

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6380506号
(P6380506)

(45) 発行日 平成30年8月29日(2018.8.29)

(24) 登録日 平成30年8月10日(2018.8.10)

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)
H01L 21/683 (2006.01)

F 1

G03F 7/20
H01L 21/68521
N

請求項の数 21 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-213437 (P2016-213437)
 (22) 出願日 平成28年10月31日 (2016.10.31)
 (62) 分割の表示 特願2013-4300 (P2013-4300)
 の分割
 原出願日 平成25年1月15日 (2013.1.15)
 (65) 公開番号 特開2017-33021 (P2017-33021A)
 (43) 公開日 平成29年2月9日 (2017.2.9)
 審査請求日 平成28年11月30日 (2016.11.30)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都港区港南二丁目15番3号
 (74) 代理人 100102901
 弁理士 立石 篤司
 (72) 発明者 神山 隆英
 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会
 社ニコン内
 審査官 新井 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】保持装置及び保持方法、露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体を保持する保持装置であつて、
 前記物体を載置し吸着して保持可能な保持部材と、
 前記保持部材に載置された前記物体に音圧を放射する音圧源と、
 前記保持部材と前記音圧源とを制御する制御装置と、
 を備え、
 前記制御装置は、前記保持部材に載置された前記物体への前記音圧の放射が終了してから、前記吸着の動作を開始する保持装置。

【請求項 2】

物体を保持する保持装置であつて、
 前記物体を載置して保持可能な保持部材と、
 前記保持部材に載置された前記物体に斜め上方から音圧を放射する音圧源と、
 を備える保持装置。

【請求項 3】

前記音圧源は、斜め上方の位置から前記物体に前記音圧を放射する請求項 1 又は 2 に記載の保持装置。

【請求項 4】

前記音圧源は、斜め上方の位置から前記物体の中央に前記音圧を放射する請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の保持装置。

【請求項 5】

前記音圧源は、斜め上方の位置から前記物体の端部に前記音圧を放射する請求項 1 ~ 4のいずれか一項に記載の保持装置。

【請求項 6】

前記物体は、少なくとも一部が前記保持部材と接する第一の面と、前記第一の面とは反対側にある第二の面とを有する板状の部材であって、前記音圧は、前記第二の面に向けて放射される請求項 1 ~ 5のいずれか一項に記載の保持装置。

【請求項 7】

前記音圧源は、超音波スピーカである請求項 1 ~ 6のいずれか一項に記載の保持装置。

【請求項 8】

前記音圧は、指向性を有する請求項 1 ~ 7のいずれか一項に記載の保持装置。

10

【請求項 9】

エネルギーームを照射して物体上にパターンを形成する露光装置であって、

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の保持装置を備え、

前記保持部材で保持されている物体に対して前記エネルギーームを照射する露光装置。

【請求項 10】

前記エネルギーームを照射する光学系と、前記光学系を支持するフレームとを更に備え

前記音圧源は前記フレームに設けられる請求項 9 に記載の露光装置。

【請求項 11】

物体を保持する保持方法であって、

前記物体を吸着して保持可能な保持部材に前記物体を載置することと、

前記保持部材に載置された前記物体に音圧源の発生した音圧を放射することと、を含み

前記保持部材に載置された前記物体への前記音圧の放射が終了してから、前記吸着の動作を開始する保持方法。

【請求項 12】

物体を保持する保持方法であって、

前記物体を保持可能な保持部材に前記物体を載置することと、

前記保持部材に載置された前記物体に斜め上方から音圧源の発生する音圧を放射することと、

30

前記物体に前記音圧を放射している状態で、前記保持部材で前記物体に対する前記吸着の動作を行なうことと、

を含む保持方法。

【請求項 13】

前記音圧源は、斜め上方の位置から前記物体に前記音圧を放射する請求項 11 又は 12 に記載の保持方法。

【請求項 14】

前記音圧源は、斜め上方の位置から前記物体の中央に前記音圧を放射する請求項 11 ~ 13 のいずれか一項に記載の保持方法。

40

【請求項 15】

前記音圧源は、斜め上方の位置から前記物体の端部に前記音圧を放射する請求項 11 ~ 14 のいずれか一項に記載の保持方法。

【請求項 16】

前記物体は、少なくとも一部が前記保持部材と接する第一の面と、前記第一の面とは反対側にある第二の面とを有する板状の部材であって、前記音圧は、前記第二の面に向けて放射される請求項 11 ~ 15のいずれか一項に記載の保持方法。

【請求項 17】

前記保持部材は、前記物体を吸着して保持可能であって、

前記保持部材に載置された前記物体への前記音圧の放射が終了してから、前記吸着の動

50

作を開始する請求項 11～16 のいずれか一項に記載の保持方法。

【請求項 18】

前記音圧源は、超音波スピーカである請求項 11～17のいずれか一項に記載の保持方法。

【請求項 19】

前記音圧は、指向性を有する請求項 11～18 のいずれか一項に記載の保持方法。

【請求項 20】

エネルギーームを照射して物体上にパターンを形成する露光方法であって、
請求項 11～19 のいずれか一項に記載の保持方法を利用して前記保持部材に保持された前記物体に対して前記エネルギーームを照射する露光方法。

10

【請求項 21】

請求項 20 に記載の露光方法を用いて、物体上にパターンを形成することと、
前記パターンが形成された前記物体を現像することと、
を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、保持装置及び保持方法、露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、物体を保持する保持装置及び方法、前記保持装置を備える露光装置及び前記保持方法を利用する露光方法、並びに該露光方法を用いるデバイス製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、半導体素子（集積回路等）、液晶表示素子等の電子デバイス（マイクロデバイス）を製造するリソグラフィ工程では、主として、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（いわゆるステッパ）、あるいはステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ（スキャナとも呼ばれる））などが用いられている。

30

【0003】

これらの露光装置により露光されるウエハは、年々、大型化している。現在、直径 300 mm のウエハ（300 mm ウエハ）から直径 450 mm のウエハ（450 mm ウエハ）が主流となりつつある。450 mm ウエハの場合、1 枚のウエハから採れるダイ（チップ）の数は現行の 300 mm ウエハの場合の数の 2 倍以上である。従って、1 チップ当たりに費やす製造コストを大幅に削減することができる。

【0004】

ウエハが大型化するのに対してその厚みは一定であるため、450 mm ウエハの搬送等において、300 mm ウエハと比較してより慎重な取扱が要求されていた。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2010 / 0297562 号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

第 1 の態様によれば、物体を保持する保持装置であって、前記物体を載置し吸着して保持可能な保持部材と、前記保持部材に載置された前記物体に音圧を放射する音圧源と、前記保持部材と前記音圧源とを制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記保持部材に載置された前記物体への前記音圧の放射が終了してから、前記吸着の動作を開始する

50

保持装置が、提供される。

第2の態様によれば、物体を保持する保持装置であって、前記物体を載置して保持可能な保持部材と、前記保持部材に載置された前記物体に斜め上方から音圧を放射する音圧源と、を備える保持装置が、提供される。

【0008】

第3の態様によれば、エネルギーームを照射して物体上にパターンを形成する露光装置であって、第1及び第2の態様のいずれかに係る保持装置を備え、前記保持部材で保持されている物体に対して前記エネルギーームを照射する露光装置が、提供される。

【0010】

第4の態様によれば、物体を保持する保持方法であって、前記物体を吸着して保持可能な保持部材に前記物体を載置することと、前記保持部材に載置された前記物体に音圧源の発生した音圧を放射することと、を含み、前記保持部材に載置された前記物体への前記音圧の放射が終了してから、前記吸着の動作を開始する保持方法が、提供される。

第5の態様によれば、物体を保持する保持方法であって、前記物体を保持可能な保持部材に前記物体を載置することと、前記保持部材に載置された前記物体に斜め上方から音圧源の発生する音圧を放射することと、前記物体に前記音圧を放射している状態で、前記保持部材で前記物体に対する前記吸着の動作を行なうことと、を含む保持方法が、提供される。

【0012】

第6の態様によれば、エネルギーームを照射して物体上にパターンを形成する露光方法であって、第4及び第5の態様のいずれかに係る保持方法を利用して前記保持部材に保持された前記物体に対して前記エネルギーームを照射する露光方法が、提供される。

【0014】

第7の態様によれば、第6の態様に係る露光方法を用いて、物体上にパターンを形成することと、前記パターンが形成された前記物体を現像することと、を含むデバイス製造方法が、提供される。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】一実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図2(A)及び図2(B)は、それぞれ、ローディングユニット及びローディングディスクの構成を概略的に示す断面図及び底面図である。

【図3】図1の露光装置の制御系の主要な構成を示すブロック図である。

【図4】図4(A)及び図4(B)は音圧加振によるウエハの歪みの解消を実証する実験結果を示す図、図4(C)はウエハ上の歪の測定位置及び測定方向を示す図である。

【図5】図5(A)～図5(C)は、ローディングユニットを用いてウエハステージ上にウエハをロードする手順(特に、ローディングディスクを用いてウエハを保持する手順)を説明するための図(その1～3)である。

【図6】図6(A)～図6(C)は、ローディングユニットを用いてウエハステージ上にウエハをロードする手順を説明するための図(その4～6)である。

【図7】図7(A)～図7(C)は、ローディングユニットを用いてウエハステージ上にウエハをロードする手順を説明するための図(その7～9)である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の一実施形態を、図1～図7(C)を用いて説明する。

【0017】

図1には、一実施形態に係る露光装置100の概略的な構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置、いわゆるスキャナである。後述するように、本実施形態では投影光学系PLが設けられており、以下においては、投影光学系PLの光軸AXと平行な方向をZ軸方向、これに直交する面内でレチクルとウエハとが相対走査される走査方向をY軸方向、Z軸及びY軸に直交する方向をX軸方向

10

20

30

40

50

とし、X軸、Y軸、及びZ軸回りの回転（傾斜）方向をそれぞれ x、y、及び z 方向として説明を行う。

【0018】

露光装置100は、照明系IOP、レチクルRを保持するレチクルステージRST、レチクルRに形成されたパターンの像を感応剤（レジスト）が塗布されたウエハW上に投影する投影ユニットPU、ウエハWを保持してXY平面内を移動するウエハステージWST、ウエハWをウエハステージWST上にロード及びアンロードするローディングユニット120、及びこれらの制御系等を備えている。

【0019】

照明系IOPは、光源、及び光源に送光光学系を介して接続された照明光学系を含み、レチクルブラインド（マスキングシステム）で規定されたレチクルR上でX軸方向に細長く伸びるスリット状の照明領域IARを、照明光（露光光）ILによりほぼ均一な照度で照明する。照明系IOPの構成は、例えば米国特許出願公開第2003/0025890号明細書などに開示されている。ここで、照明光ILとして、一例として、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）が用いられる。

【0020】

レチクルステージRSTは、照明系IOPの下方に配置されている。レチクルステージRST上には、そのパターン面に回路パターンなどが形成されたレチクルRが載置されている。レチクルRは、例えば真空吸着によりレチクルステージRST上に固定されている。

【0021】

レチクルステージRSTは、例えばリニアモータ等を含むレチクルステージ駆動系11（図1では不図示、図3参照）によって、水平面（XY平面）内で微小駆動可能であるとともに、走査方向（Y軸方向）に所定ストローク範囲で駆動可能となっている。レチクルステージRSTのXY平面内の位置情報（z方向の回転情報を含む）は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）14によって、移動鏡12（又はレチクルステージRSTの端面に形成された反射面）を介して、例えば0.25nm程度の分解能で常時計測される。レチクル干渉計14の計測結果は、主制御装置20（図1では不図示、図3参照）に供給される。なお、干渉計に代えて、エンコーダによってレチクルステージRSTのXY平面内の位置情報を求めるようにしてもよい。

【0022】

投影ユニットPUは、レチクルステージRSTの下方に配置されている。投影ユニットPUは、鏡筒40と、鏡筒40内に保持された投影光学系PLとを含む。投影光学系PLとしては、例えば、Z軸方向と平行な光軸AXpに沿って配列される複数の光学素子（レンズエレメント）から成る屈折光学系が用いられている。投影光学系PLは、例えば両側テレセントリックで、所定の投影倍率（例えば1/4倍、1/5倍又は1/8倍など）を有する。このため、照明系IOPからの照明光ILによってレチクルR上の照明領域IARが照明されると、投影光学系PLの第1面（物体面）とパターン面がほぼ一致して配置されるレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PL（投影ユニットPU）を介してその照明領域IAR内のレチクルRの回路パターンの縮小像（回路パターンの一部の縮小像）が、投影光学系PLの第2面（像面）側に配置される、表面にレジスト（感応剤）が塗布されたウエハW上の前記照明領域IARに共役な領域（以下、露光領域とも呼ぶ）IAに形成される。そして、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとの同期駆動によって、照明領域IAR（照明光IL）に対してレチクルRを走査方向（Y軸方向）に相対移動させるとともに、露光領域IA（照明光IL）に対してウエハWを走査方向（Y軸方向）に相対移動させることで、ウエハW上の1つのショット領域（区画領域）の走査露光が行われ、そのショット領域にレチクルのパターンが転写される。

【0023】

ウエハステージWSTは、リニアモータ等を含むステージ駆動系24によって、ステージベース22上をX軸方向、Y軸方向に所定ストロークで駆動されるとともに、Z軸方向

10

20

30

40

50

、 x 方向、 y 方向、及び z 方向に微小駆動される。なお、ウエハステージ WST に代えて、 X 軸方向、 Y 軸方向及び z 方向に移動する第 1 ステージと、該第 1 ステージ上で Z 軸方向、 x 方向及び y 方向に微動する第 2 ステージと、を備えるステージ装置を用いることもできる。

【0024】

ウエハステージ WST 上には、図 2 (A) に示されるように、ウエハホルダ WH が設けられている。ウエハホルダ WH により、ウエハ W が、真空吸着等により保持される。また、ウエハ W の裏面を支持する CT ピン 140 (図 2 (A) 参照) が、ウエハホルダ WH から出し入れ可能にウエハステージ WST 内に設けられている。

【0025】

また、ウエハステージ WST 上には、その表面がウエハ W の表面と同じ高さである基準板 FP が固定されている。この基準板 FP の表面には、アライメント検出系 AS のベースライン計測等に用いられる基準マーク、及び後述するレチクルアライメント検出系で検出される一対の基準マークなどが形成されている。

【0026】

ウエハステージ WST の XY 平面内の位置情報 (回転情報 (ヨーイング量 (z 方向の回転量 z)、ピッキング量 (x 方向の回転量 x)、ローリング量 (y 方向の回転量 y)) を含む) は、レーザ干渉計システム (以下、「干渉計システム」と呼ぶ) 18 によって、移動鏡 16 (ウエハステージ WST の端面に形成された反射面) を介して、例えば 0.25 nm 程度の分解能で常時計測される。その計測結果は、主制御装置 20 に供給される (図 3 参照)。主制御装置 20 は、干渉計システム 18 の計測結果に従って、ステージ駆動系 24 を介してウエハステージ WST の XY 平面内の位置 (z 方向の回転を含む) を制御する。

【0027】

また、図 1 では図示が省略されているが、ウエハ W の表面の Z 軸方向の位置及び傾斜量は、例えば米国特許第 5,448,332 号明細書等に開示される斜入射方式の多点焦点位置検出系から成るフォーカスセンサ AF (図 3 参照) によって計測される。このフォーカスセンサ AF の計測結果も主制御装置 20 に供給される (図 3 参照)。

【0028】

投影ユニット PU の鏡筒 40 の側面には、ウエハ W に形成されたアライメントマーク及び基準マークを検出するアライメント検出系 AS が設けられている。アライメント検出系 AS として、一例としてハロゲンランプ等のプロードバンド (広帯域) 光でマークを照明し、このマーク画像を画像処理することによってマーク位置を計測する画像処理方式の結像式アライメントセンサの一種である FIA (Field Image Alignment) 系が用いられている。

【0029】

露光装置 100 では、さらに、レチクルステージ RST の上方に、例えば米国特許第 5,646,413 号明細書等に開示される、露光波長の光を用いた TTR (Through The Reticle) アライメント系から成る一対のレチクルアライメント検出系 13 (図 1 では不図示、図 3 参照) が設けられている。レチクルアライメント検出系 13 の検出信号は、主制御装置 20 に供給される (図 3 参照)。

【0030】

ローディングユニット 120 は、アライメント検出系 AS の近傍に配置されている。ローディングユニット 120 が配置された場所を、ローディングポジションと呼ぶ。

【0031】

図 2 (A) 及び図 2 (B) には、それぞれ、ローディングユニット 120 の断面図及び底面図が示されている。ローディングユニット 120 は、駆動部 122、ローディングディスク 121、エア供給部 (不図示) 等から構成される。

【0032】

駆動部 122 は、投影光学系 PL (投影ユニット PU) を支持するフレーム (不図示)

10

20

30

40

50

に防振部材（不図示）を介して固定された駆動装置 122₀ と、一端が駆動装置 122₀ に他端がローディングディスク 121 の上部に固定された可動軸 122₁ と、を備える。駆動装置 122₀ は、例えばボイスコイルモータ等を含む。駆動部 122 は、駆動装置 122₀ を用いて、可動軸 122₁ を白抜き矢印の方向（Z 軸方向）に駆動することで、ローディングディスク 121 を上下動する。

【0033】

ローディングディスク 121 は、円盤状のディスク本体 123、複数のベルヌーイカップ 124、ギャップセンサ（不図示）、温度センサ 128、3 つの撮像素子 129、超音波スピーカ 150 等から構成される。

【0034】

複数（本実施形態では 8）のベルヌーイカップ 124 は、ディスク本体 123 の底面の周囲に配置されている（図 2（B）参照）。複数のベルヌーイカップ 124 には、エアを供給するための配管 125 が接続され、1 つのエア供給系が構成されている。なお、ベルヌーイカップ 124 のそれぞれから噴出されるエアが受けるコンダクタンスが互いに等しくなるように、ベルヌーイカップ 124 及び配管 125 が構成されている。

【0035】

複数のベルヌーイカップ 124 は、ベルヌーイ効果（流速が大きくなるにつれて流体の圧力が減少する効果）を利用して、エアを噴出することで、ディスク本体 123 と対向するウエハ W との間に負圧を発生させてウエハ W を吸引する。ローディングディスク 121 は、この負圧を利用して、ウエハ W をその上方から吸引し非接触で保持する。なお、複数のベルヌーイカップ 124 のそれぞれから噴出されるエアの流速（及びウエハ W の重さ）により、ディスク本体 123 とこれが保持するウエハ W との離間距離が定まる。

【0036】

ウエハ W は、後述するように、ローディングディスク 121 に保持されることにより Z 軸方向、X 方向、及び Y 方向への動きが制限され、ウエハステージ WST から出し入れされる CT ピン 140 により裏面が支持されることにより X 軸方向、Y 軸方向、及び z 方向への動きが制限されることとなる。

【0037】

複数のギャップセンサ（不図示）は、ディスク本体 123 の底面に、複数のベルヌーイカップ 124 を避けて配置されている。ギャップセンサ（不図示）は、例えば静電容量センサを含み、ローディングディスク 121（ディスク本体 123）とこれが保持するウエハ W との離間距離を測定する。その結果は、主制御装置 20 に供給される。主制御装置 20 は、複数のギャップセンサからの測定結果とギャップセンサの配置とから、ウエハ W の形状を求める。

【0038】

温度センサ 128 は、例えば白金抵抗、サーミスタ等を含む。温度センサ 128 は、ディスク本体 123 の底部に設けられ、複数のベルヌーイカップ 124 のいずれかの近傍に配置されている。そのプローブ部は、ディスク本体 123 の底面とローディングディスク 121 により保持されるウエハ W の表面との間の間隙（通常、200 ~ 400 μm のサイズ）内に突出している。温度センサ 128 は、例えば、ベルヌーイカップ 124 から噴出されるエアの温度を、0.01 度より良い分解能で測定する。

【0039】

3 つの撮像素子 129 は、例えば CCD 等を含み、ディスク本体 123 の側面に固定されている（図 2（A）では 1 つの撮像素子 129 のみが示されている）。3 つの撮像素子 129 のうち 1 つは、ローディングディスク 121（ディスク本体 123）がウエハ W を保持した際に、ウエハ W のノッチ（V 字の切り欠き（不図示））を撮像し、残り 2 つは、ウエハ W の周縁を撮像する。3 つの撮像素子 129 の撮像結果は、主制御装置 20 に供給される。主制御装置 20 は、それらの撮像結果から、例えば米国特許第 6,624,433 号明細書などに開示されている手法により、ウエハ W の X 軸方向及び Y 軸方向の位置ずれと回転（z 回転）誤差とを求める。

10

20

30

40

50

【0040】

超音波スピーカ150は、ディスク本体123の底面の中央に配置されている（図2（B）参照）。超音波スピーカ150は、六角格子状に配列された複数（本実施形態では61個）の音圧源151から構成される。本実施形態においては、個々の音圧源151は、例えば、40kHzで100Paの音圧（音波）を発生する音響特性を有する。この周波数（40kHz）は可聴帯域（20Hz～20kHz）外（より高い）の周波数であり、これを含む高周波帯域の音圧（音波）は指向性が高い。また、強い音圧を発生することができる高周波帯域の音圧源を採用している。このように、複数の音圧源151を密（本実施形態では六角格子状）に配列して1つの超音波スピーカ150を構成することにより、音圧（音波）の強度を上げるとともに、指向性をさらに向上させている。

10

【0041】

超音波スピーカ150による、すなわち音圧加振によるウエハの歪の解消については後述する。なお、本実施形態では、一例として高周波帯域の音圧源151を採用して超音波スピーカ150を構成することとしたが、これに限るものではない。例えば、ウエハステージWSTの駆動制御に影響し得る数1000Hzの振動帯域外の周波帯域の音圧源を採用することができる。

【0042】

その他、ローディングポジション（ローディングユニット120）と露光装置100にインライン接続されたコーダ・デベロッパ（C/D（不図示））との間でウエハを搬送するウエハ搬送アーム118が付設されている。

20

【0043】

ローディングポジション近傍に、計測ステージMSTが配置されている。計測ステージMSTは、リニアモータ等を含む計測ステージ駆動系（不図示）によって、ステージベース22上をX軸方向、Y軸方向に駆動される。計測ステージMST上には、ローディングディスク121に保持されたウエハWの裏面にライン状に光を照射し、その反射光を受光することで、ウエハWの形状を測定するラインセンサ（不図示）が設けられている。また、計測ステージMSTのXY平面内の位置情報は、干渉計システムまたはエンコーダシステムから成る計測ステージ位置計測系（不図示）によって計測される。その計測結果は、主制御装置20に供給される。

【0044】

30

ローディングユニット120（駆動部122、エア供給部（不図示）、ウエハ搬送アーム118等）は、主制御装置20によって制御される（図3参照）。

【0045】

図3には、露光装置100の制御系の主要な構成が示されている。制御系は、装置全体を統括制御するマイクロコンピュータ（あるいはワークステーション）などを含む主制御装置20を中心として構成されている。

【0046】

本実施形態の露光装置100では、ローディングディスク121を構成する超音波スピーカ150を用いて、ウエハステージWST（ウエハホルダWH）上に載置されたウエハに音圧（超音波）を放射して、ウエハを加振（音圧加振）することで、ウエハの歪みを解消する。

40

【0047】

図4（A）には、音圧加振によりウエハの歪みを解消できることを実証した実験結果が示されている。後述するように、ローディングユニット120を用いてウエハWをウエハステージWST（ウエハホルダWH）上に載置し、超音波スピーカ150を用いてウエハWを音圧加振しつつ、ウエハホルダWHを用いてウエハを真空吸着する。ここで、ウエハの歪みは歪みゲージ（不図示）を用いて測定される。ただし、この測定において歪の基準は定義されていない（すなわち、歪ゲージは較正されていない）。そこで、ウエハの真空吸着とその解除を複数回繰り返し、1回目の真空吸着後に測定されるウエハWの歪から、複数回の真空吸着後に測定されるウエハWの歪を基準にして、真の歪（残留歪と呼ぶ）を

50

求める。図4(A)より、音圧加振がない場合の残留歪に対して音圧加振がある場合の残留歪は明らかに小さいことが確認できる。

【0048】

図4(B)には、ウエハ上の異なる複数の測定位置において測定された歪の結果が示されている。ただし、15回の測定を行い、その平均が示されている。複数の測定位置a~hは、図4(C)に示されている。ここで、各測定位置について、X軸方向とY軸方向とのそれぞれの歪が測定される。測定位置と測定される歪の方向は、チャネル(ch)を用いて特定されている。図4(B)より、一部のチャネルを除いて、音圧加振がない場合の残留歪に対して音圧加振がある場合の残留歪は明らかに小さいことが確認できる。

【0049】

従って、音圧加振により、ウエハホルダから受ける摩擦抵抗が減少し、ウエハの歪みが解消されることが実証された。ここで、例えば圧電素子等を用いてウエハを加振する方法も考えられる。しかし、ウエハに接触することで、その接触する部分に歪が生じ得る。これに対して、音圧を利用する場合、非接触でウエハを加振するため、そのような接触による歪も生ずることなく効率よくウエハの歪を解消することができる。

【0050】

以下、ローディングユニット120を用いてウエハWをウエハホルダWH上に保持する課程(保持動作)について説明する。

【0051】

前提として、ローディングディスク121は上方(+Z方向)に、ウエハステージWS-Tはローディングポジション以外に待避しているものとする。また、ローディングディスク121は停止状態にあるものとする。

【0052】

なお、上記ウエハの保持動作に先立って、主制御装置20は、ローディングディスク121を作動する、すなわち、ウエハWを保持するに必要な流量のエアを複数のベルヌーイカップ124に供給する。ここで、主制御装置20は、温度センサ128を用いて複数のベルヌーイカップ124から噴出されるエアの温度を測定し、エアの温度が所定の温度(或いはウエハWの温度)に一致するように温度制御器(不図示)を用いてエアを加熱する。

【0053】

次に、ローディングユニット120(ローディングディスク121)を用いてウエハWを保持する。

【0054】

このとき、図5(A)に示されるように、ウエハ搬送アーム118により、C/D(不図示)により感応層(レジスト層)が設けられたウエハWがローディングポジションに向けて黒塗り矢印の方向(+Y方向)に搬送される。ウエハWがローディングディスク121の直下まで搬送されると、主制御装置20は、図5(B)に示されるように、ローディングディスク121を白抜き矢印の方向(-Z方向)に駆動し、ローディングディスク121の下面をウエハWの表面に近接する。なお、ローディングディスク121を駆動するのに代えて、又はこれとともに、ウエハ搬送アーム118を白抜き矢印と逆の方向(+Z方向)に駆動してもよい。

【0055】

ローディングディスク121の下面がウエハWの表面まで100μmのオーダーまで近接すると、ローディングディスク121の吸着力がウエハWに及び、ウエハWがローディングディスク121に非接触で保持される。これにより、ウエハWは、Z軸方向、x方向、及びy方向への移動が制限される。主制御装置20は、図5(C)に示されるように、ウエハWを保持したローディングディスク121を白抜き矢印の方向(+Z方向)に微小駆動し、又はこれに代えて(或いはこれとともに)ウエハ搬送アーム118を白抜き矢印と逆の方向(-Z方向)に微小駆動し、ウエハWをリリースしたウエハ搬送アーム118を黒塗り矢印の方向(-Y方向)に待避する。

【0056】

次に、ローディングディスク121に保持されたウエハWをウエハステージWST上に載置する。

【0057】

主制御装置20は、3つの撮像素子129を用いて、ローディングディスク121に保持されたウエハWの周縁（ノッチ等）を撮像する。主制御装置20は、これらの撮像結果から、ウエハWのX軸方向及びY軸方向の位置ずれと回転（z回転）誤差とを求める。

【0058】

図6(A)に示されるように、主制御装置20は、ウエハステージWSTをローディングポジションに移動する。ここで、主制御装置20は、上で求められた位置ずれ及び回転誤差を相殺する位置及び向きにウエハステージWSTを位置決めする。或いは、上で求められた位置ずれ及び回転誤差を記憶し、アライメント計測においてその結果を補正してもよい。

【0059】

ウエハステージWSTがローディングディスク121の直下に位置決めされると、図6(B)に示されるように、主制御装置20は、ウエハステージWST内からウエハホルダ（不図示）を介して3つのCTピン140を黒塗り矢印の方向（+Z方向）に出し、それらの先端をローディングディスク121に保持されたウエハWの裏面に当接してウエハWを（吸着）支持する。これにより、ウエハWは、さらに、X軸方向、Y軸方向、及びz方向への動きが制限される。

【0060】

ウエハWが、ローディングディスク121に保持されることでそのZ軸方向、x方向、及びy方向への動きが制限され、3つのCTピン140により裏面が支持されると、図6(C)に示されるように、主制御装置20は、ローディングディスク121を白抜き矢印の方向（-Z方向）に駆動する。また、これに併せて3つのCTピン140を黒塗り矢印の方向（-Z方向）に動かしてウエハステージWST（ホルダWH）内に収納する。これにより、図7(A)に示されるように、ウエハWは、その6自由度方向の動きがほぼ制限された状態でウエハステージWST上に載置される。

【0061】

ウエハWがウエハステージWST上にロードされると、図7(B)に示されるように、主制御装置20は、ローディングディスク121を白抜き矢印の方向（+Z方向）に待避し、その状態でローディングディスク121を停止させる。

【0062】

退避後（或いは退避と同時にでもよい）、図7(C)に示されるように、主制御装置20は、ローディングディスク121を構成する超音波スピーカ150を用いて、ウエハステージWST（ウエハホルダWH）上に載置されたウエハWに音圧（超音波）を放射して、ウエハWを音圧加振する。これにより、先述の通り、ウエハWの歪が解消される。

【0063】

最後に、主制御装置20は、ウエハホルダWHを作動して、ウエハWをウエハホルダWH（すなわちウエハステージWST）上に吸着保持する。これにより、ウエハWがウエハステージWST上に保持される。そして、吸着保持の後（或いは吸着保持の前でもよい）、超音波スピーカ150からの音圧の放射を停止する。

【0064】

次に、本実施形態の露光装置100の露光動作を、簡単に説明する。

【0065】

主制御装置20は、露光に先立って、先述の手順により、C/D（不図示）により感應層（レジスト層）が設けられたウエハWを、ローディングユニット120を用いてウエハステージWST（ウエハホルダ（不図示））上にロードする。

【0066】

10

20

30

40

50

主制御装置 20 は、アライメント検出系 AS を用いて、ウエハ W の表面に付与された（ウエハ W 上のサンプルショット領域に付設された）アライメントマークを検出し、アライメント計測（EGA）を実行する。それにより、XY 平面内におけるウエハ W 上のショット領域の位置（さらに走査方向に関する倍率、光軸 AX 周りの回転、直交度）が定められる。なお、アライメント計測（EGA）の詳細は、例えば、特開平 6-349705 号公報に記載されている。

【0067】

主制御装置 20 は、アライメント計測（EGA）の結果に従って、レチクル R のパターンの投影位置（投影光学系 PL の投影中心）とウエハ W 上の各ショット領域の相対位置関係を算出する。その結果に従って、主制御装置 20 は、走査露光により、ウエハ W 上の全ショット領域内に、順次、レチクル R のパターンを露光する。10

【0068】

ウエハ W 上の各ショット領域に対する走査露光では、主制御装置 20 は、レチクル干渉計 14 と干渉計システム 18 の計測結果を監視して、レチクルステージ RST とウエハステージ WST をそれぞれの走査開始位置（加速開始位置）に移動させる。そして、主制御装置 20 は、両ステージ RST, WST を Y 軸方向に、ただし互いに逆向きに、相対駆動する。ここで、両ステージ RST, WST がそれぞれの目標速度に達すると、照明光 IL によってレチクル R のパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。

【0069】

主制御装置 20 は、走査露光中、Y 軸方向についてのレチクルステージ RST の速度 Vr とウエハステージ WST の速度 Vw とを投影光学系 PL の投影倍率に対応する速度比に維持するように、レチクルステージ RST 及びウエハステージ WST を同期駆動する。20

【0070】

レチクル R が Y 軸方向に移動することにより、そのパターン領域の全域が照明光 IL により照明される。それと同時にウエハ W が Y 軸方向に、ただしレチクル R と逆方向に、移動することにより、レチクル R のパターンがウエハ W 上に転写される。それにより、ウエハ W 上のショット領域の 1 つに対する走査露光が終了する。

【0071】

ショット領域の 1 つに対する走査露光が終了すると、主制御装置 20 は、ウエハステージ WST を、次のショット領域に対する走査開始位置（加速開始位置）へ移動（ステップ移動）させる。そして、主制御装置 20 は、先と同様に、次のショット領域に対する走査露光を行う。その他のショット領域に対する走査露光も、同様に行われる。このように、ショット領域間のステップ移動と各ショット領域に対する走査露光とを繰り返して、ウエハ W 上の全てのショット領域にレチクル R のパターンを転写する。30

【0072】

露光が終了すると、主制御装置 20 は、ウエハステージ WST（ウエハホルダ（不図示））から露光済みのウエハ W をアンロードする。そして、先述の手順により、C/D（不図示）により感応層（レジスト層）が設けられた次のウエハ W をウエハステージ WST（ウエハホルダ（不図示））上にロードする。すなわち、ウエハステージ WST 上のウエハ W を交換する。主制御装置 20 は、新しいウエハ W に対して、同様に露光動作を繰り返す。40

【0073】

以上詳細に説明したように、本実施形態に係る露光装置 100 によると、音圧源（超音波スピーカ 150）を用いてウエハステージ WST（ウエハホルダ WH）上に載置されたウエハ W に向けて音圧（超音波）を放射することでウエハを音圧加振し、そして、ウエハホルダ WH を用いてウエハを吸着保持する。これにより、歪みを生ずることなくウエハをウエハホルダ上に保持させることができとなり、ひいては高いパターンの重ね精度を維持することが可能となる。

【0074】

なお、本実施形態の露光装置 100 では、音圧源（超音波スピーカ 150）をローディ50

ングディスク121に設けたが、これに限らず、ローディングディスク121と独立に構成してもよい。例えば、投影光学系PL(投影ユニットPU)を支持するフレーム(不図示)に固定してもよい。また、ウエハステージWST(ウエハホルダWH)上に載置されたウエハWに音圧(超音波)を放射することができれば、露光装置100内のいずれの場所に設置してもよい。

【0075】

超音波スピーカからの発熱が周囲に影響を与えるおそれがある場合には、断熱あるいは温調装置等で周囲から超音波スピーカを隔離しておいてもよい。

【0076】

また、本実施形態の露光装置100では、音圧源(超音波スピーカ150)をローディングディスク121の底面の中央に設け、ウエハステージWST(ウエハホルダWH)上に載置されたウエハWの中央に音圧(超音波)を放射することとした。ここで、音圧(超音波)による振動がウエハ全体に伝わるのであれば、ウエハ上のより狭い範囲内に音圧(超音波)を放射してもよいし、ウエハの中央に限らず端部に放射してもよい。また、高周波帯域の音圧(超音波)は指向性が高いため、上方からの放射に限らず斜め上方からの放射としてもよいし、よりウエハから離れた位置から放射してもよい。

10

【0077】

また、ウエハの微細な歪を解消するために、本実施形態では、ウエハ上で複数のノード(音圧の振幅がゼロまたは極小となる点、音圧の節)をもつ高次モードを有する音圧(超音波)を用いた。例えば、レチクルRのパターンが形成されるウエハW上のショット領域内のそれぞれに、少なくとも1つのノードを有する高次モードを採用することができる。

20

【0078】

なお、本実施形態の露光装置100では、ウエハステージWST上にウエハWをロードするローディングポジションとウエハステージWST上からウエハWをアンロードするアンローディングポジションとを同じ位置に配置したが、これに限らず、異なる位置に配置し、それぞれにローディングユニット(アンローディングユニット)120を設けることもよい。これにより、ウエハWの搬出入を他の動作と並行して行うことができるここと等により、スループットの向上が期待される。

【0079】

なお、上述の実施形態では、本発明が、液体(水)を介さずにウエハWの露光を行うドライタイプの露光装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、例えば国際公開第99/49504号、欧州特許出願公開第1,420,298号明細書、国際公開第2004/055803号、米国特許第6,952,253号明細書などに開示されているように、投影光学系とウエハとの間に照明光の光路を含む液浸空間を形成し、投影光学系及び液浸空間の液体を介して照明光でウエハを露光する露光装置にも本発明を適用することができる。また、例えば米国特許出願公開第2008/0088843号明細書に開示される、液浸露光装置などにも、本発明を適用することができる。

30

【0080】

また、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、これに限らず、ステッパなどの静止型露光装置に本発明を適用しても良い。また、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・スティッチ方式の縮小投影露光装置、プロキシミティ方式の露光装置、又はミラープロジェクション・アライナーなどにも本発明は適用することができる。さらに、例えば米国特許第6,590,634号明細書、米国特許第5,969,441号明細書、米国特許第6,208,407号明細書などに開示されているように、複数のウエハステージを備えたマルチステージ型の露光装置にも本発明を適用できる。また、例えば米国特許第7,589,822号明細書などに開示されているように、ウエハステージとは別に、計測部材(例えば、基準マーク、及び/又はセンサなど)を含む計測ステージを備える露光装置にも本発明は適用が可能である。

40

【0081】

50

また、上記実施形態の露光装置における投影光学系は縮小系のみならず等倍及び拡大系のいずれでも良いし、投影光学系 P L は屈折系のみならず、反射系及び反射屈折系のいずれでも良いし、その投影像は倒立像及び正立像のいずれでも良い。また、前述の照明領域及び露光領域はその形状が矩形であるものとしたが、これに限らず、例えば円弧、台形、あるいは平行四辺形などでも良い。

【0082】

なお、上記実施形態の露光装置の光源は、Ar F エキシマレーザに限らず、Kr F エキシマレーザ（出力波長 248 nm）、F₂レーザ（出力波長 157 nm）、Ar₂レーザ（出力波長 126 nm）、Kr₂レーザ（出力波長 146 nm）などのパルスレーザ光源、g 線（波長 436 nm）、i 線（波長 365 nm）などの輝線を発する超高压水銀ランプなどを用いることも可能である。また、YAG レーザの高調波発生装置などを用いることもできる。この他、例えば米国特許第 7,023,610 号明細書に開示されているように、真空紫外光として DFB 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイッテルビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで增幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。10

【0083】

また、上記実施形態では、露光装置の照明光 I L としては波長 100 nm 以上の光に限らず、波長 100 nm 未満の光を用いても良いことはいうまでもない。例えば、軟 X 線領域（例えば 5 ~ 15 nm の波長域）の EUV (Extreme Ultraviolet) 光を用いる EUV 露光装置に本発明を適用することができる。その他、電子線又はイオンビームなどの荷電粒子線を用いる露光装置にも、本発明は適用できる。20

【0084】

さらに、例えば米国特許第 6,611,316 号明細書に開示されているように、2 つのレチクルパターンを、投影光学系を介してウエハ上で合成し、1 回のスキャン露光によってウエハ上の 1 つのショット領域をほぼ同時に二重露光する露光装置にも本発明を適用することができる。

【0085】

なお、上記実施形態でパターンを形成すべき物体（エネルギービームが照射される露光対象の物体）はウエハに限られるものでなく、ガラスプレート、セラミック基板、フィルム部材、あるいはマスクプランクスなど他の物体でも良い。30

【0086】

露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、有機 EL、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD 等）、マイクロマシン及び DNA チップなどを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV 露光装置、X 線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。

【0087】

半導体素子などの電子デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置（パターン形成装置）及びその露光方法によりマスク（レチクル）のパターンをウエハに転写するリソグラフィステップ、露光されたウエハを現像する現像ステップ、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッティングにより取り去るエッティングステップ、エッティングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト除去ステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。この場合、リソグラフィステップで、上記実施形態の露光装置を用いて前述の露光方法が実行され、ウエハ上にデバイスパターンが形成されるので、高集積度のデバイスを生産性良く製造すること4050

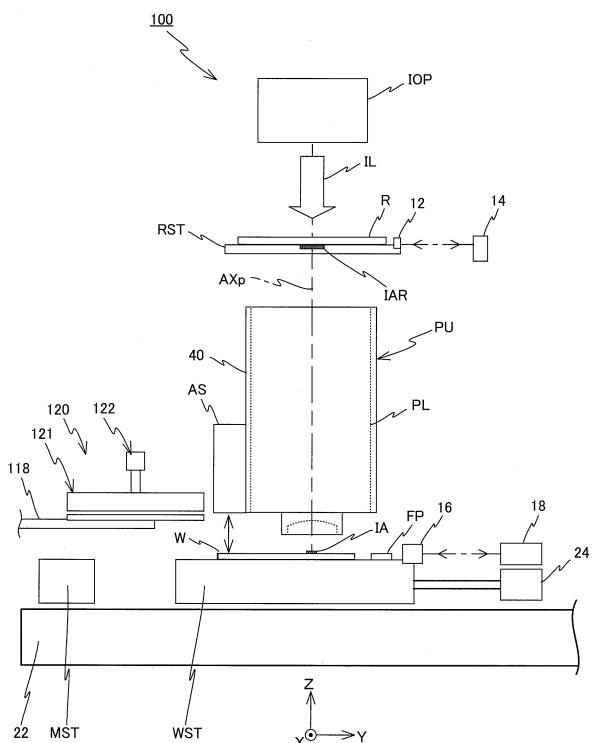
ができる。

【符号の説明】

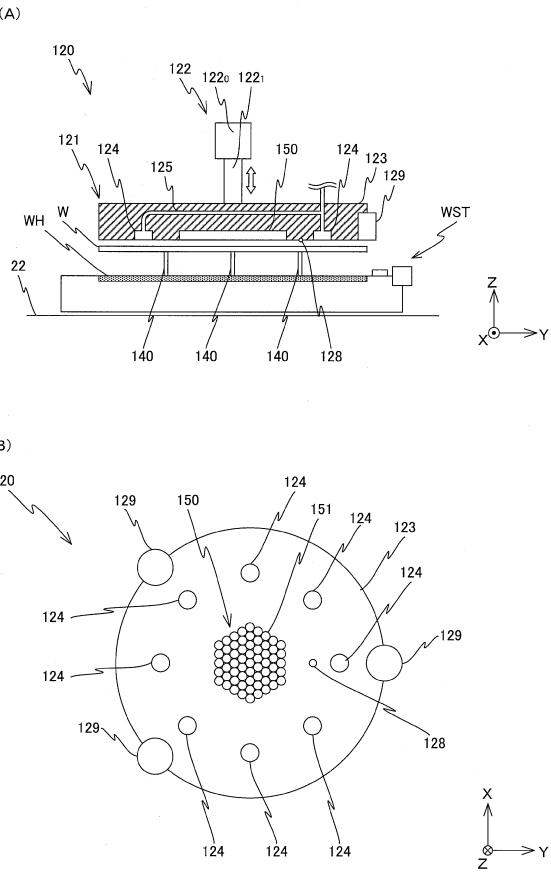
【0088】

200...主制御装置、100...露光装置、118...ウエハ搬送アーム、120...ローディングユニット、121...ローディングディスク、124...ベルヌーイカップ、125...配管、128...温度センサ、129...撮像素子、140...CTピン、150...超音波スピーカ、PL...投影光学系、PU...投影ユニット、W...ウエハ、WH...ウエハホルダ、WST...ウエハステージ。

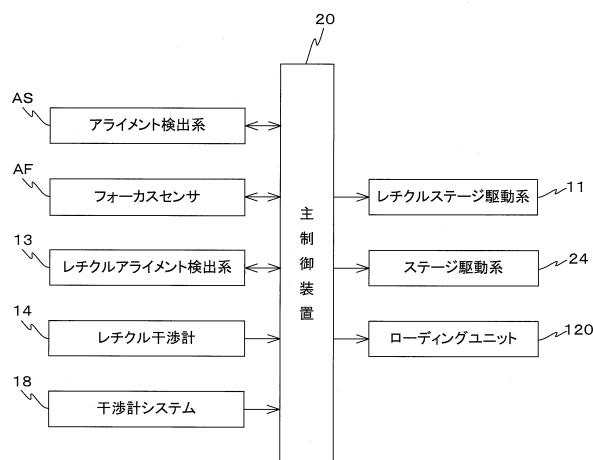
【図1】



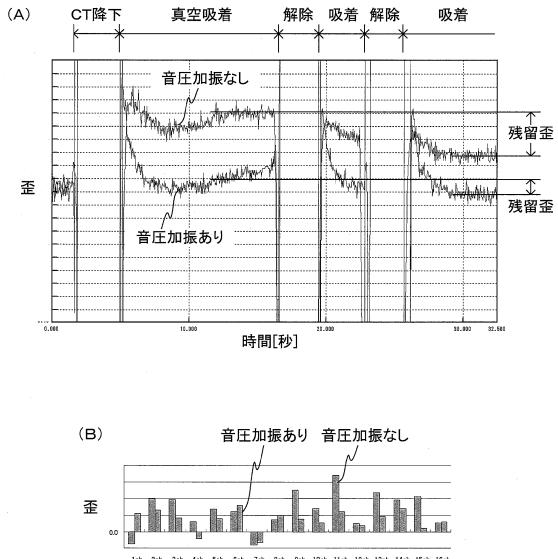
【図2】



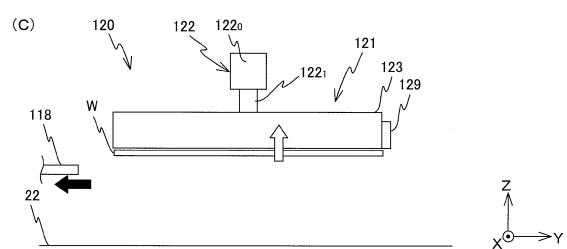
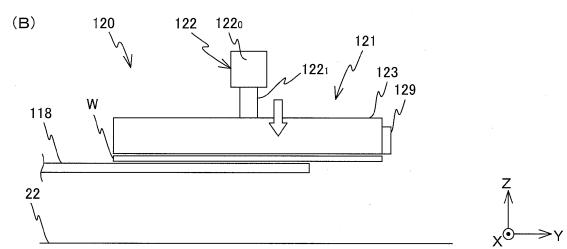
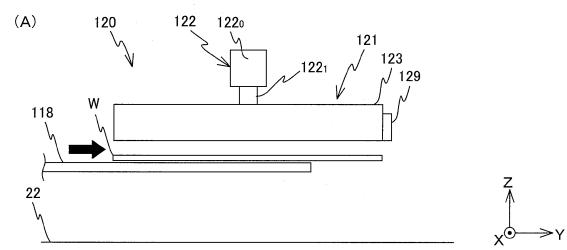
【図3】



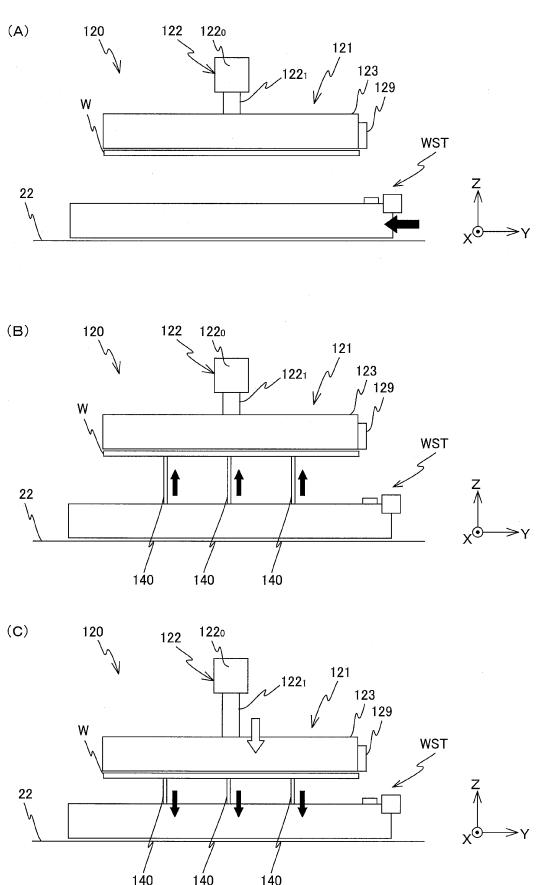
【図4】



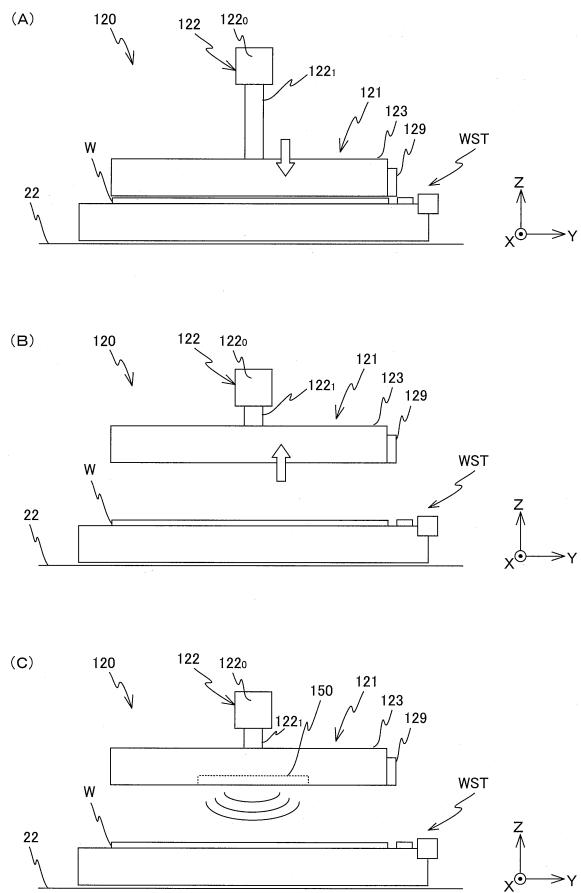
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-245332(JP,A)
特開2011-059489(JP,A)
特開2005-093968(JP,A)
特開平07-273004(JP,A)
特開平05-226221(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 03 F 7 / 20
H 01 L 21 / 683