

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4649717号
(P4649717)

(45) 発行日 平成23年3月16日(2011.3.16)

(24) 登録日 平成22年12月24日(2010.12.24)

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)

F 1

G03F 7/20 501
H01L 21/30 516A
H01L 21/30 516D
H01L 21/30 517

請求項の数 23 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2000-269288 (P2000-269288)
 (22) 出願日 平成12年9月5日 (2000.9.5)
 (65) 公開番号 特開2001-166497 (P2001-166497A)
 (43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)
 審査請求日 平成19年8月22日 (2007.8.22)
 (31) 優先権主張番号 特願平11-282114
 (32) 優先日 平成11年10月1日 (1999.10.1)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100108578
 弁理士 高橋 詔男
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆
 (74) 代理人 100101465
 弁理士 青山 正和
 (74) 代理人 100107836
 弁理士 西 和哉
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】露光方法及び露光装置、デバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の照明光学系からマスクに露光光を照明し、複数の前記照明光学系のそれぞれに対応して配された複数の投影光学系を介して前記マスクのパターンの像を形成する露光方法において、

複数の前記投影光学系をそれぞれ介した前記露光光によって形成される複数の投影領域における前記露光光の照度を均一化する均一化処理と、

複数の前記投影領域の前記照度が均一化された状態で複数の前記投影光学系によって形成される前記パターンの像の寸法を前記投影光学系ごとに計測する寸法計測処理と、

前記投影光学系ごとに計測された前記パターンの像の寸法に基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに独立して調整する調整処理と、

を含むことを特徴とする露光方法。

【請求項2】

請求項1に記載の露光方法において、

前記調整処理は、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つの変化量に対して前記パターンの像の寸法変化量が予め対応付けられたデータテーブルと、前記パターンの像の寸法とに基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影

10

20

光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに調整することを特徴とする露光方法。

【請求項3】

請求項1に記載の露光方法において、

前記調整処理は、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つの変化量に対応する前記パターンの像の寸法変化量を示す関係式と、前記パターンの像の寸法に基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに調整することを特徴とする露光方法。

10

【請求項4】

請求項1～3のいずれかに記載の露光方法において、

前記調整処理は、前記寸法計測処理によって計測された前記パターンの像の寸法に基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに調整することを特徴とする露光方法。

【請求項5】

請求項4に記載の露光方法において、

前記寸法計測処理は、複数の前記投影光学系によって所定の基板上に転写された前記パターンの像の寸法を計測することを特徴とする露光方法。

20

【請求項6】

請求項1～5のいずれかに記載の露光方法において、

前記照明光学系ごとに該照明光学系の前記露光光の照射量を計測する照射量計測処理を含み、

前記調整処理は、前記照射量計測処理の計測結果に基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量を調整することを特徴とする露光方法。

【請求項7】

請求項1～6のいずれかに記載の露光方法において、

前記調整処理は、前記パターンの像の寸法に基づいて、前記投影光学系の光学特性として該投影光学系の焦点位置を調整することを特徴とする露光方法。

30

【請求項8】

請求項1～7のいずれかに記載の露光方法において、

前記調整処理は、前記パターンの像の寸法に基づいて、前記照明光学系の光路上に設けられた光学部材の開口の大きさを前記照明光学系の光学特性として調整することを特徴とする露光方法。

【請求項9】

請求項1～8のいずれかに記載の露光方法において、

前記調整処理は、前記パターンの像の寸法に基づいて、前記投影光学系の光学特性として該投影光学系の開口数を調整することを特徴とする露光方法。

【請求項10】

請求項1～9のいずれかに記載の露光方法において、

前記調整処理は、前記パターンの像の寸法に基づいて、前記照明光学系の光学特性として該照明光学系の前記露光光の波長を調整することを特徴とする露光方法。

40

【請求項11】

露光光をマスクに照明する複数の照明光学系と、複数の前記照明光学系のそれぞれに対応して配され、前記露光光によって照明される前記マスクのパターンの像を形成する複数の投影光学系とを備えた露光装置において、

複数の前記投影光学系をそれぞれ介した前記露光光によって形成される複数の投影領域における前記露光光の照度が均一化された状態で複数の前記投影光学系によって形成される前記パターンの像の寸法を前記投影光学系ごとに計測する寸法計測系と、

50

前記投影光学系ごとに計測された前記パターンの像の寸法に基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに独立して調整する制御系と、

を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項12】

請求項11に記載の露光装置において、

前記制御系は、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つの変化量に対して前記パターンの像の寸法変化量が対応付けられたデータテーブルを有し、該データテーブルと前記パターンの像の寸法とに基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに調整することを特徴とする露光装置。 10

【請求項13】

請求項11に記載の露光装置において、

前記制御系は、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つの変化量に対応する前記パターンの像の寸法変化量を示す関係式を有し、該関係式と前記パターンの像の寸法とに基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに調整することを特徴とする露光装置。 20

【請求項14】

請求項11～13のいずれかに記載の露光装置において、

前記制御系は、前記寸法計測系によって計測された前記パターンの像の寸法に基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに調整することを特徴とする露光装置。 20

【請求項15】

請求項14に記載の露光装置において、

前記寸法計測系は、複数の前記投影光学系によって所定の基板上に転写された前記パターンの像の寸法を計測することを特徴とする露光装置。 30

【請求項16】

請求項11～13のいずれかに記載の露光装置において、

前記パターンの像の寸法を入力する寸法入力手段を備え、

前記制御系は、前記寸法入力手段から入力された前記パターンの像の寸法に基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに調整することを特徴とする露光装置。 40

【請求項17】

請求項11～13のいずれかに記載の露光装置において、

前記制御系と前記パターンの像の寸法を計測する寸法計測機とを接続するとともに該寸法計測機の計測結果を前記制御系に入力する接続手段を備え、

前記制御系は、前記接続手段から入力された前記計測結果に基づいて、前記照明光学系の前記露光光の照射量、前記照明光学系の光学特性または前記投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを前記照明光学系ごとにまたは前記投影光学系ごとに調整することを特徴とする露光装置。 40

【請求項18】

請求項11～17のいずれかに記載の露光装置において、

前記照明光学系ごとに該照明光学系の前記露光光の照射量を計測する照射量計測手段を備え、 50

前記制御系は、前記照射量計測手段の計測結果に基づいて前記照明光学系の前記露光光の照射量を調整することを特徴とする露光装置。

【請求項 19】

請求項 11～18 のいずれかに記載の露光装置において、

前記投影光学系ごとに該投影光学系の焦点位置を変化させる焦点位置調整装置を備え、

前記制御系は、前記パターンの像の寸法に基づいて前記焦点位置調整装置を調整することを特徴とする露光装置。

【請求項 20】

請求項 11～19 のいずれかに記載の露光装置において、

前記照明光学系ごとに該照明光学系の光路上に設けられ、前記露光光に対する大きさが 10 变更可能な開口を有する光学部材を備え、

前記制御系は、前記パターンの像の寸法に基づいて前記光学部材の前記開口を調整することを特徴とする露光装置。

【請求項 21】

請求項 11～20 のいずれかに記載の露光装置において、

前記投影光学系ごとに該投影光学系の開口数を変化させる開口数調整装置を備え、

前記制御系は、前記パターンの像の寸法に基づいて前記開口数調整装置を調整することを特徴とする露光装置。

【請求項 22】

請求項 11～21 のいずれかに記載の露光装置において、

前記照明光学系ごとに該照明光学系の前記露光光の波長を変更する波長調整装置を備え 20 、

前記制御系は、前記パターンの像の寸法に基づいて前記波長調整装置を調整することを特徴とする露光装置。

【請求項 23】

基板にデバイスを形成するデバイス製造方法であって、

請求項 1～10 のいずれかに記載の露光方法を用いて、マスクのパターンの像を基板に転写することと、

前記パターンの像が転写された前記基板を該パターンの像に対応して該基板を加工することと、 30

を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の照明光学系からマスクに露光光を照明し、前記各照明光学系に対応して配された複数の投影光学系を介して前記マスクのパターンの像を基板上に転写する露光方法及び露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、パーソナルコンピュータやテレビジョン受像機の表示素子として液晶表示基板が多用されるようになっている。この液晶表示基板は、ガラス基板上に透明薄膜電極をフォトリソグラフィの手法で所望の形状にパターンニングして作られる。このリソグラフィのための装置として、マスク上に形成された原画パターンを投影光学系を介してガラス基板上のフォトレジスト層に露光する投影露光装置が用いられている。

【0003】

ところで、最近では液晶表示基板の大面積化が要求されており、それに伴って投影露光装置においても露光領域（ショット領域）の拡大が望まれている。このショット領域の拡大の手段として、複数の投影光学系を有する走査型露光装置が挙げられる。この走査型露光装置は、光源から射出された光束の光量を均一化するフライアイレンズ等を含む照明光学系と、この照明光学系によって光量を均一化された光束を所望の形状に整形してマスクの 40 50

パターン領域を照明する視野絞りとを複数備えている。

【0004】

そして、マスクは、複数配置された照明光学系のそれぞれから射出される光束によって異なる領域（照明領域）をそれぞれ照明される。マスクを透過した光束は、それぞれ各照明光学系に対応して設けられた投影光学系を介してガラス基板上の異なる投影領域にマスクのパターンの像を結像する。そして、マスクとガラス基板とを同期させつつ投影光学系に対して走査することによって、マスク上のパターン領域の全面がガラス基板上に転写される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

10

上述した構成の走査型露光装置においては、マスクに形成されたパターンの像は複数の投影光学系によって分割されてガラス基板上に投影される。この場合、分割されたパターンの像は隙間無くあるいは所定量だけオーバーラップするようにガラス基板上に投影される。

このような複数の投影光学系を備える露光装置において、基板上の各投影領域（各投影光学系からの露光光によって照射される基板上の各領域）に形成されるパターンの線幅は均一化されることが望ましい。しかしながら各々の投影光学系の特性（結像特性など）に差があると、複数の照明光学系のそれぞれの照射量を均一にしても基板に形成されるパターンの線幅が投影領域毎に異なるという問題があった。

【0006】

20

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、複数の照明光学系からマスクに露光光を照明し、各照明光学系に対応して配された複数の投影光学系を介してマスクに形成されたパターンの像を基板上に転写するに際し、基板上に形成されるパターンの線幅が各投影領域において均一化できる露光方法及び露光装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため本発明は、実施の形態に示す図1～図9に対応付けた以下の構成を採用している。すなわち、本発明に係る露光方法は、複数の照明光学系（4a～4g）からマスク（M）に露光光を照明し、照明光学系（4a～4g）のそれぞれに対応して配された複数の投影光学系（5a～5g）を介してマスク（M）のパターンの像を基板（W）上に転写する露光方法において、予め、基板（W）上における投影光学系（5a～5g）のそれぞれに対応する投影領域（Pa～Pg）の露光光の照射量を所定量に設定して露光処理を行い、この露光処理によって基板（W）上に形成された各投影領域（Pa～Pg）に対応するパターンの像のそれぞれの寸法を計測し、この計測結果に基づいて各寸法が目標値となるように、照明光学系（4a～4g）の露光光の照射量、照明光学系（4a～4g）の光学特性、投影光学系（5a～5g）の光学特性のうち少なくとも1つを、投影領域（Pa～Pg）のそれを決定する光学系（4a～4g、5a～5g）ごとにそれぞれ個別に変更することを特徴とする。

30

【0008】

本発明によれば、基板（W）上の各投影領域（Pa～Pg）に形成されたパターンの寸法のそれぞれの計測結果に基づいて、照明光学系（4a～4g）の露光光の照射量、照明光学系（4a～4g）の光学特性、投影光学系（5a～5g）の光学特性のうち少なくとも1つを、投影領域（Pa～Pg）のそれを決定する光学系（4a～4g、5a～5g）ごとにそれぞれ個別に変更することにより、各光学系（4a～4g、5a～5g）の特性に違い等がある場合でもこれらの影響を受けることなく基板（W）上の複数の投影領域（Pa～Pg）に形成されるパターンの寸法を確実に一致することができる。

40

このとき、予め、基板（W）上の各投影光学系（5a～5g）に対応する投影領域（Pa～Pg）の露光光の照射量を例えば均一にするなど所定量に設定して露光処理を行うことにより、形成されるパターンの寸法はある程度一致する。そして、このパターンの寸法を計測することにより、計測は、例えば短い処理時間を実現することができるなど、効率良

50

く行われる。

なお、寸法とは、パターンの線幅や間隔、パターン位置など、基板Wの板面に沿う方向の寸法値を指す。この場合、ホール状のパターンの径も含まれる。

また、投影領域とは、各投影光学系からの露光光によって照射される基板上の各領域を指す。

【0009】

このとき、照明光学系(4a～4g)のそれぞれの露光光の照射量を変更する際、露光光の照射量変化量とパターンの像の寸法変化量との関係を予め求め、この関係に基づいて照明光学系(4a～4g)の露光光の照射量を変更することによって、照明光学系(4a～4g)の最適な露光光の照射量が効率良く求められる。

10

【0010】

本発明に係る露光装置は、光源(11)からの露光光をマスク(M)に照明する複数の照明光学系(4a～4g)と、照明光学系(4a～4g)のそれぞれに対応して配され、露光光によって照明されるマスク(M)のパターンの像を基板(W)上に転写する複数の投影光学系(5a～5g)とを備えた露光装置において、基板(W)上に形成された投影光学系(5a～5g)のそれぞれの投影領域(Pa～Pg)に対応するパターンの像の寸法を計測する寸法計測系(30)と、寸法計測系(30)の計測結果に基づいて、照明光学系(4a～4g)の露光光の照射量、照明光学系(4a～4g)の光学特性、投影光学系(5a～5g)の光学特性のうち少なくとも1つを、投影領域(Pa～Pg)のそれぞれを決定する光学系(4a～4g、5a～5g)ごとにそれぞれ個別に変更する制御系(7)とを備えることを特徴とする。

20

【0011】

本発明によれば、基板(W)上の各投影領域(Pa～Pg)のパターンの寸法は寸法計測系(30)によって計測され、照明光学系(4a～4g)の露光光の照射量、照明光学系(4a～4g)の光学特性、投影光学系(5a～5g)の光学特性のうち少なくとも1つがこの寸法計測系(30)の計測結果によってそれぞれ変更される。このように、各照明光学系(4a～4g)の露光光の照射量、各照明光学系(4a～4g)の光学特性、各投影光学系(5a～5g)の光学特性は、基板(W)上の各投影領域(Pa～Pg)に形成されたそれぞれのパターンの寸法の計測結果に基づいて調整されるので、例えばそれぞれの光学系(4a～4g、5a～5g)の特性などが異なっている場合においてもこれらの影響を受けること無く、基板(W)上に形成される投影領域(Pa～Pg)ごとのパターンの寸法は均一化される。

30

【0012】

このとき、基板(W)上における投影光学系(5a～5g)のそれぞれに対応する投影領域(Pa～Pg)の露光光の照射量を計測する照射量計測系(22)を設けるとともに、制御系(7)は、照射量計測系(22)の計測結果に基づいて照明光学系(4a～4g)のそれぞれの露光光の照射量を変更可能とすることにより、各照明光学系(4a～4g)の露光光の照射量の調整は、例えば基板(W)上の各投影領域(Pa～Pg)における露光光の照射量を照射量計測系(22)によって計測し、このときの各照射量が均一になるよう各照明光学系(4a～4g)の照射量を調整した後、寸法計測系(30)の計測結果に基づいて行われる。

40

【0013】

また、投影光学系(5a～5g)の光学特性としてそれぞれの焦点位置を焦点位置調整装置(58、58a、61、61a、LC)を用いて調整することにより、投影光学系の解像力が変化してパターンの像の見かけ上の寸法が変化するので、基板(W)上の複数の投影領域(Pa～Pg)に形成されるそれぞれのパターンの寸法を調整することができる。

【0014】

また、照明光学系(4a～4g)の光路上の所定の位置に、露光光を通過可能な可変の開口を有する光学部材(70)を設け、この光学部材(70)の開口を調整することによ

50

つても、解像力が変化するので、パターンの寸法を調整することができる。

【0015】

また、投影光学系(5a～5g)の光学特性としてそれぞれの開口数を開口数調整装置(80)を用いて調整することによっても、パターンの像の見かけ上の寸法が変化するので、形成されるパターンの寸法を調整することができる。

【0016】

また、照明光学系(4a～4g)の光学特性としてこの照明光学系(4a～4g)のそれによる露光光の波長を波長調整装置(13)を用いて変更することによっても、パターンの寸法を調整することができる。

【0017】

10

【発明の実施の形態】

《第1実施形態》

以下、本発明の露光方法及び露光装置の第1実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の露光装置の概略構成図であり、図2は図1のうち、マスクM及び基板Wを保持したキャリッジ9を説明するための斜視図である。

【0018】

図1、図2において、露光装置1は、光源11からの光束(露光光)をマスクMに照明する複数の照明光学系4(4a～4g)と、この照明光学系4内に配され、光束を通過させる開口Sの面積を調整してこの光束によるマスクMの照明範囲を規定する視野絞り8と、これら各照明光学系4に対応して配され、露光光によって照明されるマスクMのパターンの像を基板W上に転写する複数の投影光学系5(5a～5g)と、各照明光学系4の露光光の照射量を調整する制御部(制御系)7とを備えている。

20

【0019】

さらにこの露光装置1には、基板W上に形成された各投影光学系5に対応する位置(投影領域)のパターンの像の形状のうち、寸法を計測する寸法計測系30が備えられており、制御部7は寸法計測系30の計測結果に基づいて各照明光学系4a～4gの露光光の照射量を独立して調整可能となっている。また、基板Wはキャリッジ9のうち下段側に設けられている基板ステージ9aに保持されており、一方、マスクMはキャリッジ9の上段側に設けられているマスクステージ9bに保持されている。そして、これら基板W及びマスクMはキャリッジ9によって一体的に保持されている。

30

【0020】

照明光学系4は、超高圧水銀ランプ等からなる光源11と、この光源11を駆動するための光源駆動部(電源)11aと、光源11から射出された光束を集光する楕円鏡12と、この楕円鏡12によって集光された光束のうち露光に必要な波長のみを通過させる波長フィルタ(波長調整装置)13と、この波長フィルタ13を通過した光束を均一な照度分布の光束に調整するフライアイレンズ15と、レンズ系14、16、17とを備えている。このとき、視野絞り8はフライアイレンズ15からの光束が入射されるレンズ系16とレンズ系17との間に配されている。

【0021】

照明光学系4は複数(本実施形態では4a～4gの7つ)配置されており(但し、図1中では便宜上レンズ系17に対応するもののみ示している)、複数の照明光学系4a～4gのそれから射出された露光光はマスクM上の異なる少量域(照明領域)をそれぞれ照明する。

40

【0022】

視野絞り8は、例えば平面L字状に屈曲する一対の羽根を光束の光軸と直交させた状態で組み合わせて矩形状の開口Sを生じさせるものであって、これらの羽根は図示しない駆動機構によって光軸と直交する面内で移動可能とされている。すなわち視野絞り8はこれら羽根の位置の変化に伴って開口Sの大きさを変化可能とされており、フライアイレンズ15から入射される光束のうち開口Sを通過した光束(露光光)のみをレンズ系17側に送るようになっている。この視野絞り8は、各照明光学系4a～4gに対応するように複数

50

設けられている。

【0023】

マスクステージ9bに保持されているマスクMには、基板Wに転写されるべきパターンが形成されている。そして、各視野絞り8によりその照明領域を規定され各レンズ系17を透過した各露光光によって、マスクMは異なる領域（照明領域）をそれぞれ照明されるようになっている。

【0024】

照明光学系4a～4gの各光路中のうち、フライアイレンズ15とレンズ系16との間に10はハーフミラー18が設けられている。このハーフミラー18は照明光学系4a～4gのそれぞれの光束の一部をレンズ系19を介してディテクタ20に入射させるようになっている。このディテクタ20は、各照明光学系4a～4gに対応して複数（この場合7つ）設けられており、常時、各照明光学系4a～4gのそれぞれの光束の強度を独立して検出するとともに、各検出信号を制御部7に送出するようになっている。すなわち、各照明光学系4a～4gの露光光の照射量（各照明光学系4a～4gにそれぞれ設けられている各光源11の照射量）は、各ディテクタ20によって独立して検出可能に設けられており、それぞれの検出信号は制御部7に送出されるようになっている。

【0025】

レンズ系14の光路下流側にはフィルタ41が設けられている。このフィルタ41は、図203に示すように、ガラス板41a上にCr等ですだれ状にパターンニングされたものであって、透過率がY方向に沿ってある範囲で線形に漸次変化するように形成されている。そして、このフィルタ41に接続したフィルタ駆動部42は、制御部7の指示に基づいてフィルタ41をY方向に移動させるものである。制御部7はディテクタ20の検出結果に基づいて、フィルタ駆動部42を駆動してフィルタ41を移動し、各光路毎の光量を調整するようになっている。

【0026】

投影光学系5(5a～5g)は、開口Sによって規定されたマスクMの照明範囲に存在するパターンの像を基板Wに結像させ、基板Wの特定領域にパターンの像を露光するためのものであって、各照明光学系4a～4gに対応して配置されている。このとき投影光学系5a、5c、5e、5gと投影光学系5b、5d、5fとが2列に千鳥状に配列されており、これら各投影光学系5a～5gは照明光学系4a～4gから射出しマスクMを透過した複数の露光光を透過させ、基板ステージ9aに保持されている基板WにマスクMに形成されたパターンの像を投影するようになっている。すなわち各投影光学系5a～5gを透過した露光光は、基板W上の異なる投影領域にマスクMの照明領域に対応したパターンの像を結像する。

【0027】

各投影光学系5a～5gは、図4に示すように、マスクMを透過した露光光が入射する像シフト機構53と、2組の反射屈折型光学系54、55と、視野絞り56と、倍率調整機構57とを備えている。

【0028】

像シフト機構53は、例えば、2枚の平行平板ガラスがそれぞれY軸まわりもしくはZ軸まわりに回転することで、マスクMのパターンの像をX方向もしくはY方向にシフトさせるものである。像シフト機構53を透過した露光光は、1組目の反射屈折型光学系54に入射する。

【0029】

反射屈折型光学系54は、マスクMのパターンの中間像を形成するものであって、直角プリズム58とレンズ59と凹面鏡60とを備えている。直角プリズム58にはプリズム移動装置58aが接続されており、このプリズム移動装置58aによって、直角プリズム58はZ軸まわりに回転し、マスクMのパターンの像を回転させるようになっている。さらに、直角プリズム58は、プリズム移動装置58aによって図中、光路に対して出し入れ方向(X方向)に移動可能となっている。

【0030】

マスクMのパターンの中間像の位置には視野絞り56が配置されている。視野絞り56は、基板W上での投影領域Pa～Pg（図5参照）を設定するものである。視野絞り56を通過した露光光は、2組目の反射屈折型光学系55に入射する。反射屈折型光学系55は、反射屈折型光学系54と同様に、直角プリズム61とレンズ62と凹面鏡63とを備えている。また、直角プリズム61にもプリズム移動装置61aが接続されていて、Z軸まわりに回転自在となっており、マスクMのパターンの像を回転させるようになっている。さらに、直角プリズム61は、プリズム移動装置61aによって図中、光路に対して出し入れ方向（X方向）に移動可能となっている。

【0031】

反射屈折型光学系55から出射された露光光は、基板W上にマスクMのパターンの像を正立等倍で結像する。反射屈折型光学系55には、倍率調整機構57が、レンズ62を通り、直角プリズム61に至る光路中に設けられている。倍率調整機構57は、例えば、平凸レンズ、両凸レンズ、平凸レンズの3枚のレンズから構成され、平凸レンズと平凹レンズとの間に位置する両凸レンズを光軸方向に移動させることにより、マスクMのパターンの像の倍率を変化させるようになっている。

なお、倍率調整機構57は、凹面鏡63で反射され、レンズ62に至る光路中に設けるようにしてもよい。又、反射屈折型光学系55と基板Wとの間に倍率調整機構57を設けるようにしてもよい。

【0032】

マスクM及び基板Wを一体的に保持するキャリッジ9は、図中X方向に移動可能に設けられている。この場合、図2に示すように、キャリッジ9は図示しない駆動源によってXガイド軸23に沿って移動可能に設けられている。すなわち、キャリッジ9は照明光学系4及び投影光学系5に対して相対移動するように設けられている。このとき各照明光学系4a～4gと各投影光学系5a～5gとは図示しない固定支持部によって固定されている。

【0033】

千鳥格子状に配置されている各投影光学系5a～5gは、隣合う投影光学系どうし（例えば投影光学系5aと5b、5bと5c）をX方向に所定量変位させるように配置されている。したがって、図5に示すように、各投影光学系5a～5gを透過する露光光によって形成される基板W上の投影領域Pa～Pgのうち、隣合う領域どうし（例えばPaとPb、PbとPc）は図のX方向に所定量変位されるように投影される。このとき、隣合う投影領域の端部どうしが、図5のY方向に所定量（例えば5mm）重複させるように配置されている。すなわち、上記複数の投影光学系5a～5gは各投影領域Pa～Pgの配置に対応するようにX方向に所定量変位するとともにY方向に重複して配置されている。また、複数の照明光学系4a～4gの配置は、マスクM上の照明領域が上記の投影領域Pa～Pgと同様の配置となるように、すなわち投影光学系5a～5gに対応するように配置される。なお、この場合、各投影光学系5a～5gはいずれも等倍正立系となっている。

【0034】

そして、マスクM及び基板Wを一体で保持するキャリッジ9がXガイド軸23に沿って移動されることにより、つまり照明光学系4及び投影光学系5に対してX方向に走査されることにより、マスクMに形成されたパターンの像の全面が、基板W上のショット領域EAに転写される。

【0035】

キャリッジ9のうち、基板Wを保持する側である基板ステージ9aの一部には、この基板W上の各投影光学系5a～5gに対応する位置の露光光の照射量を計測する照度センサ（照射量計測系）22が設けられている。この照度センサ22は、キャリッジ9上にY方向にガイド軸24を有しており、基板Wと同一平面の高さになるように設置されている。すなわち照度センサ22は、照度センサ駆動部21によってキャリッジ9（基板ステージ9a）の移動方向（X方向）と直交する方向（Y方向）に移動可能に設けられている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

この照度センサ 2 2 は、1回又は複数回の露光に先立ち、キャリッジ 9 の X 方向の移動と照度センサ駆動部 2 1 の Y 方向の移動とによって投影光学系 5 a ~ 5 g に対応する各投影領域 P a ~ P g の下で走査される。したがって基板 W の露光面上の照明光強度（照度）は照度センサ 2 2 によって2次元的に検出されるようになっている。そしてこの照度センサ 2 2 によって検出された照度データは制御部 7 に送出される。

【 0 0 3 7 】

線幅計測機（寸法計測系）3 0 は、各投影光学系 5 a ~ 5 g に対応する各投影領域 P a ~ P g に形成されたパターンの寸法を計測するためのものである。この場合、線幅計測機 3 0 は、基板 W 上に形成されたパターンの線幅を計測するものであって、例えば光波干渉式測定機や測長 SEM などの、光学式、あるいは電子ビーム式などの測定機を用いることができる。10

なお、ここで言う寸法とは、パターンの線幅や間隔、パターン位置など、基板 W の板面に沿う方向の寸法値を指す。この場合、ホール状のパターンの径も含まれる。

【 0 0 3 8 】

この線幅計測機 3 0 は、マスク M のパターンの像を投影され現像処理を終えた基板 W 上の各投影領域 P a ~ P g のパターンの線幅を計測するためのものであって、現像処理を施され基板ステージ 9 a に保持された基板 W のパターンの線幅の計測を行うためにキャリッジ 9 近傍に設けられる。そして、この線幅計測機 3 0 によって検出された基板 W 上の各投影領域 P a ~ P g のパターンの線幅データ（寸法データ）は、制御部 7 に送出されるようになっている。20

【 0 0 3 9 】

このような構成を持つ露光装置 1 によってマスク M のパターンの像を基板 W 上に転写する動作について説明する。

露光に先立ち、照度センサ 2 2 が照度センサ駆動部 2 1 によって Y 方向に駆動されるとともに、キャリッジ 9 が X 方向に駆動される。これによって照度センサ 2 2 は投影光学系 5 a ~ 5 g に対応した投影領域 P a ~ P g の下で走査される。このとき基板 W の露光面上の照度は走査する照度センサ 2 2 によって計測される。

【 0 0 4 0 】

照度センサ 2 2 によって検出された、基板 W 上における各投影領域 P a ~ P g のそれぞれの照度の検出信号は制御部 7 に送出される。制御部 7 は、この照度センサ 2 2 の検出信号に基づいて、各投影光学系 5 a ~ 5 g に対応する投影領域 P a ~ P g の照度を均一にするように、各照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量を各ディテクタ 2 0 によって検出しつつ調整する。30

すなわち、露光処理を行う前に、照度センサ 2 2 を用いて各投影領域 P a ~ P g の露光光の照度が均一になるように設定する。

【 0 0 4 1 】

次いで、マスク M 及び基板 W が図示しないローダによってそれぞれマスクステージ 9 b 及び基板ステージ 9 a に供給される。各ステージ 9 a 及び 9 b に供給された基板 W 及びマスク M は、照明光学系 4 及び投影光学系 5 に対し図示しないアライメント系によってアライメントを施される。40

【 0 0 4 2 】

マスク M 及び基板 W のアライメント終了後、キャリッジ 9 が X ガイド軸 2 3 に沿って駆動される。マスク M 及び基板 W はキャリッジ 9 に保持された状態で一体に走査される。一方、照明光学系 4 a ~ 4 g からはマスク M に向かって露光光が射出される。これらの露光光は走査するマスク M を透過し、それぞれ各照明光学系 4 a ~ 4 g に対応して設けられた投影光学系 5 a ~ 5 g を介して、マスク M とともに走査する基板 W 上の異なる投影領域 P a ~ P g にマスク M のパターンの像を結像する。こうしてマスク M に形成されたパターンの像は基板 W に転写される。このように、各投影領域 P a ~ P g の照度が均一になるように制御された状態で、基板 W に対する1回の露光が施される。50

【 0 0 4 3 】

各投影領域 P a ~ P g のそれぞれの照度を均一化された状態で露光処理された基板 W に対して現像処理が施される。現像処理を終えた基板 W は、各投影領域 P a ~ P g に形成されたパターンの線幅を線幅計測機 30 によって計測される。線幅計測機 30 は、計測した線幅データを制御部 7 に送出する。制御部 7 は、線幅計測機 30 の計測結果に基づいて各照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量を調整する。

【 0 0 4 4 】

制御部 7 は、予め基板 W 上に各投影光学系 5 a ~ 5 g に対応して形成された各投影領域 P a ~ P g のパターンの寸法を線幅計測機 30 に計測させ、この計測結果に基づいて各投影領域 P a ~ P g のパターンの線幅が目標値となるように各照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量を調整する。10

【 0 0 4 5 】

このとき制御部 7 は、予め求めておいた露光光の照射量変化量とパターンの像の線幅変化量（寸法変化量）との関係に基づいて照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量の調整を行う。

【 0 0 4 6 】

この場合、露光光の照射量を任意に変化させたときの、基板 W 上のパターンの像の線幅変化量のデータを予め複数求め、この複数のデータ（データテーブル）に基づいて線幅計測機 30 の計測結果と目標値（目標の線幅）とを一致させるように照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量が調整される。20

すなわち、照明光学系 4 の照射量変化量と基板 W のパターンの像の線幅変化量との関係は、照明光学系 4 の照射量変化量に対する基板 W のパターンの像の線幅変化量の実験的な同定結果に基づいて予め設定することができる。

【 0 0 4 7 】

あるいは、上述したようなデータテーブルに基づいて、照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量変化量とこれに対する基板 W のパターンの像の線幅変化量との関係を関係式として求め、この関係式に基づいて、線幅計測機 30 の計測結果から照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量を調整してもよい。すなわち、照射量変化量と線幅変化量との関係の複数条件におけるデータを求め、このデータに対してフィッティングを行うことにより、関係式が求められる。30

【 0 0 4 8 】

上述のようなデータテーブルあるいは関係式に基づいて、制御部 7 は基板 W 上のパターンの像の線幅を目標の線幅とするように照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量の調整を行う。つまり、線幅計測機 30 によるパターンの像の線幅の計測結果と前記データテーブル或いは関係式とにに基づいて、各投影領域 P a ~ P g のそれぞれのパターンの線幅が目標値となるように、具体的には各投影領域 P a ~ P g のそれぞれのパターンの線幅が均一になるように、照明光学系 4 a ~ 4 g に付設されたディテクタ 20 で露光光の照射量を検出しつつ、制御部 7 によって各照明光学系 4 a ~ 4 g (つまり光源 11 の電源 11 a) の出力が調整される。

そして、露光光の照射量の調整が終了したら、改めて基板 W に対する露光処理が施される。40

【 0 0 4 9 】

このように、基板 W 上に形成されたパターンの線幅（寸法）を計測し、この計測結果に基づいて各投影領域 P a ~ P g の線幅が均一になるように各照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量が独立して調整されるので、基板 W 上に形成される複数の投影領域 P a ~ P g のパターンの線幅は確実に均一化される。

【 0 0 5 0 】

つまり、例えば各照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の照射量が均一に設定されていても、投影光学系 5 をはじめとする各レンズ系の特性の違いなどによって基板 W 上に形成される線幅は各投影領域 P a ~ P g によってばらつきを生じる場合がある。50

【0051】

しかしながら、露光及び現像処理によって基板Wに形成された各投影領域P_a～P_gのパターンの線幅を直接的に計測し、この計測結果に基づいて各照明光学系4a～4gの照射量をそれぞれ独立して調整することにより、投影光学系5をはじめとする各レンズ系や各機器の特性のばらつき、あるいはレジスト感度などのばらつきがあっても、基板Wの各投影領域P_a～P_gの線幅は確実に均一化される。したがって、製造される基板Wの歩留まりは向上される。

【0052】

そして照明光学系4の露光光の照射量変化量と基板W上に形成されたパターンの像の線幅変化量との関係を関係式としてあるいはデータテーブルとして求め、この関係に基づいて照明光学系4a～4gの露光光の照射量の調整を行うことによって、照明光学系4a～4gは最適な露光量に効率良く設定される。10

【0053】

なお、関係式は、前述したように、照射量変化量に伴う線幅変化量の複数のデータに基づくフィッティングによって求められるが、この場合の一例として、

$$D = (a(E/E_0) + b) \quad E \dots \dots (1)$$

が挙げられる。ここで、

E : 照射量

E : 照射量変化量

D : 線幅(μm)

20

D : 線幅変化量(μm)

E₀ : 最適照射量(ライン・アンド・スペースが一致する照射量)

a : フィッティングより求められるパラメータ

b : フィッティングより求められるパラメータ

である。

例えば、a = -3、b = 5においてE = E₀の場合、照射量変化量E 10%に対して線幅変化量Dは0.2 μmとなる。この(1)式のような関係式を予め求め、目標とする線幅変化量Dに対して照射量を変化させることにより、容易に効率良く各照明光学系4a～4gの最適な照射量が求められる。

【0054】

30

線幅計測機30によって基板Wのパターンの線幅を計測する際ににおいて、予め基板Wの各投影領域P_a～P_gに対する露光光の照射量を照度センサ22によって計測しこれに基づいて各投影領域P_a～P_gの照度を均一化しておくことにより、線幅計測機30による線幅計測(寸法計測)は均一な照度によって露光された基板Wに対して行われる。したがって線幅計測は効率良く行われる。

【0055】

すなわち、基板W上の各投影領域P_a～P_gにおける露光光の照射量を均一化された状態としておくことにより、各投影領域P_a～P_gのパターンの線幅はある程度一致される。したがって、線幅計測機30における基板W上の各投影領域P_a～P_gの線幅の計測は、例えば短い処理時間を実現することができるなど、効率良く行われる。40

また、露光装置1に線幅計測機30の信号線を接続するように説明したが、オペレータが露光装置1とは別の線幅計測装置でのパターンの寸法を計測し、露光装置1にそのパターンの寸法の値を入力するようにしてもよい。

また、求めたパターンの寸法から最適な照射量を制御部7に指示するようにしてもよい。

【0056】

なお、基板W上に形成されるパターンの形状は、線幅を有するものに限るものではない。例えば、この露光装置1は、コンタクトホールの製造に適用することができる。液晶表示素子パターン用基板に形成されるコンタクトホールは基板W上に均一の大きさで形成される必要があるが、本実施形態の露光方法及び露光装置によって製造することにより、パターンの形状がホール状のものであっても、複数の投影領域のそれぞれのパターンの形状を50

均一に設けることができる。

【0057】

《第2実施形態》

次に、本発明の露光方法及び露光装置の第2実施形態について図面を参照しながら説明する。ここで、前述した第1実施形態と同一もしくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略もしくは省略するものとする。

【0058】

第1実施形態においては、基板W上に形成された各投影領域P_a～P_gに対応するパターンのそれぞれの寸法を計測し、この計測結果に基づいて、各寸法が目標値となるように各照明光学系の露光光の照射量の変更を行ったが、第2実施形態においては、基板Wに形成されるパターンの寸法を目標値にするために、投影光学系5の光学特性のうち、投影光学系5_a～5_gのそれぞれの焦点位置の変更を行う。10

【0059】

この投影光学系5(5_a～5_g)の焦点位置を変更可能な焦点位置調整装置は、図4に示した投影光学系5のうち、直角プリズム5₈(あるいは6₁)を図中、X方向に移動可能なプリズム移動装置5_{8a}(6_{1a})によって構成されている。そして、プリズム移動装置5_{8a}によって直角プリズム5₈をX方向に所定量だけ移動することにより、投影光学系5の焦点位置が変化する。直角プリズム5₈とこの直角プリズム5₈を移動可能なプリズム移動装置5_{8a}とを備えた焦点位置調整装置によって投影光学系5の焦点位置を変更することにより、投影光学系5の焦点位置と基板Wの露光処理面とは一致しなくなり、投影光学系5を透過した露光光は基板Wの露光処理面においてデフォーカス状態となる。したがって、基板W上に形成されるパターンの像の線幅は、見かけ上、太くなる。そして、このデフォーカス状態で露光処理を行うことにより、基板Wに形成されるパターンの線幅は、基板Wの露光処理面と投影光学系5の焦点位置とを一致させた状態で露光処理を行った場合より太く形成される。20

【0060】

以上説明したような構成を備えた露光装置1によってマスクMに形成されたパターンの像を基板W上に転写する動作について説明する。

まず、第1実施形態同様、露光処理を行う前に照度センサ2₂を用いて各投影領域P_a～P_gの露光光の照度が均一になるように設定する。次いで、マスクM及び基板Wをマスクステージ9_b及び基板ステージ9_aにそれぞれロードした後、基板Wに対する1回目の露光処理を行う。30

【0061】

各投影領域P_a～P_gのそれぞれの照度を均一化した状態で露光処理された基板Wに対して現像処理を行う。次いで、線幅計測機3₀が、現像処理を施された基板Wの各投影領域P_a～P_gに形成されたパターンの線幅を計測し、計測した線幅データを制御部7に出力する。制御部7は、線幅計測機3₀の計測結果に基づいて、各投影光学系5_a～5_gのプリズム移動装置5_{8a}(または6_{1a})をそれぞれ個別に駆動する。このプリズム移動装置5_{8a}(6_{1a})の駆動によって直角プリズム5₈(または6₁)がそれぞれX方向に移動することにより、各投影光学系5_a～5_gのそれぞれの焦点位置が個別に変更される40。

【0062】

このとき、制御部7は、予め求めておいた投影光学系5の焦点位置の変化量とそのときに形成されるパターンの像の線幅変化量(寸法変化量)との関係(データテーブル、関係式)に基づいて、基板W上でのパターンの像の線幅が目標値となるようにプリズム駆動装置5_{8a}を駆動して投影光学系5_a～5_gのそれぞれの焦点位置の調整を行う。具体的には、各投影領域P_a～P_gのそれぞれのパターンの線幅が均一になるように、投影光学系5_a～5_gのそれぞれの焦点位置を調整する。例えば、ある投影領域でのパターンの線幅を太くしたい場合には、基板Wの露光処理面に対して焦点位置を大きくずらすようにする。そして、各投影光学系5_a～5_gのそれぞれの焦点位置の調整が終了したら、改めて基板50

Wに対する露光処理を行う。

【0063】

このように、基板Wに形成されたパターンの線幅（寸法）を計測し、この計測結果に基づいて各投影領域P_a～P_gの線幅が均一になるように各投影光学系5_a～5_gの焦点位置をそれぞれ独立して変更することにより、基板W上に形成される複数の投影領域P_a～P_gのパターンの線幅は確実に均一化される。このとき、例えば、線幅計測機30によって、ある投影領域の基板W上のパターンの線幅が他の投影領域のパターンの線幅より細いと計測されたら、この投影領域に対応する投影光学系5の焦点位置と基板Wの露光処理面とをずらして見かけ上のパターンの像の線幅を太くすることにより、基板Wに形成されるパターンの線幅を太くすることができる。

10

【0064】

なお、本実施形態においては、投影光学系5の焦点位置を変更する焦点位置調整装置は、投影光学系5を構成する直角プリズム58を移動するプリズム移動装置58aによって構成されているが、例えば、図6に示すように、投影光学系5の光路上の所定の位置に配置されたレンズコントローラLCによって構成することができる。このレンズコントローラLCは、図6に示すように、直角プリズム61の光路下流側に設けられた露光光を透過可能な箱体によって構成されており、この箱体によって形成された密閉空間のガスの種類や圧力、あるいは温度を変化させて屈折率を調整することにより、投影光学系5の焦点位置を所望の位置に変更可能とするものである。このとき、直角プリズム58(61)はX方向に移動しない。

20

【0065】

あるいは、レンズコントローラLCを箱体によって構成せずに、例えば、図7に示すように、複数(2つ)のプリズムLC1、LC2を組み合わせた構成とすることもできる。そして、これらプリズムLC1、LC2を露光光の光路に対して垂直方向にそれぞれ移動させることにより、投影光学系5の焦点位置が変更される。

【0066】

さらに、焦点位置調整装置を、異なる光学特性(屈折率)を有する複数の光学部材(光学装置)と、この光学部材のそれぞれを投影光学系の光路上の所定の位置に対して出し入れ可能に支持する支持機構とによって構成し、複数用意された光学部材のうち、所定の光学部材を光路上に配置されることにより、投影光学系の焦点位置を変更することができる。

30

【0067】

《第3実施形態》

次に、本発明の露光方法及び露光装置の第3実施形態について図面を参照しながら説明する。ここで、前述した第1、第2実施形態と同一もしくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略もしくは省略するものとする。

【0068】

第1実施形態においては、基板W上における各投影領域P_a～P_gに対応するパターンの寸法を計測し、この計測結果に基づいて各寸法が目標値となるように、照明光学系4_a～4_gのそれぞれの露光光の照射量を変更する構成であり、第2実施形態においては、投影光学系5_a～5_gのそれぞれの焦点位置を変更する構成であったが、第3実施形態においては、照明光学系4_a～4_gのそれぞれの光路上の所定の位置に露光光を通過可能な可变の開口を有する光学部材を設け、この開口の大きさを変更することによって基板W上のパターンの像の線幅を調整するものである。

40

【0069】

本実施形態においては、図1に示したように、照明光学系4_a(4_b～4_g)のうちフライアイレンズ15の光路下流側に、露光光を通過可能な可变の開口を有する可变絞り(光学部材)70を設け、この開口の大きさを調整することによって、基板W上に形成されるパターンの線幅を調整する。この可变絞り70は、フライアイレンズ15から見た瞳面に配置されている。そして、この開口の大きさが变化することによって光学系の解像力が変化するようになっており、この解像力の変化に伴って基板Wに形成されるパターンの線幅

50

(寸法)が変化するようになっている。

【0070】

つまり、可変絞り70の開口を小さくすると解像力が低くなるため、基板W上のパターンの像の見かけ上の線幅は太くなり、一方、開口を大きくすると解像力が高くなるため、基板W上のパターンの像の見かけ上の線幅は細くなる。

【0071】

以上説明したような構成を有する露光装置1によって露光処理を行う場合には、上記第1、第2実施形態と同様、まず、露光処理を行う前に照度センサ22を用いて各投影領域Pa～Pgの露光光の照度が均一になるように設定する。そして、マスクM及び基板Wをマスクステージ9b及び基板ステージ9aにそれぞれロードした後、基板Wに対する1回目の露光処理を行う。そして、この基板Wに対して現像処理を行い、各投影領域Pa～Pgに形成されたパターンの線幅を線幅計測機30によって計測する。制御部7は、線幅計測機30の計測結果に基づいて、各照明光学系4a～4gにそれぞれ設けられた可変絞り70の開口の大きさをそれぞれ個別に変更する。10

【0072】

このとき、制御部7は、予め求めておいた可変絞り70の開口の大きさの変化量とそのときに形成されるパターンの像の線幅変化量(寸法変化量)との関係(データテーブル、関係式)に基づいて、基板Wのパターンの像の線幅が目標の線幅となるように、可変絞り70のそれぞれの開口の調整を個別に行う。具体的には、各投影領域Pa～Pgのそれぞれのパターンの線幅が均一になるように、各照明光学系4a～4gにそれぞれ設けられた可変絞り70の開口の大きさをそれぞれ調整する。例えば、ある投影領域でのパターンの線幅を太くしたい場合には、可変絞り70の開口を小さくする。20

そして、各照明光学系4a～4gのそれぞれに配置された可変絞り70の開口の大きさの調整が終了したら、改めて基板Wに対する露光処理を行う。

【0073】

以上説明したように、各照明光学系4a～4gのそれぞれの光路上の所定の位置に設けられた可変絞り70の開口の大きさをそれぞれ個別に調整することによっても、基板Wに形成されるパターンの線幅を調整することができる。このとき、例えば、線幅計測機30によって、ある投影領域の基板W上のパターンの線幅が他の投影領域のパターンの線幅より細いと計測されたら、この投影領域に対応する照明光学系4の可変絞り70の開口を小さくして見かけ上のパターンの像の線幅を太くすることにより、基板Wに形成されるパターンの線幅を太くすることができる。一方、パターンの線幅を細くしたい場合には、開口を大きくする。30

【0074】

なお、開口絞り70の開口を小さくすることによって、基板W上での露光光の照度は低下するので、開口の大きさを変化させる前と同じ照度を得られるように、ディテクタ20の検出結果に基づいて、光源駆動部11aの出力を上昇させたり、フィルタ41をフィルタ駆動部42によって駆動したりして、照度を上昇させるようにする。

【0075】

なお、本実施形態においても、開口が可変な可変絞り70を設置する他に、それぞれ異なる大きさの開口を有する絞りを複数用意し、所定の線幅を得たいときに、所定の開口を有する絞りを照明光学系内に配置する構成とすることも可能である。また、可変絞り70の開口を、輪帯絞りや変形絞りを用いることにより、投影光学系の解像力を変化させようにもよい。40

【0076】

《第4実施形態》

次に、本発明の露光方法及び露光装置の第4実施形態について図面を参照しながら説明する。ここで、前述した第1～第3実施形態と同一もしくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略もしくは省略するものとする。

【0077】

第4実施形態においては、基板Wに形成されるパターンの寸法を目標値にするために、投影光学系5の光学特性のうち、投影光学系5a～5gのそれぞれの開口数の変更を行う。投影光学系5の開口数を変更するには、図8に示すように、投影光学系5a(5b～5g)のうち、反射屈折型光学系54の直角プリズム58と凹面鏡60との間に、露光光を通過可能な可変の開口を有する可変絞り(開口数調整装置)80を設け、この開口の大きさを調整することによって、開口数の変更を行う。この可変絞り80は投影光学系5の像面から見た瞳面の位置に設けられるものであって、開口を変化させることにより投影光学系5の開口数が変化する。

【0078】

投影光学系5の開口数が変化することによって解像力が変化するようになっており、この解像力の変化に伴って基板Wに形成されるパターンの線幅(寸法)が変化するようになっている。つまり、可変絞り80の開口を小さくすると解像力が低くなるため、基板W上のパターンの像の見かけ上の線幅は太くなり、一方、開口を大きくすると解像力が高くなるため、基板W上のパターンの像の見かけ上の線幅は細くなる。

10

【0079】

以上説明したような構成を有する露光装置1によってマスクMのパターンの像を基板Wに転写する場合には、上記第1～第3実施形態と同様、まず、露光処理を行う前に照度センサ22を用いて各投影領域Pa～Pgの露光光の照度が均一になるように設定する。そして、マスクM及び基板Wをマスクステージ9b及び基板ステージ9aにそれぞれロードした後、基板Wに対する1回目の露光処理を行う。そして、この基板Wに対して現像処理を行い、各投影領域Pa～Pgに形成されたパターンの線幅を線幅計測機30によって計測する。制御部7は、線幅計測機30の計測結果に基づいて、各投影光学系5a～5gの可変絞り80の開口の大きさをそれぞれ個別に変更する。

20

【0080】

このとき、制御部7は、予め求めておいた可変絞り80の開口の大きさの変化量とそのときに形成されるパターンの像の線幅変化量(寸法変化量)との関係(データテーブル、関係式)に基づいて、基板Wのパターンの像の線幅が目標の線幅となるように、可変絞り80のそれぞれの開口の調整を個別に行う。具体的には、各投影領域Pa～Pgのそれぞれのパターンの線幅が均一になるように、各投影光学系5a～5gにそれぞれ設けられた可変絞り80の開口の大きさをそれぞれ調整する。例えば、ある投影領域でのパターンの線幅を太くしたい場合には、可変絞り80の開口を小さくする。

30

そして、各投影光学系5a～5gのそれぞれに配置された可変絞り80の開口の大きさの調整が終了したら、改めて基板Wに対する露光処理を行う。

【0081】

以上説明したように、各投影光学系5a～5gのそれぞれの光路上の所定の位置に設けられた可変絞り80の開口の大きさをそれぞれ個別に調整することによっても、基板Wに形成されるパターンの線幅を調整することができる。このとき、例えば、線幅計測機30によって、ある投影領域の基板W上のパターンの線幅が他の投影領域のパターンの線幅より細いと計測されたら、この投影領域に対応する投影光学系5の可変絞り80の開口を小さくして見かけ上のパターンの像の線幅を太くすることにより、基板Wに形成されるパターンの線幅を太くすることができる。一方、パターンの線幅を細くしたい場合には、開口を大きくする。

40

【0082】

なお、本実施形態においても、開口絞り80の開口を小さくすることによって、基板W上での露光光の照度は低下するので、開口の大きさを変化させる前と同じ照度を得られるように、ディテクタ20の検出結果に基づいて、光源駆動部11aの出力を上昇させたり、フィルタ41をフィルタ駆動部42によって駆動したりして、照度を上昇させるようとする。

【0083】

さらに、本実施形態においても、開口が可変な可変絞り80を設置する他に、それぞれ異

50

なる大きさの開口を有する絞りを複数用意し、所定の線幅を得たいときに、所定の開口を有する絞りを投影光学系内に配置する構成とすることも可能である。

【 0 0 8 4 】

本実施形態においては、可変絞り 8 0 は反射屈折型光学系 5 4 に設けられた構成であるが、可変絞り 8 0 は投影光学系 5 の像面側から見た瞳面に設置されるものであり、反射屈折型光学系 5 5 の直角プリズム 6 1 と凹面鏡 6 3との間に設置することもできる。

【 0 0 8 5 】

《 第 5 実施形態 》

次に、本発明の露光方法及び露光装置の第 5 実施形態について図面を参照しながら説明する。ここで、前述した第 1 ~ 第 4 実施形態と同一もしくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略もしくは省略するものとする。10

本実施形態においては、基板 W に形成されるパターンの寸法を目標値にするために、露光光の波長の変更を行う。露光光の波長の変更を行うには、図 1 に示したように、照明光学系 4 a (4 b ~ 4 g) に設けられた波長フィルタ (波長調整装置) 1 3 を調整することによって、露光光の波長の変更を行う。

【 0 0 8 6 】

露光光の波長が変化することによって解像力が変化し、この解像力の変化に伴って基板 W に形成されるパターンの線幅 (寸法) が変化する。つまり、露光光の波長が長くなると解像力が低くなってしまい、基板 W 上のパターンの像の見かけ上の線幅は太くなり、一方、波長を短くすると解像力が高くなってしまい、基板 W 上のパターンの像の見かけ上の線幅は細くなる。20

【 0 0 8 7 】

以上説明したような構成を有する露光装置 1 によって露光処理を行う場合には、上記第 1 ~ 第 4 実施形態と同様、まず、露光処理を行う前に照度センサ 2 2 を用いて各投影領域 P a ~ P g の露光光の照度が均一になるように設定する。そして、マスク M 及び基板 W をマスクステージ 9 b 及び基板ステージ 9 a にそれぞれロードした後、基板 W に対する 1 回目の露光処理を行う。そして、この基板 W に対して現像処理を行い、各投影領域 P a ~ P g に形成されたパターンの線幅を線幅計測機 3 0 によって計測する。制御部 7 は、線幅計測機 3 0 の計測結果に基づいて、各照明光学系 4 a ~ 4 g の波長フィルタ 1 3 をそれぞれ調整し、各照明光学系 4 a ~ 4 g の露光光の波長をそれぞれ個別に変更する。

【 0 0 8 8 】

このとき、制御部 7 は、予め求めておいた露光光の波長の変化量とそのときに形成されるパターンの像の線幅変化量 (寸法変化量) との関係 (データテーブル、関係式) に基づいて、基板 W のパターンの像の線幅が目標の線幅となるように、波長フィルタ 1 3 の調整を行う。具体的には、各投影領域 P a ~ P g のそれぞれのパターンの線幅が均一になるよう、各照明光学系 4 a ~ 4 g にそれぞれ設けられた波長フィルタ 1 3 をそれぞれ調整し、所望の波長を有する露光光が各照明光学系 4 a ~ 4 g からそれぞれ射出されるようにする。例えば、露光光が g 線、 h 線、 i 線からなっている場合において、ある投影領域でのパターンの線幅を太くしたい場合には、最も長波長である g 線成分を増やす (あるいは最も短波長である i 線成分を減らす、カットする) ことによって、パターンの線幅を太くすることができる。40

そして、各照明光学系 4 a ~ 4 g のそれぞれに配置された波長フィルタ 1 3 の調整が終了したら、改めて基板 W に対する露光処理を行う。

【 0 0 8 9 】

以上説明したように、各照明光学系 4 a ~ 4 g のそれぞれに設けられた波長フィルタ 1 3 をそれぞれ個別に調整し、それぞれの照明光学系 4 a ~ 4 g から射出される露光光の波長を変更することによっても、基板 W に形成されるパターンの線幅を調整することができる。このとき、例えば、線幅計測機 3 0 によって、ある投影領域の基板 W 上のパターンの線幅が他の投影領域のパターンの線幅より細いと計測されたら、露光光の長波長成分を増やして見かけ上のパターンの像の線幅を太くすることにより、基板 W に形成されるパターンの線幅を太くすることができる。一方、パターンの線幅を細くしたい場合には、露光光の50

短波長成分を増やす。

【0090】

なお、本実施形態においても、露光光の長波長成分を増やすことによって、基板W上での露光光の照度は低下するので、露光光の波長を変化させる前と同じ照度を得られるように、ディテクタ20の検出結果に基づいて、光源駆動部11aの出力を上昇させたり、フィルタ41をフィルタ駆動部42によって駆動したりして、照度を上昇させるようにする。

【0091】

なお、上記第1～第5実施形態においては、露光処理を行った後に現像処理を行うことによって基板Wに実際にパターンを形成し、このパターンの寸法を計測し、この計測結果に基づいて、パターンの線幅が均一になるように、露光光の照射量の調整や、光学系の光学特性の変更を行う構成であるが、実際に形成されたパターンの線幅（寸法）を計測しなくても、例えばCCDなどの検出装置によって投影領域のパターンの像を検出し、この検出結果に基づいて光学系の光学特性を変更することも可能である。この場合、現像処理を行って実際にパターンを形成し寸法計測をすることなく、このパターンの像の状態（解像力の変化状態）を検出できるので、パターンの像の状態（解像力の変化状態）を任意の時間間隔や所定のタイミングで検出することができる。そして、この検出結果に基づいてパターンの像の状態の調整をその都度行うことができる。

10

【0092】

本実施形態の露光装置として、マスクMと基板Wとを静止した状態でマスクMのパターンを露光し、基板Wを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート型の露光装置にも適用することができる。

20

また、図1では、複数の照明光学系4a～4gに対して一対一の関係になるように示しているが、光源11の光束を光ファイバーなどで分けて複数の照明光学系4a～4gのそれぞれに分配するようにしてもよい。また、光源11は複数設けて光束を混合して分配してもよい。この際、照射される露光光の照射量は、NDフィルタなどの透過する光量を変えるフィルタを光路中に挿入することにより所望の照射量となるように調整し、各投影領域Pa～Pgにおける露光光の照射量を制御するようにしてもよい。

【0093】

また、本実施形態の露光装置として、投影光学系を用いることなくマスクと基板とを密接させてマスクのパターンを露光するプロキシミティ露光装置にも適用することができる。

30

【0094】

露光装置の用途としては、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置に限定されることなく、例えば、半導体ウェーハに回路パターンを露光する半導体製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適当できる。

【0095】

本実施形態の露光装置の光源は、g線(436nm)、h線(405nm)、i線(365nm)、KrFエキシマレーザ(248nm)、ArFエキシマレーザ(193nm)、F₂レーザ(157nm)のみならず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト(LaB₆)、タンタル(Ta)を用いることができる。さらに、電子線を用いる場合はマスクを用いる構成としてもよいし、マスクを用いずに直接基板上にパターンを形成する構成としてもよい。

40

【0096】

投影光学系の倍率は等倍系のみならず縮小系および拡大系のいずれでもよい。

【0097】

投影光学系としては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や萤石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F₂レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系の光学系にし（レチクルも反射型タイプのものを用いる）、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いればいい。

50

なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることはいうまでもない。

【0098】

基板ステージ9aやマスクステージ9bにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもいい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。

【0099】

ステージの駆動装置として平面モータを用いる場合、磁石ユニット（永久磁石）と電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側（ベース）に設ければよい。

10

【0100】

基板ステージ9aの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。本発明は、このような構造を備えた露光装置においても適用可能である。

【0101】

マスクステージ9bの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。本発明は、このような構造を備えた露光装置においても適用可能である。

【0102】

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

20

【0103】

半導体デバイスは、図9に示すように、デバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ202、デバイスの基材となる基板（ウェーハ、ガラスプレート）を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置によりマスクのパターンを基板に露光する基板処理ステップ204、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）205、検査ステップ206等を経て製造される。

30

【0104】

【発明の効果】

本発明の露光方法及び露光装置は以下のようないくつかの効果を有するものである。

40

本発明によれば、投影光学系ごとに予め計測されたパターンの像の寸法に基づいて、各照明光学系のそれぞれの露光光の照射量や照明光学系、投影光学系の光学特性はそれぞれ調整される。このように、各照明光学系のそれぞれの露光光の照射量や各照明光学系、投影光学系の光学特性は、各投影領域に形成されたそれぞれのパターンの寸法の計測結果に基づいて調整されるので、例えば照明光学系、投影光学系のそれぞれの特性に違い等がある場合でもこれらを補正して、複数の投影領域に形成されるパターンの寸法を一致することができる。したがって、製造される基板の歩留まりは向上する。

【0105】

また本発明によれば、照明光学系の露光光の照射量、照明光学系の光学特性または投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つの変化量とパターンの像の寸法変化量との関係を

50

予め求め、この関係に基づいて照明光学系の露光光の照射量、照明光学系の光学特性または投影光学系の光学特性のうち少なくとも1つを調整することによって、複数の投影領域に形成されるパターンの寸法は効率良く一致される。

【0106】

また本発明によれば、各投影光学系に対応する位置の露光光の照射量を計測し、その計測結果に基づいて制御系は各照明光学系の露光光の照射量を調整可能とすることにより、各照明光学系の露光光の照射量の調整は、例えば各投影領域における露光光の照射量を計測し、このときの各照射量が均一になるように各照明光学系の照射量を調整した後、寸法計測系の計測結果に基づいて行うことができる。したがって、各投影領域のパターンの形状は効率良く均一化される。 10

【0107】

また本発明によれば、投影光学系の光学特性としてそれぞれの焦点位置を調整することにより、投影光学系の解像力が変化してパターンの像の見かけ上の寸法が変化するので、複数の投影領域に形成されるパターンの寸法を均一にすることができる。

【0108】

また本発明によれば、照明光学系の光路上の所定の位置に、露光光を通過可能な可変の開口を有する光学部材を設け、この光学部材の開口を調整することにより、投影光学系の解像力が変化してパターンの像の見かけ上の寸法が変化するので、複数の投影領域に形成されるパターンの寸法を均一にすることができる。 20

【0109】

また本発明によれば、投影光学系の光学特性としてそれぞれの開口数を調整することにより、投影光学系の解像力が変化してパターンの像の見かけ上の寸法が変化するので、形成されるパターンの寸法を均一にすることができる。

【0110】

また本発明によれば、照明光学系の光学特性としてこの照明光学系のそれによる露光光の波長を変更することにより、投影光学系の解像力が変化してパターンの像の見かけ上の寸法が変化するので、形成されるパターンの寸法を均一にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の露光装置の一実施形態を示す構成図である。

【図2】本発明の露光装置の一実施形態を示す斜視図である。 30

【図3】フィルタを説明するための平面図である。

【図4】投影光学系を説明するための概略構成図である。

【図5】基板上の投影領域を説明するための図である。

【図6】本発明の露光装置の第2実施形態のうち焦点位置調整装置を説明するための図である。

【図7】焦点位置調整装置の他の実施形態を説明するための図である。

【図8】本発明の露光装置の第3実施形態のうち開口数調整装置を説明するための図である。

【図9】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

1 露光装置

4 (4 a ~ 4 g) 照明光学系

5 (5 a ~ 5 g) 投影光学系

7 制御部(制御系)

11 光源

13 波長フィルタ(波長調整装置)

22 照度センサ(照射量計測系)

30 線幅計測機(寸法計測系)

58、61 直角プリズム(焦点位置調整装置)

58a、61a プリズム移動装置(焦点位置調整装置) 40

50

L C レンズコントローラ (焦点位置調整装置)

7 0 可変絞り (光学部材)

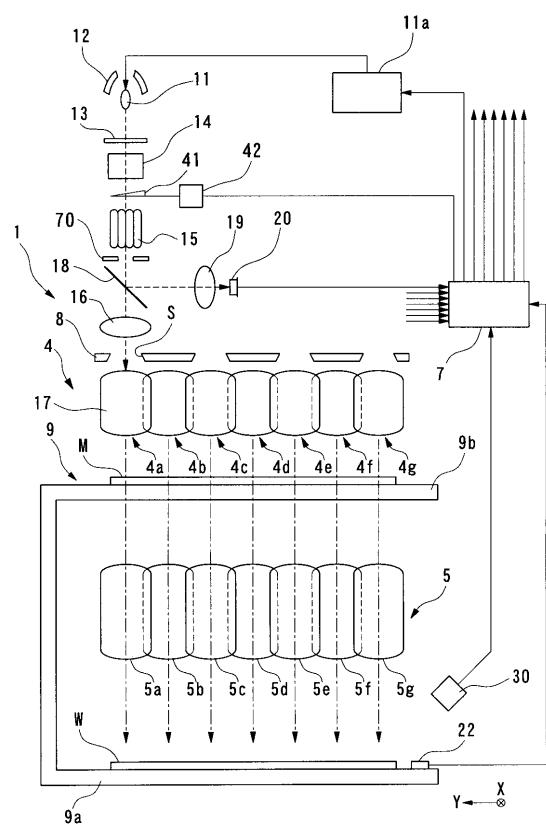
8 0 可変絞り (開口数調整装置)

P a ~ P g 投影領域

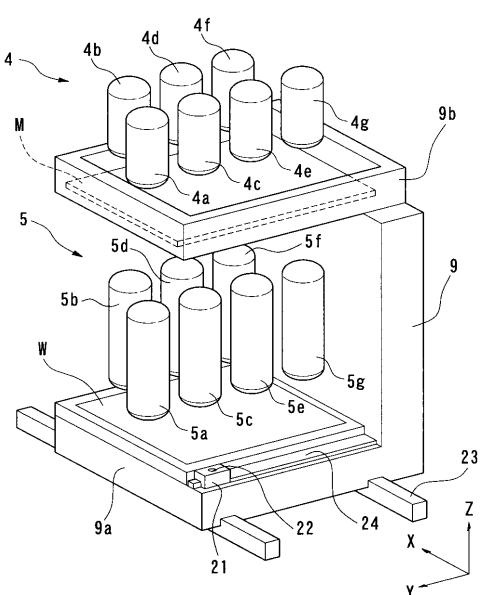
M マスク

W 基板

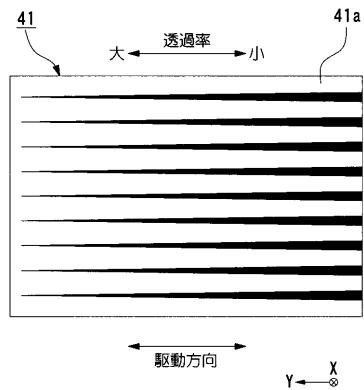
【図 1】



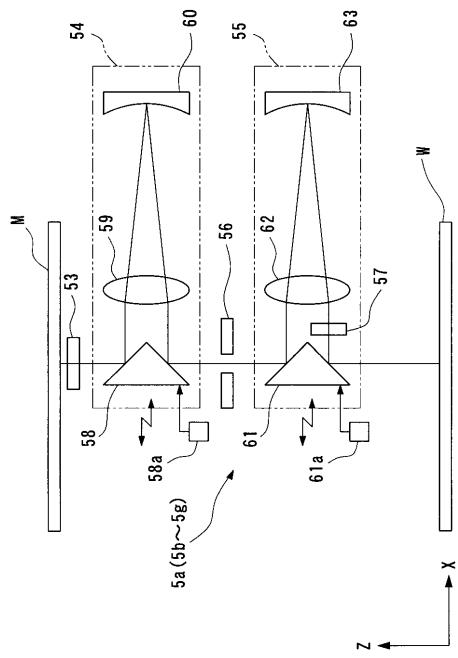
【図 2】



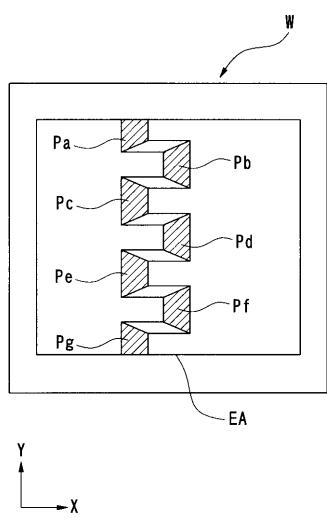
【図3】



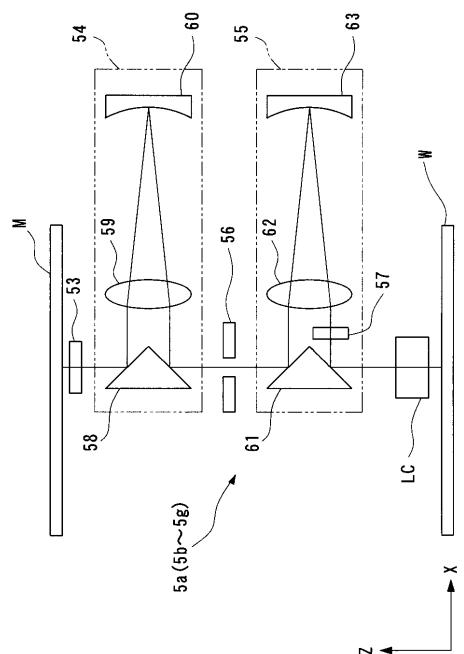
【図4】



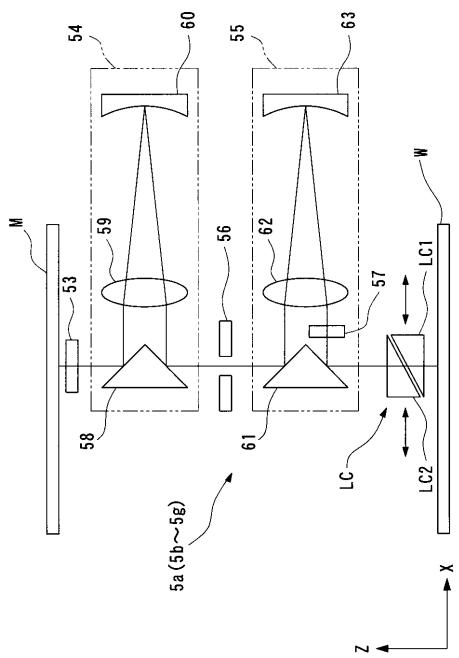
【図5】



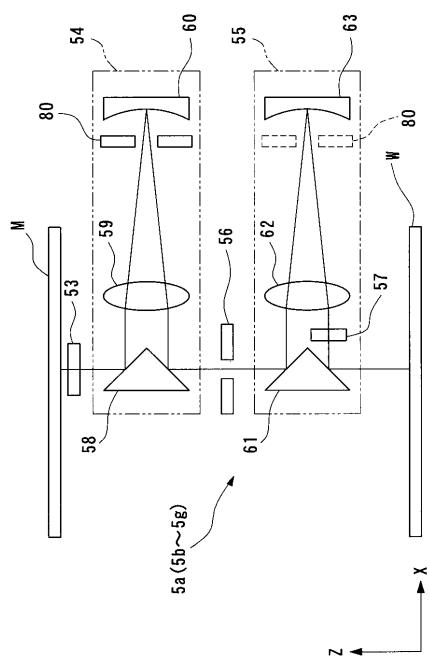
【図6】



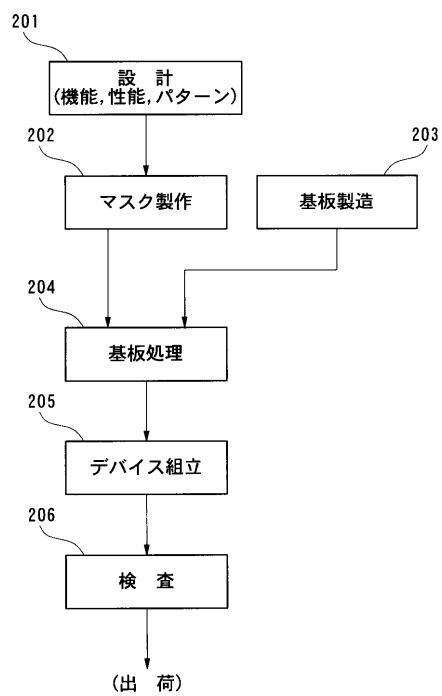
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 土屋 誠

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 奈良 圭

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

審査官 赤尾 隼人

(56)参考文献 特開平8-330218(JP,A)

特開平08-055783(JP,A)

特開平01-187817(JP,A)

特開平07-161617(JP,A)

特開平7-153683(JP,A)

特開平9-230412(JP,A)

特開平7-183212(JP,A)

特開平05-062882(JP,A)

特開平06-196378(JP,A)

特開平06-026833(JP,A)

特開平01-112727(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20-7/24;9/00-9/02

H01L 21/027