

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5637496号
(P5637496)

(45) 発行日 平成26年12月10日 (2014. 12. 10)

(24) 登録日 平成26年10月31日 (2014. 10. 31)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006. 01)
 GO 3 F 7/20 (2006. 01)
 GO 1 B 11/00 (2006. 01)
 HO 1 L 21/68 (2006. 01)

HO 1 L 21/30 5 1 6 B
 HO 1 L 21/30 5 1 5 G
 GO 3 F 7/20 5 2 1
 GO 1 B 11/00 G
 GO 1 B 11/00 H

請求項の数 62 (全 34 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-187052 (P2010-187052)
 (22) 出願日 平成22年8月24日 (2010. 8. 24)
 (65) 公開番号 特開2011-49558 (P2011-49558A)
 (43) 公開日 平成23年3月10日 (2011. 3. 10)
 審査請求日 平成25年3月15日 (2013. 3. 15)
 (31) 優先権主張番号 61/236, 704
 (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 12/860, 097
 (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)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (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 松岡 智也

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】

物体を露光する露光方法であって、

所定平面に沿って移動する移動体に設けられた複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも1つ含む複数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面上の対応する領域にそれぞれ対向する前記移動体の第1移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数の異なる基準座標系間のずれの修正情報を求めることと；

前記第1移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに属する複数のヘッドを用いて前記移動体の位置情報を求め、該位置情報と前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数の異なる基準座標系間のずれの前記修正情報とを用いて前記移動体を駆動して、前記移動体に保持される物体を露光することと；を含む露光方法。

【請求項 2】

前記基準座標系間のずれの修正情報を求めることは、前記複数のヘッド群のうち、第1、第2のヘッド群が前記計測面上の対応する領域にそれぞれ対向する前記移動体の前記第1移動領域内の領域で、前記第1ヘッド群を用いて前記移動体の第1の位置情報を求め、該第1の位置情報に基づいて前記移動体を駆動するとともに、前記第2ヘッド群を用いて前記移動体の第2の位置情報を求め、前記第1の位置情報及び前記第2の位置情報を用いて前記第1及び第2ヘッド群のそれぞれに対応する第1及び第2基準座標系間のずれの修正情報を求めることを含み、

10

20

前記物体を露光することでは、前記第 1 移動領域内で、前記第 2 ヘッド群に対応する複数のヘッドを用いて計測された前記移動体の位置情報が、前記第 1 及び第 2 基準座標系間のずれの修正情報を用いて修正される請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 3】

第 1 及び第 2 基準座標系間のずれの修正情報を求めることでは、前記第 2 ヘッド群を用いて求められる前記移動体の第 2 の位置情報を前記第 1 ヘッド群を用いて求められる前記移動体の第 1 の位置情報に一致させるための第 1 修正情報を作成する請求項 2 に記載の露光方法。

【請求項 4】

前記物体を露光することでは、前記第 1 修正情報を前記第 2 の位置情報に適用して、前記第 1 及び第 2 ヘッド群に属するヘッドのそれぞれが対向する前記計測面上の領域間のずれに起因する前記第 1 及び第 2 の位置情報間のずれを修正する請求項 3 に記載の露光方法。

10

【請求項 5】

前記基準座標系間のずれの修正情報を求めることは、前記第 2 のヘッド群と該第 2 のヘッド群とは異なるヘッドを少なくとも 1 つ含む複数のヘッドが属する第 3 のヘッド群とが前記計測面上の対応する領域にそれぞれ対向する前記移動体の移動領域内の領域で、前記第 2 ヘッド群を用いて前記移動体の第 2 の位置情報を計測し、該第 2 の位置情報と前記第 1 修正情報とに基づいて前記移動体を駆動するとともに前記第 3 ヘッド群を用いて前記移動体の第 3 の位置情報を計測し、前記第 2 及び第 3 位置情報と前記第 1 修正情報とを用いて前記第 2 及び第 3 ヘッド群のそれぞれに対応する第 2 及び第 3 基準座標系間のずれの修正情報を求めることをさらに含み、

20

前記物体を露光することでは、前記第 1 移動領域内で、前記第 3 ヘッド群に属する複数のヘッドを用いて計測された前記移動体の位置情報が、前記第 2 及び第 3 基準座標系間のずれの修正情報を用いて修正される請求項 3 又は 4 に記載の露光方法。

【請求項 6】

前記基準座標系間のずれの修正情報を求めることは、前記第 3 位置情報を前記第 1 修正情報が適用された前記第 2 位置情報に一致させるための第 2 修正情報を作成することをさらに含む請求項 5 に記載の露光方法。

【請求項 7】

30

前記物体を露光することでは、前記第 2 修正情報を前記第 3 ヘッド群の計測結果に適用して、前記第 2 及び第 3 ヘッド群間の異なるヘッドのそれぞれが対向する前記計測面上の領域間のずれに起因する前記第 2 位置情報及び前記第 3 位置情報間のずれを修正する請求項 6 に記載の露光方法。

【請求項 8】

前記修正情報は、前記複数のヘッドのうちのヘッド群に対応する複数の基準座標系のそれぞれについての前記第 1 基準座標系を基準とする並進、回転、及びスケーリングの少なくとも 1 つを含む請求項 2 ～ 7 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 9】

前記基準座標系間のずれの修正情報を求めることでは、前記複数の基準座標系のそれぞれに対応する複数のヘッド群に含まれる全てのヘッドが前記計測面上の対応する領域にそれぞれ対向する前記移動体の移動領域内で前記移動体を駆動して、前記複数の基準座標系相互間のずれの修正情報を求める請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の露光方法。

40

【請求項 10】

前記複数のヘッドが前記所定平面に略平行に設けられた前記計測面とは別の計測面に対向する前記移動体の第 2 移動領域内で、前記複数のヘッドに対応する複数の基準座標系間のずれの修正情報を求めることと；

前記第 2 移動領域内で、前記複数のヘッドを用いて前記移動体の位置情報を求め、該位置情報と前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数の異なる基準座標系間のずれの前記修正情報とを用いて前記移動体を駆動して、前記移動体に保持される物体上のマークを

50

検出することと；をさらに含み、

前記物体を露光することでは、前記マークの検出結果を用いて前記移動体を駆動する請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 1 1】

前記第 1 移動領域内で規定される複数の基準座標系を含む第 1 基準座標系群と前記第 2 移動領域内で規定される複数の基準座標系を含む第 2 基準座標系群との位置関係を求めることをさらに含む請求項 1 0 に記載の露光方法。

【請求項 1 2】

前記位置関係を求めることでは、前記計測面に対向する前記複数のヘッドを用いて前記移動体の位置情報を計測し、該計測結果に基づいて前記移動体を駆動して該移動体に設けられた基準マークを第 1 検出位置に位置決めして検出し、前記計測面とは別の計測面に対向する前記複数のヘッドを用いて前記移動体の位置情報を求め、該位置情報に基づいて前記移動体を駆動して前記基準マークを前記第 1 検出位置と離間する第 2 検出位置に位置決めして検出し、前記基準マークの検出結果を用いて、前記計測面に対向する前記複数のヘッドに対応する前記第 1 基準座標系群と前記別の計測面に対向する前記複数のヘッドに対応する前記第 2 基準座標系群との位置関係を求める請求項 1 1 に記載の露光方法。

【請求項 1 3】

前記位置関係には、前記第 1 及び第 2 基準座標系群間の相対位置、相対角、相対スケールリングの少なくとも 1 つが含まれる請求項 1 2 に記載の露光方法。

【請求項 1 4】

前記補正情報は、前記移動体の位置情報の計測結果の補正に用いられる請求項 1 ～ 1 3 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 1 5】

前記補正情報は、前記移動体を駆動する際に、前記移動体の現在位置又は目標位置に加えられるオフセットとして用いられる請求項 1 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 1 6】

前記補正情報は、前記パターンの転写時における前記パターンの原版であるマスクを保持するマスクステージの前記移動体に対する相対位置の補正に用いられる請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 1 7】

物体を露光する露光装置であって、

物体を保持して所定平面に沿って移動する移動体と；

前記移動体に設けられた複数のヘッドのうち、前記物体に対する露光位置の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める位置計測系と；

前記位置計測系で取得された前記位置情報に基づいて、前記移動体を駆動するとともに、前記移動体の位置に応じて前記複数のヘッドの中から前記位置計測系が前記位置情報の取得に用いるヘッドを切り換える制御系と；を備え、

前記制御系は、前記複数のヘッドが前記計測面に対向する前記移動体の第 1 移動領域内で、前記複数のヘッドに対応する複数の基準座標系相互間のずれを修正する露光装置。

【請求項 1 8】

前記制御系は、前記複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも 1 つ含む複数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、前記計測面上の対応する領域にそれぞれ対向する前記移動体の前記第 1 移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数の異なる基準座標系間のずれを修正する請求項 1 7 に記載の露光装置。

【請求項 1 9】

前記制御装置は、前記複数の基準座標系のそれぞれに対応する複数のヘッド群に含まれる全てのヘッドが前記計測面上の対応する領域にそれぞれ対向する前記移動体の移動領域内で前記移動体を駆動して、前記複数の基準座標系相互間のずれの修正情報を求める請求

10

20

30

40

50

項 1 8 に記載の露光装置。

【請求項 2 0】

前記修正情報は、前記複数のヘッドのうちのヘッド群に対応する複数の基準座標系のそれぞれについての前記第 1 基準座標系を基準とする並進、回転、及びスケージングの少なくとも 1 つを含む請求項 1 9 に記載の露光装置。

【請求項 2 1】

前記計測面は、前記複数のヘッド群のそれぞれが対向する複数部分から構成される請求項 1 8 ~ 2 0 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 2】

前記計測面には、前記所定平面内で互いに直交する 2 軸方向を周期方向とする 2 次元グレーティングが形成されている請求項 1 7 ~ 2 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 3】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記 2 軸方向のいずれかを計測方向とする請求項 2 2 に記載の露光装置。

【請求項 2 4】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記所定平面に垂直な方向を計測方向とする請求項 1 7 ~ 2 3 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 5】

前記移動体に保持される前記物体上のマークを検出するマーク検出系と；

前記複数のヘッドのうち、前記マーク検出系の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された別の計測面に計測ビームを照射し、該別の計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める別の位置計測系と；をさらに備え、

前記制御系は、さらに、前記別の位置計測系で取得された前記位置情報に基づいて前記移動体を駆動する請求項 1 7 ~ 2 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 6】

前記別の計測面は、前記複数のヘッドのそれぞれが対向する複数部分から構成される請求項 2 5 に記載の露光装置。

【請求項 2 7】

物体を露光する露光装置であって、

物体を保持して所定平面に沿って移動する移動体と；

前記移動体上に搭載された第 1 の数のヘッドのうち、前記物体に対する露光位置の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める位置計測系と；

前記移動体を駆動する駆動系と；

前記位置計測系の第 1 の数のヘッドのうち、互いに異なる 1 つのヘッドを含む第 1 ヘッド群と第 2 ヘッド群とにそれぞれ属する第 2 の数のヘッドが計測面上の対応する領域に対向する所定領域内で、前記第 1、第 2 ヘッド群を用いて得られる第 1、第 2 の位置情報の少なくとも一方に基づいて、前記駆動系を制御する制御系と；を備える露光装置。

【請求項 2 8】

物体を露光する露光装置であって、

物体を保持して所定平面に沿って移動する移動体と；

前記移動体に設けられた複数のヘッドのうち、前記物体に対する露光位置の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める位置計測系と；

前記位置計測系で取得された前記位置情報に基づいて、前記移動体を駆動するとともに、前記移動体の位置制御に用いる第 1 の数のヘッドよりも数が多い第 2 の数のヘッドでそれぞれ位置計測が可能な領域内で前記移動体を移動して前記位置計測系によって求められ

10

20

30

40

50

る前記移動体の位置情報の補正情報を取得する制御系と；を備える露光装置。

【請求項 29】

前記制御系は、前記第2の数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも1つ含む前記第1の数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群の出力に基づいて求められる前記移動体の位置情報の補正情報を取得する請求項28に記載の露光装置。

【請求項 30】

前記計測面は、前記複数のヘッド群のそれぞれが対向する複数部分から構成される請求項28又は29に記載の露光装置。

【請求項 31】

前記計測面には、前記所定平面内で互いに直交する2軸方向を周期方向とする2次元グレーティングが形成されている請求項28～30のいずれか一項に記載の露光装置。

10

【請求項 32】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記2軸方向のいずれかを計測方向とする請求項31に記載の露光装置。

【請求項 33】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記所定平面に垂直な方向を計測方向とする請求項28～32のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 34】

前記補正情報は、前記制御系により、前記位置計測系による計測結果の補正に用いられる請求項28～33のいずれか一項に記載の露光装置。

20

【請求項 35】

前記補正情報は、前記制御系により、前記移動体を駆動する際に、前記移動体の現在位置又は目標位置に加えられるオフセットとして用いられる請求項28～34のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 36】

前記パターンが形成された原版であるマスクを保持するマスクステージをさらに備え、前記補正情報は、前記制御系により、前記マスクステージの前記移動体に対する相対位置の補正に用いられる請求項28～35のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 37】

物体を露光する露光方法であって、
所定平面に沿って移動する移動体に設けられた複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも1つ含む前記移動体の位置制御に必要な第1の数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面上対向する前記移動体の第1移動領域内で、前記移動体を移動して、前記複数のヘッドのうちの前記計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて求められる前記移動体の位置情報の補正情報を取得することと；

30

前記補正情報を用いて前記移動体を駆動して、前記移動体に保持される物体を露光することと；を含む露光方法。

【請求項 38】

前記計測面は、前記複数のヘッド群のそれぞれが対向する複数部分から構成される請求項37に記載の露光方法。

40

【請求項 39】

前記計測面には、前記所定平面内で互いに直交する2軸方向を周期方向とする2次元グレーティングが形成されている請求項37又は38に記載の露光方法。

【請求項 40】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記2軸方向のいずれかを計測方向とする請求項39に記載の露光方法。

【請求項 41】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記所定平面に垂直な方向を計測方向とする請求項37～40のいずれか一項に記載の露光方法。

50

【請求項 4 2】

前記補正情報は、前記移動体の位置情報の計測結果の補正に用いられる請求項 3 7 ~ 4 1 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 4 3】

前記補正情報は、前記移動体を駆動する際に、前記移動体の現在位置又は目標位置に加えられるオフセットとして用いられる請求項 3 7 ~ 4 2 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 4 4】

前記補正情報は、前記パターンの転写時における前記パターンの原版であるマスクを保持するマスクステージの前記移動体に対する相対位置の補正に用いられる請求項 3 7 ~ 4 3 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 4 5】

物体を露光する露光装置であって、

物体を保持して所定平面に沿って移動する移動体と；

前記移動体に設けられた複数のヘッドのうち、前記物体に対する露光位置の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された複数のスケール板から成る計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める位置計測系と；

前記位置計測系で取得された前記位置情報に基づいて、前記移動体を駆動するとともに、前記移動体の位置に応じて前記複数のヘッドの中から前記位置計測系が前記位置情報の取得に用いるヘッドを切り換える制御系と；を備え、

前記制御系は、前記複数のヘッドが前記計測面に対向する前記移動体の第 1 移動領域内で、前記複数のヘッドに対応する複数のスケール板相互の位置関係を取得する露光装置。

【請求項 4 6】

前記複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも 1 つ含む複数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、それぞれ前記複数のスケール板に対向する請求項 4 5 に記載の露光装置。

【請求項 4 7】

前記制御系は、前記複数のスケール板のそれぞれに対応する複数のヘッド群に含まれる全てのヘッドが対応する前記スケール板にそれぞれ対向する前記移動体の移動領域内で前記移動体を駆動して、前記複数のスケール板相互の位置関係を取得する請求項 4 6 に記載の露光装置。

【請求項 4 8】

前記計測面には、前記所定平面内で互いに直交する 2 軸方向を周期方向とする 2 次元グレーティングが形成されている請求項 4 5 ~ 4 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 4 9】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記 2 軸方向のいずれかを計測方向とする請求項 4 8 に記載の露光装置。

【請求項 5 0】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記所定平面に垂直な方向を計測方向とする請求項 4 5 ~ 4 9 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 5 1】

前記スケール板相互の位置関係は、前記制御系により、前記位置計測系による計測結果の補正に用いられる請求項 4 5 ~ 5 0 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 5 2】

前記スケール板相互の位置関係は、前記制御系により、前記移動体を駆動する際に、前記移動体の現在位置又は目標位置に加えられるオフセットとして用いられる請求項 4 5 ~ 5 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 5 3】

前記パターンが形成された原版であるマスクを保持するマスクステージをさらに備え、

10

20

30

40

50

前記スケール板相互の位置関係は、前記制御系により、前記マスクステージの前記移動体に対する相対位置の補正に用いられる請求項 4 5 ~ 5 2 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 5 4】

請求項 1 7 ~ 3 6、4 5 ~ 5 3 に記載の露光装置を用いて物体を露光し、前記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 5 5】

物体を露光する露光方法であって、

所定平面に沿って移動する移動体に設けられた複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも 1 つ含む複数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された複数のスケール板から成る計測面にそれぞれ対向する前記移動体の第 1 移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数のスケール板相互の位置関係を取得することと；

前記第 1 移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに属する複数のヘッドを用いて前記移動体の位置情報を求め、該位置情報と前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数のスケール板相互の位置関係とを用いて前記移動体を駆動して、前記移動体に保持される物体を露光することと；を含む露光方法。

【請求項 5 6】

前記計測面には、前記所定平面内で互いに直交する 2 軸方向を周期方向とする 2 次元グレーティングが形成されている請求項 5 5 に記載の露光方法。

【請求項 5 7】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記 2 軸方向のいずれかを計測方向とする請求項 5 6 に記載の露光方法。

【請求項 5 8】

前記複数のヘッドのそれぞれは、少なくとも、前記所定平面に垂直な方向を計測方向とする請求項 5 5 ~ 5 7 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 5 9】

前記補正情報は、前記移動体の位置情報の計測結果の補正に用いられる請求項 5 5 ~ 5 8 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 6 0】

前記補正情報は、前記移動体を駆動する際に、前記移動体の現在位置又は目標位置に加えられるオフセットとして用いられる請求項 5 5 ~ 5 9 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 6 1】

前記補正情報は、前記パターンの転写時における前記パターンの原版であるマスクを保持するマスクステージの前記移動体に対する相対位置の補正に用いられる請求項 5 5 ~ 6 0 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 6 2】

請求項 1 ~ 1 6、3 7 ~ 4 4、5 5 ~ 6 1 に記載の露光方法を用いて物体を露光し、前記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。

【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、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方法及び露光装置、並びに前記露光方法又は露光装置を用いるデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

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（いわゆるスキャニング・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。

【 0 0 0 3 】

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等（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。

10

【 0 0 0 4 】

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。特許文献 1 などに開示される位置計測システムでは、スケールは、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極力カバーすることが望ましい。このため、大面積のスケールが必要になるが、高精度で大面積のスケールを製作することは大変困難であるとともにコストがかかる。従って、通常は、スケールを複数の部分に分割した小面積のスケールを複数製作し、これらを組み合わせることが行われる。従って、複数のスケール間での位置合わせが正確に行われることが望ましいが、現実には、スケールを個体差なく製作すること、及び誤差なく組み合わせることは困難である。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 2 2 7 3 0 9 号明細書

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

30

【 0 0 0 6 】

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、物体を露光する露光方法であって、所定平面に沿って移動する移動体に設けられた複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも 1 つ含む複数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面上の対応する領域にそれぞれ対向する前記移動体の第 1 移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数の異なる基準座標系間のずれの修正情報を求めることと；前記第 1 移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに属する複数のヘッドを用いて前記移動体の位置情報を求め、該位置情報と前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数の異なる基準座標系間のずれの前記修正情報とを用いて前記移動体を駆動して、前記移動体に保持される物体を露光することと；を含む第 1 の露光方法が、提供される。

40

【 0 0 0 7 】

これによれば、複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数の異なる基準座標系間のずれの影響を受けることなく、複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数のヘッドを用いて求めた移動体の位置情報を用いて第 1 移動領域内で移動体を精度良く駆動することが可能になり、その移動体に保持される物体に対する高精度な露光が可能になる。

【 0 0 1 0 】

本発明の第 2 の態様によれば、物体を露光する露光装置であって、物体を保持して所定平面に沿って移動する移動体と；前記移動体に設けられた複数のヘッドのうち、前記物体に対する露光位置の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面

50

に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める位置計測系と；前記位置計測系で取得された前記位置情報に基づいて、前記移動体を駆動するとともに、前記移動体の位置に応じて前記複数のヘッドの中から前記位置計測系が前記位置情報の取得に用いるヘッドを切り換える制御系と；を備え、前記制御系は、前記複数のヘッドが前記計測面に対向する前記移動体の第1移動領域内で、前記複数のヘッドに対応する複数の基準座標系相互間のずれを修正する第1の露光装置が、提供される。

【0011】

これによれば、複数の基準座標系の相互間のずれが修正されるので、複数のヘッドを用いて移動体の位置情報を高精度で計測し、駆動（位置制御）することが可能となる。

10

【0012】

本発明の第3の態様によれば、物体を露光する露光装置であって、物体を保持して所定平面に沿って移動する移動体と；前記移動体上に搭載された第1の数のヘッドのうち、前記物体に対する露光位置の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める位置計測系と；前記移動体を駆動する駆動系と；前記位置計測系の第1の数のヘッドのうち、互いに異なる1つのヘッドを含む第1ヘッド群と第2ヘッド群とにそれぞれ属する第2の数のヘッドが計測面上の対応する領域に対向する所定領域内で、前記第1、第2ヘッド群を用いて得られる第1、第2の位置情報の少なくとも一方に基づいて、前記駆動系を制御する制御系と；を備える第2の露光装置が、

20

【0013】

これによれば、第1ヘッド群と第2ヘッド群とに対応する座標系が異なっているとしても、これに影響を受けることなく、移動体を高精度に駆動することが可能になる。

【0014】

本発明の第4の態様によれば、物体を露光する露光装置であって、物体を保持して所定平面に沿って移動する移動体と；前記移動体に設けられた複数のヘッドのうち、前記物体に対する露光位置の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める位置計測系と；前記位置計測系で取得された前記位置情報に基づいて、前記移動体を駆動するとともに、前記移動体の位置制御に用いる第1の数のヘッドよりも数が多い第2の数のヘッドでそれぞれ位置計測が可能な領域内で前記移動体を移動して前記位置計測系によって求められる前記移動体の位置情報の補正情報を取得する制御系と；を備える第3の露光装置が、提供される。

30

【0015】

これによれば、制御系により、位置計測系によって求められる前記移動体の位置情報の補正情報が取得されるので、該補正情報を用いて移動体を高精度で駆動することが可能となる。

【0016】

本発明の第5の態様によれば、物体を露光する露光方法であって、所定平面に沿って移動する移動体に設けられた複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも1つ含む前記移動体の位置制御に必要な第1の数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された計測面上対向する前記移動体の第1移動領域内で、前記移動体を移動して、前記複数のヘッドのうちの前記計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて求められる前記移動体の位置情報の補正情報を取得することと；前記補正情報を用いて前記移動体を駆動して、前記移動体に保持される物体を露光することと；を含む第2の露光方法が、提供される。

40

【0017】

これによれば、物体に対する高精度な露光が可能となる。

50

【 0 0 1 8 】

本発明の第6の態様によれば、物体を露光する露光装置であって、物体を保持して所定平面に沿って移動する移動体と；前記移動体に設けられた複数のヘッドのうち、前記物体に対する露光位置の近傍に前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された複数のスケール板から成る計測面に計測ビームを照射し、前記計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の位置情報を求める位置計測系と；前記位置計測系で取得された前記位置情報に基づいて、前記移動体を駆動するとともに、前記移動体の位置に応じて前記複数のヘッドの中から前記位置計測系が前記位置情報の取得に用いるヘッドを切り換える制御系と；を備え、前記制御系は、前記複数のヘッドが前記計測面に対向する前記移動体の第1移動領域内で、前記複数のヘッドに対応する複数のスケール板相互の位置関係を取得する第4の露光装置が、提供される。

10

【 0 0 1 9 】

これによれば、制御系により、複数のスケール板相互の位置関係が取得されるので、複数のヘッドを用いて移動体の位置情報を高精度で計測し、駆動（位置制御）することが可能となる。

【 0 0 2 0 】

本発明の第7の態様によれば、物体を露光する露光方法であって、所定平面に沿って移動する移動体に設けられた複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも1つ含む複数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、前記移動体の外部に前記所定平面に略平行に配置された複数のスケール板から成る計測面にそれぞれ対向する前記移動体の第1移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数のスケール板相互の位置関係を取得することと；前記第1移動領域内で、前記複数のヘッド群のそれぞれに属する複数のヘッドを用いて前記移動体の位置情報を求め、該位置情報と前記複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数のスケール板相互の位置関係とを用いて前記移動体を駆動して、前記移動体に保持される物体を露光することと；を含む第3の露光方法が、提供される。

20

【 0 0 2 1 】

これによれば、複数のヘッド群のそれぞれに対応する複数のスケール板相互の位置ずれの影響を受けることなく、複数のヘッド群のそれぞれに属する複数のヘッドを用いて求めた移動体の位置情報を用いて第1移動領域内で移動体を精度良く駆動することが可能になり、その移動体に保持される物体に対する高精度な露光が可能になる。

30

【 0 0 2 2 】

本発明の第8の態様によれば、本発明の第1～第4の露光装置のいずれかを用いて物体を露光し、前記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が、提供される。

【 0 0 2 3 】

本発明の第9の態様によれば、本発明の第1～第3の露光方法のいずれかを用いて物体を露光し、前記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が提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

40

【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。

【図7】図7（A）は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、図7（B）はスケール板に対向するエンコーダヘッドの4つの組に対応して規定される4つのステージ座標系を示す図、図7（C）はスケール板の4つ

50

の部分相互にずれがある場合を示す図である。

【図 8】図 8 (A)、図 8 (C)、及び図 8 (E) はステージ座標を較正するためのステージ位置計測におけるウエハステージの動きを示す図 (その 1、2、及び 3)、図 8 (B)、図 8 (D)、及び図 8 (F) は 4 つのステージ座標系の較正を説明するための図 (その 1、2、及び 3) である。

【図 9】図 9 (A) 及び図 9 (B) は、統合ステージ座標系 C_E の原点、回転、スケーリングの計測を説明するための図である。

【図 10】図 10 (A) 及び図 10 (B) は、統合ステージ座標系 C_A の原点、回転、スケーリングの計測を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0025】

以下、本発明の一実施形態について、図 1 ~ 図 10 (B) に基づいて説明する。

【0026】

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。

20

【0027】

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。

【0028】

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、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 193 nm) が用いられている。

30

【0029】

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 における紙面内左右方向である Y 軸方向) に所定の走査速度で駆動可能となっている。

【0030】

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 0.25 nm 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。

40

【0031】

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

50

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）の露光によってウエハW上にそのパターンが形成される。

10

【0032】

20

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。

【0033】

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。

30

【0034】

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。

40

【0035】

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

50

子 R G 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 W S T 1 , W S T 2 の移動範囲をカバーしている。

【 0 0 3 6 】

ウエハステージ装置 5 0 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 1 2、ステージベース 1 2 上に配置されたウエハステージ W S T 1 , W S T 2、ウエハステージ W S T 1 , W S T 2 を駆動するウエハステージ駆動系 2 7（図 1 では一部のみ図示、図 6 参照）、及びウエハステージ W S T 1 , W S T 2 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 7 0 , 7 1 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）1 8 等を備えている。なお、エンコーダシステム 7 0 , 7 1 及びウエハ干渉計システム 1 8 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 1 8 は必ずしも設けなくても良い。

10

【 0 0 3 7 】

ステージベース 1 2 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 W S T 1 , W S T 2 の移動の際のガイド面とされている。ステージベース 1 2 の内部には、X Y 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 1 4 a を含むコイルユニットが、収容されている。

【 0 0 3 8 】

なお、ベース 1 2 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 1 2 を、ウエハステージ W S T 1 , W S T 2 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マス（反力キャンセラ）として機能させても良い。

20

【 0 0 3 9 】

ウエハステージ W S T 1 は、図 1 に示されるように、ステージ本体 9 1 と、該ステージ本体 9 1 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 9 1 に対して非接触で支持されたウエハテーブル W T B 1 とを有している。この場合、ウエハテーブル W T B 1 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 9 1 の底部には、スライダ部 9 1 a が設けられている。スライダ部 9 1 a は、X Y 平面内で X Y 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 , 1 9 6 , 7 4 5 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 3 0 を構成している。なお、平面モータ 3 0 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。

30

【 0 0 4 0 】

ウエハステージ W S T 1 は、上記複数のエアベアリングによってステージベース 1 2 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 3 0 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 W T B 1（ウエハ W）は、ステージベース 1 2 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。

40

【 0 0 4 1 】

本実施形態では、コイルユニットを構成する各コイル 1 4 a に供給される電流の大きさ及び方向が、主制御装置 2 0 によって制御される。平面モータ 3 0 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 2 7 が構成されている。なお、平面モータ 3 0 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 3 0 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 3 0 によってウエハステージ W S T 1 を 6

50

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W T B 1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。すなわち、ウエハステージW S T 1を粗微動ステージにより構成しても良い。

【0042】

ウエハテーブルW T B 1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W T B 1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F M 1と第2基準マーク板F M 2とが設けられている（例えば、図2参照）。これら第1、第2基準マーク板F M 1、F M 2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A L G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F M 1、F M 2上の複数の基準マーク相互の位置関係は既知であるものとする。

ウエハステージW S T 2も、ウエハステージW S T 1と同様に構成されている。

【0043】

エンコーダシステム70、71は、それぞれ、投影光学系P L直下の領域を含む露光時移動領域とアライメント系A L G直下の領域を含む計測時移動領域とにおけるウエハステージ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。なお、露光時移動領域（第1移動領域）は、投影光学系P L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A L G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A L G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。

【0044】

ウエハテーブルW T B 1、W T B 2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W T B 1、W T B 2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。

【0045】

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R Gに計測ビームを照射し、2次元回折格子R G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W T B 1、W T B 2（ウエハステージW S T 1、W S T 2）の位

10

20

30

40

50

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。

【0046】

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W T B（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W T B（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。

【0047】

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、すなわちX軸を基準とする-45度方向（以下、単に-45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-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70₁、71₁（図6参照）を構成する。同様に、ヘッド60₂～60₄は、それぞれ、スケール板21（の部分21₂～21₄）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、すなわちX軸を基準とする+45度方向（以下、単に45度方向と称する）、315度方向、すなわちX軸を基準とする-45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、ウエハテーブルW T B 1, W T B 2の225度（45度）方向及びZ軸方向の位置、315度（-45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70₂～70₄、71₂～71₄（図6参照）を構成する。

【0048】

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60₁は、スケール板22（の部分22₁）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135度方向（-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、ウエハテーブルW T B 1, W T B 2の-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70₁、71₁（図6参照）を構成する。同様に、ヘッド60₂～60₄は、それぞれ、スケール板22（の部分22₂～22₄）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225度方向（45度方向）、315度方向（-45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、ウエハテーブルW T B 1, W T B 2の225度方向（45度方向）及びZ軸方向の位置、315度方向（-45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、それぞれ計測する2次元エンコーダ70₂～70₄、71₂～71₄（図6参照）を構成する。

【0049】

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21, 22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60₁～60₄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70₁～70₄を構成し、ウエハステージW S T 2上のヘッド60₁～60₄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71₁～71₄を構成するものとしている。

【0050】

2次元エンコーダ（以下、適宜、エンコーダと略称する） $70_1 \sim 70_4$ ， $71_1 \sim 71_4$ 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次元回折格子RGが形成されたスケール板21（を構成する部分 $21_1 \sim 21_4$ ）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PL直下の領域を含む露光時移動領域内でのウエハテーブルWTB1，WTB2の位置情報を求める。同様に、主制御装置20は、2次元回折格子RGが形成されたスケール板22（を構成する部分 $22_1 \sim 22_4$ ）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ALG直下の領域を含む計測時移動領域内でのウエハテーブルWTB1，WTB2の位置情報を求める。

10

【0051】

また、本実施形態の露光装置100では、ウエハステージWST1，WST2（ウエハテーブルWTB1，WTB2）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、計測可能である。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。

20

【0052】

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。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。

【0053】

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。

30

【0054】

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

40

50

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。

【0055】

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。

10

【0056】

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。

【0057】

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WST1,WST2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ALG及び多点AF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WST1,WST2の一方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4,780,617号明細書などに開示されるエンハンスド・グローバル・アライメント(EGA)など)と、多点AF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70(エンコーダ70₁~70₄)又はエンコーダシステム71(エンコーダ71₁~71₄)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)。

20

【0058】

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(WST1又はWST2)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13A,13B、ウエハテーブル(WTB1又はWTB2)上の基準マーク板(不図示)などを用いて、通常のスキャニング・ステッパと同様の手順(例えば、米国特許第5,646,413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。

30

【0059】

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RSTとウエハステージWST1又はWST2との同期移動を行う走査露光動作と、ウエハステージWST1又は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70₁~70₄)又はエンコーダシステム71(エンコーダ71₁~71₄)により、一方のウエハステージ(WST1又は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)。

40

【0060】

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、

50

並行処理動作が行われる。

【 0 0 6 1 】

本実施形態の露光装置 1 0 0 では、前述の通り、主制御装置 2 0 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 2 0 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) 。

【 0 0 6 2 】

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 0 ₁ ~ 6 0 ₄ 又はエンコーダ 7 0 ₁ ~ 7 0 ₄ の計測結果又は計測値は、エンコーダヘッド 6 0 ₁ ~ 6 0 ₄ 又はエンコーダ 7 0 ₁ ~ 7 0 ₄ の Z 軸方向でない計測方向の計測結果を意味する。

【 0 0 6 3 】

本実施形態では、前述のようなエンコーダヘッド 6 0 ₁ ~ 6 0 ₄ 及びスケール板 2 1 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 6 0 ₁ ~ 6 0 ₄ のうちの少なくとも 3 つが、常時、スケール板 2 1 (の対応する部分 2 1 ₁ ~ 2 1 ₄) に対向する。

【 0 0 6 4 】

図 7 (A) には、ウエハステージ W S T 1 上のエンコーダヘッド 6 0 ₁ ~ 6 0 ₄ 及びスケール板 2 1 の各部分 2 1 ₁ ~ 2 1 ₄ の配置とエンコーダシステム 7 0 の計測領域 A ₀ ~ A ₄ との関係が示されている。なお、ウエハステージ W S T 2 はウエハステージ W S T 1 と同様に構成されているので、ここではウエハステージ W S T 1 についてのみ説明する。

【 0 0 6 5 】

ウエハステージ W S T 1 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 I A 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 W S T 1 上のヘッド 6 0 ₄ , 6 0 ₁ , 6 0 ₂ がそれぞれスケール板 2 1 の部分 2 1 ₄ , 2 1 ₁ , 2 1 ₂ に対向する。第 1 領域 A ₁ 内では、これらのヘッド 6 0 ₄ , 6 0 ₁ , 6 0 ₂ (エンコーダ 7 0 ₄ , 7 0 ₁ , 7 0 ₂) から有効な計測値が主制御装置 2 0 に送られる。なお、以下の説明中のウエハステージ W S T 1 、 W S T 2 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 W S T 1 、 W S T 2 の中心の位置と記述する代わりに、ウエハステージ W S T 1 、 W S T 2 の位置と記述する。

【 0 0 6 6 】

同様に、ウエハステージ W S T 1 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 6 0 ₁ , 6 0 ₂ , 6 0 ₃ がそれぞれスケール板 2 1 の部分 2 1 ₁ , 2 1 ₂ , 2 1 ₃ に対向する。ウエハステージ W S T 1 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 6 0 ₂ , 6 0 ₃ , 6 0 ₄ がそれぞれスケール板 2 1 の部分 2 1 ₂ , 2 1 ₃ , 2 1 ₄ に対向する。ウエハステージ W S T 1 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 6 0 ₃ , 6 0 ₄ , 6 0 ₁ がそれぞれスケール板 2 1 の部分 2 1 ₃ , 2 1 ₄ , 2 1 ₁ に対向する。

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、前述のエンコーダヘッド 6 0 ₁ ~ 6 0 ₄ 及びスケール板 2 1 の構成及

10

20

30

40

50

び配置についての条件 ($A - a_i + 2t$, $B - b_i + 2t$) では、図 7 (A) に示されるように、ウエハステージ W S T 1 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 軸方向を長手とする幅 $A - a_i - 2t$ の領域と X 軸方向を長手とする幅 $B - b_i - 2t$ 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 W S T 1 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 軸方向へのステッピングの距離に等しい。

【0068】

主制御装置 20 は、ヘッド $60_1 \sim 60_4$ (エンコーダ $70_1 \sim 70_4$) の計測結果に基づいて、ウエハステージ W S T 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 $70_1 \sim 70_4$ の計測値 (それぞれ $C_1 \sim C_4$ と表記する) は、ウエハステージ W S T 1 の位置 (X, Y, z) に対して、次式 (1) ~ (4) のように依存する。

【0069】

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

ただし、 p は、図 5 に示されるように、ウエハテーブル W T B 1 (W T B 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。

【0070】

主制御装置 20 は、ウエハステージ W S T 1 の位置する領域 $A_0 \sim A_4$ 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 W S T 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 W S T 1 が第 1 領域 A_1 内に位置する場合、主制御装置 20 は、ヘッド $60_1, 60_2, 60_4$ (エンコーダ $70_1, 70_2, 70_4$) 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。算出される位置 (X, Y, z) を、 X_1, Y_1, z_1 と表記する。同様に、ウエハステージ W S T 1 が第 k 領域 A_k 内に位置する場合、主制御装置 20 は、ヘッド $60_{k-1}, 60_k, 60_{k+1}$ (エンコーダ $70_{k-1}, 70_k, 70_{k+1}$) の計測値が従う式 (k-1), (k), 及び (k+1) 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。これにより、位置 (X_k, Y_k, z_k) が算出される。ここで、 $k-1, k$, 及び $k+1$ には、1 ~ 4 を周期的に置換えた数が代入される。

【0071】

なお、ウエハステージ W S T 1 が第 0 領域 A_0 内に位置する場合、主制御装置 20 は、ヘッド $60_1 \sim 60_4$ (エンコーダ $70_1 \sim 70_4$) 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 W S T 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 $60_1, 60_2, 60_4$ (エンコーダ $70_1, 70_2, 70_4$) を選択す

10

20

30

40

50

ると良い。

【0072】

主制御装置20は、上の算出結果(X_k, Y_k, z_k)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。

【0073】

ウエハステージWST1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 $21_1 \sim 21_4$)がスケール板22(の部分 $22_1 \sim 22_4$)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。

10

【0074】

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 $60_1 \sim 60_4$ 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。

【0075】

前述の通り、本実施形態の露光装置100におけるスケール板21, 22は、それぞれ、4つの部分 $21_1 \sim 21_4, 22_1 \sim 22_4$ から構成されている。ここで、4つの部分が、より厳密には4つの部分の下面に形成された2次元回折格子RGが相互にずれていると、エンコーダシステム70, 71の計測誤差が発生する。

20

【0076】

図7(B)及び図7(C)には、第k領域 A_k ($k=1 \sim 4$)内でヘッド $60_{k-1}, 60_k, 60_{k+1}$ (エンコーダ $70_{k-1}, 70_k, 70_{k+1}$ 又はエンコーダ $71_{k-1}, 71_k, 71_{k+1}$)の有効な計測値から算出されるウエハステージWST1又はWST2の位置(X_k, Y_k, z_k)に対応する第k基準座標系 C_k ($k=1 \sim 4$)が模式的に示されている。4つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ は、領域 $A_1 \sim A_4$ (図7(A)参照)の配置に対応して、原点Oの近傍にて互いに重複し、原点Oを中心とする十字状の領域 C_0 にて隣接する基準座標系と重複する。

【0077】

スケール板21が設計値どおりに構成されている場合、すなわち、4つの部分 $21_1 \sim 21_4$ に形成された2次元回折格子RGの相互間のずれがない場合、図7(B)に示されるように、4つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ のそれぞれの原点 $O_1 \sim O_4$ は互いに一致し(図中、符号Oを用いて示されている)、回転 $z_1 \sim z_4$ 及びスケーリング $x_1 \sim x_4, y_1 \sim y_4$ も互いに一致する。従って、4つの基準座標系を1つの座標系 C_E に統合することができる。すなわち、露光時移動領域 $A_1 \sim A_4$ 内のウエハステージWST1, WST2の位置を、統合座標系 C_E における位置座標 X, Y, z を用いて表すことができる。

30

【0078】

しかし、4つの部分 $21_1 \sim 21_4$ に形成された2次元回折格子RGの相互間のずれがある場合、図7(C)に示されるように、4つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ のそれぞれの原点 $O_1 \sim O_4$ 、回転 $z_1 \sim z_4$ 、及びスケーリング $x_1 \sim x_4, y_1 \sim y_4$ がずれ、これに伴う計測誤差が発生する。そのため、図7(B)に示される例のように、4つの基準座標系を1つの座標系 C_E に統合することができない。

40

【0079】

同様に、スケール板22を構成する4つの部分 $22_1 \sim 22_4$ が、より厳密には4つの部分 $22_1 \sim 22_4$ の下面に形成された2次元回折格子RGが相互にずれていると、エンコーダシステム70又は71の計測誤差が発生する。

【0080】

そこで、本実施形態では、スケール板21, 22を構成する部分 $21_1 \sim 21_4, 22$

50

$1 \sim 2 \ 2 \ 4$ の相互間のずれに起因する 4 つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ の相互間のずれを較正する較正方法を採用している。ここで、スケール板 21 を例として、較正方法の詳細を説明する。

【0081】

まず、主制御装置 20 は、図 8 (A) に示されるように、ウエハステージ WST1 (WST2) を領域 A_0 内に位置決めする。図 8 (A) では、ウエハステージ WST1 は領域 A_0 の中央 (投影光学系 PL の直下) に位置決めされている。領域 A_0 内では、ウエハステージ WST1 上に搭載されたヘッド $60_1 \sim 60_4$ の全てがスケール板 21 (の対応する部分 $21_1 \sim 21_4$) に対向し、有効な計測値を主制御装置 20 に送る。主制御装置 20 は、第 k ($= 1 \sim 4$) 領域 A_k 内で使用されるヘッド 60_{k-1} , 60_k , 60_{k+2} (第 k ヘッド群と呼ぶ) の計測値を用いてウエハステージ WST1 の位置 (X_k , Y_k , z_k) を求める。主制御装置 20 は、第 1 ヘッド群の計測値から算出される位置 (X_1 , Y_1) に対する第 k ($= 2 \sim 4$) ヘッド群の計測値から算出される位置 (X_k , Y_k) のずれ、すなわちオフセット ($O_{X_k} = X_k - X_1$, $O_{Y_k} = Y_k - Y_1$) を求める。

10

【0082】

なお、オフセット (O_{X_k} , O_{Y_k}) とともに、回転 z についてのオフセット ($O_{z_k} = z_k - z_1$) を同時に求めることもできる。この場合、後述するオフセット O_{z_k} の算出は省略される。

【0083】

上で求められたオフセット (O_{X_k} , O_{Y_k}) は、第 k ($= 2 \sim 4$) ヘッド群の計測値から算出される位置 (X_k , Y_k) を、($X_k - O_{X_k}$, $Y_k - O_{Y_k}$) と補正するために用いられる。この補正により、図 8 (B) に示されるように、第 k 基準座標系 C_k ($= 2 \sim 4$) の原点 O_k が第 1 基準座標系 C_1 の原点 O_1 に一致する。図中、互いに一致した原点が、符号 O で表されている。

20

【0084】

次に、主制御装置 20 は、図 8 (C) に示されるように、較正の基準とする第 1 ヘッド群の計測値から算出されるステージ位置 (X_1 , Y_1 , z_1) に基づいて、ウエハステージ WST1 を領域 A_0 内で矢印方向 (X 軸方向及び Y 軸方向) に駆動し、所定ピッチ毎に位置決めしつつ、4 つのヘッド群の計測値を用いて 4 通りのウエハステージ WST1 の位置 (X_k , Y_k ($k = 1 \sim 4$))) を求める。

30

【0085】

主制御装置 20 は、上で求めた 4 通りのステージ位置 (X_k , Y_k ($k = 1 \sim 4$))) を用いて、自乗誤差 $\epsilon_k = ((X_k - X_1)^2 + (Y_k - Y_1)^2)$ が最小となるように、オフセット O_{z_k} を例えば最小自乗演算により決定する。ただし、 $k = 2 \sim 4$ 。ここで、(X_k , Y_k) は、次式 (5) を用いて回転変換されたステージ位置 (X_k , Y_k ($k = 2 \sim 4$))) である。ここで、オフセット O_{z_k} を求めるために、一例として最小自乗法を用いているが、これに限らず、最小自乗法以外の演算手法を用いても良い。

【0086】

【数 1】

$$\begin{pmatrix} \xi_k \\ \zeta_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos O_{\theta k} & -\sin O_{\theta k} \\ \sin O_{\theta k} & \cos O_{\theta k} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_k \\ Y_k \end{pmatrix} \quad \dots(5)$$

40

上で求められたオフセット O_{z_k} は、第 k ($= 2 \sim 4$) ヘッド群の計測値から算出される回転 z_k を、 $z_k - O_{z_k}$ と補正するために用いられる。この補正により、図 8 (D) に示されるように、第 k 基準座標系 C_k ($= 2 \sim 4$) の向き (回転) が第 1 基準座標系 C_1 の向き (回転) に一致する。

【0087】

次に、主制御装置 20 は、先と同様に、図 8 (E) に示されるように、ステージ位置 (X_1 , Y_1 , z_1) に基づいて、ウエハステージ WST1 を領域 A_0 内で矢印方向 (X

50

軸方向及びY軸方向)に駆動し、所定ピッチ毎に位置決めしつつ、4通りのウエハステージWST1の位置(X_k, Y_k ($k = 1 \sim 4$))を求める。

【0088】

主制御装置20は、上で求めた4通りのステージ位置(X_k, Y_k ($k = 1 \sim 4$))を用いて、自乗誤差 $\epsilon_k = ((x'_k - X_1)^2 + (y'_k - Y_1)^2)$ が最小となるように、スケーリング(x_k, y_k)を最小自乗演算により決定する。ただし、 $k = 2 \sim 4$ 。ここで、(x'_k, y'_k)は、次式(6)を用いてスケール変換されたステージ位置(X_k, Y_k ($k = 2 \sim 4$))である。

【0089】

【数2】

$$\begin{pmatrix} \xi'_k \\ \zeta'_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1+\Gamma_{Xk} & 0 \\ 0 & 1+\Gamma_{Yk} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_k \\ Y_k \end{pmatrix} \quad \dots(6)$$

上で求められたスケーリング(x_k, y_k)は、第 k ($= 2 \sim 4$)ヘッド群の計測値から算出される位置(X_k, Y_k)を、($X_k / (1 + x_k), Y_k / (1 + y_k)$)と補正するために用いられる。この補正により、図8(F)に示されるように、第 k 基準座標系 C_k ($= 2 \sim 4$)のスケーリングが第1基準座標系 C_1 のスケーリングに一致する。

【0090】

以上の処理により位置、回転、及びスケーリングが較正された4つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ は、露光時移動領域 $A_0 \sim A_4$ をカバーする1つの座標系(統合座標系) C_E に統合される。

【0091】

なお、以上の処理に代えて、次のような処理によりオフセット及びスケーリング($O_{Xk}, O_{Yk}, O_{Zk}, x_k, y_k$ ($k = 2 \sim 4$))を求めることも可能である。すなわち、主制御装置20は、図8(C)又は図8(E)に示されるように、ステージ位置(X_1, Y_1, Z_1)に基づいて、ウエハステージWST1を領域 A_0 内で矢印方向(X軸方向及びY軸方向)に駆動し、所定ピッチ毎に位置決めしつつ、4通りのウエハステージWST1の位置(X_k, Y_k ($k = 1 \sim 4$))を求める。主制御装置20は、求められた4通りのステージ位置(X_k, Y_k ($k = 1 \sim 4$))を用いて、自乗誤差 $\epsilon_k = ((x''_k - X_1)^2 + (y''_k - Y_1)^2)$ が最小となるように、オフセット及びスケーリング($O_{Xk}, O_{Yk}, O_{Zk}, x_k, y_k$)を最小自乗演算により決定する。ただし、 $k = 2 \sim 4$ 。ここで、(x''_k, y''_k)は、次式(7)を用いて変換されたステージ位置(X_k, Y_k ($k = 2 \sim 4$))である。

【0092】

【数3】

$$\begin{pmatrix} \xi''_k \\ \zeta''_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1+\Gamma_{Xk} & 0 \\ 0 & 1+\Gamma_{Yk} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos O_{\theta k} & -\sin O_{\theta k} \\ \sin O_{\theta k} & \cos O_{\theta k} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_k \\ Y_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} O_{Xk} \\ O_{Yk} \end{pmatrix} \quad \dots(7)$$

また、上記の処理では、第1基準座標系 C_1 を基準にして第2～第4基準座標系 $C_2 \sim C_4$ についてのオフセット及びスケーリングを直接求めたが、間接的に求めることも可能である。例えば、上記の手順に従って第1基準座標系 C_1 を基準とする第2基準座標系 C_2 についてのオフセット及びスケーリング($O_{X2}, O_{Y2}, O_{Z2}, x_2, y_2$)を求める。同様に、第2基準座標系 C_2 を基準とする第3基準座標系 C_3 についてのオフセット及びスケーリング($O_{X32}, O_{Y32}, O_{Z32}, x_{32}, y_{32}$)を求める。これらの結果より、第1基準座標系 C_1 を基準とする第3基準座標系 C_3 についてのオフセット及びスケーリングが($O_{X3} = O_{X32} + O_{X2}, O_{Y3} = O_{Y32} + O_{Y2}, O_{Z3} = O_{Z32} + O_{Z2}, x_3 = x_{32} \cdot x_2, y_3 = y_{32} \cdot y_2$)となる。

・ γ_2)と求められる。同様に、第3基準座標系 C_3 を基準とする第4基準座標 C_4 についてのオフセット及びスケールを求め、その結果を用いて第1基準座標 C_1 を基準とする第4基準座標 C_4 についてのオフセット及びスケールを求めることも可能である。

【0093】

主制御装置20は、スケール板22に対しても同様の手順に従って、4つの基準座標を較正し、計測時移動領域をカバーする1つの座標系(統合座標系) C_A (図7(B)参照)に統合する。

【0094】

最後に、主制御装置20は、露光時移動領域 $A_0 \sim A_4$ をカバーする統合座標系 C_E と計測時移動領域をカバーする統合座標系 C_A との間の位置、回転、スケールズのずれを求める。主制御装置20は、図9(A)に示されるように、エンコーダシステム70を用いてウエハステージWST1の位置情報を求め(計測し)、その結果に基づいてウエハステージWST1を駆動して、ウエハテーブルWTB1上の第1基準マーク板FM1を投影光学系PLの直下(露光中心P)に位置決めする。主制御装置20は、一对のレチクルアライメント系13A, 13Bを用いて、第1基準マーク板FM1上に形成された2つ(一对)の基準マークを検出する。次いで、主制御装置20は、エンコーダシステム70の計測結果に基づいてウエハステージWST1を駆動して、ウエハテーブルWTB1上の第2基準マーク板FM2を投影光学系PLの直下(露光中心P)に位置決めし、一对のレチクルアライメント系13A, 13Bのいずれかを用いて第2基準マーク板FM2上に形成された1つの基準マークを検出する。主制御装置20は、3つの基準マークの検出結果(すなわち、3つの基準マークの2次元の位置座標)より、統合座標系 C_E の原点の位置、回転、スケールズを求める。

【0095】

主制御装置20は、ウエハステージWST1を計測時移動領域に移動する。ここで、主制御装置20は、露光時移動領域 $A_0 \sim A_4$ と計測時移動領域との間の領域内ではウエハ干渉計システム18を用いて、計測時移動領域内ではエンコーダシステム70を用いて、ウエハステージWST1の位置情報を計測し、その結果に基づいてウエハステージWST1を駆動(位置制御)する。移動後、主制御装置20は、図10(A)及び図10(B)に示されるように、アライメント系ALGを用いて、先と同様に3つの基準マークを検出し、その検出結果より統合座標系 C_A の原点の位置、回転、スケールズを求める。なお、レチクルアライメント系13A, 13Bの検出対象となる3つの基準マークと、アライメント系ALGの検出対象となる3つの基準マークとは、同一のマークであることが望ましいが、同一の基準マークをレチクルアライメント系13A, 13Bとアライメント系ALGとで検出できない場合には、基準マーク同士の位置関係が既知であるので、レチクルアライメント系13A, 13Bとアライメント系ALGとで異なる基準マークを検出対象としても良い。

【0096】

なお、露光時移動領域と計測時移動領域との間でウエハステージを移動する場合にも、エンコーダシステムを用いて、ウエハステージの位置制御を行っても良い。また、露光時移動領域内、計測時移動領域内でそれぞれつなぎ処理(位相つなぎ及び/又は座標つなぎ)が行われる。ここで、座標つなぎとは、エンコーダ(ヘッド)を切り換える前と後とで、算出されるウエハステージWSTの位置座標が完全に一致するように、切り換え後に使用するエンコーダに対する計測値を設定し、その際に位相オフセットを再設定するつなぎ処理を意味する。位相つなぎ法は、基本的には、座標つなぎ法と同様であるが、位相オフセットの取り扱いが異なり、位相オフセットの再設定は行わず、すでに設定されている位相オフセットを引き続き使用し、カウント値のみを再設定するつなぎ法を意味する。

【0097】

主制御装置20は、上で求められた統合座標系 C_E の原点の位置、回転、スケールズと統合座標系 C_A の原点の位置、回転、スケールズとから、統合座標系 C_E , C_A 間の

10

20

30

40

50

原点、回転、スケーリングのずれを求める。主制御装置 20 は、このずれを用いて、例えば統合座標系 C_A 上で計測されたウエハアライメントの結果、例えばウエハ上の複数のショット領域の配列座標（又はウエハ上のアライメントマークの位置座標）を統合座標系 C_E 上におけるウエハ上の複数のショット領域の配列座標に変換することができ、その変換後の配列座標に基づいて、ウエハの露光動作時に、統合座標系 C_E 系上でウエハステージ $WST1$ を駆動（位置制御）する。

【0098】

主制御装置 20 は、上述の較正方法を、ウエハを露光処理する毎（又は所定枚数のウエハを露光処理する毎）に行う。すなわち、アライメント系 ALG を用いてのウエハアライメントに先立って、前述の通り、スケール板 22 を用いる際のエンコーダシステム 70、71 を較正する（4 つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ を統合座標系 C_A に統合する）。較正されたエンコーダシステム 70、71 を用いて（統合座標系 C_A 上で）、露光対象のウエハに対してウエハアライメントなどの計測動作を行う。続いてウエハの露光処理に先立って、前述の通り、スケール板 21 を用いる際のエンコーダシステム 70、71 を較正する（4 つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ を統合座標系 C_E に統合する）。また、統合座標系 C_A 、 C_E 間の位置、回転、スケーリングのずれ（相対位置、相対回転、相対スケーリング）を求める。これらの結果を用いて統合座標系 C_A 上で計測されたウエハアライメントの結果（例えばウエハ上の複数のショット領域の配列座標）を統合座標系 C_E 上におけるウエハ上の複数のショット領域の配列座標に変換し、その変換後の配列座標に基づいて、統合座標系 C_E 上でウエハを保持するウエハステージ $WST1$ 、 $WST2$ を駆動（位置制御）してウエハを露光処理する。

【0099】

なお、較正処理（較正方法）としては、エンコーダシステムの計測値を補正しても良いが、他の処理を採用しても良い。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。

【0100】

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。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。

【0101】

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 $WST1$ （又は $WST2$ ）の位置する領域 $A_0 \sim A_4$ 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。

【0102】

主制御装置 20 は、エンコーダ 70₁ ~ 70₄（又は 71₁ ~ 71₄）の計測結果に基づいて、ウエハテーブル $WTB1$ （又は $WTB2$ ）の位置（ Z 、 x 、 y ）を算出する。ここで、エンコーダ 70₁ ~ 70₄（又は 71₁ ~ 71₄）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 $C_1 \sim C_4$ と区別して、それぞれ、 $D_1 \sim D_4$ と表記する）は、ウエハステージ $WST1$ （又は $WST2$ ）の位置（ Z 、 x 、 y ）に対して、次式（8）~（11）のように依存する。

【0103】

$$D_1 = -p \tan y + p \tan x + Z \dots (8)$$

$$D_2 = p \tan y + p \tan x + Z \dots (9)$$

$$D_3 = p \tan y - p \tan x + Z \dots (10)$$

$$D_4 = -p \tan y - p \tan x + Z \dots (11)$$

ただし、 p は、ウエハテーブルW T B 1 (W T B 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 (図5 参照) である。

【 0 1 0 4 】

主制御装置 2 0 は、ウエハステージW S T 1 (又はW S T 2) の位置する領域 $A_0 \sim A_4$ 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 (8) ~ (11) 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、ウエハテーブルW T B 1 (又はW T B 2) の位置 (Z , x , y) を算出する。例えば、ウエハステージW S T 1 (又はW S T 2) が第1領域 A_1 内に位置する場合、主制御装置 2 0 は、ヘッド 60_1 , 60_2 , 60_4 (エンコーダ 70_1 , 70_2 , 70_4 又は 71_1 , 71_2 , 71_4) の計測値が従う式 (8), (9), 及び (11) から連立方程式を組み、式 (8), (9), 及び (11) それぞれの左辺に計測値を代入して解く。算出される位置 (Z , x , y) を、 Z_1 , x_1 , y_1 と表記する。同様に、主制御装置 2 0 は、ウエハステージW S T 1 が第 k 領域 A_k 内に位置する場合、ヘッド 60_{k-1} , 60_k , 60_{k+1} (エンコーダ 70_{k-1} , 70_k , 70_{k+1}) の計測値が従う式 (($k-1$) + 7), ($k+7$), 及び (($k+1$) + 7) から連立方程式を組み、式 (($k-1$) + 7), ($k+7$), 及び (($k+1$) + 7) 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。これにより、位置 (Z_k , x_k , y_k) が算出される。ここで、 $k-1$ 、 k 、及び $k+1$ には、1 ~ 4 を周期的に置換えた数が代入される。

【 0 1 0 5 】

なお、ウエハステージW S T 1 (又はW S T 2) が第0領域 A_0 内に位置する場合、ヘッド $60_1 \sim 60_4$ (エンコーダ $70_1 \sim 70_4$ 又は $71_1 \sim 71_4$) 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。

【 0 1 0 6 】

主制御装置 2 0 は、上の算出結果 (Z_k , x_k , y_k) 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テーブルW T B 1 (又はW T B 2) をフォーカス・レベリング制御する。

【 0 1 0 7 】

ウエハステージW S T 1 (又はW S T 2) が、計測時移動領域内に位置する場合、主制御装置 2 0 は、エンコーダシステム 70 (又は 71) を用いてウエハテーブルW T B 1 (W T B 2) の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 P がアライメント系 $A L G$ の検出中心に、スケール板 21 (の部分 $21_1 \sim 21_4$) がスケール板 22 (の部分 $22_1 \sim 22_4$) に置き換わる以外、先の露光時移動領域内にウエハステージW S T 1 (又はW S T 2) が位置する場合と同様である。主制御装置 2 0 は、エンコーダシステム 70 (又は 71) の計測結果に基づいて、ウエハテーブルW T B 1 (又はW T B 2) 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。

【 0 1 0 8 】

さらに、主制御装置 2 0 は、ウエハステージW S T 1, W S T 2 の位置に応じて、スケール板 21 , 22 に対向するヘッド $60_1 \sim 60_4$ 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、ウエハテーブルW T B 1 (又はW T B 2) の位置の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。

【0109】

前述の通り、本実施形態の露光装置100におけるスケール板21, 22は、それぞれ、4つの部分 $21_1 \sim 21_4$, $22_1 \sim 22_4$ から構成されている。ここで、4つの部分の高さと傾斜が相互にずれていると、エンコーダシステム70, 71の計測誤差が発生する。そこで、先と同様の較正方法を適用して、部分 $21_1 \sim 21_4$ 又は $22_1 \sim 22_4$ の相互間の高さと傾斜のずれに起因する4つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ の相互間のずれを較正する。

【0110】

ここで、エンコーダシステム70を用いる場合を例として、較正方法の一例を説明する。

【0111】

主制御装置20は、図8(C)又は図8(E)に示されるように、エンコーダシステム70により計測されるウエハステージWST1の位置の計測結果(X_1, Y_1, Z_1)に基づいて、ウエハステージWST1を領域 A_0 内で矢印方向(X軸方向及びY軸方向)に駆動し、所定ピッチ毎に位置決めしつつ、4つのヘッド群の計測値を用いて4通りのウエハテーブルWTB1の位置(Z_k, x_k, y_k ($k=1 \sim 4$))を求める。主制御装置20は、これらの結果を用いて、第1ヘッド群の計測値から算出される位置(Z_1, x_1, y_1)に対する第 k ($=2 \sim 4$)ヘッド群の計測値から算出される位置(Z_k, x_k, y_k)のずれ、すなわちオフセット($O_{Zk} = Z_k - Z_1, O_{xk} = x_k - x_1, O_{yk} = y_k - y_1$)を求める。さらに、主制御装置20は、位置決め毎に求められるオフセット(O_{Zk}, O_{xk}, O_{yk})を平均する。

【0112】

上で求められたオフセット(O_{Zk}, O_{xk}, O_{yk})は、第 k ($=2 \sim 4$)ヘッド群の計測値から算出される位置(Z_k, x_k, y_k)を、それぞれ、 $Z_k - O_{Zk}, x_k - O_{xk}, y_k - O_{yk}$ と補正するために用いられる。この補正により、第 k 基準座標系 C_k ($k=2 \sim 4$)の高さ Z と傾斜 x, y が第1基準座標系 C_1 の高さ Z と傾斜 x, y に一致する。すなわち、4つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ は、露光時移動領域 $A_0 \sim A_4$ をカバーする1つの座標系(統合座標系) C_E に統合される。

【0113】

主制御装置20は、エンコーダシステム71に対しても同様の手順に従って、4つの基準座標を較正し、計測時移動領域をカバーする1つの座標系(統合座標系) C_A に統合する。

【0114】

主制御装置20は、上述の較正方法を、先と同様に、ウエハを露光処理する毎(又は所定枚数のウエハを露光処理する毎)に行う。すなわち、アライメント系ALGを用いてのウエハアライメントに先立って、前述の通り、スケール板22を用いる際のエンコーダシステム70(又は71)を較正する(4つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ を統合座標系 C_A に統合する)。そして、主制御装置20は、較正されたエンコーダシステム70(又は71)を用いて(統合座標系 C_A 上で)、露光対象のウエハに対してウエハアライメントを行う。続いて、主制御装置20は、ウエハの露光処理に先立って、前述の通り、スケール板21を用いる際のエンコーダシステム70(又は71)を較正する(4つの基準座標系 $C_1 \sim C_4$ を統合座標系 C_E に統合する)。そして、主制御装置20は、較正されたエンコーダシステム70(又は71)を用いて(統合座標系 C_E 上で)ウエハを保持するウエハテーブルWTB1(又はWTB2)の位置情報を求め(計測し)、その計測結果とウエハアライメントの結果とに基づいて、ウエハの露光の際に、ウエハテーブルWTB1(又はWTB2)を駆動(位置制御)する。

【0115】

以上詳細に説明したように、本実施形態の露光装置100によると、主制御装置20が、ウエハステージWST1, WST2上に搭載された4つのヘッド $60_1 \sim 60_4$ のうち

10

20

30

40

50

、互いに異なる1つのヘッドを含む3つのヘッドが属する第1ヘッド群と第2ヘッド群とに含まれるヘッドがスケール板21, 22上の対応する領域(部分21₁ ~ 21₄, 22₁ ~ 22₄)に対向する領域A₀内で、第1ヘッド群を用いて得られる位置情報に基づいて、ウエハステージWST1, WST2を駆動(位置制御)するとともに、第1及び第2ヘッド群を用いて得られる位置情報を用いて第1及び第2ヘッド群にそれぞれ対応する第1及び第2基準座標系C₁, C₂間のずれ(位置、回転、スケーリングのずれ)を求める。そして、主制御装置20が、その結果を用いて第2ヘッド群を用いて得られる計測結果を補正することにより、第1及び第2基準座標系C₁, C₂間のずれが較正され、4つのヘッド60₁ ~ 60₄のそれぞれが対向するスケール板21, 22上の領域の相互間のずれに伴う計測誤差を修正することが可能となる。

10

【0116】

また、本実施形態の露光装置100によると、上述の較正方法を利用してエンコーダシステム70, 71を較正して、4つの基準座標系C₁ ~ C₄の相互間のずれが修正されるので、エンコーダシステム70, 71を用いてウエハステージWST1, WST2の位置情報を高精度で計測し、駆動(位置制御)することが可能となる。

【0117】

また、本実施形態の露光装置100によると、主制御装置20が、ウエハステージWST1, WST2上に設けられた3つの基準マークをレチクルアライメント系13A, 13B及びアライメント系ALGを用いて検出することにより、露光時移動領域、計測時移動領域のそれぞれに対応する統合座標系C_E, C_Aの相対位置、相対回転、相対スケーリングを求める。そして、主制御装置20が、その結果を用いることにより、統合座標系C_A上で計測されたウエハアライメントの結果、例えばウエハ上の複数のショット領域の配列座標を統合座標系C_E上におけるウエハ上の複数のショット領域の配列座標に変換し、その結果を用いて統合座標C_E上でウエハステージWST1, WST2を駆動(位置制御)してウエハを露光することができる。

20

【0118】

なお、上記実施形態では、ウエハステージWST1が第0領域A₀内に位置するときウエハステージWST1上の全ヘッド60₁ ~ 60₄がスケール板21(対応する部分21₁ ~ 21₄)に対向する。従って、第0領域A₀内では、全ヘッド60₁ ~ 60₄(エンコーダ70₁ ~ 70₄)から有効な計測値が主制御装置20に送信される。従って、主制御装置20は、4つのヘッド60₁ ~ 60₄のうち、互いに異なる1つのヘッドを含む3つのヘッドが属する前述した第kヘッド群(k=1~4)に含まれるヘッドがスケール板21上の対応する領域(部分21₁ ~ 21₄)に対向する領域A₀内で、第kヘッド群(k=1~4)の少なくとも1つを用いて得られる位置情報、例えば第1ヘッド群を用いて得られる第1位置情報と第2ヘッド群を用いて得られる第2位置情報との少なくとも一方に基づいて、ウエハステージWST1, WST2を駆動(位置制御)することとすることもできる。かかる場合、第1ヘッド群と第2ヘッド群とに対応する座標系(スケール板21の部分)が異なっても、これに影響を受けることなく、ウエハステージWST1, WST2を高精度に駆動することが可能になる。スケール板22を用いる場合も同様である。

30

40

【0119】

なお、上記実施形態において、スケール板21, 22を構成する部分21₁ ~ 21₄, 22₁ ~ 22₄の相互間のずれに起因する4つの基準座標系C₁ ~ C₄の相互間のずれの較正処理では、位置、回転、スケーリングの全てに着目する必要はなく、そのうちの1つ又は任意の2つでも良いし、他のファクター(直交度など)を追加あるいは代用しても良い。

【0120】

また、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

50

い。

【 0 1 2 1 】

なお、上記実施形態では、スケール板 2 1 , 2 2 の部分 2 1 1 ~ 2 1 4 , 2 2 1 ~ 2 2 4 のそれぞれの下面に 2 次元回折格子 R G 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 6 0 1 ~ 6 0 4 の計測方向 (X Y 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。

【 0 1 2 2 】

なお、上記実施形態では、ウエハステージ W S T 1 , W S T 2 上に搭載された 4 つのヘッド 6 0 1 ~ 6 0 4 のうち、互いに異なる 1 つのヘッドを含む 3 つのヘッドが属する第 1 ヘッド群と第 2 ヘッド群とに含まれるヘッドがスケール板 2 1 , 2 2 上の対応する領域 (部分 2 1 1 ~ 2 1 4 , 2 2 1 ~ 2 2 4) に対向する領域 A 0 内で、第 1 ヘッド群を用いて得られる位置情報に基づいて、ウエハステージ W S T 1 , W S T 2 を駆動 (位置制御) するとともに、第 1 及び第 2 ヘッド群を用いて得られる位置情報を用いて第 1 及び第 2 ヘッド群にそれぞれ対応する第 1 及び第 2 基準座標系 C 1 , C 2 間のずれ (位置、回転、スケーリングのずれ) を求め、その結果を用いて第 2 ヘッド群を用いて得られる計測結果を補正することにより、4 つのヘッド 6 0 1 ~ 6 0 4 のそれぞれが対向するスケール板 2 1 , 2 2 上の領域の相互間のずれに伴う計測誤差を修正する場合について説明したが、これに限らず、例えばウエハステージの位置制御に用いる複数 (第 1 の数) のヘッドよりも数が多い複数 (第 2 の数) のヘッドでそれぞれ位置計測が可能な領域内でウエハステージを移動してエンコーダシステムによって求められるステージの位置情報の補正情報を取得する、すなわち例えば上記実施形態の十字領域 A 0 内でステージ移動して冗長ヘッドを用いて、補正情報を取得しても良い。

【 0 1 2 3 】

この場合、この補正情報は、主制御装置 2 0 により、エンコーダ計測値そのものを補正するのに用いられるが、これに限らず、他の処理で用いられても良い。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。

【 0 1 2 4 】

また、上記実施形態では、第 1 及び第 2 ヘッド群を用いて得られる位置情報を用いて第 1 及び第 2 ヘッド群にそれぞれ対応する第 1 及び第 2 基準座標系 C 1 , C 2 間のずれ (位置、回転、スケーリングのずれ) を求めるものとしたが、これに限らず、露光装置は、例えばウエハステージに設けられた複数のヘッドのうち、ウエハに対する露光位置の近傍にウエハステージの外部に X Y 平面に略平行に配置された複数のスケール板から成る計測面に計測ビームを照射し、計測面からの戻りビームを受光するヘッドの出力に基づいて、ウエハステージの位置情報を求める位置計測系 (例えばエンコーダシステム) と、該位置計測系で取得された位置情報に基づいて、ウエハステージを駆動するとともに、ウエハステージの位置に応じて前記複数のヘッドの中から前記位置計測系が前記位置情報の取得に用いるヘッドを切り換える制御系と ; を備え、前記制御系は、前記複数のヘッドが前記計測面に対向する前記移動体の第 1 移動領域内で、前記複数のヘッドに対応する複数のスケール板相互の位置関係を取得しても良い。この場合、複数のヘッドのうち、相互に異なるヘッドを少なくとも 1 つ含む複数のヘッドがそれぞれ属する複数のヘッド群が、それぞれ複数のスケール板に対向することとすることができる。

【 0 1 2 5 】

この場合、複数のスケール板相互の位置関係は、エンコーダ計測値そのものの補正に用いることができるのみならず、他の処理で用いても良い。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。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 6 】

また、上記実施形態では、各ヘッド $60_1 \sim 60_4$ (エンコーダ $70_1 \sim 70_4$) 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 次元エンコーダを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 (3 D O F センサ) を採用しても良い。

【 0 1 2 7 】

なお、上記各実施形態では、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 (テーブル) 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 (テーブル) 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 (テーブル) 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。

【 0 1 2 8 】

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。

【 0 1 2 9 】

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。

【 0 1 3 0 】

また、照明光 IL は、ArF エキシマレーザ光 (波長 193 nm) に限らず、KrF エキシマレーザ光 (波長 248 nm) などの紫外光や、F₂ レーザ光 (波長 157 nm) 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。

【 0 1 3 1 】

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。

【0132】

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。

【0133】

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。

10

【0134】

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。

【0135】

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。

20

【0136】

半導体素子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。

30

【0137】

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、光学精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

40

【産業上の利用可能性】

【0138】

以上説明したように、本発明の露光方法及び露光装置は、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

50

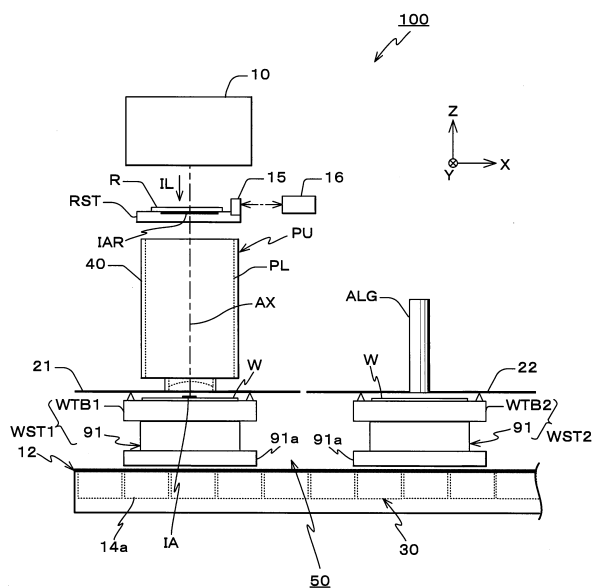
スを製造するのに適している。

【符号の説明】

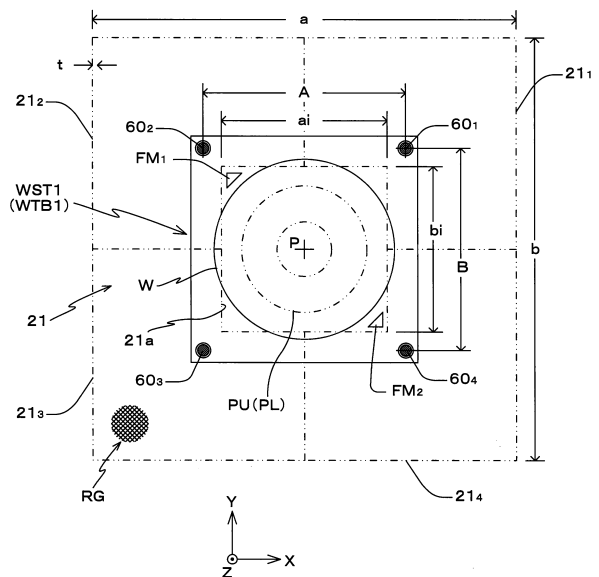
【 0 1 3 9 】

20...主制御装置、21, 22...スケール板、21₁~21₄, 22₁~22₄...スケール板の部分、27...ウエハステージ駆動系、50...ウエハステージ装置、60₁~60₄...エンコーダヘッド、70, 71...エンコーダシステム、70₁~70₄, 71₁~71₄...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。

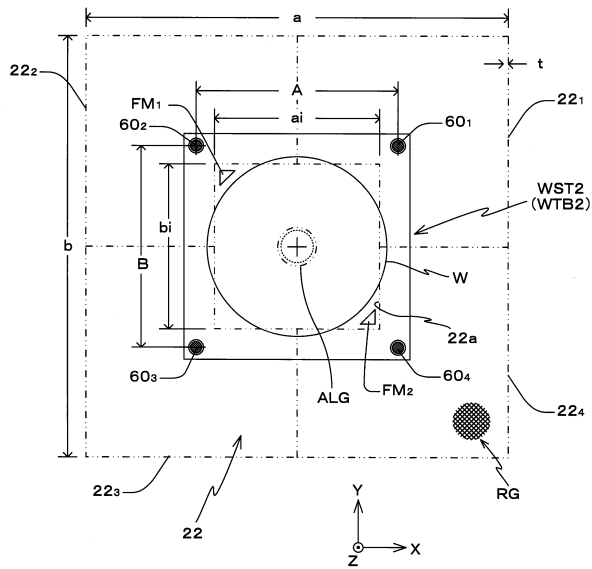
【図1】



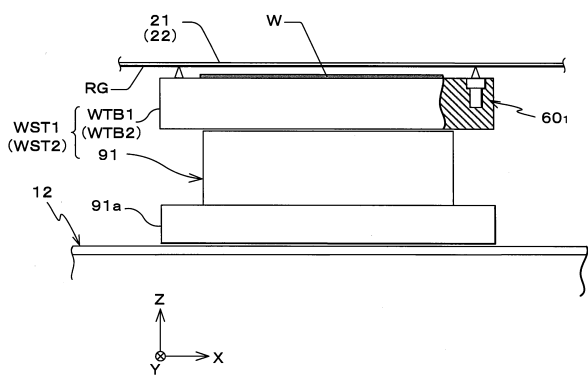
【図2】



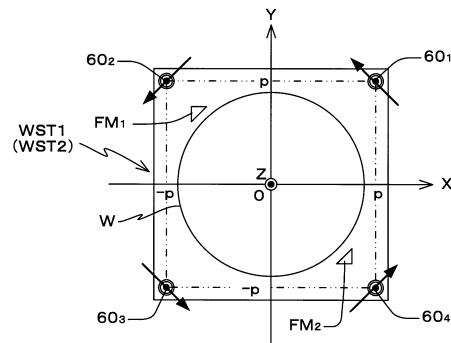
【 図 3 】



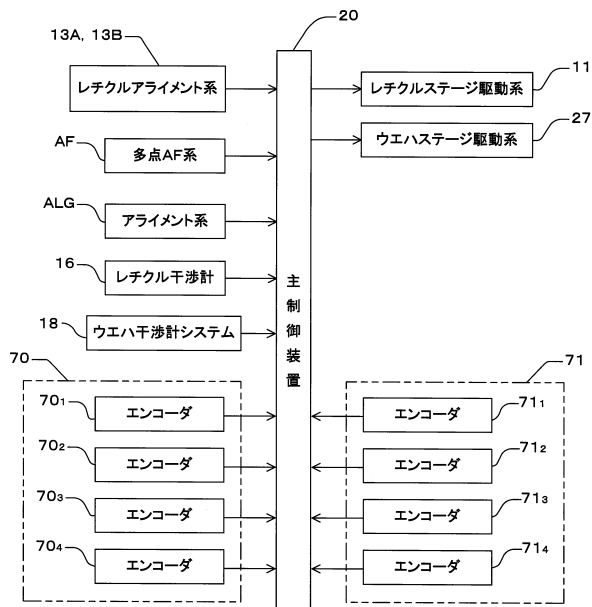
【圖 4】



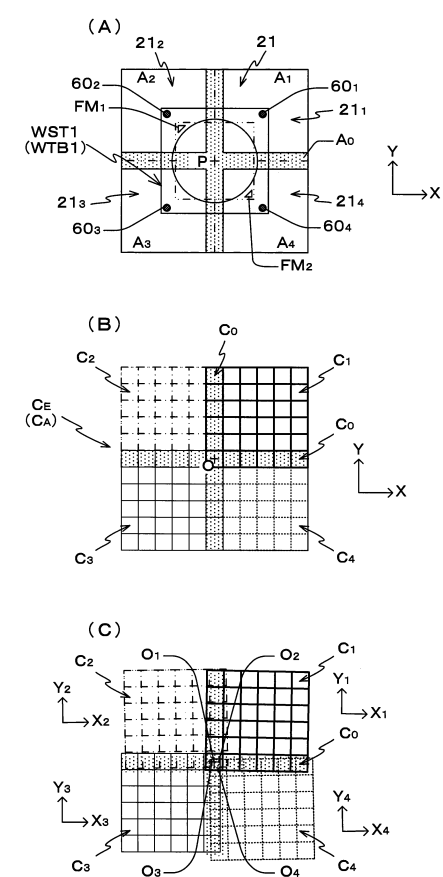
【 図 5 】



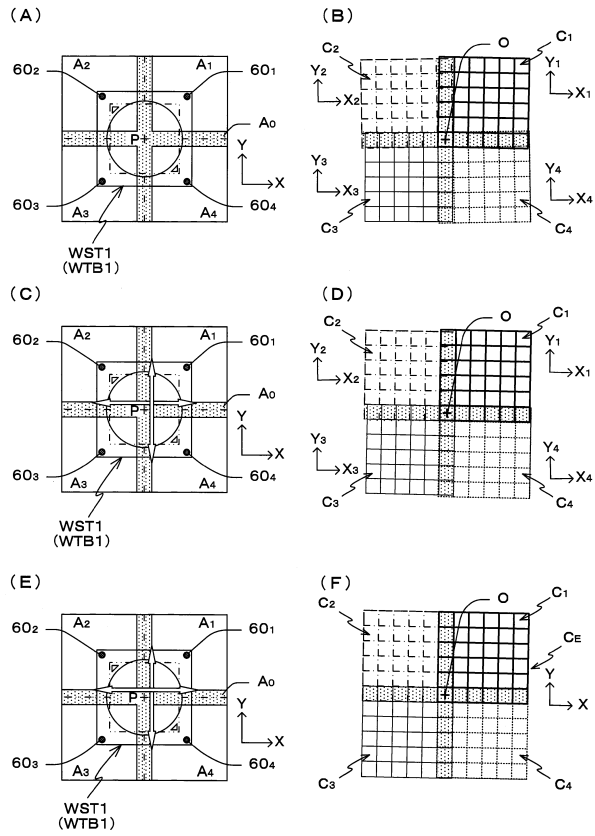
【圖 6】



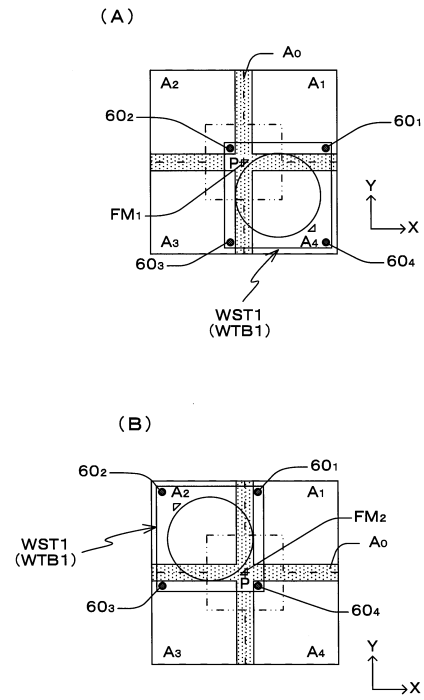
【圖 7】



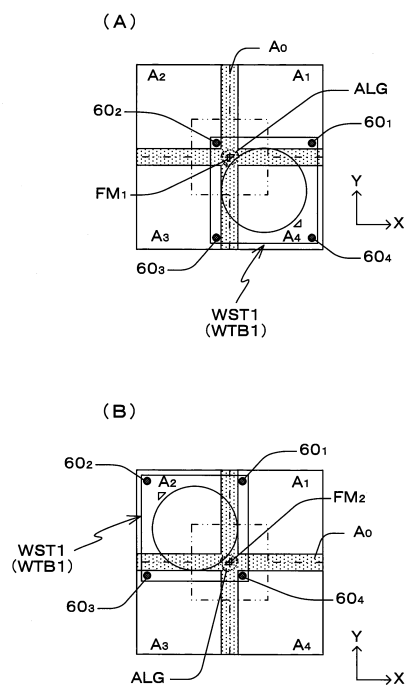
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/68 F

(56)参考文献 特開平08-008175(JP,A)
特開2007-184342(JP,A)
特開2007-318119(JP,A)
特開2009-033062(JP,A)
特開2009-147342(JP,A)
国際公開第2002/047133(WO,A1)
国際公開第2009/084244(WO,A1)
米国特許出願公開第2006/0227309(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
H 0 1 L 21/027
G 0 3 F 7/20-7/24、9/00-9/02