

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-158786

(P2004-158786A)

(43) 公開日 平成16年6月3日(2004.6.3)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 21/027

G02B 17/08

G03F 7/20

F I

H01L 21/30

G02B 17/08

G03F 7/20

531A

A

503

テーマコード (参考)

2H087

2H097

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-325352 (P2002-325352)

(22) 出願日 平成14年11月8日 (2002.11.8)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100090538

弁理士 西山 恵三

(74) 代理人 100096965

弁理士 内尾 裕一

(72) 発明者 鈴木 雅之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
ノン株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA21 TA02 TA06

2H097 CA06 CA15 LA10

5F046 DA13 GA03 GA11 GA12 GA14

GB01 GC03

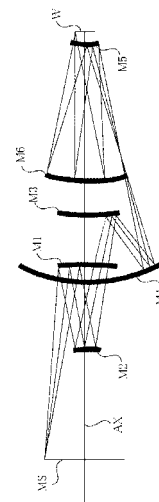
(54) 【発明の名称】 投影光学系及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 結像性能の良い反射型縮小投影光学系を得る。

【解決手段】 EUV光(波長200nm以下)の光を用いて投影光学系であって、物体側から像側にかけて順次光を反射するとともに基本的に共軸系をなすように配置された6枚の鏡を有し、当該6枚の鏡の各々の曲率半径が1500mm以下である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

EUV 光を用いてレチクルのパターンを縮小投影する投影光学系において、凹面形状の第 1 ミラー (M1)、凹面形状の第 2 ミラー (M2)、凸面形状の第 3 ミラー (M3)、凹面形状の第 4 ミラー (M4)、凸面形状の第 5 ミラー (M5)、凹面形状の第 6 ミラー (M6) の順に光を反射するように 6 枚のミラーが配置され、前記 6 枚のミラーのそれぞれの曲率半径の絶対値が 1500 mm 以下であることを特徴とする投影光学系。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の投影光学系と前記レチクルを前記 EUV 光により照明する照明光学系と有することを特徴とする露光装置。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載の露光装置によりデバイスパターンでウエハを露光する段階と、該露光したウエハを現像する段階とを含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、EUV (extreme ultraviolet) 光を用いてレチクルのパターンを縮小投影する投影光学系に関し、特に 6 枚程度の枚数のミラーによって縮小投影を行う投影光学系に関する。

【0002】

20

【従来の技術】

6 枚程度の枚数のミラーによって縮小投影を行う投影光学系は、例えば、米国特許第 5686728 号公報、特開 2000-100694 号公報、特開 2000-235144 号公報に開示されている。

【0003】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、前記各公報に記載の投影光学系は、1 枚以上のミラー (多くの場合、レチクル側から数えて 1 番目や 2 番目のミラー) の曲率半径の絶対値が 1600 mm 以上と、大きな値になっている。これらの投影光学系のうち、特にレチクル側から数えて 2 番目のミラーがレチクルに最も近いミラーである例においては、いずれも、1 枚以上のミラーの曲率半径の絶対値が 2000 mm 以上と、非常に大きな値になっている。

30

【0004】

ミラーの曲率半径が大きい場合、このミラーの反射面 (非球面) の曲率半径や形状測定のための干渉計等の測定装置が大きくなり過ぎる。例えば、曲率半径が 2000 mm の凹面鏡の面形状を干渉計で測定するには測定ビームの集光位置から 2000 mm 以上離れた位置に凹面鏡を設定する必要がある。

【0005】

このような干渉計では、被測定面であるミラーの反射面と参照面との距離が 2000 mm 以上になるため、測定に空気等の雰囲気の影響を受けやすくなるし、また、干渉計の方式にもよるが、可干渉距離の関係から干渉縞のビジビリティも低下する。従って、ミラーの曲率半径や面形状の測定精度が良くない。

40

【0006】

従って、従来の投影光学系は、1 枚以上のミラーの面形状の測定精度が良くなく、このミラーの面形状の精度が良くない為に、投影光学系の結像性能を向上させにくいという問題点があった。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものである。

【0008】

本発明の第 1 の形態は、〔特許請求の範囲〕の欄の〔請求項 1〕に記載したとおりである

50

。第1の形態とは異なり曲率半径の絶対値が1500mmを超えるミラーがあると、このミラーの面形状の測定精度が悪くなく、このミラーの面形状の精度が悪い為に、投影光学系の結像性能を向上させることが困難である。

【0009】

本発明の第2の形態は、前記第2ミラー(M2)近傍に開口絞りが配置されることを特徴とする〔請求項1〕に記載の投影光学系である。

【0010】

本発明の第3の形態は、前記6枚のミラーのうち、曲率半径の絶対値が最大のミラーが前記第2ミラー(M2)であることを特徴とする〔請求項1〕に記載の投影光学系である。

【0011】

本発明の第4の形態は、前記6枚のミラーのうち、曲率半径の絶対値が最大のミラーが前記第1ミラー(M1)であることを特徴とする〔請求項1〕に記載の反射型縮小投影光学系である。

【0012】

本発明の第5の形態は、前記6枚のミラーのうち前記第2ミラー(M2)が前記レチクルに最も近い位置に配置されることを特徴とする〔請求項1〕に記載の投影光学系である。

【0013】

本発明の第6の形態は、前記6枚のミラーのうち有効直径が400mmを超えるミラーの曲率半径の絶対値は1000mm以下であることを特徴とする〔請求項1〕に記載の投影光学系である。

【0014】

本発明の第7の形態は、前記6枚のミラーの各々の反射面は非球面であることを特徴とする〔請求項1〕に記載の投影光学系である。

【0015】

本発明の第8の形態は、〔請求項1〕と上記第2～7形態のいずれかに記載の投影光学系と前記レチクルを前記EUV光により照明する照明光学系と有することを特徴とする露光装置である。

【0016】

本発明の第9の形態は、上記第8の形態の露光装置によりデバイスパターンでウエハを露光する段階と、該露光したウエハを現像する段階とを含むデバイス製造方法である。

【0017】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施形態の投影光学系は、設計波長が13.5nm、縮小倍率を有し、物体面側(レチクル側)から光を反射する順番に、凹面鏡(ミラーM1)、凹面鏡(ミラーM2)、凸面鏡(ミラーM3)、凹面鏡(ミラーM4)、凸面鏡(ミラーM5)、凹面鏡(ミラーM6)の6枚ミラーの基本構成を有し、前記6枚のミラーのそれぞれの曲率半径の絶対値が1500mm以下である。

【0018】

本実施形態によれば、EUV光を用いてレチクルのパターンを縮小投影する投影光学系において、凹面形状の第1ミラー(M1)、凹面形状の第2ミラー(M2)、凸面形状の第3ミラー(M3)、凹面形状の第4ミラー(M4)、凸面形状の第5ミラー(M5)、凹面形状の第6ミラー(M6)の順に光を反射するように6枚のミラーが配置され、前記6枚のミラーのそれぞれの曲率半径の絶対値が1500mm以下であるので、各ミラーの曲率半径や反射面の形状を測定する測定装置(干渉計)の大きさを抑えられ、6枚のミラーの面形状の測定精度が良く、面形状の精度が良い為に投影光学系の結像性能を向上できる。

【0019】

本実施形態の投影光学系は、M1からM4までの4枚のミラーで中間像を結像し、その中間像をM5とM6の2枚のミラーで像面上(ウエハ上)に再結像する。

【0020】

10

20

30

40

50

本実施形態の投影光学系は、前記 6 枚のミラーのうち有効直径が 4 0 0 m m を超えるミラーの曲率半径の絶対値は 1 0 0 0 m m 以下である。

【 0 0 2 1 】

また、6 枚のミラーの少なくとも 1 枚の反射面が非球面であり、収差補正上からはできるだけ多くのミラーの反射面を非球面にすることが望ましく、6 枚のミラーの反射面を全て非球面にすることが最も望ましい。

【 0 0 2 2 】

本実施形態の投影光学系は、基本的に 1 本の光軸の回りに軸対称な共軸光学系であり、光軸を中心としたリング状の（領域）像面で収差が補正される。但し、収差補正又は調整上、6 枚のミラーの少なくとも 1 枚を若干の偏心をさせてもよい。

10

【 0 0 2 3 】

本実施形態の投影光学系は、物体面に最も近いミラーを M 2 とすることにより、M 4 の直径を比較的小さくすることを可能にしている。また、M 1、M 2、M 4 の各ミラー位置関係は、ミラーの頂点の位置について言えば、M 1 と M 2 の各ミラー間にミラー M 4 が配置される。この配置により、ミラー M 4 の直径を比較的小さくすることと、M 3 と M 4 の各ミラーの反射面の非球面量を比較的小さな値にすることを同時に満たすことができる。

【 0 0 2 4 】

また、像面湾曲の補正上、M 1 ~ M 6 のミラーの各反射面の屈折力の和をゼロ近傍にしている。即ち、ミラー M 1 ~ M 6 の各々の近軸の曲率半径を $r_1 \sim r_6$ とすると、 $1/r_1 - 1/r_2 + 1/r_3 - 1/r_4 + 1/r_5 - 1/r_6$ の値をゼロ又はその近傍にしている。

20

【 0 0 2 5 】

本実施形態の投影光学系では、以上述べた条件を満足させた上、他の収差の補正を行い且つ光学系の大きさをより実用的なものとするために、 $r_1 = -1400 \pm 100$ 、 $r_2 = 1200 \pm 100$ 、 $r_3 = 450 \pm 150$ 、 $r_4 = 600 \pm 200$ 、 $r_5 = 350 \pm 100$ 、 $r_6 = 500 \pm 100$ の範囲としている。

【 0 0 2 6 】

M 1 ~ M 6 の各ミラーの反射面には、E U V 光を反射させる多層膜が施されており、後述する実施例のように設計波長が 1 3 . 5 n m の時には M o と S i の多層膜反射面が形成される。

30

【 0 0 2 7 】

ミラー M 2 の位置又はその傍が開口絞りになっており、このミラー M 2 自身を開口絞りとするか、或いはその近傍に別途開口絞りまたは可変開口絞りを配置して開口数 (N A) を制限または可変にしてもよい。

【 0 0 2 8 】

また、本実施形態の投影光学系は、物体面に反射型レチクル（マスク）を配置することを仮定して、物体側が非テレセントリック、像側がテレセントリックな光学系として設計しており、投影光学系の像面側の主光線は、投影光学系の光軸に平行に射出するので、像面に配置される感光体（ウェハ W）が光軸方向に移動しても倍率の変化が少ない。

【 0 0 2 9 】

本実施形態の投影光学系の少なくとも一枚のミラーの非球面反射面の非球面の形状 Z は、 $Z = c h^2 / (1 + S Q R T (1 - (1 + k) c^2 h^2)) + A h^4 + B h^6 + C h^8 + D h^{10} + E h^{12} + F h^{14} + G h^{16} + H h^{18} + J h^{20} + \dots$

40

という式で表される。ここで、Z は光軸方向の座標、c は曲率（曲率半径 r の逆数）、h は光軸からの高さ、k は円錐係数、A、B、C、D、E、F、G、H、J・・・は、各々、4 次、6 次、8 次、10 次、12 次、14 次、16 次、18 次、20 次、・・・の非球面係数である。

【 0 0 3 0 】

本実施形態の投影光学系は、良好な収差補正のために、M 1 の円錐係数が $50 < k < 150$ を満たし、かつ、M 5 の円錐係数が $5 < k < 20$ を満たしており、M 1 と M 5 は偏球面

50

(Oblate spheroid) ベースの非球面となっている。

【0031】

また、途中(M4とM5の間)で中間像を結像することもこの本実施形の投影光学系の特徴であり、それによって、NAが大きく、かつ、良好な収差補正を可能にしている。

【0032】

以下に、本実施形態の投影光学系の実施例を示す。

【0033】

【実施例】

図1～図3に、本投影光学系の第1～第3の実施例の断面の光路図を示す。これらの図において、同一の構成要素には同一記号をつけて示す。

10

【0034】

図1～図3において、MSは物体面位置に置かれた反射型レチクル、Wは像面位置に置かれたウェハ、M1は第1ミラー(凹面鏡)、M2は第2ミラー(凹面鏡)、M3は第3ミラー(凸面鏡)、M4は第4ミラー(凹面鏡)、M5は第5ミラー(凸面鏡)、M6は第6ミラー(凹面鏡)、AXは光軸である。

【0035】

不図示の照明光学系からの波長13.5nm付近のEUV光によりレチクルMSが照明されると、投影光学系は、レチクルMSからのEUV光を、第1ミラーM1(凹面鏡)、第2ミラーM2(凹面鏡)、第3ミラーM3(凸面鏡)、第4ミラーM4(凹面鏡)、第5ミラーM5(凸面鏡)、第6ミラーM6(凹面鏡)の順に反射し、像面位置に置かれたウェハW上に、レチクルのデバイス(回路)パターンの縮小像を形成する。

20

【0036】

第1の実施例においては、設計波長 = 13.5nm、NA0.20、縮小倍率は1/4倍、物高 = 125～135mmの円弧状物体面(領域)、像高 = 31.25～33.75mmの2.5mm幅の円弧状像面(領域)である。

【0037】

第2の実施例においては、設計波長 = 13.5nm、NA0.25、縮小倍率は1/4倍、物高 = 128～136mmの円弧状物体面(領域)、像高 = 32～34mmの2mm幅の円弧状像面(領域)である。

【0038】

第3の実施例においては、波長 = 13.5nm、NA0.28、縮小倍率は1/4倍、物高 = 132～136mmの円弧状物体面(領域)、像高 = 33～34mmの1mm幅の円弧状像面(領域)である。

30

【0039】

実施例1～3の投影光学系の各々の光学データ(曲率半径、面間隔、非球面係数など)を各々〔表1〕～〔3〕に示す。

【0040】

〔表1〕

(実施例1)

ミラー番号	曲率半径	面間隔	円錐係数k
MS(レチクル)	INFINITY	630.179916	
M1	-1417.99439	-261.467870	108.912559
M2	1239.25392	418.624113	-0.359058
M3	362.77769	-201.547857	0.353432
M4	474.63367	768.506284	0.044131
M5	355.39768	-433.958427	8.409102
M6	516.18902	479.663841	0.087959
W(ウェハ)	INFINITY		

10

非球面係数

M1 :

20

A :0.683291E-08 B :0.920316E-13 C :0.569325E-17 D :0.336
 108E-22
 E :0.298242E-25 F :-.192742E-29 G :0.113727E-33 H :0.000
 000E+00
 J :0.000000E+00

M2 :

30

A :-.527660E-09 B :-.146866E-13 C :-.120097E-17 D :0.602
 378E-22
 E :0.202254E-24 F :-.112453E-27 G :0.173326E-31 H :0.000
 000E+00
 J :0.000000E+00

M3 :

40

A :-.389938E-08 B :-.193071E-13 C :0.895942E-18 D :-.339

434E-22

E :-.285140E-26 F :0.286164E-30 G :-.777425E-35 H :0.000
000E+00
J :0.000000E+00

M4 :

A :-.199437E-09 B :0.176911E-14 C :-.449370E-19 D :0.472
723E-24
E :-.363016E-29 F :0.258718E-34 G :-.134850E-39 H :0.000
000E+00
J :0.000000E+00

10

M5 :

A :-.222962E-07 B :-.230654E-12 C :-.570785E-16 D :-.805
423E-20
E :0.121605E-23 F :0.168015E-28 G :-.382728E-31 H :0.000
000E+00
J :0.000000E+00

20

M6 :

A :-.293665E-10 B :-.606092E-16 C :-.512438E-21 D :0.445
912E-25
E :-.249950E-29 F :0.714531E-34 G :-.817258E-39 H :0.000
000E+00
J :0.000000E+00

30

【 0 0 4 1 】

〔表 2〕

(実施例 2)

ミラー番号	曲率半径	面間隔	円錐係数 k
MS(レチクル)	INFINITY	643.602181	
M1	-1447.35247	-261.656816	101.944633
M2	1215.95679	405.854887	0.642114
M3	455.18256	-300.124352	1.824126
M4	608.71774	865.720173	0.041252
M5	348.99083	-432.357964	10.791670
M6	515.45674	476.357972	0.089726
W(ウェハ)	INFINITY		

10

非球面係数

M1 :

20

A :0.609140E-08 B :0.699773E-13 C :0.418382E-17 D :0.28
 5464E-22
 E :0.195221E-25 F :-.223251E-29 G :0.243045E-33 H :-.131
 967E-37
 J :0.353573E-42

M2 :

30

A :-.520732E-09 B :-.158879E-13 C :0.199750E-18 D :-.272
 652E-20
 E :0.391908E-23 F :-.323621E-26 G :0.154875E-29 H :-.400
 536E-33
 J :0.433411E-37

M3 :

40

A :-.361756E-08 B :-.100951E-13 C :-.188622E-17 D :0.137
 421E-21
 E :-.435870E-27 F :-.807975E-30 G :0.416642E-34 H :0.745

306E-39

J :-.744094E-43

M4 :

A :-.708692E-11 B :-.587545E-15 C :0.415278E-20 D :0.233

903E-25

E :-.428472E-30 F :-.288671E-35 G :0.446209E-40 H :0.204

972E-45

J :-.274443E-50

10

M5 :

A :-.290931E-07 B :-.100431E-11 C :-.126109E-15 D :-.580

717E-20

E :-.249237E-24 F :0.990307E-28 G :-.215115E-30 H :0.737

415E-34

J :-.863420E-38

20

M6 :

A :-.267143E-10 B :-.448332E-16 C :-.774133E-21 D :0.126

998E-24

E :-.131738E-28 F :0.876886E-33 G :-.358801E-37 H :0.820

550E-42

J :-.801112E-47

30

【 0 0 4 2 】

〔表 3〕

(実施例 3)

ミラー番号	曲率半径	面間隔	円錐係数 k
MS(レチクル)	INFINITY	644.850299	
M1	-1423.28830	-264.078564	100.234610
M2	1218.20499	405.736540	0.789243
M3	446.68480	-291.988234	1.752538
M4	598.88100	861.479959	0.029391
M5	349.11713	-432.237976	10.738888
M6	515.55439	476.237976	0.090117
W(ウェハ)	INFINITY		

10

非球面係数

M1 :

A :0.627121E-08 B :0.755850E-13 C :0.428200E-17 D :0.622
 819E-22
 E :0.161861E-25 F :-.179291E-29 G :0.213411E-33 H :-.119
 178E-37
 J :0.337956E-42

20

M2 :

A :-.519569E-09 B :-.152324E-13 C :0.827001E-18 D :-.447
 137E-20
 E :0.643682E-23 F :-.530372E-26 G :0.253310E-29 H :-.653
 936E-33
 J :0.706349E-37

30

M3 :

A :-.376490E-08 B :-.152265E-13 C :-.157948E-17 D :0.153
 611E-21
 E :-.436540E-26 F :-.856327E-30 G :0.895218E-34 H :-.290

40

000E-38

J :0.162538E-43

M4 :

A :-.358812E-11 B :-.590866E-15 C :0.420854E-20 D :0.267

696E-25

E :-.475021E-30 F :-.372201E-35 G :0.729697E-40 H :-.717

295E-46

J :-.180920E-50

M5 :

A :-.292071E-07 B :-.992125E-12 C :-.118939E-15 D :-.753

027E-20

E :-.578063E-24 F :0.886658E-27 G :-.595140E-30 H :0.157

698E-33

J :-.159492E-37

M6 :

A :-.274252E-10 B :-.467321E-16 C :-.124139E-20 D :0.193

090E-24

E :-.193399E-28 F :0.124502E-32 G :-.495959E-37 H :0.111

156E-41

J :-.106975E-46

本実施形の上記各実施例の投影光学系の収差は、

実施例 1 : 波面収差 = 0 . 0 3 1 r m s、歪曲 (レンジ) = 8 n m

実施例 2 : 波面収差 = 0 . 0 1 0 r m s、歪曲 (レンジ) = 1 . 2 n m

実施例 3 : 波面収差 = 0 . 0 2 7 r m s、歪曲 (レンジ) = 0 . 9 n m

であり、何れも波長 1 3 . 5 n m での d i f f r a c t i o n l i m i t e d な光学系である。

【 0 0 4 3 】

実施例 1 ~ 3 の投影光学系の像面 (領域) は円弧状 (リング状) となるので、各実施例の投影光学系を投影露光装置に用いる時には、レチクルとウェハとを投影光学系の縮小倍率と同じ速度比で、この円弧の幅方向にスキャンすることにより、レチクルのパターンの全体でウェハの被露光領域 (通常複数並んでいる) を露光する方式をとる。

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態は、以上述べた実施例に限定されることはなく、本発明の範囲内で構成を変更して、性能を改善することが可能である。

【 0 0 4 5 】

本発明の投影光学系を適用した露光装置を説明する。本発明の露光装置は露光用の照明光として E U V 光 (例えば、波長 1 3 . 4 n m) を用いる。また上述したとおり、投影光学系 1 0 0 の像面は円弧状 (リング状) の像面となり、レチクルとウェハを縮小倍率比の速度比でスキャンすることにより、マスクの全面を露光する方式をとる。

【 0 0 4 6 】

図 4 を参照するに、本露光装置は、E U V 光源 2 1 0、照明光学系 2 2 0、反射型レチク

10

20

30

40

50

ル 2 3 0、アライメント光学系 2 4 0、投影光学系 1 0 0、レチクルステージ 2 5 0、ウェハステージ 2 6 0、ウェハ 2 7 0 を有する。

【 0 0 4 7 】

なお、E U V 光は大気に対する透過率が低いため、少なくとも E U V 光が通る光路は真空雰囲気であることが好ましく、照明光学系 2 2 0 からウェハステージ 2 6 0 までを真空容器 2 8 0 に収納している。

【 0 0 4 8 】

本実施形態の E U V 光源 2 1 0 は、例えば、レーザープラズマ光源を使用する。レーザープラズマ光源 2 1 0 はターゲット供給装置 2 1 1 によって供給され真空容器 2 8 0 中に置かれたターゲット材 2 1 3 に高強度のパルスレーザー光をパルスレーザー 2 1 1 から集光
10
レンズ 2 1 4 を介して照射し、高温のプラズマ 2 1 5 を発生させる。そして、これから放射される波長 1 3 . 4 n m 程度の E U V 光を利用するものである。ターゲット材 2 1 3 は、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等のターゲット供給装置 2 1 2 により真空容器内 2 8 0 に供給される。

【 0 0 4 9 】

照明光学系 2 2 0 は E U V 光を伝播してレチクル 2 3 0 を照明する。図 3 において、照明光学系 2 2 0 は、第 1 乃至第 3 ミラー 2 2 1、2 2 2 及び 2 2 3 と、オプティカルインテ
20
グレート 2 2 4 と、アパーチャ 2 2 5 とを有する。第 1 ミラー 2 2 1 はプラズマ 2 1 5 からほぼ等方的に放射される E U V 光を集める。オプティカルインテグレート 2 2 4 はレチクル 2 3 0 を均一に所定の開口数で照明する。また、それらの E U V 光は第 2 乃至第 3 ミ
ラー 2 2 2 乃至 2 2 3 によってレチクル 2 3 0 へリレーされる。アパーチャ 2 2 5 は照明光学系 2 2 0 のレチクル 2 3 0 と共役な位置に配置され、レチクル 2 3 0 面で照明される領域を円弧状に限定する。

【 0 0 5 0 】

レチクルステージ 2 5 0 とウェハステージ 2 6 0 は、縮小倍率に比例した速度比で同期して走査する機構をもつ。ここで、レチクル 2 3 0 又はウェハ 2 7 0 面内で走査方向を X、それに垂直な方向を Y、レチクル 2 3 0 又はウェハ 2 7 0 面に垂直な方向を Z とする。

【 0 0 5 1 】

レチクル 2 3 0 には所望のパターンが形成され、レチクルステージ 2 5 0 上の図示しないレチクルチャックに保持される。レチクルステージ 2 5 0 は X 方向に移動する機構をもつ
30
。また、X 方向、Y 方向、Z 方向、及び各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、レチクル 2 3 0 の位置決めができるようになっている。レチクルステージ 2 5 0 の位置と姿勢はレーザ干渉計によって計測され、その結果に基づいて位置と姿勢が制御される。なお、本実施形態ではレチクル 2 3 0 は反射型レチクルとして実現されているが、透過型レチクル又は反射型レチクルのどちらでも適用可能である。

【 0 0 5 2 】

ウェハ 2 7 0 は、図示しないウェハチャックによってウェハステージ 2 6 0 に保持される。ウェハステージ 2 6 0 はレチクルステージ 2 5 0 と同様に X 方向に移動する移動機構をもつ。また、X 方向、Y 方向、Z 方向、及び各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、ウェハ 2 7 0 の位置決めができるようになっている。ウェハステージ 2 6 0 の位置と姿勢は
40
レーザ干渉計によって計測され、その結果に基づいて位置と姿勢が制御される。

【 0 0 5 3 】

アライメント検出光学系 2 4 0 によってレチクル 2 3 0 の位置と投影光学系 1 0 0 の光軸との位置関係、及びウェハ 2 7 0 の位置と投影光学系 1 0 0 の光軸との位置関係が計測され、レチクル 2 3 0 の投影像がウェハ 2 7 0 の所定の位置に一致するようにレチクルステージ 2 5 0 及びウェハステージ 2 6 0 の位置と角度が設定される。また、図示しないフォーカス検出光学系によってウェハ 2 7 0 面で Z 方向のフォーカス位置が計測され、ウェハステージ 2 6 0 の位置及び角度を制御することによって、露光中は常時ウェハ面を投影光学系 1 0 0 による結像位置に保つ。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

ウェハ 270 上で 1 回のスキャン露光が終わると、ウェハステージ 260 は X、Y 方向にステップ移動して次の走査露光開始位置に移動し、再びレチクルステージ 250 及びウェハステージ 260 が投影光学系の縮小倍率に比例した速度比で X 方向に同期走査する。

【0055】

このようにして、レチクル 230 の縮小投影像がウェハ 270 上に結像した状態でそれらを同期走査するという動作が繰り返される。(ステップ・アンド・スキャン)。こうしてウェハ 270 全面にレチクル 230 の転写パターンが転写される。

【0056】

次に、図 5 及び図 6 を参照して、上述の露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図 5 は、デバイス(IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等)の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1 (回路設計)ではデバイスの回路設計を行う。ステップ 2 (マスク製作)では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ 3 (ウェハ製造)ではシリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ 4 (ウェハプロセス)は前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ 5 (組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ 6 (検査)では、ステップ 5 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ 7)される。

10

20

【0057】

図 6 は、図 5 に示すステップ 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ 11 (酸化)ではウェハの表面を酸化させる。ステップ 12 (CVD)では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 13 (電極形成)では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ 14 (イオン打ち込み)ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ 15 (レジスト処理)ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ 16 (露光)では、露光装置 200 によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ 17 (現像)では、露光したウェハを現像する。ステップ 18 (エッチング)では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 19 (レジスト剥離)では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

30

【0058】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0059】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、結像性能を向上させることができる投影光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【図 1】本発明の第 1 の実施例の光学系を示す図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施例の光学系を示す図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施例の光学系を示す図である。

【図 4】本発明の露光装置を示す図である。

【図 5】半導体デバイスの製造フローを示す図である。

【図 6】図 5 のウェハプロセスを示す図である。

【符号の説明】

M 1 第 1 ミラー(凹面鏡)

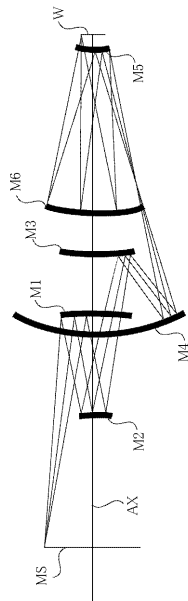
M 2 第 2 ミラー(凹面鏡)

M 3 第 3 ミラー(凸面鏡)

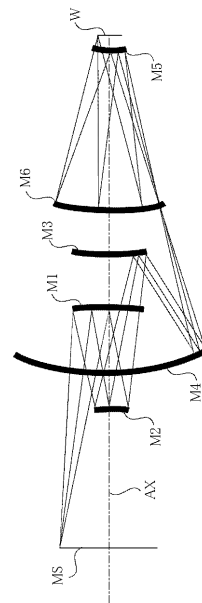
50

M 4 第 4 ミラー (凹 面 鏡)
 M 5 第 5 ミラー (凸 面 鏡)
 M 6 第 6 ミラー (凹 面 鏡)
 M S マスク (物 体 面)
 W ウェハ (像 面)
 A X 光学系の光軸

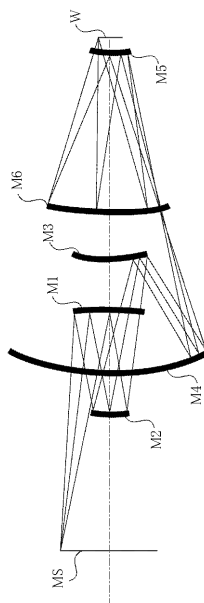
【 図 1 】



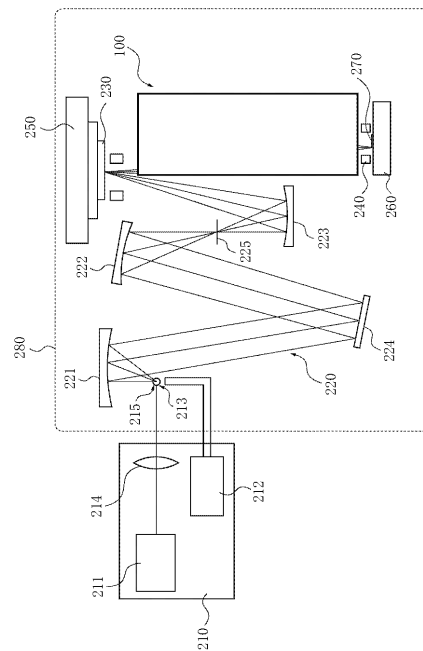
【 図 2 】



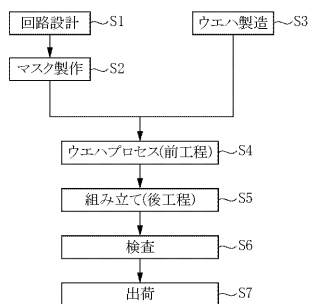
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

