

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5875335号
(P5875335)

(45) 発行日 平成28年3月2日(2016.3.2)

(24) 登録日 平成28年1月29日(2016.1.29)

(51) Int.Cl.

F I

GO3F 9/00 (2006.01)

GO1B 11/00 (2006.01)

GO3F 7/20 (2006.01)

GO3F 9/00 A

GO1B 11/00 C

GO3F 7/20 521

請求項の数 13 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-249560 (P2011-249560)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成23年11月15日 (2011.11.15)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-105936 (P2013-105936A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成25年5月30日 (2013.5.30)	(74) 代理人	100110412
審査請求日	平成26年11月14日 (2014.11.14)		弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74) 代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72) 発明者	坂本 憲稔
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		審査官	赤尾 隼人
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置検出装置および露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検出体の位置を検出する位置検出装置であって、
画像検出素子と、
第1の波長帯域を有する計測光を用いて前記被検出体を照明する第1の照明光学系と、
前記第1の波長帯域を有する計測光で照明された前記被検出体からの光を前記画像検出素子上に結像させる結像光学系と、
前記第1の照明光学系及び前記結像光学系の光路外に配置された基準マークと、
第2の波長帯域を有する基準光を用いて前記基準マークを照明する第2の照明光学系と、
、
前記第2の波長帯域を有する基準光で照明された前記基準マークからの光を前記結像光学系の光路内を通して前記画像検出素子に導く光学素子と、
前記画像検出素子によって検出された前記被検体の画像と前記基準マークの画像に基づいて前記被検出体の位置を検出する位置検出部と、を有し、
前記基準光の第2の波長帯域は、前記計測光の第1の波長帯域の上限と下限との間に設定されている、ことを特徴とする位置検出装置。

【請求項2】

前記被検出体を照明する計測光の波長を選択する波長選択部を有し、
前記波長選択部は、前記基準光の第2の波長帯域より高い波長、および、前記基準光の第2の波長帯域より低い波長から前記計測光の波長を選択することを特徴とする請求項1

に記載の位置検出装置。

【請求項 3】

前記波長選択部は、前記基準光の第 2 の波長帯域より高い、互いに異なる複数の波長帯域、および、前記基準光の第 2 の波長帯域より低い、互いに異なる複数の波長帯域から前記計測光の波長を選択することを特徴とする請求項 2 に記載の位置検出装置。

【請求項 4】

前記光学素子は、入射光の一部を透過させ、他の一部を反射させるミラーであり、
前記ミラーの光学特性は、前記被検出体から前記ミラーを介して前記画像検出素子へ到達する光の光量が前記基準マークから前記ミラーを介して前記画像検出素子へ到達する光の光量より大きくなるように設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置。

10

【請求項 5】

前記光学素子は、入射光の一部を透過させ、他の一部を反射させるミラーであり、
前記ミラーの反射率と透過率とが異なり、
前記反射率と前記透過率のうち高い方の光学特性により、前記被検出体から光を前記ミラーを介して前記画像検出素子へ導き、
前記反射率と前記透過率のうち低い方の光学特性により、前記基準マークから光を前記ミラーを介して前記画像検出素子へ導くことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置。

20

【請求項 6】

前記光学素子はダイクロイックミラーであり、
前記ダイクロイックミラーは、前記第 1 の波長帯域の光および前記第 2 の波長帯域の光の一方を反射させ、他方を透過させて、前記被検出体からの光および前記基準マークからの光を前記画像検出素子に導くことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置。

【請求項 7】

前記ダイクロイックミラーの前記第 2 の波長帯域における透過率は、前記第 2 の波長帯域より高い前記第 1 の波長帯域、および、前記第 2 の波長帯域より低い前記第 1 の波長帯域における透過率よりも低いことを特徴とする請求項 6 に記載の位置検出装置。

【請求項 8】

前記被検出体を照明する第 1 の光源と、
前記基準マークを照明する第 2 の光源と、を更に有し、
前記第 1 の光源および前記第 2 の光源のそれぞれは、ハロゲンランプ、LED、レーザー、レーザーダイオードの少なくとも一つを備えて構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置。

30

【請求項 9】

前記第 1 の光源と前記第 2 の光源を共通化して一つの光源部が構成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の位置検出装置。

【請求項 10】

前記一つの光源部は、前記被検出体を照明する光路と前記基準マークを照明する光路とを切り換える光路切換手段を有することを特徴とする請求項 9 に記載の位置検出装置。

40

【請求項 11】

前記基準光の波長帯域は、前記計測光の波長帯域の選択と連動して選択されることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の位置検出装置。

【請求項 12】

前記基準光および前記計測光は、互いに独立して光量調整が可能であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置。

【請求項 13】

原版のパターンを基板に露光する露光装置であって、
前記基板に形成されたマークの位置を検出する、請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記

50

載の位置検出装置を有することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マスクやウエハなどの被検出体の位置を高精度に検出する位置検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体デバイスの微細加工技術の進展が著しい。露光光がKrFエキシマレーザーのような短波長光に移行すると、使用硝材が限定され、投影光学系のアライメント波長に対する波長差の補正が困難となる。このため露光装置では、波長差の影響を受けないオフ

10

アクシスアライメント検出系（OA検出系）を採用することが要求されている。また、ウエハの表面位置を計測するフォーカス系についても、高精度化が求められている。

【0003】

従来から、ウエハアライメント系やフォーカス系では、位置検出誤差を低減するため、基準光学系を構成して絶対値補正計測が行われる。特許文献1には、ウエハアライメント系の補正計測において、ウエハ計測用の光学系とは別に計測基準光の光学系を備えた構成が開示されている。特許文献2には、フォーカス系の補正計測において、ウエハ計測用の光学系とは別に計測基準光の光学系を備えた構成が開示されている。特許文献1、2の構成において、基準光と計測光の波長が互いに異なる場合、検出系において波長差が発生する。この波長差は、センサ上の位置ズレの起因となるため、計測値に誤差が生じる。そこで特許文献3には、このような波長差による位置ズレを補正する構成が開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平2-206706号（図1）

【特許文献2】特開2006-337373号（図8）

【特許文献3】特開2002-164268号（図1）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

ところで、位置検出装置で用いられる計測光の波長は可変であるが、基準光の波長は固定である。このため、計測値の補正は、実際の計測値に対して所定の補正量（オフセット量）を加減することにより行われる。しかし厳密に言えば、実際の計測値に対して要求される補正量は、計測光の波長と基準光の波長との差に応じて異なる。このため、一定の補正量を考慮しただけでは正確な補正を行うことができない。また、実際の位置検出装置では、光学部品等の構成部品の製造誤差や組み立て誤差への対応力を向上させるため、使用波長帯域を広帯域化する傾向がある。

【0006】

そこで本発明は、波長差に起因する計測誤差を低減して高精度な位置検出を行う位置検出装置および露光装置を提供する。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面としての位置検出装置は、被検出体の位置を検出する位置検出装置であって、画像検出素子と、第1の波長帯域を有する計測光を用いて前記被検出体を照明する第1の照明光学系と、前記第1の波長帯域を有する計測光で照明された前記被検出体からの光を前記画像検出素子上に結像させる結像光学系と、前記第1の照明光学系及び前記結像光学系の光路外に配置された基準マークと、第2の波長帯域を有する基準光を用いて前記基準マークを照明する第2の照明光学系と、前記第2の波長帯域を有する基準光で照明された前記基準マークからの光を前記結像光学系の光路内を通して前記画像検出素子に導

50

く光学素子と、前記画像検出素子によって検出された前記被検体の画像と前記基準マークの画像に基づいて前記被検出体の位置を検出する位置検出部と、を有し、前記基準光の第2の波長帯域は、前記計測光の第1の波長帯域の上限と下限との間に設定されている。

【0009】

本発明の他の側面としての露光装置は、原版のパターンを基板に露光する露光装置であって、前記位置検出装置を有する。

【0010】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、波長差に起因する計測誤差を低減して高精度な位置検出を行う位置検出装置および露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施例における位置検出装置を備えた露光装置の概略図である。

【図2】本実施例におけるマスクステージ周辺部の構成図である。

【図3】実施例1における露光装置の要部構成図である。

【図4】実施例1における光源部の構成図である。

【図5】実施例1における波長切換円盤の構成図である。

【図6】実施例1におけるハーフミラー特性の説明図である。

【図7】実施例2における露光装置の要部構成図である。

【図8】実施例2におけるダイクロイックミラー特性の説明図である。

【図9】実施例3における光源の構成図である。

【図10】実施例4におけるフォーカス計測装置の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0014】

図1は、本実施例における露光装置100の概略図である。露光装置100は、後述のように、位置検出装置としてのOA検出系24およびフォーカス計測装置70を備えて構成されている。本実施例の位置検出装置は、基準マークを利用して被検出体の位置を検出するように構成されている。なお、基準マークは基準指標としての機能を有するものであればその形態や位置は限定されるものではない。また被検出体は、ウエハ（ウエハマーク）に限定されるものではなく、その他の物体を検出する場合にも本実施例は適用可能である。

【0015】

露光装置100は、投影光学系22を介して、マスク17（原版）のパターンをウエハW（基板）上に結像して投影させる。光源34からは、所定の波長帯域の照明光が射出する。光源34から射出された照明光は、マスク17を照明する照明光学系に入射し照明される。照明光学系は、照明光整形光学系35、フライアイレンズ36、コンデンサレンズ37、固定視野絞り38、可変視野絞り39（可動ブラインド）、および、リレーレンズ系40を備えて構成されている。可変視野絞り39は、走査方向（±Y方向）の幅を規定する2枚の羽根（遮光板39A、39B）、および、走査方向に垂直な非走査方向（±X方向）の幅を規定する2枚の羽根（不図示）を有する。

【0016】

このような構成により、スリット状の照明領域内におけるマスク17の回路パターン像は、投影光学系22を介してウエハW上に転写される。光源34としては、例えば、ArFエキシマレーザ、KrFエキシマレーザ等のエキシマレーザ光源、金属蒸気レーザ光源、YAGレーザの高周波発生装置等のパルス光源、水銀ランプと楕円反射鏡とを組み合わせ

10

20

30

40

50

せた構成等の連続光源が用いられる。

【 0 0 1 7 】

露光のオン / オフは、光源 3 4 がパルス光源の場合、パルス光源用の電源装置からの供給電力の制御により切り換えられる。一方、光源 3 4 が連続光源の場合、照明光整形光学系 3 5 内のシャッタにより切り換えられる。ただし、本実施例では可変視野絞り 3 9 が設けられているため、可変視野絞り 3 9 の開閉によって露光のオン / オフを切り換えてもよい。光源 3 4 からの照明光は、照明光整形光学系 3 5 によりその光束径が所定の大きさに設定され、フライアイレンズ 3 6 に到達する。フライアイレンズ 3 6 の射出面には、多数の 2 次光源が形成される。これらの 2 次光源からの照明光は、コンデンサレンズ 3 7 により集光され、固定視野絞り 3 8 を経て可変視野絞り 3 9 に到達する。

10

【 0 0 1 8 】

本実施例において、固定視野絞り 3 8 は可変視野絞り 3 9 よりもコンデンサレンズ 3 7 側に配置されているが、逆に、固定視野絞り 3 8 をリレーレンズ系 4 0 側に配置してもよい。固定視野絞り 3 8 には、長方形のスリット状の開口部が形成されている。このため、固定視野絞り 3 8 を通過した光束は、長方形のスリット状の断面を有する光束となり、リレーレンズ系 4 0 に入射する。スリットの長手方向は、図 1 における紙面に対して垂直な方向である。リレーレンズ系 4 0 は、可変視野絞り 3 9 とマスク 1 7 のパターン形成面とを共役に設定するレンズ系である。

【 0 0 1 9 】

マスク 1 7 は、マスクステージ 1 8 の上に保持されている。マスクステージ 1 8 は、マスク 1 7 を走査方向 (± Y 方向) に移動可能に構成されている。マスクステージ 1 8 の位置は、マスクステージ 1 8 の上に設けられた反射ミラー 2 5 からの反射光を検出する干渉計 2 6 により計測される。また、マスクステージ 1 8 の上にはマスク基準マーク 1 9 が設けられており、マスクステージ 1 8 の位置検出に用いられる。

20

【 0 0 2 0 】

ウエハ W は、ウエハ搬送装置 (不図示) によりウエハステージ 2 0 のステージ基盤 2 9 に載置される。ウエハステージ 2 0 は、投影光学系 2 2 の光軸に垂直な面内でウエハ W の位置決めを行うとともに、ウエハ W を走査方向 (± Y 方向) に走査する X Y ステージ、Z 方向にウエハ W の位置決めを行う Z ステージ等を備えて構成されている。ウエハステージ 2 0 の位置は、ウエハステージ 2 0 の上に形成された反射ミラー 2 7 からの反射光を検出する干渉計 2 8 により計測される。また、ウエハステージ 2 0 の上にはステージ基準マーク 2 1 が設けられており、ウエハステージ 2 0 の位置検出に用いられる。ウエハ W の上方には、オフ・アクシス方式の O A 検出系 2 4 (オフアクシスアライメント検出系) が設けられている。なお、投影光学系 2 2 の露光領域には、投影光学系 2 2 のフォーカス方向 (± Z 方向) の位置を計測するフォーカス計測装置 7 0 が設けられている。

30

【 0 0 2 1 】

次に、図 2 を参照して、ベースライン計測方法について説明する。図 2 は本実施例におけるマスクステージ周辺部の構成図であり、図 2 (a) は上面図、図 2 (b) は断面図である。マスクステージ 1 8 は、マスク 1 7 を保持して移動可能に構成されている。マスクステージ 1 8 上にはマスク 1 7 が載置されている。マスク 1 7 には、ベースライン計測用マーク 3 3 が設けられている。またマスクステージ 1 8 上には、マスク 1 7 とマスクステージ 1 8 の位置決めのための基準マークであるマスク基準マーク 1 9 が設けられている。マスク 1 7 は、マスクアライメント顕微鏡 (不図示) を用いて、マスク基準マーク 1 9 に対する位置合わせが行われる。

40

【 0 0 2 2 】

まず図 2 (b) に示されるように、アライメント顕微鏡 2 3 を用いて、マスク 1 7 上に設けられているベースライン計測用マーク 3 3 と、投影光学系 2 2 を介してウエハステージ 2 0 上に固定されたステージ基準マーク 2 1 との相対位置を検出する (第 1 工程) 。第 1 工程の完了後、ウエハステージ 2 0 を移動させ、ステージ基準マーク 2 1 を O A 検出系 2 4 の観察領域に移動させる。続いて、ステージ基準マーク 2 1 と O A 検出系 2 4 の基準マ

50

ークとの相対位置を検出する(第2工程)。第1工程と第2工程の検出結果に基づいて、ベースライン量を算出する。これにより、露光描画中心に対するOA検出系24の検出位置を求めることができる。そして、ウエハW(基板)の位置決めを行った後に露光を開始することが可能となる。

【実施例1】

【0023】

次に、本発明の実施例における位置検出装置を備えた露光装置について説明する。図3は、本実施例における露光装置の要部構成図であり、OA検出系24(位置検出装置)を中心として示している。

【0024】

図3において、22は投影光学系である。41は光源部である。光源部41には、HeNeレーザやハロゲンランプの発熱体(光源)が配設されているため、温度安定性が求められるOA検出系24から離れて配置されている。OA検出系24のウエハマーク照明光束WMILは、光源部41からOA検出系24の照明系に接続されているファイバ43により導光される。ファイバ43の出射端からのウエハマーク照明光束WMILは、照明リレーレンズ2、3を介して、照明開口絞り円盤4上に配置された複数種類の照明開口絞りのいずれかを通過する。これらの照明開口絞りは、照明開口絞り円盤4をモータ44で駆動することにより、回転方式(ターレット方式)で切り換え可能に構成されている。

【0025】

コンピュータ48は、光源部41の種類(HeNeレーザまたはハロゲンランプなど)と照明開口絞りの組合せによる照明条件(以下、「照明モード」という)が設定されると、モータ44の原点からの回転量を主制御系49に指示する。後述のように、コンピュータ48は、検出光学系10で検出された光束に基づいてウエハマークWMの位置を検出する位置検出部である。モータ44の回転原点は、予め、原点検出駆動としてモータ44を回転させることで得られる。本実施例の原点検出方法において、モータ44の回転原点は、照明開口絞り円盤4に設けられたスリットがフォトスイッチの検出部を通過した位置に設定される。主制御系49は、コンピュータ48から指示された回転量に応じて、モータ44を駆動し、照明開口絞りのいずれかがウエハマーク照明光束WMILに設定される。

【0026】

次に、ウエハマーク照明光束WMILは、照明リレーレンズ3を介して照明視野絞り45を照射する。照明視野絞り45を射出したウエハマーク照明光束WMILは、照明光学系5(第1の照明光学系)を透過した後、偏光ビームスプリッタ6に入射する。照明光学系5は、第1の波長帯域を有する計測光を用いて被検出体(ウエハマークWM)を照明するように構成されている。ウエハマーク照明光束WMILは、偏光ビームスプリッタ6に対してP偏光成分(紙面に平行な成分)が反射する。なお、偏光ビームスプリッタ6は、検出光を高効率で検出するのに用いられており、光量に問題がない場合には通常のハーフミラーで構成してもよい。

【0027】

偏光ビームスプリッタ6を透過したウエハマーク照明光束WMILは、反射プリズム46で反射し、ウエハWに向けて(図中の下方向)に進む。反射プリズム46の下には、/4板8が配置されている。/4板8を透過したウエハマーク照明光束WMILは、円偏光に変換される。その後、結像開口絞りASおよび対物レンズ9を介して、ウエハW上の検出対象であるウエハマークWMを落射照明する。このとき、ウエハWは、X、Y、Z方向およびそれらの軸の回転方向に駆動可能なウエハステージ20上に保持されている。なおウエハステージ20は、コンピュータ48からの指示に応じて、ステージ制御系47により駆動可能に構成されている。

【0028】

ウエハマークWMからの反射、回折、散乱により発生した結像光束MLは、対物レンズ9、結像開口絞りAS、および、/4板8を透過する。/4板8を透過した結像光束MLは、円偏光から紙面垂直方向(W方向)の直線偏光(S偏光)に変換される。次に、

10

20

30

40

50

結像光束 M L は、反射プリズム 4 6 を介して偏光ビームスプリッタ 6 を透過し、リレーレンズ 7 に導光される。リレーレンズ 7 は、ウエハマーク W M の像を一旦結像する。その後、検出光学系 1 0 により画像検出素子 1 1 の受光面上に再度結像する。検出光学系 1 0 は、ウエハマーク W M からの光束（および後述の基準マーク S M からの光束）を検出する。画像検出素子 1 1 により検出されたウエハマーク信号は、主制御系 4 9 を介してコンピュータ 4 8 に入力される。O A 検出系 2 4 の基準マーク照明光束 S M I L は、光源部 4 1 から O A 検出系 2 4 の基準マーク照明系に接続されているファイバ 4 2 により導光される。ファイバ 4 2 の出射端からの基準マーク照明光束 S M I L は、基準板照明光学系 1 3（第 2 の照明光学系）を介して、基準板 1 4 を一様な光量分布となるようケーラー照明を行う。基準板照明光学系 1 3 は、第 2 の波長帯域を有する基準光を用いて基準マーク S M を照

10

【 0 0 2 9 】

本実施例において、基準光の第 2 の波長帯域は、計測光の第 1 の波長帯域の上限と下限との間に設定されている。第 1 の波長帯域と第 2 の波長帯域との関係をこのように設定することにより、基準光と計測光との波長差が小さくなるため、波長差に起因する計測誤差を低減することができる。

【 0 0 3 0 】

またこれに代えて、第 1 の波長帯域と第 2 の波長帯域との波長差に基づく補正を行うように構成してもよい。この場合、計測光で基準マーク S M を計測した結果と基準光で基準マーク S M を計測した結果とに基づき、第 1 の波長帯域と第 2 の波長帯域とが互いに異なることで生じる基準マーク計測値の変動量を予め記憶する。この変動量は、例えばコンピュータ 4 8 に設けられた記憶部に記憶される。そしてコンピュータ 4 8 は、基準マーク計測値の変動量を用いて計測光によるウエハマーク W M の計測結果を補正する。このような構成でも、波長差に起因する計測誤差を低減することが可能である。

20

【 0 0 3 1 】

基準マーク S M は基準板 1 4 に設けられており、基準マーク S M を透過した光のみがハーフミラー 1 5（光学素子）に導光される。ハーフミラー 1 5 は、基準マーク S M からの光束を画像検出素子 1 1 に導光する。画像検出素子 1 1 は、ハーフミラー 1 5 で合成された光束（ウエハマーク W M からの光束と基準マーク S M からの光束の合成光）を、検出光学系を介して受光する。画像検出素子 1 1 により検出された基準マーク S M 信号は、主制

30

【 0 0 3 2 】

次に、図 4 を参照して、本実施例の位置検出装置における光源部 4 1 について説明する。図 4 は、光源部 4 1 の構成図である。光源部 4 1 には、ハロゲンランプ 5 0、HeNe レーザ 5 8、光源切換ミラー 5 1、光源（ハロゲンランプ 5 0、HeNe レーザ 5 8）からの光束をファイバ 4 2、4 3 の入射端に集光する光学系 5 2、および、光路切換ミラー 5 7（光路切換手段）が設けられている。ハロゲンランプ 5 0 および HeNe レーザ 5 8 は、ウエハマーク W M を照明する第 1 の光源、および、基準マーク S M を照明する第 2 の光源である。本実施例では、第 1 の光源と第 2 の光源を共通化して一つの光源部 4 1 が構成されている。第 1 の光源と第 2 の光源とを互いに逆に構成してもよい。また、第 1 の光源および第 2 の光源のそれぞれは、ハロゲンランプ、LED、レーザ、レーザダイオードの少なくとも一つを備えて構成されてい

40

【 0 0 3 3 】

光源部 4 1 には、ハロゲンランプ 5 0 からの光を所望の波長帯域に変換する波長切換円盤 5 4、および、波長切換円盤 5 4 を駆動するモータ 5 3 が設けられている。更に光源部 4 1 には、光源の光量調整を行う光量調整円盤 5 6、光量調整円盤 5 6 を駆動するモータ 5 5 が設けられている。波長切換円盤 5 4 には複数の波長カットフィルタが設けられてお

50

り、波長切換円盤 5 4 をモータ 5 3 で駆動することにより、回転方式（ターレット方式）で波長の切り換えが可能である。

【 0 0 3 4 】

本実施例の波長切換円盤 5 4 は、高波長側および低波長側の波長カットフィルタを組み合わせることで所望の波長帯域の波長を実現可能な機構を有する。まず、本実施例で用いられる波長帯域（照明波長帯域）を a (4 5 0 n m ~ 5 5 0 n m)、b (5 5 0 n m ~ 6 0 0 n m)、c (6 0 0 n m ~ 6 5 0 n m)、d (6 5 0 n m ~ 7 0 0 n m)、e (7 0 0 n m ~ 8 0 0 n m) に設定する。また、HeNeレーザの波長（波長帯域）を 6 3 3 n m に設定する。なお、波長の最少単位を 1 n m とする。

【 0 0 3 5 】

表 1 は、各波長帯域とその波長帯域に対応する波長カットフィルタの組合せについて示している。

【 0 0 3 6 】

【表 1】

	波長帯域	低波長側カットフィルタ	高波長側カットフィルタ
a	450nm-550nm	449nm以下	551nm以上
b	550nm-600nm	549nm以下	601nm以上
c	600nm-650nm	599nm以下	651nm以上
d	650nm-700nm	649nm以下	651nm以上
e	700nm-800nm	699nm以下	801nm以上

(※最少単位1nmとする)

【 0 0 3 7 】

ここで、例えば波長帯域 a (4 5 0 n m ~ 5 5 0 n m) が選択された場合を考える。このとき、4 4 9 n m 以下の波長をカットする低波長側カットフィルタと 5 5 1 n m 以上の波長をカットする高波長側カットフィルタを組み合わせることで、ハロゲンランプ 5 0 からの光を所望の波長帯域の照明光として生成することができる。他の波長帯域についても、同様の組合せにより、所望の波長帯域の照明光を生成可能である。

【 0 0 3 8 】

図 5 は、本実施例における波長切換円盤 5 4 の構成図であり、図 5 (a) は平面図、図 5 (b) は図 5 (a) の B - B 線で切断した断面図を示す。波長切換円盤 5 4 は、複数の波長帯域に対応して組み合わせられた複数のカットフィルタを有する。図 5 (b) の断面図に示されるように、波長切換円盤 5 4 の一方の面側に低波長側カットフィルタ 5 9、6 1 が配置され、他方の面側に高波長側カットフィルタ 6 0、6 2 が配置される。このように、複数の種類の低波長側カットフィルタと高波長側カットフィルタとを組み合わせることで、所望の波長帯域の照明光が生成可能となる。本実施例において、波長帯域 a に関しては、低波長側カットフィルタ 5 9 として 4 4 9 n m 以下の波長をカットする波長カットフィルタを用い、高波長側カットフィルタ 6 0 として 5 5 1 n m 以上の波長をカットする波長カットフィルタを用いる。同様に、波長帯域 d に関しては、低波長側カットフィルタ 6 1 として 6 4 9 n m 以下の波長をカットする波長カットフィルタを用い、高波長側カットフィルタ 6 2 として 7 0 1 n m 以上の波長をカットする波長カットフィルタを用いる。

【 0 0 3 9 】

コンピュータ 4 8 は、照明光の波長帯域が設定されると、主制御系 4 9 にモータ 5 5 の回転原点からの回転量を指示する。モータ 5 5 の回転原点は、予め、原点検出駆動としてモータ 5 5 を回転させて求められる。本実施例の原点検出方法において、モータ 5 5 の回転原点は、波長切換円盤 5 4 に設けられたスリット 5 4 a がフォトスイッチ P S の検出部を通過した位置に設定される。主制御系 4 9 は、指示された回転量に応じてモータ 4 4 を駆動し、照明開口絞りのいずれかがウエハマーク照明光束 W M I L に設定される。なお、本実施例は 5 種類の波長帯域 a ~ f を設定しているが、これに限定されるものではなく、何種類の波長帯域を設定してもよい。また、波長切換円盤 5 4 は一段構成であるが、これ

10

20

30

40

50

に限定されるものではなく、複数段構成を採用してより多くの波長帯域の照明光を生成可能に構成してもよい。また、基準光の波長帯域は、計測光の波長帯域の選択と連動して選択される。

【 0 0 4 0 】

図 4 において、光量調整円盤 5 6 には、互いに透過率が異なる複数の N D フィルタが設けられている。光量調整円盤 5 6 をモータ 5 5 で駆動することにより、N D フィルタは回転方式（ターレット方式）で切換可能に構成されている。光量調整円盤 5 6 により、基準光および前記計測光は、互いに独立して光量調整が可能である。光量調整円盤 5 6 を通過した光の光路は、ファイバ 4 2、4 3 の入射端に集光させるための光路切換ミラー 5 7 で切り換えられる。このように、光路切換ミラー 5 7 は、ウエハマーク W M を照明する光路と基準マーク S M を照明する光路とを切り換える。

10

【 0 0 4 1 】

コンピュータ 4 8 は、H e N e レーザ 5 8 とハロゲンランプ 5 0 のいずれの光源を使用するかについて主制御系 4 9 に指示すると、主制御系 4 9 はその指示に応じて光源切換ミラー 5 1 を駆動する。すなわち、光源として H e N e レーザ 5 8 が選択された場合、光源切換ミラー 5 1 は図 4 中の破線で示されるように光路から退避して（下方向に移動して）、H e N e レーザ 5 8 からの光束は、光学系 5 2 を介してファイバの入射端に集光される。一方、光源としてハロゲンランプ 5 0 が選択された場合、ハロゲンランプ 5 0 からの光束は、光源切換ミラー 5 1 で反射され、光学系 5 2 を介してファイバの入射端に集光される。本実施例では、H e N e レーザ 5 8 とハロゲンランプ 5 0 の配置を互いに逆にしてもよい。

20

【 0 0 4 2 】

また、波長帯域 a ~ e が選択された場合、コンピュータ 4 8 が主制御系 4 9 に対して選択波長帯域になるように指示することで、モータ 5 3 により波長切換円盤 5 4 が駆動される。光量調整に関しても同様に、設定された光量になるようにコンピュータ 4 8 が主制御系 4 9 に対して指示することで、モータ 5 5 により光量調整円盤 5 6 が駆動される。また、コンピュータ 4 8 が主制御系 4 9 に対する、ウエハマーク W M と基準マーク S M のいずれを計測するかの指示に応じて、光路切換ミラー 5 7 は主制御系 4 9 により駆動される。すなわち、ウエハマーク W M の計測が選択された場合、光路切換ミラー 5 7 は図 4 中の破線で示されるように光路から退避して（上方向に移動して）、光束はウエハマーク W M を照明するためのファイバ 4 3 の入射端に集光される。一方、基準マーク S M の計測が選択された場合、光束は、光路切換ミラー 5 7 で反射され、基準マーク S M を照明するためのファイバ 4 2 の入射端に集光される。本実施例では、ファイバ 4 3 の入射端とファイバ 4 2 の入射端の配置を互いに逆にしてもよい。また、製造プロセスの影響を受けるウエハマーク W M の計測と基準マーク S M の計測において、光量値を互いに異なるように設定してもよい。また、画像検出素子 1 1 の蓄積時間を変化させてもよい。

30

【 0 0 4 3 】

なお、図 3 に示されるハーフミラー 1 5 は、ハーフミラーに限定されるものではなく、透過率や反射率などの特性を任意に変更することが可能である。図 6 は、ハーフミラー 1 5 の膜が透過率 9 0 %、反射率 1 0 % の光学特性を有する場合におけるハーフミラー特性の説明図である。図 6 (a) は基準マーク信号が 1 0 0 % 入射した場合の透過特性と反射特性を示す。9 0 % の光が透過され、画像検出素子 1 1 には 1 0 % の反射光が到達する。図 6 (b) はウエハマーク信号が 1 0 0 % 入射した場合の透過特性と反射特性を示す。1 0 % の光が反射され、画像検出素子 1 1 には 9 0 % の透過光が到達する。このように本実施例において、ハーフミラー 1 5 の膜の光学特性は、ウエハマーク W M からの光束の光量が基準マーク S M からの光束の光量より大きくなるように設定されている。透過率と反射率に差を付けることで、基準マーク信号の光量に対し、ウエハマーク信号をより多く取り込むことが可能となる。

40

【 実施例 2 】

【 0 0 4 4 】

50

次に、図 7 を参照して、本発明の実施例 2 について説明する。図 7 は、本実施例における露光装置の要部構成図である。本実施例の露光装置では、ウエハマーク W M を照射するための光源 6 3 (ウエハマーク照明光源) と基準マーク S M を照射するための光源 6 4 (基準マーク照明光源) とが互いに分離して構成されている。O A 検出系 2 4 は、実施例 1 と同様の構成を有する。光源 6 3、6 4 の両光源ともに、温度安定性が求められる O A 検出系 2 4 から離れて配置されている。また、両光源は、O A 検出系 2 4 に対してファイバ 4 2、4 3 を用いて独立して接続される。

【0045】

本実施例では、ウエハアライメント光を射出する照明光源は専用の光源として構成されている。このため実施例 1 とは異なり、光束をウエハマーク W M 照明用のファイバ 4 3 と基準マーク S M 照明用のファイバ 4 2 に切替える光路切替手段を設ける必要がない。

10

【0046】

ウエハマーク W M の計測および基準マーク S M の計測において、同一波長の照明光を用いて計測を行うには、基準マーク S M を照明する光源 6 4 の構成は、ウエハアライメント光を射出する光源とすればよい。コンピュータ 4 8 は、主制御系 4 9 に選択波長および計測タイミングの指令を与え、主制御系 4 9 は、その指令に基づいて、ウエハマーク照明用の光源 6 3 と基準マーク照明用の光源 6 4 を選択的に用いて計測を行う。

【0047】

実施例 1 の露光装置 (位置検出装置) ではハーフミラー 1 5 が用いられるが、本実施例ではハーフミラー 1 5 に代えてダイクロイックミラー 1 5 a が用いられる。図 8 は、ダイクロイックミラー 1 5 a を用いた場合 (ダイクロイックミラー特性) の説明図である。図 8 (a) は、ミラーの膜の光学特性として、ミラー部の透過率と波長の関係を示す。図 8 (b) は、画像検出素子 1 1 上の光量と波長の関係を示す。図 8 (a) に示されるように、ウエハマーク計測光の波長帯域の中心付近に一部透過特性を持たない膜を採用し、その波長帯域に基準マーク計測波長を設定する。このようにダイクロイックミラー 1 5 a (光学素子) の膜の光学特性は、第 1 の波長帯域を有する計測光と第 2 の波長帯域を有する基準光との間で互いに異なる。

20

【0048】

本実施例では図 8 (b) に示されるように、全計測波長において、画像検出素子 1 1 にて計測することができる。これにより、ウエハマーク計測光の波長帯域の中心付近に基準マーク計測波長を設定することで、波長差による計測誤差を低減させたシステムを構成することが可能である。なお本実施例においても、実施例 1 のハーフミラー 1 5 を用いてもよい。

30

【実施例 3】

【0049】

次に、図 9 を参照して、本発明の実施例 3 について説明する。実施例 2 では、基準マーク S M を計測する光源 6 4 は、ウエハマーク W M を計測する光源 6 3 と同様の構成を有している。すなわち、両光源はそれぞれ、HeNe レーザ 5 8 およびハロゲンランプ 5 0 を備え、複数の波長帯域の照明光を生成することができる。しかし、光源はこのような構成に限定されるものではなく、例えば光源は、特定の波長帯域を有する複数の LED を備えて構成することもできる。

40

【0050】

図 9 は、本実施例における光源 6 4 の構成図であり、5 つの LED を用いて構成された基準マーク光源 (光源 6 4) を示している。図 9 において、6 5 a は波長帯域 a、6 5 b は波長帯域 b、6 5 c は波長帯域 c、6 5 d は波長帯域 d、6 5 e は波長帯域 e を有する LED である。例えば波長帯域が比較的低い波長帯域 a では、白色 LED を用いればよい。

【0051】

6 6 _ 1 ~ 6 6 _ 4 は、ダイクロイックミラーである。本実施例では、波長帯域に合わせて 4 種類のダイクロイックミラーが設けられている。波長帯域 a ~ e の各波長帯域を有

50

するLEDの配置の関係で、各ダイクロイックミラーの膜は異なる。ダイクロイックミラー66_1は、551nm以上の波長帯域の光を反射し、549nm以下の波長帯域の光を透過させる波長特性を有する。ダイクロイックミラー66_2は、601nm以上の波長帯域の光を反射し、600nm以下の波長帯域の光を透過させる波長特性を有する。ダイクロイックミラー66_3は、601nm以上の波長帯域の光を反射し、600nm以下の波長帯域の光を透過させる波長特性を有する。ダイクロイックミラー66_4は、651nm以上の波長帯域の光を反射し、650nm以下の波長帯域の光を透過させる波長特性を有する。

【0052】

本実施例ではダイクロイックミラーを用いているが、光量に余裕があればハーフミラーを用いてもよい。また、ウエハマークWM計測の波長選択条件に応じて、コンピュータ48が主制御系49に指令を与えることにより、使用するLEDが選択され照明される。例えばウエハマークWM計測の際に波長帯域eが選択された場合、主制御系49はLED65を照明させる。照明したLEDの光束は、基準マークSM照明用のファイバ42の入射端に集光される光学系67を通過し、ファイバ42に集光される。LEDの光量は、主制御系49により、電流値または電圧値を変化させることで調節可能である。その際、LEDは使用する波長帯域に応じて光量値を変化させてもよく、また画像検出素子11の蓄積時間を変化させてもよい。

【0053】

波長帯域ごとに構成するLEDは、できるだけ波長帯域の中心波長のLEDを採用することが好ましい。例えば、波長帯域bの場合、中心波長が575nmであるため、その中心波長の近傍で輝度の高いLEDを選定すればよい。また、本実施例のように各波長帯域で1つの種類のLEDを備えた構成に限定されるものではなく、各波長帯域で複数の種類のLEDを備えるように構成してもよい。その際、条件によって照明させるLEDの組合せが自由に選択できるように構成することができる。

【0054】

上記実施例1乃至実施例3では、ウエハマーク計測光の波長と基準マーク計測光の波長を同等にして波長差による計測誤差を低減させる位置検出装置（露光装置）について説明した。なお、ウエハマーク計測光の波長と基準マーク計測光の波長が異なる場合でも、予め波長差による計測誤差値を取得し、ウエハマーク計測値に反映させる方法を採用することができる。複数の基準光を構成する場合、基準光のそれぞれに対して計測誤差値を取得すればよい。また、ウエハマーク計測光の波長の条件が複数ある場合、各条件において基準光との計測誤差値を取得すればよい。

【実施例4】

【0055】

次に、図10を参照して、本発明の実施例4について説明する。本実施例では、位置検出装置が投影光学系22のフォーカス方向を計測するフォーカス計測装置70に適用される。図10は、本実施例におけるフォーカス計測装置70（位置検出装置）の構成図である。

【0056】

フォーカス計測装置70（フォーカス検出系）において、照明光源71から射出した光は、照明レンズ72を介してスリット73を照明する。スリット73を透過した光は、照明光学系74（第1の照明光学系）およびミラー75によってウエハW（被検出体）上にスリットパターンを結像する。ウエハW上に投影されたスリットパターンは、ウエハWの表面上で反射し、照明光学系74と反対側に構成されたミラー76および検出光学系77に入射する。検出光学系77は、ウエハW上に形成されたスリットパターンを光電変換素子78上に再結像させる。

【0057】

次に、本実施例における基準光について説明する。基準光の光源79から射出した光は、基準光照明レンズ80（第2の照明光学系）を介して基準光スリット81を照明する。

基準光スリット 8 1 を透過した光は、投影光学系 2 2 下の雰囲気内を通過し、計測光と基準光を合成する基準光合成ミラー 8 2 および合成光を検出する検出光学系 7 7 に入射する。検出光学系 7 7 は、基準光スリットパターンを光電変換素子 7 8 上に再結像させる。ウエハ W が上下することで、光電変換素子 7 8 上のスリット像が移動し、この移動量からウエハ W のフォーカス方向の距離を位置検出部（不図示）で計測することができる。通常は、スリット 7 3 を複数（ウエハ W 上の多点）用意し、それぞれのフォーカス位置を検出すること（ウエハ W 上の多点計測）で、投影光学系 2 2 のマスク 1 7 像の像面に対するウエハ W の傾きを計測することもできる。これにより、通過する空気の密度がゆらいでも、いずれも略同一の空間内を通過するため、受ける影響が同じとなる。このため、変動の仕方が双方ともに等しくなる。

10

【 0 0 5 8 】

本実施例では、照明光源 7 1 と基準光の光源 7 9 とを互いに別に構成しているが、上記各実施例と同様に、基準光の光源 7 9 の波長を照明光源 7 1 と同等にすれば、波長差による計測値の誤差を低減することができる。なお、基準光の光源 7 9 として複数の光源を備えて構成してもよく、また、照明光源 7 1 と共通化してもよい。実施例 1、2 における O A 検出系の構成をフォーカス計測装置 7 0 にも同様に適用可能である。なお実施例 1 乃至 4 は、ウエハ側の位置検出装置または面位置検出装置に関して説明しているが、これに限定されるものではなく、マスク側に構成される位置検出装置または面位置検出装置に適用してもよい。

【 0 0 5 9 】

20

上記各実施例によれば、波長差に起因する計測誤差を低減して高精度な位置検出を行う位置検出装置を提供することができる。

【 0 0 6 0 】

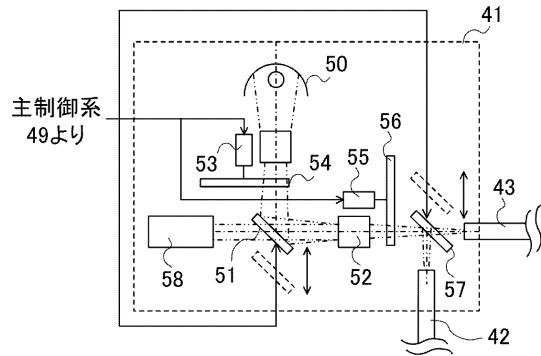
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【 符号の説明 】**【 0 0 6 1 】**

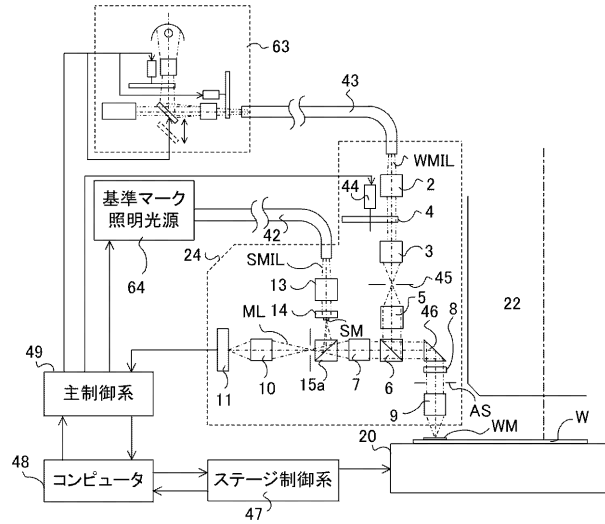
- 5 : 照明光学系（第 1 の照明光学系）
- 1 0 : 検出光学系
- 1 3 : 基準板照明光学系（第 2 の照明光学系）
- 2 4 : O A 検出系（位置検出装置）
- 4 8 : コンピュータ

30

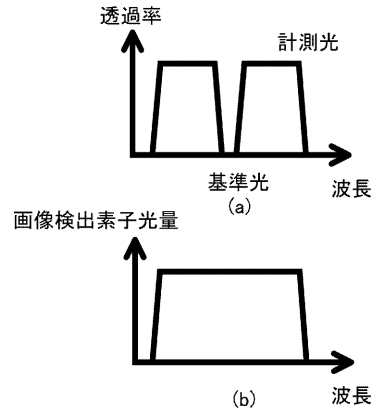
【図 4】



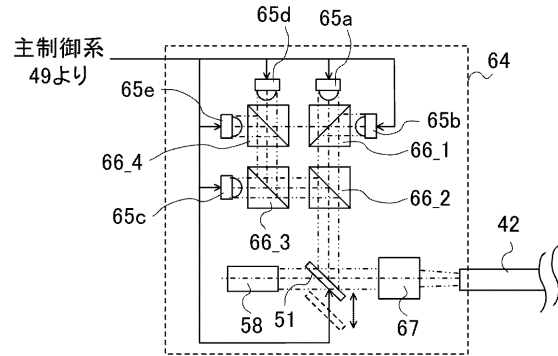
【図 7】



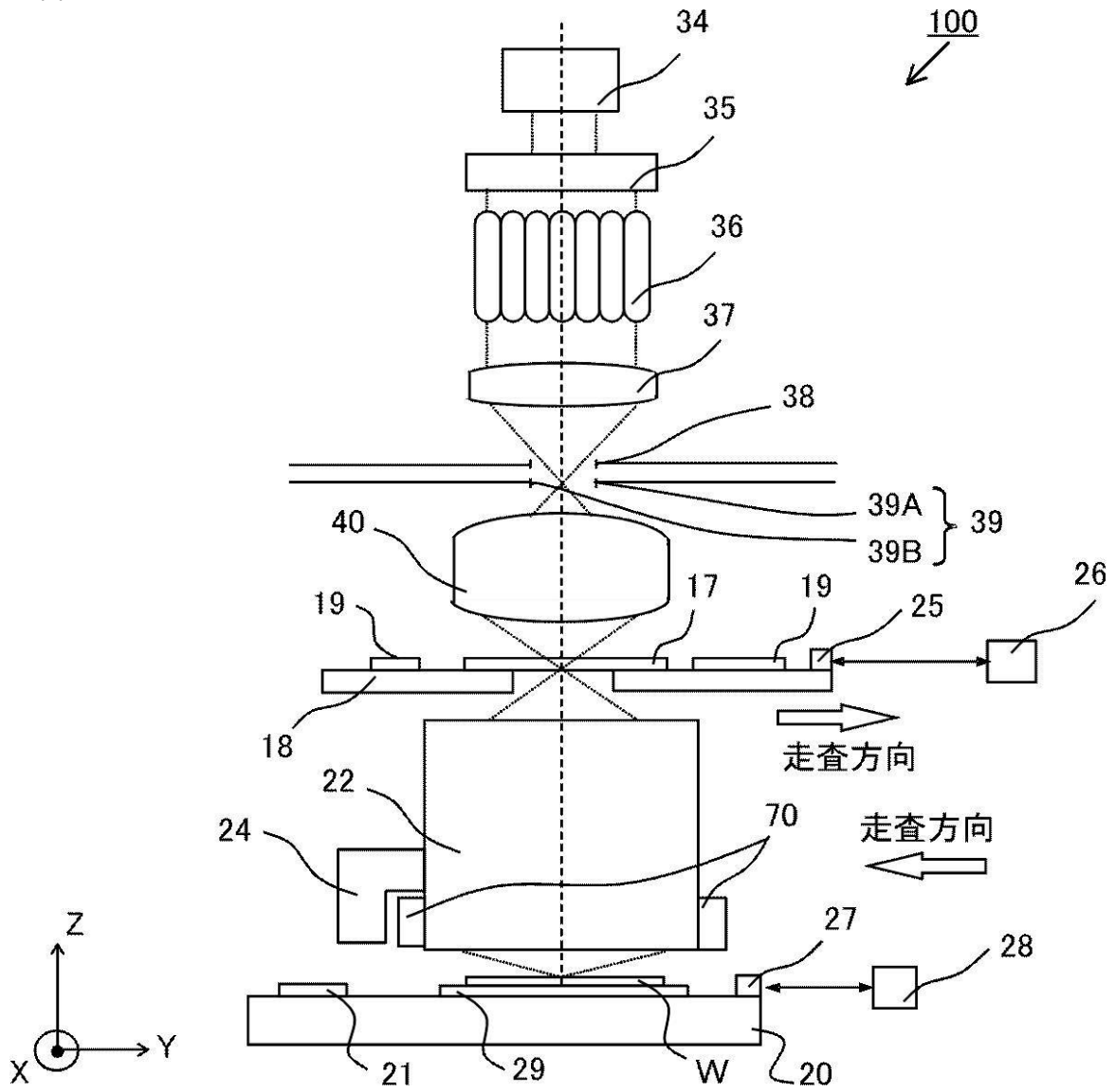
【図 8】



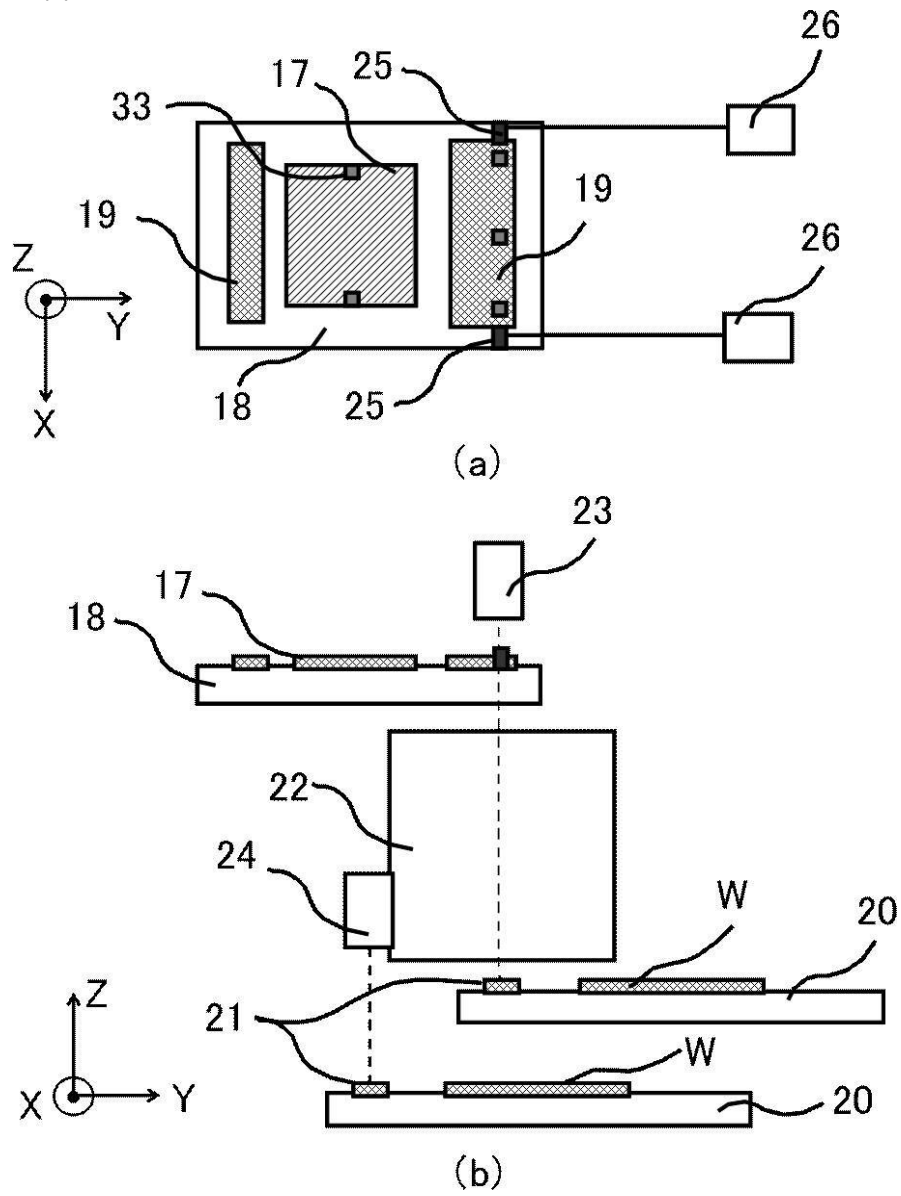
【図 9】



【図 1】



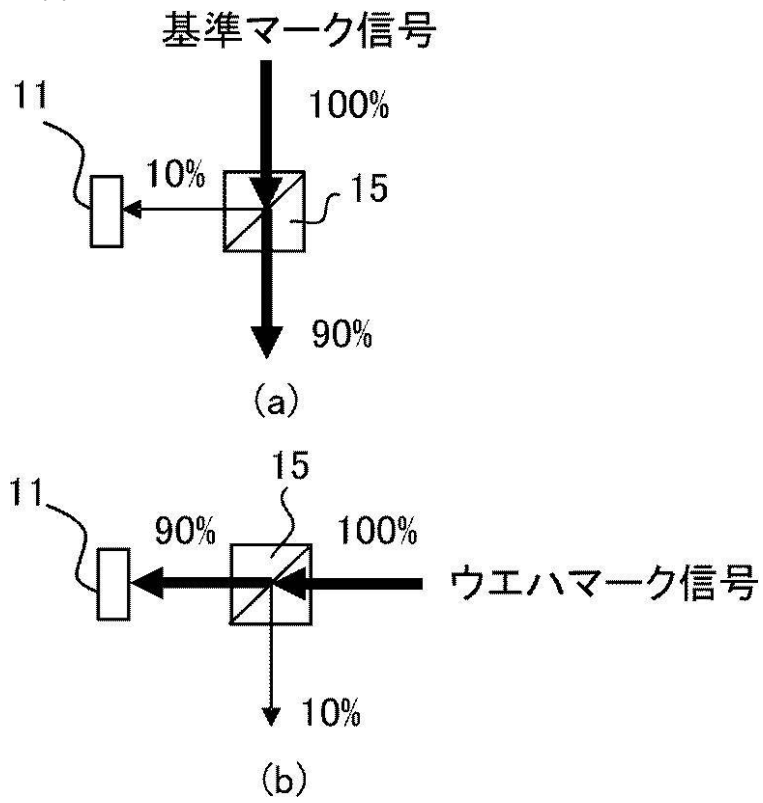
【図2】



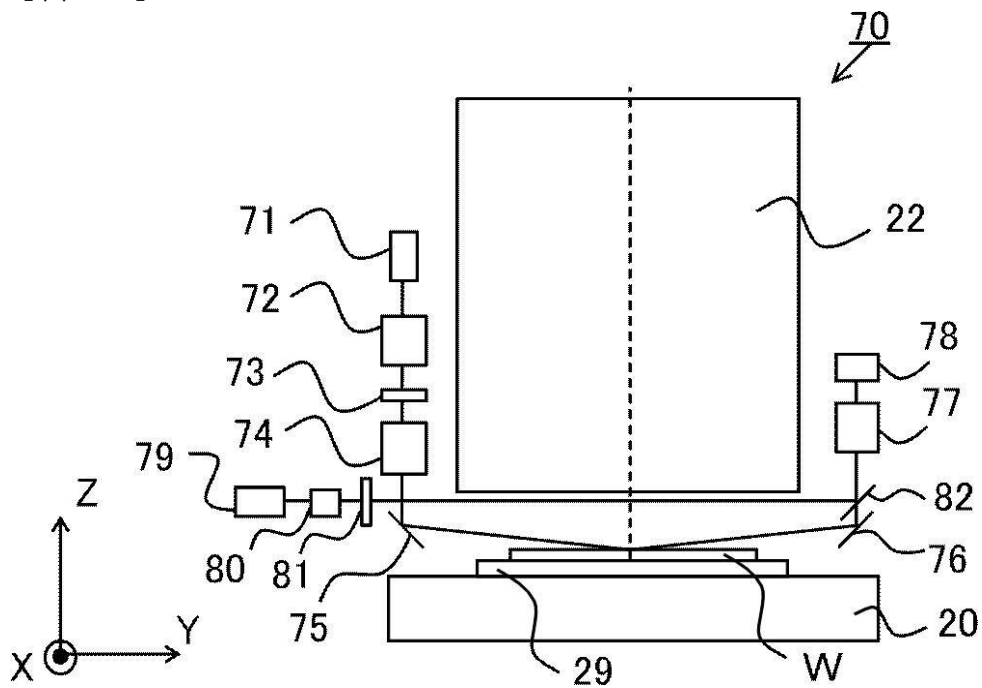
[illegible]

Figure 1 consists of two diagrams. Diagram (a) is a plan view of a circular substrate 54. It features six circular elements labeled a, b, c, d, e, and f, arranged in a hexagonal pattern around a central circular element. Each element has a central dot and is surrounded by a dashed circle. A dashed line connects the centers of the elements. A dashed line also passes through the center of the substrate. A label 'PS' is located near the center, and a label 'B' is at the top and bottom. A label '54a' is near the top-left element. Diagram (b) is a cross-sectional view of the substrate. It shows a central layer 60, with layers 59 and 61 on either side. The top and bottom layers are labeled 54 and 62, respectively. A dashed line indicates the center of the substrate.

【図6】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-184677(JP,A)
特開2001-057326(JP,A)
特開2002-170757(JP,A)
特開平04-321214(JP,A)
特開平05-291111(JP,A)
特開平10-335241(JP,A)
特開平10-038514(JP,A)
特開平11-251218(JP,A)
特開2001-267196(JP,A)
特開2003-324058(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027、21/30