

(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2005-286068

(P2005-286068A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005. 10. 13)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/027
G03F 7/20

F I

H01L 21/30 515D
G03F 7/20 521
H01L 21/30 516Z

テマコード (参考)

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2004-97137(P2004-97137)
(22) 出願日 平成16年3月29日(2004. 3. 29)

(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人 100110412
弁理士 藤元 亮輔
(72) 発明者 北岡 厚志
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内
Fターム(参考) 5F046 AA23 BA04 CB01 CB26 CB27
CC01 DA12 DB14 DC07

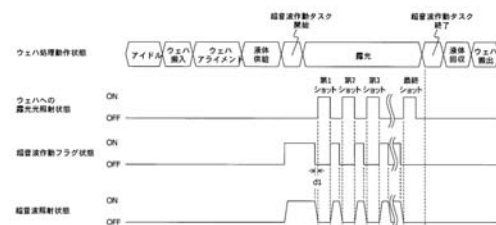
(54) 【発明の名称】 露光装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 液体中存在する気泡を効果的に除去すると共に、かかる除去に起因する転写精度の劣化を防止する露光装置及び方法を提供する。

【解決手段】 レチクルのパターンを被処理体に投影する投影光学系を有し、前記投影光学系と前記被処理体との間に供給される液体を介して前記被処理体を露光する露光装置であって、前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つを振動させる加振手段と、前記被処理体が処理されている時の前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つの振動が許容範囲内となるように、前記加振手段を制御する制御部とを有することを特徴とする露光装置を提供する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レチクルのパターンを被処理体に投影する投影光学系を有し、前記投影光学系と前記被処理体との間に供給される液体を介して前記被処理体を露光する露光装置であって、前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つを振動させる加振手段と

、前記被処理体が処理されている時の前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つの振動が許容範囲内となるように、前記加振手段を制御する制御部とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記加振手段は、前記液体に超音波を照射することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記振動の振幅及び周波数の少なくとも一方を制御することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の露光装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記加振手段が、前記被処理体が処理されている時と前記被処理体が処理されていない時で異なる動作モードを設定することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記被処理体が処理されていない時に前記動作モードの切り替えを実行するように、前記動作モードの切り替え時期を設定することを特徴とする請求項 4 記載の露光装置。

【請求項 6】

前記処理は、露光であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のうちいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 7】

前記処理は、前記被処理体と前記レチクルとのアライメントであることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のうちいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 8】

前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つの振動を検知する検知手段を更に有することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 9】

前記液体は、循環していることを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 10】

レチクルのパターンを被処理体に投影する投影光学系を有し、前記投影光学系と前記被処理体との間に供給される液体を介して前記被処理体を露光し、前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つを振動させる加振手段を有する露光装置を利用した露光方法であって、

前記被処理体が処理されている時の前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系に対して許容される振動に関する第 1 の情報を取得するステップと、

前記液体、前記被処理体及び / 又は前記投影光学系に存在する単位量当たりの気泡を除去するのに必要な振動に関する第 2 の情報を取得するステップと、

前記液体、前記被処理体及び / 又は前記投影光学系に発生し得る気泡の量に関する第 3 の情報を取得するステップと、

前記第 1 乃至第 3 の情報に基づいて、前記加振手段の動作モードを制御するステップを有することを特徴とする露光方法。

【請求項 11】

前記制御部は、前記被処理体が処理されている時と前記被処理体が処理されていない時で前記動作モードを異ならせることを特徴とする請求項 10 記載の露光方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記被処理体が処理されている時の振動は、前記被処理体が処理されていない時の振動よりも小さいことを特徴とする請求項 1 1 記載の露光方法。

【請求項 1 3】

前記被処理体が処理されている時は、前記振動を停止させることを特徴とする請求項 1 1 記載の露光方法。

【請求項 1 4】

前記制御部は、前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系における前記振動の減衰期間に基づいて、前記被処理体が処理されていない時に前記動作モードの切り替えを実行するように、前記動作モードの切り替え時期を設定することを特徴とする請求項 1 0 記載の露光装置。 10

【請求項 1 5】

前記処理は、露光であることを特徴とする請求項 1 0 記載の露光方法。

【請求項 1 6】

前記処理は、前記被処理体と前記レチクルとのアライメントであることを特徴とする請求項 1 0 記載の露光方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 7 のうちいずれか一項記載の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、

露光した前記被処理体を現像するステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般には、IC、LSIなどの半導体チップ、液晶パネルなどの表示素子、磁気ヘッドなどの検出素子、CCDなどの撮像素子といった各種デバイス、マイクロメカニクスで用いる微細パターンの製造に用いられる露光装置及び方法に係り、特に、投影光学系の最終面と被処理体の表面を液体で液浸して、かかる液体を介して被処理体を露光する、所謂、液浸型の露光装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

レチクル（マスク）に描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路パターンを転写する投影露光装置は従来から使用されており、近年では、高解像度で高品位な露光の要請がますます激化している。かかる要請を満足するための一手段として液浸露光が着目されている。液浸露光は、投影光学系のウェハ側の媒質を液体にすることによって投影光学系の開口数（NA）の増加（所謂、高NA化）を更に進めるものである。つまり投影光学系のNAは媒質の屈折率を n とすると、 $NA = n \cdot \sin$ であるので、空気の屈折率よりも高い屈折率（ $n > 1$ ）の媒質を満たすことでNAを n まで大きくすることができる。

【0003】

液浸露光において、被露光体と投影光学系との間に液体を充填させる方法は既に提案されている（例えば、特許文献1を参照のこと）。特許文献1は、投影光学系の基板に最も近い最終レンズ近傍に液体供給ノズルと液体回収ノズルを設け、液体供給ノズルから液体を基板と最終レンズとの間に供給する。露光は、液体供給ノズルから連続的に液体が供給され、液体回収ノズルから連続的に液体が回収された状態で、即ち、基板と最終レンズとの間に液体が循環した状態で行われる。常に新しい液体を供給すれば、レジストや光学素子が液体に溶け出しても液体の性質（屈折率や透過率など）の変化が少ないために好ましい。 40

【0004】

かかる液浸露光は、基板周辺の転写領域を露光する際や液体の初期充填時に気泡及びマ 50

イクロバブル（本出願では、これらを単に「気泡」という。）が混入するおそれがある。気泡は、露光光を遮光して転写精度や歩留まりの低下を招き、高品位な露光の要請を必ずしも満足することができない。気泡はその後連続的に液体を供給及び回収しても除去されることがない。更に、液体供給ノズルが接続されている配管から気泡が発生して連続して供給される液体に混入するおそれもある。

【0005】

その他の液体供給方法としては、基板を駆動部としてのステージに固定するためのチャックごと液体に浸すもの、チャック及びステージごと液体に浸すもの、ウェハカセット内にウェハを格納してカセット内に液体を満たすもの（例えば、特許文献2を参照のこと。）などが知られているが、液体への気泡混入を防止することは全ての液体供給方法に共通の問題である。

10

【0006】

かかる問題を解決するために、液体に超音波を照射して液体、基板、投影光学系の光学素子を振動させて気泡を除去する方法が提案されている（例えば、特許文献3乃至13参照。）。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【特許文献2】特開平10-303114号公報

【特許文献3】特許第2753930号公報

【特許文献4】特開平11-176727号公報

【特許文献5】米国特許第5,610,683号明細書

20

【特許文献6】特開2001-250773号公報

【特許文献7】米国特許第6,610,168号明細書

【特許文献8】特開平11-54427号公報

【特許文献9】特開平8-8216号公報

【特許文献10】特開2003-31540号公報

【特許文献11】特開2000-216126号公報

【特許文献12】特開平10-303161号公報

【特許文献13】特開2002-248429号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0007】

これらの従来技術は、超音波により気泡を効果的に除去する手法については開示しているが、本発明者は、超音波による振動レベルによっては、パターンの転写精度が劣化してしまうことを発見した。詳細には、超音波による振動レベルが大きいと、ウェハ上の転写像が振動によってぶれてしまい、転写精度を劣化させてしまう。また、XY方向のアライメント検出及びZ方向のフォーカス検出の時に振動によって誤差を生じるため、アライメント誤差による重ね合わせ誤差、フォーカス誤差による像ぼけが発生し、転写精度の劣化を招いてしまう。

【0008】

そこで、本発明は、液体に存在する気泡を効果的に除去すると共に、かかる除去に起因する転写精度の劣化を防止する露光装置及び方法を提供することを例示的目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての露光装置は、レチクルのパターンを被処理体に投影する投影光学系を有し、前記投影光学系と前記被処理体との間に供給される液体を介して前記被処理体を露光する露光装置であって、前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つを振動させる加振手段と、前記被処理体が処理されている時の前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つの振動が許容範囲内となるように、前記加振手段を制御する制御部とを有することを特徴とする。

【0010】

50

本発明の別の側面としての露光方法は、レチクルのパターンを被処理体に投影する投影光学系を有し、前記投影光学系と前記被処理体との間に供給される液体を介して前記被処理体を露光し、前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系の少なくとも一つを振動させる加振手段を有する露光装置を利用した露光方法であって、前記被処理体が処理されている時の前記液体、前記被処理体及び前記投影光学系に対して許容される振動に関する第1の情報を取得するステップと、前記液体、前記被処理体及び/又は前記投影光学系に存在する単位量当たりの気泡を除去するのに必要な振動に関する第2の情報を取得するステップと、前記液体、前記被処理体及び/又は前記投影光学系に発生し得る気泡の量に関する第3の情報を取得するステップと、前記第1乃至第3の情報に基づいて、前記加振手段の動作モードを制御するステップを有することを特徴とする。

10

【0011】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、露光した前記被処理体を現像するステップとを有することを特徴とする。

【0012】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、液体に存在する気泡を効果的に除去すると共に、かかる除去に起因する転写精度の劣化を防止する露光装置及び方法を提供することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、添付図面を参照して、本発明の一実施形態としての露光装置1を説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。図1は、露光装置1の構成を示す概略断面図である。

【0015】

露光装置1は、投影光学系30の被処理体40側にある最終面(最終光学素子)と被処理体40との間に供給される液体LWを介して、レチクル20に形成された回路パターンをステップ・アンド・リピート方式やステップ・アンド・スキャン方式で被処理体40に露光する液浸型の投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ工程に好適であり、以下、本実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置(「スキャナー」とも呼ばれる。)を例に説明する。ここで、「ステップ・アンド・スキャン方式」とは、レチクルに対してウェハを連続的にスキャン(走査)してレチクルパターンをウェハに露光すると共に、1ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次の露光領域に移動する露光方法である。また、「ステップ・アンド・リピート方式」とは、ウェハの一括露光ごとにウェハをステップ移動して次のショットの露光領域に移動する露光方法である。

30

【0016】

露光装置1は、図1に示すように、照明装置10と、レチクル20と、レチクル20を載置するレチクルステージ25と、投影光学系30と、被処理体40を載置するウェハステージ45と、液体給排機構50と、超音波照射機構60と、振動センサ70と、制御部100とを有する。また、図1に示すように、露光装置1は、一定の雰囲気内に保たれたチャンバCBに覆われている。架台FMは、剛性の高い構造を有し、後述するように、レチクル20及び被処理体40の高精度な位置決めを可能としている。

40

【0017】

照明装置10は、転写用の回路パターンが形成されたレチクル20を照明し、図示しない光源部と、照明光学系とを有する。

【0018】

光源部は、例えば、光源としては、波長約193nmのArFエキシマレーザー、波長

50

約248nmのKrFエキシマレーザーなどを使用することができるが、光源の種類はエキシマレーザーに限定されず、例えば、波長約157nmのF₂レーザーや波長20nm以下のEUV(Extreme Ultraviolet)光を使用してもよいし、その光源の個数も限定されない。例えば、独立に動作する2個の固体レーザーを使用すれば固体レーザー間相互のコヒーレンスはなく、コヒーレンスに起因するスペックルはかなり低減する。更にスペックルを低減するために光学系を直線的又は回動的に揺動させてもよい。また、光源部に使用可能な光源はレーザーに限定されるものではなく、一又は複数の水銀ランプやキセノンランプなどのランプも使用可能である。

【0019】

照明光学系は、レチクル20を照明する光学系であり、レンズ、ミラー、オプティカルインテグレーター、絞り等を含む。例えば、コンデンサーレンズ、ハエの目レンズ、開口絞り、コンデンサーレンズ、スリット、結像光学系の順で整列する等である。照明光学系は、軸上光、軸外光を問わずに使用することができる。オプティカルインテグレーターは、ハエの目レンズや2組のシリンドリカルレンズアレイ(又はレンチキュラーレンズ)板を重ねることによって構成されるインテグレーターを含むが、光学ロッドや回折素子に置換される場合もある。

10

【0020】

レチクル20は、図示しないレチクル搬送系により露光装置1の外部から搬送され、レチクルステージ25に支持及び駆動される。レチクル20は、例えば、石英製で、その上には転写されるべき回路パターンが形成されている。レチクル20から発せられた回折光は、投影光学系30を通り、被処理体40上に投影される。レチクル20と被処理体40とは、光学的に共役の関係に配置される。露光装置1は、スキャナーであるため、レチクル20と被処理体40を縮小倍率比の速度比で走査することにより、レチクル20のパターンを被処理体40上に転写する。なお、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置(「ステッパー」とも呼ばれる。)の場合は、レチクル20と被処理体40を静止させた状態で露光が行われる。

20

【0021】

レチクルステージ25は、架台FMに取り付けられている。レチクルステージ25は、図示しないレチクルチャックを介してレチクル20を支持し、図示しない移動機構に接続されている。図示しない移動機構は、リニアモーターなどで構成され、X軸方向にレチクルステージ25を駆動することでレチクル20を移動することができる。

30

【0022】

投影光学系30は、レチクル20に形成されたパターンを経た回折光を被処理体40上に結像する機能を有する。投影光学系30は、複数のレンズ素子のみからなる光学系、複数のレンズ素子と少なくとも一枚の凹面鏡とを有する光学系(カタディオプトリック光学系)、複数のレンズ素子と少なくとも一枚のキノフォームなどの回折光学素子とを有する光学系等を使用することができる。色収差の補正が必要な場合には、互いに分散値(アッベ値)の異なるガラス材からなる複数のレンズ素子を使用したり、回折光学素子をレンズ素子と逆方向の分散が生じるように構成したりする。

【0023】

被処理体40は、図示しないウェハ搬送系により露光装置1の外部から搬送され、ウェハステージ25に支持及び駆動される。被処理体40は、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の被処理体を広く含む。被処理体40にはフォトリジストが塗布されている。

40

【0024】

ウェハステージ45は、ウェハチャック45aを介して被処理体40を支持し、図示しない移動機構に接続されている。図示しない移動機構は、例えば、リニアモーターで構成され、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向及び各軸の回転方向に被処理体40を移動させることができる。ウェハステージ45は、ウェハチャック45aに保持された被処理体40の所望のエリアを投影光学系30の直下へ移動することや姿勢補正を行う。また、レチクル

50

ステージ 25 の位置とウェハステージ 45 の位置は、例えば、図示しないレーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。

【0025】

液体給排機構 50 は、給排ノズル 52 を介して、投影光学系 30 と被処理体 40 との間、詳細には、投影光学系 30 の被処理体 40 側の最終光学素子（投影光学系 30 の被処理体 40 側最終端に配置されている光学素子）と被処理体 40 との間に液体 LW を供給すると共に、供給した液体 LW を回収する。即ち、投影光学系 30 と被処理体 40 の表面で形成される間隙は、液体給排機構 50 から供給される液体 LW で満たされている。

【0026】

本実施形態では、液体 LW として純水を用いる。また、投影光学系 30 と被処理体 40 との間隙は、100 μm 程度である。但し、液体 LW は、特に純水に限定するものではなく、露光光の波長に対して高い透過特性及び高い屈折率特性を有し、投影光学系 30 や被処理体 40 に塗布されているフォトレジストに対して化学的安定性の高い液体を使用することができ、例えば、フッ素系不活性液体を使用してもよい。また、投影光学系 30 と被処理体 40 との間隙も 100 μm に限定するものではない。

10

【0027】

液体給排機構 50 の給排ノズル 52 は、投影光学系 30 の被処理体 40 側最終端周辺に複数配置されている。本実施形態では、給排ノズル 52 を 2 つ設けているが、個数がこれに限定されないことは言うまでもない。液体給排機構 50 及び給排ノズル 52 は、液体 LW の供給と回収を兼用する構造になっており、後述する制御部 100 に制御され、露光時のウェハステージ 45 の駆動方向等の条件に基づいて、液体 LW の供給と回収、或いは、停止の切り替え及び液体 LW の給排量が制御される。液体給排機構 50 は、液体 LW を循環させる機能も有する。なお、液体 LW を循環させる場合には、液体 LW に常に気泡が混入する可能性があるため、後述するように、常に超音波を照射していた方がよい。また、本発明は、被処理体をステージに固定するチャックごと液体に浸す、チャック及びステージごと液体に浸す及びカセット内に被処理体を格納してカセット内に液体を満たす液浸露光にも適用することができる。

20

【0028】

超音波照射機構 60 は、ウェハチャック 45 a の内部に埋め込まれるように設置され、液体 LW に超音波を照射する。換言すれば、超音波照射機構 60 は、超音波によって、液体 LW、被処理体 40 及び投影光学系 30 の少なくとも一つを振動させる加振手段として機能する。具体的には、超音波照射機構 60 は、後述する制御部 100 に制御され、制御部 100 から指令された振幅及び周波数で超音波（超音波振動）を発生する。発生した超音波は、被処理体 40 を介して、液体 LW に伝達される。液体 LW に気泡が存在する場合には、超音波の振動エネルギーによって液体 LW 中の気泡を消滅させることができる。但し、超音波照射機構 60 は、液体 LW に振動エネルギーを与えて気泡を消滅させる効果が得られるものであれば、本実施形態に限らず他の形態であってもよい。例えば、超音波照射機構 60 を、ウェハチャック 45 a の内部に設けず、液体 LW に超音波を直接照射できる構成にしてもよい。

30

【0029】

振動センサ 70 は、投影光学系 30 に支持されて（取り付けられて）おり、液体 LW の振動を検出することができる。なお、振動センサ 70 は、液体 LW の振動のみに限らず、超音波照射機構 60 の超音波の照射による投影光学系 30 の振動、被処理体 40 の振動及び液体 LW の振動の少なくとも一以上を検出する機能を有する。振動センサ 70 が投影光学系 30 の振動や被処理体 40 の振動を検出する場合には、検出結果から後述する制御部 100 が液体 LW の振動を算出する。

40

【0030】

制御部 100 は、図示しない CPU、メモリを有し、露光装置 1 の動作を制御する。制御部 100 は、照明装置 10、レチクルステージ 25（即ち、レチクルステージ 25 の図示しない移動機構）、ウェハステージ 45（即ち、ウェハステージ 45 の図示しない移動

50

機構)、液体給排機構50、超音波照射機構60及び振動センサ70と電氣的に接続されている。CPUは、MPUなど名前の如何を問わずいかなるプロセッサも含み、各部の動作を制御する。メモリは、ROM及びRAMより構成され、露光装置1を動作するファームウェアを格納する。

【0031】

制御部100は、本実施形態では、被処理体40が露光されている時(露光時)の液体LWの振動が許容範囲となるように、超音波照射機構60を制御する。詳細には、制御部100は、振動センサ70が検出する液体LWの振動に基づいて、超音波照射機構60が照射する超音波の振幅及び周波数の少なくとも一方を調整する機能を有する。具体的には、制御部100は、被処理体40が露光されている時の液体LW、被処理体40及び投影光学系30に対して許容される振動に関する第1の情報と、液体LW、被処理体40及び投影光学系30に存在する単位量当たりの気泡を除去するために必要な振動に関する第2の情報と、液体LW、被処理体40及び投影光学系30に発生し得る気泡の量に関する第3の情報とを取得して、超音波照射機構60の動作モード、即ち、照射する超音波を制御する。制御部100は、液体LWの振動を、気泡を除去するために必要な最低限の振動と、転写精度を劣化させないために必要な最低限の振動との間となるように、超音波照射機構60の動作を制御する。

10

【0032】

制御部100は、複数のモジュールから構成され、本実施形態では、図2に示すように、露光制御部110と、アライメント制御部120と、ウェハステージ制御部130と、液浸制御部140と、気泡発生特性管理部160とを有する。ここで、図2は、制御部100のモジュール構成を示す図である。

20

【0033】

露光制御部110は、光源制御部112と、投影光学系制御部114とを有し、露光装置1の露光に係る制御を行う。例えば、光源制御部112は、照明装置10が射出する光の射出タイミング、光強度などを制御し、投影光学系制御部114は、投影光学系30の収差補正などのために、投影光学系30を構成する光学素子の駆動を制御する。

【0034】

アライメント制御部120は、AA検出部122と、AF検出部124とを有し、レチクル20及び被処理体40のアライメント(位置合わせ)に係る制御を行う。AA検出部122は、レチクル20及び被処理体40の水平方向(光軸に垂直な面)の位置を検出し、AF検出部124は、レチクル20及び被処理体40のフォーカス方向(光軸方向)の位置を検出する。アライメント制御部120は、AA検出部122及びAF検出部124の検出結果を制御部100に通知する。制御部100は露光時に、水平方向、フォーカス方向の計測結果に基づいて、レチクルステージ25及びウェハステージ45を介して、レチクル20及び被処理体40のアライメントを行う。

30

【0035】

ウェハステージ制御部130は、ウェハステージ計測部132と、ウェハステージ駆動部134とを有し、ウェハステージ45の駆動に係る制御を行う。ウェハステージ計測部132は、例えば、被処理体40を走査する際に、ウェハステージ45の位置を計測する。ウェハステージ駆動部134は、ウェハステージ計測部132の検出結果に基づいて、レチクル20とウェハ40を同期させるように、ウェハステージ45を走査する。

40

【0036】

液浸制御部140は、液体給排機構50、超音波照射機構60及び振動センサ70を介して液浸露光に係る制御を行う。即ち、液浸制御部140は、上述したように、液体給排機構50に対しては、液体LWの供給及び回収の切り替え、停止、供給及び回収する液体LWの量の制御を行う。また、液浸制御部140は、振動センサ70の検出する検出結果を基に、超音波照射機構60への振幅及び周波数の指令を行う。なお、液浸制御部140は、振動センサ70が検出した投影光学系30の振動及び/又は被処理体40の振動から液体LWの振動を算出する機能も有する。

50

【0037】

気泡発生特性管理部160は、液体LW、投影光学系30の被処理体40側の最終光学素子、被処理体40のそれぞれの特性によって決まる気泡の発生のしやすさ(第3の情報)を制御部100に与える。例えば、実験によって液体LWと固体表面(即ち、投影光学系30の被処理体40側の最終光学素子、被処理体40など)で決まる接触角と気泡の発生しやすさを予め求めておく。次に、使用する液体LW、投影光学系30の被処理体40側の最終光学素子及び被処理体40の組み合わせにおける接触角を計測し、その結果により、気泡の発生しやすさを算出するものである。気泡発生特性管理部160は、転写精度を劣化させない程度の許容できる液体LWの振動(第1の情報)及び液体LWに存在する気泡を除去するために必要な振動エネルギー(第2の情報)も制御部100に与える。これら

10

【0038】

次に、図3及び図4を参照して、露光装置1の動作(露光装置1を用いた露光方法)について説明する。ここでは、レジストを塗布された1枚のウェハ(被処理体40)を露光する場合を例に説明する。図3は、露光装置1の動作を説明するためのフローチャートである。なお、複数のウェハを連続処理する場合には、一般に、動作の一部が平行処理になる。1台の露光装置1において、同時に露光光が照射されるウェハが1枚であるとすれば、本実施形態の要点である露光時に超音波の照射を停止させる動作については、複数のウェハを連続処理する場合でも同じフローチャートで表すことができる。

20

【0039】

図3を参照するに、まず、図示しないウェハ搬送系によって、ウェハステージ45へウェハを搬入し(ステップS1002)、ウェハアライメント(ウェハの位置合わせ)を行う(ステップS1004)。ウェハアライメントの例としては、ウェハを装置基準に対してプリアライメントした後、レチクル20に対してグローバルアライメントを行う方法がある。

【0040】

次に、液体供給機構50によって、液体LWを投影光学系30のウェハ側の最終光学素子とウェハとの間を満たすように供給し(ステップS1006)、超音波照射タスクを開始する(ステップS1008)。具体的には、制御部100(液浸制御部140)は、図4に示す超音波照射タスクを開始する。なお、図3において、ステップS1008乃至ステップS1018のループは、ウェハの露光を行うステップ・アンド・リピート又はステップ・アンド・スキャンの動作を示しているため、超音波照射タスクのみを示す図4とは異なる。ここで、図4は、ステップS1008の超音波照射タスクの詳細なフローチャートである。

30

【0041】

図3及び図4を参照するに、超音波照射タスク(ステップS1008)は、超音波作動フラグをONにすることにより(ステップS1010)、超音波の照射を行う(ステップS1011)。次に、ウェハ上の露光ショットの位置までウェハステージ45を(露光装置1は、スキャナーであるため、レチクルステージ25も)駆動し(ステップS1012)、当該露光ショットの露光を行う(ステップS1016)前に、超音波作動フラグをOFFにする(ステップS1014)。これにより、露光ショットが露光される(ステップS1016)ときには、超音波の照射が停止される(ステップS1015)。全ての露光ショットに対してステップS1010乃至ステップS1016を行い、全ての露光ショットの露光が完了したら(ステップS1018)、超音波照射タスクを終了する(ステップS1020)。

40

【0042】

その後、液体LWを回収し(ステップS1022)、露光したウェハを搬出して(ステ

50

ップS1024)1枚のウェハの露光が終了する。

【0043】

以上のように、本実施形態の露光装置1及び露光方法は、投影光学系30のウェハ側の最終光学素子とウェハとの間を満たしている液体に存在する気泡を超音波によって効果的に除去することができる。また、この際、超音波の照射によって液体は振動するが、ウェハの露光時には超音波の照射を停止するように制御されているため(即ち、液体が振動していないため)、気泡の除去に起因する転写精度の劣化を防止することができる。換言すれば、ウェハの非露光時に超音波を照射することで液体の振動を考慮する必要がなくなり、かかる超音波の振動及び周波数を気泡の除去にあわせて大きくすることができ(即ち、液体の振動が許容範囲を超えてもよい)、より多くの気泡を短時間で除去することが可能になると共に、液体に気泡が存在することによる転写精度の劣化も抑えることができる。

10

【0044】

なお、図3及び図4に示す露光装置1の動作のタイミングチャートを図5に示す。図5を参照するに、ウェハに露光光が照射されている時(露光時)には超音波の照射を停止させると共に、ウェハの非露光時には超音波をなるべく長時間照射していることが理解されるであろう。これにより、液体に存在する気泡を効果的に除去することができる。ここで、d1は、超音波作動フラグをOFF、即ち、超音波の照射の停止を指令してから超音波の照射による液体の振動が露光に影響しない条件(液体の振動の許容範囲)に減衰するまでの遅延時間である。従って、露光を開始する時間よりd1だけ早く超音波作動フラグをOFFにする必要がある。なお、本実施形態では省略しているが、超音波の停止から照射させるときも同様に遅延時間を生じる。

20

【0045】

本実施形態では、予め決められた露光ショットへの移動時間にあわせて超音波を照射する時間を決めている。しかし、超音波の照射時間と装置のスループットはトレードオフの関係にあるので、気泡を除去する効果をより高くしたい場合には、超音波の照射時間を優先し、第Nショットの露光と第N+1ショットの間隔を超音波の照射時間に連動して決定してもよい。

【0046】

ここで、図5及び図6を参照して、ステップS1008の超音波照射タスクの変形例である超音波照射タスク(ステップS1008A)について説明する。なお、露光装置1の動作(露光装置1を用いた露光方法)は、図3に示すフローチャートと同様である。本実施形態の超音波照射タスクは、ウェハの露光時及び非露光時に連動して、気泡を除去するための超音波の強度を調整する。より詳細には、各露光ショットの露光時には照射する超音波の振幅を小さく、非露光時、例えば、露光ショット間の移動時(ステップ移動中)には照射する超音波の振幅を大きくする。即ち、制御部100(液浸制御部140)の超音波照射機構60に対する制御が異なる。本実施形態では、制御部100は、超音波照射機構60が照射する超音波の振幅を、ゼロ、小振幅及び大振幅の3つの状態で制御する。

30

【0047】

なお、小振幅の超音波の照射によっても液体LWは振動するが、かかる振動は許容範囲内であり、転写精度の劣化も許容値以下であることを想定している。換言すれば、露光時にも液体LWに存在する気泡を除去する効果を得るために、転写精度の劣化が許容される範囲内で、液体LWへの超音波の照射を行う。超音波の振幅と転写精度の劣化の関係は、テスト露光等により予め求めることができる。かかる関係から、振動センサ70の検出結果を基に、照射する超音波の振幅を決定することができる。

40

【0048】

図6は、ステップS1008Aとしての超音波照射タスクの詳細なフローチャートである。超音波照射タスク(ステップS1008A)は、超音波作動フラグをONにする事により(ステップS1009A)、超音波を大振幅で照射する(ステップS1011A)。このとき、ウェハの非露光時であり、例えば、ウェハ上の露光ショットの位置までウェハステージ45を駆動する(ステップS1012)。ウェハステージ45の駆動が終了す

50

ると、超音波作動フラグをOFFにすることにより（ステップS1014A）、超音波を小振幅で照射する（ステップS1015A）。これにより、露光ショットが露光される（ステップS1016）ときには、液体LWの振動が許容範囲内となる。全ての露光ショットに対してステップS1010乃至ステップS1016を行い、全ての露光ショットの露光が完了したら（ステップS1018）、超音波の振動をゼロにして照射を停止し（ステップS1019A）、超音波照射タスクを終了する（ステップS1020A）。

【0049】

以上のように、本実施形態の超音波照射タスクによれば、超音波の振幅を調整することで、ウェハの露光時及び非露光時に関わらず、常に超音波を照射することができるので、投影光学系30のウェハ側の最終光学素子とウェハとの間を満たしている液体に存在する気泡をより効果的に除去することができる。また、小振幅の超音波の照射によっても液体は振動するが、転写精度には影響を与えない程度の振動であるので、気泡の除去に起因する転写精度の劣化を防止することができる。即ち、ウェハの非露光時には気泡の除去にあわせて大振幅の超音波を照射し、ウェハの露光時には転写精度に影響を与えず、且つ、最低限の気泡の除去が行えるような小振幅の超音波を照射することで、より多くの気泡を短時間で除去することが可能になると共に、液体に気泡が存在することによる転写精度の劣化も抑えることができる。

【0050】

図7に、図6に示す超音波照射タスクを用いた場合の露光装置1の動作のタイミングチャートを示す。図7を参照するに、ウェハに露光光が照射されている時（露光時）には小振幅の超音波を照射して転写精度の劣化を抑え、ウェハの非露光時には大振幅の超音波を照射して効果的に気泡の除去を行っていることが理解されるであろう。ここで、d2は、超音波作動フラグをOFF、即ち、小振幅の超音波の照射を指令してから、大振幅の超音波の照射による液体の振動が露光に影響しない条件（液体の振動の許容範囲）に減衰するまでの遅延時間である。従って、露光を開始する時間よりd2だけ早く超音波作動フラグをOFFにする必要がある。なお、本実施形態では省略しているが、超音波の停止から照射させるときも同様に遅延時間を生じる。

【0051】

本実施形態では、超音波の振幅を複数の状態で制御しているが、連続的に制御してもよい。即ち、小振幅の超音波から大振幅の超音波への変更、及び、大振幅の超音波から小振幅の超音波への変更において、振幅を徐々に変化させてもよい。

【0052】

上述した超音波照射タスクは、レチクル20や被処理体40のアライメント時にも適用することができる。レチクル20や被処理体40のアライメントの際に、液体LWに気泡が存在すると、レチクル20や被処理体40の位置を検出するために照射される検出光が気泡で散乱し、レチクル20や被処理体40の位置の検出精度（アライメント精度）が劣化する場合がある。更に、気泡を除去するために、液体LWに超音波を照射すれば液体LWが振動し、同様に、検出精度（アライメント精度）が劣化する。

【0053】

そこで、レチクル20や被処理体40の位置を検出する前に、超音波を照射し（又は大振幅の超音波を照射し）、レチクル20や被処理体40の位置を検出する時には、超音波の照射を停止する（又は検出精度に影響を与えない程度の小振幅の超音波を照射する）ことで、効果的に液体に存在する気泡を除去することが可能となり、気泡の除去に起因する検出精度（アライメント精度）の劣化を防止することができる。換言すれば、レチクル20や被処理体40の非アライメント時に超音波を照射することで液体の振動を考慮する必要がなくなり、かかる超音波の振動及び周波数を気泡の除去にあわせて大きくすることができ（即ち、液体の振動が許容範囲を超えてもよい）、液体に気泡が存在することによるアライメント精度の劣化を抑えることができる。また、照射する超音波の振幅を制御することで、アライメント時及び非アライメント時に関わらず、常に超音波を照射することができるので、投影光学系30のウェハ側の最終光学素子とウェハとの間を満たしている液

10

20

30

40

50

体に存在する気泡をより効果的に除去することができる。

【0054】

露光装置1は、液浸露光を用いながらも、液体LWに存在する気泡を除去すると共に、かかる除去に起因する転写精度の劣化を防止することが可能であるため、所望の解像度を達成し、高品位な露光を被処理体40に施すことができるため、高いスループットで経済性よくデバイス(半導体素子、LCD素子、撮像素子(CCDなど)、薄膜磁気ヘッドなど)を提供することができる。

【0055】

以下、図8及び図9を参照して、上述の露光装置1を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図8は、デバイス(ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等)の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1(回路設計)では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2(マスク製作)では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3(ウェハ製造)では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4(ウェハプロセス)は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5(組み立て)は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する行程であり、アセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6(検査)では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0056】

図9は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11(酸化)では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では、露光装置1によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17(現像)では、露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置1を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

【0057】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】本発明の露光装置の構成を示す概略断面図である。 40

【図2】図1に示す制御部のモジュール構成を示す図である。

【図3】図1に示す露光装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図4】図3に示すステップS1008の超音波照射タスクの詳細なフローチャートである。

【図5】図3及び図4に示す露光装置の動作のタイミングチャートである。

【図6】図3に示す超音波照射タスクの変形例である超音波照射タスクの詳細なフローチャートである。

【図7】図6に示す超音波照射タスクを用いた場合の露光装置の動作のタイミングチャートである。

【図8】デバイス(ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等)の製造を説明 50

するためのフローチャートである。

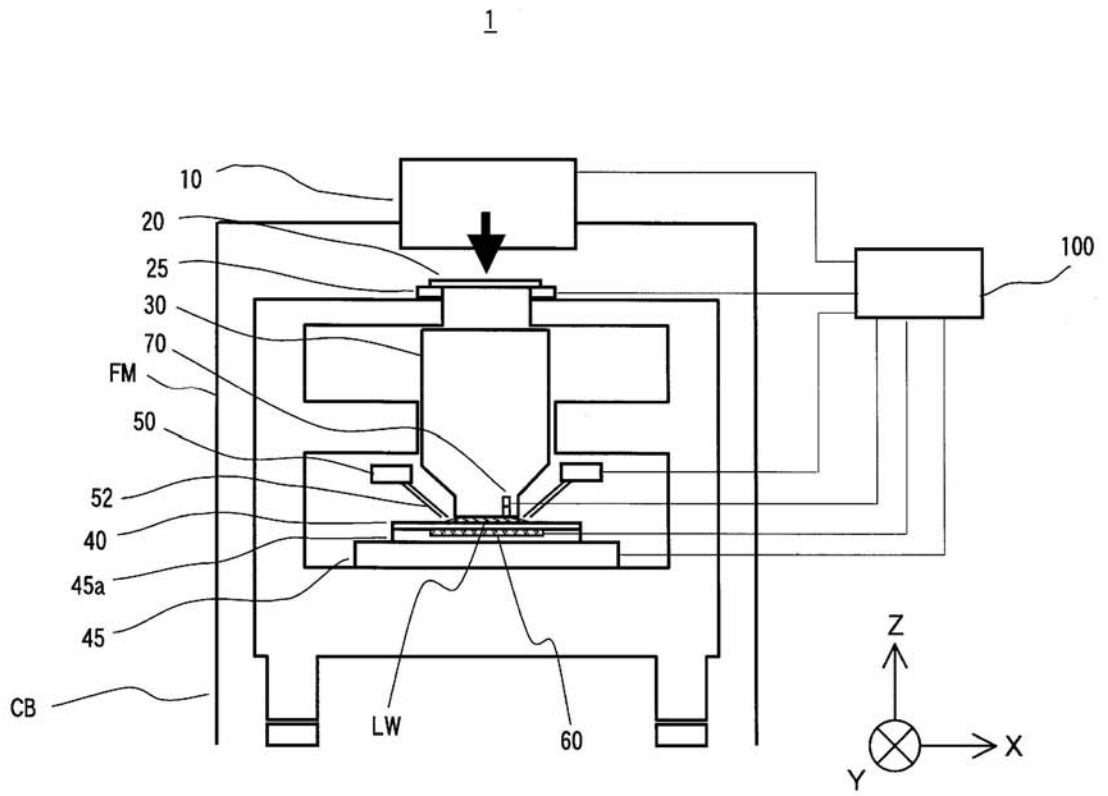
【図9】図8に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

【符号の説明】

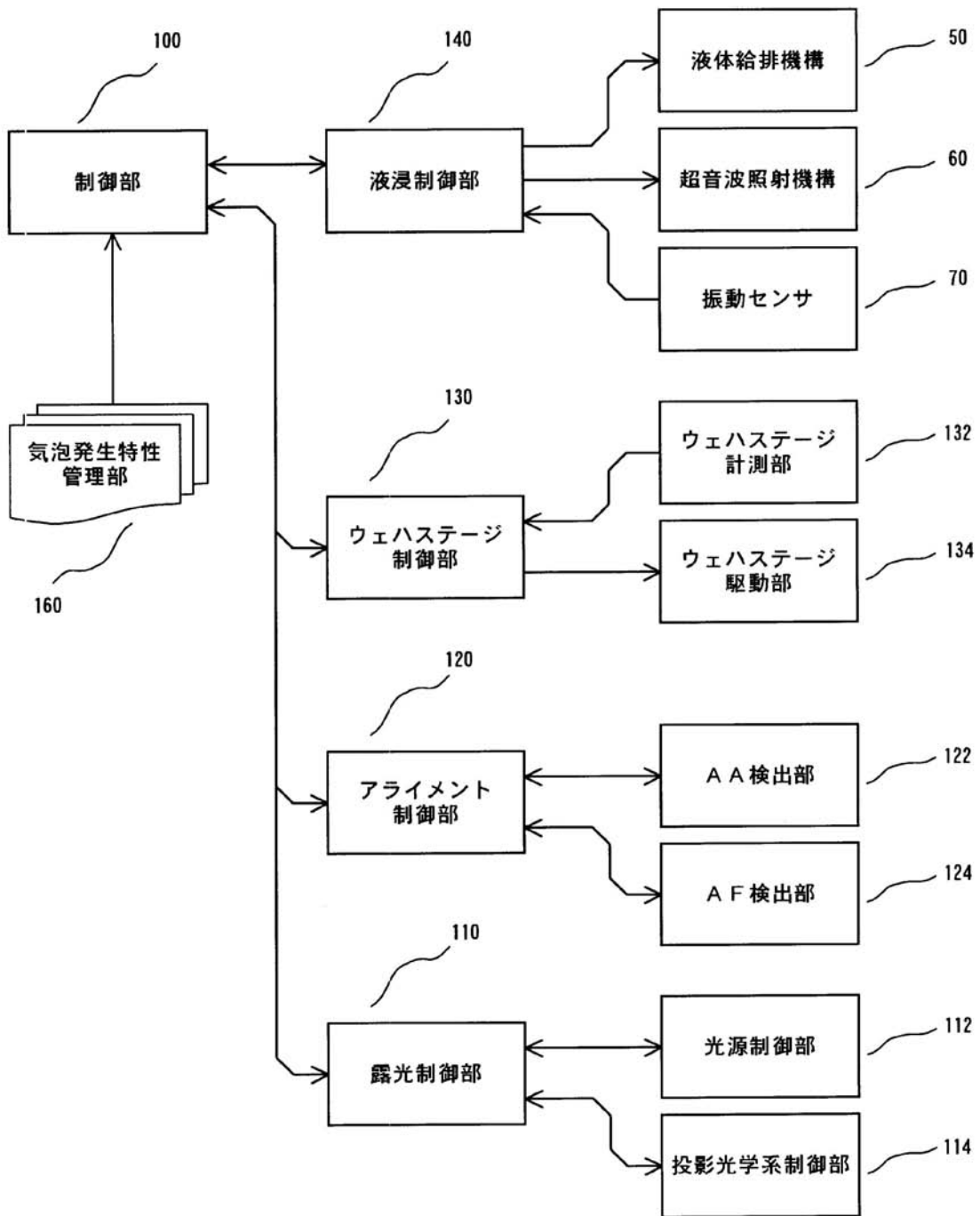
【0059】

1	露光装置	
1 0	照明装置	
2 0	レチクル	
2 5	レチクルステージ	
3 0	投影光学系	
4 0	被処理体	10
4 5	ウェハステージ	
5 0	液体給排機構	
5 2	給排ノズル	
6 0	超音波照射機構	
7 0	振動センサ	
1 0 0	制御部	
1 1 0	露光制御部	
1 1 2	光源制御部	
1 1 4	投影光学系制御部	
1 2 0	アライメント制御部	20
1 2 2	A A 検出部	
1 2 4	A F 検出部	
1 3 0	ウェハステージ制御部	
1 3 2	ウェハステージ計測部	
1 3 4	ウェハステージ駆動部	
1 4 0	液浸制御部	
1 6 0	気泡発生特性管理部	

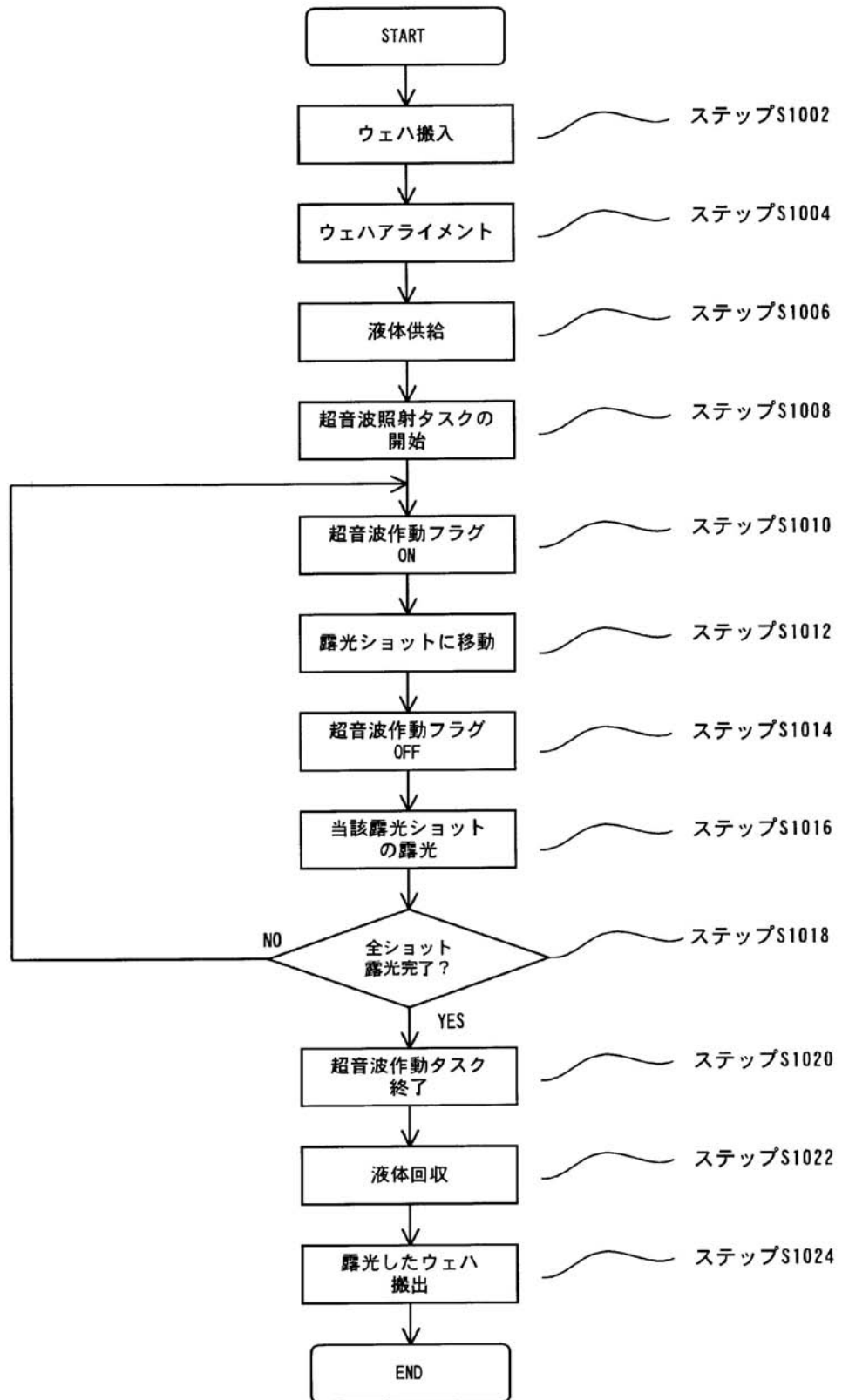
【 図 1 】



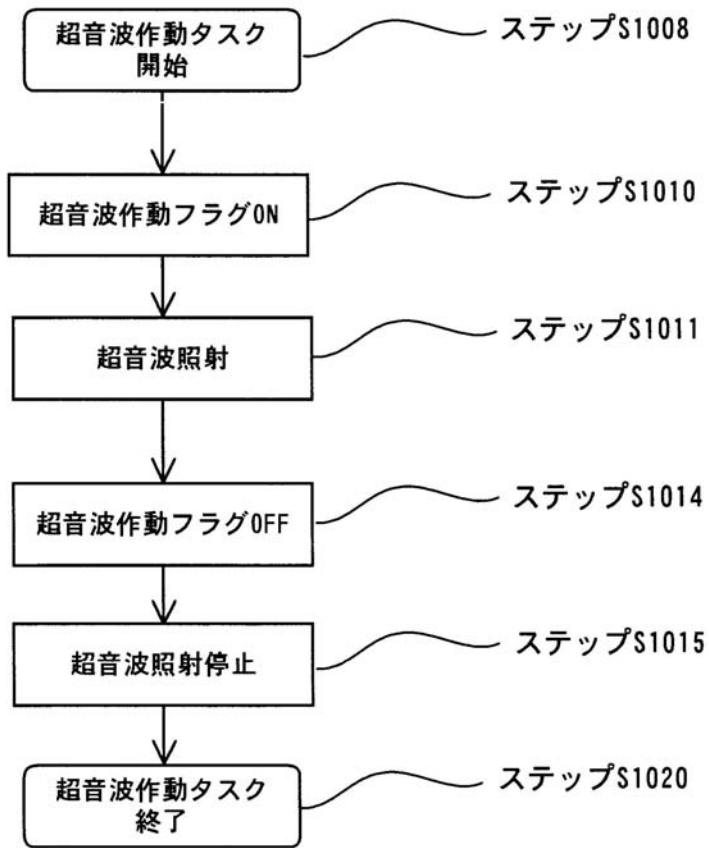
【 図 2 】



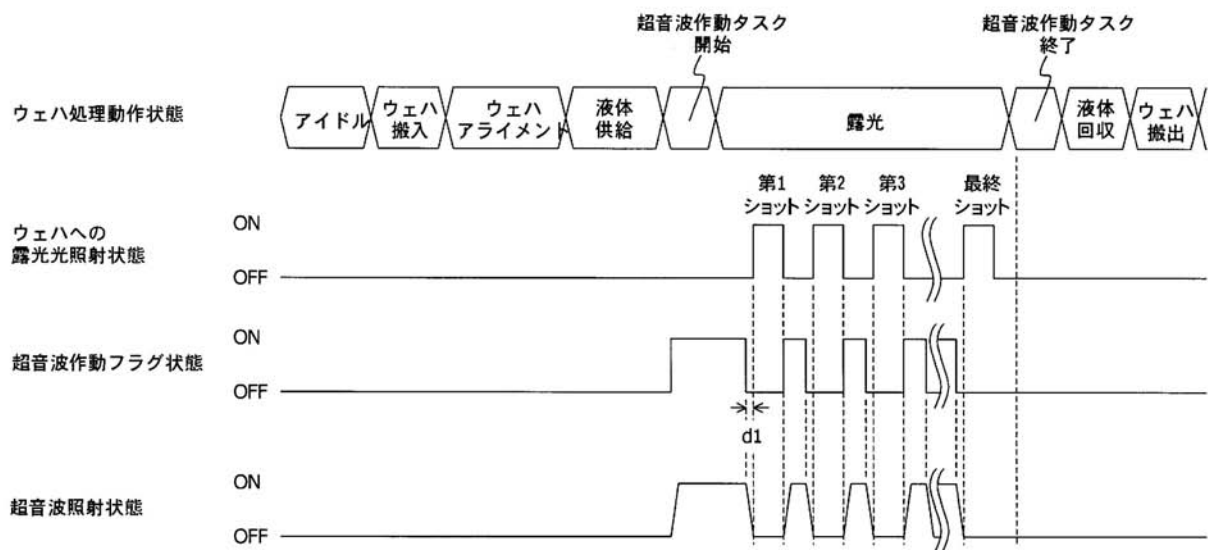
【 図 3 】



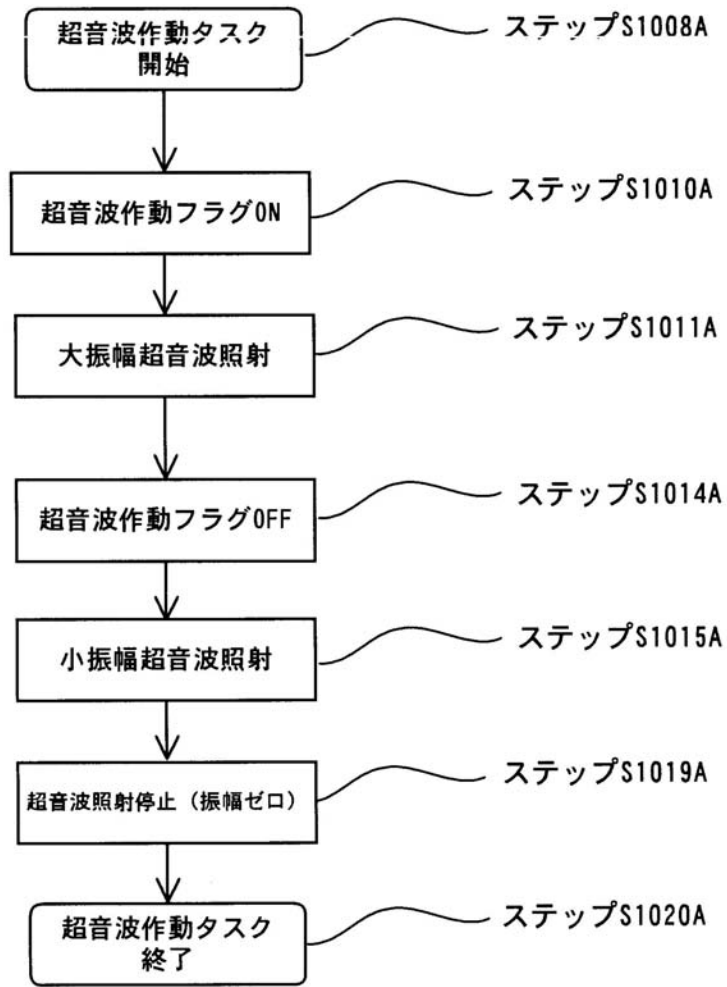
【 図 4 】



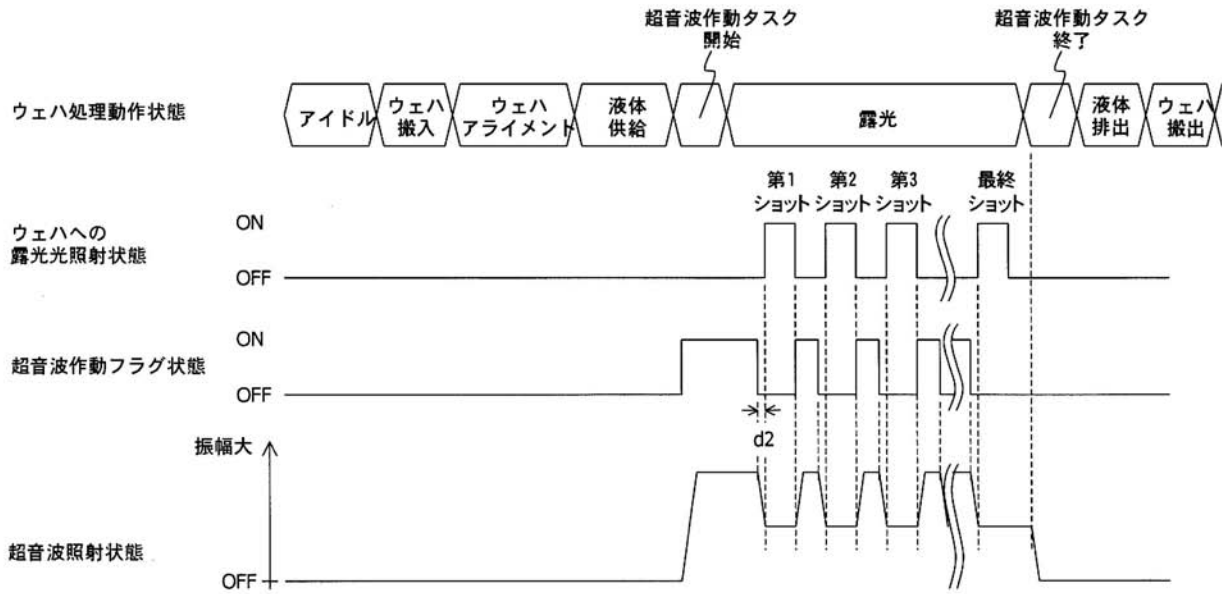
【 図 5 】



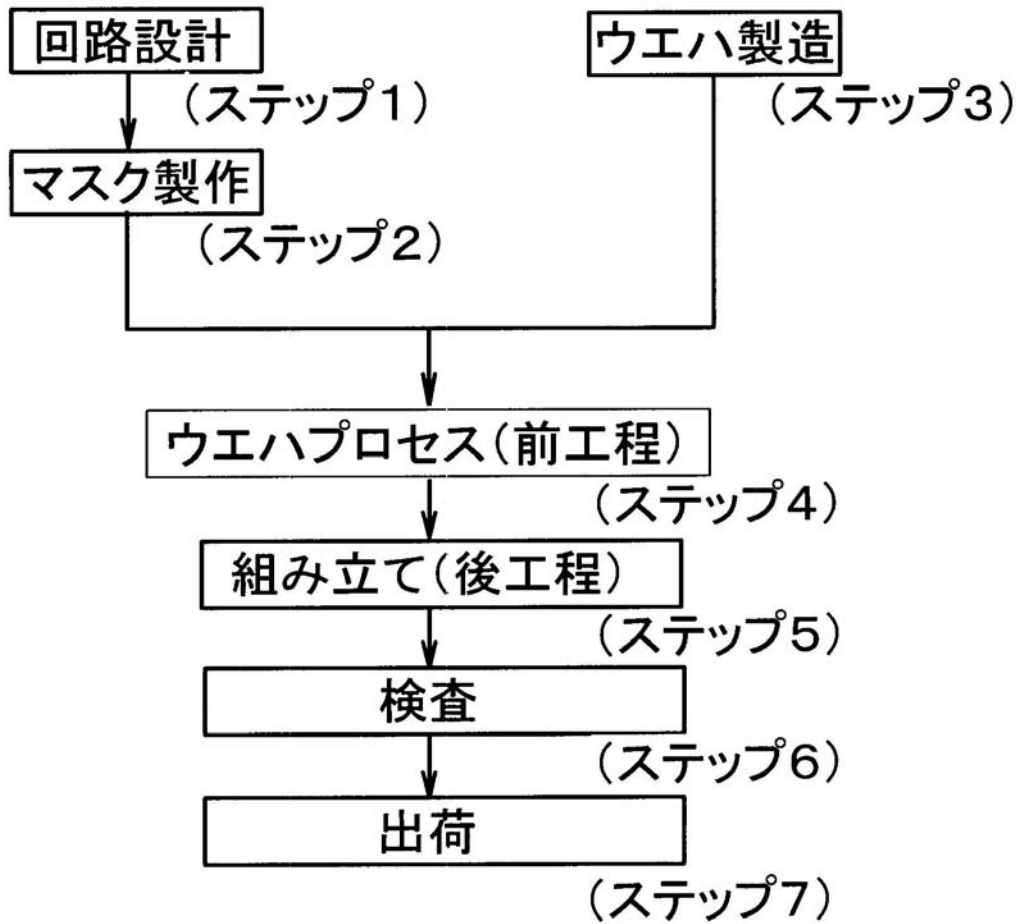
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

