(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010 年 11 月 25 日(25.11.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/134487 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
G01M 11/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/058283

(22) 国際出願日: 2010 年 5 月 17 日(17.05.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
61/213,219 2009 年 5 月 18 日(18.05.2009) US

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目１２番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 白石 直正 (SHIRAISHI Naomasa) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目１２番１号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大森 聡(OMORI Satoshi); 〒2140014 神奈川県川崎市多摩区登戸２０７５番２－５０１ 大森特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

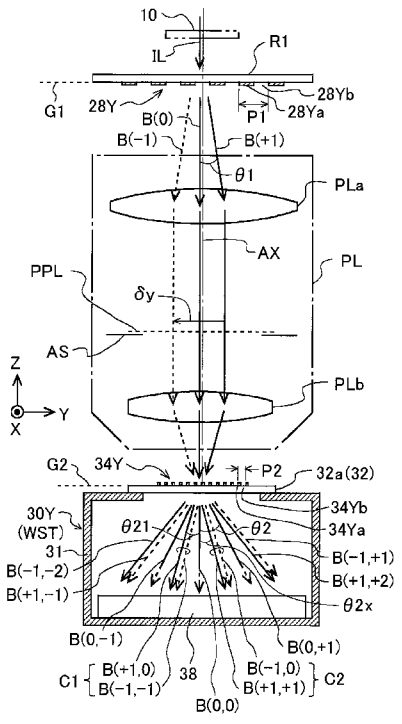
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

[続葉有]

(54) **Title**: WAVEFRONT MEASURING METHOD AND DEVICE, AND EXPOSURE METHOD AND DEVICE

(54) 発明の名称 : 波面計測方法及び装置、並びに露光方法及び装置

[図2]



(57) **Abstract**: Disclosed is a method for measuring wavefront information about a projection optical system, wherein a first diffraction grating having a pitch P1 is disposed on the object plane side of the projection optical system, a second diffraction grating having a pitch P2 which is half the pitch of the image formed by the projection optical system of the first diffraction grating is disposed on the image plane side of the projection optical system (PL), the first diffraction grating is illuminated by illuminating light, the interference fringes of the shearing interference light beam composed of the two pairs of diffraction light beams formed by the illuminating light through the first diffraction grating, the projection optical system, and the second diffraction grating are received, and wavefront information about the projection optical system is acquired on the basis of the received interference fringes. The wavefront information about the projection optical system can be measured with high accuracy.

(57) 要約: 投影光学系の波面情報を計測する方法は、投影光学系の物体面側にピッチＰ１の第１回折格子を配置し、投影光学系ＰＬの像面側に、第１回折格子の投影光学系による像のピッチの１／２のピッチＰ２を持つ第２回折格子を配置し、照明光で第１回折格子を照明し、第１回折格子、投影光学系及び第２回折格子を介した照明光によって形成される２対の回折光よりなるシアリング干渉光の干渉縞を受光し、受光した干渉縞に基づいて投影光学系の波面情報を求める。投影光学系の波面情報を高精度に計測することができる。

WO 2010/134487 A1

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 波面計測方法及び装置、並びに露光方法及び装置

技術分野

[0001] この出願は２００９年５月１８日に出願された米国仮特許出願第６１／２１３，２１９号の優先権の利益を主張し、米国仮特許出願第６１／２１３，２１９号の全ての開示を援用して本文の記載の一部とする。

[0002] 本発明は、投影光学系の波面情報を計測する計測技術、及びこの計測技術を用いる露光技術に関する。

背景技術

[0003] 例えば半導体デバイス等のマイクロデバイス（電子デバイス）を製造するためのフォトリソグラフィ工程中で、レチクルのパターン等を投影光学系を介してフォトレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に転写露光するために露光装置が使用される。この露光装置において、投影光学系の収差等の結像特性を所定状態に維持するためには、投影光学系の結像特性を正確に計測する必要がある。そこで、例えばオンボディで投影光学系の波面収差を計測する計測装置が提案されている。

[0004] 従来の計測装置として、例えばシアリング法やＰＤＩ（Point Diffraction Interferometer）法を採用した装置が知られている（例えば、特許文献１参照）。また、シャックハルトマン法を採用した装置も知られている（例えば、特許文献２参照）。これらの装置では、いずれも投影光学系の物体面側にその投影光学系の解像限界程度の微小な開口（透過）パターンを配置する。そして、この開口パターンを透過し投影光学系により集光された光を、投影光学系の像面側において所定の方法で干渉または結像させ、その干渉縞や像の位置情報に基づいて、投影光学系の収差を計測するものである。

[0005] また、シアリング法の改良として、二重回折格子型シアリング法も提案されている（例えば、特許文献３参照）。これは、投影光学系の物体面側に第１の回折格子を配置し、投影光学系の像面側に第１の回折格子の像のピッチ

の２倍のピッチを持つ第２の回折格子を配置し、第１の回折格子、投影光学系、及び第２の回折格子を介して得られる異なる次数の複数対の回折光の干渉縞の光強度分布を計測し、この計測結果から投影光学系の波面収差を求めるものである。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：米国特許第６５７３９９７号明細書

特許文献2：特開２００２－２５０６７７号公報

特許文献3：特開２００８－２６３２３２号公報

[0007] 従来のシアリング法、ＰＤＩ法及びシャックハルトマン法を採用した装置では、波面情報の計測に使用される光の量が、投影光学系の物体面側に配置した微小な開口により制限され、干渉縞または像の光量が低下する。そのため、十分な光量を確保し、高精度の波面情報計測を行うには計測時間を増加させる必要があり、高速な計測が行ない難いという問題があった。

[0008] また、二重回折格子型シアリング干渉方式の波面収差計測装置においては、投影光学系の物体面側に配置される第１の回折格子のピッチと、像面側に配置される第２の回折格子のピッチとの比が適当でないため、受光面において干渉縞中に第２の回折格子から発生する高次の回折光による干渉成分が混入し易い。そして、この高次の回折光はノイズ光として作用するため、波面収差の計測精度が低下するという問題があった。

[0009] このような事情に鑑み、本発明の態様は、投影光学系の波面収差等の波面情報を高精度に計測することができる波面計測方法及びそれを含む露光方法、並びに波面計測装置及びそれを含む露光装置を提供することを目的とする。

発明の概要

[0010] 本発明の第１の態様に従えば、投影光学系の波面情報を計測する方法であって、その投影光学系の物体面側に第１の格子を配置し、その投影光学系の像面側に、その第１の格子の像のピッチの１／２のピッチを持つ第２の格子

を配置し、照明光でその第１の格子を照明し、その第１の格子、その投影光学系、及びその第２の格子を介したその照明光によって形成される干渉縞を受光し、受光したその干渉縞に基づいてその投影光学系の波面情報を求める波面計測方法が提供される。

[0011] 本発明の第２の態様に従えば、照明光でパターンを照明し、その照明光でそのパターン及び投影光学系を介して物体を露光する露光方法であって、第１の態様に従う前記波面計測方法を用いて投影光学系の波面情報を求めることと、求められた前記投影光学系の波面情報に基づいて前記投影光学系を調整することと、前記調整された投影光学系及び前記パターンを介して前記物体を前記照明光で照明することとを備える露光方法が提供される。

[0012] 本発明の第３の態様に従えば、投影光学系の波面情報を計測する装置であって、その投影光学系の物体面側に配置される第１の格子と、その投影光学系の像面側に配置され、その第１の格子の像のピッチの１／２のピッチを持つ第２の格子と、照明光でその第１の格子を照明する照明系と、その第１の格子、その投影光学系、及びその第２の格子を介したその照明光によって形成される干渉縞の強度分布を検出する光電センサと、その光電センサの検出結果に基づいてその投影光学系の波面情報を求める演算装置とを備える波面計測装置が提供される。

[0013] 本発明の第４の態様に従えば、照明光でパターンを照明し、前記照明光で前記パターンを介して物体を露光する露光装置であって、前記照明光で照明されたパターンの像を前記物体上に投影する前記投影光学系と、前記投影光学系の波面情報を求めるために用いる第３の態様に従う波面計測装置とを備え、前記波面計測装置の前記照明系を用いて前記パターンを照明する露光装置が提供される。

また、本発明の第５の態様に従えば、本発明の露光方法又は露光装置を用いて基板を露光することと、露光された基板を処理することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

発明の効果

[0014] 本発明の波面計測方法又は装置によれば、波面情報の計測を高精度に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施形態の一例で使用される露光装置を示す斜視図である。

[図2]図１の波面計測ユニット３０Ｙを用いて投影光学系の波面収差を計測中に発生する多数の回折光の光路を示す断面図である。

[図3]（Ａ）は図２中の２対の回折光よりなる干渉光及び０次光の光路を示す図、（Ｂ）は図３（Ａ）の投影光学系ＰＬの瞳面上の±１次回折光を示す図、（Ｃ）は図３（Ａ）の撮像素子の受光面上の干渉縞の輪郭を示す図、（Ｄ）は＋１次回折光の位相分布の一部を示す図、（Ｅ）はー１次回折光の位相分布の一部を示す図、（Ｆ）は干渉縞の位相分布の一部を示す図である。

[図4]投影光学系の波面収差を計測する動作の一例を示すフローチャートである。

[図5]単一像化処理に適した１次元数値フィルターＮＦの一例を示す図である。

[図6]第２の実施形態において、波面計測ユニット３０ＡＹを用いて投影光学系の波面収差を計測している状態を示す断面図である。

[図7]電子デバイスの製造工程の一例を示すフローチャートである。

[図8]実施形態に対する比較例の多数の回折光の光路を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] ［第１の実施形態］

以下、本発明の第１の実施形態につき図１～図５を参照して説明する。

図１は、本実施形態に係るスキャニングステッパーよりなる走査露光型の露光装置１００の概略構成を示す。図１において、露光装置１００は、露光光源（不図示）と、この露光光源からの露光用の照明光（露光光）ＩＬによりレチクルＲ（マスク）のパターン面（ここでは下面）を照明領域１８Ｒで照明する照明光学系ＩＬＳとを備えている。さらに、露光装置１００は、レチクルＲを移動するレチクルステージＲＳＴと、照明光ＩＬのもとでレチク

ルＲの照明領域１８Ｒ内のパターンの像をウエハＷ（基板）の表面の露光領域１８Ｗに形成する投影光学系ＰＬと、ウエハＷの位置決め及び移動を行うウエハステージＷＳＴと、装置全体の動作を統括制御するコンピュータよりなる主制御系２と、その他の駆動系等とを備えている。

[0017] 以下、投影光学系ＰＬの光軸ＡＸと平行にＺ軸を取り、Ｚ軸に垂直な平面（本実施形態ではほぼ水平面に平行）内の直交する２方向にＸ軸及びＹ軸を取り、Ｘ軸、Ｙ軸、及びＺ軸に平行な軸の回りの回転（傾斜）方向をそれぞれθｘ、θｙ、及びθｚ方向として説明を行う。本実施形態では、Ｙ軸に平行な方向（Ｙ方向）が、走査露光時のレチクルＲ及びウエハＷの走査方向である。

[0018] 上記の露光光源としては、ＡｒＦエキシマレーザ（波長１９３ｎｍ）が使用されている。露光光源としては、その外にＫｒＦエキシマレーザ（波長２４８ｎｍ）などの紫外パルスレーザ光源、ＹＡＧレーザの高調波発生光源、固体レーザ（半導体レーザなど）の高調波発生装置、又は水銀ランプ等の放電ランプなども使用することができる。

照明光学系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、オプティカルインテグレータ（フライアイレンズ、ロッドインテグレータ、回折光学素子など）等を含む照度均一化光学系、固定及び可変のレチクルブラインド（固定及び可変の視野絞り）、並びにコンデンサ光学系等を含んでいる。照明光学系１０は、レチクルブラインドで規定及び開閉されるレチクルＲのパターン領域上の照明領域１８Ｒを照明光ＩＬによりほぼ均一な照度分布で照明する。照明領域１８Ｒは一例としてＸ方向（非走査方向）に細長い長方形である。また、通常照明、２極若しくは４極照明、又は輪帯照明等の照明条件に応じて、照明光学系ＩＬＳ内の瞳面（射出瞳と共役な面）における照明光ＩＬの強度分布が、不図示の設定機構によって光軸を中心とする円形領域、光軸から偏心した２つ若しくは４つの部分領域、又は光軸を中心とする輪帯状領域等に切り換えられる。

[0019] 照明光ＩＬのもとで、レチクルＲの照明領域１８Ｒ内のパターン（回路パ

ターン）は、両側（又はウエハW側に片側）テレセントリックの投影光学系ＰＬを介して所定の投影倍率β（例えば１／４，１／５等の縮小倍率）で、ウエハWの一つのショット領域ＳＡ上の露光領域１８W（照明領域１８Ｒと共役な領域）に投影される。通常の露光時には、レチクルＲのパターン面は投影光学系ＰＬの物体面上に配置され、ウエハWの表面（露光面）は投影光学系ＰＬの像面上に配置される。投影光学系ＰＬは屈折系であるが、その他に反射屈折系等も使用可能である。また、ウエハW（基板）は、例えばシリコンよりなる直径が２００ｍｍ又は３００ｍｍ等の円板状の基材上にフォトレジスト（感光材料）を塗布したものである。

[0020] 図１において、レチクルＲはレチクルホルダ（不図示）を介してレチクルステージＲＳＴ上に吸着保持され、レチクルステージＲＳＴはレチクルベース１２のＸＹ平面に平行な上面にエアベアリングを介して載置されている。レチクルステージＲＳＴは、レチクルベース１２上でＹ方向に一定速度で移動可能であり、かつＸ方向、Ｙ方向の位置、及びθｚ方向の回転角の微調整を行うことができる。レチクルステージＲＳＴの少なくともＸ方向、Ｙ方向の位置、及びθｚ方向の回転角を含む２次元的な位置情報は、例えばＸ軸のレーザ干渉計１４Ｘと、Ｙ軸の２軸のレーザ干渉計１４ＹＡ，１４ＹＢとを含むレチクル側干渉計システムによって計測され、その計測結果がステージ駆動系４及び主制御系２に供給される。ステージ駆動系４は、その位置情報及び主制御系２からの制御情報に基づいて、不図示の駆動機構（リニアモータなど）を介してレチクルステージＲＳＴの位置、速度、及び回転角を制御する。

[0021] 一方、ウエハWは、ウエハステージＷＳＴ上に保持され、ウエハステージＷＳＴは、ウエハベース２６のＸＹ平面に平行な上面をエアベアリングを介してＸ方向、Ｙ方向に移動するＸＹステージ２４と、ウエハホルダ２０を介してウエハWを吸着保持するＺチルトステージ２２とを備えている。Ｚチルトステージ２２は、例えば米国特許第５，４４８，３３２号明細書等に開示されるものと同様の構成の斜入射方式の多点のオートフォーカスセンサ（不

図示）の計測値に基づいて、ウエハWの表面（又は他の面）が投影光学系ＰＬの像面に合焦されるように、Ｚチルトステージ２２の上部（ウエハW）の光軸ＡＸ方向の位置（フォーカス位置）、及びθｘ、θｙ方向の回転角を制御する。

[0022] また、例えばＸ軸の２軸のレーザ干渉計３６ＸＰ，３６ＸＦ及びＹ軸の２軸のレーザ干渉計３６ＹＡ，３６ＹＢを含むウエハ側干渉計システムによって、Ｚチルトステージ２２（ウエハW）の少なくともＸ方向、Ｙ方向の位置、及びθｚ方向の回転角を含むウエハステージＷＳＴの２次元的な位置情報が計測され、計測結果がステージ駆動系４及び主制御系２に供給される。ステージ駆動系４は、その位置情報及び主制御系２からの制御情報に基づいて、不図示の駆動機構（リニアモータなど）を介して、ウエハステージＷＳＴ（ＸＹステージ２４）の２次元的な位置を制御する。

[0023] また、投影光学系ＰＬの＋Ｙ方向の側面に配置されたオフアクシス方式で例えば画像処理方式のウエハアライメント系ＡＬＧの計測結果、及びレチクルアライメント系（不図示）によって計測されるレチクルＲのアライメントマーク（不図示）の位置の計測結果はアライメント制御系６に供給される。アライメント制御系６はその計測結果に基づいてレチクルＲ及びウエハWのアライメントを行う。Ｚチルトステージ２２上のウエハWの近傍には、レチクルＲのパターンの像とウエハアライメント系ＡＬＧの検出中心との位置関係（ベースライン）を求めるための基準マークが形成された基準部材（不図示）も固定されている。

[0024] また、投影光学系ＰＬの波面収差を計測するために、Ｚチルトステージ２２上に、Ｙ軸の波面計測ユニット３０Ｙ及びＸ軸の波面計測ユニット３０Ｘが設けられている。波面計測ユニット３０Ｙ，３０Ｘの上部に、その上面が投影光学系ＰＬの像面と同じ高さに配置されて照明光ＩＬを透過するガラス板３２が固定されている。波面計測ユニット３０Ｙのガラス板３２ａの上面には、Ｙ方向に所定ピッチＰ２で遮光膜（遮光部）のラインパターンと透過部を交互に配置したＹ方向の回折格子３４Ｙが形成されている。また、波面

計測ユニット３０Ｘのガラス板３２ｂの上面には、Ｘ方向にピッチＰ２（Ｙ方向の回折格子３４Ｙと同じピッチ）で遮光膜（遮光部）のラインパターンと透過部を交互に配置したＸ方向の回折格子３４Ｘが形成されている。

[0025] 回折格子３４Ｘ，３４Ｙは、露光領域１８Ｗよりも小さい形状でよい。なお、回折格子３４Ｘ，３４Ｙは、投影光学系ＰＬの解像限界（０．１μｍ程度）に比べて、十分に大きく、例えば１００μｍ角程度以上の大きさとすることもできる。

波面計測ユニット３０Ｙは、後述のように回折格子３４Ｙから射出される複数の回折光によって形成される干渉縞（Ｙ軸のシアリング波面）の強度分布（光強度分布）の情報を計測し、計測結果を波面情報演算部７に供給する。同様に、波面計測ユニット３０Ｘは、回折格子３４Ｘから射出される複数の回折光によって形成される干渉縞（Ｘ軸のシアリング波面）の強度分布の情報を計測し、計測結果を波面情報演算部７に供給する。波面情報演算部７は、その強度分布の情報を用いて投影光学系ＰＬの波面収差を求め（詳細後述）、計測された波面収差を主制御系２に供給する。

[0026] また、例えば米国特許出願公開第２００６／２４４９４０号明細書に開示されているものと同様の、投影光学系ＰＬを構成する所定の複数のレンズのＺ方向の位置、及びθｘ、θｙ方向の傾斜角を制御することによって、投影光学系ＰＬのディストーション、倍率誤差、及びコマ収差等（波面収差）の結像特性を補正する結像特性補正機構（不図示）も備えられている。この場合、予め投影光学系ＰＬに入射する照明光ＩＬの積算照射量と結像特性の変動量との関係が求められており、この関係に基づいてその結像特性の変動量を抑制するようにその結像特性補正機構が駆動される。そして、例えばその結像特性補正機構を駆動したときに残存している波面収差が上記の波面計測ユニット３０Ｙ等を用いて計測され、この計測結果に基づいてその結像特性補正機構の駆動量が補正される。

[0027] 露光時には、レチクルＲの照明領域１８Ｒ内のパターンの投影光学系ＰＬによる像をウエハW上の一つのショット領域ＳＡ上に露光しつつ、レチクル

ＲとウエハＷとをＹ方向に投影倍率βを速度比として同期して移動することで、当該ショット領域ＳＡにレチクルＲのパターンの像が走査露光される。その後、ウエハステージＷＳＴを駆動してウエハＷをＸ方向、Ｙ方向にステップ移動する動作と、その走査露光動作とを繰り返すことによって、ステップ・アンド・スキャン方式でウエハＷ上の各ショット領域にレチクルＲのパターン像が露光される。

[0028] 次に、投影光学系ＰＬの波面収差を計測するための計測装置の構成につき説明する。なお、Ｙ軸の波面計測ユニット３０Ｙと、Ｘ軸の波面計測ユニット３０Ｘとは、波面のシアリング方向が直交している点が異なるのみでその基本的な構成は同様である。そこで、以下では主にＹ軸の波面計測ユニット３０Ｙを用いる計測装置につき説明する。先ず、投影光学系ＰＬの波面収差計測時には、不図示のレチクルローダ系によって、レチクルステージＲＳＴ上のレチクルＲがテストレチクルＲ１と交換される。テストレチクルＲ１のパターン領域には、アライメントが完了した状態で、Ｙ方向に所定のピッチＰ１で遮光膜（遮光部）のラインパターン（Ｙ方向に延在する細長い遮光エリア）と透過部（Ｙ方向に延在する細長い透過エリア）が交互に配置されたＹ方向の回折格子２８Ｙと、Ｘ方向に同じピッチＰ１で遮光膜（遮光部）のラインパターン（Ｘ方向に延在する細長い遮光エリア）と透過部（Ｘ方向に延在する細長い透過エリア）が交互に配置されたＸ方向の回折格子２８Ｘとが形成されている。回折格子２８Ｘ，２８Ｙは照明領域１８Ｒより小さい形状でよい。波面計測ユニット３０Ｙを用いる場合には、回折格子２８Ｙが照明領域１８Ｒ内の計測位置に配置され、波面計測ユニット３０Ｘを用いる際には、回折格子２８Ｘが使用される。

[0029] 回折格子２８Ｘ，２８Ｙの大きさは、回折格子３４Ｘ，３４Ｙに対して、投影光学系の投影倍率βの逆数倍程度に大きいことが望ましい。従って、回折格子３４Ｘ，３４Ｙをたとえば１００μｍ角の大きさとし、投影光学系の倍率を１／４倍とすれば、回折格子２８Ｘ，２８Ｙの大きさは、４００μｍ角程度の大きさとすることが望ましい。

すなわち、本実施形態及び後述する他の実施形態では、従来のシアリング法、ＰＤＩ法及びシャックハルトマン法を採用した装置とは異なり、投影光学系の物体面側に解像限界程度の微小開口を設ける必要がない。よって、この微小開口による光量損失もなく、従って、後述する撮像素子３８において大光量を得ることができ、高速かつ高精度な波面情報の計測が可能になる。

[0030] なお、回折格子２８Ｙ及び２８Ｘは、例えばレチクルステージＲＳＴ上のレチクルに対して走査方向に隣接する位置に固定された評価用基板（不図示）の一部に形成されていてもよい。

また、波面計測ユニット３０Ｘ及び波面計測ユニット３０Ｙは、そのどちらか一方のみであっても、投影光学系の収差を高性能に計測できる。従って、設置スペースに制約がある場合等には、どちらかの波面計測ユニットを設ければ十分である。

[0031] 図２は、波面計測ユニット３０Ｙを用いて投影光学系ＰＬの波面収差を計測している状態を示す。なお、以下では説明の便宜上、投影光学系ＰＬを前群レンズ系ＰＬａと、後群レンズ系ＰＬｂと、前群レンズ系ＰＬａと後群レンズ系ＰＬｂとの間の瞳面ＰＰＬに配置された開口絞りＡＳとを備える光学系で表すものとするが、投影光学系ＰＬの構成は任意である。また、図２等においては、回折格子２８Ｙ等はそのピッチを実際よりも拡大して表している。

[0032] 図２において、図１の照明領域１８Ｒ内の投影光学系ＰＬの物体面Ｇ１には、テストレチクルＲ１のパターン面に形成されたＹ方向にピッチ（周期）Ｐ１の回折格子２８Ｙが配置されている。回折格子２８Ｙを照明する図１の照明光学系ＩＬＳは通常照明に設定され、回折格子２８Ｙに照射される照明光ＩＬのコヒーレンスファクタ（＝照明光ＩＬの開口数／投影光学系ＰＬの物体面側の開口数ＮＡｉｎ＝σ値）は、一例として次の範囲に設定される。

[0033] σ値＝０．８～１ …（１）

これによって、回折格子２８Ｙから発生する回折光は、投影光学系ＰＬの瞳面ＰＰＬ上のほぼ全面（８０～１００％）に広がるようになる。なお、照

明光学系ＩＬＳから射出される照明光ＩＬのσ値を大きくするために、テストレチクルＲ１の上方に点線で示すように拡散板１０を設置してもよい。

[0034] この場合、投影光学系ＰＬの物体面側の開口数ＮＡｉｎと、投影光学系ＰＬの像面側の開口数ＮＡとの間には、投影光学系ＰＬの物体面から像面への投影倍率β（例えばβ＝１／４又は１／５等）を用いて次の関係がある。また、投影光学系ＰＬの開口数ＮＡは例えば０．８～０．９程度である。

ＮＡｉｎ＝β×ＮＡ …（２）

照明光ＩＬの波長をλとして、回折格子２８Ｙのピッチ Ｐ１は次の範囲内に設定されることが好ましい。

[0035] ４×λ／ＮＡｉｎ≦Ｐ１≦２００×λ／ＮＡｉｎ …（３Ａ）

本実施形態では、波長λは１９３ｎｍであるため、一例として投影倍率βを１／４、開口数ＮＡを０．８５とすると、式（３Ａ）よりピッチＰ１は、３．６～１８２μｍ程度になる。

また、図２では、照明光ＩＬ及び回折光をそれらの主光線で代表させている。そして、回折格子２８Ｙに照明光ＩＬが光軸ＡＸに沿って照射され、回折格子２８Ｙからは０次光Ｂ(0) 、＋１次回折光Ｂ(+1)、－１次回折光Ｂ(-1)、及び２次以上の回折光（不図示）が投影光学系ＰＬに向けて射出される。

[0036] また、＋１次回折光Ｂ(+1)の回折角θ１は、sin θ１＝λ／Ｐ１で規定され、－１次回折光Ｂ(-1)の回折角は－θ１である。本実施形態では、投影光学系ＰＬの瞳面ＰＰＬ上における回折光Ｂ(+1)及びＢ(-1)の主光線のＹ方向の間隔が、シアリング干渉する２つの波面のシア量（位置ずれ量）δｙとなる。そのシア量δｙは、投影光学系ＰＬの開口数ＮＡｉｎを単位として次のようになる。

[0037] δｙ＝２・sin θ１＝２・λ／Ｐ１ …（４）

式（４）を式（３Ａ）に代入すると次の関係が得られる。

ＮＡｉｎ／１００≦δｙ≦ＮＡｉｎ／２ …（３Ｂ）

即ち、式（３Ａ）が成立する場合には、式（３Ｂ）から瞳面ＰＰＬ上での２つの波面のシア量δｙは開口数ＮＡｉｎ（開口絞りＡＳの開口の半径に相

当する）の１／１００～１／２の範囲内となる。シア量δｙが式（３Ｂ）の下限より小さいとシア量が少ないため、計測ノイズが波面収差の計測精度に及ぼす影響が大きくなり、また、シア量δｙが式（３Ｂ）の上限より大きいと、求められる波面収差の精度、特に高次の波面収差の計測精度が十分ではなくなる。

[0038] なお、回折格子２８Ｙのピッチ Ｐ１はさらに以下の範囲であることがより好ましい。

８×λ／ＮＡｉｎ≦Ｐ１≦１００×λ／ＮＡｉｎ …（５Ａ）

この場合には、シア量δｙは次のように、ノイズの影響を受け難く、かつ精度的にも好ましい範囲となる。

ＮＡｉｎ／５０≦δｙ≦ＮＡｉｎ／４ …（５Ｂ）

なお、図１の照明光学系ＩＬＳ内のブラインドによって、回折格子２８Ｙ上で照明光ＩＬが照射される領域を所定の狭い範囲に絞るようにしてもよい。

[0039] 次に、図２において、回折格子２８Ｙの投影光学系ＰＬによる像の位置と少なくとも一部が重なるように、投影光学系ＰＬの像面Ｇ２上に波面計測ユニット３０Ｙのガラス板３２ａの上面のＹ方向にピッチ（周期）Ｐ２の回折格子３４Ｙが配置される。さらに、回折格子３４Ｙから発生する多数の回折光（０次光を含む）が照射される領域に受光面を持つ例えばＣＣＤ又はＣＭＯＳ型の２次元の撮像素子３８が配置され、撮像素子３８の検出信号が図１の波面情報演算部７に供給されている。ガラス板３２ａ（回折格子３４Ｙ）、撮像素子３８、及びこれらを支持する筐体３１を含んで波面計測ユニット３０Ｙが構成され、波面計測ユニット３０ＹはウエハステージＷＳＴ（Ｚチルトステージ２２）の上部に固定されている。この場合、回折格子３４Ｙのピッチ Ｐ２は、回折格子２８Ｙの投影光学系ＰＬによる像のピッチの１／２に設定されている。従って、投影光学系ＰＬの投影倍率βを用いると次のようになる。

[0040] Ｐ２＝β×Ｐ１／２ …（６）

回折格子２８Ｙのピッチ Ｐ１の範囲が式（３Ａ）である場合、一例として投影倍率βを１／４、開口数ＮＡを０．８５とすると、式（６）より回折格子３４Ｙのピッチ Ｐ２は、０．４５～２３μｍ程度になる。

また、回折格子３４Ｙは、周期方向における遮光部３４Ｙａの幅Ｄ２Ｙａと、透過部３４Ｙｂの幅Ｄ２Ｙｂとの比（デューティ比）が次のように１：１であることが好ましい。この場合には、回折格子３４Ｙから２次、４次等の偶数次数の回折光は発生しない。なお、実用的には、偶数次数の回折光の割合が減少するだけでもよいため、以下の式（８）は近似的に成立するのみでもよい。

[0041] Ｄ２Ｙａ：Ｄ２Ｙｂ＝１：１ …（７）

物体面Ｇ１上の回折格子２８Ｙから発生する０次光Ｂ(0) 及び±１次回折光Ｂ(+1)，Ｂ(−1)は、投影光学系ＰＬを介して像面Ｇ２上の回折格子３４Ｙに入射する。回折格子３４Ｙからは、入射する０次光Ｂ(0) の０次光Ｂ(0,0)及び±１次回折光Ｂ(0,+1)，Ｂ(0,−1)と、入射する＋１次回折光Ｂ(+1)の０次光Ｂ(+1,0)、±１次回折光Ｂ(+1,+1)，Ｂ(+1,−1)、及び＋２次回折光Ｂ(+1,+2)と、入射するー１次回折光Ｂ(−1)の０次光Ｂ(−1,0)、±１次回折光Ｂ(−1,+1)，Ｂ(−1,−1)、及びー２次回折光Ｂ(−1,−2)とが射出される。なお、式（７）がほぼ成立しているため、回折格子３４Ｙによる２次回折光Ｂ(+1,+2)，Ｂ(−1,−2)及び４次以上の偶数次の回折光の強度は極めて小さい。そこで、煩雑さを避けるために、これらの強度の弱い回折光の一部については図示を省略している。

[0042] また、０次光Ｂ(0,0)は回折格子３４Ｙからー Ｚ方向に射出され、＋１次回折光Ｂ(0,+1)の回折角θ２は、照明光ＩＬの波長λ及び回折格子３４Ｙのピッチ Ｐ２を用いて次のようになり、ー１次回折光Ｂ(0,−1)の回折角はーθ２になる。

sin θ２＝λ／Ｐ２ …（８）

さらに、＋１次回折光Ｂ(+1)の回折格子３４Ｙによる０次光Ｂ(+1,0)の回折角（ー Ｚ方向に対する角度）θ２１は、式（６）及び式（８）の関係を用い

て次のようになる。すなわち、＋１次回折光Ｂ(+1)と対称な－１次回折光Ｂ(-1)の回折格子３４Ｙによる０次光Ｂ(-1,0)の回折角は－θ２１であるので、sin θ２１＝－λ／（β・Ｐ１）である。この式に、式（６）及び式（８）を適用すると式（９)が得られる。式（９）の両辺を比較することで、回折角θ２１の絶対値は近似的に回折角θ２の１／２となる。

[0043] sin θ２１＝－λ／（β・Ｐ１）＝－λ／（２・Ｐ２）＝－sin θ２／２ …（９）

この場合、＋１次回折光Ｂ(+1)の回折格子３４Ｙによる＋１次回折光Ｂ(+1,+1)の回折角θ２ｘは次の関係を満たす。

sin θ２ｘ－sin θ２１＝λ／Ｐ２ …（１０）

式（９）と式（１０）とを比較して、回折角θ２ｘは次のように０次光Ｂ(-1,0)の回折角（－θ２１）に等しくなる。

[0044] sin θ２ｘ＝λ／（２・Ｐ２）＝－sin θ２１ …（１１）

従って、回折格子３４Ｙから射出される＋１次回折光Ｂ(+1,+1)及び０次光Ｂ(-1,0)は、平行でかつ主光線が重なっており、それらが互いに干渉することによりシアリング干渉光Ｃ２が生じる。同様に、回折格子３４Ｙから射出される０次光Ｂ(+1,0)及び－１次回折光Ｂ(-1,-1)は、平行でかつ主光線が重なっており、それらが互いに干渉することによりシアリング干渉光Ｃ１が生じる。シアリング干渉光Ｃ１及びＣ２は、それぞれ投影光学系ＰＬの瞳面ＰＰＬ上でシア量δｙだけＹ方向に横ずれした＋１次回折光Ｂ(+1)と－１次回折光Ｂ(-1)とが干渉して形成された干渉波面として撮像素子３８に受光される。

[0045] 図３（Ａ）は、照明光ＩＬが所定の開口数を持つ光束であることを考慮して、図２に示した回折光Ｂ(+1,0)，Ｂ(-1,-1)，Ｂ(-1,0)，Ｂ(+1,+1)を示した図である。すなわち、図３（Ａ）においては、各回折光は主光線のみでなく、開口数（角度範囲）を持った光線束として表されており、図示されているのはその境界線（外側境界）である。図３（Ａ）において、回折格子２８Ｙから射出された±１次回折光Ｂ(+1)及びＢ(-1)は、投影光学系ＰＬの瞳面

ＰＰＬ上では図３（Ｂ）に示すようにＹ方向にシア量δｙだけ離れたほぼ円形の領域を通過している。そして、図３（Ａ）の撮像素子３８に入射する０次光Ｂ(+1, 0)と－１次回折光Ｂ(−1, −1)とが重なったシアリング干渉光Ｃ１、０次光Ｂ(0, 0)、及び＋１次回折光Ｂ(+1, +1)と０次光Ｂ(−1, 0)とが重なったシアリング干渉光Ｃ２は、それぞれ図３（Ｃ）に示すようにＹ方向に位置ずれしたほぼ円形の領域に照射され、その結果、撮像素子３８の受光面上に干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆが現れる。

[0046] なお、露光装置に適用する場合には、一例として、撮像素子３８の受光面は回折格子３４ＹからＺ方向に数ｍｍ離れた位置に配置される。そして、投影光学系ＰＬの開口数ＮＡが０．８以上と大きく、回折格子３４ＹのＸ方向及びＹ方向の大きさが０．１ｍｍ程度と小さい。従って、撮像素子３８の受光面は、投影光学系ＰＬの瞳面ＰＰＬと実質的に共役な面とみなす事ができる。よって、撮像素子３８の受光面上の１点は、投影光学系ＰＬの瞳面ＰＰＬ内の１点に対応する。

[0047] 投影光学系ＰＬの収差がない状態では、投影光学系ＰＬの瞳ＰＰＬにおいてシア量δｙだけ離れた＋１次回折光Ｂ(+1)の光路と－１次回折光Ｂ(−1)の光路との間に収差、すなわち位相差がない。このため、撮像素子３８の受光面上のシアリング干渉光Ｃ１，Ｃ２の干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆは全面で一様な光強度となる。

一方、投影光学系ＰＬに収差がある状態では、シア量δｙだけ離れた＋１次回折光Ｂ(+1)の光路と－１次回折光Ｂ(−1)の光路との間に、収差に応じた位相差が生じる。従って、この位相差に応じて、干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆには、それぞれ、ゆるやかな明暗の分布が生じる。すなわち、この位相差が半波長の整数倍に近い場合は、＋１次回折光Ｂ(+1)と－１次回折光Ｂ(−1)が干渉して暗くなり、位相差が波長の整数倍に近い場合は、＋１次回折光Ｂ(+1)と－１次回折光Ｂ(−1)が干渉して明るくなる傾向がある。

[0048] 従って、この明暗の分布の形状を撮像素子３８で撮像し、得られた信号に基づいて投影光学系ＰＬの波面ＷＦの情報（波面情報）を算出することもで

きる。

シアリング干渉光Ｃ１の干渉縞Ｃ１ｆの強度分布から波面ＷＦを復元するものとした場合、シアリング干渉光Ｃ１の干渉縞Ｃ１ｆを形成する２つの回折光Ｂ(+1, 0)及び回折光Ｂ(−1, −1)は、回折格子３４Ｙを通る前は、それぞれ回折光Ｂ(+1)及び回折光Ｂ(−1)であり、それらは相互にＹ方向にδｙだけずれて投影光学系ＰＬの瞳面ＰＰＬを通過してきた光である。

従って、波面ＷＦが一定の周期を有する理想的な波面であるとすると、撮像素子３８に照射される回折光Ｂ(+1, 0)及び回折光Ｂ(−1, −1)は、このずれ量δｙに応じて相互にＹ方向にシフトした波面収差を持っている。

[0049] 図３（Ａ）の撮像素子３８上の光軸ＡＸを通りＹ軸に平行な直線上での回折光Ｂ(+1, 0)の位相分布は、例えば図３（Ｄ）の位相φ（＋１）となり、その直線上での回折光Ｂ(−1, −1)の位相分布は、図３（Ｅ）に示すように、位相φ（＋１）をシア量δｙだけ移動した位相φ（－１）となる。従って、その直線に対応する撮像素子３８の受光面上の領域におけるシアリング干渉光Ｃ１の干渉縞Ｃ１ｆの位相分布は、図３（Ｆ）に示すように、位相φ（＋１）と位相φ（－１）との差分の位相Δφとなる（波面収差がない場合には位相Δφ（位相差）はゼロであるが、波面収差が存在する場合にはシア量δｙだけ離れた二つの位置における波面ＷＦの位相の差に基づいて位相Δφがゼロとならない）。この位相Δφは、干渉縞Ｃ１ｆの強度分布（撮像素子３８の複数の画素毎に検出される光強度）から求めることができる。従って、その位相Δφを積分（積算）することによって、＋１次回折光Ｂ(+1)の位相φ（＋１）、ひいては投影光学系ＰＬの波面ＷＦの位相分布を復元でき、この位相分布から波面収差を求めることができる。

[0050] また、このとき回折格子２８Ｙと回折格子３４ＹとがＹ方向に相対移動すると、干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆの強度が全体として周期的に明暗に変化する。これは、回折格子２８Ｙと回折格子３４Ｙの相対移動により、回折光Ｂ(+1)と回折光Ｂ(−1)の位相が逆方向にずれるからであり、それらの位相のずれの和がλ／２（の奇数倍）に近くなると暗いパターンとして現れ、それらの位

相のずれのλ（の整数倍）に近くなると明るいパターンとして現れるからである。実際には、投影光学系ＰＬには瞳面ＰＰＬ上の波面（位相分布）ＷＦで示すように或る程度の波面収差が残存しているため、回折格子２８Ｙと回折格子３４Ｙを相対移動する前でも、干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆには上述の如く波面ＷＦに応じた強度分布が生じる。

そして、この強度分布は、回折格子２８Ｙと回折格子３４ＹとのＹ方向への相対移動に伴ない正弦関数的に変化する。そこで、図１の波面情報演算部７では、干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆの強度分布を求め、この強度分布から投影光学系ＰＬの波面ＷＦ、ひいては波面収差を求めることもできる。

[0051] 詳細は後述するが、具体的には、一例として、以下の如く波面収差を求める事ができる。先ず、回折格子２８Ｙと回折格子３４ＹとをＹ方向へ相対移動しつつ、撮像素子３８上に形成される干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆの強度分布を計測し、これを記憶装置に記憶する。さらに、一例として回折格子２８Ｙの１ピッチの１／１６に相当する距離だけ移動する毎に、強度分布の計測を行ない、１ピッチ分、すなわち１６回の計測を行う。

[0052] 干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆの強度分布は、回折格子２８Ｙと回折格子３４Ｙとの相対位置変化に対して正弦波的に変化するので、撮像素子３８上の各点（各画素の位置）におけるその正弦波の位相［ｒａｄ］を算出する。ここで回折格子２８Ｙの１ピッチの位置変化に相当する位相は２π［ｒａｄ］である。

上述の如く、撮像素子３８の受光面は、投影光学系ＰＬの瞳面ＰＰＬと実質的に共役とみなせる。よって、撮像素子３８上の各点の位相の相対値が、投影光学系ＰＬの波面収差の差分量に相当する。ここでの差分量の単位は［ｒａｄ］である。これにλ／２π（λは検出光の波長）を掛ければ、長さを単位とした波面収差が算出できる。

[0053] なお、図２に示した如く、撮像素子３８には、回折格子３４Ｙから射出される０次光Ｂ(0,0)及び±１次回折光Ｂ(0,+1)，Ｂ(0,-1)も照射される。しかし、これらの光Ｂ(0,0)，Ｂ(0,+1)，Ｂ(0,-1)は、単独の回折光からなる光で

ある。すなわち、これらの単独の回折光は、シアリング干渉光のように回折光同士が干渉して生じた光ではない。よって、これらの光Ｂ(0,0)，Ｂ(0,+1)，Ｂ(0,-1)が撮像素子３８上に形成する光の強度分布は、上記の如き回折格子２８Ｙと回折格子３４ＹのＹ方向への相対移動によっては、全く変化しない。従って、これらの回折光が撮像素子３８上に照射されても、波面収差の計測精度が低下することは無い。

[0054] また、図２に示した如く、撮像素子３８には、－１次回折光Ｂ(+1,-1)及び－２次回折光Ｂ(-1,-2)のペアも、平行かつ主光線が重なったシアリング干渉光として撮像素子３８上に照射されることになる。しかし、－２次回折光Ｂ(-1,-2)は、強度が小さいか、あるいは強度が実質的に０であるため、これによって波面収差の計測精度が低下することは無い。これは、＋１次回折光Ｂ(-1,+1)及び＋２次回折光Ｂ(+1,+2)のペアについても同様である。

[0055] また、図２には図示していないが、より高次の回折光によるシアリング干渉光（例えについても、回折格子２８Ｙから発生した－１次光の回折格子３４Ｙによる－３次光と回折格子２８Ｙから発生した＋１次光の回折格子３４Ｙによる－２次光のペアや、回折格子２８Ｙから発生した－１次光の回折格子３４Ｙによる－４次光と回折格子２８Ｙから発生した＋１次光の回折格子３４Ｙによる－３次光のペア）は、いずれも一方の回折光は、回折格子３４Ｙによる偶数次の回折光であるために、その強度が小さい、あるいは強度が実質的に０であるため、これによって波面収差の計測精度が低下することは無い。

[0056] このように、本実施形態及び後述する他の実施形態において、撮像素子３８に照射される回折光のうち、波面情報の計測に適したシアリング干渉光Ｃ１およびＣ２以外の回折光による悪影響を実質的に受けないのは、物体面側に配置する回折格子２８Ｙのピッチ Ｐ１と像面側に配置した回折格子３４Ｙのピッチ Ｐ２とが最適化されているためである。

なお、本実施形態及び後述する他の実施形態においては、撮像素子３８上に形成される干渉縞は、所定長さの周期を持って明暗が繰り返される、いわ

ゆる縞模様の明暗パターンを含むものではない。

[0057] なお、以上では煩雑化を避けるために説明を省略したが、実際には、図２の投影光学系ＰＬの物体面に配置する回折格子２８Ｙからも、高次の回折光は発生する。そして、これらの高次の回折光も、投影光学系ＰＬを透過して像面に配置された回折格子３４Ｙに照射され、これにより再度回折されて撮像素子３８に照射される。

これらの高次の回折光の振幅の符号、すなわち位相の０またはπ［ｒａｄ］は、一般的な回折理論が示す通り、遮光部２８Ｙａ及び透過部２８Ｙｂよりなる回折格子２８Ｙのピッチに対する回折格子２８Ｙの透過部２８Ｙｂの幅Ｄ１Ｙｂの比率によって変化する。

[0058] 本実施形態及び後述する他の実施形態においては、回折格子２８Ｙからの高次の回折光の強度や位相を最適化し、撮像素子３８上に良好な干渉縞を形成するために、回折格子２８Ｙの透過部の幅Ｄ１Ｙｂの、ピッチＰ１に対する関係を、次のようにすることが望ましい。

０．１×Ｐ１≦Ｄ１Ｙｂ≦０．４×Ｐ１　…（１２）

一方、これに反して、例えば透過部２８Ｙｂの幅Ｄ１Ｙｂが０．４×Ｐ１より大きいと、回折格子２８Ｙからの３次回折光は、強度が比較的大きい上に１次回折光に比べて逆位相となり、撮像素子３８上にノイズとなる干渉成分を生じさせてしまう。逆に、透過部２８Ｙｂの幅Ｄ１Ｙｂが０．１×Ｐ１より小さいと回折格子２８Ｙを透過する光量が減少し、高速かつ高精度な波面情報の計測が困難になる。

[0059] 以下、図４のフローチャートを参照して、図２のテストレチクルＲ１の回折格子２８Ｙ及び波面計測ユニット３０Ｙを含む計測装置を用いて、オンボディで投影光学系ＰＬの波面収差を計測する動作の一例につき説明する。この動作は主制御系２によって制御されるとともに、例えば露光工程中に定期的に実行される。

先ず図４のステップ１０１において、レチクルステージＲＳＴ上にテストレチクルＲ１がロードされ、図２に示すようにＹ方向の回折格子２８Ｙが計

測位置に移動され、その位置で回折格子２８Ｙは静止する。次に、主制御系２内の制御部で、整数の制御パラメータｉを１に設定し（ステップ１０２）、ウエハステージＷＳＴを駆動し、波面計測ユニット３０ＹのＹ方向の回折格子３４Ｙを回折格子２８Ｙの像の位置（計測位置）に移動する（ステップ１０３）。その位置で波面計測ユニット３０Ｙ（回折格子３４Ｙ）を静止させた後、照明光学系ＩＬＳから回折格子２８Ｙに対する照明光ＩＬの照射が開始される（ステップ１０４）。

[0060] 次のステップ１０５において、図３（Ａ）に示すように、回折格子２８Ｙ、投影光学系ＰＬ、及び回折格子３４Ｙを介して得られるシアリング干渉光Ｃ１（第１の２つの回折光Ｂ(+1, 0)及びＢ(−1, −1)の干渉光）の干渉縞Ｃ１ｆ、０次光Ｂ(0, 0)、及びシアリング干渉光Ｃ２（第２の２つの回折光Ｂ(−1, 0)及びＢ(+1, +1)の干渉光）の干渉縞Ｃ２ｆを含む干渉縞全体の強度分布（光強度分布）を撮像素子３８及び波面情報演算部７によって計測し、この計測結果から例えば一方の干渉縞Ｃ１ｆのみの強度分布を求め、得られた強度分布を波面情報演算部７の記憶部に記憶する。撮像素子３８の各画素のＸ方向、Ｙ方向の座標を（ｘ，ｙ）として、その計測結果は各画素毎の光強度Ｉ0(x, y)として記憶される。

[0061] なお、一方の干渉縞Ｃ１ｆのみの強度分布の代わりに、例えば、上述の干渉縞全体の強度分布を記憶して、以下の処理に使用することもできる。

次に、主制御系２は制御パラメータｉが所定の整数Ｎ（Ｎは例えば４以上の整数）に達したかどうかを判定する（ステップ１０６）。この段階ではｉ＜Ｎであるため、動作はステップ１０７に移行し、主制御系２は制御パラメータｉに１を加算する。その後、ステージ駆動系４を介してレチクルステージＲＳＴを駆動し、図３（Ａ）において、テストレチクルＲ１（回折格子２８Ｙ）を例えば−Ｙ方向の移動方向ＭＹにＰ１／（２Ｎ）だけ移動し（ステップ１０８）、動作はステップ１０５に戻る。これによって、１次回折光Ｂ(+1)，Ｂ(−1)の位相が逆方向にそれぞれ２π／（２Ｎ）［ｒａｄ］だけ変化するため、干渉縞Ｃ１ｆの位相は、２π／Ｎ［ｒａｄ］だけ変化する。

[0062] そして、回折格子２８Ｙ、投影光学系ＰＬ、及び回折格子３４Ｙを介して得られるシアリング干渉光Ｃ１，Ｃ２の干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆ、及び０次光Ｂ(0,0)の強度分布を撮像素子３８及び波面情報演算部７によって計測し、計測結果から得られる干渉縞Ｃ１ｆのみの強度分布を各画素毎の光強度Ｉ1(x,y)として波面情報演算部７の記憶部に記憶する。なお、一方の干渉縞Ｃ１ｆのみの強度分布の代わりに、例えば、干渉縞全体の強度分布を記憶して、以下の処理に使用することもできる。

[0063] その後、制御パラメータｉがＮに達するまで、ステップ１０８におけるテストレチクルＲ１（回折格子２８Ｙ）の移動方向ＭＹへのＰ１／（２Ｎ）だけの移動と、ステップ１０５におけるシアリング干渉光Ｃ１の干渉縞Ｃ１ｆの強度分布の計測、及びこの計測結果である各画素毎の光強度Ｉi-1(x,y)（ｉ＝１，２，…，Ｎ）の記憶とが繰り返される。そして、ステップ１０６で制御パラメータｉがＮに達したときに、動作はステップ１１１に移行して、照明光ＩＬの照射が停止される。

[0064] 次のステップ１１２において、波面情報演算部７は、ステップ１０５におけるＮ回の干渉縞Ｃ１ｆの強度分布の計測結果（光強度Ｉi-1(x,y)）から、撮像素子３８の各画素の位置（ｘ，ｙ）における干渉縞Ｃ１ｆの位相Δφ（ｘ，ｙ）を計算する。一例として、整数Ｎが４である場合には、計測される干渉縞の各画素毎の光強度はＩ0(x,y)，Ｉ1(x,y)，Ｉ2(x,y)，及びＩ3(x,y)となり、位相Δφ（ｘ，ｙ）は次のように計算できる。

[0065] Δφ（ｘ，ｙ）＝arctan｛（Ｉ3(x,y)－Ｉ1(x,y)）／（Ｉ0(x,y)－Ｉ2(x,y))｝＝arctan（ｂ／ａ）　…（１３）

この演算には差分演算が含まれているため、０次光Ｂ(0,0)の影響はより完全に相殺される。なお、Ｎの値が４以外の場合には、それに応じた計算式が使用される。また、arctanの主値は通常は－π／２～π／２の範囲であるが、式（１３）の場合には、数ａ，ｂの符号から位相の象限が判定できるため、位相を－π～π（又は０から２π等）の範囲内で特定できる。本実施形態の干渉縞はシアリング干渉光Ｃ１の波面（差分波面）であり、通常は位相Δ

φ（ｘ，ｙ）は±πの範囲内であるため、式（１３）をそのまま使用できる。なお、位相Δφ（ｘ，ｙ）が±πの範囲を超える場合には、周知の位相つなぎを行えばよい。

[0066] 次のステップ１１３において、波面情報演算部７は、その位相Δφ（ｘ，ｙ）をＹ方向に積分（又は積算）して、投影光学系ＰＬの瞳面ＰＰＬにおける＋１次回折光Ｂ(+1)の位相分布、即ち波面ＷＦを求める。さらに、この波面ＷＦを例えばゼルニケ多項式(Zernike's polynomials)で展開し、各次数の係数を求めることによって、波面収差を求めることができる。このようにして求められた波面収差の情報は主制御系２に供給され、波面収差の計測が終了する。なお、主制御系２では、例えばその波面収差の情報を用いて上記の結像特性補正機構の駆動量を補正する。これによって、投影光学系ＰＬの結像特性を常に良好な状態に維持できる。ステップ１０１～ステップ１１３は、ウエハWの露光動作の前後であれば、任意の段階で行うことができる。例えば、レチクルの交換時、特定のレチクルを用いて所定のロット数のウエハWの露光が終了した後、あるいは露光装置のメンテナンス時に行うことができる。

[0067] ところで、シアリング干渉光Ｃ１の干渉縞Ｃ１ｆとシアリング干渉光Ｃ２の干渉縞Ｃ２ｆは、基本的には同一の干渉縞である。そして、撮像素子３８上には、この２つの干渉縞が瞳面ＰＰＬ上のシア量δｙに対応する所定距離だけＹ方向にずれて形成されている。そこで、投影光学系ＰＬの波面情報のうちより高周波な成分をより精度良く計測するためには、Ｙ方向にずれた２つの干渉縞を数値的に１つの干渉縞に変換する処理（単一像化処理）を行なうことが望ましい場合もある。

[0068] この単一像化処理の一例としては、波面情報演算部７において、撮像素子３８で検出された信号（２次元画像情報）に対し、図５に示す如き数値フィルターを用いたコンボリューション演算を行うと良い。

図５は、単一像化処理に適した１次元数値フィルターＮＦの一例を示す図である。図５の横軸はＹ方向の位置、縦軸は位置Ｙにおける値Ｖ（Ｙ）であ

る。数値フィルターＮＦは、基準点ＹＣから±Ｙ方向にδｙ／２離れた２点ＹＰ１，ＹＭ１で正の値Ｖ１を持つ。そして、そこからさらにδｙ離れた２点ＹＰ２，ＹＭ２で負の値Ｖ２を持ち、さらにδｙ離れた２点ＹＰ３，ＹＭ３で正の値Ｖ３を持ち、Ｙ軸上の上記以外の点での値は０である。また、Ｖ３＝０．２×Ｖ１及びＶ２＝－０．４×Ｖ１とする。

[0069] 波面情報演算部７において、この数値フィルターＮＦを用いて撮像素子３８で検出された信号をコンボリューションすることにより、干渉縞の単一像化処理を行なうことができる。なお、数値フィルターＮＦの値Ｖ１、Ｖ２、Ｖ３の比は、上記に限定されるものではなく、波面情報の高周波成分の必要度に応じて比を設定すれば良い。

[0070] なお、単一像化処理は、撮像素子３８で検出された信号をフーリエ変換し、その結果に対して高周波強調処理を行ない、その結果をフーリエ逆変換することによっても、行なうことができる。

本実施形態の作用効果等は以下の通りである。

（１）本実施形態の波面収差の計測装置は、投影光学系ＰＬの波面収差を計測する装置において、投影光学系ＰＬの物体面側に配置される回折格子２８Ｙと、投影光学系ＰＬの像面側に配置され、回折格子２８Ｙの像のピッチβ・Ｐ１の１／２のピッチＰ２を持つ回折格子３４Ｙと、照明光ＩＬで回折格子２８Ｙを照明する照明光学系ＩＬＳと、回折格子２８Ｙ、投影光学系ＰＬ、及び回折格子３４Ｙを介した照明光ＩＬによって形成される複数の回折光（０次光を含む）の干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆを含む干渉縞の強度分布を検出する撮像素子３８と、撮像素子３８の検出結果に基づいて投影光学系ＰＬの波面収差を求める波面情報演算部７（演算装置）と、を備えている。

[0071] また、その計測装置を用いた投影光学系ＰＬの波面収差を計測する方法は、投影光学系ＰＬの物体面側に回折格子２８Ｙを配置し（ステップ１０１）、投影光学系ＰＬの像面側に回折格子３４Ｙを配置し（ステップ１０３）、照明光ＩＬで回折格子２８Ｙを照明し（ステップ１０４）、回折格子２８Ｙ、投影光学系ＰＬ、及び回折格子３４Ｙを介した照明光によって形成される

干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆを受光し（ステップ１０５）、受光した干渉縞に基づいて投影光学系ＰＬの波面収差を求めている（ステップ１１２，１１３）。

[0072] 本実施形態によれば、投影光学系ＰＬの物体側に配置される回折格子２８Ｙの大きさを、投影光学系ＰＬの解像限界に比べて十分に大きくとることができる。

すなわち、本実施形態によれば、従来のシアリング法、ＰＤＩ法及びシャックハルトマン法を採用した装置とは異なり、投影光学系の物体面側に解像限界程度の微小開口を設けることによる、光量の大幅な低下を防ぐことができる。よって、撮像素子３８において大光量を得る事ができ、高速高精度な波面情報の計測が可能になる。

[0073] また、投影光学系ＰＬの物体側に配置する回折格子２８Ｙのピッチ Ｐ１と、像面側に配置する回折格子３４Ｙのピッチ Ｐ２との関係を最適化したため、回折格子３４Ｙから発生する高次の回折光に起因するノイズの影響を抑え、投影光学系ＰＬの波面情報を高精度に計測できる。

（２）また、検出される第１の干渉縞Ｃ１ｆは、回折格子２８Ｙからの－１次回折光（１次光）による回折格子３４Ｙからの－１次回折光Ｂ(-1, -1)と、回折格子２８Ｙからの＋１次回折光（１次光）による回折格子３４Ｙからの０次光Ｂ(+1, 0)とのシアリング干渉光Ｃ１の干渉縞であり、検出される第２の干渉縞Ｃ２ｆは、回折格子２８Ｙからの＋１次回折光による回折格子３４Ｙからの＋１次回折光Ｂ(+1, +1)と、回折格子２８Ｙからの－１次回折光による回折格子３４Ｙからの０次光Ｂ(-1, 0)とのシアリング干渉光Ｃ２の干渉縞である。従って、投影光学系ＰＬの波面収差をシアリング干渉法で計測できる。

[0074] （３）また、その検出される干渉縞Ｃ１ｆ，Ｃ２ｆは、所定長の周期で明暗が繰り返される、いわゆる縞模様を含まない。これは、回折格子３４Ｙのピッチ Ｐ２が、回折格子２８Ｙの像のピッチの１／２であり、シアリング干渉光Ｃ１，Ｃ２がそれぞれ同じ方向に進む２つの回折光よりなり、上記ピッチ Ｐ２を有する回折格子３４Ｙの格子パターンが撮像素子３８上に反映され

なくなるからである。従って、回折格子３４Ｙから撮像素子３８までの距離に関係なく、干渉縞Ｃ１ｆ（又はＣ２ｆ）の強度分布から投影光学系ＰＬの波面を正確に復元できる。

[0075] （４）また、本実施形態では、回折格子２８Ｙを周期方向にＰ１／（２Ｎ）だけ移動して（ステップ１０８）、シアリング干渉光Ｃ１の干渉縞Ｃ１ｆの強度分布を計測すること（ステップ１０５）を複数回繰り返している。従って、その複数回の計測結果を演算処理することで（ステップ１１２）、干渉縞Ｃ１ｆの強度（振幅）が撮像素子３８の画素毎に異なる場合でも、干渉縞Ｃ１ｆの位相分布を正確に求めることができる。

[0076] なお、物体面側の回折格子２８Ｙを静止させておき、像面側の回折格子３４Ｙを周期方向に移動しながら、その干渉縞Ｃ１ｆの強度分布を複数回計測してもよい。

（５）また、干渉縞Ｃ１ｆの位相Δφ（ｘ，ｙ）を求めるための式（１３）の計算式は、実質的に干渉縞Ｃ１ｆを受光する撮像素子３８の受光面内で、回折格子２８Ｙ（又は回折格子３４Ｙ）の周期方向への移動に対する光量の変化を検出し、この検出結果に基づいて、位相Δφ（ｘ，ｙ）を求めているとみなすこともできる。その光量の変化を検出することによって、回折格子３４Ｙから発生する０次光Ｂ(0,0)の影響を相殺できる。そして、その位相Δφ（ｘ，ｙ）を積分することで、投影光学系ＰＬの波面、及び波面収差を求めることができる。

[0077] （６）また、本実施形態の露光装置１００は、照明光学系ＩＬＳからの照明光ＩＬでレチクルＲのパターンを照明し、照明光ＩＬでそのパターン及び投影光学系ＰＬを介してウエハＷを露光する露光装置において、投影光学系ＰＬの波面収差を求めるために、本実施形態の波面収差の計測装置を備え、照明光学系ＩＬＳをその計測装置の照明系として用いている。従って、投影光学系ＰＬの波面収差をオンボディで高精度に計測できるとともに、計測装置用の照明系を別途備える必要がない。

[0078] また、本実施形態の露光方法は、照明光ＩＬでレチクルＲのパターンを照

明し、照明光ＩＬでそのパターン及び投影光学系ＰＬを介してウエハＷを露光する露光方法において、本実施形態の波面収差の計測方法を用いて投影光学系ＰＬの波面収差を求めている。従って、投影光学系ＰＬの波面収差を高精度に求めることができる。

［比較例］

上記の実施形態とは異なり、投影光学系ＰＬの像面側の回折格子のピッチを投影光学系ＰＬの物体面側の回折格子の像のピッチの２倍に設定した比較例につき、図８を参照して説明する。図８において、図２に対応する部分には同一の符号を付している。

[0079] 図８において、投影倍率β（βは例えば１／４，１／５等）の投影光学系ＰＬの物体面Ｇ１上に配置されたＹ方向にピッチＰ１の回折格子２８Ｙが照明光ＩＬで照明され、回折格子２８Ｙから０次光Ｂ(0) 及び±１次回折光Ｂ(+1)，Ｂ(-1)が投影光学系ＰＬに向けて射出される。また、投影光学系ＰＬの像面Ｇ２上に、ガラス板３２Ａ上にＹ方向にピッチＰ３で形成された回折格子３４ＡＹが配置され、ピッチＰ３は次のように回折格子２８Ｙの像のピッチの２倍である。

[0080] $P3=\beta\times P1\times 2$ …（１４）

また、回折格子３４ＡＹの遮光部の幅と光透過部の幅との比（デューティ比）はほぼ１：１であり、回折格子３４ＡＹから発生する偶数次の回折光の強度は極めて小さい。

回折格子３４ＡＹからは、入射する０次光Ｂ(0) の０次光Ｂ(0,0)、±１次回折光Ｂ(0,+1)，Ｂ(0,-1)、及び±３次回折光Ｂ(0,+3)，Ｂ(0,-3)等と、入射する＋１次回折光Ｂ(+1)の０次光Ｂ(+1,0)、±１次回折光Ｂ(+1,+1)，Ｂ(+1,-1)、及び＋３次回折光等（不図示）と、入射するー１次回折光Ｂ(-1)の０次光Ｂ(-1,0)、±１次回折光Ｂ(-1,+1)，Ｂ(-1,-1)、及びー３次回折光等（不図示）とが射出される。なお、図８には０次光Ｂ(0) による極めて強度の小さい±２次回折光Ｂ(0,+2)，Ｂ(0,-2)も示してある。

[0081] ここで、回折格子３４ＡＹから発生する多数の回折光のうちの±１次光で

ある、＋１次回折光Ｂ(+1, +1)及びー１次回折光Ｂ(0, -1)が同じ方向に進むシアリング干渉光ＣＡ１となり、同様に、＋１次回折光Ｂ(0, +1)及びー１次回折光Ｂ(-1, -1)が同じ方向に進むシアリング干渉光ＣＡ２となり、撮像素子（不図示）上に形成される干渉縞の主成分を構成する。

[0082] しかし、この比較例においては、回折格子３４ＡＹから発生する３次及びそれ以上の奇数次の回折光もシアリング干渉光となる。例えば、－１次回折光Ｂ(+1, -1)及びー３次回折光Ｂ(0, -3)のペアと、＋３次回折光Ｂ(0, +3)及び＋１次回折光Ｂ(-1, +1)のペアがこれに該当する。

従って、撮像素子（不図示）上には、これら回折格子３４ＡＹから発生する３次以上の奇数次のシアリング干渉光ＣＡ１～ＣＡ４の干渉縞がノイズとして形成されるため、投影光学系ＰＬの波面収差を高精度に求めることが困難である。

[0083] ［第２の実施形態］

本発明の第２の実施形態につき図６を参照して説明する。本実施形態は、液浸法で露光を行う露光装置の投影光学系の波面収差を計測するために本発明を適用したものであり、図６において、図２に対応する部分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

図６は、本実施形態の投影光学系ＰＬの波面収差の計測装置を示す。図６において、投影光学系ＰＬの物体面Ｇ１上にＹ方向にピッチＰ１の回折格子２８Ｙが配置され、投影光学系ＰＬの像面Ｇ２上に、波面計測ユニット３０ＡＹのガラス板３２a（ガラス板３２）の回折格子３４Ｙが配置されている。回折格子３４ＹのＹ方向のピッチは、回折格子２８Ｙの像のピッチの１／２である。また、露光装置は、投影光学系ＰＬの最下端の光学素子Ｌ１とガラス板３２との間の一部の空間またはガラス板３２の全面上に、照明光ＩＬを透過する液体Ｌｑ（例えば純水）を供給して回収する局所液浸機構を備えている。局所液浸機構はウエハWの露光中は、光学素子Ｌ１とウエハの一部の領域との間の空間にのみ液体をＬｑを供給して回収する。

局所液浸機構は、一例として、光学素子Ｌ１の底面の空間を囲むリング状

のノズルヘッド５３と、ノズルヘッド５３の供給口５３ａに液体Ｌｑを供給する液体供給装置５４及び配管５５と、ノズルヘッド５３の回収口５３ｂから液体Ｌｑを回収（吸引）する液体回収装置５６及び配管５７とを備えている。なお、なお、局所液浸機構としては、例えば米国特許出願公開第２００５／０２４８８５６号、同第２００７／２４２２４７号明細書、又は欧州特許出願公開第１４２０２９８号明細書等に開示されている機構を使用してもよい。

[0084] また、不図示のウエハステージＷＳＴに固定された波面計測ユニット３０ＡＹは、ガラス板３２ａ（回折格子３４Ｙ）と、回折格子３４Ｙから発生する複数の回折光を或る程度集光するレンズ５１と、レンズ５１を支持するレンズホルダ５２と、その集光された複数の回折光を受光する２次元の撮像素子３８と、ガラス板３２ａ、レンズホルダ５２、及び撮像素子３８を支持する筐体３１Ａとを備えている。筐体３１Ａの上面のガラス板３２ａの底面の一部に、液体Ｌｑを通過させるための流路３１Ａａ，３１Ａｂが形成されている。

[0085] 本実施形態で投影光学系ＰＬの波面収差を計測する場合には、露光時と同様に、投影光学系ＰＬの光学素子Ｌ１とガラス板３２ａ（回折格子３４Ｙ）との間に液体Ｌｑが供給され、さらに流路３１Ａａ，３１Ａｂを通してガラス板３２ａとレンズ５１との間にも液体Ｌｑが満たされる。そして、回折格子２８Ｙが照明光ＩＬで照明され、回折格子２８Ｙ、投影光学系ＰＬ、及び回折格子３４Ｙを通過して発生するシアリング干渉光Ｃ１（０次光Ｂ(+1, 0)及び－１次回折光Ｂ(−1, −1)）とシアリング干渉光Ｃ２（０次光Ｂ(−1, 0)及び＋１次回折光Ｂ(+1, +1)）とが撮像素子３８で受光される。そのシアリング干渉光Ｃ１，Ｃ２の干渉縞の強度分布から第１の実施形態と同様に、さらに液浸法で露光を行う場合と同じ条件で投影光学系ＰＬの波面収差が高精度に求められる。

[0086] なお、上記の実施形態では、回折格子２８Ｙ及び回折格子３４Ｙは１次元の回折格子であるが、回折格子２８Ｙ及び回折格子３４Ｙとして例えばＸ方

向及びＹ方向に所定ピッチで形成された２次元の回折格子を使用してもよい。

また、上記の図２の実施形態において、投影光学系ＰＬの物体面上の回折格子２８Ｙの遮光部２８Ｙａのｙ方向の幅と透過部２８Ｙｂのｙ方向の幅との比（デューティ比）をほぼ１：１に設定することも可能である。この場合には、回折格子２８Ｙから発生する２次、４次等の偶数次の回折光の強度が弱くなる。さらに、回折格子２８Ｙのデューティ比をほぼ１：１に設定する場合に、隣り合う２つの透過部２８Ｙｂの位相が０及びπ［ｒａｄ］となる位相シフトパターンとすることも可能である。この位相シフトパターンを用いる場合には、回折格子２８Ｙからの０次光Ｂ(0)がほぼ０になるため、最終的に得られる干渉縞に対するノイズ光の割合が減少する。

[0087] また、上記の実施形態の露光装置１００（露光方法）を用いて半導体デバイス等の電子デバイス（又はマイクロデバイス）を製造する場合、電子デバイスは、図７に示すように、電子デバイスの機能・性能設計を行うステップ２２１、この設計ステップに基づいたレチクル（マスク）を製作するステップ２２２、デバイスの基材である基板（ウエハ）を製造してレジストを塗布するステップ２２３、前述した実施形態の露光装置（露光方法）によりレチクルのパターンを基板（感光基板）に露光する工程、露光した基板を現像する工程、現像した基板の加熱（キュア）及びエッチング工程などを含む基板処理ステップ２２４、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、パッケージ工程などの加工プロセスを含む）２２５、並びに検査ステップ２２６等を経て製造される。

[0088] 言い換えると、このデバイスの製造方法は、上記の実施形態の露光装置１００（露光方法）を用いてレチクルのパターンの像を基板（ウエハ）に転写することと、転写された基板をそのパターンの像に応じて処理すること（ステップ２２４）とを含んでいる。この際に、上記の実施形態によれば、例えば、上記露光工程の前後または、露光工程中に、露光装置の投影光学系ＰＬの波面収差を高精度に計測でき、この計測結果から投影光学系ＰＬの結像特

性を目標とする状態に高精度に維持できるため、電子デバイスを高精度に製造できる。

[0089] なお、本発明は、上述の走査露光型の露光装置を用いる場合の他に、ステッパー等の一括露光型の露光装置を用いる場合にも適用できる。

さらに、本発明は、露光光として波長１００ｎｍ程度以下の極端紫外光（Extreme Ultraviolet Light:ＥＵＶ光）を用いるＥＵＶ露光装置の投影光学系の波面収差を計測する場合にも適用できる。ＥＵＶ露光装置では、光学系は所定のフィルター等を除いて反射光学素子から構成され、レチクルも反射型である。従って、上記の回折格子２８Ｙの代わりに、例えばＥＵＶ光を反射する多数の微小なドットパターンを周期的に配置した反射型の格子等を使用し、回折格子３４Ｙの代わりにＥＵＶ光を吸収する基板に周期的に開口を設けた格子等を使用してもよい。

[0090] 上記第２の実施形態では、局所液浸機構を備えた局所液浸露光装置を例に挙げて説明したが、投影光学系と物体（物体の一部）との間の局所的空間だけに液体を介在させる局所液浸型のみならず、物体全体を液体に浸漬するタイプの液浸露光型の露光装置にも適用することができる。また、投影光学系と基板との間の液浸領域をその周囲のエアーカーテンで保持する液浸型の露光装置にも適用することができる。

[0091] また、本発明は、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、複数のステージを備えるマルチステージ型の露光装置または露光方法、あるいは、例えば国際公開第１９９９／２３６９２号パンフレット、米国特許第６，８９７，９６３号明細書などに開示されるように、計測部材（基準マーク、センサなど）を有する計測ステージを備える露光装置及び露光方法を用いる場合にも適用することができる。計測ステージを備える露光装置の場合には、波面計測ユニット３０Ｘ，３０Ｙは、計測ステージに設けてもよい。

[0092] また、本発明は、半導体デバイス製造用の露光装置への適用に限定される

ことなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（ＣＣＤ等）、マイクロマシーン、薄膜磁気ヘッド、ＭＥＭＳ(Microelectro mechanical Systems)、及びＤＮＡチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（フォトマスク、レチクル等）をフォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の露光工程にも適用することができる。

[0093] 本願に記載した上記公報、各国際公開パンフレット、米国特許及び米国特許出願公開明細書における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。なお、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

符号の説明

[0094] Ｒ１…テストレチクル、ＲＳＴ…レチクルステージ、ＰＬ…投影光学系、Ｗ…ウエハ、ＷＳＴ…ウエハステージ、Ｃ１，Ｃ２…シアリング干渉光、２…主制御系、７…波面情報演算部、２８Ｙ…回折格子、３０Ｙ，３０ＡＹ…Ｙ軸の波面計測ユニット、３４Ｘ…回折格子、３８…撮像素子、５１…レンズ

請求の範囲

[請求項1] 投影光学系の波面情報を計測する方法において、

前記投影光学系の物体面側に第１の格子を配置し、

前記投影光学系の像面側に、前記第１の格子の像のピッチの１／２のピッチを持つ第２の格子を配置し、

照明光で前記第１の格子を照明し、

前記第１の格子、前記投影光学系、及び前記第２の格子を介した前記照明光によって形成される干渉縞を受光し、

受光した前記干渉縞に基づいて前記投影光学系の波面情報を求める、

ことを特徴とする波面計測方法。

[請求項2] 前記干渉縞は、前記第１の格子からの＋１次回折光が前記第２の格子を照明することにより発生する前記第２の格子からの１次回折光と、前記第１の格子からの－１次回折光が前記第２の格子を照明することにより発生する前記第２の格子からの０次回折光との干渉成分を含むことを特徴とする請求項１に記載の波面計測方法。

[請求項3] 前記干渉縞は、縞模様を含まないことを特徴とする請求項２に記載の波面計測方法。

[請求項4] 前記第１の格子又は前記第２の格子を周期方向に移動しながら、前記干渉縞を複数回検出することを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の波面計測方法。

[請求項5] 前記干渉縞を受光する受光面内で、前記第１の格子又は前記第２の格子の周期方向への移動に対する光量の変化を検出し、

該検出結果に基づいて、前記投影光学系の波面情報を求めることを特徴とする請求項４に記載の波面計測方法。

[請求項6] 前記第１の格子は、前記照明光を透過する第１透過部と、前記照明光を遮光する第１遮光部とが、ピッチＰ１の周期で繰り返されるとともに、

前記第１透過部の幅は、前記ピッチＰ１の、０．１倍以上、０．４倍以下であることを特徴とする請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の波面計測方法。

[請求項7] 前記第２の格子は、前記照明光を透過する第２透過部と、前記照明光を遮光する第２遮光部を有し、

前記第２透過部の幅と前記第２遮光部の幅の比は、１：１であることを特徴とする請求項１から請求項６のいずれか一項に記載の波面計測方法。

[請求項8] 前記照明光の波長をλ、前記投影光学系の前記物体面側の開口数をＮＡinとして、前記第１の格子の前記ピッチＰ１は、

４×λ／ＮＡｉｎ≦Ｐ１≦２００×λ／ＮＡｉｎ

の範囲内であることを特徴とする請求項１から請求項７のいずれか一項に記載の波面計測方法。

[請求項9] 前記第１の格子の前記ピッチＰ１は、

８×λ／ＮＡｉｎ≦Ｐ１≦１００×λ／ＮＡｉｎ

を満たすことを特徴とする請求項８に記載の波面計測方法。

[請求項10] 前記干渉縞に基づいて前記投影光学系の波面情報を求めるに際し、前記干渉縞に対して単一像化処理を行うことを特徴とする請求項１から請求項９のいずれか一項に記載の波面計測方法。

[請求項11] さらに、前記投影光学系から前記第２の格子までの前記照明光の光路、及び前記第２の格子から所定面までの前記照明光の光路に前記照明光を透過する液体を供給することを含むことを特徴とする請求項１から請求項１０のいずれか一項に記載の波面計測方法。

[請求項12] 前記第１の格子を照明する前記照明光のコヒーレンスファクタは０．８～１であることを特徴とする請求項１から請求項１１のいずれか一項に記載の波面計測方法。

[請求項13] 照明光でパターンを照明し、前記照明光で前記パターン及び投影光学系を介して物体を露光する露光方法において、

請求項１から請求項１２のいずれか一項に記載の波面計測方法を用いて前記投影光学系の波面情報を求め、

求められた前記投影光学系の波面情報に基づいて前記投影光学系を調整し、

調整された前記投影光学系及び前記パターンを介して前記物体を前記照明光で照明することを特徴とする露光方法。

[請求項14] 前記投影光学系から前記第２の格子までの前記照明光の光路、及び前記第２の格子から所定面までの前記照明光の光路に前記照明光を透過する液体を供給することを含むことを特徴とする請求項１３に記載の露光方法。

[請求項15] 前記第１の格子には、前記遮光部及び前記光透過部が所定方向に延在して交互に配置されており、前記所定方向と直交する方向に前記第１の格子を前記第２の格子に相対して移動しながら、前記干渉縞を検出することを特徴とする請求項１３又は請求項１４に記載の露光方法。

[請求項16] 前記パターンと前記物体を前記所定方向と直交する方向に同期して移動しながら、前記物体を前記照明光で照明することを特徴とする請求項１５に記載の露光方法。

[請求項17] 投影光学系の波面情報を計測する装置において、

前記投影光学系の物体面側に配置される第１の格子と、

前記投影光学系の像面側に配置され、前記第１の格子の像のピッチの１／２のピッチを持つ第２の格子と、

照明光で前記第１の格子を照明する照明系と、

前記第１の格子、前記投影光学系、及び前記第２の格子を介した前記照明光によって形成される干渉縞の強度分布を検出する光電センサと、

前記光電センサの検出結果に基づいて前記投影光学系の波面情報を求める演算装置とを備えることを特徴とする波面計測装置。

[請求項18] 前記干渉縞は、前記第１の格子からの＋１次回折光が前記第２の格子を照明することにより発生する前記第２の格子からの１次回折光と、前記第１の格子からの－１次回折光が前記第２の格子を照明することにより発生する前記第２の格子からの０次回折光との干渉成分を含むことを特徴とする請求項１７に記載の波面計測装置。

[請求項19] 前記干渉縞は、縞模様を含まないことを特徴とする請求項１７に記載の波面計測装置。

[請求項20] 前記第１の格子又は前記第２の格子を周期方向に移動するステージを備え、

前記演算装置は、前記ステージによって前記第１の格子又は前記第２の格子を前記周期方向に移動したときに、前記光電センサを介して複数回計測される前記干渉縞の強度分布に基づいて前記波面情報を求めることを特徴とする請求項１７から請求項１９のいずれか一項に記載の波面計測装置。

[請求項21] 前記第１の格子は、前記照明光を透過する第１透過部と、前記照明光を遮光する第１遮光部とが、ピッチＰ１の周期で繰り返されるとともに、

前記第１透過部の幅は、前記ピッチＰ１の、０．１倍以上、０．４倍以下であることを特徴とする請求項１７から請求項２０のいずれか一項に記載の波面計測装置。

[請求項22] 前記第２の格子は、前記照明光を透過する第２透過部と、前記照明光を遮光する第２遮光部を有し、

前記第２透過部の幅と前記第２遮光部の幅の比は、１：１であることを特徴とする請求項１７から請求項２１のいずれか一項に記載の波面計測装置。

[請求項23] 前記照明光の波長をλ、前記投影光学系の前記物体面側の開口数をＮＡinとして、前記第１の格子の前記ピッチＰ１は、

４×λ／ＮＡｉｎ≦Ｐ１≦２００×λ／ＮＡｉｎ

を満たすことを特徴とする請求項１７から請求項２２のいずれか一項に記載の波面計測装置。

[請求項24] 前記第１の格子の前記ピッチＰ１は、

８×λ／ＮＡｉｎ≦Ｐ１≦１００×λ／ＮＡｉｎ

を満たすことを特徴とする請求項２３に記載の波面計測装置。

[請求項25] 前記演算装置は、前記光電センサの検出結果である前記干渉縞の強度分布に対し、単一像化処理を行う単一像化ユニットを有することを特徴とする請求項１７から請求項２４のいずれか一項に記載の波面計測装置。

[請求項26] 前記投影光学系から前記第２の格子までの前記照明光の光路、及び前記第２の格子から所定面までの前記照明光の光路に前記照明光を透過する液体を供給する液体供給装置を備えることを特徴とする請求項１７から請求項２５のいずれか一項に記載の波面計測装置。

[請求項27] 前記照明系は、前記第１の格子をコヒーレンスファクタが０．８～１の前記照明光で照明することを特徴とする請求項１７から請求項２６のいずれか一項に記載の波面計測装置。

[請求項28] 照明光でパターンを照明し、前記照明光で前記パターンを介して物体を露光する露光装置において、

前記照明光で照明されたパターンの像を前記物体上に投影する前記投影光学系と、

前記投影光学系の波面情報を求めるために用いる請求項１７から請求項２７のいずれか一項に記載の波面計測装置と、を備え、

前記波面計測装置の前記照明系を用いて前記パターンを照明することを特徴とする露光装置。

[請求項29] さらに、前記物体を保持しつつ移動する第１ステージを備え、前記第２の格子及び光電センサが前記第１ステージに設けられていることを特徴とする請求項２８に記載の露光装置。

[請求項30] さらに、前記投影光学系から前記第２の格子までの前記照明光の光

路、及び前記第２の格子から所定面までの前記照明光の光路に前記照明光を透過する液体を供給する液体供給装置を備えることを特徴とする請求項２８に記載の露光装置。

[請求項31] 前記第１の格子には、遮光部及び光透過部が所定方向に延在して交互に配置されていることを特徴とする請求項２８に記載の露光装置。

[請求項32] 前記第１の格子は、遮光部及び光透過部が交互に配置された一対の格子を含み、一方の格子の前記遮光部及び前記光透過部が所定方向に延在し、他方の格子の前記遮光部及び前記光透過部が前記所定方向と直交する方向に延在することを特徴とする請求項２８に記載の露光装置。

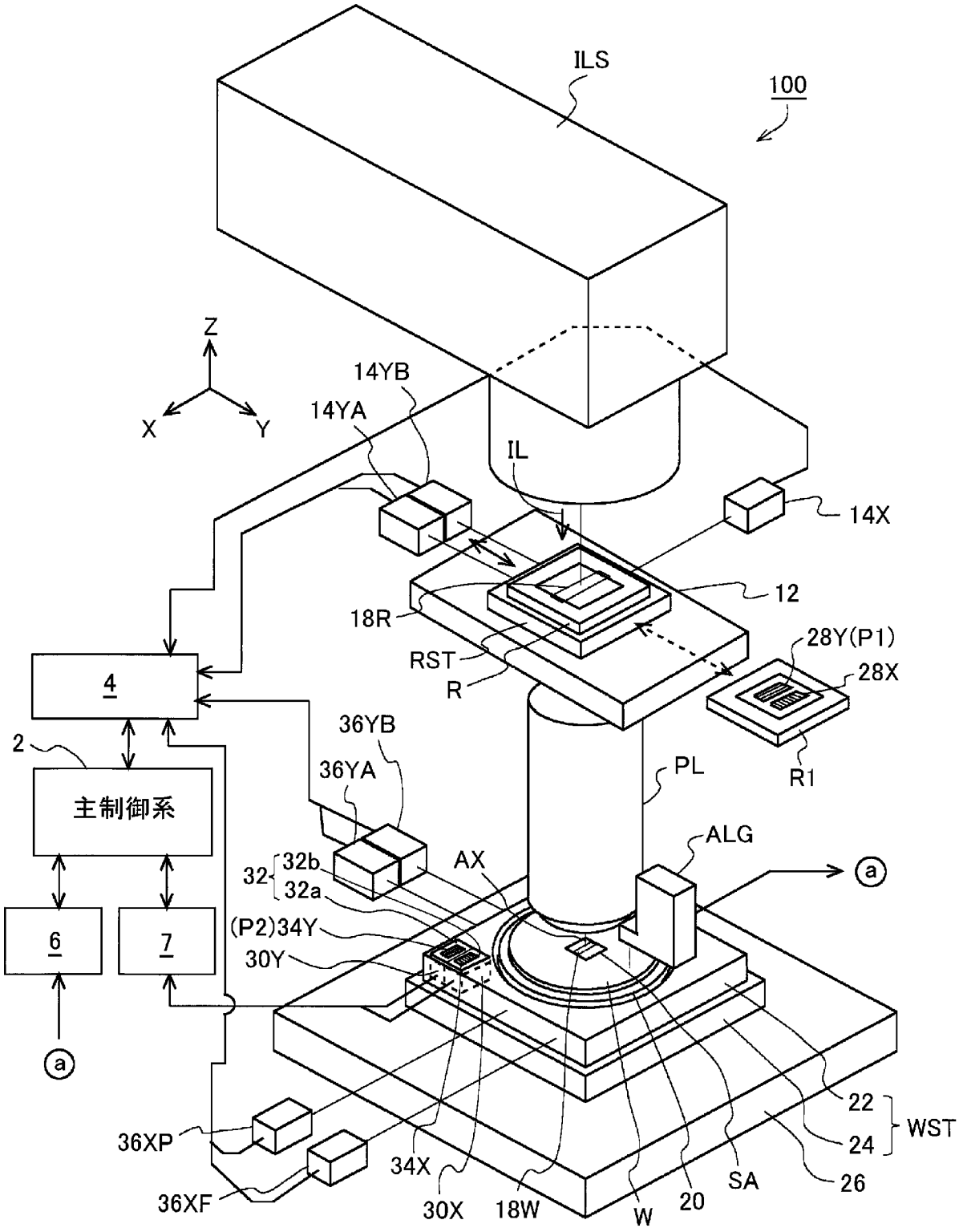
[請求項33] さらに、前記パターンを保持しつつ移動可能な第２ステージを備え、

露光時には第２ステージに保持された前記パターン及び第１ステージに保持された前記物体を走査方向に同期移動しながら前記照明光で前記パターンを照明して前記パターン及び投影光学系を介して物体を露光し、波面計測時には第２ステージに第１格子を保持して、第１ステージに設けられた第２の格子又は第２ステージに保持された第１の格子を前記走査方向に移動しながら、前記波面計測装置が前記投影光学系の波面情報を求めることを特徴とする請求項２９に記載の露光装置。

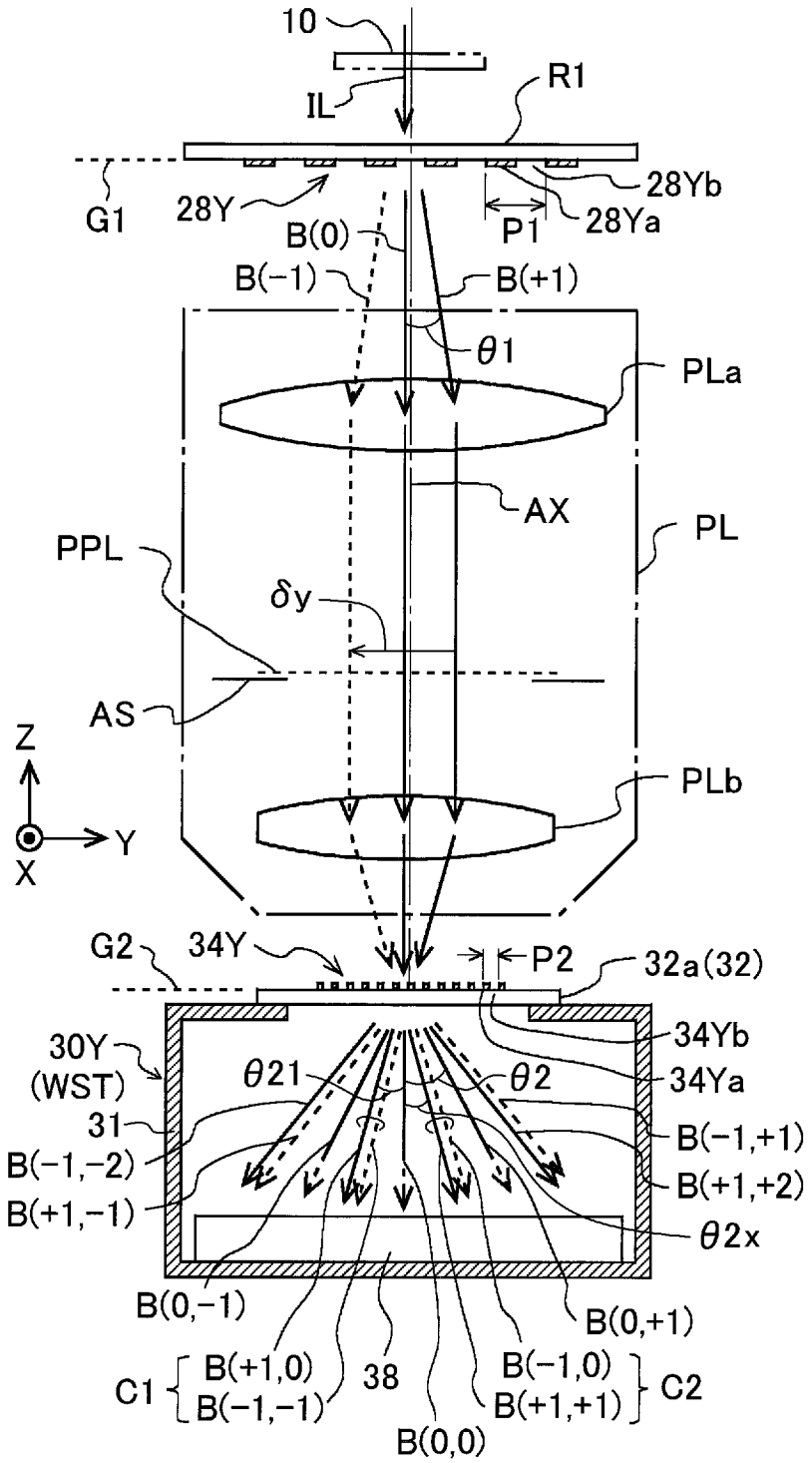
[請求項34] 請求項１３から請求項１６のいずれか一項に記載の露光方法を用いて基板を露光することと、露光された前記基板を処理することと、を含むデバイス製造方法。

[請求項35] 請求項２８から請求項３３のいずれか一項に記載の露光装置を用いて基板を露光することと、露光された前記基板を処理することと、を含むデバイス製造方法。

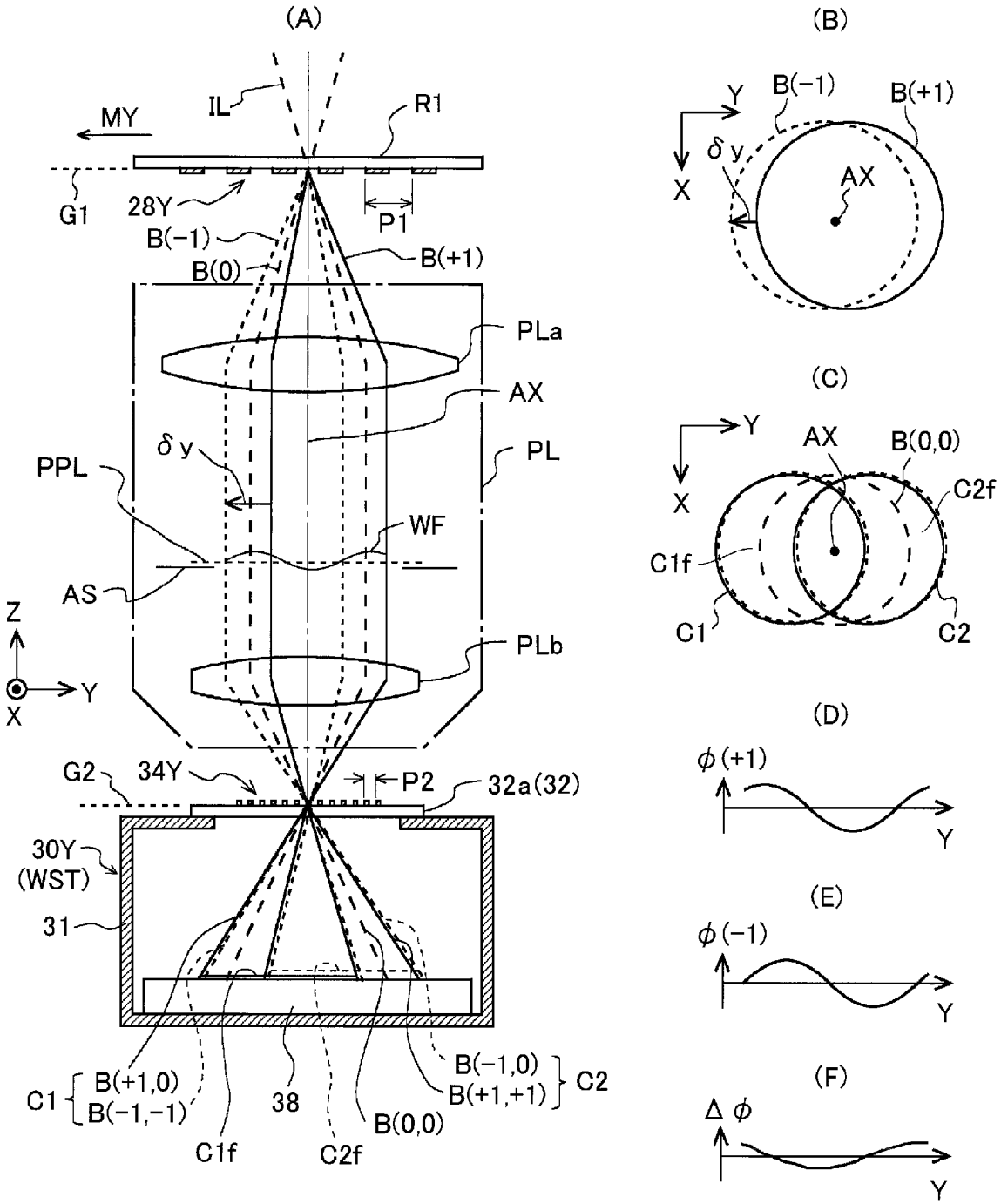
[図1]


ILS
100
Z
X
Y
14YB
14YA
IL
14X
12
18R
RST
R
28Y(P1)
28X
R1
4
2
主制御系
36YB
36YA
PL
ALG
a
32
32b
32a
AX
(P2)34Y
30Y
6
7
a
36XP
36XF
34X
30X
18W
W
20
SA
26
22
24
WST

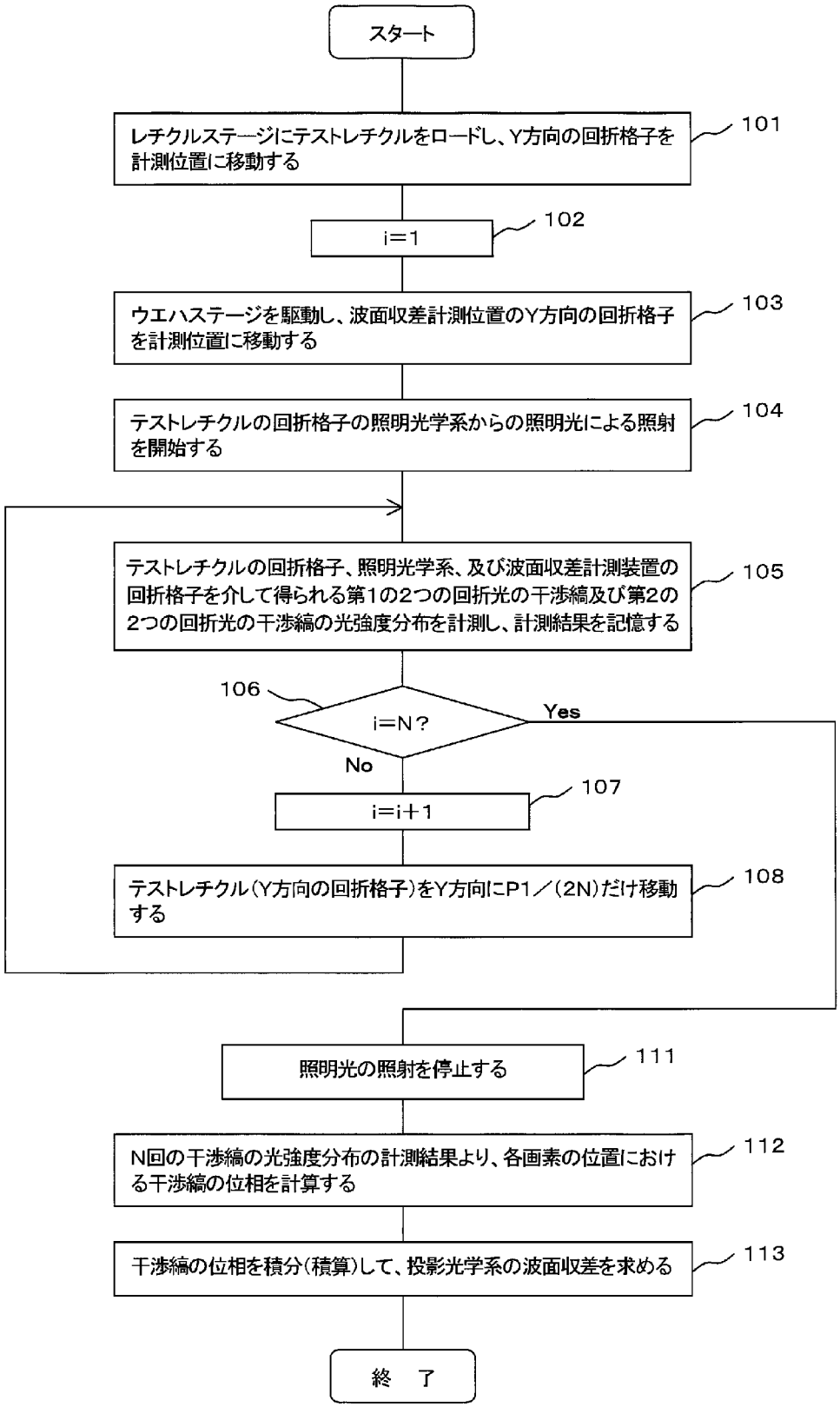
[図2]


10
IL
R1
G1
28Y
B(0)
P1
28Yb
28Ya
B(−1)
B(+1)
θ1
PLa
AX
PL
PPL
δy
AS
Z
Y
X
PLb
G2
34Y
P2
32a(32)
30Y
(WST)
θ21
θ2
34Yb
34Ya
31
B(−1,+1)
B(−1,−2)
B(+1,+2)
B(+1,−1)
θ2x
B(0,−1)
B(0,+1)
C1
B(+1,0)
B(−1,−1)
38
B(−1,0)
B(+1,+1)
C2
B(0,0)

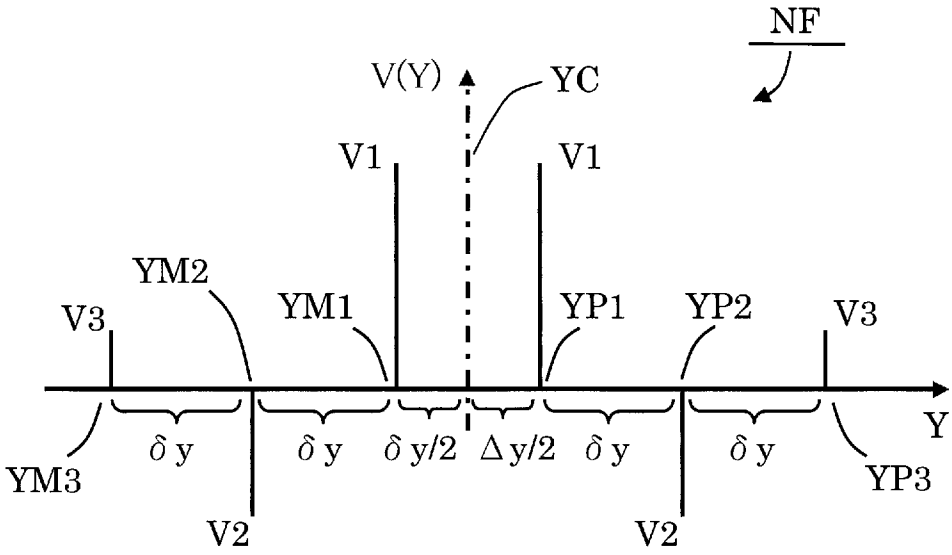
[図3]


(A)
IL
R1
MY
G1
28Y
P1
B(−1)
B(0)
B(+1)
PLa
AX
δy
PL
PPL
WF
AS
Z
Y
X
PLb
G2
34Y
P2
32a(32)
30Y
(WST)
31
C1
B(+1,0)
B(−1,−1)
38
C1f
C2f
B(0,0)
B(−1,0)
B(+1,+1)
C2
(B)
Y
B(−1)
B(+1)
δy
X
AX
(C)
Y
AX
B(0,0)
C2f
X
C1f
C1
C2
(D)
φ(+1)
Y
(E)
φ(−1)
Y
(F)
Δφ
Y

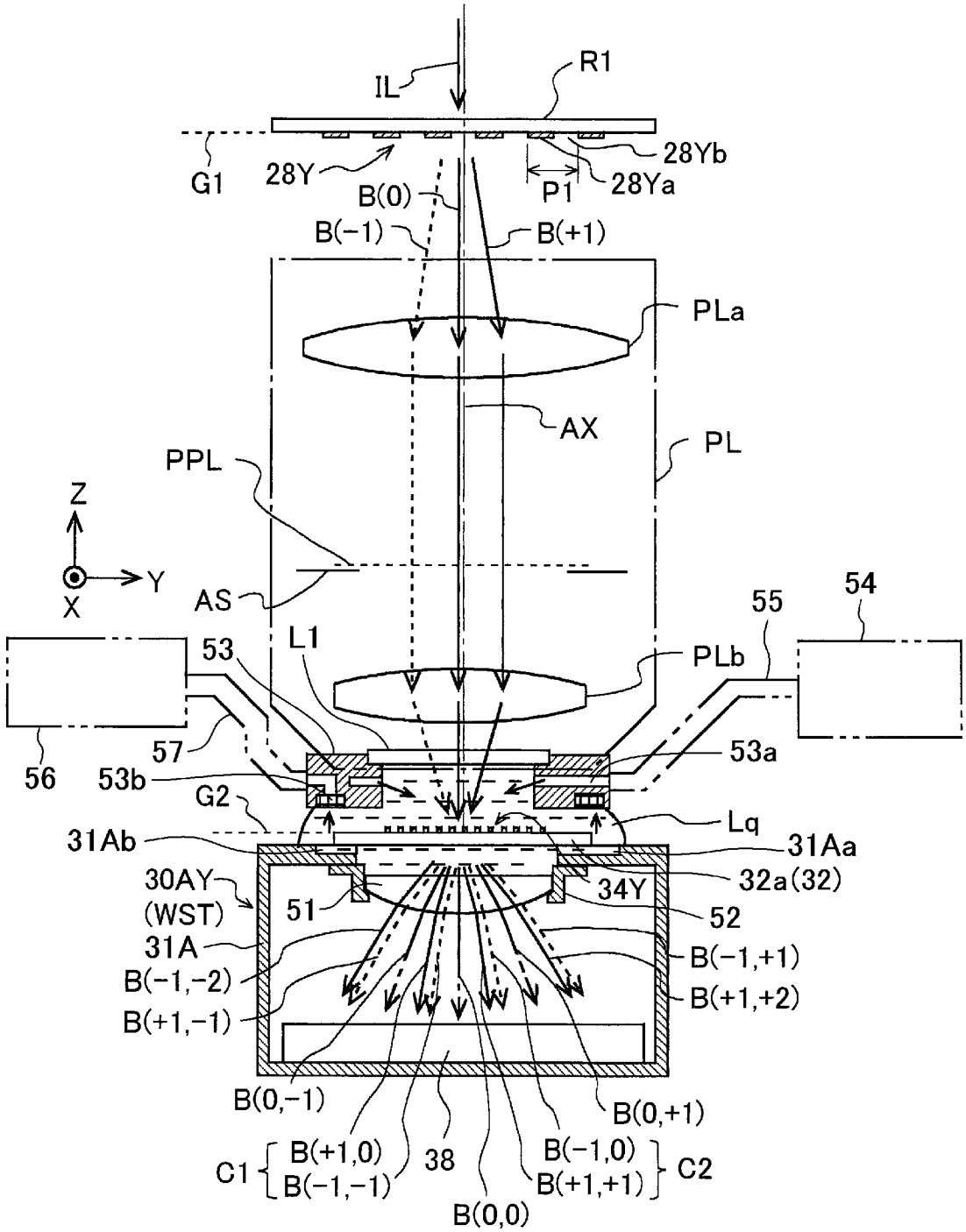
[図4]


スタート
レチクルステージにテストレチクルをロードし、Y方向の回折格子を計測位置に移動する
101
i=1
102
ウエハステージを駆動し、波面収差計測位置のY方向の回折格子を計測位置に移動する
103
テストレチクルの回折格子の照明光学系からの照明光による照射を開始する
104
テストレチクルの回折格子、照明光学系、及び波面収差計測装置の回折格子を介して得られる第1の2つの回折光の干渉縞及び第2の2つの回折光の干渉縞の光強度分布を計測し、計測結果を記憶する
105
106
i=N?
Yes
No
i=i+1
107
テストレチクル(Y方向の回折格子)をY方向にP1/(2N)だけ移動する
108
照明光の照射を停止する
111
N回の干渉縞の光強度分布の計測結果より、各画素の位置における干渉縞の位相を計算する
112
干渉縞の位相を積分(積算)して、投影光学系の波面収差を求める
113
終 了

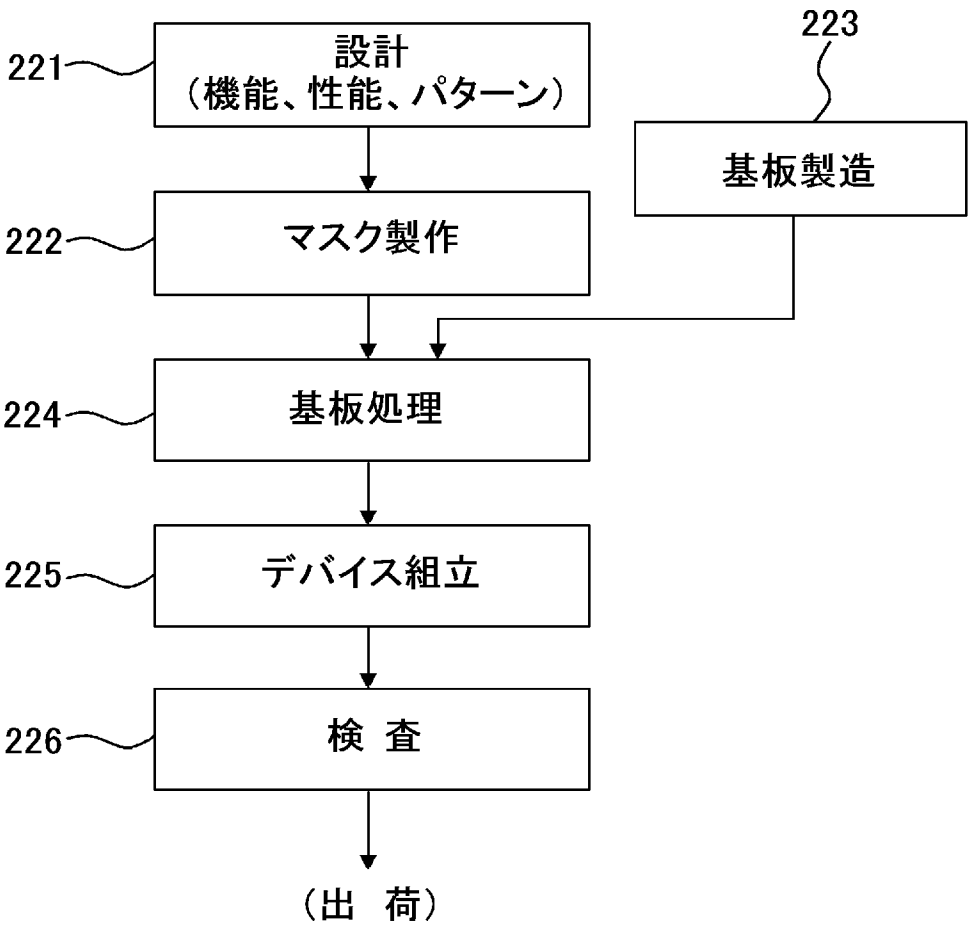
[図5]


NF
V(Y)
YC
V1
V1
YM2
YM1
YP1
YP2
V3
V3
Y
δy
δy
δy/2
Δy/2
δy
δy
YM3
YP3
V2
V2

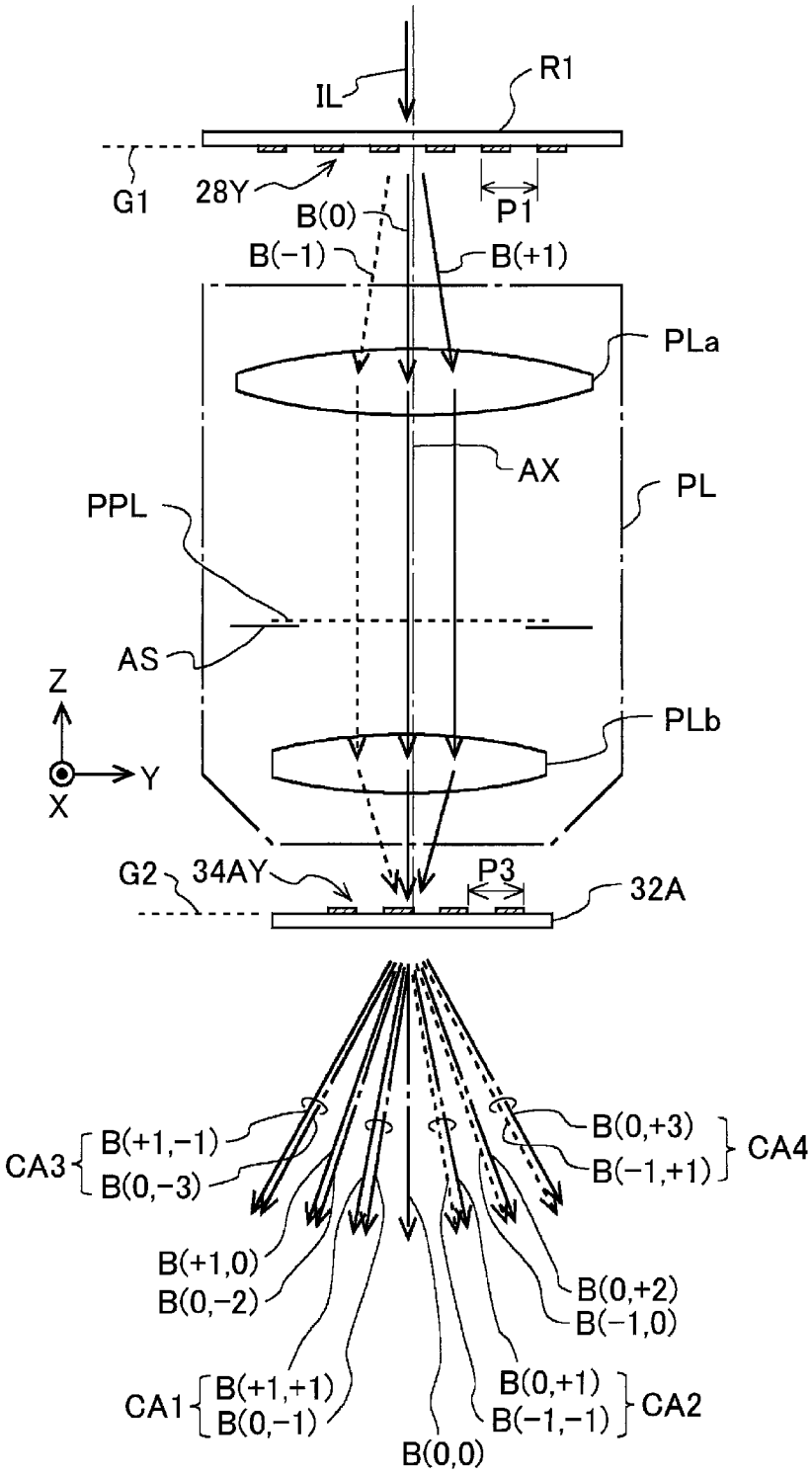
[図6]


IL
R1
G1
28Y
28Yb
28Ya
P1
B(0)
B(−1)
B(+1)
PLa
AX
PL
PPL
Z
Y
X
AS
55
54
L1
53
PLb
57
53a
56
53b
G2
Lq
31Ab
31Aa
30AY
(WST)
51
34Y
32a(32)
52
31A
B(−1,+1)
B(−1,−2)
B(+1,+2)
B(+1,−1)
B(0,−1)
B(0,+1)
C1
B(+1,0)
B(−1,−1)
38
B(−1,0)
B(+1,+1)
C2
B(0,0)

[図7]


221
設計
（機能、性能、パターン）
223
基板製造
222
マスク製作
224
基板処理
225
デバイス組立
226
検 査
（出 荷）

[図8]


IL
R1
G1
28Y
P1
B(0)
B(−1)
B(+1)
PLa
AX
PL
PPL
AS
Z
Y
X
PLb
G2
34AY
P3
32A
CA3
B(+1,−1)
B(0,−3)
B(0,+3)
B(−1,+1)
CA4
B(+1,0)
B(0,−2)
B(0,+2)
B(−1,0)
CA1
B(+1,+1)
B(0,−1)
B(0,+1)
B(−1,−1)
CA2
B(0,0)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/058283

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/027(2006.01)i, *G01M11/02*(2006.01)i, *G03F7/20*(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

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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	JP 2006-269578 A (Nikon Corp.), 05 October 2006 (05.10.2006), paragraphs [0007] to [0011], [0020] to [0025], [0032], [0036], [0051], [0057]	1-2,4-10, 12-13,15-18, 20-25,27-29, 31-35
Y	(Family: none)	11,14,26,30
Y	JP 2006-351990 A (Canon Inc.), 28 December 2006 (28.12.2006), paragraphs [0007], [0030] to [0034]; fig. 1 (Family: none)	11,14,26,30

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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	Date of mailing of the international search report
10 August, 2010 (10.08.10)	24 August, 2010 (24.08.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/058283

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-263232 A (ASML Holding N.V.), 30 October 2008 (30.10.2008), claim 1 & JP 2006-514441 A & JP 2005-79592 A & JP 2008-261866 A & US 2004/0145714 A1 & US 2004/0136070 A1 & US 2005/0146700 A1 & US 2006/0256349 A1 & WO 2004/066366 A2	1-2,4-18, 20-35

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/058283

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 3, 19
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
Since it is unclear that what interference fringe the interference fringe having no fringe pattern means, claims 3, 19 relate parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out.

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０５８２８３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/027(2006.01)i, G01M11/02(2006.01)i, G03F7/20(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

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

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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	JP 2006-269578 A (株式会社ニコン) 2006.10.05, 段落 0007～0011, 0020～0025, 0032, 0036, 0051 及び 0057 (ファミリーなし)	1-2, 4-10, 12-13, 15-18, 20-25, 27-29, 31-35
Y		11, 14, 26, 30
Y	JP 2006-351990 A (キヤノン株式会社) 2006.12.28, 段落 0007, 0030～0034 及び図１ (ファミリーなし)	11, 14, 26, 30

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「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
「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）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「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
「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
「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
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １０．０８．２０１０	国際調査報告の発送日 ２４．０８．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　2M　４４５７ 秋田　将行 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７４

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
A	JP 2008-263232 A (エースエムエル　ホールディング　エヌ．ブイ．) 2008.10.30, 請求項１ & JP 2006-514441 A & JP 2005-79592 A & JP 2008-261866 A & US 2004/0145714 A1 & US 2004/0136070 A1 & US 2005/0146700 A1 & US 2006/0256349 A1 & WO 2004/066366 A2	1-2,4-18,20-35

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０５８２８３

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☑ 請求項 3, 19 は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
縞模様を含まない干渉縞とは、どのような干渉縞を示しているのか不明確なため、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。

３．☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。