロックAに示す最初の工程は、複数の突出フィーチャを有する型および基板に支持された成形可能材料の薄膜を準備することである。突出フィーチャは、好ましくはマイクロメートル・スケールのフィーチャであるが、ナノスケールのフィーチャであることが、より有利である。この方法は、型の表面が、200nm未満の少なくとも1つの横方向寸法だけ間隔を隔てた少なくとも2つの突出フィーチャを有している場合、極めて有利である。成形可能材料は、型表面からの突出フィーチャのインプリントを保持する材料であり、あるいは型表面からの突出フィーチャのインプリントを保持するべく、硬化させることができる材料である。

10

【 0 0 1 1 】

図2は、図1に示すプロセスに使用するための、突出フィーチャおよび成形可能薄膜21を支える基板20を備えた典型的な型10を示したものである。型は、本体11および所望の形状を有する複数の突出フィーチャ13を備えた成形層12を備えている。型の本体11および成形層12は、通常、溶融石英、ガラスまたはセラミックである。成形層12は、当該技術分野で良く知られている電子ビーム・リソグラフィおよびエッチング技法を使用して、ナノスケール寸法のフィーチャ13にパターン化することができる。層21の厚さは、通常、0.1nm~10μmの範囲であり、突出フィーチャ13の範囲は、通常、0.1nm~10μmの範囲である。

20

【 0 0 1 2 】

基板は、典型的には、実質的に平面状の単結晶シリコン・ウェハなどの半導体ウェハからなっている。また、基板は、プラスチック、ガラスあるいはセラミックであっても良い。成形可能薄膜21には、圧力に対してしなやかにすることができ、かつ、圧力インプリント変形すなわちパターンを保持することができる任意の重合体を使用することができ、例えば熱に反応して一時的に軟化するポリカーボネートあるいはポリメタクリル酸メチル(PMMA)などの熱可塑性重合体であっても良い。別法としては、成形可能薄膜21は、放射に反応して硬化するUV硬化性シリコンなどの液体であっても良く、あるいは熱によって硬化する液体であっても良い。また、成形可能薄膜21は、重合体と硬化可能な液体との複合層であっても良い。薄膜は、通常、噴霧法又はスピニング法によって基板に塗布される。薄膜重合体を型表面に粘着させないことが有利である。このような粘着を防止するために、必要に応じて、型の表面を離型剤で被覆することもできる。

30

【 0 0 1 3 】

高解像度応用例では、異なる熱膨張または収縮による不整列を最小化するためには、型および基板の材料が同じ材料であることが有利である。

【 0 0 1 4 】

型の本体11あるいは基板20(または両方)は、型および基板がその平面性からの逸脱にもかかわらず、流体圧力による力に従うよう、柔軟であることが好ましい。厚さ2mm未満のシリコン基板は、典型的なインプリント圧力に対するこのような柔軟性を備えている。

40

【 0 0 1 5 】

ブロックBに示す次のステップは、型および薄膜を一体にし、かつ、型の界面を薄膜で封止し、型/薄膜アセンブリを形成することである。薄膜が既に予め形成済みのパターンを備えている場合、当該技術分野で良く知られている技法によって、型のパターンと既に存在している薄膜上のパターンとを慎重に整列させなければならない。封止の目的は、外部からの流体圧力による薄膜中への型の押し込みを可能にすることである。この封止は、様

50

々な方法で実現することができ、例えばエラストマー・ガスケットなどのリング材を、成形すべき領域の周囲に設け、アセンブリの周囲を締め付けることによって実現することができる。

【0016】

第3のステップ(ブロックC)は、直接流体圧力によって型を薄膜中に押し込むことである。そのための方法の1つは、圧力容器内にアセンブリを配置し、加圧流体を圧力容器内に導入することである。流体圧力の利点は、流体圧力が等方的であることである。等方的流体圧力によって得られる力により、型が薄膜中に均一に押し込まれる。せん断成分すなわち回転成分は、極小である。また、型および/または基板が剛性ではなく柔軟であるため、不可避免的な平面性からの逸脱とは無関係に、型と薄膜との間の整合性が実現され、その結果、成形解像度、アライメント、および薄膜の広範囲にわたる均一性のレベルが向上する。

10

【0017】

加圧流体は、気体であっても液体であっても良い。加圧空気が簡便であり、典型的な圧力は、1~1000 psiの範囲である。成形可能薄膜の加熱を促進するために、必要に応じて流体を加熱することができる。冷却された流体を使用して薄膜を冷却することもできる。

【0018】

図3は、封止され、圧力容器31内に配置された型/薄膜のアセンブリ30を示したものである。型/薄膜アセンブリ30は、成形すべき領域の周囲に延びた周辺エラストマー・ガスケット32によって封止されている。型/薄膜アセンブリの周囲は、封止を実現するために、クランプ(図示せず)によって軽く固定されている。圧力容器31は、好ましくは、加圧流体を導くためのバルブ制御導入口34、および加圧流体を排出するためのバルブ制御排出口35を備えている。圧力容器31は、熱可塑性又は熱硬化性の薄膜を加熱するためのヒータ36、および/または、薄膜を硬化あるいは架橋結合させるための放射線を導くための透明な窓37を任意で備えることができる。圧力容器の内部にアクセスするための封止可能な扉38が設けられている。

20

【0019】

ブロックDに示す次のステップは、薄膜が型のインプリントを保持するように、必要に応じて成形可能薄膜を硬化させ、かつ、型を除去することである。成形可能薄膜を硬化させるためのこのプロセスは、薄膜の材料に依存している。材料の中には、硬化プロセスを必要とすることなくインプリントを保持する材料もある。熱可塑性材料は、成形に先立って熱可塑性材料を予備加熱し、かつ、インプリント後に熱可塑性材料を冷却することによって硬化させることができる。例えばPMM Aの場合、成形に先立って200 に加熱することによって適切に軟化させ、かつ、インプリント後に冷却することによって硬化させることができる。熱硬化性材料は、インプリント中に熱を加えることによって硬化させることができる。上で説明したヒータ36および/または加熱加圧流体を使用することにより、熱硬化性材料の硬化を実現することができる。放射線硬化性材料は、インプリント中にUV放射を照射することによって硬化させることができる。UV放射は、圧力容器の窓37を通して供給することができる。放射を薄膜に到達させるために、型を透明な材料で作ることも可能である。別法としては、基板を透明にし、基板を通して薄膜に放射すべく、窓を配置することもできる。

30

40

【0020】

ブロックEに示す第5番目の工程は、応用例によっては任意の工程である。第5番目の工程は、汚染物(存在していれば)および成形済みの薄膜の凹所から過剰の材料を除去することである。成形済みの薄膜は、隆起フィーチャおよび凹所を有している。多くのリソグラフィの実施では、下に横たわっている基板を露出させてさらに処理するために、凹所から材料を除去することが望ましい。凹所からの材料の除去は、リアクティブ・イオン・エッチングを使用して簡便に実現することができる。

【0021】

50

図 4 A、4 B および 4 C は、プロセスの様々なステージにおける成形可能層および基板を示したものである。図 4 A は、矢印 4 0 の方向の流体圧力によって押し込まれる型によるインプリント中の層 2 1 を示したものである。層 2 1 に押し込まれる型の突出フィーチャ 1 3 によって、薄くなった領域 4 1 が生成される。連続した突出フィーチャと突出フィーチャの間の、型の凹所領域 4 2 によって、層 2 1 にはより厚い領域 4 3 が残される。

【 0 0 2 2 】

図 4 B は、硬化され、かつ、型が除去された後の層 2 1 を示したものである。層 2 1 は、型によってインプリントされたパターンのおおりに、薄くなった領域 4 1 および厚い領域 4 3 を保持している。

【 0 0 2 3 】

図 4 C は、凹所中にある過剰の層材料が除去された後の層および基板を示したもので、基板 2 0 のナノスケール領域 4 4 が露出している。

【 0 0 2 4 】

重要な応用例では、結果として得られる構造は、レジストに覆われた、図 4 C に示すように基板に向かって延びた凹所パターンを備えた半導体基板である。このような構造は、当該技術分野で良く知られている様々な方法で、さらに処理することができる。例えば成形済み薄膜をマスクとして使用し、基板の露出領域中の表面層を除去し、または露出領域をドーブし、または露出領域上に材料を成長もしくは堆積させることができる。

【 0 0 2 5 】

図 5 A、図 5 B および図 5 C は、このような他の処理を示したものである。図 5 A では、基板は、表面誘電体層 5 0 (S i 上の S i O₂ など) を備えており、マスク層が、露出領域における誘電体の除去を可能にしている。図 5 B では、半導体の露出領域中に選択的に不純物領域 5 1 が拡散あるいは注入され、ドーブ領域の局所的な電気的あるいは光学的特性を変化させている。別法としては、図 5 C に示すように、凹所内の露出基板上に、伝導体層あるいはエピタキシャル層などの新しい材料層 5 2 を蒸着させ、あるいは成長させることができる。処理が終了した時点で、必要に応じて、従来の技法を使用して、成形された層の残留材料を除去することができる。例えば P M M A の場合、アセトンで洗浄することによって除去することができる。集積回路などの複雑なデバイスを完成するために、基板に対して追加のリソグラフィ・ステップを施すことができる。

【 0 0 2 6 】

上で言及したように、加圧流体によって薄膜中に型を押し込むことができるよう、様々な方法で型 / 薄膜アセンブリ 3 0 を封止することができる。図 6 A ~ 図 6 D は、型 / 薄膜アセンブリ 3 0 を封止するためのいくつかの方法を示したものである。

【 0 0 2 7 】

図 6 A は、柔軟な流体不透過性薄膜 6 0 (例えばプラスチック・バッグ) の封止カバー内にアセンブリを配置することによって、型 / 薄膜アセンブリを封止する配列を略図で示したものである。この配列構造の場合、外部圧力容器に対して、型と成形可能層との間の領域が封止される。成形に先立って、バッグから空気が除去されることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

図 6 B は、代替封止配列構造を示したもので、中空弾性トロイド (t o r o i d) の形態を取ることができる周辺封止用クランプ 6 1 によってアセンブリ 3 0 が封止されている。封止は、成形すべき領域の周囲に延びた突出領域 6 2 を型に設けることによって促進することができる。使用に際しては、クランプおよび加圧流体によって成形可能薄膜中に突出領域 6 2 が押し込まれ、成形領域が封止される。

【 0 0 2 9 】

図 6 C は、成形可能薄膜に型を軽く押し付ける周辺チューブすなわち錘 6 3 を加えることによってアセンブリ 3 0 が封止される封止配列を示したものである。周辺の突出領域 6 2 が封止を促進している。

【 0 0 3 0 】

図 6 D は、代替封止配列を示したもので、型と基板との間に設けた封止 o - リング 6 4 に

10

20

30

40

50

よってアセンブリ 30 が封止されている。o - リングは、それぞれ型および基板の周辺凹所 65、66 内に位置していることが好ましい。周辺チューブすなわち錘 63 からの軽い圧力が封止を促進している。

【0031】

図 6E は、さらに他の封止配列を示したもので、柔軟な薄膜 40A と 40B との間に配置されたアセンブリ 30 が、1 対の整合シリンダ 67A、67B の内部に密閉されている。シリンダの内部に流体圧力を加えることにより、型および成形可能表面が共に押し付けられる。

【0032】

別法としては、2 つのシリンダを使用して、加圧する前に、それぞれ型および表面を軽く封止することができる。さらに他の代替として、基板をサポートで支え、単一のシリンダで型あるいは薄膜を軽く封止することもできる。

10

【0033】

図 7 は、代替成形装置 70 を示したもので、中空の圧力キャップ 72 内の開口部 71 に隣接してアセンブリが配置され、開口部 71 を通って噴出する加圧流体の噴流によって、成形可能層 21 に型 10 が押し込まれる。キャップ 72 (圧力容器 31 と類似) は、加圧流体のための内部チャンバ 73 を有している。型と成形可能薄膜との間の領域は、型の上部表面によって圧力容器から効果的に封止されている。

【0034】

実施中は、基板ホルダ 79 上に基板および型が置かれる。型 10 の上方の所定位置に、バー 74、75 によってキャップ 72 が保持される。好ましくは気体の高圧流体が、入口 76 を通してチャンバ 73 内にポンプ供給される。チャンバ内の高圧流体により、各開口部 71 から噴出する流体が生成される。これらの噴流により、型 10 が成形可能層に対して一様に押し付けられ、型フィーチャがインプリントされる。

20

【0035】

有利には、キャップ 72 は、型 10 に隣接する面の周囲に沿った溝 77 を備えている。溝 77 は、キャップ 72 と型 10 との間に o - リング 78 を保持することができる。o - リングは、キャップ 72 と型 10 との間から流出する流体を少なくして成形圧力を高め、かつ、成形圧力をより一様にしている。

【0036】

別法としては、基板ホルダ 79 にキャップ 72 の構造と同じ構造を持たせ、同様に加圧流体の噴流によって基板を押し付けることもできる。

30

【0037】

(実施例)

以下の具体的な実施例を考察することにより、本発明をより深く理解することができよう。

実施例 1

直径 4 インチのシリコン・ウェハに、厚さ 150 nm の PMMA 層を被覆する。型は直径 4 インチのシリコン・ウェハでできており、その一方の表面に、厚さ 100 nm の複数の二酸化ケイ素突出パターンを有している。突出パターンを PMMA に向けて、型を PMMA 層の上に置く。型および基板を、チャンバ内のプラスチック・バッグ中で封止し、チャンバを排気する。次に、500 psi の窒素ガスをチャンバ内に導入する。チャンバ内のヒータによって、PMMA を PMMA のガラス転移温度より高い 170 °C に加熱し、PMMA を軟化する。気体の圧力の作用により、型が PMMA 中に押し込まれる。ヒータを切り、冷窒素ガスを導入すると、PMMA の温度がガラス転移温度より低い温度に低下し、PMMA が硬化する。次に窒素ガスが大気圧に通気される。型および基板アセンブリをチャンバから取り除く。バッグを切り取り、型と基板を分離する。

40

【0038】

実施例 2

直径 4 インチのシリコン・ウェハに、厚さ 150 nm の PMMA 層を被覆し、チャック (

50

ｃｈｕｃｋ）上に置く。チャックは、その表面に複数の微小孔を有している。微小孔は、真空または加圧ガスのいずれかに接続されている。微小孔が真空に接続されると、ウェハがチャックの表面に保持される。型は直径４インチのシリコン・ウェハでできており、その一方の表面に、複数の二酸化ケイ素突出パターン（厚さ１００ｎｍ）を有している。型は、基板チャックと同じ設計の第２のチャックによって保持される。型は、突出パターンをＰＭＭＡに向けて、ＰＭＭＡ層の頂部に置く。型および基板をチャンバ内に入れる。チャックからＰＭＭＡを加熱する。

【００３９】

インプリント処理過程の間、先ずＰＭＭＡをそのガラス転移温度を超えて加熱する。型上のリング・パターンによって、リング内部の型パターンが外部の圧力から封止される。次に、両方のチャックの孔を、真空から５００ｐｓｉのガス圧に切り換える。加圧ガスにより、型の突出パターンをＰＭＭＡ中に押し込む。型および基板の背面の粗さ、およびチャック表面の粗さに関係なく、型の突出パターンを加圧ガスによって、サブミクロンのスケールでＰＭＭＡ中に一様に押し込むことが重要である。

10

【００４０】

上で説明した実施形態は、本発明の応用例を示す多数の実施形態のうちのほんの一部を示したものに過ぎないことを理解されたい。当該技術分野の当業者にとっては、本発明の精神および範囲を逸脱することなく、他の多数の様々な配列方法が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】 インプリント・リソグラフィの改良型方法のステップの概略を示す工程系統図である。

20

【図２】 図１に示す改良型方法に使用される典型的な型、および成形可能薄膜を支える基板を示す図である。

【図３】 図１に示す改良型方法を実施するための装置を示す図である。

【図４Ａ】 図１に示すプロセスの様々な段階における成形可能層および基板を示す図である。

【図４Ｂ】 図１に示すプロセスの様々な段階における成形可能層および基板を示す図である。

【図４Ｃ】 図１に示すプロセスの様々な段階における成形可能層および基板を示す図である。

30

【図５Ａ】 基板上で実施することができる、さらに他の様々な処理ステップを示す図である。

【図５Ｂ】 基板上で実施することができる、さらに他の様々な処理ステップを示す図である。

【図５Ｃ】 基板上で実施することができる、さらに他の様々な処理ステップを示す図である。

【図６Ａ】 図１に示す方法に有用な代替封止配列を示す図である。

【図６Ｂ】 図１に示す方法に有用な代替封止配列を示す図である。

【図６Ｃ】 図１に示す方法に有用な代替封止配列を示す図である。

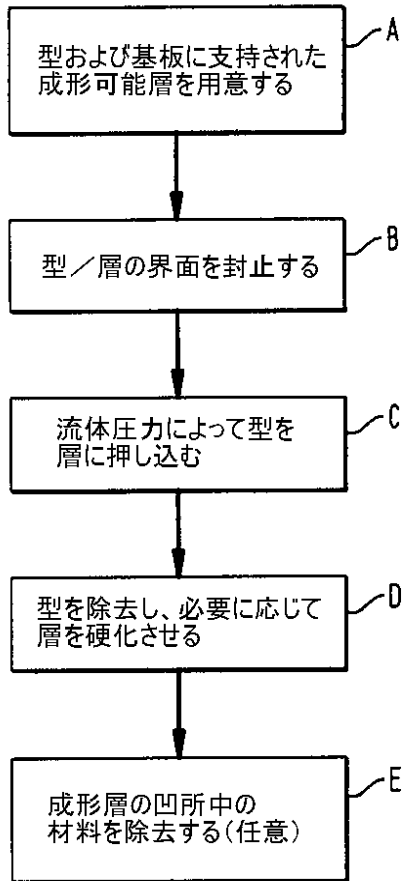
【図６Ｄ】 図１に示す方法に有用な代替封止配列を示す図である。

40

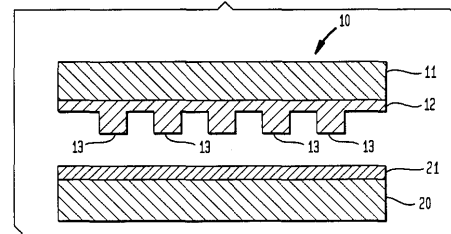
【図６Ｅ】 図１に示す方法に有用な代替封止配列を示す図である。

【図７】 図１に示す方法を実施するための代替装置を示す図である。

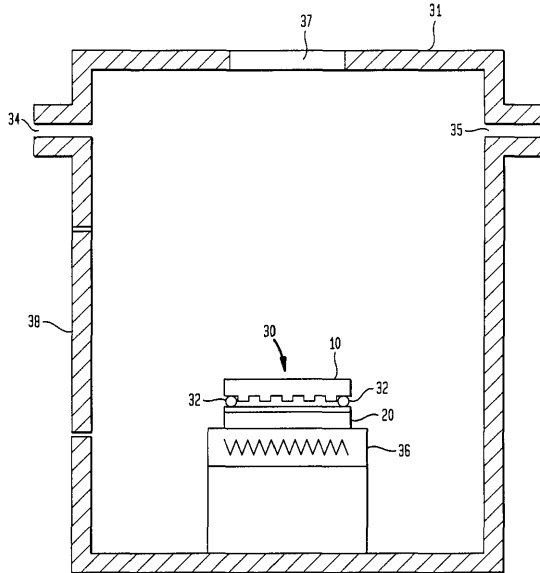
【図 1】



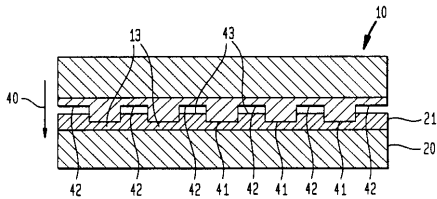
【図 2】



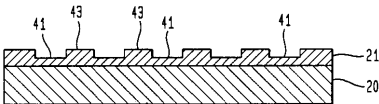
【図 3】



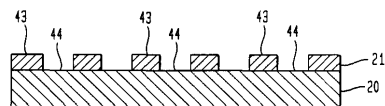
【図 4 A】



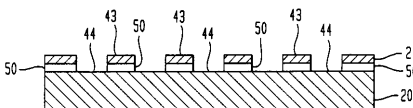
【図 4 B】



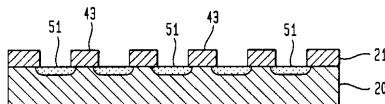
【図 4 C】



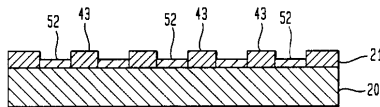
【図 5 A】



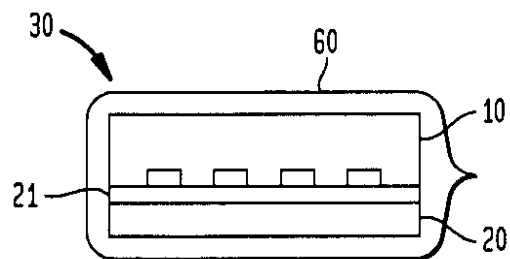
【図 5 B】



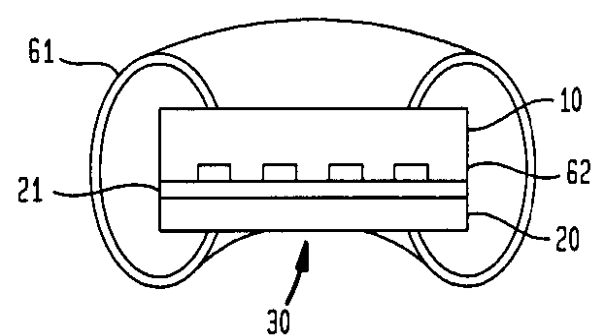
【図 5 C】



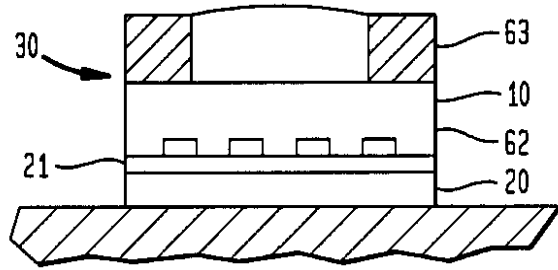
【図 6 A】



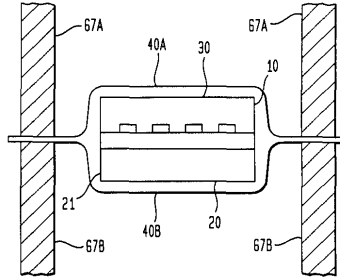
【図 6 B】



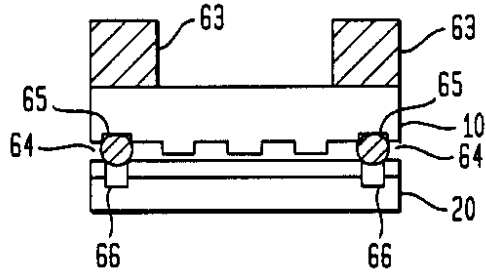
【図 6 C】



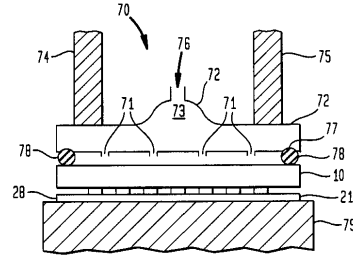
【図 6 E】



【図 6 D】



【図 7】



フロントページの続き

- (74)代理人 100106703
弁理士 産形 和央
- (74)代理人 100096943
弁理士 臼井 伸一
- (74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
- (74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
- (72)発明者 チョウ, スティーヴン, ワイ.
アメリカ合衆国 08540 ニュージャージー, プリンストン, フォーレット ドライヴ 7

審査官 南 宏輔

- (56)参考文献 特開平08-211203(JP, A)
特開平09-240125(JP, A)
特開2000-091555(JP, A)
国際公開第01/042858(WO, A1)
米国特許第5947027(US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027