

(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2012-253144

(P2012-253144A)

(43) 公開日 平成24年12月20日(2012.12.20)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
H01L	21/027	(2006.01)	H01L	21/30	503A	5F146		
G03F	7/20	(2006.01)	G03F	7/20	521	5H303		
G05D	3/00	(2006.01)	G05D	3/00	Q			
G05D	3/12	(2006.01)	G05D	3/12	N			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-123584 (P2011-123584)
 (22) 出願日 平成23年6月1日(2011.6.1)

(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 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

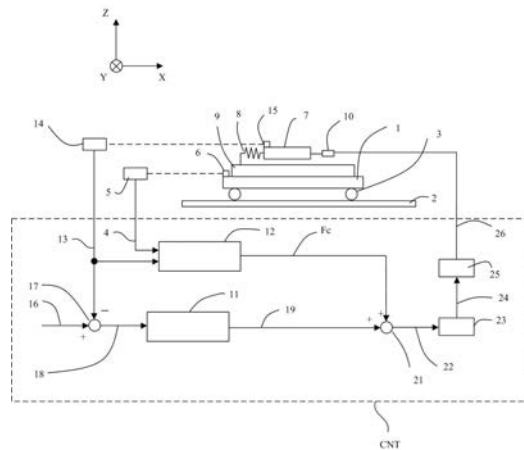
(54) 【発明の名称】 位置決め装置、露光装置およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 位置決め精度の向上に有利な技術を提供する。

【解決手段】 位置決め装置は、ステージと、ベースと、前記ステージと前記ベースとの間に配置されていて、ばね性を有する支持部で前記ステージを支持する支持機構と、前記ステージを駆動するように前記ステージと前記ベースとの間に配置されたアクチュエータと、前記アクチュエータを制御する制御部とを備える。前記制御部は、目標位置に対する前記ステージの位置偏差と、前記ステージと前記ベースとの相対位置の変動量とに基づいて、前記位置偏差が低減され、かつ、前記支持部の前記ばね性によって前記ステージに作用する力の少なくとも一部が打ち消されるように前記アクチュエータを制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ステージと、ベースと、前記ステージと前記ベースとの間に配置されていて、ばね性を有する支持部で前記ステージを支持する支持機構と、前記ステージを駆動するように前記ステージと前記ベースとの間に配置されたアクチュエータと、前記アクチュエータを制御する制御部とを備える位置決め装置であって、

前記制御部は、目標位置に対する前記ステージの位置偏差と、前記ステージと前記ベースとの相対位置の変動量とに基づいて、前記位置偏差が低減され、かつ、前記支持部の前記ばね性によって前記ステージに作用する力の少なくとも一部が打ち消されるように前記アクチュエータを制御する、

ことを特徴とする位置決め装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記位置偏差が低減されるように前記アクチュエータを制御する第 1 指令値と、前記変動量に応じて前記支持部の前記ばね性によって前記ステージに作用する力の少なくとも一部が打ち消されるように前記アクチュエータを制御する第 2 指令値との和を含む指令値によって前記アクチュエータを制御する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の位置決め装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記変動量に前記ばね性の剛性値を乗じることによって前記第 2 指令値を得る、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の位置決め装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記偏差および前記変動量のほか、前記ステージの加速度指令値に基づいて前記アクチュエータを制御する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 5】

前記支持部は、永久磁石と永久磁石との間に作用する反発力によって前記ステージを支持する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に位置決め装置。

【請求項 6】

粗動ステージを更に備え、前記ベースは前記粗動ステージに搭載されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 7】

原版のパターンを基板に転写する露光装置であって、

前記原版を位置決めする原版位置決め機構と、

前記基板を位置決めする基板位置決め機構と、

前記原版のパターンを前記基板に投影する投影光学系と、を備え、

前記原版位置決め機構および前記基板位置決め機構の少なくとも一方は、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置を含む、

ことを特徴とする露光装置。

【請求項 8】

デバイスを製造するデバイス製造方法であって、

請求項 7 に記載の露光装置によって基板を露光する工程と、

該基板を現像する工程と、

を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、位置決め装置、露光装置およびデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

半導体を製造するためのリソグラフィ工程で使用される露光装置のウエハステージ機構やレチクルステージ機構には、生産性を向上させるために高加速で高速にステージを移動させることができ、かつ高精度な位置決めができることが要求される。そこで、露光装置では、粗微動型ステージ機構が用いられることが多い。粗微動型ステージ機構では、位置決め精度は低いが大ストロークかつ大推力で駆動される粗動ステージの上に、小ストロークではあるが高い位置決め精度で位置決めされる微動ステージが配置される。

【0003】

特許文献1には、フィードバック制御により水平面内のX軸およびY軸方向に駆動される粗動ステージの上に微動ステージが搭載された構成が記載されている。微動ステージの重量は、支持ユニットにより支えられている。該支持ユニットは、微動ステージに連結された反発可動子と、粗動ステージに連結される反発固定子とを含む。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4323759号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

粗動ステージは微動ステージに比べて大型であるので、粗動ステージの位置を制御するためのフィードバック制御系の帯域を高くすることは難しい。また、微動ステージに実装される配線や配管は、粗動ステージで受けた後に外部と連結される。このため、粗動ステージのフィードバック制御系は、粗動ステージの駆動時に、これらの配線や配管から外乱を受ける。これらの理由により、粗動ステージの偏差は、例えば、微動ステージの偏差の10倍程度になりうる。両ステージの偏差の違いのため、支持ユニットの反発固定子と反発可動子との相対位置の変動が生じる。この相対位置の変動は、微動ステージの制御に対する外乱になりうる。

20

【0006】

本発明は、上記の課題認識を契機としてなされたものであり、位置決め精度の向上に有利な技術を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の1つの側面は、位置決め装置に係り、前記位置決め装置は、ステージと、ベースと、前記ステージと前記ベースとの間に配置されていて、ばね性を有する支持部で前記ステージを支持する支持機構と、前記ステージを駆動するように前記ステージと前記ベースとの間に配置されたアクチュエータと、前記アクチュエータを制御する制御部とを備える。ここで、前記制御部は、目標位置に対する前記ステージの位置偏差と、前記ステージと前記ベースとの相対位置の変動量とに基づいて、前記位置偏差が低減され、かつ、前記支持部の前記ばね性によって前記ステージに作用する力の少なくとも一部が打ち消されるように前記アクチュエータを制御する。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、位置決め精度の向上に有利な技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1実施形態の位置決め装置の構成を示す図。

【図2】変位量とフィードバック指令値との関係を例示する図。

【図3】本発明の第2実施形態の位置決め装置の構成を示す図。

【図4】支持機構の構成を例示する図。

【図5】本発明の実施形態の露光装置の構成を示す図。

50

【発明を実施するための形態】

【0010】

図1を参照しながら本発明の第1実施形態の位置決め装置1000について説明する。位置決め装置1000は、例えば、露光装置における原版ステージ機構および基板ステージ機構の少なくとも一方として構成されうる。位置決め装置1000は、例えば、微動ステージ7を6自由度に関して位置決めするように構成されうる。しかしながら、ここでは、説明の簡単化のために、粗動ステージ1および微動ステージ(特許請求の範囲におけるステージに対応)7をX軸方向に関して位置決めするための構成を説明する。

【0011】

粗動ステージ1は、ステージ定盤2の上に静圧ガイドなどの粗動ガイド3を介して配置され、X軸方向に移動自由になっている。粗動ステージ1の位置は、粗動ステージ1に固定された粗動反射鏡6を使って粗動レーザ干渉計5により計測される。粗動レーザ干渉計5は、粗動ステージ1の位置計測結果を粗動ステージ位置計測値4として出力する。粗動ステージ1の位置は、粗動ステージ位置計測値4を用いて不図示のフィードバック制御系によって制御される。微動ステージ7は、粗動ステージ1の上に搭載されたベース9によって支持機構8を介して下方から支持されている。

10

【0012】

図4は、支持機構8を例示する図である。図4(a)は、組み立てられた状態の支持機構8を例示している。図4(b)は、説明の便宜のために分解された状態の支持機構8を例示している。支持機構8は、微動ステージ7とベース9との間に配置されていて、ばね性を有する支持部SPで微動ステージ7を支持する。支持機構8は、典型的には、微動ステージ7を下方から支持する。

20

【0013】

支持部SPは、微動ステージに固定された反発可動子31と、粗動ステージ1の上に搭載されたベース9に固定された反発固定子32とを含みうる。支持機構8は、反発可動子31を微動ステージ7に固定する固定部(不図示)と、反発固定子32をベース9に固定する固定部40とを有する。反発可動子31は、反発可動磁石33と反発可動磁石ホルダ34とを含む。反発可動磁石33は、板状の単極永久磁石であって、板厚方向(X軸方向)に着磁されている。図4(b)において、反発可動磁石33の着磁方向は、X軸のプラス方向がN極で、X軸のマイナス方向がS極である。

30

【0014】

反発固定子32は、前側ヨーク36と、後側ヨーク37と、2個の横ヨーク38と、2枚の反発固定磁石39とを有しうる。前側ヨーク36と後側ヨーク37には、それぞれ反発固定磁石39が固定されている。これらの反発固定磁石39は、板状の単極永久磁石であって、板厚方向(X軸方向)に着磁されている。ここで、2枚の反発固定磁石39の着磁方向は、反発可動磁石33の着磁方向とは逆になっている。つまり、2枚の反発固定磁石39の着磁方向は、X軸のプラス方向がS極で、X軸のマイナス方向がN極である。

【0015】

前側ヨーク36、後側ヨーク37および横ヨーク38は、反発固定磁石39の磁束を循環させるためのものであって、鉄等の軟磁性体で構成されうる。前側ヨーク36の裏面についている反発固定磁石39の奥側つまりN極から出た磁束は、後側ヨーク37の表面についている反発固定磁石39の手前側つまりS極に入る。そして、その反発固定磁石39の奥側つまりN極から出た磁束は、後側ヨーク37に入り、左右(この場合、Y軸のプラス方向とマイナス方向)に分かれて2枚の横ヨーク38に入る。その後、その磁束は、2枚の横ヨーク38中をX軸のプラス方向に流れて前側ヨーク36に入り、前側ヨーク36中でヨーク中央に向かうように流れて前側ヨーク36の裏面の反発固定磁石39のN極に達する。

40

【0016】

2枚の反発固定磁石39の間の距離は反発可動磁石33の板厚より大きく設定されていて、反発可動磁石33は、2枚の反発固定磁石39の間に非接触で挿入されている。反発

50

可動子 3 1 の反発可動磁石 3 3 が反発固定子 3 2 の 2 枚の反発固定磁石 3 9 の間に挿入されると、両者は同じ極同士が対面するので、反発固定磁石 3 9 と反発可動磁石 3 3 の間に、Z 軸のプラス方向（上向き）の反発力が働く。この反発力によって微動ステージ 7 が支持される。

【 0 0 1 7 】

反発可動磁石 3 3 の N 極側と、S 極側の各々で、X 軸方向にも反発力が働くが、その反発力は、反発可動磁石 3 3 と 2 枚の反発固定磁石 3 9 とが X 軸方向に関して対称な配置になっている。そのため、反発可動磁石 3 3 が 2 枚の反発固定磁石 3 9 の間の中間位置（基準位置）に位置するときには、反発可動磁石 3 3 には、X 軸方向に沿った力は作用しない。しかし、反発可動磁石 3 3 の X 軸方向における位置が 2 枚の反発固定磁石 3 9 の間の中間位置（基準位置）から変位すると、その変位を打ち消す方向にその変位の量に応じた復元力が反発可動磁石 3 3 に作用する。つまり、支持部 S P は、反発可動子 3 1 と反発固定子 3 2 との X 軸方向における相対位置の変動を打ち消すばね性を有する。なお、図 4（a）、（b）に示す支持機構 8 は、1 つの構成例に過ぎず、支持機構 8 は、他の種々の構成を有しうる。支持機構 8 は、例えば、コイルばね又は空気ばねで構成された支持部 S P を有しうる。

10

【 0 0 1 8 】

以下、再度図 1 を参照しながら説明を続ける。位置決め装置 1 0 0 0 は、微動ステージ 7 を駆動するように微動ステージ 7 とベース 9 との間に配置されたリニアモータ（アクチュエータ）1 0 と、リニアモータ 1 0 を制御する制御部 C N T とを備えている。リニアモータ 1 0 は、微動ステージ 7 とベース 9 との間に力を作用させて微動ステージ 7 を駆動する。制御部 C N T は、フィードバック制御器 1 1、フィードフォワード制御器 1 2、差分器 1 7、加算器 2 1 を含み、これらは、典型的には、デジタル計算機で構成されうる。微動ステージ 7 の位置は、粗動ステージ 1 の位置を計測するための粗動レーザ干渉計 5 と同じ計測基準部材に設けられた微動レーザ干渉計 1 4 によって計測される。ここで、微動レーザ干渉計 1 4 は、微動ステージ 7 に固定された微動反射鏡 1 5 を使って微動ステージ 7 の位置を計測し、微動ステージ 7 の位置計測結果を微動ステージ位置計測値 1 3 として出力する。差分器 1 7 は、微動ステージ 7 の X 軸方向に関する位置指令値（目標位置）1 6 と微動ステージ位置計測値 1 3 との差分、即ち、X 軸方向に関する位置偏差 1 8 を演算する。フィードバック制御器 1 1 は、例えば P I D 演算により、位置偏差 1 8 を低減するフィードバック制御指令値（第 1 指令値）1 9 を決定する。

20

30

【 0 0 1 9 】

微動ステージ 7 および粗動ステージ 1 の位置は、前述のように、同じ計測基準部材に固定された微動レーザ干渉計 1 4 および粗動レーザ干渉計 5 によって計測されている。したがって、微動ステージ 7 の位置から粗動ステージ 1 の位置を差し引くことにより微動ステージ 7 と粗動ステージ 1 との相対位置を得ることができる。この相対位置から両ステージ 7、1 のサーボ初期化時の初期相対位置（基準相対位置）を差し引けば、相対位置の変動量を得ることができる。ベース 9 は粗動ステージ 1 に搭載されているので、この変動量は、支持機構 8 の支持部 S P の X 軸方向のばね性における変位量に等しい。この変位量に相当する復元力を支持部 S P が発生する。この復元力は、微動ステージ 7 の位置を制御するためのフィードバック制御系に対する外乱として作用する。この変位量に対して支持部 S P の X 軸方向のばね性における剛性値（ばね定数）を乗じることによって、微動ステージ 7 に対する外乱を計算することができる。フィードフォワード制御器 1 2 は、この外乱の少なくとも一部を打ち消すための力指令値をフィードフォワード制御指令値（第 2 指令値）F c として発生する。ここで、フィードフォワード制御器 1 2 は、フィードフォワード制御指令値 F c を式（1）に従って決定することができる。

40

【 0 0 2 0 】

$$F c = K \cdot X c \quad \dots \text{式 (1)}$$

ここで、K は支持機構 8（支持部 S P）の X 軸方向のばね性における剛性値（ばね定数）、X c は変位量である。

50

【 0 0 2 1 】

加算器 2 1 は、フィードバック制御指令値 1 9 とフィードフォワード制御指令値 F c とを加算して微動制御指令値 2 2 を発生する。D A 変換器 2 3 は、微動制御指令値 2 2 をアナログ信号の電流指令値 2 4 に変換する。電流ドライバ 2 5 は、電流指令値 2 4 に従ってリニアモータ 1 0 に電流 2 6 を供給する。これにより、微動制御指令値 2 2 に従った推力で微動ステージ 7 が駆動される。この推力により、外乱の少なくとも一部を打ち消し、微動ステージ 7 を高速かつ高精度で位置決めすることができる。

【 0 0 2 2 】

以上のように、制御部 C N T は、目標位置に対する微動ステージ 7 の位置の偏差と、微動ステージ 7 とベース 9 との相対位置の変動量とに基づいてリニアモータ 1 0 を制御する。ここで、制御部 C N T は、該偏差が低減され、かつ、支持部 S P のばね性によって微動ステージ 7 に作用する力の少なくとも一部が打ち消されるようにリニアモータ 1 0 を制御する。

10

【 0 0 2 3 】

支持機構 8 の支持部 S P の X 軸方向における剛性値は、支持機構 8 を位置決め装置 1 0 0 0 に組み込んだ状態で決定することができる。以下、その方法を例示的に説明する。まず、粗動ステージ 1 と微動ステージ 7 との相対位置を前もって定めた基準相対位置になるようにして、この状態でフィードバック制御器 1 1 を含むフィードバック制御系の初期化を行う。そして、この状態におけるフィードバック制御指令値 1 9 を記録する。次に、粗動ステージ 1 と微動ステージ 7 との相対位置を変更して静止させ、再びフィードバック制御指令値 1 9 を記録する。この相対位置の変更量が変位量 X c に相当し、X c の値を徐々に変更して同様の処理を行う。相対位置の変更量の最大値は、位置決め装置 1 0 0 0 の通常の動作時における微動ステージ 7 と粗動ステージ 1 との相対位置の変動量の最大値に基づいて決定すればよい。ここで、相対位置を変更する度に微動ステージ 7 および粗動ステージ 1 を静止させて、その時のフィードバック制御指令値 1 9 を記録してもよい。あるいは、相対位置を極低速で連続的に変更しながらフィードバック制御指令値 1 9 を記録してもよい。この際には、微動ステージ 7 の位置偏差 1 8 が静止時と極低速時とで違いがない程度に速度を低く設定すればよい。

20

【 0 0 2 4 】

図 2 は、変位量 X c を変えてフィードバック制御指令値 1 9 を計測した結果と、その一次近似直線を示す。変位量 X c に対してフィードバック制御指令値 1 9 の傾きは正の符号となっている。静止状態におけるフィードバック制御指令値 1 9 は外乱に対抗する力である。一方、支持機構 8 の支持部 S P のばね性による復元力は、変位量 X c に対して負の傾きである。図 2 の場合は、変位量 X c に対してフィードバック制御指令値 1 9 が一次直線で近似できており、この傾きが剛性値 K である。

30

【 0 0 2 5 】

一次関数で近似した場合に誤差が大きい場合には、高次関数近似を用いてもよい。あるいは、変位量 X c を引数として数値テーブルを参照して剛性値を決定してもよい。

【 0 0 2 6 】

ここでは、説明の簡単化のために X 軸方向に関する位置決めに関して説明したが、上記の X 軸方向に関する制御を Y 軸方向に関する制御にも適用することができる。

40

【 0 0 2 7 】

上記の実施形態では、支持機構 8 の支持部 S P の X 軸方向におけるばね性の変位量を粗動ステージ 1 と微動ステージ 7 との位置計測値の差分で求めていたが、微動ステージ 7 とベース 9 との距離を直接計測するギャップセンサを設けてその出力を用いてもよい。

【 0 0 2 8 】

図 3 を参照しながら本発明の第 2 実施形態の位置決め装置 1 0 0 1 について説明する。ここで特に言及しない事項は、第 1 実施形態に従いする。第 2 実施形態では、フィードバック制御指令値 1 9 に対して、フィードフォワード制御指令値 F c の他に、加速度フィードフォワード制御指令値 1 0 1 を加算して微動制御指令値 2 2 を生成する。これにより、

50

微動ステージ7および粗動ステージ1の加減速時における位置偏差18を小さくすることができる。加速度フィードフォワード制御指令値101は、位置指令値16と連動した加速度指令値102と、その加速度指令値102の位相進み補償を行った補正制御指令値103とを加算器105で加算した指令値である。補正制御指令値103は、位相進み補償器104が加速度指令値102を処理することによって生成される。位相進み補償器104は、例えば、加速度指令値102の一階微分値および二階微分値を算出し、それらの各々に調整用ゲインを乗じた結果を補正制御指令値103として出力するように構成される。補正制御指令値103は、例えば、デジタル計算機でのサンプリング時間による加速度指令値102の遅れと、電流ドライバ25の応答遅れに対処するためのものである。さらに高次微分の項も用いても良いが、デジタル計算機の離散化と量子化の影響により精度が悪くなるので、二階微分値までを使用するのが良い。この位相進み補償の結果、リニアモータ10が出力する加減速力は、加速度指令値102に対する遅れが小さいものとなる。

10

20

30

40

【0029】

支持機構8の支持部SPのばね性による外乱の影響は、フィードフォワード制御器12により抑えられる。したがって、微動ステージ7を駆動するリニアモータ10が発生する力から微動ステージ7の位置（微動ステージ位置計測値）までの伝達関数は、 $1/(Ms^2)$ （Mは微動ステージの質量、sはラプラス演算子）という単純な形となる。よって、加速度指令値102に従った加減速力がリニアモータ10からフィードフォワード制御で出力されることで、加減速時の位置偏差を非常に小さくすることができる。露光装置は、ステージの等速移動中に基板を露光するスキャン露光が主流であり、生産性を高めるには加速して等速になってから露光可能な偏差振幅に落ち着くまでの整定時間を短縮することが重要である。第2実施形態の位置決め装置1001は、加速時における位置偏差を非常に小さくできるので、等速になったと同時に基板を露光するために有利である。一方、フィードフォワード制御器12を用いない構成では、支持機構8のばね性と粗動ステージ1の影響により、上記の伝達関数は $1/(Ms^2)$ のような単純な形とはならず、加速度指令値102によって加速時における位置偏差を小さくすることは難しい。

【0030】

第1実施形態および第2実施形態において、微動ステージ7を駆動するアクチュエータは、リニアモータ10のみに限定されるものではない。例えば、加速度が大きいときにリニアモータ10の発熱が問題になる場合は、加減速用の電磁石が追加されてもよい。

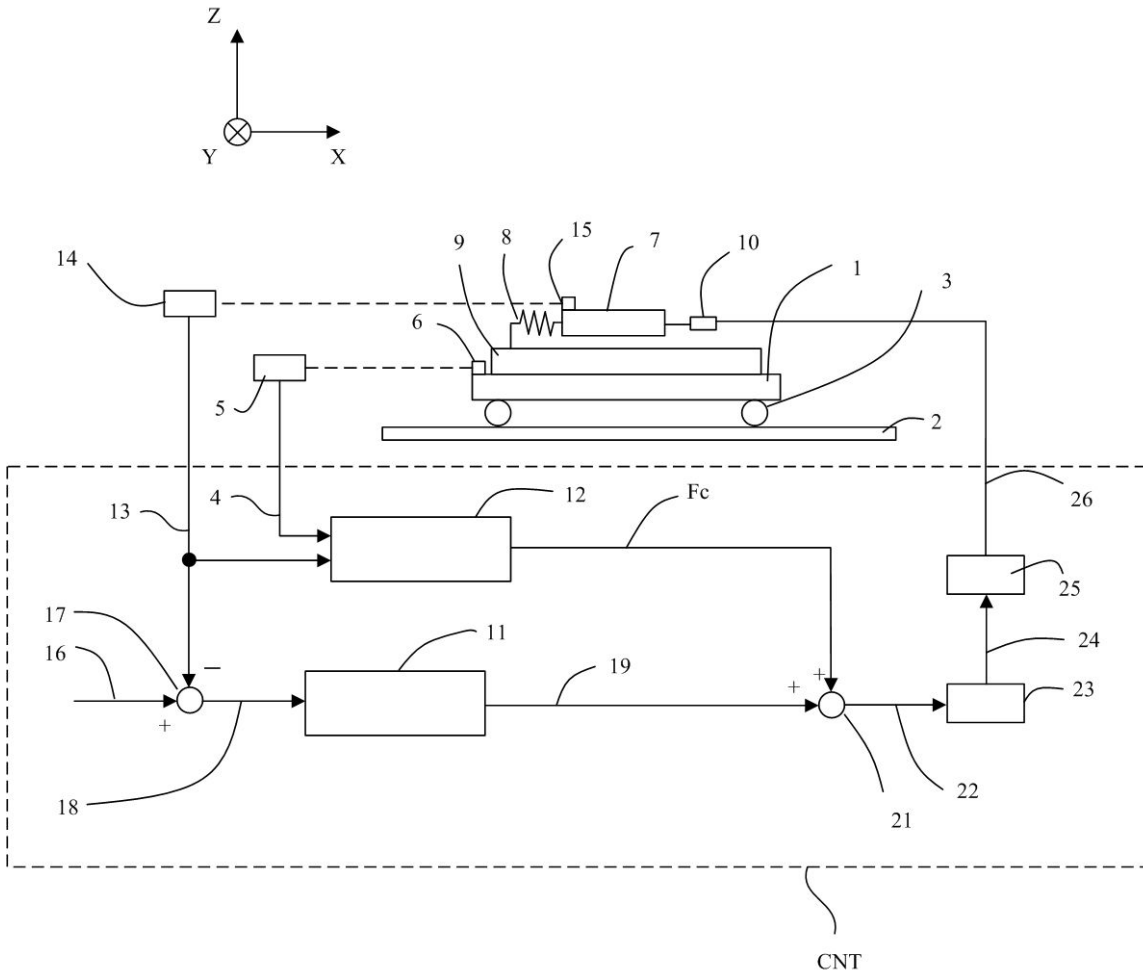
【0031】

次に、図5を参照しながら第1実施形態および第2実施形態を通して例示的に説明された本発明の位置決め装置を備える露光装置EXについて説明する。露光装置EXは、基板Wに原版Rのパターンを転写するように構成されている。露光装置EXは、原版Rを位置決めする原版位置決め機構RSMと、原版Rを照明する照明系ILと、基板Wを位置決めする基板位置決め機構WSMと、原版Rのパターンを基板に投影する投影光学系POとを含みうる。原版位置決め機構RSMおよび基板位置決め機構WSMの少なくとも一方は、上記の位置決め装置1000および1001に代表される位置決め装置を含んで構成される。

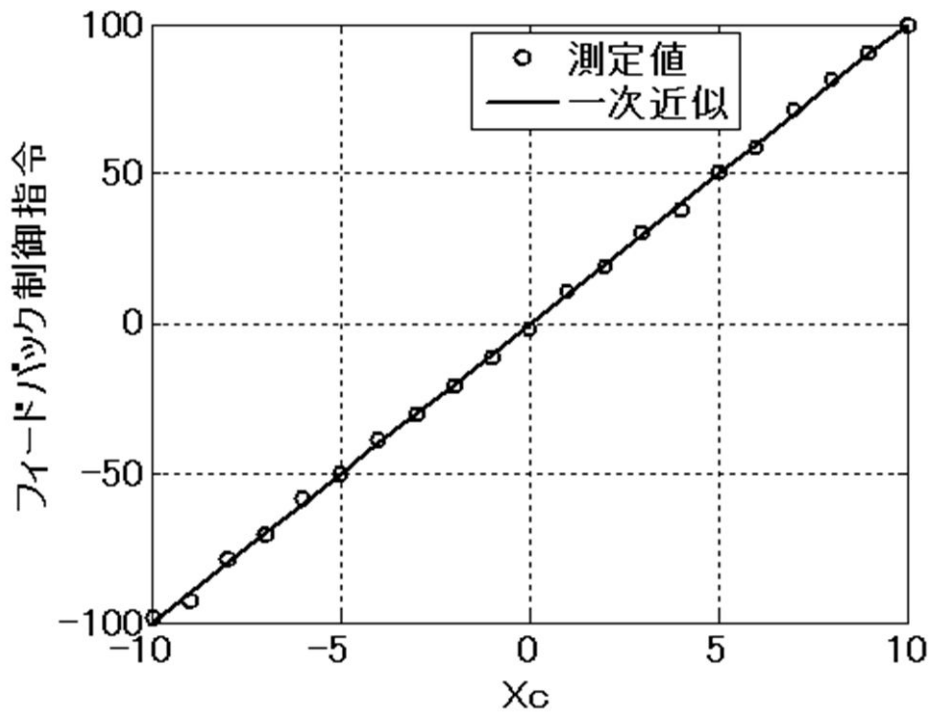
【0032】

次に、本発明の一実施形態のデバイス製造方法について説明する。デバイスは、例えば、半導体デバイスでありうる。半導体デバイスは、ウエハ（半導体基板）に集積回路を作る前工程と、前工程で作られたウエハ上の集積回路チップを製品として完成させる後工程とを経ることにより製造される。前工程は、前述の露光装置EXを用いて、感光剤が塗布された基板に原版のパターンを転写する工程と、その基板を現像する工程とを含みうる。後工程は、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）と、パッケージング工程（封入）とを含みうる。

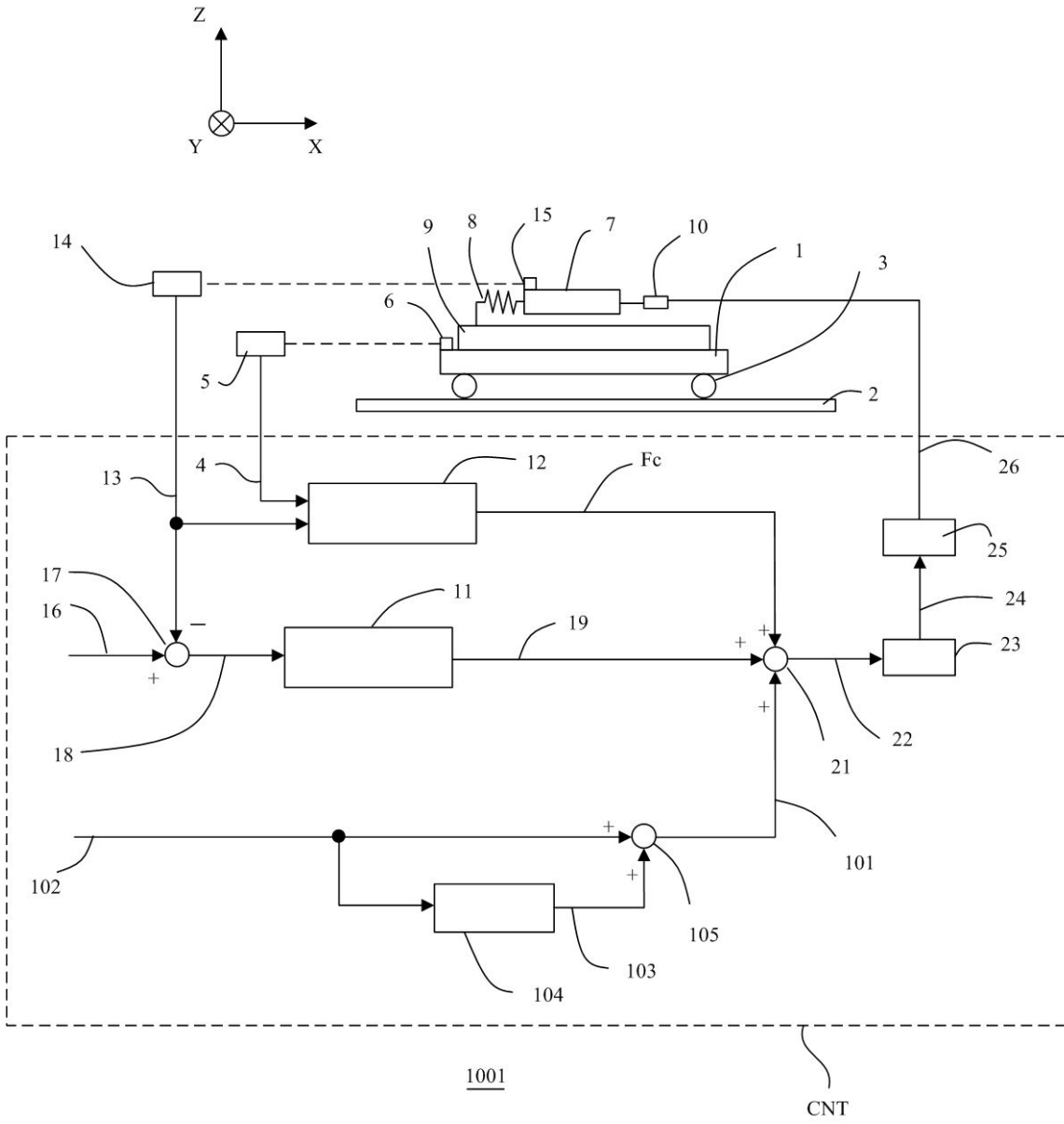
【図 1】



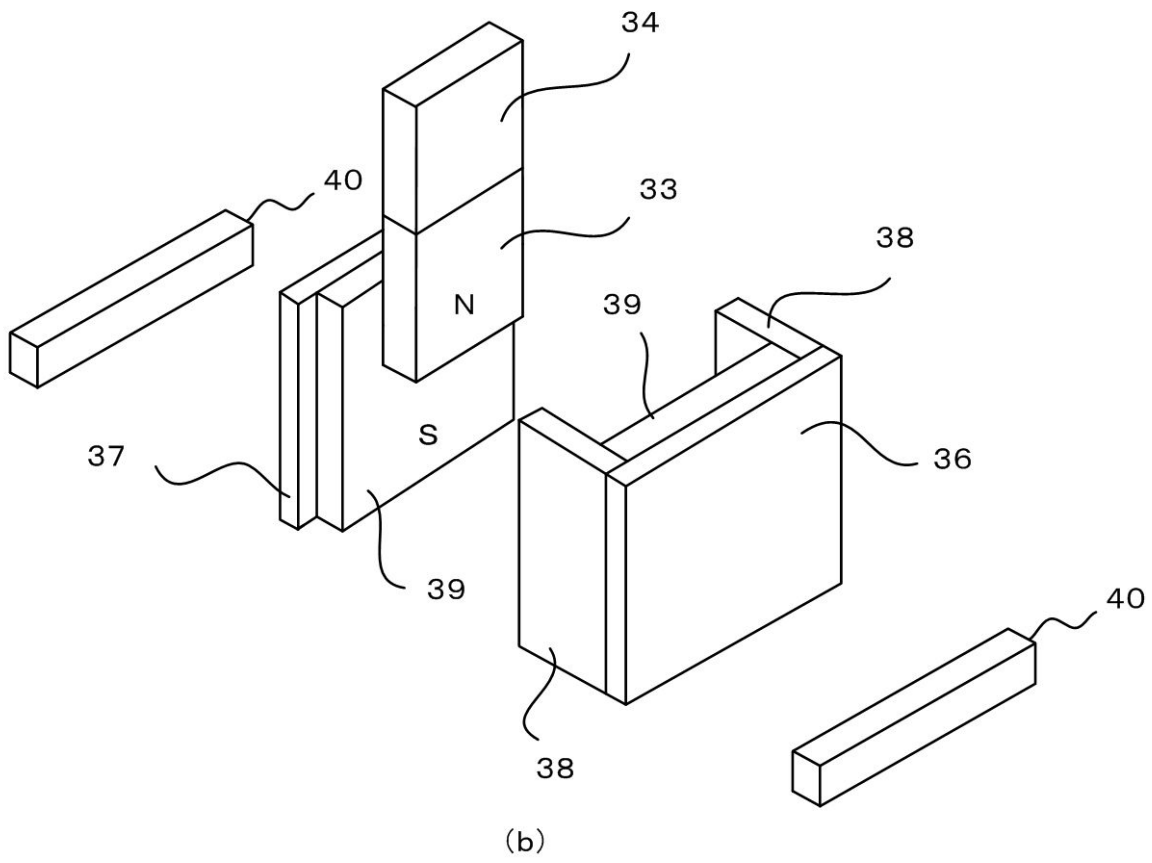
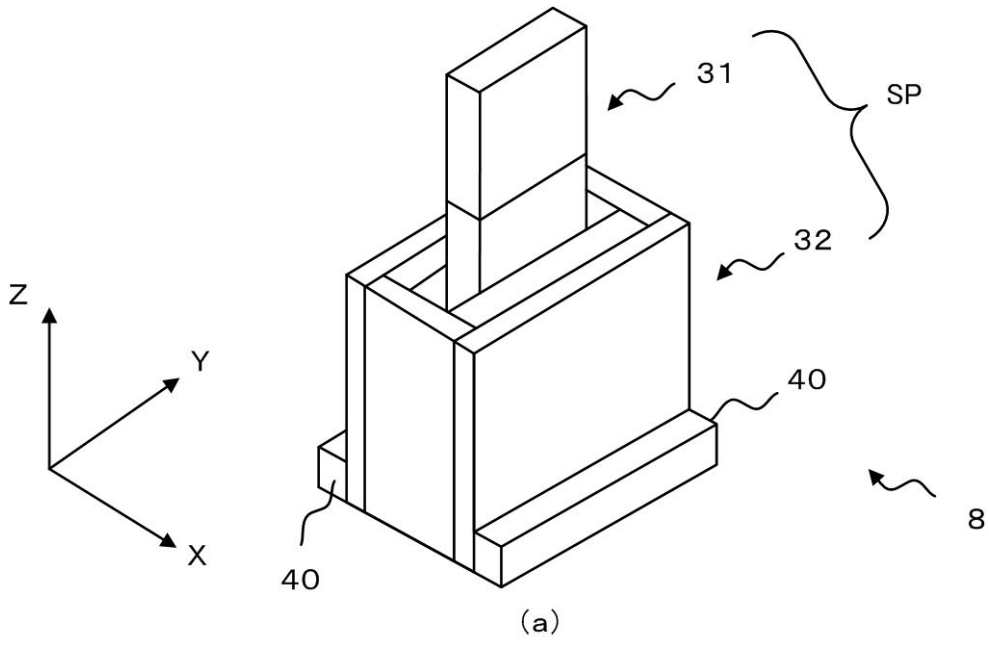
【図2】



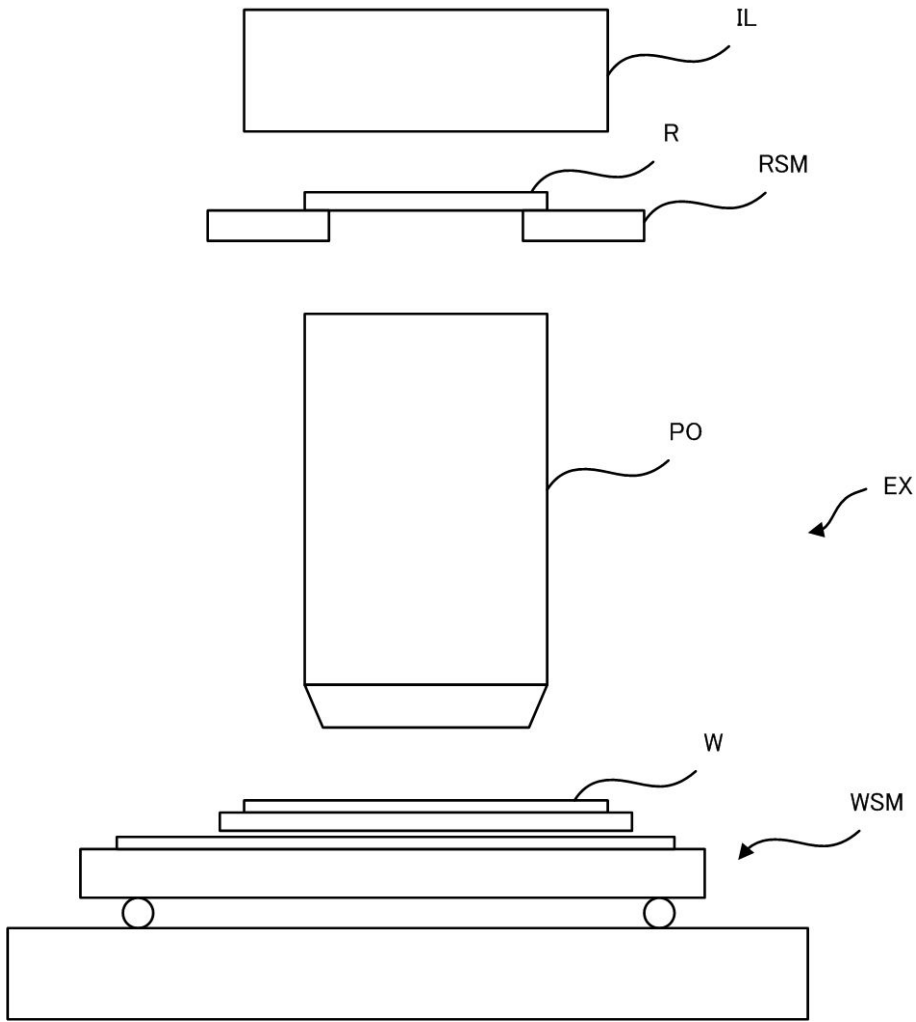
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 浅野 俊哉

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) 5F146 CC01 CC02 CC03 CC20

5H303 AA06 BB01 BB06 BB11 CC01 DD04 EE04 FF04 GG12 HH01

KK02 KK03 KK04 LL03 MM05