

(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2010-183085  
(P2010-183085A)

(43) 公開日 平成22年8月19日(2010.8.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 D	5 F 0 4 6
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1	

審査請求 有 請求項の数 63 O L 外国語出願 (全 60 頁)

(21) 出願番号	特願2010-26002 (P2010-26002)	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成22年2月8日(2010.2.8)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(62) 分割の表示	特願2006-506634 (P2006-506634) の分割	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
原出願日	平成16年3月29日(2004.3.29)	(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
(31) 優先権主張番号	60/462, 112	(74) 代理人	100107836 弁理士 西 和哉
(32) 優先日	平成15年4月10日(2003.4.10)	(72) 発明者	ハゼルトン, アンドリュウ, ジェイ. 231-0058 日本国神奈川県横浜市 中区弥生町1-2 サンクレスト伊勢佐木 801
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	60/484, 476		
(32) 優先日	平成15年7月1日(2003.7.1)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

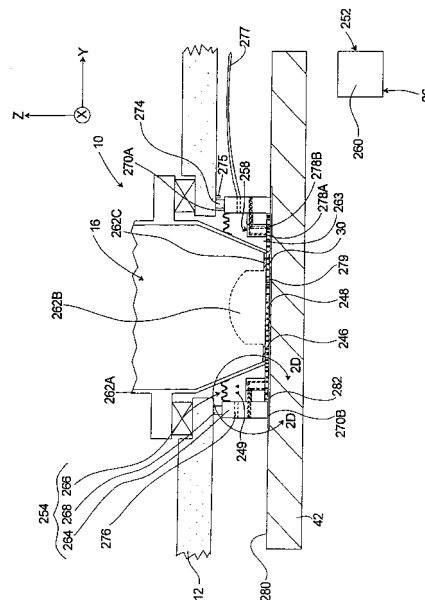
(54) 【発明の名称】 液浸リソグラフィ装置用の減圧排出を含む環境システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光学アセンブリとデバイスとの間のギャップの環境を制御する環境システムを提供する。

【解決手段】 流体バリア(254)はデバイス(30)の近傍に位置付けられ、液浸流体システム(252)は、ギャップ(246)を満たす液浸流体(248)を送出する。液浸流体システム(252)は、流体バリア(254)とデバイス(30)との間に直に存在する液浸流体(248)を回収し、流体バリア(254)はデバイス(30)の近傍に位置付けられる排出インレットを含むことができ、液浸流体システム(252)は排出インレットに連通する低圧源を含むことができる。環境システム(26)は、デバイス(30)に対して流体バリア(254)を支持するように、流体バリア(254)とデバイス(30)との間にベアリング流体を向けるベアリング流体源を含む。

【選択図】 図 2 B



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

デバイスステージによって保持されるデバイスと光学アセンブリとの間のギャップの環境を制御するための環境システムであって、

前記デバイスの近傍に位置付けられている流体バリアと、

前記ギャップを満たす液浸流体を送出し、前記デバイス及び前記デバイスステージの少なくとも一方と前記流体バリアとの間に直接に存在する液浸流体を回収する液浸流体システムとを備える環境システム。

**【請求項 2】**

前記流体バリアは前記ギャップを取り囲み、且つ、前記流体バリアは流体蒸気を含む前記液浸流体が前記ギャップ近傍の領域から出てゆくことを抑制する請求項 1 に記載の環境システム。

10

**【請求項 3】**

前記流体バリアが前記デバイス近傍に位置付けられる排出インレットを含み、且つ、前記液浸流体システムは前記排出インレットと連通する低圧源を含む請求項 1 に記載の環境システム。

**【請求項 4】**

さらに、前記デバイス及び前記デバイステーブルのうち少なくとも一方に対して前記流体バリアを支持するために、前記デバイス及び前記デバイステーブルのうち少なくとも一方と前記流体バリアとの間にベアリング流体を向かわせるベアリング流体源を備える請求項 3 に記載の環境システム。

20

**【請求項 5】**

前記流体バリアは前記デバイスの近傍に位置付けられたベアリングアウトレットを含み、前記ベアリングアウトレットは前記ベアリング流体源と連通しており、前記排出インレットは前記ベアリングアウトレットよりも前記ギャップの近くにある請求項 4 に記載の環境システム。

**【請求項 6】**

前記流体バリアは前記デバイスの近傍に位置付けられたベアリングアウトレットを含み、前記ベアリングアウトレットは前記ベアリング流体源と連通し、前記排出インレットは前記ベアリングアウトレットよりも前記ギャップから遠くにある請求項 4 に記載の環境システム。

30

**【請求項 7】**

さらに、前記デバイス及び前記デバイステーブルのうち少なくとも一方に対して前記流体バリアを支持するために、前記デバイス及び前記デバイステーブルのうち少なくとも一方と前記流体バリアとの間にベアリング流体を向かわせるベアリング流体源を備える請求項 1 に記載の環境システム。

**【請求項 8】**

前記流体バリアは、前記デバイスの近傍に位置付けられた一対の間隔をあけて並ぶ排出インレットと前記デバイスの近傍に位置付けられた一つのベアリングアウトレットとを含み、前記液浸流体システムは前記排出インレットと連通する低圧源を含み、前記ベアリング流体源は前記ベアリングアウトレットと連通する請求項 7 に記載の環境システム。

40

**【請求項 9】**

前記ベアリングアウトレットが前記排出インレットの間に位置付けられる請求項 8 に記載の環境システム。

**【請求項 10】**

前記一対の排出インレットが前記ベアリングアウトレットよりも前記ギャップの近くに位置付けられている請求項 7 に記載の環境システム。

**【請求項 11】**

さらに、前記ギャップの圧力を前記流体バリア外部の圧力とほぼ同一にさせる圧力イコライザを備える請求項 1 に記載の環境システム。

50

## 【請求項 1 2】

前記圧力コライザは前記流体バリアを通じて延在する通路である請求項 1 1 に記載の環境システム。

## 【請求項 1 3】

像をデバイスに転写するための露光装置であって、前記露光装置は光学アセンブリと、前記デバイスを保持するデバイスステージと、前記光学アセンブリ及び前記デバイスとのギャップの環境を制御する請求項 1 に記載の環境システムとを備える露光装置。

## 【請求項 1 4】

前記デバイスステージは、前記デバイスのデバイス露光面とほぼ面一であるステージ表面を含む請求項 1 3 に記載の露光装置。

10

## 【請求項 1 5】

基板を供給する工程と、請求項 1 3 に記載の装置にて前記基板に像を転写する工程とを含むデバイスを製造するための方法。

## 【請求項 1 6】

デバイスステージによって保持されるデバイスと光学アセンブリとの間のギャップの環境を制御するための環境システムであって、

前記デバイスの近傍に位置付けられる流体バリアと、

前記ギャップを満たす液浸流体を送出する液浸流体システムと、

前記デバイス及び前記ステージの少なくとも一方に対して前記流体バリアを支持するために、前記デバイス及びデバイスステージの少なくとも一方と前記流体バリアとの間にベアリング流体を向かわせるベアリング流体源とを備える環境システム。

20

## 【請求項 1 7】

前記流体バリアは前記ギャップを取り囲み、且つ、前記流体バリアは流体蒸気を含む前記液浸流体が前記ギャップ近傍の領域から出てくることを抑制する請求項 1 6 に記載の環境システム。

## 【請求項 1 8】

前記液浸流体システムは、前記デバイス及び前記デバイスステージの少なくとも一方と流体バリアとの間に直接存在する液浸流体を回収する請求項 1 6 に記載の環境システム。

## 【請求項 1 9】

前記流体バリアは前記デバイスの近傍に位置付けられた排出インレットを含み、前記液浸流体システムは前記排出インレットと連通する低圧源を含む請求項 1 8 に記載の環境システム。

30

## 【請求項 2 0】

前記液浸流体は前記ベアリング流体と異なる組成を有する請求項 1 6 に記載の環境システム。

## 【請求項 2 1】

前記液浸流体は前記ベアリング流体とほぼ同一の組成を有する請求項 1 6 に記載の環境システム。

## 【請求項 2 2】

前記流体バリアは前記デバイスの近傍に位置付けられたベアリングアウトレットを含み、前記ベアリングアウトレットは前記ベアリング流体源と連通する請求項 1 6 に記載の環境システム。

40

## 【請求項 2 3】

さらに、前記ギャップの圧力を前記流体バリア外部の圧力とほぼ同一にさせる圧力コライザを備える請求項 1 6 に記載の環境システム。

## 【請求項 2 4】

前記圧力コライザは前記流体バリアを通じて延在する通路である請求項 2 3 に記載の環境システム。

## 【請求項 2 5】

像をデバイスに転写するための露光装置であって、前記露光装置は光学アセンブリと、

50

前記デバイスを保持するデバイスステージと、前記光学アセンブリ及び前記デバイスとの間のギャップの環境を制御する請求項 16 に記載の環境システムとを備える露光装置。

【請求項 26】

前記デバイスステージは、前記デバイスのデバイス露光面とほぼ面一であるステージ表面を含む請求項 25 に記載の露光装置。

【請求項 27】

基板を供給する工程と、請求項 25 に記載の装置により前記基板に像を転写する工程とを含むデバイスを製造するための方法。

【請求項 28】

デバイス露光面を含むデバイスに像を転写するための露光装置であって、  
前記デバイスの近傍に、光学アセンブリと前記デバイスとの間にギャップを有するように位置付けられる光学アセンブリと、  
前記ギャップの環境を制御する環境システムであって、前記デバイスの近傍に位置付けられる流体バリア及び前記ギャップを満たす液浸流体を送出する液浸流体システムを含む環境システムと、  
デバイスを保持するデバイスステージであって、前記デバイス露光面とほぼ面一であるステージ表面を含むデバイスステージとを備える露光装置。

10

【請求項 29】

前記デバイスステージは、前記デバイスを保持するデバイスホルダと、前記ステージ表面を規定するガードと、前記デバイス露光面が前記ステージ表面とほぼ面一になるように、前記ステージホルダ及び前記ガードの一方を移動させる駆動アセンブリとを含む請求項 28 に記載の露光装置。

20

【請求項 30】

前記駆動アセンブリは前記ガードを前記デバイス及び前記デバイスホルダに対して移動させる請求項 29 に記載の露光装置。

【請求項 31】

前記駆動アセンブリは前記ガードに対して前記デバイスホルダ及び前記デバイスを移動させる請求項 29 に記載の露光装置。

【請求項 32】

前記ガードは移動されて、前記デバイスへのアクセスをもたらすことが可能である第 1 の部分を含む請求項 29 に記載の露光装置。

30

【請求項 33】

前記液浸流体システムは、前記デバイス及び前記デバイスステージの少なくとも一方と前記流体バリアとの間に直接存在する液浸流体を回収する請求項 28 に記載の露光装置。

【請求項 34】

さらに、前記デバイス及び前記デバイステーブルのうち少なくとも一方に対して前記流体バリアを支持するために、前記デバイス及び前記デバイステーブルのうち少なくとも一方と前記流体バリアとの間にベアリング流体を向かわせるベアリング流体源を備える請求項 28 に記載の露光装置。

【請求項 35】

さらに、前記ギャップの圧力を前記流体バリア外部の圧力とほぼ同一にさせる圧力イコライザを備える請求項 28 に記載の露光装置。

40

【請求項 36】

基板を供給する工程と、請求項 28 に記載の装置にて前記基板に像を転写する工程とを含むデバイスを製造するための方法。

【請求項 37】

デバイスステージによって保持されているデバイスと光学アセンブリとの間のギャップの環境を制御するための方法であって、  
流体バリアを前記デバイスの近傍に位置付ける工程と、  
液浸流体システムを用いて液浸流体で前記ギャップを満たす工程と、

50

前記デバイス及び前記デバイスステージの少なくとも一方と前記流体バリアとの間に直接存在する液浸流体を回収する工程とを含む方法。

【請求項 38】

前記流体バリアは前記デバイスの近傍に位置付けられた排出インレットを含み、且つ、液浸流体を回収する工程が低圧源を前記排出インレットに接続する工程を含む請求項 37 に記載の方法。

【請求項 39】

さらに、前記デバイス及び前記デバイステーブルの少なくとも一方に対して前記流体バリアを支持するために、前記デバイス及び前記デバイステーブルの少なくとも一方と前記流体バリアとの直接的な間にベアリング流体源でベアリング流体を向かわせる工程を含む請求項 37 に記載の方法。

10

【請求項 40】

さらに、圧力イコライザで前記ギャップの圧力を前記流体バリア外部の圧力とほぼ同一にする工程を含む請求項 37 に記載の方法。

【請求項 41】

像をデバイスに転写するための露光装置の製作方法であって、光学アセンブリを設ける工程と、請求項 37 に記載の方法によって前記ギャップの前記環境を制御する工程とを含む方法。

【請求項 42】

基板を供給する工程と、請求項 41 に記載の方法によって製作された前記露光装置で像を前記基板に転写する工程とを含むデバイス製造方法。

20

【請求項 43】

デバイスステージによって保持されるデバイスと光学アセンブリとの間のギャップの環境を制御するための方法であって、

前記デバイスの近傍に流体バリアを位置付ける工程と、

液浸流体システムを用いて液浸流体で前記ギャップを満たす工程と、

前記デバイス及び前記デバイスステージの少なくとも一方に対して前記流体バリアを支持するために、前記デバイス及び前記デバイステーブルの少なくとも一方と前記流体バリアとの直接的な間にベアリング流体源でベアリング流体を向かわせる工程とを含む方法。

【請求項 44】

さらに、前記デバイス及び前記デバイスステージの少なくとも一方と、前記流体バリアとの間に直接存在する液浸流体を回収する工程を含む請求項 43 に記載の方法。

30

【請求項 45】

前記流体バリアは前記デバイスの近傍に位置付けられた排出インレットを含み、且つ、液浸流体を回収する工程が低圧源を前記排出インレットに接続する工程を含む請求項 44 に記載の方法。

【請求項 46】

さらに、圧力イコライザで前記ギャップの圧力を前記流体バリア外部の圧力とほぼ同一にする工程を含む請求項 43 に記載の方法。

【請求項 47】

像をデバイスに転写するための露光装置の製作方法であって、光学アセンブリを設ける工程と、請求項 43 に記載の方法によって前記ギャップの前記環境を制御する工程とを含む方法。

40

【請求項 48】

基板を供給する工程と、請求項 47 に記載の方法によって製作された前記露光装置で像を前記基板に転写する工程とを含むデバイス製造方法。

【請求項 49】

デバイス露光面を含むデバイスに像を転写するための方法であって、

光学アセンブリを前記デバイスの近傍に、前記光学アセンブリと前記デバイスとの間にギャップを有するように位置付ける工程と、

50

前記デバイスの近傍に位置付けられる流体バリア及び前記ギャップを満たす液浸流体を送出する液浸流体システムを含む環境システムで、前記ギャップの環境を制御する工程と

、  
前記デバイス露光面とほぼ面一であるステージ表面を含むデバイスステージで、前記デバイスを保持する工程とを有する方法。

【請求項 50】

前記デバイスステージは前記デバイスを保持するデバイスホルダと、前記ステージ表面を規定するガードと、前記ステージ表面が前記デバイス露光面とほぼ面一になるように前記デバイスホルダ及び前記ガードの一方を移動する駆動アセンブリとを含む請求項 49 に記載の方法。

【請求項 51】

前記駆動アセンブリは、前記ガードを前記デバイス及び前記デバイスホルダに対して移動させる請求項 50 に記載の方法。

【請求項 52】

前記駆動アセンブリは、前記デバイスホルダ及び前記デバイスを前記ガードに対して移動させる請求項 50 に記載の方法。

【請求項 53】

さらに、前記ガードの第 1 の部分を移動してデバイスに対するアクセスを提供する工程を有する請求項 50 に記載の方法。

【請求項 54】

基板を供給する工程と、請求項 49 に記載の方法によって製作された前記露光装置を用いて前記基板に像を転写する工程とを含むデバイスを製造する方法。

【請求項 55】

露光面を含むワークピースに像を転写するための露光装置であって、  
前記ワークピースを保持するステージであって、前記ワークピースの前記露光面とほぼ面一であるステージ表面を含むステージと、  
前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方と光学アセンブリとの間にギャップを有して位置付けられた光学アセンブリと、  
前記ギャップの環境を制御する環境システムであって、前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方に対向する第 1 の表面を有する囲い部材、前記ギャップを満たすために液浸流体を前記囲い部材内に送出手する液浸流体システム、並びに、前記液浸流体の漏れを抑えるための前記囲い部材の前記第 1 の表面上のインレット部分とを備え、  
前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方と前記第 1 の表面との間の距離は、前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方と前記光学アセンブリの終端面との間の距離よりも短い露光装置。

【請求項 56】

前記インレット部分が前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方と前記第 1 の表面との間のギャップに流体ベアリングを形成するように配置されている請求項 55 に記載の露光装置。

【請求項 57】

前記環境システムは、前記囲い部材の前記第 1 の表面上に液浸流体の漏れを抑えるためのアウトレット部分を含む請求項 55 に記載の露光装置。

【請求項 58】

前記アウトレット部分が加圧された気体を提供するように配置された請求項 57 に記載の露光装置。

【請求項 59】

前記アウトレット部分は、前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方と、前記第 1 の表面との間のギャップに気体ベアリングを形成するように配置された請求項 58 に記載の露光装置。

【請求項 60】

10

20

30

40

50

前記アウトレット部分は前記光学アセンブリに隣接する前記ギャップに対して前記インレット部分の外側に置かれた請求項 5 8 に記載の露光装置。

【請求項 6 1】

露光面を含むワークピースに像を転写するための露光装置であって、

前記ワークピースを保持するステージであって、前記ワークピースの前記露光面とほぼ面一であるステージ表面を含むステージと、

前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方、並びに光学アセンブリの間にギャップを有して位置付けられた光学アセンブリと、

前記ギャップの環境を制御する環境システムであって、前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方に対向する第 1 の表面を有する囲い部材、前記ギャップを満たすために液浸流体を前記囲い部材内に送出する液浸流体システム、並びに、前記液浸流体の漏れを抑えるための前記囲い部材の前記第 1 の表面上のアウトレット部分とを備え、

前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方と前記第 1 の表面との間の距離は、前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方と前記光学アセンブリの終端面との間の距離よりも短い露光装置。

【請求項 6 2】

前記アウトレット部分は加圧された気体を提供するように配置された請求項 6 1 に記載の露光装置。

【請求項 6 3】

前記アウトレット部分が前記ワークピース及び前記ステージの少なくとも一方と、前記第 1 の表面との間のギャップに気体ベアリングを形成するように配置された請求項 5 5 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2003年4月10日に出願された「液浸リソグラフィ法のための減圧リングシステム及びウィックリングシステム並びにリソグラフィシステムの素子における熱による歪みを制御するためのデバイス (VACUUM RING SYSTEM AND WICK RING SYSTEM FOR IMMERSION LITHOGRAPHY METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING THERMAL DISTORTION IN ELEMENTS OF A LITHOGRAPHY SYSTEM)」と題する仮出願第 60 / 462 , 112 号に基づく優先権、及び 2003年7月1日に出願された「液浸リソグラフィツールの流体制御システム (FLUID CONTROL SYSTEM FOR IMMERSION LITHOGRAPHY TOOL)」と題する仮出願第 60 / 484 , 476 号に基づく優先権を主張している。許容される範囲において、仮出願第 60 / 462 , 112 号及び第 60 / 484 , 476 号の内容をここに援用して本文の記載の一部とする。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ露光装置は半導体処理中にレチクルから半導体ウェハ上に像を転写するために一般に用いられている。典型的な露光装置は、照明源と、レチクルを位置付けるレチクルステージアセンブリと、光学アセンブリと、半導体ウェハを位置付けるウェハステージアセンブリと、レチクル及びウェハの位置を正確にモニターするための測定システムとを有する。

【0003】

液浸リソグラフィシステムは、光学アセンブリとウェハとの間のギャップを完全に満たす液浸流体の層を利用する。典型的なリソグラフィシステム内において、ウェハは素早く移動され、液浸流体をギャップから運び去ることが予期される。ギャップから漏出したこの液浸流体はリソグラフィシステムの他の要素の動作に干渉することになる。例えば、液浸流体とその蒸気はウェハの位置をモニターする測定システムに干渉することになる。

【発明の概要】

【0004】

10

20

30

40

50

本発明は、光学アセンブリとデバイスステージによって保持されるデバイスとの間のギャップの環境を制御するための環境システムに関する。環境システムは流体バリア及び液浸流体システムを含む。流体バリアはデバイスの近傍に位置付けられ、ギャップを取り囲む。液浸流体システムはギャップを満たす液浸流体を提供する。

【0005】

一実施形態では、液浸流体システムは、流体バリアとデバイス及びデバイスステージの少なくとも一方との間に直接存在する液浸流体を回収する。この実施形態において、流体バリアはデバイス近傍に位置付けられる排出インレットを含み、液浸流体システムは排出インレットと連通する低圧源を含む。加えて、流体バリアはギャップ近傍の領域内の液浸流体及び液浸流体からの蒸気を閉じこめることができ、ギャップ近傍の領域内の液浸流体及び液浸流体からの蒸気を収容することができる。

10

【0006】

別の実施形態では、環境システムは、流体バリアとデバイスに対して流体バリアを支持するためのデバイスとの間のベアリング流体に関するベアリング流体源を含む。この実施形態では、流体バリアはデバイスの近傍に位置付けられるベアリングアウトレットを含む。さらに、ベアリングアウトレットはベアリング流体源に連通する。

【0007】

加えて、環境システムはギャップの圧力を流体バリアの外部の圧力とほぼ同一にする圧力イコライザを含むことができる。一実施形態では、例えば、圧力イコライザは流体バリアを通して延在する通路（溝）である。

20

【0008】

さらに、デバイスステージは、デバイスの表面を露光されるデバイスとほぼ同一の平面であるステージ表面を含む。例として、デバイスステージはデバイスを保持するデバイスホルダ、ステージ表面を規定するガード及び駆動アセンブリを備えることができる。ここで、駆動アセンブリは、表面を露光されたデバイスがステージ表面とほぼ面一となるように、デバイスホルダ及びガードの一方を移動する。一実施形態において、駆動アセンブリはデバイス及びデバイスホルダに対してガードを移動する。別の実施形態では、駆動アセンブリはガードに対してデバイスホルダ及びデバイスを移動する。

【0009】

本発明はまた、露光装置、ウェハ、デバイス、ギャップの環境を制御する方法、露光装置の製作方法、デバイスの製作方法及びウェハの製造方法に関する。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は本発明の特徴を有する露光装置の側面図である。

【図2A】図2Aは図1の2A-2A線の断面図である。

【図2B】図2Bは図2Aの2B-2B線の断面図である。

【図2C】図2Cは本発明の特徴を有するコンテインメントフレームの斜視図である。

【図2D】図2Dは図2Bの2D-2D線の拡大詳細断面図である。

【図2E】図2Eは光学アセンブリに対して移動されるウェハステージを有する図2Aの露光装置の部分図である。

40

【図3】図3は本発明の特徴を有するインジェクタ/排出源の側面図である。

【図4A】図4Aは流体バリアの別の実施形態の拡大詳細図である。

【図4B】図4Bは流体バリアのさらに別の実施形態の拡大詳細図である。

【図4C】図4Cは流体バリアのさらに別の実施形態の拡大詳細図である。

【図5A】図5Aは露光装置の別の実施形態の部分断面図である。

【図5B】図5Bは図5Aの5B-5B線の拡大詳細図である。

【図6】図6は本発明の特徴を有するデバイスステージの一実施形態の斜視図である。

【図7A】図7Aは本発明の特徴を有するデバイスステージのさらに別の実施形態の斜視図である。

【図7B】図7Bは図7Aの7B-7B線の断面図である。

50

【図 8 A】図 8 A は本発明に従ってデバイスを製造するためのプロセスを概説するフローチャートである

【図 8 B】図 8 B はデバイス処理をより詳細に概説するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図 1 は精密アセンブリ、つまり本発明の特徴を有する露光装置 10 の概略図である。露光装置 10 は、装置フレーム 12 と、照明システム 14 (照射装置) と、光学アセンブリ 16 と、レチクルステージアセンブリ 18 と、デバイスステージアセンブリ 20 と、測定システム 22 と、制御システム 24 と流体環境システム 26 とを含む。露光装置 10 の要素の設計は、露光装置 10 の設計の要求に適合するように変更することができる。

10

【0012】

複数の図が、X 軸、X 軸に直交する Y 軸、および X 軸と Y 軸に直交する Z 軸を示す座標系 (方位系) を含む。なお、これらの軸を、第一軸、第二軸および第三軸とも呼ぶことができる。

【0013】

露光装置 10 は、集積回路のパターン (不図示) をレチクル 28 から半導体ウェハ 30 (破線で図示) 上に転写するリソグラフィックデバイスとして特に有用である。ウェハ 30 はまた、一般に、デバイスまたはワークピースとも呼ばれる。露光装置 10 は、設置基盤 32、例えば、地面、基礎、又は床若しくはその他の支持構造に載置される。

20

【0014】

リソグラフィックデバイスには多くの異なるタイプがある。例えば、露光装置 10 は、レチクル 28 およびウェハ 30 を同期して移動しつつレチクル 28 からウェハ 30 上にパターンを露光する走査型フォトリソグラフィックシステムとして使用できる。走査型リソグラフィックデバイスでは、レチクル 28 はレチクルステージアセンブリ 18 によって光学アセンブリ 16 の光軸に垂直に移動され、ウェハ 30 はウェハステージアセンブリ 20 によって光学アセンブリ 16 の光軸に垂直に移動される。レチクル 28 およびウェハ 30 の走査が行われる間、レチクル 28 及びウェハ 30 は同期して移動している。

【0015】

あるいは、露光装置 10 は、レチクル 28 及びウェハ 30 が静止している間にレチクル 28 を露光するステップアンドリピート型フォトリソグラフィックシステムとすることができる。ステップアンドリピート処理では、個々のフィールドを露光する間、ウェハ 30 はレチクル 28 及び光学アセンブリ 16 に対して一定の位置にある。続いて、連続する露光工程の間に、ウェハ 30 はウェハステージアセンブリ 20 と共に光学アセンブリ 16 の光軸に対して垂直に連続して移動され、ウェハ 30 の次の領域 (フィールド) が露光のために光学アセンブリ 16 及びレチクル 28 に対する位置に運ばれる。この処理に続いて、レチクル 28 上の像は、ウェハ 30 のフィールド上に順次露光され、その後、ウェハ 30 の次のフィールドが光学アセンブリ 16 及びレチクル 28 に対する位置に運ばれる。

30

【0016】

しかしながら、本願で提供されている露光装置 10 の使用は、半導体製造用のフォトリソグラフィックシステムに限定されない。例えば、露光装置 10 は、液晶ディスプレイのデバイスのパターンを矩形のガラス基板上に露光する LCD フォトリソグラフィックシステム又は薄膜磁気ヘッドを製造するためのフォトリソグラフィックシステムとして使用できる。

40

【0017】

装置フレーム 12 は露光装置 10 の要素を支持する。図 1 に示されている装置フレーム 12 は、設置基盤 32 の上方に、レチクルステージアセンブリ 18、ウェハステージアセンブリ 20、光学アセンブリ 16 及び照明システム 14 を支持する。

【0018】

照明システム 14 は、照明源 34 及び照明光学アセンブリ 36 を備える。照明源 34 は光エネルギーのビーム (光線) を放出する。照明光学アセンブリ 36 は、光エネルギーのビームを照明源 34 から光学アセンブリ 16 へと導く。ビームはレチクル 28 の異なる部

50

分を選択的に照射して、ウェハ30を露光する。図1において、照明源34はレチクルステージアセンブリ18の上方に支持されているように図示されている。しかしながら、典型的には、照明源34は装置フレーム12の一側面に固定され、照明源からのエネルギービームは、照明光学アセンブリ36でレチクルステージアセンブリ18の上方に向けられる。

#### 【0019】

照明源34は、水銀のg線源(436nm)若しくはi線源(365nm)、KrFエキシマレーザ(248nm)、ArFエキシマレーザ(193nm)又はF<sub>2</sub>レーザ(157nm)とすることができる。光学アセンブリ16は、レチクル28を透過する光をウェハ30へ投影及び/又は合焦する。露光装置10の設計に応じて、光学アセンブリ16はレチクル28上に照射された像を拡大若しくは縮小することができる。光学アセンブリ16は等倍の拡大システムとすることもできる。

10

#### 【0020】

エキシマレーザからの光のような遠紫外光が使用されるときには、石英及び蛍石のような遠紫外光を透過するガラス材を光学アセンブリ16に使用することができる。

#### 【0021】

また、波長200nm又はそれ未満の放射を用いる露光デバイスでは、カタディオプトリック型の光学システムの使用を考慮することができる。カタディオプトリック型の光学システムの例は、特許公開公報に公開された特開平8-171054号及びそれに対応する米国特許第5,668,672号並びに、特開平10-20195号及びそれに対応する米国特許第5,835,275号の開示に含まれている。これらの場合において、反射型光学デバイスは、ビームスプリッター及び凹面鏡を組み込めるカタディオプトリック型光学システムであることができる。特許公開公報に公開された特開平8-334695号及びそれに対応する米国特許第5,689,377号並びに、特開平10-3039号及びそれに対応する米国特許第873,605号(出願日:1997年6月12日)はまた、凹面鏡等を組み込んでいるがビーム分配器を持たない反射-屈折型光学システムを用いており、それらは本発明にも用いることができる。許容される範囲において、上記米国特許及び特許公開公報に記載の日本国特許出願における開示をここに援用して本文の記載の一部とする。

20

#### 【0022】

一実施形態では、光学アセンブリ16は一つ以上の光学マウントアイソレータ37で装置フレーム12に固定されている。光学マウントアイソレータ37は、装置フレーム12の振動が光学アセンブリ16に振動を生じることを阻止する。各光学マウントアイソレータ37は、振動を遮断する空気圧シリンダ(不図示)、及び振動を遮断して少なくとも2つの運動の自由度で位置を制御するアクチュエータ(不図示)を含むことができる。好適な光学マウントアイソレータ37が、マサチューセッツ州のウォバーンにあるIntegrated Dynamics Engineeringによって販売されている。図示を容易にするために、間隔を置いて隔てられた2つの光学マウントアイソレータ37が、光学アセンブリ16を装置フレーム12に固定するためのものとして示されている。しかし、例えば、間隔を置いて隔てられた3個の光学マウントアイソレータ37を使用して、光学アセンブリ16を装置フレーム12にキネマティックに固定することができる。

30

40

#### 【0023】

レチクルステージアセンブリ18は、光学アセンブリ16及びウェハ30に対してレチクル28を保持し、それらに対してレチクル28を位置付ける。一実施形態において、レチクルステージアセンブリ18は、レチクル28を保持するレチクルステージ38と、レチクルステージ38及びレチクル28を移動し且つ位置付けるレチクルステージ駆動アセンブリ40とを含む。

#### 【0024】

幾らか類似して、デバイスステージアセンブリ20は、ウェハ30をレチクル28の照明された部分の投影像に対して保持し、且つ、ウェハ30をレチクル28の照明された部

50

分の投影像に対して位置付ける。一実施形態において、デバイスステージアセンブリ 20 は、ウェハ 30 と、デバイスステージ 42 を支持し且つガイドするデバイスステージ基盤 43 と、デバイスステージ 42 及びウェハ 28 を光学アセンブリ 16 及びデバイスステージ基盤 43 に対して移動し且つ位置付けるデバイスステージ駆動アセンブリ 44 とを含む。デバイスステージ 42 は以下に詳細に記載されている。

#### 【0025】

各々のステージ駆動アセンブリ 40, 44 は、それぞれのステージ 38, 42 を 3 つの自由度、3 より小さな自由度、3 より大きな自由度で動かすことができる。例えば、別の実施形態において、各々のステージ駆動アセンブリ 40, 44 はそれぞれのステージ 38, 42 を 1, 2, 3, 4, 5, 又は 6 の自由度で動かすことができる。レチクルステージ駆動アセンブリ 40 及びデバイスステージ駆動アセンブリ 44 は各々、ロータリモータ、ボイスコイルモータ、駆動力を発生するためにローレンツ力を利用するリニアモータ、電磁駆動機、平面モータ、又はその他の力による駆動機のような駆動機を一つもしくはそれより多く有する。

10

#### 【0026】

あるいは、ステージの一つはリニアモータによって駆動することもできる。ここでリニアモータは、二次元的に配列されたマグネットを有するマグネットユニットと、対向する位置に二次元的に配列されたコイルを有する電機子コイルユニットとによって発生する電磁気力によりステージを駆動する。この駆動システムのタイプでは、マグネットユニット又は電機子コイルユニットのいずれか一方はステージ基盤に連結され、他のユニットはステージの移動平面上に載置される。

20

#### 【0027】

上述のステージの移動は、フォトリソグラフィシステムの性能に影響を及ぼすことになる反力を生じる。ウェハ（基板）ステージの動作により生じる反力は、米国特許第 5, 528, 100 号及び特開平 8 - 136475 号に記載されているようなフレーム部材の使用により、床（地面）に機械的に転移することができる。さらに、レチクル（マスク）ステージの動作によって発生した反力は、米国特許第 5, 874, 820 号及び特開平 8 - 330224 号に記載されているようなフレーム部材の使用によって、床（地面）に機械的に転移することができる。許容される範囲において、米国特許第 5, 528, 100 号、第 5, 874, 820 号及び特開平 8 - 330224 号をここに援用し、本文の記載の一部とする。

30

#### 【0028】

測定システム 22 は、光学アセンブリ 16 又はその他の基準に対するレチクル 28 及びウェハ 30 の動作をモニターする。この情報によって、制御システム 24 は、レチクルステージアセンブリ 18 を制御してレチクル 28 を正確に位置付けることができ、ワークピースステージアセンブリ 20 を制御してウェハ 30 を正確に位置付けることができる。測定システム 22 の設計は変更することができる。例えば、測定システム 22 は、多軸レーザー干渉計、エンコーダ、ミラー及び / 又は他の測定デバイスを使用することができる。測定システム 22 の安定性は、レチクル 28 からウェハ 30 への像の正確な転写に関して重要である。

40

#### 【0029】

制御システム 24 は測定システム 22 から情報を受け取り、ステージ駆動アセンブリ 18, 20 を制御して、レチクル 28 及びウェハ 30 を正確に位置付ける。さらに、制御システム 24 は環境システム 26 の要素の動作を制御することができる。制御システム 24 は一つ又はそれ以上のプロセッサ及び回路を有することができる。

#### 【0030】

環境システム 26 は、光学アセンブリ 16 とウェハ 30 の間のギャップ 246（図 2B に図示）の環境を制御する。ギャップ 246 は結像領域 250（図 2A に図示）を含む。結像領域 250 は、露光されているウェハ 30 の範囲に隣接する領域（エリア）と、光エネルギーのビームが光学アセンブリ 16 とウェハ 30 の間を進行する領域（エリア）を含

50

む。この設計では、環境システム 2 6 は結像領域 2 5 0 の環境を制御することができる。

【 0 0 3 1 】

環境システム 2 6 によってギャップ 2 4 6 内に生じ且つ / 又はギャップ 2 4 6 内で制御される所望の環境は、ウェハ 3 0 と照明システム 1 4 を含むリソグラフィマシン 1 0 の残りの要素の設計とに基づいて変更することができる。例えば、所望の制御された環境は、水のような流体にすることができる。環境システム 2 6 は以下により詳細に記載されている。

【 0 0 3 2 】

本願に記載された実施形態に基づくフォトリソグラフィシステム（露光装置）は、添付された請求の範囲に記載された各要素を含む様々なサブシステムを、規定された機械精度、電気精度及び光学精度が維持される方法で組み立てることによって構築することができる。組立の前後を通じて種々の精度を維持するために、各光学システムはその光学精度を達成するように調整される。フォトリソグラフィシステムに各サブシステムを組み込むプロセスは、機械的な接続、電気回路の配線接続及び各サブシステム間の圧空管の接続を含む。言うまでもなく、種々のサブシステムからフォトリソグラフィシステムを組み立てる前に各サブシステムが組み立てられるプロセスも存在する。一度フォトリソグラフィシステムが種々のサブシステムを用いて組み立てられると、全体調整を行なって、完全なフォトリソグラフィシステムにおいて精度が維持されていることが確認される。さらに、露光システムは、温度及び清浄度が制御されたクリーンルーム内で製造されることが望まれる。

10

20

【 0 0 3 3 】

図 2 A は、光学アセンブリ 1 6、デバイスステージ 4 2、環境システム 2 6 及びウェハ 3 0 を含む露光装置 1 0 の一部を示す図 1 における 2 A - 2 A 線の断面図である。結像領域 2 5 0（点線で図示）も図 2 A に示されている。

【 0 0 3 4 】

一実施形態において、環境システム 2 6 は結像領域 2 5 0 及びギャップ 2 4 6（図 2 B に図示）の残り部分を液浸流体 2 4 8（図 2 B に図示）で満たす。本願において、用語「流体」は液体及び / 又は気体を意味し、いかなる流体の蒸気も含むものとする。

【 0 0 3 5 】

環境システム 2 6 及び環境システム 2 6 の要素の設計は変更することができる。図 2 A に示された実施形態において、環境システム 2 6 は液浸流体システム 2 5 2 及び流体バリア 2 5 4 を含む。この実施形態では、( i ) 液浸流体システム 2 5 2 は、液浸流体 2 4 8 をギャップ 2 4 6 に送出及び / 又は注入し、液浸流体 2 4 8 をギャップ 2 4 6 から捕獲する。そして ( i i ) 流体バリア 2 5 4 は、液浸流体 2 4 8 の流れがギャップ 2 4 6 の近傍から遠ざかるのを防ぐ。

30

【 0 0 3 6 】

液浸流体システム 2 5 2 の設計は変更することができる。例えば、液浸流体システム 2 5 2 は、ギャップ 2 4 6 及び / 又は光学アセンブリ 1 6 の縁あるいはギャップ 2 4 6 及び / 又は光学アセンブリ 1 6 の近傍における一箇所又はそれより多くの箇所で液浸流体 2 4 8 を注入することができる。さらに、液浸流体システム 2 5 2 は、ギャップ 2 4 6 及び / 又は光学アセンブリ 1 6 の縁あるいはギャップ 2 4 6 及び / 又は光学アセンブリ 1 6 の近傍における一箇所又はそれより多くの箇所で液浸流体 2 4 8 を排出することができる。図 2 A に示される実施形態において、液浸流体システム 2 5 2 は間隔を置いて並べられた 4 個の注入パッド / 排出パッド（点線で図示）であって、光学アセンブリ 1 6 及び注入源 / 排出源 2 6 0 の周囲付近に位置付けられた注入パッド / 排出パッドを含む。これらの要素は以下に詳細に記載される。

40

【 0 0 3 7 】

図 2 A はまた、光学ハウジング 2 6 2 A、終端光学素子 2 6 2 B 及び終端光学素子 2 6 2 B を光学ハウジング 2 6 2 A に固定するエレメントリテーナ 2 6 2 C を含む。

【 0 0 3 8 】

50

図 2 B は、( i ) 光学ハウジング 2 6 2 A、光学素子 2 6 2 B 及びエレメントリテーナ 2 6 2 C を有する光学アセンブリと、( i i ) デバイスステージ 4 2 と、( i i i ) 環境システム 2 6 とを含む図 2 A の露光装置 1 0 の部分断面図である。図 2 B はまた、終端の光学素子 2 6 2 B 及びウェハ 3 0 の間のギャップと、ギャップ 2 4 6 を満たす液浸流体 2 4 8 ( 円で図示 ) とを示している。一実施形態において、ギャップ 2 4 6 は約 1 mm である。

#### 【 0 0 3 9 】

一実施形態において流体バリア 2 5 4 は、流体蒸気 2 4 9 ( 三角形で図示 ) を含む液浸流体 2 4 8 をギャップ 2 4 6 近傍の領域に収容し、ギャップ 2 4 6 の周囲に内部チャンバー 2 6 3 を形成し、規定する。図 2 B に示される実施形態において流体バリア 2 5 4 は、  
10  
コンテインメントフレーム 2 6 4 ( 本願では囲い部材とも呼ばれる )、シール 2 6 6 及びフレームサポート 2 6 8 を含む。内部チャンバー 2 6 3 は、コンテインメントフレーム 2 6 4、シール 2 6 6、光学ハウジング 2 6 2 A 及びウェハ 3 0 によって規定される閉じた容積を表している。流体バリア 2 5 4 は、ギャップ 2 4 6 からの液浸流体 2 4 8 の流れを制限し、ギャップ 2 4 6 に十分な液浸流体 2 4 8 を維持することを補助し、ギャップ 2 4 6 から漏出する液浸流体 2 4 8 の回収を可能にし、流体からのいかなる蒸気 2 4 9 も収容する。一実施形態において流体バリア 2 5 4 は、ギャップ 2 4 6 の周囲を完全に取り囲んで、動作している。さらに、一実施形態において流体バリア 2 5 4 は、液浸流体 2 4 8 及びその蒸気 2 4 9 を、光学アセンブリ 1 6 に中心付けられたウェハ 3 0 及びデバイスステージ 4 2 上の領域に閉じ込める。  
20

#### 【 0 0 4 0 】

液浸流体 2 4 8 及びその蒸気 2 4 9 の両方を収容することはリソグラフィツールの安定性のために重要であることができる。例えば、ステージ測定干渉計は周囲の雰囲気屈折率に敏感である。室温においていくらかの水蒸気を含んだ空気と干渉計のビーム用の 6 3 3 nm のレーザー光の場合、1 % の相対湿度の変化が約  $10^{-8}$  の屈折率の変化を引き起こす。1 m の全光路に対して、このことはステージ位置での 1 0 nm の誤差として表すことができる。もし、液浸流体 2 4 8 が水である場合には、直径 7 mm の水滴が  $1 \text{ m}^3$  の体積中に蒸発することによって、相対湿度が約 1 % 変化する。相対湿度は、一般に制御システム 2 4 によってモニターされ、補正されるが、これは相対湿度が均一であって、干渉計のビーム内の相対湿度と測定地点での相対湿度とが同一であるという仮定に基づいている。  
30  
しかしながら、水滴及びそれに伴う蒸気がウェハ及びステージ表面の周囲で散乱される場合には、相対湿度が均一であるという仮定は正しくないかもしれない。

#### 【 0 0 4 1 】

干渉計のビームへのリスクに加えて、水の蒸発は温度制御の問題も生み出し得る。水の気化熱は約  $44 \text{ kJ/mol}$  である。上記の 7 mm の液滴の蒸発は、隣接する表面によって供給されなければならない約  $430 \text{ J}$  の熱量を吸収する。

#### 【 0 0 4 2 】

図 2 C はコンテインメントフレーム 2 6 4 の一実施例の透視図を示している。この実施形態において、コンテインメントフレーム 2 6 4 は環状のリング形状であり、ギャップ 2 4 6 ( 図 2 B に図示 ) を取り囲む。加えて、この実施形態において、コンテインメントフ  
40  
レーム 2 6 4 は頂面 2 7 0 A と、反対側の底面であってウェハ 3 0 に対向する底面 2 7 0 B ( 第 1 表面とも呼ばれる ) と、ギャップ 2 4 6 に対向する内面 2 7 0 C と外面 2 7 0 D とを含む。なお、用語「頂」及び「底」は単なる便宜上のために用いられたものであって、コンテインメントフレーム 2 6 4 の向きは回転することができる。また、コンテインメントフレーム 2 6 4 は別の形状を有することができる。あるいは、例えば、コンテインメントフレーム 2 6 4 は矩形形状のフレーム若しくは八角形形状のフレームとすることができる。

#### 【 0 0 4 3 】

加えて、本願に示されているように、コンテインメントフレーム 2 5 4 は温度を制御して液浸流体 2 4 8 の温度を安定化してもよい。  
50

## 【0044】

図2Bに戻ると、シール266はコンテインメントフレーム264を光学アセンブリ16に密封しつつ、光学アセンブリ16に対するコンテインメントフレーム264の幾分かの動きを許容している。一実施形態において、シール266はフレキシブルで弾力性のある材質であって、液浸流体248に影響を及ぼさない材質で製造される。シール266に好適な材質は、ゴム(ラバー)、Buna-N、ネオプレン、バイトン(Viton)又はプラスチックを含む。あるいは、シール266は、ステンレススチールのような金属又はラバー又はプラスチックで製造されたベローズであってもよい。

## 【0045】

図2Dは図2Bの一部断面の部分拡大図を示している。フレームサポート268は、ウェハ30及びデバイスステージ42の上方で、コンテインメントフレーム264を装置フレーム12及び光学アセンブリに接続し、これらを支持する。一実施形態において、フレームサポート268はコンテインメントフレーム264の全重量を支持する。あるいは、例えば、フレームサポート268はコンテインメントフレーム264の一部の重量のみを支持することができる。一実施形態において、フレームサポート268は1つ又はそれより多数の支持アセンブリ274を含むことができる。例えば、フレームサポート268は3つの、間隔をもって並べられた支持アセンブリ(2つのみを図示)を含むことができる。この実施形態において、各支持アセンブリ274は、装置フレーム12とコンテインメントフレーム264の頂面270Aとの間に延在する。

## 【0046】

一実施形態において、各支持アセンブリ274はフレクシャである。本願において、用語「フレクシャ」はある方向に比較的高い剛性を有し、別の方向に比較的低い剛性を有する部品を意味する。一実施形態において、複数のフレクシャは協同作用して、(i) X軸の方向及びY軸の方向に比較的硬くなり、(ii) Z軸の方向に比較的フレキシブルとなる。相対的なフレキシブル性に対する相対的な剛性の比は少なくとも約100/1であり、少なくとも約1000/1とすることもできる。換言すれば、フレクシャはコンテインメントフレーム264のZ軸方向の動きを許容することができ、コンテインメントフレーム264のX軸方向及びY軸方向の動きを抑制することができる。この実施形態では、支持アセンブリ274は受動的にコンテインメントフレーム264を支持する。

## 【0047】

あるいは、例えば、各支持アセンブリ274はアクチュエータであることができ、アクチュエータを使用してウェハ30及びデバイスステージ42に対してコンテインメントフレーム264の位置を調整することができる。加えて、フレームサポート268はコンテインメントフレーム264の位置をモニターするフレーム測定システム275を含むことができる。例えば、フレーム測定システム275は、Z軸に沿った、X軸周り及び/又はY軸周りのコンテインメントフレーム264の位置をモニターすることができる。この情報によって、支持アセンブリ274を用いてコンテインメントフレーム264の位置を調整することができる。この実施形態では、支持アセンブリ274は、コンテインメントフレーム264の位置を能動的に調整できる。

## 【0048】

一実施形態において、環境システム26は1つ又はそれより多数の圧力イコライザ276を含み、圧力イコライザ276を用いてチャンパー263内の圧力を制御することができる。換言すれば、圧力イコライザ276は、大気圧の変化又は流体制御に関連した圧力変化によって、コンテインメントフレーム264とウェハ30又は終端光学素子262Bとの間に力が発生することを抑制している。例えば、圧力イコライザ276は、チャンパー263の内部及び/又はギャップ246の圧力をチャンパー263の外部の圧力とほぼ同一にすることができる。例えば、各圧力イコライザ276は、コンテインメントフレーム264を通じて延在する通路であることができる。一実施形態において、チューブ277(一つのみ図示)は各圧力イコライザ276の通路に装着され、流体蒸気を測定システム22(図1に図示)から遠ざけて輸送している。別の実施形態では、圧力イコライザ2

10

20

30

40

50

76は約0.01、0.05、0.1、0.5又は1.0PSI未満の圧力差を許容している。

【0049】

図2Bはまた、幾つかの注入/排出パッド258を示す。図2Dは一個の注入/排出パッド258をより詳細に示す。この実施形態において、各注入/排出パッド258は、注入/排出源260と連通するパッドアウトレット278A及びパッドインレット278Bを含む。適当なときに、注入/排出源260は、チャンバー263内に開放されているパッドアウトレット278Aに液浸流体248を供給し、チャンバー263からパッドインレット278Bを通じて液浸流体248を取り出す。

【0050】

図2B及び2Dはまた、チャンバー263内の液浸流体248がウェハ30の上面にあることを示している。ウェハ30が光学アセンブリ16の下方を移動するとき、ウェハ30の上側のデバイス表面279に近接する液浸流体248をウェハ30と共にギャップ246に引き込むであろう。

【0051】

一実施形態において、図2B及び2Dに戻ると、デバイスステージ42はウェハ30の頂面のデバイス露光面279とZ軸に沿ってほぼ同じ高さを有するステージ表面280を含む。換言すれば、一実施形態においてステージ表面280はデバイス露光面279とほぼ面一である。別の実施形態において例えば、ほぼ面一であるとは、複数の平面が約1、10、100又は500 $\mu\text{m}$ 以内にあることを意味している。その結果、コンテインメントフレーム264の底面270Bとウェハ30との間の距離は、コンテインメントフレーム264の底面270Bとデバイスステージ42との間の距離とほぼ等しい。一実施形態において、例えば、デバイスステージ42はウェハ30を受け取るためのディスク型の凹部282を含むことができる。デバイスステージ42の別の設計は以下に明らかにされる。

【0052】

図2Dは、フレームギャップ284がコンテインメントフレーム264の底面270Bとウェハ30及び/又はデバイスステージ42との間に存在し、コンテインメントフレーム264に対するデバイスステージ42及びウェハ30の動作を容易にしていることを図示している。フレームギャップ284のサイズは変更可能である。例えば、フレームギャップ284は約5 $\mu\text{m}$ と3mmの間にあることができる。別の例では、フレームギャップ284は約5、10、50、100、150、200、250、300、400又は500 $\mu\text{m}$ とすることができる。

【0053】

ある実施形態において、底面270Bとウェハ30及び/又はデバイスステージ42の少なくとも一方との間の距離は、光学アセンブリ16の終端面(つまり、終端光学素子262B又は光学ハウジング262Aの底面)とウェハ30及び/又はデバイスステージ42との間の距離よりも短い。

【0054】

加えて、ウェハギャップ285がウェハ30の縁とウェハステージ42との間に存在できる。一実施形態において、ウェハギャップ285は可能な限り狭くして、ウェハ30が光学アセンブリ16から中心がずれて、一部が流体コンテインメントフレーム264の領域内であって一部がその領域外にあるときの漏れを最小限にしている。例えば、一実施形態において、ウェハギャップ285は約1、10、50、100、500又は1000 $\mu\text{m}$ とすることができる。

【0055】

図2Dはまた、いくらかの液浸流体248がコンテインメントフレーム264とウェハ30及び/又はデバイスステージ42の間を流れることを図示している。一実施形態において、コンテインメントフレーム264は、コンテインメントフレーム264の底面270Bの位置又はその近傍に位置付けられる一つ又はそれより多数の排出インレット28

10

20

30

40

50

6を含む。一つ又はそれより多数の排出インレット286は注入/排出源260(図2Bに図示)と連通する。この設計では、フレームギャップ284に漏出する液浸流体248は、注入/排出源260によって排出されることができる。図2Dに示される実施形態において、コンテインメントフレーム264の底面270Bは、実質的に環状溝の形状であって、概ね光学アセンブリ16と同心である一個の排出インレット286を含む。あるいは、例えば、コンテインメントフレーム264の底面270Bは間隔をあけて配置された複数個の環状溝の形状の排出インレット286を含む。排出インレット286は概ね光学アセンブリ16と同心であって、液浸流体248が完全にフレームギャップ284を出ることを抑制する。さらに、間隔をあけて配置された複数の開口であって円内に向けられた開口を、環状の溝の代わりに使用することができる。

10

**【0056】**

一実施形態において、注入/排出源260は排出インレット286に減圧及び/又は部分減圧を適用する。部分減圧は、液浸流体248を(i)底面270Bの小さなランド領域288と(ii)ウェハ30及び/又はデバイスステージ42との間の液浸流体248を引き寄せる。フレームギャップ284内の液浸流体248は流体ベアリング289A(矢印で図示)として作用する。流体ベアリング289Aは、コンテインメントフレーム264をウェハ30及び/又はデバイスステージ42の上方に支持し、コンテインメントフレーム264がウェハ30及び/又はデバイスステージ42上で最小限の摩擦で浮動することを許容し、比較的小さなフレームギャップ284を許容している。この実施形態において、ほとんどの液浸流体248は流体バリア254内に閉じ込められ、外周の周りの漏れのほとんどは狭いフレームギャップ284内で排出される。

20

**【0057】**

加えて、環境システム26は、追加の流体ベアリング289B(矢印で図示)をコンテインメントフレーム264とウェハ30及び/又はデバイスステージ42との間に生成するためのデバイスを含むことができる。例えば、コンテインメントフレーム264は、ベアリング流体290C(三角形で図示)のベアリング流体源290Bと連通する一つ又はそれより多数のベアリングアウトレット290Aを含むことができる。一実施形態において、ベアリング流体290Cは空気である。この実施形態において、ベアリング流体源290Bは、加圧された空気290Cをベアリングアウトレット290Aに提供して、静的空気ベアリング289Bを生成する。流体ベアリング289A、289Bはコンテインメントフレーム264の重量の全て又は一部を支持することができる。別の実施形態では、流体ベアリング289A、289Bの一方又は両方は、コンテインメントフレーム264の重量の約1、5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100パーセントを支持する。一実施形態では、同心の流体ベアリング289A、289Bを用いて、フレームギャップ284を維持している。

30

**【0058】**

設計に応じて、ベアリング流体290Cは液浸流体248と同一の組成又は異なる組成を有することができる。しかしながら、いくらかのベアリング流体290Cは流体バリア254から漏出するかもしれない。一実施形態では、ベアリング流体290Cのタイプは、ベアリング流体290C及びその蒸気が測定システム22又は露光装置10の温度安定性に影響しないように選ぶことができる。

40

**【0059】**

別の実施形態において、排出インレット286内の部分減圧はコンテインメントフレーム264を引き寄せてウェハ30に向かわせる。この実施形態において、流体ベアリング289Bは、コンテインメントフレーム264の重量の一部を支持すると同時に排出インレット286内の部分減圧によって生じた予圧に対抗している。

**【0060】**

加えて、加圧された空気290Cは、液浸流体248をコンテインメントフレーム264内に閉じ込めるために役立つ。上記のように、フレームギャップ284内の液浸流体248は、排出インレット286を通じてほぼ引き出される。この実施形態において、排出

50

インレット 286 を超えて漏れる液浸流体 248 は、ベアリング流体 290 C によって排出インレット 286 に押し戻される。

【0061】

フレームギャップ 284 は、ベアリング機能及び排出機能を最適化するために、径方向に内面 270 C から外面 270 D へ変化し得る。

【0062】

図 2 D において、ベアリングアウトレット 290 A は実質的に環状溝の形状であり、光学アセンブリ 16 及び排出インレット 286 と概ね同心であり、排出インレット 286 の径よりも大きな径を有する。あるいは、例えば、コンテインメントフレーム 264 の底面 270 B は、間隔をあけて配置された複数の環状溝の形状のベアリングアウトレット 290 A を含むことができる。ベアリングアウトレット 290 A は光学アセンブリ 16 と概ね同心である。さらに、間隔をあけて配置された複数の開口であって円内に向けられた開口を、環状の溝の代わりに使用することができる。あるいは、例えば、磁力型のベアリングを用いてコンテインメントフレーム 264 を支持することが可能である。

10

【0063】

図 2 B 及び 2 D に示すように、ウェハ 30 は光学アセンブリ 16 の下方で中心に置かれている。この位置において、流体ベアリング 289 A、289 B はコンテインメントフレーム 264 をウェハ 30 の上方に支持する。図 2 E は、光学アセンブリ 16 に対して移動されたデバイスステージ 42 及びウェハ 30 と共に図 2 A の露光装置 10 の一部を示している。この位置では、ウェハ 30 及びデバイスステージ 42 はもはや光学アセンブリ 16 の下方で中心ではなく、流体ベアリング 289 A、289 B (図 2 D に図示) はウェハ 30 及びデバイスステージ 42 の上方にコンテインメントフレーム 264 を支持している。

20

【0064】

図 3 は注入 / 排出源 260 の第 1 の実施形態である。この実施形態において、注入 / 排出源 260 は、( i ) 低圧源 392 A、つまり、減圧若しくは部分減圧であるインレットであって、排出インレット 286 (図 2 D に図示) 及びパッドインレット 278 B (図 2 B 及び 2 D に図示) に連通するインレット、並びに、加圧された液浸流体を提供するポンプアウトレットとを有するポンプと、( i i ) ポンプアウトレットに連通し、液浸流体 248 を濾過するフィルター 392 B と、( i i i ) フィルター 392 に連通し、空気、混入物若しくはガスを液浸流体 248 から除去するエアレータ 392 C と、( i v ) エアレータ 392 C と連通し、液浸流体 248 の温度を制御する温度コントロール 392 D と、( v ) 温度コントロール 392 D に連通し、液浸流体 248 を保持するリザーバ 392 E と、( v i ) リザーバ 392 E に連通するインレット及びパッドアウトレット 278 A (図 2 B 及び 2 D に図示) に連通するアウトレットを有するフローコントローラ 392 F であって、圧力及びパッドアウトレット 278 A への流れを制御しているフローコントローラ 392 F とを含む。これらの要素の動作は、パッドアウトレット 278 A への液浸流体 248 の流量、パッドアウトレット 278 A での液浸流体の温度、並びに / 又は排出インレット 286 及びパッドインレット 278 B での圧力を制御するために、制御システム 24 (図 1 に図示) によって制御されることができる。

30

【0065】

加えて、注入 / 排出源 260 は、( i ) パッドアウトレット、排出インレット 286 及びパッドインレット 278 B の近傍の圧力を測定する一対の圧力センサ 392 G、( i i ) パッドアウトレット 278 A への流量を測定する流量センサ 392 H、及び / 又は ( i i i ) パッドアウトレット 278 A に送出される液浸流体 248 の温度を測定する温度センサ 392 I を含むことができる。これらのセンサ 392 G ~ 392 I からの情報は制御システム 24 に転送されることができ、制御システム 24 は、液浸流体 248 の所望の温度、流量及び / 又は圧力を達成するように注入 / 排出源 260 の他の要素を適切に調節できる。

40

【0066】

なお、注入 / 排出源 260 の要素の向きは変更することができる。さらに、一つ又はそ

50

れより多数の要素は必要でないかもしれない、且つ／又は幾つかの要素は二重にすることができる。例えば、注入／排出源 260 は複数のポンプ、複数のリザーバ、温度コントローラー又は他の要素を含むことができる。さらに、環境システム 26 は複数の注入／排出源 26 を含むことができる。

#### 【0067】

液浸流体 248 のチャンバー 263 内への注入とチャンバー 263 外への汲み出しとの比は、システムの設計の要請に適合するように変更できる。さらに、液浸流体 248 がパッドインレット 278 B から排出される量と排出インレット 286 から排出される量との比は変更できる。一実施形態において、液浸流体 248 はパッドインレット 278 B から第 1 の比率で排出され、排出インレット 286 から第 2 の比率で排出される。例として、第 1 の比率は約 0.1 ~ 5 リットル/分であることができ、第 2 の比率は 0.01 ~ 0.5 リットル/分であることができる。しかしながら、他の第 1 の比率及び第 2 の比率を使用することができる。

10

#### 【0068】

なお、液浸流体 248 のチャンバー 263 内への注入とチャンバー 263 外への汲み出しとの比は、(i) 流体バリアを超える液浸流体 248 の漏れを調整するため、(ii) ウェハ 30 が光学アセンブリ 16 から中心が外れているとき、ウェハギャップ 285 からの液浸流体 248 の漏れを制御するため、及び／又は (iii) ギャップ 246 の液浸流体 248 の温度及び純度を制御するために、調節することができる。例えば、ウェハ 30 が中心から外れたとき、液浸流体 248 の温度が高くなりすぎたとき、及び／又はギャップ 246 の液浸流体 248 中の混入物の濃度が許容範囲を超えたときに、前記比率を増やすことができる。

20

#### 【0069】

液浸流体 248 の種類は、装置 10 の設計の要請に適合するように変更することができる。一実施形態において、液浸流体 248 は水である。あるいは、例えば、液浸流体はフッ化炭素系流体、フロン油 (Fomblin) オイル、炭化水素オイル若しくは別の種類のオイルであることができる。より一般的には、流体は以下の条件を満たすべきである：1) 流体は露光放射に対して比較的透過性でなければならない。2) 流体の屈折率は終端光学素子 262 B の屈折率と同程度でなければならない。3) 流体は、流体が接触する露光装置 10 の要素と化学的に反応すべきでない。4) 流体は均質でなければならない。5) 流体の粘度は、重大な大きさの振動がステージシステムから終端光学素子 262 B へ伝達することを回避するために十分低くすべきである。

30

#### 【0070】

図 4 A は、別の実施形態の、流体バリア 454 A、ウェハ 30 の一部及びデバイスステージ 42 の一部の部分拡大図である。この実施形態において、流体バリア 454 A は、上記の対応する要素及び図 2 D に示された対応する要素に幾分似ている。しかしながら、この実施形態では、コンテインメントフレーム 464 A は、2 つの同心の排出インレット 486 A を含み、それらは、コンテインメントフレーム 464 A の底面 470 B に位置付けられる。2 つの排出インレット 486 A は、注入／排出源 260 (図 2 B に図示) に連通する。この設計では、フレームギャップ 284 に漏出する液浸流体 248 は注入／排出源 260 によって排出することができる。この実施形態では、コンテインメントフレーム 464 の底面 470 B は、各々概ね環状溝の形状であり、光学アセンブリ 16 とほぼ同心である 2 つの排出インレット 486 A を含む。

40

#### 【0071】

この設計では、注入／排出源 260 は排出インレット 486 A に減圧又は部分減圧を適用する。部分減圧は液浸流体 248 を底面 470 B の小さなランド領域 488 とウェハ 30 及び／又はデバイスステージ 42 との間に引き寄せる。この実施形態では、液浸流体 248 の大部分は、ランド部 488 の下方を流れ、内部の排出インレット 486 A に流れ込む。加えて、内部の排出インレット 486 A で取り除かれなかった液浸流体 248 は、外部の排出インレット 486 A に引き寄せられる。

50

## 【 0 0 7 2 】

図 4 B は別の実施形態の、流体バリア 4 5 4 B、ウェハ 3 0 の一部及びデバイスステージ 4 2 の一部の部分拡大図である。この実施形態において、流体バリア 4 5 4 B は、上記の対応する要素及び図 2 D に示された対応する要素に幾分似ている。しかしながら、この実施形態においてコンテインメントフレーム 4 6 4 B は、底面 4 7 0 B に位置付けられる一つのベアリングアウトレット 4 9 0 B と 2 つの排出インレット 4 8 6 B を含む。排出インレット 4 8 6 B は注入 / 排出源 2 6 0 ( 図 2 B に図示 ) と連通し、ベアリングアウトレット 4 9 0 B はベアリング流体源 2 9 0 C ( 図 2 D に図示 ) に連通する。しかしながら、この実施形態では、ベアリングアウトレット 4 9 0 B は排出インレット 4 8 6 B の内側で排出インレット 4 8 6 B と同心となるように位置付けられる。換言すれば、ベアリングアウトレット 4 9 0 B は排出インレット 4 8 6 B より小さな径を有し、ベアリングアウトレット 4 9 0 B は排出インレット 4 8 6 B よりも光学アセンブリ 1 6 に近くにある。さらに、この設計では、ベアリング流体 2 9 0 C ( 図 2 D に図示 ) は液浸流体 2 4 8 と同じ組成の液体とすることができる。この設計では、フレームギャップ 2 8 4 のベアリング流体 2 9 0 C は、排出インレット 4 8 6 B から注入 / 排出源 2 6 0 によって排出することができる。

10

## 【 0 0 7 3 】

図 4 C は別の実施形態の流体バリア 4 5 4 C、ウェハ 3 0 の一部及びデバイスステージ 4 2 の一部の部分拡大図である。この実施形態において、流体バリア 4 5 4 C は幾分、上記要素及び図 2 D に示された要素に似ている。しかしながら、この実施形態では、コンテインメントフレーム 4 6 4 C は、底面 4 7 0 B に位置付けられる 1 つのベアリングアウトレット 4 9 0 C と 2 つの排出インレット 4 8 6 C とを含む。排出インレット 4 8 6 C は注入 / 排出源 2 6 0 ( 図 2 B に図示 ) と連通しており、ベアリングアウトレットはベアリング流体源 ( 図 2 D に図示 ) と連通している。しかしながら、この実施形態において、ベアリングアウトレット 4 9 0 C は 2 つの排出インレット 4 8 6 C の間に位置付けられる。換言すれば、内側の排出インレット 4 8 6 C はベアリングアウトレット 4 9 0 C よりも小さな径を有し、ベアリングアウトレット 4 9 0 C は外側の排出インレット 4 8 6 C よりも小さな径を有する。この設計では、内側の排出インレット 4 8 6 C はベアリングアウトレット 4 9 0 C よりも光学アセンブリ 1 6 に近くにある。

20

## 【 0 0 7 4 】

なお、各実施形態において、必要に応じてさらに排出インレット及びベアリングアウトレットを追加することができる。

30

## 【 0 0 7 5 】

図 5 A は別の実施形態の露光装置 5 1 0 の部分断面図を示している。露光装置 5 1 0 は、前記の対応する要素と似ている光学アセンブリ 5 1 6、デバイスステージ 5 4 2 及び環境システム 5 2 6 を含む。図 5 A はまた、ウェハ 3 0、ギャップ 5 4 6 及び液浸流体 5 4 8 がギャップ 5 4 6 を満たしていることを示している。図 5 B は図 5 A の 5 B - 5 B 線の部分拡大図を示す。

## 【 0 0 7 6 】

しかしながら、図 5 A 及び 5 B に図示される実施形態において、流体バリア 5 5 4 は、コンテインメントフレーム 5 6 4、シール 5 6 6 及びフレームサポート 5 6 8 に加えて、内側バリア 5 5 5 を含む。この実施形態において、内側バリア 5 5 5 は環状のリング形状で、光学アセンブリ 5 1 6 の底部を取り囲み、光学アセンブリ 5 1 6 に同心であって、シール 5 6 6 に隣接するコンテインメントフレーム 5 6 4 内に位置付けられる。

40

## 【 0 0 7 7 】

内側バリア 5 5 5 は幾つかの目的に供することができる。例えば、ウェハ 3 0 が光学アセンブリ 5 1 6 から中心がずれ、一部が流体コンテインメントフレーム 5 6 4 の領域の内側にあり、一部が流体コンテインメントフレーム 5 6 4 の領域の外側にあるとき、内側バリア 5 5 5 は、コンテインメントフレーム 5 6 4 へ漏出する液浸流体 5 4 8 の量を制限することができる、排出インレット 5 8 6 での排出の必要量を減少させ、ウェハギャップ 2 8

50

5への液浸流体548の漏れも減少させている。この設計では、流体注入/排出パッド558を用いて、液浸流体548の大部分をチャンバー563から回収することができる。加えて、液浸流体548が内側バリア555の頂部のレベル若しくはその近傍のレベルに維持される場合には、液浸流体548の注入に関係する圧力サージを減少させることができる。なぜならば、液浸流体548の超過分は内側バリア555の頂部を溢れ出て、静的な圧力ヘッド(圧力水頭)を生み出すからである。この状況においても、表面張力の効果によって、いくらかの圧力サージが残り得る。これらの効果は、図5Bに示される距離Wを増すことによって減少できる。例えば、液浸流体が水である場合、Wは好ましくは数ミリメートル若しくはそれより大きくすべきである。加えて、液浸流体548と接触する内側バリア555及び光学アセンブリ516の表面の「濡れ性」を調節して表面張力を減らすことによって、残存する圧力サージを減少させる又は取り除くことが可能である。一実施形態において、内側バリア555は、重要な高さの差を約50 $\mu$ mのギャップで、内側バリア55の底部とウェハ30又はデバイスステージ42の頂部との間に維持することができる。

10

20

30

40

50

#### 【0078】

図6は、一実施形態のデバイスステージ642の上方に位置付けられたウェハ630を有するデバイスステージ642の透視図である。この実施形態において、デバイスステージ642は、デバイステーブル650、デバイスホルダ652、ガード654及びガード駆動アセンブリ656を含む。この実施形態において、デバイステーブル650は概して矩形の平板形状である。デバイスホルダ652はウェハ630を保持する。この実施形態において、デバイスホルダ652はチャック又はデバイステーブル650に固定される別種のクランプである。ガード654はウェハ630を取り囲む、及び/又ウェハ630の周りを一周する。一実施形態において、ガード654は概して矩形の平面形状であり、ウェハ630を入れるための円形の開口658を含む。

#### 【0079】

一実施形態において、ガード654は第1部分660及び第2部分662を含むことができる。一つ若しくはそれより多数の部分660、662は移動する、取り去る、又は逃がすことによってウェハ630のローディング(装着)及びリムービング(除却)のための容易なアクセスを提供することができる。

#### 【0080】

ガード駆動アセンブリ656は、ガード654をデバイステーブル650に固定し、ガード654をデバイステーブル650、デバイスホルダ652及びウェハ630に対して移動し、且つ、ガード654をデバイステーブル650、デバイスホルダ652及びウェハ630に対して位置付ける。この設計ではガード駆動アセンブリ656は、ガード654の上面のステージ表面680がウェハ630の上面のデバイス露光面679とほぼ同じZ方向の高さとなるように、ガード654を移動することができる。換言すれば、ガード駆動アセンブリ656は、ステージ表面680がデバイス露光面679とほぼ面一になるようにガード654を移動する。その結果、ガード654が移動されて、ウェハ630の代替の高さを調節することができる。

#### 【0081】

ガード駆動アセンブリ656の設計は変更することができる。例えば、ガード駆動アセンブリ656は、一つ又はそれより多数のロータリモータ、ボイスコイルモータ、リニアモータ、電磁アクチュエータ及び/又は別なタイプの力によるアクチュエータを含むことができる。一実施形態において、ガード駆動アセンブリ656は制御システム24(図1に図示)の制御の下で、Z軸に沿って、X軸周りに及びY軸周りに移動させ、且つ位置付ける。センサ681(箱形として図示)を用いてガード表面及びウェハ上面679の相対的な高さを測定することができる。センサ681からの情報は制御システム24(図1に図示)に転送することができ、制御システム24は高さセンサ681からの情報を用いてガード駆動アセンブリ656を制御する。

#### 【0082】

図 7 A は別の実施形態のデバイスステージ 7 4 2 の上方に位置付けられたウェハ 7 3 0 を有するデバイスステージ 7 4 2 の投影図である。図 7 B は図 7 A の断面図である。この実施形態において、デバイスステージ 7 4 2 はデバイステーブル 7 5 0、デバイスホルダ 7 5 2、ガード 7 5 4 及びホルダ駆動アセンブリ 7 5 6 を含む。この実施形態において、デバイステーブル 7 5 0 は一般に矩形の平面形状である。デバイスホルダ 7 5 2 はウェハ 7 3 0 を保持する。ガード 7 5 4 は一般に矩形の平面形状であり、ウェハ 7 3 0 用に円形の開口を含む。この実施形態において、ガード 7 5 4 はデバイステーブル 7 5 0 に堅く固定される。ホルダ駆動アセンブリ 7 5 6 はデバイスホルダ 7 5 2 をデバイステーブル 7 5 0 に固定し、デバイスホルダ 7 5 2 をデバイステーブル 7 5 0 及びガード 7 5 4 に対して移動し、且つ、デバイスホルダ 7 5 2 をデバイステーブル 7 5 0 及びガード 7 5 4 に対して位置付ける。この設計では、ホルダ駆動アセンブリ 7 5 6 は、ガード 7 5 4 の上面のステージ表面 7 8 0 がウェハ 7 3 0 の上面のデバイス露光面 7 7 9 とほぼ同じ Z 方向の高さとなるように、デバイスホルダ 7 5 2 及びウェハ 7 3 0 を移動することができる。センサ 7 8 1 を用いて上面のステージ表面 7 8 0 及び上面のデバイス露光面 7 7 9 の相対的な高さを測定することができる。センサ 7 8 1 からの情報は制御システム 2 4 ( 図 1 に図示 ) に転送することができ、制御システム 2 4 は高さセンサからの情報を用いてホルダ駆動アセンブリ 7 5 6 を制御する。

10

20

30

40

50

#### 【 0 0 8 3 】

例えば、ホルダ駆動アセンブリ 7 5 6 は、一つ又はそれより多数のロータリモータ、ボイスコイルモータ、リニアモータ、電磁アクチュエータ及び / 又は別なタイプの力によるアクチュエータを含むことができる。一実施形態において、ホルダ駆動アセンブリ 7 5 6 は、制御システム 2 4 ( 図 1 に図示 ) の制御の下で、Z 軸に沿って、X 軸周りに及び Y 軸周りに移動し、且つ位置付ける。

#### 【 0 0 8 4 】

半導体デバイスは、上記のシステムを用いて、一般に図 8 A に示されたプロセスによって製造されることができる。工程 8 0 1 において、デバイスの機能及び性能特性が設計される。次に、工程 8 0 2 において、パターンを有するマスク ( レチクル ) が先の設計工程に従って設計され、並行する工程 8 0 3 において、ウェハがシリコン材料で製造される。工程 8 0 2 で設計されたマスクパターンは、工程 8 0 4 において、本発明に従ってこれまでに記載したフォトリソグラフィシステムによって、工程 8 0 3 で製造されたウェハ上に露光される。工程 8 0 5 において、半導体デバイスは組み立てられ ( ダイシングプロセス、ボンディングプロセス及びパッケージングプロセスを含む )、最終的に、デバイスは工程 8 0 6 において検査される。

#### 【 0 0 8 5 】

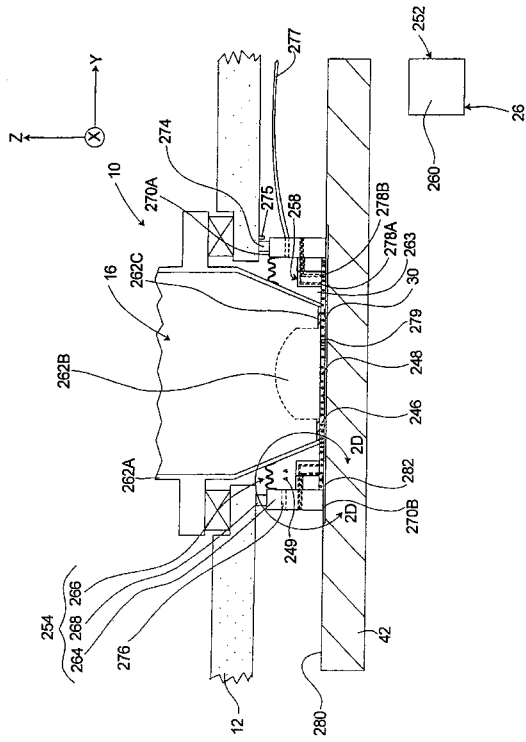
図 8 B は、半導体デバイス製造の場合における、上記工程 7 0 4 の詳細なフローチャートの例を示している。図 8 B において、工程 8 1 1 ( 酸化工程 ) では、ウェハ表面が酸化される。工程 8 1 2 ( C V D 工程 ) では、ウェハ表面に絶縁薄膜が形成される。工程 8 1 3 ( 電極形成工程 ) では、蒸着によってウェハ表面上に電極が形成される。工程 8 1 4 ( イオン注入工程 ) では、イオンがウェハ内に注入される。上記の工程 8 1 1 - 8 1 4 は、ウェハ加工処理中のウェハに対する前処理工程を形成し、加工処理の要請に従って各々の工程が選択される。

#### 【 0 0 8 6 】

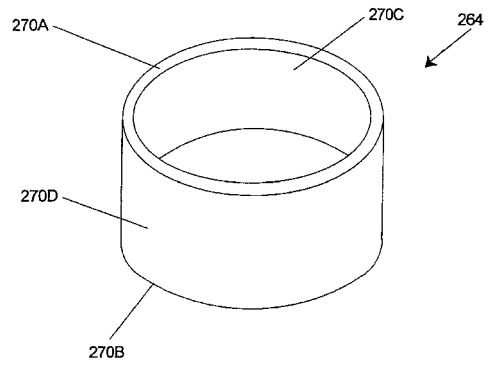
ウェハ加工処理の各々の段階において、前記前処理工程が完了したとき、以下の後処理工程が実行される。後処理工程の間、先ず、工程 8 1 5 ( フォトレジスト形成工程 ) において、フォトレジストがウェハに塗布される。次に、工程 8 1 6 ( 露光工程 ) において、上記の露光ワークピースを用いて、マスク ( レチクル ) の回路パターンをウェハに転写する。その後、工程 8 1 7 ( 現像工程 ) において、露光されたウェハが現像され、工程 8 1 8 ( エッチング工程 ) において、残存したフォトレジスト以外の部分 ( 露光された材料表面 ) がエッチングによって取り除かれる。工程 8 1 9 ( フォトレジスト除去工程 ) において、エッチング後に残存する不必要なフォトレジストが除去される。多重の回路パターン



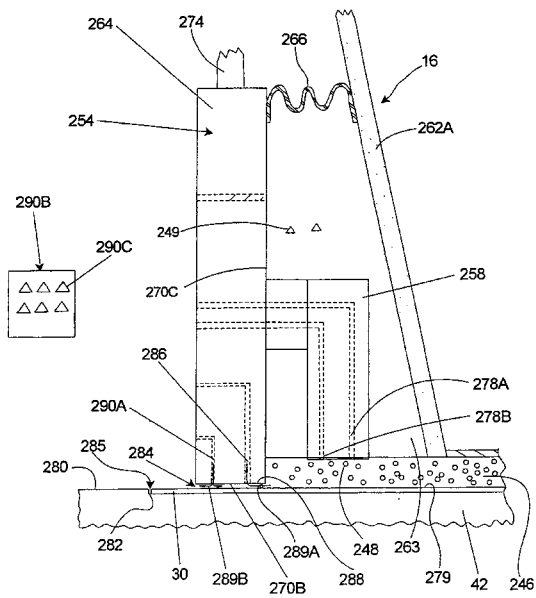
【 図 2 B 】



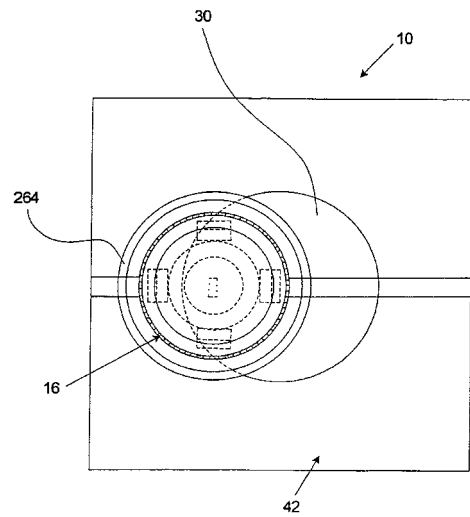
【 図 2 C 】



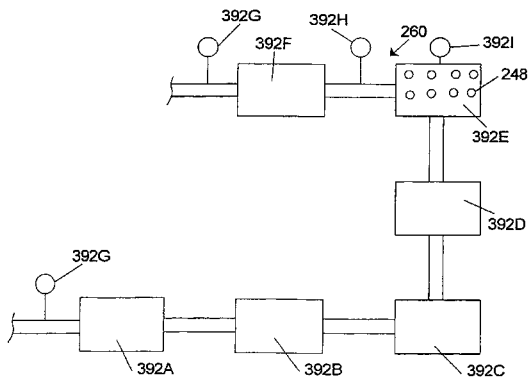
【 図 2 D 】



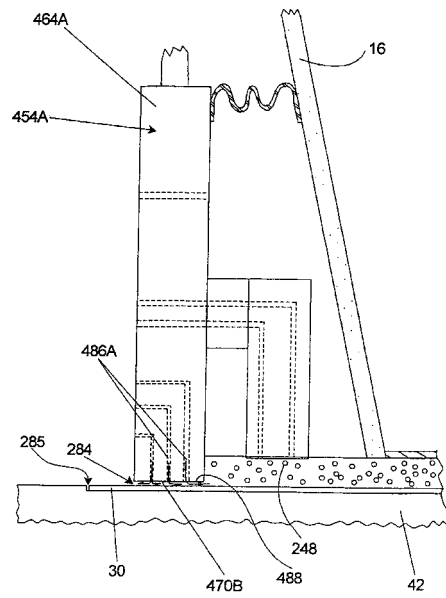
【 図 2 E 】



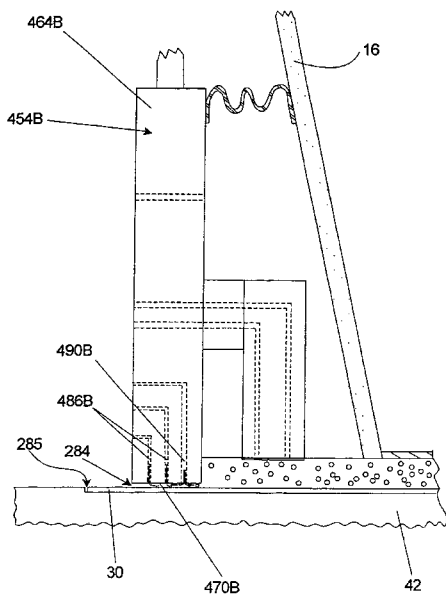
【 図 3 】



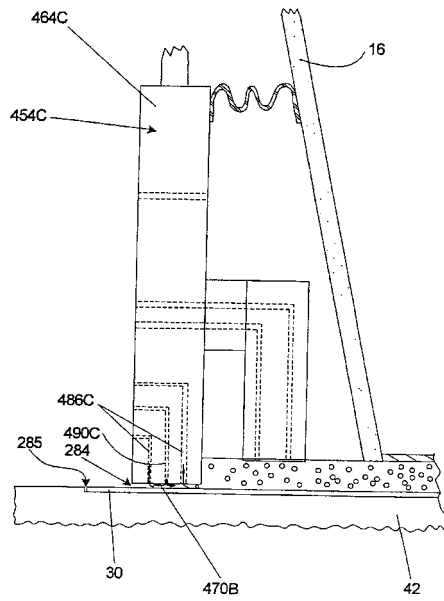
【 図 4 A 】



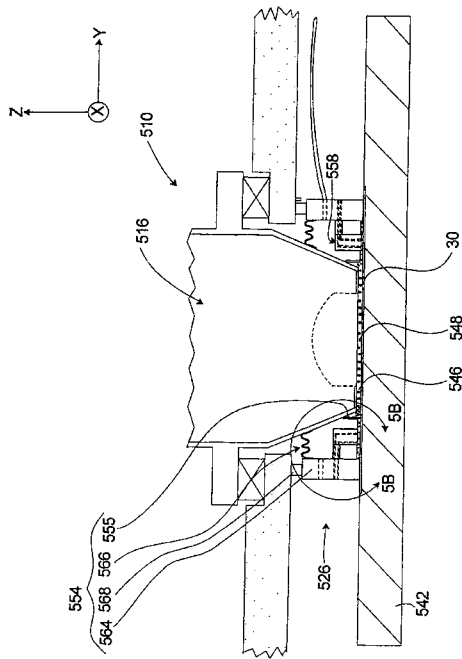
【 図 4 B 】



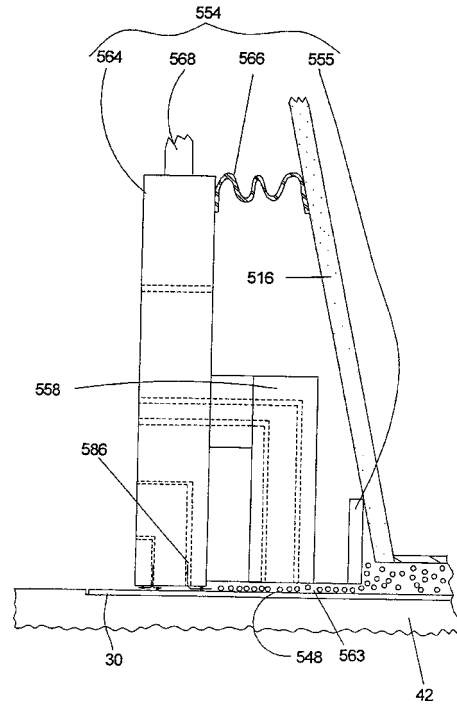
【 図 4 C 】



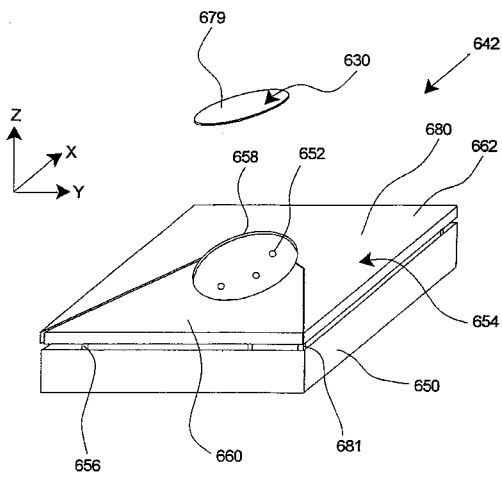
【 図 5 A 】



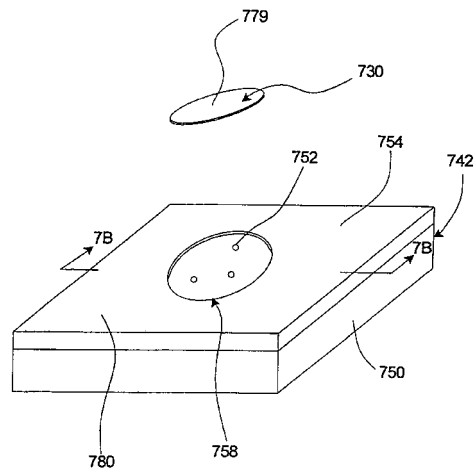
【 図 5 B 】



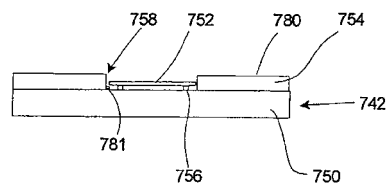
【 図 6 】



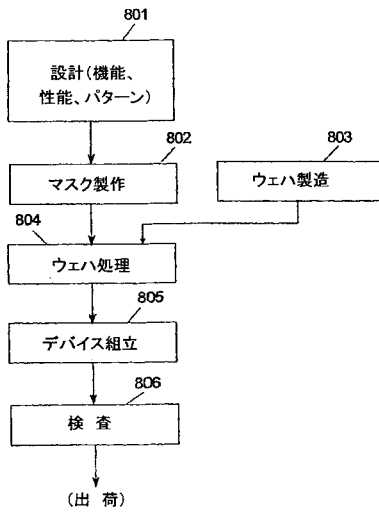
【 図 7 A 】



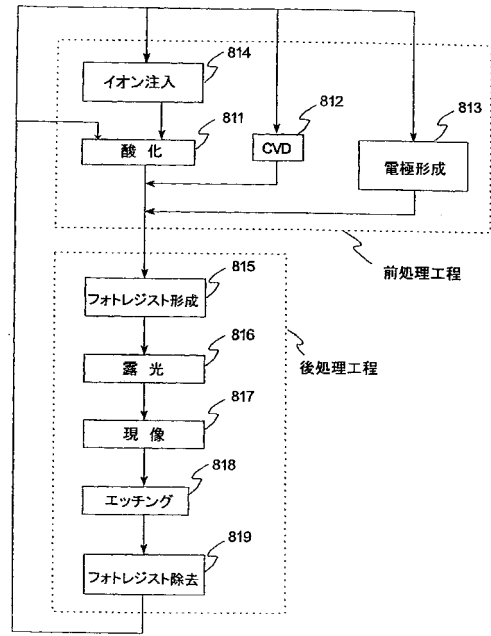
【 図 7 B 】



【 図 8 A 】



【 図 8 B 】



フロントページの続き

(72)発明者 ソガード, マイケル

アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州, メンロ パーク, プラシタス アベニュー  
516

Fターム(参考) 5F046 CB01

【 外国語明細書 】

1

## ENVIRONMENTAL SYSTEM INCLUDING VACUUM SCAVENGE FOR AN IMMERSION LITHOGRAPHY APPARATUS

### RELATED APPLICATION

[0001] This is a Continuation of International Application No. PCT/IB2004/002704 filed March 29, 2004, which claims the benefit of U.S. Provisional Patent Application No. 60/462,112 filed on April 10, 2003 and U.S. Provisional Patent Application No. 60/484,476 filed on July 1, 2003. The disclosures of these applications are incorporated herein by reference in their entireties.

### BACKGROUND

[0002] Lithography exposure apparatus are commonly used to transfer images from a reticle onto a semiconductor wafer during semiconductor processing. A typical exposure apparatus includes an illumination source, a reticle stage assembly that positions a reticle, an optical assembly, a wafer stage assembly that positions a semiconductor wafer, and a measurement system that precisely monitors the position of the reticle and the wafer.

[0003] Immersion lithography systems utilize a layer of immersion fluid that completely fills a gap between the optical assembly and the wafer. The wafer is moved rapidly in a typical lithography system and it would be expected to carry the immersion fluid away from the gap. This immersion fluid that escapes from the gap can interfere with the operation of other components of the lithography system. For example, the immersion fluid and its vapor can interfere with the measurement system that monitors the position of the wafer.

### SUMMARY

[0004] The invention is directed to an environmental system for controlling an environment in a gap between an optical assembly and a device that is retained by a device stage. The environmental system includes a fluid barrier and an immersion fluid system. The fluid barrier is positioned near the device and encircles the gap. The immersion fluid system delivers an immersion fluid that fills the gap.

[0005] In one embodiment, the immersion fluid system collects the immersion fluid that is directly between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage. In this embodiment, the fluid barrier includes a scavenge inlet that is positioned near the device, and the immersion fluid system includes a low pressure source that is in fluid communication with the scavenge inlet. Additionally, the fluid barrier can confine and

contain the immersion fluid and any of the vapor from the immersion fluid in the area near the gap.

[0006] In another embodiment, the environmental system includes a bearing fluid source that directs a bearing fluid between the fluid barrier and the device to support the fluid barrier relative to the device. In this embodiment, the fluid barrier includes a bearing outlet that is positioned near the device. Further, the bearing outlet is in fluid communication with the bearing fluid source.

[0007] Additionally, the environmental system can include a pressure equalizer that allows the pressure in the gap to be approximately equal to the pressure outside the fluid barrier. In one embodiment, for example, the pressure equalizer is a channel that extends through the fluid barrier.

[0008] Moreover, the device stage can include a stage surface that is in approximately the same plane as an exposed surface of the device. As an example, the device stage can include a device holder that retains the device, a guard that defines the stage surface, and a mover assembly that moves one of the device holder and the guard so that the exposed surface of the device is approximately in the same plane as the stage surface. In one embodiment, the mover assembly moves the guard relative to the device and the device holder. In another embodiment, the mover assembly moves the device holder and the device relative to the guard.

[0009] The invention also is directed to an exposure apparatus, a wafer, a device, a method for controlling an environment in a gap, a method for making an exposure apparatus, a method for making a device, and a method for manufacturing a wafer.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0010] The invention will be described in conjunction with the following drawings of exemplary embodiments in which like reference numerals designate like elements, and in which:

[0011] Figure 1 is a side illustration of an exposure apparatus having features of the invention;

[0012] Figure 2A is a cut-away view taken on line 2A-2A of Figure 1;

[0013] Figure 2B is a cut-away view taken on line 2B-2B of Figure 2A;

[0014] Figure 2C is a perspective view of a containment frame having features of the invention;

[0015] Figure 2D is an enlarged detailed view taken on line 2D-2D in Figure 2B;

[0016] Figure 2E is an illustration of the portion of the exposure apparatus of Figure 2A with a wafer stage moved relative to an optical assembly;

[0017] Figure 3 is a side illustration of an injector/scavenge source having features of the invention;

[0018] Figure 4A is an enlarged detailed view of a portion of another embodiment of a fluid barrier;

[0019] Figure 4B is an enlarged detailed view of a portion of another embodiment of a fluid barrier;

[0020] Figure 4C is an enlarged detailed view of a portion of another embodiment of a fluid barrier;

[0021] Figure 5A is a cut-away view of a portion of another embodiment of an exposure apparatus;

[0022] Figure 5B is an enlarged detailed view taken on line 5B-5B in Figure 5A;

[0023] Figure 6 is a perspective view of one embodiment of a device stage having features of the invention;

[0024] Figure 7A is a perspective view of another embodiment of a device stage having features of the invention;

[0025] Figure 7B is a cut-away view taken on line 7B-7B in Figure 7A;

[0026] Figure 8A is a flow chart that outlines a process for manufacturing a device in accordance with the invention; and

[0027] Figure 8B is a flow chart that outlines device processing in more detail.

#### DETAILED DESCRIPTION OF EMBODIMENTS

[0028] Figure 1 is a schematic illustration of a precision assembly, namely an exposure apparatus 10 having features of the invention. The exposure apparatus 10 includes an apparatus frame 12, an illumination system 14 (irradiation apparatus), an optical assembly 16, a reticle stage assembly 18, a device stage assembly 20, a measurement system 22, a control system 24, and a fluid environmental system 26. The design of the components of the exposure apparatus 10 can be varied to suit the design requirements of the exposure apparatus 10.

[0029] A number of Figures include an orientation system that illustrates an X axis, a Y axis that is orthogonal to the X axis, and a Z axis that is orthogonal to the X and Y axes. It should be noted that these axes can also be referred to as the first, second and third axes.

[0030] The exposure apparatus 10 is particularly useful as a lithographic device

that transfers a pattern (not shown) of an integrated circuit from a reticle 28 onto a semiconductor wafer 30 (illustrated in phantom). The wafer 30 is also referred to generally as a device or work piece. The exposure apparatus 10 mounts to a mounting base 32, e.g., the ground, a base, or floor or some other supporting structure.

[0031] There are a number of different types of lithographic devices. For example, the exposure apparatus 10 can be used as a scanning type photolithography system that exposes the pattern from the reticle 28 onto the wafer 30 with the reticle 28 and the wafer 30 moving synchronously. In a scanning type lithographic device, the reticle 28 is moved perpendicularly to an optical axis of the optical assembly 16 by the reticle stage assembly 18 and the wafer 30 is moved perpendicularly to the optical axis of the optical assembly 16 by the wafer stage assembly 20. Irradiation of the reticle 28 and exposure of the wafer 30 occur while the reticle 28 and the wafer 30 are moving synchronously.

[0032] Alternatively, the exposure apparatus 10 can be a step-and-repeat type photolithography system that exposes the reticle 28 while the reticle 28 and the wafer 30 are stationary. In the step and repeat process, the wafer 30 is in a constant position relative to the reticle 28 and the optical assembly 16 during the exposure of an individual field. Subsequently, between consecutive exposure steps, the wafer 30 is consecutively moved with the wafer stage assembly 20 perpendicularly to the optical axis of the optical assembly 16 so that the next field of the wafer 30 is brought into position relative to the optical assembly 16 and the reticle 28 for exposure. Following this process, the images on the reticle 28 are sequentially exposed onto the fields of the wafer 30, and then the next field of the wafer 30 is brought into position relative to the optical assembly 16 and the reticle 28.

[0033] However, the use of the exposure apparatus 10 provided herein is not limited to a photolithography system for semiconductor manufacturing. The exposure apparatus 10, for example, can be used as an LCD photolithography system that exposes a liquid crystal display device pattern onto a rectangular glass plate or a photolithography system for manufacturing a thin film magnetic head.

[0034] The apparatus frame 12 supports the components of the exposure apparatus 10. The apparatus frame 12 illustrated in Figure 1 supports the reticle stage assembly 18, the wafer stage assembly 20, the optical assembly 16 and the illumination system 14 above the mounting base 32.

[0035] The illumination system 14 includes an illumination source 34 and an illumination optical assembly 36. The illumination source 34 emits a beam (irradiation) of

light energy. The illumination optical assembly 36 guides the beam of light energy from the illumination source 34 to the optical assembly 16. The beam illuminates selectively different portions of the reticle 28 and exposes the wafer 30. In Figure 1, the illumination source 34 is illustrated as being supported above the reticle stage assembly 18. Typically, however, the illumination source 34 is secured to one of the sides of the apparatus frame 12 and the energy beam from the illumination source 34 is directed to above the reticle stage assembly 18 with the illumination optical assembly 36.

**[0036]** The illumination source 34 can be a light source such as a mercury g-line source (436 nm) or i-line source (365 nm), a KrF excimer laser (248 nm), an ArF excimer laser (193 nm) or a F<sub>2</sub> laser (157 nm). The optical assembly 16 projects and/or focuses the light passing through the reticle 28 onto the wafer 30. Depending upon the design of the exposure apparatus 10, the optical assembly 16 can magnify or reduce the image illuminated on the reticle 28. It also could be a 1x magnification system.

**[0037]** When far ultra-violet radiation such as from the excimer laser is used, glass materials such as quartz and fluorite that transmit far ultra-violet rays can be used in the optical assembly 16. The optical assembly 16 can be either catadioptric or refractive.

**[0038]** Also, with an exposure device that employs radiation of wavelength 200 nm or lower, use of the catadioptric type optical system can be considered. Examples of the catadioptric type of optical system are shown in Japanese Laid-Open Patent Application Publication No. 8-171054 and its counterpart U.S. Patent No. 5,668,672, as well as Japanese Laid-Open Patent Application Publication No. 10-20195 and its counterpart U.S. Patent No. 5,835,275. In these cases, the reflecting optical device can be a catadioptric optical system incorporating a beam splitter and concave mirror. Japanese Laid-Open Patent Application Publication No. 8-334695 and its counterpart U.S. Patent No. 5,689,377 as well as Japanese Laid-Open Patent Application Publication No. 10-3039 and its counterpart U.S. Patent Application No. 873,605 (Application Date: June 12, 1997) also use a reflecting-refracting type of optical system incorporating a concave mirror, etc., but without a beam splitter, and can also be employed with this invention. The disclosures of the above-mentioned U.S. patents and application, as well as the Japanese Laid-Open patent applications publications are incorporated herein by reference in their entireties.

**[0039]** In one embodiment, the optical assembly 16 is secured to the apparatus frame 12 with one or more optical mount isolators 37. The optical mount isolators 37 inhibit vibration of the apparatus frame 12 from causing vibration to the optical assembly 16. Each

optical mount isolator 37 can include a pneumatic cylinder (not shown) that isolates vibration and an actuator (not shown) that isolates vibration and controls the position with at least two degrees of motion. Suitable optical mount isolators 37 are sold by Integrated Dynamics Engineering, located in Woburn, MA. For ease of illustration, two spaced apart optical mount isolators 37 are shown as being used to secure the optical assembly 16 to the apparatus frame 12. However, for example, three spaced apart optical mount isolators 37 can be used to kinematically secure the optical assembly 16 to the apparatus frame 12.

[0040] The reticle stage assembly 18 holds and positions the reticle 28 relative to the optical assembly 16 and the wafer 30. In one embodiment, the reticle stage assembly 18 includes a reticle stage 38 that retains the reticle 28 and a reticle stage mover assembly 40 that moves and positions the reticle stage 38 and reticle 28.

[0041] Somewhat similarly, the device stage assembly 20 holds and positions the wafer 30 with respect to the projected image of the illuminated portions of the reticle 28. In one embodiment, the device stage assembly 20 includes a device stage 42 that retains the wafer 30, a device stage base 43 that supports and guides the device stage 42, and a device stage mover assembly 44 that moves and positions the device stage 42 and the wafer 30 relative to the optical assembly 16 and the device stage base 43. The device stage 42 is described in more detail below.

[0042] Each stage mover assembly 40, 44 can move the respective stage 38, 42 with three degrees of freedom, less than three degrees of freedom, or more than three degrees of freedom. For example, in alternative embodiments, each stage mover assembly 40, 44 can move the respective stage 38, 42 with one, two, three, four, five or six degrees of freedom. The reticle stage mover assembly 40 and the device stage mover assembly 44 can each include one or more movers, such as rotary motors, voice coil motors, linear motors utilizing a Lorentz force to generate drive force, electromagnetic movers, planar motors, or other force movers.

[0043] Alternatively, one of the stages could be driven by a planar motor that drives the stage by an electromagnetic force generated by a magnet unit having two-dimensionally arranged magnets and an armature coil unit having two-dimensionally arranged coils in facing positions. With this type of driving system, either the magnet unit or the armature coil unit is connected to the stage base and the other unit is mounted on the moving plane side of the stage.

[0044] Movement of the stages as described above generates reaction forces that can affect performance of the photolithography system. Reaction forces generated by the wafer (substrate) stage motion can be mechanically transferred to the floor (ground) by use of a frame member as described in U.S. Patent No. 5,528,100 and Japanese Laid-Open Patent Application Publication No. 8-136475. Additionally, reaction forces generated by the reticle (mask) stage motion can be mechanically transferred to the floor (ground) by use of a frame member as described in U.S. Patent No. 5,874,820 and Japanese Laid-Open Patent Application Publication No. 8-330224. The disclosures of U.S. Patent Nos. 5,528,100 and 5,874,820 and Japanese Laid-Open Patent Application Publication Nos. 8-136475 and 8-330224 are incorporated herein by reference in their entireties.

[0045] The measurement system 22 monitors movement of the reticle 28 and the wafer 30 relative to the optical assembly 16 or some other reference. With this information, the control system 24 can control the reticle stage assembly 18 to precisely position the reticle 28 and the device stage assembly 20 to precisely position the wafer 30. The design of the measurement system 22 can vary. For example, the measurement system 22 can utilize multiple laser interferometers, encoders, mirrors, and/or other measuring devices. The stability of the measurement system 22 is essential for accurate transfer of an image from the reticle 28 to the wafer 30.

[0046] The control system 24 receives information from the measurement system 22 and controls the stage mover assemblies 40, 44 to precisely position the reticle 28 and the wafer 30. Additionally, the control system 24 can control the operation of the environmental system 26. The control system 24 can include one or more processors and circuits.

[0047] The environmental system 26 controls the environment in a gap 246 (illustrated in Figure 2B) between the optical assembly 16 and the wafer 30. The gap 246 includes an imaging field 250 (illustrated in Figure 2A). The imaging field 250 includes the area adjacent to the region of the wafer 30 that is being exposed and the area in which the beam of light energy travels between the optical assembly 16 and the wafer 30. With this design, the environmental system 26 can control the environment in the imaging field 250.

[0048] The desired environment created and/or controlled in the gap 246 by the environmental system 26 can vary according to the wafer 30 and the design of the rest of the components of the exposure apparatus 10, including the illumination system 14. For example, the desired controlled environment can be a fluid such as water. The environmental system 26 is described in more detail below.

[0049] A photolithography system (an exposure apparatus) according to the embodiments described herein can be built by assembling various subsystems in such a manner that prescribed mechanical accuracy, electrical accuracy, and optical accuracy are maintained. In order to maintain the various accuracies, prior to and following assembly, every optical system is adjusted to achieve its optical accuracy. Similarly, every mechanical system and every electrical system are adjusted to achieve their respective mechanical and electrical accuracies. The process of assembling each subsystem into a photolithography system includes mechanical interfaces, electrical circuit wiring connections and air pressure plumbing connections between each subsystem. Needless to say, there also is a process where each subsystem is assembled prior to assembling a photolithography system from the various subsystems. Once a photolithography system is assembled using the various subsystems, a total adjustment is performed to make sure that accuracy is maintained in the complete photolithography system. Additionally, it is desirable to manufacture an exposure system in a clean room where the temperature and cleanliness are controlled.

[0050] Figure 2A is a cut-away view taken on line 2A-2A in Figure 1 that illustrates a portion of the exposure apparatus 10 including the optical assembly 16, the device stage 42, the environmental system 26, and the wafer 30. The imaging field 250 (illustrated in phantom) also is illustrated in Figure 2A.

[0051] In one embodiment, the environmental system 26 fills the imaging field 250 and the rest of the gap 246 (illustrated in Figure 2B) with an immersion fluid 248 (illustrated in Figure 2B). As used herein, the term "fluid" shall mean and include a liquid and/or a gas, including any fluid vapor.

[0052] The design of the environmental system 26 and the components of the environmental system 26 can be varied. In the embodiment illustrated in Figure 2A, the environmental system 26 includes an immersion fluid system 252 and a fluid barrier 254. In this embodiment, (i) the immersion fluid system 252 delivers and/or injects the immersion fluid 248 into the gap 246 and captures the immersion fluid 248 flowing from the gap 246, and (ii) the fluid barrier 254 inhibits the flow of the immersion fluid 248 away from near the gap 246.

[0053] The design of the immersion fluid system 252 can vary. For example, the immersion fluid system 252 can inject the immersion fluid 248 at one or more locations at or near the gap 246 and/or the edge of the optical assembly 16. Alternatively, the immersion fluid 248 may be injected directly between the optical assembly 16 and the wafer 30. Further,

the immersion fluid system 252 can scavenge the immersion fluid 248 at one or more locations at or near the gap 246 and/or the edge of the optical assembly 16. In the embodiment illustrated in Figure 2A, the immersion fluid system 252 includes four spaced apart injector/scavenge pads 258 (illustrated in phantom) positioned near the perimeter of the optical assembly 16 and an injector/scavenge source 260. These components are described in more detail below.

[0054] Figure 2A also illustrates that the optical assembly 16 includes an optical housing 262A, a last optical element 262B, and an element retainer 262C that secures the last optical element 262B to the optical housing 262A.

[0055] Figure 2B is a cut-away view of the portion of the exposure apparatus 10 of Figure 2A, including (i) the optical assembly 16 with the optical housing 262A, the last optical element 262B, and the element retainer 262C, (ii) the device stage 42, and (iii) the environmental system 26. Figure 2B also illustrates the gap 246 between the last optical element 262B and the wafer 30, and that the immersion fluid 248 (illustrated as circles) fills the gap 246. In one embodiment, the gap 246 is approximately 1 mm.

[0056] In one embodiment, the fluid barrier 254 contains the immersion fluid 248, including any fluid vapor 249 (illustrated as triangles) in the area near the gap 246 and forms and defines an interior chamber 263 around the gap 246. In the embodiment illustrated in Figure 2B, the fluid barrier 254 includes a containment frame 264 (also referred to herein as a surrounding member), a seal 266, and a frame support 268. The interior chamber 263 represents the enclosed volume defined by the containment frame 264, the seal 266, the optical housing 262A and the wafer 30. The fluid barrier 254 restricts the flow of the immersion fluid 248 from the gap 246, assists in maintaining the gap 246 full of the immersion fluid 248, allows for the recovery of the immersion fluid 248 that escapes from the gap 246, and contains any vapor 249 produced from the fluid. In one embodiment, the fluid barrier 254 encircles and runs entirely around the gap 246. Further, in one embodiment, the fluid barrier 254 confines the immersion fluid 248 and its vapor 249 to a region on the wafer 30 and the device stage 42 centered on the optical assembly 16.

[0057] Containment of both the immersion fluid 248 and its vapor 249 can be important for the stability of the lithography tool. For example, stage measurement interferometers are sensitive to the index of refraction of the ambient atmosphere. For the case of air with some water vapor present at room temperature and 633 nm laser light for the interferometer beam, a change of 1% in relative humidity causes a change in refractive index

of approximately  $10^{-8}$ . For a 1 m total beam path, this can represent an error of 10 nm in stage position. If the immersion fluid 248 is water, a droplet of water 7 mm in diameter evaporating into a  $1 \text{ m}^3$  volume changes the relative humidity by 1%. Relative humidity is typically monitored and corrected for by the control system 24, but this is based on the assumption that the relative humidity is uniform, so that its value is the same in the interferometer beams as at the monitoring point. However, if droplets of water and its attendant vapor are scattered around on the wafer and stage surfaces, the assumption of uniform relative humidity may not be valid.

[0058] In addition to the risk to the interferometer beams, water evaporation may also create temperature control problems. The heat of vaporization of water is about 44 kJ/mole. Evaporation of the 7 mm drop mentioned above will absorb about 430 J which must be supplied by the adjacent surfaces.

[0059] Figure 2C illustrates a perspective view of one embodiment of the containment frame 264. In this embodiment, the containment frame 264 is annular ring shaped and encircles the gap 246 (illustrated in Figure 2B). Additionally, in this embodiment, the containment frame 264 includes a top side 270A, an opposite bottom side 270B (also referred to as a first surface) that faces the wafer 30, an inner side 270C that faces the gap 246, and an outer side 270D. The terms top and bottom are used merely for convenience, and the orientation of the containment frame 264 can be rotated. The containment frame 264 can have another shape. Alternatively, for example, the containment frame 264 can be rectangular frame shaped or octagonal frame shaped.

[0060] Additionally, as provided herein, the containment frame 264 may be temperature controlled to stabilize the temperature of the immersion fluid 248.

[0061] Referring back to Figure 2B, the seal 266 seals the containment frame 264 to the optical assembly 16 and allows for some motion of the containment frame 264 relative to the optical assembly 16. In one embodiment, the seal 266 is made of a flexible, resilient material that is not influenced by the immersion fluid 248. Suitable materials for the seal 266 include rubber, Buna-N, neoprene, Viton or plastic. Alternatively the seal 266 may be a bellows made of a metal such as stainless steel or rubber or a plastic.

[0062] Figure 2D illustrates an enlarged view of a portion of Figure 2B, in partial cut-away. The frame support 268 connects and supports the containment frame 264 to the apparatus frame 12 and the optical assembly 16 above the wafer 30 and the device stage 42. In one embodiment, the frame support 268 supports all of the weight of the containment

frame 264. Alternatively, for example, the frame support 268 can support only a portion of the weight of the containment frame 264. In one embodiment, the frame support 268 can include one or more support assemblies 274. For example, the frame support 268 can include three spaced apart support assemblies 274 (only two are illustrated). In this embodiment, each support assembly 274 extends between the apparatus frame 12 and the top side 270A of the containment frame 264.

[0063] In one embodiment, each support assembly 274 is a flexure. As used herein, the term "flexure" shall mean a part that has relatively high stiffness in some directions and relatively low stiffness in other directions. In one embodiment, the flexures cooperate (i) to be relatively stiff along the X axis and along the Y axis, and (ii) to be relatively flexible along the Z axis. The ratio of relatively stiff to relatively flexible is at least approximately 100/1, and can be at least approximately 1000/1. Stated another way, the flexures can allow for motion of the containment frame 264 along the Z axis and inhibit motion of the containment frame 264 along the X axis and the Y axis. In this embodiment, each support assembly 274 passively supports the containment frame 264.

[0064] Alternatively, for example, each support assembly 274 can be an actuator that can be used to adjust the position of the containment frame 264 relative to the wafer 30 and the device stage 42. Additionally, the frame support 268 can include a frame measurement system 275 that monitors the position of the containment frame 264. For example, the frame measurement system 275 can monitor the position of the containment frame 264 along the Z axis, about the X axis, and/or about the Y axis. With this information, the support assemblies 274 can be used to adjust the position of the containment frame 264. In this embodiment, each support assembly 274 can actively adjust the position of the containment frame 264.

[0065] In one embodiment, the environmental system 26 includes one or more pressure equalizers 276 that can be used to control the pressure in the chamber 263. Stated another way, the pressure equalizers 276 inhibit atmospheric pressure changes or pressure changes associated with the fluid control from creating forces between the containment frame 264 and the wafer 30 or the last optical element 262B. For example, the pressure equalizers 276 can cause the pressure on the inside of the chamber 263 and/or in the gap 246 to be approximately equal to the pressure on the outside of the chamber 263. For example, each pressure equalizer 276 can be a channel that extends through the containment frame 264. In one embodiment, a tube 277 (only one is illustrated) is attached to the channel of each

pressure equalizer 276 to convey any fluid vapor away from the measurement system 22 (illustrated in Figure 1). In alternative embodiments, the pressure equalizer 276 allows for a pressure difference of less than approximately 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, or 1.0 PSI.

[0066] Figure 2B also illustrates several injector/scavenge pads 258. Figure 2D illustrates one injector/scavenge pad 258 in more detail. In this embodiment, each of the injector/scavenge pads 258 includes a pad outlet 278A and a pad inlet 278B that are in fluid communication with the injector/scavenge source 260. At the appropriate time, the injector/scavenge source 260 provides immersion fluid 248 to the pad outlet 278A that is released into the chamber 263 and draws immersion fluid 248 through the pad inlet 278B from the chamber 263.

[0067] Figures 2B and 2D also illustrate that the immersion fluid 248 in the chamber 263 sits on top of the wafer 30. As the wafer 30 moves under the optical assembly 16, it will drag the immersion fluid 248 in the vicinity of a top, device surface 279 of the wafer 30 with the wafer 30 into the gap 246.

[0068] In one embodiment, referring to Figures 2B and 2D, the device stage 42 includes a stage surface 280 that has approximately the same height along the Z axis as the top, exposed surface 279 of the wafer 30. Stated another way, in one embodiment, the stage surface 280 is in approximately the same plane as the exposed surface 279 of the wafer 30. In alternative embodiments, for example, approximately the same plane shall mean that the planes are within approximately 1, 10, 100 or 500 microns. As a result thereof, the distance between the bottom side 270B of the containment frame 264 and the wafer 30 is approximately equal to the distance between the bottom side 270B of the containment frame 264 and the device stage 42. In one embodiment, for example, the device stage 42 can include a disk shaped recess 282 for receiving the wafer 30. Some alternative designs of the device stage 42 are discussed below.

[0069] Figure 2D illustrates that a frame gap 284 exists between the bottom side 270B of the containment frame 264 and the wafer 30 and/or the device stage 42 to allow for ease of movement of the device stage 42 and the wafer 30 relative to the containment frame 264. The size of the frame gap 284 can vary. For example, the frame gap 284 can be between approximately 5 $\mu$ m and 3 mm. In alternative examples, the frame gap 284 can be approximately 5, 10, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, or 500 microns.

[0070] In certain embodiments, the distance between the bottom side 270B and at least one of the wafer 30 and/or the device stage 42 is shorter than a distance between the end

surface (e.g., the last optical element 262B or the bottom of the optical housing 262A) of the optical assembly 16 and at least one of the wafer 30 and/or the device stage 42.

[0071] Additionally, a wafer gap 285 can exist between the edge of the wafer 30 and the wafer stage 42. In one embodiment, the wafer gap 285 is as narrow as possible to minimize leakage when the wafer 30 is off-center from the optical assembly 16 and lying partly within and partly outside the fluid containment frame 264 region. For example, in alternative embodiments, the wafer gap 285 can be approximately 1, 10, 50, 100, 500, or 1000 microns.

[0072] Figure 2D also illustrates that some of the immersion fluid 248 flows between the containment frame 264 and the wafer 30 and/or the device stage 42. In one embodiment, the containment frame 264 includes one or more scavenge inlets 286 that are positioned at or near the bottom side 270B of the containment frame 264. The one or more scavenge inlets 286 are in fluid communication with the injector/scavenge source 260 (illustrated in Figure 2B). With this design, the immersion fluid 248 that escapes in the frame gap 284 can be scavenged by the injector/scavenge source 260. In the embodiment illustrated in Figure 2D, the bottom side 270B of the containment frame 264 includes one scavenge inlet 286 that is substantially annular groove shaped and is substantially concentric with the optical assembly 16. Alternatively, for example, the bottom side 270B of the containment frame 264 can include a plurality of spaced apart annular groove shaped, scavenge inlets 286 that are substantially concentric with the optical assembly 16 to inhibit the immersion fluid 248 from completely exiting the frame gap 284. Still alternatively, a plurality of spaced apart apertures oriented in a circle can be used instead of an annular shaped groove.

[0073] In one embodiment, the injector/scavenge source 260 applies a vacuum and/or partial vacuum on the scavenge inlet 286. The partial vacuum draws the immersion fluid 248 between (i) a small land area 288 on the bottom side 270B, and (ii) the wafer 30 and/or the device stage 42. The immersion fluid 248 in the frame gap 284 acts as a fluid bearing 289A (illustrated as an arrow) that supports the containment frame 264 above the wafer 30 and/or the device stage 42, allows for the containment frame 264 to float with minimal friction on the wafer 30 and/or the device stage 42, and allows for a relatively small frame gap 284. With this embodiment, most of the immersion fluid 248 is confined within the fluid barrier 254 and most of the leakage around the periphery is scavenged within the narrow frame gap 284.

[0074] Additionally, the environmental system 26 can include a device for creating an additional fluid bearing 289B (illustrated as an arrow) between the containment frame 264 and the wafer 30 and/or the device stage 42. For example, the containment frame 264 can include one or more bearing outlets 290A that are in fluid communication with a bearing fluid source 290B of a bearing fluid 290C (illustrated as triangles). In one embodiment, the bearing fluid 290C is air. In this embodiment, the bearing fluid source 290B provides pressurized air 290C to the bearing outlet 290A to create the aerostatic bearing 289B. The fluid bearings 289A, 289B can support all or a portion of the weight of the containment frame 264. In alternative embodiments, one or both of the fluid bearings 289A, 289B support approximately 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, or 100 percent of the weight of the containment frame 264. In one embodiment, the concentric fluid bearings 289A, 289B are used to maintain the frame gap 284.

[0075] Depending upon the design, the bearing fluid 290C can have the same composition or a different composition than the immersion fluid 248. However, some of the bearing fluid 290C may escape from the fluid barrier 254. In one embodiment, the type of bearing fluid 290C is chosen so that the bearing fluid 290C and its vapor do not interfere with the measurement system 22 or temperature stability of the exposure apparatus 10.

[0076] In another embodiment, the partial vacuum in the scavenge inlets 286 pulls and urges the containment frame 264 toward the wafer 30. In this embodiment, the fluid bearing 289B supports part of the weight of the containment frame 264 as well as opposes the pre-load imposed by the partial vacuum in the scavenge inlets 286.

[0077] In addition, the pressurized air 290C helps to contain the immersion fluid 248 within the containment frame 264. As provided above, the immersion fluid 248 in the frame gap 284 is mostly drawn out through the scavenge inlets 286. In this embodiment, any immersion fluid 248 that leaks beyond the scavenge inlets 286 is pushed back to the scavenge inlets 286 by the bearing fluid 290C.

[0078] The frame gap 284 may vary radially, from the inner side 270C to the outer side 270D, to optimize bearing and scavenging functions.

[0079] In Figure 2D, the bearing outlet 290A is substantially annular groove shaped, is substantially concentric with the optical assembly 16 and the scavenge inlet 286, and has a diameter that is greater than the diameter of the scavenge inlet 286. Alternatively, for example, the bottom side 270B of the containment frame 264 can include a plurality of spaced apart annular groove shaped, bearing outlets 290A that are substantially concentric

with the optical assembly 16. Still alternatively, a plurality of spaced apart apertures oriented in a circle can be used instead of an annular shaped groove. Alternatively, for example, a magnetic type bearing could be used to support the containment frame 264.

**[0080]** As illustrated in Figures 2B and 2D, the wafer 30 is centered under the optical assembly 16. In this position, the fluid bearings 289A, 289B support the containment frame 264 above the wafer 30. Figure 2E is an illustration of the portion of the exposure apparatus 10 of Figure 2A with the device stage 42 and the wafer 30 moved relative to the optical assembly 16. In this position, the wafer 30 and the device stage 42 are no longer centered under the optical assembly 16, and the fluid bearings 289A, 289B (illustrated in Figure 2D) support the containment frame 264 above the wafer 30 and the device stage 42.

**[0081]** Figure 3 is a first embodiment of the injector/scavenge source 260. In this embodiment, the injector/scavenge source 260 includes (i) a low pressure source 392A, e.g. a pump, having an inlet that is at a vacuum or partial vacuum that is in fluid communication with the scavenge inlet 286 (illustrated in Figure 2D) and the pad inlets 278B (illustrated in Figures 2B and 2D) and a pump outlet that provides pressurized immersion fluid 248, (ii) a filter 392B in fluid communication with the pump outlet and that filters the immersion fluid 248, (iii) a de-aerator 392C in fluid communication with the filter 392B and that removes any air, contaminants, or gas from the immersion fluid 248, (iv) a temperature control 392D in fluid communication with the de-aerator 392C and that controls the temperature of the immersion fluid 248, (v) a reservoir 392E in fluid communication with the temperature control 392D and that retains the immersion fluid 248, and (vi) a flow controller 392F that has an inlet in fluid communication with the reservoir 392E and an outlet in fluid communication with the pad outlets 278A (illustrated in Figures 2B and 2D), the flow controller 392F controlling the pressure and flow to the pad outlets 278A. The operation of these components can be controlled by the control system 24 (illustrated in Figure 1) to control the flow rate of the immersion fluid 248 to the pad outlets 278A, the temperature of the immersion fluid 248 at the pad outlets 278A, the pressure of the immersion fluid 248 at the pad outlets 278A, and/or the pressure at the scavenge inlets 286 and the pad inlets 278B.

**[0082]** Additionally, the injector/scavenge source 260 can include (i) a pair of pressure sensors 392G that measure the pressure near the pad outlets 278A, the scavenge inlets 286 and the pad inlets 278B, (ii) a flow sensor 392H that measures the flow to the pad outlets 278A, and/or (iii) a temperature sensor 392I that measures the temperature of the immersion fluid 248 delivered to the pad outlets 278A. The information from these sensors

392G-392I can be transferred to the control system 24 so that that control system 24 can appropriately adjust the other components of the injector/scavenge source 260 to achieve the desired temperature, flow and/or pressure of the immersion fluid 248.

[0083] The orientation of the components of the injector/scavenge source 260 can be varied. Further, one or more of the components may not be necessary and/or some of the components can be duplicated. For example, the injector/scavenge source 260 can include multiple pumps, multiple reservoirs, temperature controllers or other components. Moreover, the environmental system 26 can include multiple injector/scavenge sources 260.

[0084] The rate at which the immersion fluid 248 is pumped into and out of the chamber 263 (illustrated in Figure 2B) can be adjusted to suit the design requirements of the system. Further, the rate at which the immersion fluid 248 is scavenged from the pad inlets 278B and the scavenge inlets 286 can vary. In one embodiment, the immersion fluid 248 is scavenged from the pad inlets 278B at a first rate and is scavenged from the scavenge inlets 286 at a second rate. As an example, the first rate can be between approximately 0.1- 5 liters/minute and the second rate can be between approximately 0.01- 0.5 liters/minute. However, other first and second rates can be utilized.

[0085] The rates at which the immersion fluid 248 is pumped into and out of the chamber 263 can be adjusted to (i) control the leakage of the immersion fluid 248 below the fluid barrier, (ii) control the leakage of the immersion fluid 248 from the wafer gap 285 when the wafer 30 is off-center from the optical assembly 16, and/or (iii) control the temperature and purity of the immersion fluid 248 in the gap 246. For example, the rates can be increased in the event the wafer 30 is off-center, the temperature of the immersion fluid 248 becomes too high and/or there is an unacceptable percentage of contaminants in the immersion fluid 248 in the gap 246.

[0086] The type of immersion fluid 248 can be varied to suit the design requirements of the apparatus 10. In one embodiment, the immersion fluid 248 is water. Alternatively, for example, the immersion fluid 248 can be a fluorocarbon fluid, Fomblin oil, a hydrocarbon oil, or another type of oil. More generally, the fluid should satisfy certain conditions: 1) it must be relatively transparent to the exposure radiation; 2) its refractive index must be comparable to that of the last optical element 262B; 3) it should not react chemically with components of the exposure system 10 with which it comes into contact; 4) it must be homogeneous; and 5) its viscosity should be low enough to avoid transmitting vibrations of a significant magnitude from the stage system to the last optical element 262B.

[0087] Figure 4A is an enlarged view of a portion of another embodiment of the fluid barrier 454A, a portion of the wafer 30, and a portion of the device stage 42. In this embodiment, the fluid barrier 454A is somewhat similar to the corresponding component described above and illustrated in Figure 2D. However, in this embodiment, the containment frame 464A includes two concentric, scavenge inlets 486A that are positioned at the bottom side 470B of the containment frame 464A. The two scavenge inlets 486A are in fluid communication with the injector/scavenge source 260 (illustrated in Figure 2B). With this design, the immersion fluid 248 that escapes in the frame gap 284 can be scavenged by the injector/scavenge source 260. In this embodiment, the bottom side 470B of the containment frame 464 includes two scavenge inlets 486A that are each substantially annular groove shaped and are substantially concentric with the optical assembly 16.

[0088] With this design, the injector/scavenge source 260 applies a vacuum or partial vacuum on the scavenge inlets 486A. The partial vacuum draws the immersion fluid 248 between a small land area 488 on the bottom side 470B and the wafer 30 and/or the device stage 42. In this embodiment, the majority of the immersion fluid 248 flows under the land 488 and into the inner scavenge inlet 486A. Additionally, the immersion fluid 248 not removed at the inner scavenge inlet 486A is drawn into the outer scavenge inlet 486A.

[0089] Figure 4B is an enlarged view of a portion of another embodiment of the fluid barrier 454B, a portion of the wafer 30, and a portion of the device stage 42. In this embodiment, the fluid barrier 454B is somewhat similar to the corresponding component described above and illustrated in Figure 2D. However, in this embodiment, the containment frame 464B includes one bearing outlet 490B and two scavenge inlets 486B that are positioned at the bottom side 470B. The scavenge inlets 486B are in fluid communication with the injector/scavenge source 260 (illustrated in Figure 2B) and the bearing outlet 490B is in fluid communication with the bearing fluid source 290B (illustrated in Figure 2D). However, in this embodiment, the bearing outlet 490B is positioned within and concentric with the scavenge inlets 486B. Stated another way, the bearing outlet 490B has a smaller diameter than the scavenge inlets 486B, and the bearing outlet 490B is closer to the optical assembly 16 than the scavenge inlets 486B. Further, with this design, the bearing fluid 290C (illustrated in Figure 2D) can be a liquid that is the same in composition as the immersion fluid 248. With this design, the bearing fluid 290C in the frame gap 284 can be scavenged by the injector/scavenge source 260 via the scavenge inlets 486B.

[0090] Figure 4C is an enlarged view of a portion of another embodiment of the fluid barrier 454C, a portion of the wafer 30, and a portion of the device stage 42. In this embodiment, the fluid barrier 454C is somewhat similar to the corresponding component described above and illustrated in Figure 2D. However, in this embodiment, the containment frame 464C includes one bearing outlet 490C and two scavenge inlets 486C that are positioned at the bottom side 470B. The scavenge inlets 486C are in fluid communication with the injector/scavenge source 260 (illustrated in Figure 2B) and the bearing outlet 490C is in fluid communication with the bearing fluid source 290B (illustrated in Figure 2D). However, in this embodiment, the bearing outlet 490C is positioned between the two scavenge inlets 486C. Stated another way, the inner scavenge inlet 486C has a smaller diameter than the bearing outlet 490C, and the bearing outlet 490C has a smaller diameter than the outer scavenge inlet 486C. With this design, the inner scavenge inlet 486C is closer to the optical assembly 16 than the bearing outlet 490C.

[0091] It should be noted that in each embodiment, additional scavenge inlets and additional bearing outlets can be added as necessary.

[0092] Figure 5A is a cut-away view of a portion of another embodiment of the exposure apparatus 510, including the optical assembly 516, the device stage 542, and the environmental system 526 that are similar to the corresponding components described above. Figure 5A also illustrates the wafer 30, the gap 546, and that the immersion fluid 548 fills the gap 546. Figure 5B illustrates an enlarged portion of Figure 5A taken on line 5B-5B.

[0093] However, in the embodiment illustrated in Figures 5A and 5B, the fluid barrier 554 includes an inner barrier 555 in addition to the containment frame 564, the seal 566, and the frame support 568. In this embodiment, the inner barrier 555 is annular ring shaped, encircles the bottom of the optical assembly 516, is concentric with the optical assembly 516, and is positioned within the containment frame 564 adjacent to the seal 566.

[0094] The inner barrier 555 can serve several purposes. For example, the inner barrier 555 can limit the amount of immersion fluid 548 escaping to the containment frame 564, reducing the scavenging requirements at the scavenge inlets 586, and also reducing the leakage of immersion fluid 548 into the wafer gap 285 when the wafer 30 is off-center from the optical assembly 516 and lying partly within and partly outside the fluid containment frame 564 region. With this design, the fluid injection/scavenge pads 558 can be used to recover the majority of the immersion fluid 548 from the chamber 563. Additionally, if the immersion fluid 548 is maintained at or near the level of the top of the inner barrier 555,

pressure surges associated with injection of the immersion fluid 548 can be reduced, because excess immersion fluid 548 overflows the top of the inner barrier 555, creating a static pressure head. Some pressure surge may remain even in this situation due to surface tension effects. These effects can be reduced by increasing the height of the inner barrier 555 shown in Fig. 5B. For example, if the immersion fluid is water, the height should preferably be several mm or more. Additionally, the remaining pressure surge can be reduced or eliminated by adjusting the "wettability" of the surfaces of inner barrier 555 and optical assembly 516 in contact with the immersion fluid 548 to reduce surface tension forces. In one embodiment, the inner barrier 555 can maintain a significant fluid height difference with a gap of approximately 50  $\mu\text{m}$  between the bottom of the inner barrier 55 and the top of the wafer 30 or the device stage 42.

[0095] Figure 6 is a perspective view of one embodiment of a device stage 642 with a wafer 630 positioned above the device stage 642. In this embodiment, the device stage 642 includes a device table 650, a device holder 652, a guard 654, and a guard mover assembly 656. In this embodiment, the device table 650 is generally rectangular plate shaped. The device holder 652 retains the wafer 630. In this embodiment, the device holder 652 is a chuck or another type of clamp that is secured to the device table 650. The guard 654 surrounds and/or encircles the wafer 630. In one embodiment, the guard 654 is generally rectangular plate shaped and includes a circular shaped aperture 658 for receiving the wafer 630.

[0096] In one embodiment, the guard 654 can include a first section 660 and a second section 662. One or more of the sections 660, 662 can be moved, removed or recessed to provide easy access for loading and removing the wafer 630.

[0097] The guard mover assembly 656 secures the guard 654 to the device table 650, and moves and positions the guard 654 relative to the device table 650, the device holder 652, and the wafer 630. With this design, the guard mover assembly 656 can move the guard 654 so that the top, stage surface 680 of the guard 654 is approximately at the same Z height as the top exposed surface 679 of the wafer 630. Stated another way, the guard mover assembly 656 moves the guard 654 so that the stage surface 680 is approximately in the same plane as the exposed surface 679 of the wafer 630. As a result thereof, the guard 654 can be moved to adjust for wafers 630 of alternative heights.

[0098] The design of the guard mover assembly 656 can be varied. For example, the guard mover assembly 656 can include one or more rotary motors, voice coil motors, linear motors, electromagnetic actuators, and/or other type of force actuators. In one embodiment,

the guard mover assembly 656 moves and positions the guard 654 along the Z axis, about the X axis and about the Y axis under the control of the control system 24 (illustrated in Figure 1). A sensor 681 (illustrated as a box) can be used to measure the relative heights of the guard surface 680 and the wafer top surface 679. Information from the sensor 681 can be transferred to the control system 24 (illustrated in Figure 1) which uses information from the height sensor 681 to control the guard mover assembly 656.

[0099] Figure 7A is a perspective view of another embodiment of a device stage 742 with a wafer 730 positioned above the device stage 742. Figure 7B is a cut-away view taken from Figure 7A. In this embodiment, the device stage 742 includes a device table 750, a device holder 752, a guard 754, and a holder mover assembly 756. In this embodiment, the device table 750 is generally rectangular plate shaped. The device holder 752 retains the wafer 730. The guard 754 is generally rectangular plate shaped and includes a circular shaped aperture 758 for the wafer 730. In this embodiment, the guard 754 is fixedly secured to the device table 750. The holder mover assembly 756 secures the device holder 752 to the device table 750 and moves and positions the device holder 752 relative to the device table 750 and the guard 754. With this design, the holder mover assembly 756 can move the device holder 752 and the wafer 730 so that the top stage surface 780 of the guard 754 is approximately at the same Z height as the top exposed surface 779 of the wafer 730. A sensor 781 can be used to measure the relative heights of the top stage surface 780 and the top exposed surface 779 of the wafer 730. The information from the sensor 781 can be transferred to the control system 24 (illustrated in Figure 1) which uses information from the height sensor to control the holder mover assembly 756.

[0100] For example, the holder mover assembly 756 can include one or more rotary motors, voice coil motors, linear motors, electromagnetic actuators, and/or other types of force actuators. In one embodiment, the holder mover assembly 756 moves and positions the device holder 752 and the wafer 730 along the Z axis, about the X axis and about the Y axis under the control of the control system 24 (illustrated in Figure 1).

[0101] Semiconductor devices can be fabricated using the above described systems, by the process shown generally in Figure 8A. In step 801 the device's function and performance characteristics are designed. Next, in step 802, a mask (reticle) having a pattern is designed according to the previous designing step, and in a parallel step 803 a wafer is made from a silicon material. The mask pattern designed in step 802 is exposed onto the wafer from step 803 in step 804 by a photolithography system described hereinabove in

accordance with the invention. In step 805 the semiconductor device is assembled (including the dicing process, bonding process and packaging process). Finally, the device is then inspected in step 806.

[0102] Figure 8B illustrates a detailed flowchart example of the above-mentioned step 804 in the case of fabricating semiconductor devices. In Figure 8B, in step 811 (oxidation step), the wafer surface is oxidized. In step 812 (CVD step), an insulation film is formed on the wafer surface. In step 813 (electrode formation step), electrodes are formed on the wafer by vapor deposition. In step 814 (ion implantation step), ions are implanted in the wafer. The above mentioned steps 811 - 814 form the preprocessing steps for wafers during wafer processing, and selection is made at each step according to processing requirements.

[0103] At each stage of wafer processing, when the above-mentioned preprocessing steps have been completed, the following post-processing steps are implemented. During post-processing, first, in step 815 (photoresist formation step), photoresist is applied to a wafer. Next, in step 816 (exposure step), the above-mentioned exposure device is used to transfer the circuit pattern of a mask (reticle) to a wafer. Then in step 817 (developing step), the exposed wafer is developed, and in step 818 (etching step), parts other than residual photoresist (exposed material surface) are removed by etching. In step 819 (photoresist removal step), unnecessary photoresist remaining after etching is removed. Multiple circuit patterns are formed by repetition of these preprocessing and post-processing steps.

[0104] While the exposure apparatus 10 as shown and described herein is fully capable of providing the advantages described herein, it is merely illustrative of embodiments of the invention. No limitations are intended to the details of construction or design herein shown.

**WHAT IS CLAIMED IS:**

1. An environmental system for controlling an environment in a gap between an optical assembly and a device, the device being retained by a device stage, the environmental system comprising:

a fluid barrier that is positioned near the device; and

an immersion fluid system that delivers an immersion fluid that fills the gap, and that collects immersion fluid that is directly between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage.

2. The environmental system of claim 1, wherein the fluid barrier encircles the gap and inhibits the immersion fluid including fluid vapor from exiting an area near the gap.

3. The environmental system of claim 1, wherein the fluid barrier includes a scavenge inlet that is positioned near the device, and wherein the immersion fluid system includes a low pressure source that is in fluid communication with the scavenge inlet.

4. The environmental system of claim 3, further comprising a bearing fluid source that directs a bearing fluid between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage to support the fluid barrier relative to at least one of the device and the device stage.

5. The environmental system of claim 4, wherein the fluid barrier includes a bearing outlet that is positioned near the device, the bearing outlet being in fluid communication with the bearing fluid source, and wherein the scavenge inlet is closer to the gap than the bearing outlet.

6. The environmental system of claim 4, wherein the fluid barrier includes a bearing outlet that is positioned near to the device, the bearing outlet being in fluid communication with the bearing fluid source, and wherein the scavenge inlet is farther from the gap than the bearing outlet.

7. The environmental system of claim 1, further comprising a bearing fluid source that directs a bearing fluid between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage to support the fluid barrier relative to at least one of the device and the device stage.

8. The environmental system of claim 7, wherein the fluid barrier includes a pair of spaced apart scavenge inlets and a bearing outlet that are positioned near the device, wherein the immersion fluid system includes a low pressure source that is in fluid communication with the scavenge inlets, and wherein the bearing fluid source is in fluid communication with the bearing outlet.

9. The environmental system of claim 8, wherein the bearing outlet is positioned between the scavenge inlets.

10. The environmental system of claim 8, wherein the pair of scavenge inlets are positioned closer to the gap than the bearing outlet.

11. The environmental system of claim 1, further comprising a pressure equalizer that allows the pressure in the gap to be approximately equal to the pressure outside the fluid barrier.

12. The environmental system of claim 11, wherein the pressure equalizer is a channel that extends through the fluid barrier.

13. An exposure apparatus for transferring an image to a device, the exposure apparatus comprising: an optical assembly, a device stage that retains the device, and the environmental system of claim 1 that controls an environment in a gap between the optical assembly and the device.

14. The exposure apparatus of claim 13, wherein the device stage includes a stage surface that is in approximately a same plane as an exposed surface of the device.

15. A process for manufacturing a device that includes the steps of providing a substrate and transferring an image to the substrate with the exposure apparatus of claim 13.

16. An environmental system for controlling an environment in a gap between an optical assembly and a device, the device being retained by a device stage, the environmental system comprising:

a fluid barrier that is positioned near the device;

an immersion fluid system that delivers an immersion fluid that fills the gap;

and

a bearing fluid source that directs a bearing fluid between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage to support the fluid barrier relative to at least one of the device and the device stage.

17. The environmental system of claim 16, wherein the fluid barrier encircles the gap and inhibits the immersion fluid including any fluid vapor from exiting an area near the gap.

18. The environmental system of claim 16, wherein the immersion fluid system collects immersion fluid that is directly between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage.

19. The environmental system of claim 18, wherein the fluid barrier includes a scavenge inlet that is positioned near the device, and wherein the immersion fluid system includes a low pressure source that is in fluid communication with the scavenge inlet.

20. The environmental system of claim 16, wherein the immersion fluid has a different composition than the bearing fluid.

21. The environmental system of claim 16, wherein the immersion fluid has approximately the same composition as the bearing fluid.

22. The environmental system of claim 16, wherein the fluid barrier includes a bearing outlet that is positioned near the device, the bearing outlet being in fluid communication with the bearing fluid source.

23. The environmental system of claim 16, further comprising a pressure equalizer that allows the pressure in the gap to be approximately equal to the pressure outside the fluid barrier.

24. The environmental system of claim 23, wherein the pressure equalizer is a channel that extends through the fluid barrier.

25. An exposure apparatus for transferring an image to a device, the exposure apparatus comprising: an optical assembly, a device stage that retains the device, and the environmental system of claim 16 that controls an environment in a gap between the optical assembly and the device.

26. The exposure apparatus of claim 25, wherein the device stage includes a stage surface that is in approximately a same plane as an exposed surface of the device.

27. A process for manufacturing a device that includes the steps of providing a substrate and transferring an image to the substrate with the exposure apparatus of claim 25.

28. An exposure apparatus for transferring an image to a device, the device including an exposed surface, the exposure apparatus comprising:  
an optical assembly positioned near the device with a gap between the optical assembly and the device;  
an environmental system that controls an environment in the gap, the environmental system including a fluid barrier that is positioned near the device, and an immersion fluid system that delivers an immersion fluid that fills the gap; and  
a device stage that retains the device, the device stage including a stage surface that is in approximately the same plane as the exposed surface of the device.

29. The exposure apparatus of claim 28, wherein the device stage includes a device holder that retains the device, a guard that defines the stage surface, and a mover

assembly that moves one of the device holder and the guard so that the exposed surface of the device is approximately in the same plane as the stage surface.

30. The exposure apparatus of claim 29, wherein the mover assembly moves the guard relative to the device and the device holder.

31. The exposure apparatus of claim 29, wherein the mover assembly moves the device holder and the device relative to the guard.

32. The exposure apparatus of claim 29, wherein the guard includes a first section that can be moved to provide access to the device.

33. The exposure apparatus of claim 28, wherein the immersion fluid system collects immersion fluid that is directly between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage.

34. The exposure apparatus of claim 28, further comprising a bearing fluid source that directs a bearing fluid between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage to support the fluid barrier relative to at least one of the device and the device stage.

35. The exposure apparatus of claim 28, further comprising a pressure equalizer that allows the pressure in the gap to be approximately equal to the pressure outside the fluid barrier.

36. A process for manufacturing a device that includes the steps of providing a substrate and transferring an image to the substrate with the exposure apparatus of claim 28.

37. A method for controlling an environment in a gap between an optical assembly and a device, the device being retained by a device stage, the method comprising the steps of:

positioning a fluid barrier near the device;

filling the gap with an immersion fluid using an immersion fluid system; and

collecting immersion fluid that is directly between the fluid barrier and at

least one of the device and the device stage.

38. The method of claim 37, wherein the fluid barrier includes a scavenge inlet that is positioned near the device, and wherein the step of collecting immersion fluid includes the step of connecting a low pressure source to the scavenge inlet.

39. The method of claim 37, further comprising the step of directing a bearing fluid directly between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage with a bearing fluid source to support the fluid barrier relative to at least one of the device and the device stage.

40. The method of claim 37, further comprising the step of making the pressure in the gap approximately equal to the pressure outside the fluid barrier with a pressure equalizer.

41. A method for making an exposure apparatus for transferring an image to a device, the method comprising the steps of providing an optical assembly, and controlling the environment in the gap by the method of claim 37.

42. A process for manufacturing a device that includes the steps of providing a substrate and transferring an image to the substrate with the exposure apparatus made by the method of claim 41.

43. A method for controlling an environment in a gap between an optical assembly and a device, the device being retained by a device stage, the method comprising the steps of:

positioning a fluid barrier near the device;  
filling the gap with an immersion fluid using an immersion fluid system; and  
directing a bearing fluid directly between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage with a bearing fluid source to support the fluid barrier relative to at least one of the device and the device stage.

44. The method of claim 43, further comprising the step of collecting immersion fluid that is directly between the fluid barrier and at least one of the device and the device stage.

45. The method of claim 44, wherein the fluid barrier includes a scavenge inlet that is positioned near the device, and wherein the step of collecting immersion fluid includes the step of connecting a low pressure source to the scavenge inlet.

46. The method of claim 43, further comprising the step of making the pressure in the gap approximately equal to the pressure outside the fluid barrier with a pressure equalizer.

47. A method for making an exposure apparatus for transferring an image to a device, the method comprising the steps of providing an optical assembly, and controlling the environment in the gap by the method of claim 43.

48. A process for manufacturing a device that includes the steps of providing a substrate and transferring an image to the substrate with the exposure apparatus made by the method of claim 47.

49. A method for transferring an image to a device, the device including an exposed surface, the method comprising the steps of:

positioning an optical assembly near the device with a gap between the optical assembly and the device;

controlling an environment in the gap with an environmental system, the environmental system including a fluid barrier that is positioned near the device, and an immersion fluid system that delivers an immersion fluid that fills the gap; and

retaining the device with a device stage, the device stage including a stage surface that is in approximately a same plane as the exposed surface of the device.

50. The method of claim 49, wherein the device stage includes a device holder that retains the device, a guard that defines the stage surface, and a mover assembly that moves one of the device holder and the guard so that the stage surface is approximately in the same plane as the exposed surface of the device.

51. The method of claim 50, wherein the mover assembly moves the guard relative to the device and the device holder.

52. The method of claim 50, wherein the mover assembly moves the device holder and the device relative to the guard.

53. The method of claim 50, further comprising the step of moving a first section of the guard to provide access to the device.

54. A process for manufacturing a device that includes the steps of providing a substrate and transferring an image to the substrate with the method of claim 49.

55. An exposure apparatus for transferring an image to a work piece, the work piece including an exposed surface, the exposure apparatus comprising:

a stage that holds the work piece, the stage including a stage surface that is in approximately a same plane as the exposed surface of the work piece;

an optical assembly positioned with a gap between the optical assembly and at least one of the work piece and the stage;

an environmental system that controls an environment in the gap, the environmental system including a surrounding member that has a first surface facing at least one of the work piece and the stage, an immersion fluid system that delivers an immersion fluid within the surrounding member for filling the gap, and an inlet portion on the first surface of the surrounding member to inhibit the immersion fluid from leaking; and

wherein a distance between the first surface and at least one of the work piece and the stage is shorter than a distance between an end surface of the optical assembly and at least one of the work piece and the stage.

56. The exposure apparatus of claim 55, wherein the inlet portion forms a fluid bearing between the first surface and at least one of the work piece and the stage.

57. The exposure apparatus of claim 55, wherein the environmental system includes an outlet portion on the first surface of the surrounding member to inhibit immersion fluid from leaking.

58. The exposure apparatus of claim 57, wherein the outlet portion provides pressurized gas.

59. The exposure apparatus of claim 58, wherein the outlet portion forms a gaseous bearing between the first surface and at least one of the work piece and the stage.

60. The exposure apparatus of claim 58, wherein the outlet portion is disposed outside of the inlet portion relative to the gap adjacent to the optical assembly.

61. An exposure apparatus for transferring an image to a work piece, the work piece including an exposed surface, the exposure apparatus comprising:

a stage that holds the work piece, the stage including a stage surface that is in approximately a same plane as the exposed surface of the work piece;

an optical assembly positioned with a gap between the optical assembly and at least one of the work piece and the stage;

an environmental system that controls an environment in the gap, the environmental system including a surrounding member that has a first surface facing at least one of the work piece and the stage, an immersion fluid system that delivers an immersion fluid within the surrounding member for filling the gap, and an outlet portion on the first surface of the surrounding member to inhibit the immersion fluid from leaking; and

wherein a distance between the first surface and at least one of the work piece and the stage is shorter than a distance between an end surface of the optical assembly and at least one of the work piece and the stage.

62. The exposure apparatus of claim 61, wherein the outlet portion provides pressurized gas.

63. The exposure apparatus of claim 62, wherein the outlet portion forms a gaseous bearing between the first surface and at least one of the work piece and the stage.

**ABSTRACT OF THE DISCLOSURE**

An environmental system controls an environment in a gap between an optical assembly and a device and includes a fluid barrier and an immersion fluid system. The fluid barrier is positioned near the device. The immersion fluid system delivers an immersion fluid that fills the gap and collects the immersion fluid that is directly between the fluid barrier and the device. The fluid barrier can include a scavenge inlet that is positioned near the device, and the immersion fluid system can include a low pressure source that is in fluid communication with the scavenge inlet. The fluid barrier confines any vapor of the immersion fluid and prevents it from perturbing a measurement system. Additionally, the environmental system can include a bearing fluid source that directs a bearing fluid between the fluid barrier and the device to support the fluid barrier relative to the device.



5/15

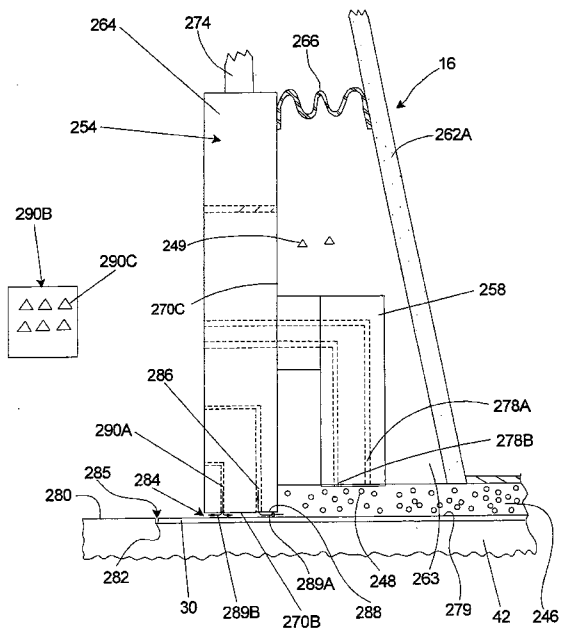


Fig. 2D

6/15

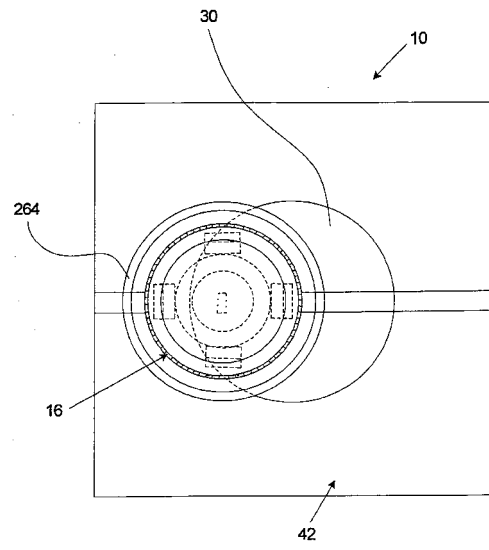


Fig. 2E

7/15

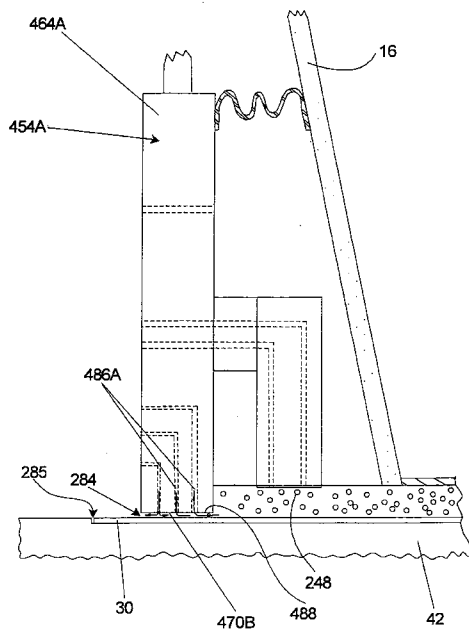


Fig. 4A

8/15

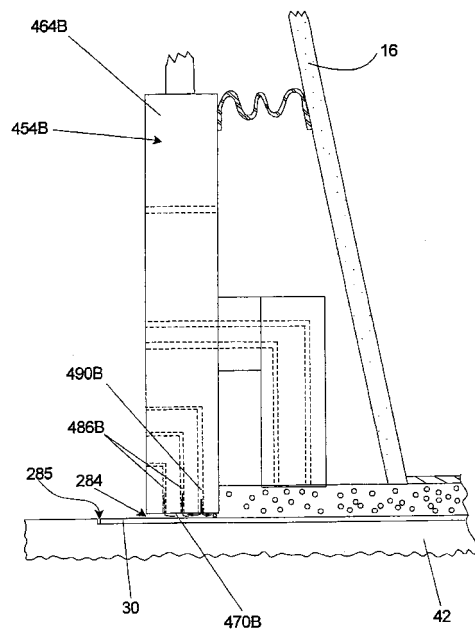


Fig. 4B

9/15

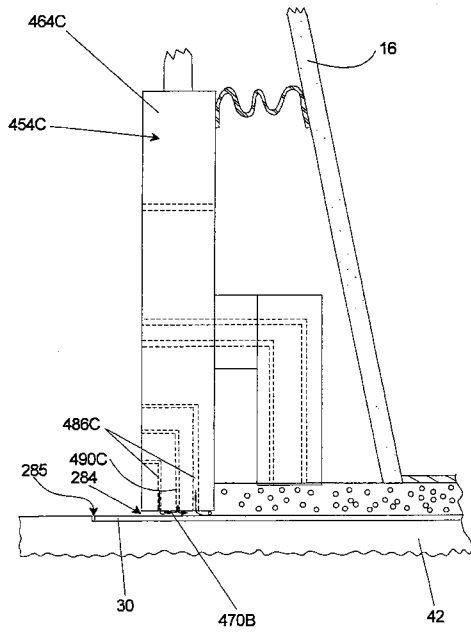


Fig. 4C

10/15

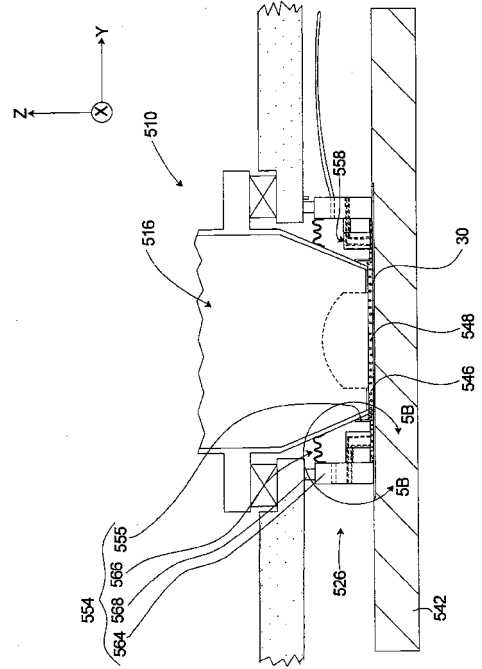


Fig. 5A

11/15

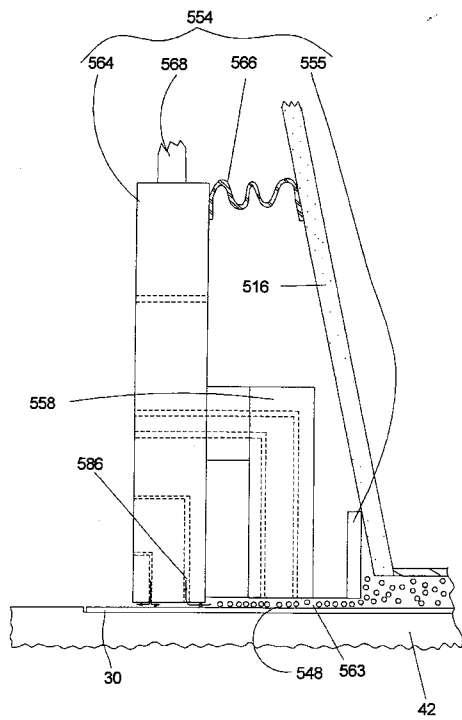


Fig. 5B

12/15

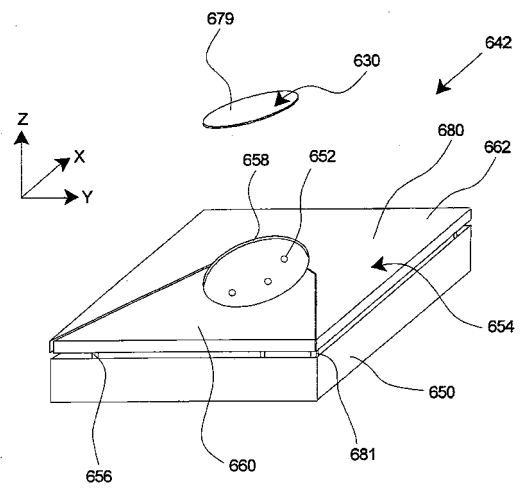


Fig. 6

13/15

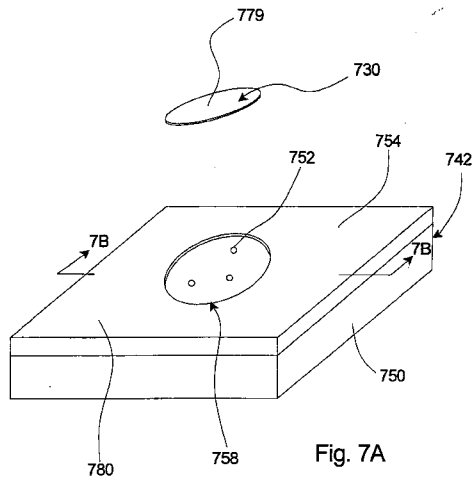


Fig. 7A

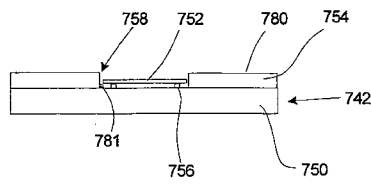


Fig. 7B

14/15

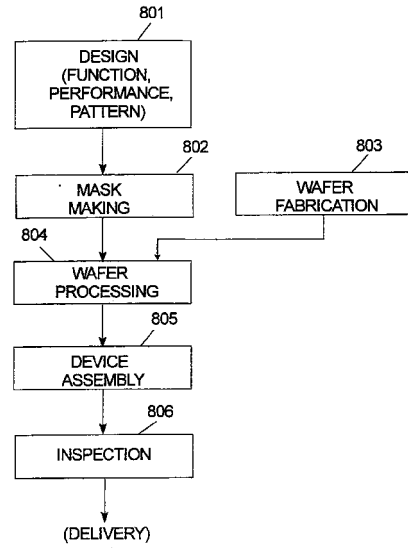


Fig. 8A

15/15

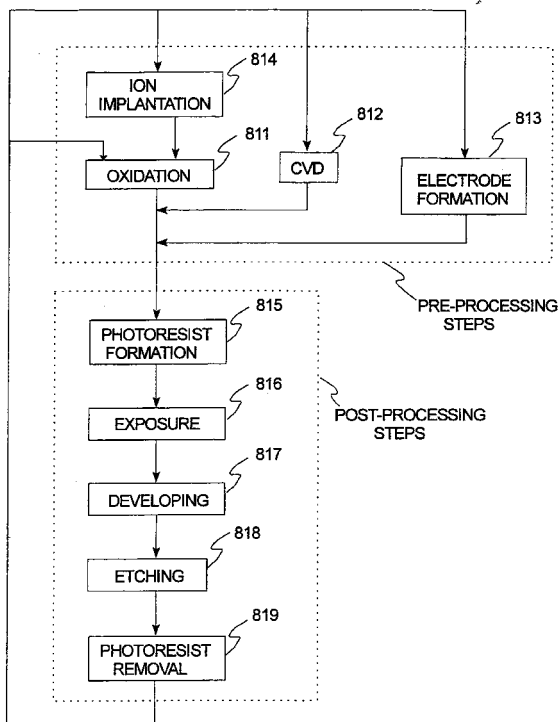


Fig. 8B