

(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2005-175383

(P2005-175383A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>**H01L 21/027**  
**G01B 11/00**  
**G03F 9/00**

F 1

H01L 21/30 531J  
G01B 11/00 B  
G01B 11/00 H  
G03F 9/00 H  
H01L 21/30 525R

テーマコード (参考)

2 F O 6 5  
5 F O 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号  
(22) 出願日特願2003-416738 (P2003-416738)  
平成15年12月15日 (2003.12.15)(71) 出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(74) 代理人 100110412  
弁理士 藤元 亮輔  
(72) 発明者 大島 美紀  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内  
F ターム (参考) 2F065 AA03 AA06 AA20 BB01 BB27  
CC20 DD06 DD14 EE00 FF41  
FF46 HH13 JJ01 JJ03 JJ05  
JJ09 LL05 QQ29  
5F046 FC01 FC04 FC07 GA03 GA18

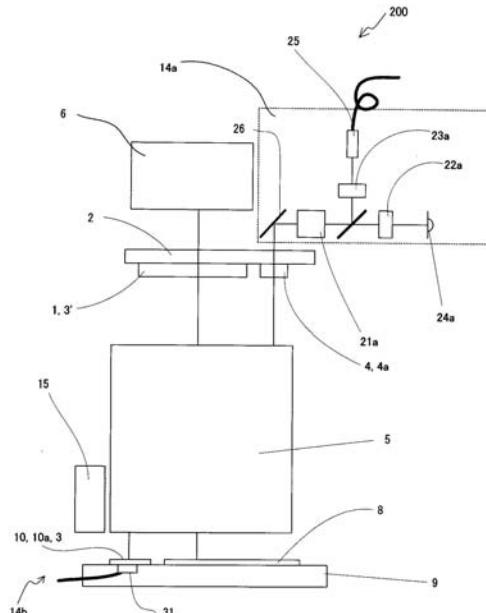
(54) 【発明の名称】露光装置、アライメント方法、及び、デバイスの製造方法

## (57) 【要約】

【課題】投影光学系の開口数 (N A) を大きくした場合であっても、TTTアライメント検出系を用いて、高精度に投影光学系のフォーカキャリブレーションを行うことのできる露光装置を提供すること。

【解決手段】この露光装置200は、レチクル1とウエハ8とのアライメントを行って、露光光を用いてレチクル1を照明することによりレチクル1上のパターンを投影光学系5を介してウエハ8に投影露光するものであつて、投影光学系5の光軸に直交するXY平面内におけるアライメントを行う画像検出TTT系14aと、投影光学系5のZ方向におけるアライメントを行う光量検出TTT系14bとを有する。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

露光原版と基板とのアライメントを行って、露光光を用いて前記露光原版を照明することにより該露光原版上のパターンを投影光学系を介して前記基板に投影露光する露光装置であって、

前記投影光学系の光軸に直交する平面内におけるアライメントを行う第1の光学系と、前記投影光学系の光軸方向におけるアライメントを行う前記第1の光学系とは異なる第2の光学系とを有することを特徴とする露光装置。

**【請求項 2】**

前記第1の光学系が、画像を撮像する撮像素子を有して構成され、

前記第2の光学系が、受光光量を検出する光量センサーを有して構成されることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 3】**

前記第1の光学系によるアライメント及び前記第2の光学系によるアライメントが、前記露光原版用のアライメントマーク及び前記基板用のアライメントマークを用いて行われ、かつ、前記第1の光学系によるアライメントに用いられる前記露光原版用のアライメントマークと前記第2の光学系によるアライメントに用いられる前記露光原版用のアライメントマークとが異なることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 4】**

前記露光原版用のアライメントマークが、前記露光原版、前記露光原版を保持するための保持部材、前記露光原版又は前記保持部材に固着された前記露光原版とは異なる基準板のうち少なくともいずれか1つに形成されていることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。

**【請求項 5】**

前記第1の光学系によるアライメント及び前記第2の光学系によるアライメントが、前記露光原版用のアライメントマーク及び前記基板用のアライメントマークを用いて行われ、かつ、前記第1の光学系によるアライメントに用いられる前記基板用のアライメントマークと前記第2の光学系によるアライメントに用いられる前記基板用のアライメントマークとが異なることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 6】**

前記基板用のアライメントマークが、前記基板、前記基板を保持するための保持部材、前記基板又は前記保持部材に固着された前記基板とは異なる基準板のうち少なくともいずれか1つに形成されていることを特徴とする請求項5に記載の露光装置。

**【請求項 7】**

前記第1の光学系によるアライメントに用いられる光の波長と、前記第2の光学系によるアライメントに用いられる光の波長とが異なることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 8】**

前記第1の光学系によるアライメントに用いられる光の波長が、前記露光光の波長と同一波長であることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 9】**

前記第2の光学系によるアライメントに用いられる光の波長が、150nmから370nmの範囲内であることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 10】**

前記露光光が、EUV光であることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 11】**

前記第1の光学系を複数有することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 12】**

前記投影露光において、前記露光原版と前記基板とを同期走査させることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 1 3】**

請求項 1 から請求項 1 2 のうちいずれか 1 項に記載の露光装置によって基板にパターンを投影露光する工程と、投影露光された前記基板に所定のプロセスを行う工程とを有するデバイスの製造方法。

**【請求項 1 4】**

露光光を用いて露光原版を照明することにより該露光原版上のパターンを投影光学系を介して基板に投影露光する露光装置において前記露光原版と前記基板とのアライメントを行う方法であって、

前記投影光学系の光軸に直交する平面内におけるアライメントを第 1 の光学系を用いて行うステップと、

前記投影光学系の光軸方向におけるアライメントを前記第 1 の光学系とは異なる第 2 の光学系を用いて行うステップとを有することを特徴とするアライメント方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、一般には露光装置、アライメント方法、及び、デバイスの製造方法に係り、特にレチクル等の露光原版のパターンを半導体ウエハの単結晶基板等の被処理体に露光する露光装置、その露光装置において使用される両者のアライメント方法に関する。本発明は、例えば E U V 光を用いたフォトグラフィ工程において、半導体ウエハ用の単結晶基板をステップアンドスキャン方式（走査方式）によって露光する露光装置に好適である。

20

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

半導体露光装置は、露光原版としてのレチクル又はフォトマスク（以下、レチクル）上のパターンをレジストなどの感光剤が塗布された半導体ウエハやガラスプレートなどの被処理体としての基板（以下ウエハ）上に投影光学系を介して結像投影させるものである。最近は、このような露光装置として、レチクルとウエハとを投影光学系に対して同時に走査して露光する走査型露光装置（いわゆるステップアンドスキャン方式の露光装置）が主流となってきた。

**【0 0 0 3】**

図 6 は従来の走査型露光装置 1 0 0 の概略を示す概略斜視図であり、図 7 はその概略構成を示すブロック図である。レチクル 1 とウエハ 8 とが投影光学系 5 を介して光学的にほぼ共役な位置に配置され、照明光学系 6 により X 方向に長いスリット状あるいは円弧状の露光領域が、レチクル 1 上に形成されている。そして、露光光軸に対してレチクルステージ 2 とウエハステージ 9 との双方を投影光学系 5 の光学倍率に応じた速度比で駆動させることによって、レチクル 1 上のパターンがウエハステージ 9 に保持されたウエハ 8 上に結像露光される。以下に、走査露光装置の構成に関し、さらに詳しく説明する。

30

**【0 0 0 4】**

レチクル 1 は、レチクルステージ 2 に保持されている。そのレチクルステージ 2 は、不図示のレチクルステージ用のレーザ干渉計と駆動制御手段によって、図 6 中 Y 方向に駆動制御される。レチクル 1 近傍にはレチクル側（R 側）基準板 4 がレチクルステージ 2 の所定の範囲に固定されており、さらに R 側基準板 4 のパターン面の高さはレチクル 1 のパターン面の高さと略一致している。また、R 側基準板 4 のパターン面には、Cr や Al 等の金属面で形成された複数の位置計測用マークが構成されている。レチクルステージ 2 は図中 Z 方向の位置を投影光学系 5 に対して一定に保った状態で駆動される。レチクルステージ 2 には、レーザ干渉計からのビームを反射する不図示の移動鏡が固定されており、そのレーザ干渉計により、レチクルステージ 2 の位置、移動量は逐次計測されている。

40

**【0 0 0 5】**

一方、ウエハ 8 の近傍にはウエハ側（W 側）基準板 1 0 がウエハステージ 9 の所定の範囲に固定されている。W 側基準板 1 0 のパターン面は、ウエハ 8 の上面とその高さが略一致しており、さらに Cr や Al 等の金属面で形成された複数の位置合わせマークが構成さ

50

れている。ウエハステージ9は、投影光学系5の光軸方向( Z方向)及び光軸方向と直交する平面( X-Y平面)内を移動することが可能とされており、さらに光軸と平行な軸の周り( Y方向)に回転することができるよう駆動制御手段が設けられている。さらに、ウエハステージ9にも、不図示のウエハステージ用のレーザ干渉計からのビームを反射する移動鏡が固定されており、そのレーザ干渉計により、ウエハステージ9の位置、移動量は逐次計測されている。

#### 【0006】

次に焦点面位置検出手段に関して説明する。この露光装置100には、焦点位置検出手段として斜入射方式のフォーカス位置検出系13が構成されている。フォーカス位置検出系13は投影光学系5によってレチクル1のパターンが転写されるウエハ8面(あるいはW側基準板のパターン面)に対して斜め方向から非露光光を照射し、ウエハ8表面(あるいはW側基準板10のパターン面)から斜めに反射する反射光を検出する。フォーカス位置検出系13の検出部には各反射光に対応した複数個の位置検出用の受光素子が構成されており、各位置検出受光素子の受光面とウエハ8の各光束の反射点が略共役になるように配置されている。そのため投影光学系5の光軸方向によるウエハ8(あるいはW側基準板10)の位置ずれは、検出部内の位置検出用受光素子上で位置ずれとして計測される。

#### 【0007】

しかし、投影光学系5が露光熱を吸収したり、周囲の環境が変動したりすると、斜入射方式のフォーカス位置検出系13の計測原点と投影光学系5の焦点面とに誤差が発生する。そのため、この誤差を計測して補正する必要がある。この補正動作をフォーカスキャリブレーションという。この誤差を計測するために、画像検出方式のTTTR(Through The Reticule)検出系(画像検出TTTR系)14が構成されている。

#### 【0008】

図6、図7に示されるように、画像検出TTTR系14は2つの拡大光学系を有しており、それぞれの光学系は、対物レンズ21、リレーレンズ22、照明部23、撮像素子24等を有して構成されている。この画像検出TTTR系14により、レチクル1又はR側基準板4上の位置合わせマークを拡大して撮像素子24に結像させることができとなっている。また、投影光学系5と拡大光学系とを介して、ウエハ8上又はW側基準板10上の位置合わせマークを、レチクルの場合と同様に撮像素子24上に結像させることも可能である。

#### 【0009】

次に、画像検出TTTR系14を用いて、斜入射方式のフォーカス位置検出系13の計測原点と投影光学系5の焦点面との誤差を測定する方法に関して詳述する。まず、露光光と実質的に同波長の光源からの光を、ファイバや不図示の光学系等を用いて画像検出TTTR系14の照明部に導光し、対物レンズ21を介してR側基準板4上のフォーカス計測用マーク(位置合わせマーク)を照明する。位置合わせマーク3としては、例えば、図10に示したようなX-Y方向それぞれに複数の直線からなるもの等がある。

#### 【0010】

次に画像検出TTTR系14に構成されているリレーレンズ22又は対物レンズ21等を拡大光学系の光軸方向に駆動して、撮像素子24とR側基準板4とが共役になるようする。続いて、ウエハステージ9を駆動することにより、投影光学系5を介してW側基準板10上のフォーカス計測用マークを画像検出TTTR系14で照明、観察できる状態にする。そして、斜入射方式のフォーカス位置検出系13でW側基準板10の投影光学系5の光軸方向の位置を計測しながらウエハステージ9を光軸方向( Z方向)に上下駆動し、画像検出TTTR系14の撮像素子24とW側基準板10とが共役の関係となる位置を検出する。

#### 【0011】

この時、撮像素子24とR側基準板4とは共役の関係となっているので、W側基準板10とR側基準板4も共役の関係、すなわち投影光学系の合焦状態となる。合焦状態のフォーカス位置検出系13の計測値を読み取ることで、フォーカス位置検出系13の計測原点

10

20

30

40

50

と投影光学系 5 の焦点面との誤差を補正することが可能となる。すなわちこの補正動作が上述したようにフォーカスキャリプレーションであり、Z 方向検出ともいう。TTR のフォーカス検出に関しては、他に例えば特許文献 1 に開示がある。

#### 【0012】

一方、画像検出 TTR 系 14 は、R 側基準板 4 と W 側基準板 10 の投影光学系の光軸に垂直な面内での相互位置検出を行うことも可能である。この位置検出は、オファクシスマライメント光学系 15 のベースラインの算出やウエハステージの走査方向とレチカルステージの走査方向とのズレの算出等、すなわち XY 方向のキャリプレーション (XY 方向検出) に用いられる。ここで、ベースラインとはウエハを位置合わせする時のショット中心位置と露光時のショット中心位置 (投影光学系の光軸位置) との XY 平面内における距離のことである。従来の走査型露光装置におけるオファクシスマライメント光学系 15 のベースライン計測の概要を以下に示す。

#### 【0013】

従来の走査型露光装置のベースライン計測は、レチカルステージ 2 とウエハステージ 9 を所定の位置に駆動させ、画像検出 TTR 系 14 により R 側基準板 4 と W 側基準板 10 の相対位置を検出する (第 1 工程)。W 側基準板 10 をウエハステージ 9 の駆動によりオファクシスマライメント光学系 15 の検出範囲に移動させ、オファクシスマライメント光学系 15 に構成されている基準マークと W 側基準板 10 上の位置合わせマーク (以下、W 側位置合わせマークという。) との相対位置を検出する (第 2 工程)。第 1 工程と第 2 工程の検出結果によりオファクシスマライメント光学系 15 のベースラインを計測することが可能である。

#### 【0014】

画像検出 TTR 系 14 としては、W 側位置合わせマークを W 側基準板 10 の裏面側 (投影光学系 5 に対向する面の反対面側、すなわち図 7 中の下面側) から照明し、投影光学系 5 を介して R 側基準板 4 上に結像させるとともに R 側基準板 4 上の位置合わせマーク (以下、R 側位置合わせマークという。) を照明し、R 側基準板 4 を透過した光を拡大光学系により撮像素子上に結像させるものもある。

#### 【0015】

また、R 側位置合わせマーク及び W 側位置合わせマークを図 8 に示したような遮光部 (網掛け部) 3a と透過部 3b との繰り返しパターンとし、さらに、両マークの大きさを投影光学系 5 の拡大倍率に基づいて相違させて、レチカル 1 の裏面側 (投影光学系 5 に対向する面の反対面側、すなわち図 7 中の上面側) からこの R 側位置合わせマークを照明することにより投影光学系 5 を介して R 側位置合わせマークを W 側位置合わせマーク上に投影し、ウエハステージ又はレチカルステージを移動させながら、W 側基準板を透過した光を検出する TTR 検出系もある。そのような TTR 検出系を光量検出 TTR 系という。

#### 【特許文献 1】特開平 05-045889 号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0016】

半導体集積回路等のパターンはますます高集積及び微細化されてきており、この微細化要求に応えるために、従来は、露光波長を短くすることで対応してきた。しかし近年は露光波長の短波長化に加えて、投影光学系の NA (開口数) を従来の 0.6 程度から 0.8 ~ 0.9 を超える程度に高めることにより、パターン微細化の要求に応えようとしている。このため焦点深度が従来に比べ極めて小さくなってきており、露光装置には焦点位置検出精度の大幅な向上、特にフォーカスキャリプレーション精度の大幅な向上が求められている。

#### 【0017】

画像検出 TTR 系を使用したフォーカスキャリプレーションの場合、投影光学系の高 NA 化に伴って拡大光学系 (図 7 における対物レンズ 21、リレーレンズ 22) の NA も大きくする必要がある。投影光学系の NA よりも拡大光学系の NA を小さいものとした場合

、投影光学系の焦点深度よりも画像検出 TTR 系内の拡大光学系の焦点深度が大きくなってしまうため、投影光学系の環境変動などによる焦点の変動を正確に捉えることができなくなってしまう。

#### 【 0 0 1 8 】

しかしながら、拡大光学系の高 N A 化により、拡大光学系の設計は困難となる。また、高 N A 化により拡大光学系自体も大きくなってしまい、画像検出 TTR 系の露光装置への実装を考えた場合に極めて不利になるという問題がある。

#### 【 0 0 1 9 】

一方、ベースライン計測などの投影光学系の X Y 方向におけるキャリブレーションに関しては、レチクル上やウエハ上での撮像素子の 1 画素の大きさ（画素分解能）が計測精度を決定する主要因であり、拡大光学系の倍率が重要な要素となるが、その N A の影響は殆どない。また、フォーカスキャリブレーションに使用する位置合わせマーク 3 は、例えば図 10 に示したように複数の線（位置合わせマークの透過部 3 b に相当する）からなるマークであり、線幅は投影光学系及び画像検出 TTR 系の限界解像にできるだけ近い方が望ましい。

#### 【 0 0 2 0 】

しかしながら、X Y 方向における計測の高精度化を目的として画像検出 TTR 系内の拡大光学系の倍率を高めたり、Z 方向計測の高精度化を目的としてマーク線幅を細くすると、計測精度が拡大光学系内の対物レンズ等の光学素子の振動の影響を受けやすくなる。特に、フォーカスキャリブレーションの際に、例えば対物レンズに振動が生じると、振動の分だけ実効的な線幅が太ってしまい、線幅の細いマークを使用してもその効果を発揮することができなくなってしまう。

#### 【 0 0 2 1 】

X Y 方向のキャリブレーションに関しては、拡大光学系内の光学素子に振動があったとしても図 9 ( a ) に示す R 側位置合わせマーク 7 a と図 9 ( b ) に示す W 側位置合わせマーク 7 b とを同時に計測することにより、振動の影響を低減することが可能である。なぜなら、R 側位置合わせマーク 7 a と W 側位置合わせマーク 7 b とを同時に撮像するとその撮像画像は図 9 ( c ) のようになり、振動があったとしても R 側位置合わせマーク 7 a 、W 側位置合わせマーク 7 b とも同様に振動し、両マークの相対位置関係が振動の影響を殆ど受けないためである。

#### 【 0 0 2 2 】

一方、光量検出方式の TTR 検出系を用いる場合には拡大光学系が不要となるので、光学系の高 N A 化の必要性や振動の問題は生じない。しかし、この方法では Z 方向の計測を行う場合に事前に X Y 方向にレチクル側マークの光透過部とウエハ側マークの光透過部とを位置合わせしておく必要がある。X Y 方向の両マークの位置合わせがずれた状態で Z 方向の計測を行った場合には、オフセットが発生してしまって正しく計測することができない。逆に、Z 方向のフォーカス位置がずれた状態で X Y 方向の計測を行うと、X Y の計測値にもオフセットが発生してしまって正しく計測することができない。このため、ステージの移動を X Y 方向、Z 方向と繰り返して何度も行う必要があり、計測に時間がかかるという問題がある。さらに、光量変化のみを計測しているため、X Y 方向計測においてはマークが例え 1 本ずれても検出できなくなるという問題もある。

#### 【 0 0 2 3 】

また、画像検出 TTR 系、光量検出 TTR 系とも、フォーカスキャリブレーションや X Y 方向のキャリブレーションには従来露光光を用いているが、位置合わせに求められる精度が厳しくなるため、最近ではキャリブレーションの頻度が多くなる傾向にある。一方、KrF、ArF、F<sub>2</sub> のように露光光が短波長化されるに伴って露光光源のランニングコストが高くなってきており、キャリブレーションの回数を減らしてコストを低減したいという相反する要求も出てきている。

#### 【 0 0 2 4 】

本発明は上記の事情に鑑みて為されたもので、投影光学系の開口数（N A）を大きくし

10

20

30

40

50

た場合であっても、TTT Rアライメント検出系を用いて、高精度に投影光学系のフォーカキャリプレーションを行うことのできる露光装置を提供することを例示的目的とする。また、露光光源のランニングコストの影響を低減しつつキャリプレーションを可能にすることを他の例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0025】

上記の目的を達成するために、本発明の例示的側面としての露光装置は、露光原版と基板とのアライメントを行って、露光光を用いて露光原版を照明することにより露光原版上のパターンを投影光学系を介して基板に投影露光する露光装置であって、投影光学系の光軸に直交する平面内におけるアライメントを行う第1の光学系と、投影光学系の光軸方向におけるアライメントを行う第1の光学系とは異なる第2の光学系とを有することを特徴とする。その露光装置において、第1の光学系が画像を撮像する撮像素子を有して構成され、第2の光学系が受光光量を検出する光量センサーを有して構成されていてもよい。

【0026】

第1の光学系によるアライメント及び第2の光学系によるアライメントが、露光原版用のアライメントマーク及び基板用のアライメントマークを用いて行われ、かつ、第1の光学系によるアライメントに用いられる露光原版用のアライメントマークと第2の光学系によるアライメントに用いられる露光原版用のアライメントマークとが異なっていてもよい。露光原版用のアライメントマークが、露光原版、露光原版を保持するための保持部材、露光原版又は保持部材に固着された露光原版とは異なる基準板のうち少なくともいずれか1つに形成されていてもよい。

【0027】

第1の光学系によるアライメント及び第2の光学系によるアライメントが、露光原版用のアライメントマーク及び基板用のアライメントマークを用いて行われ、かつ、第1の光学系によるアライメントに用いられる基板用のアライメントマークと第2の光学系によるアライメントに用いられる基板用のアライメントマークとが異なっていてもよい。基板用のアライメントマークが、基板、基板を保持するための保持部材、基板又は保持部材に固着された基板とは異なる基準板のうち少なくともいずれか1つに形成されていてもよい。

【0028】

また、第1の光学系によるアライメントに用いられる光の波長と、第2の光学系によるアライメントに用いられる光の波長とが異なっていてもよい。第1の光学系によるアライメントに用いられる光の波長が、露光光の波長と同一波長であってもよいし、第2の光学系によるアライメントに用いられる光の波長が、150 nmから370 nmの範囲内であってもよい。さらに、露光光が、EUV光であってもよい。第1の光学系を複数有していればさらに望ましい。露光装置が、投影露光において露光原版と基板とを同期走査させるいわゆる走査型露光装置であってもよい。

【0029】

本発明の他の側面としてのデバイスの製造方法は、上記の露光装置によって基板にパターンを投影露光する工程と、投影露光された基板に所定のプロセスを行う工程とを有することを特徴とする。

【0030】

本発明の他の側面としてのアライメント方法は、露光光を用いて露光原版を照明することにより露光原版上のパターンを投影光学系を介して基板に投影露光する露光装置において露光原版と基板とのアライメントを行う方法であって、投影光学系の光軸に直交する平面内におけるアライメントを第1の光学系を用いて行うステップと、投影光学系の光軸方向におけるアライメントを第1の光学系とは異なる第2の光学系を用いて行うステップとを有することを特徴とする。

【0031】

本発明の他の目的及び更なる特徴は、以下、添付図面を参照して説明される実施形態に

より明らかにされるであろう。

**【発明の効果】**

**【0032】**

本発明によれば、投影露光装置において TTR 検出系として検出方式の異なる 2 種類の方式を設け、XY 方向の検出に画像検出 TTR 系を、Z 方向の検出に光量検出 TTR 系を用いるため、画像検出 TTR 系に用いる拡大光学系の NA を投影光学系の NA よりも小さくすることが可能となる。それにより、拡大光学系の設計が容易になり、また拡大光学系全体をコンパクトにすることができるので露光装置への実装が容易になる。

**【0033】**

拡大光学系内の光学素子が振動した場合にも、振動の影響を比較的大きく受ける Z 検出には拡大光学系を使用しない光量検出 TTR 系を用い、振動の影響が比較的小さい XY 計測にのみ画像検出 TTR 系を用いることができる。そのため、実質的に拡大光学系の振動による悪影響をきわめて小さく抑えることが可能となる。

さらに、従来の光量検出 TTR 系で問題となったマーク 1 本ズレの問題も、画像検出 TTR 系で XY 方向の検出を行ってから光量検出 TTR 系で Z 方向検出を行うことにより防止することが可能となる。また、画像検出 TTR 系を複数設け、投影光学系の露光領域内の複数点で XY 方向の検出を行うことにより、レチクルやウエハの投影光学系の光軸と平行な軸周りの回転量を計測したり、複数点での平均化効果による精度向上を図ることも可能となる。さらに、画像検出 TTR 系の波長を露光に用いる露光光とは別の非露光光とすることにより、キャリブレーションに必要な露光光の発光頻度を減少させ、露光装置のランニングコストを大幅に低減することも可能となる。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0034】**

[実施の形態 1]

本発明の実施の形態 1 に係る露光装置について図面を用いて説明する。図 1 は、この露光装置 200 の概略構成を示すブロック図である。図 7 に示した従来の露光装置 100 との相違は、TTR 検出系として検出方法の異なる 2 種類の TTR 検出系が備えられている点にある。すなわち、XY 方向の位置検出にそのうちの 1 種類の検出系として撮像素子をセンサーに用いた第 1 の光学系としての画像検出系（画像検出 TTR 系）14a を、Z 方向検出に別の検出系として光量センサーを用いた第 2 の光学系としての光量検出系（光量検出 TTR 系）14b を使用している。

**【0035】**

XY 方向キャリブレーション用の画像検出 TTR 系 14a は、図 1 に示すように、対物レンズ 21a、リレーレンズ 22a、照明部 23a、ファイバ 25a、撮像素子 24a を有して構成される。画像検出 TTR 系 14a の光源には、本実施の形態 1 においては、露光光源をそのまま用いる。

**【0036】**

不図示の露光光源からの光をファイバ 25 等により画像検出 TTR 系 14a の照明部 23a に導光し、R 側基準板 4 上の R 側位置合わせマーク（XY 方向計測用の R 側アライメントマーク）4a を照明する。照明された R 側アライメントマーク 4a を対物レンズ 21a、リレーレンズ 22a により拡大して、CCD などの撮像素子 24a 上に結像させる。

**【0037】**

また、R 側基準板 4 及び投影光学系 5 を通過したその光によってウエハステージ 9 上に設けられた W 側基準板 10 上の W 側位置合わせマーク（XY 方向計測用の W 側アライメントマーク）10a を照明する。照明された W 側アライメントマーク 10a を投影光学系 5 によって R 側基準板 4 上に結像させ、さらに画像検出 TTR 系 14a の対物レンズ 21a、リレーレンズ 22a 等を介して撮像素子 24a 上に拡大結像させる。

**【0038】**

露光光を用いているので、R 側アライメントマーク 4a と W 側アライメントマーク 10a とは露光時と同様に結像関係であり、R 側アライメントマーク 4a と W 側アライメント

10

20

30

40

50

マーク 10 a と同一の光学系すなわち投影光学系 5 で撮像素子 24 a 上に結像させることができる。R 側アライメントマーク 4 a の撮像素子 24 a 上での位置と W 側アライメントマーク 10 a の撮像素子 24 a 上での位置とを算出することにより、レチクル 1 とウエハ 8 との X Y 方向の位置関係を計測することが可能である。

#### 【0039】

なお、本実施の形態においては、R 側アライメントマーク 4 a が R 側基準板 4 上に形成されているものとして説明しているが、もちろんレチクル 1 上に形成されていてもよい。同様に W 側アライメントマーク 10 a も W 側基準板 10 上に限られず、ウエハ 8 上に形成されていてもよい。また、画像検出 TTR 系 14 a 内の拡大光学系として、対物レンズ 21 a やリレーレンズ 22 a に加え、別の光学系を付加して拡大倍率を向上させてもよい。

10

#### 【0040】

次に光量検出 TTR 系 14 b を用いた Z 方向検出に関して説明する。光量検出 TTR 系 14 b は、露光波長の光を透過する透明基板上に図 8 に示すような遮光部 3 a と透過部 3 b との繰り返しパターンからなるアライメントマーク 3 ( 図 10 も参照 ) が描画された W 側基準板 10 と、W 側基準板 10 の下面に近接して設置したフォトダイオードなどの光量センサー 31 を有して構成される。さらに、投影光学系 5 、露光用の照明光学系 6 、ウエハ側と同様のアライメントマーク 3' が描画されたレチクル 1 を使用する。もちろんこの W 側基準板 10 上のアライメントマーク 3 ( 以下、Z 方向計測用の W 側アライメントマーク 3 という ) がウエハ 8 上に描画されていてもかまわないし、レチクル 1 上のアライメントマーク 3' ( 以下、Z 方向計測用の R 側アライメントマーク 3' という ) が R 側基準板 4 上に描画されていてもかまわない。上述したように、W 側アライメントマーク 3 の大きさと R 側アライメントマーク 3' の大きさとは投影光学系 5 の拡大倍率に基づいて調整される。

20

#### 【0041】

照明光学系 6 からの露光光により R 側アライメントマーク 3' を照明し、投影光学系 5 を介して W 側アライメントマーク 3 上に R 側アライメントマーク 3' の像を投影する。投影された R 側アライメントマーク 3' の像を形成した光のうち、W アライメントマーク 3 の透過部 3 b を通った光が光量センサー 31 に到達する。このとき、ウエハステージ 9 を投影光学系 5 の光軸方向 ( Z 方向 ) に動かすことにより光量が変化することになり、光量センサー 31 で検出される光量が最大となる Z 方向位置が投影光学系 5 のベストフォーカス位置と算出することが可能である。

30

#### 【0042】

従来のように光量検出系のみであると、ウエハ側のアライメントマークとレチクル側のアライメントマークとが X Y 方向にずれている状態で Z 方向計測をしてしまう懸念があつたため、X Y 方向の位置も変えつつ Z 方向の計測を複数回行う必要が生じていた。しかし、この実施の形態において説明したごとく、画像検出 TTR 系 14 a で X Y 方向の位置検出を行うことにより、1 回の Z 方向計測を行うだけでベストフォーカスを精度よく算出することが可能となる。その結果、計測時間を短縮することが可能となる。

#### 【0043】

また、X Y 検出を行う画像検出 TTR 系 14 a は、アライメントマーク 4 a , 10 a を何倍に拡大して撮像素子に結像させるかが計測分解能を決定する主要因であり、画像検出 TTR 系 14 a 内の拡大光学系の NA には基本的に依存しない。そのため、投影光学系 5 の NA が大きい場合であっても拡大光学系の NA は小さくて済み、拡大光学系の設計が容易となる。さらに NA 拡大による拡大光学系のサイズアップといった問題もないため装置への実装上のメリットも生じる。また、画像検出 TTR 系を使って Z 方向の計測を行う際には拡大光学系内の光学素子の振動が問題となるが、本実施の形態においては Z 方向の計測を光量検出 TTR 系 14 b を用いて行うため、そのような振動の問題が生じない。X Y 計測に関しても、R 側アライメントマーク 4 a と W 側アライメントマーク 10 a とを同時に計測することによって、従来同様振動の影響を殆ど受けずに計測することが可能である。

40

50

## 【0044】

次に、図2及び図3を参照して、上述の露光装置200を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図2は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CDC等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ101（回路設計）ではデバイスの回路設計を行う。ステップ102（レチカル製作）では、設計した回路パターンを形成したレチカルを製作する。ステップ103（ウェハ製造）ではシリコンなどの材料を用いてウェハ（基板）を製造する。ステップ104（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、レチカルとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ105（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ104によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ106（検査）では、ステップ105で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ107）される。

## 【0045】

図3は、ステップ104のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ111（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップ112（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ113（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ114（イオン打ち込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ115（レジスト処理）ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ116（露光）では、露光装置200によってレチカルの回路パターンをウェハに露光する。ステップ117（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ118（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ119（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施の形態の製造方法によれば従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。

## 【0046】

## [実施の形態2]

本発明の実施の形態2に係る露光装置について図4を用いて説明する。この実施の形態2においては、露光装置が画像検出TTTR系を2つ有することにより、投影光学系5の光軸と平行な軸周り（ $\theta$ 方向）のレチカル1やウェハ8の回転を計測することが可能となっている。2つの画像検出TTTR系14bは、図4に示すように、投影光学系5の露光領域内の異なる2つの位置でXY計測が可能となるように配置されている。また、2つの画像検出TTTR系14bは同時測定が可能とされている。

## 【0047】

このように異なる2点でXY方向の計測を行うことで、レチカル1やウェハ8の投影光学系の光軸と平行な軸周り（ $\theta$ 方向）の回転量を瞬時に計測することが可能となる。また、2点で同時にXY計測を行うことにより、計測精度を向上させることも可能である。この結果、計測時間を長時間とすることなくXY方向の位置合わせ精度が上記実施の形態1の場合よりもさらに向かう。したがって、Z方向検出に用いるR側アライメントマーク3'とW側アライメントマーク3とをXY方向に精度よくアライメントした状態で、光量検出方式によるZ方向検出を行うことが可能となり、Z方向のキャリブレーション精度も向上する。

## 【0048】

## [実施の形態3]

本発明の実施の形態3に係る露光装置について図5を用いて説明する。この実施の形態においては、XY方向の検出を行う画像検出TTTR系の光源として露光光と波長の異なる光を発光する第2の光源28を設けている。露光装置では、露光光源は、KrFレーザ、ArFレーザ、F<sub>2</sub>レーザ、さらにはEUV光（極端紫外光）と波長が短くなるに従い、露光光源のランニングコストは大幅にアップする。一方で、従来のように画像検出TTTR

系のみ、あるいは光量検出 TTR 系のみによって XYZ のキャリブレーションを行う場合にはキャリブレーションに用いる光として露光光と同一波長の光を用いる必要がある。なぜなら、露光光よりも低コストの長波長の光を用いると、Z 方向検出の敏感度が波長の比に応じて低下してしまうためである。

#### 【0049】

しかしながら、上記実施の形態 1 のように、Z 方向検出に光量検出 TTR 系、XY 方向検出に画像検出 TTR 系とそれぞれ別の検出系を用いると、XY 方向検出（画像検出系）にはランニングコストの低い非露光光を用いることが可能となる。なぜなら、XY 方向検出の精度は、主に画像検出 TTR 系に用いる拡大光学系の倍率と撮像素子の画素の大きさ、つまり画素分解能に依存するため、露光波長は殆ど影響しないためである。

10

#### 【0050】

そこで、本実施の形態 3においては、高い敏感度が必要な Z 方向検出、すなわち光量検出 TTR 系 14 b には従来通り露光光を用い、XY 方向の検出である画像検出 TTR 系 14 a には低コストの非露光光を用いている。これにより、Z 方向のキャリブレーションにのみコストの高い露光光を用いればよいため、キャリブレーションに必要なコストを約半分に低減することが可能となる。画像検出 TTR 系 14 a の光源として非露光光を使用することにより投影光学系 5 の色収差が発生した場合は、例えば、R 側基準板 4 と投影光学系 5との間に色収差補正系 29 を構成することにより問題を解消することが可能である。

#### 【0051】

投影光学系 5 の NA 全域で色収差補正を構成することは困難である。また、上述のように画像検出 TTR 系 14 a による XY 検出の精度は画素分解能に依存する。そこで、画像検出 TTR 系 14 a の NA を投影光学系 5 の NA よりも小さくし、小さくした NA によって色収差を補正することで、収差補正も大幅に容易化することが可能となる。また、例えば露光光として EUV 光を用いた露光装置においては、投影光学系が全てミラーで構成されるため色収差自体が発生せず、上述のような色収差補正系 29 も不要となる。そこで、波長敏感度の高い Z 検出のみ露光光で行い、XY 検出には非露光光を用いるという本実施の形態 3 による方法が有効となる。

20

#### 【0052】

以上、本発明の好ましい実施の形態を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、その要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0053】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係る露光装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 に示す露光装置によるデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 3】図 2 に示すステップ 104 の詳細なフローチャートである。

【図 4】本発明の実施の形態 2 に係る露光装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 5】本発明の実施の形態 3 に係る露光装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 6】従来の走査型露光装置の概略を示す概略斜視図である。

40

【図 7】図 6 に示す露光装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 8】Z 方向計測用のアライメントマークの一例を示す平面図である。

【図 9】XY 方向計測用の位置合わせマークの一例を示す平面図であって、(a) は R 側位置合わせマークを示し、(b) は W 側位置合わせマークを示し、(c) は R 側位置合わせマークと W 側位置合わせマークとともに撮像素子に撮像された場合の撮像画像を示す。

【図 10】Z 方向計測用のアライメントマークのパターンを説明するパターン図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0054】

1 … レチクル

2 … レチクルステージ（保持部材）

50

3 ... 位置合わせマーク ( Z 方向計測用 W 側アライメントマーク )

3 ' ... Z 方向計測用 R 側アライメントマーク

3 a ... 遮光部 ( 網掛け部 )

3 b ... 透過部

4 ... レチクル側 ( R 側 ) 基準板

4 a ... X Y 方向計測用 R 側アライメントマーク ( R 側位置合わせマーク )

5 ... 投影光学系

6 ... 照明光学系

7 a ... R 側位置合わせマーク

7 b ... W 側位置合わせマーク

8 ... ウエハ

9 ... ウエハステージ ( 保持部材 )

10 ... ウエハ側 ( W 側 ) 基準板

10 a ... X Y 方向計測用 W 側アライメントマーク

13 ... フォーカス位置検出系

14 , 14 a ... 画像検出系 ( 画像検出 TTR 系、第 1 の光学系 )

14 b ... 光量検出系 ( 光量検出 TTR 系、第 2 の光学系 )

15 ... オフアクシスアライメント光学系

21 , 21 a ... 対物レンズ

22 , 22 a ... リレーレンズ

23 , 23 a ... 照明部

24 , 24 a ... 撮像素子

25 ... ファイバ

28 ... 第 2 の光源

29 ... 色収差補正系

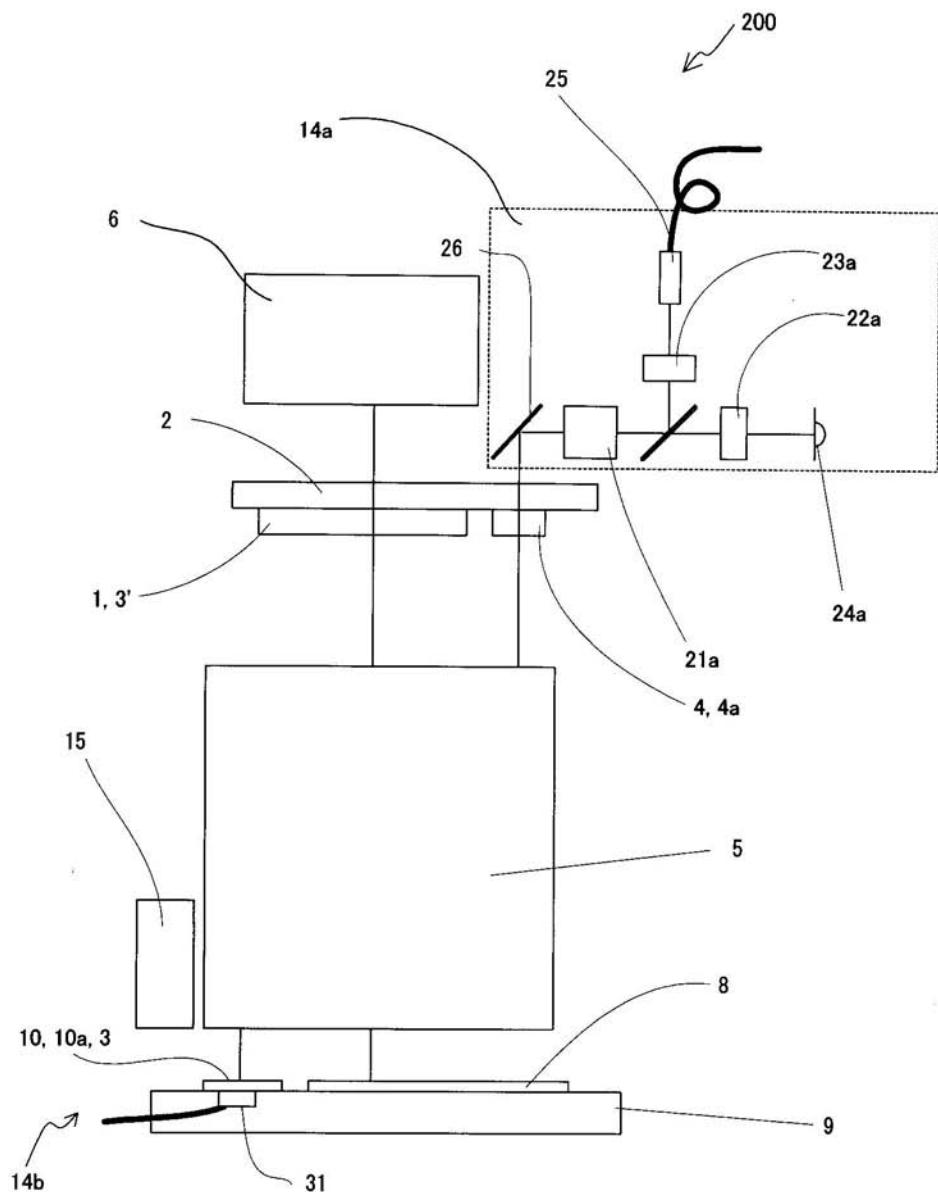
31 ... 光量センサー

100 , 200 ... 露光装置

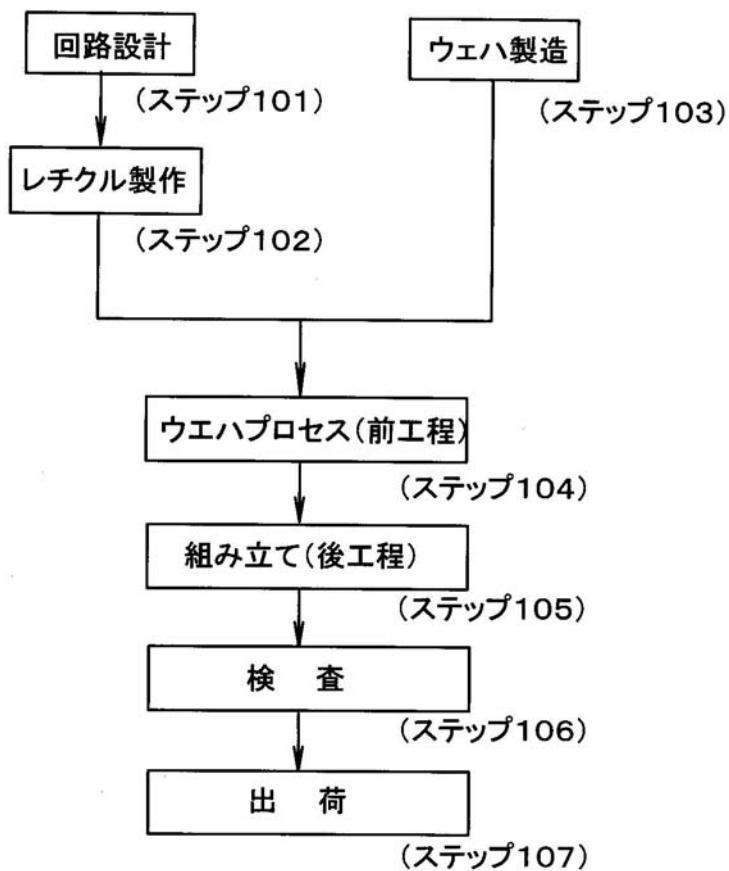
10

20

【図1】

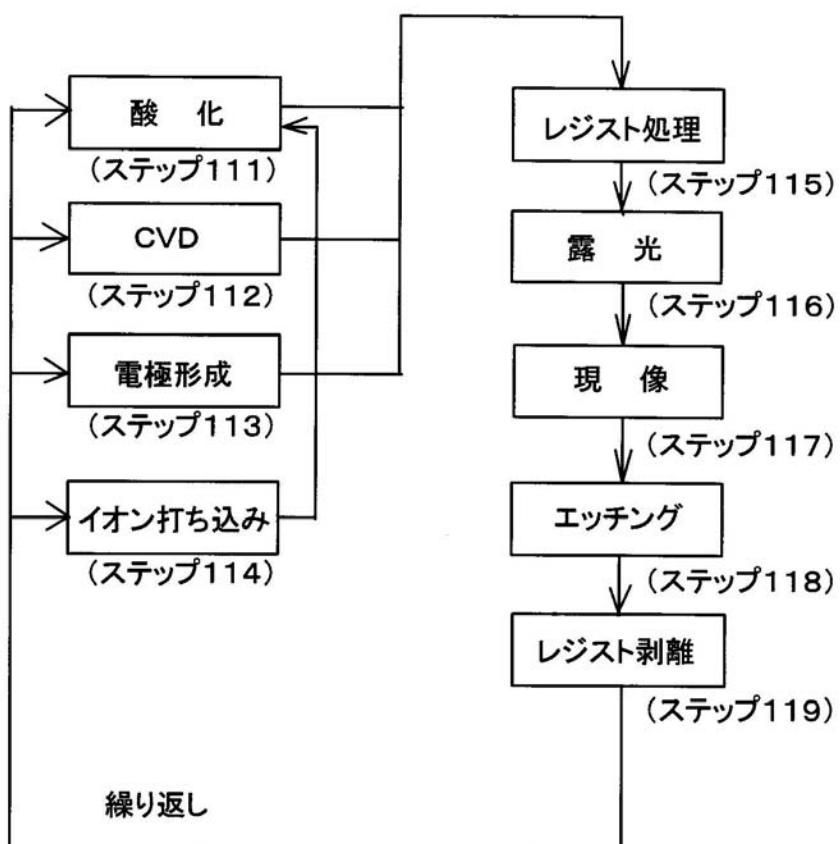


【図2】

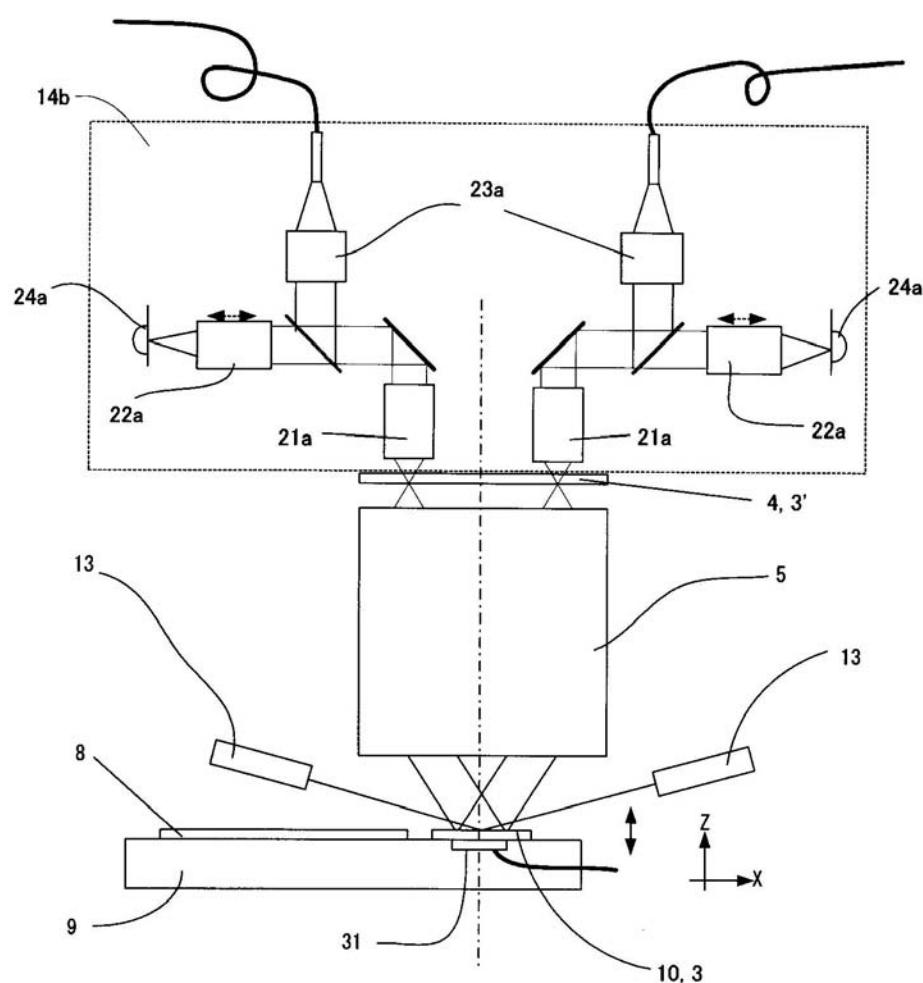


【図3】

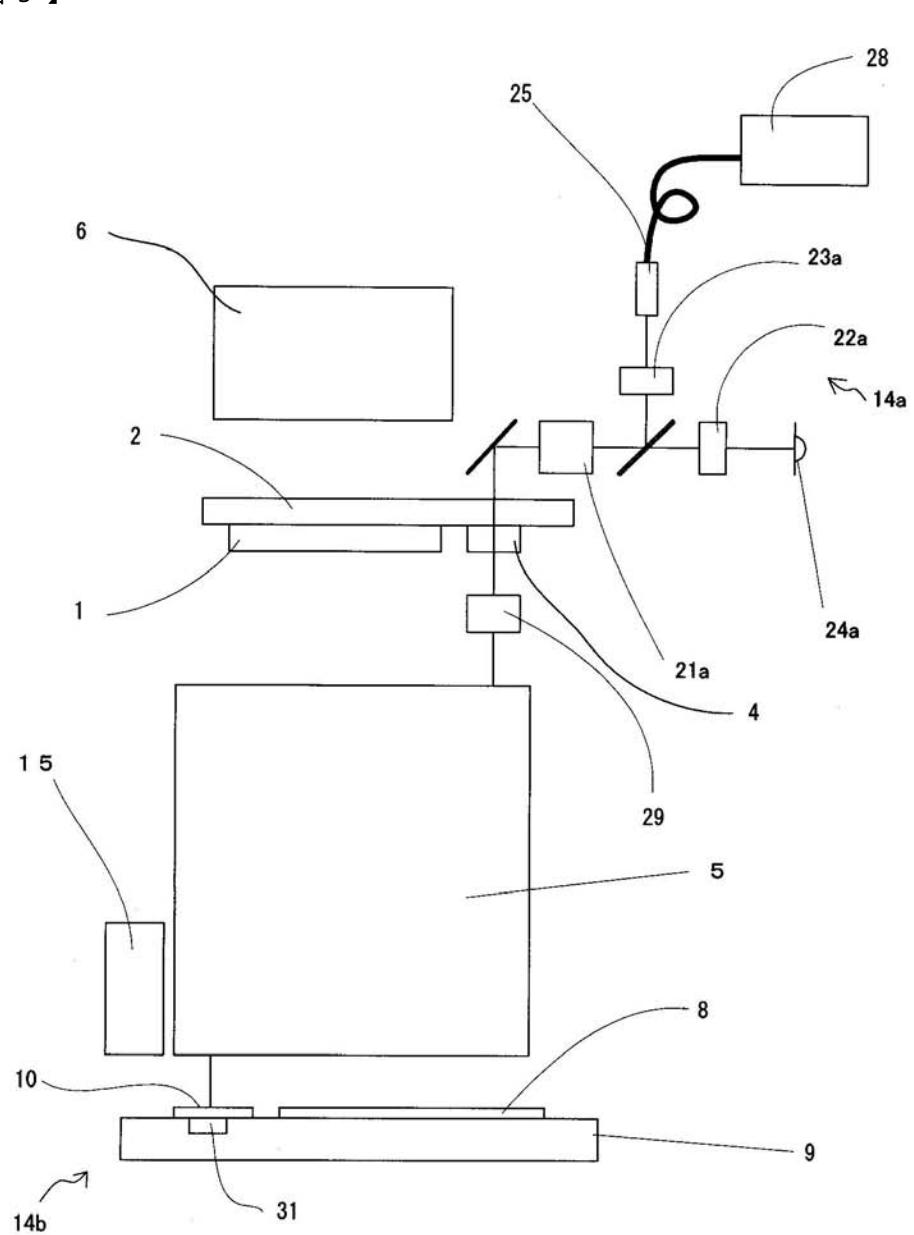
【図3】



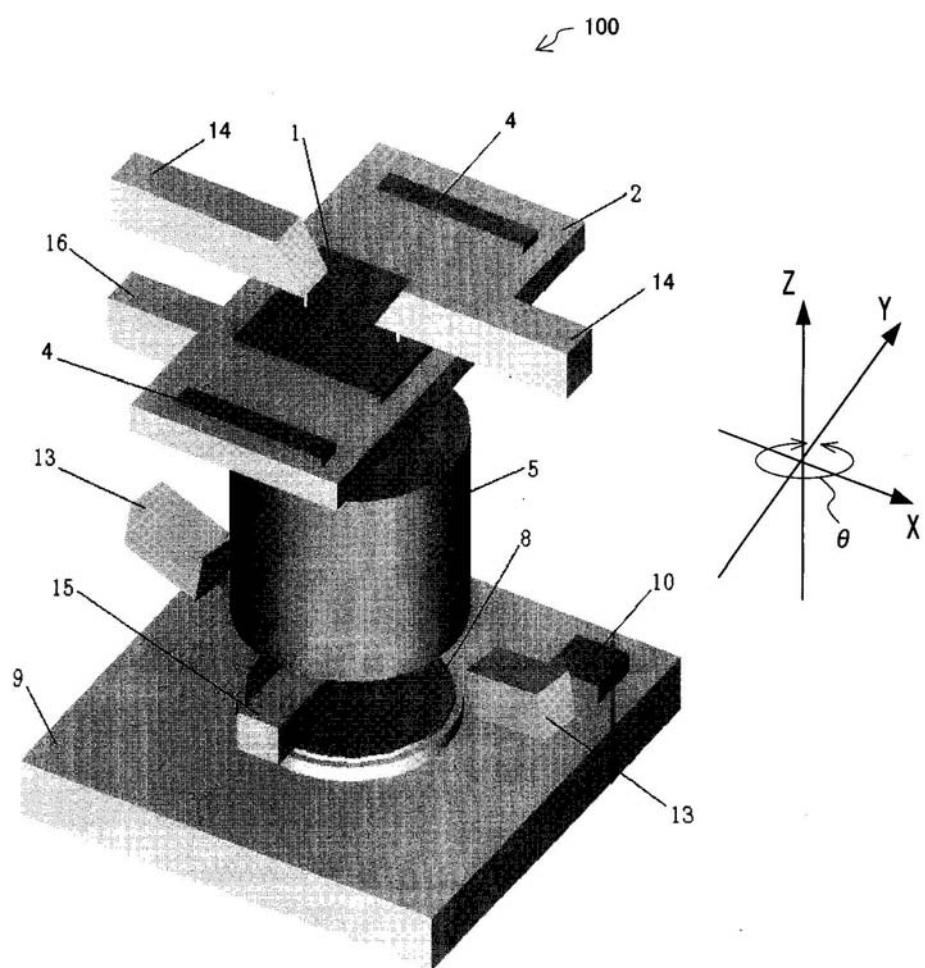
【図4】



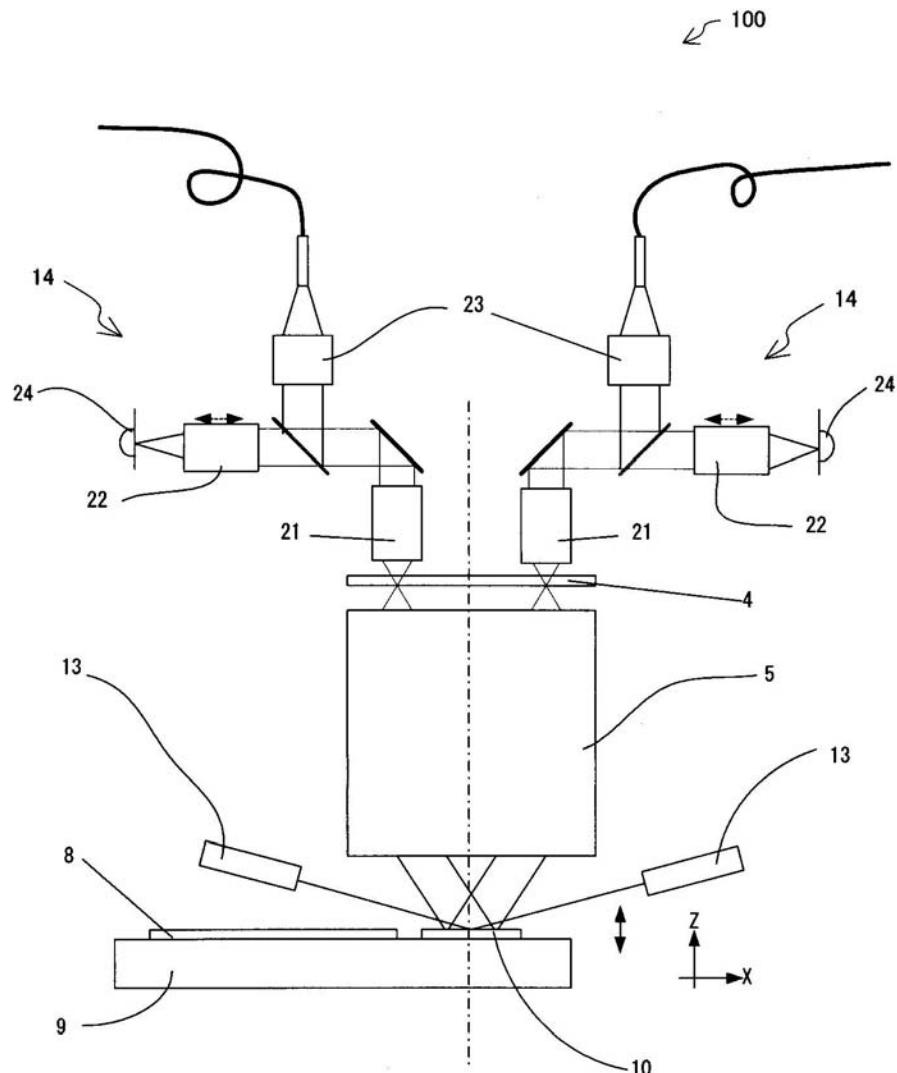
【図5】



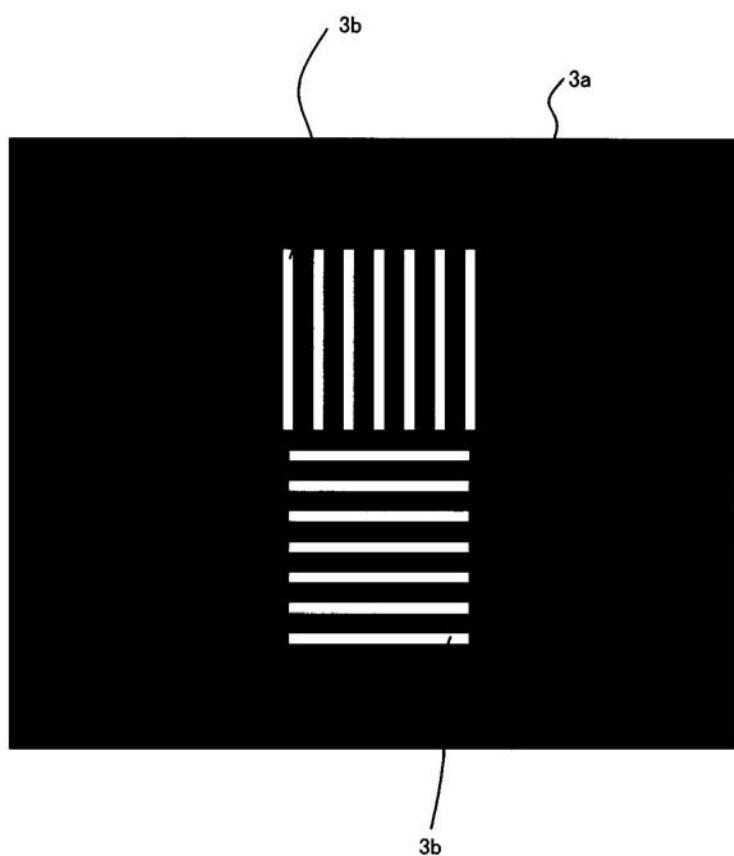
【図6】



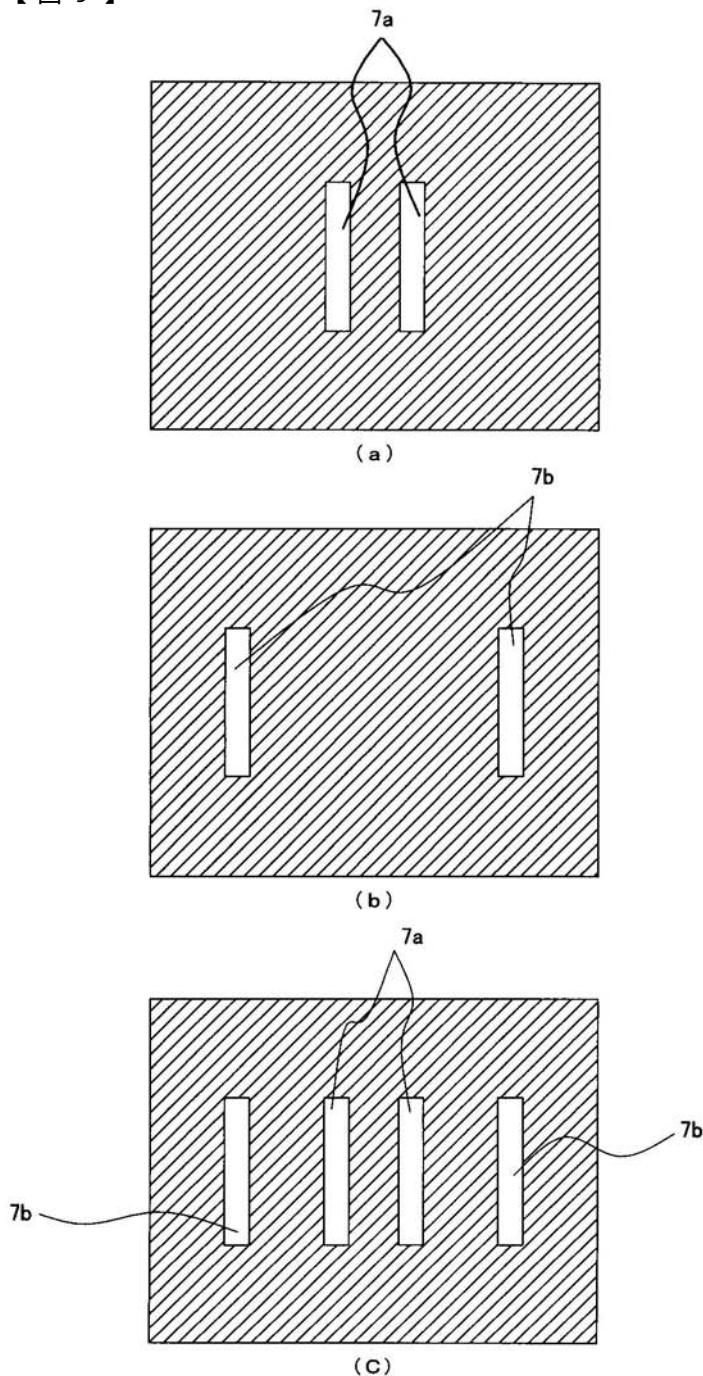
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

