

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5757397号  
(P5757397)

(45) 発行日 平成27年7月29日(2015.7.29)

(24) 登録日 平成27年6月12日(2015.6.12)

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)  
H01L 21/68 (2006.01)

F 1

G03F 7/20  
H01L 21/68521  
K

請求項の数 33 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2011-48494 (P2011-48494)  
 (22) 出願日 平成23年3月7日 (2011.3.7)  
 (65) 公開番号 特開2011-211181 (P2011-211181A)  
 (43) 公開日 平成23年10月20日 (2011.10.20)  
 審査請求日 平成26年3月4日 (2014.3.4)  
 (31) 優先権主張番号 61/318,434  
 (32) 優先日 平成22年3月29日 (2010.3.29)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 000004112  
 株式会社ニコン  
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
 (74) 代理人 100102901  
 弁理士 立石 篤司  
 (72) 発明者 柴崎 祐一  
 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号  
 株式会社ニコン内

審査官 新井 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】露光方法及び露光装置、並びにデバイス製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

エネルギービームで物体を露光して前記物体上にパターンを形成する露光方法であって、所定平面に平行なガイド面を有する定盤上で平面モータによって個別に駆動される第1、第2移動体のそれぞれに対する位置計測系による第1及び第2位置情報と、前記第1及び第2移動体の位置に応じた第1補正情報とに基づいて、前記物体を保持する前記第1移動体を駆動することを含む露光方法。

## 【請求項2】

前記第1補正情報は、前記第2移動体が所定の位置にあるときの、前記位置計測系によって計測される前記第1移動体に対する第1位置情報に含まれる前記第1移動体の位置に応じた位置計測誤差の補正情報を含む請求項1に記載の露光方法。 10

## 【請求項3】

前記第1補正情報は、前記第1移動体が所定の位置にあるときの、前記位置計測系によって計測される前記第1移動体に対する第1位置情報に含まれる前記第2移動体の位置に応じた位置計測誤差の補正情報を含む請求項1に記載の露光方法。

## 【請求項4】

前記位置計測系により、前記エネルギービームが光学部材を介して前記物体に照射される照射位置の近傍の領域で前記物体を保持する前記第1移動体の第1位置情報が計測され、第2移動体に存在するマークを検出するマーク検出系の近傍の領域で前記第2移動体の第2位置情報が計測される請求項1～3のいずれか一項に記載の露光方法。 20

**【請求項 5】**

前記光学部材及び前記マーク検出系を支持するフレームに前記位置計測系の一部が設けられている請求項 4 に記載の露光方法。

**【請求項 6】**

前記駆動することに先立って、前記位置計測系でその位置を計測しつつ前記第 1 移動体を前記ガイド面上の複数の位置に順次位置決めし、各位置決め位置に対する位置決め状態で、前記位置計測系でその位置を計測しつつ前記第 2 移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、位置決め位置毎に、前記第 1 移動体又は前記物体上に形成されたマーク像の位置を、前記位置計測系の計測情報を用いて求め、この結果に基づいて前記所定平面内における前記第 1 及び第 2 移動体の位置の変化に起因する磁場変動を少なくとも要因として生じる前記位置計測系による計測誤差の前記第 1 及び第 2 移動体の位置に応じた前記第 1 補正情報を算出することをさらに含む請求項 4 又は 5 に記載の露光方法。10

**【請求項 7】**

前記駆動することに先立って、前記位置計測系でその位置を計測しつつ前記第 2 移動体を前記ガイド面上の複数の位置に順次位置決めし、各位置決め位置に対する位置決め状態で、前記位置計測系でその位置を計測しつつ前記第 1 移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、位置決め位置毎に、前記第 1 移動体又は前記物体上に形成されたマーク像の位置を、前記位置計測系の計測情報を用いて求め、この結果に基づいて前記所定平面内における前記第 1 及び第 2 移動体の位置の変化に起因する磁場変動を少なくとも要因として生じる前記位置計測系による計測誤差の前記第 1 及び第 2 移動体の位置に応じた前記第 1 補正情報を算出することをさらに含む請求項 4 又は 5 に記載の露光方法。20

**【請求項 8】**

前記駆動することに先立って、前記位置計測系でその位置を計測しつつ前記第 1 移動体を前記ガイド面上の複数の位置に順次位置決めし、各位置決め位置に対する位置決め状態で、前記位置計測系でその位置を計測しつつ前記第 2 移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、前記第 1 移動体の各位置決め位置について、前記第 2 移動体の位置決め位置毎に、前記位置計測系の計測情報を用いて前記第 1 移動体の位置を制御しつつ、前記物体上にマークの転写像を形成し、

前記物体上に形成された前記転写像の位置を計測した結果に基づいて前記第 1 補正情報を算出することをさらに含む請求項 4 又は 5 に記載の露光方法。30

**【請求項 9】**

前記マーク像は、前記第 1 計測系でその位置が計測される前記第 1 移動体上に前記光学部材を介して形成されたマークの空間像であり、

前記マーク像の位置は、前記第 1 移動体の各位置決め位置について、前記第 2 移動体の位置決め位置毎に、前記第 1 移動体上に少なくとも一部が設けられた空間像計測装置により計測された前記マークの空間像のプロファイルから求められる前記マーク像の結像位置を含む請求項 6 に記載の露光方法。

**【請求項 10】**

前記マーク像は、前記第 1 計測系でその位置を計測が計測される前記第 1 移動体上に前記光学部材を介して形成されたマークの空間像であり、40

前記マーク像の位置は、前記第 2 移動体の各位置決め位置について、前記第 1 移動体の位置決め位置毎に、前記第 1 移動体上に少なくとも一部が設けられた空間像計測装置により計測された前記マークの空間像のプロファイルから求められる前記マーク像の結像位置を含む請求項 7 に記載の露光方法。

**【請求項 11】**

前記位置計測系からの前記第 1 移動体の第 1 位置情報と、前記位置計測系からの前記第 2 移動体の第 2 位置情報と、前記第 2 及び第 1 移動体の位置に応じた第 2 補正情報とに基づいて、前記第 2 移動体を駆動することをさらに含む請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の露光方法。

**【請求項 12】**

10

20

30

40

50

前記第2移動体を駆動することに先立って、前記位置計測系でその位置を計測しつつ前記第2移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、各位置決め位置に対する位置決め状態で、

前記第1計測系でその位置を計測しつつ前記第1移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、位置決め位置毎に、前記位置計測系と前記マーク検出系とを用いて所定のマークの位置情報を計測し、該位置情報を用いて前記第2補正情報を算出することをさらに含む請求項11に記載の露光方法。

【請求項13】

前記位置計測系は、前記第1移動体と該第1移動体の外部との一方に設けられた計測面に計測光を照射し、前記計測面からの戻り光を受光する前記第1移動体と該第1移動体の外部との他方に設けられた少なくとも1つのヘッド部を有し、該ヘッド部の出力に基づいて前記第1移動体の位置を計測するエンコーダシステムを含む請求項1~12のいずれか一項に記載の露光方法。10

【請求項14】

請求項1~13のいずれか一項に記載の露光方法を用いて、物体上にパターンを形成することと、

前記パターンが形成された前記物体を現像することと、  
を含むデバイス製造方法。

【請求項15】

エネルギービームで物体を露光して前記物体上にパターンを形成する露光装置であって、20  
所定平面に平行なガイド面を有する定盤と、

前記定盤内に設けられた固定子と、前記ガイド面に対向する第1及び第2可動子とを含んで構成される平面モータと、

前記第1及び第2可動子をそれぞれ有し、前記平面モータにより前記ガイド面に沿って駆動される第1及び第2移動体と、

前記第1及び第2移動体のそれぞれの位置を計測する位置計測系と、

前記位置計測系からの前記第1移動体の位置情報と、前記位置計測系からの前記第2移動体の位置情報と、前記第1及び第2移動体の位置に応じた第1補正情報とに基づいて、前記物体を保持する前記第1移動体を駆動する駆動装置と、を備える露光装置。

【請求項16】

前記第1補正情報は、前記第2移動体が所定の位置にあるときの、前記位置計測系によつて計測される前記第1移動体に対する第1位置情報に含まれる前記第1移動体の位置に応じた位置計測誤差の補正情報を含む請求項15に記載の露光装置。30

【請求項17】

前記第1補正情報は、前記第1移動体が所定の位置にあるときの、前記位置計測系によつて計測される前記第1移動体に対する第1位置情報に含まれる前記第2移動体の位置に応じた位置計測誤差の補正情報を含む請求項15に記載の露光装置。

【請求項18】

前記エネルギービームを前記物体に照射する光学部材と、

前記第2移動体に存在するマークを検出するマーク検出系と、をさらに備え、40

前記位置計測系は、前記エネルギービームの照射位置の近傍の領域で前記物体を保持する前記第1移動体の位置情報を計測する第1計測系と、前記マーク検出系の近傍の領域で前記第2移動体の位置情報を計測する第2計測系とを含む請求項15~17のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項19】

前記第1計測系の少なくとも一部は、前記光学部材を支持するフレームに設置されている請求項18に記載の露光装置。

【請求項20】

前記第2計測系の少なくとも一部は、前記マーク検出系を支持するフレームに設置されている請求項18又は19に記載の露光装置。50

**【請求項 2 1】**

前記光学部材と前記マーク検出系とは同一のフレームに支持されている請求項 1 8 ~ 2 0 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 2 2】**

前記第 1 補正情報は、前記所定平面内における前記第 1 及び第 2 移動体の位置の変化に起因する磁場変動を少なくとも要因として生じる前記第 1 計測系及び前記第 2 計測系による計測誤差の前記第 1 及び第 2 移動体の位置に応じた補正情報であり、

前記第 1 補正情報は、前記第 1 計測系でその位置を計測しつつ前記第 1 移動体を前記ガイド面上の複数の位置に順次位置決めし、各位置決め位置に対する位置決め状態で、前記第 2 計測系でその位置を計測しつつ前記第 2 移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、位置決め位置毎に、前記第 1 移動体又は前記物体上に形成されたマーク像の位置を、前記第 1 計測系の計測情報を用いて求めることで予め算出される請求項 1 8 ~ 2 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 2 3】**

前記第 1 補正情報は、前記所定平面内における前記第 1 及び第 2 移動体の位置の変化に起因する磁場変動を少なくとも要因として生じる前記第 1 計測系及び前記第 2 計測系による計測誤差の前記第 1 及び第 2 移動体の位置に応じた補正情報であり、

前記第 1 補正情報は、前記第 2 計測系でその位置を計測しつつ前記第 2 移動体を前記ガイド面上の複数の位置に順次位置決めし、各位置決め位置に対する位置決め状態で、

前記第 1 計測系でその位置を計測しつつ前記第 1 移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、位置決め位置毎に、前記第 1 移動体又は前記物体上に形成されたマーク像の位置を、前記第 1 計測系の計測情報を用いて求めることで予め算出される請求項 1 8 ~ 2 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 2 4】**

前記第 1 補正情報は、前記所定平面内における前記第 1 及び第 2 移動体の位置の変化に起因する磁場変動を少なくとも要因として生じる前記第 1 計測系及び前記第 2 計測系による計測誤差の前記第 1 及び第 2 移動体の位置に応じた補正情報であり、

前記第 1 補正情報は、前記第 1 計測系でその位置を計測しつつ前記第 1 移動体を前記ガイド面上の複数の位置に順次位置決めし、各位置決め位置に対する位置決め状態で、前記第 2 計測系でその位置を計測しつつ前記第 2 移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、

前記第 1 移動体の各位置決め位置について、前記第 2 移動体の位置決め位置毎に、前記第 1 計測系の計測情報を用いて前記第 1 移動体の位置を制御しつつ、前記物体上にマークの転写像を形成し、

前記物体上に形成された前記転写像の位置を計測した結果に基づいて予め求められる請求項 1 8 ~ 2 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 2 5】**

前記第 1 移動体上に少なくとも一部が設けられ、前記第 1 計測系でその位置情報が計測される前記第 1 移動体上に前記光学部材を介して形成されたマークの空間像を計測する空間像計測装置をさらに備え、

前記マーク像の位置は、前記第 1 移動体の各位置決め位置について、前記第 2 移動体の位置決め位置毎に、前記空間像計測装置により計測された前記マークの空間像のプロファイルから求められる前記マーク像の結像位置を含む請求項 2 2 に記載の露光装置。

**【請求項 2 6】**

前記第 1 移動体上に少なくとも一部が設けられ、前記第 1 計測系でその位置情報が計測される前記第 1 移動体上に前記光学部材を介して形成されたマークの空間像を計測する空間像計測装置をさらに備え、

前記マーク像の位置は、前記第 2 移動体の各位置決め位置について、前記第 1 移動体の位置決め位置毎に、前記空間像計測装置により計測された前記マークの空間像のプロファイルから求められる前記マーク像の結像位置を含む請求項 2 3 に記載の露光装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 27】**

前記駆動装置は、前記位置計測系からの前記第1移動体の位置情報と、前記位置計測系からの前記第2移動体の位置情報と、前記第2及び第1移動体の位置に応じた第2補正情報とに基づいて、前記第2移動体を駆動する請求項18～26のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 28】**

前記第2補正情報は、前記第2計測系でその位置を計測しつつ前記第2移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、各位置決め位置に対する位置決め状態で、

前記第1計測系でその位置を計測しつつ前記第1移動体を前記ガイド面上の複数位置に位置決めし、位置決め位置毎に、前記第2計測系と前記マーク検出系とを用いて計測された所定のマークの位置情報を用いて、予め算出される請求項27に記載の露光装置。 10

**【請求項 29】**

前記位置計測系は、前記第1移動体と該第1移動体の外部との一方に設けられた計測面に計測光を照射し、前記計測面からの戻り光を受光する前記第1移動体と該第1移動体の外部との他方に設けられた少なくとも1つのヘッド部を有し、該ヘッド部の出力に基づいて前記第1移動体の位置を計測するエンコーダシステムを含む請求項15～28のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 30】**

前記ヘッド部と前記計測面の一方は、前記フレーム部に設置されている請求項29に記載の露光装置。 20

**【請求項 31】**

前記計測面には、前記所定平面内の少なくとも一軸方向を周期方向とする回折格子が設けられ、

前記ヘッド部は、少なくとも前記一軸方向に関する前記第1移動体の位置を計測する請求項29又は30に記載の露光装置。

**【請求項 32】**

前記ヘッド部は、前記所定平面に垂直な方向に関する前記第1移動体の位置を計測する請求項29～31のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 33】**

前記平面モータは、前記第1、第2可動子にコイルが配置されたムービングコイル型である請求項15～32のいずれか一項に記載の露光装置。 30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、露光方法及び露光装置、並びにデバイス製造方法に係り、さらに詳しくは、半導体素子等のマイクロデバイスを製造するリソグラフィ工程で用いられる露光方法及び露光装置、並びに前記露光方法を利用するデバイス製造方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

半導体素子（集積回路等）、液晶表示素子等の電子デバイス（マイクロデバイス）を製造するリソグラフィ工程では、主として、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置（いわゆるステッパ）、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ（スキャナとも呼ばれる））等が用いられている。 40

**【0003】**

この種の露光装置では、半導体素子の高集積化によるデバイスパターンの微細化に伴い、高い重ね合わせ精度（位置合わせ精度）が要求されるようになってきた。そのため、パターンが形成されるウエハ等（基板）の位置計測に一層高い精度が要求されるようになってきた。

**【0004】**

10

20

30

40

50

かかる要求に応える装置として、例えば特許文献1には、基板テーブル上に搭載された複数のエンコーダタイプのセンサ(エンコーダヘッド)を用いる位置計測システムを備えた露光装置が提案されている。この露光装置では、エンコーダヘッドは、基板テーブルに対向して配置されたスケールに計測ビームを照射し、スケールからの戻りビームを受光することによって、基板テーブルの位置を計測する。スケールは、複数のエンコーダヘッドのそれぞれが対向する複数の部分から構成され、投影光学系直下の領域を除く基板テーブルの移動領域をカバーしている。

#### 【0005】

また、露光装置では、高いスループットも求められる。かかる要請に応え得るものとして、基板ステージが複数、例えば2つ設けられたツインステージタイプの露光装置が知られている。この種の露光装置では、2つの基板ステージで、異なる動作、例えば露光動作とアライメント動作を並行して行うことで、スループットの向上が図られている。ツインステージタイプの露光装置では、それぞれの基板ステージの動きの自由度を最大限に確保するため、その駆動源として平面モータが採用される(例えば、特許文献2参照)。

10

#### 【0006】

しかるに、最近になって、ツインステージタイプの露光装置では、一方の基板ステージの移動に伴って、他方の基板ステージの位置計測を行う位置計測系(エンコーダなど)の計測値が微小ではあるが影響を受けることが判明した。今後のデバイスルールが32nmよりさらに微細となる時代においては、かかる位置計測誤差も無視することができなくなる。

20

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0007】

【特許文献1】米国特許出願公開第2006/0227309号明細書

【特許文献2】米国特許第6,437,463号明細書

#### 【発明の概要】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

発明者は、上記の位置計測誤差の主要因をつきとめるべく、鋭意研究を行った結果、基板ステージの位置の変化に起因する装置内の磁場変動(変化)が主要因であることが判明した。また、発明者は、さらにシミュレーション等を行った結果、2つの基板ステージの存在そのものが、お互いに影響を与えること、すなわち他方の基板ステージの位置が変化しない場合であっても、一方の基板ステージの位置が変化した場合に、その一方の基板ステージの位置を計測する位置計測系の計測値に、計測誤差が生じることが判明した。この場合、一方の基板ステージの位置が変化することによって、同一位置にとどまっている他方の基板ステージとの位置関係が変化するので、2つのステージ間での磁場が変動(変化)するため、上記の計測誤差が生じると考えられる。本発明は、かかる事情の下でなされたものである。

30

#### 【0009】

本発明の第1の態様によれば、エネルギー beams で物体を露光して前記物体上にパターンを形成する露光方法であって、所定平面に平行なガイド面を有する定盤上で平面モータによって個別に駆動される第1、第2移動体のそれぞれに対する位置計測系による第1及び第2位置情報と、前記第1及び第2移動体の位置に応じた第1補正情報とに基づいて、前記物体を保持する前記第1移動体を駆動することを含む露光方法が、提供される。

40

#### 【0010】

これによれば、位置計測系によって計測される第1移動体の第1位置情報に含まれる第1及び第2移動体の位置に応じた計測誤差を補正することができ、結果的に第1移動体を高精度に駆動することが可能となる。

#### 【0011】

本発明の第2の態様によれば、本発明の露光方法を用いて、物体上にパターンを形成す

50

ることと、前記パターンが形成された前記物体を現像することと、を含むデバイス製造方法が、提供される。

**【0012】**

本発明の第3の態様によれば、エネルギービームで物体を露光して前記物体上にパターンを形成する露光装置であって、所定平面に平行なガイド面を有する定盤と、前記定盤内に設けられた固定子と、前記ガイド面を介して前記固定子に対向する第1及び第2可動子とを含んで構成される平面モータと、前記第1及び第2可動子をそれぞれ有し、前記平面モータにより前記ガイド面に沿って駆動される第1及び第2移動体と、前記第1及び第2移動体のそれぞれの位置を計測する位置計測系と、前記位置計測系からの前記第1移動体の位置情報と、前記位置計測系からの前記第2移動体の位置情報と、前記第1及び第2移動体の位置に応じた第1補正情報とに基づいて、前記物体を保持する前記第1移動体を駆動する駆動装置と、を備える露光装置が、提供される。10

**【0013】**

これによれば、位置計測系によって計測される第1移動体の第1位置情報に含まれる第1及び第2移動体の位置に応じた計測誤差を補正することができ、結果的に第1移動体を高精度に駆動することが可能となる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0014】**

【図1】一実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】投影光学系の周囲に配置されるエンコーダシステムの構成を示す図である。20

【図3】アライメント系の周囲に配置されるエンコーダシステムの構成を示す図である。

【図4】ウエハステージを一部破碎して示す拡大図である。

【図5】ウエハステージ上のエンコーダヘッドの配置を示す図である。

【図6】図1の露光装置におけるステージ制御に関連する制御系の主要な構成を示すプロック図である。

【図7】図7(A)及び図7(B)は、図1の露光装置のステージ装置周辺における磁場を示す図である。

【図8】図8(A)はテストレチクルに形成されたテストパターンを示す図、図8(B)はテストウエハ上に転写されたテストパターンの像を示す図、図8(C)は転写されたテストパターンの像の拡大図である。30

【図9】位置ずれ計測用ウエハの表面を示す図である。

**【発明を実施するための形態】**

**【0015】**

以下、本発明の一実施形態について、図1～図9に基づいて説明する。

**【0016】**

図1には、一実施形態に係る露光装置100の概略構成が示されている。露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置、すなわち、いわゆるスキャナである。後述するように、本実施形態では投影光学系PLが設けられており、以下においては、投影光学系PLの光軸AXと平行な方向をZ軸方向、これに直交する面内でレチクルとウエハとが相対走査される方向をY軸方向、Z軸及びY軸に直交する方向をX軸方向とし、X軸、Y軸、及びZ軸回りの回転(傾斜)方向をそれぞれx、y、及びz方向として説明を行なう。40

**【0017】**

露光装置100は、照明系10、レチクルRを保持するレチクルステージRST、投影ユニットPU、ウエハWが載置されるウエハステージWST1、WST2を含むウエハステージ装置50、及びこれらの制御系等を備えている。

**【0018】**

照明系10は、例えば米国特許出願公開第2003/0025890号明細書などに開示されるように、光源と、オプティカルインテグレータ等を含む照度均一化光学系、及びレチクルブラインド等(いずれも不図示)を有する照明光学系とを含む。照明系10は、50

レチクルブラインド（マスキングシステム）で規定されたレチクルR上のスリット状の照明領域IARを照明光（露光光）ILによりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光ILとしては、一例としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）が用いられている。

#### 【0019】

レチクルステージRST上には、回路パターンなどがそのパターン面（図1における下面）に形成されたレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、例えばリニアモータ等を含むレチクルステージ駆動系11（図1では不図示、図6参照）によって、XY平面内で微少駆動可能であるとともに、走査方向（図1における紙面直交方向であるY軸方向）に所定の走査速度で駆動可能となっている。

10

#### 【0020】

レチクルステージRSTのXY平面（移動面）内の位置情報（z方向の位置（z回転量）の情報を含む）は、図1に示される、移動鏡15（実際には、Y軸方向に直交する反射面を有するY移動鏡（あるいは、レトロリフレクタ）とX軸方向に直交する反射面を有するX移動鏡とが設けられている）に測長ビームを照射するレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって例えば0.25nm程度の分解能で常時検出される。なお、レチクルRの少なくとも3自由度方向の位置情報を計測するために、レチクル干渉計16の代わりに、あるいはそれと組み合わせて、例えば米国特許出願公開第2007/0288121号明細書などに開示されているエンコーダシステムを用いても良い。

20

#### 【0021】

投影ユニットPUは、レチクルステージRSTの図1における下方（-Z側）に配置され、不図示のボディの一部を構成するメインフレーム（メトロロジーフレーム）に保持されている。投影ユニットPUは、鏡筒40と、該鏡筒40に保持された複数の光学素子から成る投影光学系PLとを有している。投影光学系PLとしては、例えば、Z軸方向と平行な光軸AXに沿って配列された複数の光学素子（レンズエレメント）からなる屈折光学系が用いられている。投影光学系PLは、例えば両側テレセントリックで、所定の投影倍率（例えば1/4倍、1/5倍又は1/8倍など）を有する。このため、照明系10からの照明光ILによって照明領域IARが照明されると、投影光学系PLの第1面（物体面）とパターン面がほぼ一致して配置されるレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してその照明領域IAR内のレチクルRの回路パターンの縮小像（回路パターンの一部の縮小像）が、投影光学系PLの第2面（像面）側に配置される、表面にレジスト（感応剤）が塗布されたウエハW上の前記照明領域IARに共役な領域（露光領域）IAに形成される。そして、レチクルステージRSTとウエハステージWST1、WST2との同期駆動によって、照明領域IAR（照明光IL）に対してレチクルRを走査方向（Y軸方向）に相対移動させるとともに、露光領域IA（照明光IL）に対してウエハWを走査方向（Y軸方向）に相対移動させることで、ウエハW上の1つのショット領域（区画領域）の走査露光が行われ、そのショット領域にレチクルRのパターンが転写される。すなわち、本実施形態では照明系10、及び投影光学系PLによってウエハW上にレチクルRのパターンが生成され、照明光ILによるウエハW上の感應層（レジスト層）の露光によってウエハW上にそのパターンが形成される。

30

#### 【0022】

なお、メインフレームは、従来用いられている門型、及び例えば米国特許出願公開第2008/0068568号明細書などに開示される吊り下げ支持型のいずれであっても良い。

#### 【0023】

鏡筒40の-Z側端部の周囲には、例えば鏡筒40の下端面とほぼ同一面となる高さで、スケール板21がXY平面に平行に配置されている。スケール板21の中央には、図2に示されるように、矩形又は正方形の開口21aが形成され、開口21aの内部に鏡筒40の-Z側端部が配置されている。スケール板21のX軸方向及びY軸方向の幅はそれぞ

40

50

れ A 及び B である。この場合、A と B とは、同一であっても良い、すなわち。スケール板 21 は、正方形であっても良い。また、開口 21a は、その内部に投影ユニット PU の鏡筒 40 の下端が配置できれば、矩形又は正方形に限らず、円形であっても良い。

#### 【 0 0 2 4 】

スケール板 21 は、投影ユニット PU 及びアライメント系 ALG 等を支持するメインフレーム（メトロロジーフレーム）の下面（-Z 側の面）に固定（又は吊り下げ支持）されている。

#### 【 0 0 2 5 】

スケール板 21 から +X 方向に所定距離離間した位置には、図 1 に示されるように、スケール板 22 が、メインフレーム（メトロロジーフレーム）の下面（-Z 側の面）に固定（又は吊り下げ支持）されている。スケール板 22 は、図 3 に示されるように、スケール板 21 と同様に構成されており、その開口 22a の内部の中央には、アライメント系 ALG の -Z 側端部が挿入されている（図 1 参照）。ここで、スケール板 22 は、必ずしもスケール板 21 と同様に構成する必要はなく、例えば開口 22a は、開口 21a と形状及び / 又は大きさが異なっていても良い。要は、開口 22a は、その内部にアライメント系 ALG の -Z 側端部が挿入可能であれば良い。なお、図 1 等ではスケール板 21, 22 が固定されたメインフレーム（メトロロジーフレーム）23 の一部が示されている。

10

#### 【 0 0 2 6 】

スケール板 21, 22 の下面（-Z 側の面）には、X 軸を基準とする 45 度方向（Y 軸を基準とする -45 度方向）を周期方向とする所定ピッチ、例えば 1 μm の格子と、X 軸を基準とする -45 度方向（Y 軸を基準とする -135 度方向）を周期方向とする所定ピッチ、例えば 1 μm の格子とから成る反射型の 2 次元グレーティング RG（図 2、図 3 及び図 4 参照）が形成されている。スケール板 21, 22 の 2 次元グレーティング RG は、それぞれ、露光動作時及びアライメント（計測）時におけるウエハステージ WST1, WST2 の移動範囲をカバーしている。ここで、2 次元グレーティング RG は、必ずしも上記の二方向を周期方向とする必要はなく、XY 平面内の二軸方向であれば良い。従って、周期方向は、例えば X 軸方向、Y 軸方向であっても良い。

20

#### 【 0 0 2 7 】

ウエハステージ装置 50 は、床面上に複数（例えば 3 つ又は 4 つ）の防振機構（図示省略）によってほぼ水平に支持されたステージベース 12、該ステージベース 12 上に配置されたウエハステージ WST1, WST2、該ウエハステージ WST1, WST2 を駆動するウエハステージ駆動系 27（図 1 では一部のみ図示、図 6 参照）、及びウエハステージ WST1, WST2 の位置を計測する計測系等を備えている。計測系は、図 6 に示される、エンコーダシステム 70, 71 及びウエハレーザ干渉計システム（以下、ウエハ干渉計システムと略記する）18 等を備えている。なお、エンコーダシステム 70, 71 及びウエハ干渉計システム 18 については、さらに後述する。

30

#### 【 0 0 2 8 】

ステージベース 12 は、平板状の外形を有する部材からなり、その上面は平坦度が非常に高く仕上げられ、ウエハステージ WST1, WST2 の移動の際のガイド面とされている。ステージベース 12 の内部には、XY 平面内で XY 二次元配列された複数の磁石から成る磁石ユニット 14a が収容されている。

40

#### 【 0 0 2 9 】

ウエハステージ WST1 は、図 1 に示されるように、ステージ本体 91 と、該ステージ本体 91 の上方に配置され、Z・チルト駆動機構 28（図 1 では不図示、図 6 参照）によつて、ステージ本体 91 に対して非接触で支持されたウエハテーブル WTB1 とを有している。Z・チルト駆動機構 28 は、例えばウエハテーブル WTB1 をそれぞれ支持するとともに、各支持点で独立して Z 軸方向に駆動する 3 つのボイスコイルモータなどで構成することができる。この場合、ウエハテーブル WTB1 は、Z・チルト駆動機構 28 によつて、電磁力等の上向きの力（斥力）と、自重を含む下向きの力（引力）との釣り合いを 3 点で調整することで、非接触で支持されるとともに、Z 軸方向、x 方向、及び y 方向

50

の3自由度方向に微小駆動される。ステージ本体91の底部には、スライダ部91aが設けられている。スライダ部91aは、XY二次元方向を行方向、列方向としてマトリックス状に配置された複数のコイルを含むコイルユニット(不図示)と、該コイルユニットを収容する筐体と、該筐体の底面の周囲に設けられた複数のエアベアリングとを有している。コイルユニットは、前述の磁石ユニット14aとともに、例えば米国特許第6,437,463号明細書及び米国特許第4,654,571号明細書などに開示されるローレンツ電磁力駆動による平面モータ30を構成している。

#### 【0030】

ウエハステージWST1は、上記複数のエアベアリングによってステージベース12上に所定のクリアランス、例えば数μm程度のクリアランスを介して浮上支持され、平面モータ30によって、X軸方向、Y軸方向及びz方向に駆動される。従って、ウエハテーブルWTB1(ウエハW)は、ステージベース12に対して、6自由度方向(X軸方向、Y軸方向、Z軸方向、x方向、y方向及びz方向(以下、X,Y,Z,x,y,z)と略記する)に駆動可能である。

#### 【0031】

本実施形態では、コイルユニットを構成する各コイル(不図示)に供給される電流の大きさ及び方向が、主制御装置20によって制御される。図6に示されるように、平面モータ30と、前述のZ・チルト駆動機構28とを含んで、ウエハステージ駆動系27が構成されている。また、例えば米国特許第6,437,463号明細書に開示されるXY方向のみでなく、Z方向の力をも発生させる平面モータ(磁気浮上型の平面モータ)を用いることで、ウエハステージWST1を6自由度方向に駆動することとしても良い。また、ウエハテーブルWTB1を、X軸方向、Y軸方向、z方向のうちの少なくとも一方向に微動可能としても良い。

#### 【0032】

ウエハテーブルWTB1上には、不図示のウエハホルダを介してウエハWが載置され、不図示のチャック機構によって例えば真空吸着(又は静電吸着)され、固定されている。また、ウエハテーブルWTB1上の1つの角部近傍には、アライメント系ALGにより検出される第2基準マークと、該第2基準マークを挟んでX軸方向の両側に配置された一対の第1基準マークとがその表面に形成された基準マーク板FMが、固定されている。一対の第1基準マークは、後述する一対のレチクルアライメント系により検出される。基準マーク板FMはその表面がウエハWとほぼ同一面となるように設定されている。

#### 【0033】

ウエハステージWST2も、ウエハステージWST1と同様に構成されている。

#### 【0034】

エンコーダシステム70,71は、それぞれ、投影光学系PL直下の領域を含む露光時移動領域とアライメント系ALG直下の領域を含むアライメント時移動領域におけるウエハステージWST1,WST2の6自由度方向(X,Y,Z,x,y,z)の位置情報を求める(計測する)。ここで、エンコーダシステム70,71の構成等について詳述する。

#### 【0035】

ウエハテーブルWTB1,WTB2には、それぞれ図2及び図3の平面図に示されるように、その4隅のそれぞれにエンコーダヘッド(以下、適宜、ヘッドと略称する)60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>が配置されている。ここで、ヘッド60<sub>1</sub>,60<sub>2</sub>間のX軸方向の離間距離とヘッド60<sub>3</sub>,60<sub>4</sub>間のX軸方向の離間距離は互いに等しくAである。また、ヘッド60<sub>1</sub>,60<sub>4</sub>間のY軸方向の離間距離とヘッド60<sub>2</sub>,60<sub>3</sub>間のY軸方向の離間距離は互いに等しくBである。これらヘッドの離間距離A,Bは、スケール板21の開口21aのX軸、Y軸方向の幅よりも大きい。ヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>は、図4にヘッド60<sub>1</sub>を代表的に採り上げて示されるように、ウエハテーブルWTB1,WTB2に形成されたZ軸方向の所定深さの穴の内部にそれぞれ収容されている。

#### 【0036】

10

20

30

40

50

ヘッド 60<sub>1</sub> は、図 5 に示されるように、X 軸を基準とする 135 度方向（すなわち X 軸を基準とする -45 度方向）及び Z 軸方向を計測方向とする 2 次元ヘッドである。同様に、ヘッド 60<sub>2</sub> ~ 60<sub>4</sub> は、それぞれ、X 軸を基準とする 225 度方向（すなわち X 軸を基準とする 45 度方向）及び Z 軸方向、X 軸を基準とする 315 度方向（すなわち X 軸を基準とする -45 度方向）及び Z 軸方向、X 軸を基準とする 45 度方向及び Z 軸方向を計測方向とする 2 次元ヘッドである。ヘッド 60<sub>1</sub> ~ 60<sub>4</sub> としては、例えば米国特許第 7,561,280 号明細書に開示される変位計測センサヘッドを用いることができる。ヘッド 60<sub>1</sub> ~ 60<sub>4</sub> は、スケール板 21, 22 の表面に形成された 2 次元グレーティング RG に計測ビームを照射し、2 次元グレーティング RG からの反射・回折ビームを受光することにより、それぞれの計測方向についてのウエハテーブル WTB1, WTB2 (ウエハステージ WST1, WST2) の位置を計測する。

#### 【0037】

上述のようにして構成されたヘッド 60<sub>1</sub> ~ 60<sub>4</sub> では、計測ビームの空气中での光路長が極短いため、空気揺らぎの影響が殆ど無視できる。ただし、本実施形態では、光源及び光検出器は各ヘッドの外部、具体的には、ステージ本体 91 の内部（又は外部）に設けられ、光学系のみが各ヘッドの内部に設けられている。そして、光源及び光検出器と、光学系とは、不図示の光ファイバを介して光学的に接続されている。なお、ウエハテーブル WTB1 (微動ステージ) の位置決め精度を向上させるため、ステージ本体 91 (粗動ステージ) とウエハテーブル WTB1 (微動ステージ) との間（以下、粗微動ステージ間と略述する）で、レーザ光等を空中伝送しても良いし、あるいはヘッドをステージ本体 91 (粗動ステージ) に設けて、該ヘッドによりステージ本体 91 (粗動ステージ) の位置を計測し、かつ別のセンサで粗微動ステージ間の相対変位を計測する構成としても良い。

#### 【0038】

ウエハステージ WST1, WST2 が投影光学系 PL 直下の領域を含む露光時移動領域内に位置する際には、ヘッド 60<sub>1</sub> は、スケール板 21 に計測ビーム（計測光）を照射し、スケール板 21 の表面（下面）に形成された X 軸を基準とする 135 度方向を周期方向とする格子からの回折ビームを受光して、ウエハステージ WST1, WST2 の 135 度方向及び Z 軸方向の位置を計測する 2 次元エンコーダ 70<sub>1</sub> (図 6 参照) を構成する。同様に、ヘッド 60<sub>2</sub> ~ 60<sub>4</sub> は、それぞれ、スケール板 21 に計測ビーム（計測光）を照射し、スケール板 21 の表面（下面）に形成された X 軸を基準とする 225 度方向、315 度方向、及び 45 度方向を周期方向とする格子からの回折ビームを受光して、ウエハステージ WST の 225 度方向及び Z 軸方向の位置、315 度方向及び Z 軸方向の位置、及び 45 度方向及び Z 軸方向の位置、を計測する 2 次元エンコーダ 70<sub>2</sub> ~ 70<sub>4</sub> (図 6 参照) をそれぞれ構成する。

#### 【0039】

また、ウエハステージ WST1, WST2 がアライメント系 ALG 直下の領域を含むアライメント時移動領域内に位置する際には、ヘッド 60<sub>1</sub> は、スケール板 22 に計測ビーム（計測光）を照射し、スケール板 22 の表面（下面）に形成された X 軸を基準とする 135 度方向を周期方向とする格子からの回折ビームを受光して、ウエハステージ WST1, WST2 の 135 度方向及び Z 軸方向の位置を計測する 2 次元エンコーダ 71<sub>1</sub> (図 6 参照) を構成する。同様に、ヘッド 60<sub>2</sub> ~ 60<sub>4</sub> は、それぞれ、スケール板 22 に計測ビーム（計測光）を照射し、スケール板 22 の表面（下面）に形成された X 軸を基準とする 225 度方向、315 度方向、及び 45 度方向を周期方向とする格子からの回折ビームを受光して、ウエハステージ WST1, WST2 の 225 度方向及び Z 軸方向の位置、315 度方向及び Z 軸方向の位置、及び 45 度方向及び Z 軸方向の位置、を計測する 2 次元エンコーダ 71<sub>2</sub> ~ 71<sub>4</sub> (図 6 参照) をそれぞれ構成する。

#### 【0040】

2 次元エンコーダ（以下、適宜、エンコーダと略称する）70<sub>1</sub> ~ 70<sub>4</sub>, 71<sub>1</sub> ~ 71<sub>4</sub> のそれぞれの計測値は、主制御装置 20 (図 6 参照) に供給される。主制御装置 20 は、2 次元グレーティング RG が形成されたスケール板 21 の下面に対向する少なくとも

10

20

30

40

50

3つのエンコーダ（すなわち、有効な計測値を出力している少なくとも3つのエンコーダ）の計測値に基づいて、投影光学系PL直下の領域を含む露光時移動領域内のウエハテーブルWTB1, WTB2（ウエハステージWST1, WST2）の位置情報を求める。同様に、主制御装置20は、2次元グレーティングRGが形成されたスケール板22の下面に対向する少なくとも3つのエンコーダ（すなわち、有効な計測値を出力している少なくとも3つのエンコーダ）の計測値に基づいて、アライメント系ALG直下の領域を含むアライメント時移動領域内のウエハテーブルWTB1, WTB2（ウエハステージWST1, WST2）の位置情報を求める。

#### 【0041】

また、本実施形態の露光装置100では、ウエハテーブルWTB1, WTB2（ウエハステージWST1, WST2）の位置は、ウエハ干渉計システム18（図6参照）によって、エンコーダシステム70, 71とは独立して計測可能になっている。ウエハ干渉計システム18の計測結果は、エンコーダシステム70, 71の計測値の長期的変動（例えばスケールの経時的な変形などによる）を補正（較正）する場合、あるいはエンコーダシステムの出力異常時のバックアップ用などとして補助的に用いられる。10

#### 【0042】

アライメント系ALGは、図1に示されるように、投影光学系PLの+X側に所定間隔を隔てて配置されたオフアクシス方式のアライメント系である。アライメント系ALGとして、一例としてハロゲンランプ等のプロードバンド（広帯域）光でマークを照明し、このマーク画像を画像処理することによってマーク位置を計測する画像処理方式のアライメントセンサの一種であるFIA(Field Image Alignment)系が用いられている。アライメント系ALGからの撮像信号は、不図示のアライメント信号処理系を介して主制御装置20（図6参照）に供給される。20

#### 【0043】

なお、アライメント系ALGとしては、FIA系に限らず、例えばコヒーレントな検出光をマークに照射し、そのマークから発生する散乱光又は回折光を検出する、あるいはマークから発生する2つの回折光（例えば同次数の回折光、あるいは同方向に回折する回折光）を干渉させて検出するアライメントセンサを単独であるいは適宜組み合わせて用いることは勿論可能である。この他、アライメント系ALGとして、例えば米国特許出願公開第2008/0088843号明細書などに開示される複数の検出領域を有するアライメント系を採用しても良い。30

#### 【0044】

この他、本実施形態の露光装置100には、アライメント系ALGの近傍に、例えば米国特許第5,448,332号明細書等に開示されるものと同様の構成の斜入射方式の多点焦点位置検出系（以下、多点AF系と略述する）AF（図1では不図示、図6参照）が設けられている。多点AF系AFの検出信号は、AF信号処理系（不図示）を介して主制御装置20に供給される（図6参照）。主制御装置20は、ウエハアライメント時に、アライメントマークの検出と並行して、例えば、スケール板22の下面に対向する少なくとも3つのエンコーダ、（すなわち、有効な計測値を出力している少なくとも3つのエンコーダ）などを用いてウエハテーブル上面のZ軸方向の位置を検出しながら、多点AF系AFの検出信号に基づいて、各検出点におけるウエハW表面の面位置情報（凹凸情報）を取得する処理（以下、フォーカスマッピングと呼ぶ）を行う。そして、主制御装置20は、露光時には、フォーカスマッピングにより取得したウエハW表面の面位置情報と、スケール板21の下面に対向する少なくとも3つのエンコーダ（すなわち、有効な計測値を出力している少なくとも3つのエンコーダ）などを用いて検出したウエハテーブル上面のZ軸方向の位置情報とに基づいて、走査露光中のウエハWのいわゆるフォーカス・レベリング制御を実行する。40

#### 【0045】

露光装置100では、さらに、レチクルRの上方に、例えば米国特許第5,646,413号明細書などに開示される露光波長の光を用いたTTT（Through The Reticle）方50

式の一対のレチクルアライメント系 13A, 13B (図 1 では不図示、図 6 参照) が設けられている。レチクルアライメント系 13A, 13B の検出信号は、不図示のアライメント信号処理系を介して主制御装置 20 に供給される。

#### 【0046】

図 6 には、露光装置 100 のステージ制御に関する制御系が一部省略して、ブロック図にて示されている。この制御系は、主制御装置 20 を中心として構成されている。主制御装置 20 は、CPU (中央演算処理装置)、ROM (リード・オンリ・メモリ)、RAM (ランダム・アクセス・メモリ) 等からなるいわゆるマイクロコンピュータ (又はワーカステーション) を含み、装置全体を統括して制御する。

#### 【0047】

上述のようにして構成された露光装置 100 では、デバイスの製造に際し、主制御装置 20 により、アライメント時移動領域内でウエハステージ WST1, WST2 上に保持されたウエハ W に対して、アライメント系 ALG を用いたウエハアライメント (例えば米国特許第 4,780,617 号明細書などに開示されるエンハンスト・グローバル・アライメント (EGA) など) が行われる。その際、エンコーダシステム 71 (エンコーダ 71<sub>1</sub> ~ 71<sub>4</sub>) により、ウエハステージ WST1, WST2 の 6 自由度方向 (X, Y, Z, x, y, z) の位置情報が求められる (計測される)。

10

#### 【0048】

ウエハアライメントの後、主制御装置 20 により、ウエハステージ WST1, WST2 は露光時移動領域に移動され、通常のスキャニング・ステッパと同様に、ウエハテーブル WTB1, WTB2 上の基準マーク板 FM の一対の第 1 基準マークとレチクル R 上の対応する一対のレチクルアライメントマークとをレチクルアライメント系 13A, 13B で検出するレチクルアライメント等が行われる。レチクルアライメントの手順については、例えば、米国特許第 5,646,413 号明細書などに開示されている。

20

#### 【0049】

そして、主制御装置 20 により、ウエハアライメントの結果 (EGA の結果得られたウエハ W 上の複数のショット領域の配列座標を基準マーク板 FM 上の第 2 基準マークの位置を基準に換算した配列座標) 等に基づいて、ステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行われ、ウエハ W 上の複数のショット領域にレチクル R のパターンがそれぞれ転写される。ステップ・アンド・スキャン方式の露光動作は、レチクルステージ RST とウエハステージ WST1, WST2 との同期駆動を行う走査露光動作と、ウエハステージ WST1, WST2 をショット領域の露光のための加速開始位置に移動させるショット間移動 (ステッピング) 動作とを交互に繰り返すことで行われる。露光動作時には、エンコーダシステム 70 (エンコーダ 70<sub>1</sub> ~ 70<sub>4</sub>) により、ウエハステージ WST1, WST2 の 6 自由度方向 (X, Y, Z, x, y, z) の位置情報が求められる (計測される)。

30

#### 【0050】

また、本実施形態の露光装置 100 は、2 つのウエハステージ WST1, WST2 を備えている。そこで、一方のウエハステージ、例えばウエハステージ WST1 上にロードされたウエハに対してステップ・アンド・スキャン方式の露光を行うのと並行して、他方のウエハステージ WST2 上ではウエハ交換とその交換後のウエハに対するウエハアライメント (例えば米国特許出願公開第 2008/0088843 号明細書などに開示される Pri-BCHK の前半の処理同様の第 2 基準マークをアライメント系 ALG を用いて検出する処理、及び EGA) を行う、並行処理動作が行われる。

40

#### 【0051】

本実施形態の露光装置 100 では、前述の通り、主制御装置 20 は、露光時移動領域内ではエンコーダシステム 70 (図 6 参照) を用いて、アライメント時移動領域内ではエンコーダシステム 71 (図 6 参照) を用いて、ウエハテーブル WTB1, WTB2 の 6 自由度方向 (X, Y, Z, x, y, z) の位置情報を求める (計測する)。

#### 【0052】

ここで、エンコーダシステム 70, 71 によるウエハテーブル (ウエハステージ) の X

50

Y平面内の3自由度方向(X軸方向, Y軸方向及びz方向(X, Y, z)とも略記する)の位置計測の原理などについてさらに説明する。ただし、ウエハテーブルWTB2(ウエハステージWST2)はウエハテーブルWTB1(ウエハステージWST1)と同様に構成されているので、ここではウエハテーブルWTB1(ウエハステージWST1)についてのみ説明する。

#### 【0053】

本実施形態では、前述のようなエンコーダヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>及びスケール板21の構成及び配置を採用したことにより、露光時移動領域内ではエンコーダヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>のうちの少なくとも3つが、常時、スケール板21に対向する。

#### 【0054】

ウエハテーブルWTB1の中心(ウエハの中心に一致)が、露光時移動領域内の露光中心(投影光学系PLの光軸AXに一致)から+X側及び+Y側に位置する場合、ウエハテーブルWTB1上のヘッド60<sub>4</sub>, 60<sub>1</sub>, 60<sub>2</sub>がスケール板21に対向する。この場合、これらのヘッド60<sub>4</sub>, 60<sub>1</sub>, 60<sub>2</sub>(エンコーダ70<sub>4</sub>, 70<sub>1</sub>, 70<sub>2</sub>)から有効な計測値が主制御装置20に送信される。なお、以下の説明において、ウエハテーブルWTB1の中心の位置(ウエハの中心位置)を、単に、ウエハテーブル(ウエハ)の位置と呼ぶ。

#### 【0055】

同様に、ウエハテーブルWTB1が、露光中心(光軸AX)から-X側及び+Y側に位置する場合、ヘッド60<sub>1</sub>, 60<sub>2</sub>, 60<sub>3</sub>がスケール板21に対向する。ウエハテーブルWTB1が、露光中心(光軸AX)から-X側及び-Y側に位置する場合、ヘッド60<sub>2</sub>, 60<sub>3</sub>, 60<sub>4</sub>がスケール板21に対向する。ウエハテーブルWTB1が、露光中心Pから+X側及び-Y側に位置する場合、ヘッド60<sub>3</sub>, 60<sub>4</sub>, 60<sub>1</sub>がスケール板21に対向する。さらに、ウエハテーブルWTB1が、露光中心(光軸AX)の極近傍に位置する場合、すべてのヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>がスケール板21に対向する。スケール板21に対向しているヘッド(エンコーダ)から、有効な計測値が主制御装置20に送信される。

#### 【0056】

主制御装置20は、ヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>(エンコーダ70<sub>1</sub>～70<sub>4</sub>)の計測結果に基づいて、ウエハテーブルWTB1(ウエハステージWST1)のXY平面内での位置(X, Y, z)を算出する。ここで、エンコーダ70<sub>1</sub>～70<sub>4</sub>の計測値(それぞれC<sub>1</sub>～C<sub>4</sub>と表記する)は、ウエハテーブルWTB1の位置(X, Y, z)に対して、次式(1)～(4)のように依存する。

#### 【0057】

$$\begin{aligned} C_1 &= -(\cos z + \sin z) X / 2 \\ &\quad + (\cos z - \sin z) Y / 2 + 2 \sin z \dots (1) \\ C_2 &= -(\cos z - \sin z) X / 2 \\ &\quad - (\cos z + \sin z) Y / 2 + 2 \sin z \dots (2) \\ C_3 &= (\cos z + \sin z) X / 2 \\ &\quad - (\cos z - \sin z) Y / 2 + 2 \sin z \dots (3) \\ C_4 &= (\cos z - \sin z) X / 2 \\ &\quad + (\cos z + \sin z) Y / 2 + 2 \sin z \dots (4) \end{aligned}$$

ただし、pは、図5に示されるように、ウエハテーブルWTB1(WTB2)の中心からのヘッドのX軸及びY軸方向に関する距離である。

#### 【0058】

主制御装置20は、ウエハテーブルWTB1(ウエハステージWST1)のXY平面内の位置に応じてスケール板21に対向する3つのヘッド(エンコーダ)を特定し、それらの計測値が従う式を上式(1)～(4)から選択して連立方程式を組み、3つのヘッド(エンコーダ)の計測値を用いて連立方程式を解くことにより、ウエハテーブルWTB1のXY平面内での位置(X, Y, z)を算出する。例えば、ウエハテーブルWTB1が露

10

20

30

40

50

光中心（光軸AX）から+X側及び+Y側に位置する場合、主制御装置20は、ヘッド60<sub>1</sub>，60<sub>2</sub>，60<sub>4</sub>（エンコーダ70<sub>1</sub>，70<sub>2</sub>，70<sub>4</sub>）の計測値が従う式(1)，(2)，及び(4)から連立方程式を組み、それらの左辺に各ヘッドの計測値を代入して連立方程式を解く。なお、ウエハステージWST1が露光中心Pの極近傍に位置する場合、主制御装置20は、ヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>（エンコーダ70<sub>1</sub>～70<sub>4</sub>）から任意の3つを選択すれば良い。

#### 【0059】

主制御装置20は、上の算出結果(X, Y, z)に基づいて、露光時移動領域内でウエハステージWST1を駆動（位置制御）する。

#### 【0060】

ウエハテーブルWTB1（ウエハステージWST1）が、アライメント時移動領域内に位置する場合、主制御装置20は、エンコーダシステム71を用いて3自由度方向(X, Y, z)の位置情報を計測する。ここで、計測原理等は、露光中心がアライメント系ALGの検出中心に、スケール板21がスケール板22に置き換わる以外、先のエンコーダシステム70を用いる場合と同様である。

#### 【0061】

さらに、主制御装置20は、ウエハテーブルWTB1, WTB2（ウエハステージWST1, WST2）のX, Y平面内の位置に応じて、スケール板21, 22に対向するヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>のうちの3つを切り換えて使用する。ここで、エンコーダヘッドを切り換える際には、例えば米国特許出願公開第2008/0094592号明細書などに開示されているように、ウエハステージの位置計測結果の連続性を保証するためのつなぎ処理が行われる。

#### 【0062】

本実施形態の露光装置100では、ウエハステージWST1, WST2の軽量化及び位置制御性の向上等の観点から、ムービングコイル型の平面モータ30が採用されている。ムービングコイル型の平面モータ30の場合、ステージベース12内に設けられた固定子（磁石ユニット14a）により、例えば図7(A)に示されるように、露光装置100内に定常的な開放磁場が放出される。図7(A)では、開放磁場の力線（磁力線）が点線（破線）で示されている。

#### 【0063】

投影ユニットPU、アライメント系ALG等の露光装置100の構成各部（ステージ装置を除く）を支持するメインフレーム（メトロロジーフレーム）23は、通常その素材として磁性体であるインバーが用いられる。勿論、セラミックス等の非磁性体をメインフレームの素材として用いることもできるが、メインフレームに支持される構成各部の全てを非磁性体とすることはほぼ不可能である。このため、磁石ユニット14aにより放出される開放磁場が媒体となってステージベース12とメインフレーム23（支持される構成各部を含む）との間に磁力が作用し、この磁力の作用によりメインフレーム23が極めて微量ではあるが歪み得る。このメインフレーム23の歪みにより、スケール板21, 22の姿勢が変わる、あるいはスケール板21, 22自体が歪み、結果的にエンコーダシステム70, 71の計測誤差が発生し得る。

#### 【0064】

さらに、ウエハステージWST1, WST2も、永久磁石等の磁性体を含むZ・チルト駆動機構28等を含んで構成されている。また、平面モータ30を構成する可動子（コイルユニット（不図示））、またZ・チルト駆動機構28のコイルも磁場を発生する。このため、ウエハステージWST1, WST2がステージベース12上を移動することにより開放磁場が変化し、メインフレーム23（支持される構成各部を含む）に作用する磁力がウエハステージWST1, WST2の位置に応じて変わり得る。

#### 【0065】

図7(B)には、図7(A)と同様に、露光装置100内の開放磁場が示されている。図7(A)及び図7(B)は、ウエハステージWST2がアライメント時移動領域内で -

10

20

30

40

50

X 方向に移動することにより、ウエハステージ W S T 1 は露光時移動領域内のほぼ同じ位置にあるにもかかわらず、露光時移動領域内の開放磁場が図 7 ( A ) に示される状態から図 7 ( B ) に示される状態に変化する様子が示されている。この開放磁場の変化は、上述の通り、スケール板 2 1 の姿勢の变化あるいはスケール板 2 1 自体の歪みを生じさせる。上記と反対に、ウエハステージ W S T 1 が移動すると、ウエハステージ W S T 2 が停止していても、アライメント時移動領域内の磁場が変化し、スケール板 2 2 の姿勢の変化あるいはスケール板 2 2 自体の歪みを生じさせる。

#### 【 0 0 6 6 】

従って、一方のウエハステージの位置に応じて、他方のウエハテーブル（ウエハステージ）の位置を計測するエンコーダシステム 7 0 又は 7 1 の計測誤差が発生し得る。この計測誤差は、露光精度及びアライメント計測精度の低下を招き、ひいては重ね合わせ精度、フォーカス精度等が低下し、最終的には、半導体デバイスの歩留まりの低下をも招くこととなる。10

#### 【 0 0 6 7 】

以下、一方のウエハステージの移動に伴う磁場の変化に起因する他方のウエハテーブル（ウエハステージ）の位置を計測するエンコーダシステム 7 0 , 7 1 の計測誤差を補正する方法について説明する。

#### 【 0 0 6 8 】

主制御装置 2 0 により、露光装置 1 0 0 の起動時、アイドル時等に、エンコーダシステム 7 0 , 7 1 の計測誤差を補正するための補正マップが作成される。ここで、エンコーダシステム 7 0 用の補正マップは、以下の手順により作成される。なお、以下の補正マップの作成に関する説明中では、エンコーダシステム 7 0 によるウエハステージの位置の計測情報を ( X , Y ) とし、エンコーダシステム 7 1 によるウエハステージの位置の計測情報を ( x , y ) として、説明を行う。20

#### 【 0 0 6 9 】

ウエハテーブル W T B 1 ( ウエハステージ W S T 1 ) 上には、テストウエハ W T ( 図 8 ( B ) 参照 ) がロードされているものとする。テストウエハ W T の表面には、露光装置 1 0 0 にインライン接続された不図示のコータ・デベロッパ ( C / D ) によりレジストが塗布されている。

#### 【 0 0 7 0 】

主制御装置 2 0 は、テストウエハ W T がロードされたウエハテーブル W T B 1 上の基準マーク板 F M が投影光学系 P L の直下 ( 露光中心 ( 投影光学系 P L の光軸 A X と一致 ) ) に位置するよう、ウエハステージ W S T 1 を移動させる。このとき、ウエハステージ W S T 2 は、ウエハステージ W S T 1 から十分に離れた基準位置 ( x 0 , y 0 ) 、例えば、ウエハの交換が行われるロード・アンロード位置に位置しているものとする。30

#### 【 0 0 7 1 】

また、主制御装置 2 0 は、レチクル交換機構 ( 不図示 ) を用いて、テ스트レチクル R T をレチクルステージ R S T 上にロードする。テ스트レチクル R T には、矩形のパターン領域が形成され、その中央部に図 8 ( A ) に示されるような十字状の遮光パターン ( 又は開口パターン ) から成るテストパターン M R が形成されている。また、テ스트レチクル R T には、レチクルセンタを通るパターン領域の X 軸方向の両側に、一対のレチクルアライメントマーク ( 不図示 ) が形成されている。40

#### 【 0 0 7 2 】

テ스트レチクル R T のロード後、主制御装置 2 0 は、一対のレチクルアライメント系 1 3 A , 1 3 B 及びウエハステージ W S T 1 の基準マーク板 F M を用いて、前述と同様にしてテ스트レチクル R T のレチクルアライメントを行う。一対のレチクルアライメント系 1 3 A , 1 3 B により対応するレチクルアライメントマークと第 1 基準マークとが検出される状態で、主制御装置 2 0 は、エンコーダシステム 7 0 からの位置計測結果 ( X 1 , Y 1 , z 1 ) をリセットする。なお、以下のテスト露光中、レチクルステージ R S T ( テストレチクル R T ) は、その位置決め位置に留められる。50

## 【0073】

次に、主制御装置20は、ウエハテーブルWTB1の中心（テストウエハWTの中心）が投影光学系PLの下方（露光中心の近傍）に位置するよう、ウエハステージWST1を移動する。なお、この時のウエハステージWST1の位置を、露光時移動領域内の第1計測点での基準位置（ $X_{10}, Y_{10}$ ）とする。移動後、主制御装置20は、エンコーダシステム70からの計測情報X, Yが一定に維持されるように、ウエハステージWST1をサーボ制御して、その位置決め状態を維持する（その位置に留める）。ただし、ウエハステージWST1のz<sub>1</sub>方向の位置はリセット時の位置に維持されている。

## 【0074】

上述の状態において、主制御装置20は、照明光ILをテストレチクルRTに照射して、テストパターンMRの像をテストウエハWTに転写する。 10

## 【0075】

転写後、主制御装置20は、ウエハステージWST1を-X方向に距離H、ステップ駆動する。このとき、主制御装置20は、エンコーダシステム70からの計測情報X, Yではなく、ウエハ干渉計システム18からの計測情報に基づいて、ウエハステージWST1をステップ駆動する。ステップ駆動の後、主制御装置20は、エンコーダシステム70からの計測情報X, Yが一定に維持されるようにサーボ制御して、その位置決め状態を維持する（その位置に留める）。ただし、ウエハステージWST1のz<sub>1</sub>方向の位置はリセット時の位置に維持されている。この状態において、主制御装置20は、ウエハステージWST2をアライメント時移動領域内の第1計測位置（x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>）に移動させる。 20

## 【0076】

上述の状態において、主制御装置20は、先と同様に、照明光ILをテストレチクルRTに照射して、テストパターンMRの像をテストウエハWTに転写する。

## 【0077】

以降同様に、主制御装置20は、ウエハステージWST1を-X方向に距離Hステップ駆動し、エンコーダシステム70からの計測情報X, Yが一定に維持されるように、ウエハステージWST1をサーボ制御してその位置決め状態を維持している間に、ウエハステージWST2をアライメント時移動領域内の次の計測位置（x<sub>i+1</sub>, y<sub>i+1</sub>）に移動するとともに、テストパターンMRの像をテストウエハWTに転写する。この処理を、ウエハステージWST2をアライメント時移動領域内の計測位置（x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>）～（x<sub>I</sub>, y<sub>I</sub>）への逐次移動に対して繰り返す。 30

## 【0078】

これにより、図8(B)及び図8(C)に示されるように、テストパターンMRに対応する(I+1)個の潜像(M<sub>10</sub>～M<sub>1I</sub>)が、テストウエハWTの中央にX軸方向に並んで形成される。

## 【0079】

なお、ステップ距離Hは、露光時移動領域内の計測点間の離間距離に対して十分小さく、例えば100μm程度に、選ぶこととする。

## 【0080】

露光時移動領域内の第1計測点（ $X_{1i}, Y_{1i}$ ）（i=0～i）におけるテスト露光が終了すると、続いて、主制御装置20は、露光時移動領域内の第2計測点（ $X_{2i}, Y_{2i}$ ）（i=0～i）におけるテスト露光を開始する。ここで、第2計測点は、その基準位置（ $X_{20}, Y_{20}$ ）が、図8(B)に示されるウエハテーブルWTB1の中心（テストウエハWTの中心）から+X方向に距離HXの点が投影光学系PLの下方（露光中心の近傍）に位置するウエハテーブルWTB1（ウエハステージWST1）の位置である。 40

## 【0081】

露光時移動領域内の第2計測点（ $X_{2i}, Y_{2i}$ ）（i=0～i）におけるテスト露光に際しては、まず、主制御装置20は、ウエハステージWST1を、ウエハ干渉計システム18からの計測情報に基づいて、第2計測点の基準位置（ $X_{20}, Y_{20}$ ）に移動させる。それと同時に、主制御装置20は、ウエハステージWST2を基準位置（x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>） 50

)に移動させる。移動後、主制御装置20は、エンコーダシステム70からの計測情報X, Yが一定に維持されるように、ウエハステージWST1をサーボ制御して、その位置状態を維持する。ただし、ウエハステージWST1の $z_1$ 方向の位置はリセット時の位置に維持されている。

#### 【0082】

上述の状態において、主制御装置20は、照明光ILをテストトレチクルRTに照射して、テストパターンMRの像をテストウエハWTに転写する。

#### 【0083】

以降同様に、主制御装置20は、ウエハステージWST1を-X方向に距離H、ステップ駆動し、エンコーダシステム70からの計測情報X, Yが一定に維持されるようにウエハステージWST1をサーボ制御してその位置決め状態を維持している間に、ウエハステージWST2をアライメント時移動領域内の次の計測位置( $x_{i+1}, y_{i+1}$ )に移動するとともに、テストパターンMRの像をテストウエハWTに転写する。この処理を、ウエハステージWST2をアライメント時移動領域内の計測位置( $x_1, y_1$ )～( $x_I, y_I$ )への逐次移動に対して繰り返す。  
10

#### 【0084】

これにより、図8(B)に示されるように、テストパターンMRに対応する(I+1)個の潜像( $M_{20} \sim M_{2I}$ )が、テストウエハWTの+X端近傍にX軸方向に並んで形成される。

#### 【0085】

以後、主制御装置20は、同様のテスト露光を露光時移動領域内の第3～5計測点( $x_{3i}, y_{3i}$ )～( $x_{5i}, y_{5i}$ )( $i = 0 \sim i$ )について行う。ここで、第3～5計測点は、それぞれの基準位( $x_{30}, y_{30}$ )、( $x_{40}, y_{40}$ )、( $x_{50}, y_{50}$ )が、図8(B)に示されるウエハテーブルWTB1の中心(テストウエハWTの中心)から+Y方向に距離HYの点、-X方向に距離HXの点、及び-Y方向に距離HYの点が投影光学系PLの下方(露光中心の近傍)に位置するウエハステージWST1の位置である。これにより、図8(B)に示されるように、テストパターンMRに対応する潜像( $M_{30} \sim M_{3I}, M_{40} \sim M_{4I},$  及び $M_{50} \sim M_{5I}$ )が、テストウエハWTの+Y端近傍、-X端近傍、及び-Y端近傍にX軸方向に並んで形成される。  
20

#### 【0086】

テスト露光の終了後、主制御装置20は、ウエハステージWST1をロード・アンロード位置に移動し、ウエハステージWST1からテストウエハWTをアンロードする。主制御装置20は、テストウエハWTを、前述のC/D(不図示)に搬送して現像する。これにより、テストウエハWT上に、図8(B)に示されるように、レジストパターン $M_{10} \sim M_{1I}, M_{20} \sim M_{2I}, M_{30} \sim M_{3I}, M_{40} \sim M_{4I},$  及び $M_{50} \sim M_{5I}$ が形成される。主制御装置20は、現像されたテストウエハWTを、ロード・アンロード位置に待機しているウエハステージWST1に再度ロードし、ウエハステージWST1をアライメント時移動領域に移動する。なお、この時、ウエハステージWST2は、露光時移動領域等に退避している。  
30

#### 【0087】

上述のテストウエハWTの現像後、主制御装置20は、アライメント系ALGを用いてテストウエハWTに形成されたレジストパターンを検出する。

#### 【0088】

主制御装置20は、テストウエハWTの中央に形成されたレジストパターン $M_{10}$ がアライメント系ALGの検出視野内に位置するよう、ウエハステージWST1を移動する。主制御装置20は、アライメント系ALGの検出中心(指標中心)にレジストパターン $M_{10}$ を一致させ、ウエハステージWST1を位置決めする。この時の指標中心からのレジストパターン $M_{10}$ のX軸方向及びY軸方向に関する位置ずれ $x_{10}, y_{10}$ は、 $x_{10} = y_{10} = 0$ と検出される。主制御装置20は、検出された位置ずれ $x_{10}, y_{10}$ をレジストパターン $M_{10}$ に対応するテスト露光時のウエハステージWST1の  
40

位置（露光時移動領域内の第1計測点の位置（ $X_1, Y_1$ ））とウエハステージWST2の位置（アライメント時移動領域内の基準位置 $x_0, y_0$ ）とに対応付けて、記憶装置（不図示）に記憶する。ここで、第1計測点の位置（ $X_1, Y_1$ ）は、先に説明した第1計測点における基準位置（ $X_{10}, Y_{10}$ ）と同じである。

#### 【0089】

主制御装置20は、アライメント系ALGの検出中心（指標中心）とレジストパターン $M_{10}$ が一致した上の状態から、ウエハステージWST1を-X方向に距離Hステップ駆動する。この場合も、エンコーダシステム71からの計測情報 $X_2, Y_2$ ではなく、ウエハ干涉計システム18からの計測情報に基づいてウエハステージWST1をステップ駆動するのが望ましい。ステップ駆動後、主制御装置20は、アライメント系ALGを用いてレジストパターン $M_{11}$ を検出し、その指標中心からのX軸方向及びY軸方向に関する位置ずれ $X_{11}, Y_{11}$ を検出する。  
10

#### 【0090】

ここで、テスト露光時に、ウエハステージWST2の位置に応じた磁場の変化に起因するエンコーダシステム70の計測誤差が発生していなければ、位置ずれは $X_{11} = Y_{11} = 0$ と検出される。しかし、図8(C)に示される例では、位置ずれは $X_{11} = 0, Y_{11} \neq 0$ と検出される。なお、図中、レジストパターン $M_{11}$ (~ $M_{1I}$ )の検出時における指標マークの位置が、破線を用いて、レジストパターンとともに示されている。検出された位置ずれは、ウエハステージWST2の位置に応じた磁場の変化に起因するエンコーダシステム70の計測誤差を意味する。  
20

#### 【0091】

主制御装置20は、検出された位置ずれ $X_{11}, Y_{11}$ をレジストパターン $M_{11}$ に対応するテスト露光時のウエハステージWST1の位置（露光時移動領域内の第1計測点の位置（ $X_1, Y_1$ ））とウエハステージWST2の位置（アライメント時移動領域内の基準位置（ $x_0, y_0$ ））とに対応付けて、記憶装置（不図示）に記憶する。

#### 【0092】

以降、主制御装置20は、同様に、逐次、ウエハステージWST1を-X方向に距離Hステップ駆動し、アライメント系ALGを用いてレジストパターン $M_{1i}$ ( $i = 2 \sim I$ )を検出する。検出毎に、主制御装置20は、レジストパターン $M_{1i}$ ( $i = 2 \sim I$ )の指標中心からの位置ずれ $X_{1i}, Y_{1i}$ ( $i = 2 \sim I$ )の検出結果を、レジストパターン $M_{1i}$ に対応するテスト露光時のウエハステージWST1の位置（露光時移動領域内の第1計測点の位置（ $X_1, Y_1$ ））とウエハステージWST2の位置（アライメント時移動領域内の基準位置 $x_0, y_0$ ）とに対応付けて、記憶装置（不図示）に記憶する。  
30

#### 【0093】

主制御装置20は、同様に、他のレジストパターン $M_{20} \sim M_{2I}, M_{30} \sim M_{3I}, M_{40} \sim M_{4I}$ 、及び $M_{50} \sim M_{5I}$ を検出する。ここで、テスト露光時に、ウエハステージWST1の位置に応じた磁場の変化に起因するエンコーダシステム70の計測誤差が発生していなければ、ウエハステージWST2の位置が互いに等しいレジストパターン $M_{1i} \sim M_{5i}$ のそれぞれについての位置ずれ $X_i, Y_i$ ( $i = 1 \sim I$ )が検出される。計測誤差が発生している場合、異なる位置ずれ $X_{ki}, Y_{ki}$ ( $k = 1 \sim 5, i = 1 \sim I$ )が検出される。これにより、補正マップ $X_i, Y_i$ が、 $X_k, Y_k, X_i, Y_i$ についての関数 $X_i(X_k, Y_k, X_i, Y_i), Y_i(X_k, Y_k, X_i, Y_i)$ として求められる。  
40

#### 【0094】

なお、補正マップ $X_i(X_k, Y_k, X_i, Y_i), Y_i(X_k, Y_k, X_i, Y_i)$ は $X_k, Y_k, X_i, Y_i$ の複数の離散点についての離散データとして求められるので、線形補完等を用いて $X, Y, x, y$ についての連続関数に変換しても良い。すなわち、補正情報を補正マップではなく、補正関数 $X_i(X, Y, x, y), Y_i(X, Y, x, y)$ の形で持っておいても良い。

#### 【0095】

主制御装置 20 は、露光時にウエハステージ WST 1 を露光時移動領域内で駆動する際、エンコーダシステム 70, 71 からのウエハステージ WST 1, WST 2 の位置計測情報  $X, Y, x, y$  を用いて補正マップ  $X_i (X_k, Y_k, x_i, y_i), Y_i (X_k, Y_k, x_i, y_i)$  から補正值  $X_i, Y_i$  を導出し、該補正值を用いてエンコーダシステム 70 からのウエハステージ WST 1 の位置計測情報  $X, Y$  をそれぞれ  $X - X_i, Y - Y_i$  と補正する。主制御装置 20 は、補正した位置計測情報  $X - X_i, Y - Y_i$  を用いて、ウエハステージ WST 1 を駆動（位置制御）する。

#### 【0096】

エンコーダシステム 71 用の補正マップは、形成位置が既知の複数のマークが設けられた基準ウエハ  $W_0$  を用いて、以下の手順により作成される。

10

#### 【0097】

図 9 には、基準ウエハ  $W_0$  の一例が示されている。基準ウエハ  $W_0$  上には、5 つの十字マーク  $AM_1 \sim AM_5$  が形成されている。ここで、マーク  $AM_1 \sim AM_5$  は、それぞれ、基準ウエハ  $W_0$  の中心、中心から +X 方向に距離  $WX$  の位置、中心から +Y 方向に距離  $WY$  の位置、中心から -X 方向に距離  $WX$  の位置、中心から -Y 方向に距離  $WY$  の位置に形成されている。基準ウエハ  $W_0$  は、ウエハテーブル  $WTB2$ （ウエハステージ  $WST2$ ）上にロードされているものとする。

#### 【0098】

主制御装置 20 は、基準ウエハ  $W_0$  がロードされたウエハステージ  $WST2$  をアライメント時移動領域内に移動させる。また、主制御装置 20 は、ウエハステージ  $WST1$  を、ウエハステージ  $WST2$  から十分に離間させた基準位置 ( $X_0, Y_0$ ) に移動させる。

20

#### 【0099】

次に、主制御装置 20 は、基準ウエハ  $W_0$  に形成されたマーク  $AM_1$  がアライメント系  $ALG$  の検出視野内に位置するよう、ウエハステージ  $WST2$  を移動させる。主制御装置 20 は、アライメント系  $ALG$  の検出中心（指標中心）にマーク  $AM_1$  を一致させる。この時のウエハステージ  $WST2$  の位置を、アライメント時移動領域内の第 1 計測位置  $x_1, y_1$  と定める。この時の指標中心からのマーク  $AM_1$  の X 軸方向及び Y 軸方向に関する位置ずれ  $x_{10}, y_{10}$  は、 $x_{10} = y_{10} = 0$  と検出される。主制御装置 20 は、検出された位置ずれ  $x_{10}, y_{10}$  をウエハステージ  $WST1$  の位置（露光時移動領域内の基準位置  $X_0, Y_0$ ）とウエハステージ  $WST2$  の位置（アライメント時移動領域内の第 1 計測位置  $x_1, y_1$ ）とに対応付けて、記憶装置（不図示）に記憶する。

30

#### 【0100】

主制御装置 20 は、エンコーダシステム 71 からの計測情報 ( $x, y$ ) に基づいて、ウエハステージ  $WST2$  をサーボ制御し、その位置決め状態を維持する（その位置 ( $x_1, y_1$ ) に留める）。ただし、ウエハステージ  $WST2$  の  $z$  方向の位置は基準位置 ( $z = 0$ ) に維持されている。

#### 【0101】

上述の状態において、主制御装置 20 は、ウエハステージ  $WST1$  を露光時移動領域内の第 1 計測位置  $X_1, Y_1$  に移動する。移動後、主制御装置 20 は、アライメント系  $ALG$  を用いてマーク  $AM_1$  を検出し、その指標中心からの X 軸方向及び Y 軸方向に関する位置ずれ  $x_{11}, y_{11}$  を検出する。

40

#### 【0102】

ここで、ウエハステージ  $WST1$  の位置に応じた磁場の変化に起因するエンコーダシステム 71 の計測誤差が発生している場合、位置ずれは  $x_{11} 0, y_{11} 0$  と検出される。主制御装置 20 は、検出された位置ずれ  $x_{11}, y_{11}$  を、ウエハステージ  $WST1$  の位置（露光時移動領域内の第 1 計測位置  $X_1, Y_1$ ）とウエハステージ  $WST2$  の位置（アライメント時移動領域内の第 1 計測位置  $x_1, y_1$ ）とに対応付けて、記憶装置（不図示）に記憶する。

#### 【0103】

以降、主制御装置 20 は、同様に、逐次、ウエハステージ  $WST1$  を露光時移動領域内

50

の計測位置  $X_i, Y_i$  ( $i = 2 \sim I$ ) に移動し、アライメント系 A L G を用いてマーク A M<sub>1</sub> を検出する。検出毎に、主制御装置 20 は、マーク A M<sub>1</sub> の指標中心からの位置ずれ  $x_{1i}, y_{1i}$  ( $i = 2 \sim I$ ) の検出結果を、ウエハステージ W S T 1 の位置 (露光時移動領域内の第 1 計測位置  $X_i, Y_i$ ) とウエハステージ W S T 2 の位置 (アライメント時移動領域内の第 1 計測位置  $x_1, y_1$ ) とに対応付けて、記憶装置 (不図示) に記憶する。

#### 【0104】

主制御装置 20 は、同様に、その他のマーク A M<sub>j</sub> ( $j = 2 \sim 5$ ) を検出する。ここで、ウエハステージ W S T 2 の位置に応じた磁場の変化に起因するエンコーダシステム 71 の計測誤差が発生していなければ、ウエハステージ W S T 1 の位置が互いに等しいマーク A M<sub>j</sub> ( $j = 1 \sim 5$ ) のそれぞれについての位置ずれ  $x_i, y_i$  ( $i = 1 \sim I$ ) が検出される。計測誤差が発生している場合、異なる位置ずれ  $x_{jj}, y_{jj}$  ( $j = 1 \sim 5, i = 1 \sim I$ ) が検出される。10

#### 【0105】

主制御装置 20 は、マーク A M<sub>j</sub> の指標中心からの位置ずれ  $x_{jj}, y_{jj}$  ( $j = 2 \sim 5$ ) の検出結果を、ウエハステージ W S T 1 の位置 (露光時移動領域内の計測位置  $X_i, Y_i$ ) とウエハステージ W S T 2 の位置 (アライメント時移動領域内の計測位置  $x_j, y_j$ ) とに対応付けて、記憶装置 (不図示) に記憶する。これにより、補正マップ  $x_i, y_i$  が、 $X_i, Y_i, x_j, y_j$  についての関数  $x_i(X_i, Y_i, x_j, y_j), y_i(X_i, Y_i, x_j, y_j)$  として求められる。20

#### 【0106】

なお、補正マップ  $x_i(X_i, Y_i, x_j, y_j), y_i(X_i, Y_i, x_j, y_j)$  は  $X_i, Y_i, x_j, y_j$  の複数の離散点についての離散データとして求められるので、線形補完等を用いて  $X, Y, x, y$  についての連続関数に変換しても良い。すなわち、補正情報を補正マップではなく、補正関数  $x_i(X, Y, x, y), y_i(X, Y, x, y)$  の形で持っておいても良い。

#### 【0107】

主制御装置 20 は、アライメント計測時にウエハステージ W S T 2 をアライメント時移動領域内で駆動する際、エンコーダシステム 70, 71 からのウエハステージ W S T 1, W S T 2 の位置計測情報  $X, Y, x, y$  を用いて補正マップ  $x_i(X_i, Y_i, x_j, y_j), y_i(X_i, Y_i, x_j, y_j)$  から補正值  $x_i, y_i$  を導出し、該補正值を用いてエンコーダシステム 71 からのウエハステージ W S T 2 の位置計測情報  $x, y$  をそれぞれ  $x - x_i, y - y_i$  と補正する。主制御装置 20 は、補正した位置計測情報  $x - x_i, y - y_i$  を用いて、ウエハステージ W S T 2 を駆動 (位置制御) する。30

#### 【0108】

なお、本実施形態では露光時移動領域内の 5 つの計測位置及びアライメント時移動領域内の  $I + 1$  の計測位置 (基準位置を含む) を選択したが、補正マップの作成に費やす時間、要する補正精度等より、計測位置の数及び位置を定めることとする。

#### 【0109】

本実施形態の露光装置 100 では、両ウエハステージ W S T 1, W S T 2 は同様に構成されているので、補正マップ  $X_i(X_k, Y_k, x_i, y_i), Y_i(X_k, Y_k, x_i, y_i)$  及び  $x_i(X_i, Y_i, x_j, y_j), y_i(X_i, Y_i, x_j, y_j)$  は両方のウエハステージ W S T 1, W S T 2 に対して兼用することができる。なお、ウエハステージ W S T 1, W S T 2 間の個体差がある場合、両ステージのそれぞれに対して補正マップを作成することとする。作成手順は、ウエハステージ W S T 1, W S T 2 が入れ替わる以外、上述の手順と同様である。40

#### 【0110】

なお、本実施形態では、一方のウエハステージの移動に伴う磁場の変化に起因する他方のウエハステージについてのエンコーダシステム 70, 71 の計測誤差に注目しているため、補正マップを作成するに際し、一方のウエハステージを、逐一、計測位置に位置決め50

することとした。ここで、一方のウエハステージを、各計測位置から、例えば単位加速度（単位駆動力）でX軸方向及びY軸方向のそれぞれに駆動することとしても良い。この場合、一方のウエハステージの移動に伴う露光気中の圧力変動等、力学的効果に起因する他方のウエハステージについてのエンコーダシステム70, 71の計測誤差を補正することができる補正マップが得られる。

#### 【0111】

次に、エンコーダシステム70, 71による3自由度方向（Z, x, y）の位置計測の原理などについてさらに説明する。

#### 【0112】

本実施形態では、前述のようなエンコーダヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>及びスケール板21の構成及び配置を採用したことにより、露光時移動領域内では、ウエハステージWST1（WST2）の位置に応じて、エンコーダヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>のうちの少なくとも3つがスケール板21に対向する。スケール板21に対向するヘッド（エンコーダ）から有効な計測値が主制御装置20に送信される。10

#### 【0113】

主制御装置20は、エンコーダ70<sub>1</sub>～70<sub>4</sub>の計測結果に基づいて、ウエハテーブルWTB1（WTB2）の位置（Z, x, y）を算出する。ここで、エンコーダ70<sub>1</sub>～70<sub>4</sub>のZ軸方向に関する計測値（前述のXY平面内の一軸方向についての計測値C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub>と区別して、それぞれ、D<sub>1</sub>～D<sub>4</sub>と表記する）は、ウエハテーブルWTB1（WTB2）の位置（Z, x, y）に対して、次式（5）～（8）のように依存する。20

#### 【0114】

$$D_1 = -p \tan y + p \tan x + Z \quad \dots (5)$$

$$D_2 = p \tan y + p \tan x + Z \quad \dots (6)$$

$$D_3 = p \tan y - p \tan x + Z \quad \dots (7)$$

$$D_4 = -p \tan y - p \tan x + Z \quad \dots (8)$$

ただし、pは、ウエハテーブルWTB1（WTB2）の中心からのヘッドのX軸及びY軸方向に関する距離（図5参照）である。

#### 【0115】

主制御装置20は、ウエハテーブルWTB1（WTB2）の位置に応じて3つのヘッド（エンコーダ）の計測値の従う式を上式（5）～（8）から選択し、それらから構成される連立方程式に3つのヘッド（エンコーダ）の計測値を代入して解くことにより、ウエハテーブルWTB1（WTB2）の位置（Z, x, y）を算出する。例えば、ウエハテーブルWTB1（WTB2）が露光中心（光軸AX）から+X側及び+Y側に位置する場合、主制御装置20は、ヘッド60<sub>1</sub>, 60<sub>2</sub>, 60<sub>4</sub>（エンコーダ70<sub>1</sub>, 70<sub>2</sub>, 70<sub>4</sub>）の計測値が従う式（5）, (6), 及び(8)から連立方程式を組み、それらの左辺に計測値を代入して解く。ウエハテーブルWTB1（WTB2）の位置（Z, x, y）の算出は、先に説明したようにウエハアライメント時のフォーカスマッピングの際、及び露光の際に行われる。30

#### 【0116】

主制御装置20は、事前に取得したウエハの凹凸情報と、上記の算出結果（Z, x, y）とに基づいて、露光時移動領域内でウエハテーブルWTB1（WTB2）をフォーカス・レベリング制御する。40

#### 【0117】

ウエハテーブルWTB1（WTB2）が、アライメント時移動領域内に位置する場合、主制御装置20は、エンコーダシステム71を用いて3自由度方向（Z, x, y）の位置情報を計測する。この場合の計測原理等は、露光中心がアライメント系ALGの検出中心に、スケール板21がスケール板22に置き換わる以外、先のエンコーダシステム70を用いる場合と同様である。主制御装置20は、エンコーダシステム71の計測結果に基づいて、露光時のフォーカス・レベリング制御のため、ウエハの面位置とウエハテーブルWTB1（WTB2）のZ位置との関係を取得する。50

**【0118】**

さらに、主制御装置20は、ウエハステージWST1、WST2の位置に応じて、スケール板21、22に対向するヘッド60<sub>1</sub>～60<sub>4</sub>のうちの3つを切り換えて使用する。ここで、エンコーダヘッドを切り換える際には、ウエハテーブルWTB1(WTB2)の位置の計測結果の連続性を保証するため、前述と同様のつなぎ処理が行われる。

**【0119】**

エンコーダシステム70、71によるウエハテーブルWTB1(WTB2)の3自由度方向(Z, x, y)の位置計測においても、主制御装置20は、前述と同様に、補正マップを作成し、その補正マップを用いてエンコーダシステム70、71からのウエハテーブルWTB1(WTB2)の3自由度方向(Z, x, y)の位置計測情報を補正し、その補正した位置計測情報を用いて、例えば前述のフォーカス・レベリング制御などを行なうことができる。10

**【0120】**

ただし、主制御装置20は、エンコーダシステム70用の補正マップを作成するに際し、エンコーダシステム70の少なくとも3つのエンコーダでウエハテーブルWTB1のZ位置を計測しながら、ウエハテーブルWTB1のZ位置を変更してフォーカス計測マークをウエハ上に転写し、そのウエハの現像後にレジストパターンを検出することで、マークのフォーカス情報(ウエハテーブルのZ軸方向の位置)を計測する。また、エンコーダシステム71用の補正マップを作成するに際し、アライメント時移動領域内(アライメント系ALG近傍)に設置された多点AF系AFを用いてウエハテーブルのZ軸方向の位置を計測する。20

**【0121】**

以上説明したように、本実施形態の露光装置100によると、主制御装置20により、エンコーダシステム70で計測された一方のウエハステージWST1(又はWST2)の位置情報と、両方のウエハステージWST2及びWST1の位置に応じた補正情報(予め作成した補正マップ又は補正関数)とに基づいて、露光時移動領域内で、平面モータ30を介して一方のウエハステージWST1(又はWST2)が駆動される。ここで、補正マップ等から補正值を取り出すためのウエハステージWST2、WST1の位置情報は、エンコーダシステム71、70で計測された位置情報が用いられる。従って、露光時移動領域内では、一方のウエハステージWST1(又はWST2)を高精度に駆動することが可能となる。30

**【0122】**

また、主制御装置20により、エンコーダシステム71で計測された他方のウエハステージWST2(又はWST1)の位置情報と、両方のウエハステージWST2及びWST1の位置に応じた補正情報(予め作成した補正マップ又は補正関数)とに基づいて、アライメント時移動領域内で、平面モータ30を介して他方のウエハステージWST2(又はWST1)が駆動される。ここで、補正マップ等から補正值を取り出すためのウエハステージWST2、WST1の位置情報は、エンコーダシステム71、70で計測された位置情報が用いられる。従って、アライメント時移動領域内では、他方のウエハステージWST2(又はWST1)を高精度に駆動することが可能となる。本実施形態では、補正情報は、6自由度方向に関して求められている。40

**【0123】**

従って、本実施形態の露光装置100によると、アライメント時における高いアライメント計測精度及びフォーカスマッピング精度を確保することができ、これらの結果を用いて露光が行われるので、高い露光精度(重ね合わせ精度、フォーカス制御精度等)を実現して、最終的には、半導体デバイスの歩留まりを向上させることができる。

**【0124】**

なお、上記実施形態では、エンコーダシステム70の補正マップ又は補正関数の作成のため、テストパターンM<sub>R</sub>の像をテストウエハW<sub>T</sub>に転写し、その転写像の位置計測を行うことで、補正マップ又は補正関数の作成のためのデータX<sub>k\_i</sub>, Y<sub>k\_i</sub>(k=1～50

5、 $i = 1 \sim I$ ) を求める場合について説明したが、これに限らず、ウエハテーブルに少なくともその一部(空間像計測用スリットを含む)が配置された空間像計測装置を設け、該空間像計測装置を用いて、テストパターン $M_R$ の像を計測し、その空間像計測により得られる横軸をエンコーダシステム70の計測情報とする空間像プロファイルからテストパターン $M_R$ の像の結像位置を求ることで、上記のデータ  $X_{k_i}, Y_{k_i}$  ( $k = 1 \sim 5, i = 1 \sim I$ ) を求めて良い。

#### 【0125】

また、露光装置が上述の空間像計測装置を備えている場合、例えば、その空間像計測用スリット(以下、スリットと称する)を複数、例えば少なくともウエハステージWST1のウエハテーブルWTB1の四隅を含む複数箇所に配置して、それぞれのスリットでテストパターンの空間像を計測可能にすることができる。この場合、主制御装置20は、ウエハステージWST1(ウエハテーブルWTB1)を駆動して複数のスリットを順次に投影光学系PLの下方に位置させ、その都度、ウエハステージWST2を上記実施形態と同様にアライメント時移動領域内の複数箇所に順次位置決めし、位置決め位置毎に、投影光学系PLの下方に位置するスリットを用いて、テストパターンの空間像計測を、ウエハテーブルWTB1の位置をエンコーダシステム70で計測しつつ、スリットスキャン方式で行っても良いし、あるいは、主制御装置20は、ウエハステージWST2を上記実施形態と同様にアライメント時移動領域内の複数箇所に順次位置決めし、位置決め位置毎に、ウエハステージWST1(ウエハテーブルWTB1)を駆動して複数のスリットを順次に投影光学系PLの下方に位置させて、テストパターンの空間像計測を、ウエハテーブルWTB1の位置をエンコーダシステム70で計測しつつ、スリットスキャン方式で行っても良い。いずれにしても、計測されたテストパターンの空間像のプロファイルから求められるテストパターンの像の結像位置を求ることで、上記のデータ  $X_{k_i}, Y_{k_i}$  ( $k = 1 \sim 5, i = 1 \sim I$ ) を求めることができる。

#### 【0126】

同様に、上記実施形態と同様に、テストパターン $M_R$ の像をテストウエハ $W_T$ に転写し、その転写像の位置計測を行う場合であっても、ウエハステージWST2をアライメント時移動領域内の複数の位置に位置決めする都度、ウエハテーブルWTBを露光時移動領域内の複数位置に位置決めし、位置決め位置毎にテストパターン $M_R$ の像をテストウエハ $W_T$ に転写しても良い。

#### 【0127】

また、上記実施形態では、計測位置とは別に基準位置を定め、基準位置におけるマークの位置の実測値を基準として、各計測位置におけるマーク位置の差を求めるものとしたが、これに限らず、複数の計測位置の1つにおけるマークの位置の実測値を基準として、残りの各計測位置におけるマーク位置の差を求ることとしても良い。

#### 【0128】

また、上記実施形態では、主としてエンコーダシステム70, 71を用いてウエハステージWST1, WST2の位置情報を計測し、ウエハステージWST2, WST1の移動に伴う磁場変化を主要因とするエンコーダシステム70, 71の計測誤差の補正に本発明を適用する場合を例示した。しかし、これに限らず、エンコーダシステム70, 71ではなく、ウエハ干渉計システム18をウエハステージWST1, WST2の位置情報の計測に主として用いる場合に、上記の磁場変化を主要因とするウエハ干渉計システム18の計測誤差の補正にも本発明を適用することは有効である。ウエハ干渉計システム18では、干渉計ユニットからウエハステージWST1, WST2上に設けられた反射面(移動鏡等(不図示))に計測ビームが照射される。この場合、干渉計ユニットがメインフレームに取り付けられている場合は、ウエハステージWST2, WST1の移動に伴う磁場変化により上記実施形態と同様の理由によって干渉計システムに計測誤差が生じる。また、干渉計ユニットがメインフレームに取り付けられていない場合においても、ウエハステージWST1, WST2上の磁性体を含む構造物が磁場変化によって変形し、その構造物の変形に伴って反射面が変位又は変形する蓋然性が高いからである。

10

20

30

40

50

**【 0 1 2 9 】**

また、上記実施形態の露光装置 100 では、ムービングコイル型の平面モータ 30 を採用したウエハステージ装置 50 及びこれを備える露光装置 100 に本発明が適用された場合を例示した。しかし、ステージ装置では、ムービングコイル型の平面モータに代えて例えば米国特許第 6,437,463 号明細書などで開示されるムービングマグネット型の平面モータを採用することも可能である。この場合、ウエハステージ WST1, WST2 に永久磁石が設けられ、ステージベース 12 の内部にコイルが配置されることになる。この場合にも、ウエハステージ WST1, WST2 の移動に伴って磁場が変化することは明らかであり、この磁場の変化によって、ウエハステージ WST1, WST2 の位置を計測するエンコーダ又は干渉計等の計測装置に計測誤差が発生することは明らかである。従つて、この場合にも、本発明を適用することは有効である。10

**【 0 1 3 0 】**

なお、上記実施形態では、スケール板 21, 22 のそれぞれの下面に 2 次元グレーティング RG が形成された場合について例示したが、これに限らず、対応するエンコーダヘッド 60<sub>1</sub> ~ 60<sub>4</sub> の計測方向 (XY 平面内での一軸方向) のみを周期方向とする 1 次元回折格子が形成された場合においても、本発明は適用可能である。

**【 0 1 3 1 】**

また、上記実施形態では、各ヘッド 60<sub>1</sub> ~ 60<sub>4</sub> (エンコーダ 70<sub>1</sub> ~ 70<sub>4</sub>) として、XY 平面内の一軸方向と Z 軸方向とを計測方向とする 2 次元ヘッドが採用された場合について例示したが、これに限らず、XY 平面内の 1 軸方向を計測方向とする 1 次元エンコーダと Z 軸方向を計測方向とする Z センサ (例えば光ピックアップ方式あるいはその他の方式の面位置センサなど) とを採用しても良い。また、Z センサとともに、XY 平面内で互いに直交する 2 軸方向を計測方向とする 2 次元エンコーダを採用しても良い。20

**【 0 1 3 2 】**

また、上記実施形態で説明したエンコーダシステムの構成は一例に過ぎず、本発明がこれに限定されることは勿論である。例えば、ウエハテーブル (ウエハステージ) 上に回折格子 (スケール) を設け、これに対向してエンコーダヘッドをウエハステージの外部に配置する構成のエンコーダシステムを採用することも可能である。この場合においても、エンコーダヘッドとして、上記実施形態において採用した XY 平面内の一軸方向と Z 軸方向とを計測方向とする 2 次元ヘッドに限らず、XY 平面内の 1 軸方向又は直交する 2 軸方向を計測方向とする 1 次元又は 2 次元のエンコーダと Z センサとの組み合わせを、採用しても良い。30

**【 0 1 3 3 】**

なお、上記実施形態では、スキヤニング・ステッパ型のツインウエハステージを備えた露光装置 (以下、ツインタイプ露光装置と略称する) に本発明が適用された場合について説明したが、これに限らず、ステッパなどの一括露光型のツインタイプ露光装置に本発明を適用しても良い。ステッパなどであっても、露光対象の物体が搭載されたステージの位置をエンコーダで計測することにより、空気揺らぎに起因する位置計測誤差の発生を殆ど零にすることができ、エンコーダの計測値に基づいて、ウエハステージを高精度に位置決めすることができになり、結果的に高精度なレチクルパターンのウエハ上への転写が可能になる。また、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・スティッチ方式のツインタイプ露光装置にも本発明は適用することができる。また、例えば、米国特許出願公開第 2007/0211235 号明細書及び米国特許出願公開第 2007/0127006 号明細書などに開示されるようにウエハステージとは別に、計測部材 (例えば、基準マーク、及び / 又はセンサなど) を含む計測ステージを備える露光装置 (計測ステージ付き露光装置と略称する) に本発明を適用しても良い。40

**【 0 1 3 4 】**

また、例えば国際公開第 99/049504 号、米国特許出願公開第 2005/0259234 号明細書などに開示される液浸型のツインタイプ露光装置又は計測ステージ付き露光装置に本発明を適用しても良い。なお、以下で説明する各種露光装置は、特に明示し50

ないが、ツインタイプ露光装置又は計測ステージ付き露光装置などの複数ステージを備える露光装置である。

#### 【0135】

また、上記実施形態の露光装置を含む本発明に係る投影露光装置では、投影光学系は縮小系のみならず等倍及び拡大系のいずれでも良いし、投影光学系PLは屈折系のみならず、反射系及び反射屈折系のいずれでも良いし、その投影像は倒立像及び正立像のいずれでも良い。

#### 【0136】

また、照明光ILは、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)に限らず、KrFエキシマレーザ光(波長248nm)などの紫外光や、F<sub>2</sub>レーザ光(波長157nm)などの真空紫外光であっても良い。例えば米国特許第7,023,610号明細書に開示されているように、真空紫外光としてDFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム(又はエルビウムとイッテルビウムの両方)がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。10

#### 【0137】

また、上記実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン(又は位相パターン・減光パターン)を形成した光透過型マスク(レチクル)を用いたが、このレチクルに代えて、例えば米国特許第6,778,257号明細書に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて、透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスク(可変成形マスク、アクティブマスク、あるいはイメージジェネレータとも呼ばれ、例えば非発光型画像表示素子(空間光変調器)の一種であるDMD(Digital Micro-mirror Device)などを含む)を用いても良い。かかる可変成形マスクを用いる場合には、ウエハ又はガラスプレート等が搭載されるステージが、可変成形マスクに対して走査されるので、そのステージの位置をエンコーダを用いて計測することで、上記実施形態と同等の効果を得ることができる。20

#### 【0138】

また、例えば国際公開第2001/035168号に開示されているように、干渉縞をウエハW上に形成することによって、ウエハW上にライン・アンド・スペースパターンを形成する露光装置(リソグラフィシステム)にも本発明を適用することができる。30

#### 【0139】

さらに、例えば米国特許第6,611,316号明細書に開示されているように、2つのレチクルパターンを、投影光学系を介してウエハ上で合成し、1回のスキャン露光によってウエハ上の1つのショット領域をほぼ同時に二重露光する露光装置にも本発明を適用することができる。

#### 【0140】

なお、上記実施形態でパターンを形成すべき物体(エネルギービームが照射される露光対象の物体)はウエハに限られるものではなく、ガラスプレート、セラミック基板フィルム部材、あるいはマスクプランクスなど他の物体でも良い。

#### 【0141】

露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、有機EL、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD等)、マイクロマシン及びDNAチップなどを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。40

#### 【0142】

なお、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ50

、上記実施形態の露光装置で、マスクに形成されたパターンをウエハ等の物体上に転写するリソグラフィステップ、露光されたウエハ（物体）を現像する現像ステップ、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト除去ステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ポンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。この場合、リソグラフィステップで、上記実施形態の露光装置及び露光方法が用いられるので、高集積度のデバイスを歩留り良く製造することができる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0143】

10

以上説明したように、本発明の露光装置及び露光方法は、物体を露光するのに適している。また、本発明のデバイス製造方法は、半導体素子又は液晶表示素子などの電子デバイスを製造するのに適している。

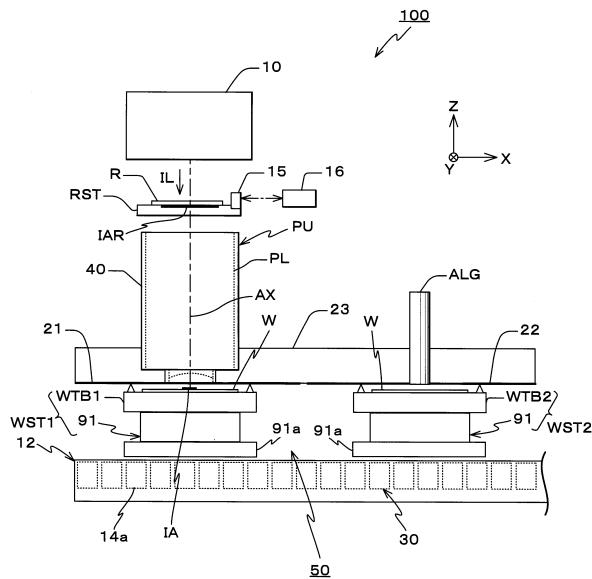
#### 【符号の説明】

#### 【0144】

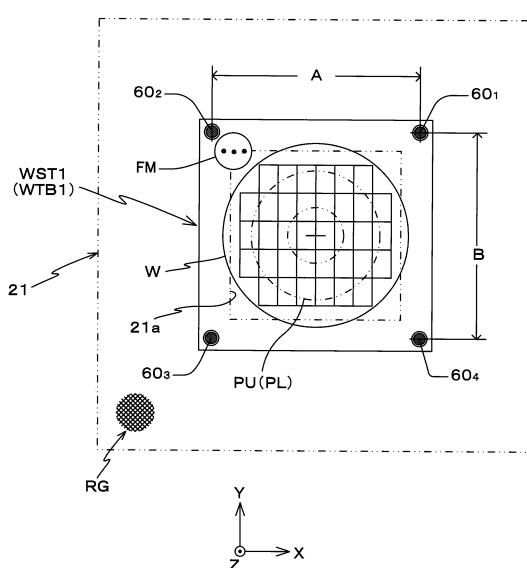
20 ... 主制御装置、21, 22 ... スケール板、27 ... ウエハステージ駆動系、30 ... 平面モータ、50 ... ウエハステージ装置、60<sub>1</sub> ~ 60<sub>4</sub> ... エンコーダヘッド、70, 71 ... エンコーダシステム、70<sub>1</sub> ~ 70<sub>4</sub>, 71<sub>1</sub> ~ 71<sub>4</sub> ... エンコーダ、100 ... 露光装置、ALG ... アライメント系、WST1, WST2 ... ウエハステージ、WTB1, WTB2 ... ウエハテーブル、W ... ウエハ、R ... レチクル、PL ... 投影光学系、RG ... 2次元グレーティング。

20

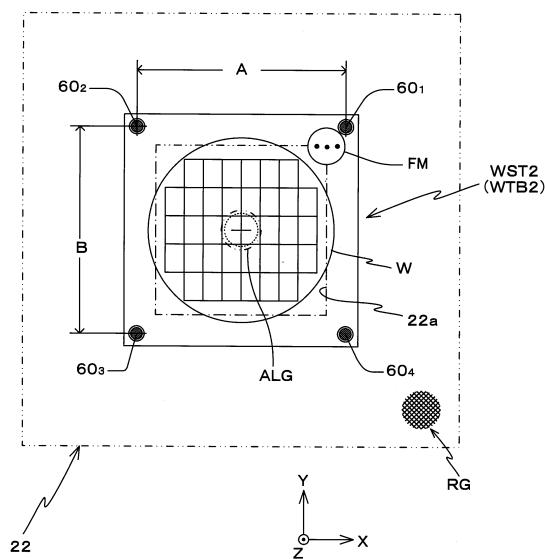
【図1】



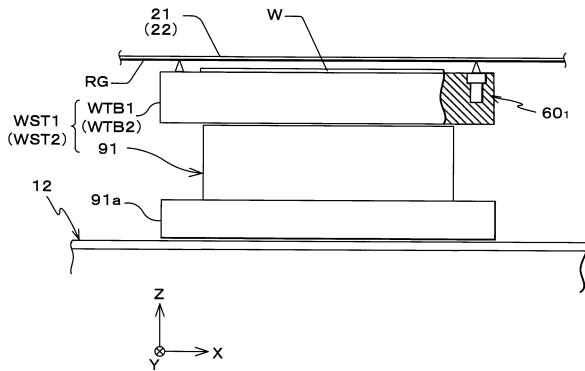
【図2】



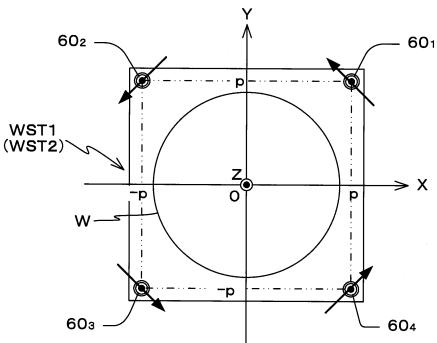
【図3】



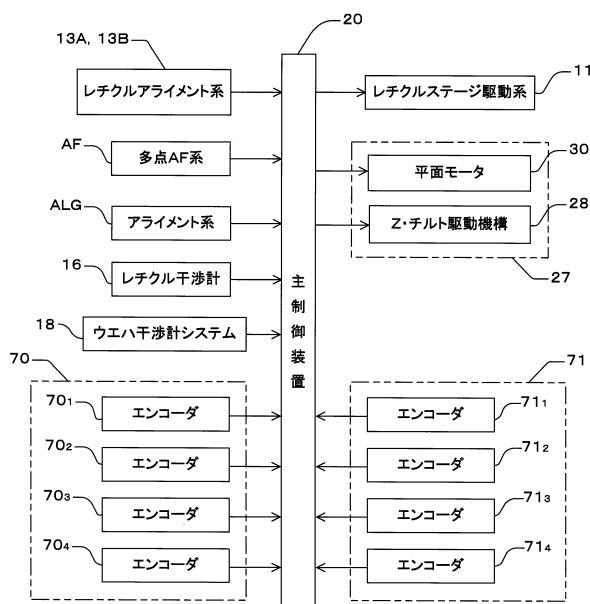
【図4】



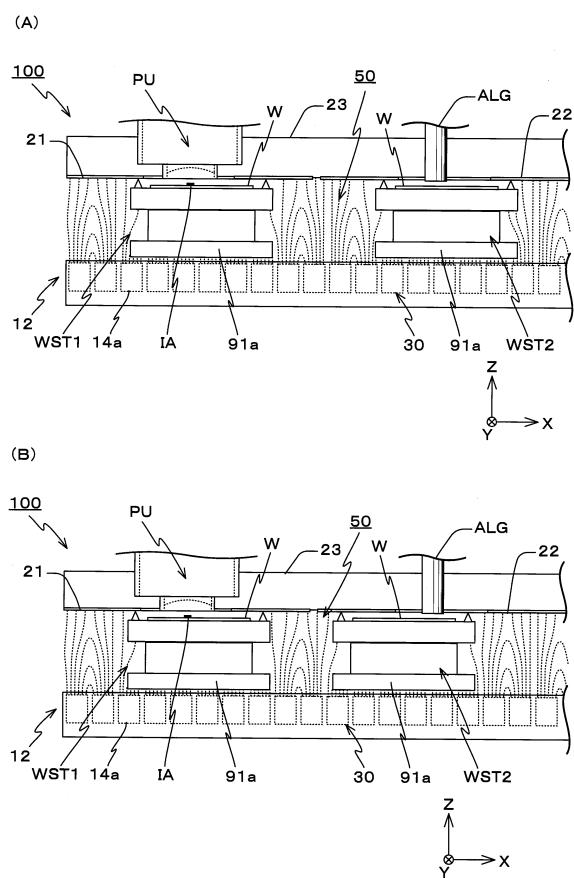
【図5】



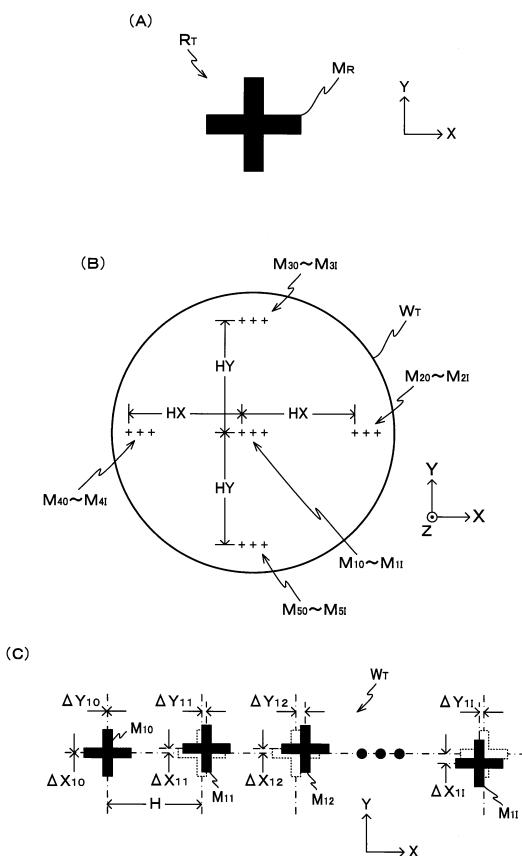
【図6】



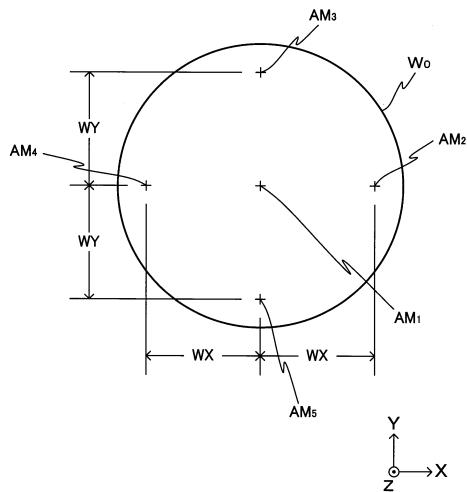
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2007/018127 (WO, A1)  
特開2008-021748 (JP, A)  
特開2009-027141 (JP, A)  
米国特許出願公開第2009/0027141 (US, A1)  
特開2009-164306 (JP, A)  
特開2011-211180 (JP, A)  
特開2001-217183 (JP, A)  
米国特許出願公開第2011/0208459 (US, A1)  
特開2011-176310 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 03 F 7 / 20  
H 01 L 21 / 68