

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-327994

(P2004-327994A)

(43) 公開日 平成16年11月18日(2004.11.18)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/027
G03F 7/20

F I

H01L 21/30 502D
G03F 7/20 501

テーマコード(参考)

2H097
5F046

審査請求 有 請求項の数 49 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2004-126881(P2004-126881)
(22) 出願日 平成16年4月22日(2004.4.22)
(31) 優先権主張番号 10/425891
(32) 優先日 平成15年4月29日(2003.4.29)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 503003854
ヒューレット・パカード デベロップメント カンパニー エル. ピー.
アメリカ合衆国 テキサス州 77070
ヒューストン 20555 ステイト
ハイウェイ 249
(74) 代理人 100075513
弁理士 後藤 政喜
(74) 代理人 100084537
弁理士 松田 嘉夫
(72) 発明者 アルバート・エイチ・ジーンズ
アメリカ合衆国94043カルフォルニア
サン ローカス アヴェニュー マウン
テン ヴュー 820
Fターム(参考) 2H097 AA20
5F046 AA28

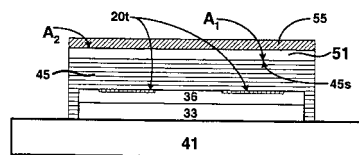
(54) 【発明の名称】 任意のサイズのコンプライアント媒体上に高解像度の3次元インプリントパターンを複製する方法

(57) 【要約】

【課題】 可撓性があり、耐久性があり、ベルトあるいはシリンダと接続されることができるインプリントスタンプ用コンプライアント媒体を提供する。

【解決手段】 コンプライアント媒体(45)上にインプリントパターン(20q)を複製する方法は、インプリントパターン(20s)の像がフォトポリマーシム(36)を形成するために、フォトポリマー層(35)にインプリントスタンプ(20a)を配置後さらに分離すること(P)、前記フォトポリマーシム(36)を覆うコンプライアント媒体(45)を形成し、前記フォトポリマーシム(36)内の前記インプリントパターン(20s)を前記コンプライアント媒体(45)に転写すること、接着層が前記コンプライアント媒体に接着されるようにすること、前記フォトポリマーシム(36)から前記コンプライアント媒体(45)を分離すること、を含むことを特徴とする。

【選択図】 図27



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コンプライアント媒体上に高解像度の 3 次元インプリントパターンを複製する方法であって、

マスター基板をパターンニングし、その後エッチングして、該基板内にインプリントパターンを画定することにより、該マスター基板上にインプリントスタンプを形成すること、
前記インプリントパターン上に剥離層を堆積することであって、該剥離層は前記インプリントパターンをコンフォーマルコーティングするような第 1 の厚みを有する、剥離層を堆積すること、

前記剥離層上に、前記インプリントパターンを完全に覆うような第 1 の深さまでシリコーンベースエラストマ層を堆積すること、 10

前記マスター基板を加熱することにより、前記シリコーンベースエラストマ層を硬化させること、

前記剥離層から前記シリコーンベースエラストマ層を剥離すること、

前記インプリントスタンプを包囲する前記シリコーンベースエラストマ層の余分な部分から前記インプリントスタンプを分離すること、

前記マスター基板からさらに別のインプリントスタンプを形成するために、必要に応じて上記のステップを繰り返すこと、

第 4 の厚みを有する平坦で、コンプライアントなシリコーンゴムバッキング上に、第 3 の厚みを有する平坦で、薄いプラスチックフィルムを配置すること、 20

フォトポリマー溶液で前記薄いプラスチックフィルムの表面をコーティングすること、

第 5 の厚みを有するフォトポリマー層を形成するために、前記プラスチックフィルムの前記表面上に前記フォトポリマー溶液を伸ばすこと、

前記フォトポリマー層上に前記インプリントスタンプのパターンニングされた表面を配置すること、

前記フォトポリマー層に、第 1 の時間だけ所定の輝度の紫外線を照射することにより、前記フォトポリマー層を硬化させることであって、それにより、前記フォトポリマー層上に前記インプリントスタンプの場所を固定し、前記フォトポリマー層に、前記インプリントスタンプの前記パターンニングされた表面上にある前記インプリントパターンの像を転写するような、硬化させること、 30

前記インプリントパターンの像がフォトポリマーシムを画定するようにするために、前記フォトポリマー層から前記インプリントスタンプを分離すること、

前記フォトポリマーシムを加熱することにより前記フォトポリマーシムを後硬化させること、

前記フォトポリマーシム上に、第 6 の厚みを有するフルオロカーボン材料のコーティングを堆積すること、

前記シリコーンゴムバッキングから前記薄いプラスチックフィルムを分離すること、

前記フォトポリマーシムを支持基板に取り付けること、

前記支持基板上に、第 1 の高さを有するシムストックを取り付けることであって、該シムストックは前記フォトポリマーシムに隣接して配置され、前記フォトポリマーシムから第 1 の距離だけ離隔して配置されるような、シムストックを取り付けること、 40

前記フォトポリマーシムおよび前記シムストックに、シリコーンベースエラストマ材料およびアモルファスフルオロポリマー材料からなるグループから選択されるコンプライアント材料をコーティングすること、

前記フォトポリマーシムおよび前記シムストック上に前記コンプライアント材料を伸ばすことであって、それにより前記フォトポリマーシムおよび前記シムストックを覆うコンプライアント媒体を形成し、前記フォトポリマーシム内の前記インプリントパターンを前記コンプライアント媒体に転写するような、伸ばすこと、

前記支持基板を加熱すること、

前記支持基板を冷却すること、 50

前記コンプライアント媒体から前記シムストックを分離すること、

前記コンプライアント媒体の表面に転写接着層の第1の接着表面を被着することであって、それにより該転写接着層が前記コンプライアント媒体に接着されるようにすることであって、第7の厚みを有しおよび第2の接着表面を含むような、該転写接着層が前記コンプライアント媒体に接着されるようにすること、

前記支持基板あるいは前記フォトポリマーシムのうちの選択された方から前記コンプライアント媒体を分離することを含むことを特徴とする、複製する方法。

【請求項2】

前記マスター基板はシリコン基板およびシリコンウェーハからなるグループから選択される材料であることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

10

【請求項3】

前記剥離層はフルオロカーボン材料を含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項4】

前記剥離層の前記第1の厚みは約50.0ナノメートルないし約150.0ナノメートルであることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項5】

前記シリコンベースエラストマ層は、ポリジメチルシロキサン、SYLGARD182、SYLGARD183、SYLGARD184およびSYLGARD186からなるグループから選択される材料であることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

20

【請求項6】

前記シリコンベースエラストマ層の前記第1の深さは約0.5ミリメートルないし約1.5ミリメートルであることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項7】

前記シリコンベースエラストマ層を硬化させることは、約100.0で約4時間、前記マスター基板を加熱することを含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項8】

前記剥離層から前記シリコンベースエラストマ層を分離するステップは、前記シリコンベースエラストマ層の端部をつかみ、前記剥離層から前記シリコンベースエラストマ層を引き剥がすことにより、前記剥離層から前記シリコンベースエラストマ層を剥離することを含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

30

【請求項9】

前記インプリントスタンプを分離するステップはさらに、

略平坦な基板上に前記シリコンベースエラストマ層を配置すること、

前記インプリントスタンプから前記シリコンベースエラストマ層の前記余分な部分を切り離すために、前記インプリントスタンプの周囲を切断すること、

前記インプリントスタンプが前記シリコンベースエラストマ層の前記余分な部分と分離されるために、前記基板から前記シリコンベースエラストマ層の前記余分な部分を引き剥がすこと、を含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

40

【請求項10】

前記略平坦な基板は、ガラス、金属、プラスチックおよび石英からなるグループから選択される材料であることを特徴とする請求項9に記載の複製する方法。

【請求項11】

前記薄いプラスチックフィルムはポリイミドおよびポリエステルからなるグループから選択される材料であることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項12】

前記薄いプラスチックフィルムの前記第3の厚みは約40.0マイクロメートルないし約100.0マイクロメートルであることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項13】

50

前記シリコーンゴムバックングの前記第4の厚みは約0.125インチないし約0.25インチであることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項14】

前記フォトリマール溶液を伸ばすことは、前記プラスチックフィルムの前記表面を横切って、第1の直径のワイヤを含むマイヤーバーを摺動させることを含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項15】

前記マイヤーバー上の前記ワイヤの前記第1の直径は約50.0マイクロメートルないし約100.0マイクロメートルであることを特徴とする請求項14に記載の複製する方法。

10

【請求項16】

前記フォトリマール溶液は約50%のフォトリマール材料と約50%のアセトンとの混合物を含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項17】

前記フォトリマール材料はNorland NOA 83Hフォトリマールであることを特徴とする請求項16に記載の複製する方法。

【請求項18】

前記フォトリマール層の第5の厚みは、約5.0マイクロメートルないし約10.0マイクロメートルであることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項19】

前記フォトリマール層上に前記インプリントスタンプを配置することはさらに、前記インプリントスタンプの端部を前記フォトリマール層に接触させて配置し、前記端部を押えておくこと、

20

前記パターンングされた表面の残りの部分を徐々に降ろしながら前記フォトリマール層に接触させることを含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項20】

前記フォトリマール層上の所定の場所に前記インプリントスタンプを配置するために、前記インプリントスタンプを前記フォトリマール層の表面上で自由に動かすことをさらに含むことを特徴とする請求項19に記載の複製する方法。

【請求項21】

前記フォトリマール層上に前記インプリントスタンプを配置することはさらに、前記フォトリマール層上の所定の場所に前記インプリントスタンプを配置するために、前記インプリントスタンプを前記フォトリマール層上で自由に動かすことを含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

30

【請求項22】

前記フォトリマール層を硬化させるための前記紫外線は約300.0ナノメートルないし約400.0ナノメートルの波長を含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項23】

前記紫外線はUVA紫外線光源によって生成されることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

40

【請求項24】

前記紫外線の前記所定の輝度は平方センチメートル当たり約150ミリワットであることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項25】

前記フォトリマール層を硬化させるための前記第1の時間は、約5.0秒ないし約60.0秒であることを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

【請求項26】

前記フォトリマールシムの前記後硬化は、約100.0で約1時間、前記フォトリマールシムを加熱することを含むことを特徴とする請求項1に記載の複製する方法。

50

【請求項 27】

前記後硬化の後に、前記フォトリマシムをアセトンで洗浄することをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 28】

前記フォトリマシムを前記支持基板に取り付けることは、前記支持基板上に前記フォトリマシムを配置し、高温接着テープを用いて、前記フォトリマシムの一端を前記支持基板に固定することを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 29】

前記フォトリマシムのための前記支持基板は、ガラスおよび石英からなるグループから選択される材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

10

【請求項 30】

前記シムストックは、高温接着テープを用いて前記支持基板に取り付けられることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 31】

前記シムストックの前記第 1 の高さは約 0.5 ミリメートルないし約 1.5 ミリメートルであることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 32】

前記シムストックと前記フォトリマシムとの間の前記第 1 の距離は、約 1.0 ミリメートルないし約 3.0 ミリメートルであることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

20

【請求項 33】

前記フォトリマシムおよび前記シムストックをコーティングするための前記シリコンベースエラストマ材料は、ポリジメチルシロキサン、SYLGARD 182、SYLGARD 183、SYLGARD 184 および SYLGARD 186 からなるグループから選択される材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 34】

前記支持基板は約 100 の温度に予熱されることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 35】

前記支持基板を加熱することは、約 100.0 で約 1 時間、前記支持基板を加熱することを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

30

【請求項 36】

前記マイヤーバー上の前記ワイヤの前記第 2 の直径は約 1.0 ミリメートルないし約 2.0 ミリメートルであることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 37】

前記支持基板の前記冷却は、前記支持基板が略室温まで冷却されるようにすることを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 38】

前記シムストックを分離することは、前記フォトリマシムに隣接する前記シムストックの一端に沿って前記コンプライアント媒体を切断することを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

40

【請求項 39】

前記フルオロカーボン材料の前記第 6 の厚みは約 50.0 ナノメートルないし約 150.0 ナノメートルであることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 40】

前記転写接着層の前記第 7 の厚みは約 20.0 マイクロメートルないし約 100.0 マイクロメートルであることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 41】

前記転写接着層は光学的に透過性の材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

50

【請求項 4 2】

前記光学的に透過性の材料は、ARclear DEV-8932 透明シリコーン接着剤であることを特徴とする請求項 4 1 に記載の複製する方法。

【請求項 4 3】

前記転写接着層の前記第 2 の接着表面をベルト材料の表面に被着することにより、前記コンプライアント媒体を前記ベルト材料に積層することをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 4 4】

前記ベルト材料は光学的に透過性の材料であることを特徴とする請求項 4 3 に記載の複製する方法。

10

【請求項 4 5】

前記光学的に透過性の材料は、ポリエステルフィルムおよびマイラーからなるグループから選択される材料であることを特徴とする請求項 4 4 に記載の複製する方法。

【請求項 4 6】

前記転写接着層の前記第 2 の接着表面をシリンダの外側表面に被着することにより、前記コンプライアント媒体を前記シリンダに積層することをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 4 7】

前記シリンダは、ガラス、石英およびプラスチックからなるグループから選択される光学的に透過性の材料から形成されることを特徴とする請求項 4 6 に記載の複製する方法。

20

【請求項 4 8】

前記アモルファスフルオロポリマー材料はテフロン AF を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【請求項 4 9】

前記フォトポリマーシムおよび前記シムストックに前記コンプライアント媒体をコーティングする前に、前記支持基板を予熱し、前記支持基板に、前記シリコーンベースエラストマ材料をコーティングするための準備をさせることをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複製する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は包括的には、任意のサイズのコンプライアント媒体（可撓性媒体）上に 3 次元のインプリントパターン（imprint pattern：刻印パターン）を複製するための方法に関する。より具体的には、本発明は、インプリントスタンプを含む 1 つあるいは複数のフォトポリマーシムをコンプライアント媒体上に複製するための方法に関する。当該コンプライアント媒体は、ソフトリソグラフィインプリンティング工程において、コンプライアント媒体と接触する別の媒体に対して、インプリントスタンプ上に支持されていた高解像度の 3 次元インプリントパターンを転写するために用いられる。

【背景技術】

【0002】

40

多くの場合に、再結合（recombination）と呼ばれる工程を用いて、小さなマスターから大規模のシム（shim）が形成される。再結合では、小さなマスタースタンプが、熱可塑性基板をエンボス加工する間に、交互に加熱および冷却される。結果として、マスタースタンプ内のパターンが熱可塑性基板に転写される。その後、熱可塑性基板はめっき、あるいは他の方法でコーティングされて、他のシムを形成することができる。上記の工程のために用いられる機械は高額であり（たとえば、\$90,000 以上）、融けた状態のときの熱可塑性基板の比較的高い粘度に起因して、サブミクロンの寸法（すなわち 1.0 μm 未満）のパターンで動作することは保証されていない。たとえば、自動ホログラフィックシステムのような、他の独自の工程を利用することができる。しかしながら、その独自のシステムも高額であり、シム当たりのコストがシム当たり数千ドルを超える可能性もある

50

。

【0003】

ポリジメチルシロキサン(PDMS)、シリコーンゴムは、その可撓性、非粘着性および紫外線に対する透過性のため、ソフトリソグラフィのための良好な材料として幅広く認識されている。しかしながら、薄いシートでは、弾性があり、簡単に裂け、自らに粘着する傾向があるので、PDMSは取り扱うのが非常に難しい。

【0004】

したがって、低コストで、耐久性があり、取り扱うのが容易な、ソフトリソグラフィ工程において用いるためのインプリントスタンプを支持するためのコンプライアント媒体が必要とされる。また、サブミクロン機構サイズを有するインプリントスタンプを支持することができるコンプライアント媒体が必要とされる。光学的に透過性を有し、特に紫外線に対して透過性のコンプライアント媒体が必要とされる。最後に、可撓性があり、耐久性があり、ベルトあるいはシリンダと接続されることができるコンプライアント媒体が必要とされる。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、低コストで、耐久性があり、取り扱うのが容易な、ソフトリソグラフィ工程において用いるためのインプリントスタンプを支持するためのコンプライアント媒体であって、さらに可撓性があり、耐久性があり、ベルトあるいはシリンダと接続されることができるコンプライアント媒体を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

概して、本発明は、任意のサイズのコンプライアント媒体上に高解像度の3次元インプリントパターンを複製するための方法において具現される。コンプライアント媒体は可撓性ベルト材料と接続されることができるか、あるいはシリンダと接続されることができる。コンプライアント媒体は、サブミクロン(すなわち1 μ m未満)の機構サイズを有する機構を含むことができるインプリントスタンプを支持する。コンプライアント媒体は任意のサイズに形成されることができ、コンプライアント媒体によって支持されるインプリントパターンは同じマスター基板から、あるいは異なるマスター基板から形成されることができる。

30

【0007】

本発明のコンプライアント媒体の利点は、そのコンプライアント媒体が、卓上の実験室環境において低コストで製造されることができ、耐久性があり、可撓性であり、光学的に透過性の材料、特に紫外線に対して透過性の材料から形成されることができることである。そのコンプライアント媒体は、ソフトリソグラフィ工程において用いるための光学的に透過性のベルトあるいはシリンダと接続されることができ、コンプライアント媒体によって支持されるインプリントスタンプを用いて、別の基板がエンボス加工される。その別の基板は、フォトポリマー材料をコーティングされることができ、その後、エンボス加工ステップと同時に紫外線光源によって硬化される。

40

【0008】

本発明の他の態様および利点は、本発明の原理を例示する、添付の図面とともに取り上げられる、以下に記載される詳細な説明から明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下に記載される詳細な説明およびいくつかの図面においては、類似の構成要素は類似の参照番号で識別される。

【0010】

例示のための図面に示されるように、本発明は、任意のサイズのコンプライアント媒体上に高解像度の3次元インプリントパターンを製造するための方法において具現される。

50

そのコンプライアント媒体は、シリンダあるいはベルトのような別の基板と接続されることができ、ベルトには可撓性のベルトを用いることができる。基板と接続された後に、インプリントパターンはリソグラフィインプリント工程の一部として用いられることができ、別のコーティングされた基板がベルトあるいはシリンダの下を通され、コンプライアント媒体上のインプリントパターンがそのコーティングされた基板にエンボス加工（すなわち転写）される。コーティングされた基板はフォトポリマーのような材料をコーティングされることができ、フォトポリマーにインプリントパターンを固定するために、エンボス加工と同時にフォトポリマーを硬化させることができる。

【0011】

図1～図4では、マスター基板11がパターンニングされ、その後、エッチングされて、その中にインプリントパターン20が形成される。図1では、マスター基板11は、エッチングマスクとして役割を果たすことになる材料155をコーティングされる。材料155には、マイクロエレクトロニクス分野において一般的に用いられるフォトレジスト材料を用いることができる。マスター基板11内に形成されることになるパターン153を保持するマスク151に光154を照明し、その光によって、パターン153で材料155が露光される。

10

【0012】

図2では、材料155が現像され、光154に露光された材料155の部分が除去される。図2および図3では、マスター基板11がエッチング物質でエッチングされ、材料155で覆われないマスター基板11の部分が除去される。結果として、図3では、マスター基板11内に複数のインプリントパターン20pが形成される。図4では、インプリントパターン20pがマスター基板11上にインプリントスタンプ20を画定する。

20

【0013】

インプリントスタンプ20は、幅、長さおよび高さの3つの寸法が全て相違する複数のインプリントパターン20pを含むことができる。図4の断面図および図5の平面図では、複数のインプリントパターン20pは幅寸法 d_0 、高さ寸法 h_0 および長さ寸法 L_0 が相違する。インプリントパターン20pの実際の寸法は応用形態に依存し、大抵の場合に、材料155をパターンニングするために用いられるリソグラフィ工程に依存するであろう。たとえば、最新のマイクロエレクトロニクスリソグラフィ工程が用いられる場合には、寸法(d_0 、 h_0 、 L_0)はサブマイクロメートルスケール、すなわち $1.0\mu\text{m}$ 未満にすることができ、たとえば、インプリントパターン20pは 100.0nm 以下の寸法(d_0 、 h_0 、 L_0)を有することができるナノインプリントパターンにすることができ、したがって、インプリントスタンプ20は、ナノメートルサイズの寸法(d_0 、 h_0 、 L_0)を有するインプリントパターン20pを有するナノインプリントスタンプになるであろう。

30

【0014】

マイクロエレクトロニクス分野においてよく知られているリソグラフィ工程を用いて、マスター基板11をパターンニングし、エッチングすることができる。たとえば、材料155のためにフォトレジストを用いるフォトリソグラフィ工程および反応性イオンエッチング(RIE)のようなエッチング工程を用いて、マスター基板11内にインプリントスタンプ20を形成することができる。

40

【0015】

マスター基板11のために適した材料は、限定はしないが、シリコン(Si)基板およびシリコン(Si)ウェーハを含む。図5では、マスター基板11はウェーハフラット11Fを有するシリコンウェーハである。マスター基板11内には4つのインプリントスタンプ20が形成される。シリコンウェーハは任意のサイズにすることができ、たとえば、4つのインプリントスタンプ20の場合のマスター基板11として、4.0インチシリコンウェーハが用いられた。さらに多くのインプリントスタンプ20あるいはさらに大きなインプリントスタンプ20の場合に、さらに大きな表面積を与えるために、さらに大きな直径のシリコンウェーハ(たとえば、8インチあるいは12インチ)(1インチ=約2

50

．54 cm)を用いることができる。インプリントパターン20 pは図5では同じように見えるが、インプリントスタンプ20は、インプリントスタンプ20間で異なる(すなわち、同じではない)インプリントパターン20 pを含むことができる。

【0016】

図6では、インプリントパターン20 p上に剥離層13が堆積される。剥離層13は、インプリントパターン20 pをコンフォーマルコーティング(表面形状に沿った態様でのコーティング)するように作用する第1の厚み t_1 を含み、第1の厚み t_1 はインプリントパターン20 pの垂直方向および水平方向の表面上で概ね同じ厚みになる。剥離層13のために適した材料は、限定はしないが、フルオロカーボン材料を含む。一例として、剥離層13のためのフルオロカーボン材料は、約5分間、トリフルオロメタン(CHF_3)ガスのプラズマ堆積を用いて堆積されることができる。

10

【0017】

第1の厚み t_1 は応用形態に依存するであろう。しかしながら、以下に説明されるように、剥離層13は、後に剥離層13から剥離されることになるシリコンベースエラストマ材料を被着する非粘着表面を設けるための役割を果たす。それゆえ、剥離層13には、約50.0 nm~約150.0 nm厚の第1の厚み t_1 を有する非常に薄い層を用いることができる。

【0018】

図7では、シリコンベースエラストマ層15が、インプリントパターン20 pを完全に覆う第1の深さ d_1 まで、剥離層13上に堆積される。シリコンベースエラストマ層15のための均一な厚みを得るために、マスター基板11は概ね水平にしなければならない。これは、たとえば、シリコンベースエラストマ層15を堆積する前に、水平な表面あるいは水平な真空チャック上にマスター基板11を配置することにより達成されることができる。

20

【0019】

その後、シリコンベースエラストマ層15は、マスター基板11を加熱(図中のH)することにより硬化される。硬化は、所定の時間だけ所定の温度でマスター基板11をベーキングすることにより達成することができる。実際の時間および温度は応用形態に依存することになり、シリコンベースエラストマ層15のために用いられる材料のタイプにも依存するであろう。シリコンベースエラストマ層15のために適した材料は、限定はしないが、ポリジメチルシロキサン(PDMS)、およびDOW CORNING(登録商標)シリコンベースコンフォーマルコーティング材を含む。DOW CORNING(登録商標)シリコンベースコンフォーマルコーティング材は、SYLGARD 182(登録商標)シリコンエラストマ、SYLGARD 183(登録商標)シリコンエラストマ、SYLGARD 184(登録商標)シリコンエラストマ、SYLGARD 186(登録商標)シリコンエラストマを含む。

30

【0020】

シリコンベースエラストマ層15の第1の深さ d_1 は応用形態に依存することができる。しかしながら、好ましい実施形態では、シリコンベースエラストマ層15の第1の深さ d_1 は約0.5 mm~約1.5 mmである。PDMSあるいはDOW CORNING(登録商標)SYLGARD(登録商標)シリコンベースエラストマの場合、シリコンベースエラストマ層15の硬化は、オープンなどにおいてマスター基板11をベーキングすることにより達成することができる。硬化するための所定の温度および所定の時間として、約4時間、約100 の温度を用いることができる。

40

【0021】

同じく図7に示される別の実施形態では、上記の硬化ステップの前に、第2の厚み t_2 を有するカバー層16が、既に堆積されているシリコンベースエラストマ層15上に被着される。カバー層16はポリエステルフィルムであり、第2の厚み t_2 は約50.0 μ m~約150.0 μ mであることが好ましい。カバー層16を用いて、シリコンベースエラストマ層15の概ね平坦な表面15sからの逸脱を生じることになる、シリコンベ

50

ースエラストマ層 15 内のあらゆる表面の凹凸 (anomalies) を平坦化することができる。

【0022】

硬化ステップの後に、インプリントパターン 20 p の相補的な像がシリコンベースエラストマ層 15 内に複製され (20 r)、インプリントスタンプ 20 a がシリコンベースエラストマ層 15 内に形成されるようになる (図 8 ~ 図 10 を参照)。

【0023】

図 7 では、硬化ステップの後に、シリコンベースエラストマ層 15 が剥離層 13 から剥離される。ピンセットの両先端、あるいは X - A c t o (登録商標) ナイフのようなナイフまたはかみそりの刃を用いて、ナイフの刃 (図中の K) およびシリコンベースエラストマ層 15 と剥離層 13 との間に挿入される破線矢印によって示されるように、剥離層 13 からシリコンベースエラストマ層 15 を分離することができる。その後、シリコンベースエラストマ層 15 は、シリコンベースエラストマ層 15 の縁をつかみ、剥離層 13 からシリコンベースエラストマ層 15 を引き剥がすこと (破線矢印 P を参照) により、剥離層 13 から剥離されることができる。上記のカバー層 16 が用いられる場合には、シリコンベースエラストマ層 15 が剥離層 13 から剥離される前に、カバー層 16 がシリコンベースエラストマ層 15 から除去される。

10

【0024】

図 8、図 9 および図 10 では、インプリントスタンプ 20 a が、インプリントスタンプ 20 a を包囲するシリコンベースエラストマ層 15 の余分な部分から取り出される。上記のカバー層 16 が用いられる場合には、インプリントスタンプ 20 a が、インプリントスタンプ 20 a を包囲するシリコンベースエラストマ層 15 およびカバー層 16 の余分な部分から取り出される。

20

【0025】

いずれの場合でも、概ね平坦な基板 21 上にシリコンベースエラストマ層 15 を配置し、その後、インプリントスタンプ 20 a の周囲 (図 8 および図 9 の破線を参照) を切断し (図中の C)、インプリントスタンプ 20 a からシリコンベースエラストマ層 15 の余分な部分あるいはシリコンベースエラストマ層 15 およびカバー層 16 の余分な部分を切り離すことにより、インプリントスタンプ 20 a を余分な部分から取り出すことができる。ナイフ、かみそり、ダイスなどを用いて、図 9 にナイフ K によって示されるような切断を達成することができる。インプリントスタンプ 20 a が切り離された後に、余分な部分 (15、あるいは 15 および 16) は概ね平坦な基板 21 から剥離されることができ、インプリントスタンプ 20 a がもはや余分な部分と接続されないようになる (図 10 を参照)。概ね平坦な基板 21 には、限定はしないが、ガラス、金属、プラスチックおよび石英を含む材料を用いることができる。たとえば、概ね平坦な基板 21 にはガラス板を用いることができる。

30

【0026】

オプションとして、マスター基板 11 を用いてさらに別のインプリントスタンプ 20 a を製造するために、上記のステップが必要に応じて繰り返されてよい。本発明の 1 つの利点は、マスター基板 11 が上記の工程ステップによって損傷を受けないことである。結果として、いくつかのインプリントスタンプ 20 a を製造するために、同じマスター基板 11 を繰り返し用いることができる。それゆえ、マスター基板 11 をパターンニングおよびエッチングし、剥離層 13 を堆積するコストは、いくつかのインプリントスタンプ 20 a を通して償却されることができる。

40

【0027】

本発明の別の利点は、シリコンベースエラストマ層 15 が塵粒のような汚染物質の周囲に流れ、それらを運び去るので、塵粒のような汚染物質を除去するために、使用する度にマスター基板 11 を洗浄する必要がないことである。したがって、粒子がシリコンベースエラストマ層 15 とともに除去されるので、マスター基板 11 は自洗式である。

【0028】

50

図 1 1 では、第 3 の厚み t_3 を有する平坦で薄いプラスチックフィルム 3 3 が、第 4 の厚み t_4 を有する平坦でコンプライアントな（可撓性を有する）シリコーンゴムバックング 3 1 上に配置される。薄いプラスチックフィルム 3 3 のために適した材料は、限定はしないが、ポリイミドおよびポリエステル（PET、ポリエチレンテレフタレート）を含む。第 3 の厚み t_3 および第 4 の厚み t_4 は応用形態に依存するであろう。薄いプラスチックフィルム 3 3 の第 3 の厚み t_3 は約 $40.0 \mu\text{m}$ ~ 約 $100.0 \mu\text{m}$ であり、シリコーンゴムバックング 3 1 の第 4 の厚み t_4 は約 0.125 インチ ~ 約 0.25 インチであることが好ましい。シリコーンゴムバックング 3 1 の第 4 の厚み t_4 は、シリコーンゴムバックング 3 1 がコンプライアントである（すなわち、硬くない）ことを確実にするように選択されるであろう。

10

【0029】

図 1 2 では、薄いプラスチックフィルム 3 3 の表面 3 3 s がフォトポリマー溶液 3 5 でコーティングされる。フォトポリマー溶液 3 5 は、限定はしないが、約 50% のフォトポリマー材料と約 50% のアセトンとの混合物を含むことができる。以下に記載されるように、アセトンは蒸発し、薄いプラスチックフィルム 3 3 の表面 3 3 s 上の概ねフォトポリマー層が残されるであろう。フォトポリマー材料は、限定はしないが、紫外線に露光する際に硬化する Norland（商標）光学接着剤を含むことができる。フォトポリマー材料は、約 5.0 秒 ~ 約 60 秒の間に硬化することが好ましい。たとえば、フォトポリマー溶液 3 5 のために、Norland（登録商標）NOA 83H フォトポリマーを用いることができる。

20

【0030】

図 1 3 および図 1 4 では、フォトポリマー溶液 3 5 が薄いプラスチックフィルム 3 3 の表面 3 3 s 上に塗布され（伸ばされ）、第 5 の厚み t_5 を有するフォトポリマー層 3 5 が形成される。フォトポリマー溶液 3 5 の塗布は、第 1 の直径を有するワイヤ W_1 を巻かれたマイヤーバー M_1 を用いて成し遂げられることが好ましい。マイヤーバー M_1 は表面 3 3 s 上を摺動し（S）、フォトポリマー溶液 3 5 を計量（量的に調整）し、第 5 の厚み t_5 を有するフォトポリマー層 3 5 が形成されるようにする。フォトポリマー溶液 3 5 の中にある任意のアセトンは塗布過程において概ね蒸発する。結果として、フォトポリマー層 3 5 は上記のように概ねフォトポリマー材料を含む。フォトポリマー層 3 5 の第 5 の厚み t_5 は約 $5.0 \mu\text{m}$ ~ 約 $10.0 \mu\text{m}$ であることが好ましい。ワイヤ W_1 の第 1 の直径は応用形態に依存するであろう。ワイヤ W_1 の第 1 の直径は約 $50.0 \mu\text{m}$ ~ 約 $100.0 \mu\text{m}$ であることが好ましい。

30

【0031】

図 1 5 では、インプリントスタンプ 2 0 a のパターンングされた表面 2 1 a がフォトポリマー層 3 5 上に配置される。フォトポリマー層 3 5 上にインプリントスタンプ 2 0 a を配置することは、インプリントスタンプ 2 0 a のエッジ e 1 をフォトポリマー層 3 5 に接触させて配置し、エッジ e 1 を押さえながら、パターンングされた表面 2 1 a の残りの部分を徐々に降ろして（矢印 L 1 および d を参照）フォトポリマー層 3 5 と接触させることを含むことができる。ピンセット（a pair of tweezers）あるいは吸引棒（suction wand）を用いて、エッジ e 2 をつかみながら降ろし、エッジ e 1 を押さえおくことができる。別法では、ゴムローラなどを用いて、徐々に降ろしながら、パターンングされた表面 2 1 a をフォトポリマー層 3 5 に接触させることができる。

40

【0032】

徐々に降ろすことの 1 つの利点は、フォトポリマー層 3 5 とパターンングされた表面 2 0 r との間に捕捉された空気が追い出され、欠陥を引き起こすようになる気泡がフォトポリマー層 3 5 とパターンングされた表面 2 0 r との間に捕らわれないようにすることである。

【0033】

本発明の別の利点は、一旦、インプリントスタンプ 2 0 a がフォトポリマー層 3 5 上に配置されたなら、インプリントスタンプ 2 0 a がフォトポリマー層 3 5 の表面 3 5 s 上で

50

自由に動かされ（破線矢印 F を参照）、フォトポリマー層 35 上の所定の場所にインプリントスタンプ 20 a を位置決めすることができることである。そのように自由に動かすこと（F）はピンセットあるいは吸引棒を用いて手作業で行うことができるか、あるいは自動化して、ロボットエンドエフェクタのような精密機械装置を用いて、インプリントスタンプ 20 a を正確に位置決めすることができる。

【0034】

図 16 では、フォトポリマー層 35 を硬化して、フォトポリマー層 35 上にインプリントスタンプ 20 a の場所を固定し、インプリントパターン 20 r の像がフォトポリマー層 35 に転写される。フォトポリマー層 35 は、フォトポリマー層 35 を、第 1 の時間だけ所定の輝度の紫外線 UV を照射することにより硬化される。フォトポリマー層 35 は硬化して次第に固くなり、フォトポリマー層 35 に転写されるインプリントパターン 20 r の像も固くなり、インプリントパターン 20 s としてフォトポリマー層 35 内に固定される。

10

【0035】

紫外線 UV は、限定はしないが、約 300 nm ~ 約 400 nm の範囲を含む波長を有することができる。紫外線 UV の所定の輝度は、限定はしないが、約 150 mW / cm² の輝度を含むことができる。第 1 の時間は、限定はしないが、約 5 秒 ~ 約 60 秒の時間を含むことができる。たとえば、紫外線 UV の光源として、UVA 紫外線光源を用いることができる。

【0036】

本発明の別の利点は、フォトポリマー層 35 をパターンニングするために用いられるインプリントスタンプ 20 a が、変更可能な厚み（図 16 の t_A および t_B を参照）を有することができ、厚みの変更がインプリントパターン 20 r をフォトポリマー層 35 のインプリントパターン 20 s に転写する精度に影響を及ぼさないことである。厚み（t_A および t_B）の変更は、インプリントスタンプ 20 a を形成するために用いられる工程を変更すること、図 7 の第 1 の深さ d₁ を変更すること、または異なるマスター基板 11 を用いて、異なるインプリントパターン 20 p を有する異なるインプリントスタンプ 20 を形成することによることができる。

20

【0037】

硬化ステップの後に、図 17 および図 18 では、インプリントスタンプ 20 a がフォトポリマー層 35 から除去され（図中の P）、インプリントパターン 20 r の像がフォトポリマーシム 36 を画定し、その中にインプリントパターン 20 s が固定される。インプリントスタンプ 20 a は、ピンセットなどを用いて、エッジ（e₁ あるいは e₂）をつかみ、その後、フォトポリマー層 35 からインプリントスタンプ 20 a を持ち上げることにより除去されることができる（P）（破線矢印 P を参照）。

30

【0038】

図 19 では、フォトポリマーシム 36 を加熱することにより、フォトポリマーシム 36 が後硬化（ポスト硬化）される。フォトポリマーシム 36 の後硬化は、限定はしないが、約 100 の温度において約 1 時間で実施することができる。オプションでは、後硬化ステップの後に、フォトポリマーシム 36 がアセトン溶液で洗浄され、PDMS あるいは上記の SYLGARD（登録商標）シリコンベースエラストマのようなシリコンベースエラストマ材料（後でフォトポリマーシム 36 を覆うことになる）の硬化を妨げることもある化学種を除去することができる。フォトポリマーシム 36 の後硬化は、硬化を妨げる化学種を追い出し、薄いプラスチックフィルム 33 へのフォトポリマーシム 36 の接着を改善する。

40

【0039】

図 19 では、フォトポリマーシム 36 の後硬化の後に、第 6 の厚み t₆ を有するフルオロカーボン材料 37 のコーティングが、フォトポリマーシム 36 上に堆積される。第 6 の厚み t₆ は、限定はしないが、約 50.0 nm ~ 約 150.0 nm の厚みを含むことができる。一例として、フルオロカーボン材料 37 は、約 5 分間、トリフルオロメタン（CH

50

F₃) ガスのプラズマ堆積を用いて堆積されることができる。

【0040】

図19では、フルオロカーボン材料37を堆積した後に、薄いプラスチックフィルム33とシリコンゴムパッキング31との間にピンセットあるいはナイフの刃を挿入して、薄いプラスチックフィルム33が、破線矢印Pによって示されるように、シリコンゴムパッキング31から引き剥がされることができる。以下では、フォトポリマーシム36と薄いプラスチックフィルム33とを組み合わせたものは、他に言及されない限り、フォトポリマーシム36と呼ばれるであろう。

【0041】

図20では、薄いプラスチックフィルム33が分離された後に、フォトポリマーシム36が支持基板41に取り付けられる。フォトポリマーシム36は、フォトポリマーシム36を支持基板41上に配置し、接着剤を用いて、フォトポリマーシム36の一端を支持基板41に固定することにより、支持基板41に接続されることができる。たとえば、高温接着テープTを用いることができる。支持基板41は、限定はしないが、ガラスおよび石英を含む材料から形成されることができる。

【0042】

図21および図22では、第1の高さ h_1 を有するシムストック43が支持基板41に取り付けられる。シムストック43は、たとえば、上記の高温接着テープTのような接着剤を用いて支持基板41に接続されることができる。シムストック43は、フォトポリマーシム36に隣接して配置され、フォトポリマーシム36から第1の距離 D_1 だけ離隔して配置され、支持基板41の表面41s上に、シムストック43とフォトポリマーシム36との間に空間が存在するようになる。シムストック43の第1の高さ h_1 は、図22に示されるようなフォトポリマーシム36の高さ h_0 よりも高くなるであろう。第1の高さ h_1 および第1の距離 D_1 は応用形態に依存するであろう。しかしながら、第1の高さ h_1 は、限定はしないが、約0.5mm~約1.5mmを含む範囲にすることができ、第1の距離 D_1 は、限定はしないが、約1.0mm~約2.0mmの範囲にすることができ、シムストック43には、限定はしないが、金属、ガラス、石英およびステンレス鋼を含む材料を用いることができる。たとえば、シムストック43にはステンレス鋼シムストックを用いることができ、第1の高さ h_1 は約0.5mmにすることができ、

【0043】

図21では、以下に記載されるようにシムストック43およびフォトポリマーシム36にシリコンベースエラストマ材料をコーティングするための準備として、支持基板41の温度を高めるために、支持基板41が予熱される(図中のH)。シリコンベースエラストマ材料は、冷たい温度あるいは室温(すなわち約18~約28)の支持基板41上にコーティングされないことが好ましい。支持基板41を予熱するための温度は応用形態に依存し、その温度はフォトポリマーシム36の温度限界を超えないであろう。たとえば、支持基板41は、約100の温度まで予熱されることができる。約100の温度はほとんどのフォトポリマー材料の温度限界未満である。

【0044】

図22および図23では、フォトポリマーシム36およびシムストック43がコンプライアント材料44(可撓性材料)をコーティングされ、それによりフォトポリマーシム36およびシムストック43は完全に覆われる(図22を参照)。コンプライアント材料44のために適した材料は、限定はしないが、シリコンベースエラストマ材料およびアモルファスフルオロポリマー材料を含む。

【0045】

適当なシリコンベースエラストマ材料は、限定はしないが、ポリジメチルシロキサン(PDMS)、およびDOW CORNING(登録商標)シリコンベースコンフォーマルコーティングを含む。DOW CORNING(登録商標)シリコンベースコンフォーマルコーティングは、SYLGARD 182(登録商標)シリコンエラストマ、SYLGARD 183(登録商標)シリコンエラストマ、SYLGARD 184(登録商

10

20

30

40

50

標)シリコーンエラストマ、SYLGARD 186 (登録商標)シリコーンエラストマを含む。PDMSは、基剤が約10.0に対して硬化剤が約1.5の割合の混合物であることが好ましい。基剤および硬化剤は、それらが同じ密度を有するように、重量比あるいは体積比で混合されることができる。

【0046】

アモルファスフルオロポリマー材料のために適した材料は、限定はしないが、テフロン(登録商標)AFを含む。たとえば、DuPont(商標)テフロン(登録商標)AFをコンプライアント材料44のために用いることができる。コンプライアント材料44がアモルファスフルオロポリマー材料を含むとき、先に記載された図21の予熱ステップは不要である。

10

【0047】

図23および図24では、コンプライアント材料44がフォトポリマーシム36およびシムストック43上に塗布され(伸ばされ)、フォトポリマーシム36およびシムストック43を覆うコンプライアント媒体45が形成される(図24の厚み t_8 および t_9 を参照)。フォトポリマーシム36のインプリントパターン20sはコンプライアント媒体45に転写され、コンプライアント媒体45内にインプリントスタンプ20tが形成されるようになる。

【0048】

コンプライアント材料44の塗布は、第2の直径を有するワイヤ W_2 を巻かれたマイヤーバー M_2 を用いて成し遂げられることが好ましい。マイヤーバー M_2 はシムストック43上を摺動し(図中のS)、コンプライアント材料44を計量(量的に調整)して、滑らかで均一な厚みのコンプライアント媒体45が形成される。コンプライアント材料44は厚み t_8 までシムストック43を覆い、厚み t_9 までフォトポリマーシム36を覆うであろう。ただし $t_9 \gg t_8$ である。マイヤーバー M_2 は、先に記載されたマイヤーバー M_1 よりもかなり粗い直径のワイヤを巻かれる。ワイヤ W_2 の第2の直径は応用形態に依存するであろう。ワイヤ W_2 の第2の直径は、約1.0mm~約3.0mmであることが好ましい。たとえば、約1.5mmの直径を有するワイヤがマイヤーバー M_2 に巻かれることができる。

20

【0049】

塗布した後に、支持基板41は加熱される(図中のH)。表面41sは、加熱ステップ中あるいは後に、コンプライアント媒体45の一部45cが接着するための表面を与えるための役割を果たす。基板41の加熱(H)のための時間および温度は応用形態に依存し、先に記載されたように、その温度はフォトポリマーシム36あるいはコンプライアント媒体45のための温度限界を超えてはならない。一例として、コンプライアント媒体45がシリコーンベースエラストマ材料から形成されるとき、支持基板41は、約100の温度で約4.0時間、加熱(H)されることができる。その加熱(H)によって、シリコーンベースエラストマ材料は硬化する。別法では、コンプライアント媒体45がアモルファスフルオロポリマー材料から形成されるとき、支持基板41は、約60の温度で約4.0時間、加熱(H)されることができる。この場合には、加熱(H)によって、アモルファスフルオロポリマー材料が固まる。

30

40

【0050】

加熱ステップの後に、支持基板41は冷却される。支持基板41は、概ね室温(すなわち、約18~約28)まで冷却するようになされることが好ましい。

【0051】

支持基板41が冷却された後に、シムストック43が支持基板41から除去される。図24では、フォトポリマーシム36に隣接するシムストック43の縁に沿ってコンプライアント媒体45を切断(K)することにより、シムストック43を除去することができる。ナイフ、かみそりなどを用いて、コンプライアント媒体45を切断(K)することができる。コンプライアント媒体45が切断(K)された後に、シムストック43は支持基板41から引き剥がされることができる。コンプライアント材料45の一部45cが支持基

50

板 4 1 の表面 4 1 s に接着し、接着は、コンプライアント媒体 4 5 が基板 4 1 から早まって分離されるのを防ぐので、シムストック 4 3 の縁部 (K のための破線を参照) は切断 (K) を行うための目印として用いられるであろう。

【 0 0 5 2 】

図 2 5 ~ 図 2 7 では、転写接着層 5 1 の第 1 の接着表面 A_1 がコンプライアント媒体 4 5 の表面 4 5 s に被着され、転写接着層 5 1 がコンプライアント媒体 4 5 に接着するようになる。転写接着層 5 1 は、以下に記載されるように、第 7 の厚み t_7 および第 2 の接着表面 A_2 を含む。

【 0 0 5 3 】

図 2 5 では、表面 4 5 s に被着される前に、転写接着層 5 1 から第 1 のバックング 5 3 (裏当て材) を剥離することにより (図中の P_1)、第 1 の接着表面 A_1 を露出することができる。同様に、転写接着層 5 1 から第 2 のバックング 5 5 を剥離することにより (P_2)、第 2 の接着表面 A_2 を露出することができる。第 1 の接着表面 A_1 は、ローラ 5 9 (図 2 6 を参照) を用いることにより表面 4 5 s と接続されることができる。

【 0 0 5 4 】

図 2 6 では、第 1 の接着表面 A_1 がコンプライアント媒体 4 5 の縁に配置され、その後、表面 4 5 s 全体が第 1 の接着表面 A_1 と接続されるまで (図 2 7 を参照)、ローラ 5 9 が第 2 のバックング 5 5 にわたって転がされ (図中の R)、第 1 の接着表面 A_1 が表面 4 5 s にわたって徐々に被着される。ローラ 5 9 には、たとえばゴムローラを用いることができる。ローラ 5 9 によって、第 1 の接着表面 A_1 と表面 4 5 s との間に空気を捕らえることなく、第 1 の接着表面 A_1 が表面 4 5 s に被着されるようになる。

【 0 0 5 5 】

転写接着層 5 1 の第 7 の厚み t_7 は応用形態に依存するであろう。しかしながら、転写接着層 5 1 はコンプライアント媒体 4 5 に付着したままであり、かつコンプライアント媒体 4 5 は可撓性であることが望ましいので、転写接着層 5 1 はできる限り薄くなければならない。転写接着層 5 1 の第 7 の厚み t_7 は約 $20.0 \mu\text{m}$ 厚 ~ 約 $100.0 \mu\text{m}$ 厚であることが好ましい。

【 0 0 5 6 】

転写接着層 5 1 は光学的に透過性の材料であり、コンプライアント媒体 4 5 およびインプリントスタンプ 2 0 t と接触する別のフォトポリマー材料が、以下に記載されるように、転写接着層 5 1 およびコンプライアント媒体 4 5 の両方に入射する光源によって硬化できるようにすることが好ましい。

【 0 0 5 7 】

転写接着層 5 1 のために適した光学的に透過性の材料は、限定はしないが、Adhesives Research, Inc. (登録商標) ARclear (登録商標) DEV-8932 の光学的に透明なシリコン接着剤を含む。たとえば、ARclear (登録商標) DEV-8932 からなる $25.0 \mu\text{m}$ 厚のシート (すなわち、第 7 の厚み $t_7 = 25.0 \mu\text{m}$) を転写接着層 5 1 のために用いることができる。

【 0 0 5 8 】

図 2 8 では、コンプライアント媒体 4 5 は、ナイフ、かみそり、吸引棒、ピンセットなどを用いて、ナイフ K によって示されるように、支持基板 4 1 からのコンプライアント媒体 4 5 の分離を開始することにより、支持基板 4 1 から分離されることができる。

【 0 0 5 9 】

図 2 9 では、インプリントスタンプ 2 0 t が、マスター基板 1 1 (図 5 および図 6 を参照) 上のパターン 2 0 p と相補的な、フォトポリマーシム 3 6 内に形成される複数のパターン 2 0 q を含む。図 3 0 では、引き剥がした後に、コンプライアント媒体 4 5 が依然として、フォトポリマーシム 3 6 および薄いプラスチックフィルム 3 3 に接続されている。

【 0 0 6 0 】

本発明のさらに別の利点は、図 3 1 ~ 図 3 7 b を参照して以下に記載される後続の処理ステップおよびハンドリングステップ中に、フォトポリマーシム 3 6 および薄いプラステ

ックフィルム 33 の層が、インプリントスタンプ 20 t を損傷から保護することである。それらの処理ステップおよびハンドリングステップが完了した後に、インプリントスタンプ 20 t を露出させるために、フォトポリマーシム 36 および薄いプラスチックフィルム 33 の層を剥離することができる。フォトポリマーシム 36 および薄いプラスチックフィルム 33 の層は最終的には、コンプライアント媒体 45 によって保持されるインプリントスタンプ 20 t を露出させるために、コンプライアント媒体 45 から分離されることになるので、これ以降、他に言及されなければ、フォトポリマーシム 36 および薄いプラスチックフィルム 33 を含む層を組み合わせたものは、フォトポリマーシム 36 として示されるであろう (図 30 を参照)。

【0061】

同様に、転写接着層 51 はコンプライアント媒体 45 と接続されたままであるので、コンプライアント媒体 45 および転写接着層 51 を組み合わせたものはコンプライアント媒体 70 として示されるであろう。図 28 および図 30 では、コンプライアント媒体 70 とフォトポリマーシム 36 とを組み合わせたものは、コンプライアントアセンブリ 75 (可撓性アセンブリ) として示されるであろう。以下に記載されるように、コンプライアントアセンブリ 75 は、シリンダおよびフレキシブルベルト材料と接続されるであろう。

【0062】

図 31 a、図 31 b および図 31 c では、水平セクション 73 h と垂直セクション 73 v とを含む L 字形ジグ 73 が低い垂直壁を形成する。水平および垂直セクション (73 h、73 v) は互いに直角をなす。セクション (73 h、73 v) は滑らかであり、概ね平坦でなければならない。L 字形ジグ 73 を用いて、シリンダ 69 の表面 69 s へのコンプライアントアセンブリ 75 の積層を達成することができる。

【0063】

図 31 a および図 31 b では、支持基板 41 が水平セクション 73 h 上に配置され、垂直セクション 73 v と当接することができる。別法では、コンプライアントアセンブリ 75 が既に支持基板 41 から分離されている場合には、シリコーンゴムの滑らかで平坦な断片から形成される土台 (図示せず) が水平セクション 73 h 上に配置されることができ、その土台の端部が垂直セクション 73 v に当接する。コンプライアントアセンブリ 75 は土台の上側に配置され、垂直セクション 73 v を垂直で真っ直ぐな端部として用いることにより、垂直セクション 73 v と位置合わせされる。第 2 のバックング 55 が依然として転写接着層 51 上に存在する場合には、第 2 のバックング 55 を剥離して (P_2)、第 2 の接着層 A_2 を露出させることができる。

【0064】

図 31 a および図 31 c では、外側表面 69 s を有するシリンダ 69 が水平セクション 73 h および垂直セクション 73 v と位置合わせされ、外側表面 69 s がそれらのセクション (73 h、73 v) に接するようにする (73 t)。シリンダ 69 がコンプライアントアセンブリ 75 上に降ろされ、第 2 の接着表面 A_2 が外側表面 69 s の一部と接点 73 t において接触するようになる。その後、シリンダ 69 は回転方向 R_0 に転がされ (図中の R)、シリンダ 69 が転がされる (R) のに応じて、外側表面 69 s 上にコンプライアントアセンブリ 75 が巻き取られる。コンプライアントアセンブリ 75 がシリンダ 69 上を転がされた後に、図 31 c に示されるように、コンプライアントアセンブリ 75 の隣接する端部間に隙間 70 g が形成されることができ

【0065】

シリンダ 69 のために適した材料は、限定はしないが、金属、セラミック、ガラス、石英およびプラスチックを含む。シリンダ 69 は光学的に透過性の材料から形成され、光 L がシリンダ 69、コンプライアント媒体 70 およびインプリントスタンプ 20 t を通過できるようにすることが好ましい。シリンダ 69 のために適した光学的に透過性の材料は、限定はしないが、ガラス、石英およびプラスチックを含む。図 32 では、紫外線光源のような光源 99 が、シリンダ 69 の内側あるいは外側に配置され、インプリントスタンプ 20 t に押し付けられるフォトポリマー材料 (図示せず) に照射し、硬化させることができ

10

20

30

40

50

る。コンプライアント媒体 70 は任意のサイズに形成されることができるので、シリンダ 69 は、光源 99 を収容するだけの十分な内径を含むことができる。一方、光源 99 は、シリンダ 69 の内径の中に入れられるほど十分に小さくすることができる。

【0066】

図 31b では、シリンダ 69 にコンプライアント媒体 45 を付着させるための別の方法が示される。図 31b では、転写接着層 51 がコンプライアント媒体 45 と接続されないため、コンプライアント媒体は 70 ではなく、45 として示される。最初に、転写接着層 51 の第 1 の接着表面 A_1 が、第 1 のバックング 53 (図示せず) を剥離することにより露出される。次に、シリンダ 69 の外側表面 69s が第 1 の接着表面 A_1 と接続され、その後、シリンダ 69 が転がされ、転写接着層 51 が外側表面 69s 上に巻き取られる。次に、第 2 のバックング 55 の一部が剥離され、第 2 の接着表面 A_2 の一部が露出する。次に、第 2 の接着表面 A_2 の露出された部分が接点 73t においてコンプライアント媒体 45 と接続され、シリンダ 69 が回転方向 R_0 に転がされ、コンプライアント媒体 45 がシリンダ 69 上に巻き取られ、同時に、第 2 のバックング 55 の残りの部分が剥離され (55p)、第 2 の接着表面 A_2 の残りの部分が露出される。

【0067】

図 32 および図 33 では、コンプライアントアセンブリ 75 がシリンダ 69 上で巻かれた後に、コンプライアントアセンブリ 75 の大部分がシリンダ 69 上で滑らかに巻かれることができるように取り除かれなければならないコンプライアントアセンブリ 75 の余分な部分 75x が存在する場合がある。上記のように、隙間 70g が存在する場合もあり、存在する場合には、隙間 70g が実用可能なほど小さくなるように余分な部分 75x を取り除くことが望ましい。コンプライアントアセンブリ 75 が外側表面 69s 上で膨らむことなく延在するように、ナイフ K などを用いて、余分な部分 75x を取り除くことができる。図 33 では、ナイフ K が方向 K_d に沿って切断し、余分な部分 75x のトリミング (切断) を行い、完全に積層されたシリンダ 90 を形成することができる。図 33 では、インプリントスタンプ 20t は、コンプライアント媒体 70 から分離されていないフォトポリマーシム 36 に下に依然として配置されるので、破線の輪郭で示される。

【0068】

図 33 では、シリンダ 69 およびコンプライアントアセンブリ 75 を通る線 n-n が図 34a および図 34b において断面図でさらに詳細に示される。図 34a には、余分な部分 75x が取り除かれる前のコンプライアントアセンブリ 75 が示される。図 34b には、余分な部分 75x が取り除かれた後のコンプライアントアセンブリ 75 が示される。

【0069】

図 34a では、余分な部分 75x はコンプライアント媒体 70 とフォトポリマーシム 36 とを含む。フォトポリマーシム 36 に接続される薄いプラスチックフィルム 33 (図 28 を参照) は光に対して非透過性にすることができ、フォトポリマーシム 36 は光学的に透過性にすることができるので、フォトポリマーシム 36 が破線矢印 P によって示されるように剥離され、コンプライアント媒体 70 (すなわち、光学的に透過性の接着剤 51 および光学的に透過性のコンプライアント媒体 45) を用いて、シリンダ 69 の外側表面 69s と既に接続されているコンプライアントアセンブリ 75 の縁部 E_s を見るようになる。

【0070】

縁部 E_s に対する視線 (破線を参照) に沿ってナイフで切断して (K)、余分な部分 75x を取り除き、余分な部分 75x の接続されない層と、その個々の接続される層とを、すなわち図 34a に示されるような 33' と 33、36' と 36、45' と 45 および 51' と 51 とを位置合わせすることができる。トリミング後に、コンプライアントアセンブリ 75 の隣接する端部間には小さな隙間 70g が存在する場合もある。

【0071】

図 34b では、小さな隙間 70g を別にすれば、コンプライアントアセンブリ 75 は、シリンダ 69 の外側表面 69s 上に、概ね連続した層を形成する。トリミング後に、フォ

10

20

30

40

50

トポリマーシム 36 を剥離して (図中の P)、コンプライアント媒体 70 上にインプリントスタンプ 20 t を露出させることができる。

【 0072 】

図 35 および図 36 では、コンプライアントアセンブリ 75 がベルト材料 81 に被着される。コンプライアントアセンブリ 75 をベルト材料 81 に被着する前に、第 2 のパッキング 55 が転写接着層 51 から剥離され、第 2 の接着表面 A_2 を露出させる。その後、第 2 の接着表面 A_2 はベルト材料 81 の表面 81 s に徐々に被着される。ゴムローラのようなローラ 89 を用いて、コンプライアントアセンブリ 75 を回転方向 R_D に転がすことができる (図中の R)。

【 0073 】

回転 R は、コンプライアントアセンブリ 75 およびベルト材料 81 の第 1 の端部 (75 a、81 a) で開始し、第 2 の端部 (75 b、81 b) で終了することができる。コンプライアントアセンブリ 75 およびベルト材料 81 が互いに接続された後に (図 36 を参照)、図 37 a および図 37 b に示されるように、第 1 および第 2 の端部 (81 a、81 b) を結合してベルト 100 を形成することができる。上記のように、隙間 70 g が第 1 および第 2 の端部 (75 a、75 b) を分離する場合もある。スライシングテープなどを用いて、隙間 70 g を覆うこともできる。また 1 切れのスライシングテープ 81 t などを用いて、ベルト材料 81 の第 1 および第 2 の端部 (81 a、81 b) を接続し、ベルト 100 を形成することもできる。ベルト 100 が形成された後に、フォトポリマーシム 36 (すなわち、図 28 の層 33 および 36) を剥離して (P)、コンプライアント媒体 70 上にインプリントスタンプ 20 t を露出させることができる。適当なスライシングテープは、限定はしないが、高温シリコンベーステープを含む。

【 0074 】

ベルト材料 81 には光学的に透過性の材料を用いることができ、光 L がベルト材料 81、コンプライアント媒体 70 およびインプリントスタンプ 20 t を通過できるようにする。ベルト材料 81 のために適した光学的に透過性の材料は、限定はしないが、DuPont (商標) マイラー (登録商標) を含む。たとえば、紫外線光源のような光源 99 が、ベルト 100 の内側あるいは外側に配置され、インプリントスタンプ 20 t に押し付けられるフォトポリマー材料 (図示せず) に紫外線を照射し、硬化させることができる。ベルト材料 81 は、約 $50.0 \mu\text{m}$ ~ 約 $150.0 \mu\text{m}$ の厚み t_B を有することができる。

【 0075 】

本発明のいくつかの実施形態が開示され、例示されてきたが、本発明は、そのように説明および図示された特定の形態あるいは部品の配列には限定されない。本発明は特許請求の範囲によってのみ限定される。

【 0076 】

本発明には、少なくとも以下の実施態様が含まれている。

【 0077 】

・コンプライアント媒体 (45) 上に高解像度の 3 次元インプリントパターン (20 q) を複製する方法であって、
 マスター基板 (11) をパターンニングし、その後エッチングして、該基板 (11) 内にインプリントパターン (20 p) を画定することにより、該マスター基板 (11) 上にインプリントスタンプ (20) を形成すること、
 前記インプリントパターン (20 p) 上に剥離層 (13) を堆積することであって、該剥離層 (13) は前記インプリントパターン (20 p) をコンフォーマルコーティングするような第 1 の厚み (t_1) を有する、剥離層を堆積すること、
 前記剥離層 (13) 上に、前記インプリントパターン (20 p) を完全に覆うような第 1 の深さ (d_1) までシリコンベースエラストマ層 (15) を堆積すること、
 前記マスター基板 (11) を加熱 (H) することにより、前記シリコンベースエラストマ層 (15) を硬化させること、
 前記剥離層 (13) から前記シリコンベースエラストマ層 (15) を剥離すること、

10

20

30

40

50

前記インプリントスタンプ(20a)を包囲する前記シリコンベースエラストマ層(15)の余分な部分から前記インプリントスタンプ(20a)を分離すること、
 前記マスター基板(11)からさらに別のインプリントスタンプ(20a)を形成するために、必要に応じて上記のステップを繰り返すこと、
 第4の厚み(t_4)を有する平坦で、コンプライアントなシリコンゴムバッキング(31)上に、第3の厚み(t_3)を有する平坦で、薄いプラスチックフィルム(33)を配置すること、
 フォトポリマー溶液(35)で前記薄いプラスチックフィルム(33)の表面をコーティングすること、
 第5の厚み(t_5)を有するフォトポリマー層(35)を形成するために、前記プラスチックフィルム(33)の前記表面上に前記フォトポリマー溶液(35)を伸ばすこと、
 前記フォトポリマー層(35)上に前記インプリントスタンプ(20a)のパターニングされた表面(21a)を配置すること、
 前記フォトポリマー層(35)に、第1の時間だけ所定の輝度の紫外線(UV)を照射することにより、前記フォトポリマー層(35)を硬化させることであって、それにより、前記フォトポリマー層(35)上に前記インプリントスタンプ(20a)の場所を固定し、前記フォトポリマー層(35)に、前記インプリントスタンプ(20a)の前記パターニングされた表面(21a)上にある前記インプリントパターン(20r)の像を転写するような、硬化させること、
 前記インプリントパターン(20s)の像がフォトポリマーシム(36)を画定するようにするために、前記フォトポリマー層(35)から前記インプリントスタンプ(20a)を分離すること(P)、
 前記フォトポリマーシム(36)を加熱(H)することにより前記フォトポリマーシム(36)を後硬化させること、
 前記フォトポリマーシム(36)上に、第6の厚み(t_6)を有するフルオロカーボン材料(37)のコーティングを堆積すること、
 前記シリコンゴムバッキング(31)から前記薄いプラスチックフィルム(33)を分離すること、
 前記フォトポリマーシム(36)を支持基板(41)に取り付けること、
 前記支持基板(41)上に、第1の高さ(h_1)を有するシムストック(43)を取り付けることであって、該シムストック(43)は前記フォトポリマーシム(36)に隣接して配置され、前記フォトポリマーシム(36)から第1の距離(D_1)だけ離隔して配置されるような、シムストックを取り付けること、
 前記フォトポリマーシム(36)および前記シムストック(43)に、シリコンベースエラストマ材料およびアモルファスフルオロポリマー材料からなるグループから選択されるコンプライアント材料(44)をコーティングすること、
 前記フォトポリマーシム(36)および前記シムストック(43)上に前記コンプライアント材料(44)を伸ばすことであって、それにより前記フォトポリマーシム(36)および前記シムストック(43)を覆うコンプライアント媒体(45)を形成し、前記フォトポリマーシム(36)内の前記インプリントパターン(20s)を前記コンプライアント媒体(45)に転写するような、伸ばすこと、
 前記支持基板(41)を加熱(H)すること、
 前記支持基板(41)を冷却すること、
 前記コンプライアント媒体(45)から前記シムストック(43)を分離すること、
 前記コンプライアント媒体(45)の表面(45s)に転写接着層(51)の第1の接着表面(A_1)を被着することであって、それにより該転写接着層(51)が前記コンプライアント媒体(45)に接着されるようにすることであって、第7の厚み(t_7)を有しおよび第2の接着表面(A_2)を含むような、該転写接着層が前記コンプライアント媒体に接着されるようにすること、
 前記転写接着層(51)を剥離することにより、前記支持基板(41)あるいは前記フォ

10

20

30

40

50

トポリマーシム(36)のうちの選択された方から前記コンプライアント媒体(45)を分離することを含むことを特徴とする、複製する方法。

【産業上の利用可能性】

【0078】

本発明により、複製されたインプリントスタンプを有するコンプライアント媒体は、ソフトリソグラフィインプリンティング工程において、別の媒体に対して高解像度の3次元インプリントパターンを転写するために用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本発明によるインプリントパターンを画定するためにマスター基板をパターンニングし、エッチングすることを示す図である。 10

【図2】本発明によるインプリントパターンを画定するためにマスター基板をパターンニングし、エッチングすることを示す図である。

【図3】本発明によるインプリントパターンを画定するためにマスター基板をパターンニングし、エッチングすることを示す図である。

【図4】本発明によるインプリントパターンを画定するためにマスター基板をパターンニングし、エッチングすることを示す図である。

【図5】本発明によるインプリントパターンを画定するためにマスター基板をパターンニングし、エッチングすることを示す図である。

【図6】本発明によるインプリントパターン上にコンフォーマルに堆積される剥離層を示す図である。 20

【図7】本発明による剥離層上に堆積される、シリコンベースエラストマ層を示す図である。

【図8】本発明によるインプリントスタンプを形成するために剥離層からシリコンベースエラストマ層を分離することを示す図である。

【図9】本発明によるインプリントスタンプを形成するために剥離層からシリコンベースエラストマ層を分離することを示す図である。

【図10】本発明によるインプリントスタンプを形成するために剥離層からシリコンベースエラストマ層を分離することを示す図である。

【図11】本発明による薄いプラスチックフィルムにシリコンゴムバックングを被着することを示す図である。 30

【図12】本発明による薄いプラスチックフィルムへのフォトポリマー溶液のコーティングを示す図である。

【図13】本発明による薄いプラスチックフィルム上にフォトポリマー層を形成するためにフォトポリマー溶液を塗布することを示す図である。

【図14】本発明による薄いプラスチックフィルム上にフォトポリマー層を形成するためにフォトポリマー溶液を塗布することを示す図である。

【図15】本発明によるフォトポリマー層上にインプリントスタンプのパターンニングされた面を配置することを示す図である。

【図16】本発明によるフォトポリマー層を硬化することを示す図である。 40

【図17】本発明によるフォトポリマー層からインプリントスタンプを除去することを示す図である。

【図18】本発明によるフォトポリマー層内に形成されるフォトポリマーシムを示す図である。

【図19】本発明によるフォトポリマーシム上に堆積されるフルオロカーボンコーティングを示す図である。

【図20】本発明による支持基板に取り付けられたフォトポリマーシムを示す図である。

【図21】本発明による支持基板に取り付けられたシムストックおよび支持基板の予熱を示す図である。

【図22】本発明によるフォトポリマーシムおよびシムストック上にシリコンベースエ 50

ラストマ材料をコーティングし、塗布することを示す図である。

【図 2 3】本発明によるフォトポリマーシムおよびシムストック上にシリコンベースエラストマ材料をコーティングし、塗布することを示す図である。

【図 2 4】本発明による支持基板の加熱を示す図である。

【図 2 5】本発明によるコンプライアント媒体に転写接着剤を被着することを示す図である。

【図 2 6】本発明によるコンプライアント媒体に転写接着剤を被着することを示す図である。

【図 2 7】本発明によるコンプライアント媒体に転写接着剤を被着することを示す図である。

【図 2 8】本発明による支持基板からコンプライアント媒体を分離することを示す図である。

【図 2 9】本発明によるフォトポリマーシムによって保持されるインプリントパターンの平面図および断面図である。

【図 3 0】本発明によるコンプライアントアセンブリを示す図である。

【図 3 1 a】本発明によるシリンダにコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 1 b】本発明によるシリンダにコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 1 c】本発明によるシリンダにコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 2】本発明によるシリンダにコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 3】本発明によるシリンダにコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 4 a】本発明によるシリンダにコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 4 b】本発明によるシリンダにコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 5】本発明によるベルト材料にコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 6】本発明によるベルト材料にコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 7 a】本発明によるベルト材料にコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【図 3 7 b】本発明によるベルト材料にコンプライアントアセンブリを取り付けることを示す図である。

【符号の説明】

【0080】

11 マスター基板

13 剥離層

15 シリコンベースエラストマ層

20、20a、20s インプリントスタンプ

20p、20q、20r 3次元インプリントパターン

21a パターニングされた表面

31 シリコンゴムパッキング

33 プラスチックフィルム

35 フォトポリマー溶液

36 フォトポリマーシム

37 フルオロカーボン材料

10

20

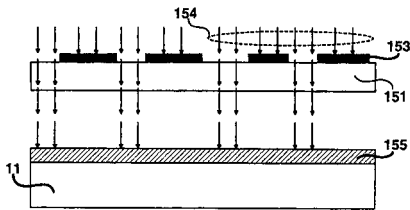
30

40

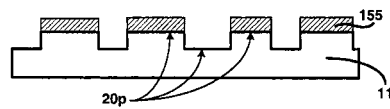
50

- 4 1 支持基板
- 4 3 シムストック
- 4 4 コンプライアント材料
- 4 5 コンプライアント媒体
- 5 1 転写接着層
- A₁ 第 1 の接着表面
- A₂ 第 2 の接着表面
- D₁ 第 1 の距離
- t₁ 第 1 の厚み
- t₂ 第 2 の厚み
- t₃ 第 3 の厚み
- t₄ 第 4 の厚み
- t₅ 第 5 の厚み
- t₆ 第 6 の厚み
- t₇ 第 7 の厚み

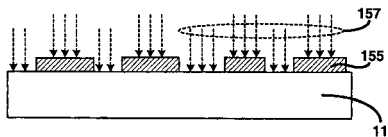
【 図 1 】



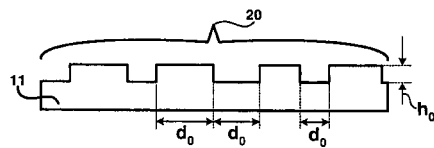
【 図 3 】



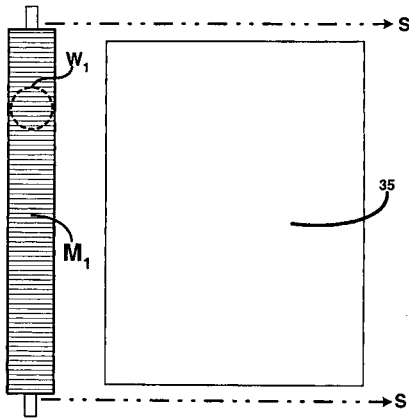
【 図 2 】



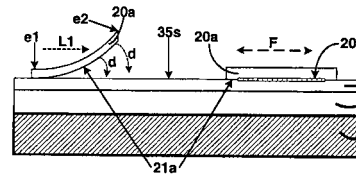
【 図 4 】



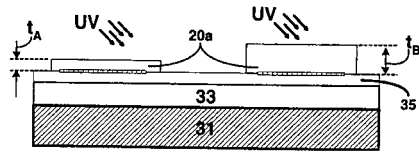
【 図 1 3 】



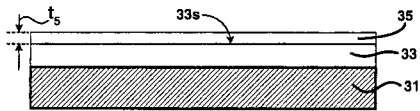
【 図 1 5 】



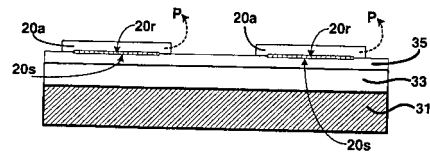
【 図 1 6 】



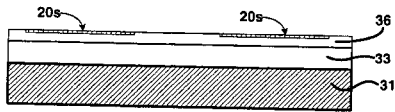
【 図 1 4 】



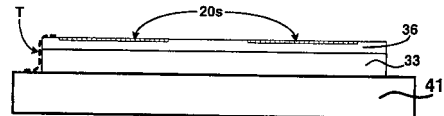
【 図 1 7 】



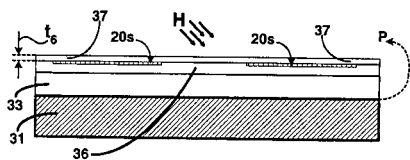
【 図 1 8 】



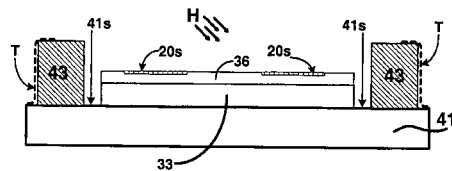
【 図 2 0 】



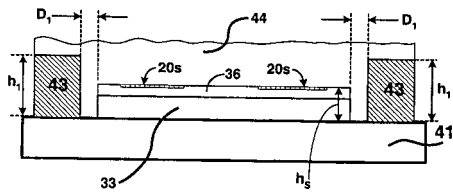
【 図 1 9 】



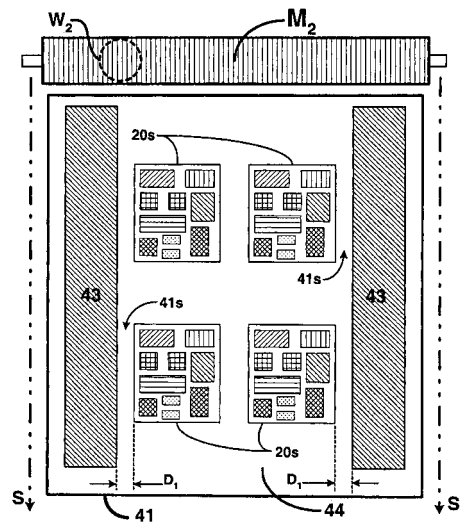
【 図 2 1 】



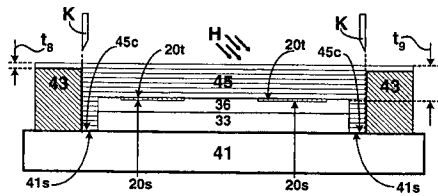
【 図 2 2 】



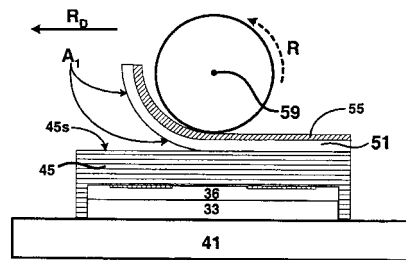
【 図 2 3 】



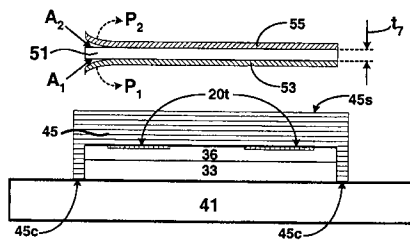
【 図 2 4 】



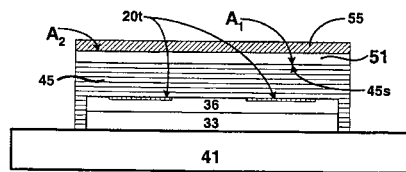
【 図 2 6 】



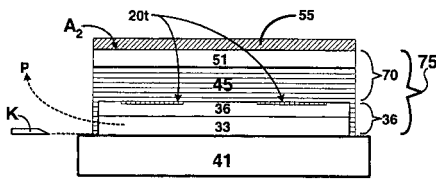
【 図 2 5 】



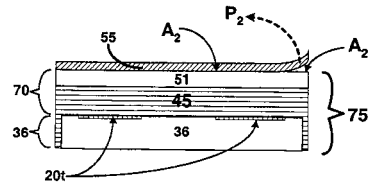
【 図 2 7 】



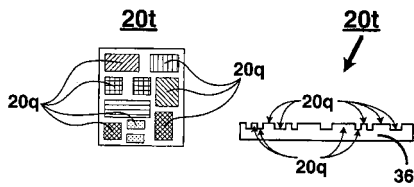
【 図 2 8 】



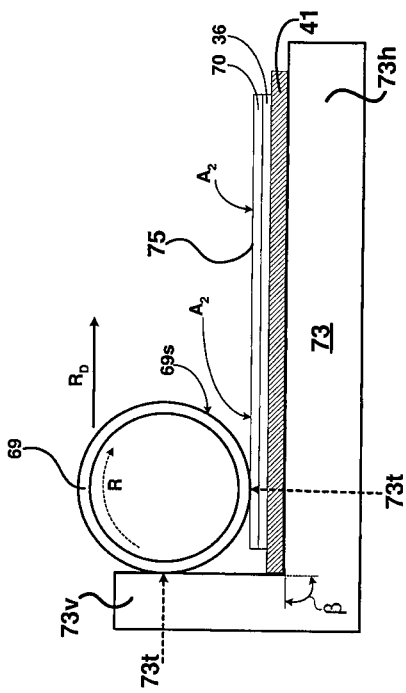
【 図 3 0 】



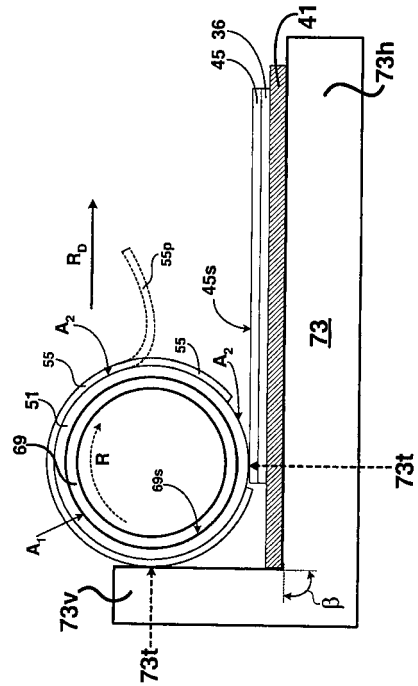
【 図 2 9 】



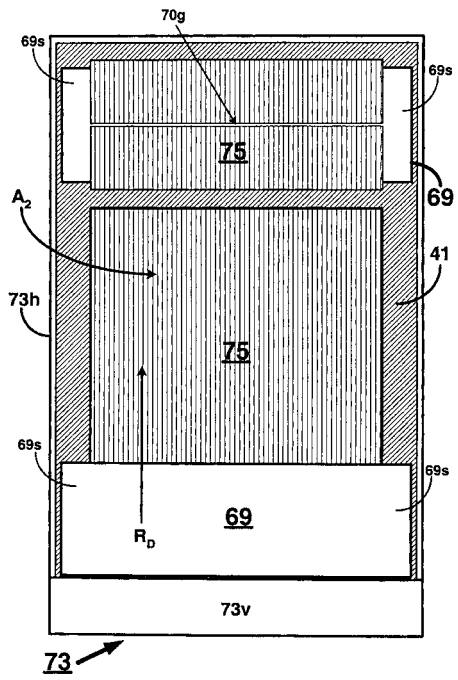
【 図 3 1 a 】



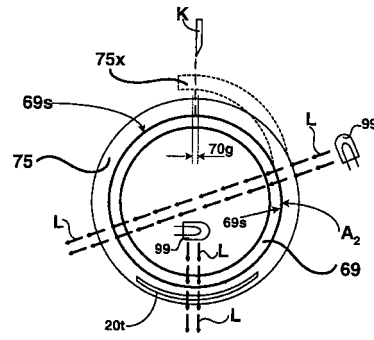
【 図 3 1 b 】



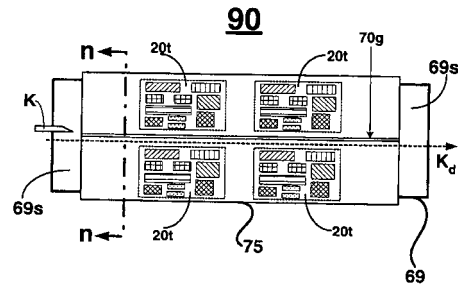
【 図 3 1 c 】



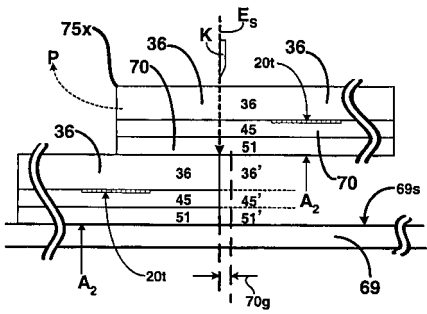
【 図 3 2 】



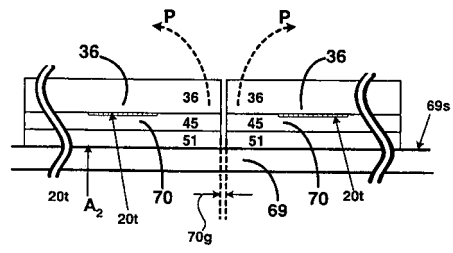
【 図 3 3 】



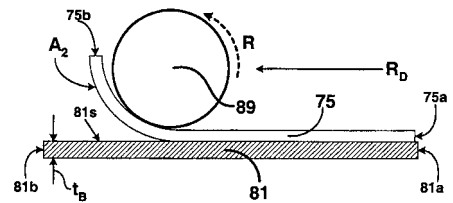
【 図 3 4 a 】



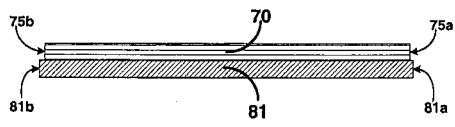
【 図 3 4 b 】



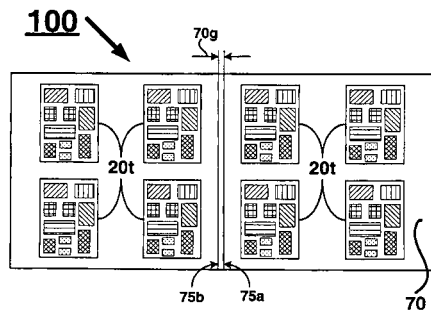
【 図 3 5 】



【 図 3 6 】



【 図 3 7 a 】



【 図 3 7 b 】

