

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02017/099087

発行日 平成30年9月20日 (2018. 9. 20)

(43) 国際公開日 平成29年6月15日 (2017. 6. 15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30	2H197
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20	5F056
HO 1 L 21/68 (2006.01)	GO 3 F 7/20	5F131
	GO 3 F 7/20	
	HO 1 L 21/68	K

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 31 頁)

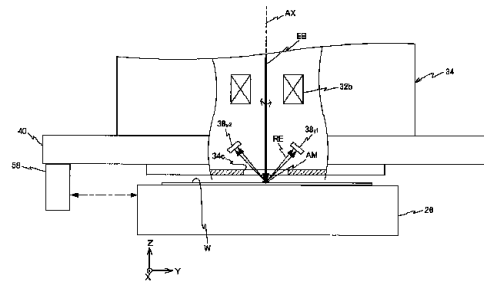
出願番号 特願2017-555083 (P2017-555083)	(71) 出願人 00004112 株式会社ニコン 東京都港区港南二丁目15番3号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2016/086272	
(22) 国際出願日 平成28年12月6日 (2016. 12. 6)	
(31) 優先権主張番号 特願2015-238702 (P2015-238702)	(74) 代理人 100102901 弁理士 立石 篤司
(32) 優先日 平成27年12月7日 (2015. 12. 7)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(72) 発明者 柴崎 祐一 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内
	Fターム(参考) 2H197 AA24 CA09 CD12 CD35 CD41 CD43 CD48 DA03 DA06 HA03 JA23 5F056 EA12 EA14

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置及び露光装置の制御方法、並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

露光装置(100)は、ターゲット(W)に電子ビームを照射する照射装置(30)と、ターゲットを保持するステージ(26)と、ステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系と、ターゲットに対する電子ビームの照射状態に基づいて、ステージ駆動系を制御する制御系とを備えている。制御系は、ターゲットに対する電子ビームの照射時と非照射時とでステージ駆動系に対する制御内容を変更する。これにより、ステージの駆動源として電磁モータを用い、かつステージの駆動時のターゲット上での電子ビームの照射位置ずれを抑制することが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターゲットに荷電粒子ビームを照射する照射装置を備えた露光装置であって、
前記ターゲットを保持するステージと、
前記ステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系と、
前記照射装置と前記ステージ駆動系とを制御する制御系と、を備え、
前記制御系は、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射状態に基づいて、前記ステージ駆動系を制御する露光装置。

【請求項 2】

前記制御系は、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射時と非照射時とで前記ステージ駆動系に対する制御内容を変更する請求項 1 に記載の露光装置。

10

【請求項 3】

前記制御系は、前記ステージ駆動系を制御するフィードバック制御系を含み、
前記ステージ駆動系に対する制御内容の変更は、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射時と非照射時とで前記フィードバック制御系の制御ゲインを変更することを
含む請求項 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記荷電粒子ビームの照射時における前記フィードバック制御系の制御ゲインは、前記荷電粒子ビームの非照射時における前記フィードバック制御系の制御ゲインより小さい値に設定される請求項 3 に記載の露光装置。

20

【請求項 5】

前記荷電粒子ビームの照射時の前記フィードバック制御系の制御ゲインは、実質的に零とみなせる値に設定される請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記制御系は、前記ステージの駆動時に生じる前記電磁モータの電磁場の変動に起因する前記荷電粒子ビームの前記ターゲット上での照射位置を調整するため、前記ステージ駆動系をフィードフォワード制御する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記制御系は、前記照射位置を前記フィードフォワード制御により調整する際、前記ステージの位置に応じた制御情報を前記ステージ駆動系に与える請求項 6 に記載の露光装置。

30

【請求項 8】

前記荷電粒子ビームの前記ターゲット上での照射位置の調整は、前記ステージの駆動時に生じる前記電磁モータの電磁場の変動に起因する前記荷電粒子ビームの変動に関する情報と、前記ステージの位置との関係を示すマップ情報に基づいて行われる請求項 6 又は請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射は、前記ステージの加速度が零の状態で行われる請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射は、前記ステージの等速移動中に行われる請求項 9 に記載の露光装置。

40

【請求項 11】

ターゲットを所定方向に移動しつつ荷電粒子ビームで露光する露光装置であって、
前記ターゲットを保持するステージと、
前記ターゲットに荷電粒子ビームを照射する照射装置と、
前記ステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系と、
前記所定方向に関する、前記ステージの加減速時には前記ステージ駆動系を用いて前記ステージを駆動し、前記ステージの等速移動時には前記ステージを主に慣性の法則に従った運動を含んで移動させる制御系と、を備える露光装置。

50

【請求項 1 2】

前記ステージの等速移動時における前記電磁モータの出力は、前記ステージの加減速時における前記電磁モータの出力より小さい請求項 1 1 に記載の露光装置。

【請求項 1 3】

前記制御系は、前記ステージ駆動系を制御するフィードバック制御系を含み、

前記ステージの等速移動時における前記フィードバック制御系の制御ゲインは、前記ステージの加減速時における前記フィードバック制御系の制御ゲインより小さい値に設定される請求項 1 1 又は請求項 1 2 に記載の露光装置。

【請求項 1 4】

前記ステージの等速移動時の前記フィードバック制御系の制御ゲインは、実質的に零とみなせる値に設定される請求項 1 3 に記載の露光装置。

【請求項 1 5】

前記ステージ駆動系には、前記ステージの位置に応じた制御情報がフィードフォワード入力可能である請求項 1 3 又は 1 4 に記載の露光装置。

【請求項 1 6】

前記制御情報は、前記ステージを所定の経路に沿って駆動した際の、前記フィードバック制御系の制御結果に基づいて事前に取得される請求項 1 5 に記載の露光装置。

【請求項 1 7】

前記電磁モータには、磁気シールドが施されている請求項 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 1 8】

デバイス製造方法であって、

請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の露光装置を用いてターゲットとしての基板を荷電粒子ビームで露光することと、

露光された前記基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

【請求項 1 9】

ターゲットを保持するステージと、前記ターゲットに荷電粒子ビームを照射する照射装置と、を備えた露光装置を制御する制御方法であって、

前記ステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系と、前記照射装置と、を制御することを含み、

前記制御することでは、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射状態に基づいて、前記ステージ駆動系を制御する制御方法。

【請求項 2 0】

前記制御することでは、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射時と非照射時とで前記ステージ駆動系に対する制御内容を変更する請求項 1 9 に記載の制御方法。

【請求項 2 1】

前記ステージ駆動系に対する制御内容の変更は、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射時と非照射時とで、前記ステージ駆動系を制御するフィードバック制御系の制御ゲインを変更することを含む請求項 2 0 に記載の制御方法。

【請求項 2 2】

前記荷電粒子ビームの照射時における前記フィードバック制御系の制御ゲインは、前記荷電粒子ビームの非照射時における前記フィードバック制御系の制御ゲインより小さい値に設定される請求項 2 1 に記載の制御方法。

【請求項 2 3】

前記荷電粒子ビームの照射時の前記フィードバック制御系の制御ゲインは、実質的に零とみなせる値に設定される請求項 2 2 に記載の制御方法。

【請求項 2 4】

前記制御することでは、前記ステージの駆動時に生じる前記電磁モータの電磁場の変動に起因する前記荷電粒子ビームの前記ターゲット上での照射位置を調整するため、前記ステージ駆動系をフィードフォワード制御する請求項 1 9 ~ 2 3 のいずれか一項に記載の制

10

20

30

40

50

御方法。

【請求項 25】

前記制御系は、前記照射位置を前記フィードフォワード制御により調整する際、前記ステージの位置に応じた制御情報を前記ステージ駆動系に与える請求項 24 に記載の制御方法。

【請求項 26】

前記荷電粒子ビームの前記ターゲット上での照射位置の調整は、前記ステージの駆動時に生じる前記電磁モータの電磁場の変動に起因する前記荷電粒子ビームの変動に関する情報と、前記ステージの位置との関係を示すマップ情報に基づいて行われる請求項 23 又は請求項 25 に記載の制御方法。

10

【請求項 27】

前記制御することでは、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射時に、前記ステージの加速度が零となるように、前記照射装置と前記ステージ駆動系とを制御する請求項 19 ~ 26 のいずれか一項に記載の制御方法。

【請求項 28】

前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射が、前記ステージの等速移動中に行われるように、前記照射装置と前記ステージ駆動系とを制御する請求項 27 に記載の制御方法。

【請求項 29】

ターゲットを、所定方向に移動しつつ照射装置から荷電粒子ビームを照射して露光する露光装置を制御する制御方法であって、

20

前記ターゲットを保持するステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系を制御することを含み、

前記制御することでは、前記所定方向に関する、前記ステージの加減速時には前記ステージ駆動系を用いて前記ステージを駆動し、前記ステージの等速移動時には前記ステージを主に慣性の法則に従った運動を含んで移動させる制御方法。

【請求項 30】

前記制御することでは、前記ステージの等速移動時における前記ステージ駆動系を制御するフィードバック制御系の制御ゲインを、前記ステージの加減速時における前記フィードバック制御系の制御ゲインより小さい値に設定する請求項 29 に記載の制御方法。

30

【請求項 31】

前記ステージの等速移動時の前記フィードバック制御系の制御ゲインを、実質的に零とみなせる値に設定する請求項 30 に記載の制御方法。

【請求項 32】

前記ステージ駆動系に、さらに、前記ステージの位置に応じた制御情報をフィードフォワード入力する請求項 30 又は 31 に記載の制御方法。

【請求項 33】

前記制御情報は、前記ステージを所定の経路に沿って駆動した際の、前記フィードバック制御系の制御結果に基づいて事前に取得される請求項 32 に記載の制御方法。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置及び露光装置の制御方法、並びにデバイス製造方法に係り、特にターゲットを荷電粒子ビームで露光する露光装置、及び該露光装置の制御方法、並びに前記露光装置を用いるデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、紫外光露光装置の解像限界よりも微細なピッチの回路パターンを形成するために、紫外光露光装置の解像限界よりも小さいスポットを電子ビームで形成し、この電子ビームのスポットとウエハ等のターゲットとを相対的に走査する電子ビーム露光装置が提案さ

50

れている。

【0003】

電子ビーム露光装置では、電子光学系における電子ビームの高速偏向が可能であり、ターゲットを保持するステージの位置誤差を光学系の側で補正することができる。したがって、電子ビーム露光装置では、ステージの位置制御精度は、光露光装置ほどの精度が要求されない。また、電子ビーム露光装置では、ステージ駆動にリニアモータ等の電磁アクチュエータを採用すると、電磁アクチュエータが動作する際に磁場変動が発生し、この磁場変動により電子線の予期せぬ偏向や収差が生じ露光精度が低下する。このため、従来の電子ビーム露光装置では、ターゲットを駆動するため、エアステージが用いられている（例えば、特許文献1、2参照）。

10

【0004】

しかし、エアステージでは補正が困難な非線形な制御誤差が発生することがあり、また、電磁モータに比べて制御性が劣る。なお、電磁モータを使用する場合に、磁気シールドにより電磁モータからの磁気を遮蔽する方法もあるが、完全な遮蔽は困難である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-170765号公報

【特許文献2】米国特許第6,674,085号明細書

【発明の概要】

20

【0006】

第1の態様によれば、ターゲットに荷電粒子ビームを照射する照射装置を備えた露光装置であって、前記ターゲットを保持するステージと、前記ステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系と、前記照射装置と前記ステージ駆動系とを制御する制御系と、を備え、前記制御系は、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射状態に基づいて、前記ステージ駆動系を制御する露光装置が、提供される。

【0007】

第2の態様によれば、ターゲットを所定方向に移動しつつ荷電粒子ビームで露光する露光装置であって、前記ターゲットを保持するステージと、前記ターゲットに荷電粒子ビームを照射する照射装置と、前記ステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系と、前記所定方向に関する、前記ステージの加減速時には前記ステージ駆動系を用いて前記ステージを駆動し、前記ステージの等速移動時には前記ステージを主に慣性の法則に従った運動を含んで移動させる制御系と、を備える露光装置が、提供される。

30

【0008】

第3の態様によれば、デバイス製造方法であって、第1の態様に係る露光装置及び第2の態様に係る露光装置のいずれかを用いてターゲットとしての基板を荷電粒子ビームで露光することと、露光された前記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】

第4の態様によれば、ターゲットを保持するステージと、前記ターゲットに荷電粒子ビームを照射する照射装置と、を備えた露光装置を制御する制御方法であって、前記ステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系と、前記照射装置と、を制御することを含み、前記制御することでは、前記ターゲットに対する前記荷電粒子ビームの照射状態に基づいて、前記ステージ駆動系を制御する制御方法が、提供される。

40

【0010】

第5の態様によれば、ターゲットを、所定方向に移動しつつ照射装置から荷電粒子ビームを照射して露光する露光装置を制御する制御方法であって、前記ターゲットを保持するステージを駆動する電磁モータを含むステージ駆動系を制御することを含み、前記制御することでは、前記所定方向に関する、前記ステージの加減速時には前記ステージ駆動系を用いて前記ステージを駆動し、前記ステージの等速移動時には前記ステージを主に慣性の

50

法則に従った運動を含んで移動させる制御方法が、提供される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】一実施形態に係る電子ビーム露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の鏡筒の下端部、メトロロジーフレームを、一部破断してステージとともに拡大して示す図である。

【図3】反射電子検出装置の配置を示す図であるとともに、アライメントマークからの反射電子の検出の様子を示す図である。

【図4】ステージ装置を示す斜視図である。

【図5】定盤上に載置されたステージを拡大して示す図である。

【図6】図4に示されるステージから微動ステージ及び磁気シールド部材を取り去った状態を示す図である。

【図7】自重キャセル装置の構成を説明するための図である。

【図8】電子ビーム露光装置の制御系を構成する主制御装置の入出力関係を示すブロック図である。

【図9】ステージ制御装置の内部に構築されたステージ制御系のブロック図を、主制御装置とともに示す図である。

【図10】露光動作時におけるウエハに対する露光領域の中心の移動経路の一例を示す図である。

【図11】図11(A)及び図11(B)は、それぞれ露光動作時におけるウエハに対する露光領域の中心の移動経路の他の例を示す図である。

【図12】デバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、一実施形態について、図1～図11(B)に基づいて、説明する。図1には、一実施形態に係る電子ビーム露光装置100の構成が概略的に示されている。電子ビーム露光装置100は、後述するように電子ビーム光学系を備えているので、以下、電子ビーム光学系の光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で後述する走査露光時にウエハW(ステージ26)が移動される走査方向をY軸方向とし、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、説明を行う。

【0013】

本実施形態では、荷電粒子ビームの一例として、電子ビームを用いた構成について説明する。但し、荷電粒子ビームは、電子ビームに限るものではなく、イオンビーム等の荷電粒子を用いたビームでも構わない。

【0014】

電子ビーム露光装置100は、真空チャンバ10と、真空チャンバ10によって区画された露光室12の内部に収容された露光システム20とを備えている。

【0015】

露光システム20は、図1に示されるように、ウエハWを保持して移動可能なステージ26を含むステージ装置22と、電子線用レジスト(感応剤)が塗布されたウエハWに電子ビームを照射する電子ビーム光学系32を有する電子ビーム照射装置30とを備えている。

【0016】

ステージ26は、電磁モータ等を含むステージ駆動系24(図1では不図示、図8参照)によって、定盤14(図1では不図示、図4、図5等参照)上でX軸方向及びY軸方向に所定ストローク(ウエハ全面に対する電子ビームの照射が可能となる程度のストローク)で駆動されるとともに、Z軸方向、x方向、y方向及びz方向に微小駆動される。電磁モータ等に起因する磁場変動の影響によって、ウエハWに対して電子ビーム照射装置30から射出される電子ビームの照射位置がずれる(変位する)ことを可能な限り抑制

10

20

30

40

50

するため、モータには磁気シールドが施され、モータからウエハ側への磁束漏れが効果的に抑制されている。ステージ、磁気シールド及びステージ駆動系を含むステージ装置の具体的構成等については、後に詳述する。

【0017】

電子ビーム照射装置30は、図1に示されるように、鏡筒34を有している。鏡筒34は、円筒状に形成される。鏡筒34は、電子ビーム射出部34aと、後述する電子銃部及び電磁レンズを収容する本体部34bと、電子ビーム射出部34aと本体部34bとの間に設けられる段部(フランジ部)とを有する。鏡筒34は、円環状の板部材から成るメトロロジーフレーム40によって下方から支持されている。より具体的には、鏡筒34の電子ビーム射出部34aは、本体部34bに比べて直径が小さい小径部で形成されており、その小径部が、メトロロジーフレーム40の円形の開口内に挿入され、段部の底面がメトロロジーフレーム40の上面に当接した状態で、鏡筒34が、メトロロジーフレーム40によって下方から支持されている。

10

【0018】

メトロロジーフレーム40の外周部には、中心角120度の間隔で、3つの柔構造の連結部材である吊り下げ支持機構50a、50b、50c(ただし、吊り下げ支持機構50cは、図1では、吊り下げ支持機構50aの奥側に隠れている)の下端がそれぞれ接続されており、この吊り下げ支持機構50a、50b、50cを介して、メトロロジーフレーム40が、露光室12を区画する真空チャンバ10の天板(天井壁)から吊り下げ状態で支持されている。すなわち、このようにして、電子ビーム照射装置30は、真空チャンバ10に対して3点で吊り下げ支持されている。

20

【0019】

3つの吊り下げ支持機構50a、50b、50cは、図1中で吊り下げ支持機構50bについて代表的に示されるように、それぞれの上端に設けられた受動型の防振パッド52と、防振パッド(防振部)52の下端にそれぞれの一端が接続され、他端がメトロロジーフレーム40に接続された鋼材より成るワイヤ54とを有する。防振パッド52は、真空チャンバ10の天板に固定され、それぞれエアダンパ又はコイルばねを含む。

【0020】

本実施形態では、外部から真空チャンバ10に伝達された床振動などの振動のうちで、電子ビーム光学系32の光軸AXに平行なZ軸方向の振動成分の大部分は防振パッド52によって吸収されるため、電子ビーム光学系32の光軸AXに平行な方向において高い除振性能が得られる。また、吊り下げ支持機構50a、50b、50cの固有振動数は、電子ビーム光学系32の光軸AXに平行な方向よりも光軸AXに垂直な方向で低くなっている。3つの吊り下げ支持機構50a、50b、50cは光軸AXに垂直な方向には振り子のように振動するため、光軸AXに垂直な方向の除振性能(真空チャンバ10に外部から伝達された床振動などの振動が電子ビーム照射装置30に伝わるのを防止する能力)が十分に高くなるように3つの吊り下げ支持機構50a、50b、50cの長さ(ワイヤ54の長さ)を十分に長く設定している。この構造では高い除振性能が得られるとともに機構部の大幅な軽量化が可能であるが、電子ビーム照射装置30と真空チャンバ10との相対位置が比較的低い周波数で変化するおそれがある。そこで、電子ビーム照射装置30と真空チャンバ10との相対位置を所定の状態に維持するために、電子ビーム照射装置30と真空チャンバ10との間に非接触方式の位置決め装置56(図1では不図示、図8参照)が設けられている。この位置決め装置56は、例えば国際公開2007/077920号などに開示されるように、6軸の加速度センサと、6軸のアクチュエータとを含んで構成することができる。位置決め装置56は、主制御装置60によって制御される(図8参照)。これにより、真空チャンバ10に対する電子ビーム照射装置30のX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の相対位置、及びX軸、Y軸、Z軸の回りの相対回転角は、一定の状態(所定の状態)に維持される。

30

40

【0021】

電子ビーム照射装置30は、図1に示されるように、鏡筒34内に少なくとも一部が設

50

けられ、電子を発生させ加速電源（不図示）により加速し電子ビームEB（図2参照）を形成する電子銃部36と、鏡筒34内に所定の位置関係で配置され、電子ビームEBのスポットの成形、ウエハWに対する電子ビームEBの照射位置の調整、照射量の調整等を行うための電磁レンズやアパーチャなどの各種電極等から構成された電子ビーム光学系32等を含む。電磁レンズには、フォーカスコイルを有する電磁レンズ（以下、便宜上、フォーカスレンズと称する）及び偏向コイルを有する電磁レンズ（以下、便宜上、偏向レンズと称する）などが含まれる。

【0022】

図1では、電子ビーム光学系32を構成する、フォーカスレンズ32a、偏向レンズ32b等が代表的に示されている。図8に示されるように、フォーカスレンズ32aは、フォーカス制御部64を介して主制御装置60により制御され、偏向レンズ32bは、電子線偏向制御部66を介して主制御装置60によって制御される。

10

【0023】

本実施形態では、電子ビーム光学系32は、個別にオン・オフ可能で、かつ偏向可能なn本（nは例えば500）のビームを照射可能なマルチビーム光学系から成る。マルチビーム光学系としては、例えば特開2011-258842号公報、国際公開第2007/017255号などに開示される光学系と同様の構成のものを用いることができる。一例として横方向（X軸方向）に一列に配列された500本のマルチビームを全てオン状態（電子ビームがウエハWに照射される状態）にしたとき、例えば $10\mu\text{m} \times 20\text{nm}$ の露光領域（X方向に伸びるスリット状の領域）内に等間隔に設定された500点に電子ビームの円形スポットが同時に形成される。すなわち、一つの露光領域は、500点の電子ビームで形成される。なお、電子ビームの円形スポットは、紫外光露光装置の解像限界よりも小さい直径（例えば直径20nm）で形成される。

20

【0024】

本実施形態では、電子ビーム光学系32が、上述したように多数（ $n = 500$ ）の電子ビームのスポットを円形状に形成し、この円形スポットを露光領域内に配置し、この露光領域に対してウエハWが走査されるようにステージ26を所定方向、例えばY軸方向に所定ストロークで等速移動させながら、かつその多数の電子ビームの円形スポットを偏向しながらオン/オフすることで、一例として図10に示されるように、ウエハW上のY軸方向に並んだ所定数のショット領域（図10では、+X側の端部に位置する第1のショット領域列（4つのショット領域SA1～SA4）の一部、すなわち幅 $10\mu\text{m}$ の帯状の領域が露光（走査露光）される。図10に示される経路Rtは、露光領域の中心の経路を示す。

30

【0025】

そして、その走査露光を、ステージの移動方向を+Y方向と-Y方向に交互に設定して行う交互スキャン動作と、交互スキャンにおけるスキャン方向の変更のためのY軸方向に関するウエハW（ステージ26）の減速及び加速区間で、ウエハW（ステージ26）をX軸方向の一侧に露光領域のX軸方向のサイズと同じ距離移動するステップング動作を、繰り返すことで、ウエハW上の第1のショット領域列にパターンが形成される。なお、図10に符号STAで示される位置は、露光動作の開始に際して最初のショット領域の露光のためのステージ26の加速開始に先立って露光領域が位置決めされる露光開始位置（加速開始位置）を示す。

40

【0026】

なお、図10では、ウエハWが固定で、この固定のウエハWに対して露光領域の中心が移動するかのよう示されているが、実際には、露光領域が固定で、これに対してウエハW（ステージ26）が図10の経路Rtと逆方向に移動される。

【0027】

ここで、上記の交互スキャン動作において、+Y方向をステージ26の移動方向とするプラススキャンと-Y方向をステージ26の移動方向とするマイナススキャンとの間のステージ26のステップング動作は、ステージ26の+Y方向の等速移動が終了した後に開

50

始され、ステージ 26 の + Y 方向の減速後の - Y 方向の加速と、これと並行して行われるステージ 26 の + X 方向への移動によって行われる。このため、このステップ動作時のウエハ W に対する露光領域中心の軌跡（経路）は、図 10 の円 C 内に示されるステップ動作時の軌跡の一部を拡大して円 C' 内に示されるように、U 字の軌跡（経路）となる。マイナススキャンとプラススキャンとの間のステージ 26 のステップ動作についても同様である。

【 0 0 2 8 】

第 1 のショット領域列に対する露光（パターン形成）が終了した後、ステージ 26 は停止することなく、ショット領域 SA5 ~ SA10 を含む第 2 のショット領域列以降のショット領域列に対する露光動作が、第 1 のショット領域列の露光動作と同様にして行われる。

10

【 0 0 2 9 】

図 2 には、図 1 の鏡筒 34 の下端部及びメトロロジーフレーム 40 が、一部破砕された状態でステージ 26 とともに拡大して示されている。鏡筒 34 の底壁には、電子ビーム射出部 34a の中心部付近に、電子ビーム EB の通路となる開口 34c が形成されている。鏡筒 34 の内部には、図 2 に示されるように、電子ビーム光学系 32 の偏向レンズ 32b の下方に、反射電子又は二次電子を検出する複数の反射電子検出装置 38 が設けられている。複数の反射電子検出装置 38 のそれぞれは、例えば半導体検出器によって構成され、検出した反射電子に対応する検出信号を信号処理装置 62（図 8 参照）に送る。信号処理装置 62 は、複数の反射電子検出装置 38 の検出信号を不図示のアンプにより増幅した後

20

【 0 0 3 0 】

複数の反射電子検出装置 38 は、図 3 に示されるように、開口 34c を介してウエハ W 上のアライメントマーク AM に電子ビーム EB が照射された際にアライメントマーク AM で発生し、開口 34c を介して鏡筒 34 内に入射する反射電子 RE を検出可能な位置にそれぞれ設けられている。ウエハ W に形成されたアライメントマーク AM は、Y 軸方向を周期方向とするライン・アンド・スペースパターン及び X 軸方向を周期方向とするライン・アンド・スペースパターンを含む 2 次元マークで形成されている。図 3（及び図 2）では、ウエハ W 上のアライメントマーク AM から YZ 平面内で光軸に対して傾斜した方向に生じる反射電子を検出する一対の反射電子検出装置 38_{y1}、38_{y2} のみが示されているが、実際には、アライメントマーク AM から XZ 平面内で光軸に対して傾斜した方向に生じる反射電子を検出する一対の反射電子検出装置 38_{x1}、38_{x2} も設けられている（図 8 参照）。

30

【 0 0 3 1 】

図 4 には、ステージ装置 22 の斜視図が示されている。ステージ装置 22 が備える定盤 14 は、実際には、露光室を区画する真空チャンバ 10 の底壁上に設置されている。ステージ装置 22 は、図 4 に示されるように、Y 軸方向に所定間隔を隔てて配置され、X 軸方向にそれぞれ延びる一対の四角柱状の部分を含み、定盤 14 上で X 軸方向に所定ストロークで移動可能な粗動スライダ 22a と、粗動スライダ 22a に対して Y 軸方向に所定ストロークで移動可能で、かつ残りの 5 自由度方向、すなわち X 軸方向、Z 軸方向、x 方向、y 方向及び z 方向に Y 軸方向に比べて短いストロークで可動なステージ 26 と、を備えている。なお、図示は省略されているが、粗動スライダ 22a の一対の四角柱状の部分は、実際には、ステージ 26 の Y 軸方向の移動を妨げない状態で不図示の連結部材によって連結され、一体化されている。

40

【 0 0 3 2 】

粗動スライダ 22a は、粗動スライダ駆動系（不図示）によって、X 軸方向に所定ストロークで駆動される（図 6 の X 軸方向の長い矢印参照）。粗動スライダ駆動系は、本実施形態では磁束漏れが生じない一軸駆動機構、例えばボールねじを用いた送りねじ機構によって構成される。この粗動スライダ駆動系は、粗動スライダ 22a の一対の四角柱状の部分のうち、一方の四角柱状の部分と定盤 14 との間に配置される。例えば、定盤 14 にね

50

じ軸が取り付けられ、一方の四角柱状の部分にボール（ナット）が取り付けられる構成である。なお、定盤 1 4 にボール（ナット）を取り付け、一方の四角柱状の部分にねじ軸を取り付ける構成であっても良い。

【 0 0 3 3 】

また、粗動スライダ 2 2 a の一对の四角柱状の部分のうち、他方の四角柱状の部分は、定盤 1 4 に設けられた不図示のガイド面に沿って移動する構成である。

【 0 0 3 4 】

ボールねじのねじ軸は、ステッピングモータによって回転駆動される。あるいは、粗動スライダ駆動系を、駆動源として超音波モータを備えた一軸駆動機構によって構成しても良い。いずれにしても、磁束漏れに起因する磁場変動が電子ビームの位置決めに影響を与えるおそれは殆どない。粗動スライダ駆動系は、ステージ制御装置 7 0（図 8 参照）によって制御される。

10

【 0 0 3 5 】

ステージ 2 6 は、図 4 に示されるように、微動スライダ 2 2 b と、微動スライダ 2 2 b の上面に固定された平板状のテーブル T B と、を含む。テーブル T B 上に不図示の静電チャックを介してウエハ W が吸着保持されている。

【 0 0 3 6 】

図 5 には、図 4 に示されるステージ装置 2 2 からテーブル T B が取り去られたステージ装置 2 2 の構成部分が、図 4 とは異なる角度から見た斜視図が示されている。微動スライダ 2 2 b は、図 5 の斜視図に拡大して示されるように、Y 軸方向に貫通した X Z 断面矩形棒状の部材から成り、重量キャンセル装置 4 2 によって、定盤 1 4 上で X Y 平面内で移動可能に支持されている。微動スライダ 2 2 b の側壁の外面には、補強用のリブが複数設けられている。なお、重量キャンセル装置 4 2 の構成については、後述する。

20

【 0 0 3 7 】

微動スライダ 2 2 b の中空部の内部には、X Z 断面が矩形棒状で Y 軸方向に延びるヨーク 2 5 a と、ヨーク 2 5 a の上下の対向面に固定された一对の磁石ユニット 2 5 b とが設けられ、これらヨーク 2 5 a と一对の磁石ユニット 2 5 b によって、微動スライダ 2 2 b を駆動するモータの可動子 2 5 が構成されている。

【 0 0 3 8 】

この可動子 2 5 に対応して、粗動スライダ 2 2 a の一对の四角柱部分の相互間には、図 4 からテーブル T B 及び微動スライダ 2 2 b、並びに符号 2 8 で示される後述する磁気シールド部材を取り去った状態を示す図 6 に示されるように、コイルユニットから成る固定子 2 7 が架設されている。なお、図 6 では、重量キャンセル装置 4 2 も図示が省略されている。固定子 2 7 と前述の可動子 2 5 とによって、可動子 2 5 を固定子 2 7 に対して、図 6 に各方向の矢印で示されるように、Y 軸方向に所定ストロークで移動可能で、かつ X 軸方向、Z 軸方向、x 方向、y 方向及び z 方向に微小駆動可能な閉磁界型かつムービングマグネット型のモータ 2 9 が構成されている。本実施形態では、モータ 2 9 によって微動スライダ 2 2 b を 6 自由度方向に駆動する微動スライダ駆動系が構成されている。微動スライダ駆動系（電磁モータ 2 9）は、ステージ制御装置 7 0（図 8 参照）によって制御される。

30

40

【 0 0 3 9 】

本実施形態では、粗動スライダ駆動系によって粗動スライダ 2 2 a が X 軸方向に所定ストロークで駆動され、微動スライダ駆動系によって、微動スライダ 2 2 b 及びテーブル T B、すなわちステージ 2 6 が Y 軸方向に所定ストロークで駆動され、かつ X 軸方向、Z 軸方向、x 方向、y 方向及び z 方向に微小駆動される。すなわち、粗動スライダ駆動系と微動スライダ駆動系とによって、ステージ 2 6 を 6 自由度で駆動するステージ駆動系 2 4（図 8 参照）が構成されている。以下では、便宜上、このステージ駆動系 2 4 を、ステージ 2 6 を、X 軸方向及び Y 軸方向に所定ストロークで駆動するとともに、Z 軸方向、x 方向、y 方向及び z 方向に微小駆動する単一の駆動系であるものとし、このステージ駆動系 2 4 が、ステージ制御装置 7 0 によって制御されるものとする。

50

【 0 0 4 0 】

粗動スライダ 2 2 a の一对の四角柱部分の相互間には、例えば図 4 に示されるように、さらに、モータ 2 9 の上面及び X 軸方向の両側面を覆う状態で X Z 断面逆 U 字状の磁気シールド部材 2 8 が架設されている。すなわち、磁気シールド部材 2 8 は、四角柱部分が延びる方向に交差する方向（Y 軸方向）に延びて形成されており、モータ 2 9 の上面に非接触で対向する上面部と、モータ 2 9 の側面に非接触で対向する側面部とを備える。この磁気シールド部材 2 8 は、微動スライダ 2 2 b の中空部内に挿入された状態で、側面部のうち、長手方向（Y 軸方向）の両端部の下面が粗動スライダ 2 2 a の一对の四角柱部分の上面に固定されている。また、磁気シールド部材 2 8 の側面部のうち、上記両端部の下面以外は、微動スライダ 2 2 b の内壁面のうち、底壁面（下面）に対して、非接触で対向する。すなわち、磁気シールド部材 2 8 は、可動子 2 5 の固定子 2 7 に対する移動を妨げることがない状態で、微動スライダ 2 2 b の中空部内に挿入されている。

10

【 0 0 4 1 】

磁気シールド部材 2 8 としては、所定の空隙（スペース）を隔てて積層された複数層の磁性材料のフィルムによって構成されるラミネートな磁気シールド部材が用いられている。この他、透磁率の異なる 2 種類の材料のフィルムが交互に積層された構成の磁気シールド部材を用いても良い。磁気シールド部材 2 8 は、モータ 2 9 の上面及び側面を、可動子 2 5 の移動ストロークの全長に渡って覆っており、かつ粗動スライダ 2 2 a に固定されているので、微動スライダ 2 2 b 及び粗動スライダ 2 2 a の移動範囲の全域で、上方（電子ビーム光学系側）への磁束の漏れを抑制することができる。

20

【 0 0 4 2 】

重量キャンセル装置 4 2 は、図 7 に示されるように、微動スライダ 2 2 b の下面に上端が接続された金属製のベローズ型空気ばね（以下、空気ばねと略記する）4 4 と、空気ばね 4 4 の下端に接続された平板状の板部材から成るベーススライダ 4 6 と、を有している。空気ばね 4 4 とベーススライダ 4 6 とは、中央に開口が形成された板状の接続部材 4 5 を介して互いに接続されている。

【 0 0 4 3 】

ベーススライダ 4 6 には、空気ばね 4 4 内部の空気を、定盤 1 4 の上面に噴き出す軸受部 4 6 a が空気ばね 4 4 の下方に設けられ、軸受部 4 6 a から噴出される加圧空気の軸受面と定盤 1 4 上面との間の静圧（隙間内圧力）により、ベーススライダ 4 6 上部の構成部分、すなわち重量キャンセル装置 4 2 及びステージ 2 6（微動スライダ 2 2 b、テーブル T B 及び可動子 2 5 を含む）の自重が支持されている。なお、空気ばね 4 4 には、微動スライダ 2 2 b に接続された不図示の配管を介して圧縮空気が供給されている。

30

【 0 0 4 4 】

ベーススライダ 4 6 の定盤 1 4 に対向する面（下面）には、軸受部 4 6 a の周囲に環状の凹部 4 6 b が形成され、これに対応して定盤 1 4 には、軸受部 4 6 a から凹部 4 6 b と定盤 1 4 の上面とで区画される空間内に噴出された空気を、外部に真空排気するための排気路 1 4 a が形成されている。ベーススライダ 4 6 の凹部 4 6 b は、微動スライダ 2 2 b が定盤 1 4 上で X Y 平面内の移動可能な範囲のどこに移動しても、凹部 4 6 b に排気路 1 4 a の排気口が対向する状態が維持されるような寸法を有している。すなわち、ベーススライダ 4 6 の下方に一種の差動排気型の空気静圧軸受が構成され、軸受部 4 6 a から定盤 1 4 に向かって噴出された空気が、周囲に（露光室内に）漏れ出すことが防止されている。

40

【 0 0 4 5 】

微動スライダ 2 2 b の下面には、空気ばね 4 4 を挟んで一对の支柱（ピラー）4 8 が固定されている。一对の支柱 4 8 は、空気ばね 4 4 の Y 軸方向の両側で、かつ空気ばね 4 4 を中心として左右対称な配置で、Z 軸方向の長さが空気ばね 4 4 より幾分長い。一对の支柱 4 8 それぞれの下端には、空気ばね 4 4 の下端面に一端がそれぞれ接続された平面視 U 字状の一对の板ばね 4 9 の他端がそれぞれ接続されている。この場合、一对の板ばね 4 9 は、U 字の先端部（二股に別れた部分）が空気ばね 4 4 に接続され、反対側の端部が一对

50

の支柱 48 それぞれに接続されている。一对の板ばね 49 とベーススライダ 46 とは、ほぼ平行であり、両者の間には所定の間隙が形成されている。

【0046】

微動スライダ 22b の X Y 平面内の移動の際にベーススライダ 46 に作用する水平方向の力を、一对の板ばね 49 が受けることができるので、微動スライダ 22b の X Y 平面内の移動の際に、不要な力が空気ばね 44 に作用するのをほぼ確実に防止できる。また、一对の板ばね 49 は、微動スライダ 22b がチルト駆動される際には、そのチルトを許容するように変形する。

【0047】

ステージ 26 (テーブル TB) の位置情報は、図 2 に示されるように、メトロロジーフレーム 40 に設けられたレーザ干渉計システム (以下、干渉計システムと略記する) 58 によって計測されている。干渉計システム 58 は、実際には、ステージ 26 の 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) の位置を計測できるように、多軸干渉計から成る少なくとも 1 つの X 干渉計と、多軸干渉計から成る少なくとも 2 つの Y 干渉計と、少なくとも 1 つの Z 干渉計とを有しているが、図 1、図 2 等では、これらが代表的に干渉計システム 58 として示されている。

10

【0048】

干渉計システム 58 で計測される位置情報は、ステージ制御装置 70 及びこれを介して主制御装置 60 に供給される (図 8 参照) 。

【0049】

図 8 には、電子ビーム露光装置 100 の制御系を構成する主制御装置 60 の入出力関係がブロック図にて示されている。主制御装置 60 は、マイクロコンピュータ等を含み、図 8 に示される各部を含んだ電子ビーム露光装置 100 の構成各部を、統括的に制御する。

20

【0050】

図 9 には、ステージ制御装置 70 の内部に構築されたステージ制御系 72 のブロック図が、主制御装置 60 とともに示されている。この図 9 には、説明の便宜上、ステージ制御系 72 の制御対象であるステージ系 80 が、ステージ制御系 72 の内部に示されている。ここで、ステージ系 80 は、ステージ駆動系 24 と、ステージ駆動系 24 によって 6 自由度方向に駆動されるステージ 26 と、該ステージ 26 の位置を計測する位置計測系、本実施形態では干渉計システム 58 とが、実質的にこれに相当する。図 9 のステージ系 80 を除く、各ブロックの殆どは、実際にはソフトウェアで実現されるが、少なくとも一部の構成要素を対応する個々のハードウェアにて構成しても良いことは勿論である。

30

【0051】

図 9 に示されるように、ステージ制御系 72 は、目標値出力部 74、減算器 76、制御器 78、フィードフォワード (FF) 推力指令値出力部 71、加算器 73、加算器 75 等を含んで構成されている。

【0052】

目標値出力部 74 は、主制御装置 60 からの指示に応じ、ステージ 26 に対する位置指令プロファイルを作成し、そのプロファイルにおける単位時間当りの位置指令、すなわちステージ 26 の X、Y、Z、 x 、 y 、 z の各方向 (6 自由度方向) の位置の目標値 T_{gt} (= (X_t 、 Y_t 、0、0、0、0)) を生成し、減算器 76 及び FF 推力指令値出力部 71 に対してそれぞれ出力する。このうち、X 軸方向の位置の目標値 X_t 及び Y 軸方向の位置の目標値 Y_t は、不図示のクロック部からの正確な時間を用いて基準の時刻からの時間 t の関数にそれぞれ基づいて、それぞれ生成される。Z 軸方向の位置の目標値は、電子ビーム光学系 32 のフォーカスキャリブレーションが行われた後にウエハ W の表面を電子ビーム光学系 32 の焦点深度の範囲内の例えば Z 軸方向の中心位置に一致させる際の一定値であるが、本実施形態ではこの位置を $Z = 0$ としている。

40

【0053】

減算器 76 は、各自由度方向についての目標値 T_{gt} とステージ 26 の各自由度方向の実測値 (干渉計システム 58 の計測値に相当する観測値 $o = (x、y、z、x、y、$

50

z))との差である位置偏差 (= ($x = X_t - x$ 、 $y = Y_t - y$ 、 $z = 0 - z$ 、
 $x = 0 - x$ 、 $y = 0 - y$ 、 $z = 0 - z$) を演算するものである。ここで、
 干渉計システム 58 の計測値に相当する観測値 o は、減算器 76 にフィードバックされて
 いる。

【 0054 】

制御器 78 は、減算器 76 からの位置偏差 を動作信号として (比例 + 積分) 制御動作
 を各自由度方向に関して個別に行い各自由度方向の推力の指令値 P (= (P_x 、 P_y 、 P_z
 P_x 、 P_y 、 P_z)) を演算する P I コントローラなどを含む。本実施形態では、
 制御器 78 の制御ゲイン (フィードバック制御ゲイン)、具体的には、P I コントローラ
 の比例ゲイン (P ゲイン) 及び積分ゲイン (I ゲイン) が、主制御装置 60 によって、高
 10 低 2 段階で切り換え (変更) 可能になっている。比例ゲインは第 1 の値 (第 1 の所定値)
 と第 1 の値より小さい第 2 の値 (例えば実質的に零とみなせる値) との 2 段階で変更可能
 であり、積分ゲインは、第 3 の値 (第 2 の所定値) と第 3 の値より小さい第 4 の値 (例
 えば実質的に零とみなせる値) との 2 段階で変更可能である。比例ゲインを第 1 の値に且つ
 積分ゲインを第 3 の値に設定することを、制御ゲインを「高」に設定 (又は変更) すると
 表現し、比例ゲインを第 2 の値に且つ積分ゲインを第 4 の値に設定することを、制御ゲ
 インを「低」に設定 (又は変更) すると表現する。制御ゲインの変更については、さらに後
 述する。

【 0055 】

FF 推力指令値出力部 71 は、ステージ 26 の姿勢 (x 、 y 、 z) を、ウエハの
 20 露光の際のステージ 26 の移動経路上の全ての位置で (x 、 y 、 z) = (0、 0、
 0) に維持するための推力指令値を、ステージ 26 の X 軸方向及び Y 軸方向の位置情報、
 ここでは、目標値 T_{g_t} に含まれる (X_t 、 Y_t) に応じて求め、その推力指令値 p (=
 (p_x 、 p_y 、 p_z 、 p_x 、 p_y 、 p_z)) を、加算器 73 を介して位置のフィードバ
 ック制御系 (位置ループ) L P 1 にフィードフォワード入力させるためのものである。

【 0056 】

FF 推力指令値出力部 71 は、露光動作時等に、目標値出力部 74 からの目標値 T_{g_t}
 に応じて、予め求められた位置 - 推力指令値マップに基づいて、ステージ 26 の位置 (X
 、 Y) に応じた推力指令値 p (= (p_x 、 p_y 、 p_z 、 p_x 、 p_y 、 p_z)) を出力する
 30 。

【 0057 】

FF 推力指令値出力部 71 には、加算器 73 に対する推力指令値の出力を、オン・オフ
 するスイッチが内部に設けられており、このスイッチは、主制御装置 60 によってオン・
 オフされる。このスイッチは、通常、オン状態となっており、FF 推力指令値出力部 71
 から加算器 73 に対して上述の推力指令値が出力されている。なお、位置 - 推力指令値マ
 ップを求める方法については後述する。

【 0058 】

加算器 73 は、制御器 78 からの推力指令値 P と、FF 推力指令値出力部 71 からの推
 力指令値 p とを各自由度方向毎に加算し、加算後の推力の指令値 ($P + p$) を加算器 75
 40 へ出力する。

【 0059 】

加算器 75 は、推力の指令値 ($P + p$) と外乱 p との和を、推力 - 位置変換ゲイン K_w
 w で表されるステージ系 80 へ出力する。推力 - 位置変換ゲイン K_w は、ステージ 26 にス
 テージ駆動系 24 を介して推力が与えられた結果、ステージ 26 が駆動され、その位置が
 変化し、その位置の変化が干渉計システム 58 で計測されて、干渉計システム 58 の計測
 値に相当する観測値 o が出力される一連の現象を、推力 - 位置変換ゲインとして表したも
 のである。なお、加算器 75 は、実際には存在しない。しかるに、外乱 p は、実際に、
 ステージ 26 に対して推力として作用する。この外乱 p の作用を表現するため、図 9 に
 50 においては、便宜上、加算器 75 を設け、この加算器 75 を介して、外乱 p が、推力の指
 令値 ($P + p$) とともに推力 - 位置変換ゲイン K_w に与えられるようにしている。図 9 に

おいては、推力 - 位置変換ゲイン K_w から観測値 o が減算器76にフィードバックされている。

【0060】

なお、図9では、推力 - 位置変換ゲイン K_w から出力される観測値 o は、主制御装置60にも送られるようになっている。

【0061】

ここで、FF推力指令値出力部71で用いられる位置 - 推力指令値マップを求める方法について説明する。

【0062】

まず、主制御装置60は、制御器78の制御ゲインを「高」に設定した状態で、FF推力指令値出力部71内の前述のスイッチをオフにするとともに、目標値出力部74に対して、図10に示される露光領域の中心の経路 R_t とは逆向きの経路に沿ってステージ26が電子ビーム光学系32の下方で移動し、かつ所定距離（微小距離）移動毎に停止するような目標値を出力するように指示を与える。これにより、ステージ制御系72によるステージの制御（フィードバック制御）が開始され、ステージ26は、図10に示される露光領域の中心の経路 R_t とは逆向きの経路に沿って移動し、かつ所定距離移動毎に停止する。

【0063】

主制御装置60は、ステージ26が停止する毎に、制御器78から出力される推力の指令値（このとき制御ゲインは「高」に設定されている）と、干渉計システム58の計測値（観測値 o ）とを同時に取り込み、推力指令値とステージ26の位置（干渉計システム58の計測値）とを対応付けて不図示のメモリに取り込む。このような制御器78から出力される推力の指令値と、干渉計システム58の計測値との同時取り込みを、ウエハ全面に対する露光領域の中心の経路 R_t に沿った相対移動が終了するまで、ステージ26の各停止位置で、繰り返し行う。これにより、メモリ内には、ステージ26の位置座標（ X 、 Y ）と対応する推力指令値との情報が格納され、これらの情報から前述の位置 - 推力指令値マップを作成することができる。主制御装置60は、位置 - 推力指令値マップを、FF推力指令値出力部71のメモリに転送（格納）するとともに、FF推力指令値出力部71内の前述のスイッチをオンに戻す。

【0064】

ところで、本実施形態では、制御器78の制御ゲインが「低」に設定（変更）された場合、制御器78からの推力指令値は、ほぼ零となり、加算器73に対する入力は、実質的には、目標値 T_{gt} に応じたFF推力指令値出力部71からの推力指令値（位置 - 推力指令値マップに基づく推力指令値）のフィードフォワード入力のみとなる。したがって、制御器78の制御ゲインが「高」の場合に比べて、格段小さい推力指令値が、加算器73から加算器75を介してステージ系80のステージ駆動系24に与えられ、ステージ駆動系24によるステージ26の制御が行われる。このとき、電子ビーム照射装置30がウエハWに対する電子ビームの照射状態にあると、モータ29の駆動による電磁場の変動により、ウエハW上での電子ビームの照射位置にずれ（位置ずれ）が生じる。しかるに、FF推力指令値出力部71からの推力指令値のみがステージ駆動系24に与えられる場合、モータ29が発生する力からは、高応答のフィードバック制御に起因する高周波で振幅の大きい推力成分が消滅し、目標軌道（目標値出力部74からの位置の目標値 T_{gt} ）に由来する比較的滑らかで低周波中心の振幅の小さい成分が支配的となる。したがって、電磁場の変動に起因して生じるウエハW上での電子ビームの照射位置ずれ量はそもそも小さくなる。

【0065】

また、この場合、ステージ駆動系に与えられる推力指令値は、位置 - 推力指令値マップに基づくので、ステージ26の位置座標（ X 、 Y ）に応じて推力指令値は一義的に定まる。したがって、ステージ26の位置座標（ X 、 Y ）に応じて、その推力指令値に従ってモータ29が発生する推力による電磁場の変動に起因する電子ビームのウエハ上で照射位置のずれも一義的に定まる。この場合の電子ビームのウエハ上での照射位置のずれは、電子

10

20

30

40

50

ビームの偏向（光軸に対するビームの角度のずれ）とシフト（XY平面内でのずれ）とに対応する。前者では、光軸に沿った電子ビームのフォーカスずれがないように通常予めフォーカス調整が行われるため、光軸に対してビームが傾斜している場合には、ウエハ表面がその傾斜したビームのベストフォーカス位置からずれ、そのビームのベストフォーカス位置とウエハ面との高さの差と、傾斜角とに比例した電子ビームのウエハ面上での照射位置のずれが生じる。すなわち、電子ビームの偏向は、電子ビームのシフトと同様に電子ビームのウエハ上での照射位置のずれとして現れる。

【0066】

そこで、本実施形態では、ステージ26の位置座標（X、Y）に応じた電子ビームのウエハ上での照射位置のずれを補正するためのステージ26の位置座標と電子ビームEBのウエハ上での照射位置のずれとの関係を示すマップ（位置-照射位置ずれマップ）が、予め作成され、主制御装置60が備えるメモリ内に格納されている。

10

【0067】

この位置-照射位置ずれマップは、例えば以下の手順で作成される。

【0068】

まず、計測用ウエハの例えば中心を原点とする2次元直交座標系であるウエハ座標系と干渉計システム58の測長軸で規定される2次元直交座標系であるステージ座標系との回転ずれが零となるように計測用ウエハの向きを調整した状態で、計測用ウエハがステージ26上にロードされる。

【0069】

次に、主制御装置60は、計測用ウエハ上の原点との位置関係が既知の基準マークが、電子ビーム照射装置30の光軸の直下に位置する位置に、ステージ26を位置決めする。そして、主制御装置60は、ウエハWのZ軸方向の位置を露光時と同一位置に設定し、フォーカス制御部64を介して前述のフォーカスレンズ32aが有するフォーカスコイルの電流を変化させて焦点位置を変化させながら、計測用ウエハ上の基準マークを走査し、反射電子を検出した反射電子検出装置38（ 38_{x1} 、 38_{x2} 、 38_{y1} 、 38_{y2} のうちの所定の1つ）の検出信号の変化から、変化が最も先鋭であるときを最適な焦点位置として求め、その最適な焦点位置に対応する電流を以後フォーカスコイルに供給する。

20

【0070】

上記の電子ビームEBのフォーカスの初期設定（初期調整）が終了すると、反射電子検出装置38（ 38_{x1} 、 38_{x2} 、 38_{y1} 、 38_{y2} ）の検出信号と、干渉計システム58の計測値とに基づいて、上記の基準マークの位置座標（X、Y）を、ステージ座標系上で求めることで、ウエハ座標系とステージ座標系との位置関係を求め、メモリに記憶する。

30

【0071】

このような準備作業の後、主制御装置60は、デバイス製造用のウエハの露光時と同様の露光を計測用ウエハに対して行う。具体的には、計測用ウエハ（ステージ26）を例えば図10の露光領域中心の経路Rtと逆向きに移動させつつパターンを描画する。この計測用ウエハの露光（パターンの描画）は、計測用ウエハの走査露光を、+Y方向と-Y方向を交互に走査方向として行う交互スキャン動作と、+Y方向の走査（プラススキャン）と-Y方向の走査（マイナススキャン）との間のY軸方向に関する計測用ウエハ（ステージ26）の減速及び加速中に、計測用ウエハ（ステージ26）をX軸方向の一侧に露光領域のX軸方向の幅分移動する動作（ステップング動作）とを、繰り返すことで、行われる。

40

【0072】

ここで、計測用ウエハの露光動作について、さらに説明する。

【0073】

計測用ウエハの露光動作に際しては、主制御装置60は、上述したようにステージ26が上述の交互スキャン動作と、ステップング動作とを繰り返すような位置指令を出力するように目標値出力部74に対して指令を与える。これにより、図10に示されるような経路

50

に沿って露光領域の中心がウエハWに対して移動するように、ステージ26（ウエハW）が交互キャン動作と、ステッピング動作とを繰り返す。

【0074】

加速開始位置（露光開始位置）STAに露光領域の中心があるとき、ステージ26は、停止状態にあり、制御器78のフィードバック制御ゲインは、「高」に設定されている。この状態からステージ26のプラススキャンが開始される。このプラススキャンに際しては、目標値出力部74からの位置の目標値 T_{gt} （ $= (X, Y, 0, 0, 0, 0)$ ）がFF推力指令値出力部71及び減算器76に与えられ、減算器76で位置偏差が算出され、制御器78に送られる。これにより、位置偏差を動作信号として制御器78が比例+積分制御動作を開始し、位置偏差を零とするような推力の指令値が時々刻々算出され加算器73の一方の入力端に与えられる。加算器73の他方の入力端には、FF推力指令値出力部71から位置の目標値 T_{gt} （ $= (X, Y, 0, 0, 0, 0)$ ）に応じた推力の指令値が与えられる。そして、加算器73により、推力の指令値Pと、FF推力指令値出力部71からの推力の指令値pとが加算され、さらに加算器75によって外乱pが加算され、それらの加算値（ $P+p+p$ ）が推力指令値としてステージ系80に与えられ、ステージ駆動系24によってステージ26が、+Y方向に加速される。

10

【0075】

そして、ステージの+Y方向への加速が終了し、目標速度に達すると、主制御装置60によって制御器78の制御ゲインが「高」から「低」に切り換えられる。主制御装置60は、観測値oのモニタ結果に基づいて、目標速度に達したことを検知している。制御ゲインが「高」から「低」に切り換えられることにより、ステージ26の位置制御は、（フィードバック制御&フィードフォワード制御）からフィードフォワード制御（目標値 T_{gt} に応じて位置-推力指令値マップに従った推力指令値を加算器73にフィードフォワード入力させる制御）に切り換えられる。ここで、制御ゲインが「低」に切り換えられた状態では、ステージ26は、主として慣性の法則に従ってY軸方向に等速移動している。したがって、このときのフィードフォワード制御は、ステージ26の姿勢（ x 、 y 、 z 方向の位置）を（0、0、0）に維持するために必要な駆動力をステージ駆動系24に発生させるための制御であると言える。

20

【0076】

上述したように、制御ゲインを「高」から「低」に切り換えるとほぼ同時に、主制御装置60は、観測値oをモニタしつつ、電子ビーム照射装置30による電子ビームEBの計測用ウエハへの照射を開始することで、計測用ウエハの走査露光（プラススキャン露光）を開始する。プラススキャン露光は、ステージ26の+Y方向への等速移動中に行われ、この等速移動中は、前述したようにステージ26は主として慣性の法則に従って+Y方向に移動する。なお、マイナススキャン露光も、ステージの移動方向が逆Y方向ではあるが、プラススキャン露光と同様である。

30

【0077】

ただし、慣性の法則に従うのみでは、複数ショットに跨るY軸方向の移動中にステージ26の姿勢（ x 、 y 、 z ）を（0、0、0）に維持することは困難であるため、前述した位置-推力指令マップに基づく、フィードフォワード制御が行われる。

40

【0078】

そして、ステージ26の等速移動期間が終了すると、主制御装置60が、FB制御ゲインを「低」から「高」に切り換えるとともに、電子ビーム照射装置30からの電子ビームEBの照射を停止する。また、FB制御ゲインが「低」から「高」に切り換えられることにより、ステージ26の位置のフィードバック制御&フィードフォワード制御が再開され、ステージ26（ウエハW）のU字状経路に沿ったステッピング動作が開始される。

【0079】

ステッピング動作が終了すると、この時点では、ステージ26は、Y軸方向に関して逆向き（-Y方向）の加速が終了し、目標速度に達しているため、主制御装置60は、制御器78の制御ゲインを「高」から「低」に切り換える。これにより、ステージ26の位置

50

制御は、(フィードバック制御&フィードフォワード制御)からフィードフォワード制御に切り換えられ、ステージ26の-Y方向への駆動は、ステージ駆動系24(モータ29等)の推力による駆動から、主として慣性の法則に従った運動に切り換えられる。また、目標値出力部74からは-Y方向に沿ってステージ26を目標速度で等速移動させるような目標値 T_{gt} が、減算器76及びFF推力指令値出力部71に与えられ、前述と同様の走査露光が行われる。以後、上記と同様にして、ステップングと、プラススキャンとマイナススキャンとを交互に繰り返す交互スキャンによる走査露光と、が交互に繰り返し行われる。

【0080】

このようにして露光された計測用ウエハを、現像後、その計測用ウエハのレジスト像(例えば、各ショット領域内に均等な間隔で形成されたマーク像)の位置ずれをウエハWの全面で計測することで、計測用ウエハ上の座標系(ウエハ座標系)上の各位置(x_w, y_w)とその位置に応じた照射位置のずれとの関係を示すマップを作成する。

10

【0081】

そして、さらに、先に、主制御装置60のメモリ内に記憶された、計測用ウエハの露光時におけるウエハ座標系とステージ座標系との位置関係に基づいて、計測用ウエハ上の座標系(ウエハ座標系)上の各位置(x_w, y_w)を、対応するステージ座標系上の各位置(X, Y)に変換することで、ステージ26の位置座標と電子ビームEBのウエハ上での照射位置のずれとの関係を示すマップ(位置-照射位置ずれマップ)を得ることができる。

20

【0082】

電子ビーム露光装置100では、主制御装置60が所定のパターンデータ及び予め決められた各描画パラメータに従って、電子ビーム光学系32から射出される電子ビームEB及びステージ26を制御し、ウエハWに対する露光(パターン描画)を行う。

【0083】

ところで、半導体素子等のマイクロデバイスが完成するまでには、複数層のパターンをウエハ上に重ね合わせて形成する必要があるため、下地層のパターンと描画されるパターンとの重ね合わせは重要である。

【0084】

このため、本実施形態では、ウエハに対するパターン描画(ウエハの露光)に先立って、主制御装置60では、電子線偏向制御部66を介して偏向レンズ32bを制御することで、ウエハ上に予め形成されている2つ以上のアライメントマークAM(図3参照)に対して電子ビームEBを順次走査し、その時にアライメントマークAMから発生した反射電子を反射電子検出装置38により検出する。アライメントマークAMに対する走査時には、電子ビームEBの加速電圧は、露光時(パターン描画時)と同じ加速電圧に設定される。

30

【0085】

図3には、一例として、光軸に平行な光路(図中の実線の光路)に沿ってアライメントマークAMに対して照射された電子ビームEBによるアライメントマークAMから反射電子検出装置38 y_1 、38 y_2 に向かう反射電子REが示されている。主制御装置60は、電子線偏向制御部66から得られる電子線の偏向情報(偏向角度、偏向方向等の情報を含む)と信号処理装置62から得られるマークの検出信号の処理結果とに基づいて、アライメントマークAMの位置を特定し、その位置と検出時の干渉計システム58から得られるステージ座標情報とに基づいて、ステージ座標系上におけるアライメントマークAMの位置を求める。このようにして求めた2つ以上のアライメントマークのステージ座標系上における位置に基づいて、ウエハ上のショット領域を露光位置(電子ビームの基準状態における照射位置、すなわち電子ビームEBが光軸AX上の図3中の実線の光路に沿って照射された際の電子ビームEBのウエハW上の照射位置)に位置させるための目標位置情報を求めることができる。そして、主制御装置60は、ウエハの露光時(ウエハに対するパターンの描画時)に、その取得した目標位置情報に基づいて、ウエハ(ステージ26)を移

40

50

動させつつパターンを描画する。このようにアライメントマーク A M を基準とすることにより、常に、パターンを所望の位置に描画することができ、既にウエハ W に形成されたパターンに対して、新たに描画するパターンが良好に重ね合わされる。

【 0 0 8 6 】

しかるに、例えばアライメントマーク A M の位置の計測（ウエハアライメント計測）中に、モータ 2 9 の駆動による磁場変動に起因して、電子ビーム E B の位置が基準状態、例えば電子ビーム E B の光路が電子ビーム光学系 3 2 の光軸 A X に一致する状態からずれる（偏向角度のずれ、偏向方向のずれ等）と、アライメントマーク A M の位置の計測結果に誤差（アライメント計測誤差と呼ぶ）が生じ、そのアライメントマーク A M の位置に基づいて求められる、前述の目標位置情報に誤差が含まれることとなる。そこで、本実施形態では、かかる目標位置情報に誤差が含まれる事態の発生を防止するため、以下のようにして、アライメントマーク A M のマーク位置情報の計測（アライメント計測）が行われる。

10

【 0 0 8 7 】

このアライメント計測に際し、主制御装置 6 0 は、目標値出力部 7 4 に対して、ウエハ上の複数のショット領域にそれぞれ設けられた複数のアライメントマーク A M のうち、予め選択した所定数、例えば 1 0 ~ 2 0 個程度のアライメントマーク A M が、順次、電子ビーム光学系 3 2 の直下（電子ビーム E B のウエハ W 上の照射位置）に位置付けられ、各位置で停止するような目標値を出力するように指示を与える。これにより、目標値出力部 7 4 から出力される目標値に従って、ステージ 2 6 の移動が、ステージ制御系 7 2 によって制御され、所定数のアライメントマーク A M が、順次、電子ビーム光学系 3 2 の直下に位置付けられ、各位置でステージ 2 6 が停止する。

20

【 0 0 8 8 】

しかるに、アライメントマーク A M が、順次、電子ビーム光学系 3 2 の直下に位置付けられ、ステージ 2 6 が停止したとき、主制御装置 6 0 は、制御器 7 8 の制御ゲインを「高」から「低」に切り換える。したがって、各停止位置では、ステージ 2 6 は、前述した位置 - 推力指令値マップに従う推力指令値を加算器 7 3 を介してステージ系 8 0 に与える位置のフィードフォワード制御（実質的に位置のフィードバック制御を伴わない）が行われる。本実施形態では、このステージ 2 6 の位置のフィードフォワード制御が行われるとき、主制御装置 6 0 は、位置 - 照射位置ずれマップに基づいて、電子ビーム E B の照射位置ずれを補正することが可能である。

30

【 0 0 8 9 】

そこで、主制御装置 6 0 は、ステージ 2 6 が、電子ビーム光学系 3 2 の直下に位置付けられ、停止する度に、電子ビーム照射装置 3 0 を用いてアライメントマーク A M の位置計測（アライメント計測）を行うが、この際に、干渉計システム 5 8 の計測値をモニタしつつ、位置 - 照射位置ずれマップに基づいて、電子線偏向制御部 6 6 による偏向レンズ 3 2 b の制御することで、ウエハ上での電子ビームの照射位置ずれを補正した状態でアライメントマーク A M の計測を行う。これにより、計測時の磁場変動に起因する電子ビーム E B の変動による、アライメントマーク A M の位置の計測誤差の発生を防止した高精度なアライメント計測が可能になる。

40

【 0 0 9 0 】

そして、主制御装置 6 0 は、このアライメント計測の結果に基づいて、前述の如く、ウエハ W 上のショット領域を露光位置に位置させるための目標位置情報を求め、ウエハの露光時（ウエハに対するパターンの描画時）に、その取得した目標位置情報に基づいて、ウエハ（ステージ 2 6 ）を例えば図 1 0 の露光領域中心の経路 R t と逆向きに移動させつつパターンを描画する。なお、このウエハの露光動作は、先に詳述した計測用ウエハに対する露光動作と同様であるから、詳細説明は省略する。

【 0 0 9 1 】

なお、上述の説明では、荷電粒子ビーム（露光領域）が、図 1 0 に示される経路 R t に沿ってステージ 2 6 に対して移動するように、ステージ 2 6 を移動しつつ露光を行う場合について説明したが、これに限らず、図 1 1 (A) に示されるように、まず経路 R t 1 に

50

沿って、全てのショット領域それぞれの一部を露光した後、経路 R_{t1} よりも - X 側に $10\ \mu\text{m}$ だけずれた経路 R_{t2} に沿って全てのショット領域それぞれの一部を露光し、更に経路 R_{t2} よりも - X 側に $10\ \mu\text{m}$ だけずれた経路 R_{t3} に沿って、全てのショット領域それぞれの一部を露光するというようにして、ウエハ上の全てのショット領域を露光することとしても良い。また、図 11 (B) に示されるように、まず、経路 R_{t1}' に沿って、1つのショット領域の全てを露光し、その後、経路 R_{t2}' 、 R_{t3}' ... に沿って各ショット領域を順次露光するというような露光動作を行うこととしても良い。いずれの経路を採用した場合でも、走査露光が行われるステージ 26 の Y 軸方向に関する等速移動中と、ステッピング動作が行われるステージ 26 の Y 軸方向に関する加減速中とで、ステージ制御系 72 のフィードバック制御ゲインの「高」「低」の切り換えを行う。また、制御ゲインが「低」に切り換えられたときに、前述した位置 - 推力指令値マップに従う推力指令値を加算器 73 を介してステージ系 80 に与える位置のフィードフォワード制御（実質的に位置のフィードバック制御を伴わない）を行うとともに、位置 - 照射位置ずれマップに基づいて、電子ビーム EB の照射位置ずれを補正することとすれば良い。

10

【0092】

これまでの説明から明らかなように、本実施形態では、ステージ制御装置 70 内に構築されたステージ制御系 72 によってステージ駆動系 24 を制御する制御系が構成され、主制御装置 60 及びステージ制御装置 70 によって電子ビーム照射装置 30 とステージ駆動系 24 とを制御する制御系が構成されている。

20

【0093】

以上説明したように、本実施形態に係る電子ビーム露光装置 100 では、例えばウエハに対する走査露光を行うに際し、主制御装置 60 は、走査露光が行われるステージ 26 の Y 軸方向（走査露光時の走査方向）に関する等速移動中には、ステージ制御装置 70 内部に構築されたステージ制御系 72 のフィードバック制御ゲイン（制御器 78 の制御ゲイン）を「低」、すなわち実質的に零とみなせる値に設定し、ステッピング動作が行われる Y 軸方向に関する加減速時にはフィードバック制御ゲインを「高」に設定する。フィードバック制御ゲインが「低」に設定された場合、目標値出力部 74 からの位置の目標値 T_{gt} に応じて予め取得した位置 - 推力指令値マップに従った推力指令値を加算器 73 にフィードフォワード入力させるステージ駆動系 24 に対するフィードフォワード制御が行われるが、ステージ駆動系 24 に対するフィードバック制御は行われない。このため、ステージ 26 の等速移動時におけるモータ 29 の出力は、ステージ 26 の加減速時におけるモータ 29 の出力より格段小さい。

30

【0094】

したがって、電子ビーム露光装置 100 では、Y 軸方向に関する加減速時にはモータ 29 を含むステージ駆動系 24 によりステージ 26 が駆動され、等速移動時にはステージ 26 が主として慣性の法則に従って移動される。このため、ウエハの走査露光中にモータ 29 が駆動力を発生することによって生じる磁場変動によって電子ビーム光学系 32 の電子ビーム EB が偏向（位置ずれ）するのを抑制することができる。

【0095】

これに加え、本実施形態では、ステージ駆動系 24 に対するフィードフォワード制御のみが行われているときの、磁場変動に起因する電子ビーム光学系 32 の電子ビーム EB のウエハ W 上での照射位置のずれを、主制御装置 60 が、目標値出力部 74 からの位置の目標値 T_{gt} に応じ、予め取得した位置 - 照射位置ずれマップに基づいて、電子線偏向制御部 66 を介した偏向レンズ 32 b の制御によって補正する。このため、走査露光中におけるステージ 26 の駆動によって生じる磁場変動に起因して電子ビーム EB の照射位置ずれが生じることを防止することができる。

40

【0096】

また、本実施形態では、ウエハ上のアライメントマーク AM に電子ビーム光学系 32 から電子ビーム EB を照射して、そのアライメントマーク AM からの反射電子を反射電子検出装置 38 (38_{x1} 、 38_{x2} 、 38_{y1} 、 38_{y2} の少なくとも 1 つ) を用いて計測

50

するウエハアライメント計測などの計測時においては、ウエハ（ステージ26）の停止中に、電子ビームの照射が行われる。このため、上述した走査露光時と同様にして、磁場変動に起因して電子ビームEBの照射位置ずれが生じることを防止することができる。

【0097】

なお、上記実施形態では、ステージ制御系72を構成するフィードバック制御系の制御ゲインを変更することで、走査方向（Y軸方向）に関する加減速時にはステージ駆動系24を用いてステージ26を駆動し、等速移動時にはステージ26を主として慣性の法則に従って移動させる場合について説明したが、これに限らず、制御器78と加算器73との間に、回路を開閉するスイッチを設け、このスイッチをオン・オフすることで、制御器78の出力の加算器73に対する供給及び供給停止を制御することとしても良い。このようにしても、上記実施形態と同様に、走査方向（Y軸方向）に関する加減速時にはステージ駆動系24を用いてステージ26を駆動し、等速移動時にはステージ26を主として慣性の法則に従って移動させることができる。

10

【0098】

また、上記実施形態では、フィードバック制御ゲインの「低」レベルが、ほぼ零とみなせるレベルである場合について説明したが、ステージ駆動系が有する電磁モータに対する磁気シールドの構成、性能によっては、磁場変動が電子ビームに与える影響をより効果的に抑制することが可能な構成もあり得る。したがって、「低」レベルは、必ずしも零とみなせるレベルに限らず、「高」レベルより低いレベルであれば良い。

20

【0099】

また、上記実施形態では、電子ビームの照射時と非照射時（あるいは走査方向に関するステージの加速度が零の場合（ステージの等速移動中又は停止中）と非零の場合）とで、位置制御系（位置ループLP1）のフィードバック制御ゲインを変更する場合について説明したが、これに限らず、例えばステージ制御系を、位置ループのマイナーループとして速度ループを含む多重ループ制御系によって構成するような場合には、速度ループのフィードバック制御ゲインを変更することとしても良い。要は、ステージ駆動系を構成する電磁モータの推力発生に起因する磁場変動が電子ビーム光学系から射出される電子ビームに与える影響が、電子ビームの照射時に非照射時より小さくなるように、あるいは走査方向（上記実施形態ではY軸方向）に関する、ステージの等速移動時に加減速時より小さくなるように、制御系の少なくとも一部の制御ゲインが変更されれば良い。

30

【0100】

また、上記実施形態では、プラススキャン又はマイナススキャン時における等速移動時など、ステージ駆動系のフィードバック制御を行わない場合に、ステージ26の姿勢を維持するためのフィードフォワード制御を行う場合について例示したが、ステージ駆動系が推力を発生しなくてもステージの姿勢を維持できるような装置構成の場合には、ステージの等速移動時などにステージ駆動系のフィードバック制御及びフィードフォワード制御のいずれも行わなくても良い。

【0101】

また、上記実施形態では、計測用ウエハに対して露光を行い、その露光済みの計測用ウエハを現像後にレジスト像の位置計測を行うことで、ステージの位置と計測用ウエハ上での電子ビームの照射位置ずれとの関係を示すマップ（位置 - 照射位置ずれマップ）を作成するものとした。しかしながら、これに限らず、例えば鏡筒34の射出端の内面に基準マークを形成し、この基準マークの位置を、ステージ26の各位置（X、Y）で検出することにより、ステージの駆動時に生じるモータ29の電磁場の変動に起因する電子ビームの変動（光軸に対する角度ずれ及びXY平面内の位置ずれ）に関する情報とステージ26の位置との関係を示すマップ情報を求め、このマップ情報に基づいて、電子ビームのウエハに対する照射位置及び照射角度の少なくとも一方を調整することとしても良い。例えば、ステージ26を、露光の際と同様の経路に沿って所定間隔でステップ移動し、各ステップ位置で、上述のアライメント時と同様に、フィードバック制御を伴わない位置 - 推力指令値マップに従ったステージ駆動系のフィードフォワード制御を行う。そして、各ステップ

40

50

位置で、電子ビーム光学系 3 2 からの電子ビーム E B で鏡筒 3 4 の基準マークを走査し、基準マークからの反射電子を反射電子検出装置 3 8 で検出することで、電子ビーム E B の変動（光軸に対する角度ずれ及び X Y 平面内の位置ずれ）に関する情報を求めることで、上記のマップ情報を求めても良い。

【 0 1 0 2 】

また、上記実施形態では、計測用ウエハ又はウエハ等のターゲットに対する電子ビームの照射位置の調整を、電子線偏向制御部 6 6 を介した電子ビームの偏向制御により行うものとしたが、これに限らず、電子ビームのターゲットに対する照射位置及び照射角度の少なくとも一方に起因する、ターゲット上での電子ビームの照射位置を調整するために、ステージ駆動系 2 4 をフィードフォワード制御することとしても良い。かかるフィードフォワード制御は、例えば次のようにして行うことができる。

a . まず、前述した手順により、計測用ウエハに対する露光及びその露光された計測用ウエハに形成されたレジスト像（例えば、各ショット領域内に均等な間隔で形成されたマーク像）の位置ずれ計測等を行って、ステージ 2 6 の位置座標と電子ビーム E B のウエハ上での照射位置のずれ（照射位置ずれ）との関係を示すマップ（位置 - 照射位置ずれマップ）を取得する。次に、この位置 - 照射位置ずれマップに含まれるステージ 2 6 の位置座標に応じた照射位置ずれに対応するステージ駆動系 2 4 に対する推力指令値の差分 p （ $= (p_x, p_y, p_z, p_x, p_y, p_z)$ ）を求め、先に作成された位置 - 推力指令値マップに含まれる推力指令値 p （ $= (p_x, p_y, p_z, p_x, p_y, p_z)$ ）を、新たな推力指令値（ $p + p$ ）に更新する（ $p + p$ ）。

b . そして、F F 推力指令値出力部 7 1 から加算器 7 3 に与えられる（フィードフォワード入力される）推力指令値として、更新後の推力指令値 p を用いてステージ 2 6 の駆動を制御しつつ、先と同様の手順で、計測用ウエハに対して露光を行う。そして、その露光された計測用ウエハに形成されたレジスト像の位置ずれ計測、及び計測用ウエハの露光時におけるウエハ座標系とステージ座標系との位置関係に基づき、座標変換により、新たな位置 - 照射位置ずれマップを得る。

c . そして、新たな位置 - 照射位置ずれマップに含まれる位置ずれ（すなわち、補正しきれなかった位置ずれであり、以下では残存する位置ずれと称する）が、実質的に無視できるレベルの値になっているか否かを判断する。この判断が肯定された場合には、位置 - 推力指令値マップの更新を終了する。一方、上記の判断が否定された場合には、残存する位置ずれが、実質的に無視できるレベルの値になるまで、次の d . 及び e . の処理を繰り返す。

d . 残存する位置ずれに対応するステージ駆動系 2 4 に対する推力指令値の差分 p （ $= (p_x, p_y, p_z, p_x, p_y, p_z)$ ）を求め、最新の位置 - 推力指令値マップに含まれる推力指令値 p （ $= (p_x, p_y, p_z, p_x, p_y, p_z)$ ）を、新たな推力指令値（ $p + p$ ）に更新する（ $p + p$ ）。

e . そして、F F 推力指令値出力部 7 1 から加算器 7 3 に与えられる（フィードフォワード入力される）推力指令値として、更新後の推力指令値 p を用いてステージ 2 6 の駆動を制御しつつ、先と同様の手順で、計測用ウエハに対して露光を行う。そして、その露光された計測用ウエハに形成されたレジスト像（例えば、各ショット領域内に均等な間隔で形成されたマーク像）の位置ずれ計測、及び計測用ウエハの露光時におけるウエハ座標系とステージ座標系との位置関係に基づき、座標変換により、新たな位置 - 照射位置ずれマップを得る。

f . そして、前述した手順でウエハの露光動作を行う。ただし、この露光動作では、最新の位置 - 推力指令値マップ（すなわち、残存する位置ずれが、実質的に無視できるレベルの値になった時点の位置 - 推力指令値マップ）に基づいて、ステージ駆動系 2 4 がフィードフォワード制御される。この場合、ステージ駆動系 2 4 のフィードフォワード制御により、ウエハに対する電子ビームの照射位置ずれが調整されるので、電子線偏向制御部 6 6 を介した電子ビームの偏向制御が不要になる。

【 0 1 0 3 】

10

20

30

40

50

なお、上記 a . ~ e . では、 a . ~ c . の後、 d . 及び e . の処理を複数回繰り返せば、必ずステージ駆動系 2 4 のフィードフォワード制御により、ウエハに対する電子ビームの照射位置ずれを調整できる、位置 - 推力指令値マップが得られることを前提としている。

【 0 1 0 4 】

しかしながら、上記の d . 及び e . の処理の繰り返し回数が多くなるほど、最終的に得られる位置 - 推力指令値マップ中の推力指令値と、最初に得られた位置 - 推力指令値マップ中の推力指令値との差が大きくなる。この差が、大きくなりすぎると、例えば走査露光が行われる等速移動中のステージ 2 6 の姿勢を維持することが困難になることが予想される。そもそも、最初に得られた位置 - 推力指令値マップ中の推力指令値は、ステージ 2 6 姿勢を維持するためのステージ 2 6 の位置に応じた推力指令値だからである。

10

【 0 1 0 5 】

そこで、前述の繰り返し回数に制限を設け、制限回数の繰り返しにより、残存する位置ずれが、実質的に無視できるレベルの値になる位置 - 推力指令値マップが得られなかった場合、前述の推力指令値の差分（推力指令値を更新する差分） p に減衰ファクタ（は 0 から 1 までの任意の値）をかけた $\cdot p$ を、前述の差分 p に代えて用いることとしても良い。

【 0 1 0 6 】

この他、ターゲット上での電子ビームの照射位置を調整するためのステージ駆動系 2 4 のフィードフォワード制御は、上述した電子ビーム E B の変動（光軸に対する角度ずれ及び X Y 平面内の位置ずれ）に関する情報とステージ 2 6 の位置と関係を示すマップ情報に基づいて行うこととしても良い。

20

【 0 1 0 7 】

なお、上記実施形態では、主制御装置 6 0 が、ウエハ（ターゲット）に対する電子ビームの照射時と非照射時とでステージ駆動系に対する制御内容を変更する場合について説明したが、これに限らず、ウエハ（ターゲット）に対する電子ビームの照射状態に基づいて、前記ステージ駆動系 2 4（電磁モータ 2 9 を含む）を制御することとしても良い。例えば、電子ビームの照射時を、複数の状態に細分化し、各状態毎に、例えばフィードバック制御ゲインを異ならせても良い。例えば、露光時とアライメント計測時とで、フィードバック制御ゲインを異ならせてステージ駆動系を制御しても良い。また、ウエハに照射される電子ビームのエネルギー量の大きさに応じて、フィードバック制御ゲインを連続的に可変にしても良い。

30

【 0 1 0 8 】

なお、上記実施形態では、電子ビームの照射時には、ステージ駆動系のフィードバック制御が行われないので、そのときのステージ駆動系の発生推力は、ステージ駆動系のフィードバック制御が行われるとき（例えば、電子ビームの非照射時）に比べて格段小さい。したがって、ステージ駆動系を、モータ 2 9 と一軸駆動機構との組み合わせに限らず、平面モータ等によって構成することとしても良い。

【 0 1 0 9 】

なお、上記実施形態では、シングルカラムタイプの電子ビーム光学系 3 2 を用いる場合について例示したが、これに限らず、前述したマルチビーム光学系から成る光学系カラムを複数有するマルチカラムタイプの電子ビーム光学系を用いても良い。

40

なお、上記実施形態に係るマルチビーム光学系として、それぞれのビームをオン・オフする方法には、複数の開口を有するブランキングアパーチャアレイを介して複数の電子ビームを発生させ、描画パターンに応じて電子ビームを個別にオン・オフしてパターンを試料面に描画する方式を採用しても良い。また、ブランキングアパーチャアレイの代わりに、複数の電子ビームを射出する複数の電子放出部を有する面放出型電子ビーム源を用いる構成であっても良い。また、電子ビーム照射装置として、電子線を成形アパーチャと呼ばれる矩形の穴を何段か通すことにより電子線形状を矩形に変える可変成形ビーム（矩形ビーム）を用いる方式の電子ビーム照射装置を用いても良い。

50

【0110】

なお、上記実施形態では、真空チャンバ10の内部に、露光システム20の全体が収容された場合について説明したが、これに限らず、露光システム20のうち、電子ビーム照射装置30の鏡筒34の下端部を除く部分を、真空チャンバ10の外部に露出させても良い。

【0111】

なお、上記実施形態では、電子ビーム照射装置30がメトロロジーフレーム40と一体で、3つの吊り下げ支持機構50a、50b、50cを介して真空チャンバの天板（天井壁）から吊り下げ支持されるものとしたが、これに限らず、電子ビーム照射装置30は、床置きタイプのボディによって支持されても良い。また、ステージ26に対して、電子ビーム照射装置30が移動可能な構成を採用しても良い。

10

【0112】

なお、上記実施形態では、ターゲットが半導体素子製造用のウエハである場合について説明したが、上記実施形態に係る電子ビーム露光装置は、ガラス基板上に微細なパターンを形成してマスクを製造する際にも好適に適用できる。例えば、角型のガラスプレートやシリコンウエハにマスクパターンを描画する露光システムや、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システム等であっても良い。また、上記実施形態では、荷電粒子ビームとして電子ビームを使用する電子ビーム露光装置について説明したが、露光用の荷電粒子ビームとしてイオンビーム等を用い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

【0113】

半導体素子などの電子デバイス（マイクロデバイス）は、図12に示されるように、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、シリコン材料からウエハを製作するウエハ製造ステップ、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路等を形成するウエハ処理ステップ、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）、及び検査ステップ等を経て製造される。ウエハ処理ステップは、ウエハ上にレジスト（感応材）を塗布するステップ、前述した実施形態の電子ビーム露光装置及びその露光方法によりウエハに対する露光（設計されたパターンデータに従ったパターンの描画）を行う露光ステップ、露光されたウエハ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などを含む。この場合、露光ステップで、上記実施形態の露光装置を用いて前述の露光方法が実行され、ウエハ上にデバイスパターンが形成されるので、高集積度のマイクロデバイスを生産性良く製造することができる。

30

【0114】

なお、これまでの記載で引用した露光装置などに関する全ての公報（国際公開を含む）の開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

【産業上の利用可能性】

【0115】

以上説明したように、本発明に係る露光装置は、半導体素子等の電子デバイスの製造におけるリソグラフィ工程での使用に適している。

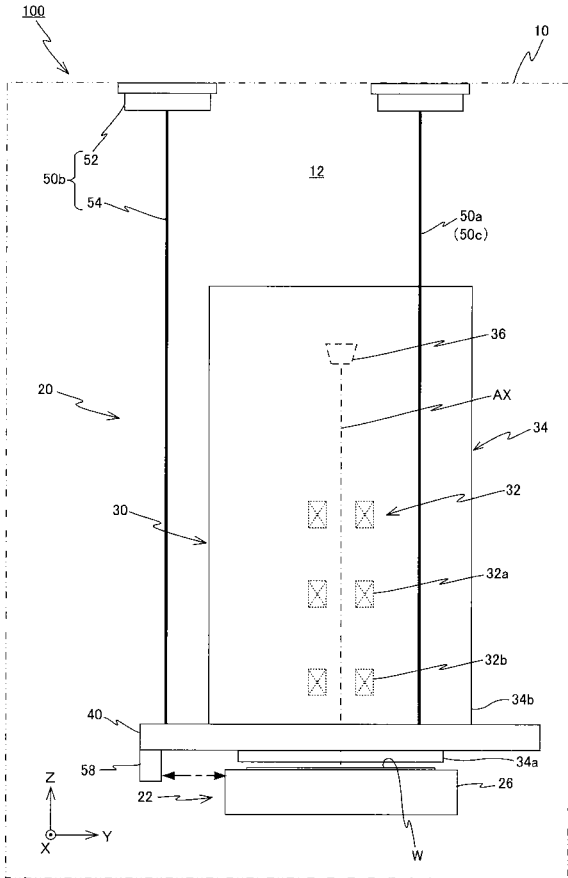
40

【符号の説明】

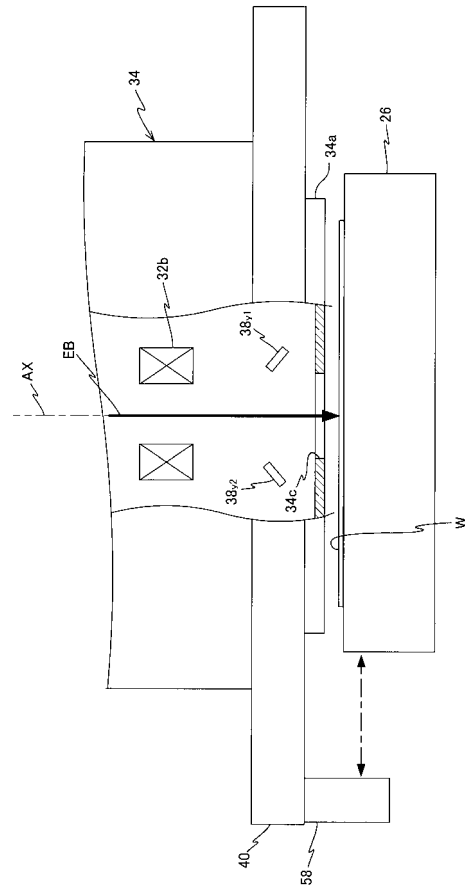
【0116】

24...ステージ駆動系、26...ステージ、28...磁気シールド、29...モータ、30...電子ビーム照射装置、60...主制御装置、70...ステージ制御装置、72...ステージ制御系、100...露光装置、LP1...位置ループ、W...ウエハ。

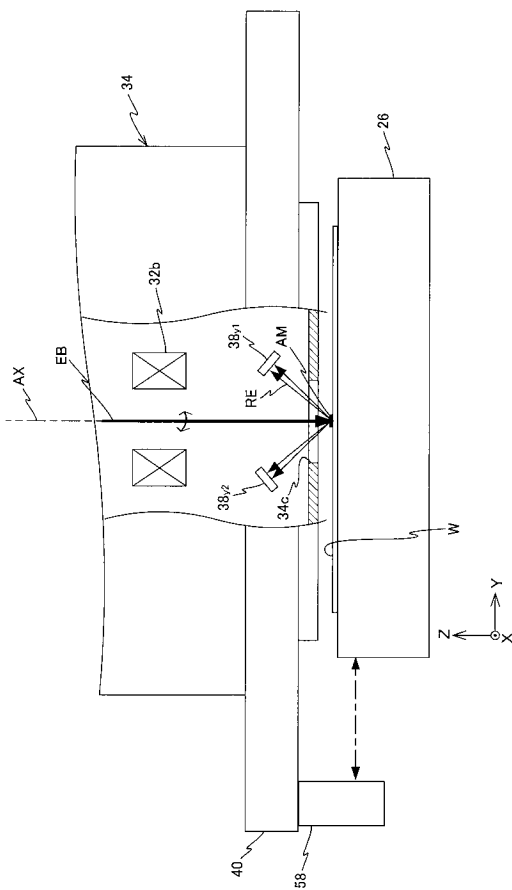
【 図 1 】



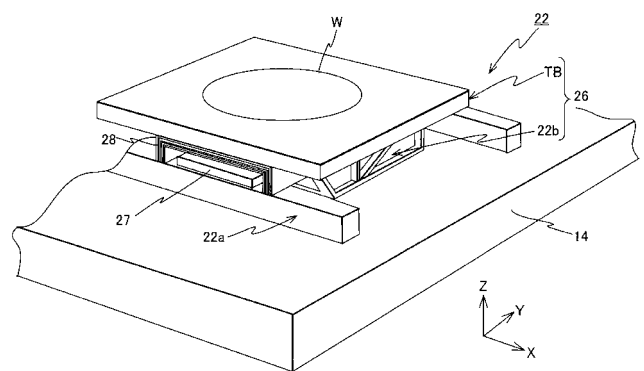
【 図 2 】



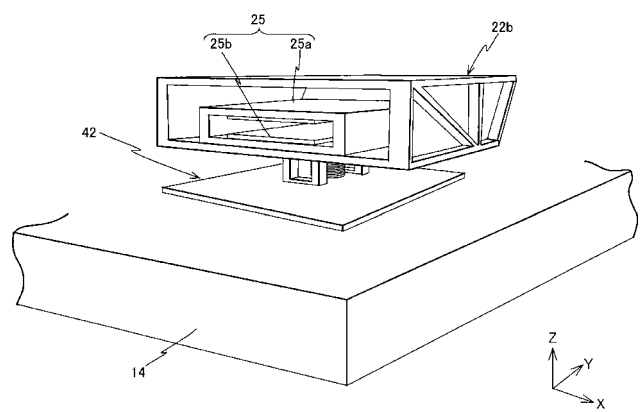
【 図 3 】



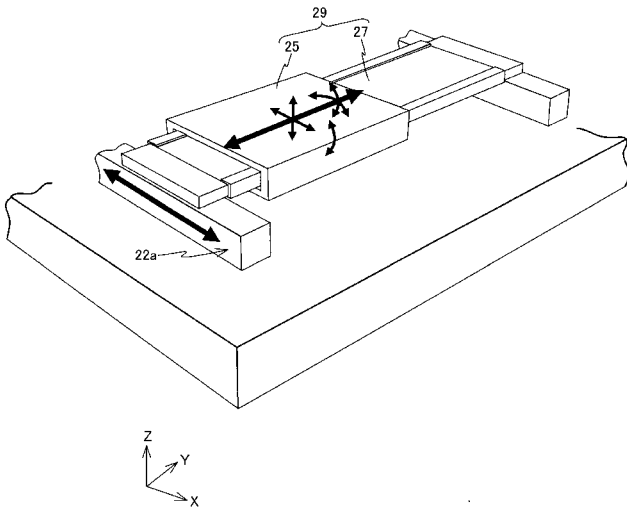
【 図 4 】



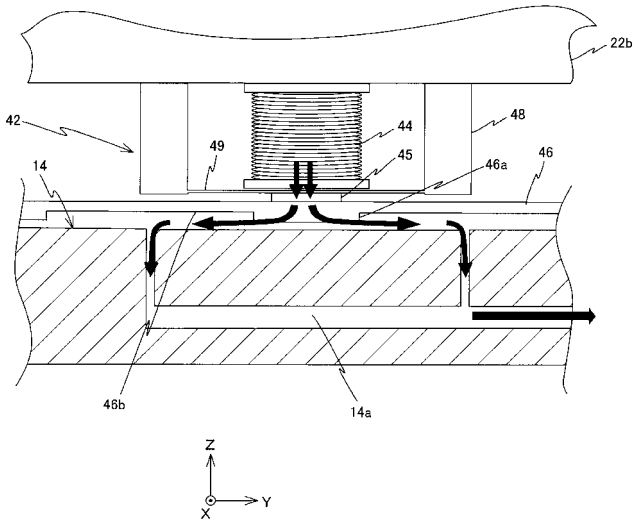
【 図 5 】



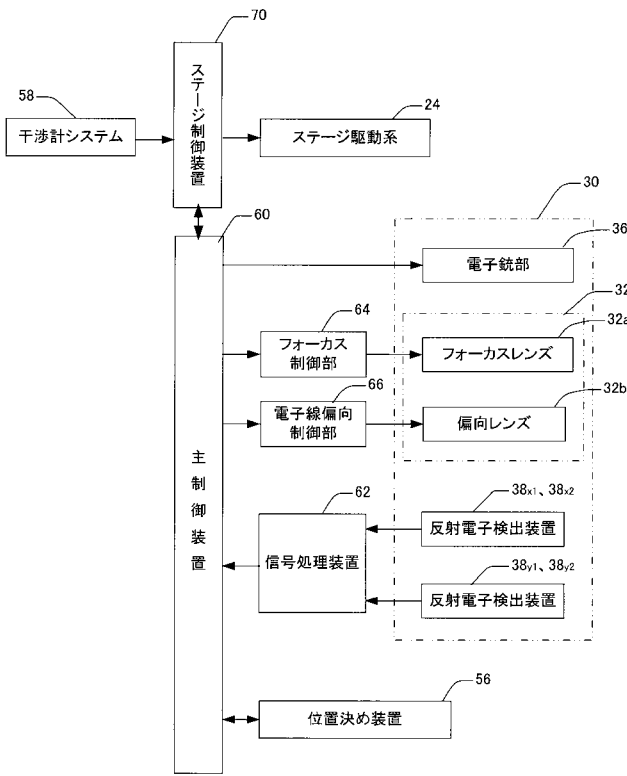
【図6】



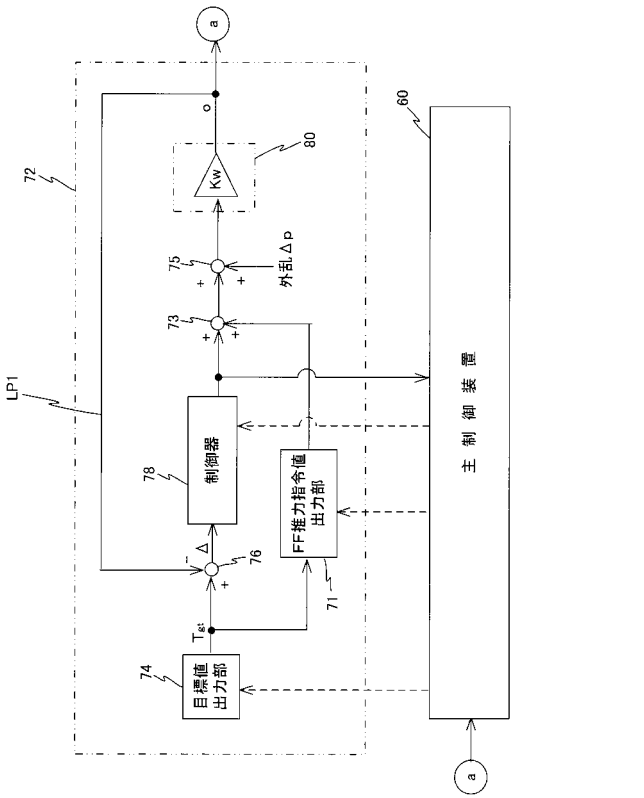
【図7】



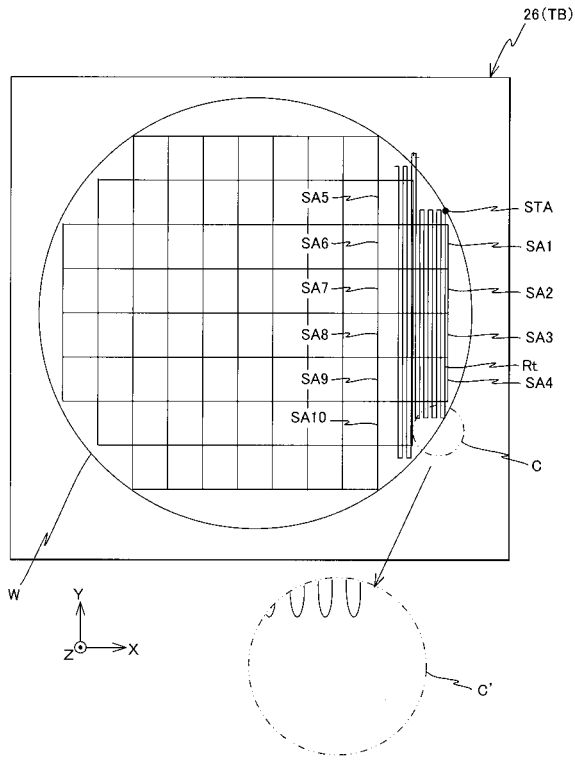
【図8】



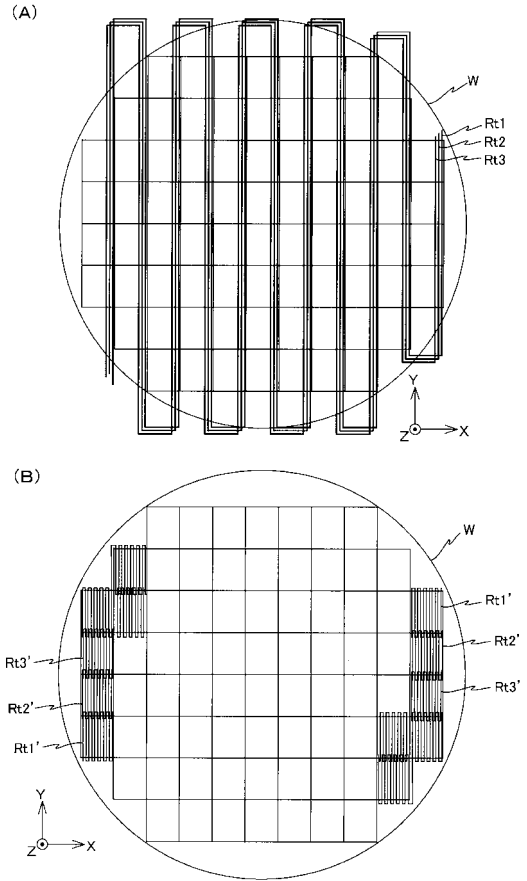
【図9】



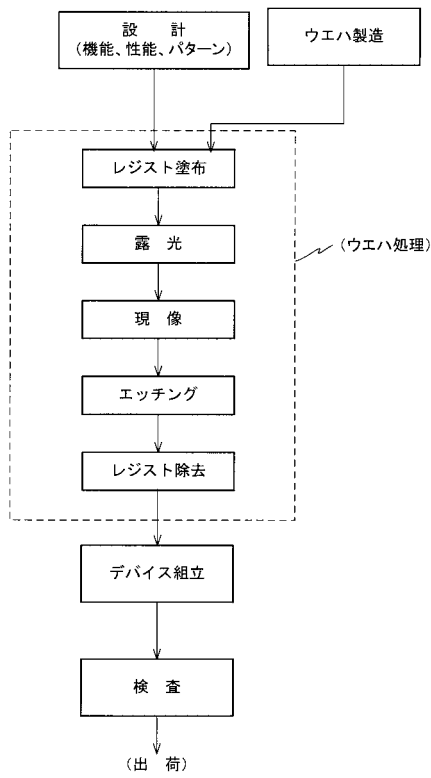
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2016/086272
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G03F7/20(2006.01)i, G03F9/00(2006.01)i, H01L21/68(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L21/027; 21/67-21/683, G03F7/20, G03F9/00-9/02, H01J37/00-37/295; 99/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2002-126964 A (Hitachi, Ltd.), 08 May 2002 (08.05.2002), paragraphs [0042], [0045], [0052] (Family: none)	1-2, 9-10, 18-20, 27-28 17 3-8, 11-16, 21-26, 29-33
Y	JP 2014-209521 A (Canon Inc.), 06 November 2014 (06.11.2014), paragraph [0003] & US 2014/0306123 A1 paragraph [0004]	17
Y	JP 2004-134682 A (Nikon Corp.), 30 April 2004 (30.04.2004), paragraphs [0003], [0042] (Family: none)	17
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 09 February 2017 (09.02.17)		Date of mailing of the international search report 28 February 2017 (28.02.17)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086272

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2011-227768 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 10 November 2011 (10.11.2011), paragraphs [0003] to [0011], [0042] to [0047] (Family: none)	11-18, 29-33 1-10, 19-28
Y A	JP 6-140305 A (Nikon Corp.), 20 May 1994 (20.05.1994), paragraph [0009] (Family: none)	11-18, 29-33 1-10, 19-28
Y A	JP 11-345764 A (Nikon Corp.), 14 December 1999 (14.12.1999), paragraph [0009] (Family: none)	11-18, 29-33 1-10, 19-28
A	JP 4-123418 A (Hitachi, Ltd.), 23 April 1992 (23.04.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-33
A	JP 10-284387 A (Fujitsu Ltd.), 23 October 1998 (23.10.1998), entire text; all drawings & US 6015975 A entire text; all drawings & EP 871071 A2	1-33

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 8 6 2 7 2													
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G03F7/20(2006.01)i, G03F9/00(2006.01)i, H01L21/68(2006.01)i															
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L21/027; 21/67-21/683, G03F7/20, G03F9/00-9/02, H01J37/00-37/295; 99/00															
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2017年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2017年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2017年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2017年	日本国実用新案登録公報	1996-2017年	日本国登録実用新案公報	1994-2017年				
日本国実用新案公報	1922-1996年														
日本国公開実用新案公報	1971-2017年														
日本国実用新案登録公報	1996-2017年														
日本国登録実用新案公報	1994-2017年														
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)															
C. 関連すると認められる文献															
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号													
X Y A	JP 2002-126964 A (株式会社日立製作所) 2002.05.08, 段落0042, 0045, 0052 (ファミリーなし)	1-2, 9-10, 18-20, 27-28 17													
Y	JP 2014-209521 A (キヤノン株式会社) 2014.11.06, 段落0003 & US 2014/0306123 A1, 段落[0004]	17													
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。															
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>の日の後に公表された文献</td> </tr> <tr> <td>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</td> <td>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&」 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table>				* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献	「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献	「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	
* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献														
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの														
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの														
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの														
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献														
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願															
国際調査を完了した日 09.02.2017		国際調査報告の発送日 28.02.2017													
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 赤尾 隼人 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	2G 4456												

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2016/086272
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-134682 A (株式会社ニコン) 2004.04.30, 段落0003, 0042 (ファミリーなし)	17
Y A	JP 2011-227768 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2011.11.10, 段落0003-0011, 0042-0047 (ファミリーなし)	11-18, 29-33 1-10, 19-28
Y A	JP 6-140305 A (株式会社ニコン) 1994.05.20, 段落0009 (ファミリーなし)	11-18, 29-33 1-10, 19-28
Y A	JP 11-345764 A (株式会社ニコン) 1999.12.14, 段落0009 (ファミリーなし)	11-18, 29-33 1-10, 19-28
A	JP 4-123418 A (株式会社日立製作所) 1992.04.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-33
A	JP 10-284387 A (富士通株式会社) 1998.10.23, 全文、全図 & US 6015975 A, 全文、全図 & EP 871071 A2	1-33

 フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA

Fターム(参考) 5F131 AA03 AA12 AA32 AA33 AA40 BA13 CA32 DA02 DA33 DA42
 EA02 EA13 EA14 EA16 EA18 EA22 EA23 EA24 EA25 EA27
 EB11 FA17 FA32 FA33 FA37 FA39 JA20 JA40 KA03 KA16
 KA47 KA72 KB12 KB32 KB53 KB54 KB55 KB56

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。