

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3864399号
(P3864399)

(45) 発行日 平成18年12月27日(2006.12.27)

(24) 登録日 平成18年10月13日(2006.10.13)

(51) Int.CI.

F 1

GO2B 13/24 (2006.01)

GO2B 13/24

請求項の数 23 (全 31 頁)

(21) 出願番号

特願平8-209892

(22) 出願日

平成8年8月8日(1996.8.8)

(65) 公開番号

特開平10-54936

(43) 公開日

平成10年2月24日(1998.2.24)

審査請求日

平成15年7月18日(2003.7.18)

(73) 特許権者 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

(72) 発明者 遠藤 一正

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 森内 正明

(56) 参考文献 特開平 5-173065 (JP, A)

特開平 4-157412 (JP, A)

特開平 8-190047 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投影露光装置及び該投影露光装置に用いられる投影光学系並びにデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系において、
前記第1物体側から順に、
正の屈折力を有する第1レンズ群と、
負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第2レンズ群と、
正の屈折力を有し、最も前記第2物体側に配置されて前記第2物体側に凹面を向けたレンズを持つ第3レンズ群と、

正の屈折力を有し、最も前記第1物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けたレンズを持つ第4レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第5レンズ群と、
正の屈折力を持つ第6レンズ群とから構成され、

$$\begin{array}{r} 1.1 < | \quad | \quad 2.0 \\ \hline 0.5 < | f_1 / f_2 | < 2.0 \\ \hline 1.0 < | f_6 / f_5 | < 3.0 \\ \hline 1.0 < f_3 / f_4 < 4.0 \end{array}$$

を満足することを特徴とする投影光学系。

10

20

但し、

: 前記投影光学系の横倍率、
f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離、
f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離、
f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離、
f₄ : 前記第4レンズ群の焦点距離、
f₅ : 前記第5レンズ群の焦点距離、
f₆ : 前記第6レンズ群の焦点距離、
 である。

【請求項2】

10
 第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系において、
 前記第1物体側から順に、
 正の屈折力を有する第1レンズ群と、
 負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第2レンズ群と、
 正の屈折力を有し、最も前記第2物体側に配置されて前記第2物体側に凹面を向けたレンズを持つ第3レンズ群と、
 開口絞りと、
 正の屈折力を有し、最も前記第1物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けたレンズを持つ第4レンズ群と、
 20
 負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第5レンズ群と、
 正の屈折力を有する第6レンズ群とから構成され、

$$\begin{array}{r} 1.1 < | \quad | \quad 2.0 \\ 0.8 < | f_1 / f_2 | < 2.0 \\ 1.0 < | f_6 / f_5 | < 3.0 \\ 1.0 < f_3 / f_4 < 4.0 \end{array}$$

を満足することを特徴とする投影光学系。

但し、

: 前記投影光学系の横倍率、
f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離、
f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離、
f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離、
f₄ : 前記第4レンズ群の焦点距離、
f₅ : 前記第5レンズ群の焦点距離、
f₆ : 前記第6レンズ群の焦点距離、
 である。

【請求項3】

第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系において、
 前記第1物体側から順に、
 正の屈折力を有する第1レンズ群と、
 負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第2レンズ群と、
 正の屈折力を有し、最も前記第2物体側に配置されて前記第2物体側に凹面を向けたレンズを持つ第3レンズ群と、
 開口絞りと、
 正の屈折力を有し、最も前記第1物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けたレンズを持つ第4レンズ群と、
 負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第5レンズ群と、
 40
 50

正の屈折力を持つ第 6 レンズ群とから構成され、

$$\begin{array}{l} 1.1 < | \quad | \quad 2.0 \\ 0.5 < | f_1 / f_2 | < 1.4 \\ 1.0 < | f_6 / f_5 | < 3.0 \\ 1.0 < f_3 / f_4 < 4.0 \end{array}$$

を満足することを特徴とする投影光学系。

但し、

：前記投影光学系の横倍率、

f₁：前記第 1 レンズ群の焦点距離、

f₂：前記第 2 レンズ群の焦点距離、

10

f₃：前記第 3 レンズ群の焦点距離、

f₄：前記第 4 レンズ群の焦点距離、

f₅：前記第 5 レンズ群の焦点距離、

f₆：前記第 6 レンズ群の焦点距離、

である。

【請求項 4】

第 1 物体の像を第 2 物体上に投影するための投影光学系において、

前記第 1 物体側から順に、

正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第 2 レンズ群と、

20

正の屈折力を有し、最も前記第 2 物体側に配置されて前記第 2 物体側に凹面を向けたレンズを持つ第 3 レンズ群と、

開口絞りと、

正の屈折力を有し、最も前記第 1 物体側に配置されて前記第 1 物体側に凹面を向けたレンズを持つ第 4 レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第 5 レンズ群と、

正の屈折力を持つ第 6 レンズ群とから構成され、

$$\begin{array}{l} 1.1 < | \quad | \quad 2.0 \\ 0.5 < | f_1 / f_2 | < 2.0 \\ 1.8 < | f_6 / f_5 | < 3.0 \\ 1.0 < f_3 / f_4 < 4.0 \end{array}$$

を満足することを特徴とする投影光学系。

但し、

：前記投影光学系の横倍率、

f₁：前記第 1 レンズ群の焦点距離、

f₂：前記第 2 レンズ群の焦点距離、

f₃：前記第 3 レンズ群の焦点距離、

f₄：前記第 4 レンズ群の焦点距離、

40

f₅：前記第 5 レンズ群の焦点距離、

f₆：前記第 6 レンズ群の焦点距離、

である。

【請求項 5】

第 1 物体の像を第 2 物体上に投影するための投影光学系において、

前記第 1 物体側から順に、

正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第 2 レンズ群と、

正の屈折力を有し、最も前記第 2 物体側に配置されて前記第 2 物体側に凹面を向けたレ

50

ンズを持つ第3レンズ群と、

開口絞りと、

正の屈折力を有し、最も前記第1物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けたレンズを持つ第4レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第5レンズ群と、

正の屈折力を持つ第6レンズ群とから構成され、

$$1.1 < | | 2.0$$

$$0.5 < | f_1 / f_2 | < 2.0$$

$$1.0 < | f_6 / f_5 | < 2.4$$

$$1.0 < f_3 / f_4 < 4.0$$

10

を満足することを特徴とする投影光学系。

但し、

: 前記投影光学系の横倍率、

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離、

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離、

f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離、

f₄ : 前記第4レンズ群の焦点距離、

f₅ : 前記第5レンズ群の焦点距離、

f₆ : 前記第6レンズ群の焦点距離、

20

である。

【請求項6】

第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系において、

前記第1物体側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第2レンズ群と、

正の屈折力を有し、最も前記第2物体側に配置されて前記第2物体側に凹面を向けたレンズを持つ第3レンズ群と、

開口絞りと、

30

正の屈折力を有し、最も前記第1物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けたレンズを持つ第4レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第5レンズ群と、

正の屈折力を持つ第6レンズ群とから構成され、

$$1.1 < | | 2.0$$

$$0.5 < | f_1 / f_2 | < 2.0$$

$$1.0 < | f_6 / f_5 | < 3.0$$

$$2.0 < f_3 / f_4 < 4.0$$

を満足することを特徴とする投影光学系。

40

但し、

: 前記投影光学系の横倍率、

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離、

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離、

f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離、

f₄ : 前記第4レンズ群の焦点距離、

f₅ : 前記第5レンズ群の焦点距離、

f₆ : 前記第6レンズ群の焦点距離、

である。

【請求項7】

50

第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系において、前記第1物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第2レンズ群と、

正の屈折力を有し、最も前記第2物体側に配置されて前記第2物体側に凹面を向けたレンズを持つ第3レンズ群と、

開口絞りと、

正の屈折力を有し、最も前記第1物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けたレンズを持つ第4レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズを持つ第5レンズ群と、

正の屈折力を有する第6レンズ群とから構成され、

$$1.1 < | \quad | \quad 2.0$$

$$0.5 < | f_1 / f_2 | < 2.0$$

$$1.0 < | f_6 / f_5 | < 3.0$$

$$1.0 < f_3 / f_4 < 3.5$$

を満足することを特徴とする投影光学系。

但し、

: 前記投影光学系の横倍率、

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離、

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離、

f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離、

f₄ : 前記第4レンズ群の焦点距離、

f₅ : 前記第5レンズ群の焦点距離、

f₆ : 前記第6レンズ群の焦点距離、

である。

【請求項8】

前記第1レンズ群は、前記第2物体側に凹面を向けた形状の負レンズを含み、前記第6レンズ群は、前記第1物体側に凹面を向けた形状の負レンズを含むことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項9】

前記第3レンズ群中の最も前記第2物体側に配置されて前記第2物体側に凹面を向けた前記レンズは負レンズであり、前記第4レンズ群中の最も前記第1物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けた前記レンズは負レンズであり、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一項記載の投影光学系。

$$(r_{2Rf} + r_{2Fr}) / (r_{2Rf} - r_{2Fr}) > 0.0$$

$$-0.1 < (r_{4Ff} + r_{3Rr}) / (r_{4Ff} - r_{3Rr}) < 0.1$$

$$(r_{5Rf} + r_{5Fr}) / (r_{5Rf} - r_{5Fr}) < 0.0$$

但し、

r_{2Rf} : 前記第2レンズ群中の一対の負レンズのうち前記第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{2Fr} : 前記第2レンズ群中の一対の負レンズのうち前記第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{3Ff} : 前記第3レンズ群中の最も前記第2物体側に配置された前記負レンズの前記第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{4Rr} : 前記第4レンズ群中の最も前記第1物体側に配置された前記負レンズの前記第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{5Fr} : 前記第5レンズ群中の一対の負レンズのうち前記第2物体側に向けられた凹面の

10

20

30

40

50

曲率半径、

r_{5Rf} : 前記第5レンズ群中の一対の負レンズのうち前記第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、
である。

【請求項10】

前記第3レンズ群中の最も前記第2物体側に配置されて前記第2物体側に凹面を向けたレンズは負レンズであり、

前記第4レンズ群中の最も前記第1物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けたレンズは負レンズであることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項記載の投影光学系。

10

【請求項11】

前記第1レンズ群は、前記第1物体側から順に、負屈折力を持つ負サブレンズ群と、正屈折力を持つ正サブレンズ群とから構成され、

前記第6レンズ群は、前記第1物体側から順に、正屈折力を持つ正サブレンズ群と、負屈折力を持つ負サブレンズ群とから構成され、

前記第1レンズ群中の負サブレンズ群は、前記第2物体側に凹面を向けた負レンズを有し、

前記第6レンズ群中の負サブレンズ群は、前記第1物体側に凹面を向けた負レンズを有することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項12】

前記第3レンズ群中の正レンズのうちの少なくとも2枚の正レンズは第1の硝材で構成され、

前記第4レンズ群中の正レンズのうちの少なくとも2枚の正レンズは第1の硝材で構成され、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至11のいずれか一項記載の投影光学系。

$$t > 120$$

但し、

t : 前記第1の硝材の分散値、

であり、該分散値は、

波長に対する屈折率を $n(\lambda)$ とするとき、

$$= \{ n(436) - 1 \} / \{ n(400) - n(440) \}$$

で定義される。

【請求項13】

前記第3レンズ群中の最も第2物体側に配置されたレンズは第2の硝材で構成され、

前記第4レンズ群中の最も第1物体側に配置されたレンズは第2の硝材で構成され、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項12記載の投影光学系。

$$c < 110$$

但し、

c : 前記第2の硝材の分散値、

である。

【請求項14】

前記第2レンズ群中の前記一対の負レンズのうちの少なくとも一方の負レンズに隣接して配置される正レンズと、

前記第5レンズ群中の前記一対の負レンズのうちの少なくとも一方の負レンズに隣接して配置される正レンズとをさらに有し、

前記第2レンズ群中の前記少なくとも一方の負レンズと前記第2レンズ群中の前記正レンズとは全体としてメニスカス形状であり、

前記第5レンズ群中の少なくとも一方の負レンズと前記第5レンズ群中の正レンズとは全体としてメニスカス形状であることを特徴とする請求項11乃至13のいずれか一項記

20

30

40

50

載の投影光学系。

【請求項 1 5】

前記第2レンズ群中における全体としてメニスカス形状を形成する負レンズと正レンズとのうち、前記負レンズは第3の硝材で構成され、前記正レンズは前記第2の硝材で構成され、

前記第5レンズ群中における全体としてメニスカス形状を形成する負レンズと正レンズとのうち、前記負レンズは前記第3の硝材で構成され、前記正レンズは前記第2の硝材で構成され、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項14記載の投影光学系。

$$c < 110$$

$$f < 75$$

但し、

c : 前記第2の硝材の分散値、

f : 前記第3の硝材の分散値、

である。

【請求項 1 6】

前記第1レンズ群中の前記正サブレンズ群のうちの少なくとも1枚の正レンズは第3の硝材で構成され、

前記第1レンズ群中の前記負サブレンズ群のうちの少なくとも1枚の負レンズは第2の硝材で構成され、

前記第6レンズ群中の前記正サブレンズ群のうちの少なくとも1枚の正レンズは第3の硝材で構成され、

前記第6レンズ群中の前記負サブレンズ群のうちの少なくとも1枚の負レンズは第2の硝材で構成され、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項11乃至15のいずれか一項記載の投影光学系。

$$c < 110$$

$$f < 75$$

但し、

c : 前記第2の硝材の分散値、

f : 前記第3の硝材の分散値、

である。

【請求項 1 7】

前記第2レンズ群中の前記一对の負レンズの間には、負レンズが配置され、

前記第5レンズ群中の前記一对の負レンズの間には、負レンズが配置されることを特徴とする請求項14乃至16のいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項 1 8】

前記第2レンズ群中の負レンズのうち前記第3の硝材で構成される前記負レンズとは異なる負レンズは前記第2の硝材で構成され、

前記第5レンズ群中の負レンズのうち前記第3の硝材で構成される前記負レンズとは異なる負レンズは前記第2の硝材で構成されることを特徴とする請求項15記載の投影光学系。

【請求項 1 9】

前記第2レンズ群中における全体としてメニスカス形状の負レンズと正レンズとは、前記第1物体側に凹面を向けて配置され、

前記第5レンズ群中における全体としてメニスカス形状の負レンズと正レンズとは、前記第2物体側に凹面を向けて配置されることを特徴とする請求項14乃至18のいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項 2 0】

前記第6レンズ群中の正サブレンズ群は、以下の条件を満足するレンズ面を有すること

10

20

30

40

50

を特徴とする請求項 1 1 乃至 1 9 のいずれか一項記載の投影光学系。

R G6 / D G6 < 2

但し、

R G6 : 前記第 6 レンズ群を構成する正レンズのレンズ面のうち前記第 2 物体側に凹面向けたレンズ面の曲率半径、

D G6 : 前記レンズ面と前記第 2 物体との距離、

である。

【請求項 2 1】

前記第 1 物体を照明する照明光学系と、

前記第 1 物体を支持する第 1 支持部材と、

10

請求項 1 乃至 2 0 のいずれか一項記載の投影光学系と、

前記第 2 物体を支持する第 2 支持部材とを備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2 2】

前記投影光学系の投影倍率 が 1 . 2 5 であることを特徴とする請求項 2 1 記載の投影露光装置。

【請求項 2 3】

所定の回路パターンが描かれたマスクを紫外域の露光光で照明する工程と、

請求項 1 乃至 2 0 のいずれか一項記載の投影光学系を用いて前記照明されたマスクの像を基板上に形成する工程とを含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

20

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、第 1 物体のパターンを第 2 物体としての基板等に投影するための投影光学系に関するものであり、特に、第 1 物体としてのレチクル（マスク）上に形成された半導体用または液晶用のパターンを第 2 物体としての基板（ウェハ、プレート等）上に投影露光するのに好適な投影光学系に係るものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

集積回路のパターンの微細化が進むに従って、ウェハの焼付けに用いられる投影光学系に対し要求される性能もますます厳しくなってきている。このような状況の中で、投影光学系の解像力の向上については、露光波長 をより短くするか、あるいは投影光学系の開口数（N A）を大きくする事が考えられる。

30

【0 0 0 3】

このような投影露光装置では、g 線(436nm)から i 線(365nm)の露光光を供給する光源を用いて露光が行われている。

投影光学系においては、解像力の向上と共に要求されるのは、像歪を少なくすることである。ここで、像歪とは、投影光学系に起因するディストーション（歪曲収差）によるものの他、投影光学系の像側で焼き付けられるウェハの反り等によるものと、投影光学系の物体側で回路パターン等が描かれているレチクルの反り等によるものがある。

【0 0 0 4】

40

近年ますます転写パターンの微細化が進み、像歪の低減要求も一段と厳しくなってきている。

そこで、ウェハの反りによる像歪への影響を少なくするために、投影光学系の像側での射出瞳位置を遠くに位置させる、所謂像側テレセントリック光学系が従来より用いられてきた。

【0 0 0 5】

一方、レチクルの反りによる像歪の軽減についても、投影光学系の入射瞳位置を物体面から遠くに位置させる、所謂物体側テレセントリック光学系にすることが考えられ、またそのように投影光学系の入射瞳位置を物体面から比較的遠くに位置させる提案がなされている。

50

【0006】**【発明が解決しようとする課題】**

近年、投影光学系においては、解像力の向上もさることながら、広い露光領域が要求され 10 てきている。

そこで、本発明は、両側テレセントリックでありながら、広い露光領域にわたって諸収差を極めて良好に補正し得る高性能な投影光学系を提供することを一つの目的としている。

【0007】

また、短波長の露光光を用いる投影露光装置では、紫外線吸収による蛍光放射やソラリゼーションを起こしにくく、紫外域での透過率が高い硝材の使用が要求されるため、使用できる硝材の自由度が少なく、しかもこれらの硝材は、屈折率が低いため、収差補正を行うことが困難である。 15

この問題点を解決するために従来の露光装置では、光源からの光を波長選択フィルタを通過させて色収差を実質的に無視しうる程度の狭いスペクトル幅に限定し、色収差補正のための設計上の制約を軽減させ、他の諸収差を良好に補正させている。

【0008】

しかしながら、露光光のスペクトル幅を狭めれば狭めるほどエネルギーロスが大きくなり、露光時間の短縮化を図ることが困難であった。

そこで、比較的広い露光領域において、広いスペクトル幅について色消しされた投影光学系を提供することを別の目的とする。

【0009】

20

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明の一つの態様にかかる投影光学系は、第1物体の像を第2物体上に投影するものであって、

第1物体側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズ成分を持つ第2レンズ群と、

正の屈折力を有し、最も第2物体側に配置されて第2物体側に凹面を向けたレンズ成分を持つ第3レンズ群と、

開口絞りと、

30

正の屈折力を有し、最も第1物体側に配置されて第1物体側に凹面を向けたレンズ成分を持つ第4レンズ群と、

負の屈折力を有し、互いに向き合った凹面の組を形成する一対の負レンズ成分を持つ第5レンズ群と、

正の屈折力を持つ第6レンズ群とを有するように構成されるものである。

【0010】

本発明の好ましい態様によれば、以下の条件を満足するように構成される。

$$(1) \quad 0.5 < |f_1 / f_2| < 3.0$$

$$(2) \quad 0.5 < |f_6 / f_5| < 3.0$$

$$(3) \quad 0.25 < f_3 / f_4 < 4.0$$

40

但し、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離、

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離、

f_3 ：第3レンズ群の焦点距離、

f_4 ：第4レンズ群の焦点距離、

f_5 ：第5レンズ群の焦点距離、

f_6 ：第6レンズ群の焦点距離、

である。

【0011】

また、本発明の別の好ましい態様によれば、以下の条件を満足するように構成される。

50

$$\begin{aligned}
 (4) & \quad 0.5 & | & 1.1 \\
 (5) & \quad 1.0 < | f_1 / f_2 | < 3.0 \\
 (6) & \quad 0.5 < | f_6 / f_5 | < 2.0 \\
 (7) & \quad 0.25 < f_3 / f_4 < 2.0
 \end{aligned}$$

但し、

: 前記投影光学系の横倍率、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離、
 f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離、
 f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離、
 f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離、
 f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離、
 f_6 : 前記第6レンズ群の焦点距離、

である。

【0012】

また、本発明のさらに別の好ましい態様によれば、以下の条件を満足するように構成される。

$$\begin{aligned}
 (8) & \quad 1.1 < | 2.0 \\
 (9) & \quad 0.5 < | f_1 / f_2 | < 2.0 \\
 (10) & \quad 1.0 < | f_6 / f_5 | < 3.0 \\
 (11) & \quad 1.0 < f_3 / f_4 < 4.0
 \end{aligned}$$

但し、

: 前記投影光学系の横倍率、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離、
 f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離、
 f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離、
 f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離、
 f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離、
 f_6 : 前記第6レンズ群の焦点距離、

である。

【0013】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件を満足するように構成される。

$$\begin{aligned}
 (12) & \quad (r_{2Rf} + r_{2Fr}) / (r_{2Rf} - r_{2Fr}) > 0.0 \\
 (13) & \quad -0.1 < (r_{4Ff} + r_{3Rr}) / (r_{4Ff} - r_{3Rr}) < 0.1 \\
 (14) & \quad (r_{5Rf} + r_{5Fr}) / (r_{5Rf} - r_{5Fr}) < 0.0
 \end{aligned}$$

但し、

r_{2Rf} : 第2レンズ群中の一対の負レンズ成分のうち第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{2Fr} : 第2レンズ群中の一対の負レンズ成分のうち第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{3Ff} : 第3レンズ群中の最も開口絞り側に配置された負レンズ成分の第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{4Rr} : 第4レンズ群中の最も開口絞り側に配置された負レンズ成分の第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{5Fr} : 第5レンズ群中の一対の負レンズ成分のうち第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{5Rf} : 第5レンズ群中の一対の負レンズ成分のうち第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、

である。

【0014】

また、上述の如き本発明の別の目的を達成するためには、第3レンズ群中の正レンズ成分

10

20

30

40

50

のうちの少なくとも 2 枚の正レンズ成分は第 1 の硝材で構成され、第 4 レンズ群中の正レンズ成分のうちの少なくとも 2 枚の正レンズ成分は第 1 の硝材で構成され、以下の条件を満足することが好ましい。

$$(15) \quad t > 120$$

但し、

t : 第 1 の硝材の分散値、

であり、この分散値は、

波長 λ に対する屈折率を $n(\lambda)$ とするとき、

$$= \{ n(436) - 1 \} / \{ n(400) - n(440) \}$$

で定義される。

10

【0015】

【発明の実施の形態】

上述の構成の如き本発明の一つの態様にかかる投影光学系では、正・負・正・開口絞り・正・負・正の屈折力配置を採用しており、開口絞りに関して極力対称性を持たせているため、非対称収差、特にコマ収差、歪曲収差を極めて良好に補正することができる。

【0016】

次に、このような投影光学系における各レンズ群の機能について説明する。

まず、正の屈折力を持つ第 1 レンズ群は、第 1 物体側のテレセントリック性を維持させながら主に歪曲収差の補正に寄与している。また、正の屈折力を持つ第 6 レンズ群も、第 2 物体側のテレセントリック性を維持しながら主に歪曲収差の補正に寄与している。具体的には、これらの第 1 および第 6 レンズ群は、正の歪曲収差を発生させて、第 2 ~ 第 5 レンズ群から発生する負の歪曲収差をバランス良く補正している。

20

【0017】

負の屈折力を持つ第 2 レンズ群および第 5 レンズ群は、主に全系のペツツバール和を補正する機能を有し、広い露光領域にわたる像面の平坦化を図っている。正の屈折力を持つ第 3 レンズ群は、主に球面収差の補正に寄与するとともに、下側コマ収差の補正に寄与している。ここで、第 3 レンズ群中の最も開口絞り側に配置されて開口絞り側に凹面を向けたレンズ成分は、この凹面によって正のペツツバール和を発生させて、第 3 レンズ群中の正レンズ成分および第 4 レンズ群中の正レンズ成分から発生する負のペツツバール和を補正するとともに、正屈折力の第 4 レンズ群から発生する負の球面収差を補正する機能を有している。

30

【0018】

また、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群は、主に球面収差の補正に寄与するとともに、上側コマ収差の補正に寄与している。ここで、第 4 レンズ群中の最も開口絞り側に配置されて開口絞り側に凹面を向けたレンズ成分は、この凹面によって正のペツツバール和を発生させて、第 3 レンズ群中の正レンズ成分および第 4 レンズ群中の正レンズ成分から発生する負のペツツバール和を補正するとともに、正屈折力の第 4 レンズ群から発生する負の球面収差を補正する機能を有している。

【0019】

さて、上述の如き投影光学系においては、以下の条件 (1) ~ (3) を満足することが好ましい。

40

$$(1) \quad 0.5 < | f_1 / f_2 | < 3.0$$

$$(2) \quad 0.5 < | f_6 / f_5 | < 3.0$$

$$(3) \quad 0.25 < f_3 / f_4 < 4.0$$

但し、

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離、

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離、

f_3 : 第 3 レンズ群の焦点距離、

f_4 : 第 4 レンズ群の焦点距離、

f_5 : 第 5 レンズ群の焦点距離、

50

f_6 : 第 6 レンズ群の焦点距離、
である。

【0020】

上記条件(1)は正屈折力の第1レンズ群の焦点距離 f_1 と負屈折力の第2レンズ群の焦点距離との最適な比率を規定している。この条件(1)は、主に歪曲収差をバランス良く補正し、かつペツツバール和を良好に補正するためのものである。

条件(1)の下限を超える場合には、正の歪曲収差が大きく発生し、また、正のペツツバール和が発生して像面湾曲補正が困難になるため好ましくない。ここで、正の歪曲収差並びに正のペツツバール和をさらに良好に補正するためには、条件(1)の下限を0.8にすることが好ましい。

10

【0021】

一方、条件(1)の上限を超える場合には、負の歪曲収差が大きく発生し、また、負のペツツバール和が発生するため像面湾曲補正が困難になり、さらには、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。ここで、さらに負の歪曲収差並びに負のペツツバール和を良好に補正するためには、条件(1)の上限を1.4にすることが好ましい。

【0022】

上記条件(2)では、主に歪曲収差をバランス良く補正し、かつペツツバール和を良好に補正するために、正屈折力の第6レンズ群の焦点距離 f_6 と負屈折力の第5レンズ群の焦点距離との最適な比率を規定している。

この条件(2)の下限を超える場合には、正の歪曲収差が大きく発生し、また、正のペツツバール和が発生して像面湾曲補正が困難になるため好ましくない。ここで、正の歪曲収差と正のペツツバール和とをさらに良好に補正するためには、条件(2)の下限を1.8にすることが好ましい。

20

【0023】

逆に、条件(2)の上限を超える場合には、負の歪曲収差が大きく発生し、また、負のペツツバール和が発生するため像面湾曲補正が困難になり、さらには、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。ここで、さらに負の歪曲収差と負のペツツバール和とを良好に補正するためには、条件(2)の上限を2.4にすることが好ましい。

【0024】

条件(3)は、正の屈折力の第3レンズ群の焦点距離 f_3 と正の屈折力の第4レンズ群の焦点距離 f_4 との最適な比率を規定して、主に球面収差とコマ収差とをバランス良く補正するためのものである。

30

条件(3)の下限を超える場合には、球面収差のバランスがくずれ正の球面収差が発生し、さらにコマ収差も悪化するため好ましくない。ここで、正の球面収差とコマ収差とをさらに良好に補正するためには、条件(3)の下限を2.0にすることが好ましい。

【0025】

条件(3)の上限を超える場合には、球面収差のバランスがくずれ負の球面収差が発生し、さらにはコマ収差も悪化するため好ましくない。ここで、さらに負の球面収差とコマ収差とを良好に補正するためには、条件(3)の上限を3.5にすることが好ましい。

また、上述の如き投影光学系において、この投影光学系の横倍率が以下の条件(4)を満足するときには、条件(5)～(7)を満足することが好ましい。

40

$$(4) \quad 0.5 \mid \mid 1.1$$

$$(5) \quad 1.0 < |f_1 / f_2| < 3.0$$

$$(6) \quad 0.5 < |f_6 / f_5| < 2.0$$

$$(7) \quad 0.25 < f_3 / f_4 < 2.0$$

上記条件(5)は、投影光学系の横倍率が条件(4)の範囲内にある場合において、主に歪曲収差をバランス良く補正し、かつペツツバール和を良好に補正するために、正屈折力の第1レンズ群の焦点距離 f_1 と負屈折力の第2レンズ群の焦点距離との最適な比率を規定するものである。

【0026】

50

条件(5)の下限を超える場合には、正の歪曲収差が大きく発生し、また、正のペツツバール和が発生して像面湾曲補正が困難になるため好ましくない。一方、条件(5)の上限を超える場合には、負の歪曲収差が大きく発生し、また、負のペツツバール和が発生するため像面湾曲補正が困難になり、さらには、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。

【0027】

上記条件(6)では、投影光学系の横倍率が条件(4)の範囲内にある場合において、主に歪曲収差をバランス良く補正し、かつペツツバール和を良好に補正するために、正屈折力の第6レンズ群の焦点距離 f_6 と負屈折力の第5レンズ群の焦点距離との最適な比率を規定している。

この条件(6)の下限を超える場合には、正の歪曲収差が大きく発生し、また、正のペツツバール和が発生して像面湾曲補正が困難になるため好ましくない。逆に、条件(6)の上限を超える場合には、負の歪曲収差が大きく発生し、また、負のペツツバール和が発生するため像面湾曲補正が困難になり、さらには、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。

【0028】

条件(7)は、投影光学系の横倍率が条件(4)の範囲内にある場合において、主に球面収差とコマ収差とをバランス良く補正するために、正の屈折力の第3レンズ群の焦点距離 f_3 と正の屈折力の第4レンズ群の焦点距離 f_4 との最適な比率を規定するものである。条件(7)の下限を超える場合には、球面収差のバランスがくずれ正の球面収差が発生し、さらにコマ収差も悪化するため好ましくない。条件(7)の上限を超える場合には、球面収差のバランスがくずれ負の球面収差が発生し、さらにはコマ収差も悪化するため好ましくない。

【0029】

また、上述の如き投影光学系において、この投影光学系の横倍率が以下の条件(8)を満足するときには、条件(9)～(11)を満足することが好ましい。(8) 1.1

$$< | \quad | \quad 2 . 0$$

$$(9) \quad 0 . 5 < | f_1 / f_2 | < 2 . 0$$

$$(10) \quad 1 . 0 < | f_6 / f_5 | < 3 . 0$$

$$(11) \quad 1 . 0 < f_3 / f_4 < 4 . 0$$

上記条件(9)は、投影光学系の横倍率が条件(8)の範囲内にある場合において、主に歪曲収差をバランス良く補正し、かつペツツバール和を良好に補正するために、正屈折力の第1レンズ群の焦点距離 f_1 と負屈折力の第2レンズ群の焦点距離との最適な比率を規定するものである。

【0030】

条件(9)の下限を超える場合には、正の歪曲収差が大きく発生し、また、正のペツツバール和が発生して像面湾曲補正が困難になるため好ましくない。一方、条件(9)の上限を超える場合には、負の歪曲収差が大きく発生し、また、負のペツツバール和が発生するため像面湾曲補正が困難になり、さらには、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。

【0031】

上記条件(10)では、投影光学系の横倍率が条件(8)の範囲内にある場合において、主に歪曲収差をバランス良く補正し、かつペツツバール和を良好に補正するために、正屈折力の第6レンズ群の焦点距離 f_6 と負屈折力の第5レンズ群の焦点距離との最適な比率を規定している。

この条件(10)の下限を超える場合には、正の歪曲収差が大きく発生し、また、正のペツツバール和が発生して像面湾曲補正が困難になるため好ましくない。逆に、条件(10)の上限を超える場合には、負の歪曲収差が大きく発生し、また、負のペツツバール和が発生するため像面湾曲補正が困難になり、さらには、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。

10

20

30

40

50

【0032】

条件(11)は、投影光学系の横倍率が条件(8)の範囲内にある場合において、主に球面収差とコマ収差とをバランス良く補正するために、正の屈折力の第3レンズ群の焦点距離 f_3 と正の屈折力の第4レンズ群の焦点距離 f_4 との最適な比率を規定するものである。

条件(11)の下限を超える場合には、球面収差のバランスがくずれ正の球面収差が発生し、さらにコマ収差も悪化するため好ましくない。条件(11)の上限を超える場合には、球面収差のバランスがくずれ負の球面収差が発生し、さらにはコマ収差も悪化するため好ましくない。

【0033】

また、本発明の一つの態様にかかる投影光学系においては、以下の条件(12)～(14)を満足することが好ましい。

$$(12) \quad (r_{2Rf} + r_{2Fr}) / (r_{2Rf} - r_{2Fr}) > 0 . 0$$

$$(13) \quad -0 . 1 < (r_{4Ff} + r_{3Rr}) / (r_{4Ff} - r_{3Rr}) < 0 . 1$$

$$(14) \quad (r_{5Rf} + r_{5Fr}) / (r_{5Rf} - r_{5Fr}) < 0 . 0$$

但し、

r_{2Rf} ：第2レンズ群中の一対の負レンズ成分のうち第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{2Fr} ：第2レンズ群中の一対の負レンズ成分のうち第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{3Ff} ：第3レンズ群中の最も開口絞り側に配置された負レンズ成分の第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{4Rr} ：第4レンズ群中の最も開口絞り側に配置された負レンズ成分の第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{5Fr} ：第5レンズ群中の一対の負レンズ成分のうち第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、

r_{5Rf} ：第5レンズ群中の一対の負レンズ成分のうち第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、

である。

上記条件(12)は、第2レンズ群における互いに向かい合った凹面の最適な形状を規定するものである。ここで、軸外主光線を考えると、この軸外主光線は正の第1レンズ群で屈折されて負の第2レンズ群へ所定の角度で入射し、第2レンズ群中の互いに向かい合った凹面のうち第1物体側に位置する凹面（第2物体側へ向けられた凹面）ではね上げられるように屈折する。条件(12)の範囲を満足しない場合には、第2レンズ群中の第2物体側へ向けられた凹面の曲率が緩くなり過ぎ、第1レンズ群で屈折された軸外主光線を十分にはね上げることが出来なくなる。この場合には、第3レンズ群での軸外主光線の屈折状態を一定に保とうとすると、第1レンズ群の厚みを十分にする必要が生じ、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。また、この条件(12)の範囲から外れる場合には、ペツツバール和を十分に補正できなくなるため好ましくない。

【0034】

条件(13)は、開口絞りに隣接する向かい合った凹面が形成する気体レンズの好適な形状を規定するものである。ここで、条件(13)の範囲から外れる場合には、この気体レンズの形状の対称性がくずれコマ収差の発生を招き、それに加えて球面収差、ペツツバール和の補正が困難となるため好ましくない。

条件(14)は、第5レンズ群における互いに向かい合った凹面の最適な形状を規定するものである。ここで、軸外主光線を考えると、この軸外主光線は第4レンズ群から所定の角度で第5レンズ群に入射し、第5レンズ群中の互いに向かい合った凹面のうち第2物体側に位置する凹面（第1物体側へ向けられた凹面）ではね上げられるように屈折した後、第6レンズ群で屈折される。条件(14)の範囲を満足しない場合には、第5レンズ群中の第1物体側へ向けられた凹面の曲率が緩くなり過ぎ、軸外主光線を十分にはね上げるこ

10

20

30

40

50

とが出来なくなる。このときには、第6レンズ群の厚みを十分にする必要が生じ、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。また、この条件(14)の範囲から外れる場合には、ペツツバール和を十分に補正できなくなるため好ましくない。

【0035】

また、第3レンズ群中の最も開口絞り側に配置されて第2物体側に凹面を向けたレンズ成分は負レンズ成分であり、第4レンズ群中の最も開口絞り側に配置されて第1物体側に凹面を向けたレンズ成分は負レンズ成分であることが好ましい。

また、第1レンズ群は、第1物体側から順に、負屈折力を持つ負サブレンズ群と、正屈折力を持つ正サブレンズ群とを有し、第6レンズ群は、第1物体側から順に、正屈折力を持つ正サブレンズ群と、負屈折力を持つ負サブレンズ群とを有し、第1レンズ群中の負サブレンズ群は、第2物体側に凹面を向けた負レンズ成分を有し、第6レンズ群中の負サブレンズ群は、第1物体側に凹面を向けた負レンズ成分を有することが好ましい。10

【0036】

このように、最も第1物体側の第1レンズ群と最も第2物体側の第6レンズ群とを構成すると、フレアによるレジスト像の悪化を抑えることができる。この点について以下に詳述する。

投影光学系に要求される性能としては、ザイデルの五収差(球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲および歪曲収差)および色収差(軸上色収差および倍率色収差)が良好に補正されていることの他に、フレアが発生しないことがある。このフレアの発生原因としては、投影光学系のレンズ面で露光光が反射されることや、第2物体としての基板の表面で反射された露光光が投影光学系のレンズ面で反射されることなどがあげられる。このフレアの量が増加すると、レジスト像(投影光学系によって基板上のレジストに形成される像に基づいて形成されるレジストパターン)の線幅などのばらつきが発生するため、良好なレジスト像を得るためにには、結像収差が良好に補正されるのみならず、フレアを抑えることが望まれる。20

【0037】

特に本発明のように露光領域が大きな投影光学系では、露光領域が小さなものと比べて、基板(第2物体)の表面で反射される露光光が増すため、この反射によるフレアが増加しやすい傾向がある。

また、投影光学系の投影倍率が低倍になると、このフレア量の低減が困難になる。低倍になればなるほど、投影光学系の開口数が小さくなり結像に寄与する露光量の照度は低下する。このため、わずかなフレアが存在してもレジスト像の悪化につながりやすい傾向がある。30

【0038】

このようなフレアは、フィールドレンズ群としての第1および第6レンズ群において発生しやすい。これら第1および第6レンズ群は、正レンズ成分を有するように構成される。これら正レンズ成分のうち、第1レンズ群においては第1物体側に凹を向けたレンズ面、第6レンズ群においては第2物体側に凹を向けたレンズ面から発生するフレアは、第1物体または第2物体上において投影光学系の光軸近傍に集まりやすく、露光領域内のレジスト像の線幅のばらつきを発生させる恐れがある。40

【0039】

そこで、第6レンズ群において、正レンズ成分中の第2物体側に凹を向けたレンズ面の曲率をフレアが光軸近傍に集光しないように最適化することが望ましい。しかしながら、フレア低減のための最適な曲率が必ずしも結像性能において最適なものとは限らないため、この第6レンズ群を、第1物体側から順に、正屈折力を持つ正サブレンズ群と、負屈折力を持つ負サブレンズ群とを有するように構成して、この負サブレンズ群によって正サブレンズ群の屈折力を結像性能において最適となるように制御することが好ましい。

【0040】

このような構成をとれば、フレアが光軸近傍に集光することなく、結像性能、特に歪曲収差、像面湾曲およびテレセントリック性を良好に補正することができる。50

同様に、第1レンズ群において、第1物体側から順に、負屈折力を持つ負サブレンズ群と、正屈折力を持つ正サブレンズ群とを有するように構成すれば、結像性能。特に歪曲収差、像面湾曲およびテレセントリック性を良好に維持しながらも、第1レンズ群中の正レンズ成分中の第1物体側に凹を向けたレンズ面の曲率をフレアーが光軸近傍に集光しないように最適化することが可能となる。

【0041】

さて、本発明の好ましい態様においては、第3レンズ群中の正レンズ成分のうちの少なくとも2枚の正レンズ成分は第1の硝材で構成され、前記第4レンズ群中の正レンズ成分のうちの少なくとも2枚の正レンズ成分は第1の硝材で構成されることが良い。

ここで、第1の硝材は、第1の硝材の分散値を t とするとき、以下の条件で表される。

$$(15) \quad t > 120$$

但し、分散値は、波長 λ に対する屈折率を $n(\lambda)$ とするとき、

$$= \{ n(436) - 1 \} / \{ n(400) - n(440) \}$$

で定義される。

【0042】

前述の通り、第3および第4レンズ群では球面収差を補正する機能を有しているが、上述のように第3および第4レンズ群中の複数の正レンズ成分のうちの少なくとも2枚の正レンズ成分を条件(15)で表される分散値の大きな第1の硝材を用いることで、投影光学系全体の軸上の色消しを良好に行うことができる。上述の構成において、第3レンズ群中の最も第2物体側に配置されたレンズ成分を第2の硝材で構成し、第4レンズ群中の最も第1物体側に配置されたレンズ成分を第2の硝材で構成することが好ましい。

【0043】

ここで、第2の硝材は、この第2の硝材の分散値を c とするとき、

$$(16) \quad c < 110$$

で表される。

このように、第3および第4レンズ群において、最も開口絞り側に配置されて開口絞り側に凹面を向けたレンズ成分として条件(16)で表される第2の硝材を用いることで、さらに良好な軸上の色消しを達成できる。

【0044】

また、本発明の実施の形態においては、第2レンズ群中の一対の負レンズ成分のうちの少なくとも一方の負レンズ成分に隣接して配置される正レンズ成分と、第5レンズ群中の一対の負レンズ成分のうちの少なくとも一方の負レンズ成分に隣接して配置される正レンズ成分とを有する構成であることが好ましい。

この構成において、第2レンズ群中の少なくとも一方の負レンズ成分と、これに隣接する正レンズ成分とは全体としてメニスカス形状であり、第5レンズ群中の少なくとも一方の負レンズ成分とこれに隣接する正レンズ成分とは全体としてメニスカス形状であることが好ましい。

【0045】

ここで、第2レンズ群中における全体としてメニスカス形状の負レンズ成分と正レンズ成分とのうち、負レンズ成分は第3の硝材で構成され、正レンズ成分は前記第2の硝材で構成され、第5レンズ群中における全体としてメニスカス形状の負レンズ成分と正レンズ成分とのうち、負レンズ成分は第3の硝材で構成され、正レンズ成分は第2の硝材で構成されることが好ましい。

【0046】

但し、第3の硝材は、この第3の硝材の分散値を f とするとき、以下の条件で表される。

$$(17) \quad f < 75$$

上述のように、第2レンズ群中の全体としてメニスカス形状のサブレンズ群を構成する負レンズ成分に条件(17)で表される第3の硝材を用い、正レンズ成分に条件(16)で表される第2の硝材を用い、第5レンズ群中の全体としてメニスカス形状のサブレンズ群

10

20

30

40

50

を構成する負レンズ成分に条件(17)で表される第3の硝材を用い、正レンズ成分に条件(16)で表される第2の硝材を用いることで、これらのサブレンズ群から色の球面収差をオーバーに発生させている。これにより、第3および第4レンズ群のみではアンダーになりがちな色の球面収差を打ち消すことができ、投影光学系全体として良好な色の球面収差を達成できる。

【0047】

また、第1レンズ群中の正サブレンズ群のうちの少なくとも1枚の正レンズ成分を第3の硝材で構成し、第1レンズ群中の負サブレンズ群のうちの少なくとも1枚の負レンズ成分を第2の硝材で構成し、第6レンズ群中の正サブレンズ群のうちの少なくとも1枚の正レンズ成分を第3の硝材で構成し、第6レンズ群中の負サブレンズ群のうちの少なくとも1枚の負レンズ成分を第2の硝材で構成することが好ましい。10

【0048】

この構成により、第1および第6レンズ群において、色の像面湾曲をアンダーにすることができる、これにより第2乃至第5レンズ群でオーバーになりがちな色の像面湾曲を打ち消すことができる。これにより、投影光学系全体の色の像面湾曲を良好に補正することができる。

また、第2レンズ群中の負レンズ成分のうち第3の硝材で構成される負レンズ成分とは異なる負レンズ成分を前記第2の硝材で構成し、第5レンズ群中の負レンズ成分のうち第3の硝材で構成される負レンズ成分とは異なる負レンズ成分を第2の硝材で構成することが好ましい。20

【0049】

第2および第5レンズ群における負レンズ成分のうち、上記条件(16)で表される第2の硝材によって、軸上の色の2次分散を抑えることが可能となり、さらには色の像面湾曲をも良好に補正することができる。

なお、上述の第2レンズ群中における全体としてメニスカス形状の負レンズ成分と正レンズ成分とは、前記第1物体側に凹面を向けて配置され、第5レンズ群中における全体としてメニスカス形状の負レンズ成分と正レンズ成分とは、第2物体側に凹面を向けて配置されることが好ましい。

【0050】

以上の構成では、硝材の配置がほぼ対称的になるため、倍率の色収差および色コマ収差の発生を低減できる効果がある。30

さて、第6レンズ群中の正サブレンズ群は、下記の条件(18)を満足するレンズ面を有することが好ましい。

$$(18) \quad R G6 / D G6 < 2$$

但し、

R G6：第6レンズ群中の正サブレンズ群を構成する正レンズ成分のレンズ面のうち、第1物体側に凸面を向けたレンズ面の曲率半径、

D G6：このレンズ面と第2物体との距離、

である。

【0051】

上記条件(18)は、第2物体上におけるフレアーアー防止のためのものである。この条件(18)の範囲から外れると、第6レンズ群の正サブレンズ群における正レンズ成分中の第2物体側に凹を向けたレンズ面で反射されて第2物体へ向かうフレアーアー光が、第2物体上において光軸近傍に集光してしまうため好ましくない。40

【0052】

また、本実施の形態における投影光学系は、以下の条件(19)を満足することが好ましい。

$$(19) \quad 0.5 \quad | \quad | \quad 2.0$$

但し、

：投影光学系の投影倍率、

10

20

30

40

50

である。

【0053】

この条件(19)の前提となる構成は、正・負・正・開口絞り・正・負・正の屈折力配置であり、この条件(19)の範囲から外れる場合には、上記の屈折力配置では諸収差、特に軸外収差を補正することが困難になるため好ましくない。次に図面を参照して本発明の実施の形態にかかる投影光学系を投影露光装置に適用した例を示す。図1は本発明の実施の形態にかかる投影光学系を逐次露光型の投影露光装置に適用した例を示す斜視図であり、図2は本発明の実施の形態にかかる投影光学系を走査型露光装置に適用した例を示す斜視図である。

【0054】

これら図1および図2の投影露光装置は、ともに集積回路素子や液晶パネルなどのデバイスの回路パターンを形成する際の露光工程に用いられる。

まず、図1の例では、投影光学系PLの物体面には、所定の回路パターンが描かれた投影原板としてのマスクM(第1物体)が配置されており、投影光学系PLの像面には基板としてのプレートP(第2物体)が配置されている。ここで、マスクMはマスクステージに保持されており、図中XY方向に可動なプレートPはプレートステージPSに保持されている。また、マスクMの上方(Z方向側)には、紫外域の露光光によってマスクMの照明領域IAを均一に照明するための照明光学装置ILが配置されている。この実施の形態において、照明光学装置ILは、g線(435.8nm)からh線(404.7nm)までの紫外域の光を供給するものである。

【0055】

以上の構成により、照明光学装置ILから供給される紫外域の露光光は、マスクM上の照明領域IAを均一に照明し、このマスクMからの露光光は、投影光学系PLの開口絞りASの位置に光源像を形成する。すなわち、マスクMは照明光学装置ILによってケーラー照明される。そして、プレートP上の露光領域EAには、マスクMの照明領域IA内の像が形成され、これにより、プレートPにはマスクMの回路パターンが転写される。

【0056】

次に、図2の例では、マスクMを保持するマスクステージMSと、プレートPを保持するプレートステージPSとが、露光中において互いに逆方向へ走査する点が図1の例とは異なっている。これにより、プレートPには、マスクMの像が走査露光される。

以上の図1および図2の実施の形態では、投影光学系PLは、第1物体側(マスクM)側および第2物体側(プレートP側)において、実質的にテレセントリックとなっており、拡大倍率を有するものである。

【0057】

【実施例】

次に、図3乃至図6を参照して、本発明にかかる投影光学系の数値実施例について説明する。ここで、図3および図4は、第1および第2実施例の投影光学系のレンズ構成図であり、図5および図6は、第1および第2実施例の投影光学系の諸収差図である。

【0058】

【第1実施例】

図3において、第1実施例の投影光学系は、第1物体(マスクM)側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、開口絞りASと、正屈折力の第4レンズ群G4と、負屈折力の第5レンズ群G5と、正屈折力の第6レンズ群G6とから構成される。

【0059】

ここで、第1レンズ群G1は、第1物体としてのマスクM側から順に、負屈折力の負サブレンズ群G1Nと、正屈折力の正サブルンズ群G1Pとから構成されており、負サブルンズ群G1Nは、第1物体側から順に、第2物体(プレートP)側に凹面向けた平凹形状の負レンズ成分(第2物体側に凹面向けた負レンズ成分)L11と、第1物体側に凹面向けた平凹形状の負レンズ成分L12とを有し、正サブルンズ群G1Pは、第1物体側

10

20

30

40

50

から順に、第2物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の2枚の正レンズ成分L13,L14と、第1物体側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ成分L15とを有する。

【0060】

ここで、負サブレンズ群G1Nを構成する負レンズ成分L11,L12は、ともに条件(16)を満足する第2の硝材で構成されており、正サブレンズ群G1Pを構成する正レンズ成分L13～L15は、条件(17)を満足する第3の硝材から構成されている。

第2レンズ群G2は、第1物体側から順に、第2物体側に凹面を向けた形状の正メニスカスレンズ成分L21および第2物体側に凹面を向けた形状の負メニスカスレンズ成分L22からなる接合レンズ成分と、両凹形状の負レンズ成分L23と、両凹形状の負レンズ成分L24および両凸形状の正レンズ成分L25からなり全体として第1物体側に凹面を向けたメニスカス形状の接合レンズ成分とを有する。

10

【0061】

ここで、負メニスカスレンズ成分L22と両凹形状の負レンズ成分L24とが第2レンズ群中の互いに向かい合った凹面の組を形成している。そして、全体として第1物体側に凹面を向けたメニスカス形状のサブレンズ群を構成している接合レンズ成分L24,L25においては、負レンズ成分L24が第3の硝材で構成されており、正レンズ成分L25が第2の硝材で構成されている。また、第2レンズ群中の負レンズ成分L24以外の負レンズ成分L22,L23は、第2の硝材で構成されている。

【0062】

第3レンズ群G3は、第1物体側から順に、第2物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分L31と、第1物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の2枚の正レンズ成分L32,L33と、第2物体側に曲率の強い面を向けた両凹形状の負レンズ成分(第2物体側に凹面を向けたレンズ成分)L34とを有する。第3レンズ群G3においては、正レンズ成分L31～L33が条件(15)を満たす第1の硝材で構成されており、最も第2物体側に配置されて第2物体側に凹面を向けた負レンズ成分L34が第2の硝材で構成されている。

20

【0063】

第4レンズ群は、第1物体側から順に、第1物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ成分(第1物体側に凹面を向けたレンズ成分)L41と、第1物体側に凹面を向けた形状の正メニスカスレンズ成分L42と、第2物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分L43と、両凸形状の正レンズ成分L44と、第1物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分L45とを有する。第4レンズ群G4においては、最も第1物体側に配置されて第1物体側に凹面を向けた負レンズ成分L41が第2の硝材で構成されており、正レンズ成分L43～L45が第1の硝材で構成されている。

30

【0064】

第5レンズ成分は、第1物体側から順に、両凸形状の正レンズ成分L51および両凹形状の負レンズ成分L52からなり全体として第2物体側に凹面を向けたメニスカス形状の接合レンズ成分と、両凹形状の負レンズ成分L53と、第1物体側に凹面を向けた平凹形状の負レンズ成分L54および第2物体側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ成分L55からなる接合レンズ成分と、第1物体側に凹面を向けた平凹形状の負レンズ成分L56と、第2物体側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ成分L57とを有する。

40

【0065】

ここで、両凹形状の負レンズ成分L52と平凹形状の負レンズ成分L56とが第5レンズ群中の互いに向かい合った凹面の組を形成している。そして、全体として第2物体側に凹面を向けたメニスカス形状のサブレンズ群を構成している接合レンズ成分L51,L52においては、正レンズ成分L51が第2の硝材で構成されており、負レンズ成分L52が第3の硝材で構成されている。また、第5レンズ群中の負レンズ成分L52以外の負レンズ成分L53,L54,L56は、第2の硝材で構成されている。

【0066】

そして、第6レンズ群G6は、第1物体側から順に、正屈折力の正サブレンズ群G6Pと

50

、負屈折力の負サブレンズ群 G 6 N とから構成されており、正サブレンズ群 G 6 P は、第 1 物体側から順に、第 2 物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分 L 6 1 と、第 1 物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分 L 6 2 と、第 1 物体側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ成分 L 6 3 とを有し、負サブレンズ群 G 6 N は、第 1 物体側に凹面を向けた平凹形状の負レンズ成分（第 1 物体側に凹面を向けた負レンズ成分）L 6 4 を有する。

【 0 0 6 7 】

ここで、正サブレンズ群を構成する正レンズ成分 L 6 1 ~ L 6 3 は、第 3 の硝材で構成されており、負サブレンズ群を構成する負レンズ成分 L 6 4 は、第 2 の硝材で構成されている。10

[第 2 実施例]

図 4において、第 2 実施例の投影光学系は、第 1 物体（マスク M）側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 と、開口絞り A S と、正屈折力の第 4 レンズ群 G 4 と、負屈折力の第 5 レンズ群 G 5 と、正屈折力の第 6 レンズ群 G 6 とから構成される。

【 0 0 6 8 】

ここで、第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 物体としてのマスク M 側から順に、負屈折力の負サブレンズ群 G 1 N と、正屈折力の正サブレンズ群 G 1 P とから構成されており、負サブレンズ群 G 1 N は、第 2 物体としてのプレート P 側に両凹形状の負レンズ成分（第 2 物体側に凹面を向けた負レンズ成分）L 1 1 を有し、正サブレンズ群 G 1 P は、第 1 物体側から順に、第 2 物体側に曲率の強い面を向けた 2 枚の正レンズ成分 L 1 2 , L 1 3 と、第 1 物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分 L 1 4 とを有する。20

【 0 0 6 9 】

ここで、負サブレンズ群 G 1 N を構成する負レンズ成分 L 1 1 は、条件（16）を満足する第 2 の硝材で構成されており、正サブレンズ群 G 1 P を構成する正レンズ成分 L 1 2 ~ L 1 4 は、条件（17）を満足する第 3 の硝材から構成されている。

第 2 レンズ群 G 2 は、第 1 物体側から順に、第 2 物体側に凹面を向けた形状の正メニスカスレンズ成分 L 2 1 および第 2 物体側に凹面を向けた形状の負メニスカスレンズ成分 L 2 2 からなる接合レンズ成分と、両凹形状の負レンズ成分 L 2 3 と、両凹形状の負レンズ成分 L 2 4 および両凸形状の正レンズ成分 L 2 5 からなり全体として第 1 物体側に凹面を向けたメニスカス形状の接合レンズ成分とを有する。30

【 0 0 7 0 】

ここで、負メニスカスレンズ成分 L 2 2 と両凹形状の負レンズ成分 L 2 4 とが第 2 レンズ群中の互いに向かい合った凹面の組を形成している。そして、全体として第 1 物体側に凹面を向けたメニスカス形状のサブレンズ群を構成している接合レンズ成分 L 2 4 , L 2 5 においては、負レンズ成分 L 2 4 が第 3 の硝材で構成されており、正レンズ成分 L 2 5 が第 2 の硝材で構成されている。また、第 2 レンズ群中の負レンズ成分 L 2 4 以外の負レンズ成分 L 2 2 , L 2 3 は、第 2 の硝材で構成されている。

【 0 0 7 1 】

第 3 レンズ群 G 3 は、第 1 物体側から順に、両凸形状の 3 枚の正レンズ成分 L 3 1 ~ L 3 3 と、第 2 物体側に曲率の強い面を向けた両凹形状の負レンズ成分（第 2 物体側に凹面を向けたレンズ成分）L 3 4 とを有する。第 3 レンズ群 G 3 においては、正レンズ成分 L 3 1 ~ L 3 3 が条件（15）を満たす第 1 の硝材で構成されており、最も第 2 物体側に配置されて第 2 物体側に凹面を向けた負レンズ成分 L 3 4 が第 2 の硝材で構成されている。40

【 0 0 7 2 】

第 4 レンズ群は、第 1 物体側から順に、第 1 物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ成分（第 1 物体側に凹面を向けたレンズ成分）L 4 1 と、第 1 物体側に凹面を向けた形状の正メニスカスレンズ成分 L 4 2 と、第 2 物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分 L 4 3 と、両凸形状の正レンズ成分 L 4 4 と、第 1 物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ成分 L 4 5 とを有する。第 4 レンズ群 G 4 においては、最も第 1

物体側に配置されて第1物体側に凹面を向けた負レンズ成分L41が第2の硝材で構成されており、正レンズ成分L43～L45が第1の硝材で構成されている。

【0073】

第5レンズ成分は、第1物体側から順に、両凸形状の正レンズ成分L51および両凹形状の負レンズ成分L52からなり全体として第2物体側に凹面を向けたメニスカス形状の接合レンズ成分と、両凹形状の負レンズ成分L53と、第1物体側に曲率の強い面を向けた両凹形状の負レンズ成分L54および第2物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分L55からなる接合レンズ成分とを有する。

【0074】

ここで、両凹形状の負レンズ成分L52と両凹形状の負レンズ成分L54とが第5レンズ群中の互いに向かい合った凹面の組を形成している。そして、全体として第2物体側に凹面を向けたメニスカス形状のサブレンズ群を構成している接合レンズ成分L51,L52においては、正レンズ成分L51が第2の硝材で構成されており、負レンズ成分L52が第3の硝材で構成されている。また、第5レンズ群中の負レンズ成分L52以外の負レンズ成分L53,L54は、第2の硝材で構成されている。

10

【0075】

そして、第6レンズ群G6は、第1物体側から順に、正屈折力の正サブレンズ群G6Pと、負屈折力の負サブレンズ群G6Nとから構成されており、正サブレンズ群G6Pは、第1物体側から順に、第2物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分L61と、第1物体側に曲率の強い面を向けた両凸形状の正レンズ成分L62とを有し、負サブレンズ群G6Nは、第1物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ成分（第1物体側に凹面を向けた負レンズ成分）L63を有する。

20

【0076】

ここで、正サブレンズ群を構成する正レンズ成分L61,L62は、第3の硝材で構成されており、負サブレンズ群を構成する負レンズ成分L63は、第2の硝材で構成されている。

さて、以下に示す表1および表2に数値実施例の諸元の値並びに条件対応数値を掲げる。

【0077】

但し、左端の数字は第1物体側（マスクM側）からの順序を表し、rはレンズ面の曲率半径、dはレンズ面間隔、n(G)は露光波長 λ が435.8nmにおける屈折率、n(H)は露光波長 λ が404.7nmにおける屈折率、n(400)は露光波長 λ が400nmにおける屈折率、n(440)は露光波長 λ が440nmにおける屈折率、d0は第1物体（マスクM）から第1レンズ群G1の最も第1物体側（マスクM側）のレンズ面（第1レンズ面）までの距離、WDは第6レンズ群G6の最も第2物体側（プレートP側）のレンズ面から第2物体面（プレートP面）までの距離、EXは投影光学系の投影倍率、NAは投影光学系の第2物体側での開口数、EXは第2物体面（プレートP面）における露光領域の半径、f1は第1レンズ群G1の焦点距離、f2は第2レンズ群G2の焦点距離、f3は第3レンズ群G3の焦点距離、f4は第4レンズ群G4の焦点距離、f5は第5レンズ群G5の焦点距離、f6は第6レンズ群G6の焦点距離、r2Rfは第2レンズ群G2中の一対の負レンズ成分のうち第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、r2Frは第2レンズ群G2中の一対の負レンズ成分のうち第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、r3Ffは第3レンズ群G3中の最も開口絞り側に配置された負レンズ成分の第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、r4Rrは第4レンズ群G4中の最も開口絞り側に配置された負レンズ成分の第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、r5Frは第5レンズ群G5中の一対の負レンズ成分のうち第2物体側に向けられた凹面の曲率半径、r5Rfは第5レンズ群G5中の一対の負レンズ成分のうち第1物体側に向けられた凹面の曲率半径、RG6は第6レンズ群G6を構成する正レンズ成分のレンズ面のうち第2物体側に凹面を向けたレンズ面の曲率半径、DG6は第6レンズ群G6を構成する正レンズ成分のレンズ面のうち第2物体側に凹面を向けたレンズ面と第2物体との距離を表している。

30

【0078】

40

【0079】

50

【表1】

[第1実施例]

 $d_0 = 80.00000$ $\beta = -1.25$ $NA = 0.10$ $WD = 111.44106$ $\phi_{EX} = 84.875$

	r	d	n(G)	n(H)	n(440)	n(400)	10
1)	0.00000	19.81691	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
2)	338.95682	24.87500	1.000000				
3)	-893.08361	22.44287	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
4)	0.00000	1.48395	1.000000				
5)	1049.31469	29.71933	1.594224	1.600939	1.593458	1.602110	
6)	-351.43057	1.85913	1.000000				20
7)	727.61675	34.51696	1.594224	1.600939	1.593458	1.602110	
8)	-310.92210	1.55802	1.000000				
9)	364.84716	25.83827	1.594224	1.600939	1.593458	1.602110	
10)	0.00000	1.35080	1.000000				
11)	185.71449	28.67838	1.594224	1.600939	1.593458	1.602110	
12)	800.00000	22.09572	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
13)	107.67666	40.14700	1.000000				30
14)	-500.00000	15.41703	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
15)	272.25300	23.33603	1.000000				
16)	-169.09740	18.26282	1.594224	1.600939	1.593458	1.602110	
17)	143.47779	36.76231	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
18)	-250.00000	1.68677	1.000000				
19)	983.33488	23.00470	1.480884	1.483290	1.480605	1.483701	
20)	-312.98052	1.64933	1.000000				40
21)	312.98052	22.93516	1.480884	1.483290	1.480605	1.483701	
22)	-983.33488	3.52160	1.000000				

23)	202.66348	24.03627	1.480884 1.483290 1.480605 1.483701
24)	-722.79745	6.97513	1.000000
25)	-653.07482	15.38953	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
26)	129.86355	62.90045	1.000000
27)	0.00000	15.02228	1.000000
28)	-133.51933	14.18083	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
29)	-401.91139	8.68610	1.000000
30)	-294.58018	16.70832	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
31)	-192.02766	1.72629	1.000000
32)	993.73123	23.12689	1.480884 1.483290 1.480605 1.483701
33)	-247.40613	1.40680	1.000000
34)	407.75914	24.67504	1.480884 1.483290 1.480605 1.483701
35)	-407.75914	1.40727	1.000000
36)	247.40613	23.13179	1.480884 1.483290 1.480605 1.483701
37)	-993.73123	1.72306	1.000000
38)	222.88565	31.47297	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
39)	-222.88565	17.90477	1.594224 1.600939 1.593458 1.602110
40)	140.97182	40.24244	1.000000
41)	-399.97600	13.56265	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
42)	399.97600	61.31498	1.000000
43)	-123.94475	16.21135	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
44)	0.00000	23.86349	1.594224 1.600939 1.593458 1.602110
45)	-200.00000	16.03261	1.000000
46)	-120.46228	30.91324	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
47)	0.00000	2.53170	1.000000
48)	0.00000	38.53972	1.594224 1.600939 1.593458 1.602110
49)	-239.64548	1.62976	1.000000
50)	1500.00000	30.838351	1.594224 1.600939 1.593458 1.602110
51)	-374.52736	1.835351	1.000000

52) 316.24749 34.751061 1.594224 1.600939 1.593458 1.602110
 53) -1500.00000 1.425081 1.000000
 54) 1500.00000 28.403021 1.594224 1.600939 1.593458 1.602110
 55) 0.00000 14.93850 1.000000
 56) -576.38311 24.19169 1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
 57) 0.00000 97.34315 1.000000

[実施例1の条件対応数値]

10

- (1) $|f_1/f_2| = 1.17$
- (2) $|f_6/f_5| = 2.15$
- (3) $f_3/f_4 = 2.37$
- (8) $|\beta| = 1.25$
- (9) $|f_1/f_2| = 1.17$
- (10) $|f_6/f_5| = 2.15$
- (11) $f_3/f_4 = 2.37$
- (12) $(r_2Rf + r_2Fr) / (r_2Rf - r_2Fr) = 0.22$
- (13) $(r_4Ff + r_3Rr) / (r_4Ff - r_3Rr) = 0.01$
- (14) $(r_5Rf + r_5Fr) / (r_5Rf - r_5Fr) = -0.08$
- (18) $RG6/LG6 = 1.57$ (第44面)
- (19) $|\beta| = 1.25$

20

【0079】

【表2】

30

[第2実施例]

 $d_0 = 80.00470$ $\beta = -1.25$ $NA = 0.10$ $WD = 111.44106$ $\phi_{EX} = 84.875$

	r	d	n(G)	n(H)	n(440)	n(400)	10
1)	-412.35352	19.26608	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
2)	430.98516	32.30568	1.000000				
3)	2063.20000	29.98012	1.595782	1.602686	1.594990	1.603891	
4)	-312.99394	1.000000	1.000000				
5)	942.97507	35.86780	1.595782	1.602686	1.594990	1.603891	
6)	-288.37844	1.000000	1.000000				
7)	326.19268	28.90845	1.595782	1.602686	1.594990	1.603891	20
8)	-2467.39000	1.000000	1.000000				
9)	194.21009	26.42634	1.595782	1.602686	1.594990	1.603891	
10)	525.46500	19.90635	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
11)	109.44448	32.81576	1.000000				
12)	-345.36693	16.10440	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
13)	384.45479	19.40948	1.000000				
14)	-218.85798	15.72642	1.595782	1.602686	1.594990	1.603891	30
15)	133.89658	39.65972	1.603377	1.607780	1.602862	1.608531	
16)	-300.37849	1.000000	1.000000				
17)	626.96811	20.04867	1.480884	1.483290	1.480605	1.483701	
18)	-777.51216	1.000000	1.000000				
19)	355.01973	25.86642	1.480884	1.483290	1.480605	1.483701	
20)	-381.38516	19.15024	1.000000				
21)	214.44851	26.08293	1.480884	1.483290	1.480605	1.483701	40
22)	-333.31970	5.58691	1.000000				

23)	-270.00842	15.00000	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
24)	127.33352	73.32331	1.000000
25)	0.00000	14.81846	1.000000
26)	-126.70531	15.00000	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
27)	-386.02171	6.58498	1.000000
28)	-283.13415	16.69358	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
29)	-191.77356	1.00000	1.000000
30)	1243.26000	25.59956	1.480884 1.483290 1.480605 1.483701
31)	-187.34367	1.00000	1.000000
32)	485.36798	23.57629	1.480884 1.483290 1.480605 1.483701
33)	-386.75322	1.00000	1.000000
34)	221.00682	23.73862	1.480884 1.483290 1.480605 1.483701
35)	44718.25000	1.00000	1.000000
36)	239.24400	30.90555	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
37)	-236.09997	15.00000	1.595782 1.602686 1.594990 1.603891
38)	153.10746	68.78341	1.000000
39)	-228.71098	15.00000	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
40)	400.00000	74.03416	1.000000
41)	-111.26619	53.00319	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
42)	1996.47000	34.23470	1.595782 1.602686 1.594990 1.603891
43)	-237.89553	1.00000	1.000000
44)	900.59956	34.227621	1.595782 1.602686 1.594990 1.603891
45)	-354.01277	1.000001	1.000000
46)	300.00000	33.863591	1.595782 1.602686 1.594990 1.603891
47)	-2879.01000	36.616001	1.000000
48)	-506.96471	24.44737	1.603377 1.607780 1.602862 1.608531
49)	-2357.58000	111.44106	1.000000

[実施例 2 の条件対応数値]

(1) | f 1 / f 2 | = 1.06

10

20

30

40

$$(2) |f_6/f_5| = 2.03$$

$$(3) f_3/f_4 = 3.00$$

$$(8) |\beta| = 1.25$$

$$(9) |f_1/f_2| = 1.06$$

$$(10) |f_6/f_5| = 2.03$$

$$(11) f_3/f_4 = 3.00$$

$$(12) (r_2Rf + r_2Fr) / (r_2Rf - r_2Fr) = 0.33$$

10

$$(13) (r_4Ff + r_3Rr) / (r_4Ff - r_3Rr) = -0.002$$

$$(14) (r_5Rf + r_5Fr) / (r_5Rf - r_5Fr) = -0.16$$

$$(18) RG6/LG6 = 1.45 \text{ (第46面)}$$

$$(19) |\beta| = 1.25$$

以上の各実施例の諸元の値より、第1および第2実施例の投影光学系は、広い露光領域を確保しながら、第1物体側（マスクM側）および第2物体側（プレートP側）においてテレセントリックが達成されている事が理解できる。

【0080】

20

また、図5および図6はそれぞれ本発明による第1および第2実施例の投影光学系における諸収差図を示している。

ここで、各収差図において、NAは投影光学系の開口数、Yは像高、Gはg線（=435.8nm）、Hはh線（=404.7nm）を示しており、また、各非点収差図中において、点線は子午的像面（メリジオナル像面）、実線は球欠的像面（サジタル像面）を示している。

【0081】

各収差図の比較より、各実施例とも諸収差がバランス良く補正され、特に極めて広い露光領域の全てにおいて諸収差が良好に補正されており、かつg線およびh線についての色収差が良好になされていることが理解される。

これにより、各実施例の投影光学系を図1または図2に示す投影露光装置に適用した場合には、g線からh線までの広い波長域での露光光を用いて露光を実現でき、露光時間の短縮化を達成することができる。

30

【0082】

また、各実施例の投影光学系では、極めて広い露光領域において良好な像を形成できるため、これら各実施例の投影光学系を用いて露光を行えば、良好なパターン像を広い範囲にわたって短時間で得ることができ、集積回路素子や液晶パネルなどのデバイス製造時のスループットを向上させることができる。

さて、上述の第1および第2実施例では、投影光学系が=1.25の拡大倍率を持つものとして説明したが、本発明は拡大倍率を有するものには限定されない。これら第1および第2実施例による投影光学系では、投影光学系における第1物体側（マスクM側）と第2物体側（プレートP側）とを逆転させた状態で使用して縮小倍率を得ることもできる。

40

【0083】

このとき、各実施例の投影光学系を逆転したものの条件対応数値は以下の表3の通りである。なお、この状態におけるレンズ構成図は、図3および図4における左右が反転するだけであるので図示省略し、諸収差図は、図5および図6の収差図のスケールを0.8倍したものと実質的に同一であるため図示省略する。このとき、図3および図4に示す第1レンズ群G1は第6レンズ群、第2レンズ群G2は第5レンズ群、第3レンズ群G3は第4レンズ群、第4レンズ群G4は第3レンズ群、第5レンズ群G5は第2レンズ群、そして第6レンズ群G6は第1レンズ群となる。

【0084】

50

【表3】

[第1実施例の投影光学系を逆転させたものの条件対応数値]

(1) $|f_1/f_2| = 2.15$

(2) $|f_6/f_5| = 1.17$

(3) $f_3/f_4 = 0.42$

(4) $| | = 0.8$

(5) $|f_1/f_2| = 2.15$

(6) $|f_6/f_5| = 1.17$

(7) $f_3/f_4 = 0.42$

(12) $(r_2Rf + r_2Fr) / (r_2Rf - r_2Fr) = 0.08$

10

(13) $(r_4Ff + r_3Rr) / (r_4Ff - r_3Rr) = -0.01$

(14) $(r_5Rf + r_5Fr) / (r_5Rf - r_5Fr) = -0.22$

(19) $| | = 0.8$

[第2実施例の投影光学系を逆転させたものの条件対応数値]

(1) $|f_1/f_2| = 2.03$

(2) $|f_6/f_5| = 1.06$

(3) $f_3/f_4 = 0.33$

(4) $| | = 0.8$

(5) $|f_1/f_2| = 2.03$

(6) $|f_6/f_5| = 1.06$

20

(7) $f_3/f_4 = 0.33$

(12) $(r_2Rf + r_2Fr) / (r_2Rf - r_2Fr) = 0.16$

(13) $(r_4Ff + r_3Rr) / (r_4Ff - r_3Rr) = 0.002$

(14) $(r_5Rf + r_5Fr) / (r_5Rf - r_5Fr) = -0.33$

(19) $| | = 0.8$

なお、以上の各実施例では、光源としてg線からh線までの光を供給するものを用いた例を示したがこれに限ることなく、193nm, 248.8nmの光を供給するエキシマレーザ等の極紫外光源や、i線(365nm)の光を供給する水銀アークランプ、さらにはそれ以外の紫外領域の光を供給する光源を用いたものにも応用し得ることは言うまでもない。

【0085】

30

また、各実施例では、投影光学系に複数の接合レンズ成分が含まれているが、レンズ成分を接合する代わりに、光学密着(オプチカル・コンタクト)で接合レンズ成分を構成しても良い。また、接合レンズ成分を構成する複数のレンズ成分を微少な間隔を開けて配置して、接合レンズ成分と等価に構成しても良い。

【0086】

【発明の効果】

以上の通り、本発明によれば、両側テレセントリックでありながら、広い露光領域にわたって諸収差を極めて良好に補正し得る高性能な投影光学系が実現できる。また、本発明の好ましい態様によれば、極めて広い露光領域において、広いスペクトル幅について良好に色収差補正がなされた投影光学系実現できる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる投影光学系を一括露光型の投影露光装置に適用した例を概略的に示す斜視図である。

【図2】本発明にかかる投影光学系を走査露光型の投影露光装置に適用した例を概略的に示す斜視図である。

【図3】第1実施例の投影光学系のレンズ構成図である。

【図4】第2実施例の投影光学系のレンズ構成図である。

【図5】第1実施例の投影光学系の諸収差図である。

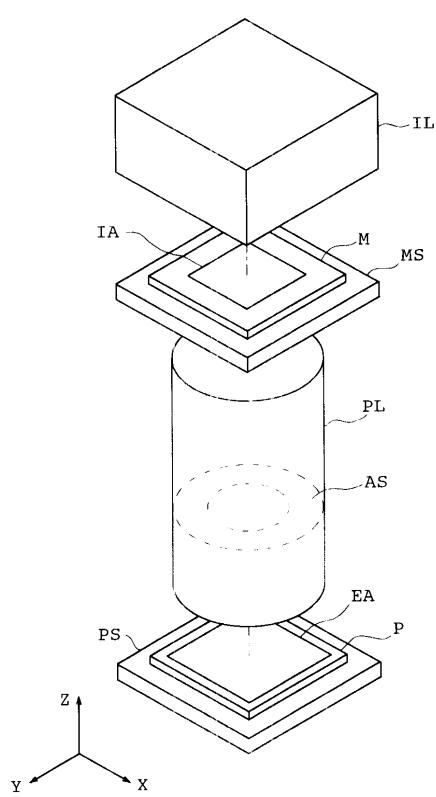
【図6】第2実施例の投影光学系の諸収差図である。

【符号の説明】

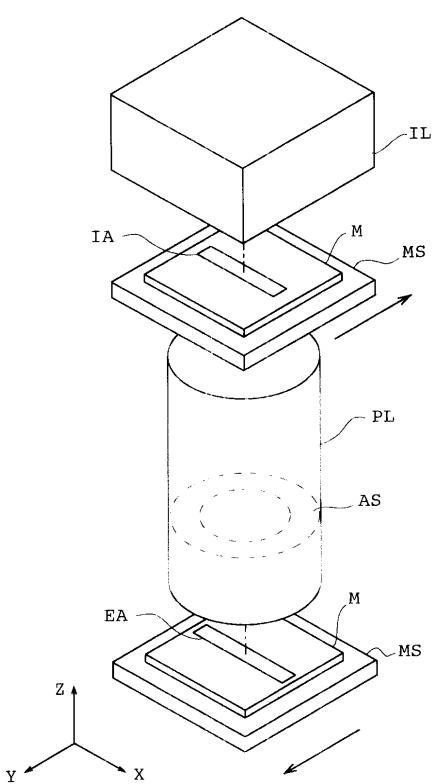
50

G 1 : 第 1 レンズ群、
 G 2 : 第 2 レンズ群、
 G 3 : 第 3 レンズ群、
 G 4 : 第 4 レンズ群、
 G 5 : 第 5 レンズ群、
 G 6 : 第 6 レンズ群、
 A S : 開口絞り、

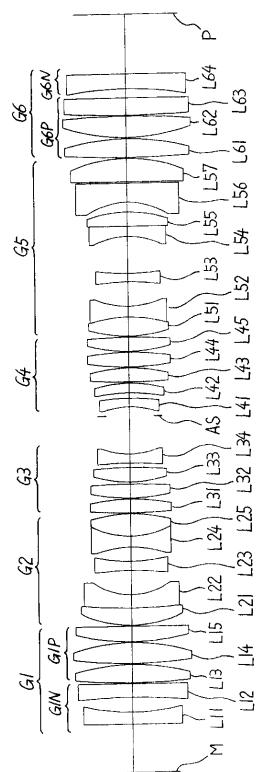
【図 1】



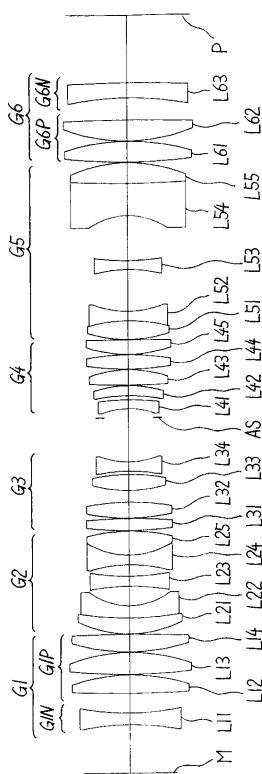
【図 2】



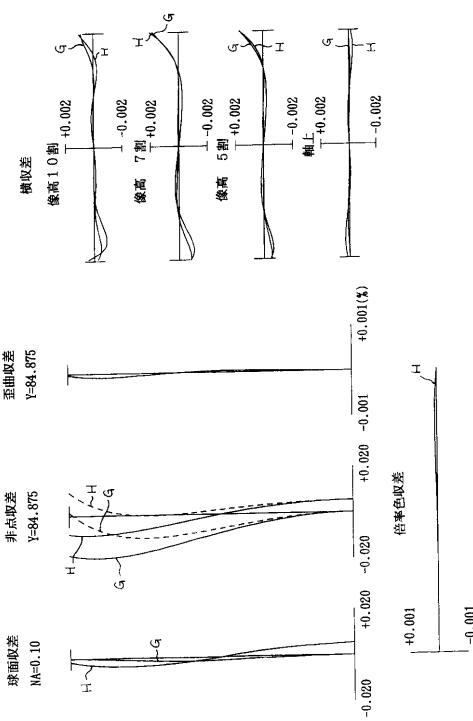
【図3】



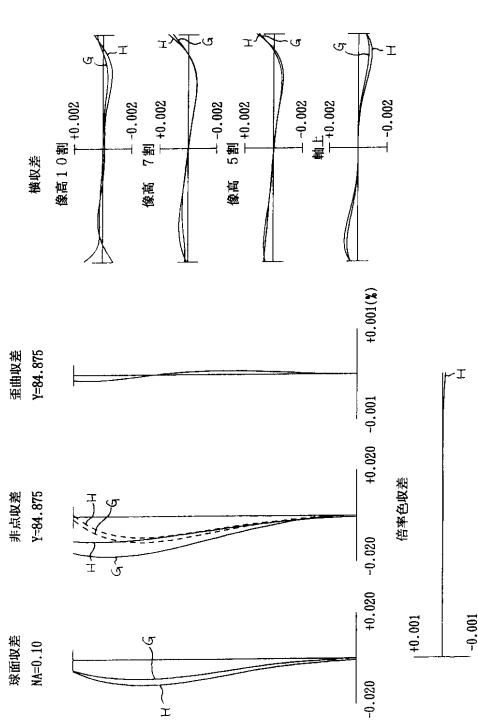
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04