

(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2007-142366
(P2007-142366A)

(43) 公開日 平成19年6月7日(2007.6.7)

(51) Int.Cl.
H O 1 L 21/027 (2006.01)

F I
H O 1 L 21/30 5 O 2 D

テーマコード (参考)
5 F O 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 19 頁)	
(21) 出願番号 (22) 出願日 (31) 優先権主張番号 (32) 優先日 (33) 優先権主張国 (特許庁注：以下のものは登録商標) 1. テフロン	(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 長谷川 敬恭 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 CB01 DA12 DA27 DA30

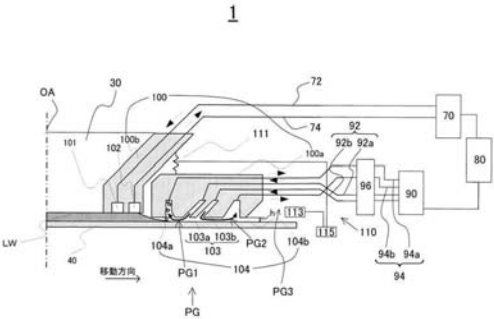
(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】スループット、露光精度及び経済性に優れた露光装置を提供する。

【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備え、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、前記液体の広がりを抑制するために前記液体の周囲に気体を供給する2つの気体供給口を有するエアカーテン形成手段を有し、前記2つの気体供給口は、それぞれ異なる気体を供給することを特徴とする露光装置を提供する。

【選択図】 図2



【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備え、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、
前記液体の広がり抑制のために前記液体の周囲に気体を供給する 2 つの気体供給口を有するエアカーテン形成手段を有し、
前記 2 つの気体供給口は、それぞれ異なる気体を供給することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記エアカーテン形成手段は、
前記液体の周囲に第 1 の気体を供給する第 1 の気体供給口と、
前記投影光学系の光軸に関し、前記第 1 の気体供給口よりも内側に配置され、前記第 1 の気体を回収する第 1 の気体回収口と、
前記投影光学系の光軸に関し、前記第 1 の気体供給口よりも外側に配置され、前記第 1 の気体と異なる第 2 の気体を供給する第 2 の気体供給口と、
前記第 1 の気体供給口と前記第 2 の気体供給口との間に配置され、前記第 2 の気体を回収する第 2 の気体回収口とを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 3】

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備え、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、
前記液体の周囲に第 1 の気体を供給する第 1 の気体供給口と、
前記投影光学系の光軸に関し、前記第 1 の気体供給口よりも内側に配置され、前記第 1 の気体を回収する第 1 の気体回収口と、
前記投影光学系の光軸に関し、前記第 1 の気体供給口よりも外側に配置され、第 2 の気体を供給する第 2 の気体供給口と、
前記投影光学系の光軸に関し、前記第 2 の気体供給口よりも外側に配置され、前記第 2 の気体を回収する第 2 の気体回収口とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 4】

前記第 1 の気体は、前記第 2 の気体と異なることを特徴とする請求項 3 記載の露光装置。

【請求項 5】

前記第 1 の気体は、前記液体と同じ物質の蒸気又は前記液体が気化した蒸気の組成を有する蒸気を含み、
前記第 1 の気体に含まれる前記蒸気の濃度は、前記第 2 の気体に含まれる蒸気の濃度よりも高いことを特徴とする請求項 2 又は 4 記載の露光装置。

【請求項 6】

前記第 1 の気体に含まれる酸素の分圧は、前記第 2 の気体に含まれる酸素の分圧よりも低いことを特徴とする請求項 2 又は 4 記載の露光装置。

【請求項 7】

前記被処理体を載置するステージを更に有し、
前記第 2 の気体は、前記ステージが配置される空間の雰囲気と同じ組成であることを特徴とする請求項 2 乃至 6 のうちいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 8】

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備え、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、
前記被処理体を載置するステージと、
前記液体の広がり抑制するエアカーテン形成手段とを有し、
前記エアカーテン形成手段は、
複数の方向に配置され、前記液体の周囲に気体を供給する複数の気体供給口と、
前記ステージの移動方向に応じて、前記複数の気体供給口のうち使用すべき気体供給口を選択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 9】

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備え、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、
前記被処理体を載置するステージと、
前記液体の広がり抑制するエアカーテン形成手段とを有し、
前記エアカーテン形成手段は、
複数の方向に配置され、前記液体の周囲に供給された気体を回収する複数の気体回収口と、
前記ステージの移動方向に応じて、前記複数の気体回収口のうち使用すべき気体回収口を選択する制御部とを有することを特徴とする露光装置。

10

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 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、
露光され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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般には、露光装置に係り、特に、半導体デバイス用のウェハ、液晶表示素子用のガラスプレートなどの被処理体を露光する露光装置に関する。本発明は、例えば、
投影光学系の最終面（最終レンズ）と被処理体との間を液体で満たし、かかる液体を介して被処理体を露光する、所謂、液浸露光装置に好適である。

20

【背景技術】

【0002】

レチクル（又はマスク）に形成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、且つ、高スループットを実現する露光装置が益々要求されている。高解像度の要求に応えるための一手段として液浸露光が注目されている。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）の増加を更に進めるものである。投影光学系の NA は、媒質の屈折率を n とすると、 $NA = n \cdot \sin \theta$ であるため、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によって、NA を n まで大きくすることができる。その結果、プロセス定数 k_1 と光源の波長 λ によって表される露光装置の解像度 R （ $R = k_1 \cdot \lambda / NA$ ）を小さくすることができる。

30

【0003】

液浸露光では、投影光学系とウェハとの間に局所的に液体を充填するローカルフィル方式が提案されている（例えば、特許文献 1 及び 2 参照）。また、投影光学系とウェハとの間に供給した液体の周囲にガスを吹き付けることによってエアカーテンを形成し、液体を投影光学系とウェハとの間に封じ込めるエアカーテン方式も提案されている（例えば、特許文献 3 参照）。

【特許文献 1】国際公開第 99/49504 号パンフレット

40

【特許文献 2】国際公開第 2004/086470 号パンフレット

【特許文献 3】特開 2004-289126 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 3 では、投影光学系とウェハとの間に液体を留めるエアカーテンのガス圧が弱いため、露光中にウェハが高速で移動した場合、充填された液体が周囲に飛散してしまう。液体の充填が不十分であると、液体に気泡が混入する。液体に混入した気泡は、露光光を乱反射し、露光量を減少させ、スループットを低下させる。また、液体の周囲に形成されるエアカーテンの湿度が低い場合には、液体が蒸発し、気化熱が発生す

50

る。かかる気化熱は、液体だけではなく、液体が接触する投影光学系やウェハを冷却してしまうため、それらの変形を招き、露光精度を悪化させてしまう。更に、エアカーテンを常に液体の全周に形成することは必ずしも経済的ではない。

【0005】

そこで、本発明は、スルーブット、露光精度及び経済性に優れた露光装置を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

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備え、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、前記液体の広がり抑制するために前記液体の周囲に気体を供給する2つの気体供給口を有するエアカーテン形成手段を有し、前記2つの気体供給口は、それぞれ異なる気体を供給することを特徴とする。

10

【0007】

本発明の別の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備え、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、前記液体の周囲に第1の気体を供給する第1の気体供給口と、前記投影光学系の光軸に関し、前記第1の気体供給口よりも内側に配置され、前記第1の気体を回収する第1の気体回収口と、前記投影光学系の光軸に関し、前記第1の気体供給口よりも外側に配置され、第2の気体を供給する第2の気体供給口と、前記投影光学系の光軸に関し、前記第2の気体供給口よりも外側に配置され、前記第2の気体を回収する第2の気体回収口とを有することを特徴とする。

20

【0008】

本発明の更に別の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備え、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、前記被処理体を載置するステージと、前記液体の広がり抑制するエアカーテン形成手段とを有し、前記エアカーテン形成手段は、複数の方向に配置され、前記液体の周囲に気体を供給する複数の気体供給口と、前記ステージの移動方向に応じて、前記複数の気体供給口のうち使用すべき気体供給口を選択する制御部とを有することを特徴とする。

30

【0009】

本発明の更に別の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備え、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、前記被処理体を載置するステージと、前記液体の広がり抑制するエアカーテン形成手段とを有し、前記エアカーテン形成手段は、複数の方向に配置され、前記液体の周囲に供給された気体を回収する複数の気体回収口と、前記ステージの移動方向に応じて、前記複数の気体回収口のうち使用すべき気体回収口を選択する制御部とを有することを特徴とする。

40

【0010】

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、露光され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。

【0011】

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】

【0012】

本発明によれば、スルーブット、露光精度及び経済性に優れた露光装置を提供することができる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して、本発明の一側面としての露光装置1について説明する。ここで、図1は、本発明の露光装置1の構成を示す概略ブロック図である。露光装置1は、投影光学系30のウェハ40側にある最終面（最終レンズ）とウェハ40との間に供給される液体LWを介して、レチクル20のパターンをウェハ40に露光する液浸露光装置である。露光装置1は、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であるが、ステップ・アンド・リピート方式やその他の露光方式を適用することもできる。

【0014】

露光装置1は、照明装置10と、レチクルステージ25と、投影光学系30と、ウェハステージ45と、測距装置50と、ステージ制御部60と、液体供給回収機構70と、液浸制御部80と、気体供給回収機構90と、ノズルユニット100とを有する。 10

【0015】

照明装置10は、転写用のパターン（回路パターン）が形成されたレチクル20を照明し、光源部12と、照明光学系14とを有する。

【0016】

光源部12は、本実施形態では、波長約193nmのArFエキシマレーザーを光源として使用する。但し、光源部12は、ArFエキシマレーザーに限定されず、例えば、波長約248nmのKrFエキシマレーザー、波長約157nmのF₂レーザーを光源として使用してもよい。 20

【0017】

照明光学系14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。

【0018】

レチクル20は、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により、ウェハ40上に投影される。レチクル20とウェハ40とは、光学的に共役の関係に配置される。露光装置1は、ステップ・アンド・スキャン方式であるため、レチクル20とウェハ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のパターンをウェハ40上に転写する。 30

【0019】

レチクルステージ25は、定盤27に固定される。レチクルステージ25は、レチクル20を載置（支持）し、図示しない移動機構及びステージ制御部60によって移動を制御される。図示しない移動機構は、リニアモーターなどで構成され、走査方向（本実施形態では、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を移動させることができる。

【0020】

投影光学系30は、レチクル20のパターンをウェハ40に投影する。投影光学系30は、複数のレンズ素子のみからなる屈折光学系、複数のレンズ素子と少なくとも1枚の凹面鏡とを有する反射屈折光学系等を使用することができる。 40

【0021】

ウェハ40は、ウェハステージ45に支持及び駆動される。ウェハ40は、被処理体の一例であり、かかる被処理体は、ガラスプレート、その他の被処理体を広く含む。ウェハ40には、フォトリソグが塗布されている。

【0022】

ウェハステージ45は、定盤47に固定され、ウェハ40を載置（支持）する。ウェハステージ45は、ウェハ40の上下方向（鉛直方向、即ち、Z軸方向）の位置や回転方向、傾きを調整する機能を有し、ステージ制御部60によって制御される。

【0023】

ウェハステージ45には、同面板46が設けられている。同面板46は、ウェハステー 50

ジ４５に載置されたウェハ４０の表面とウェハ４０の外側の領域とを同一面にするための板であり、ウェハ４０と略同一な高さを有する。また、同面板４６は、エッジショットを液浸露光する際に、ウェハ４０の外側の領域に液膜を形成する（即ち、液体ＬＷを保持する）ことを可能にする。

【００２４】

測距装置５０は、参照ミラー５２及び５４、及び、レーザー干渉計５６及び５８を用いて、レチクルステージ２５及びウェハステージ４５の２次元的な位置をリアルタイムに測定する。測距装置５０は、測距結果をステージ制御部６０に伝達する。

【００２５】

ステージ制御部６０は、レチクルステージ２５及びウェハステージ４５の駆動を制御する。ステージ制御部６０は、測距装置５０の測距結果に基づいて、位置決めや同期制御のために、レチクルステージ２５及びウェハステージ４５を一定の速度比率で駆動する。また、ステージ制御部６０は、例えば、露光時において、ウェハ４０の表面が投影光学系３０の焦点面（結像面）に高精度に合致するように、ウェハステージ４５を制御する。

【００２６】

液体供給回収機構７０は、液体供給配管７２を介して投影光学系３０とウェハ４０との間に液体ＬＷを供給し、液体回収配管７４を介して投影光学系３０とウェハ４０との間に供給した液体ＬＷを回収する。液体ＬＷは、露光光の吸収が少ない液体から選択され、更に、石英や蛍石などから製造される屈折系光学素子と同程度の屈折率を有することが好ましい。液体ＬＷは、例えば、純水、機能水、フッ化液（例えば、フルオロカーボン）などを使用する。

【００２７】

液体ＬＷは、予め、図示しない脱気装置を用いて、十分に溶存ガスを取り除いておくことが好ましい。これにより、気泡の発生を抑制し、また、気泡が発生しても即座に液体中に吸収できるからである。例えば、空気中に多く含まれる窒素及び酸素を対象とし、液体ＬＷに溶存可能なガス量の８０％以上を除去すれば、十分に気泡の発生を抑制することができる。図示しない脱気装置を液体供給回収機構７０（露光装置１）に備えて、常に溶存ガスを取り除きながら液体ＬＷを供給してもよい。脱気装置としては、例えば、ガス透過性の膜を隔てて、一方に液体ＬＷを流し、他方を真空にして液体中の溶存ガスをその膜を介して真空中に追い出す真空脱気装置が好適である。また、液体供給回収機構７０は、一般的に、液体ＬＷを貯蔵するタンク、液体ＬＷを精製する精製装置、液体ＬＷを送り出す圧送装置、液体ＬＷの流量や温度などを制御する制御装置、液体ＬＷを吸い取る吸引装置などを備えている。

【００２８】

液体供給配管７２は、図２に示すように、投影光学系３０の最終面（最終レンズ）の周囲に配置され、ノズルユニット１００に形成された液体供給口１０１に接続する。これにより、液体供給配管７２は、投影光学系３０とウェハ４０との間に液体ＬＷを供給し、液体ＬＷの液膜を形成する。なお、投影光学系３０とウェハ４０との間の間隔は、液体ＬＷの液膜を安定して形成できる程度であることが好ましく、例えば、１．０ｍｍとするとよい。

【００２９】

液体供給配管７２は、液体ＬＷを汚染しないように、溶出物質が少ないテフロン樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂などで構成されることが好ましい。なお、液体ＬＷとして純水以外の液体を用いる場合、液体供給配管７２は、液体ＬＷに対して耐性を有し、且つ、溶出物質が少ない材料で構成される。

【００３０】

液体回収配管７４は、液体供給配管７２の周囲に配置され、ノズルユニット１００に形成された液体回収口１０２に接続する。液体回収配管７４は、液体供給配管７２と同様に、液体ＬＷを汚染しないように、液体ＬＷに耐性を有し、且つ、溶出物質が少ない材料で構成されることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

液浸制御部 8 0 は、ウェハステージ 4 5 の現在位置、速度、加速度、目標位置及び移動方向などの情報をステージ制御部 6 0 から取得し、かかる情報に基づいて、液体供給回収機構 7 0 を制御する。具体的には、液浸制御部 8 0 は、液体 L W の供給及び回収の切り替え、停止、液体 L W の供給量及び回収量（流量）を制御する。

【 0 0 3 2 】

気体供給回収機構（エアカーテン形成手段）9 0 は、気体供給配管 9 2 を介して投影光学系 3 0 とウェハ 4 0 との間に供給された液体 L W の周囲に気体 P G を供給し（吹き付け）、気体回収配管 9 4 を介して供給した気体 P G を回収する。換言すれば、気体供給回収機構 9 0 は、液体 L W の周囲に気体 P G を供給する（吹き付ける）ことによって、液体 L W の広がりを抑制する（即ち、液体 L W を閉じ込める）エアカーテンを形成する。また、エアカーテンは、液体 L W と外部の環境との接触を抑制する。なお、気体供給回収機構 9 0 は、本実施形態では、後述する気体調整装置 9 6 と共同し、エアカーテンを形成するための気体 P G として、2 種類の異なる気体（即ち、第 1 の気体 P G 1 及び第 2 の気体 P G 2 ）を供給する。但し、本発明は、気体供給回収機構 9 0 が気体調整装置 9 6 を介さずに、2 種類の異なる気体を供給することを排除するものではない。

【 0 0 3 3 】

気体供給配管 9 2 は、各種樹脂やステンレスなどの金属で構成され、図 2 に示すように、ノズルユニット 1 0 0 に形成された気体供給口 1 0 3 に接続する。気体供給配管 9 2 は、本実施形態では、2 つの気体供給配管 9 2 a 及び 9 2 b で構成され、気体供給配管 9 2 a は第 1 の気体供給口 1 0 3 a に接続し、気体供給配管 9 2 b は第 2 の気体供給口 1 0 3 b に接続する。気体供給配管 9 2 a は、第 1 の気体供給口 1 0 3 a を介して、第 1 の気体 P G 1 を供給し、気体供給配管 9 2 b は、第 2 の気体供給口 1 0 3 b を介して、第 2 の気体 P G 2 を供給する。

【 0 0 3 4 】

気体回収配管 9 4 は、気体供給配管 9 2 と同様に、各種樹脂やステンレスなどの金属で構成され、ノズルユニット 1 0 0 に形成された気体回収口 1 0 4 に接続する。気体回収配管 9 4 は、本実施形態では、2 つの気体回収配管 9 4 a 及び 9 4 b で構成され、気体回収配管 9 4 a は第 1 の気体回収口 1 0 4 a に接続し、気体回収配管 9 4 b は第 2 の気体回収口 1 0 4 b に接続する。気体回収配管 9 4 a は、第 1 の気体回収口 1 0 4 a を介して、第 1 の気体 P G 2 を回収し、気体回収配管 9 4 b は、第 2 の気体回収口 1 0 4 b を介して、第 2 の気体 P G 2 を回収する。

【 0 0 3 5 】

気体調整装置 9 6 は、気体 P G の温度及び湿度（気体 P G に含まれる液体 L W の濃度）を調整する機能を有し、2 種類の異なる気体（第 1 の気体 P G 1 及び第 2 の気体 P G 2 ）を生成する。気体調整装置 9 6 は、第 1 の気体 P G 1 を気体供給配管 9 2 a （第 1 の気体供給口 1 0 3 a ）に提供し、第 1 の気体 P G 1 とは異なる第 2 の気体 P G 2 を気体供給配管 9 2 b （第 2 の気体供給口 1 0 3 b ）に提供する。ここで、2 種類の異なる気体とは、例えば、互いに湿度が異なる空気である。この場合、気体調整装置 9 6 は、例えば、第 1 の気体 P G 1 の湿度が第 2 の気体 P G の湿度よりも高くなるように調整する。また、2 種類の異なる気体は、空気と不活性ガスなどの組み合わせであってもよい。例えば、第 1 の気体 P G 1 には、窒素、ヘリウム、ネオン、アルゴンなどの不活性ガス又は水素に液体 L W の蒸気を混入させたガスを使用し、第 2 の気体 P G 2 には空気を使用する。第 1 の気体 P G 1 は、後述するように、液体 L W と接触するため、酸素分圧の少ない不活性ガスを使用することで、露光光の透過率を減少させる酸素を液体 L W から遮断することができる。また、不活性ガスは、液体 L W に溶解しても液体 L W の屈折率の変化が少ないため、転写性能の劣化が少ない。なお、気体調整装置 9 6 は、図示しない湿度（濃度）計測部と、図示しない温度計測部とを有する。湿度計測部は、気体 P G の湿度（気体 P G に含まれる液体 L W と同じ物質の蒸気又は液体 L W が気化した蒸気と同じ組成を有する蒸気の濃度）を計測する。温度計測部は、気体 P G の温度を計測する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

本実施形態では、図 2 に示すように、第 1 の気体供給口 1 0 3 a から供給される第 1 の気体 P G 1 と第 2 の気体供給口 1 0 3 b から供給される第 2 の気体 P G 2 によって、2 重（2 つ）のエアカーテンが形成される。第 2 の気体 P G 2 によって形成されるエアカーテンは、投影光学系 3 0 の光軸 O A に関し、第 1 の気体 P G 1 によって形成されるエアカーテンよりも外側に形成される。なお、本出願では、「外側」とは、投影光学系 3 0 の光軸 O A に近づく側（即ち、光軸 O A 側）、「内側」とは、投影光学系 3 0 の光軸 O A から遠ざかる側と定義する。

【 0 0 3 7 】

第 1 の気体 P G 1 は、液体 L W の周囲にエアカーテンを形成し、液体 L W と接触する。従って、第 1 の気体 P G 1 の湿度が低い場合、液体 L W が蒸発し、気化熱が発生する。気化熱は、液体 L W の温度を低下させるだけではなく、投影光学系 3 0 （の最終レンズ）やウェハ 4 0 （の表面）の温度も低下させてしまう。これにより、投影光学系 3 0 の最終レンズやウェハ 4 0 の表面が変形し、収差の発生や焦点（結像）位置の変化などによって露光精度が悪化してしまう。そこで、気体調整装置 9 6 は、本実施形態では、第 1 の気体 P G 1 の湿度が第 2 の気体 P G の湿度よりも高くなるように調整する。具体的には、気体調整装置 9 6 は、液体 L W と同じ物質の蒸気又は液体 L W が気化した蒸気と同じ組成を有する蒸気を第 1 の気体 P G 1 に混入させる。このように、第 1 の気体 P G 1 の湿度を第 2 の気体 P G 2 の湿度よりも高くすることによって、液体 L W の蒸発を抑制することができる。

【 0 0 3 8 】

なお、第 2 の気体 P G 2 によるエアカーテンを形成せずに、第 1 の気体 P G 1 によるエアカーテンのみを形成することも考えられる。但し、第 2 の気体 P G 2 によるエアカーテンを形成することによって、3 つの効果を得ることができる。

【 0 0 3 9 】

第 1 の効果として、第 2 の気体 P G 2 によるエアカーテンを形成することによって、第 1 の気体 P G 1 によるエアカーテンの形成が補助される（整流効果）。第 1 の気体 P G 1 によるエアカーテンのみを形成した（即ち、第 1 の気体 P G 1 のみを供給した）場合、第 1 の気体 P G 1 の一部が第 1 の気体供給口 1 0 2 a から外側に抜けてしまうため、液体 L W を留めるエアカーテンのガス圧が弱くなってしまう。その結果、露光中にウェハ 4 0 が高速で移動すると、投影光学系 3 0 とウェハ 4 0 との間に供給（充填）された液体 L W が周囲に飛散してしまう。また、特許文献 3 のように、2 つの気体供給口を配置しても、気体を回収する回収口が 1 つであると、2 つの気体供給口から供給される気体の流路が定まらず、効率的ではない。そこで、本実施形態では、第 2 の気体 P G 2 によるエアカーテンを形成することによって、第 1 の気体 P G 1 が第 1 の気体供給口 1 0 2 a から外側に抜けることを抑制し、第 1 の気体 P G 1 によるエアカーテンを強固にしている。具体的には、図 2 に示すように、光軸 O A から投影光学系 3 0 の最終レンズの径方向（内側から外側）に向かって、第 1 の気体回収口 1 0 4 a、第 1 の気体供給口 1 0 3 a、第 2 の気体供給口 1 0 3 b、第 2 の気体回収口 1 0 4 b の順に配置している。これにより、投影光学系 3 0 の光軸 O A に関し、第 1 の気体 P G 1 が外側から内側に流動するのに対して、第 2 の気体 P G 2 は内側から外側に流動するため、整流効果を得ることができる。なお、第 1 の気体回収口 1 0 4 a、第 1 の気体供給口 1 0 3 a、第 2 の気体供給口 1 0 3 b 及び第 2 の気体回収口 1 0 4 b の配置については、後で詳細に説明する。

【 0 0 4 0 】

第 2 の効果として、第 2 の気体 P G 2 によるエアカーテンを形成することによって、露光装置 1 のチャンバ内の湿度を低く維持することができる（湿度維持効果）。湿度の高い第 1 の気体 P G 1 が後述する凸部 1 0 0 a の外側に流出すると、ウェハステージ 4 5 と同じ空間に配置されている機械部品や電気部品を腐食させてしまうおそれがある。また、ウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気（濃度分布）が不均一となり、レーザー干渉計 5 6 及び 5 8 などを用いる測距装置 5 0 の測定誤差を大きくしてしまうおそれがある。そ

10

20

30

40

50

ここで、本実施形態の露光装置 1 は、第 2 の気体 P G 2 によるエアカーテンによって第 1 の気体 P G 1 を覆い、湿度の高い第 1 の気体 P G 1 が凸部 1 0 0 a の外側に流出しないようにしている。この場合、第 2 の気体 P G 2 は、ウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気（気体）P G 3 と同程度の湿度又は組成に調整されることが好ましい。

【0041】

第 3 の効果として、第 2 の気体 P G 2 によるエアカーテンを形成することによって、露光装置 1（ウェハステージ 4 5 が配置される空間）を囲うチャンバとして、簡易的なチャンバを使用することが可能となる。第 2 の気体 P G 2 の成分比率及びウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気（気体）P G 3 が露光装置 1 の配置されるクリーンルームの雰囲気 P G 4 の成分比率と異なる場合、露光装置 1 を囲うチャンバを強固なチャンバにする必要がある。ここで、強固なチャンバとは、チャンバの内外で気体の行き来が非常に少ないチャンバである。また、強固なチャンバを使用した場合、チャンバ内に配置された空調用ファンや駆動機構から発生する音の反射も大きくなるため、レーザー干渉計 5 6 及び 5 8 などを用いる測距装置 5 0 の測定誤差を大きくしてしまうおそれがある。

10

【0042】

但し、第 2 の気体 P G 2 の成分比率が、ウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気 P G 3 の成分比率及び露光装置 1 が配置されるクリーンルームの雰囲気 P G 4 の成分比率とほぼ同じであれば、簡易的なチャンバを使用することが可能となる。これにより、強固なチャンバを使用した場合と比較して、コストダウンを図ることができる。そこで、本実施形態では、ウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気 P G 3 の成分比率及び露光装置 1 が配置されるクリーンルームの雰囲気 P G 4 の成分比率とほぼ同じ成分比率を有する第 2 の気体 P G 2 を用いてエアカーテンを形成する。なお、液体 L W に純水を使用する場合、露光装置 1 が配置されるクリーンルームの雰囲気の湿度は 4 0 % 程度に制御されるため、第 2 の気体 P G 2 の湿度は 4 0 % 程度であることが好ましい。

20

【0043】

第 1 の効果（整流効果）を得るためには、第 1 の気体 P G 1 の流動方向と第 2 の気体 P G 2 の流動方向とが異なる必要がある。一方、第 2 の効果（湿度維持効果）を得るためには、2 重のエアカーテンが形成されていればよく、第 1 の気体 P G 1 及び第 2 の気体 P G 2 の流動方向は問わない。

【0044】

また、気体供給口 1 0 3 の内部における蒸気の混入量を飽和蒸気圧とすると、気体供給口 1 0 3 の外部に気体 P G が噴出する際の圧力低下と温度低下によって、ウェハ 4 0 の表面に結露が発生する。ウェハ 4 0 の表面に発生した結露は蒸発する際に気化熱を生じるため、ウェハ 4 0 の温度低下によってウェハ 4 0 が歪み、露光精度が悪化してしまう。従って、結露の発生を抑制するために、気体供給口 1 0 3 の内部における気体 P G の湿度を気体供給口 1 0 3 の外部の気体の湿度以下にすることが好ましい。

30

【0045】

また、気体供給口 1 0 3 から気体 P G を供給する場合、気体供給口 1 0 3 の内側と外側では、その流路の圧力損失によって、気体供給口 1 0 3 の外側の圧力に対して気体供給口 1 0 3 の内側の圧力が高くなる。更に、気体供給口 1 0 3 から気体 P G が噴出した際の断熱膨張によって温度も低下する。従って、ウェハ 4 0 の温度を所定の温度に制御する場合には、かかる所定の温度よりも若干高い温度の気体 P G を供給することが好ましい。

40

【0046】

気体 P G の湿度を高く調整した場合や、ノズルユニット 1 0 0（凸部 1 0 0 a）の外側に気体 P G が漏れ出す量が多い場合には、ウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気の濃度が不均一になってしまう。その結果、測距装置 5 0 の測定誤差が大きくなり、露光精度が悪化してしまう。従って、気体供給口 1 0 3 から供給する気体 P G の供給量を気体回収口 1 0 4 から回収する気体 P G の回収量以下にして、湿度を高くした気体 P G が凸部 1 0 0 a の外側に漏れ出すことを抑えることが好ましい。これにより、ウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気の濃度を均一に維持することができ、測距装置 5 0 の測定誤

50

差を低減することができる。

【0047】

ノズルユニット100は、本実施形態では、気体供給口103及び気体回収口104が形成された凸部100aと、液体供給口101及び液体回収口102が形成された主部100bとで構成される。液体供給口101、液体回収口102、気体供給口103及び気体回収口104は、図3に示すように、それぞれ2つの同心円で挟まれた形状を有する開口であり、スポンジなどの多孔質部材を嵌め込んで形成されてもよいし、空洞でもよい。なお、液体供給口101、液体回収口102、気体供給口103及び気体回収口104は、2つの同心円で挟まれた形状だけではなく、2つの相似の多角形で挟まれた形状、その他の形状であってもよい。ここで、図3は、ノズルユニット100の概略底面図である。

10

【0048】

液体供給口101、液体回収口102、気体供給口103（第1の気体供給口103a及び第2の気体供給口103b）、気体回収口104（第1の気体回収口104a及び第2の気体回収口104b）の配置（位置関係）について詳しく説明する。

【0049】

液体供給口101は、液体供給配管72に接続して液体LWを供給するための開口であるため、液体供給口101、液体回収口102、気体供給口103及び気体回収口104の中で投影光学系30に最も近接して配置される。液体回収口102は、液体回収配管74に接続し、供給した液体LWを回収するための開口であるため、液体供給口101の近傍外側に配置される。液体供給口101及び液体回収口102は、本実施形態では、同心円状に形成されているが、断続的に形成されてもよい。

20

【0050】

液体回収口102は、液体LWと一緒に液体回収口102の周辺の気体を吸い込む。液体回収口102から吸い込まれる流体の量は、液体供給口101から供給される液体の供給量に対して非常に多い。ノズルユニット100の凸部100aと主部100bとが不図示の気密性の高い蛇腹部材で接続されている場合、液体回収口102の周辺の気圧が凸部100aの外側の空間の気圧に対して負圧となる。従って、凸部100aとウェハ40との間の空間を介して、液体LWに吹き付けられる気体PGの流速が数十m/秒を超えるために、液体LWの界面が不安定になり、気泡が発生しやすくなる。

【0051】

そこで、不図示の蛇腹部材に不図示の気体供給回収配管を接続し、気体供給回収配管内部の圧力が所定の圧力になるように気体を供給及び回収することで、液体回収口102と凸部100aとの間の空間が負圧になるのを抑制することができる。また、主部100bと別体で構成される凸部100aとの間の隙間とノズルユニット100の外部の空間とを接続することでも、液体回収口102の近傍の気圧が負圧にならないようにすることができる。

30

【0052】

一方、気体供給口103は、気体供給配管92に接続して第1の気体PG1及び第2の気体PG2を供給するための開口である。気体供給口103は、エアカーテンを形成する第1の気体PG1及び第2の気体PG2を供給するため、本実施形態では、凸部100aに形成される。気体回収口104は、供給した第1の気体PG1及び第2の気体PG2を回収するための開口であり、気体回収配管94に接続する。従って、気体回収口104は、気体供給口103の近傍に配置される。

40

【0053】

また、ウェハステージ45が高速で移動する場合や液体LWの接する面の接触角が低い場合には、液体LWが引きずられ、液体LWの伸びだす量が増える。第1の気体供給口103aから供給される第1の気体PG1は、伸びだした液体LWを抑え、伸びだした液体LWは、供給された第1の気体PG1と一緒に第1の気体回収口104aで回収される。この際、第1の気体回収口104aは空気と液体を同時に吸い込むため、振動を発生させてしまう。そこで、本実施形態では、第1の気体回収口104a（第2の気体回収口10

50

4 bを含む)が形成された凸部100 aを、ノズルユニット100の主部100 bと別体で構成している。

【0054】

第1の気体供給口103 aは、投影光学系30の光軸OAに関し、液体供給口101よりも外側に形成(配置)され、液体LWの周囲に第1の気体PG1を供給する。第2の気体供給口103 bは、投影光学系30の光軸OAに関し、第1の気体供給口103 aよりも外側に形成(配置)され、第1の気体PG1と隣接するように第2の気体PG2を供給する。第1の気体回収口104 aは、投影光学系30の光軸OAに関し、第1の気体供給口103 aよりも内側、且つ、液体供給口101と第1の気体供給口102 aとの間に形成(配置)される。第1の気体回収口104 aは、少なくとも第1の気体供給口103 aから供給される第1の気体PG1を回収する。第2の気体回収口104 bは、投影光学系30の光軸OAに関し、第2の気体供給口103 bよりも外側に形成され、少なくとも気体PG2を回収する。

10

【0055】

液体LWの周囲に2重のエアカーテンを形成するために、第1の気体供給口102 a及び第2の気体供給口102 bから第1の気体PG1及び第2の気体PG2を供給すると、第1の気体PG1及び第2の気体PG2の供給量や電力消費量が多くなる。一方、本発明者は、ウェハ40が移動する方向に応じて液体LWも移動し、液体LWが常に全ての方位に広がるわけではないことを発見した。そこで、本実施形態では、図3に示すように、気体供給口103及び気体回収口104をそれぞれ4分割し、液体LWが広がる方向に応じて使用(駆動)する気体供給口102及び気体回収口104を選択してエアカーテンを形成している。これにより、露光装置1の経済性を向上させることができる。

20

【0056】

ここで、図3及び図4を参照して、気体供給口103(第1の気体供給口103 a及び第2の気体供給口103 b)及び気体回収口104(第1の気体回収口104 a及び第2の気体回収口104 b)の選択について説明する。

【0057】

図3及び図4を参照するに、第1の気体供給口103 aは、バルブV1、V2及びV3によって使用する気体回収口を切り替えることができる第1の気体供給口103 a₁乃至103 a₄から構成される。第2の気体供給口103 bは、バルブV4、V5及びV6によって使用する気体回収口を切り替えることができる第2の気体供給口103 b₁乃至103 b₄から構成される。第1の気体回収口104 aは、バルブV7、V8及びV9によって使用する気体回収口を切り替えることができる第1の気体回収口104 a₁乃至104 a₄から構成される。第2の気体回収口104 bは、バルブV10、V11及びV12によって使用する気体回収口を切り替えることができる第2の気体回収口104 b₁乃至104 b₄から構成される。このように、第1の気体供給口103 a、第2の気体供給口103 b、第1の気体回収口104 a及び第2の気体回収口104 bは、本実施形態では、4つに分割されているが、更に細かく分割してもよい。なお、バルブV1乃至V12は、切替制御部120によって制御される。ここで、図4は、液体LWの広がりに応じた気体供給口103及び気体回収口104の選択を説明するための図であって、気体供給口103、気体回収口104、バルブV1乃至V12及び切替制御部120の構成を示す概略ブロック図である。

30

40

【0058】

切替制御部120は、第1の気体PG1及び第2の気体PG2の消費量を抑えるために、各バルブV1乃至V12の動作をウェハステージ45(即ち、ウェハ40)の移動方向に応じて制御する(切り替える)。換言すれば、切替制御部120は、ウェハステージ45の移動方向に基づいて、複数の気体回収口及び気体回収口のうち使用すべき気体供給口及び気体回収口を選択する。図3を参照するに、+x方向にウェハ40が移動する場合、液体LWはウェハ40の移動に引きずられて+x方向に伸びだす。この場合、第1の気体供給口103 a₂及び第2の気体供給口103 b₂から第1の気体PG1及び第2の気体

50

P G 2 を供給し、第 1 の気体回収口 1 0 4 a₂ 及び第 2 の気体回収口 1 0 4 b₂ から第 1 の気体 P G 1 及び第 2 の気体 P G 2 を回収する。これにより、気体 P G の消費量を抑えながら液体 L W の伸びだしを抑制することができる。

【 0 0 5 9 】

+ x 方向にウェハ 4 0 が移動する場合、ウェハ 4 0 の移動方向の液体 L W を規制する必要がある。そこで、第 1 の気体供給口 1 0 3 a₄、第 2 の気体供給口 1 0 3 b₄、第 1 の気体回収口 1 0 4 a₄ 及び第 2 の気体回収口 1 0 4 b₄ の供給及び回収を停止させる。そして、それ以外の気体供給口及び気体回収口からの気体 P G を供給及び回収することで、第 1 の気体 P G 1 及び第 2 の気体 P G 2 の消費量を抑えながら液体 L W の伸びだしを抑制してもよい。なお、第 1 の気体 P G 1 及び第 2 の気体 P G 2 の消費量を抑えるだけであれば、気体供給口だけを切り替え、気体回収口を切り替えなくてもよい。

10

【 0 0 6 0 】

液体 L W は、上述したように、様々なものを使用することができ、例えば、純水よりも更に高い屈折率を有する材料、例えば、有機系又は無機系の物質を使用してもよい。但し、蒸発した物質によって露光装置 1 の内外の雰囲気汚染され、露光装置 1 の内部で使用する光学部品の曇りや装置を構成する部品に腐食が生じることが懸念される。本実施形態では、第 1 の気体供給口 1 0 3 a 及び第 2 の気体供給口 1 0 3 b と第 1 の気体回収口 1 0 4 a 及び第 2 の気体回収口 1 0 4 b によって、液体 L W の界面の変形や蒸発した液体 L W の凸部 1 0 0 a への拡散を抑制している。この場合、第 1 の気体供給管 9 2 a から供給する第 1 の気体 P G 1 には酸素分圧の低い窒素、ヘリウムなどの不活性ガスを使用する。更に、第 1 の気体 P G 1 は、液体 L W と同じ物質の蒸気又は液体 L W が気化した蒸気の組成を有する蒸気を含ませて供給することが好ましい。第 2 の気体供給口 9 2 b から供給する第 2 の気体 P G 2 は、ウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気（気体）P G 3 とほぼ同じ成分比率の雰囲気、例えば、湿度 4 0 % の空気であることが好ましい。

20

【 0 0 6 1 】

このように、第 1 の気体 P G 1 に酸素分圧の低い不活性ガスを使用する、即ち、第 1 の気体 P G 1 に含まれる酸素の分圧を第 2 の気体 P G 2 に含まれる酸素の分圧よりも低くすることで、露光光の透過率を減少させる酸素を液体 L W から遮断することができる。また、第 1 の気体 P G 1 及び第 2 の P G 2 の湿度を調整することで、液体 L W の蒸発を抑制することができる。また、ウェハステージ 4 5 が配置される空間の雰囲気の濃度が不均一になるのを抑え、測距装置 5 0 の測定誤差を抑えることができる。

30

【 0 0 6 2 】

なお、凸部 1 0 0 a は、投影光学系 3 0 の最終面よりもウェハ方向に突出し、上述したように、ノズルユニット 1 0 0 の主部 1 0 0 b と別体として構成される。凸部 1 0 0 a は、投影光学系 3 0 とウェハ 4 0 との間隔よりも小さい間隔を形成する。これにより、凸部 1 0 0 a は、液体 L W の移動を制限し、エアカーテンによる液体 L W の閉じ込め効果を向上させることができる。投影光学系 3 0 の最終面とウェハ 4 0 との間隔は 1 mm 程度であるが、凸部 1 0 0 a とそれに対応するウェハ 4 0 又は同面板 4 6 との距離 h は 0 . 4 mm 程度である。エアカーテン（気体 P G ）を吹き付ける力が大き過ぎると、投影光学系 3 0 とウェハ 4 0 との間に供給された液体 L W が飛散する可能性があるため、気体 P G を吹き付ける力の上限は制限される。但し、かかる上限では 1 mm の隙間に液体 L W を留めておくには不十分である。そこで、本実施形態では、凸部 1 0 0 a とウェハ 4 0 又は同面板 4 6 との距離 h によって、投影光学系 3 0 とウェハ 4 0 との間の間隔を実質的に 1 mm よりも小さくし、気体 P G の吹き付け力の低下を抑制している。これにより、エアカーテンによる液体 L W の閉じ込め機能が確保されるため、高屈折率を有する有機系又は無機系の材料を液体 L W として使用したとしても、液体 L W が蒸発して露光装置 1 の内外の雰囲気汚染することを抑制することができる。

40

【 0 0 6 3 】

しかしながら、距離 h が小さすぎると、停電、地震、振動などが生じた場合に、凸部 1 0 0 a とウェハ 4 0 とが接触するおそれがある。そこで、露光装置 1 は、凸部 1 0 0 a と

50

ウェハ４０との距離ｈを調整する調整機構１１０を有している。調整機構１１０は、凸部１００ａとウェハ４０との接触を抑制することを目的として、凸部１００ａを移動させる。調整機構１１０は、図２に示すように、駆動部１１１と、計測部１１３と、制御部１１５とを有する。

【００６４】

駆動部１１１は、凸部１００ａを移動する機能を有し、本実施形態では、不図示の伸縮可能な蛇腹部材で構成される。駆動部１１１は、凸部１００ａをノズルユニット１００に移動可能に接続する。駆動部１１１は、図示しない駆動装置と共同して、凸部１００ａを上下方向に移動させる。この場合、凸部１００ａが移動する位置は、凸部１００ａに形成される図示しないストッパによって規制してもよい。また、液体ＬＷは、ウェハＷを一度に長い距離移動させる、例えば、アライメントの際に、投影光学系３０とウェハ４０との間から漏れやすくなる。従って、アライメントの際には、凸部１００ａとウェハ４０との距離ｈを短くする必要がある。勿論、アライメント以外でも、凸部１００ａとウェハ４０との距離ｈを短くしてもよい。

10

【００６５】

計測部１１３は、投影光学系３０（の最終レンズ）とウェハ４０との間隔（距離）を計測する測距センサであり、例えば、ノズルユニット１００又はウェハステージ４５に配置される。計測部１１３は、計測結果を制御部１１５に伝達する。

【００６６】

制御部１１５は、計測部１１３の計測結果に基づいて、駆動部１１１（図示しない駆動装置）を制御する。これにより、凸部１００ａとウェハ４０との距離ｈを最適な距離に制御することができる。

20

【００６７】

以上説明したように、露光装置１は、第２の気体ＰＧ２によるエアカーテンによって第１の気体ＰＧ１によるエアカーテンを補助し（２重のエアカーテンによる整流効果を実現し）、第１の気体ＰＧ１によるエアカーテンを強固に形成することができる。これにより、投影光学系３０とウェハ４０との間に安定して液体ＬＷを留めることができ、優れた露光精度を実現することができる。また、露光装置１は、２重のエアカーテンによって気化熱の発生を抑制し、高品位な露光を確保している。更に、露光装置１は、エアカーテンの形成が必要な場所にのみ気体を供給及び回収することによって経済性を向上させることができる。

30

【００６８】

以下、図５を参照して、露光装置１の変形例である露光装置１Ａについて説明する。露光装置１Ａは、露光装置１と同様であるが、ノズルユニット１００Ａの構成が異なる。ここで、図５は、露光装置１Ａを説明するための図であって、露光装置１Ａの投影光学系３０とウェハ４０近傍を示す拡大断面図である。

【００６９】

ノズルユニット１００Ａには、ノズルユニット１００と同様に、液体供給口１０１、液体回収口１０２、気体供給口１０３Ａ及び気体回収口１０４Ａが形成されている。気体供給口１０３Ａ及び気体回収口１０４Ａは、実質的に、気体供給口１０２及び気体回収口１０４と同様の機能を有する。ノズルユニット１００Ａは、第２の気体供給口１０３Ａｂと第２の気体回収口１０４Ａｂとの位置を交換した点でノズルユニット１００と異なる。但し、露光装置１Ａは、ノズルユニット１００Ａを使用しながらも、露光装置１と同様な効果を得ることができる。

40

【００７０】

気体供給口１０２Ａは、気体供給配管９２に接続し、第１の気体ＰＧ１及び第２の気体ＰＧ２を供給するための開口である。換言すれば、気体供給口１０２Ａはエアカーテンを形成するための開口であり、本実施形態では、ノズルユニット１００Ａの凸部１００Ａａに形成される。

【００７１】

50

気体回収口 104A は、供給した気体 PG を回収するための開口であり、気体回収配管 94 に接続する。従って、気体回収口 104A は、気体供給口 102A の近傍に配置される。気体回収口 104A は、投影光学系 30 の光軸 OA に関し、気体供給口 102A よりも内側に形成される。これにより、気体 PG の流動方向は、投影光学系 30 の光軸 OA に関し、外側から内側に向かうことになる。

【0072】

上述したように、ウェハステージ 45 を高速で移動させる場合や液体 LW の接する面の接触角が低い場合には、液体 LW が引きずられ伸びだす量が増える。第 1 の気体供給口 103Aa から供給される第 1 の気体 PG1 は、伸びだした液体 LW を抑え、伸びだした液体 LW は、供給された第 1 の気体 PG1 と一緒に第 1 の気体回収口 104Aa で回収される。この際、第 1 の気体回収口 104Aa は空気と液体を同時に吸い込むため、振動を発生させてしまう。そこで、本実施形態では、第 1 の気体回収口 104Aa (第 2 の気体回収口 104Ab を含む) が形成された凸部 100Aa を、ノズルユニット 100A の主部 100Ab と別体で構成している。なお、気体供給口 103A は、第 1 の気体供給口 103Aa と、第 2 の気体供給口 103Ab とで構成され、気体回収口 104A は、第 1 の気体回収口 104Aa と、第 2 の気体回収口 104Ab とで構成される。

10

【0073】

第 1 の気体供給口 103Aa は、投影光学系 30 の光軸 OA に関し、液体供給口 101 よりも外側に形成 (配置) され、液体 LW の周囲に第 1 の気体 PG1 を供給する。第 2 の気体供給口 103Ab は、投影光学系 30 の光軸 OA に関し、第 1 の気体供給口 103Ab よりも外側に形成 (配置) され、第 1 の気体 PG1 と隣接するように第 2 の気体 PG2 を供給する。第 1 の気体回収口 104Aa は、投影光学系 30 の光軸 OA に関し、第 1 の気体供給口 103Aa よりも内側、且つ、液体供給口 101 と第 1 の気体供給口 103Aa との間に形成 (配置) される。第 1 の気体回収口 104Aa は、少なくとも第 1 の気体供給口 103Aa から供給される第 1 の気体 PG1 を回収する。第 2 の気体回収口 104Ab は、第 1 の気体供給口 103Aa と第 2 の気体供給口 103Ab との間に形成 (配置) され、少なくとも第 2 の気体供給口 103Ab から供給される第 2 の気体 PG2 を回収する。かかる気体供給口 103A 及び気体回収口 104A の配置は、上述した整流効果が減少するが、湿度維持効果を得ることができる。

20

【0074】

第 1 の気体供給口 103Aa、第 2 の気体供給口 103Ab、第 1 気体回収口 104Aa 及び第 2 気体回収口 104Ab は、スポンジなどの多孔質部材を嵌め込んで形成してもよいし、スリット状の開口であってもよい。また、上述したように、経済性を向上させるため、エアカーテンの形成が必要な場所にのみ気体を供給及び回収してもよい。

30

【0075】

以上説明したように、露光装置 1A は、2 重のエアカーテンによって気化熱の発生を抑制し、高品位な露光を実現することができる。更に、露光装置 1A は、エアカーテンの形成が必要な場所にのみ気体を供給及び回収することによって経済性を向上させることができる。

【0076】

露光において、光源部 12 から発せられた光束は、照明光学系 14 を介してレチクル 20 を一照明する。レチクル 20 を通過してレチクルパターンを反映する光は、投影光学系 30 及び液体 LW を介してウェハ 40 に結像される。露光装置 1 又は 1A は、2 重のエアカーテンによって気化熱等が発生させることなく、投影光学系 30 とウェハ 40 との間に液体 LW を安定して留めることができるため、高品位な露光 (高解像度) を実現することができる。また、露光装置 1 又は 1A は、エアカーテンの形成が必要な場所にのみ気体を供給することで、経済性の向上も図ることができる。

40

【0077】

次に、図 6 及び図 7 を参照して、露光装置 1 又は 1A を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図 6 は、デバイス (IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD

50

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(レチクル製作)では、設計した回路パターンを形成したレチクルを製作する。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、レチクル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工程であり、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。

10

【0078】

図7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又は1Aによってレチクル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の回路パターンが形成される。かかる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又は1A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。

20

【0079】

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】

【0080】

【図1】本発明の一側面としての露光装置の構成を示す概略ブロック図である。
 【図2】図1に示す露光装置の投影光学系とウェハ近傍を示す拡大断面図である。
 【図3】図1に示す露光装置のノズルユニットの構成を示す概略底面図である。
 【図4】図1に示す露光装置の気体供給口、気体回収口、バルブ及び切替制御部の構成を示す概略ブロック図である。
 【図5】図1に示す露光装置の変形例である露光装置の投影光学系とウェハ近傍を示す拡大断面図である。
 【図6】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。
 【図7】図6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。

30

【符号の説明】

40

【0081】

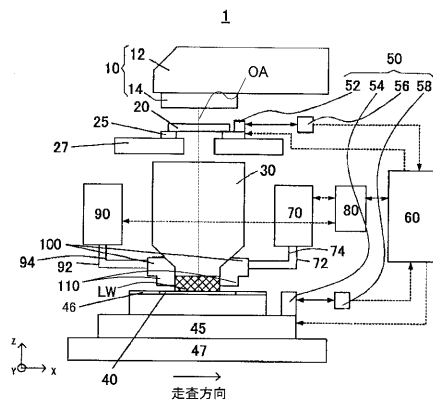
1	露光装置
30	投影光学系
40	ウェハ
90	気体供給回収機構
92	気体供給配管
94	気体回収配管
96	気体調整装置
100	ノズルユニット
100a	凸部

50

1 0 3	気体供給口
1 0 3 a	第 1 の気体供給口
1 0 3 b	第 2 の気体供給口
1 0 4	気体回収口
1 0 4 a	第 1 の気体回収口
1 0 4 b	第 2 の気体回収口
1 A	露光装置
1 0 0 A	ノズルユニット
1 0 0 A a	凸部
1 0 3 A	気体供給口
1 0 3 A a	第 1 の気体供給口
1 0 3 A b	第 2 の気体供給口
1 0 4 A	気体回収口
1 0 4 A a	第 1 の気体回収口
1 0 4 A b	第 2 の気体回収口
L W	液体
P G	気体
P G 1	第 1 の気体
P G 2	第 2 の気体

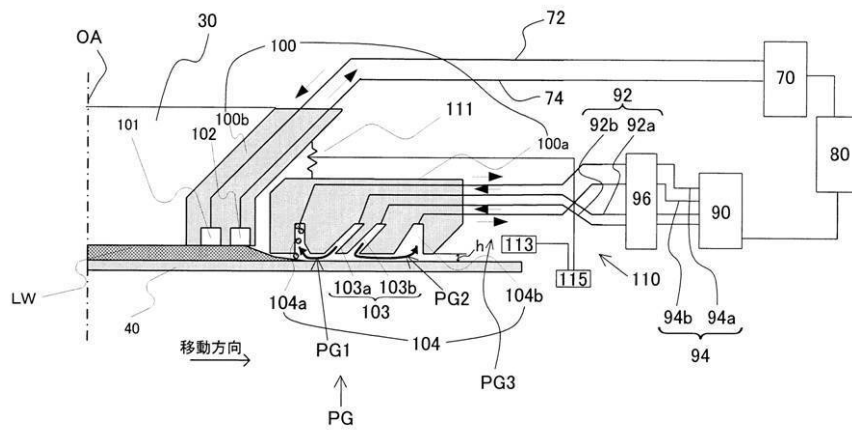
10

【図 1】

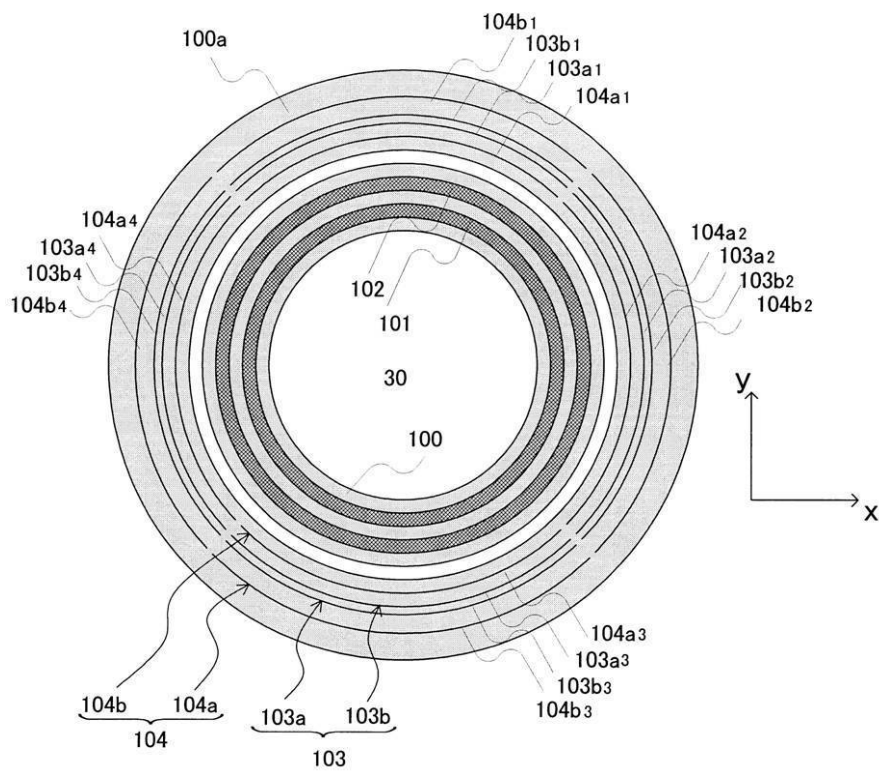


【図 2】

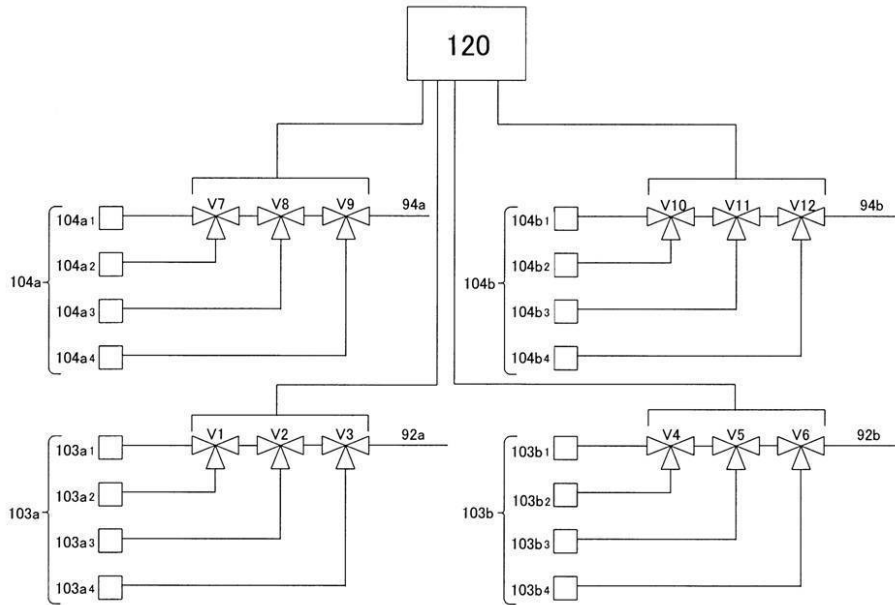
1



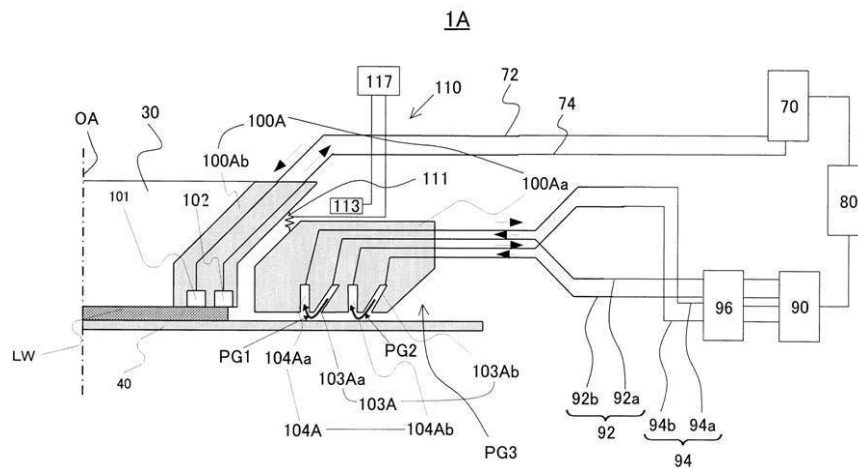
【図 3】



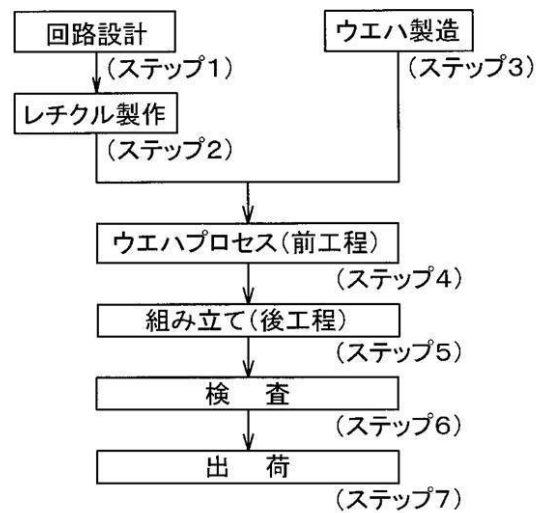
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

