

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5833636号
(P5833636)

(45) 発行日 平成27年12月16日 (2015.12.16)

(24) 登録日 平成27年11月6日 (2015.11.6)

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| H O 1 L 21/027 (2006.01) | H O 1 L 21/30 5 O 2 D |
| G O 3 F 7/20 (2006.01) | G O 3 F 7/20 5 2 1 |
| B 2 9 C 59/02 (2006.01) | B 2 9 C 59/02 Z N M B |
| B 2 9 C 33/38 (2006.01) | B 2 9 C 33/38 |

請求項の数 10 (全 12 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2013-508218 (P2013-508218) | (73) 特許権者 | 503193362 |
| (86) (22) 出願日 | 平成23年4月27日 (2011.4.27) | | モレキュラー・インプリント・インコーポ |
| (65) 公表番号 | 特表2013-532369 (P2013-532369A) | | レーテッド |
| (43) 公表日 | 平成25年8月15日 (2013.8.15) | | アメリカ合衆国・78758-3605・ |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US2011/034159 | | テキサス州・オースティン・ウエスト プ |
| (87) 国際公開番号 | W02011/139782 | | レイカー レーン・1807・ビルディン |
| (87) 国際公開日 | 平成23年11月10日 (2011.11.10) | | グ シー100 |
| 審査請求日 | 平成26年4月10日 (2014.4.10) | (74) 代理人 | 100064621 |
| (31) 優先権主張番号 | 61/328, 353 | | 弁理士 山川 政樹 |
| (32) 優先日 | 平成22年4月27日 (2010.4.27) | (74) 代理人 | 100098394 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | 弁理士 山川 茂樹 |
| | | (72) 発明者 | イム, セーヒュク |
| | | | アメリカ合衆国・78759・テキサス州 |
| | | | ・オースティン・ストーンレイク プール |
| | | | バード・9801・ナンバー231 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 ナノインプリント・リソグラフィのテンプレート製作方法およびそのシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ナノインプリント・リソグラフィ・システムにおける方法において、
基板上に形成されたパターン化層と接触するテンプレートを準備するステップであって、

前記テンプレートと前記基板は、分離力を受けるとき、それぞれが整合しない横歪み (d_t) および (d_b) を有している、上記準備するステップと、

前記テンプレートと前記基板が分離力を受けるとき前記横歪みの比 (d_t / d_b) が約 1 であるように前記テンプレートの横歪み (d_t) または前記基板の横歪み (d_b) または両方を調整するステップと、

分離力を印加して前記テンプレートを前記基板から分離するステップとを含むことを特徴とするナノインプリント・リソグラフィ・システムにおけるテンプレートと基板との分離方法。

【請求項 2】

前記調整するステップはさらに、背圧を前記テンプレートまたは前記基板または両方に印加するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記背圧は、前記分離力を印加するステップより前に印加される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

10

20

前記背圧は、前記分離力を印加するステップと同時に印加される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記印加される背圧は、正圧力である、請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記印加される背圧は、負圧力である、請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

正背圧は、前記テンプレートに印加され、負背圧は、前記基板に印加される、請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

負背圧は、前記テンプレートに印加され、正背圧は、前記基板に印加される、請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

基板と、

前記基板上にパターン化層を形成するためのテンプレートとを含み、

前記テンプレートおよび前記基板は、前記形成されたパターン化層から前記テンプレートを分離するための分離力を受けるとき、それぞれが整合しない横歪み (d_x) および (d_y) を有し、

前記分離力が印加されたときに前記横歪み (d_x) および (d_y) が等しくなるように、前記テンプレートおよび前記基板の一方または双方に印加する背圧を制御するシステムとをさらに含む、ナノリソグラフィ・インプリント・システム。

【請求項 10】

前記基板は、Si であり、前記テンプレートは、熔融シリカである、請求項 9 に記載のナノリソグラフィ・インプリント・システム。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本出願は、2010 年 4 月 27 日に提出された米国仮出願第 61/328,353 号への優先権を主張するものである。

【技術分野】

【0002】

ナノ加工は、およそ 100 ナノメートル以下のフィーチャを有する非常に小さい構造体の加工を含む。ナノ加工がかなりの影響を及ぼした 1 つの応用は、集積回路の処理においてである。半導体処理産業は、基板に形成される単位面積当たりの回路を増加させながらより大きな生産収率のために努力し続けており、従ってナノ加工は、ますます重要になっている。ナノ加工は、形成される構造体の最小フィーチャ寸法の継続する低減を可能にしながらより優れたプロセス制御を提供する。ナノ加工が用いられる他の開発領域には、生物学、光技術、機械システムなどの領域がある。

【0003】

今日使用されているナノ加工技術は、普通インプリント・リソグラフィと呼ばれる。例となるインプリント・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 号などの多数の刊行物で詳細に述べられている。

【0004】

前述の米国特許公開および特許の各々で開示されるインプリント・リソグラフィ技術は、成形性（重合性）層にレリーフ・パターンを形成することおよびレリーフ・パターンに対応するパターンを下にある基板に転写することを含む。基板は、パターン形成プロセスを容易にするために所望の位置決めを得るように移動ステージに結合されることもある。パターン形成プロセスは、基板から間隔をあけて離れたテンプレートおよびテンプレート

10

20

30

40

50

と基板との間に塗布された成形性液体を使用する。成形性液体は、成形性液体と接するテンプレートの表面形状に従うパターンを有する剛体層を形成するように固化される。固化の後、テンプレートは、テンプレートおよび基板が間隔をあけて離れるように剛体層から分離される。基板および固化層は次いで、固化層のパターンに対応するレリーフ像を基板に転写するために追加のプロセスを受ける。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

基板上に形成されたパターン化層からテンプレートを分離するためのナノインプリント・リソグラフィの方法およびシステムが、本発明によって提供される。システムおよび方法は、さもなければそのような分離から生じる可能性があるパターン化フィーチャでの歪みまたは欠陥を最小限にする。これは、分離中のテンプレートに生じる横歪み (d_t) および基板に生じる横歪み (d_b) の制御、およびある場合にはそれらの整合を通じて達成される。テンプレートおよび基板の横歪み d_t および d_b 、または横歪み比 (d_t / d_b) は、テンプレートおよび/もしくは基板の厚さ (T_t および/もしくは T_b) の選択を通じて、かつ/またはテンプレートおよび/もしくは基板の背圧 (P_t および/もしくは P_b) の制御を通じて、かつ/またはテンプレートおよび/もしくは基板の材料剛性の選択を通じて制御できる。

【0006】

一態様では、基板上に形成されたパターン化層と接触してテンプレートを準備するステップであって、テンプレートおよび基板は、分離力を受けるとき、それらに関連する横歪み d_t および d_b をそれぞれ有する、ステップを含む方法が、提供される。テンプレートの横歪み (d_t) または基板の横歪み (d_b) または両方は、テンプレートおよび基板が分離力を受けるとき、横歪みの比 (d_t / d_b) が約 1 であるように調整される。すなわち、歪み d_t および d_b は、整合される。分離力の印加によって、テンプレートを基板から分離する。いったん分離されると、形成されたパターン化層は、基板に転写でき、それ自体は次いで、例えば集積回路などの、ナノ加工されたデバイスなどへ処理できる。

【0007】

ある態様では、横歪み調整は、テンプレートおよび/または基板への背圧の印加を通じて成し遂げられる。背圧は、分離力の印加より前にまたはそれと同時に印加されてもよい。印加される背圧は、正圧力かまたは負圧力 (すなわち、真空) とすることができる。正背圧は、テンプレートに、負背圧は、基板に印加されてもよく、逆の組合せでもよい。

【0008】

他の態様では、横歪み調整は、テンプレートまたは基板または両方の材料剛性を変更することを通じて成し遂げられる。さらなる態様では、横歪み調整は、テンプレートまたは基板または両方の厚さを変更することを通じて成し遂げられる。

【0009】

なおさらなる態様では、厚さ T_b を有する基板および基板と重ね合わされたテンプレートを有するナノリソグラフィ・インプリント・システムが、提供される。テンプレート厚さ T_t は、基板の横歪み (d_b) に対するテンプレートの横歪み (d_t) の比 (d_t / d_b) が約 1 であるように選択される。すなわち、テンプレート厚さは、横歪み (d_t) および (d_b) が整合するように選択される。例えば、基板が Si であり、テンプレートが溶融シリカである場合には、基板厚さ T_b は、約 0.775 mm とすることができ、テンプレート厚さ T_t は、約 1.1 mm とすることができる。

【0010】

本明細書で述べられる態様および実装形態は、上で述べられた以外の方法で組み合わされてもよい。他の態様、特徴、および利点は、次の詳細な説明、図面、および特許請求の範囲から明らかとなる。

【0011】

本発明の特徴および利点が、詳細に理解できるように、本発明の実施形態のより詳しい

10

20

30

40

50

説明が、添付の図面で例示される実施形態を参照してなされてもよい。しかしながら、本発明は、他の同等に有効な実施形態を認めてもよいので、添付の図面は、本発明の典型的な実施形態を例示するだけであり、従って本発明の範囲を限定すると考えるべきでないことに留意すべきである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】リソグラフィ・システムの簡略化した側面図を例示する図である。

【図 2】パターン化層をその上に有する、図 1 で例示される基板の簡略化した側面図を例示する図である。

【図 3 A】インプリント・リソグラフィ分離プロセス中のテンプレートおよび基板の横歪み（側方移動）の簡略化した側面図を例示する図である。 10

【図 3 B】インプリント・リソグラフィ分離プロセス中のテンプレートおよび基板の横歪み（側方移動）の簡略化した拡大図を例示する図である。

【図 4 A】インプリント・リソグラフィ分離プロセス中のテンプレートの横歪み（側方移動）の簡略化した側面図を例示する図である。

【図 4 B】インプリント・リソグラフィ分離プロセス中のテンプレートの横歪み（側方移動）の簡略化した拡大図を例示する図である。

【図 5】厚さ比および背圧（絶対圧力）の関数としての、界面で接続するテンプレートおよび基板の横歪み比のグラフ表示を例示する図である。

【図 6】可変厚さおよび実質的に同様の背圧を有する、界面で接続するテンプレートおよび基板の横歪み比のグラフ表示を例示する図である。 20

【図 7】実質的に同様の厚さおよび可変背圧を有する、界面で接続するテンプレートおよび基板の横歪み比のグラフ表示を例示する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

図を、特に図 1 を参照すると、そこで例示されるのは、基板 1 2 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 1 0 である。基板 1 2 は、基板チャック 1 4 に結合されてもよい。例示されるように、基板チャック 1 4 は、真空チャックである。しかしながら、基板チャック 1 4 は、真空式、ピン型、溝型、静電式、電磁式、および / または同様のものを含むが限定されない、任意のチャックであってもよい。例となるチャックは、例えば、米国特許第 6 , 8 7 3 , 0 8 7 号に開示される。 30

【 0 0 1 4 】

基板 1 2 および基板チャック 1 4 はさらに、ステージ 1 6 によって支持されてもよい。ステージ 1 6 は、x、y、および z 軸に沿って並進運動および / または回転運動を提供してもよい。ステージ 1 6、基板 1 2、および基板チャック 1 4 はまた、基部（図示されず）上に位置決めされてもよい。

【 0 0 1 5 】

基板 1 2 から間隔をあけて離れているのは、テンプレート 1 8 である。テンプレート 1 8 は、第 1 の側面および第 2 の側面を有する本体を含んでもよく、1 つの側面は、それから基板 1 2 の方へ延びるメサ 2 0 を有する。メサ 2 0 は、パターン形成表面 2 2 をその上に有する。さらに、メサ 2 0 は、モールド 2 0 と呼ばれることもある。別法として、テンプレート 1 8 は、メサ 2 0 なしで形成されてもよい。 40

【 0 0 1 6 】

テンプレート 1 8 および / またはモールド 2 0 は、溶融シリカ、石英、シリコン、有機ポリマー、シロキサン・ポリマー、ホウケイ酸ガラス、フルオロカーボン・ポリマー、金属、硬化サファイア、および / または同様のものを含むが限定されない、そのような材料から形成されてもよい。例示されるように、パターン形成表面 2 2 は、複数の間隔をあけて離れた後退部 2 4 および / または突出部 2 6 によって定義されるフィーチャを含むが、本発明の実施形態は、そのような構成（例えば、平面）に限定されない。パターン形成表面 2 2 は、基板 1 2 上に形成すべきパターンの基礎を形成する任意の元のパターンを定義 50

してもよい。

【0017】

テンプレート18は、チャック28に結合されてもよい。チャック28は、真空式、ピン型、溝型、静電式、電磁式、および/または他の同様チャック型のように構成されてもよいが、限定されない。例となるチャックはさらに、米国特許第6,873,087号で述べられる。さらに、チャック28は、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の動きを容易にするように構成されてもよいようにインプリント・ヘッド30に結合されてもよい。

【0018】

システム10はさらに、流体分注システム32を含む。流体分注システム32は、基板12上に成形性材料34(例えば、重合性材料)を堆積させるために使用されてもよい。成形性材料34は、滴下分注法、回転塗布法、浸漬塗布法、化学気相堆積法(CVD)、物理気相堆積法(PVD)、薄膜堆積法、厚膜堆積法、および/または同様のものなどの技術を使用して基板12上に位置決めされてもよい。成形性材料34は、所望の体積が設計考慮事項に応じてモールド20と基板12との間に定義される前および/または後に基板12上に配置されてもよい。成形性材料34は、生体領域、太陽電池産業、バッテリー産業、および/または機能性ナノ粒子を必要とする他の産業内で用途を有する機能性ナノ粒子であってもよい。例えば、成形性材料34は、米国特許第7,157,036号および米国特許公開第2005/0187339号で述べられるようなモノマー混合物を含んでもよい。なお、成形性材料34は、生体材料(例えば、PEG)、太陽電池材料(例えば、N型、P型材料)、および/または同様のものを含んでもよいがこれに限定されない。

【0019】

図1および図2を参照すると、システム10はさらに、エネルギー40を経路42に沿って導くように結合されるエネルギー・ソース38を含んでもよい。インプリント・ヘッド30およびステージ16は、テンプレート18および基板12を経路42と重ね合わせて位置決めするように構成されてもよい。システム10は、ステージ16、インプリント・ヘッド30、流体分注システム32、および/またはソース38と通信するプロセッサ54によって調節されてもよく、メモリ56に保存されるコンピュータ可読プログラムで動作してもよい。

【0020】

インプリント・ヘッド30か、ステージ16、または両方は、モールド20と基板12との間の距離を変えて成形性材料34によって満たされるそれらの間の所望の体積を定義する。例えば、インプリント・ヘッド30は、モールド20が成形性材料34と接するようにテンプレート18に力を印加してもよい。所望の体積が成形性材料34で満たされた後、ソース38は、エネルギー40、例えば紫外線放射を生成して、成形性材料34を基板12の表面44およびパターン形成表面22の形状に従って固化させかつ/または架橋させて、基板12上にパターン化層46を定義する。パターン化層46は、残存層48ならびに突出部50および後退部52として図示される複数のフィーチャを含んでもよく、突出部50は、厚さ t_1 を有し、残存層は、厚さ t_2 を有する。

【0021】

上述のシステムおよびプロセスはさらに、米国特許第6,932,934号、米国特許第7,077,992号、米国特許第7,179,396号、および米国特許第7,396,475号で言及されるインプリント・リソグラフィ・プロセスおよびシステムで用いられてもよい。

【0022】

パターン化層46の形成の後、テンプレート18またはモールド20ならびにパターン化層46のフィーチャ50および52は、分離されてもよい。一般に、分離の取組みには、2つの「板状」構造体(すなわち、テンプレート18および基板12)を分離するために力を印加することが含まれる。分離は一般に、過度の応力および/または歪みをテンプレート18もしくはモールド20ならびに/またはパターン化層46のインプリントされ

10

20

30

40

50

たフィーチャ50および52にもたらしことなく行われる必要がある。もしテンプレート18および基板12が、相対的に法線方向に引きはがされるならば（例えば、傾ける動きなしに）、分離フロントは、パターン化層46の境界から内側へ（放射状に）移動する。もし追加の傾ける動きが、適用されるならば、分離フロントは、傾斜軸から遠い側から始まる平行線をかなり移動することもある。例となる分離フロントスキームは、米国特許第7,701,112号、米国特許公開第2010/0096776号、米国特許第7,635,445号、および米国特許第7,635,263号でさらに詳細に述べられている。

【0023】

図3Aで例示されるように、テンプレート18aおよび基板12aは、分離フロントで小角度を形成することもあり、それは、非変形平面 PL_1 に関するテンプレート18aの相対曲げ角度 θ_1 および基板12aの相対曲げ角度 θ_2 の和に等しい。ここで、Pは、インプリントされた領域の外側のテンプレートと基板との間のギャップでの圧力であり、 P_t および P_b は、もしあれば、テンプレート裏面および基板裏面に印加される圧力をそれぞれ表す。非変形平面 PL_1 に関するテンプレート18aの相対曲げ角度 θ_1 および基板12aの相対曲げ角度 θ_2 は、厚さ、ヤング率、圧力、テンプレート18aとパターン化層46との間の付着力、および同様のものを含むが限定されない、多変数の関数である。図3Bは、テンプレートと基板との間の分離フロントでの2つの横移動を示し、ここで d_t は、テンプレート・フィーチャの横変位（または横歪み）であり、 d_b は、基板上のインプリントされたフィーチャの横変位（または横歪み）である。

【0024】

図4は、基板が剛体で、全く曲げがないと仮定される場合の基板12aに関するテンプレート18aの歪み d_t を例示する。テンプレート18aはそれ故に、横歪み d_t を示すが、しかし基板の d_b は、ゼロの横歪みを有する。例示されるように、横歪みが、テンプレート・フィーチャと基板フィーチャとの間で整合しないような場合には、インプリントされたフィーチャ50aおよび52aは、歪められるまたは損傷することになる。フィーチャ損傷を防止するためには、基板12aが曲がるまたは伸びることを可能にし、その横歪み d_b がテンプレートのそれ（ d_t ）と整合することを可能にすることが、有利である。

【0025】

テンプレートおよび基板の曲げ量は、 (ET^3) に逆比例し、ここでEは、テンプレートまたは基板材料のヤング率であり、Tは、テンプレートまたは基板の厚さである。続いて、歪みは、厚さ（T）を乗じた曲げの関数である。従って、歪みの大きさは、 (ET^2) に逆比例する。その結果、テンプレート18aおよび基板12aの界面で接続する表面での2つの横歪みの比（ d_t/d_b ）は、 $(E_bT_b^2)/(E_tT_t^2)$ に比例する。

【0026】

図5乃至図7は、テンプレート18aおよび基板12aの厚さ（ T_b/T_t ）に関して横歪み比（ d_t/d_b ）のグラフ・プロットを例示する。一般に、実線70～70bは、実質的に同様の境界条件（例えば、背圧）の下でのテンプレート18aおよび基板12aの歪み比を表す。点線72、72bおよび74は、実質的に異なる境界条件（例えば、背圧）の下でのテンプレート18aおよび基板12aの歪み比を表す。

【0027】

図5は、テンプレート18aおよび基板12aの分離中の厚さの組合せについての横歪み比（ d_t/d_b ）のグラフ・プロット68を例示する。例えば、実質的に同様の境界条件の下では（すなわち、基準線70）、テンプレート18aの厚さ T_t が、基板12aの厚さ T_b よりもかなり小さいときは（ $T_t \ll T_b$ ）、分離フロントは、主にテンプレート18aの曲げによって形成されてもよい。この例では、歪みの比（ d_t/d_b ）は、 (E_b/E_t) よりも大きい。別法として、テンプレート18aの厚さ T_t よりもかなり小さい基板12aの厚さ T_b を有するときは（ $T_b \ll T_t$ ）、歪みの比（ d_t/d_b ）は、 (E_b/E_t) よりも小さい。

【 0 0 2 8 】

最適な場合は、歪み比 (d_t / d_b) がテンプレート 18 a および基板 12 a について 1 になる場合に存在することができる。テンプレートおよび基板が、同じヤング率を有するときは、最適構成は、テンプレート 18 a および基板 12 a が、実質的に同様の厚さ T_t および T_b をそれぞれ有し、理想に近いプロセス条件 (例えば、背圧、制約境界条件) の下にあるときである。圧力は、正および負圧力 (真空) の両方であることに留意すべきである。

【 0 0 2 9 】

しかしながら、テンプレート 18 a および基板 12 が、異なる背部支持 (すなわち、材料剛性を調整すること) を用いてまたは背圧 (正圧力および / または真空) の印加を通じて制約されることは、応力および / または横歪みにかなり影響を及ぼすこともある。例えば、図 5 で例示されるように、曲線 72 および 74 は、テンプレート 18 a および基板 12 a が異なる背圧条件の下にあるときの横歪み比 (d_t / d_b) を例示する。曲線 72 は、基板 12 a の背圧がテンプレート 18 a のそれ (例えば、0 KPa) よりも低い (例えば、-30 KPa) ときの相対横歪み比 (d_t / d_b) を表し、曲線 74 は、反対の場合 (すなわち、基板 12 a の背圧がテンプレート 18 a のそれよりも高い場合) を表す。例えば、基板 12 a だけが真空チャックされることは、曲げ形状に影響を及ぼして分離プロセス中に過度の歪みをもたらすこともある。グラフ表示に基づいて、テンプレート 18 a の厚さ T_t は、裏面圧力、分離力、および / またはテンプレート形状の差を補償するために、テンプレート 18 a の曲げ剛性が増加されるように基板 12 a の厚さ T_b よりも大きく構成されて (例えば、増加されて) もよい。

【 0 0 3 0 】

しかしながら、基板 12 a の厚さは一般に、自由に選択可能な変数でない。例えば、8 インチまたは 12 インチ直径の半導体ウェハーには一般に、基板 12 a のための厚さについて業界標準がある。補償のために、テンプレート 18 a の厚さ T_t は、基板 12 a について事前に選択された厚さ T_b に基づいて決定されてもよい。加えて、テンプレート 18 a の厚さ T_t は、横歪み d_t が最小化されるまたは除去されてもよいように、材料剛性 (例えば、ヤング率)、背圧、および同様のものに基づいて決定されてもよい。別法として、テンプレート 18 a の背圧は、横歪み比 (d_t / d_b) を約 1 にできるように制御されてもよい。

【 0 0 3 1 】

より具体的には、テンプレートおよび / または基板に印加される背圧 P_t および / または P_b (図 3 A を参照) は、約 1 の横歪み比 (d_t / d_b) をもたらすように横歪み d_t および / または横歪み d_b を変更するために調整できる。供給する必要がある背圧 P_t および / または P_b の量および程度は、テンプレートおよび基板のヤング率、厚さ、ならびに印加すべき分離力に基づいて事前に決定できる。テンプレートへのそのような背圧の制御および供給は、例えば参照により本明細書に組み込まれる米国特許第 7,019,819 号で述べられるチャックおよびシステムを使用して提供できる。基板へのそのような背圧の制御および供給は、例えば米国特許第 7,635,263 号および米国特許第 7,635,445 号で述べられるチャックおよびシステムを使用することができる。

【 0 0 3 2 】

図 6 は、厚さの組合せについて横歪み比 (d_t / d_b) のグラフ・プロット 76 を例示する。グラフ・プロット 76 は、テンプレート 18 a かまたは基板 12 a の厚さ T_t および T_b が制御可能な変数である場合の横歪み比 (d_t / d_b) を最適化するための例となる方法を提供する。例えば、基板 12 a は、約 150 GPa のヤング率、約 0.775 mm の厚さ T_b を有する Si で形成されてもよい。テンプレート 18 a は、約 75 GPa のヤング率を有する溶融シリカで形成されてもよい。そのとき、横歪み比 (d_t / d_b) は、(0、0) および (1、2) を通る二次関数である。そのため、1 の理想的横歪み比 (d_t / d_b) について、厚さ比は、($E_b T_b^2$) / ($E_t T_t^2$) に基づいて 0.5 の平方根とすべきである。従って、テンプレート 18 a の厚さ T_t は、約 1.1 μm である必要があるこ

ともある。実質的に同一の背圧が、テンプレート 18 a および基板 12 a の両方に供給される必要があることもある。例えば、背圧は、テンプレート 18 a および基板 12 a の両方で約 - 30 KPa に維持されてもよい。背圧のわずかな変化は、印加すべき分離力に基づいて最適化できる。別法として、テンプレート 18 a が、周囲圧力の下にあるときは、基板 12 a の少なくとも一部分は、実質的に同じ背圧（例えば、周囲圧力）の下にあってよく、一方基板 12 a の残りの部分は、異なる背圧を受ける。異なるレベルの圧力を供給するためのシステムおよび方法はさらに、米国特許第 7,019,819 号、米国特許第 7,635,263 号および米国特許第 7,635,445 号で開示されている技術を使用することもできる。

【0033】

図 7 は、厚さが被制御変数でない場合の横歪み比 (d_t / d_b) のグラフ・プロット 78 を例示する。グラフ・プロット 78 は、テンプレート 18 a かまたは基板 12 a の厚さ T_t および T_b が制御変数でない場合の横歪み比 (d_t / d_b) を最適化するための例となる方法を提供する。テンプレート 18 a および基板 12 a の材料特性は、実質的に同様であってもよい。テンプレート 18 a および基板 12 a の厚さ T_t および T_b は、固定比を有してもよい。例えば、一実施形態では、固定比は、 $T_b / T_t = 0.18$ に設定されてもよい。一般に、「より厚い」テンプレート 18 a または基板 12 a は、高い背圧の追加の支持を必要とすることもあり、一方「より薄い」テンプレート 18 a または基板 12 a は、低い圧力を有する背圧（例えば、真空）を必要とすることもある。例えば、熔融シリカ材料については、約 40 KPa から 90 KPa の間の背圧が、より厚いテンプレート 18 a および基板 12 a に使用されてもよく、約 - 40 KPa から 0 KPa の間の背圧が、より薄いテンプレート 18 a および基板 12 a に使用されてもよい。実際の数値は、解析モデルおよび / または有限要素解析を使用して決定されてもよい。さらに、テンプレート 18 a および基板 12 a のための背圧レベルは、分離が伝搬するにつれて調整されてもよい。

【0034】

厚さ T_t および / もしくは T_b の選択、背圧の制御、ならびに / または材料剛性の選択を通じてのテンプレート 18 a および基板 12 a の横歪みの制御は、米国特許第 7,636,999 号、米国特許第 7,701,112 号、米国特許公開第 2010/009677 6 号、米国特許第 7,635,445 号、および米国特許第 7,635,263 号でさらに述べられるそれらを含むが限定されない、他の分離方法に適用されてもよい。

【0035】

様々な態様のさらなる変更形態および代替実施形態は、この記述を考慮すると当業者には明らかとなる。それに応じて、この記述は、説明に役立つだけであると解釈すべきである。本明細書で図示され、述べられる形態は、実施形態の例として受け取るべきであるとして理解すべきである。要素および材料は、本明細書で例示され、述べられるそれらと置き換えられてもよく、部品およびプロセスは、逆にされてもよく、ある特徴は、独立して利用されてもよく、当業者には明らかとなるようなすべては、この記述の便益を有する。本明細書で述べられる要素の変形は、次のクレームで述べられるような精神および範囲から逸脱することなく行われてもよい。

【図 1】

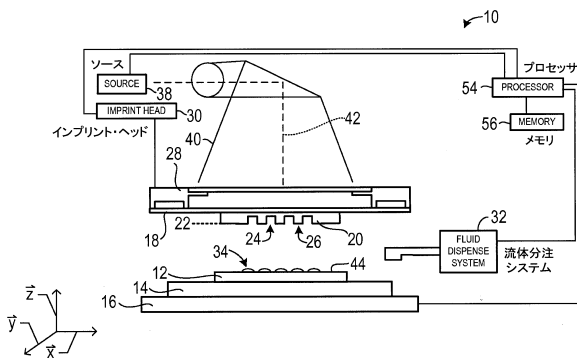


FIG. 1

【図 2】

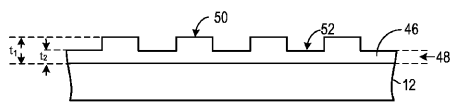


FIG. 2

【図 3 A - 3 B】

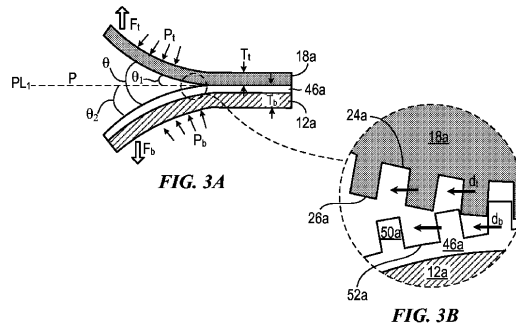


FIG. 3A

FIG. 3B

【図 4 A - 4 B】

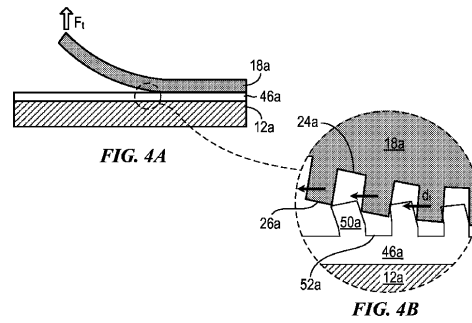


FIG. 4A

FIG. 4B

【図 5】

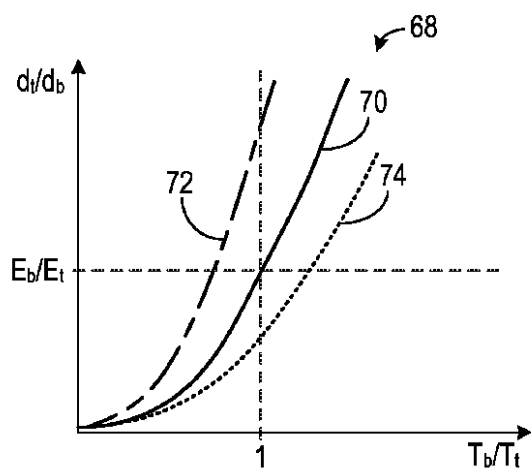


FIG. 5

【図 6】

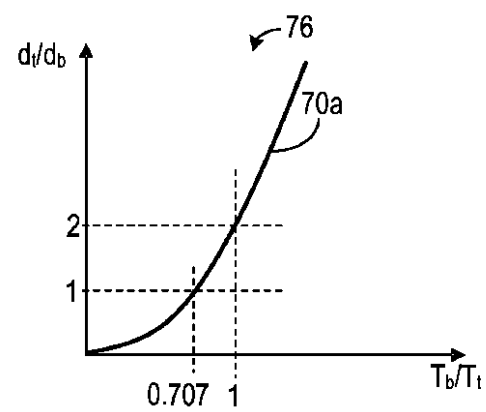
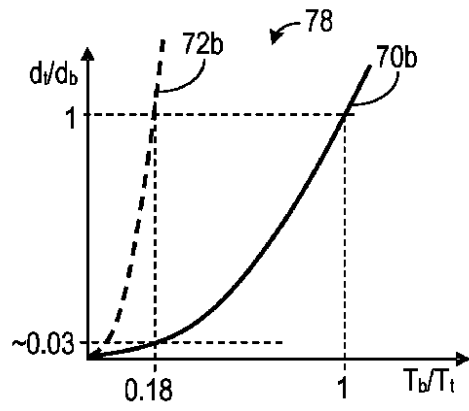


FIG. 6

【 図 7 】

**FIG. 7**

フロントページの続き

- (72)発明者 ガナパシスブラマニアン, マハデヴァン
アメリカ合衆国・78613・テキサス州・シーダー パーク・ローン バック パス・1007
- (72)発明者 フレッチャー, エドワード・ビー
アメリカ合衆国・78729・テキサス州・オースティン・レディー スザンヌズ コート・7420
- (72)発明者 クスナトディノヴ, 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 トレイル・3257
- (72)発明者 シュミッド, ジェラード・エム
アメリカ合衆国・12144・ニューヨーク州・レンセラー・オーバールック ドライブ・2
- (72)発明者 メイスル, マリオ・ジョハネス
アメリカ合衆国・78717・テキサス州・オースティン・ナビゲイター ドライブ・105
- (72)発明者 チェララ, アンシュマン
アメリカ合衆国・78759・テキサス州・オースティン・モラド サークル・10610・ナンバー2821
- (72)発明者 シュ, フランク・ワイ
アメリカ合衆国・78664・テキサス州・ラウンド ロック・ハーヴェイ ペニック ドライブ・3814
- (72)発明者 チョイ, ピュン・ジン
アメリカ合衆国・78750・テキサス州・オースティン・メダリオン レーン・11512
- (72)発明者 スリーニヴァサン, シドルガータ・ブイ
アメリカ合衆国・78750・テキサス州・オースティン・グランド オーク ドライブ・10502

審査官 佐野 浩樹

- (56)参考文献 特開2010-036514(JP, A)
特開2011-005773(JP, A)
特開2006-245071(JP, A)
特開2009-214485(JP, A)
特表2009-517882(JP, A)
特表2008-529826(JP, A)
特表2004-504718(JP, A)
特開2007-083626(JP, A)
特表2007-513509(JP, A)
特表2006-506814(JP, A)
特表2012-507141(JP, A)
国際公開第2010/147671(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C33/00 - 33/76 、 39/26 - 39/36 、
41/38 - 41/44 、 43/36 - 43/42 、
43/50 、 45/26 - 45/44 、
45/64 - 45/68 、 45/73 、
49/48 - 49/56 、 49/70 、
51/30 - 51/40 、 51/44 、
53/00 - 53/84 、 57/00 - 59/18 、
G03F 7/20 - 7/24 、 9/00 - 9/02 、

H01L21/027、21/30