

(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2005-257740

(P2005-257740A)

(43) 公開日 平成17年9月22日(2005.9.22)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 13/24</b>	G02B 13/24	2H087
<b>G02B 13/14</b>	G02B 13/14	5F046
<b>G02B 13/18</b>	G02B 13/18	
<b>G03F 7/20</b>	G03F 7/20 521	
<b>H01L 21/027</b>	H01L 21/30 515D	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 26 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2004-65375 (P2004-65375)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	平成16年3月9日(2004.3.9)		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	田中 麻利江
			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	池沢 弘範
			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	大村 泰弘
			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
		最終頁に続く	

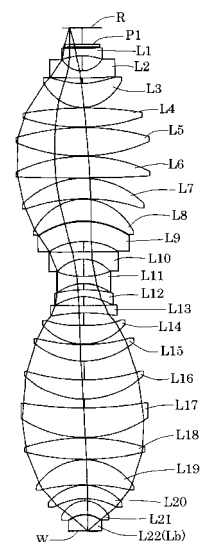
(54) 【発明の名称】 投影光学系、露光装置、および露光方法

## (57) 【要約】

【課題】 たとえばステッチング方式の露光装置に適用可能な比較的小型の投影光学系。

【解決手段】 第1面(R)の縮小像を第2面(W)上に形成する投影光学系。第1面における最大物高を  $o$  とし、投影光学系中のすべてのレンズの有効径のうちの最大となる有効径の値を  $max$  とするとき、 $6.6 < max / o < 12$  の条件を満足する。投影光学系は、約  $|1/5|$  から約  $|1/4|$  の大きさの投影倍率を有し、投影光学系の光路中の雰囲気屈折率を1とするとき、投影光学系と第2面との間の光路が1.1よりも大きい屈折率を有する媒質で満たされた状態で第1面の縮小像を第2面上に形成する。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 面の縮小像を第 2 面上に形成する投影光学系において、

前記第 1 面における最大物高を  $o$  とし、前記投影光学系中のすべてのレンズの有効径のうちの最大となる有効径の値を  $\max$  とするとき、

$$6 \cdot 6 < \max / o < 12$$

の条件を満足することを特徴とする投影光学系。

## 【請求項 2】

前記投影光学系は、約  $|1/5|$  から約  $|1/4|$  の大きさの投影倍率を有することを特徴とする請求項 1 に記載の投影光学系。

10

## 【請求項 3】

前記投影光学系の光路中の雰囲気屈折率を 1 とするとき、前記投影光学系と前記第 2 面との間の光路が 1.1 よりも大きい屈折率を有する媒質で満たされた状態で前記第 1 面の縮小像を前記第 2 面上に形成することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の投影光学系。

## 【請求項 4】

前記第 1 面に設定されたマスクを照明する照明工程と、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の投影光学系を介して前記マスクに形成されたパターンの像を前記第 2 面に設定された感光性基板上に投影露光する露光工程とを備えていることを特徴とする露光方法。

## 【請求項 5】

前記露光工程では、2 つの部分露光領域を含む 1 つのショット領域へ投影露光を行い、前記露光工程は、前記部分露光領域へ投影露光する部分露光工程を少なくとも 2 つ有し、

20

前記部分露光工程では、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を相対移動させつつ前記部分露光領域への走査露光を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の露光方法。

## 【請求項 6】

前記露光工程は、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を所定の向きに相対移動させつつ一方の部分露光領域への走査露光を行う第 1 回目の部分露光工程と、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を前記所定の向きと反対の向きに相対移動させつつ他方の部分露光領域への走査露光を行う第 2 回目の部分露光工程とを有することを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

30

## 【請求項 7】

前記露光工程は、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を所定の向きに相対移動させつつ一方の部分露光領域への走査露光を行う第 1 回目の部分露光工程と、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を前記所定の向きに相対移動させつつ他方の部分露光領域への走査露光を行う第 2 回目の部分露光工程とを有することを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

## 【請求項 8】

前記露光工程では、複数のショット領域へ投影露光を行い、前記露光工程は、前記複数のショット領域中の所定の前記部分露光領域へ投影露光する第 1 回目の部分露光工程と、前記複数のショット領域中の別の前記部分露光領域へ投影露光する第 2 回目の部分露光工程とを有することを特徴とする請求項 5 または 7 に記載の露光方法。

40

## 【請求項 9】

前記第 1 回目の部分露光工程と前記第 2 回目の部分露光工程との間に前記マスクを交換しないことを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の露光方法。

## 【請求項 10】

前記露光工程に先立って、前記投影光学系の光路中の雰囲気屈折率を 1 とするとき、前記投影光学系と前記感光性基板との間の光路を 1.1 よりも大きい屈折率を有する媒質で

50

満たす充填工程をさらに備えていることを特徴とする請求項 4 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の露光方法。

【請求項 1 1】

前記第 1 面に設定されたマスクを照明するための照明系と、前記マスクに形成されたパターンの像を前記第 2 面に設定された感光性基板上に形成するための請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項 1 2】

前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を所定の方法に移動させつつ前記感光性基板への走査露光を行い、

前記マスクを支持して前記所定の方法とほぼ直交する方向にステップ移動させるためのマスクステージをさらに備えていることを特徴とする請求項 1 1 に記載の露光装置。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投影光学系、露光装置、および露光方法に関し、特に半導体素子などをフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される露光装置に好適な投影光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、マスク（またはレチクル）のパターン像を、投影光学系を介して、感光性基板（フォトレジスト等が塗布されたウェハまたはガラスプレート等）上に露光する露光装置が使用されている。この種の露光装置として、例えば特公昭 46 - 34057 号公報には、スティッチング方式でスリットスキャン方式（以下、単に「スティッチング方式」という）の露光装置が開示されている。 20

【0003】

スティッチング方式露光装置では、マスク上の所定形状の照明領域に対してマスクおよび感光性基板を第 1 方向に同期的に相対移動させることにより、感光性基板上の第 1 列目の部分露光領域への第 1 回目のスキャン露光（走査露光）を行う。その後、たとえばマスクを第 1 方向に垂直な第 2 方向に所定量だけ移動させるとともに、感光性基板を第 2 方向に共役な方向に横ずれ（スティッチング）させる。 30

【0004】

そして、再びマスク上の所定形状の照明領域に対してマスクおよび感光性基板を第 1 方向に同期的に相対移動させることにより、感光性基板上の第 2 列目の部分露光領域への第 2 回目のスキャン露光を行う。こうして、スティッチング方式の露光装置では、第 1 列目の部分露光領域と第 2 列目の部分露光領域とを含む 1 つのショット領域、すなわち投影光学系のイメージフィールド（有効結像領域）よりも広い感光性基板上の領域に、マスクパターンが転写される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述したように、スティッチング方式の露光装置では、たとえばマスクを交換することなく 2 つの部分露光領域へのスキャン露光を行うことにより、投影光学系のイメージフィールドよりも広い 1 つのショット領域にマスクパターンを転写することができる。その結果、比較的小型の投影光学系を用いることによるコストの低減や、マスク交換が不要なことによるスループットの向上などを図ることができる。 40

【0006】

しかしながら、従来技術では、スティッチング方式の露光装置に好適な投影光学系の構成について具体的な提案がなされていない。なお、半導体素子等の集積度が向上するにつれて、露光装置の投影光学系に要求される解像力（解像度）が益々高まっている。そこで 50

、露光装置の投影光学系では、その解像力に対する要求を満足するために、照明光（露光光）の波長を短くするとともに像側開口数を大きく確保する必要がある。

【0007】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、たとえばスティッチング方式の露光装置に適用可能な比較的小型の投影光学系を提供することを目的とする。また、本発明は、比較的小型の投影光学系を用いて、たとえばスティッチング方式の露光を行うことのできる露光装置および露光方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、第1面の縮小像を第2面上に形成する投影光学系において、

前記第1面における最大物高を  $o$  とし、前記投影光学系中のすべてのレンズの有効径のうちの最大となる有効径の値を  $\phi_{\max}$  とするとき、

$$0.6 < \phi_{\max} / o < 1.2$$

の条件を満足することを特徴とする投影光学系を提供する。

【0009】

第1形態の好ましい態様によれば、前記投影光学系は、約  $|1/5|$  から約  $|1/4|$  の大きさの投影倍率を有する。また、前記投影光学系の光路中の雰囲気屈折率を1とするとき、前記投影光学系と前記第2面との間の光路が1.1よりも大きい屈折率を有する媒質で満たされた状態で前記第1面の縮小像を前記第2面上に形成することが好ましい。

【0010】

本発明の第2形態では、前記第1面に設定されたマスクを照明する照明工程と、第1形態の投影光学系を介して前記マスクに形成されたパターンの像を前記第2面に設定された感光性基板上に投影露光する露光工程とを備えていることを特徴とする露光方法を提供する。

【0011】

第2形態の好ましい態様によれば、前記露光工程では、2つの部分露光領域を含む1つのショット領域へ投影露光を行い、前記露光工程は、前記部分露光領域へ投影露光する部分露光工程を少なくとも2つ有し、前記部分露光工程では、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を相対移動させつつ前記部分露光領域への走査露光を行う。

【0012】

この場合、前記露光工程は、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を所定の向きに相対移動させつつ一方の部分露光領域への走査露光を行う第1回目の部分露光工程と、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を前記所定の向きと反対の向きに相対移動させつつ他方の部分露光領域への走査露光を行う第2回目の部分露光工程とを有することが好ましい。あるいは、前記露光工程は、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を所定の向きに相対移動させつつ一方の部分露光領域への走査露光を行う第1回目の部分露光工程と、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を前記所定の向きに相対移動させつつ他方の部分露光領域への走査露光を行う第2回目の部分露光工程とを有することが好ましい。

【0013】

また、第2形態の好ましい態様によれば、前記露光工程では、複数のショット領域へ投影露光を行い、前記露光工程は、前記複数のショット領域中の所定の前記部分露光領域へ投影露光する第1回目の部分露光工程と、前記複数のショット領域中の別の前記部分露光領域へ投影露光する第2回目の部分露光工程とを有する。また、前記第1回目の部分露光工程と前記第2回目の部分露光工程との間に前記マスクを交換しないことが好ましい。また、第2形態では、前記露光工程に先立って、前記投影光学系の光路中の雰囲気屈折率を1とするとき、前記投影光学系と前記感光性基板との間の光路を1.1よりも大きい屈折率を有する媒質で満たす充填工程をさらに備えていることを特徴とする請求項4乃至9のいずれか1項に記載の露光方法ことが好ましい。

## 【 0 0 1 4 】

本発明の第 3 形態では、前記第 1 面に設定されたマスクを照明するための照明系と、前記マスクに形成されたパターンの像を前記第 2 面に設定された感光性基板上に形成するための第 1 形態の投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

## 【 0 0 1 5 】

第 3 形態の好ましい態様によれば、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を所定の方向に移動させつつ前記感光性基板への走査露光を行い、前記マスクを支持して前記所定の方向とほぼ直交する方向にステップ移動させるためのマスクステージをさらに備えている。

## 【 発明の効果 】

10

## 【 0 0 1 6 】

本発明では、最大物高とレンズの最大有効径とに関する所定の条件式を満足していることで、たとえばステッチング方式の露光装置に適用可能な比較的小型の投影光学系を実現することができる。したがって、本発明の露光装置および露光方法では、比較的小型の投影光学系を用いて、たとえばステッチング方式の露光を行うことができ、ひいては良好なデバイスを製造することができる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 7 】

本発明の投影光学系は、たとえば約  $1/5$  から約  $1/4$  の大きさ（絶対値）の投影倍率を有し、次の条件式（1）を満足する。条件式（1）において、 $\phi$  は物体面（第 1 面）における最大物高であり、 $\phi_{\max}$  は投影光学系中のすべてのレンズの有効径のうちの最大となる有効径（直径）の値である。

20

$$6.6 < \phi_{\max} / \phi < 12 \quad (1)$$

## 【 0 0 1 8 】

条件式（1）の下限値を下回ると、物体側開口数が比較的大きいのでペッツバールの条件を満足することができなくなり、像の平坦性が悪くなってしまう。一方、条件式（1）の上限値を上回ると、光学系が径方向に大型化してしまう。すなわち、条件式（1）を満足することにより、投影光学系の大型化を招くことなく、2つの部分露光領域へのスキャン露光により1つの既定サイズのショット領域にマスクパターンを転写するのに必要な必要の大きさの有効結像領域（イメージフィールド）を確保することができる。

30

## 【 0 0 1 9 】

なお、本発明の効果をさらに良好に発揮するには、条件式（1）の下限値を 8 に設定し、上限値を 11 に設定することが好ましい。こうして、本発明では、たとえばステッチング方式の露光装置に適用可能な比較的小型の投影光学系を実現することができる。したがって、本発明の露光装置および露光方法では、比較的小型の投影光学系を用いて、たとえばステッチング方式の露光を行うことができる。

## 【 0 0 2 0 】

なお、本発明では、投影光学系と感光性基板との間の光路中に  $1.1$  よりも大きい屈折率を有する媒質、たとえば液体（あるいは流体）のような高屈折率の媒質を介在させることが好ましい。この構成により、投影光学系の像側開口数の増大を、ひいては解像力の向上を図ることができる。また、本発明の露光装置および露光方法では、大きな実効的な像側開口数を有する高解像な投影光学系を用いて、解像度の高い良好な投影露光を行うことができる。

40

## 【 0 0 2 1 】

ところで、投影光学系の解像度は、照明光（露光光）の波長を  $\lambda$  とし、投影光学系の像側開口数を  $NA$  とすると、 $k \cdot \lambda / NA$ （ $k$  はプロセス係数）で表される。投影光学系の像側開口数  $NA$  は、投影光学系と感光性基板との間の媒質（通常は空気などの気体）の屈折率を  $n$  とし、感光性基板への最大入射角を  $\theta$  とすると、 $n \cdot \sin \theta$  で表される。この場合、最大入射角  $\theta$  を大きくすることにより像側開口数の増大を図ろうとすると、感光性基板への入射角および投影光学系からの射出角が大きくなり、光学面での反射損失が増大し

50

て、大きな実効的な像側開口数を確保することはできない。

【0022】

そこで、従来、投影光学系と感光性基板との間の光路中に屈折率の高い液体のような媒質を満たすことにより像側開口数NAの増大を図る技術が提案されている。ちなみに、M. Switkes氏およびM. Rothschild氏が「SPIE2002 Microlithography」において「Massachusetts Institute of Technology」に発表した「Resolution Enhancement of 157-nm Lithography by Liquid Immersion」には、波長が200nm以下の光に対して所要の透過率を有する媒質として、フロリナート（Perfluoropolyethers：米国スリーエム社の商品名）や脱イオン水（Deionized Water）などが候補として挙げられている。

【0023】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。なお、図1において、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を、光軸AXに垂直な面内において図1の紙面に平行にY軸を、図1の紙面に垂直にX軸をそれぞれ設定している。図示の露光装置は、紫外領域の照明光を供給するための光源100として、ArFエキシマレーザ光源を備えている。

【0024】

光源100から射出された光は、照明光学系ILを介して、所定のパターンが形成されたレチクルRを重畳的に照明する。なお、光源100と照明光学系ILとの間の光路はケーシング（不図示）で密封されており、光源100から照明光学系IL中の最もレチクル側の光学部材までの空間は、露光光の吸収率が低い気体であるヘリウムガスや窒素などの不活性ガスで置換されているか、あるいはほぼ真空状態に保持されている。

【0025】

レチクルRは、レチクルホルダRHを介して、レチクルステージRS上においてXY平面に平行に保持されている。レチクルRには転写すべきパターンが形成されており、パターン領域全体のうちX方向に沿って長辺を有し且つY方向に沿って短辺を有する矩形状（スリット状）のパターン領域が照明される。レチクルステージRSは、図示を省略した駆動系の作用により、レチクル面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はレチクル移動鏡RMを用いた干渉計RIFによって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0026】

レチクルRに形成されたパターンからの光は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるウェハW上にレチクルパターン像を形成する。ウェハWは、ウェハホルダテーブルWTを介して、ウェハステージWS上においてXY平面に平行に保持されている。そして、レチクルR上での矩形状の照明領域に光学的に対応するように、ウェハW上ではX方向に沿って長辺を有し且つY方向に沿って短辺を有する矩形状の静止露光領域にパターン像が形成される。ウェハステージWSは、図示を省略した駆動系の作用によりウェハ面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はウェハ移動鏡WMを用いた干渉計WIFによって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0027】

また、本実施形態の露光装置では、投影光学系PLを構成する光学部材のうち最もレチクル側に配置された光学部材（各実施例では平行平板P1）と最もウェハ側に配置された境界レンズLbとの間で投影光学系PLの内部が気密状態を保つように構成され、投影光学系PLの内部の気体はヘリウムガスや窒素などの不活性ガスで置換されているか、あるいはほぼ真空状態に保持されている。

【0028】

さらに、照明光学系ILと投影光学系PLとの間の狭い光路には、レチクルRおよびレチクルステージRSなどが配置されているが、レチクルRおよびレチクルステージRSなどを密封包囲するケーシング（不図示）の内部に窒素やヘリウムガスなどの不活性ガスが充填されているか、あるいはほぼ真空状態に保持されている。このように、光源100か

10

20

30

40

50

らウェハWまでの光路の全体に亘って、露光光がほとんど吸収されることのない雰囲気形成されている。

#### 【0029】

図2は、各実施例における境界レンズからウェハまでの構成を概略的に示す図である。図2を参照すると、各実施例において、投影光学系PLの最もウェハ側に配置された境界レンズLbとウェハWとの間の光路は、1.1よりも大きい屈折率を有する媒質Lmで満たされている。各実施例では、媒質Lmとして純水を用いている。

#### 【0030】

なお、投影光学系PLの境界レンズLbとウェハWとの間の光路中に液体媒質Lmを満たし続けるには、たとえば国際公開番号WO99/49504号公報に開示された技術や、特開平10-303114号公報に開示された技術などを用いることができる。国際公開番号WO99/49504号公報に開示された技術では、液体供給装置から供給管および排出ノズルを介して所定の温度に調整された液体(媒質Lm)を境界レンズLbとウェハWとの間の光路を満たすように供給し、液体供給装置により回収管および流入ノズルを介してウェハW上から液体を回収する。

#### 【0031】

一方、特開平10-303114号公報に開示された技術では、液体(媒質Lm)を収容することができるようにウェハホルダテーブルWTを容器状に構成し、その内底部の中央において(液体中において)ウェハWを真空吸着により位置決め保持する。また、投影光学系PLの鏡筒先端部が液体中に達し、ひいては境界レンズLbのウェハ側の光学面が液体中に達するように構成する。

#### 【0032】

上述したように、投影光学系PLによって規定されるレチクルR上の照明領域およびウェハW上の静止露光領域は、Y方向に沿って短辺を有する矩形形状である。したがって、駆動系および干渉計(RIF、WIF)などを用いてレチクルRおよびウェハWの位置制御を行いながら、矩形形状の静止露光領域および照明領域の短辺方向すなわちY方向に沿ってレチクルステージRSとウェハステージWSとを、ひいてはレチクルRとウェハWとをY方向に沿って同期的に移動(走査)させることにより、ウェハW上には静止露光領域の長辺に等しい幅を有し且つウェハWの走査量(移動量)に応じた長さを有する領域に対してレチクルパターンが走査露光される。

#### 【0033】

各実施例では、投影光学系PLを構成するレンズ成分は、石英( $\text{SiO}_2$ )または蛍石( $\text{CaF}_2$ )により形成されている。また、露光光であるArFエキシマレーザ光の発振中心波長は、193.306nmであり、この中心波長に対する石英の屈折率は1.5603261であり、蛍石の屈折率は1.5014548である。さらに、境界レンズLbとウェハWとの間に介在する媒質Lmとして、露光光に対して1.436の屈折率を有する純水を用いている。

#### 【0034】

また、各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、非球面の頂点における接平面から高さyにおける非球面上の位置までの光軸に沿った距離(サグ量)をzとし、頂点曲率半径をrとし、円錐係数をとし、n次の非球面係数を $C_n$ としたとき、以下の数式(a)で表される。各実施例において、非球面形状に形成されたレンズ面には面番号の右側に\*印を付している。

#### 【0035】

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + ) \cdot y^2 / r^2\}^{1/2}] + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} + C_{14} \cdot y^{14} \quad (a)$$

#### 【0036】

#### [第1実施例]

図3は、本実施形態の第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。図

10

20

30

40

50

3を参照すると、第1実施例の投影光学系PLは、レチクル側から順に、平行平板P1と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL1と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL2と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL3と、両凸レンズL4と、両凸レンズL5と、両凸レンズL6と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL9と、両凹レンズL10と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL11と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL12と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL13と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL14と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL15と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL16と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL17と、両凸レンズL18と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL19と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL20と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL21と、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた平凸レンズL22（境界レンズLb）とにより構成されている。

10

#### 【0037】

第1実施例では、境界レンズLbとしての平凸レンズL22とウェハWとの間の光路には、純水からなる媒質Lmが満たされている。また、レンズL21およびL22（Lb）が蛍石により形成され、その他のレンズ成分は石英により形成されている。

20

#### 【0038】

次の表（1）に、第1実施例にかかる投影光学系PLの諸元の値を掲げる。表（1）において、 $\lambda$ は露光光の中心波長を、 $\beta$ は投影倍率（結像倍率）を、NAは像側（ウェハ側）開口数を、 $o$ は最大物高を、 $i$ は最大像高をそれぞれ表している。また、面番号はレチクル側からの面の順序を、 $r$ は各面の曲率半径（非球面の場合には頂点曲率半径：mm）を、 $d$ は各面の軸上間隔すなわち面間隔（mm）を、 $n$ は中心波長に対する屈折率をそれぞれ示している。なお、表（1）における表記は、以降の表（2）および（3）においても同様である。

#### 【0039】

表 1

30

#### （主要諸元）

$$\lambda = 193.306 \text{ nm}$$

$$\beta = -1/4$$

$$NA = 1.2$$

$$o = 28 \text{ mm}$$

$$i = 7 \text{ mm}$$

#### （光学部材諸元）

面番号	$r$	$d$	$n$	光学部材
（レチクル面）				
1		35.000		
2		4.242	1.5603261	（P1）
3		3.103		
4	-1120.724	14.000	1.5603261	（L1）
4*	131.381	30.070		
5				
5*	-60.462	14.000	1.5603261	（L2）
6	-1144.786	10.490		
7				
7*	-181.346	47.368	1.5603261	（L3）
8	-104.187	1.000		
9	943.990	38.188	1.5603261	（L4）
10	-496.595	1.000		
11	628.344	55.762	1.5603261	（L5）

40

50



12	-443.823	1.000			
13	396.894	43.046	1.5603261	( L 6 )	
14	-4228.725	1.000			
15	218.155	40.608	1.5603261	( L 7 )	
16	456.639	1.000			
17	135.351	43.275	1.5603261	( L 8 )	
18	210.000	1.143			
19	208.211	39.159	1.5603261	( L 9 )	
20*	193.457	20.707			
21	-8222.387	14.000	1.5603261	( L 1 0 )	10
22	86.090	34.410			
23*	-272.301	14.000	1.5603261	( L 1 1 )	
24	113.482	12.131			
25	318.395	14.000	1.5603261	( L 1 2 )	
26*	121.345	17.802			
27	-1752.350	14.000	1.5603261	( L 1 3 )	
28*	431.697	24.701			
29*	-785.410	37.330	1.5603261	( L 1 4 )	
30	-133.894	1.000			
31	-451.310	32.851	1.5603261	( L 1 5 )	20
32	-196.891	37.959			
33	-511.602	38.337	1.5603261	( L 1 6 )	
34	-223.931	17.146			
35	-1013.395	59.418	1.5603261	( L 1 7 )	
36	-292.191	1.000			
37	507.978	42.880	1.5603261	( L 1 8 )	
38	-658.005	1.00			
39	145.226	49.930	1.5603261	( L 1 9 )	
40	508.238	1.000			
41	120.482	26.465	1.5603261	( L 2 0 )	30
42*	138.101	4.668			
43	64.477	27.099	1.5014548	( L 2 1 )	
44	69.117	1.000			
45*	68.753	30.683	1.5014548	( L 2 2 : L b )	
46		1.000	1.4360000	( L m )	

( ウエ八面 )

( 非球面データ )

4 面

= 0

40

$$C_4 = -3.60477 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = 2.79854 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -5.19821 \times 10^{-15}$$

$$C_{10} = -1.46721 \times 10^{-19}$$

$$C_{12} = 8.87039 \times 10^{-22}$$

$$C_{14} = -1.96543 \times 10^{-25}$$

5 面

= 0

$$C_4 = -2.03413 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -3.75794 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -1.08110 \times 10^{-14}$$

$$C_{10} = -2.94765 \times 10^{-18}$$

$$C_{12} = -5.65024 \times 10^{-23}$$

$$C_{14} = -3.58477 \times 10^{-25}$$

50

7 面

= 0

$$C_4 = 1.51456 \times 10^{-7} \quad C_6 = 1.87061 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -6.96213 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -1.02068 \times 10^{-19}$$

$$C_{12} = 2.43555 \times 10^{-23} \quad C_{14} = -1.33980 \times 10^{-27}$$

2 0 面

= 0

$$C_4 = 7.83311 \times 10^{-8} \quad C_6 = 1.94639 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -2.43246 \times 10^{-16} \quad C_{10} = 2.35542 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = -2.30512 \times 10^{-24} \quad C_{14} = 5.06932 \times 10^{-30}$$

10

2 3 面

= 0

$$C_4 = -3.82869 \times 10^{-7} \quad C_6 = 6.21846 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 4.44870 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -4.66844 \times 10^{-18}$$

$$C_{12} = 1.03986 \times 10^{-21} \quad C_{14} = -7.58461 \times 10^{-26}$$

2 6 面

= 0

$$C_4 = -1.91841 \times 10^{-7} \quad C_6 = 5.42355 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 1.15940 \times 10^{-14} \quad C_{10} = -5.44096 \times 10^{-18}$$

$$C_{12} = 8.52657 \times 10^{-22} \quad C_{14} = -4.99161 \times 10^{-26}$$

20

2 8 面

= 0

$$C_4 = -7.69999 \times 10^{-8} \quad C_6 = 3.41934 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -9.47844 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 1.28921 \times 10^{-18}$$

$$C_{12} = -8.40171 \times 10^{-23} \quad C_{14} = 1.92065 \times 10^{-27}$$

30

2 9 面

= 0

$$C_4 = -1.58935 \times 10^{-7} \quad C_6 = 1.36527 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -1.48398 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 1.23894 \times 10^{-19}$$

$$C_{12} = -8.32766 \times 10^{-24} \quad C_{14} = 3.60274 \times 10^{-28}$$

4 2 面

= 0

$$C_4 = -1.84521 \times 10^{-7} \quad C_6 = 6.23581 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 1.88736 \times 10^{-15} \quad C_{10} = -3.46754 \times 10^{-19}$$

$$C_{12} = 2.73631 \times 10^{-23} \quad C_{14} = -7.32004 \times 10^{-28}$$

40

4 5 面

= 0

$$C_4 = -1.81116 \times 10^{-7} \quad C_6 = 3.44740 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 8.13180 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 2.96840 \times 10^{-18}$$

$$C_{12} = -6.71340 \times 10^{-21} \quad C_{14} = 2.66186 \times 10^{-24}$$

(条件式対応値)

max = 3 0 0 m m

50

$$o = 28 \text{ mm}$$

$$(1) \quad \max / o = 10.714$$

【0040】

図4は、第1実施例における横収差を示す図である。収差図において、Yは像高を示している。図4の収差図から明らかなように、第1実施例では、投影倍率の大きさが1/4の投影光学系において、波長が193.306 nmのArFエキシマレーザ光を用いて非常に大きな像側開口数( $NA = 1.2$ )を確保しているにもかかわらず、半径が7 mmのイメージサークル内において収差が良好に補正されていることがわかる。

【0041】

図5は、第1実施例におけるショット領域と部分露光領域と静止露光領域との関係を示す図である。図5に示すように、第1実施例では、Y方向に33 mmでX方向に26 mmの矩形形状のショット領域51を、Y方向に33 mmでX方向に13 mmの大きさを有する2つの矩形形状の部分露光領域51aと51bとに分割している。一方、投影光学系PLの半径7 mmのイメージサークル内において、Y方向に5 mmでX方向に13 mmの矩形形状の静止露光領域51cを設定している。

【0042】

第1実施例では、たとえば6インチサイズのレチクルRを用いて、ショット領域51の1/2の大きさを有する第1部分露光領域51aへのスキャン露光を行う。第1部分露光領域51aへのスキャン露光に際しては、第1部分露光領域51aにおいて+Y方向側の端部位置から-Y方向側の端部位置まで静止露光領域51cが-Y方向へ移動するように、ウェハステージWSを、ひいてはウェハWを+Y方向へ移動させる。そして、ウェハWの+Y方向への移動に対応して、レチクルステージRSを、ひいてはレチクルRを-Y方向へ移動させる。

【0043】

次いで、レチクルRを交換することなく、ショット領域51の1/2の大きさを有する第2部分露光領域51bへのスキャン露光を行う。ただし、第2部分露光領域51bへのスキャン露光に先立って、静止露光領域51cが第1部分露光領域51aの-Y方向側の端部位置から第2部分露光領域51bの-Y方向側の端部位置まで+X方向へ移動するように、ウェハステージWSを、ひいてはウェハWを-X方向へ13 mmだけステップ移動させる。そして、ウェハWの-X方向へのステップ移動に対応するように、レチクルステージRSを、ひいてはレチクルRを+X方向へ52 mmだけステップ移動させる。

【0044】

第2部分露光領域51bへのスキャン露光に際しては、第2部分露光領域51bにおいて-Y方向側の端部位置から+Y方向側の端部位置まで静止露光領域51cが+Y方向へ移動するように、ウェハステージWSを、ひいてはウェハWを-Y方向へ移動させる。そして、ウェハWの-Y方向への移動に対応して、レチクルステージRSを、ひいてはレチクルRを+Y方向へ移動させる。なお、第1部分露光領域51aにおいて静止露光領域51cを-Y方向側の端部位置から+Y方向へ移動させるようにスキャン露光を開始してもよい。

【0045】

こうして、第1実施例では、投影光学系PLの大型化を招くことなく、2つの部分露光領域51aおよび51bへのスキャン露光により1つの既定サイズのショット領域51にレチクルパターンを転写するのに必要な所要の大きさの有効結像領域(イメージフィールド)を確保することができる。また、ウェハ(感光性基板)Wとの間の光路中に高屈折率の媒質として純水を介在させているので、大きな実効的な像側開口数を有する高解像な投影光学系PLを実現することができる。

【0046】

その結果、第1実施例にかかる比較的小型の投影光学系PLを用いて、スティッチング方式にしたがって解像度の高い良好な投影露光を行うことができる。なお、スティッチング方式の露光装置のさらに詳細な構成および作用については、たとえば特許第33167

10

20

30

40

50

54号公報や特開平8-330220号公報（及びこれに対応する米国特許第6295119号公報）などを参照することができる。

【0047】

[第2実施例]

図6は、本実施形態の第2実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。図6を参照すると、第2実施例の投影光学系PLは、レチクル側から順に、平行平板P1と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL1と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL2と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL3と、両凸レンズL4と、両凸レンズL5と、両凸レンズL6と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL9と、レチクル側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL11と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL12と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL13と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL14と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL15と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL16と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL17と、両凸レンズL18と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL19と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL20と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL21と、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた平凸レンズL22（境界レンズLb）とにより構成されている。

【0048】

第2実施例においても第1実施例と同様に、境界レンズLbとしての平凸レンズL22とウェハWとの間の光路には、純水からなる媒質Lmが満たされている。また、レンズL21およびL22（Lb）が蛍石により形成され、その他のレンズ成分は石英により形成されている。次の表（2）に、第2実施例にかかる投影光学系PLの諸元の値を掲げる。

【0049】

表 2

（主要諸元）

$$= 193.306 \text{ nm}$$

$$= -1/5$$

$$NA = 1.2$$

$$o = 35 \text{ mm}$$

$$i = 7 \text{ mm}$$

（光学部材諸元）

面番号	r	d	n	光学部材
（レチクル面）				
1		39.128		
1		4.242	1.5603261	（P1）
2		3.103		
3	-1120.724	14.000	1.5603261	（L1）
4*	147.421	31.308		
5*	-68.728	14.000	1.5603261	（L2）
6	-7403.000	12.107		
7*	-194.623	44.967	1.5603261	（L3）
8	-125.000	1.000		
9	2000.000	37.115	1.5603261	（L4）
10	-400.000	1.000		
11	758.189	58.479	1.5603261	（L5）
12	-351.098	25.253		
13	741.225	60.000	1.5603261	（L6）

14	-1860.768	1.000			
15	259.706	32.011	1.5603261	( L 7 )	
16	469.076	1.000			
17	160.278	38.364	1.5603261	( L 8 )	
18	210.000	2.400			
19	136.997	37.617	1.5603261	( L 9 )	
20*	186.302	29.491			
21	3292.401	60.000	1.5603261	( L 1 0 )	
22	89.885	47.414			
23*	-201.039	14.000	1.5603261	( L 1 1 )	10
24	114.173	11.356			
25	354.751	14.000	1.5603261	( L 1 2 )	
26*	124.821	16.381			
27	-1443.830	14.000	1.5603261	( L 1 3 )	
28*	433.445	23.665			
29*	-670.291	36.731	1.5603261	( L 1 4 )	
30	-131.312	1.000			
31	-372.662	33.374	1.5603261	( L 1 5 )	
32	-180.491	46.358			
33	-432.487	40.119	1.5603261	( L 1 6 )	20
34	-215.706	28.798			
35	-1240.698	60.000	1.5603261	( L 1 7 )	
36	-306.986	1.000			
37	466.924	44.386	1.5603261	( L 1 8 )	
38	-677.350	1.000			
39	135.740	51.010	1.5603261	( L 1 9 )	
40	377.325	1.000			
41	107.976	28.677	1.5603261	( L 2 0 )	
42*	123.160	1.000			
43	69.066	28.328	1.5014548	( L 2 1 )	30
44	60.410	2.205			
45*	56.397	30.225	1.5014548	( L 2 2 : L b )	
46		1.000	1.4360000	( L m )	

( ウェ八面 )

( 非球面データ )

4 面

= 0

$$C_4 = -2.60717 \times 10^{-7}$$

$$C_8 = -4.76373 \times 10^{-15}$$

$$C_{12} = 2.67967 \times 10^{-22}$$

$$C_6 = 2.19741 \times 10^{-11}$$

$$C_{10} = 5.01880 \times 10^{-19}$$

$$C_{14} = -5.70993 \times 10^{-26}$$

40

5 面

= 0

$$C_4 = -1.18693 \times 10^{-7}$$

$$C_8 = -4.39761 \times 10^{-15}$$

$$C_{12} = -3.19642 \times 10^{-22}$$

$$C_6 = -2.14738 \times 10^{-11}$$

$$C_{10} = -1.35408 \times 10^{-19}$$

$$C_{14} = 5.45617 \times 10^{-26}$$

7 面

= 0

50

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 1.30657 \times 10^{-7} & C_6 &= 3.62264 \times 10^{-12} \\
 C_8 &= -7.14187 \times 10^{-16} & C_{10} &= -7.88242 \times 10^{-20} \\
 C_{12} &= 1.76092 \times 10^{-23} & C_{14} &= -8.51512 \times 10^{-28}
 \end{aligned}$$

20面

= 0

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 5.51155 \times 10^{-8} & C_6 &= 2.46578 \times 10^{-13} \\
 C_8 &= 1.73270 \times 10^{-17} & C_{10} &= -2.08719 \times 10^{-22} \\
 C_{12} &= -2.45583 \times 10^{-26} & C_{14} &= -1.29454 \times 10^{-29}
 \end{aligned}$$

10

23面

= 0

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -3.21659 \times 10^{-7} & C_6 &= 5.36890 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= -1.57630 \times 10^{-15} & C_{10} &= -3.52310 \times 10^{-18} \\
 C_{12} &= 8.36219 \times 10^{-22} & C_{14} &= -6.28614 \times 10^{-26}
 \end{aligned}$$

26面

= 0

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -1.62042 \times 10^{-7} & C_6 &= 1.76015 \times 10^{-12} \\
 C_8 &= 1.01105 \times 10^{-14} & C_{10} &= -4.95645 \times 10^{-18} \\
 C_{12} &= 7.94312 \times 10^{-22} & C_{14} &= -4.79966 \times 10^{-26}
 \end{aligned}$$

20

28面

= 0

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -7.20471 \times 10^{-8} & C_6 &= 3.09435 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= -9.06382 \times 10^{-15} & C_{10} &= 1.26627 \times 10^{-18} \\
 C_{12} &= -8.63134 \times 10^{-23} & C_{14} &= 2.34101 \times 10^{-27}
 \end{aligned}$$

29面

= 0

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -1.47315 \times 10^{-7} & C_6 &= 1.28450 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= -1.38349 \times 10^{-15} & C_{10} &= 1.12203 \times 10^{-19} \\
 C_{12} &= -7.91413 \times 10^{-24} & C_{14} &= 3.35535 \times 10^{-28}
 \end{aligned}$$

30

42面

= 0

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -1.93501 \times 10^{-7} & C_6 &= 5.46290 \times 10^{-12} \\
 C_8 &= 2.10000 \times 10^{-15} & C_{10} &= -4.00324 \times 10^{-19} \\
 C_{12} &= 3.31300 \times 10^{-23} & C_{14} &= -9.33193 \times 10^{-28}
 \end{aligned}$$

40

45面

= 0

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -4.26845 \times 10^{-7} & C_6 &= -7.56600 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= 1.00727 \times 10^{-14} & C_{10} &= -2.62595 \times 10^{-18} \\
 C_{12} &= -1.17646 \times 10^{-20} & C_{14} &= 4.62437 \times 10^{-24}
 \end{aligned}$$

(条件式対応値)

max = 300 mm

o = 35 mm

(1) max / o = 8.571

50

## 【 0 0 5 0 】

図 7 は、第 2 実施例における横収差を示す図である。収差図において、Y は像高を示している。図 7 の収差図から明らかなように、第 2 実施例では、投影倍率の大きさが  $1/5$  の投影光学系において、波長が  $193.306\text{ nm}$  の ArF エキシマレーザ光を用いて非常に大きな像側開口数 ( $NA = 1.2$ ) を確保しているにもかかわらず、半径が  $7\text{ mm}$  のイメージサークル内において収差が良好に補正されていることがわかる。

## 【 0 0 5 1 】

図 8 は、第 2 実施例におけるショット領域と部分露光領域と静止露光領域との関係を示す図である。図 8 に示すように、第 2 実施例では、Y 方向に  $22\text{ mm}$  で X 方向に  $26\text{ mm}$  の矩形形状のショット領域 52 を、Y 方向に  $22\text{ mm}$  で X 方向に  $13\text{ mm}$  の大きさを有する 2 つの矩形形状の部分露光領域 52a と 52b とに分割している。一方、投影光学系 PL の半径  $7\text{ mm}$  のイメージサークル内において、Y 方向に  $5\text{ mm}$  で X 方向に  $13\text{ mm}$  の矩形形状の静止露光領域 52c を設定している。

## 【 0 0 5 2 】

第 2 実施例では、たとえば 6 インチサイズのレチクル R を用いて、ショット領域 52 の  $1/2$  の大きさを有する第 1 部分露光領域 52a へのスキャン露光を行う。第 1 部分露光領域 52a へのスキャン露光に際しては、第 1 部分露光領域 52a において +Y 方向側の端部位置から -Y 方向側の端部位置まで静止露光領域 52c が -Y 方向へ移動するように、ウェハステージ WS を、ひいてはウェハ W を +Y 方向へ移動させる。そして、ウェハ W の +Y 方向への移動に対応して、レチクルステージ RS を、ひいてはレチクル R を -Y 方向へ移動させる。

## 【 0 0 5 3 】

次いで、レチクル R を交換することなく、ショット領域 52 の  $1/2$  の大きさを有する第 2 部分露光領域 52b へのスキャン露光を行う。ただし、第 2 部分露光領域 52b へのスキャン露光に先立って、静止露光領域 52c が第 1 部分露光領域 52a の -Y 方向側の端部位置から第 2 部分露光領域 52b の -Y 方向側の端部位置まで +X 方向へ移動するように、ウェハステージ WS を、ひいてはウェハ W を -X 方向へ  $13\text{ mm}$  だけステップ移動させる。そして、ウェハ W の -X 方向へのステップ移動に対応するように、レチクルステージ RS を、ひいてはレチクル R を +X 方向へ  $65\text{ mm}$  だけステップ移動させる。

## 【 0 0 5 4 】

第 2 部分露光領域 52b へのスキャン露光に際しては、第 2 部分露光領域 52b において -Y 方向側の端部位置から +Y 方向側の端部位置まで静止露光領域 52c が +Y 方向へ移動するように、ウェハステージ WS を、ひいてはウェハ W を -Y 方向へ移動させる。そして、ウェハ W の -Y 方向への移動に対応して、レチクルステージ RS を、ひいてはレチクル R を +Y 方向へ移動させる。なお、第 1 部分露光領域 52a において静止露光領域 52c を -Y 方向側の端部位置から +Y 方向へ移動させるようにスキャン露光を開始してもよい。

## 【 0 0 5 5 】

こうして、第 2 実施例においても、投影光学系 PL の大型化を招くことなく、2 つの部分露光領域 52a および 52b へのスキャン露光により 1 つの既定サイズのショット領域 52 にレチクルパターンを転写するのに必要な所要の大きさの有効結像領域 (イメージフィールド) を確保することができる。また、ウェハ (感光性基板) W との間の光路中に高屈折率の媒質として純水を介在させているので、大きな実効的な像側開口数を有する高解像な投影光学系 PL を実現することができる。その結果、第 2 実施例にかかる比較的小型の投影光学系 PL を用いて、ステッチング方式にしたがって解像度の高い良好な投影露光を行うことができる。

## 【 0 0 5 6 】

## [ 第 3 実施例 ]

図 9 は、本実施形態の第 2 実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。図 9 を参照すると、第 2 実施例の投影光学系 PL は、レチクル側から順に、平行平板 P 1

10

20

30

40

50

と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL 1 と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL 3 と、両凸レンズL 4 と、両凸レンズL 5 と、両凸レンズL 6 と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 7 と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 8 と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL 9 と、レチクル側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 10 と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL 11 と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL 12 と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL 13 と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL 14 と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 15 と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 16 と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 17 と、両凸レンズL 18 と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 19 と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL 20 と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 21 と、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた平凸レンズL 22 (境界レンズL b) とにより構成されている。

10

# 【0057】

第3実施例においても第1実施例および第2実施例と同様に、境界レンズL bとしての平凸レンズL 22とウェハWとの間の光路には、純水からなる媒質L mが満たされている。また、レンズL 21およびL 22 (L b) が蛍石により形成され、その他のレンズ成分は石英により形成されている。次の表(3)に、第3実施例にかかる投影光学系P Lの諸元の値を掲げる。

20

# 【0058】

表 3

## (主要諸元)

$$= 193.306 \text{ nm}$$

$$= -1/4$$

$$NA = 1.2$$

$$o = 52.8 \text{ mm}$$

$$i = 13.2 \text{ mm}$$

## (光学部材諸元)

30

面番号	r	d	n	光学部材
(レチクル面)				
1		41.959		
2		8.000	1.5603261	(P 1)
3		5.852		
4*	-2113.365	14.000	1.5603261	(L 1)
5*	221.428	46.651		
6	-110.397	14.003	1.5603261	(L 2)
7*	-2038.116	14.952		
8	-268.471	60.000	1.5603261	(L 3)
9	-163.574	2.204		
10	787.073	47.564	1.5603261	(L 4)
11	-1199.653	69.409		
12	1481.028	56.029	1.5603261	(L 5)
13	-900.000	1.000		
14	889.835	59.955	1.5603261	(L 6)
15	-1400.966	1.000		
16	399.864	48.700	1.5603261	(L 7)
17	886.381	1.000		
18	263.334	41.519	1.5603261	(L 8)
	353.549	1.000		

40

50



19	184.590	61.940	1.5603261	( L 9 )
20*	302.692	40.787		
21	2236.773	35.719	1.5603261	( L 1 0 )
22	133.772	91.786		
23*	-236.082	14.006	1.5603261	( L 1 1 )
24	222.881	17.448		
25	518.618	14.018	1.5603261	( L 1 2 )
26*	223.081	29.074		
27	-2658.035	17.547	1.5603261	( L 1 3 )
28*	817.034	43.358		
29*	-918.788	60.000	1.5603261	( L 1 4 )
30	-231.616	1.000		
31	-870.224	53.941	1.5603261	( L 1 5 )
32	-321.031	102.844		
33	-835.483	60.543	1.5603261	( L 1 6 )
34	-380.671	47.589		
35	-3293.468	59.159	1.5603261	( L 1 7 )
36	-571.474	1.001		
37	951.991	65.054	1.5603261	( L 1 8 )
38	-1182.645	1.001		
39	252.145	79.173	1.5603261	( L 1 9 )
40	774.296	1.001		
41	203.245	44.417	1.5603261	( L 2 0 )
42*	277.487	1.000		
43	111.053	49.176	1.5014548	( L 2 1 )
44	73.419	11.556		
45*	82.853	60.000	1.5014548	( L 2 2 : L b )
46		1.000	1.4360000	( L m )

( ウェ八面 )

10

20

30

40

50

( 非球面データ )

4 面

= 0

$$C_4 = -8.42204 \times 10^{-8}$$

$$C_8 = -2.22208 \times 10^{-16}$$

$$C_{12} = 1.55578 \times 10^{-24}$$

$$C_6 = 2.80152 \times 10^{-12}$$

$$C_{10} = 4.92545 \times 10^{-21}$$

$$C_{14} = -1.36027 \times 10^{-28}$$

5 面

= 0

$$C_4 = -1.78733 \times 10^{-8}$$

$$C_8 = -1.32647 \times 10^{-16}$$

$$C_{12} = -1.09697 \times 10^{-24}$$

$$C_6 = -5.09565 \times 10^{-12}$$

$$C_{10} = -1.78491 \times 10^{-20}$$

$$C_{14} = -2.65434 \times 10^{-28}$$

7 面

= 0

$$C_4 = 3.79075 \times 10^{-8}$$

$$C_8 = -1.07206 \times 10^{-16}$$

$$C_{12} = 5.25305 \times 10^{-25}$$

$$C_6 = 1.98975 \times 10^{-12}$$

$$C_{10} = -4.95516 \times 10^{-21}$$

$$C_{14} = -1.31079 \times 10^{-29}$$

2 0 面

= 0

$$\begin{aligned} C_4 &= 1 \cdot 28527 \times 10^{-8} & C_6 &= -1 \cdot 50420 \times 10^{-13} \\ C_8 &= -2 \cdot 38430 \times 10^{-18} & C_{10} &= -4 \cdot 55067 \times 10^{-24} \\ C_{12} &= -2 \cdot 97021 \times 10^{-27} & C_{14} &= -1 \cdot 25981 \times 10^{-32} \end{aligned}$$

2 3 面

= 0

$$\begin{aligned} C_4 &= -6 \cdot 27820 \times 10^{-8} & C_6 &= 4 \cdot 17470 \times 10^{-12} \\ C_8 &= -1 \cdot 61854 \times 10^{-16} & C_{10} &= -7 \cdot 84123 \times 10^{-21} \\ C_{12} &= 8 \cdot 94065 \times 10^{-25} & C_{14} &= -2 \cdot 28944 \times 10^{-29} \end{aligned}$$

10

2 6 面

= 0

$$\begin{aligned} C_4 &= -2 \cdot 77048 \times 10^{-8} & C_6 &= 6 \cdot 64882 \times 10^{-13} \\ C_8 &= 5 \cdot 96372 \times 10^{-17} & C_{10} &= -1 \cdot 90851 \times 10^{-20} \\ C_{12} &= 1 \cdot 14332 \times 10^{-24} & C_{14} &= -2 \cdot 37083 \times 10^{-29} \end{aligned}$$

2 8 面

= 0

$$\begin{aligned} C_4 &= -7 \cdot 27736 \times 10^{-9} & C_6 &= 1 \cdot 31053 \times 10^{-12} \\ C_8 &= -1 \cdot 34460 \times 10^{-16} & C_{10} &= 5 \cdot 97618 \times 10^{-21} \\ C_{12} &= -1 \cdot 10021 \times 10^{-25} & C_{14} &= 3 \cdot 18721 \times 10^{-31} \end{aligned}$$

20

2 9 面

= 0

$$\begin{aligned} C_4 &= -2 \cdot 41934 \times 10^{-8} & C_6 &= 5 \cdot 15680 \times 10^{-13} \\ C_8 &= -1 \cdot 83503 \times 10^{-17} & C_{10} &= 4 \cdot 25022 \times 10^{-22} \\ C_{12} &= -1 \cdot 00631 \times 10^{-26} & C_{14} &= 1 \cdot 53135 \times 10^{-31} \end{aligned}$$

30

4 2 面

= 0

$$\begin{aligned} C_4 &= -1 \cdot 83510 \times 10^{-8} & C_6 &= 1 \cdot 51025 \times 10^{-13} \\ C_8 &= 1 \cdot 31925 \times 10^{-17} & C_{10} &= -5 \cdot 95100 \times 10^{-22} \\ C_{12} &= 1 \cdot 20766 \times 10^{-26} & C_{14} &= -8 \cdot 72208 \times 10^{-32} \end{aligned}$$

4 5 面

= 0

$$\begin{aligned} C_4 &= 2 \cdot 18842 \times 10^{-8} & C_6 &= 1 \cdot 04930 \times 10^{-12} \\ C_8 &= 4 \cdot 59769 \times 10^{-16} & C_{10} &= -1 \cdot 35609 \times 10^{-19} \\ C_{12} &= 4 \cdot 22209 \times 10^{-23} & C_{14} &= -7 \cdot 03010 \times 10^{-27} \end{aligned}$$

40

( 条件式対応値 )

max = 5 0 0 m m

o = 5 2 . 8 m m

( 1 ) max / o = 9 . 4 7 0

【 0 0 5 9 】

図 10 は、第 3 実施例における横収差を示す図である。収差図において、Y は像高を示している。図 10 の収差図から明らかなように、第 3 実施例では、投影倍率の大きさが 1 / 4 の投影光学系において、波長が 193 . 306 nm の Ar F エキシマレーザ光を用いて非常に大きな像側開口数 ( NA = 1 . 2 ) を確保しているにもかかわらず、半径が 13

50

．2 mmのイメージサークル内において収差が良好に補正されていることがわかる。

【0060】

図11は、第3実施例におけるショット領域と静止露光領域との関係を示す図である。図11に示すように、第3実施例では、Y方向に33mmでX方向に25mmの矩形形状のショット領域53に対して、投影光学系PLの半径13.2mmのイメージサークル内において、Y方向に8mmでX方向に25mmの矩形形状の静止露光領域53cを設定している。第3実施例では、たとえば6インチサイズのレチクルRを用いて、ショット領域53へのスキャン露光を行う。

【0061】

ショット領域53へのスキャン露光に際しては、ショット領域53において+Y方向側の端部位置から-Y方向側の端部位置まで静止露光領域53cが-Y方向へ移動するように、ウェハステージWSを、ひいてはウェハWを+Y方向へ移動させる。そして、ウェハWの+Y方向への移動に対応して、レチクルステージRSを、ひいてはレチクルRを-Y方向へ移動させる。なお、ショット領域53において静止露光領域53cを-Y方向側の端部位置から+Y方向へ移動させるようにスキャン露光を開始してもよい。

【0062】

こうして、第3実施例では、投影光学系PLの大型化を招くことなく、一回のスキャン露光により1つの既定サイズのショット領域53にレチクルパターンを転写するのに必要な所要の大きさの有効結像領域（イメージフィールド）を確保することができる。また、ウェハ（感光性基板）Wとの間の光路中に高屈折率の媒質として純水を介在させているので、大きな実効的な像側開口数を有する高解像な投影光学系PLを実現することができる。

【0063】

なお、上述の第1実施例および第2実施例では、1つのショット領域を2つの部分露光領域に分割し、第1部分露光領域へのスキャン方向と第2部分露光領域へのスキャン方向とを逆に設定している。しかしながら、これに限定されることなく、1つのショット領域内における第1部分露光領域へのスキャン方向と第2部分露光領域へのスキャン方向とを同じに設定することもできる。この場合、各ショット領域について第1部分露光領域へのスキャン露光を順次行った後に、各ショット領域について第2部分露光領域へのスキャン露光を順次行う。あるいは、1つのショット領域内における第1部分露光領域へのスキャン露光と第2部分露光領域へのスキャン露光とを連続的に行いつつ、各ショット領域への露光を順次行う。

【0064】

また、上述の第1実施例および第2実施例では、1つのショット領域を2つの部分露光領域に等分しているが、2つの部分露光領域を部分的に重複させて、いわゆる一部重複露光を行うこともできる。また、上述の第1実施例および第2実施例では、1つのショット領域を2つの部分露光領域に分割し、各部分露光領域に対するスキャン露光を1回ずつ行っているが、少なくとも1つの部分露光領域に対して二重露光を行うこともできる。

【0065】

上述の実施形態の露光装置では、照明装置によってレチクル（マスク）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、本実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図12のフローチャートを参照して説明する。

【0066】

まず、図12のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ303において、本実施形態の露光装置を用いて、マスク上

の 패턴の像がその投影光学系を介して、その 1 ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ 304 において、その 1 ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ 305 において、その 1 ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。

#### 【0067】

その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。なお、ステップ 301 ~ ステップ 305 では、ウェハ上に金属を蒸着し、その金属膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチングの各工程を行っているが、これらの工程に先立って、ウェハ上にシリコンの酸化膜を形成後、そのシリコンの酸化膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチング等の各工程を行っても良いことはいうまでもない。

10

#### 【0068】

また、本実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図 13 のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図 13 において、パターン形成工程 401 では、本実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィー工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程 402 へ移行する。

20

#### 【0069】

次に、カラーフィルター形成工程 402 では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した 3 つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、または R、G、B の 3 本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列されたりしたカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程 402 の後に、セル組み立て工程 403 が実行される。セル組み立て工程 403 では、パターン形成工程 401 にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程 402 にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。

30

#### 【0070】

セル組み立て工程 403 では、例えば、パターン形成工程 401 にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程 402 にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。その後、モジュール組み立て工程 404 にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

40

#### 【0071】

なお、上述の実施形態では、ArFエキシマレーザ光源を用いているが、これに限定されることなく、他の適当な光源を用いることもできる。また、上述の実施形態では、露光装置に搭載される投影光学系に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、他の一般的な投影光学系に対して本発明を適用することもできる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0072】

【図 1】本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2】各実施例における境界レンズからウェハまでの構成を概略的に示す図である。

【図 3】本実施形態の第 1 実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

50

【図 4】第 1 実施例における横収差を示す図である。

【図 5】第 1 実施例におけるショット領域と部分露光領域と静止露光領域との関係を示す図である。

【図 6】本実施形態の第 2 実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図 7】第 2 実施例における横収差を示す図である。

【図 8】第 2 実施例におけるショット領域と部分露光領域と静止露光領域との関係を示す図である。

【図 9】本実施形態の第 3 実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図 10】第 3 実施例における横収差を示す図である。

【図 11】第 3 実施例におけるショット領域と静止露光領域との関係を示す図である。

10

【図 12】マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図 13】マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

【符号の説明】

【0073】

L b 境界レンズ

L m 媒質（純水）

L i 各レンズ成分

100 レーザ光源

I L 照明光学系

R レチクル

R S レチクルステージ

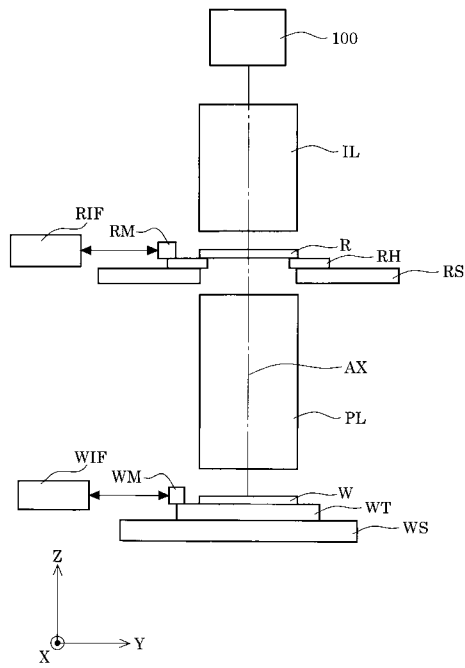
P L 投影光学系

W ウェハ

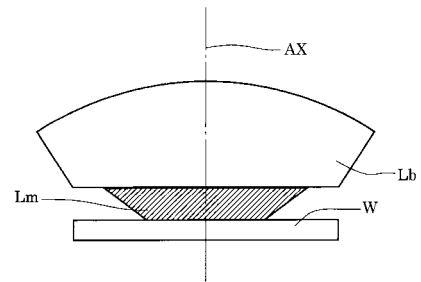
W S ウェハステージ

20

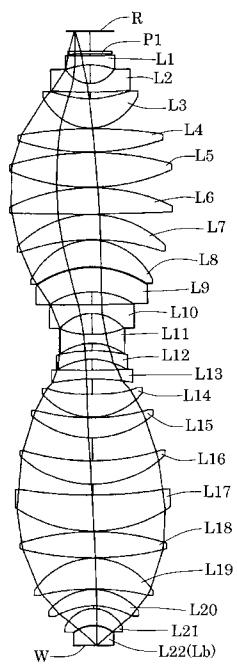
【図 1】



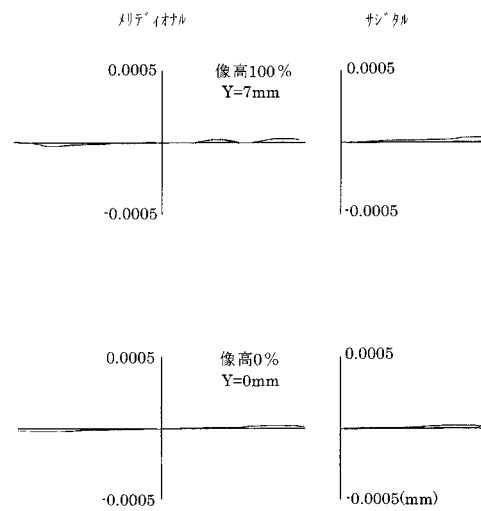
【図 2】



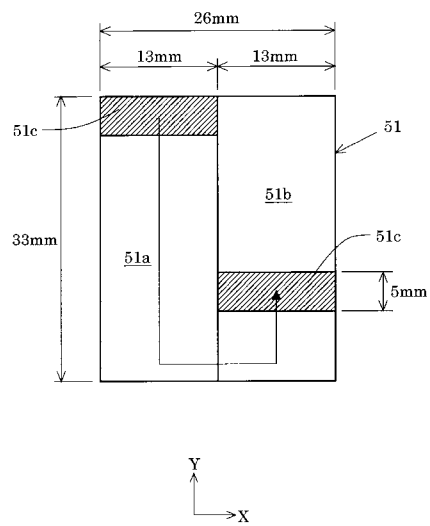
【図 3】



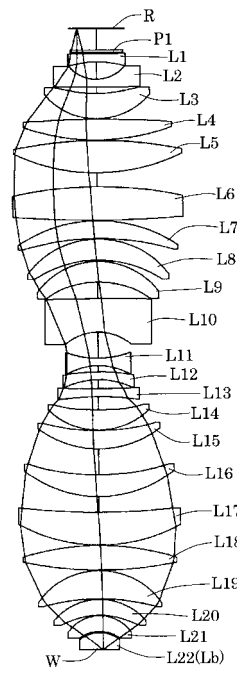
【図 4】



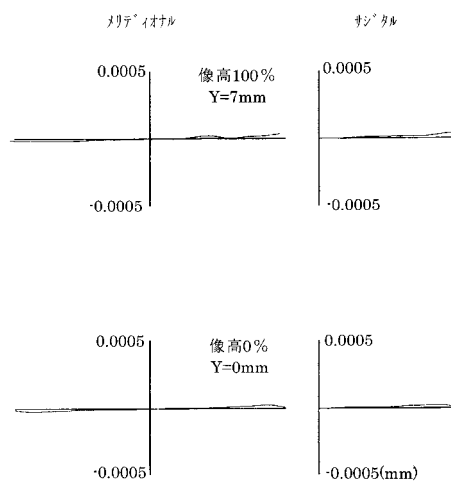
【 図 5 】



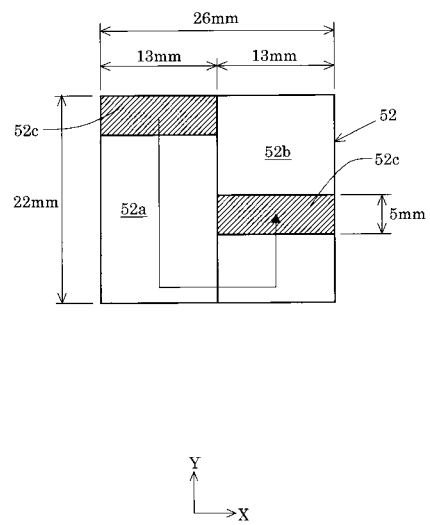
【 図 6 】



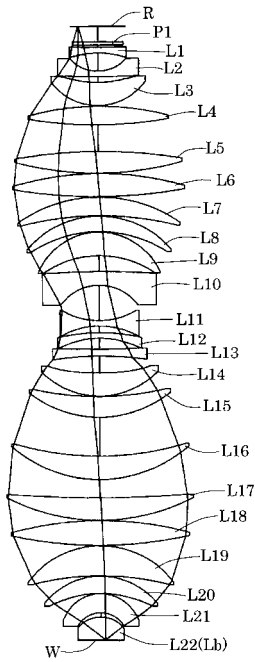
【 図 7 】



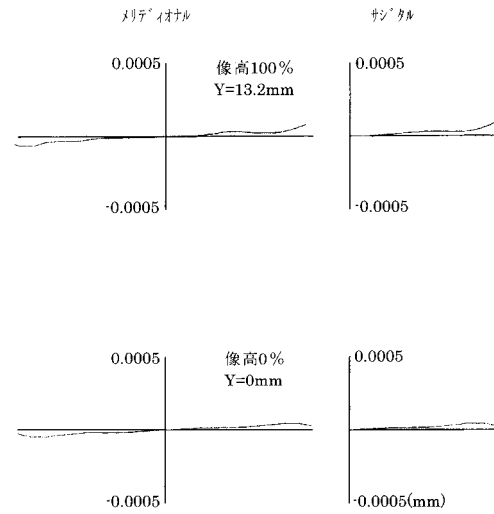
【 図 8 】



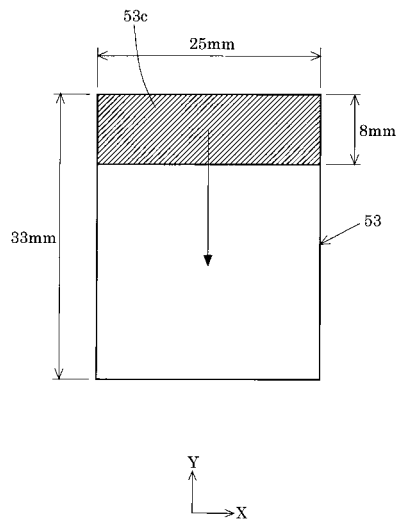
【図 9】



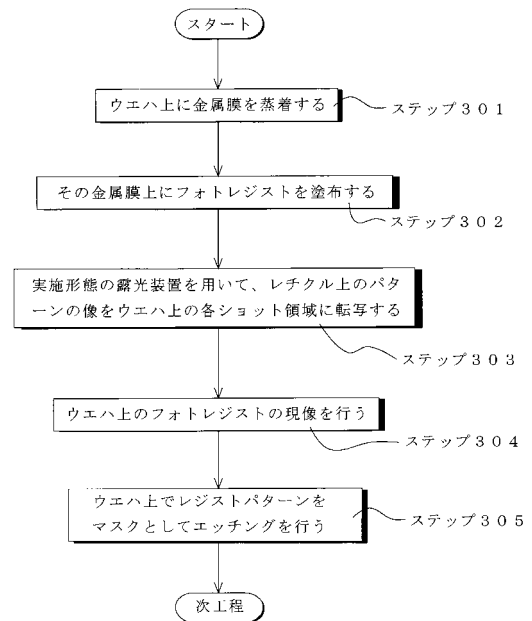
【図 10】



【図 11】

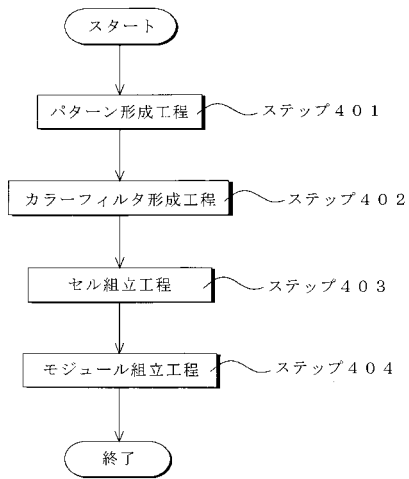


【図 12】





【図 13】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 21/30 5 1 8

F ターム(参考) 2H087 KA21 LA01 NA00 NA04 PA15 PA17 PB20 QA03 QA19 QA22  
QA25 QA33 QA41 QA42 QA45 RA05 RA12 RA13 UA03 UA04  
UA09  
5F046 BA04 BA05 CB01 CB12 CB25