

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4892645号  
(P4892645)

(45) 発行日 平成24年3月7日 (2012.3.7)

(24) 登録日 平成23年12月22日 (2011.12.22)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006.01)

GO 3 F 7/20 (2006.01)

HO 1 L 21/30 5 3 1 J

GO 3 F 7/20 5 2 1

HO 1 L 21/30 5 3 1 A

HO 1 L 21/30 5 2 5 F

請求項の数 16 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-502273 (P2011-502273)	(73) 特許権者	503263355
(86) (22) 出願日	平成21年3月30日 (2009.3.30)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(65) 公表番号	特表2011-517074 (P2011-517074A)		ムペーハー
(43) 公表日	平成23年5月26日 (2011.5.26)		ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オベルコ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/002302		ッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(87) 国際公開番号	W02009/121541		セ 2
(87) 国際公開日	平成21年10月8日 (2009.10.8)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成22年12月21日 (2010.12.21)		弁理士 杉村 憲司
(31) 優先権主張番号	102008017645.1	(74) 代理人	100134005
(32) 優先日	平成20年4月4日 (2008.4.4)		弁理士 澤田 達也
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100147692
(31) 優先権主張番号	61/072, 980		弁理士 下地 健一
(32) 優先日	平成20年4月4日 (2008.4.4)	(72) 発明者	ハンス・ユルヘン マン
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ドイツ国 7 3 4 4 7 オーバーコッヘン
早期審査対象出願			カッツェンバッハシュトラッセ 49
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロリソグラフィ投影露光用の装置および基板の表面を検査するための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マイクロリソグラフィ投影露光用の装置（10）において、  
結像光線（15）によってマスクパターン（16）を投影することにより基板（20）  
の表面（21）に前記マスクパターン（16）を結像するための光学系（18）であって、  
EUV波長領域および／または高周波数波長領域で作動するように構成された光学系と、  
測定光線（34）を案内するための測定光路（36）であって、前記光学系（18）の  
少なくとも2つの光学素子（22）が前記測定光路（36）に含まれ、前記光学系（18）  
が、前記装置（10）の作動時に、前記測定光路に含まれない少なくとも一つの光学素  
子が存在するように、前記測定光線（34）によって部分的にのみ照射されるように、前  
記光学系（18）の内部に延在する測定光路（36）と  
を備えることを特徴とする装置（10）。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置において、  
前記測定光線（34）を前記光学系（18）に結合するために設けられた光学的な結合  
素子（38）をさらに備える装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の装置において、  
前記光学系（18）から前記測定光線（34）を分離するための光学的な分離素子（4

0) をさらに備える装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記光学系 (18) が少なくとも 1 つの反射光学素子 (22) を備え、前記測定光路 (36) が、前記装置 (10) の作動時に少なくとも 1 つの反射光学素子 (22 - 6 ; 22 - 3 , 22 - 4 , 22 - 5 , 22 - 6) で前記測定光線 (34) が反射されるように前記光学系 (18) の内部に延在している装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記光学系 (18) が少なくとも 1 つの反射光学素子 (22) を備え、前記測定光路 (36) が、前記装置 (10) の作動時に前記測定光線 (34) が少なくとも 1 つの反射光学素子 (22 - 5 , 22 - 6) における開口 (26) を通過するように前記光学系 (18) の内部に延在している装置。

10

【請求項 6】

請求項 1 から 5 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記光学系 (18) が、反射光学系として構成されている装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記測定光路 (36) が、前記装置 (10 ; 110) の作動時に、前記測定光路 (36) を案内される前記測定光線 (34) によって前記基板表面 (21) の少なくとも 1 点をその位置に関して測定するように構成されている装置。

20

【請求項 8】

請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記測定光路 (36) が、前記装置 (10 ; 110) の作動時に前記測定光線 (34) が前記基板 (20) の表面 (21) で反射されるように構成されている装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の装置において、

少なくとも 2 つの異なる波長を有する前記測定光線 (34) を生成する測定光線源 (32) と、波長を分解する光線検出器 (42) とを備え、該光線検出器が、前記基板 (20) における反射後に前記測定光線 (34) のそれぞれの強度を少なくとも 2 つの異なる波長それぞれについて測定し、これにより、前記基板表面 (21) の温度を決定するように構成されている装置。

30

【請求項 10】

請求項 1 から 9 までのいずれか一項に記載の装置において、

結像すべき前記マスクパターン (16) が前記マスク (14) に配置されており、前記測定光路 (36) が、前記装置 (10) の作動時に前記マスク (14) における前記光学系 (18) に向けた前記表面 (14a) で前記測定光線 (34) が反射されるように構成されている装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の装置において、

前記結像方向 (17a) に対して横方向に変位可能なマスクテーブル (11) と、制御手段とを備え、該制御手段が、前記マイクロリソグラフィ投影用の露光装置 (10) を制御し、該装置 (10) の作動時に、前記基板表面 (21) における少なくとも 1 点が 2 つの異なる時点で前記結像方向 (17a) に対して横方向の位置に関して測定されるように構成されており、前記装置 (10) が、これにより、前記マスクテーブル (11) の側方変位速度を決定するように設定されている装置。

40

【請求項 12】

請求項 1 から 11 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記測定光路 (36) が、前記光学系 (18) の前記瞳平面 (30) を少なくとも 1 回通って延在する装置。

50

**【請求項 1 3】**

請求項 4 から 1 2 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記測定光路 ( 3 6 ) が、前記測定光線 ( 3 4 ) が少なくとも 1 つの前記反射光学素子 ( 2 2 - 6 ; 2 2 - 3 , 2 2 - 4 , 2 2 - 5 , 2 2 - 6 ) で 2 回反射されるように構成されている装置。

**【請求項 1 4】**

請求項 1 から 1 3 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記基板表面 ( 2 1 ) へのマスクパターンの結像を行うと同時に、前記基板表面 ( 2 1 ) における少なくとも 1 点の位置を決定するように構成されている装置。

**【請求項 1 5】**

マイクロリソグラフィ投影露光用の装置 ( 1 0 ) と、該装置 ( 1 0 ) の露光位置に配置された基板 ( 2 0 ) とを備えるシステムの特性を決定するための方法において、

前記装置 ( 1 0 ) が、EUV 波長領域および / または高周波数波長領域の結像光線 ( 1 5 ) によってマスクパターン ( 1 6 ) を投影することにより前記基板 ( 2 0 ) の表面 ( 2 1 ) に前記マスクパターン ( 1 6 ) を結像するための光学系 ( 1 8 ) を備え、前記方法が、

前記光学系 ( 1 8 ) の少なくとも 2 つの光学素子 ( 2 2 ) が測定光路 ( 3 6 ) に含まれ、前記光学系 ( 1 8 ) が、前記測定光路に含まれない少なくとも一つの光学素子が存在するように、測定光線 ( 3 4 ) によって部分的にのみ照射されるように、前記光学系 ( 1 8 ) の内部で前記測定光線 ( 3 4 ) を案内するステップと、

該測定光線 ( 3 4 ) から前記システムの特性を決定するステップとを含むことを特徴とする方法。

**【請求項 1 6】**

請求項 1 5 に記載の方法において、

前記基板 ( 2 0 ) の前記表面 ( 2 1 ) における少なくとも 2 点で前記測定光線 ( 3 4 ) を反射し、反射された前記測定光線 ( 3 4 ) から、前記基板 ( 2 0 ) の前記表面 ( 2 1 ) における少なくとも一部のトポグラフィーを決定する方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本出願は、ドイツ国特許出願公開第 1 0 2 0 0 8 0 1 7 6 4 5 . 1 号公報ならびに米国仮出願第 6 1 / 0 7 2 , 9 8 0 号の優先権を主張するものであり、その開示内容の全体は、本出願明細書に組み込まれるものとする。

**【0002】**

本発明は、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置およびマイクロリソグラフィ投影露光用の装置と該装置の露光位置に配置された基板とを備えるシステムの特性を決定するための方法に関する。さらに本発明は、基板の表面を検査するための検査装置およびこのような検査装置と基板とを備えるシステムの特性を決定する方法に関する。

**【背景技術】****【0003】**

このような検査装置には、顕微鏡、および、例えばリソグラフィマスクまたは露光されたウェーハを検査するために使用される光学検査システムが挙げられる。さらにマスクパターン形成システムを較正するための光学システム、リソグラフィマスクにおける位置マークを高精度に測定するいわゆる「位置合わせ装置」が挙げられる。

**【0004】**

マイクロ構造またはナノ構造をリソグラフィ露光装置によって高精度な結像を行うためには、いわゆる「ウェーハ」の形態の露光基板のトポグラフィーまたは表面状態を認識することが重要である。位置を検出するためには、例えば焦点センサーが使用される。焦点センサーは、基板テーブルの直接の周辺で、測定信号を基板平面に実質的にかすめ入射させ、再び捕捉する。基板トポグラフィーを測定するためには、投影光学系に対して平行に

10

20

30

40

50

構成された測定光学系が使用されることも多い。このような測定光学系は、いわゆる「ツインステージ」と称される。このように平行に構成された測定光学系は、付加的な光学系および付加的な変位ステージが必要とされるので、複雑なものとなる。

#### 【0005】

このような計測システムの使用に関して、特にEUV波長領域（極紫外線波長領域、例えば13.4nm）で作動されるリソグラフィ露光装置では、これらのシステムにおける基板側の作動距離が、光路における最後から2番目のミラーによって決定されるという問題が生じる。光学的な観点からは、この距離を特に小さく選択することができる場合、有利である。しかしながら、極めて小さい作動距離は、従来の焦点センサーにおける設置スペースをわずかにしか残さないか、または全く残さない。

10

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

本発明の課題は、上記のような欠点を解決し、特に光学系と基板との間の作動距離ができるだけ小さい場合に光学系の結像方向に関して基板の位置を決定することができる装置および方法を提案することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

この課題は、本発明によれば、結像光線によってマスクパターンを投影することにより基板の表面にマスクパターンを結像させる投影光学系の形態の光学系を備えるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置によって解決される。光学系は、EUV波長領域および/または高周波数波長領域、すなわち、EUV領域の波長および/またはこれよりも小さい波長で作動するように構成されている。さらに本発明による装置は、測定光線を案内するための測定光路を備える。測定光路は、光学系の少なくとも2つの光学素子が測定光路に含まれ、光学系が装置の作動時に測定光線によって部分的にのみ照射されるように、光学系の内部に延在している。

20

#### 【0008】

さらに上記課題は、本発明によれば、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置と該装置の露光位置に配置された基板とを備えるシステムの特性を決定するための方法により解決することができる。上記投影露光装置は、EUVおよび/または高周波数の波長領域の結像光線によってマスクパターンを投影することにより基板の表面にマスクパターンを結像するための光学系を備えている。本発明による方法は、光学系の少なくとも2つの光学素子が測定光路に含まれ、光学系が測定光線によって部分的にのみ照射されるように、光学系の内部で測定光線を案内するステップと、測定光線からシステムの特性を決定するステップとを含む。

30

#### 【0009】

換言すれば、本発明によれば、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置と露光位置に配置された基板とを備えるシステムの特性を決定することができる測定光線のための光線経路が光学系の内部に形成される。光学系は、測定光線によってマスクパターンを投影することによりマスクパターンを基板の表面に結像するための役割を果たし、投影露光装置の投影対物レンズと呼ぶこともできる。光学系は、EUVおよび/または高周波数の波長領域の結像光線によって作動するように構成されている。EUV波長領域は、100nm未満、特に5nm～20nmの波長領域である。光学系は、特に13.5nmまたは6.9nmの波長で作動するように構成してもよい。上記波長領域における光学系の構成は、一般に反射性光学素子のみによって、したがって、いわゆる「反射光学的投影対物レンズ」として光学系を実施し、対応した反射性被覆層を設けることを前提とする。

40

#### 【0010】

測定光路は、光学系の少なくとも2つの光学素子が測定光路に含まれ、装置の作動時に光学系が測定光線によって部分的にのみ照射されるように、光学系の内部に延在する。すなわち、全ての光学素子が測定光路に含まれるわけではない。例えば、測定光線がそれぞ

50

れの光学素子で反射された場合に1つの光学素子が測定光路に含まれてもよい。ミラーの形態の光学素子が測定光路に含まれる別の形態が、測定光線がこのミラーの開口部を通過する場合に得られる。換言すれば、測定光路は、光学系の内部に部分的にのみ延在し、したがって、上記意味では測定光路に含まれない少なくとも1つの光学素子が存在する。

【0011】

例示的な実施形態によれば、本発明により、結像方向に関して基板表面における少なくとも1点について基板表面の位置を測定することができる。回転対称的な光学素子の使用時のように光学系が光軸を有する場合、光軸に対して軸線方向位置に関して基板表面の少なくとも1点を測定することができる。軸線方向位置とは、光学系における光軸の方向に延在する座標軸に関する位置である。

10

【0012】

次いで基板表面の位置は、基板表面における測定光線の反射および反射された測定光線の後続の評価によって決定することができる。測定光線は光学系の内部から基板表面に入射するので、光学系の最終素子と基板との間に測定素子を取り付ける必要はなくなる。これにより、基板の最も近くに設けた反射性光学素子と基板との間の作動距離を極めて小さく保持することができる。測定光線が基板で反射されずに、例えばマスクパターンを備えるマスクで反射される場合、マスクの最も近くに設けた反射光学素子とマスクとの間の作動距離に関して対応した利点を得られる。基板表面における位置ではなく、一般にシステムの特性が決定される場合にこのような効果または類似の効果が得られる。

20

【0013】

本発明による実施形態では、測定光路は、装置の作動時に、測定光路を案内される測定光線によって基板表面の少なくとも1点をその位置に関して測定するように構成されている。別の実施形態では、測定光路は、装置の作動時に、光学系の結像方向における位置に関して基板表面の少なくとも1点を測定光線によって測定するように構成されている。さらに本発明による装置は、有利には、基板と相互作用した後の測定光線から基板表面における点の位置を決定するように構成されている評価手段を備える。

【0014】

一般に、装置は、測定光線から投影露光装置と基板とを備えるシステムの特性を決定するように構成された評価手段を備える。

【0015】

30

一実施形態によれば、測定光路は、測定光線が装置の作動時に基板の表面で反射されるように構成されている。この場合、基板表面で反射された測定光線から基板表面における軸線方向位置を決定することができる。これは様々な形式で行うことができる。例えば米国特許出願公開第2007/0080281号公報に記載のように、例えば、基板表面で反射された測定光線は、光学系を通過し、測定光線と同じ光線源に戻る光線によって決定することができる。さらに、例えば米国特許第5,268,744号明細書に記載のように、z方向に基板表面を変位することにより、検出面における測定光線の変位を生じさせる測定原理を使用することもできる。距離測定の別の測定原理がドイツ国特許第4109484号明細書に記載されている。

【0016】

40

本発明による別の実施形態では、測定光路は、装置の作動時に、測定光路を案内される測定光線によって、光学系の結像方向に対して横方向の位置に関して基板表面の少なくとも1点を測定するように構成されている。これにより、横方向における少なくとも1点位置が測定される。これは特に調整マークを用いて行うことができる。最も簡単な場合、基板に位置する調整マークのみが必要となる。この調整マークは、測定光線によって検出器に結像される。結像された調整マークの位置から、調整マークの側方位置が得られ、これにより、基板の側方位置、基板のいわゆる「配向」を決定することができる。

【0017】

基板における調節マークに加えて、例えば基準ミラーにおける基準として別の調整マークを設けてもよい。このような基準マークは、測定光路で基板の上流側または下流側に配

50

置することができる。上流側に配置した場合、測定光線は「あらかじめパターン形成されて」基板の調整マークに照射され、下流側に配置した場合には、基準マークによってパターン形成された測定光線が基準マークに結像される。いずれの場合にも、下流側に設けた検出器によって、基準マークおよび基板マークの相対位置を含む画像を形成することができる。これにより、基準マークに対する基板マークの側方位置を決定することができる。基板マークおよび基準マークを用いたこのような位置決定の例はモアレ法である。当業者には基本的に既知のモアレ測定法は、モアレ効果を利用し、長い周期の輝度変調が、格子定数がわずかにのみ相互に異なる2つの線格子を重ねることにより生成される。生成されたパターンの評価により、両方の格子の相対変位を高精度で検出することができる。モアレ評価は、有利には空間分解式表面センサーによって行うことができる。

10

**【0018】**

マイクロリソグラフィ投影露光装置では、例えば、いわゆる「ダブルパターニング」方法の場合のように、特にパターンが側方で高精度に重ねられている必要があり、したがって高い「オーバーレイ」要求を有する方法では、このような側方位置測定が重要である。側方位置の測定は、以下に説明する検査装置にも関係する。「位置合わせ装置」とも呼ばれるこのような装置では、本発明によれば、例えば「あらかじめの配向」のための側方位置測定、すなわち、いわばおよそその位置決めが可能である。一実施形態では、調整マークの高精度の測定は測定光路によってではなく、別の光路、例えば結像光路によって行われる。

**【0019】**

20

本発明による別の実施形態では、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置は、結像方向に対して横方向に変位可能な基板テーブルと、制御手段とを備えている。制御手段は、装置の作動時に基板表面の少なくとも1点が、2つの異なる時点で結像方向に対して横方向の位置に関して測定されるように装置を制御するように構成されており、装置は、これにより、基板テーブルの側方変位速度またはいわゆる「操作速度」を決定するように設定されている。基板は、「ウェーハステージ」と呼ぶこともできる基板テーブルによって保持される。

**【0020】**

本発明による別の実施形態では、測定光路は、装置の作動時に測定光線が基板表面で反射されるように構成されている。

30

**【0021】**

本発明による別の実施形態では、装置は、少なくとも2つの異なる波長を有する測定光線を生成する測定光線源を備える。さらに装置は、波長を分解する光線検出器を備え、この光線検出器は、基板における反射後に測定光線のそれぞれの強度を少なくとも2つの異なる波長それぞれについて測定し、これにより、基板表面の温度を決定するように構成されている。これは、赤外線温度計による温度測定に類似して行う。

**【0022】**

本発明による別の実施形態では、結像すべきマスクパターンはマスクに配置されており、測定光路は、装置の作動時に、マスクにおける光学系に向けた表面で測定光線が反射されるように構成されている。

40

**【0023】**

本発明による別の実施形態では、装置は、結像方向に対して横方向に変位可能なマスクテーブルと、制御手段とを備え、制御装置は、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置を制御し、装置の作動時に、基板表面における少なくとも1点が結像方向に対して横方向の2つの異なる時点で測定されるように構成されており、装置は、これにより、マスクテーブルの側方変位速度を決定するように設定されている。

**【0024】**

本発明による別の実施形態では、装置は少なくとも2つの異なる波長を有する測定光線を生成する測定光線源を備える。さらに装置は、波長を分解する光線検出器を備え、この光線検出器は、マスク表面における反射後に測定光線のそれぞれの強度を少なくとも2つ

50

の異なる波長それぞれについて測定し、これにより、基板表面の温度を決定するように構成されている。

【0025】

本発明による別の実施形態では、装置は、装置の作動時に光学系を通過した際の測定光線の強度低下を検出し、これにより、光学系に含まれるガスの濃度を決定するように構成されている。このガスは、光学系の光学素子を包囲する。ガスは、真空中で作動される光学系の残留ガスであってもよい。

【0026】

本発明による別の実施形態では、さらに装置は測定光線を光学系に結合するために設けられた光学的な結合素子を備える。さらに光学系から測定光線を分離するための光学的な分離素子を設けてもよい。このためには測定光線を反射するように構成された2つの偏向ミラーを設けてもよい。これらの偏向ミラーは、有利には、光学系における少なくとも1つの反射光学素子とは無関係である。一実施形態では、第1偏向ミラーは、測定光線をいずれか1つの反射光学素子に偏向するか、またはいずれか1つの反射光学素子が開口部を備えている実施形態では、この開口部に偏向するように配置されている。

【0027】

本発明による別の実施形態では、測定光路は、装置の作動時に、光学系への結合と光学系からの分離との間に基板の表面またはマスクの表面で測定光線が反射されるように構成されている。これにより、光学系に関して反射点における基板の軸線方向位置を決定することが可能である。

【0028】

本発明による別の実施形態では、光学系は少なくとも1つの反射光学素子を備え、測定光路は、装置の作動時に少なくとも1つの反射光学素子で測定光線が反射されるように光学系の内部に延在している。別の変化態様によれば、測定光路は、装置の作動時に測定光線が少なくとも1つの反射光学素子における開口を通過するように、光学系の内部に延在している。

【0029】

本発明による別の実施形態では、さらに装置は、装置の作動時にマスクパターンが結像される基板平面を備え、測定光路は、測定光線がこの基板平面に集束されるように構成されている。

【0030】

本発明による一実施形態では、光学系の瞳平面に遮光膜が配置されている。このような遮光膜は、遮光絞りとも呼ばれる。遮光膜は、例えば結像光線の波長を有する光線に関して非反射性の層によって形成してもよい。このような遮光膜は、例えば国際公開第2006/069725号に開示されているように、遮光システムで小さい入射角を実現することができるので、結像光線の光路における高い光損失を防止するために用いられることが多い。遮光膜は、光線横断面の中央領域で結像光線を遮断する。瞳平面に遮光膜を配置することにより、視野に関係した瞳の遮光を行うことができる。瞳が遮光されたこのような光学系は、特に本発明による解決方法の恩恵を受ける。なぜなら、光学系と基板との間の作動距離が小さい程、それだけ遮光部の大きさを小さく保持することができるからである。

【0031】

本発明による別の実施形態では、少なくとも1つの反射光学素子は開口部を備え、測定光路はこの開口部を通過して延在している。開口部を備える少なくとも1つの反射光学素子は、結像光線の光路で遮光膜に関して下流側に配置されており、開口部は、反射光学素子における、結像光線に関して遮光膜によって少なくとも部分的に遮光された領域に配置されている。したがって、光学系の結像特性は、測定光線によりネガティブな影響を受けることはない。

【0032】

本発明による別の実施形態では、第1の瞳平面に遮光膜が配置されており、光学系は、

結像光路で遮光膜に関して下流側に配置され、かつ遮光膜によって部分的に遮光された別の瞳平面を有し、測定光路は、少なくとも一回、遮光された領域で少なくとも部分的に別の瞳平面を通して延在する。別の瞳平面は、例えば光学系における最後から2番目の反射光学素子と最後の反射光学素子との間で基板の前に配置してもよい。有利には、別の瞳平面は、測定光線によって2回通過される。

【0033】

本発明による別の実施形態では、測定光路は、光学系の瞳平面を少なくとも1回通って延在する。

【0034】

本発明による別の実施形態では、少なくとも1つの反射光学素子は開口部を備え、測定光路は開口部を通して延在している。この実施形態では、開口部は少なくとも1つの光学素子の中央領域に配置されている。反射光学素子の中央領域に開口部を配置することにより、開口部が配置されている場合には、開口部によって光学系における結像光路に対称作用が生じる。これにより、光学系によるマスクパターンの結像時に結像エラーが防止される。

10

【0035】

本発明による別の実施形態では、光学系は少なくとも2つの反射光学素子を備え、測定光路は2つの開口を通して延在する。一実施形態では、それぞれの開口を備える反射光学素子は光学系の開口率の高い部分に配置されており、特に光学系の最後の2つの反射光学素子である。

20

【0036】

本発明による別の実施形態では、少なくとも1つの反射光学素子は開口部を備え、測定光路は、装置の作動時に測定光線が開口を通過し、光学系における少なくとも1つの別の反射光学素子で反射されるように構成されている。したがって、本発明による解決方法は、光学系における多数の光学設計において実施することができる。

【0037】

本発明の別の実施形態では、測定光路は、装置の作動時に測定光線が少なくとも1つの反射光学素子で反射され、反射光学素子は、結像光線の光路の外部に配置された縁部領域を備え、測定光路は、測定光線がこの縁部領域で反射されるように構成されている。この縁部領域は、例えば測定光線の波長に特別に適合させた反射層を備える。これにより、結像光線および測定光線のために著しく異なる波長を用いることができる。

30

【0038】

本発明による別の実施形態では、測定光路は、測定光線が少なくとも1つの反射光学素子で2回反射されるように構成されている。有利には、測定光線は、基板における反射前に1回、反射後に1回、対応反射光学素子で反射される。これにより、基板で反射された測定光線を、光学系の内部を通して検出手段に案内することができ、したがって、最後の光学素子と基板平面との間に別の光学素子を配置する必要はない。これにより、光学系の作動距離は測定光線の検出による影響を受けない。

【0039】

本発明による別の実施形態では、光学系は複数の光学素子を備え、測定光路は、装置の作動時に測定光線が少なくとも2個、特に3、4、5、6個などの反射光学素子で反射されるように構成されている。一実施形態では、反射光学素子における反射は、基板への測定光線の入射前に行われ、次いで測定光線は、上記反射光学素子で再び反射される。

40

【0040】

本発明による別の実施形態では、光学系におけるいずれの反射光学素子も、光学面の光学的に使用される領域に開口部を備えていない。これにより、反射光学素子の光学面は、全て連続的に構成されている。したがって、測定光線は、光学系の内部においてそれぞれの反射光学素子で反射されるか、またはそれぞれの反射光学素子を通過する。

【0041】

本発明による別の実施形態では、測定光路は、測定光路を案内された測定光線によって

50



基板の表面における少なくとも2点の相対位置、特に基板の表面における少なくとも一部のトポグラフィーが測定可能となるように構成されている。すなわち、基板の表面における複数の点が、相互の軸線方向相対位置に関して測定光線によって測定される。これにより、基板表面の表面状態を測定することができる。決定した表面状態から、基板表面へのマスクパターンの結像における焦点設定に関して露光条件の適合を行うことができる。

#### 【0042】

本発明による別の実施形態では、装置の作動時に所定の時点で基板における限定された面が結像光線により露光され、測定光路は、基板の露光時点で測定光線が露光される面に向けられるように構成されている。したがって、基板の表面における位置測定は、それぞれの基板面の露光中に同時に行われる。基板のスキャン動作に起因した位置エラーの可能性は、同時的な測定により除外される。所定の時点で露光される基板における面は、いわゆる「ステッパー」として構成された投影露光装置の場合には、例えば、ウェーハにおける露光される視野全体であってもよいし、またはいわゆる「スキャナー」として構成された投影露光装置の場合には、露光スリットによって照明されたスリット状の面であってもよい。

10

#### 【0043】

本発明による別の実施形態では、装置はスキャナーとして構成されており、作動時に基板におけるスリット状の面が露光光線によって露光され、基板は、基板における露光された面が変位されるように結像光線に対して相対移動される。この実施形態では、測定光路は、露光動作時に露光される面に先行および/または後続する基板部分に測定光線が向けられるように構成されている。測定光線が、露光される面に先行する部分に向けられた場合には、基板における、測定光線によってあらかじめ「走査された」部分の露光前に、露光に不可欠な焦点設定が既に提供されているという利点が生じる。これにより、例えば機械的な走査により、最適な焦点設定を行うために十分な準備時間が基板部分の露光のために提供されている。基板面を「後から測定する」場合には、測定結果を例えば結像設定を後から確認するために用いるか、または露光の質チェックのために用いることもできる。

20

#### 【0044】

本発明による別の実施形態では、基板面へのマスクパターンの結像を行うと同時に、基板表面における少なくとも1点の位置を決定するように構成されている。この場合、基板表面の測定は露光動作の間にリアルタイムで行われる。

30

#### 【0045】

本発明によれば、結像光線によって結像方向にマスクパターンを投影することにより基板の表面にマスクパターンを結像するための光学系であって、少なくとも1つの反射光学素子を備える光学系と、基板の表面における少なくとも1点を投影方向における位置に関して測定するために用いられる測定光線を案内するための測定光路とを備え、測定光路が、装置の作動時に少なくとも1つの反射光学素子で測定光線が反射されるように構成されているマイクロリソグラフィ投影露光用の装置がさらに提供される。

#### 【0046】

さらに、本発明によれば、結像光線によってマスクパターンを投影することにより基板の表面にマスクパターンを結像するための光学系を備え、光学系が、少なくとも1つの反射光学系を備えるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置がさらに提供される。さらに、上記光学系は、測定光線を案内するための測定光路を備え、測定光路は、装置の作動中に少なくとも1つの反射光学素子で反射されるように、またはさらに基板表面で反射されるように、光学系の内部に、特に部分的に延在する。

40

#### 【0047】

反射光学素子は、特に結像光路を形成する光学素子である。換言すれば、この場合、反射光学素子は、基板の表面へのマスクパターンの結像時に結像光線を反射するように、光学系に配置されている。したがって、反射光学系は、マスクパターンの結像に関しては光学系の結像光学素子である。

#### 【0048】

50

さらに本発明によれば、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置が提供される。この装置は、結像光線によってマスクパターンを投影することによって基板の表面にマスクパターンを結像するための光学系を備え、光学系は、少なくとも1つの反射光学素子を備える。さらに上記装置は、測定光線を案内するための測定光路を備え、測定光路は、装置の作動時に測定光線が少なくとも1つの反射光学素子における開口を通過し、さらに基板の表面で反射されるように、特に部分的に光学系の内部に延在する。光学系は、この場合には少なくとも1つの反射光学素子の他に少なくとも1つの屈折性または回折性の光学素子を備える反射屈折性のシステムとして構成してもよいし、または反射光学系として構成してもよい。

【0049】

10

さらに、本発明によれば、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置と該装置の露光位置に配置された基板とを備えるシステムの特性を決定するための方法が提供される。上記装置は、結像光線によって結像方向にマスクパターンを投影することにより基板の表面にマスクパターンを結像するための光学系であって、少なくとも1つの反射光学素子を備える光学系を備え、上記方法は、測定光線が、少なくとも1つの反射光学素子で反射されるように、または少なくとも1つの反射光学素子における開口を通過するように、光学系の内部で測定光線を案内するステップと、基板の表面で測定光線を反射するステップと、反射された測定光線から上記システムの特性を決定するステップとを含む。

【0050】

さらに、本発明によれば、結像光線によって結像方向にマスクパターンを投影することにより基板の表面にマスクパターンを結像するための光学系であって、少なくとも1つの反射光学素子を備える光学系を備えるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置が提案される。この装置は、測定光線を案内するための測定光路であって、結像方向における位置に関して基板表面の少なくとも1点を測定するために用いられる測定光路をさらに備える。この場合、少なくとも1つの反射光学素子は開口を備え、測定光路はこの開口を通過して延在する。

20

【0051】

本発明によれば、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置の露光位置に配置された基板の表面における位置を決定するための方法が提供される。この場合、上記装置は、結像光線によってマスクパターンを投影することにより基板の表面にマスクパターンを結像するための光学系を備える。この光学系は、少なくとも1つの反射光学素子を備え、本発明による方法は、測定光線が少なくとも1つの反射光学素子で反射されるように、または少なくとも1つの反射光学素子における開口を通過するように、光学系の内部で測定光線を少なくとも部分的に案内するステップと、基板の表面における少なくとも1点で測定光線を反射するステップと、反射された測定光線から結像方向に関して基板表面における少なくとも1点の位置を決定するステップとを含む。有利には、反射光学素子における上記開口は、結像光線を用いた基板の表面へのマスクパターンの結像が、開口による影響を受けないか、またはわずかにしか影響を受けないように構成されている。光学系が、部分的に遮光された瞳を備える場合には、開口は、結像光路における遮光された領域に配置してもよい。

30

40

【0052】

上述のように、本発明による装置は、マイクロリソグラフィ投影露光装置、特にEUV投影露光装置として構成されていてもよい。

【0053】

さらに、本発明により、基板の表面を検査するための装置が提供され、この装置は、結像光線によって検出平面に基板の検査すべき表面の少なくとも一部を結像するための光学系であって、少なくとも1つの反射光学素子を備える光学系と、測定光線を案内するための測定光路であって、装置の作動時に反射光学素子で反射されるように、または反射光学素子における開口を通過するように、光学系の内部に部分的に延在する測定光路とを備える。

50

## 【 0 0 5 4 】

さらに本発明により、基板の表面を検査するための装置が提供される。この装置は、結像光線によって結像方向に検出平面に基板の検査すべき表面の少なくとも一部を結像するための光学系であって、EUV波長領域および/または高周波数波長領域で作動するように構成された光学系と、測定光線を案内するための測定光路であって、装置の作動時に光学系が測定光線によって部分的にのみ照射されるように光学系の内部に延在する測定光線とを備える。基板は、半導体ウェーハ、リソグラフィマスクまたは一般に検査対象物であってもよい。

## 【 0 0 5 5 】

さらに、検査装置および検査装置における検査位置に配置された基板を備える装置の特性を決定するための方法が提供され、検査装置は、検出平面に基板の検査すべき表面の少なくとも一部をEUV波長領域および/または高周波数波長領域で結像光線によって結像するための光学系を備え、光学系は、少なくとも1つの反射光学素子とを備え、この方法は、光学系が測定光線によって部分的にのみ照射されるように光学系の内部で測定光線を案内するステップと、測定光線から装置の特性を決定するステップとを含む。

10

## 【 0 0 5 6 】

さらに、本発明によれば、基板の表面を検査するための装置が提供され、この装置は、結像光線によって結像方向に、検出平面に基板の検査すべき表面の少なくとも一部を結像するための光学系であって、少なくとも1つの反射光学素子を備える光学系と、測定光線を案内するための測定光路であって、装置の作動時に測定光線が少なくとも1つの反射光学素子で反射されるように、または少なくとも1つの反射光学素子における開口を通過するように特に部分的に光学系の内部に延在する測定光路とを備える。

20

## 【 0 0 5 7 】

この検査装置の一実施形態によれば、検査装置は、測定光線から上記装置と基板とを備えるシステムの特性を決定するように構成された評価手段を備えている。この評価手段によって決定可能な特性は、例えば基板表面における点の位置であってもよい。

## 【 0 0 5 8 】

さらに、検査装置と検査装置の検査位置に配置された基板とを備えるシステムの特性を決定するための方法が提供され、検査装置は、結像光線によって検出平面に基板の検査すべき表面の少なくとも一部を結像するための光学系であって、少なくとも1つの反射光学素子を備える光学系を備え、この方法は、少なくとも1つの反射光学素子で反射されるように、または少なくとも1つの反射光学素子における開口を通過するよう光学系の内部で測定光線を案内するステップと、反射された測定光線から上記システムの特性を決定するステップとを含む。

30

## 【 0 0 5 9 】

さらに、本発明によれば、検査装置の検査位置に配置された基板の表面における位置を決定するための方法が提供され、検査装置は、結像光線によって結像方向に検出平面に基板の検査すべき表面の少なくとも一部を結像するための光学系であって、少なくとも1つの反射光学素子を備える光学系を備え、上記方法は、少なくとも1つの反射光学素子で反射されるように、または少なくとも1つの反射光学素子における開口を通過するように光学系の内部で測定光線を部分的に案内するステップと、基板の表面における少なくとも一点で測定光線を反射するステップと、反射された測定光線から結像方向に関して基板表面の少なくとも1点における位置を決定するステップとを含む。

40

## 【 0 0 6 0 】

本発明の一実施形態によれば、検査装置は顕微鏡として構成されている。本発明の別の実施形態では、検査装置は、マイクロリソグラフィ投影露光用の装置によって露光された基板を検査するための光学検査システムとして構成されている。さらに別の実施形態では、検査装置は、マイクロリソグラフィのためのマスクを検査するための光学検査システムとして構成されている。したがって、マスクパターンシステムを較正するための検査装置、ひいては、リソグラフィマスクにおける位置マークを高精度に測定するいわゆる「位置

50

合わせ装置」を構成してもよい。この測定により、リソグラフィマスクに配置された、ウェーハ結像されるべきマスクパターンの書込精度に関する結論を引き出すことができる。

【0061】

本発明によるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置の上記実施形態に関して述べた特徴は、対応して本発明による、基板の表面を検査するための装置にも適用することができる。

【0062】

さらに本発明による装置の上記実施形態に関して述べた特徴は、本発明による方法に適用することができ、その逆もいえる。本発明による方法によって得られる実施形態は、本発明の開示により明示的に含まれるものとする。さらに、本発明の装置の実施形態に関して上述した利点は、本発明による方法の対応した実施形態にも関連し、その逆もいえる。

【0063】

次に本発明によるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置の実施例を添付の概略的な図面に基づき説明する。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明によるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置の第1実施例を著しく概略的に示した結像光路および測定光路を備える第1図平面において示す概略断面図である。

【図2】図1に示した結像光路を示す詳細図である。

【図3】図1に示した概略図における結像光路を正確な光線経路を表す個別光線によって示す図である。

【図4】図1～図3に示した結像光路を90度回転させて第2図平面で示す断面図である。

【図5】マイクロリソグラフィ投影露光用の装置の反射光学素子を示す平面図である。

【図6】本発明によるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置の第2実施形態を第1図平面で示す断面図である。

【図7】本発明によるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置の第3実施形態を第1図平面で結像光路のみを書き込んだ断面図である。

【図8】図7に示した装置を測定光路のみを書き込んだ図である。

【図9】図7に示した結像光路を第2図平面で示す図である。

【図10】露光プロセスを説明する図1～図9までのいずれかの装置によって露光された基板の平面図である。

【図11】本発明によるマイクロリソグラフィ投影露光素位置を測定光路のみが示された第1図平面で示す図である。

【図12】本発明による基板の表面を検査するための装置の実施形態を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0065】

以下に説明する実施例では、機能的または構造的に相互に類似の素子には可能な限り同じまたは類似の符号を付している。したがって、特定の実施例における個別の素子の特徴を理解するためには、他の実施例の説明または本発明の一般的な説明を参照されたい。

【0066】

図1は、EUV投影露光装置の形態のマイクロリソグラフィ投影露光用の装置10の第1実施形態を座標系によるxz平面で示す断面図である。装置10は、図示のように、簡潔に「スキャナー」とも呼ばれるいわゆる「ステップ・アンド・スキャン露光装置」として設計してもよいし、またはいわゆる「ステッパー」として設計してもよい。

【0067】

装置10は、マスクパターン16を配置したマスク14にEUV波長領域の照明光線13（例えば13.4nmの波長を有する極紫外線）を入射させる照明システム12を備える。マスク14は、いわゆる「レチクルステージ」の形態のマスクテーブル11によって

保持される。

【0068】

さらに装置10は、基板平面19に配置した、ウェーハの形態の基板20の表面21にマスクパターン16を結像するための投影光学系の形態の光学系18を備える。装置10は、基板20を保持するいわゆる「ウェーハステージ」の形態の基板テーブル20aをさらに備える。上述のように図示の実施形態による装置は、いわゆる「スキャナー」として構成されている。基板20への視野の露光時に、マスクテーブル11および基板テーブル20aは、異なる速度で、図1に示した座標系によるy方向に変位される。

【0069】

光学系18は、ミラーの形態の反射光学素子22のみを備える。したがって、光学系18は、「反射光学的投影対物レンズ」と呼ぶこともできる。基板20の表面21へのマスクパターン16の結像は、結像方向17aにマスクパターンを投影することによって行われる。結像方向17aは、図1ではz方向に延在する、光学系18における基準軸線17の方向に延在する。反射光学素子22が回転対称である場合には、基準軸線17は光学系の光軸に対応する。

【0070】

照明光線13は、マスク14によって結像光線15に変化させられる。結像光線15は、図1では見やすくするために輪郭のみを示す光学系18における結像光路24を通過する。図2は、結像光路24および結像光路に含まれる多数の個別光線を示す。光学系18における結像光線15の経路をさらに示すために、図3には、結像光線15の例示的な個別光線25が示されている。図3からわかるように、結像光線15は結像光路24で個別の反射光学系22-1~22-6で順次に反射される。この場合、素子22-1および22-2はそれぞれ凹面鏡であり、素子22-3は凸面鏡であり、素子22-4は再び凹面鏡であり、素子22-5は凸面鏡、素子22-6は再び凹面鏡である。

【0071】

光学系18は、反射光学素子22-3と反射光学素子22-4との間に配置された第1瞳平面28を備える。第1瞳平面28における結像光線15の光線横断面の中央領域には、「遮光絞り」とも呼ばれる遮光膜29が配置されている。遮光膜29は、視野とは無関係に瞳を遮光し、EUV波長領域における露光波長で光線を反射しない材料からなるか、またはそのような層を備える。この材料は、実質的にこの波長の入射光線を吸収する。

【0072】

光路24に下流側に配置された反射光学素子22-5および22-6は、光学系18における開口率の高い部分に配置されており、それぞれの反射光学面27を通る中央孔の形態のそれぞれ1つの開口部26を有している。図5は、例示的な反射光学素子22におけるこのような開口部26を示している。図5に示すような開口部26は、反射光学素子22-5および22-6における、遮光膜29により少なくとも部分的に遮光された領域に配置されている。このような遮光膜29は、例えば国際公開第2006/069729号パンフレットに記載のように、照明光路24における高い光損失を防止するための役割を果たすことができる。

【0073】

さらに装置10は測定光線34を生成するための測定光線源32を備える。測定光線34は、結像光線15として別の波長、例えば可視波長領域の波長、特に、例えば632.8nm、UV波長領域、特にDUV波長領域、例えば248nm、VUV波長領域、例えば193nmまたは赤外線領域の波長を有していてもよい。測定光線34は、入射ミラーもしくは入射素子の形態の第1偏向ミラー38によって光学系18に入射させる。入射は、まず測定光路36が反射素子22-6における開口部26、次いで反射光学素子22-5における開口部26を通過して行われる。

【0074】

次いで測定光線34は基板20の表面21で反射され、光学素子22-5および22-6における開口部26を再び通過する。この場合、測定光路36は、遮光膜29により遮

10

20

30

40

50

光された領域で第1瞳平面28と共役の第2瞳平面30を2回通過する。測定光線34は、開口部26を再び通過した後に、射出ミラーもしくは射出素子の形態の第2偏向ミラー40によって検出器システム42に偏向される。測定光線34は、光学系18の一連の光学素子、特に光学素子22-1および22-2を通過することも、またこれらで反射されることもないので、光学系18を測定光線34は部分的にのみ通過する。

【0075】

検出器システム42によって、基板面21における1点以上において測定光線34が反射され、これらの点が結像方向17aにおける位置に関して測定される。このために、検出器システム42は、検出器および評価手段45を有し、検出手段45は、検出器が示した信号から基板表面21における1つまたは複数の測定点を決定する。図1に示した測定方向17aは、z座標軸に対して平行に延在しているので、一点のz座標または複数点のそれぞれのz座標を決定することができる。例えば米国特許出願公開第2007/0080281号公報に記載のように、このz座標の決定は、例えば反射された測定光線34と、光学系18を通過した測定光源32からの光線とを重ねることによって行われる。代替的に、米国特許第5268744号に記載の測定原理を用いることもでき、この測定原理では、基板表面21をz方向に変位することにより、検出器システム42の検出面における測定光線の入射場所が変位される。代替的には、反射された測定光線34を評価するためにドイツ国特許第4109484号明細書に記載の測定システムを使用することもできる。図4は、図1～図3に示した結像光路24をyz平面で示す。測定光線34によって、基板表面21のトポグラフィー、ひいては基板表面21における複数点の相対位置を決定することもできる。

【0076】

さらに、測定光線34は、基板表面21に配置した調整マークの側方位置を決定し、これにより、露光前に基板20を整列するために用いることができる。上述のように、このために調整マークを検出器システム42に直接に結像することができる。代替的に、測定光路36における、例えば基準ミラーに基準マークを付加的に配置してもよい。側方位置測定の可能性は、当業者には基本的に既知のモアレ測定法である。

【0077】

図6は、本発明による装置10の第2実施形態をxz平面における断面図で部分的に示す。図6に示す装置10は、測定光路36の構成のみが図1の装置10とは異なる。図6に示す測定光路36は、光学系18への入射後に測定光線34が第1偏向ミラー38によってまず反射性光学素子22-6で反射されるように構成されている。この場合、反射は反射性光学素子22-6の縁部領域23で行われる。この縁部領域23は、結像光路15の外部または内部に配置してもよく、縁部領域23は、結像光路15と部分的に重なっていてもよい。

【0078】

縁部領域23で反射された測定光線34は、次いで反射素子22-5における開口部26を通過し、基板表面21で反射され、反射素子22-5における開口部26を再び通過し、反射性光学素子22-6の縁部領域23でもう一度反射される。この繰返しの反射は、第1の反射に関して光学系18の基準軸線17に対して反対側に位置する縁部領域23で行われる。次いで測定光線34は、第2偏向ミラー40を介して検出器システム42に偏向される。

【0079】

図7、図8および図9は、本発明によるマイクロリソグラフィ投影露光用の装置10の第3実施形態を示す。より良好に図示するために、図7および図9には結像光路24のみを示し、図8には結像光路36のみを示す。図7および図8は、xz面における断面図で、図9はyz面における断面図で実施形態を示している。

【0080】

図7～図9に示す光学系18は、上述の光学系18とは異なり、遮光膜29を備えていない。図9からわかるように、結像光路15は、反射光学素子22-1～22-6の個別

光学素子で、これら光学素子における反射前後に反射光学面を通過することなしにそれぞれ側方を案内される。反射光学素子 22 - 1 ~ 22 - 6 は、前記実施形態とは異なり開口部 26 を備えていないものである。

【0081】

図 8 に示すように、測定光路 36 は、測定光線 34 が反射光学素子 22 - 1 ~ 22 - 6 で反射されるように、またはこれら反射光学素子を通過するように延在している。したがって、測定光線 34 はこの実施形態では反射光学素子 22 における開口部を通過しない。第 1 偏向ミラー 38 による光学系 18 への入射後に、測定光線 34 は凸面鏡の形態の光学素子 22 - 3、同様に凸面鏡の形態の光学素子 22 - 4、同様に凸面鏡の形態の光学素子 22 - 5 および同様に凸面鏡として構成された光学素子 22 - 6 で反射される。次いで測定光線 34 は基板表面 21 に入射し、第 2 偏向ミラー 40 によって検出器システム 42 で偏向されるまで、上記素子において反対の順序で反射されて光学系 18 を通過する。

【0082】

図 10 は、例示的に示した露光領域 43 を有するウェーハの形態の基板 20 を平面図で示している。装置 10 を「スキャナー」として設計した場合、基板に入射した露光光線は、所定の時点でスリット状の面 44 を露光するように構成されている。このスリット状の面は、長方形またはリングセグメント状に構成されていてもよい。スキャン動作時には、基板 20 は不動の光学系 18 に対して y 方向 50 にスキャンされる。これによりスリット状の露光面 44 は、反対方向 52 に効果的にスキャンされる。

【0083】

測定光路 36 は、装置 10 の上記実施形態全てにおいて 3 つの異なる変化態様で構成されていてもよい。第 1 変化態様では、測定光線 34 は、露光時点でスリット状の露光面 44 の内部の点または領域に向けられる。これにより、基板表面 21 の表面状態がスキャン工程の間に同時に測定される。第 2 変化態様では、測定光線 34 は露光面 44 における、基板 29 の先行する部分 46 に向けられる。第 3 変化態様では、測定光線 34 は、基板 20 における露光面 44 に後続する部分 48 に向けられる。

【0084】

装置 10 の本発明による別の実施形態では、基板表面 21 における点は基板 20 のスキャン動作中に結像方向 17a に対して横方向の位置に関して 2 つの異なる時点で測定される。これにより、基板 20 のスキャン速度もしくは側方変位速度が決定される。

【0085】

装置 10 の本発明による別の実施形態では、測定光線源 32 によって生成された測定光線 34 は少なくとも 2 つの異なる波長を有している。光線検出器 42 は、少なくとも 2 つの異なる波長に関して波長を解像し、基板表面 21 における反射後の測定光線 34 のそれぞれの強度を決定する。次いで光線強度から、基板表面 21 の温度が赤外線温度計の機能に類似した形で決定される。

【0086】

装置 10 の本発明による別の実施形態では、装置 10 の作動時に、光学系 18 を通過する測定光線 34 の強度低下が検出され、これにより、光学系 18 に含まれるガスの濃度が決定される。

【0087】

図 11 は、マイクロリソグラフィ投影露光素位置 10 の本発明による別の実施形態を示す。この実施形態では、測定光路 36 は、装置 10 の作動時にマスク 14 における光学系 18 に向いた表面 14a で測定光線 34 が反射されるように構成されている。これにより、例えばマスク表面 14a における点の位置またはマスク表面 14a のトポグラフィーを決定することもできる。基板 20 で測定光線 34 が反射される実施形態に関して上述した装置の他の特性を決定することもできる。

【0088】

図 12 は、基板 20 の表面を検査するための装置 110 の本発明による実施形態を示す。この装置 110 は、例えばリソグラフィマスクを検査するため、または露光されたウェー

10

20

30

40

50

ーハを検査するための顕微鏡、または、光学検査システムである。装置は、マスク構造化システムを較正する、リソグラフィマスクにおける位置マークを高精度に測定するいわゆる「位置合わせ装置」として構成してもよい。このような測定により、リソグラフィマスクに配置され、ウェーハへの結像のために決定されたマスクパターンの書込み精度に関する結論を引き出すことができる。

#### 【 0 0 8 9 】

したがって、基板 2 0 は、半導体ウェーハ、リソグラフィマスクまたは一般に検査対象物である。装置 1 1 0 は、反対の結像方向 1 7 a に結像が行われる点においてだけ前述のマイクロリソグラフィ投影露光用の装置 1 0 とは異なっている。基板 2 0 は、かすめ入射した照明光線 1 1 3 によって照明される。基板 2 0 の表面 2 1 から放出した結像光線 1 5 は、光学系 1 8 の結像光路 2 4 を装置 1 0 の場合とは反対に通過する。表面 2 1 における検査すべき部分は、検出平面 1 5 6 に配置した検出手段 1 5 4 の検出面 1 5 8 に結像され、検出面 1 5 4 によって検出される。

10

#### 【 0 0 9 0 】

装置 1 1 0 は、図 1 に示した測定光路 3 6 と類似に構成された測定光路 3 6 を備える。図 2 ~ 図 5 に示した構成は、対応して図 1 2 に示した実施形態における装置 1 1 9 に適用することができる。さらに、装置 1 1 0 は、図 6 ~ 図 9 に示した装置 1 1 0 に類似して構成してもよい。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 9 1 】

20

- 1 0 投影露光装置
- 1 1 マスクテーブル
- 1 2 照明システム
- 1 3 露光光線
- 1 4 マスク
- 1 4 a 表面
- 1 5 結像光線
- 1 6 マスクパターン
- 1 7 基準軸線
- 1 7 a 結像方向
- 1 8 光学系
- 1 9 基板平面
- 2 0 基板
- 2 0 a 基板テーブル
- 2 1 基板表面
- 2 2 - 1 ~ 2 2 - 6 反射光学素子
- 2 3 縁部領域
- 2 4 結像光路
- 2 5 結像光線の個別光線
- 2 6 開口部
- 2 7 光学面
- 2 8 第 1 瞳平面
- 2 9 遮光膜
- 3 0 第 2 瞳平面
- 3 2 測定光線源
- 3 4 測定光線
- 3 6 測定光路
- 3 8 第 1 偏向ミラー
- 4 0 第 2 偏向ミラー
- 4 2 検出器システム

30

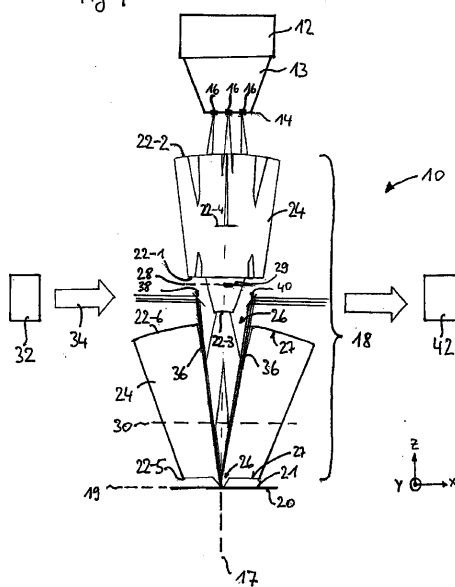
40

50

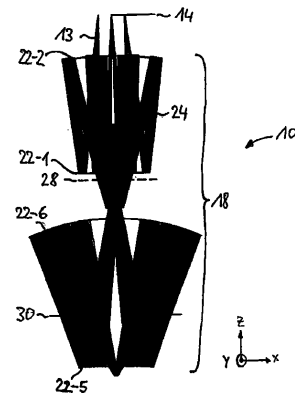


- 4 3 露光領域
- 4 4 スリット状の露光面
- 4 5 評価手段
- 4 6 先行する部分
- 4 8 後続する部分
- 5 0 基板のスキャン方向
- 5 2 露光面の効果的なスキャン方向
- 1 1 0 検査装置
- 1 1 3 照明光線
- 1 5 4 検出手段
- 1 5 6 検出平面
- 1 5 8 検出面

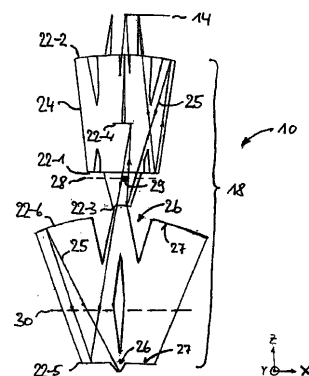
【図 1】  
Fig.1



【図 2】  
Fig.2

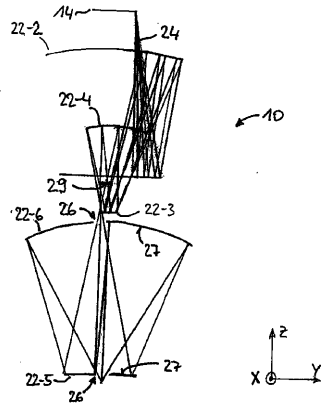


【図 3】  
Fig.3



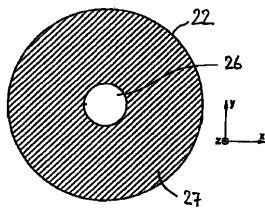
【図 4】

Fig. 4



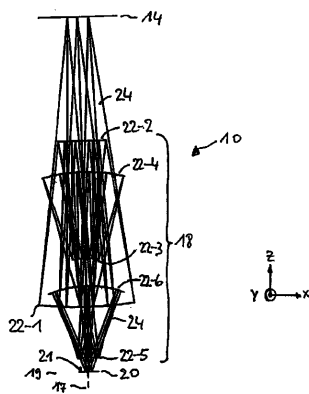
【図 5】

Fig. 5



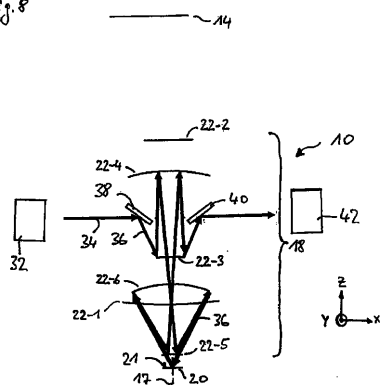
【図 7】

Fig. 7



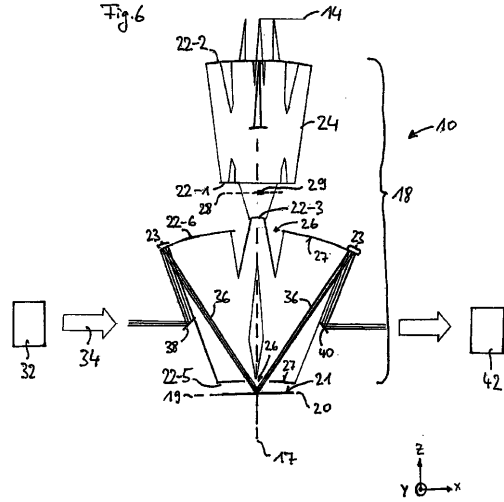
【図 8】

Fig. 8



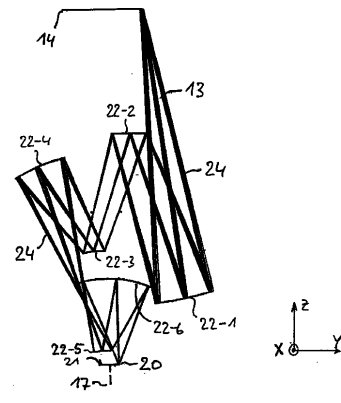
【図 6】

Fig. 6



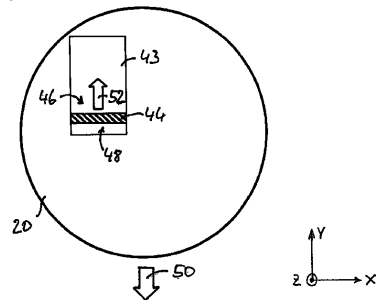
【図 9】

Fig. 9



【図 10】

Fig. 10





---

フロントページの続き

前置審査

(72)発明者 ウォルフガング シンガー  
ドイツ国 7 3 4 3 1 アーレン エガーランドシュトラッセ 4 5

審査官 佐野 浩樹

(56)参考文献 特開平 1 1 - 2 3 8 6 6 6 ( J P , A )  
国際公開第 9 9 / 0 4 0 6 1 3 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 0 5 - 1 6 6 7 8 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 3 5 6 5 3 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 1 9 3 2 6 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 2 0 9 8 9 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 1 0 8 8 5 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 1 8 5 4 8 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G03F 7/20 - 7/24 、 9/00 - 9/02 、  
H01L21/027、21/30