

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4789039号  
(P4789039)

(45) 発行日 平成23年10月5日 (2011. 10. 5)

(24) 登録日 平成23年7月29日 (2011. 7. 29)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 9 C 59/02 (2006. 01)

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

B 8 2 B 3/00 (2006. 01)

H O 1 L 29/06 (2006. 01)

B 2 9 C 59/02 Z N M Z

H O 1 L 21/30 5 O 2 D

B 8 2 B 3/00

H O 1 L 29/06 6 O 1 N

請求項の数 13 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2005-375998 (P2005-375998)  
 (22) 出願日 平成17年12月27日 (2005. 12. 27)  
 (65) 公開番号 特開2007-19451 (P2007-19451A)  
 (43) 公開日 平成19年1月25日 (2007. 1. 25)  
 審査請求日 平成20年10月20日 (2008. 10. 20)  
 (31) 優先権主張番号 特願2005-170301 (P2005-170301)  
 (32) 優先日 平成17年6月10日 (2005. 6. 10)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 301021533  
 独立行政法人産業技術総合研究所  
 東京都千代田区霞が関1-3-1  
 (74) 代理人 100127188  
 弁理士 川守田 光紀  
 (72) 発明者 前田 龍太郎  
 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法  
 人産業技術総合研究所つくばセンター内  
 (72) 発明者 銘苅 春隆  
 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法  
 人産業技術総合研究所つくばセンター内  
 (72) 発明者 後藤 博史  
 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法  
 人産業技術総合研究所つくばセンター内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノインプリント装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

押し付けヘッドを用いてモールドを被成形物へ押し付けることにより、前記モールドに形成された微細パターンを前記被成形物に転写するナノインプリント装置であって、該装置は、被成形領域より押し付け面積の小さいヘッドを用いて押し付けを行なうとともに、該押し付けを行なう位置を徐々に変えることで前記被成形領域全体のナノインプリントを行なう装置であり、さらに該装置は、

- ・ 前記被成形物における前記被成形領域を固定する被成形物固定具と、
  - ・ 前記モールドをその一側部と他側部とにおいてモールド固定具を介して固定すると共に、前記一側部及び他側部を独立して昇降可能とするように構成されるモールド昇降機と、
  - ・ ナノインプリント実行時に前記被成形物固定具及び前記モールド昇降機を前記ヘッドに対して相対的に移動させるステージ装置と、
  - ・ 前記モールド昇降機の昇降及び前記ステージ装置の移動を制御する制御装置であって、前記ナノインプリント実行時に、前記ヘッドによる押し付けが終わった前記モールドの部分の前記被成形物から離型させるべく、前記モールドの前記一側部及び前記他側部のうちの一方を、前記ステージの移動に合わせて上昇又は下降させるように、前記モールド昇降機及び前記ステージ装置を制御する制御装置と、
- を備えるナノインプリントシステム。

【請求項 2】

10

20

前記制御装置は、前記ステージ装置の移動速度を、ナノインプリント実行中に可変制御できるように構成される、請求項1のいずれかに記載のナノインプリントシステム。

【請求項 3】

前記ヘッドによる押し付け力が前記制御装置によって制御されるように構成され、さらに前記制御装置は、前記押し付け力を、前記ステージ装置の移動に合わせて可変制御できるように構成される、請求項1又は2に記載のナノインプリントシステム。

【請求項 4】

前記ヘッド・前記被成形物固定具・前記ステージのいずれか 1 つ以上に前記制御装置によって温度制御されるヒータを備え、さらに前記制御装置は、前記ヒータの温度を、前記ステージ装置の移動に合わせて制御できるように構成される、請求項1から3のいずれかに記載のナノインプリントシステム。

10

【請求項 5】

前記ヘッドは、押し付け面が線状又は細長の形状を呈することを特徴とする、請求項1から4のいずれかに記載のナノインプリントシステム。

【請求項 6】

電気モータによって前記ヘッドの押し付け力を生成する、請求項1から5のいずれかに記載のナノインプリントシステム。

【請求項 7】

前記ヘッドは前記モールド上で転動可能に支持されるローラー型のヘッドである、請求項1から6のいずれかに記載のナノインプリントシステム。

20

【請求項 8】

前記ローラーヘッドを前記ステージの移動に連動して回転させるためのモータを備える請求項7に記載のナノインプリントシステム。

【請求項 9】

前記モールド固定具は、前記モールドを固定するモールド固定ジグと、該モールド固定ジグと前記モールド昇降機本体とを連結する弾性部材とを備える、請求項1から8のいずれかに記載のナノインプリントシステム。

【請求項 10】

前記弾性部材が脱着可能に構成される、請求項9に記載のナノインプリントシステム。

【請求項 11】

前記モールド固定ジグ及び前記モールド昇降機本体のそれぞれに、前記弾性部材を連結するための連結部を複数個設けたことを特徴とする、請求項10に記載のナノインプリントシステム。

30

【請求項 12】

前記被成形物が前記被成形物固定具よりも大きい場合に該被成形物を保持すると共に、前記ステージ装置の移動に合わせて及び前記ステージ装置の移動とは独立に、該被成形物を移動させうるガイド装置をさらに備える、請求項1から11のいずれかに記載のナノインプリントシステム。

【請求項 13】

前記制御装置が、前記被成形物固定具に固定されている前記被成形領域のナノインプリントを完了した後、前記ガイド装置によって前記被成形物の次の被成形領域を前記被成形物固定具上に給送すると共に該次の被成形領域を前記被成形物固定具に固定し、続いて該次の被成形領域のナノインプリントを行うように構成される、請求項12に記載のナノインプリントシステム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はナノインプリント技術に関し、好適にはナノインプリントプロセスの改良に用いられうる技術に関する。

【背景技術】

50

## 【 0 0 0 2 】

近年、超微細 3 次元ナノ構造体の製造プロセスとしてナノインプリント技術が注目を集めている。ナノインプリント技術の 1 つである熱式ナノインプリントプロセスでは、精密加工された型（モールド）を被加工材料（樹脂やガラス）に加熱・押圧して、型の形状を被加工材料に転写する、図 1 に熱式ナノインプリントプロセスの工程図を示す。型を加熱して材料に押し付けるだけの極めて単純な工程でナノ構造体が形成できる技術である。

## 【 0 0 0 3 】

LSI リソグラフィーにおける 32 nm 以下の極細線パターン形成の有望技術の一つとして脚光を集めているこのナノインプリントプロセスは、LSI 以外への応用も広く展開が期待され、すでに表示装置用光素子（導光板やマイクロレンズアレイ）に適用され始めた。さらに、次世代 DVD や高密度磁気記録ディスクなどパターンドメディアへの実用化検討も加速されてきている。しかしながら現状ではナノインプリントプロセスは、基礎的なプロセス技術が確立されたレベルであり、まだ実用化するためにはいくつかの重要な開発課題が残されており、その適用範囲は限られたものになっているのが実状である。

## 【 0 0 0 4 】

その課題の 1 つはプロセススループットの向上である。成形加工技術の一種であるナノインプリントは、大量に安価に素子を製造できてこそその価値が発揮される。そのための最重要課題であるプロセススループット（素子を製造するために要する時間）向上が不可欠である。現状では、1 回のプロセス（成形加工プロセス）に要する時間は、最短でも数分、通常は数 10 分であり、量産性にすぐれたプロセスとは言い難く、この時間短縮化に

## 【 0 0 0 5 】

別の課題として大面積化対応がある。生産性を向上させる方法の一つとして、大面積で一括して複数の素子を製造する手法がある。既に特開平 2 0 0 4 - 2 8 8 8 1 1 号公報において、ウェーハ全面一括成形可能な装置が開示され、大面積化対応が図られてきた。しかしながらこの一括方式は、さらなる大面積化に伴いプレス荷重の増大（数 10 トンレベル）、モールド面内の温度均一性、加圧力均一性、平面度管理など多くの課題が想定され、有効な方法とはいえない。

## 【 0 0 0 6 】

また、プリンストン大学 Chou 教授らによって、ローラーを用いた連続転写式のナノインプリントシステムが研究されている（Hua Tan, Andrew Gibertson, Stephen Y. Chou 著、「Roller nanoimprint lithography」J. Vac. Sci. Technol. B16(6), 3926(1998)）。しかしこの論文では、1 分間に 10 mm 程度の成形加工しか実現できておらず、実用化には程遠い成形性となっている。

## 【 0 0 0 7 】

近年、ナノインプリントプロセスは表示装置への適用も有望視されており（フィルタ構造や反射防止膜、バックライト先端板など）、これらの用途を想定した場合には、画面サイズ（液晶やプラズマ等の平面型表示装置）の大型化にともない、40 インチ、50 インチサイズの大型基板へ適用可能なナノインプリントプロセスを検討する必要がある。

## 【 0 0 0 8 】

以上のことから、現状 200 mm から 300 mm サイズが主流であるナノインプリントプロセスを、1 m 級の大型基板への適用も可能にする一括転写方式ではない新プロセスの開発が必要である。

【特許文献 1】特開平 2 0 0 4 - 2 8 8 8 1 1 号公報

【非特許文献 1】Hua Tan, Andrew Gibertson, Stephen Y. Chou 著、「Roller nanoimprint lithography」J. Vac. Sci. Technol. B16(6), 3926(1998)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、熱式ナノインプリントプロセスにおいて、プロセススループット向上と大面

10

20

30

40

50

積化対応の両課題を同時に満足するプロセス技術の確立を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明は、その一実施形態において、次のようなナノインプリントシステムを含む。このナノインプリントシステムは、モールドをヘッドによって被成形物へ押し付けることで前記被成形物にパターン転写を行なうナノインプリントシステムであって、前記ヘッドが前記モールドを押し付ける際に平坦な押し付け面を有すると共に、前記ヘッドを前記モールド上で摺動させつつ前記ヘッドが前記モールドを押し付けるように構成されることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

上記のナノインプリントシステムでは、ナノインプリントヘッドが前記モールドを押し付ける際に平坦な押し付け面を有することから、ヘッドがモールド上を移動していても、モールドを押し付ける時間を十分に確保することが出来る。従って上記のナノインプリントシステムは、ヘッドとモールドとの摺動速度を早めても、樹脂が十分変形するだけの時間、樹脂を加熱・押し付けすることができ、上記C h o u教授提案のシステムに比べてプロセススループットを大幅に向上させることができる。また上記のナノインプリントシステムは、一度に押し付ける面積が小さいことから、特開平2004-288811号公報に開示されているような一括プレス方式よりも、特に大面積のナノインプリントを行なう場合において、押し付け面の温度均一性、加圧力均一性、平面度管理の制御が容易である。さらに上記のナノインプリントシステムは、ヘッドをモールド上で摺動させる機構の稼動範囲を広げることで、大面積の基板やモールドへ容易に適用可能である。このように、上記のナノインプリントシステムは、大型基板へ適用可能なナノインプリント装置として非常に優れた特性を有する。

【 0 0 1 2 】

上記のナノインプリントシステムにおいて、ヘッドをモールド上で摺動させる機構は、ヘッドをモールドに対して移動可能に構成してもよいし、反対にモールドをヘッドに対して移動可能に構成してもよい。

【 0 0 1 3 】

上記のナノインプリントシステムは、好ましくは上記ヘッド内にヒータを、ヘッドの摺動方向に偏在するように設置することが好ましい。このように構成すると、押し付けの後段階において、ヒータが被成形部の上からなくなるため、押し付けを継続したまま被成型物の温度を下げるのが可能となり、成形プロセスの高速化をもたらすことができる。また、前記ヘッドと前記モールドとを摺動させつつ、前記パターン転写が終わった前記モールドの部分を順次離型するように構成されることが好ましい。このように構成すると、特に大面積のモールドを離型する場合に、一度にモールド全体を被成型物から引き離すよりも、容易に離型を行なうことができる。またモールドを被成形物から離型する際に、モールドに微少振動を加えるように構成することが好ましい。微少振動を与える手段としては、超音波等を用いることができる。上記ヘッドの有効幅はナノインプリント幅と略同一になるように構成することが好ましい。

【 0 0 1 4 】

上記ヘッドがモールドを押し付ける際に、ヘッドの押し付け面は全くの平面でもよいし、なだらかな曲面であったり、多少の凹凸があったり、波打つような形状を有する面であったりしてもよい。ある実施態様において、上記ヘッドは、ヘッドの押し付け面に多数のローラーを並べることにより、全体として平坦な押し付け面を形成するヘッドであることができる。また別の実施態様において、上記ヘッドは摺動を容易にするための無限軌道構造を備え、前記無限軌道構造の無限軌道帯が前記押し付け面を形成するヘッドであることができる。またさらに別の実施態様において、上記ヘッドは、押し付けを行っていない状態では平坦部分を有さないが、押し付け時にはヘッドとモールドとの接触部分が変形して平坦な押し付け面を形成するようなヘッドであることができる。要は、ヘッドがモールドを押し付ける際に、押し付け面が全体として平坦になり、一度にある程度の面積を押し

10

20

30

40

50

付けることができるような構造に、上記ヘッドの押し付け面を形成することが重要である。

【 0 0 1 5 】

ある実施態様において、前記ヘッドの押し付け面の前記摺動方向の端部に、前記被成形物に加えられる押し付け力を緩和させる緩和部を設けることができる。例えば前記緩和部を、前記押し付け面と前記モールドとの接触面から離れる方向に前記押し付け面を湾曲させたり角度をつけたりすることにより形成することができる。上記のように多数のローラーを並べた押し付け面を用いる場合は、ローラーの直径を小さくすることにより前記緩和部を設けてもよい。緩和部を設ける利点は次のようなことにある。すなわち、ヘッドによる押し付けが始まったばかりの被加工基板の部分は、まだヒータによって十分に熱せられていないため、十分な柔軟性を有せず、モールドを押し付けても変形しづらい。このため、このような部分を十分に熱せられ柔軟性を有する他の部分と同じ力で押し付けても、被加工基板を変形させることが難しいばかりか、モールドを痛める可能性もある。そこで押し付け力を緩和する構造をヘッド進行方向の端に設けることにより、被加工基板に最大の押し付け力が加わる前に、被加工基板を十分に熱し、柔らかくすることが可能となる。モールドのパターンを被成型物に転写する際、転写するパターン形状によって、押し付け条件は大きく変動する。例えば、細かなパターンが密にある部分と、大きなパターンが粗に配置される部分とでは、成形に必要な押し付けエネルギー（力×押し付け時間）が異なってくる。そこで上記ナノインプリント装置の好ましい実施形態においては、前記ヘッドと前記モールドとの相対速度を前記モールドの位置に応じて可変自在とするように構成することが好ましい。また、前記ヘッドの押し付け力を、前記モールドの位置に応じて可変自在とするように構成したりすることが好ましい。パターンの形状に応じて上記相対速度や押し付け力を適切に調節することにより、パターン転写をより確実に行なうことができると共に、スループットの向上をもたらすことができる。

【 0 0 1 6 】

本発明は、その一実施態様において、モールドをヘッドによって被成形物へ押し付けることで前記被成形物にパターンの転写を行なうナノインプリント方法であって、押し付け面が平坦なヘッドを前記モールド上で摺動させつつ前記平坦ヘッドで前記モールドを押し付けることを特徴とするナノインプリント方法を含む。

【 0 0 1 7 】

本発明は、その一実施態様において、モールドを被成形物へ押し付けることで前記モールドに形成された微細パターンを前記被成形物に転写するナノインプリント方法又はシステムであって、前記モールドより押し付け面積の小さいヘッドを用いて前記モールドの前記被成形物への押し付けを行なうとともに、前記ヘッドに押し付けられる前記モールドの部位を徐々に移動し、さらに前記ヘッドによる押し付けが終わった前記モールドの部分を前記移動に合わせて離型していくことを特徴とする、ナノインプリント方法又はシステムを含む。

【 0 0 1 8 】

特に熱式ナノインプリントにおいて、被成形体が冷えてから離型を行なうと、被成形体が熱収縮によってモールドに貼り付いてしまうため、離型に大きな力が必要となり、離型が困難になるという問題があった。また、固く結合した被成形体とモールドとを無理に引き離すことで、折角転写したパターンが離型の際に壊れてしまうこともあった。これらの問題は、ナノインプリント面積が大きくなればなるほど顕著なものとなり、大面積化対応のためには解決せねばならない課題であった。上記のナノインプリント方法及びシステムによれば、被成形領域より押し付け面積の小さいヘッドを用いて前記モールドの前記被成形物への押し付けを行なうとともに、前記ヘッドに押し付けられる前記モールドの部位を徐々に移動し、さらに前記ヘッドによる押し付けが終わった前記モールドの部分を前記移動に合わせて離型していくことで、被成形体の熱収縮の影響が少ないうちに離型を行なうことができ、被成形体からモールドをスムーズに引き離すことができる。また、離型の際にパターンが壊れるという事態を極力抑えることも可能となる。さらに、パターン転写と

離型をほぼ同時に行なうので、プロセススループット向上に寄与することができる。ヘッドが離れてから離型を行なうまでの時間は、被成形体において転写されたパターンが固まることが可能なように調節されねばならないが、転写パターンが固まった後は、できるだけ早く離型されるように調整されることが好ましい。

#### 【 0 0 1 9 】

上記のナノインプリント方法及びシステムは、被成形材料の樹脂の粘弾性特性や成型形状などを十分に把握して、モールド及び被成形物とヘッドとの相対移動速度や押し付け荷重、ヒータの温度等のパラメータを最適化することが好ましい。これらのパラメータを最適化することで、成型時間を大幅に短縮することができる。これらのパラメータは、ナノインプリント実行時に可変制御できるように構成されることが好ましい。また、押し付け回数を、一度ではなく二度以上行ってもよい。例えば、モールド及び被成形物をヘッドに対して一方向に移動しながら押し付けを行ったあと、移動方向を逆転させて再び押し付けを行うようにしても良い。移動方向を逆転させて同じ場所に対して二度押し付けを行うことで、移動方向による転写パターンの甘さを解消し、きれいなパターンを転写することができる。

10

#### 【 0 0 2 0 】

上記のナノインプリント方法及びシステムにおいて、押し付け面が線状又は細長の形状を呈するヘッドを用い、一度にモールドの全体を押し付けるのではなく、一度に押し付けを行なう面積を小さなものとすることで、パワーの小さい加圧装置であっても、容易に高い圧力を得ることが可能となる。例えば 1 0 c m × 1 0 c m の面積に、一括転写方式でナノインプリントを行なおうとすると、被成形体の材質にもよるものの、必要な荷重はおおよそ 5 トンにも達する。しかしこれを、押し付け面が線状又は細長の形状を呈するヘッド、例えばローラー型のヘッドを用いて押し付け面積を小さくすることで、数百キログラムの荷重で同じ面積のナノインプリントを可能にすることができる。これによって加圧装置を小型化することができ、システムの小型化や低価格化に寄与することができる。さらに、細かな荷重制御が可能であるものの、力が弱くて大面積一括転写方式のナノインプリントでは用いることができなかった電気モータを、加圧の動力源として使用することも可能となる。

20

#### 【 0 0 2 1 】

なお、押し付けヘッドとしてローラー型ヘッドを用いると、ヘッドに対するモールドの相対移動をスムーズに行なうことができる。さらにローラーヘッドをモータ等を用いて上記相対移動に合わせて回転させるように構成すると、さらに移動をスムーズにすることができる。

30

#### 【 0 0 2 2 】

本発明による上記のナノインプリントシステムは、その一実施形態において、次のようなシステムを含む。このシステムは、押し付けヘッドを用いてモールドを被成形物へ押し付けることにより、前記モールドに形成された微細パターンを前記被成形物に転写するナノインプリント装置であって、該装置は、被成形領域より押し付け面積の小さいヘッドを用いて押し付けを行なうとともに、該押し付けを行なう位置を徐々に変えることで前記被成形領域全体のナノインプリントを行なう装置であり、さらに該装置は、

40

- ・ 前記被成形物における前記被成形領域を固定する被成形物固定具と、
- ・ 前記モールドをその一側部と他側部とにおいてモールド固定具を介して固定すると共に、前記一側部及び他側部を独立して昇降可能とするように構成されるモールド昇降機と、
- ・ ナノインプリント実行時に前記被成形物固定具及び前記モールド昇降機を前記ヘッドに対して相対的に移動させるステージ装置と、
- ・ 前記モールド昇降機の昇降及び前記ステージ装置の移動を制御する制御装置であって、前記ナノインプリント実行時に、前記ヘッドによる押し付けが終わった前記モールドの部分の前記被成形物から離型させるべく、前記モールドの前記一側部及び前記他側部のうちの一方を、前記ステージの移動に合わせて上昇又は下降させるように、前記モールド

50

昇降機及び前記ステージ装置を制御する制御装置と、  
を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

前記制御装置は、前記ステージ装置の移動速度を、ナノインプリント実行中に可変制御できるように構成されることが好ましい。さらに前記ヘッドによる押し付け力が前記制御装置によって制御されるように構成され、前記制御装置は、前記押し付け力を、前記ステージ装置の移動に合わせて可変制御できるように構成されることが好ましい。さらに前記ヘッド・前記被成形物固定具・前記ステージのいずれか1つ以上に前記制御装置によって温度制御されるヒータを備え、前記制御装置は、前記ヒータの温度を、前記ステージ装置の移動に合わせて制御できるように構成されることが好ましい。

10

【 0 0 2 4 】

上記モールド固定具は、モールドを固定するモールド固定ジグと、該モールド固定ジグとモールド昇降機本体とを連結する弾性部材とから構成されることが出来る。モールド昇降機本体とモールドとの間に弾性部材を介在させることにより、離型の際にかかる力の变化を弾性部材に吸収させることができる。弾性部材は脱着可能とすることが好ましく、このように構成することで、被成形物の種類や形状・モールドの特性などによって、異なる弾性力を持つ部材を必要に応じて容易に交換して用いることができる。また、必要とされる弾性力に応じて弾性部材の数を調節することが出来るように、モールド固定ジグ及びモールド昇降機本体のそれぞれに、前記弾性部材を連結するための連結部を複数個設けるように構成することも好ましい。

20

【 0 0 2 5 】

前記被成形物が前記被成形物固定具よりも大きい場合、例えば連続的なフィルム状などである場合は、上記のナノインプリントシステムに、該被成形物を保持するガイド装置であって、前記ステージ装置の移動に合わせて及び前記ステージ装置の移動とは独立に該被成形物を移動せしめるガイド装置を備えることが好ましい。そして前記制御装置が、被成形物固定具に固定されている前記被成形領域のナノインプリントを完了した後、前記ガイド装置によって被成形物の次の被成形領域を被成形物固定具上に給送すると共に該次の被成形領域を前記被成形物固定具に固定し、続いて該次の被成形領域のナノインプリントを行うように制御を順次繰り返すことで、1回の試行では成形できない大型の基板や連続体状の基板を成形することができる。

30

【発明の効果】

【 0 0 2 6 】

本発明により、プロセススループットの向上が図られると共に、大面積化に対応可能な熱式ナノインプリント技術が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 7 】

以下、本発明の好適な実施例を添付図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 2 8 】

図2は本発明によるナノインプリント装置100の概念図である。ナノインプリント装置100は、被加工基板102を固定するステージ104、モールド106を保持するモールド保持部108a, 108b, 109a, 109b、モールド106をモールド保持部108や109ごと昇降させるモールド昇降機構110、及びモールド106を被加工基板102に押し付けるヘッド112を備える。

40

【 0 0 2 9 】

ナノインプリント装置100は、本発明によって提供される新規な特徴により、大面積にナノインプリントを行なうことが可能である。本実施例において、被加工基板102のナノインプリント成形面積は300×500mmである。そのため、モールド106も大面積の平板モールドが用いられる。離型のし易さを考慮するとモールドの厚みは薄い方がよいので、モールド106の薄さは200～300μmとする。ナノインプリント用のモールドは、まず通常半導体用露光装置や電子線描画装置を用いてシリコン基板上にパター

50

ンを形成し、それをエッチングによってマスターと呼ぶ原盤を製作し、さらにそれをニッケル電鍍によって３次元ナノ構造体が仕込まれたモールドに仕上げることにによりを作製される。ところが半導体露光装置や電子電描画装置によって直接作製できる原盤は、３００mmウェーハに対応できる大きさのものがせいぜいである。それ以上の大きさのモールドは、数１０mmの大きさのモールドを用いて基板に繰り返しパターンを転写していくステップ&リピート方式によって作製する。

#### 【００３０】

被加工基板１０２の材料に関しては、モールド１０６に使用するNi電鍍型の耐久性、耐熱性を考慮し、成形温度２００度以下の樹脂材料が好ましい。このような樹脂材料としては、例えばレジスト用PMMA樹脂、光学素子用ポリカーボネート樹脂やCOP樹脂（たとえば日本ゼオン社のZeonex樹脂）があり、これらはいずれも２００℃で以下の温度で成形可能な樹脂である。

10

#### 【００３１】

ステージ１０４は、真空吸着又はメカクランプによって、被加工基板１０２を固定する。またステージ１０４はヒータ１１４を備え、これによって被加工基板１０２をガラス転移温度（Tg）以下に加熱することができるようになっている。またステージ１０４は、被加工基板１０２を固定したまま、装置１００本体に対して左方向１２０に水平に移動可能に構成される。

#### 【００３２】

モールド保持部１０８と１０９は、モールド１０６を挟み込んで固定する。モールド保持部１０８と１０９はモールド昇降機構１１０に昇降可能に固定され、これによってモールド１０６を被加工基板１０２に接触させたり離型させたりすることが可能である。さらにモールド保持部１０８、１０９は、微少振動アシスト機能を備えており、離型時にモールド１０６に高周波の微少な振動を加えることにより、離型を容易とすることができる。微少振動アシストには超音波を利用しても良い。モールド昇降機構１１０は、モールド保持部１０８と１０９とを独立に昇降させることができ、モールドの１０６の片側だけを被加工基板１０２から離型するような動作が可能である。モールド昇降機構１１０はステージ１０４に固定されており、このため、ステージ１０４が移動すると、それに伴ってモールド昇降機構１１０、さらにモールド昇降機構１１０に固定されるモールド保持部１０８、１０９も同じ速度で移動する。従ってステージ１０４を移動させることによって、被加工基板１０２とモールド１０６をヘッド１１２に対して同じ速度で移動させることができる。

20

30

#### 【００３３】

耐熱性の金属で作られるヘッド１１２は、ナノインプリント時にモールド１０６に接触し、モールド１０６を所定の荷重で被加工基板１０２に押し付ける。ヘッド１１２はモールド１０６に直接接触するように構成してもよいが、何か別の部材を介して押し付け力をモールド１０６に伝えるように構成してもよい。モールド１０６を押し付ける面は平面状に形成され、一度にある程度の大きさの面積を押し付けることができるようになっている。すなわちヘッド１１２は、モールド１０６と面接触状態で押し付けを行なう。本実施例においては、ナノインプリント成形幅を一度に押し付けることができるように、ヘッド１１２の有効サイズは３００mm×２０mmとされた。別の実施例において、ヘッド１１２の押し付け面を、多少の凹凸がある平面状に形成したり、波打っていたり、多数のローラーが組み込まれた形状にしたりすることができる。要は全体として平坦であって、一度にある程度の面積を押し付けることができるような形状に、ヘッド１１２の押し付け面を形成することが重要である。

40

#### 【００３４】

ヘッド１１２の水平位置は装置１００の本体に対して固定されるが、鉛直方向には上下移動が可能に構成される。そしてヘッド１１２は、ナノインプリント実行時において、図示しない加圧機構によってモールド１０６を荷重Fで押し付けるように構成される。荷重Fの大きさは、被加工基板の性質によって、適宜調節されねばならない。ヘッド１１２は

50



内部にヒータ 116 を備え、モールド 106 を  $T_g$  以上に加熱することができる。最適の加熱温度は被加工基板の性質によって適宜定められねばならないが、通常は  $T_g + 10\%$  程度の温度が適当である。ヒータ 116 は、ヘッド 112 の中で、ヘッド 112 の相対的な進行方向に偏った位置に設置される。図 2 においては、図示されるように、ヒータ 116 は、ヘッド 112 の中の位置が、図の右方向に偏るように設置される。

#### 【0035】

ナノインプリント実行時は、ステージ 104 が水平方向 120 にゆっくりと移動し、これに伴ってモールド昇降機構 110 やモールド保持部 108, 109 も同じ方向に同じ速度で移動する。しかしヘッド 112 は固定されているため、ステージ 104 やモールド保持部 108, 109 の移動に伴って、ヘッド 112 はモールド 106 上をスライドすることとなる。すなわちナノインプリント実行時において、ヘッド 112 は、図示しない加圧機構によってモールド 106 を荷重  $F$  で押し付けながらモールド 106 上をスライドしていくことにより、ナノインプリント面積の全体の押し付けを行なう。この様子はちょうどアイロン掛けに似ている。図 3 も参照のこと。また、ヒータ 116 はヘッド 112 のスライド方向に偏在するように設置されていることが分かる。ヘッド 112 とモールド 106 との間には、ヘッド 112 の摺動を容易とするために、潤滑油を使用することが好ましい。

#### 【0036】

図 3 を参照してナノインプリント装置 100 の動作を説明する。図 3 (a) は、ナノインプリント装置 100 に被加工基板 102 とモールド 106 がセットされた状態である。まだ被加工基板 102 とモールド 106 は接触していない。図 3 (a) の状態から図 3 (b) の状態へ移行すると、モールド昇降機構 110 がモールド保持部 108, 109 を降下させ、モールド 106 を被加工基板 102 に接触させる。また、図示しない加圧機構によって、ヘッド 112 がモールド 106 を荷重  $F$  で押し付ける。さらに、ヒータ 114 が被加工基板 102 を  $T_g$  以下の温度に加熱し、ヒータ 116 がモールド 106 を  $T_g$  以上の温度に加熱する。

#### 【0037】

次の段階では、ステージ 104 が、被加工基板 102 を固定したまま図の左方向にゆっくりと移動する。すると、モールド保持部 108, 109 もモールド昇降機構 110 を介してステージ 104 に固定されているため、モールド保持部 108, 109 もモールド 106 を固定したままステージ 104 と同じ速度、同じ方向で移動する。このためヘッド 112 は、モールド 106 を荷重  $F$  で押し付けながらモールド 106 上をスライドしていくことになる。この様子が図 3 (b) から図 3 (e) に示されている。ステージ 104 の移動速度は、ヘッド 112 に押し付けられている被加工基板 102 の部分が十分変形するだけの時間加熱・押し付けされるように、被加工基板 102 の特性に応じて調節される。ヘッド 112 の押し付け面が平坦に形成されていることから、1つの部分が押し付けられている時間を増すことができ、上記 Chou 教授提案のシステムよりも、ヘッド 112 とモールド 106 との相対速度を速めることができる。

#### 【0038】

図 3 (b) ~ (e) に示されるように、ヒータ 116 の設置位置は、ヘッド 112 のモールド 106 に対する相対的な進行方向に偏っている。従って、ヘッド 112 のスライドに伴ってこれから新たに押し付けられる被加工基板の部分は、ヒータ 116 によってまず十分に熱せられることができる。ヘッド 112 がさらにスライドすると、当該部分の上にはヒータがなくなるため、当該部分はなおヘッド 112 によって押し付けられながら、離型の準備のために少しずつ冷やされることができる。従って、ヘッド 112 がさらにスライドし、当該部分の上からヘッド 112 がなくなると、当該部分はパターンが転写されていると共に、離型が可能な程度の温度に冷やされている。このようにナノインプリント装置 100 は、パターン転写を非常に効率的に行なうことができる。

#### 【0039】

さらにモールド昇降機構 110 は、モールド保持部 108 を徐々に上昇させることによ

10

20

30

40

50

り、ヘッド 1 1 2 によるパターン転写が終わった部分から、モールド 1 0 6 を順次離型していく。図 3 ( c ) から ( e ) にその様子が示されている。このようにモールドを少しずつ被加工基板から引き離すことで、大面積のモールドであっても、比較的容易に離型が可能である。(大面積のモールドを一度に離型することは、面積が大きくなればなるほど困難となる。)モールド 1 0 6 の厚さは上記のように 2 0 0 ~ 3 0 0  $\mu$ m 程度であり、モールド保持部 1 0 8 とヘッド 1 1 2 との間で曲げられることに対し、十分な柔軟性を有する。モールド保持部 1 0 8 は離型に際し、離型を容易とするため、モールド 1 0 6 に高周波の微少な振動を加える。

#### 【 0 0 4 0 】

上に説明したように、大面積のモールドを一度に離型することは、面積が大きくなればなるほど困難となる。このため、パターン転写のために柔軟性のある薄いモールドを使用し、成形後にそのモールドを被成形物からめくるように離型するナノインプリント装置 1 0 0 の特徴は、大面積のモールドを用いるナノインプリントプロセスにおいて、離型を容易とする大変有用な特徴である。

#### 【 0 0 4 1 】

ヘッド 1 1 2 が被成形領域の全体をスライドし、被成形領域全体の押し付けが終わると、ステージ 1 0 4 は移動を止める(図 3 ( e ) )。ヒータ 1 1 4 及び 1 1 6 も加熱を止める。そしてヘッド 1 1 2 及びモールド保持部 1 0 9 が上昇し、モールド 1 0 6 を被加工基板 1 0 2 から完全に引き離す(図 3 ( f ) )。

#### 【 0 0 4 2 】

このようにナノインプリント装置 1 0 0 は、ヘッド 1 1 2 の押し付け面が平坦に形成されていることから、ヘッドとモールドとの摺動速度を早めても、樹脂が十分変形するだけの加熱・押し付け時間を確保することができ、上記 C h o u 教授提案のシステムに比べてプロセススループットを大幅に向上させることができる。さらに、ナノインプリントヘッド 1 1 2 の中にヒータ 1 1 6 を片側に偏在させて設置していることから、加熱・押し付け・冷却のプロセスを非常に効率的に行なうことができ、加えてパターン転写が完了した部分からどんどん離型を行なっていくため、離型プロセスも容易化・高速化させることができる。このような特徴も、ナノインプリント装置 1 0 0 によるプロセススループットの向上に大きく貢献する。

#### 【 0 0 4 3 】

大面積のナノインプリントを行なう場合、ナノインプリント装置 1 0 0 は一度に押し付ける面積が小さいことから、特開平 2 0 0 4 - 2 8 8 8 1 1 号公報に開示されているような一括プレス方式よりも、押し付け面の温度均一性、加圧力均一性、平面度管理の制御が容易である。このようにナノインプリント装置 1 0 0 は、大型基板へ適用可能なナノインプリント装置として非常に優れた特性を有する。本実施例では被加工基板 1 0 2 のナノインプリント成形面積は 3 0 0 x 5 0 0 mm としたが、ここで説明したナノインプリント技術をメートル級の被加工基板へ応用することも可能である。このためナノインプリント装置 1 0 0 を応用したナノインプリントプロセスを多くの用途へ展開することが可能であり、例えばノート P C 用液晶ディスプレイ ( A 4 サイズや A 3 サイズ ) へ組み込まれるバックライト導光板、反射防止膜、マイクロレンズアレイ、光素子、バイオ素子、パターンドメディア等の低コストナノ加工技術へナノインプリントプロセスを適用する道が開けることとなる。

#### 【 0 0 4 4 】

ところで、モールドのパターンを被成型物に転写する際、転写するパターン形状によって、押し付け条件は大きく変動する。例えば、細かなパターンが密にある部分と、大きなパターンが粗に配置される部分とでは、成形に必要な押し付けエネルギー ( 力 x 押し付け時間 ) が異なってくる。そこでナノインプリント装置 1 0 0 は、ステージ 1 0 4 の移動速度を、モールド 1 0 6 とヘッド 1 1 2 との位置関係に応じて可変自在とするように構成することが好ましい。このように構成することで、細かなパターンが密にある部分では、ステージ 1 0 4 の移動速度を遅くすることにより、パターン転写を確実に行なうことができ

10

20

30

40

50

ると共に、大きなパターンが祖に配置される部分では、ステージ 104 の移動速度を速めることにより、転写プロセスを早く完了することが可能となる。さらに、ヘッド 112 がモールド 106 を押し付ける力も、前記モールドの位置に応じて可変自在とするように構成したりすることが好ましい。このように構成することで、細かなパターンが密にある部分で押し付け力を強くすることにより、ステージ 104 の移動速度をあまり低下させずにナノインプリントを継続することができ、スループットの向上に寄与することができる。ヘッド加圧機構の押し付け力調節やステージ移動機構の速度調節は、コンピュータ制御によって行なうことができる。

#### 【0045】

本発明によるナノインプリントシステムに使用するナノインプリントヘッドの実施態様は、様々なものを用いることが可能である。図 4 に本発明によるナノインプリントヘッドの別の実施態様を示す。図 4 (a) は、押し付け面を多数のローラーを一行に並べた構造とすることで、押し付け面 202 を全体として平坦に形成したものである。図 4 (a) のヘッドはヘッド 112 に比して押し付け面の平坦の度合いが減少するものの、押し付け面 202 とモールドとはなお面接触的な状態になるとともに、ローラーのおかげでヘッドとモールドがスライドし易くなるという利点を有する。更に別の実施態様では、図 4 (a) のローラーの周りに帯状の構造を巻きつけ、ローラーと帯構造により無限軌道構造を形成しても良い。この場合、無限軌道帯がヘッドの押し付け面を形成することとなる。図 4 (b) はヘッドを扁平ロール状に形成した実施態様である。この実施態様においても、平坦な押し付け面 204 が実現されている。

#### 【0046】

図 5 は、本発明によるナノインプリントヘッドの別の実施態様を示す。図 5 (a) は、新しい実施例に係るナノインプリントヘッド 300 の側面図である。ナノインプリントヘッド 300 は、ヒータを内蔵した円柱状の金属コア 302 と、ゴム状の物質で形成された表層部 304 とを有する。表層部 304 がゴム状の物質でできていることから、ナノインプリントヘッド 300 をモールドに押し付けると、表層部 304 とモールドとの接触部分が圧力により変形し、結果として平坦な押し付け面を実現することができる。この様子を図 5 (b) に示す。図 5 (b) は、ナノインプリント時におけるナノインプリントヘッド 300 の様子を示す、ナノインプリントヘッド 300 の側面図である。ナノインプリントヘッド 300 は図示しない加圧機構によってモールド 310 を荷重 F で押し付ける。すると表層部 304 とモールド 310 との接触部分が圧力により変形し、平坦な押し付け面 308 が実現されている。モールド 310 が左方向 320 に水平移動すると、ヘッド 300 は 322 の方向に回転するため、ヘッドとモールドとの摺動はスムーズに行なうことができる。

#### 【0047】

図 6 に、本発明によるナノインプリントヘッドのさらに別の実施態様を示す。図 6 (a) は、新しい実施例に係るナノインプリントヘッド 400 の側面図である。ナノインプリントヘッド 400 は、ヒータを内蔵した円柱状の金属コア 402 と、薄い金属箔で形成された表層部 404 とを有し、さらにコア 402 と表層部 404 との間にオイル 406 が封入された構造を有している。ナノインプリントヘッド 400 をモールドに押し付けると、表層部 404 とモールドとの接触部分の圧力によってオイル 406 が移動し、結果として表層部 404 が変形して平坦な押し付け面を実現することができる。この様子を図 6 (b) に示す。図 6 (b) は、ナノインプリント時におけるナノインプリントヘッド 400 の様子を示す、ナノインプリントヘッド 400 の側面図である。ナノインプリントヘッド 400 は図示しない加圧機構によってモールド 410 を荷重 F で押し付ける。すると表層部 404 とモールド 310 との接触部分の圧力により、オイル 406 が移動し、結果として接触面の表層部は符号 408 で示すように平坦になる。モールド 410 が左方向 420 に水平移動すると、ヘッド 400 は 422 の方向に回転するため、ヘッドとモールドとの摺動はスムーズに行なうことができる。

#### 【0048】

図7に、本発明によるナノインプリントヘッドのさらに別の実施態様を示す。図7(a)は、新しい実施例に係るナノインプリントヘッド500の側面図である。ナノインプリントヘッド500は、スライド方向の端部において、押し付け面とモールドとの接触面から離れる方向に押し付け面が湾曲している。この特徴の他は、最初の実施例に用いたナノインプリントヘッド112と同じであり、平坦な押し付け面501を有し、ヒータ502がスライド方向に偏って設置されている。

#### 【0049】

ヘッドによる押し付けが始まった直後の被加工基板の部分は、まだヒータによって十分に熱せられていないため、モールドを押し付けても変形しづらい。このため、このような部分を十分に熱せられた他の部分と同じ圧力で押し付けても、被加工基板を変形させることが難しいばかりか、モールドを痛める可能性がある。そこでナノインプリントヘッド500は、スライド方向の端部の押し付け面を、図5(a)に示すように湾曲させることで、被加工基板に加えられる押し付け力を緩和させる緩和部504を設けた。緩和部の形状は、図5(b)に示すように、湾曲させずに平面状504'に形成してもよい。なお、緩和部504の湾曲の度合いや緩和部504'の角度は、説明のためにかなり強調して描かれており、実際の湾曲の度合いや角度はずっと小さなものでありうることを注意しておく。

#### 【0050】

図8を用いてナノインプリントヘッド500を用いたナノインプリント動作を説明する。図8では、ナノインプリントヘッド500によって、モールド510が被加工基板512に押し付けられている様子が示されている。モールド510と被加工基板512は、図3における実施態様と同じように、図示しない移動機構によって図の左側へゆっくりと移動し、ヘッド500は水平位置が固定された状態で、荷重Fでモールドを押し付ける。

#### 【0051】

図8(a)では、ヘッド500のスライドに伴って、被加工基板512の位置Aの部分が、ヘッド500によって、モールド510に押し付けられはじめた時点を描いている。しかし、緩衝部504が押し付け面とモールドとの接触面から離れるように湾曲しているために、位置Aに伝わるヘッド500の荷重は、押し付けられている他の位置に比べて小さくなっている。しかし位置Aの基板はヒータ502によって熱せられ、徐々に柔軟性を増していく。ヘッド500がさらにスライドし、位置Aが平坦部501によって押し付けられるころには、位置Aの基板は十分に熱せられて、パターン転写のために十分な柔軟性を有している(図8(b)参照)。ヘッド500がさらにスライドすると、位置Aの基板は未だ平坦部501によって強くモールド510に押し付けられているものの、位置Aの上にはもはやヒータ502がないため、徐々に温度が下がっていく(図8(c))。温度が十分に下がれば基板のパターンも固まり、離型が可能となる。なお、図8(a)~(c)において、緩衝部504はモールド510と全く接触していないように描かれているが、これは緩衝部504が湾曲構造を有していることを明確にするためにそのように描いたものであり、実際は緩衝部504もモールド510と接触しているように構成されることができる。

#### 【0052】

図9は、本発明の別の実施例に係るナノインプリント装置600の外観図である。ナノインプリント装置600は、ローラー型のヘッド609により、モールド619を被加工基板660(図11参照)に押し付けることによってパターン転写を行なうナノインプリント装置である。ローラーヘッド609の押圧面は線状又は湾曲した細長の長方形を呈し、一度に押し付けることのできる面積はごく小さい。そこでナノインプリント装置600は、ローラーヘッド609によるプレスを行ないながら、モールド619及び被加工基板660をステージ602を用いてヘッド609に対して移動させることでヘッドにプレスされる部分を徐々に変え、最終的に被加工基板660における被成形領域全ての部分にプレスを行うことで、被成形領域全体へのパターン転写を行なうように構成される。

#### 【0053】

ナノインプリント装置 600 は、ベース板 601 の上に、ステージ 602 とローラーヘッド用支柱 605 とを有する。ステージ 602 の上には、モールド 619 を保持する装置群 621 ~ 633 や、被加工基板 660 を保持する装置群 635 ~ 639 などが設置されている。ステージ 602 は、ベース板 601 の下部に設置されるステッピングモータ 603 により、ベース板 601 上で、水平方向 604 a 及び方向 604 a に対して水平逆方向となる方向 604 b へ移動することができる。

【0054】

ローラーヘッド用支柱 605 はベース板 601 に固定されている。ローラーヘッド 609 は、その中心軸がベアリング 611 に回転自在に支持されており、ベアリング 611 はベアリング取付板 613 に固定され、ベアリング取付板 613 は柱 605 に取り付けられている。ベアリング取付板 613 は支柱 605 に昇降自在に取り付けられており、このため、ローラーヘッド 609 はモールド 619 の上で昇降が可能となっている。そこで、モールド 619 や被加工基板 660 を交換する際は、ローラーヘッド 609 を上げて交換作業を容易にすることが可能である。

【0055】

ベアリング取付板 613 の昇降は電気モータ 614 の駆動力によって行なわれる。電気モータ 614 は、ローラーヘッド 609 がモールド 619 を押し付けるための押し付け力を生成するモータでもある。一般的に、電気モータは細かな加圧制御が可能であるという特長を持つ反面、大きな力を生成することは苦手である。このため少なくとも現時点においては、一括転写方式のナノインプリント装置においては電気モータを用いることは難しく、特に大面積（といっても 10 cm x 10 cm 程度であるが）を一括転写しようとする、電気モータでは大変に困難である。しかしナノインプリント装置 600 においては、ローラーヘッド 609 を用いるため、一度に押し付ける面積が小さくなるなり、小さな駆動力でも大きな圧力を生成することが可能である。このためナノインプリント装置 600 は、小型で細かな加圧制御が可能な電気モータを加圧に用いることを可能としている。

【0056】

ローラーヘッド 609 の中心軸はプーリー 615 に接続されており、プーリー 615 には、ベース板 601 の下部に設置されたモータの動力を伝えるタイミングベルト 617 が掛けられている。このモータの動力をタイミングベルト 617 及びプーリー 615 を介してローラーヘッド 609 に伝えることで、ローラーヘッド 609 をステージ 602 の動きに合わせてモールド 619 上で回転させることができる。このため、モールド 619 及び被加工基板 660 は、ローラーヘッド 609 によって押し付けられている最中においても、ステージ 602 によってスムーズに移動できるようになっている。

【0057】

被加工基板 660（図 11 参照）の保持・固定は、多孔質吸着ホットプレート 637 及び 639 による真空チャックによって行なわれる。また多孔質吸着ホットプレート 637 及び 639 はヒータを内蔵しており、被加工基板 660 をパターン転写に必要な温度まで加熱することができる。多孔質吸着ホットプレート 637 及び 639 は、断熱材 635 を介してステージ 602 に固定される。

【0058】

モールド 619 保持用の装置は、支柱 621 及び 629，ステッピングモータ 623，プーラー 625 及び 627，スプリングフック 628，リニアベアリング 631 及び 633 などから成る。これらのモールド 619 保持装置は図 9 及び 10 に示されるように 2 組用意され、それぞれモールド 619 の端部を固定することにより、モールド 619 を保持する。プーラー 625 及び 627 はステッピングモータ 623 の駆動力によって支柱 621 に昇降可能に取り付けられている。プーラー 627 は、支柱 621 の反対側で支柱 621 に貫通されており、さらに、やはり支柱 621 に貫通されるリニアベアリング 631 及び 633 によって支持されている。これらの構造のため、プーラー 627 はステッピングモータ 623 によって昇降している間も水平を保ち続けることができる。これらモールド昇降用の装置も図 9 に描かれるように 2 組用意されており、これらは独立に制御されるこ

10

20

30

40

50

とができる。すなわち、片側のみ昇降させることが可能であり、実際、後に図 11 を用いて説明するように、ナノインプリント遂行中は、片側のモールド昇降機がステージ 602 の動きに連動して徐々に上昇するように制御される。

#### 【0059】

図 10 は、ナノインプリント装置 600 におけるモールド 619 の固定構造の要部を拡大して描いた図である。図 10 に描かれるように、モールド 619 は、その両端をモールド固定ジグ 651 によって挟み込まれるように固定される。モールド固定ジグ 651 にはそれぞれ 5 つの孔 653 が設けられており、それぞれの孔にスプリング 657 の一方の端が掛けられる。スプリング 657 の他方の端は、プーラー 627 に接合されたスプリングフック 628 が有する孔 655 にそれぞれ掛けられる。このように、モールド 619 はモールド固定ジグ 651 及びスプリング 657 を介してモールド昇降機に連結される。スプリング 657 を設けることにより、離型の際にかかる力の変化をスプリングの弾性力で吸収することが可能となる。図 10 に描かれるように、スプリングは孔 653 と 655 に掛けられているだけであるので簡単に取り外しが可能である。このため、モールドや被成形体、及び転写パターンに応じて、バネ定数の異なるスプリングを交換して用いることが容易にできる。また図 10 に描かれるように、スプリングを掛ける孔を複数個設けることにより、モールドや被成形体及び転写パターンに応じてスプリングの数を変えて弾性力を調節することができる。

#### 【0060】

次に、図 11 を用いてナノインプリント装置 600 の動作を説明する。図 11 (a) は、ナノインプリント動作開始直後の様子を描いたものである。図 11 において、図 9 や図 10 と同じ符号が振られているものは、図 9 や図 10 に描かれた構造物と同じものであるが、図 9 や図 10 におけるものよりも簡略化して描かれていることに注意して欲しい。また、説明の都合上、図の左側に描かれた支柱 621 及びプーラー 627 をそれぞれ 621 a, 627 a、図の右側に描かれた支柱 621 及びプーラー 627 をそれぞれ 621 b, 627 b と、記載したが、これらは図 9 や図 10 に描かれた 2 組の支柱 621 及びプーラー 627 と同じものであり、同じ機能を有する。

#### 【0061】

図 11 (a) において、被加工基板 660 は、多孔質吸着ホットプレート 637 及び 639 に真空吸着によって固定され、モールド 619 はスプリング 657 を介してプーラー 627 に連結される。ステッピングモータ 623 は、モールド 619 と被加工基板 660 とが接触するように、プーラー 627 の位置を下げる。ローラーヘッド 609 もモールド 619 に接するまで電気モータ 614 によってその位置を下げられ、さらに電気モータ 614 によってモールド 619 を被加工基板 660 に加重 F で押し付ける。被加工基板 660 は、ローラーヘッド 609 とプレート 637 及び 639 に組み込まれるヒータによって、パターン転写が可能な温度まで熱せられる。

#### 【0062】

ヘッド 609 による押し付けが始まると、ステージ 602 は図の左方向 671 へゆっくりと移動する。これによって、ヘッド 609 に押し付けられるモールドの部位が徐々に移動する。このとき、ステージ 602 の動きに連動して、ヘッド 609 も、プーラー 615 及びタイミングベルト 617 を介して伝えられる動力により、673 の方向に回転するので、モールド 619 及び被加工基板 660 の移動をスムーズに行なうことができる。ステージ 602 の移動速度は、ヘッド 609 によって押し付けられる部分のパターン転写が十分に行なわれうる速度に制御されねばならない。

#### 【0063】

図 11 (b) は、ナノインプリント進行中の様子を描いた図である。プーラー 627 のうち、ステージ 602 の移動方向の前方となるプーラー 627 a は、ステージ 602 の移動に連動して徐々に上昇するように制御される。このため、ステージ 602 が移動することに伴ってヘッド 609 が離れたモールド 619 の部分は、ヘッド 609 が離れた直後に被加工基板 660 から引き離される。ヘッド 609 が離れた直後の被加工基板 660 はま

だ十分に熱く、熱収縮の影響が大きいいため、離型をスムーズに行なうことができる。もちろん、被加工基板 660 上で、転写されたパターンが固まる程度に冷やされた後に離型が行なわれるよう、プーラー 627a の上昇速度を調節する必要がある。プーラー 627a の上昇に伴いプーラー 627a とヘッド 609 との間でモールド 619 がたわむこととなるが、モールドの材質を選んだりモールドの厚みを薄くすることにより、モールド 619 に十分な柔軟性を持たせることができる。転写されるパターンの構造によって、離型に必要な力は被加工基板 660 の部分部分で若干異なってくる。が、スプリング 657 がこの力の変化を吸収する役目を担う。

#### 【0064】

図 11(c) は、ナノインプリント動作がさらに進行した時点の様子を描いた図である。ステージ 602 の移動に伴ってプーラー 627a が上昇することにより、押し付けが終了したモールド 619 の部分が順次被加工基板 660 から引き離される様子が理解できる。

#### 【0065】

図 11(d) は、ナノインプリント動作の完了時の様子を描いた図である。被加工基板 660 における必要な全ての部分にプレスが行なわれると、電磁モータ 614 がヘッド 609 を引き上げると共に、プーラー 627b も引き上げられ、モールド 619 が被加工基板 660 から完全に引き離される。

#### 【0066】

なお、離型を行なわずにステージ 602 を 671 の方向に動かして、まず一度被加工基板 660 の全面にプレスを行なった後、ステージ 602 を 671 とは逆の方向に動かして、図 11(a) ~ (d) とは逆の方向からプレスを行ないつつモールド 619 の離型を行なうように、ナノインプリント装置 600 を制御してもよい。転写するパターンによっては、このように両側からプレスを行なうことにより、パターンをより鮮明に転写することができる場合がある。この場合にステージ 602 に連動して上昇するプーラー 627 は、プーラー 627b となる。従って、プーラー 627a とプーラー 627b は独立に昇降制御が可能のように構成されることが望ましい。

#### 【0067】

熱式ナノインプリントにおいて、被成形体が冷えてから離型を行なうと、被成形体が熱収縮によってモールドに貼り付いてしまうため、離型に大きな力が必要となり、離型が困難になるという問題があった。また、被成形体とモールドを無理に引き離すことで、折角転写したパターンが、離型の際に壊れてしまうこともあった。これらの問題は、ナノインプリント面積が大きくなればなるほど顕著なものとなる。ところがナノインプリント装置 600 は、被成形体がまだ十分に熱く、熱収縮の影響が少ないうちに離型を行なうことができるため、離型をスムーズに行なうことができるのみならず、離型の際にパターンが壊れるという事態を極力抑えることが可能となる。

#### 【0068】

図 12 に、ナノインプリント装置 600 の制御経路図を示しておく。ナノインプリント装置の動作制御は制御装置 690 によって行われる。制御装置 690 は、ステージ 602 の駆動用ステッピングモータ 603、2 つのモールド昇降機のステッピングモータ 623a 及び 623b、ローラーヘッド 609 昇降・プレス用の電気モータ 614、ローラーヘッド 609 に設けられたヒータ 609a、多孔質吸着ホットプレート 637 及び 639 の真空吸着器 637a やホットプレート内に設けられたヒータ 637b に接続され、これらの制御を行う。制御装置は 690 は、ナノインプリント装置 600 の本体内に設けられても、本体外に設けられてもよく、内蔵される CPU とソフトウェアの働きによって、被制御機器の制御を行う。制御装置は 690 は、被成形材料の樹脂の粘弾性特性や成型形状などを十分に把握して、モールド及び被成形物とヘッドとの相対移動速度や押し付け荷重、ヒータの温度等のパラメータを最適化することが好ましい。これらのパラメータを最適化することで、成型時間を大幅に短縮することができる。

#### 【0069】

10

20

30

40

50

図13に、長尺の被加工基板にナノインプリントを行うためのナノインプリント装置600の変形例である、ナノインプリント装置700を説明する。ナノインプリント装置700は、ナノインプリント装置600のベース板601よりも大きなベース板601'を有し、長尺の被加工基板702を保持するためのガイドローラ710a, 710b, 710c, 710dを、ベース板601'上に設置しているところがナノインプリント装置600と異なる。ガイドローラ710a~dは、被加工基板702を保持すると共に、被加工基板702を挟み込んだまま回転することで、被加工基板702を給送することができる。一度に成形可能な部分のナノインプリントを行ったあと、次に成形されるべき被加工基板702の部分を順次成形領域へ給送することで、被加工基板702がナノインプリント装置700より長い場合であっても、これをナノインプリント成形することができる。

10

#### 【0070】

そのほか、ナノインプリント装置700においてナノインプリント装置600と同様の構成要素は同じ符号を付し、説明を省略する。

#### 【0071】

図13を用いてナノインプリント装置700の動作を説明する。図13(a)は、ナノインプリント動作の準備段階を示す。長尺の被加工基板702がガイドローラ710a~dによって保持されると共に、多孔質吸着ホットプレート637上に真空チャックで吸着される。モールド619もモールド昇降機に固定される。図13(b)では、プーラー627a及び627bを介してモールド619が被加工基板702上に降ろされ、さらにローラーヘッド609が電気モータ614の力によってモールド619上にセットされる。図13(c)~(f)は、ナノインプリント実行時の様子を示したものであり、ナノインプリント装置600と同じように、電気モータ614の力によってローラーヘッド609がモールド619を被加工基板702へ押し付けると共に、ステージ602がモールド及び被加工基板702を図左方向へと移動させ、さらにステージ602の移動に合わせてプーラー627aが上昇し、ローラーヘッド609による押し付けが終了したモールド619の部分を直ちに被加工基板702から引き離す。ナノインプリント装置700がナノインプリント装置600と異なるところは、図13(c)~(f)に示す段階において、ガイドローラ710a~dもステージ602の移動に合わせて回転することで、これによって被加工基板702とモールドとの位置がずれないように保たれる。ステージが始点から終点まで動くことにより、一度に成形可能な範囲のナノインプリントが終了したら、図13(f)に示されるように、ローラーヘッド609及びプーラー627bが上昇して、モールド619が被加工基板702から完全に分離させられる。

20

30

#### 【0072】

続いて図13(g)では、ステージ602が図右方向へ移動することにより、モールド及び被加工基板702を、図13(a)の位置まで戻す。また、必要であれば、多孔質吸着ホットプレート637の真空チャックを止め、被加工基板702の固定を解除すると共に、ガイドローラ710a~dを回転させて被加工基板702を図左方向へと送り、次に成形されるべき被加工基板702上の部分を多孔質吸着ホットプレート637上へと移送する。図13(h)では、次の被成形部分が多孔質吸着ホットプレート637上にセットされ、図13(a)の状態へと戻る。図13(a)~(h)を繰り返すことにより、長尺の被加工基板であってもナノインプリントによって成形を行うことが可能となる。

40

#### 【0073】

以上、本発明の好適な実施形態を例を挙げて説明してきたが、本発明の実施形態は上記の例に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱することなく様々な実施形態が可能であることは理解されねばならない。例えば上記の実施例では、モールドや被加工基板をヘッドに対して移動していたが、ヘッドをモールドや被加工基板に対して摺動させるような実施態様も可能である。また実施例のナノインプリント装置は、モールドを被成形物の上面に乗せてパターン転写を行ったが、そのほかにも、モールドを被成形物の下面にセットしてパターン転写を行ったり、被成形物の上面と下面の両方にモールドをセットし、両面同時にパターン転写を行ったりする実施態様も考えられる。なお、実施例で用いられた

50



各種の数値は単なる例示であって、本発明を限定するものではないことはもちろんである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 4 】

【図 1】熱式ナノインプリントプロセスの工程を説明するための概念図である。

【図 2】本発明によるナノインプリント装置 1 0 0 の概念図である。

【図 3】ナノインプリント装置 1 0 0 の動作を説明するための図である。

【図 4】本発明によるナノインプリントヘッドの別の実施態様を示す概念図である。

【図 5】本発明によるナノインプリントヘッドのさらに別の実施態様を示す概念図である

10

【図 6】本発明によるナノインプリントヘッドのさらに別の実施態様を示す概念図である

【図 7】本発明によるナノインプリントヘッドのさらに別の実施態様を示す概念図である

【図 8】図 7 に係るナノインプリントヘッドを用いたナノインプリントシステムの動作を説明するための図である。

【図 9】本発明の別の実施例に係るナノインプリント装置 6 0 0 の外観図である。

【図 1 0】ナノインプリント装置 6 0 0 におけるモールド固定構造の拡大図である。

【図 1 1】ナノインプリント装置 6 0 0 の動作を説明するための図である。

【図 1 2】ナノインプリント装置 6 0 0 の制御系統図である。

20

【図 1 3】本発明の別の実施例に係るナノインプリント装置 7 0 0 を説明するための図である。

【符号の説明】

【 0 0 7 5 】

1 0 0            ナノインプリント装置  
 1 0 2            被加工基板  
 1 0 4            ステージ  
 1 0 6            モールド  
 1 0 8 a , 1 0 8 b    モールド保持部  
 1 1 0            モールド昇降機構  
 1 1 2            ヘッド  
 1 1 4            ヒータ  
 1 1 6            ヒータ  
 6 0 0            ナノインプリント装置  
 6 0 1            ベース板  
 6 0 3            ステッピングモータ  
 6 0 5            ロールーヘッド用支柱  
 6 0 9            ロールーヘッド  
 6 1 3            ベアリング取付板  
 6 1 4            電気モータ  
 6 1 5            プーリー  
 6 1 7            タイミングベルト  
 6 1 9            モールド  
 6 2 1            支柱  
 6 2 3            ステッピングモータ  
 6 2 7            プーラー  
 6 2 9            支柱  
 6 5 1            モールド固定ジグ  
 6 5 5            孔  
 6 5 7            スプリング

30

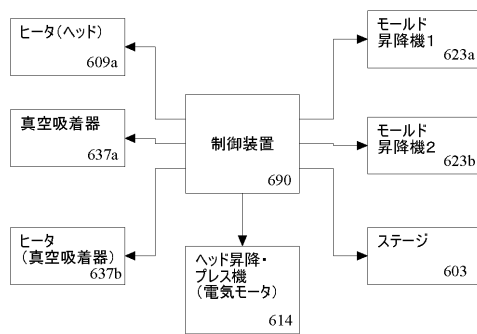
40

50

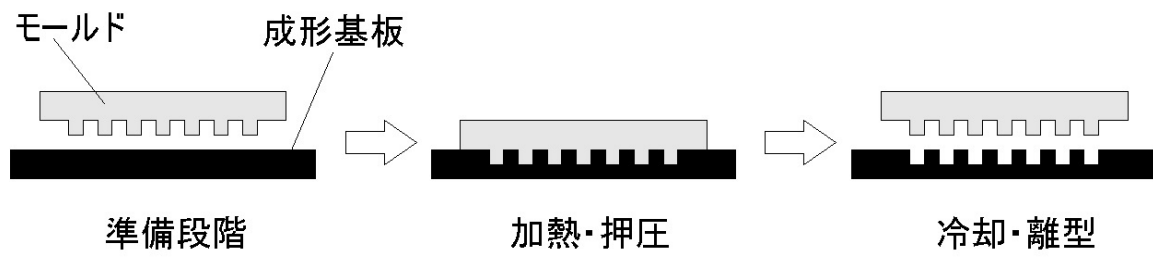
6 6 0

被成形体

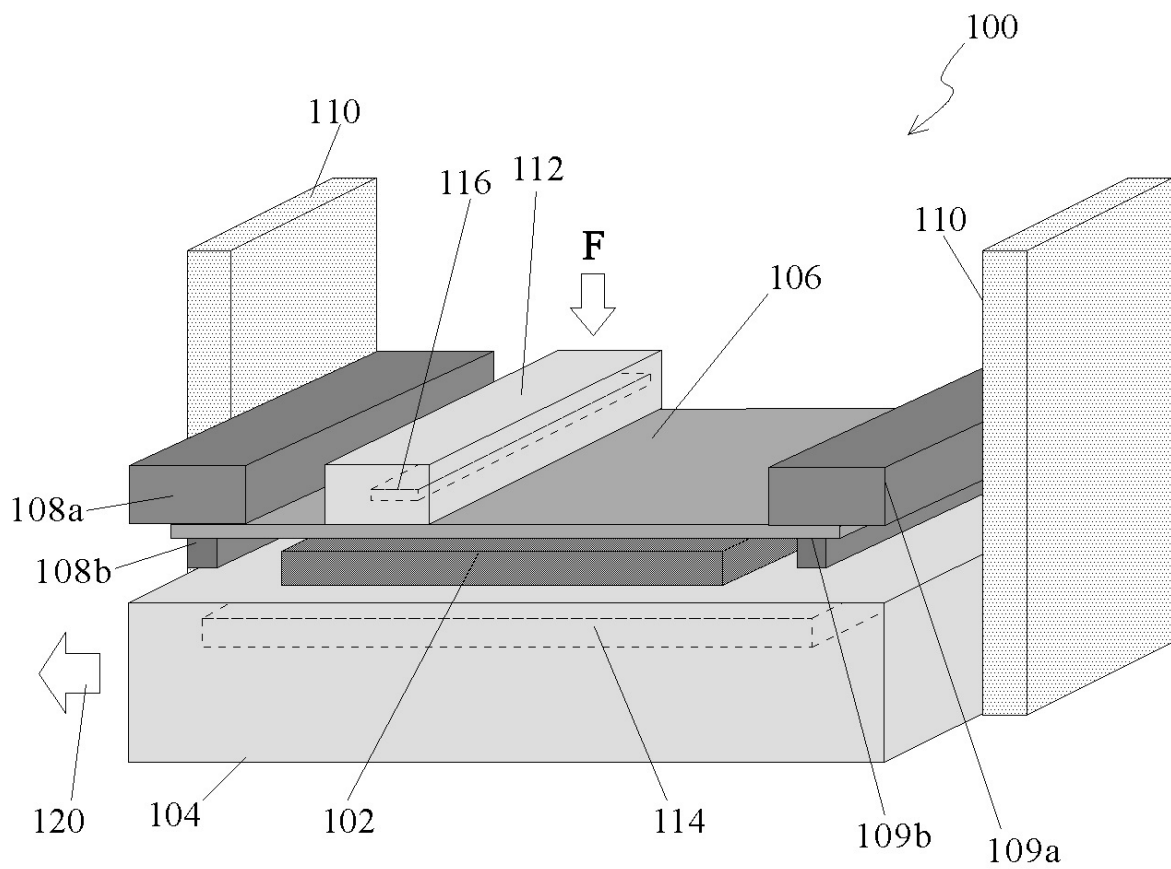
【図 1 2】



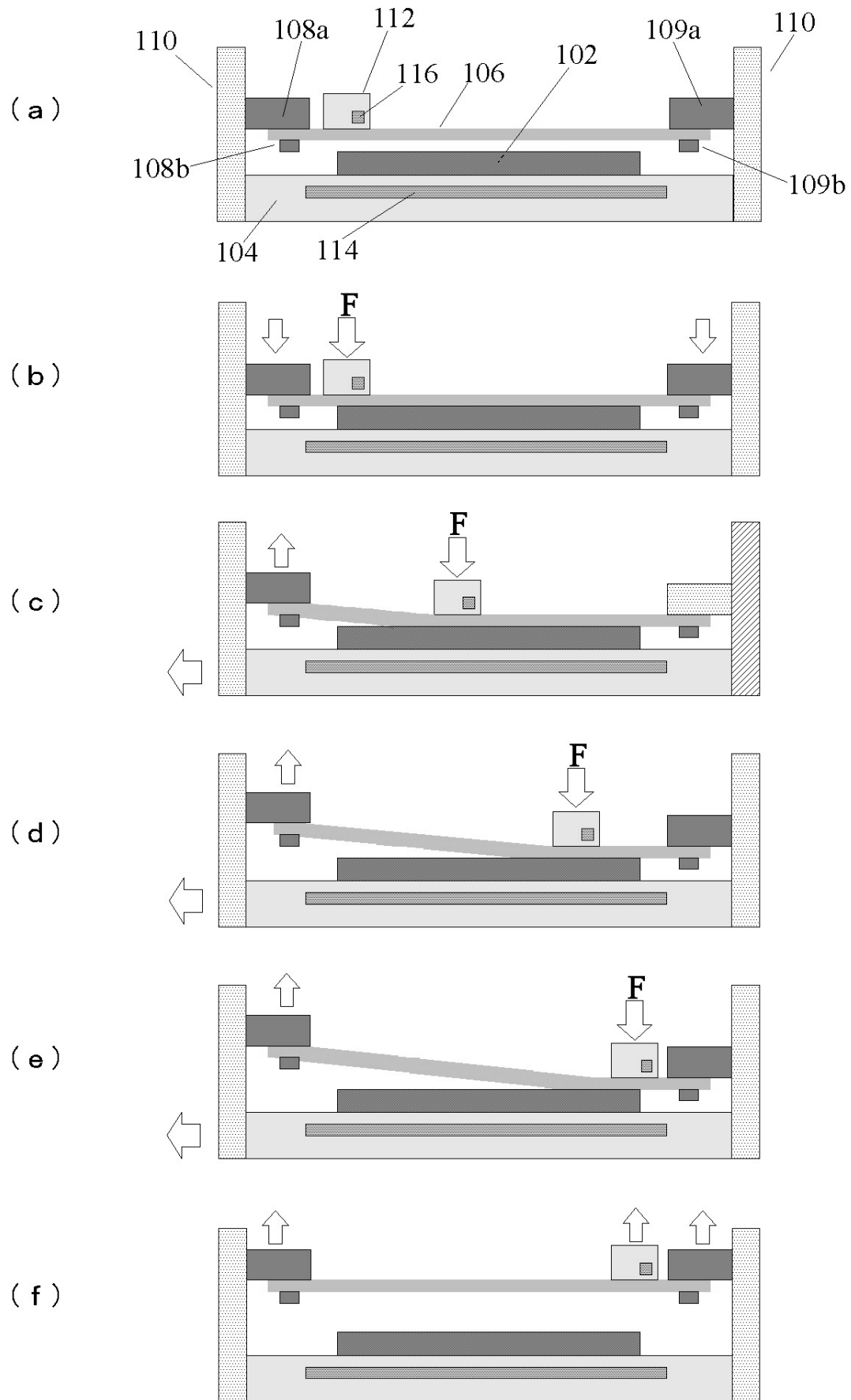
【図 1】



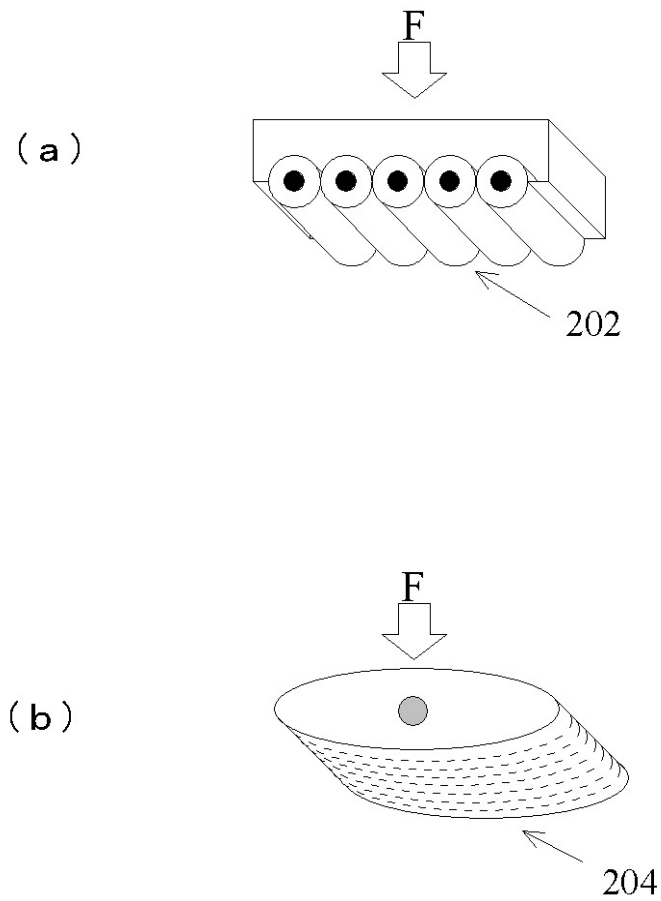
【図 2】



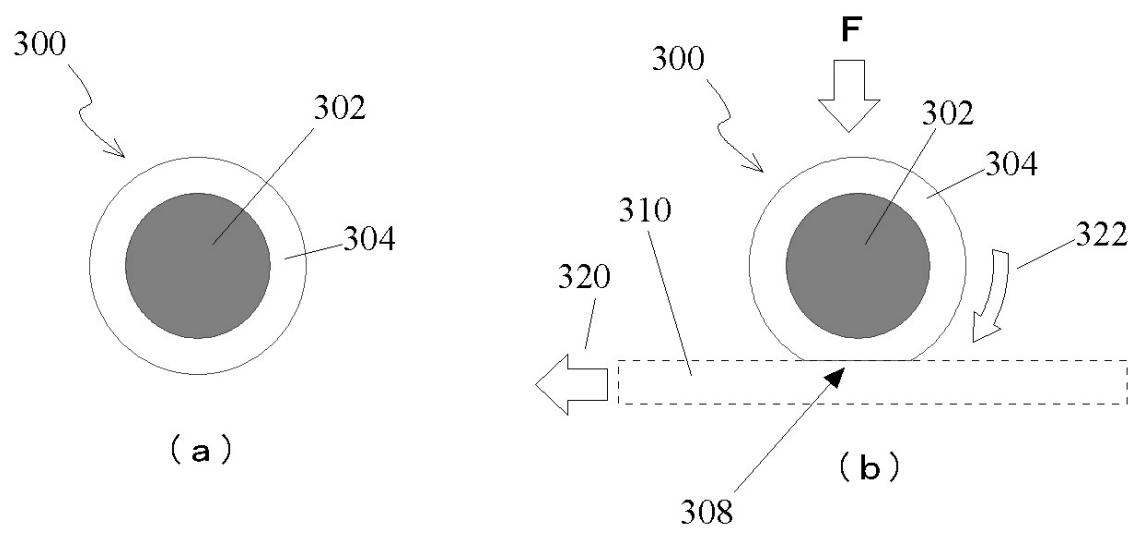
【図 3】



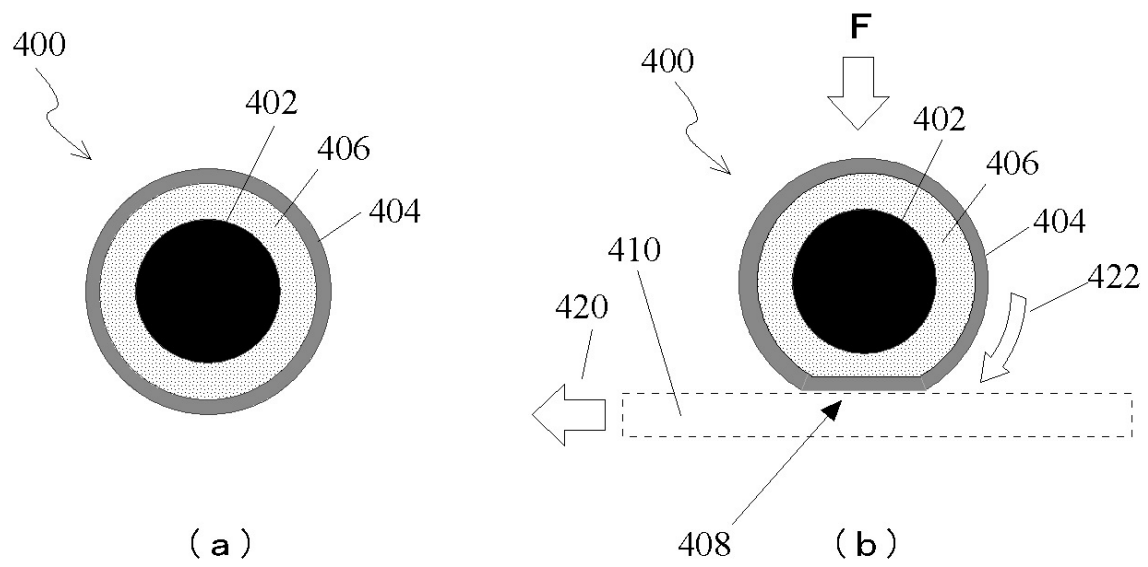
【図 4】



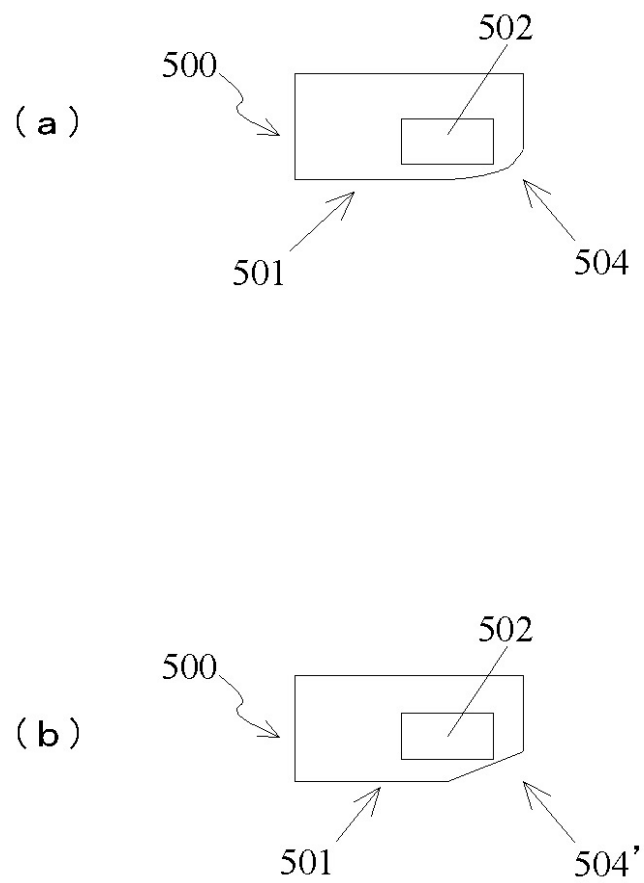
【図 5】



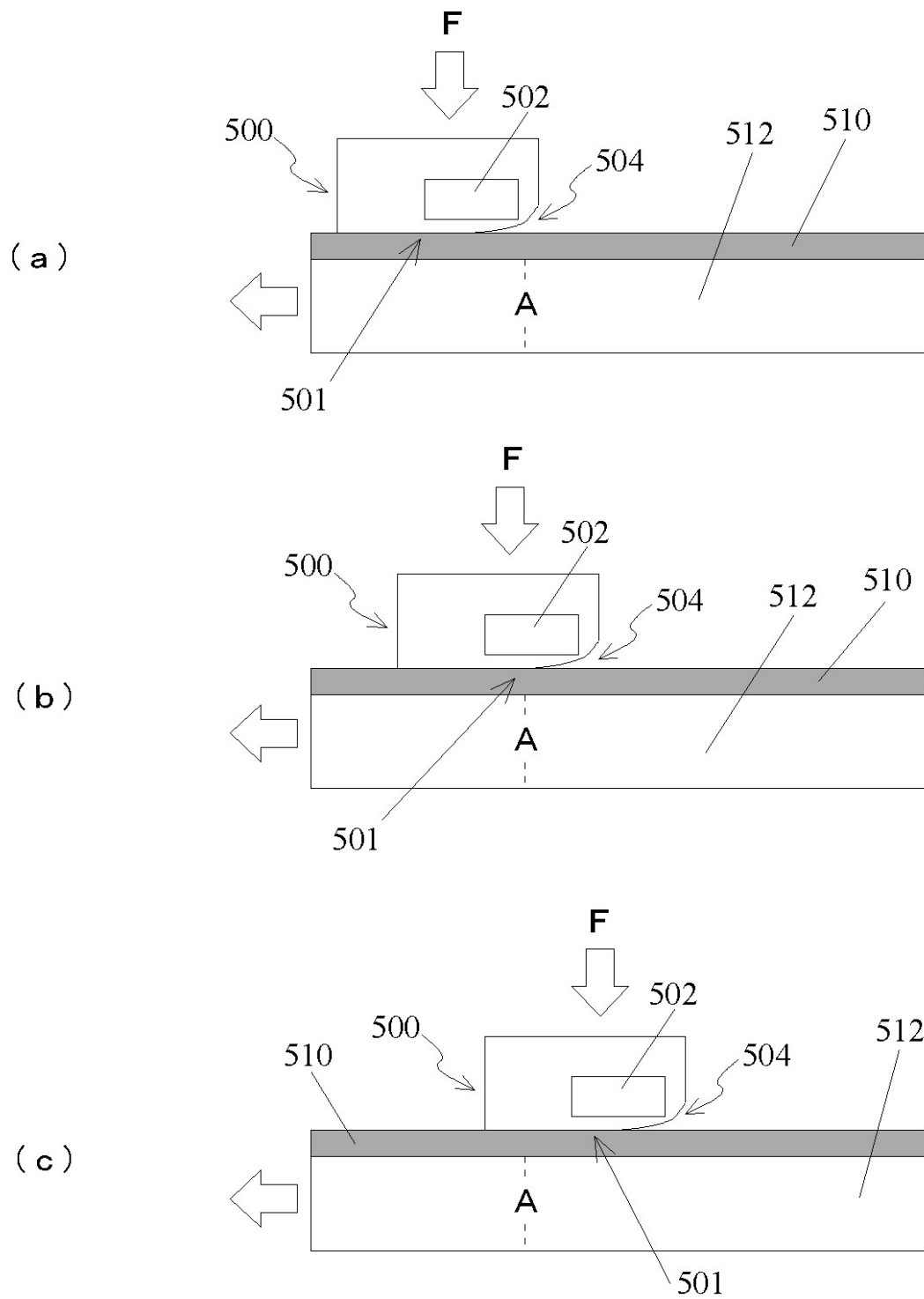
【図 6】



【図 7】



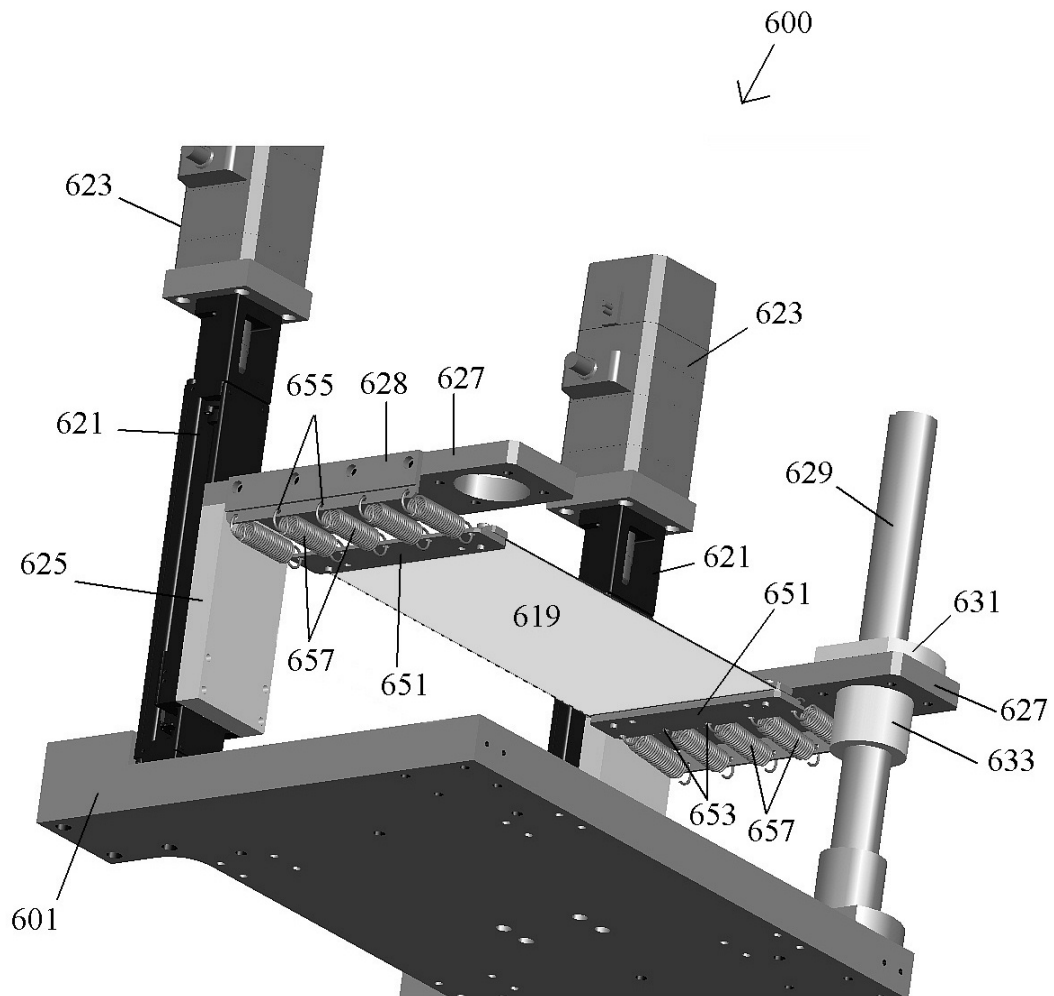
【図 8】



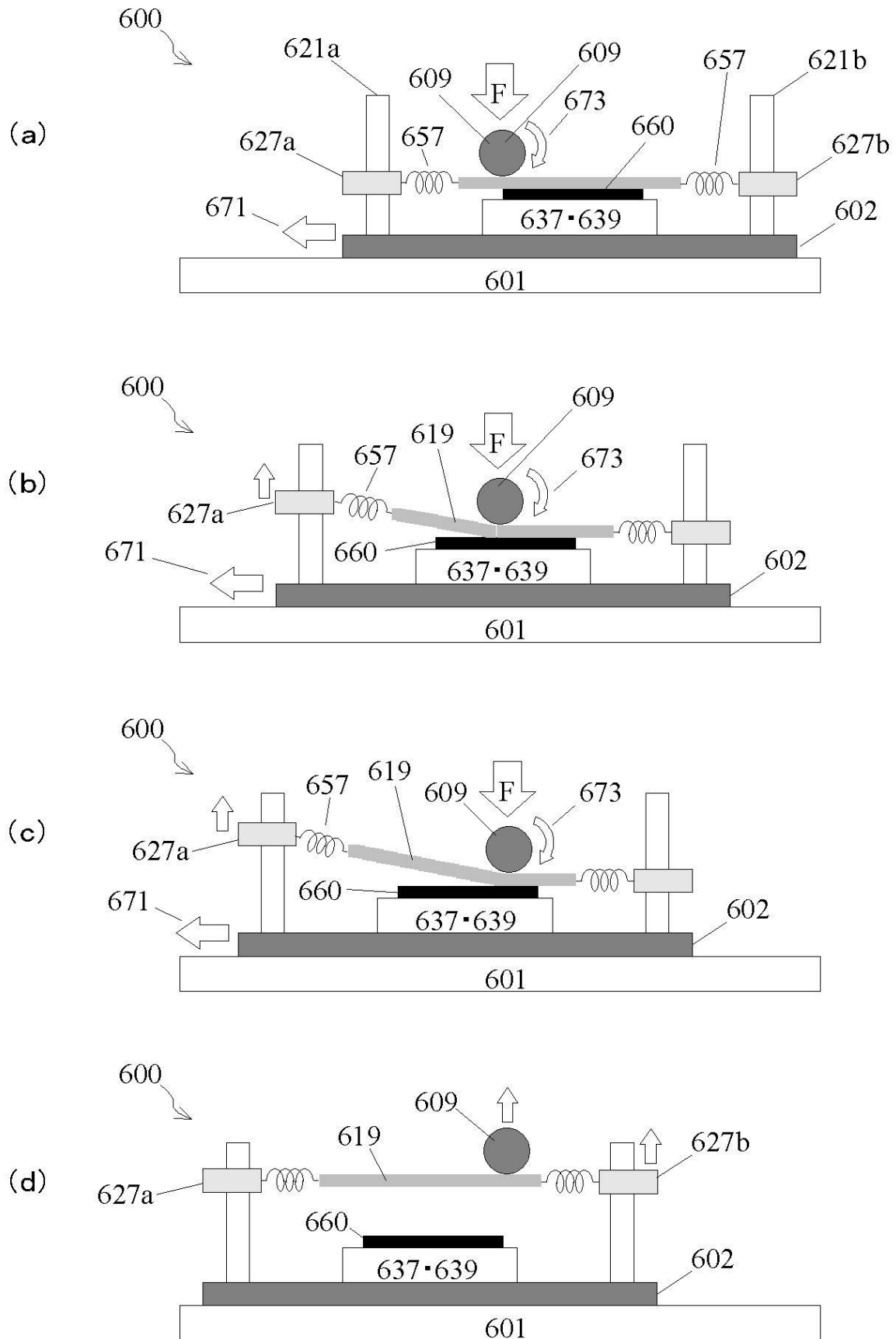




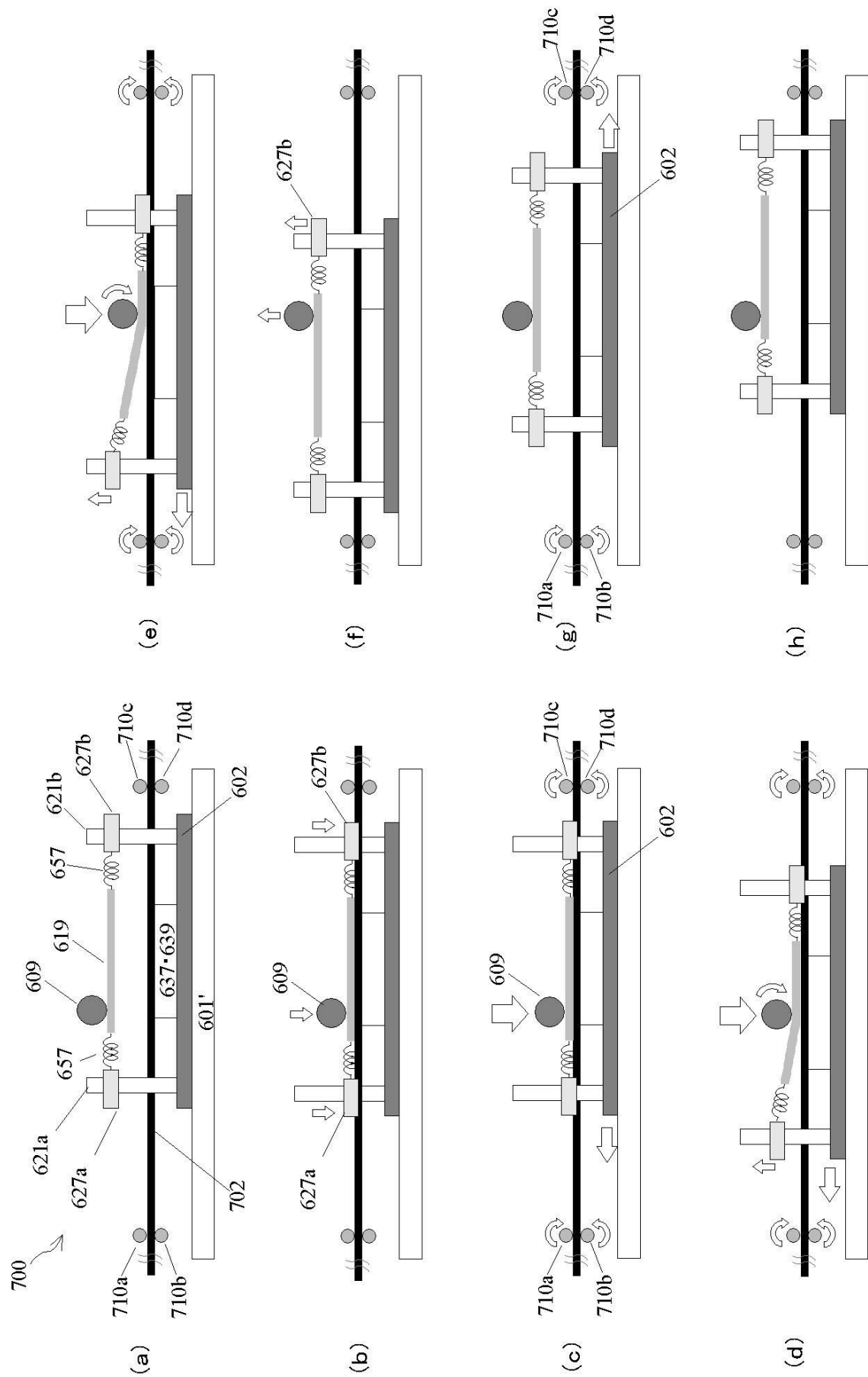
【図 10】



【図 11】



【図 13】



---

フロントページの続き

審査官 大村 博一

- (56)参考文献 特開2004-130557(JP,A)  
特開昭62-117154(JP,A)  
特開2001-058352(JP,A)  
特開2006-326948(JP,A)  
特開2004-288783(JP,A)  
特開平03-230334(JP,A)  
特開平09-106585(JP,A)  
特開2002-234070(JP,A)  
特開2004-004212(JP,A)  
特開2005-246810(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C	59/00 - 59/18
B29C	39/00 - 39/44
B29C	43/00 - 43/58
H01L	21/027
G11B	5/84 - 5/858
G11B	7/26
B81C	1/00
B82B	3/00