

(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2015-109458

(P2015-109458A)

(43) 公開日 平成27年6月11日(2015.6.11)

(5) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 1 6 B
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 1 8
GO 1 B 11/00 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 1 5 F
HO 1 L 21/68 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 1 5 G
	GO 3 F 7/20	5 2 1

審査請求 有 請求項の数 30 O L (全 43 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-2607 (P2015-2607)
 (22) 出願日 平成27年1月8日 (2015.1.8)
 (62) 分割の表示 特願2014-45897 (P2014-45897) の分割
 原出願日 平成22年8月24日 (2010.8.24)
 (31) 優先権主張番号 61/236,701
 (32) 優先日 平成21年8月25日 (2009.8.25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 12/859,983
 (32) 優先日 平成22年8月20日 (2010.8.20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 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
 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内

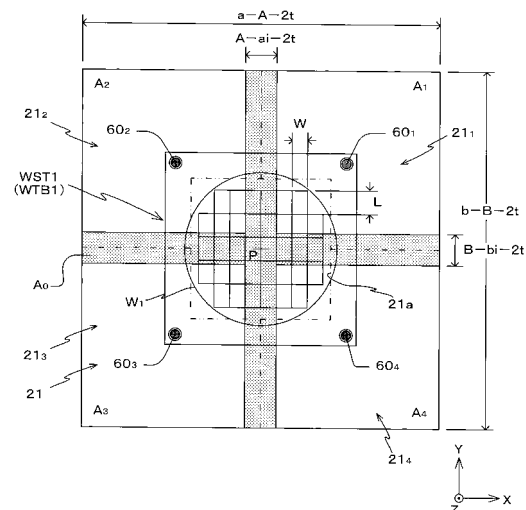
(54) 【発明の名称】 露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】ステージ上に搭載されたヘッドを切り換えて使用することによってステージの位置情報を安定して計測する。

【解決手段】駆動システムは、基板Wの露光動作において、4つの領域A₁、A₂、A₃、A₄の1つから、領域A₀を介して、4つの領域A₁、A₂、A₃、A₄のうち前記1つの領域と異なる領域にステージWST1を移動し、制御システムは、前記1つの領域と前記異なる領域とでそれぞれ4つのヘッド60₁、60₂、60₃、60₄のうち3つのヘッドから得られる位置情報に基づいてステージの駆動を制御するとともに、ステージが領域A₀にいる間に、ステージの駆動制御に用いる位置情報として、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドから得られる位置情報の代わりに、前記異なる領域で用いられる3つのヘッドから得られる位置情報を用いる。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

投影光学系を介して照明光で基板を露光する露光装置であって、

前記基板を保持するホルダを有するステージと、

前記投影光学系の光軸と垂直な所定面内で互いに直交する第 1、第 2 方向を含む 6 自由度方向に関して前記基板が移動されるように前記ステージを駆動する駆動システムと、

前記ステージに設けられ、それぞれ反射型格子が形成される 4 つの部分の有するスケール部材に対してその下方からそれぞれ計測ビームを照射する 4 つのヘッドを有し、前記 6 自由度方向に関する前記ステージの位置情報を計測する計測システムと、

前記計測システムで計測される位置情報に基づいて、前記駆動システムによる前記ステージの駆動を制御する制御システムと、を備え、

前記スケール部材は、前記 4 つの部分が周囲に配置される開口を有し、前記第 1、第 2 方向に関して前記投影光学系が前記開口内に位置するように設けられ、

前記基板の露光動作において前記ステージが移動される移動領域は、前記 4 つのヘッドのうち第 1 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち第 1 部分を除く 3 つの部分と対向する第 1 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1 ヘッドと異なる第 2 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1 部分と異なる第 2 部分を除く 3 つの部分と対向する第 2 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1、第 2 ヘッドと異なる第 3 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1、第 2 部分と異なる第 3 部分を除く 3 つの部分と対向する第 3 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1、第 2、第 3 ヘッドと異なる第 4 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1、第 2、第 3 部分と異なる第 4 部分を除く 3 つの部分と対向する第 4 領域と、前記 4 つのヘッドがそれぞれ前記 4 つの部分と対向する第 5 領域と、を含み、

前記駆動システムは、前記基板の露光動作において、前記第 1、第 2、第 3、第 4 領域の 1 つから、前記第 5 領域を介して、前記第 1、第 2、第 3、第 4 領域のうち前記 1 つの領域と異なる領域に前記ステージを移動し、

前記制御システムは、前記 1 つの領域と前記異なる領域とでそれぞれ前記 4 つのヘッドのうち 3 つのヘッドから得られる位置情報に基づいて前記ステージの駆動を制御するとともに、前記ステージが前記第 5 領域にいる間に、前記ステージの駆動制御に用いる位置情報として、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドから得られる位置情報の代わりに、前記異なる領域で用いられる 3 つのヘッドから得られる位置情報を用いる露光装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記異なる領域では、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドの 1 つの代わりに、前記 4 つのヘッドのうち前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドと異なる別のヘッドが用いられるとともに、前記別のヘッドと、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドのうち前記 1 つのヘッドを除く 2 つのヘッドとの 3 つのヘッドによって、前記ステージの位置情報が計測される露光装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の露光装置において、

前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドによって計測される位置情報に基づいて、前記別のヘッドを使って前記ステージの駆動を制御するための位置情報が取得される露光装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の露光装置において、

前記位置情報の取得は、前記第 5 領域内に前記ステージがいる間に行われる露光装置。

【請求項 5】

請求項 2 ~ 4 のいずれか一項に記載の露光装置において、

前記 4 つのヘッドはそれぞれ、前記第 1 方向又は前記第 2 方向と、前記第 1、第 2 方向

10

20

30

40

50

と直交する第3方向との2方向に関する前記ステージの位置情報を計測可能であり、
前記別のヘッドを使って前記ステージの駆動を制御するための位置情報は前記2方向に
関して取得される露光装置。

【請求項6】

請求項1～5のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記4つの部分はそれぞれ反射型の2次元格子が形成され、前記所定面と実質的に平行
となるように配置される露光装置。

【請求項7】

請求項1～6のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記制御システムは、前記スケール部材の製造誤差と、前記ステージの加速度と、前記
ヘッドの位置又は傾きとの少なくとも1つに起因して生じる前記計測システムの計測誤差
を補償しつつ前記ステージの駆動を制御する露光装置。

10

【請求項8】

請求項1～7のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記計測システムは、前記ヘッドに近接して配置される補助ヘッドを有し、前記ヘッド
を前記補助ヘッドに切り換えて前記計測を継続して実行可能である露光装置。

【請求項9】

請求項1～8のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記投影光学系から離れて配置され、前記基板の位置情報を検出する検出系と、
前記スケール部材と異なるスケール部材と、をさらに備え、
前記異なるスケール部材は、前記第1、第2方向に関して前記検出系が前記4つの部分と
異なる、それぞれ反射型格子が形成される4つの部分が周囲に配置される開口内に位置す
るように設けられ、

20

前記検出系による前記基板の検出動作中、前記計測システムによって前記ステージの位
置情報が計測される露光装置。

【請求項10】

請求項1～9のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記基板は走査露光が行われ、
前記1つのヘッドから前記別のヘッドへの切換は、前記照明光が前記基板に照射される
走査露光期間以外で行われる露光装置。

30

【請求項11】

請求項1～9のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記1つのヘッドから前記別のヘッドへの切換は、前記ステージの等速移動期間以外で
行われる露光装置。

【請求項12】

請求項1～11のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記4つのヘッドは、前記第1方向に関して前記4つのヘッドのうち2つのヘッドの距
離が前記開口の幅よりも大きく、かつ前記第2方向に関して前記4つのヘッドのうち2つ
のヘッドの距離が前記開口の幅よりも大きくなるように前記ステージに配置される露光装
置。

40

【請求項13】

請求項1～12のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記照明光で照明されるマスクを保持するマスクステージと、
前記マスクステージの位置情報を計測するエンコーダシステムと、をさらに備え、
前記基板の走査露光において前記マスクと前記基板とが前記第1方向に移動されるよう
に前記マスクステージと前記ステージの駆動が制御される露光装置。

【請求項14】

請求項1～13のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記ステージと異なるステージを、さらに備え、
前記計測システムは、前記異なるステージに設けられ、前記4つのヘッドと異なる4つ

50

のヘッドを有し、前記異なる4つのヘッドのうち少なくとも3つによって、前記6自由度方向に関する前記異なるステージの位置情報を計測する露光装置。

【請求項15】

デバイス製造方法であって、

請求項1～14のいずれか一項に記載の露光装置を用いて基板を露光することと、前記露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

【請求項16】

投影光学系を介して照明光で基板を露光する露光方法であって、

前記投影光学系の光軸と垂直な所定面内で互いに直交する第1、第2方向を含む6自由度方向に関して前記基板が移動されるように、前記基板を保持するホルダを有するステージを駆動することと、

前記ステージに設けられ、それぞれ反射型格子が形成される4つの部分を有するスケール部材に対してその下方からそれぞれ計測ビームを照射する4つのヘッドを有する計測システムによって、前記6自由度方向に関する前記ステージの位置情報を計測することと、

前記計測システムで計測される位置情報に基づいて、前記ステージの駆動を制御することと、を含み、

前記スケール部材は、前記4つの部分が周囲に配置される開口を有し、前記第1、第2方向に関して前記投影光学系が前記開口内に位置するように設けられ、

前記基板の露光動作において前記ステージが移動される移動領域は、前記4つのヘッドのうち第1ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち第1部分を除く3つの部分と対向する第1領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1ヘッドと異なる第2ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1部分と異なる第2部分を除く3つの部分と対向する第2領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2ヘッドと異なる第3ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2部分と異なる第3部分を除く3つの部分と対向する第3領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2、第3ヘッドと異なる第4ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2、第3部分と異なる第4部分を除く3つの部分と対向する第4領域と、前記4つのヘッドがそれぞれ前記4つの部分と対向する第5領域と、を含み、

前記基板の露光動作において、前記第1、第2、第3、第4領域の1つから、前記第5領域を介して、前記第1、第2、第3、第4領域のうち前記1つの領域と異なる領域に前記ステージが移動されるとともに、前記1つの領域と前記異なる領域とでそれぞれ前記4つのヘッドのうち3つのヘッドから得られる位置情報に基づいて前記ステージの駆動が制御され、前記ステージが前記第5領域にいる間に、前記ステージの駆動制御に用いる位置情報として、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドから得られる位置情報の代わりに、前記異なる領域で用いられる3つのヘッドから得られる位置情報が用いられる露光方法。

【請求項17】

請求項16に記載の露光方法において、

前記異なる領域では、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドの1つの代わりに、前記4つのヘッドのうち前記1つの領域で用いられる3つのヘッドと異なる別のヘッドが用いられるとともに、前記別のヘッドと、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドのうち前記1つのヘッドを除く2つのヘッドとの3つのヘッドによって、前記ステージの位置情報が計測される露光方法。

【請求項18】

請求項17に記載の露光方法において、

前記1つの領域で用いられる3つのヘッドによって計測される位置情報に基づいて、前記別のヘッドを使って前記ステージの駆動を制御するための位置情報が取得される露光方法。

【請求項19】

10

20

30

40

50

請求項 18 に記載の露光方法において、

前記位置情報の取得は、前記第 5 領域内に前記ステージがいる間に行われる露光方法。

【請求項 20】

請求項 17 ~ 19 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記 4 つのヘッドはそれぞれ、前記第 1 方向又は前記第 2 方向と、前記第 1、第 2 方向と直交する第 3 方向との 2 方向に関する前記ステージの位置情報を計測し、

前記別のヘッドを使って前記ステージの駆動を制御するための位置情報は前記 2 方向に関して取得される露光方法。

【請求項 21】

請求項 16 ~ 20 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記 4 つの部分はそれぞれ反射型の 2 次元格子が形成され、前記所定面と実質的に平行となるように配置される露光方法。

【請求項 22】

請求項 16 ~ 21 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記スケール部材の製造誤差と、前記ステージの加速度と、前記ヘッドの位置又は傾きとの少なくとも 1 つに起因して生じる前記計測システムの計測誤差が補償されつつ前記ステージの駆動が制御される露光方法。

【請求項 23】

請求項 16 ~ 22 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記ヘッドは、前記ヘッドに近接して配置される補助ヘッドに切り換えられて前記計測が継続される露光方法。

【請求項 24】

請求項 16 ~ 23 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記投影光学系から離れて配置される検出系によって、前記基板の位置情報が検出され、前記スケール部材と異なるスケール部材は、前記第 1、第 2 方向に関して前記検出系が前記 4 つの部分と異なる、それぞれ反射型格子が形成される 4 つの部分が周囲に配置される開口内に位置するように設けられ、

前記検出系による前記基板の検出動作中、前記計測システムによって前記ステージの位置情報が計測される露光方法。

【請求項 25】

請求項 16 ~ 24 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記基板は走査露光が行われ、

前記 1 つのヘッドから前記別のヘッドへの切換は、前記照明光が前記基板に照射される走査露光期間以外で行われる露光方法。

【請求項 26】

請求項 16 ~ 24 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記 1 つのヘッドから前記別のヘッドへの切換は、前記ステージの等速移動期間以外で行われる露光方法。

【請求項 27】

請求項 16 ~ 26 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記 4 つのヘッドは、前記第 1 方向に関して前記 4 つのヘッドのうち 2 つのヘッドの距離が前記開口の幅よりも大きく、かつ前記第 2 方向に関して前記 4 つのヘッドのうち 2 つのヘッドの距離が前記開口の幅よりも大きくなるように前記ステージに配置される露光方法。

【請求項 28】

請求項 16 ~ 27 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記照明光で照明されるマスクを保持するマスクステージの位置情報は、エンコーダシステムによって計測され、

前記基板の走査露光において前記マスクと前記基板とが前記第 1 方向に移動されるように前記マスクステージと前記ステージの駆動が制御される露光方法。

10

20

30

40

50

【請求項 29】

請求項 16 ~ 28 のいずれか一項に記載の露光方法において、
前記ステージと異なるステージで基板が保持され、
前記異なるステージに設けられる、前記 4 つのヘッドと異なる 4 つのヘッドのうち少なくとも 3 つによって、前記 6 自由度方向に関する前記異なるステージの位置情報が計測される露光方法。

【請求項 30】

デバイス製造方法であって、
請求項 16 ~ 29 のいずれか一項に記載の露光方法を用いて基板を露光することと、
前記露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法に係り、特に、半導体素子などのマイクロデバイス（電子デバイス）を製造するリソグラフィ工程で用いられる露光装置及び露光方法、並びに露光装置及び露光方法のいずれかを用いるデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、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、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（いわゆるステッパ）、あるいはステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキャンング・ステッパ（スキャナとも呼ばれる））などが、主として用いられている。

20

【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。このため、パターンが形成されるウエハ又はガラスプレート等の基板の位置計測にも一層高い精度が要求されるようになってきた。

【0004】

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。

30

【0005】

しかるに、特許文献 1 に記載の位置計測システムを備えた露光装置では、実際の運用としては、基板テーブルの位置に応じて、複数のエンコーダヘッドの中からスケールに対向するエンコーダヘッドを切り換えて使用する必要がある。さらに、使用するエンコーダヘッドの切り換えに際し、基板テーブルの位置計測結果の連続性を保障する必要もある。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2006 / 0227309 号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上述した事情の下になされたもので、その第 1 の態様によれば、投影光学系を介して照明光で基板を露光する露光装置であって、前記基板を保持するホルダを有するステージと、前記投影光学系の光軸と垂直な所定面内で互いに直交する第 1、第 2 方向を

50

含む6自由度方向に関して前記基板が移動されるように前記ステージを駆動する駆動システムと、前記ステージに設けられ、それぞれ反射型格子が形成される4つの部分を有するスケール部材に対してその下方からそれぞれ計測ビームを照射する4つのヘッドを有し、前記6自由度方向に関する前記ステージの位置情報を計測する計測システムと、前記計測システムで計測される位置情報に基づいて、前記駆動システムによる前記ステージの駆動を制御する制御システムと、を備え、前記スケール部材は、前記4つの部分が周囲に配置される開口を有し、前記第1、第2方向に関して前記投影光学系が前記開口内に位置するように設けられ、前記基板の露光動作において前記ステージが移動される移動領域は、前記4つのヘッドのうち第1ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち第1部分を除く3つの部分と対向する第1領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1ヘッドと異なる第2ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1部分と異なる第2部分を除く3つの部分と対向する第2領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2ヘッドと異なる第3ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2部分と異なる第3部分を除く3つの部分と対向する第3領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2、第3ヘッドと異なる第4ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2、第3部分と異なる第4部分を除く3つの部分と対向する第4領域と、前記4つのヘッドがそれぞれ前記4つの部分と対向する第5領域と、を含み、前記駆動システムは、前記基板の露光動作において、前記第1、第2、第3、第4領域の1つから、前記第5領域を介して、前記第1、第2、第3、第4領域のうち前記1つの領域と異なる領域に前記ステージを移動し、前記制御システムは、前記1つの領域と前記異なる領域とでそれぞれ前記4つのヘッドのうち3つのヘッドから得られる位置情報に基づいて前記ステージの駆動を制御するとともに、前記ステージが前記第5領域にいる間に、前記ステージの駆動制御に用いる位置情報として、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドから得られる位置情報の代わりに、前記異なる領域で用いられる3つのヘッドから得られる位置情報を用いる露光装置が、提供される。

10

20

【0008】

本発明の第2の態様によれば、デバイス製造方法であって、本発明の露光装置を用いて基板を露光することと、前記露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法が、提供される。

【0009】

本発明の第3の態様によれば、投影光学系を介して照明光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の光軸と垂直な所定面内で互いに直交する第1、第2方向を含む6自由度方向に関して前記基板が移動されるように、前記基板を保持するホルダを有するステージを駆動することと、前記ステージに設けられ、それぞれ反射型格子が形成される4つの部分を有するスケール部材に対してその下方からそれぞれ計測ビームを照射する4つのヘッドを有する計測システムによって、前記6自由度方向に関する前記ステージの位置情報を計測することと、前記計測システムで計測される位置情報に基づいて、前記ステージの駆動を制御することと、を含み、前記スケール部材は、前記4つの部分が周囲に配置される開口を有し、前記第1、第2方向に関して前記投影光学系が前記開口内に位置するように設けられ、前記基板の露光動作において前記ステージが移動される移動領域は、前記4つのヘッドのうち第1ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち第1部分を除く3つの部分と対向する第1領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1ヘッドと異なる第2ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1部分と異なる第2部分を除く3つの部分と対向する第2領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2ヘッドと異なる第3ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2部分と異なる第3部分を除く3つの部分と対向する第3領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2、第3ヘッドと異なる第4ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2、第3部分と異なる第4部分を除く3つの部分と対向する第4領域と、前記4つのヘッドがそれぞれ前記4つの部分と対向する第5領域と、を含み、前記基板の露光動作において、前記第1、第2、第3、第4領

40

50

域の1つから、前記第5領域を介して、前記第1、第2、第3、第4領域のうち前記1つの領域と異なる領域に前記ステージが移動されるとともに、前記1つの領域と前記異なる領域とでそれぞれ前記4つのヘッドのうち3つのヘッドから得られる位置情報に基づいて前記ステージの駆動が制御され、前記ステージが前記第5領域にいる間に、前記ステージの駆動制御に用いる位置情報として、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドから得られる位置情報の代わりに、前記異なる領域で用いられる3つのヘッドから得られる位置情報が用いられる露光方法が、提供される。

【0010】

本発明の第4の態様によれば、デバイス製造方法であって、本発明の露光方法を用いて基板を露光することと、前記露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法が、提供される。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【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。

【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砕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ブロック図である。

20

【図7】エンコーダヘッド及びスケール板の配置とエンコーダシステムの計測領域との関係を示す図(その1)である。

【図8】図7のウエハ W_1 を拡大して示す図である。

【図9】ステップ・アンド・スキャン方式の露光におけるウエハ上での露光中心の移動軌跡を示す図(その1)である。

【図10】図10(A)はエンコーダヘッドの切り換え手順の一例を示す図(その1)、図10(B)はエンコーダヘッドの切り換え前後におけるウエハステージの駆動速度の時間変化を示す図、図10(C)及び図10(D)はエンコーダヘッドの切り換え手順の一例を示す図(その2及び3)である。

【図11】図11(A)及び図11(B)は、つなぎ演算及びつなぎ処理を説明するための図である。

30

【図12】エンコーダヘッドの切り換え時におけるつなぎ処理の概略を示す図である。

【図13】エンコーダヘッド及びスケール板の配置とエンコーダシステムの計測領域との関係を示す図(その2)である。

【図14】図13のウエハ W_2 を拡大して示す図である。

【図15】ステップ・アンド・スキャン方式の露光におけるウエハ上での露光中心の移動軌跡を示す図(その2)である。

【図16】図16(A)~図16(C)は、エンコーダヘッドの切り換え手順の一例を示す図(その4~6)である。

【図17】図17(A)及び図17(B)は、ウエハステージの加速に伴うエンコーダシステムの計測誤差の発生原理を説明するための図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の一実施形態について、図1~図17(B)に基づいて説明する。

【0013】

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

50

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。

【0014】

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。

【0015】

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ト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、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。

10

【0016】

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平面内で微小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。

20

【0017】

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。

30

【0018】

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上の感応層（レジスト層）の

40

50

露光によってウエハW上にそのパターンが形成される。

【0019】

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。

【0020】

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は、本実施形態では図2に示されるように、例えばL字状の4つの部分(部品)21₁, 21₂, 21₃, 21₄から構成され、その中央に形成される例えば矩形の開口21a内に鏡筒40の-Z側端部が挿入されている。ここで、スケール板21のX軸方向及びY軸方向の幅はそれぞれa及びb、開口21aのX軸方向及びY軸方向の幅はそれぞれa_i及びb_iである。

10

【0021】

スケール板21から+X方向に離間した位置には、図1に示されるように、スケール板21とほぼ同一平面上にスケール板22が、配置されている。スケール板22も、図3に示されるように、例えばL字状の4つの部分(部品)22₁, 22₂, 22₃, 22₄から構成され、その中央に形成される例えば矩形の開口22a内に後述するアライメント系ALGの-Z側端部が挿入されている。スケール板22のX軸方向及びY軸方向の幅はそれぞれa及びb、開口22aのX軸方向及びY軸方向の幅はそれぞれa_i及びb_iである。なお、本実施形態ではX軸及びY軸方向に関してスケール板21、22の幅、及び開口21a、22aの幅をそれぞれ同一としたが、必ずしも同一の幅とする必要はなく、X軸及びY軸方向の少なくとも一方に関してその幅を異ならせても良い。

20

【0022】

本実施形態では、スケール板21, 22は、投影ユニットPU及びアライメント系ALGを支持する不図示のメインフレーム(メトロロジーフレーム)に吊り下げ支持されている。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1μm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1μmの格子とから成る反射型の2次元回折格子RG(図2、図3及び図4参照)が形成されている。ただし、2次元回折格子RG及び後述するエンコーダヘッドの構成上、スケール板21, 22を構成する部分21₁~21₄, 22₁~22₄のそれぞれの外縁近傍には幅tの非有効領域が含まれる。スケール板21, 22の2次元回折格子RGは、それぞれ、少なくとも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。

30

【0023】

ウエハステージ装置50は、図1に示されるように、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、ステージベース12上に配置されたウエハステージWST1, WST2、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称する)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。ただし、本実施形態では、ウエハ干渉計システム18は必ずしも設けなくても良い。

40

【0024】

ステージベース12は、図1に示されるように、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14aを含むコイルユニットが、收容されている。

50

【0025】

なお、ステージベース12とは別にこれを浮上支持するための別のベース部材を設けて、ステージベース12を、ウエハステージWST1, WST2の駆動力の反力の作用により、運動量保存則に従って移動するカウンターマス(反力キャンセラ)として機能させても良い。

【0026】

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、不図示のZ・チルト駆動機構によって、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。この場合、ウエハテーブルWTB1は、Z・チルト駆動機構によって、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、少なくともZ軸方向、x方向、及びy方向の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と、該磁石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。磁石ユニットは、前述のコイルユニットとともに、例えば米国特許第5,196,745号明細書などに開示される電磁力(ローレンツ力)駆動による平面モータ30を構成している。なお、平面モータ30としては、ローレンツ力駆動方式に限らず、可変磁気抵抗駆動方式の平面モータを用いることもできる。

10

【0027】

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(隙間/間隔/間隙(ギャップ)/空間距離)、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。

20

【0028】

本実施形態では、コイルユニットを構成する各コイル14a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。平面モータ30と、前述のZ・チルト駆動機構とを含んで、ウエハステージ駆動系27が構成されている。なお、平面モータ30はムービングマグネット方式に限らず、ムービングコイル方式でも良い。また、平面モータ30として、磁気浮上方式の平面モータを用いても良い。この場合、前述のエアベアリングを設けなくても良い。また、平面モータ30によってウエハステージ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方向のうち少なくとも一方向に微動可能としても良い。すなわち、ウエハステージWST1を粗微動ステージにより構成しても良い。

30

【0029】

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。図示していないが、ウエハテーブルWTB1上の一方の対角線上には、ウエハホルダを挟んで第1基準マーク板と第2基準マーク板とが設けられている。第1、第2基準マーク板の上面には、後述する一对のレチクルアライメント系13A, 13B及びアライメント系ALGにより検出される複数の基準マークがそれぞれ形成されている。なお、第1、第2基準マーク板の複数の基準マークの位置関係は既知であるものとする。

40

【0030】

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。

【0031】

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直下の領域を含む計測時移動領域と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

50

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。なお、露光時移動領域（第1移動領域）は、投影光学系PLを介してウエハの露光が行われる露光ステーション（第1領域）内で、露光動作中にウエハステージが移動される領域であり、その露光動作は、例えばウエハ上でパターンを転写すべき全てのショット領域の露光だけでなく、その露光のための準備動作（例えば、前述の基準マークの検出）なども含む。計測時移動領域（第2移動領域）は、アライメント系ALGによるウエハのアライメントマークの検出によってその位置情報の計測が行われる計測ステーション（第2領域）内で、計測動作中にウエハステージが移動される領域であり、その計測動作は、例えばウエハの複数のアライメントマークの検出だけでなく、アライメント系ALGによる基準マークの検出（さらには、Z軸方向に関するウエハの位置情報（段差情報）の計測）なども含む。

10

【0032】

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、上面の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）60₁～60₄が配置されている。ここで、ヘッド60₁, 60₂間のX軸方向の離間距離とヘッド60₃, 60₄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60₁, 60₄間のY軸方向の離間距離とヘッド60₂, 60₃間のY軸方向の離間距離は互いに等しくBである。これらの離間距離A, Bは、スケール板21の開口21aの幅a_i, b_iよりも大きい。厳密には、前述の非有効領域の幅tを考慮して、 $A = a_i + 2t$, $B = b_i + 2t$ である。ヘッド60₁～60₄は、図4にヘッド60₁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。

20

【0033】

ヘッド60₁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60₂～60₄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60₁～60₄は、図2及び図4から明らかなように、それぞれ、対向するスケール板21の部分21₁～21₄又はスケール板22の部分22₁～22₄の表面に形成された2次元回折格子RGに計測ビームを照射し、2次元回折格子からの反射・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。ここで、ヘッド60₁～60₄のそれぞれとして、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と同様の構成のセンサヘッドを用いることができる。

30

【0034】

上述のようにして構成されたヘッド60₁～60₄では、計測ビームの空気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。ウエハテーブルWTB（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WTB（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。

40

【0035】

ウエハステージWST1, WST2が前述の露光時移動領域内に位置する際には、ヘッド60₁は、スケール板21（の部分21₁）に計測ビーム（計測光）を照射し、スケー

50

ル板 2 1 の表面（下面）に形成された X 軸を基準とする 1 3 5 度方向、すなわち X 軸を基準とする - 4 5 度方向（以下、単に - 4 5 度方向と称する）を周期方向とする格子からの回折ビームを受光して、ウエハテーブル W T B 1 , W T B 2 の - 4 5 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 7 0 ₁、7 1 ₁（図 6 参照）を構成する。同様に、ヘッド 6 0 ₂ ~ 6 0 ₄ は、それぞれ、スケール板 2 1（の部分 2 1 ₂ ~ 2 1 ₄）に計測ビーム（計測光）を照射し、スケール板 2 1 の表面（下面）に形成された X 軸を基準とする 2 2 5 度方向、すなわち X 軸を基準とする + 4 5 度方向（以下、単に 4 5 度方向と称する）、3 1 5 度方向、すなわち X 軸を基準とする - 4 5 度方向、及び 4 5 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、ウエハテーブル W T B 1 , W T B 2 の 2 2 5 度（4 5 度）方向及び Z 軸方向の位置、3 1 5 度（- 4 5 度）方向及び Z 軸方向の位置、及び 4 5 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 7 0 ₂ ~ 7 0 ₄、7 1 ₂ ~ 7 1 ₄（図 6 参照）を構成する。

10

【 0 0 3 6 】

また、ウエハステージ W S T 1 , W S T 2 が前述の計測時移動領域内に位置する際には、ヘッド 6 0 ₁ は、スケール板 2 2（の部分 2 2 ₁）に計測ビーム（計測光）を照射し、スケール板 2 2 の表面（下面）に形成された 1 3 5 度方向（- 4 5 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、ウエハテーブル W T B 1 , W T B 2 の 1 3 5 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 7 0 ₁、7 1 ₁（図 6 参照）を構成する。同様に、ヘッド 6 0 ₂ ~ 6 0 ₄ は、それぞれ、スケール板 2 2（の部分 2 2 ₂ ~ 2 2 ₄）に計測ビーム（計測光）を照射し、スケール板 2 2 の表面（下面）に形成された 2 2 5 度方向（4 5 度方向）、3 1 5 度方向（- 4 5 度方向）、及び 4 5 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、ウエハテーブル W T B 1 , W T B 2 の 2 2 5 度方向（4 5 度方向）及び Z 軸方向の位置、3 1 5 度方向（- 4 5 度方向）及び Z 軸方向の位置、及び 4 5 度方向及び Z 軸方向の位置を、それぞれ計測する 2 次元エンコーダ 7 0 ₂ ~ 7 0 ₄、7 1 ₂ ~ 7 1 ₄（図 6 参照）を構成する。

20

【 0 0 3 7 】

上述の説明からわかるように、本実施形態では、スケール板 2 1 , 2 2 のどちらに計測ビーム（計測光）を照射するか、すなわち、ウエハステージ W S T 1 , W S T 2 が前述の露光時移動領域、計測時移動領域のいずれの領域内にあるかにかかわらず、ウエハステージ W S T 1 上のヘッド 6 0 ₁ ~ 6 0 ₄ は、計測ビーム（計測光）を照射しているスケール板とともに、それぞれ 2 次元エンコーダ 7 0 ₁ ~ 7 0 ₄ を構成し、ウエハステージ W S T 2 上のヘッド 6 0 ₁ ~ 6 0 ₄ は、計測ビーム（計測光）を照射しているスケール板とともに、それぞれ 2 次元エンコーダ 7 1 ₁ ~ 7 1 ₄ を構成するものとしている。

30

【 0 0 3 8 】

2 次元エンコーダ（以下、適宜、エンコーダと略称する）7 0 ₁ ~ 7 0 ₄ , 7 1 ₁ ~ 7 1 ₄ のそれぞれの計測値は、主制御装置 2 0（図 6 参照）に供給される。主制御装置 2 0 は、2 次元回折格子 R G が形成されたスケール板 2 1（を構成する部分 2 1 ₁ ~ 2 1 ₄）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、投影光学系 P L 直下の領域を含む露光時移動領域内のウエハテーブル W T B 1 , W T B 2 の位置情報を求める。同様に、主制御装置 2 0 は、2 次元回折格子 R G が形成されたスケール板 2 2（を構成する部分 2 2 ₁ ~ 2 2 ₄）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 A L G 直下の領域を含む計測時移動領域内のウエハテーブル W T B 1 , W T B 2 の位置情報を求める。

40

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態の露光装置 1 0 0 では、ウエハステージ W S T 1 , W S T 2（ウエハテーブル W T B 1 , W T B 2）の位置は、ウエハ干渉計システム 1 8（図 6 参照）によって、エンコーダシステム 7 0 , 7 1 とは独立して、計測可能である。ウエハ干渉計システム 1 8 の計測結果は、エンコーダシステム 7 0 , 7 1 の計測値の長期的変動（例えばスケ

50

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70,71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。なお、ウエハ干渉計システム18の詳細は省略する。

【0040】

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軸方式のアライメント系である。本実施形態では、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ブロードバンド(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。

10

【0041】

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ることは勿論可能である。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。

【0042】

この他、本実施形態の露光装置100には、アライメント系ALGと一緒に計測ステーションに配置され、例えば米国特許第5,448,332号明細書等が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による計測動作はその少なくとも一部がアライメント系ALGによるマーク検出動作と並行して行われるとともに、前述のエンコーダシステムによってその計測動作中にウエハテーブルの位置情報が計測される。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、多点AF系AFの検出信号と前述のエンコーダシステムの計測情報に基づいて、ウエハW表面のZ軸方向の位置情報(段差情報/凹凸情報)を検出し、露光動作ではその事前検出情報と前述のエンコーダシステムの計測情報(Z軸、x及びy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。なお、露光ステーション内で投影ユニットPUの近傍に多点AF系を設け、露光動作時にウエハ表面の位置情報(凹凸情報)を計測しつつウエハテーブルを駆動して、ウエハWのフォーカス・レベリング制御を実行することとしても良い。

20

30

【0043】

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TTR(Through The Reticle)方式の一对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。なお、レチクルアライメント系に代えて、ウエハステージWST上に設けられた不図示の空間像計測器を用いてレチクルアライメントを行っても良い。

40

【0044】

図6には、露光装置100のステージ制御に関連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(又はワークステーション)を含み、装置全体を統括して制御する。

【0045】

50

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、ウエハがローディングされたウエハステージ W S T 1 , W S T 2 の一方を計測ステーション（計測時移動領域）内で移動して、アライメント系 A L G 及び多点 A F 系によるウエハの計測動作が実行される。すなわち、計測時移動領域内でウエハステージ W S T 1 , W S T 2 の一方に保持されたウエハ W に対して、アライメント系 A L G を用いたマーク検出、いわゆるウエハアライメント（例えば米国特許第 4 , 7 8 0 , 6 1 7 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（E G A）など）と、多点 A F 系を用いたウエハの面情報（段差 / 凹凸情報）の計測とが行われる。その際、エンコーダシステム 7 0（エンコーダ 7 0₁ ~ 7 0₄）又はエンコーダシステム 7 1（エンコーダ 7 1₁ ~ 7 1₄）により、ウエハステージ W S T 1 , W S T 2 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

【0046】

ウエハアライメントなどの計測動作後、一方のウエハステージ（W S T 1 又は W S T 2）は露光時移動領域に移動し、主制御装置 20 により、レチクルアライメント系 1 3 A , 1 3 B、ウエハテーブル（W T B 1 又は W T B 2）上の基準マーク板（不図示）などを用いて、通常のスキャンング・ステップと同様の手順（例えば、米国特許第 5 , 6 4 6 , 4 1 3 号明細書などに開示される手順）で、レチクルアライメント等が行われる。

【0047】

そして、主制御装置 20 により、ウエハアライメント等の計測結果に基づいて、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 R S T とウエハステージ W S T 1 又は W S T 2 との同期移動を行う走査露光動作と、ウエハステージ W S T 1 又は W S T 2 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（ステップング）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 7 0（エンコーダ 7 0₁ ~ 7 0₄）又はエンコーダシステム 7 1（エンコーダ 7 1₁ ~ 7 1₄）により、一方のウエハステージ（W S T 1 又は W S T 2）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）。

20

【0048】

また、本実施形態の露光装置 100 は、2 つのウエハステージ W S T 1 , W S T 2 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 W S T 1 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 W S T 2 上に載置されたウエハに対してウエハアライメントなどを行う、並行処理動作が行われる。

30

【0049】

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、露光時移動領域内及び計測時移動領域内のいずれにおいても、エンコーダシステム 7 0（図 6 参照）を用いて、ウエハステージ W S T 1 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）。また、主制御装置 20 は、露光時移動領域内及び計測時移動領域内のいずれにおいても、エンコーダシステム 7 1（図 6 参照）を用いて、ウエハステージ W S T 2 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）。

40

【0050】

ここで、エンコーダシステム 7 0 , 7 1 による X 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。ここでは、エンコーダヘッド 6 0₁ ~ 6 0₄ 又はエンコーダ 7 0₁ ~ 7 0₄ の計測結果又は計測値は、エンコーダヘッド 6 0₁ ~ 6 0₄ 又はエンコーダ 7 0₁ ~ 7 0₄ の Z 軸方向でない計測方向の計測結果を意味する。

【0051】

本実施形態では、前述のようなエンコーダヘッド 6 0₁ ~ 6 0₄ 及びスケール板 2 1 の

50

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 $60_1 \sim 60_4$ のうちの少なくとも3つが、常時、スケール板 21 (の対応する部分 $21_1 \sim 21_4$) に対向する。

【0052】

図7及び図13には、ウエハステージ $WST1$ 上のエンコーダヘッド $60_1 \sim 60_4$ 及びスケール板 21 の各部分 $21_1 \sim 21_4$ の配置とエンコーダシステム 70 の計測領域 $A_0 \sim A_4$ との関係が示されている。なお、ウエハステージ $WST2$ はウエハステージ $WST1$ と同様に構成されているので、ここではウエハステージ $WST1$ についてのみ説明する。

【0053】

ウエハステージ $WST1$ の中心(ウエハの中心に一致)が、露光時移動領域内で、かつ露光中心(露光領域 IA の中心) P に対して $+X$ 側かつ $+Y$ 側の領域(露光中心 P を原点とする第1象限内の領域(ただし、領域 A_0 を除く))である第1領域 A_1 内に位置する場合、ウエハステージ $WST1$ 上のヘッド $60_4, 60_1, 60_2$ がそれぞれスケール板 21 の部分 $21_4, 21_1, 21_2$ に対向する。第1領域 A_1 内では、ヘッド $60_4, 60_1, 60_2$ (エンコーダ $70_4, 70_1, 70_2$) から有効な計測値が主制御装置 20 に送られる。なお、以下の説明中のウエハステージ $WST1, WST2$ の位置は、そのウエハステージの中心(ウエハの中心に一致)の位置を意味する。すなわち、ウエハステージ $WST1, WST2$ の中心の位置と記述する代わりに、ウエハステージ $WST1, WST2$ の位置と記述する。

【0054】

同様に、ウエハステージ $WST1$ が、露光時移動領域内で、かつ露光中心 P に対して $-X$ 側かつ $+Y$ 側の領域(露光中心 P を原点とする第2象限内の領域(ただし、領域 A_0 を除く))である第2領域 A_2 内に位置する場合、ヘッド $60_1, 60_2, 60_3$ がそれぞれスケール板 21 の部分 $21_1, 21_2, 21_3$ に対向する。ウエハステージ $WST1$ が、露光時移動領域内で、かつ露光中心 P に対して $-X$ 側かつ $-Y$ 側の領域(露光中心 P を原点とする第3象限内の領域(ただし、領域 A_0 を除く))である第3領域 A_3 内に位置する場合、ヘッド $60_2, 60_3, 60_4$ がそれぞれスケール板 21 の部分 $21_2, 21_3, 21_4$ に対向する。ウエハステージ $WST1$ が、露光時移動領域内で、かつ露光中心 P に対して $+X$ 側かつ $-Y$ 側の領域(露光中心 P を原点とする第4象限内の領域(ただし、領域 A_0 を除く))である第4領域 A_4 内に位置する場合、ヘッド $60_3, 60_4, 60_1$ がそれぞれスケール板 21 の部分 $21_3, 21_4, 21_1$ に対向する。

【0055】

本実施形態では、前述のエンコーダヘッド $60_1 \sim 60_4$ 及びスケール板 21 の構成及び配置についての条件 ($A \ a_i + 2t, B \ b_i + 2t$) に加えて、ウエハ上のパターンが形成されるショット領域のサイズ (W, L) を考慮して、条件 $A \ a_i + W + 2t, B \ b_i + L + 2t$ を加える。ここで、 W, L は、それぞれ、ショット領域の X 軸方向、 Y 軸方向の幅である。 W, L は、それぞれ、走査露光区間の距離、 X 軸方向へのステップングの距離に等しい。この条件では、図7及び図13に示されるように、ウエハステージ $WST1$ が、露光中心 P を中心とする十字状の領域 A_0 (露光中心 P を通る Y 軸方向を長手方向とする幅 $A - a_i - 2t$ の領域と X 軸方向を長手方向とする幅 $B - b_i - 2t$ の領域とを含む領域(以下、第0領域と呼ぶ))内に位置する場合、ウエハステージ $WST1$ 上の全ヘッド $60_1 \sim 60_4$ がスケール板 21 (対応する部分 $21_1 \sim 21_4$) に対向する。従って、第0領域 A_0 内では、全ヘッド $60_1 \sim 60_4$ (エンコーダ $70_1 \sim 70_4$) から有効な計測値が主制御装置 20 に送られる。なお、本実施形態では上記条件 ($A \ a_i + 2t, B \ b_i + 2t$) に加えて、パターンが形成されるウエハ上のショット領域のサイズ (W, L) を考慮して、条件 $A \ a_i + W + 2t, B \ b_i + L + 2t$ を加えても良い。ここで、 W, L は、それぞれ、ショット領域の X 軸方向、 Y 軸方向の幅である。 W, L は、それぞれ、走査露光区間の距離、 X 軸方向へのステップングの距離に等しい。

【0056】

10

20

30

40

50

主制御装置 20 は、ヘッド 60₁ ~ 60₄ (エンコーダ 70₁ ~ 70₄) の計測結果に基づいて、ウエハステージ WST 1 の X Y 平面内での位置 (X, Y, z) を算出する。ここで、エンコーダ 70₁ ~ 70₄ の計測値 (それぞれ C₁ ~ C₄ と表記する) は、ウエハステージ WST 1 の位置 (X, Y, z) に対して、次式 (1) ~ (4) のように依存する。

【0057】

$$C_1 = -(\cos z + \sin z) X / 2 + (\cos z - \sin z) Y / 2 + 2p \sin z \dots (1)$$

$$C_2 = -(\cos z - \sin z) X / 2 - (\cos z + \sin z) Y / 2 + 2p \sin z \dots (2)$$

$$C_3 = (\cos z + \sin z) X / 2 - (\cos z - \sin z) Y / 2 + 2p \sin z \dots (3)$$

$$C_4 = (\cos z - \sin z) X / 2 + (\cos z + \sin z) Y / 2 + 2p \sin z \dots (4)$$

ただし、p は、図 5 に示されるように、ウエハテーブル WTB 1 (WTB 2) 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、ウエハステージ WST 1 の位置する領域 A₀ ~ A₄ 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、ウエハステージ WST 1 の X Y 平面内での位置 (X, Y, z) を算出する。例えば、ウエハステージ WST 1 が第 1 領域 A₁ 内に位置する場合、主制御装置 20 は、ヘッド 60₁, 60₂, 60₄ (エンコーダ 70₁, 70₂, 70₄) の計測値が従う式 (1), (2), 及び (4) から連立方程式を組み、式 (1), (2), 及び (4) それぞれ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。

【0059】

なお、ウエハステージ WST 1 が第 0 領域 A₀ 内に位置する場合、主制御装置 20 は、ヘッド 60₁ ~ 60₄ (エンコーダ 70₁ ~ 70₄) から任意の 3 つを選択すれば良い。例えば、ウエハステージ WST 1 が第 1 領域から第 0 領域に移動した後では、第 1 領域に対応するヘッド 60₁, 60₂, 60₄ (エンコーダ 70₁, 70₂, 70₄) を選択すると良い。

【0060】

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 WST 1 を駆動 (位置制御) する。

【0061】

ウエハステージ WST 1 が、計測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 70 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 P がアライメント系 ALG の検出中心に、スケール板 21 (の部分 21₁ ~ 21₄) がスケール板 22 (の部分 22₁ ~ 22₄) に置き換わる以外、ウエハステージ WST 1 が先の露光時移動領域内に位置する場合と同様である。

【0062】

さらに、主制御装置 20 は、ウエハステージ WST 1, WST 2 の位置に応じて、スケール板 21, 22 に対向するヘッド 60₁ ~ 60₄ のうちの 3 つを、少なくとも 1 つが異なる 3 つに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。

【0063】

ここで、ステップ・アンド・スキャン方式の露光動作時におけるヘッド 60₁ ~ 60₄ の切り換えとつなぎ処理についてさらに説明する。

【 0 0 6 4 】

第1の例として、図7に示されるウエハ W_1 に対する露光動作について説明する。ここで、ウエハ W_1 上には、一例として、図8に拡大して示されるように、X軸方向に偶数、Y軸方向に奇数の全36個のショット領域 $S_1 \sim S_{36}$ が、配列されているものとする。

【 0 0 6 5 】

ウエハ W_1 に対して、図9に示される経路に沿って、ステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われる。なお、図9中の経路は、露光中心（露光領域IAの中心）Pが各ショット領域上を通過する軌跡を示すものである。この軌跡中の実線部は、各ショット領域の走査露光の際の露光中心Pの移動軌跡を示し、点線部（破線部）は、走査方向及び非走査方向の隣接ショット領域間における露光中心Pのステップ移動の際の軌跡を示す。なお、10実際には、露光中心Pが固定で、ウエハが図9の経路と逆向きに移動するのであるが、本明細書中では、説明の便宜上から、固定のウエハに対して露光中心が移動するものとしている。

【 0 0 6 6 】

本実施形態の露光装置100では、ヘッド $60_1 \sim 60_4$ のうちのスケール板21に対向する3つが、ウエハステージ WST_1 の位置に応じて切り換えて、使用される。従って、ウエハステージ WST_1 が、図7に示される領域 $A_1 \sim A_4$ のうちの1つの領域から領域 A_0 を介して他の領域に移動する際に、使用するヘッドが切り換えられる。そこで、図9には、ウエハ W_1 上の露光中心Pの軌跡に重ねて、該軌跡中の露光中心Pの位置にウエハステージ WST_1 が位置するときスケール板21に対向するヘッドの組に対応する領域 $B_0 \sim B_4$ が示されている。20

【 0 0 6 7 】

図9における領域 $B_0 \sim B_4$ は、それぞれ、図7におけるウエハステージ WST_1 の移動領域 $A_0 \sim A_4$ に対応する。例えば、領域 B_i 内のショット領域を走査露光する、あるいは次のショット領域へステップ移動する際には、ウエハステージ WST_1 は領域 A_i 内を移動する。従って、露光中心Pが領域 B_1 内に位置する際には、ヘッド $60_4, 60_1, 60_2$ がスケール板21に対向する。同様に、露光中心Pが領域 B_2, B_3, B_4 、及び B_0 内に位置する際には、それぞれ、ヘッド $60_1, 60_2, 60_3$ 、ヘッド $60_2, 60_3, 60_4$ 、ヘッド $60_3, 60_4, 60_1$ 、及び全ヘッド $60_1 \sim 60_4$ がスケール板21に対向する。30

【 0 0 6 8 】

従って、ショット領域の走査露光又はショット領域間のステップ移動により、露光中心Pが図9に示される軌跡上を移動して、領域 $B_1 \sim B_4$ のうちの1つの領域から領域 B_0 を介して他の領域に移動する際に、使用するヘッドが切り換えられる。そこで、図9中には、ウエハ W_1 に対するヘッドの切り換えの発生場所が二重丸にて示されている。

【 0 0 6 9 】

例えば、まず、露光中心Pが、第1ショット領域 $S_1 \sim$ 第3ショット領域 S_3 を露光処理して領域 B_1 から領域 B_0 へ移動した後、円 C_1 内に示される領域 B_0 内の第4ショット領域 S_4 を露光処理して領域 B_2 内の第5ショット領域 S_5 へステップ移動する際に、ヘッドの切り換え（第1切換）が発生する。ここで、前述の通り、露光中心Pが領域 B_1, B_0, B_2 内に位置する際には、それぞれ、ヘッド $60_4, 60_1, 60_2$ 、全ヘッド $60_1 \sim 60_4$ 、ヘッド $60_1, 60_2, 60_3$ がスケール板21に対向する。従って、第1切換では、ヘッド $60_4, 60_1, 60_2$ からヘッド $60_1, 60_2, 60_3$ へ、使用するヘッドが切り換えられる。40

【 0 0 7 0 】

図10(A)には、第1切換の詳細を説明するための図9中の円 C_1 内部の拡大図が示され、第1切換前後におけるウエハステージ WST_1 のY軸方向に関する速度 V_y の時間変化が図10(B)に示されている。

【 0 0 7 1 】

主制御装置20は、第3ショット領域 S_3 を露光処理した後、ヘッド $60_4, 60_1,$ 50

60₂ (エンコーダ70₄, 70₁, 70₂) の計測結果に基づいてウエハステージWST1を駆動(位置制御)して、露光中心Pを第4ショット領域S₄の露光のための加速開始位置e₄に移動させる。露光中心Pが加速開始位置e₄に到達すると、主制御装置20は、ウエハステージWST1(ウエハW₁)とレチクルステージRST(レチクルR)との同期移動を開始する。すなわち、主制御装置20は、ウエハステージWST1を加速駆動し、それと同時にレチクルステージRSTを、ウエハステージWST1と反対向きかつウエハステージWST1の速度の投影倍率の逆数倍の速度で、ウエハステージWST1の動きに追従して駆動する。図10(B)に示されるように、加速開始(時刻t₄)から加速時間Taの経過後、両ステージWST1、RSTの速度は一定になる。

【0072】

加速終了後、露光開始までの整定時間Tbの間、主制御装置20は、ウエハW₁とレチクルRとの変位誤差が所定の関係(ほぼ零)になるまでレチクルステージRSTをウエハステージWST1に対して追従駆動する。

【0073】

整定時間Tbの後、主制御装置20は、ヘッド60₄, 60₁, 60₂ (エンコーダ70₄, 70₁, 70₂) の計測結果に基づいてウエハステージWST1を等速駆動する。これにより、露光時間Tcの間、図10(A)に示されるように、露光領域IA(露光中心P)がショット領域S₄の-Y端から+Y端まで等速度で移動し、ショット領域S₄が走査露光される。走査露光中、ウエハW₁とレチクルRとの等速同期移動状態が維持される。

【0074】

露光終了後、等速度オーバースキャン時間(後整定時間)Tdの間、ウエハステージWST1は等速度で移動する。この間に、図10(A)に示されるように、露光中心Pはショット領域S₄の+Y側の第1切換位置P₁を等速度で通過する。この時、主制御装置20は、ヘッド60₄, 60₁, 60₂ (エンコーダ70₄, 70₁, 70₂) からヘッド60₁, 60₂, 60₃ (エンコーダ70₁, 70₂, 70₃) へ、使用するヘッドを切り換える。ここで、主制御装置20は、切り換えの前後を通じてウエハステージWST1の位置の計測結果の連続性を保障するために、つなぎ処理を実行する。すなわち、主制御装置20は、ヘッド60₁, 60₂, 60₃ の計測値から得られるウエハステージWST1の位置の計測結果(X', Y', Z')がヘッド60₄, 60₁, 60₂ の計測値から得られるウエハステージWST1の計測結果(X, Y, Z)に一致するように、切り換え後に新たに使用するヘッド60₃の計測値C₃をリセットする。このつなぎ処理の詳細は後述する。

【0075】

切り換え後、減速オーバースキャン時間Teの間、主制御装置20は、ヘッド60₁, 60₂, 60₃ (エンコーダ70₁, 70₂, 70₃) の計測結果に基づいてウエハステージWST1を減速駆動する。同時に、レチクルステージRSTも減速させる。なお、減速オーバースキャン時間Teにおいては、ウエハステージWST1は、Y軸方向への移動と並行してX軸方向にも移動される。これにより、露光中心Pがショット領域S₄の+Y端からU字状の軌跡を描いて、領域B₂内の次のショット領域S₅に向かってステップ移動する。

【0076】

主制御装置20は、ウエハステージWST1の減速終了後、引き続き、先と同様に、ただしウエハステージWST1とレチクルステージRSTとをそれぞれ逆方向に駆動して、次のショット領域S₅を露光する。

【0077】

エンコーダシステム70(71)の計測結果にはスケールの製造誤差等に起因する計測誤差が含まれる。

【0078】

ここで、以下においては、ヘッドの切り換え及びつなぎ処理の原理を簡単に説明するた

10

20

30

40

50

め4つのヘッドを抽象的に $Enc 1$, $Enc 2$, $Enc 3$, $Enc 4$ とも表記するものとする。

【0079】

図11(A)には、ヘッド(エンコーダ) $Enc 1$, $Enc 2$, $Enc 3$ からエンコーダ $Enc 2$, $Enc 3$, $Enc 4$ への切り換え前後における、エンコーダ $Enc 1$, $Enc 2$, $Enc 3$ の計測値から算出されるウエハステージ $WST 1$ の位置座標(X , Y , z)と、エンコーダ $Enc 2$, $Enc 3$, $Enc 4$ の計測値から算出されるウエハステージ $WST 1$ の位置座標(X' , Y' , z')との時間変化(の軌跡)が示されている。スケールの製造誤差等に起因する計測誤差により、ウエハステージ $WST 1$ の位置の計測結果の軌跡は微細に揺らぐ。そのため、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な単純なつなぎ処理では、その計測誤差まで取り込んで新たに使用されるエンコーダ $Enc 4$ の計測値(ここではヘッド 60_4 の計測値 C_4)がリセットされてしまう。本実施形態では、かかる事態が生じることがないようにつなぎ処理を採用している。

10

【0080】

次に、本実施形態の露光装置100で行われるつなぎ処理の原理を説明する。本実施形態では、ウエハステージ $WST 1$ の位置座標は、主制御装置20により、例えば $96 \mu s$ の時間間隔で制御されている。この制御サンプリング間隔毎に、位置サーボ制御系(主制御装置20の一部)が、ウエハステージ $WST 1$ の現在位置を更新し、目標位置に位置決めするための推力指令値などを演算し、その結果をウエハステージ駆動系27に出力している。前述のように、ウエハステージ $WST 1$ の現在位置は、エンコーダシステム70を構成するヘッド $60_1 \sim 60_4$ (エンコーダ $70_1 \sim 70_4$)のうちの3つの計測値より算出される。これらのヘッド(エンコーダ)の計測値は、制御サンプリング間隔よりはるかに短い時間間隔(計測サンプリング間隔)で監視されている。

20

【0081】

図12には、エンコーダシステム70の計測結果に基づくウエハステージ WST の駆動(位置制御)、ヘッド $60_1 \sim 60_4$ (エンコーダ $70_1 \sim 70_4$)の切り換え、及び該切り換えに伴うつなぎ処理の概略が示されている。図12中の符号 $CSCK$ は、ウエハステージ $WST 1$ の位置制御のサンプリングクロック(制御クロック)の発生タイミングを示し、符号 $MSCK$ は、エンコーダの計測のサンプリングクロック(計測クロック)の発生タイミングを示す。

30

【0082】

主制御装置20は、制御クロック($CSCK$)毎に、エンコーダシステム70(を構成する4つのエンコーダ $Enc 1$, $Enc 2$, $Enc 3$, $Enc 4$)の計測値を監視する。

【0083】

第1切替時には、エンコーダ $Enc 1$, $Enc 2$, $Enc 3$, $Enc 4$ は、それぞれ、ヘッド 60_4 , 60_1 , 60_2 , 60_3 (エンコーダ 70_4 , 70_1 , 70_2 , 70_3)に対応する。

【0084】

制御クロック時には、主制御装置20は、第1制御クロック時のように、エンコーダ $Enc 1$, $Enc 2$, $Enc 3$ の計測値から対応する式(1)~式(3)から成る連立方程式を用いてウエハステージ $WST 1$ の位置座標(X , Y , z)を算出するとともに、切り換え後に使用するエンコーダ $Enc 2$, $Enc 3$, $Enc 4$ の計測値からもウエハステージ $WST 1$ の位置座標(X' , Y' , z')を算出する。

40

【0085】

主制御装置20は、ショット領域 S_4 の走査露光(露光時間 T_c)の終了まで、エンコーダ $Enc 1$, $Enc 2$, $Enc 3$ の計測値から算出されたステージ位置座標(X , Y , z)をサーボ制御用ステージ座標としてウエハステージ駆動系27に出力して、ウエハステージ $WST 1$ を駆動する。露光終了後、等速度オーバースキャン時間(後整定時間) T_d の間の第3制御クロック時に、主制御装置20は、エンコーダ $Enc 1$, $Enc 2$,

50

Enc 3 からエンコーダ Enc 2 , Enc 3 , Enc 4 へ切り換える。

【0086】

図11(A)に示されるように、スケールの製造誤差等に起因する計測誤差により、単純なつなぎ処理では、算出されるステージ位置座標の連続性が満たされない。そこで、主制御装置20は、ショット領域 S_4 に対する走査露光、すなわち図10(A)に示される走査露光区間の一部 Q_1 についてウエハステージ $WST1$ を等速駆動すると並行して、制御クロック(CSCK)毎につなぎ処理のための前処理(つなぎ演算とも呼ぶ)を実行する。すなわち、主制御装置20は、図12に示されるように、位置座標 (X, Y, z) と位置座標 (X', Y', z') との差分を求め、さらに所定のクロック数 K について差分の移動平均 $MA_K \{ (X, Y, z) - (X', Y', z') \}$ を求め、座標オフセット O として保持する。図12中、移動平均の演算が符号 MA_K にて表されている。

10

【0087】

なお、位置座標 (X, Y, z) と位置座標 (X', Y', z') のそれぞれに対して所定のクロック数 K について移動平均 $MA_K (X, Y, z)$ と $MA_K (X', Y', z')$ を求め、これらの差 $MA_K (X, Y, z) - MA_K (X', Y', z')$ を座標オフセット O として保持しても良い。

【0088】

主制御装置20は、切り換えの際、つなぎ処理を実行する。すなわち、主制御装置20は、直前の制御クロック時(この場合、第2制御クロック時)にエンコーダ Enc 1 , Enc 2 , Enc 3 の計測値より算出されたウエハステージ $WST1$ の位置座標 (X, Y, z) と一致するよう、第3制御クロック時に、エンコーダ Enc 2 , Enc 3 , Enc 4 の計測値より算出されるウエハステージ $WST1$ の位置座標 (X', Y', z') に、直前の第2制御クロック時に保持された座標オフセット O を加える。オフセット補正された位置座標 $\{ (X', Y', z') + O \}$ を、エンコーダ Enc 4 の計測値が従う式(1)~(4)のいずれかに代入して、エンコーダ Enc 4 の計測値を算出し、それをエンコーダ Enc 4 の計測値としてセットする。図12では、このつなぎ処理が記号CHにて示されている。

20

【0089】

上のつなぎ処理を行う際、座標オフセット O の値が直近の所定クロック数について十分安定していることを確認することとする。さらに、前述の通り、スケールの製造誤差等に起因する計測誤差のため、エンコーダシステム70の計測値より算出されるウエハステージ $WST1$ の位置座標 (X, Y, z) は、真の位置に対して微細に揺らぐ。そこで、エンコーダ Enc 1 , Enc 2 , Enc 3 の計測値より算出されるウエハステージ $WST1$ の位置座標 (X, Y, z) とエンコーダ Enc 2 , Enc 3 , Enc 4 の計測値より算出されるウエハステージ $WST1$ の位置座標 (X', Y', z') との差が十分安定している座標オフセット O に一致又はほぼ一致するタイミング(クロック発生時)にて、つなぎ処理を行うと良い。

30

【0090】

以上のつなぎ処理により、図11(B)に示されるように、切り換え前後で算出されるウエハステージの位置座標の連続性が保障される。

40

【0091】

なお、つなぎ処理は、上記のように、切り換え後のヘッドの計測値を補正する場合に限らず、他の処理もあり、それらを採用しても良い。例えば、その計測誤差をオフセットとしてウエハステージの現在位置又は目標位置にオフセットを加えて、ウエハステージを駆動(位置制御)する、あるいはその計測誤差分だけレチクル位置を補正するなど他の手法を適用しても良い。

【0092】

切り換え後、図12における第4制御クロック時以降、主制御装置20は、エンコーダ Enc 2 , Enc 3 , Enc 4 の計測値から算出される位置座標 (X', Y', z') をサーボ制御用ステージ座標としてウエハステージ駆動系27に出力して、ウエハステー

50

ジ W S T 1 を駆動制御する。

【 0 0 9 3 】

なお、上述の第 1 切換では、領域 B_0 内の第 4 ショット領域 S_4 を走査露光した後、領域 B_2 内の第 5 ショット領域 S_5 へステップ移動する前に、使用するヘッドを切り換えた。ここで、図 7 に示されるウエハ W_1 上のショット領域の配列では、図 9 に示されるように領域 B_0 内に第 3 ショット領域 S_3 も含まれている。そこで、図 10 (C) に示されるように、領域 B_0 内の第 3 ショット領域 S_3 を走査露光した後、第 4 ショット領域 S_4 へステップ移動する前に、使用するヘッドを切り換えることも可能である。この場合、ショット領域 S_3 に対する走査露光区間の一部 Q_1' についてウエハステージ W S T 1 を等速駆動するのと並行して上述のつなぎ演算を行い、第 3 ショット領域 S_3 を走査露光した後、ウエハステージ W S T 1 が第 3 ショット領域 S_3 の - Y 側の切り換え発生位置 P_1' を等速度で通過する際に、使用するヘッドをヘッド $60_4, 60_1, 60_2$ からヘッド $60_1, 60_2, 60_3$ へ切り換えることとなる。その際、主制御装置 20 は、切り換えの前後を通じてウエハステージ W S T 1 の位置の計測結果の連続性を保障するために、つなぎ処理、すなわち切り換え後に新たに使用するヘッド 60_3 の計測値 C_3 をつなぎ演算によって求められた座標オフセット O を用いてリセットする。

10

【 0 0 9 4 】

上述の第 1 切換と同様に、露光中心 P が、第 7 ショット領域 S_7 ~ 第 10 ショット領域 S_{10} を露光処理して領域 B_2 から領域 B_0 へ移動した後、領域 B_0 内の第 11 ショット領域 S_{11} を露光処理して領域 B_1 内の第 12 ショット領域 S_{12} へステップ移動する際に、ヘッドの切り換え (第 2 切換) が発生する。ここでは、ヘッド $60_1, 60_2, 60_3$ からヘッド $60_4, 60_1, 60_2$ へ、使用するヘッドが切り換えられる。

20

【 0 0 9 5 】

次に、ウエハ W_1 上の Y 軸方向の中央に X 軸方向に並ぶ第 15 ショット領域 S_{15} ~ 第 22 ショット領域 S_{22} をステップ・アンド・スキャン露光する際に、露光中心 P が、領域 B_0 を介して領域 B_1, B_4 間又は領域 B_2, B_3 間を移動する。ここで、ヘッドの切り換え (第 3 ~ 第 11 切換) が発生する。露光中心 P が、領域 B_0 を介して、領域 B_1, B_4 間を移動する際にはヘッド $60_4, 60_1, 60_2$ とヘッド $60_3, 60_4, 60_1$ との間で、領域 B_2, B_3 間を移動する際にはヘッド $60_1, 60_2, 60_3$ とヘッド $60_2, 60_3, 60_4$ との間で、使用するヘッドが切り換えられる。

30

【 0 0 9 6 】

図 10 (D) には、第 3 ~ 第 11 切換を代表して第 8 及び第 9 切換の詳細を説明するための図 9 中の円 C_2 内部の拡大図が示されている。この図 10 (D) からわかるように、第 20 ショット領域 S_{20} 及び第 21 ショット領域 S_{21} (及びその他の第 15 ショット領域 S_{15} ~ 第 19 ショット領域 S_{19} 、第 22 ショット領域 S_{22}) は、領域 B_0 内に位置する。露光中心 P の軌跡は、領域 B_0 をまたいで領域 B_2, B_3 間に広がっている。すなわち、露光中心 P は、領域 B_0 をまたいで領域 B_2, B_3 間を往復する。

【 0 0 9 7 】

主制御装置 20 は、第 19 ショット領域 S_{19} を露光処理した後、ヘッド $60_2, 60_3, 60_4$ (エンコーダ $70_2, 70_3, 70_4$) の計測結果に基づいてウエハステージ W S T 1 を駆動 (位置制御) して、露光中心 P を、図 10 (D) において破線で表される U 字上の経路に沿って、第 20 ショット領域 S_{20} に向けてステップ移動させる。

40

【 0 0 9 8 】

ステップ移動の途中で、露光中心 P が加速開始位置に到達すると、主制御装置 20 は、ウエハステージ W S T 1 (ウエハ W_1) とレチクルステージ R S T (レチクル R) との加速 (同期駆動) を開始する。加速開始から加速時間 (T_a) の経過後、両ステージ W S T 1、R S T の速度は一定になる。

【 0 0 9 9 】

さらに整定時間 (T_b) の後の露光時間 (T_c) の間、主制御装置 20 は、ヘッド $60_2, 60_3, 60_4$ (エンコーダ $70_2, 70_3, 70_4$) の計測結果に基づいてウエハス

50

テージWST1を等速駆動する。これにより、露光中心Pが、図10(D)において実線を用いて表される直線経路(走査露光経路)に沿って等速移動する。すなわち、露光領域IA(露光中心P)がショット領域 S_{20} の+Y端から-Y端まで等速度で移動し、ショット領域 S_{20} が走査露光される。

【0100】

主制御装置20は、上のショット領域 S_{20} の走査露光と並行して、厳密にはショット領域 S_{20} に対する走査露光経路の一部 Q_2 についてウエハステージWST1を等速駆動するのと並行して前述のつなぎ演算を行う。主制御装置20は、第20ショット領域 S_{20} を走査露光した後、ウエハステージWST1が第20ショット領域 S_{20} の-Y側の切り換え発生位置 P_2 を等速度で通過する際に、使用するヘッドをヘッド602, 603, 604からヘッド601, 602, 603へ切り換える。ここで、主制御装置20は、切り換えるの前後を通じてウエハステージWST1の位置の計測結果の連続性を保障するために、前述のつなぎ処理、すなわち切り換え後に新たに使用するヘッド601の計測値 C_1 をつなぎ演算によって求められた座標オフセットOを用いてリセットする。

10

【0101】

切り換え後、主制御装置20は、ヘッド601, 602, 603(エンコーダ701, 702, 703)の計測結果に基づいてウエハステージWST1を駆動(位置制御)して、次のショット領域 S_{21} に向けてステップ移動させる。ここで、露光中心Pは、ショット領域 S_{20} の-Y端からU字状の軌跡を描いて、一旦領域 B_2 に退出し、再び領域 B_0 内に戻り、次のショット領域 S_{20} に向かう。

20

【0102】

ステップ移動の途中で、露光中心Pが加速開始位置に到達すると、主制御装置20は、ウエハステージWST1(ウエハ W_1)とレチクルステージRST(レチクルR)との加速(同期駆動)を開始する。

【0103】

そして、加速開始から加速時間 T_a 及び整定時間 T_b の経過後、主制御装置20は、ヘッド601, 602, 603(エンコーダ701, 702, 703)の計測結果に基づいて、ウエハステージWST1を、図10(D)中に実線で表される直線経路(走査露光経路)に沿って等速駆動する。これにより、露光領域IA(露光中心P)がショット領域 S_{21} の-Y端から+Y端まで等速度で移動し、ショット領域 S_{21} が走査露光される。

30

【0104】

主制御装置20は、上のショット領域 S_{21} の走査露光と並行して、厳密にはショット領域 S_{21} に対する走査露光経路の一部 Q_3 についてウエハステージWST1を等速駆動するのと並行して前述のつなぎ演算を行う。主制御装置20は、第21ショット領域 S_{21} を走査露光した後、ウエハステージWST1が第21ショット領域 S_{21} の+Y側の切り換え発生位置 P_3 を等速度で通過する際に、使用するヘッドをヘッド601, 602, 603からヘッド602, 603, 604へ切り換える。ここで、主制御装置20は、切り換えるの前後を通じてウエハステージWST1の位置の計測結果の連続性を保障するために、前述のつなぎ処理、すなわち切り換え後に新たに使用するヘッド604の計測値 C_4 をつなぎ演算によって求められた座標オフセットOを用いてリセットする。

40

【0105】

切り換え後、主制御装置20は、ヘッド602, 603, 604(エンコーダ702, 703, 704)の計測結果に基づいてウエハステージWST1を駆動(位置制御)して、次のショット領域 S_{22} に向けてステップ移動させる。ここで、露光中心Pは、ショット領域 S_{21} の+Y端からU字状の軌跡を描いて、一旦領域 B_3 に退出し、再び領域 B_0 内に戻り、次のショット領域 S_{22} に向かう。

【0106】

次に、露光中心Pが、第23ショット領域 S_{23} ~第26ショット領域 S_{26} を露光処理して領域 B_3 から領域 B_0 へ移動した後、領域 B_0 内の第27ショット領域 S_{27} を露光処理して領域 B_4 内の第28ショット領域 S_{28} へステップ移動する際に、ヘッドの切

50

り換え（第12切換）が発生する。ここでは、ヘッド60₂、60₃、60₄からヘッド60₃、60₄、60₁へ、使用するヘッドが切り換えられる。その詳細は、前述の第1切換と同様である。

【0107】

同様に、露光中心Pが、第31ショット領域S₃₁～第33ショット領域S₃₃を露光処理して領域B₄から領域B₀へ移動した後、領域B₀内の第34ショット領域S₃₄を露光処理して領域B₃内の第35ショット領域S₃₅へステップ移動する際に、ヘッドの切り換え（第13切換）が発生する。ここでは、ヘッド60₃、60₄、60₁からヘッド60₂、60₃、60₄へ、使用するヘッドが切り換えられる。この詳細も、前述の第1切換と同様である。

10

【0108】

上述のヘッドの切り換え手順及びつなぎ処理により、ステップ・アンド・スキャン方式の露光動作において、ウエハ上の各ショット領域を走査露光する最中にヘッドの切り換えが発生することがないので、十分なパターンの重ね合わせ精度が維持され、安定したウエハの露光処理が実現される。また、走査露光中、ウエハステージWST1（WST2）が等速移動している間につなぎ演算を行い、その結果を用いて走査露光直後につなぎ処理及びヘッドの切り換えを行うので、ヘッドの切り換え前後を通じてウエハステージの位置計測結果の連続性が保障される。

【0109】

次に、第2の例として、図13に示されるウエハW₂に対する露光動作について説明する。ここで、ウエハW₂上には図14に拡大して示されるように、X軸方向に奇数、Y軸方向に偶数の全38個のショット領域S₁～S₃₈が配列されている。

20

【0110】

ウエハW₂に対して、図15に示される経路に沿って、ステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われる。図15中、経路に重ねて、該経路中の露光中心Pの位置にウエハステージWST1が位置するときにスケール板21に対向するヘッドの組に対応する領域B₀～B₄と、ヘッドの切り換えの発生場所とが示されている。図15の表記は、図9の表記と同様である。

【0111】

まず、露光中心Pが、第1ショット領域S₁を露光処理して領域B₁から領域B₀へ移動した後、領域B₀内の第2ショット領域S₂を露光処理して領域B₂内の第3ショット領域S₃へステップ移動する際に、ヘッドの切り換え（第1切換）が発生する。ここで、前述の通り、露光中心Pが領域B₁、B₀、B₂内に位置する際には、それぞれ、ヘッド60₄、60₁、60₂、全ヘッド60₁～60₄、ヘッド60₁、60₂、60₃がスケール板21に対向する。従って、第1切換では、ヘッド60₄、60₁、60₂からヘッド60₁、60₂、60₃へ、使用するヘッドが切り換えられる。その詳細は、前述の第1の例におけるウエハW₁に対する第1切換と同様である。

30

【0112】

上述の第1切換と同様に、露光中心Pが、第4ショット領域S₄～第6ショット領域S₆を露光処理して領域B₂から領域B₀へ移動した後、領域B₀内の第7ショット領域S₇を露光処理して領域B₁内の第8ショット領域S₈へステップ移動する際に、ヘッドの切り換え（第2切換）が発生する。ここでは、ヘッド60₁、60₂、60₃からヘッド60₄、60₁、60₂へ、使用するヘッドが切り換えられる。

40

【0113】

次に、ウエハW₂上のY軸方向の中央（第3行目）にX軸方向に並ぶ第11ショット領域S₁₁～第19ショット領域S₁₉をステップ・アンド・スキャン露光する際に、露光中心Pが、領域B₀を介して領域B₁、B₄間又は領域B₂、B₃間を移動する。ここで、ヘッドの切り換え（第3～第10切換）が発生する。同様に、第4行目にX軸方向に並ぶ第20ショット領域S₂₀～第28ショット領域S₂₈をステップ・アンド・スキャン露光する際に、露光中心Pが、領域B₀を介して領域B₁、B₄間又は領域B₂、B₃間

50

を移動する。ここで、ヘッドの切り換え（第11～第18切換）が発生する。露光中心Pが、領域 B_0 を介して、領域 B_1 、 B_4 間を移動する際にはヘッド 60_4 、 60_1 、 60_2 とヘッド 60_3 、 60_4 、 60_1 との間で、領域 B_2 、 B_3 間を移動する際にはヘッド 60_1 、 60_2 、 60_3 とヘッド 60_2 、 60_3 、 60_4 との間で、使用するヘッドが切り換えられる。

【0114】

図16(A)には、第3～第18切換を代表して第3及び第4切換の詳細を説明するための図15中の円 C_3 内部の拡大図が示されている。この図16(A)からわかるように、第11ショット領域 S_{11} 及び第12ショット領域 S_{12} は、領域 B_0 と領域 B_1 との境界上に位置する。露光中心Pの軌跡は、領域 B_0 をまたいで領域 B_1 、 B_4 間に広がっている。すなわち、露光中心Pは、領域 B_0 をまたいで領域 B_1 、 B_4 間を往復する。

10

【0115】

この例では、露光対象のショット領域が領域 B_0 内に完全に含まれていないため、第3及び第4切換の詳細手順は、前述のウエハ W_1 に対する第8及び第9切換の詳細手順と幾分相違する。そこで、相違点に重点を置いて、第3及び第4切換の詳細を説明する。

【0116】

主制御装置20は、第10ショット領域 S_{10} を露光処理した後、ヘッド 60_4 、 60_1 、 60_2 （エンコーダ 70_4 、 70_1 、 70_2 ）の計測結果に基づいてウエハステージ $WST1$ を駆動（位置制御）して、露光中心Pを、図15において破線で表される経路に沿って、第11ショット領域 S_{11} の露光のための加速開始位置に向けてステップ移動させる。

20

【0117】

ステップ移動後、主制御装置20は、ウエハステージ $WST1$ （ウエハ W_1 ）とレチクルステージ RST （レチクル R ）との加速同期駆動を開始する。加速開始から加速時間（ Ta ）の経過後、両ステージ $WST1$ 、 RST の速度は一定になる。

【0118】

さらに整定時間（ Tb ）の後の露光時間（ Tc ）の間、主制御装置20は、ヘッド 60_4 、 60_1 、 60_2 （エンコーダ 70_4 、 70_1 、 70_2 ）の計測結果に基づいてウエハステージ $WST1$ を等速駆動する。これにより、露光中心Pが、図16(A)中に実線で表される直線経路（走査露光経路）に沿って等速移動する。すなわち、露光領域 IA （露光中心P）がショット領域 S_{11} の-Y端から+Y端まで等速度で移動し、ショット領域 S_{11} が走査露光される。

30

【0119】

主制御装置20は、前述のウエハ W_1 に対する第8及び第9切り換えと同様に、ショット領域 S_{11} の走査露光と並行して、厳密にはショット領域 S_{11} に対する走査露光経路の一部 Q_5 についてウエハステージ $WST1$ を等速移動するのと並行して前述のつなぎ演算を行う。主制御装置20は、第11ショット領域 S_{11} を走査露光した後、ウエハステージ $WST1$ が第11ショット領域 S_{11} の+Y側の切り換え発生位置 P_5 を等速度で通過する際に、使用するヘッドをヘッド 60_4 、 60_1 、 60_2 からヘッド 60_3 、 60_4 、 60_1 へ切り換える（第3切換）。ここで、主制御装置20は、切り換えの前後を通じてウエハステージ $WST1$ の位置の計測結果の連続性を保障するために、前述のつなぎ処理、すなわち切り換え後に新たに使用するヘッド 60_3 の計測値 C_3 をつなぎ演算によって求められた座標オフセット O を用いてリセットする。

40

【0120】

切り換え後、主制御装置20は、ヘッド 60_3 、 60_4 、 60_1 （エンコーダ 70_3 、 70_4 、 70_1 ）の計測結果に基づいてウエハステージ $WST1$ を駆動（位置制御）して、次のショット領域 S_{12} に向けてステップ移動させる。ここで、露光中心Pは、ショット領域 S_{11} の+Y端からU字状の軌跡を描いて、一旦領域 B_4 に退出し、再び領域 B_0 内に戻り、次のショット領域 S_{12} に向かう。

【0121】

50

ステップ移動の途中で、露光中心 P が加速開始位置に到達すると、ショット領域 S_{12} を露光処理するため、主制御装置 20 は、ウエハステージ $WST1$ (ウエハ W_1) とレチクルステージ RST (レチクル R) との加速 (同期駆動) を開始する。しかし、ショット領域 S_{12} は領域 B_0 と領域 B_1 との境界上に位置するため、第 12 ショット領域 S_{12} を走査露光する最中にヘッドを切り換える必要が生じる。そこで、第 4 切換では、第 12 ショット領域 S_{12} を走査露光する前に、使用するヘッドをヘッド 60_3 , 60_4 , 60_1 からヘッド 60_4 , 60_1 , 60_2 へ切り換える。

【0122】

第 4 切換では、主制御装置 20 は、切り換えに先立って、露光中心 P が U 字状の経路に沿ってショット領域 S_{11} からショット領域 S_{12} へステップ移動する途中、整定時間 T_b 中に通過する一部の短い直線区間 Q_6 についてウエハステージ $WST1$ を等速駆動するのと並行して、前述のつなぎ演算を行う。主制御装置 20 は、第 12 ショット領域 S_{12} を走査露光する前、ウエハステージ $WST1$ が第 12 ショット領域 S_{12} の + Y 側の切り換え発生位置 P_6 を等速度で通過する際に、使用するヘッドをヘッド 60_3 , 60_4 , 60_1 からヘッド 60_4 , 60_1 , 60_2 へ切り換える。ここで、主制御装置 20 は、切り換えるの前後を通じてウエハステージ $WST1$ の位置の計測結果の連続性を保障するために、前述のつなぎ処理、すなわち切り換え後に新たに使用するヘッド 60_2 の計測値 C_2 をつなぎ演算によって求められた座標オフセット O を用いてリセットする。

【0123】

切り換え後、主制御装置 20 は、ヘッド 60_4 , 60_1 , 60_2 (エンコーダ 70_4 , 70_1 , 70_2) の計測結果に従って、ウエハステージ $WST1$ を、図 16 (A) 中に実線で表される直線経路 (走査露光経路) に沿って等速移動する。これにより、露光領域 I_A (露光中心 P) がショット領域 S_{12} の + Y 端から - Y 端まで等速度で移動し、ショット領域 S_{12} が走査露光される。

【0124】

ただし、整定時間 T_b 中のつなぎ演算では、ウエハステージ $WST1$ が等速度で駆動される距離 (直線区間 Q_6 の距離) が短いため、十分に安定した座標オフセット O が得られないことが起こり得る。

【0125】

かかる事態の発生を未然に防止するため、つなぎ演算のための時間を十分に確保する (十分に安定した座標オフセット O を得る) ための第 1 の方法として、ウエハステージ $WST1$ が加速駆動される間に、すなわち図 16 (A) において露光中心 P が U 字状の経路に沿ってショット領域 S_{12} に向かってステップ移動する途中、加速時間 T_a (あるいは減速オーバースキャン時間 T_e と加速時間 T_a) 中に通過する十分に長い曲線区間 Q_6' についてウエハステージ $WST1$ を駆動するのと並行して、前述のつなぎ演算を行うことが考えられる。しかし、この時、ウエハステージ $WST1$ は加速されるため、エンコーダシステム 70 によるステージ位置計測に誤差が発生し得る。

【0126】

すなわち、図 17 (A) に示されるように、本実施形態のエンコーダシステム 70 では、ウエハステージ $WST1$ に搭載されたヘッド 60_1 から、Z 軸に平行に、対向するスケール板 21 (22) に計測ビームが照射される。しかし、ウエハステージ $WST1$ に、例えば図 17 (B) 中に矢印で示される方向 (- X 方向) の加速度が加えられると、エンコーダヘッド 60_1 の設置位置がウエハステージ $WST1$ に対して相対的に + X 方向にシフトするとともに設置姿勢が y 方向に傾く。これにより計測ビームが傾き、設計上の照射点からずれたスケール板 21 (22) 上の点に照射され、計測誤差が発生する。

【0127】

そこで、加速時間中もつなぎ演算を行う場合のあることを考慮して、予めウエハステージ $WST1$ ($WST2$) の加速度とエンコーダシステム 70 (71) の計測誤差との関係を実測し、露光装置の稼働中、その実測データを用いてエンコーダシステム 70 (71) の計測結果を補正することとしても良い。あるいは、ウエハステージ $WST1$ ($WST2$

10

20

30

40

50

)にヘッド60₁~60₄の位置と傾きを測定する測定器を設け、測定器の測定結果に基づいてヘッド60₁~60₄の計測値を補正することとしても良い。

【0128】

つなぎ演算のための時間を十分に確保するための第2の方法として、図16(B)に示されるように、ステップ経路に冗長区間Q₆”を設けてウエハステージWST1が等速移動する区間(すなわち図16(A)における区間Q₆)を伸長し、その区間をウエハステージWST1が等速度で駆動される間につなぎ演算を行うことが考えられる。

【0129】

つなぎ演算のための時間を十分に確保するための第3の方法として、前述のエンコーダヘッド60₁~60₄及びスケール板21の構成及び配置についての条件(B_{bi}+L+2t)に加えて、さらにU字状のステップ区間のY軸方向の距離Laを考慮して、条件B_{bi}+2La+2tを加える(すなわち、条件B_{bi}+Max(L, 2La)+2tに変更する。)ことが考えられる。

【0130】

図16(C)には、図15中の円C₄の内部が拡大して示されている。ただし、この図16(C)では、上記の条件B_{bi}+Max(L, 2La)+2tに従い、領域B₀がY軸方向に拡げられている。この図16(C)の場合、U字状のステップ区間が領域B₀内に完全に含まれるため、ショット領域S₁₉を走査露光した後、ショット領域S₂₀に向かってYステップする際にのみヘッド切換(図15における第10切換)を要し、図15における第3~9切換及び第11~18切換が不要となる。

【0131】

なお、条件B_{bi}+Max(L, 2La)+2tは、ウエハW₂のようにY軸方向に偶数のショット領域が配列されたショット配列に限らず、任意のショット配列に対して適用することも可能である。

【0132】

次に、露光中心Pが、第29ショット領域S₂₉~第31ショット領域S₃₁を露光処理して領域B₄から領域B₀へ移動した後、領域B₀内の第32ショット領域S₃₂を露光処理して領域B₃内の第33ショット領域S₃₃へステップ移動する際に、ヘッドの切り換え(第19切換)が発生する。ここでは、ヘッド60₃, 60₄, 60₁からヘッド60₂, 60₃, 60₄へ、使用するヘッドが切り換えられる。その詳細は、前述の第1切換と同様である。

【0133】

同様に、露光中心Pが、第36ショット領域S₃₆を露光処理して領域B₃からB₀へ移動した後、領域B₀内の第37ショット領域S₃₇を露光処理して領域B₄内の第38ショット領域S₃₈へステップ移動する際に、ヘッドの切り換え(第20切換)が発生する。ここでは、ヘッド60₂, 60₃, 60₄からヘッド60₃, 60₄, 60₁へ、使用するヘッドが切り換えられる。この詳細も、前述の第1切換と同様である。

【0134】

上述のヘッドの切り換え手順及びつなぎ処理により、ステップ・アンド・スキャン方式の露光動作において、ウエハ上の各ショット領域を走査露光する最中にヘッドの切り換えが発生することがないので、十分なパターンの重ね合わせ精度が維持され、安定したウエハの露光処理が実現される。また、主制御装置20は、走査露光中、ウエハステージWST1(WST2)が等速移動している間につなぎ演算を行い、その結果を用いて走査露光直後につなぎ処理及びヘッドの切り換えを行う。あるいは、主制御装置20は、ステップ移動中、ウエハステージWST1(WST2)が等速移動している間につなぎ演算を行う、若しくは加速移動している間に加速度補正をしつつつなぎ演算を行い、その結果を用いて走査露光直前につなぎ処理及びヘッドの切り換えを行う。これにより、ヘッドの切り換え前後を通じてウエハステージの位置計測結果の連続性が保障される。

【0135】

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

10

20

30

40

50

測の原理などについてさらに説明する。ここでは、エンコーダヘッド60₁～60₄又はエンコーダ70₁～70₄の計測結果又は計測値は、エンコーダヘッド60₁～60₄又はエンコーダ70₁～70₄のZ軸方向の計測結果を意味する。

【0136】

本実施形態では、前述のようなエンコーダヘッド60₁～60₄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)の位置する領域A₀～A₄に応じて、エンコーダヘッド60₁～60₄のうちの少なくとも3つがスケール板21(の対応する部分21₁～21₄)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に送られる。

10

【0137】

主制御装置20は、エンコーダ70₁～70₄の計測結果に基づいて、ウエハステージWST1(WST2)の位置(Z, x, y)を算出する。ここで、エンコーダ70₁～70₄のZ軸方向に関する計測値(前述のZ軸方向ではない計測方向、すなわちXY平面内の一軸方向についての計測値C₁～C₄と区別して、それぞれ、D₁～D₄と表記する)は、ウエハステージWST1(WST2)の位置(Z, x, y)に対して、次式(5)～(8)のように依存する。

【0138】

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

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

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

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

20

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。

【0139】

主制御装置20は、ウエハステージWST1(WST2)の位置する領域A₀～A₄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、選択した3つの式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、ウエハステージWST1(WST2)の位置(Z, x, y)を算出する。例えば、ウエハステージWST1(又はWST2)が第1領域A₁内に位置する場合、主制御装置20は、ヘッド60₁, 60₂, 60₄(エンコーダ70₁, 70₂, 70₄)(又はヘッド60₁, 60₂, 60₄(エンコーダ71₁, 71₂, 71₄))の計測値が従う式(5), (6), 及び(8)から連立方程式を組み、式(5), (6), 及び(8)それぞれの左辺に計測値を代入して解く。

30

【0140】

なお、ウエハステージWST1(又はWST2)が第0領域A₀内に位置する場合、ヘッド60₁～60₄(エンコーダ70₁～70₄)(又はヘッド60₁, ~60₄(エンコーダ71₁～71₄))から任意の3つを選択し、選択した3つのヘッドの計測値が従う式から組まれる連立方程式を用いれば良い。

【0141】

主制御装置20は、上の算出結果(Z, x, y)と前述の段差情報(フォーカスマッピングデータ)とに基づいて、露光時移動領域内でウエハステージWST1(又はWST2)をフォーカス・レベリング制御する。

40

【0142】

ウエハステージWST1(又はWST2)が、計測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70又は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(の部分21₁～21₄)がスケール板22(の部分22₁～22₄)に置き換わる以外、ウエハステージWST1が先の露光時移動領域内に位置す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70又は71の計測結果に基

50

づいて、ウエハステージWST1又はWST2をフォーカス・レベリング制御する。なお、計測時移動領域（計測ステーション）では必ずしもフォーカス・レベリングを行わなくても良い。すなわち、マーク位置及び段差情報（フォーカスマッピングデータ）の取得を行っておき、その段差情報から段差情報取得時（計測時）のウエハステージのZ・チルト分を差し引くことで、ウエハステージの基準面、例えば上面を基準とする段差情報得て置く。そして、露光時には、この段差情報とウエハステージ（の基準面）の3自由度方向（Z, x, y）の位置情報とに基づいて、フォーカス・レベリングが可能になるからである。

【0143】

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60₁~60₄のうち3つを、少なくとも1つが異なる3つに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、ウエハステージWST1（又はWST2）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。

10

【0144】

以上詳細に説明したように、本実施形態の露光装置100には、投影光学系PL（アライメント系ALG）直下の領域を除くウエハステージWST1, WST2の移動範囲をカバーするスケール板21に、ウエハステージWST1, WST2に搭載された4つのヘッド60₁~60₄から計測ビームを照射することによって、ウエハステージWST1, WST2の6自由度（X, Y, Z, x, y, z）方向の位置情報を計測するエンコーダシステム70, 71が設けられている。そして、ヘッド60₁~60₄の配置間隔A, Bは、それぞれ、スケール板21, 22の開口の幅a_i, b_iよりも大きく定められている。これにより、ウエハステージWST1, WST2の位置に応じて4つのヘッド60₁~60₄の中からスケール板21, 22に対向する3つのヘッドを切り換えて使用することにより、ウエハステージWST1, WST2の位置情報を求める（計測する）ことが可能となる。

20

【0145】

さらに、本実施形態の露光装置100では、ヘッド60₁~60₄の配置間隔A, Bは、それぞれ、スケール板21, 22の開口の幅a_i, b_iとショット領域の幅W, Lとの和よりも大きく定められている。これにより、ウエハを露光するためにウエハを保持するウエハステージWST1, WST2を走査（等速）駆動する間に、ヘッド60₁~60₄を切り換えることなしにウエハステージWST1, WST2の位置情報を計測することができる。従って、精度良くパターンをウエハ上に形成することができ、特に第2層目（セカンドレイヤ）以後の露光に際しては重ね合わせ精度を高精度に維持することが可能となる。

30

【0146】

また、本実施形態の露光装置100では、4つのヘッド60₁~60₄により計測されるウエハステージWST1, WST2の位置情報の計測結果を用いることによって、ウエハ上の対象ショット領域を露光するために、ウエハを保持するウエハステージWST1, WST2が走査（等速）駆動され、駆動の後、ウエハステージWST1, WST2の位置に応じて4つのヘッド60₁~60₄の中から位置情報を計測するために用いられる3つ1組のヘッド組が（異なるヘッドを少なくとも1つ含む）別のヘッド組に切り換えられる。あるいは、位置情報の計測結果を用いることによって、ウエハステージWST1, WST2が、対象ショット領域についての走査（等速）駆動の開始点に向けてステップ駆動され、ステップ駆動の後、ウエハステージWST1, WST2が対象ショット領域を露光するために走査（等速）される前に、ウエハステージWST1, WST2の位置に応じて4つのヘッド60₁~60₄の中から位置情報を計測するために用いられるヘッド組が（異なるヘッドを含む）別のヘッド組に切り換えられる。これにより、ウエハを露光するためにウエハを保持するウエハステージWST1, WST2を走査（等速）駆動する間に、ヘッド60₁~60₄を切り換えることなしにウエハステージWST1, WST2の位置情

40

50

報を計測することができる。従って、精度良くパターンをウエハ上に形成することができ、特に第2層目（セカンドレイヤ）以後の露光に際しては重ね合わせ精度を高精度に維持することが可能となる。

【0147】

なお、上記実施形態では、ウエハテーブル上面の4隅のヘッドにそれぞれ近接して少なくとも1つの補助ヘッドを設け、メインのヘッドに計測異常が生じた場合に、近接する補助ヘッドに切り換えて計測を継続しても良い。その際、補助ヘッドについても前述の配置条件を適用しても良い。

【0148】

なお、上記実施形態では、スケール板21, 22の部分21₁~21₄, 22₁~22₄のそれぞれの下面に2次元回折格子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60₁~60₄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、上記実施形態は適用可能である。

10

【0149】

また、上記実施形態では、各ヘッド60₁~60₄（エンコーダ70₁~70₄）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次元エンコーダ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軸方向とを計測方向とする1次元エンコーダ（あるいは非エンコーダ方式の面位置センサ等）とを採用しても良い。又は、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することも可能である。さらに、X軸、Y軸及びZ軸方向の3方向を計測方向とする3次元エンコーダ（3DOFセンサ）を採用しても良い。

20

【0150】

なお、上記実施形態では、露光装置がスキャニング・ステッパである場合について説明したが、これに限らず、ステッパなどの静止型露光装置に上記実施形態を適用しても良い。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、干渉計によりステージの位置を計測する場合と異なり、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、ステージを高精度に位置決めすることが可能になり、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・スティッチ方式の投影露光装置にも上記実施形態は適用することができる。さらに、例えば、米国特許第6,590,634号明細書、米国特許第5,969,441号明細書、米国特許第6,208,407号明細書などに開示されるように複数のウエハステージを備えたマルチステージ型の露光装置に上記実施形態を適用しても良い。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に上記実施形態を適用しても良い。

30

【0151】

また、上記実施形態の露光装置を、例えば国際公開第99/49504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としても良い。

40

【0152】

また、上記実施形態の露光装置における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。

【0153】

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、F2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

50

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）がドーブ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。

【0154】

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。

10

【0155】

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）にも上記実施形態を適用することができる。

【0156】

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上記実施形態を適用することができる。

20

【0157】

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、あるいはマスクブランクスなど他の物体でも良い。

【0158】

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上記実施形態を適用できる。

30

【0159】

半導体などの電子デバイスは、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、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、ボンディング工程、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。

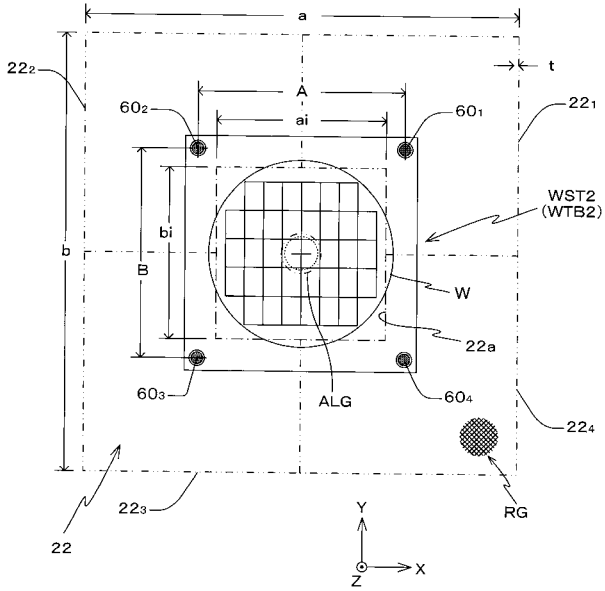
40

【0160】

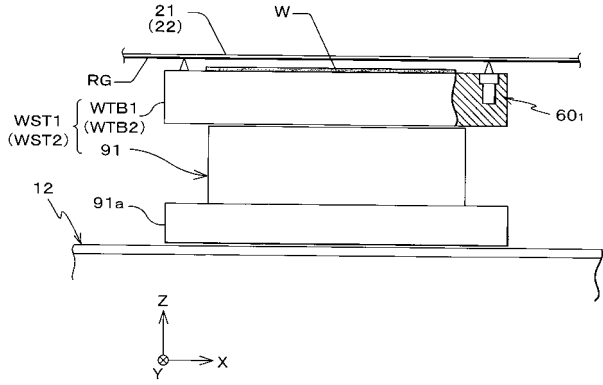
また、上記実施形態の露光装置（パターン形成装置）は、本願請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保

50

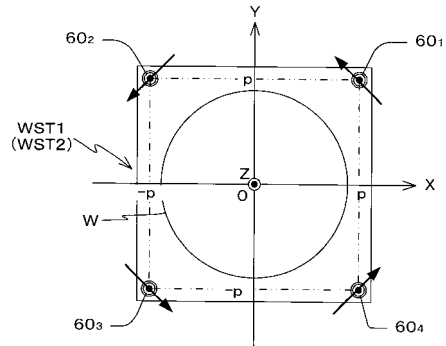
【図3】



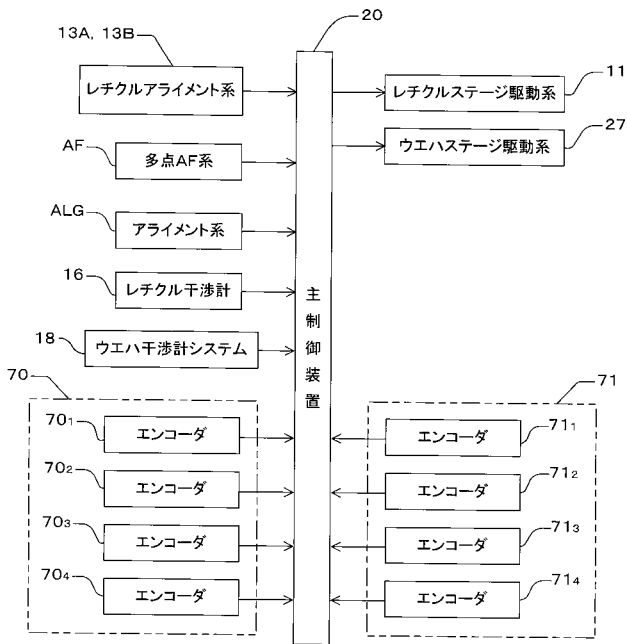
【図4】



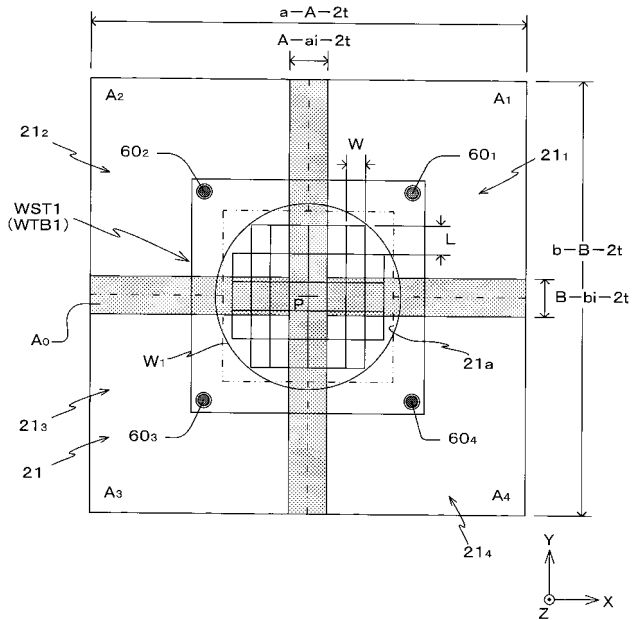
【図5】



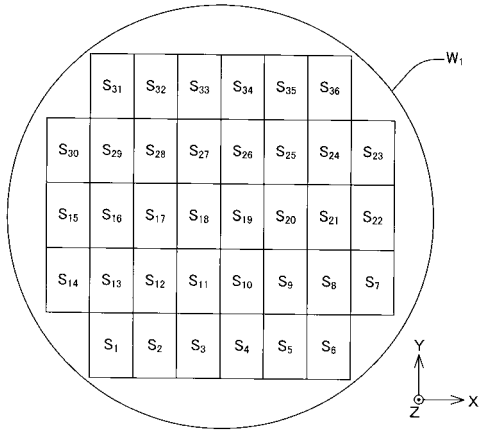
【図6】



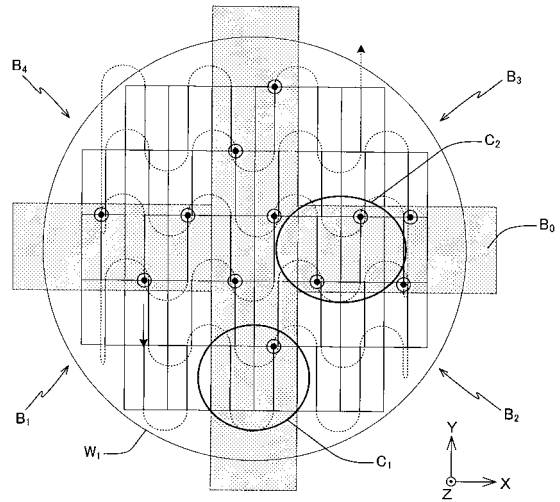
【図7】



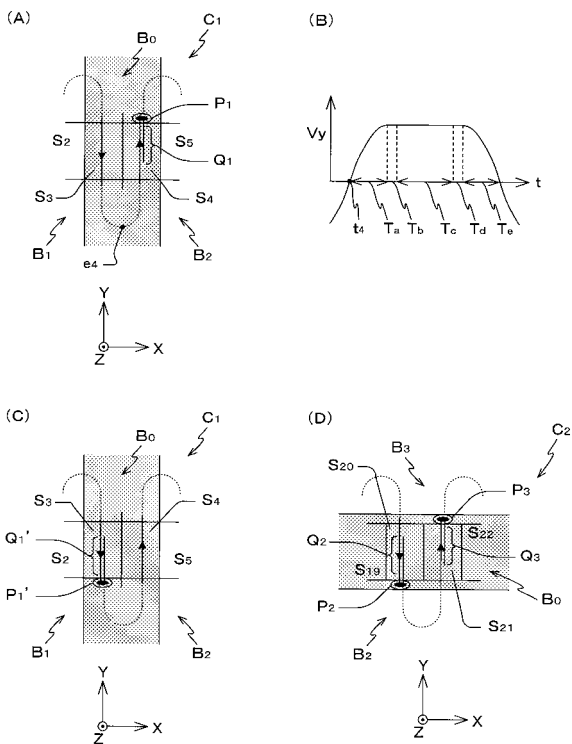
【 図 8 】



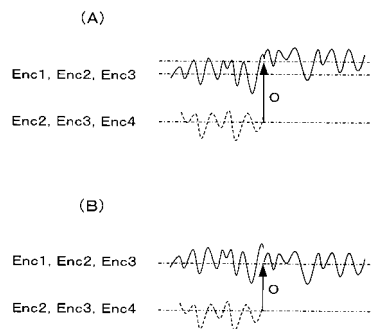
【 図 9 】



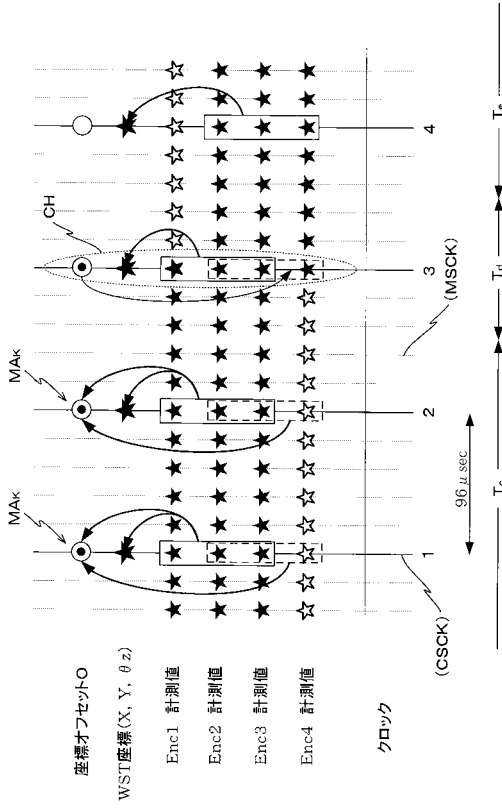
【 図 10 】



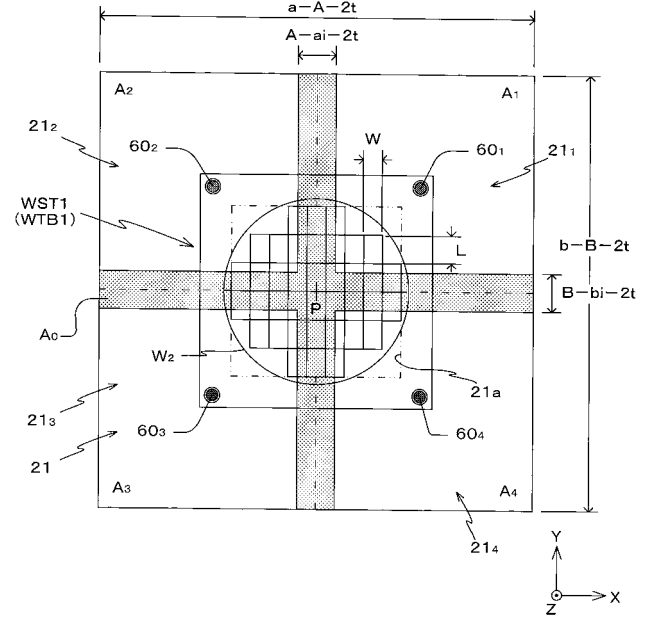
【 図 11 】



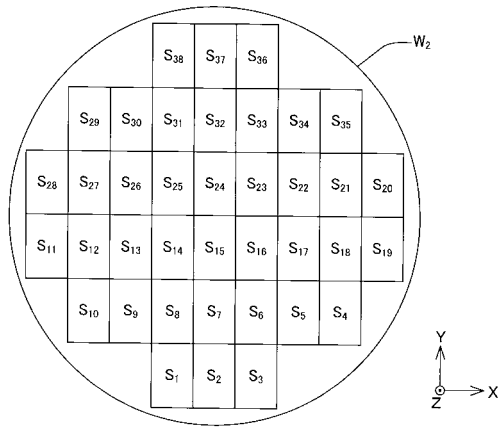
【図 1 2】



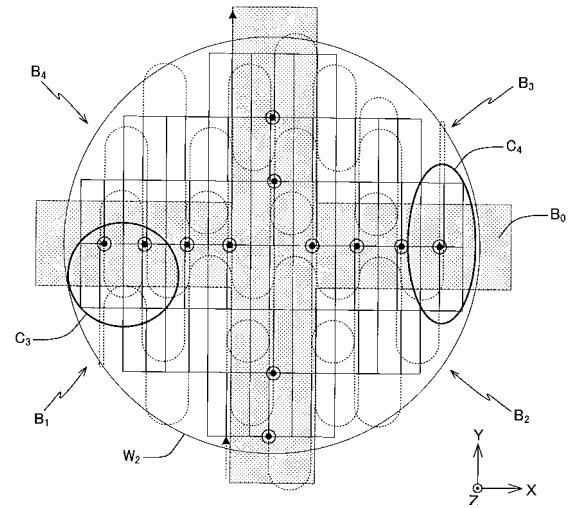
【図 1 3】



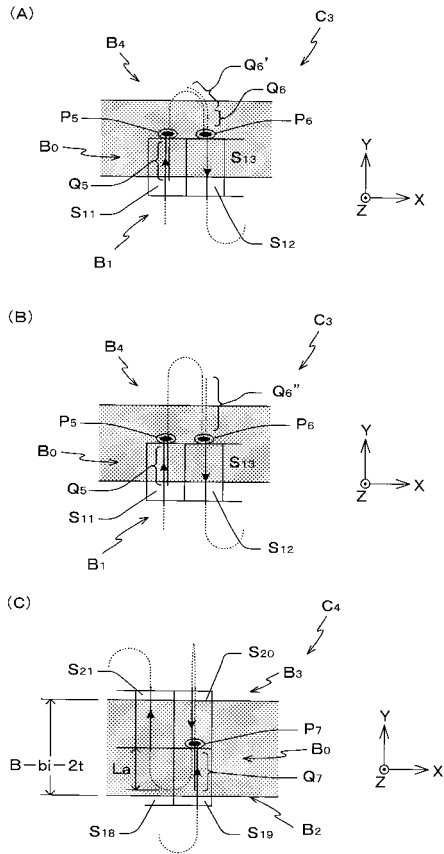
【図 1 4】



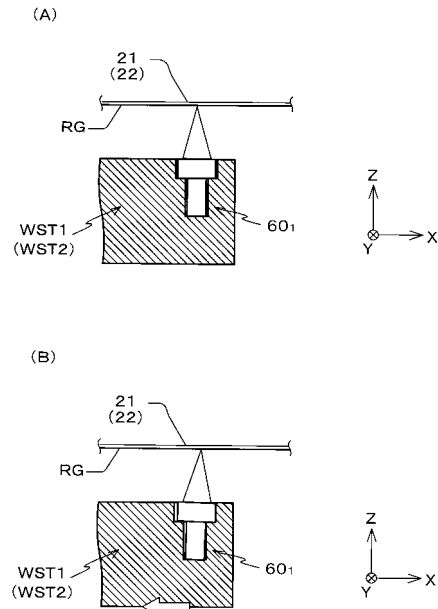
【図 1 5】



【図16】



【図17】



【手続補正書】

【提出日】平成27年2月27日(2015.2.27)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

本発明は、上述した事情の下になされたもので、その第1の態様によれば、投影光学系を介して照明光で基板を露光する露光装置であって、前記基板を保持するホルダを有するステージと、一部が前記ステージに設けられる平面モータを有し、前記投影光学系の光軸と垂直な所定面内で互いに直交する第1、第2方向を含む6自由度方向に関して前記基板が移動されるように前記ステージを駆動する駆動システムと、前記ステージに設けられる4つのヘッドであって、それぞれ反射型格子が形成される4つの部分と、開口とを有するスケール部材に対してその下方からそれぞれ計測ビームを照射する前記4つのヘッドを有し、前記6自由度方向に関する前記ステージの位置情報を計測する計測システムと、前記計測システムで計測される位置情報に基づいて、前記駆動システムによる前記ステージの駆動を制御するコントローラと、を備え、前記スケール部材は、前記投影光学系が前記開口内に位置するように設けられ、前記4つのヘッドはその2つのヘッドの間隔が前記開口の幅よりも大きくなるように前記ステージに配置され、前記基板の露光動作において前記ステージが移動される移動領域は、前記4つのヘッドのうち第1ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち第1部分を除く3つの部分と対向する第1領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1ヘッドと異なる第2ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1部分と異なる第2部分を除く3つの部分と対向する第2領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2ヘッドと異なる第3ヘッドを除く3つ

のヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2部分と異なる第3部分を除く3つの部分と対向する第3領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2、第3ヘッドと異なる第4ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2、第3部分と異なる第4部分を除く3つの部分と対向する第4領域と、前記4つのヘッドがそれぞれ前記4つの部分と対向する第5領域と、を含み、前記露光動作において、前記ステージは、前記第1、第2、第3、第4領域の1つから、前記第5領域を介して、前記第1、第2、第3、第4領域のうち前記1つの領域と異なる領域に移動され、前記異なる領域では、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドの1つの代わりに、前記4つのヘッドのうち前記1つの領域で用いられる3つのヘッドと異なる別のヘッドが用いられるとともに、前記別のヘッドと、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドのうち前記1つのヘッドを除く2つのヘッドとの3つのヘッドによって、前記ステージの位置情報が計測され、前記コントローラは、前記ステージが前記第5領域にいる間に、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドの代わりに、前記異なる領域で用いられる3つのヘッドを用いて、前記ステージの駆動を制御する露光装置が、提供される。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

本発明の第3の態様によれば、投影光学系を介して照明光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の光軸と垂直な所定面内で互いに直交する第1、第2方向を含む6自由度方向に関して前記基板が移動されるように、前記基板を保持するホルダを有するステージを駆動することと、前記ステージに設けられる4つのヘッドであって、それぞれ反射型格子が形成される4つの部分と、開口とを有するスケール部材に対してその下方からそれぞれ計測ビームを照射する前記4つのヘッドを有する計測システムによって、前記6自由度方向に関する前記ステージの位置情報を計測することと、前記計測システムで計測される位置情報に基づいて、前記ステージの駆動を制御することと、を含み、前記スケール部材は、前記投影光学系が前記開口内に位置するように設けられ、前記4つのヘッドはその2つのヘッドの間隔が前記開口の幅よりも大きくなるように前記ステージに配置され、前記基板の露光動作において前記ステージが移動される移動領域は、前記4つのヘッドのうち第1ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち第1部分を除く3つの部分と対向する第1領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1ヘッドと異なる第2ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1部分と異なる第2部分を除く3つの部分と対向する第2領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2ヘッドと異なる第3ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2部分と異なる第3部分を除く3つの部分と対向する第3領域と、前記4つのヘッドのうち前記第1、第2、第3ヘッドと異なる第4ヘッドを除く3つのヘッドがそれぞれ、前記4つの部分のうち前記第1、第2、第3部分と異なる第4部分を除く3つの部分と対向する第4領域と、前記4つのヘッドがそれぞれ前記4つの部分と対向する第5領域と、を含み、前記露光動作において、前記ステージは、前記第1、第2、第3、第4領域の1つから、前記第5領域を介して、前記第1、第2、第3、第4領域のうち前記1つの領域と異なる領域に移動され、前記異なる領域では、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドの1つの代わりに、前記4つのヘッドのうち前記1つの領域で用いられる3つのヘッドと異なる別のヘッドが用いられるとともに、前記別のヘッドと、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドのうち前記1つのヘッドを除く2つのヘッドとの3つのヘッドによって、前記ステージの位置情報が計測され、前記ステージが前記第5領域にいる間に、前記1つの領域で用いられる3つのヘッドの代わりに、前記異なる領域で用いられる3つのヘッドを用いて前記ステージの駆動が制御される露光方法が、提供される。

【手続補正3】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影光学系を介して照明光で基板を露光する露光装置であって、
前記基板を保持するホルダを有するステージと、
一部が前記ステージに設けられる平面モータを有し、前記投影光学系の光軸と垂直な所定面内で互いに直交する第 1、第 2 方向を含む 6 自由度方向に関して前記基板が移動されるように前記ステージを駆動する駆動システムと、
前記ステージに設けられる4 つのヘッドであって、それぞれ反射型格子が形成される 4 つの部分と、開口とを有するスケール部材に対してその下方からそれぞれ計測ビームを照射する前記 4 つのヘッドを有し、前記 6 自由度方向に関する前記ステージの位置情報を計測する計測システムと、
前記計測システムで計測される位置情報に基づいて、前記駆動システムによる前記ステージの駆動を制御するコントローラと、を備え、
前記スケール部材は、前記投影光学系が前記開口内に位置するように設けられ、前記 4 つのヘッドはその 2 つのヘッドの間隔が前記開口の幅よりも大きくなるように前記ステージに配置され、

前記基板の露光動作において前記ステージが移動される移動領域は、前記 4 つのヘッドのうち第 1 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち第 1 部分を除く 3 つの部分と対向する第 1 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1 ヘッドと異なる第 2 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1 部分と異なる第 2 部分を除く 3 つの部分と対向する第 2 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1、第 2 ヘッドと異なる第 3 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1、第 2 部分と異なる第 3 部分を除く 3 つの部分と対向する第 3 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1、第 2、第 3 ヘッドと異なる第 4 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1、第 2、第 3 部分と異なる第 4 部分を除く 3 つの部分と対向する第 4 領域と、前記 4 つのヘッドがそれぞれ前記 4 つの部分と対向する第 5 領域と、
を含み、

前記露光動作において、前記ステージは、前記第 1、第 2、第 3、第 4 領域の 1 つから、前記第 5 領域を介して、前記第 1、第 2、第 3、第 4 領域のうち前記 1 つの領域と異なる領域に移動され、

前記異なる領域では、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドの 1 つの代わりに、前記 4 つのヘッドのうち前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドと異なる別のヘッドが用いられるとともに、前記別のヘッドと、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドのうち前記 1 つのヘッドを除く 2 つのヘッドとの 3 つのヘッドによって、前記ステージの位置情報が計測され、

前記コントローラは、前記ステージが前記第 5 領域にいる間に、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドの代わりに、前記異なる領域で用いられる 3 つのヘッドを用いて、前記ステージの駆動を制御する露光装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記コントローラは、前記第 5 領域において前記ステージの前記 4 つのヘッドから得られる位置情報を用いて、前記ステージの駆動制御に用いられる補正情報を取得し、

前記補正情報は、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドによる前記ステージの駆動制御の代わりに、前記異なる領域で用いられる 3 つのヘッドによる前記ステージの駆動制御を行なうために用いられる露光装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の露光装置において、
前記補正情報は、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドによって計測される位置情報から得られる、前記異なる領域において前記別のヘッドを使って前記ステージの駆動を制御するための情報を含む露光装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の露光装置において、
前記別のヘッドによる前記ステージの駆動制御のための情報は、前記第 5 領域を介して前記 1 つの領域から前記異なる領域に移動する前記ステージが前記第 5 領域内にいる間に取得される露光装置。

【請求項 5】

請求項 2 ~ 4 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記 4 つのヘッドはそれぞれ、前記第 1 方向又は前記第 2 方向と、前記第 1、第 2 方向と直交する第 3 方向との 2 方向に関する前記ステージの位置情報を計測可能であり、
前記別のヘッドによる前記ステージの駆動制御のための情報は前記 2 方向に関して取得される露光装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記 4 つの部分はそれぞれ反射型の 2 次元格子が形成され、前記所定面と実質的に平行となるように配置される露光装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記コントローラは、前記スケール部材の製造誤差と、前記ステージの加速度と、前記ヘッドの位置又は傾きとの少なくとも 1 つに起因して生じる前記計測システムの計測誤差を補償するように前記ステージの駆動を制御する露光装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記計測システムは、前記ヘッドに近接して配置される補助ヘッドを有し、前記ヘッドを前記補助ヘッドに切り換えて前記計測を継続して実行可能である露光装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記投影光学系から離れて配置され、前記基板の位置情報を検出する検出系と、
前記 4 つの部分と異なる、それぞれ反射型格子が形成される 4 つの部分と、前記開口と異なる開口と、を有し、前記スケール部材と異なるスケール部材と、をさらに備え、
前記異なるスケール部材は、前記検出系が前記異なる開口内に位置するように配置され、

前記検出系による前記基板の検出動作中、前記計測システムによって前記ステージの位置情報が計測される露光装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記基板は走査露光が行われ、
前記 1 つのヘッドから前記別のヘッドへの切換は、前記照明光が前記基板に照射される走査露光期間以外で行われる露光装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記 1 つのヘッドから前記別のヘッドへの切換は、前記ステージの等速移動期間以外で行われる露光装置。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記 4 つのヘッドは、前記第 1 方向に関して前記 4 つのヘッドのうち 2 つのヘッドの間隔が前記開口の幅よりも大きく、かつ前記第 2 方向に関して前記 4 つのヘッドのうち 2 つ

のヘッドの間隔が前記開口の幅よりも大きくなるように前記ステージに配置される露光装置。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記照明光で照明されるマスクを保持するマスクステージと、
前記マスクステージの位置情報を計測する、前記計測システムと異なるエンコーダシステムと、をさらに備え、

前記基板の走査露光において前記マスクと前記基板とが同期移動されるように前記マスクステージと前記ステージの駆動が制御される露光装置。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記 4 つのヘッドと異なる 4 つのヘッドを有し、前記ステージと異なるステージを、さらに備え、

前記計測システムは、前記異なる 4 つのヘッドの少なくとも 3 つによって、前記 6 自由度方向に関する前記異なるステージの位置情報を計測する露光装置。

【請求項 15】

デバイス製造方法であって、
請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の露光装置を用いて基板を露光することと、
前記露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

【請求項 16】

投影光学系を介して照明光で基板を露光する露光方法であって、
前記投影光学系の光軸と垂直な所定面内で互いに直交する第 1、第 2 方向を含む 6 自由度方向に関して前記基板が移動されるように、前記基板を保持するホルダを有するステージを駆動することと、

前記ステージに設けられる4 つのヘッドであって、それぞれ反射型格子が形成される 4 つの部分と、開口とを有するスケール部材に対してその下方からそれぞれ計測ビームを照射する前記 4 つのヘッドを有する計測システムによって、前記 6 自由度方向に関する前記ステージの位置情報を計測することと、

前記計測システムで計測される位置情報に基づいて、前記ステージの駆動を制御することと、を含み、

前記スケール部材は、前記投影光学系が前記開口内に位置するように設けられ、

前記 4 つのヘッドはその 2 つのヘッドの間隔が前記開口の幅よりも大きくなるように前記ステージに配置され、

前記基板の露光動作において前記ステージが移動される移動領域は、前記 4 つのヘッドのうち第 1 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち第 1 部分を除く 3 つの部分と対向する第 1 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1 ヘッドと異なる第 2 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1 部分と異なる第 2 部分を除く 3 つの部分と対向する第 2 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1、第 2 ヘッドと異なる第 3 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1、第 2 部分と異なる第 3 部分を除く 3 つの部分と対向する第 3 領域と、前記 4 つのヘッドのうち前記第 1、第 2、第 3 ヘッドと異なる第 4 ヘッドを除く 3 つのヘッドがそれぞれ、前記 4 つの部分のうち前記第 1、第 2、第 3 部分と異なる第 4 部分を除く 3 つの部分と対向する第 4 領域と、前記 4 つのヘッドがそれぞれ前記 4 つの部分と対向する第 5 領域と、を含み、

前記露光動作において、前記ステージは、前記第 1、第 2、第 3、第 4 領域の 1 つから、前記第 5 領域を介して、前記第 1、第 2、第 3、第 4 領域のうち前記 1 つの領域と異なる領域に移動され、

前記異なる領域では、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドの 1 つの代わりに、前記 4 つのヘッドのうち前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドと異なる別のヘッドが用いられるとともに、前記別のヘッドと、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドのうち

前記 1 つのヘッドを除く 2 つのヘッドとの 3 つのヘッドによって、前記ステージの位置情報が計測され、

前記ステージが前記第 5 領域にいる間に、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドの代わりに、前記異なる領域で用いられる 3 つのヘッドを用いて前記ステージの駆動が制御される露光方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の露光方法において、

前記第 5 領域において前記ステージの前記 4 つのヘッドから得られる位置情報を用いて、前記ステージの駆動制御に用いられる補正情報が取得され、

前記補正情報は、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドによる前記ステージの駆動制御の代わりに、前記異なる領域で用いられる 3 つのヘッドによる前記ステージの駆動制御を行なうために用いられる露光方法。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の露光方法において、

前記補正情報は、前記 1 つの領域で用いられる 3 つのヘッドによって計測される位置情報から得られる、前記異なる領域において前記別のヘッドを使って前記ステージの駆動を制御するための情報を含む露光方法。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の露光方法において、

前記別のヘッドによる前記ステージの駆動制御のための情報は、前記第 5 領域を介して前記 1 つの領域から前記異なる領域に移動する前記ステージが前記第 5 領域内にいる間に取得される露光方法。

【請求項 20】

請求項 17 ~ 19 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記 4 つのヘッドはそれぞれ、前記第 1 方向又は前記第 2 方向と、前記第 1、第 2 方向と直交する第 3 方向との 2 方向に関する前記ステージの位置情報を計測し、

前記別のヘッドによる前記ステージの駆動制御のための情報は前記 2 方向に関して取得される露光方法。

【請求項 21】

請求項 16 ~ 20 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記 4 つの部分はそれぞれ反射型の 2 次元格子が形成され、前記所定面と実質的に平行となるように配置される露光方法。

【請求項 22】

請求項 16 ~ 21 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記スケール部材の製造誤差と、前記ステージの加速度と、前記ヘッドの位置又は傾きとの少なくとも 1 つに起因して生じる前記計測システムの計測誤差が補償されるように前記ステージの駆動が制御される露光方法。

【請求項 23】

請求項 16 ~ 22 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記計測システムは、前記ヘッドに近接して配置される補助ヘッドを有し、前記計測が継続されるように前記ヘッドを前記補助ヘッドに切り換える露光方法。

【請求項 24】

請求項 16 ~ 23 のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記投影光学系から離れて配置される検出系によって、前記基板の位置情報が検出され、
前記 4 つの部分と異なる、それぞれ反射型格子が形成される 4 つの部分と、前記開口と異なる開口と、を有し、前記スケール部材と異なるスケール部材は、前記検出系が前記異なる開口内に位置するように配置され、

前記検出系による前記基板の検出動作中、前記計測システムによって前記ステージの位置情報が計測される露光方法。

【請求項 25】

請求項 16 ~ 24 のいずれか一項に記載の露光方法において、
前記基板は走査露光が行われ、
前記 1 つのヘッドから前記別のヘッドへの切換は、前記照明光が前記基板に照射される走査露光期間以外で行われる露光方法。

【請求項 26】

請求項 16 ~ 25 のいずれか一項に記載の露光方法において、
前記 1 つのヘッドから前記別のヘッドへの切換は、前記ステージの等速移動期間以外で行われる露光方法。

【請求項 27】

請求項 16 ~ 26 のいずれか一項に記載の露光方法において、
前記 4 つのヘッドは、前記第 1 方向に関して前記 4 つのヘッドのうち 2 つのヘッドの間隔が前記開口の幅よりも大きく、かつ前記第 2 方向に関して前記 4 つのヘッドのうち 2 つのヘッドの間隔が前記開口の幅よりも大きくなるように前記ステージに配置される露光方法。

【請求項 28】

請求項 16 ~ 27 のいずれか一項に記載の露光方法において、
前記照明光で照明されるマスクを保持するマスクステージの位置情報は、前記計測システムと異なるエンコーダシステムによって計測され、
前記基板の走査露光において前記マスクと前記基板とが同期移動されるように前記マスクステージと前記ステージの駆動が制御される露光方法。

【請求項 29】

請求項 16 ~ 28 のいずれか一項に記載の露光方法において、
前記 4 つのヘッドと異なる 4 つのヘッドを有し、前記ステージと異なるステージで基板が保持され、
前記異なる 4 つのヘッドの少なくとも 3 つによって、前記 6 自由度方向に関する前記異なるステージの位置情報が計測される露光方法。

【請求項 30】

デバイス製造方法であって、
請求項 16 ~ 29 のいずれか一項に記載の露光方法を用いて基板を露光することと、
前記露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 B	11/00	G
H 0 1 L	21/68	K
H 0 1 L	21/68	F