

(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2011-3898

(P2011-3898A)

(43) 公開日 平成23年1月6日(2011.1.6)

(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 6 C 5 F 0 4 6

審査請求 有 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2010-135725 (P2010-135725)	(71) 出願人	504151804 エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ. オランダ国 ヴェルトホーフエン 550 4 ディー アール, デ ラン 6501
(22) 出願日	平成22年6月15日 (2010. 6. 15)	(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(31) 優先権主張番号	61/218, 712	(72) 発明者	ヘンリクス ヴィルヘルムス マリア フ ァン ビューエル オランダ国 スヘルトヘンボス 523 1 ピーシー ファン デル グリーント ストラート 10
(32) 優先日	平成21年6月19日 (2009. 6. 19)	(72) 発明者	ジェロエン トーマス ブルークハイセ ベルギー国 オーフエルペルト 3900 ホルヴェンストラート 25 最終頁に続く
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/249, 346		
(32) 優先日	平成21年10月7日 (2009. 10. 7)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

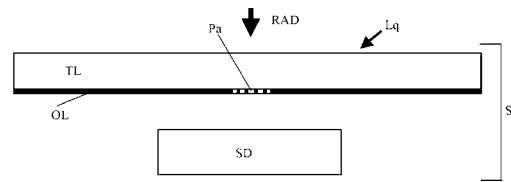
(54) 【発明の名称】 液浸リソグラフィ装置のためのセンサ

(57) 【要約】

【課題】 液浸システムに有効なセンサを提供する。

【解決手段】 液浸システムのためのセンサが開示される。センサは、検出器と透明層と不透明パターン層とを備える。検出器は放射ビームの特性を検知する。透明層は放射ビームの通過を許容する。透明層は検出器を覆う。不透明パターン層は放射ビームにパターンを与える。パターンニング層には開口があり、開口には充填材料が配置されている。充填材料は放射ビームに透明であり、透明層と実質的に同一の屈折率を有する。

【選択図】 図7



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

液浸リソグラフィ装置のためのセンサであって、  
放射ビームの特性を検知する検出器と、  
前記検出器を覆い、放射ビームの通過を許容する透明層と、  
前記透明層と前記検出器との間に配置され、放射ビームにパターンを与える領域をもつ不透明パターン層と、を備え、  
前記不透明パターン層の前記領域には開口があり、該開口には前記検出器に向かう放射ビームに透明であり前記透明層と実質的に同一の屈折率をもつ充填材料が配置されていることを特徴とするセンサ。

10

**【請求項 2】**

前記充填材料は前記透明層と実質的に同一の熱膨張率をもつことを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ。

**【請求項 3】**

前記透明層は、液浸液及び/または放射ビームに耐久性をもち、放射ビームに透明であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のセンサ。

**【請求項 4】**

前記透明層は前記検出器と反対側に上面を有し、該上面は液浸液に不浸透性であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載のセンサ。

20

**【請求項 5】**

前記上面は疎液性コーティングを有することを特徴とする請求項 4 に記載のセンサ。

**【請求項 6】**

前記疎液性コーティングは、前記検出器に向かう放射ビームの経路に位置する前記上面の部位を欠落させていることを特徴とする請求項 5 に記載のセンサ。

**【請求項 7】**

放射ビームの経路において前記検出器の手前に設けられている光学素子を備えることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載のセンサ。

**【請求項 8】**

前記検出器と前記不透明パターン層との間に設けられているアモルファス層を備えることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載のセンサ。

30

**【請求項 9】**

少なくとも放射ビームの経路に沿って前記透明層と前記検出器との間に間隙を有しないことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載のセンサ。

**【請求項 10】**

請求項 1 から 9 のいずれかに記載のセンサを備えるテーブル。

**【請求項 11】**

請求項 1 から 9 のいずれかに記載のセンサを備えるリソグラフィ装置。

**【請求項 12】**

液浸リソグラフィ装置のための検知部品であって、該検知部品はエンコーダグリッドであり、該エンコーダグリッドは、

40

放射ビームの通過を許容する透明層と、

前記透明層により覆われており、放射ビームにパターンを与えるためのパターンを有するパターン層と、を備え、

前記パターンは開口を有し、該開口には充填材料が配置され、該充填材料は放射ビームに透明であり前記透明層と実質的に同一の屈折率をもつことを特徴とする検知部品。

**【請求項 13】**

前記透明層を通じて戻すよう放射ビームを反射する反射層をさらに備えることを特徴とする請求項 12 に記載の検知部品。

**【請求項 14】**

前記パターン層は、前記透明層を通じて戻すよう放射ビームを反射可能であることを特

50

徴とする請求項 1 2 に記載の検知部品。

【請求項 1 5】

前記充填材料が前記透明層と同一材料であることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載のセンサまたは請求項 1 2 から 1 4 のいずれかに記載の検知部品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液浸リソグラフィ装置のためのセンサ、当該センサを備えるテーブル、及び当該センサを備えるリソグラフィ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板の目標部分、通常は基板の目標部分に転写する機械である。リソグラフィ装置は例えば集積回路（IC）の製造に用いられる。この場合、例えばマスクまたはレチクルとも称されるパターンングデバイスが、集積回路の各層に対応した回路パターンを形成するために使用される。このパターンが基板（例えばシリコンウェーハ）の（例えばダイの一部、あるいは1つまたは複数のダイからなる）目標部分に転写される。パターン転写は典型的には基板に形成された放射感応性材料（レジスト）層への結像による。一般に一枚の基板にはネットワーク状に隣接する一群の目標部分が含まれ、これらは連続的に露光される。公知のリソグラフィ装置にはいわゆるステッパとスキャナとがある。ステッパにおいては、目標部分にパターン全体が一度に露光されるようにして各目標部分は照射を受ける。スキャナにおいては、所与の方向（スキャン方向）に放射ビームによりパターンを走査するとともに基板をスキャン方向に平行または逆平行に走査するようにして各目標部分は照射を受ける。パターンングデバイスから基板へのパターン転写は、基板にパターンをインプリントすることによっても可能である。

【0003】

リソグラフィ投影装置において基板を液体に浸すことが提案されている。この液体は比較的高い屈折率をもつ液体であり、例えば水である。投影系の最終要素と基板との間の空間が液体で満たされる。液体は望ましくは蒸留水であるが、その他の液体も使用可能である。本発明の一実施形態は液体に言及して説明しているが、その他の流体、特に濡れ性流体、非圧縮性流体、及び/又は屈折率が空気より高い、望ましくは屈折率が水より高い流体が適切なこともある。気体を除く流体が特に好ましい。その真意は、露光放射は液体中で波長が短くなるので、より小さい形状の結像が可能となるということである（液体の効果は、システムの有効開口数（NA）を大きくし、焦点深度も大きくすることと見なすこともできる。）。別の液浸液も提案されている。固体粒子（例えば石英）で懸濁している水や、ナノ粒子（例えば最大寸法10nm以下）で懸濁している液体である。懸濁粒子はその液体の屈折率と同程度の屈折率を有していてもよいし、そうでなくてもよい。その他に適切な液体として炭化水素もある。例えば芳香族、フッ化炭化水素、または水溶液がある。

【0004】

基板を、又は基板と基板テーブルとを液体の浴槽に浸すこと（例えば米国特許第US4,509,852号参照）は、走査露光中に加速すべき大きい塊の液体があることでもある。これには、追加のモータ又はさらに強力なモータが必要であり、液体中の乱流が望ましくない予測不能な効果を引き起こすことがある。

【0005】

提案されている別の構成は、液体供給システムが、液体封じ込めシステムを使用して、基板の局所区域及び投影システムの最終要素と基板の間にのみ液体を提供することである（基板は通常、投影システムの最終要素より大きい表面積を有する）。これを構成するために提案されている1つの方法が、PCT特許出願第WO99/49504号に開示されている。この種の構成は局所液浸システムとも呼ばれている。

【0006】

10

20

30

40

50

別の構成は、液浸液を封じ込めない全域濡れ構成である。PCT特許出願第WO2005/064405号に開示されている。このシステムでは液浸液は封じ込められない。基板上面の全体が液体で覆われる。これが有利であるのは、基板上面全体が実質的に同条件で露光されるからである。これは基板温度制御及び基板処理に有利である。WO2005/064405号によれば、液体供給システムは投影システムの最終要素と基板との間に液体を供給する。液体は基板の残りの領域へと漏れ出る（流れ出る）ことが許容されている。基板テーブル端部の障壁によって液体の漏れが抑制され、基板テーブル上面からの液体除去が制御される。このシステムは基板の温度制御及び処理を改善するが、液浸液の蒸発はなお生じる。この問題を軽減するのに役立つ一手法が米国特許出願公開公報第2006/0119809号に記載されている。ある部材が設けられている。この部材は基板のすべての位置を覆い、該部材と基板上面との間及び/または該部材と基板を保持する基板テーブルとの間に液浸液を延ばすよう構成されている。

10

#### 【0007】

それぞれが参照により全体が本明細書に組み込まれる欧州特許出願公開公報EP-A-1420300号及び米国特許出願公開公報US2004-0136494号では、ツイinstageの又はデュアルstageの液浸リソグラフィ装置の概念が開示されている。このような装置には基板を支持する2つのテーブルが設けられる。stageが第一位置にあり、液浸液がない状態でレベリング測定が実行され、stageが第二位置にあり、液浸液が存在する状態で、露光が実行される。あるいは、この装置は1つのstageのみをもつ。

20

#### 【0008】

液浸リソグラフィ装置での基板露光後に露光位置から基板テーブルは、その基板を搬出し別の基板に取り替える位置へと移動される。これは基板交換として知られる。2stageのリソグラフィ装置ではテーブルの交換が投影システムの下で行われる。

#### 【0009】

液浸装置では液浸液は流体処理システムまたは流体処理装置によって取り扱われる。流体処理システムは液浸流体を供給してもよく、流体供給システムであってもよい。流体処理システムは流体を少なくとも部分的に封じ込めてもよく、流体封じ込めシステムであってもよい。流体処理システムは流体に障壁（バリア）をもたしてもよく、バリア部材であってもよい。バリア部材は流体封じ込め構造であってもよい。流体処理システムは、流体（例えば気体）流れを生成または使用してもよい。この流れは例えば液体の取り扱い、例えば液浸流体の流れ及び/または位置の制御に役立つ。気体流れが液浸流体を封じ込めるシールを形成してもよく、流体処理構造がシール部材と呼ばれてもよい。シール部材は流体封じ込め構造であってもよい。液浸液は液浸流体として使用されてもよい。その場合、流体処理システムは液体処理システムである。流体処理システムは投影システムと基板テーブルとの間に配置されてもよい。上記説明に関して、本段落で流体について定義した特徴への言及は、液体について定義される特徴を含むものと理解されたい。

30

#### 【0010】

液浸リソグラフィ装置においては液浸システムに存在するセンサに液浸液が接触しうる。センサは例えばテーブル上にある。例えば基板テーブルや、測定テーブル、較正テーブルである。センサは光学センサであってもよく、例えば露光ビームの光学特性を測定するものであってもよい。

40

#### 【0011】

図16は米国特許出願公開公報第2007-0115450号に開示されたセンサを示す。撥液層501がクロム等の遮光材料502の上に位置する。遮光材料502には放射の通過を許容する開口503が形成されている。石英ガラスプレート504と一体化された光学素子505が光学センサ506に放射を集束する。図示のように光学素子505とセンサ506との間には隙間が存在する。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0012】

センサの構成要素を保護するために、保護コーティングでセンサが被覆されていてもよい。水等の液浸液、露光ビームの放射、またはこれら両方が存在すると、保護コーティングには劣化が生じ得る。例えば超純水には高度の腐食作用がある。保護コーティングに小さな欠陥または開口があると、液浸液が保護コーティングとセンサとの間へと伝わり得る。これにより、コーティングの下のセンサ構成要素例えばメタルマスクが劣化する。例えば、コーティングの一部が除去された後に液浸液によって、または保護コーティングとセンサとの間に浸入した液浸液によって、浸食またはエッチングされる。コーティング及びセンサ構成要素の劣化は液浸システムにおける汚染粒子源となり得る。センサ精度も低下し得る。センサ寿命も短くなり、頻繁な交換が必要になる。これらの理由により液浸リソグラフィ装置の動作可能時間が短くなり、有効スループットも低下し、所有コストも大きくなる。

10

## 【0013】

例えば、液浸液、露光放射、またはこれら両方に対し耐久性のあるセンサを提供することが望ましい。

## 【0014】

例えば、流体処理システムによってセンサに液浸液が供給されるときに液滴や気泡を抑制するのに役立つように、実質的に平坦な表面をもつセンサを提供することが望ましい。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0015】

一態様によれば、液浸リソグラフィ装置のためのセンサが提供される。センサは、放射ビームの特性を検知する検出器と、前記検出器を覆い、放射ビームの通過を許容する透明層と、前記透明層と前記検出器との間に配置され、放射ビームにパターンを与える領域をもつ不透明パターン層と、を備え、前記不透明パターン層の前記領域には開口があり、該開口には前記検出器に向かう放射ビームに透明であり前記透明層と実質的に同一の屈折率をもつ充填材料が配置されている。

20

## 【0016】

本発明の一態様によれば、液浸リソグラフィ装置のための検知部品が提供される。該検知部品はエンコーダグリッドであり、該エンコーダグリッドは、放射ビームの通過を許容する透明層と、前記透明層により覆われており、放射ビームにパターンを与えるためのパターンを有するパターン層と、を備え、前記パターンは開口を有し、該開口には充填材料が配置され、該充填材料は放射ビームに透明であり前記透明層と実質的に同一の屈折率をもつ。

30

## 【0017】

本発明の実施形態が以下に説明されるがこれらは例示に過ぎない。この説明に用いられる参照符号は各図面において対応する部分を指し示す。各図面において同様の符号は同様の部分を示す。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0018】

【図1】本発明の一実施形態に係るリソグラフィ装置を模式的に示す図である。

40

【図2】リソグラフィ投影装置で使用される液体供給システムを示す図である。

【図3】リソグラフィ投影装置で使用される液体供給システムを示す図である。

【図4】リソグラフィ投影装置で使用される別の液体供給システムを示す図である。

【図5】リソグラフィ投影装置で使用される別の液体供給システムを示す図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る液体封じ込め構造及び投影システム最終要素の断面を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態に係るセンサの断面図である。

【図8】本発明の更なる一実施形態に係るセンサを示す図である。

【図9】基板テーブルの平面図である。

【図10】本発明の一実施形態に係るエンコーダグリッドの断面図である。

50

【図 1 1】本発明の一実施形態に係るエンコーダグリッドの断面図である。

【図 1 2】本発明の一実施形態に係るエンコーダグリッドの断面図である。

【図 1 3】本発明の一実施形態に係るセンサの断面図である。

【図 1 4】本発明の一実施形態に係るセンサの断面図である。

【図 1 5】本発明の一実施形態に係るセンサの断面図である。

【図 1 6】先行技術に係るセンサの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図 1 は、本発明の一実施形態に係るリソグラフィ装置を模式的に示す図である。この装置は、

10

放射ビーム B（例えば UV 放射または DUV 放射）を調整するよう構成されている照明系（イルミネータ）IL と、

パターンングデバイス（例えばマスク）MA を支持するよう構成され、いくつかのパラメタに従ってパターンングデバイスを正確に位置決めするよう構成されている第 1 の位置決め装置 PM に接続されている支持構造（例えばマスクテーブル）MT と、

基板（例えばレジストでコーティングされたウエーハ）W を保持するよう構成され、いくつかのパラメタに従って基板を正確に位置決めするよう構成されている第 2 の位置決め装置 PW に接続されている基板テーブル（例えばウエーハテーブル）WT と、

パターンングデバイス MA により放射ビーム B に付与されたパターンを基板 W の（例えば 1 つまたは複数のダイからなる）目標部分 C に投影するよう構成されている投影系（例えば屈折投影レンズ）PS と、を備える。

20

【0020】

照明系は、放射の方向や形状の調整またはその他の制御用に、各種の光学素子例えば屈折光学素子、反射光学素子、磁気的光学素子、電磁気的光学素子、静電的光学素子または他の各種光学部品を含んでもよく、あるいはこれらの任意の組み合わせを含んでもよい。

【0021】

支持構造 MT は、パターンングデバイスを保持する。支持構造は、パターンングデバイスの向きやリソグラフィ装置の構成、あるいはパターンングデバイスが真空環境下で保持されるか否かなどの他の条件に応じた方式でパターンングデバイスを保持する。支持構造は、機械的固定、真空固定、またはパターンングデバイスを保持するその他の固定用技術を用いてもよい。支持構造は例えばフレームまたはテーブルであってよく、必要に応じて固定されていてもよいし移動可能であってもよい。支持構造は、パターンングデバイスに対して所望の位置に位置決めできるようにしてもよい。本明細書では「レチクル」または「マスク」という用語を用いた場合には、より一般的な用語である「パターンングデバイス」に同義であるとみなされるものとする。

30

【0022】

本明細書では「パターンングデバイス」という用語は、例えば基板の目標部分にパターンを形成すべく放射ビームの断面にパターンを付与するために使用され得るいかなるデバイスをも指し示すよう広く解釈されるべきである。放射ビームに与えられるパターンは、基板の目標部分に所望されるパターンと厳密に対応していなくてもよい。このような場合には例えば、放射ビームのパターンが位相シフトフィーチャあるいはいわゆるアシストフィーチャを含む場合がある。一般には、放射ビームに付与されるパターンは、目標部分に形成される集積回路などのデバイスの特定の機能層に対応する。

40

【0023】

パターンングデバイスは透過型であっても反射型であってもよい。パターンングデバイスの例としては、例えばマスクやプログラマブルミラーアレイ、プログラマブル LCD パネルなどがある。マスクはリソグラフィの分野では周知であり、バイナリマスクやレベソソ型位相シフトマスク、ハーフトーン型位相シフトマスク、更に各種のハイブリッド型マスクが含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例としては、小型のミラーがマトリックス状に配列され、各ミラーが入射してくる放射ビームを異なる方向に反射するように

50

個別に傾斜されるというものがある。これらの傾斜ミラーにより、マトリックス状ミラーで反射された放射ビームにパターンが付与されることになる。

【 0 0 2 4 】

本明細書では「投影系」という用語は、使用される露光あるいは液浸や真空の利用などの他の要因に関して適切とされるいかなる投影系をも包含するよう広く解釈されるべきである。投影系には例えば屈折光学系、反射光学系、反射屈折光学系、磁氣的光学系、電磁氣的光学系、静電的光学系、またはこれらの任意の組み合わせなどが含まれる。以下では「投影レンズ」という用語は、より一般的な用語である「投影系」と同義に用いられ得る。

【 0 0 2 5 】

ここに図示されるのは、（例えば透過型マスクを用いる）透過型のリソグラフィ装置である。これに代えて、（例えば上述のようなプログラマブルミラーアレイまたは反射型マスクを用いる）反射型のリソグラフィ装置を用いることもできる。

【 0 0 2 6 】

リソグラフィ装置は2つ以上（2つの場合にはデュアルステージと呼ばれる）の基板テーブル（及び/または2つ以上のパターンングデバイステーブル）を備えてもよい。このような多重ステージ型の装置においては追加されたテーブルは並行して使用されるか、あるいは1以上のテーブルで露光が行われている間に他の1以上のテーブルで準備工程を実行するようにしてもよい。

【 0 0 2 7 】

図1に示されるようにイルミネータILは放射源SOから放射ビームを受け取る。例えば光源がエキシマレーザである場合には、光源とリソグラフィ装置とは別体であってもよい。この場合、光源はリソグラフィ装置の一部を構成しているとはみなされなく、放射ビームは光源SOからイルミネータILへとビーム搬送系BDを介して受け渡される。ビーム搬送系BDは例えば適当な方向変更用のミラー及び/またはビームエキスパンダを含んで構成される。あるいは光源が例えば水銀ランプである場合には、光源はリソグラフィ装置に一体に構成されていてもよい。光源SOとイルミネータILとは、またビーム搬送系BDが必要とされる場合にはこれも合わせて、放射系または放射システムと総称される。

【 0 0 2 8 】

イルミネータILは放射ビームの角強度分布を調整するためのアジャスタADを備えてもよい。一般には、イルミネータの瞳面における強度分布の少なくとも半径方向外径及び/または内径の大きさ（通常それぞれ「シグマ・アウト（ $\sigma$ -outer）」、「シグマ・インナ（ $\sigma$ -inner）」と呼ばれる）が調整される。加えてイルミネータILは、インテグレートIN及びコンデンサCOなどの他の要素を備えてもよい。イルミネータはビーム断面における所望の均一性及び強度分布を得るべく放射ビームを調整するために用いられる。

【 0 0 2 9 】

放射ビームBは、支持構造（例えばマスクテーブル）MTに保持されるパターンングデバイス（例えばマスク）MAに入射して、当該パターンングデバイスによりパターンが付与される。パターンングデバイスMAを通過した放射ビームBは投影系PSに進入する。投影系PSはビームを基板Wの目標部分Cに投影する。第2の位置決め装置PWと位置センサIF（例えば、干渉計、リニアエンコーダ、静電容量センサなど）により基板テーブルWTを正確に移動させることができる。基板テーブルWTは例えば放射ビームBの経路に異なる目標部分Cを順次位置決めするように移動される。同様に、第1の位置決め装置PMと他の位置センサ（図1には明示せず）とにより放射ビームBの経路に対してパターンングデバイスMAを正確に位置決めすることができる。この位置決めは例えばマスクライブラリからのマスクの機械的交換後や露光走査中に行われる。一般に支持構造MTの移動は、第1の位置決め装置PMの一部を構成するロングストロークモジュール（粗い位置決め用）及びショートストロークモジュール（精細な位置決め用）により実現される。同様に基板テーブルWTの移動は、第2の位置決め装置PWの一部を構成するロングストロ

10

20

30

40

50

ークモジュール及びショートストロークモジュールにより実現される。ステップでは（スキヤナとは異なり）、支持構造MTはショートストロークのアクチュエータにのみ接続されているか、あるいは固定されていてもよい。パターンングデバイスMAと基板Wとは、パターンングデバイスアライメントマークM1、M2及び基板アライメントマークP1、P2を用いてアライメントされてもよい。図においては基板アライメントマークが専用の目標部分を占拠しているが、アライメントマークは目標部分間のスペースに配置されてもよい（これはスクライプライン・アライメントマークとして公知である）。同様に、パターンングデバイスMAに複数のダイがある場合にはパターンングデバイスアライメントマークをダイ間に配置してもよい。

【0030】

図示の装置は例えば次のうちの少なくとも1つのモードで使用され得る。

【0031】

1. ステップモードにおいては、放射ビームに付与されたパターンの全体が1回の照射（すなわち単一静的露光）で目標部分Cに投影される間、支持構造MT及び基板テーブルWTは実質的に静止状態とされる。そして基板テーブルWTがX方向及び/またはY方向に移動されて、異なる目標部分Cが露光される。ステップモードでは露光フィールドの最大サイズが単一静的露光で転写される目標部分Cのサイズを制限することになる。

【0032】

2. スキャンモードにおいては、放射ビームに付与されたパターンが目標部分Cに投影される間（すなわち単一動的露光の間）、支持構造MT及び基板テーブルWTは同期して走査される。支持構造MTに対する基板テーブルWTの速度及び方向は、投影系PSの拡大（縮小）特性及び像反転特性により定められる。スキャンモードでは露光フィールドの最大サイズが単一動的露光での目標部分の（非走査方向の）幅を制限し、走査移動距離が目標部分の（走査方向の）長さを決定する。

【0033】

3. 別のモードにおいては、支持構造MTがプログラム可能パターンングデバイスを保持して実質的に静止状態とされ、放射ビームに付与されたパターンが目標部分Cに投影される間、基板テーブルWTが移動または走査される。このモードではパルス放射源が通常用いられ、プログラム可能パターンングデバイスは、基板テーブルWTの毎回の移動後、または走査中の連続放射パルス間に必要に応じて更新される。この動作モードは、上述のプログラブルミラーアレイ等のプログラム可能パターンングデバイスを利用するマスクレスリソグラフィに容易に適用することができる。

【0034】

上記で記載したモードを組み合わせて動作させてもよいし、各モードに変更を加えて動作させてもよいし、さらに全く別のモードでリソグラフィ装置を使用してもよい。

【0035】

投影系PSの最終要素と基板との間に液体を提供する構成は三種類に分類することができる。浴槽型、いわゆる局所液浸システム、及び全域濡れ液浸システムである。浴槽型は基板Wの実質的に全体が液槽に浸される。基板テーブルWTの一部も液層に浸されてもよい。

【0036】

局所液浸システムは、基板の局所区域にのみ液体を供給する液体供給システムを使用する。液体で満たされる空間は基板上面よりも小さく、液体で満たされた領域は基板Wがその領域の下を移動しているとき投影系PSに対し実質的に静止状態にある。図2乃至図5はそのようなシステムに使用可能である供給装置をそれぞれ示す。局所区域に液体を封止するシール機能が存在する。そのための構成の一例がPCT特許出願第WO99/49504号に開示されている。

【0037】

全域濡れ構成においては液体は封じ込められない。基板上面全体と基板テーブルの全体または一部が液浸液で覆われる。少なくとも基板を覆う液体の深さは浅い。液体はフィル

10

20

30

40

50

ム状であってもよく、基板上の薄い液体フィルムであってもよい。液浸液は、投影系及びそれに面する対向表面の領域に供給される。対向表面は基板表面及び/または基板テーブル表面であってもよい。図2乃至図5の液体供給装置はいずれもこのシステムに使用可能である。しかし、シール機能はなくすか、動作させないか、通常ほどは効果的でないようにして、局所区域のみに液体を封じないようにする。

#### 【0038】

図2及び図3に図示されているように、液体が少なくとも1つの入口によって基板上に、好ましくは最終要素に対する基板の移動方向に沿って供給され、投影システムの下を通過した後少なくとも1つの出口によって除去される。つまり、基板が-X方向に要素の下を走査されると、液体が要素の+X側にて供給され、-X側にて除去される。図2は、液体が入口を介して供給され、低圧源に接続された出口によって要素の他方側で除去される構成を概略的に示したものである。図2では液体が最終要素に対する基板の移動方向に沿って供給されるが、こうである必要はない。最終要素の周囲に配置された入口及び出口の様々な方向及び数が可能であり、一例が図3に示され、ここでは各側に4組の入口と出口が、最終要素の周囲に規則的なパターンで設けられる。なお液体の流れ方向を図2及び図3に矢印で示す。

10

#### 【0039】

局所液体供給システムをもつ液浸リソグラフィの解決法が、図4に示されている。液体は、投影システムPLの両側にある2つの溝入口によって供給され、入口の半径方向外側に配置された複数の別個の出口によって除去される。入口は、投影ビームを通す穴を中心に有するプレートに設けることができる。液体は、投影システムPSの一方側にある1つの溝入口によって供給され、投影システムPSの他方側にある複数の別個の出口によって除去され、これによって投影システムPSと基板Wとの間に液体の薄膜の流れが生じる。どちらの組合せの入口と出口を使用するかは、基板Wの移動方向によって決まる(他方の組合せの入口及び出口は作動させない)。なお液体の流れ方向を図4に矢印で示す。

20

#### 【0040】

提案されている別の構成は液体封じ込め構造を液体供給システムに設けることである。液体封じ込め構造は、投影システムの最終要素と基板テーブルWTまたは基板Wとの間の空間の境界の少なくとも一部に沿って延在する。これを図5に示す。

30

#### 【0041】

図5は、液体封じ込め構造12を有する局所液体供給システムまたは流体処理構造を模式的に示す図である。液体封じ込め構造12は、投影システムの最終要素と基板テーブルWTまたは基板Wとの間の空間の境界の少なくとも一部に沿って延在する。なお後述の説明で基板W表面への言及は、そうではないことを明示していない限り、基板テーブル表面をも意味するものとする。液体封じ込め構造12は、投影システムに対してXY面で実質的に静止しているが、Z方向(光軸の方向)では多少の相対運動があってもよい。一実施例においては、液体封じ込め構造と基板Wの表面との間にシールを形成する。このシールは、ガスシール(ガスシールをもつシステムが欧州特許出願公開公報EP-A-1420298号に開示されている)や液体シール等の非接触シールであってもよい。

40

#### 【0042】

液体封じ込め構造12は、投影系PLの最終要素と基板Wとの間の空間11の少なくとも一部に液体を収容する。基板Wに対する非接触シール16が投影系の像フィールドの周囲に形成され、投影系PLの最終要素と基板Wとの間の空間に液体が封じ込められてもよい。この空間の少なくとも一部が液体封じ込め構造12により形成される。液体封じ込め構造12は投影系PLの最終要素の下方に配置され、当該最終要素を囲む。液体が、投影系下方かつ液体封じ込め構造12内部の空間に、液体入口13によってもたらされる。液体出口13によって液体が除去されてもよい。液体封じ込め構造12は、投影系最終要素の少し上まで延在してもよい。液位が最終要素の上まで上昇することで、液体のバッファが提供される。一実施例においては液体封じ込め構造12は、上端において内周が投影系

50

またはその最終要素の形状によく一致し、下端において内周が像フィールドの形状によく一致していてもよい。上端が円形で下端が長方形であってもよいが、これに限られない。

【0043】

液体は、バリア部材12の底部と基板Wの表面との間に使用時に形成されるガスシール16によって空間11に保持されてもよい。ガスシールは、例えば空気又は合成空気、一実施例では $N_2$ 又は別の不活性ガスなどの気体によって形成される。ガスシールの気体は、圧力下で入口15を介してバリア部材12と基板Wとの隙間に提供され、出口14から抜き取られる。気体入口15への過剰圧力、出口14の真空レベル、及び隙間の幾何学的形状は、液体を封じ込める内側への高速の気体流16が存在するように構成される。バリア部材12と基板Wとの間の液体に気体から作用する力が空間11に液体を保持する。入口及び出口は空間11を取り巻く環状溝であってもよい。環状溝は連続していてもよいし不連続であってもよい。気体流れ16は空間11に液体を保持する効果がある。このようなシステムが、本明細書にその全体が援用される米国特許出願公開公報US2004-0207824号に開示されている。他の実施例では液体封じ込め構造12がガスシールを有しない。

10

【0044】

図6は、液体供給システムの一部である液体封じ込め構造12を示す。液体封じ込め構造12は、投影系PSの最終要素の外周に沿って(例えば円形に)延在する。

【0045】

空間11を画定する表面の複数の開口20が空間11に液体を供給する。液体は、側壁28、22の開口29、20をそれぞれ通過してから空間11に流入する。

20

【0046】

液体封じ込め構造12の底部と基板Wとの間にシールが形成される。図6ではシール装置は非接触シールを提供し、いくつかの部材から構成されている。投影系PSの光軸から半径方向外側に、空間11へと延在する流れ制御プレート50が設けられていてもよい。流れ制御プレート50は必須ではない。基板Wまたは基板テーブルWTに対向する液体封じ込め構造12の底面において流れ制御プレート50の半径方向外側には開口180が設けられていてもよい。開口180は基板Wに向かう方向に液体を供給することができる。これは、基板Wと基板テーブルWTとの隙間を液体で満たすことにより液浸液中での気泡形成を抑制するという点で結像中に有効である。

30

【0047】

開口180の半径方向外側には、液体封じ込め構造12と基板W及び/または基板テーブルWTとの間から液体を抽出するための抽出アセンブリ70が設けられていてもよい。抽出アセンブリ70は単相流を抽出する手段として動作してもよいし、二層流を抽出する手段として動作してもよい。

【0048】

抽出アセンブリ70の半径方向外側には、凹部80が設けられていてもよい。凹部80は入口82を通じて大気に接続される。凹部80は出口84を通じて低圧源に接続されていてもよい。凹部80の半径方向外側には、ガスナイフ90が設けられていてもよい。抽出アセンブリ、凹部、及びガスナイフの構成については、本明細書にその全体が援用される米国特許出願公開公報US2006/0158627号に詳細に開示されている。

40

【0049】

抽出アセンブリ70は、本明細書にその全体が援用される米国特許出願公開公報US2006/0038968号に開示されているような液体除去装置または抽出部またはインレットを備える。一実施例においては、液体除去装置70は、液体から気体を分離して液体の単相抽出を可能とする多孔質材料110で覆われている入口を備える。区画120の負圧は、多孔質材料110の孔に形成されるメニスカスが液体除去装置70の区画120に周囲の気体を引き込まないように選択される。しかし、多孔質表面110が液体に接触しているときには流れを制限するメニスカスは無く、液体除去装置70の区画120に自由に液体が流れることができる。

50

## 【0050】

多孔質材料110は多数の小孔を有する。各孔の寸法例えば幅または直径は5mm乃至50mmの範囲にある。多孔質材料110は、液体が除去されるべき表面例えば基板W表面から50mm乃至300mmの範囲の高さに保持されてもよい。一実施例においては、多孔質材料110は少なくとも若干の親液体性であってもよい。つまり、液浸液例えば水に対する多孔質材料110の動的接触角は90度未満であってもよく、望ましくは85度未満または望ましくは80度未満であってもよい。

## 【0051】

図6に特に図示していないが、液体供給システムは液位変動を処理するための構成を有する。これにより、投影系PSと液体封じ込め構造12との間で上昇した液体が処理されこぼれない。この液体処理の1つの手法は、疎液性(例えば疎水性)コーティングを形成することである。そのコーティングが液体封じ込め構造12の上面で開口または投影系PSの最終光学素子の周囲を取り巻く帯状に形成されていてもよい。コーティングは投影系PSの光軸の半径方向外側に設けられていてもよい。疎液性(例えば疎水性)コーティングは空間11に液浸液を保持するのに役立つ。

## 【0052】

図5及び図6の例はいわゆる局所領域形式である。すなわち、ある時点において基板Wの上面の局所的な領域にのみ液体が供給される。他の形式、例えば気体吸引の原理を利用する流体処理システムも可能である。このいわゆる気体吸引原理は例えば米国特許出願公開公報US2008-0212046号、及び2008年5月8日出願の米国特許出願US61/071621号に記載されている。このシステムにおいては、抽出孔が望ましくは角を有する形状に配列されている。その角がステップ方向及びスキャン方向に合わせられていてもよい。これにより、ステップ方向またはスキャン方向の所与の速度において流体処理構造表面の2つの開口間のメニスカスに生じる力を、それら2つの開口がスキャン方向に垂直に配列された場合に比べて、小さくすることができる。本発明の一実施形態は全域濡れ液浸装置に使用される流体処理構造にも適用可能である。この全域濡れの実施例においては、例えば封じ込め構造から液体が漏れ出ることを許容することで、基板テーブル上面全体が流体で覆われることが可能となってもよい。封じ込め構造は投影系の最終要素と基板との間に液体を封じ込める。全域濡れの実施例における流体処理構造の一例は2008年9月2日出願の米国特許出願US61/136380号に見ることができる。

## 【0053】

理解されるように、上述の特徴のいずれかは他のいずれかとともに使用可能であり、明確に記述された組合せのみが本願の範囲に含まれるわけではない。

## 【0054】

液浸構成において、リソグラフィ装置のパラメタを測定または検知するセンサが存在してもよい。センサは例えば、露光ビームまたは投影ビームの光学特性を検知する光学センサであってもよい。センサの配置される位置は、液浸液に接触する場所であってもよい。液浸液は腐食性をもつことが知られており、センサ表面にはしばしばコーティングが適用されている。例えば、センサ表面から液浸液を撥水する疎液性(水性液体の場合疎水性)コーティングである。露光放射は表面にいくらかの損傷を与えることが知られている。コーティングによって、液浸液が存在しないとき及び存在するときに露光放射からセンサが保護されうる。しかし、既存のコーティングは液浸液及び/または露光放射の存在により劣化する。コーティングの劣化により、露光放射の存在下で液浸液がセンサの構成要素に接触しうる。そうするとセンサの劣化が促進される。また、保護コーティングの小さい欠陥や開口から保護コーティングとセンサとの間に液体が伝わりうる。こうしてコーティング下のセンサ構成要素、例えばメタルマスクは、保護コーティングとセンサとの間に伝わってきた液浸液によって腐食またはエッチングされうる。構成要素が劣化したセンサは使用時の性能が低下して、不正確な測定の原因となりうる。センサ寿命が低下することになり、センサ交換のためのリソグラフィツールのダウンタイムが長くなる。劣化した

10

20

30

40

50

センサは汚染さらには欠陥の源となり、リソグラフィ装置の性能を低下させる。本発明の一実施形態はこれらの問題またはその他の問題の1つまたは複数を緩和する。

【0055】

保護コーティング劣化の一因として考えられるのは、転位密度である。保護コーティングの転位密度は該コーティングの破壊を制限するには大きすぎることがある。転位によりひずみ力がコーティングに生じ得る。液浸液及び/または露光放射に攻撃されてコーティング表面に損傷が生じ得る。ひずみ及び応力が損傷した表面に集中し、その力が解放され表面に損傷が広がり、コーティングが劣化する。

【0056】

本発明の一実施形態においては、液浸液及び/または露光放射によって生じ得る損傷に耐久性のある透明層でセンサが覆われている。この透明層の利点は、異物によるセンサ（例えば後述のパターンPa）の汚染を抑制可能であり、清掃性を向上することである（図13乃至図15の実施例を参照して後述する）。

【0057】

本発明の一実施形態に係るセンサが図7に示される。センサSは検出器SDを有する。検出器SDはセンサSに入射する放射ビームRADの特性を検知する。センサSは透明層TLを有する。透明層TLは放射ビームRADの通過を許容するよう放射ビームRADに対し少なくともいくらかの透過性をもつ。透明層TLは検出器SDを覆っていてもよい。望ましくは透明層は、超純水等の液浸液や露光放射、または両者が同時に存在することによる攻撃に耐久性をもつ。よって、例えば使用時に、液浸システムにおいて透明層は検出器を劣化から保護することができる。透明層TLは清掃可能な材料で形成されていてもよい。例えば透明層TLは、液浸液または洗浄液が上面を流れることにより清掃される材料で形成されていてもよい。

【0058】

センサSは不透明層OLを有してもよい。この不透明層は、透明層TLと検出器SDとの間に配置されていてもよい。不透明層はパターンPaを形成するパターン領域を有してもよい。不透明層のこのパターンは、透明層を通過した放射ビームRADにパターンを付与してもよい。

【0059】

図7の実施例においては、透明層TLは液浸液に対し不浸透性であってもよい。透明層TLは検出器SDとは逆を向いており液浸液Lqに接触しうる。この不浸透性は、液浸液が不透明層OLまたは検出器SDに到達することを妨げるのに役立つ。不透明層OLまたは検出器SDに液浸液が接触した場合には、それらは劣化しうる。その結果センサ性能は劣化しうる。よって、透明層がパターン層及び検出器を覆うことで、これらパターン層及び検出器は液浸液に接触しない。その結果パターン層の劣化は軽減され、センサ寿命も改善される。センサ寿命の改善により、センサ交換に必要であったはずのリソグラフィ装置のダウンタイムも低減される。

【0060】

パターン領域においてパターンPaは不透明層に複数の開口を形成し、その開口を放射ビームRADが通過する。これら開口は充填材料で満たされていてもよい。充填材料は放射ビームRADに少なくともいくらかの透過性をもつ。充填材料の屈折率は透明層TLの屈折率と実質的に同じであってもよい。パターンPaを通過した放射ビームRADの光学特性の劣化が低減される。望まれない反射や散乱が防止または低減される。よって、透明層から充填材料へと好ましくない形で伝播しない。放射の損失またはセンサ性能への悪影響を皆無でないとしても最小にすることができる。このことは、パターンPaの開口の充填材料が検出器SDへの方向において放射ビームRADの経路の一部分である一実施例においては、重要である。

【0061】

充填材料の熱膨張率は、透明層TLを構成する材料の熱膨張率と実質的に同じであってもよい。これは、センサSに温度変化があったときの充填材料と透明層TLとの間の機械

10

20

30

40

50

的応力を低減するのに役立つ。機械的応力はセンサSの変形の原因となり、センサSの性能を低下させる。熱膨張によって生じる熱応力を最小化または低減することができる。

【0062】

透明層TLは液浸液Lqに接触しうるので、透明層TLは放射ビームRADがあるか否かにかかわらず液浸液に耐久性をもつことが好ましい。液浸液及び/または放射ビームの攻撃に十分に耐久性のある材料で透明層が形成されることが好ましい。透明層TLは露光放射に透明である適切な耐久性材料で形成され、例えば石英ガラスまたは二層石英ガラスであってもよい。液浸液に耐久性を持ち放射ビームRADに少なくともいくらかの透過性をもつその他のガラスまたは透明セラミックスが使用されてもよい。

【0063】

充填材料は透明層と実質的に同一材料であってもよい。充填材料と透明層とが対向する表面は平坦例えば平面であってもよい。この形状により、透明層と不透明層との間の、特にパターン領域における例えば充填材料による、接触結合が促進される。接触結合は「an Sprengung」とも呼ばれている。接触結合により透明層の表面と充填材料の表面との接触部分が、接着剤等の付加材料を要することなく接着される。充填材料と透明層とは接触状態にあるから、両者の間隙を避けることができる。接触結合により充填材料ひいては不透明層を透明層に強く固着することができる。

【0064】

一実施例においては透明材料の塊を加工することで（例えば、彫る、刻む、または機械加工することで）パターンを底面に形成する。そのパターンの凹部が不透明材料で満たされる。このようにして透明層TL及びパターンPaが形成される。不透明層OLが同時に成膜されてもよい。この場合充填材料は透明材料または透明層の一部である（例えば同一材料の塊の一部である）。

【0065】

図7の実施例においては透明層TLはプレートであり、望ましくは平坦面を有する。プレート形状のセンサはリソグラフィ装置の一部（例えば基板テーブルまたは測定テーブル等のテーブル）に適合させることが容易である。不透明層OL等のその他の層は、例えば充填材料による接触結合により、透明層TLへの適用が容易である。特に、不透明層が透明層TLと同様の平坦形状をもつ場合、例えばプレートである場合にはそうである。透明層は任意の適切な形状を有していてもよく、プレートでなくてもよい。一実施例においては、透明層TLは直方体例えば立方体であってもよいし、曲面を有し例えば円柱であってもよい。

【0066】

図8は、透明層TLの上面が少なくとも部分的に疎液性である本発明の一実施形態を示す。この上面は疎液性（例えば水に対しては疎水性）コーティングHCを有してもよい。疎液性コーティングHCは、センサSの上面に液浸液Lqの滴が残るのを防ぐのに役立つ。表面が疎液性であるので、流体処理構造によって表面から滴を容易に除去可能である。滴が流体処理構造によりセンサから除去されなければ、蒸発により好ましくない局所的冷却がセンサに生じ得る。これはセンサの精度を低下させ、センサが搭載されているリソグラフィ装置の一部分の熱安定性を悪くし得る。本実施例とともにまたはこれに代えて、透明層TLが疎液性表面特性を示す材料で形成されていてもよい。

【0067】

特に、全濡れ液浸装置においては、すなわち基板テーブルWTの実質的に上面全域が液体に覆われることが許容されている構成においては、透明層TLの上面が少なくとも部分的に親液性であってもよい。その上面は親液性（例えば水に対しては親水性）コーティングHCを有してもよい。親液性コーティングはセンサS上面の液浸液層の濡れ性を改善するのに役立つ。すなわち、親液性コーティングHCはセンサS上に連続的な液浸液層を保証する。

【0068】

コーティングHCは透明層TL上面に完全に適用されていてもよい。このコーティング

10

20

30

40

50

は露光放射または液浸液存在下での露光放射の攻撃に耐久性をもたなくてもよい。一実施例においてはコーティングHCは、検出器SDに向けて放射ビームRADが通過する上面の部位に設けられていなくてもよい。よってコーティングHCは放射ビーム経路内となる上面の部位の外側に設けられていてもよい。つまり放射ビームRADはセンサでの測定中にコーティングに入射しない。この場合コーティングHCの劣化速度は、コーティングHCが放射ビーム経路に存在する場合よりも遅くなる。コーティングHC等のセンサからの粒子も少なくなり、液浸システム等のリソグラフィ装置の一部の汚染も軽減される。

【0069】

透明層の上面はパターンングがされていなくてもよい。この表面は実質的に平坦例えば平面であってもよい。平面であることにより、例えば滴形状をとる液体の除去が促進される。平面であることは、表面に滴が残る（例えば付着する）のを防ぐのに役立つ。

10

【0070】

透明層TLによって液浸液Lqと不透明層OLとの接触が防止されているので、放射ビームRADの有無にかかわらず液浸液に接触すると腐食する材料で不透明層が形成されてもよい。例えば不透明層は金属を含んでもよく、例えばクロムまたは酸化クロムを含んでもよい。不透明層の材料は、良好な光学特性（すなわち不透明性）をもつ材料を選択可能であり、液浸液Lqへの耐久性が低くてもよい。

【0071】

図8に示す実施例においては、センサSに光学素子が設けられてもよい。この場合光学素子はディフューザDFであってもよい。光学素子は放射ビームRADの1つまたは複数の特性を変化させてセンサSの性能を向上するのに有効な光学素子であってもよい。ディフューザDFは高NAの放射ビームの屈折を防止できる。高NAビームは、パターンPa表面に対し小さい角度で検出器SDに入射する。図8では放射ビームRADの方向を垂直に図示しているが、放射ビームが高NAのビームである場合には大きな水平方向成分を持ち得る。パターンPa表面にディフューザDFを付加することにより、透明層TLに反射して戻る放射を少なくするとともに検出器SDに向かう放射を多くすることができる。パターンPaが形成されているパターン領域にディフューザDFが直接接触していることが好ましい。一実施例においてはディフューザDFは、不透明層OL及び/またはパターンPaの充填材料に対し、ガスギャップ（例えばエアギャップ）が存在しないようにまたは存在するとしても使用波長の20分の1より小さい（例えば12nmより小さい）ガスギャップとなるように適用される。これは接触結合（*ansprengen*）により可能である。パターンPa及びディフューザDFの接触部位を互いに非常に平坦な表面とすることにより、接着剤等の付加材料を要することなく接着することができる。パターンPaとディフューザDFとの間隙が防止される。このようにして、パターンPaからディフューザDFへと通過する放射ビームの劣化を軽減または最小化することができる。本実施例とともにまたはこれに代えて、ディフューザDFは、例えば図8の層AGに接着されていてもよい。一実施例においてはディフューザDFは、例えば成膜技術及び/またはエッチング技術及び/またはイオンビーム技術によって不透明層OLに適用されてもよい。これに代えて、ディフューザDFは不透明層OLに接着されてもよい。一実施例においてはディフューザDFはパターンPaに接触結合され、ディフューザDFの端部が不透明層OLに接着されてもよい。好ましくない屈折、反射及び吸収を防止しうる。光学ディフューザは、YAG:Ceを含んでもよいし、YAG:Ceで構成される部分を備えてもよい。

20

30

40

【0072】

図8に示されるディフューザDFに代えて、例えば凹レンズまたは凸レンズ等の1つまたは複数の光学素子が使用されてもよい。これら他の光学素子は接触結合によりパターン領域に固定されていてもよい。一実施例においては検出器SDがパターン領域に接触していてもよい。

【0073】

代替的な一実施例においてはディフューザDFに代えて、放射ビームRADの波長を例えばより長い波長に変えるために、発光材料をもつ光学素子が使用されてもよい。深紫外

50

(D U V)よりも長波長の放射は検出器 S D の劣化を生じさせにくくなる。よって、U V には耐久性があるが D U V には耐久性のない検出器 S D を使用することができる。

【0074】

図8に示されるように、一実施例は検出器 S D と不透明層 O L との間に層 A G を備えてもよい。層 A G はアモルファス材料を含んでもよく、例えばアモルファスセラミックスまたはアモルファス酸化シリコンを含んでもよい。層 A G には放射が到達しないから、層 A G は透明でも不透明でもよい。

【0075】

更なる層 A G は不透明層 O L に、例えば不透明層 O L の下面に成膜されていてもよい。層 A G は少なくとも部分的に、非常に平坦であり、ディフューザ D F に接触するパターン領域と同一平面に形成されていてもよい。このようにして接触結合される表面積を大きくすることができる。ディフューザ D F と不透明層 O L 及び/または層 A G との接続が改善される。

10

【0076】

一実施例においてはセンサ S は透明層 T L の下面にパターンをエッチングすることにより形成されてもよい。公知のエッチング方法がこれに用いられてもよい。エッチングされたパターンが部分的に不透明(または反射性)材料で満たされて図7、図8、図10、図12の不透明層 O L または図11の反射パターン層 P R L が形成されてもよい。この実施例では充填材料は透明層 T L の一部である。よってパターン P a は放射の一部を反射することで、反射されなかった残りへと放射を抑制する減衰特性を有してもよい。不透明層 O L と図8の層 A G との組合せの厚さが透明層 T L にエッチングされたパターンの深さを超えるように、層 A G が不透明層 O L に成膜されていてもよい。層 A G は研磨されて外表面が平坦とされてもよい。好ましくは層 A G の外表面は、不透明層または反射パターン層が成膜された透明層 T L 表面と同一表面をなす。代替的な一実施例においては、透明層 T L にエッチングされたパターンの高さが完全に不透明材料または反射性材料で満たされてもよい。

20

【0077】

一実施例においてはセンサは、少なくとも放射ビーム R A D の経路に沿って固形物である。これによりセンサ S の光学特性が改善される。つまり、望まれない反射や屈折が低減される。センサ S における異なる複数層間の間隙をなくすことにより、光学特性が改善される。既述のように、保護透明層及び(必須ではないが)ディフューザ等の光学素子に接触する充填材料を使用することにより、透明層の上面から検出器までを固体とすることができる。こうして透明層上面と検出器との間の例えば放射ビーム経路に隙間をなくすことができる。

30

【0078】

センサ S は能動センサであってもよい。すなわち検出器 S D が能動素子であるということである。能動素子は例えば、放射ビーム R A D 特性に依存する信号を制御システムまたは測定システムに送信するよう構成されている放射センサである。能動センサの例としては、透過イメージセンサ(T I S)や、ドーズセンサ(例えばスポットセンサまたはスリットセンサ)、レンズ干渉計(I L I A S)がある。T I S 及び I L I A S については後述する。

40

【0079】

T I S は、パターンングデバイス M のレベルにあるマークパターンを投影した空間像の基板 W のレベルにおける位置を測定するために使用されるセンサである。基板 W のレベルでの投影像は露光放射の波長程度のライン幅を持つラインパターンであってもよい。T I S は、このマークパターンを透過パターンを使用して下方のフォトセルで測定する。センサのデータは、基板テーブル W T に対するパターンングデバイス M の位置を 6 自由度(3自由度が平行移動、3自由度が回転)で測定するために使用されてもよい。加えて、パターンングデバイス M の投影されたパターンの倍率及びスケールが測定されてもよい。パターン位置及びあらゆる照明設定(シグマ、投影系の N A、すべてのパターンングデバ

50

イス（バイナリ、P S M等）の影響をセンサが測定可能とするために、ライン幅は小さいことが好ましい。T I Sは、装置の光学特性を測定するために使用されてもよい。照明設定と投影像との組合せを変えることにより、瞳形状やコマ収差、球面収差、非点収差、像面湾曲等の特性を測定してもよい。

【0080】

I L I A Sは干渉波面測定システムであり、レンズ収差を高次まで静的に測定することが可能である。I L I A Sは、統合された計測システムとして具体化され、システムの初期化及び較正に使用されてもよい。あるいは、I L I A Sは、「オンデマンド」の監視及び再較正に使用されてもよい。

【0081】

センサSは受動センサであってもよく、例えばエンコーダグリッドであってもよい。受動センサとして、センサSは検出器S Dに入射した放射ビームR A Dを検出器S Dから能動素子に伝達してもよい。検出器S Dはミラー、レンズまたはその他の光学素子であってもよい。

【0082】

図9は、本発明の一実施形態に係る基板テーブルW Tの平面図を示す。基板テーブルW Tの端部の周囲にエンコーダグリッドE Gが設けられている。エンコーダグリッドE Gは上述のものであってもよいし、図10乃至図12のいずれかを参照して説明及び図示するものであってもよい。エンコーダグリッドE Gはエンコーダシステムの検知部品である。エミッタ及びセンサが投影系P Sに対し既知の位置とされ基板テーブルW Tの上方に搭載されている。エミッタはエンコーダグリッドE Gに放射ビームを送出する。その放射ビームはエンコーダグリッドE GのパターンP aと相互作用をして、センサへと向けられる。投影系P Sに対する基板テーブルW Tの位置が受光したビームに基づいて演算される。エンコーダシステムは好ましくは、少なくとも3組のエミッタ及びセンサを含み、好ましくは少なくとも4組含む。一実施例においては、エンコーダグリッドE Gとエミッタ及びセンサとの位置関係が逆転され、エンコーダグリッドが投影系P Sに既知の位置関係で搭載され、エミッタ及びセンサが基板テーブルW Tに搭載されていてもよい。

【0083】

図10は、一実施例のエンコーダグリッドE Gの断面図を示す。図10のエンコーダグリッドE Gは後述の点を除き図8の実施例と同様である。エンコーダグリッドE GはパターンP aを有しており、これは図10の実施例では不透明層である。パターンP aはその不透明層に複数の開口を有しており、その開口を放射ビームR A Dが通過する。開口は充填材料で満たされており、これは図7の実施例と同様である。図10の実施例においては充填材料は透明層T Lの材料である。透明層T Lは図7及び図8を参照して説明したものと同様である。

【0084】

不透明層O Lの透明層T Lとは反対側には反射層R Lが形成されている。反射層R Lは不透明層O Lの開口を通過した放射ビームR A Dの一部を反射して透明層T Lを通じてセンサへと戻す。このセンサは、放射ビームR A Dを放射するエミッタに関連して設けられている。

【0085】

図7及び図8の実施例とは異なり、パターンP aは不透明層O Lの小領域に制限されているのではなく、図9に示されるようにエンコーダグリッドE Gの大半の領域に広がっている。

【0086】

図10の実施例においては図8の実施例と同様に、透明層T Lの上面は少なくともいくらかの疎液性を有する。図示のように、上面が疎液性（例えば水の場合は疎水性）コーティングH Cを有してもよい。疎液性コーティングH Cの目的は図8の実施例と同様である。疎液性コーティングH Cの存在は必須ではない。液浸液が局所的であり例えば投影系P S下方で基板テーブルW Tを交換するときに液浸液がエンコーダグリッドを通過する装置

10

20

30

40

50

においては、上述の疎液性コーティングは好ましい。図8のセンサとは異なり、疎液性コーティングHCはエンコーダグリッドEGの上面全域を覆う。これは、エンコーダシステムのエミッタの放射ビームRADは疎液性コーティングHCを劣化させないように選択可能であるからである。

【0087】

図11はエンコーダグリッドEGの他の実施例を示す。図11の実施例は後述の点を除いて図10の実施例と同様である。図10のパターンPa及び反射層RLの材料が実質的に交換されている。図11の実施例では、パターンPaの透明層TLとは反対側に不透明層OLが形成されている。不透明層OLは連続的である。パターンPaは反射パターン層PRLを形成する。よって、反射パターン層PRLの開口を放射ビームRADは通過して不透明層OLで吸収される。パターンPaに保持される反射パターン層PRLの一部に入射した放射は反射され、透明層TLを通じてセンサへと戻される。このセンサは、放射ビームRADを放射するエミッタに関連して設けられている。図10の実施例と同様に、充填材料は透明層TLである。

10

【0088】

図12はエンコーダグリッドEGの他の実施例を示す。図12の実施例は後述の点を除いて図11の実施例と同様である。図12の実施例においては充填材料が不透明層OLで形成されている。パターンPaは図示のように透明層TLにまで入り込んでいてもよく、透明層TLの底部は一連の溝部及び尾根部を備えてもよい。

20

【0089】

図10乃至図12の各実施例においては透明層TLは好ましくは石英ガラスである。

【0090】

液浸液に接触するパターンが設けられているセンサがある。センサ上にパターンを設ける場合の課題は、有機あるいは無機の汚染物質が不透明層OLの隣接する不透明部の間または反射パターン層PRLの隣接する反射部の間の開口に進入しうることである。汚染物質が堆積すると古いセンサを新しいものに交換する必要が生じ、ダウンタイムが発生する。有機汚染物質はDUV光である程度除去可能であるが、無機汚染物質はその方法では清掃できないのでパターンに留まってしまう。無機汚染物質は手動例えばパーティクルの拭き取りで清掃することもできない。パターンの開口にパーティクルが位置すれば、拭き取りで除去することはできないからである。加えて、人手の清掃は、たとえ力が小さくてもパターンPaに損傷を与えうる。図13及び図14の実施例は、パターンPaの上にコーティング層が追加されている。コーティング層はセンサ表面を平らにする。(図7の実施例の上面のように)平面であることは有利である。パターンPaの隙間に汚染パーティクルが入り込むのを防止できるからである。また、必要なときに例えば拭き取り等によりセンサを人手で清掃することも可能となるからである。

30

【0091】

透明層TLが相当の厚さ(100 $\mu$ m乃至400 $\mu$ m)をもつ場合には、センサの光学特性がいくらか柔軟ではなくなる。図13乃至図15の実施例は、検出器SD上方の材料を薄層(例えば1 $\mu$ m未満)とする方法を提供する。これはTISセンサに有利である。

40

【0092】

図13の実施例はTISセンサを示す。このセンサは後述の点を除いて図7のセンサと同様である。パターンPaが不透明層OLに形成されている。しかし、パターン領域の開口に充填材料は必須ではない。不透明層OLはクロム層または酸化クロム層であってもよく、その厚さは例えば約100nm、例えば105nmの厚さである。開口がアライメントマーク200に形成されている。約60nmのTiN層250が、パターンPaの上を除いて不透明層OLの全域を覆っている。この層はDUVを減衰する作用をもち、迷光及びマーク間のクロストークを抑制する。疎液性コーティングHC例えば疎水性コーティング(約100nm乃至1 $\mu$ mの厚さ)がセンサ上面の全体を覆っている。これは、疎液性コーティングHCがDUVに耐久性をもつ場合の解決法である。疎液性コーティングHCがパターンPaを覆うことにより、センサ表面が平坦化される。アライメントマークはパ

50

ターン P a よりも汚染に鈍感であるからアライメントマーク上方の凹部はさほど悪影響はない。これらの層はいずれも石英基板 300 上に形成されていてもよい。基板下方に検出器 S D が配置される。

【0093】

図 14 はセンサの他の実施例を示す。図 14 の実施例は後述の点を除いて図 13 の実施例と同様である。D U V 放射に耐久性のある疎液性コーティング H C を用いることができない場合もある。その場合には、平坦化透明層 P T L を不透明層 O L 及び T i N 層 250 の上に設けてもよい。平坦化透明層 P T L は例えば S i O<sub>2</sub> である。必要に応じて、疎液性コーティング H C (約 500 nm の厚さ) がパターン P a 上方を除く平坦化透明層 P T L の全域に設けられていてもよい。疎液性コーティング H C は疎水性コーティングでもよい。このようにすれば、パターン P a に入射する D U V 放射は疎液性コーティング H C には入射しない。よって、D U V 放射への耐久性が欠落していることは問題ではない。図 13 及び図 14 の実施例においては、放射ビーム R A D はパターン P a に達する前に、薄層の疎液性コーティング H C または薄層の平坦化透明層 P T L を通過するにすぎない。よって、放射ビーム R A D の歪み量を低減し、センサ性能を向上することができる。

10

【0094】

各層の厚さは状況に応じて変更可能である。例えば合計の厚さは所望の効果的な位相深さを実現するよう調整されていることを要する場合がある。例えばパターン P a の上面と下面との距離は入射放射の半波長の整数倍であることが望ましい場合がある。複数の波長について最適な信号強度を得るようにコーティング厚さを最適化することが可能である (例えば S M A S H センサや A T H E N A センサは複数の波長で動作する)。一般には各層の合計厚さは 500 nm 未満であることが望ましい。

20

【0095】

代替的な一実施例においては、層 P T L と層 250 との位置関係が逆転している以外は図 14 に示す構造と同一であってもよい。

【0096】

図 15 はセンサの他の実施例を示す。図 15 の実施例は後述の点を除いて図 14 の実施例と同様である。D U V 放射に耐久性のある疎液性コーティング H C が入手可能である場合には、図 14 の疎液性コーティング H C はセンサ表面全域を覆っていてもよい。すなわち、パターン P a 上方の疎液性コーティング H C の隙間は存在する必要がない。図 15 の実施例における各層の厚さは例えば、不透明層が 105 nm、T i N 層 250 が 65 nm、S i O<sub>2</sub> の平坦化透明層 P T L が 500 nm 乃至 1 μm、疎液性コーティング H C が 100 nm 乃至 500 nm である。

30

【0097】

一実施例においては、センサ S はリソグラフィ装置に設けられている。他の一実施例においては、センサ S はリソグラフィ装置のテーブルに設けられている。このテーブルは基板 W 及びセンサを支持する基板テーブル、または基板を支持することなくセンサを有する測定テーブルであってもよい。

【0098】

センサ S の寿命が向上されるとしても、テーブルからセンサ S を取り外すことが望ましい状況があり得る。例えばテーブルまたは検出器 S D のメンテナンスである。よって、センサ S はテーブルに取り外し可能に取り付けられていてもよい。

40

【0099】

本明細書では I C の製造におけるリソグラフィ装置の使用を例として説明しているが、リソグラフィ装置は他の用途にも適用することが可能であるものと理解されたい。他の用途としては、集積光学システム、磁区メモリ用案内パターンおよび検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ (L C D)、薄膜磁気ヘッドなどがある。当業者であればこれらの他の適用に際して、本明細書における「ウエーハ」あるいは「ダイ」という用語がそれぞれ「基板」あるいは「目標部分」という、より一般的な用語と同義であるとみなされると理解することができるであろう。基板は露光前または露光後において

50

トラック（典型的にはレジスト層を基板に塗布し、露光後のレジストを現像する装置）、メトロロジツール、及び/またはインスペクションツールにより処理されてもよい。適用可能であれば、本明細書の開示はこれらのまたは他の基板処理装置にも適用され得る。また、基板は例えば多層ICを製造するために複数回処理されてもよく、その場合には本明細書における基板という用語は既に処理されている多数の処理層を含む基板をも意味する。

【0100】

本明細書において「放射」及び「ビーム」という用語は、紫外（UV）放射（例えば約365nm、248nm、193nm、157nm、または126nmの波長を有する）を含むあらゆる種類の電磁放射を示す。「レンズ」という用語は文脈が許す限り、屈折光学素子及び反射光学素子を含むあらゆる光学素子またはそれらの組合せを示してもよい。

10

【0101】

一実施例においては、液浸システムのためのセンサが提供される。このセンサは、検出器、透明層、及び不透明層を備える。検出器は放射ビームの特性を検知するよう構成されている。透明層は放射ビームの通過を許容するよう構成されている。透明層は検出器を覆っている。不透明パターン層は透明層と検出器との間に位置し、放射ビームにパターンを与えるよう構成されている。このパターン層には開口があり、その開口には充填材料がある。充填材料は放射ビームに透明であり、透明層と同程度の屈折率を有する。

【0102】

充填材料は、検出器に向けられた放射ビームの経路の一部に存在してもよい。充填材料は透明層と同程度の熱膨張率を有してもよい。充填材料は透明層に接触結合されていてもよい。

20

【0103】

透明層は二層の石英ガラスを備えてもよい。透明層はプレートであってもよい。透明層は検出器から離れるほうを向く外表面を有してもよく、その外表面は液浸液に不浸透性であってもよい。外表面は疎水性であってもよい。外表面は疎水性コーティングを有してもよい。

【0104】

疎水性コーティングは、検出器に向けられた放射の経路に存在する表面の一部から欠落されていてもよい。疎水性コーティングは、検出器に向けられた放射の経路に存在する透明表面の一部の外側に存在してもよい。

30

【0105】

上記のコーティングは透明表面の一部に対応する位置に開口が形成されていてもよい。

【0106】

パターン層は、液浸液に接触したときに腐食し得る分解性材料を含んでもよい。この分解性材料は、リソグラフィ処理において露光に使用される放射ビームで露光されたときに分解されてもよい。分解性材料は金属を含んでもよい。

【0107】

検出器とパターン層との間に光ディフューザが設けられていてもよい。光ディフューザはYAG:Ceを含んでもよい。

40

【0108】

一実施例においてはセンサは、検出器とパターン層との間に更なる透明層を備えてもよい。このもう一つの透明層はアモルファスであってもよい。この更なる層は酸化シリコンを含んでもよい。

【0109】

少なくとも放射ビームの経路に沿って、センサは固形物であってもよい。センサの異なる複数層の間に隙間が存在しないようにしてもよい。

【0110】

センサは、透過イメージセンサ、ドーズセンサ、レンズ干渉計、またはスポットセンサ等の能動センサであってもよい。センサは受動センサであってもよい。

50

## 【0111】

センサは、リソグラフィ装置のテーブルに取り外し可能に取り付けられるよう構成されていてもよい。

## 【0112】

一実施例においては、上述のセンサを備えるリソグラフィ装置のためのテーブルが提供される。一実施例においては、上述のセンサを備えるリソグラフィ装置が提供される。センサはテーブルに設けられていてもよい。

## 【0113】

一実施例においては、テーブルは、基板を支持するよう構成されている基板テーブルであってもよいし、液浸空間に液浸液を封じ込めるよう構成されている測定テーブルであってもよい。液浸空間は投影系、液体封じ込め構造、及び測定テーブルによって画定される。投影系は、パターンが与えられた放射ビームを液浸液を通じて方向付けるよう構成されている。

10

## 【0114】

リソグラフィ装置は投影系及び液体封じ込めシステムをさらに備えてもよい。投影系はパターンが与えられた放射ビームを液浸液を通じて方向付けるよう構成され、液体封じ込め構造は液浸空間に液浸液を封じ込めるよう構成されている。

## 【0115】

一実施例においては、液浸システムのための検知部品が提供される。検知部品は透明層及びパターン層を備える。透明層は放射ビームの通過を許容するよう構成されている。パターン層は、放射ビームにパターンを与えるよう構成されており、透明層で覆われている。パターン層は開口であり、その開口には充填材料がある。充填材料は放射ビームに透明であり、透明層と同程度の屈折率を有する。パターン層は不透明であってもよい。

20

## 【0116】

検知部品は、放射ビームを透明層を通じて戻すよう方向付けるリフレクタをさらに備えてもよい。

## 【0117】

パターン層は、放射ビームを透明層を通じて戻すように反射可能であってもよい。

## 【0118】

検知部品は、不透明層をさらに備えてもよい。パターン層は透明層と不透明層との間に設けられていてもよい。

30

## 【0119】

検知部品は受動的であってもよい。

## 【0120】

充填材料は、透明層と同一の材料であってもよい。充填材料は、透明層と同一の材料の塊の一部であってもよい。

## 【0121】

検知部品は、エンコーダグリッドであってもよい。

## 【0122】

一実施例においては、上述の検知部品を備えるエンコーダが提供される。

40

## 【0123】

一実施例においては、液浸システムのためのセンサが提供される。センサは、検出器、透明層、及びパターン層を備える。検出器は放射ビームの特性を検知するよう構成されている。透明層は放射ビームの通過を許容するよう構成されている。パターン層は透明層と検出器との間に配置されている。パターン層は放射ビームにパターンを与えるよう構成されている。透明層は検出器から離れるほうを向く表面を有し、その表面は実質的に平面であり、疎液性コーティングがその表面に設けられている。

## 【0124】

本発明の特定の実施形態が上述されたが、説明したものの以外の態様で本発明が実施されてもよい。例えば、本発明の実施形態は、上述の方法を記述する機械で読み取り可能な命

50

令の1つまたは複数のシーケンスを含むコンピュータプログラムの形式をとってもよいし、そのコンピュータプログラムを記録したデータ記録媒体（例えば半導体メモリ、磁気ディスク、または光ディスク）であってもよい。機械で読み取り可能な命令は2以上のコンピュータプログラムにより実現されてもよい。それら2以上のコンピュータプログラムは1つまたは複数の異なるメモリ及び/またはデータ記録媒体に記録されていてもよい。

【0125】

本明細書に記載のコントローラは、リソグラフィ装置の少なくとも1つの構成要素内部に設けられた1つまたは複数のコンピュータプロセッサによって1つまたは複数のコンピュータプログラムが読み取られたときに動作可能であってもよい。コントローラは信号を受信し処理し送信するのに適切でないかなる構成であってもよい。1つまたは複数のプロセッサは少なくとも1つのコントローラに通信可能に構成されていてもよい。例えば、複数のコントローラの各々が上述の方法のための機械読み取り可能命令を含むコンピュータプログラムを実行するための1つまたは複数のプロセッサを含んでもよい。各コントローラはコンピュータプログラムを記録する記録媒体及び/またはそのような媒体を受けるハードウェアを含んでもよい。コントローラは1つまたは複数のコンピュータプログラムの機械読み取り可能命令に従って動作してもよい。

10

【0126】

本発明の1つまたは複数の実施形態はいかなる液浸リソグラフィ装置に適用されてもよい。上述の形式のものを含むがこれらに限られない。液浸液が浴槽形式で提供されてもよいし、基板の局所領域のみに提供されてもよいし、非封じ込め型であってもよい。非封じ込め型においては、液浸液が基板及び/または基板テーブルの表面から外部に流れ出ること、基板テーブル及び/または基板の覆われていない実質的に全ての表面が濡れ状態であってもよい。非封じ込め液浸システムにおいては、液体供給システムは液浸流体を封じ込めなくてもよいし、液浸液の一部が封じ込められるが完全には封じ込めないようにしてもよい。

20

【0127】

本明細書に述べた液体供給システムは広く解釈されるべきである。ある実施形態においては投影系と基板及び/または基板テーブルとの間の空間に液体を提供する機構または構造体の組合せであってもよい。1つまたは複数の構造体、及び1つまたは複数の流体開口の組合せを含んでもよい。流体開口は、1つまたは複数の液体開口、1つまたは複数の気体開口、1つまたは複数の二相流のための開口を含む。開口のそれぞれは、液浸空間への入口（または流体処理構造からの出口）または液浸空間からの出口（または流体処理構造への入口）であってもよい。一実施例においては、液浸空間の表面は基板及び/または基板テーブルの一部であってもよい。あるいは液浸空間の表面は基板及び/または基板テーブルの表面を完全に含んでもよいし、液浸空間が基板及び/または基板テーブルを包含してもよい。液体供給システムは、液体の位置、量、性質、形状、流速、またはその他の性状を制御するための1つまたは複数の要素をさらに含んでもよいが、それは必須ではない。

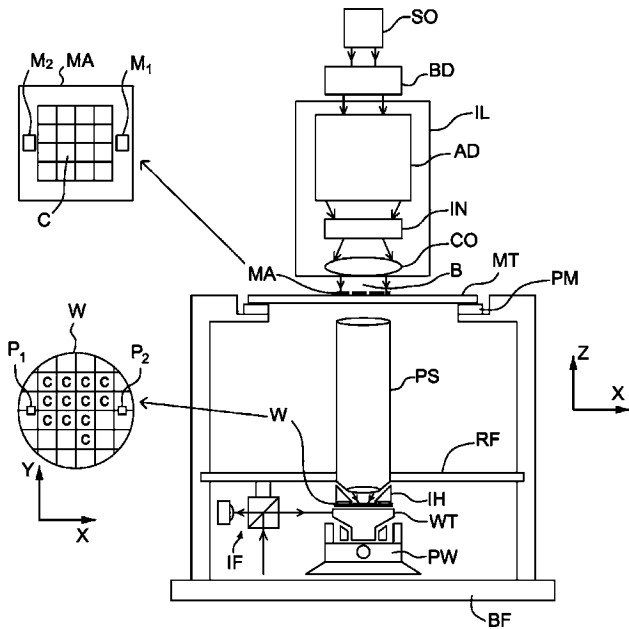
30

【0128】

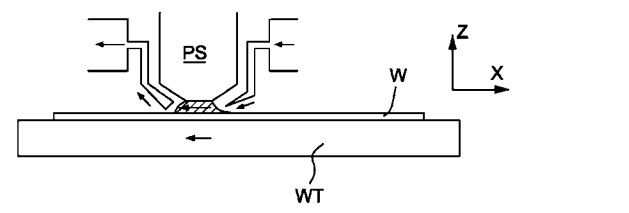
上述の説明は例示であり限定することを意図していない。よって、当業者であれば請求項の範囲から逸脱することなく本発明の変形例を実施することが可能であろう。

40

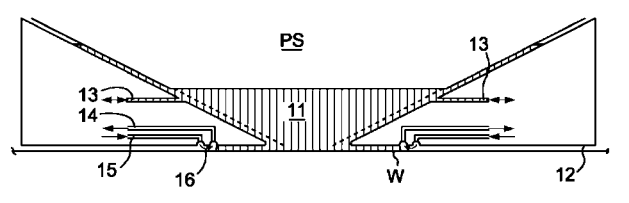
【 図 1 】



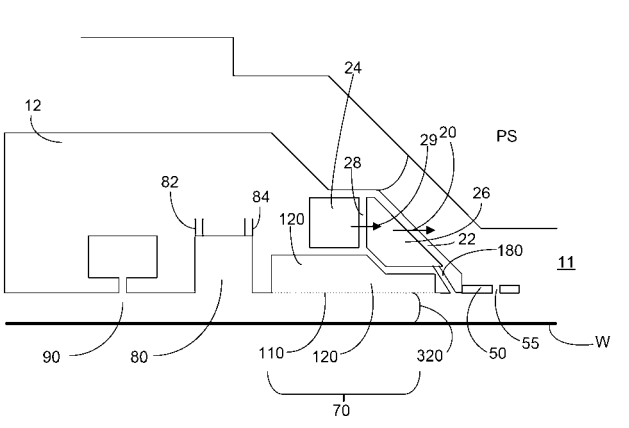
【 図 2 】



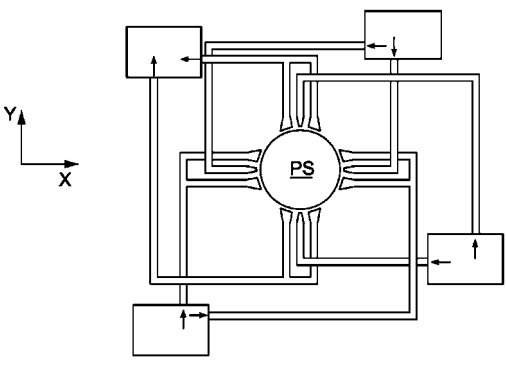
【 図 5 】



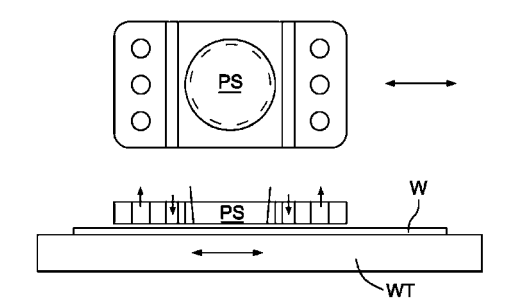
【 図 6 】



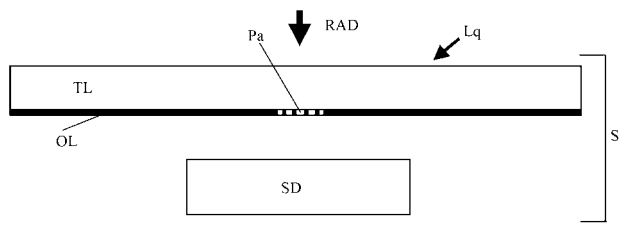
【 図 3 】



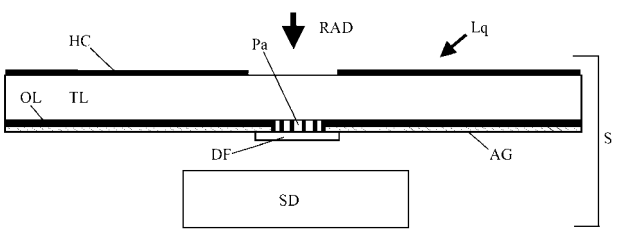
【 図 4 】



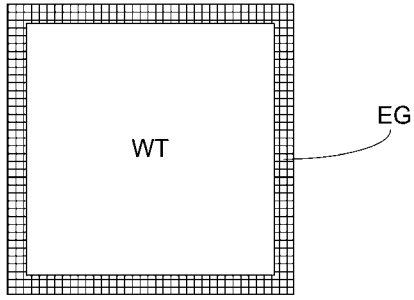
【 図 7 】



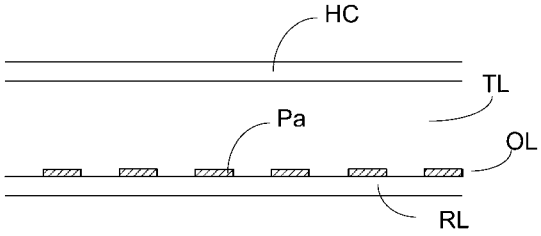
【 図 8 】



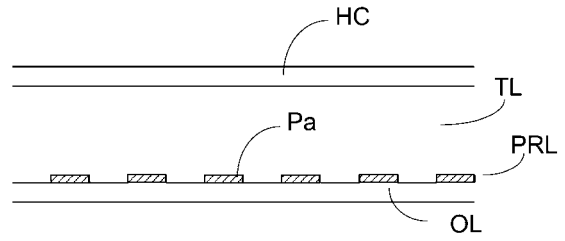
【 図 9 】



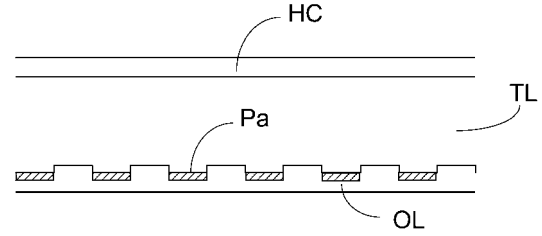
【 図 10 】



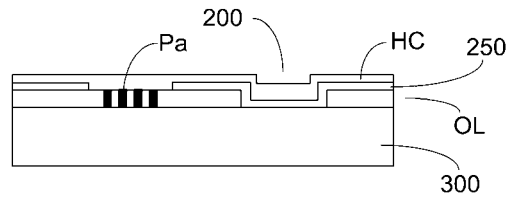
【 図 11 】



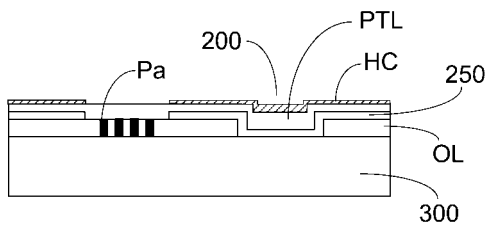
【 図 12 】



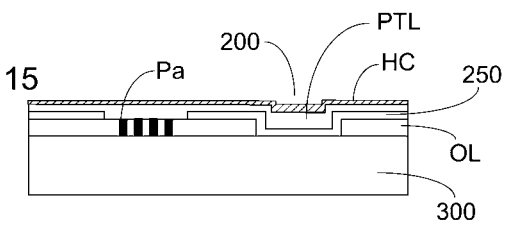
【 図 13 】



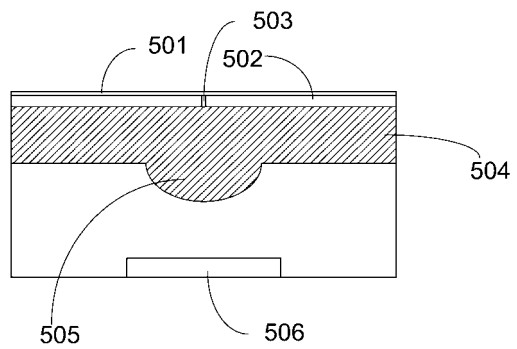
【 図 14 】



【 図 15 】



【 図 16 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ヴィタリー プロシェンソフ

オランダ国 ドゥールネ 5 7 5 1 エイチエイチ スタシヨンスストラート 8 6

(72)発明者 サンドラ ファン デル グラーフ

オランダ国 スヘルトーヘンボス 5 2 1 1 エックスダブリュー アレーナ 1 3 0

(72)発明者 ニナ ヴラディミロヴナ ズィオムキナ

オランダ国 アイントホーフェン 5 6 1 1 エックスシー リヒトストラート 1 6 4

Fターム(参考) 5F046 BA04 BA05 DB05 DB08 DC12

【外国語明細書】

2011003898000001.pdf

2011003898000002.pdf

2011003898000003.pdf

2011003898000004.pdf