

(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2011-40716

(P2011-40716A)

(43) 公開日 平成23年2月24日(2011.2.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 D	2 H 0 5 2
GO 2 B 3/00 (2006.01)	GO 2 B 3/00 A	5 F 0 4 6
GO 2 B 19/00 (2006.01)	GO 2 B 19/00	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2010-99618 (P2010-99618)  
 (22) 出願日 平成22年4月23日 (2010. 4. 23)  
 (31) 優先権主張番号 61/272, 007  
 (32) 優先日 平成21年8月6日 (2009. 8. 6)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000004112  
 株式会社ニコン  
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号  
 (74) 代理人 100095256  
 弁理士 山口 孝雄  
 (72) 発明者 水野 恭志  
 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  
 Fターム(参考) 2H052 BA02 BA03 BA09 BA12  
 5F046 CB05 CB12 CB23

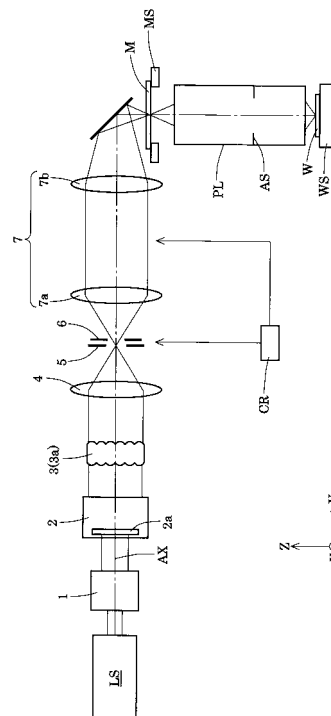
(54) 【発明の名称】 露光装置、露光方法、およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 所定方向に沿って台形状の光強度分布を有する照明領域を感光性基板上に形成し、該照明領域のポケ幅の大きさを所要の範囲内で変更する。

【解決手段】 所定のパターン(M)を照明する照明系(1~7)を備え、パターンを感光性基板(W)に露光する露光装置は、照明系の光路中に配置されてパターンの面と光学的に共役な共役面を形成する結像光学系(7:7a, 7b)と、感光性基板上に形成される照明領域の第1方向(Y方向)に沿った光強度分布を台形状に整形するために、共役面の近傍の面に沿って光束の一部を遮る遮光部材(6)と、照明領域において台形状の光強度分布の斜辺に対応する端部領域の幅を変化させるために、共役面と遮光部材の遮光面との位置関係を変更する制御部(CR)とを備えている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

所定のパターンを照明する照明系を備え、前記パターンを感光性基板に露光する露光装置において、

前記照明系の光路中に配置されて前記パターンの面と光学的に共役な共役面を形成する結像光学系と、

前記感光性基板上に形成される照明領域の第 1 方向に沿った光強度分布を台形状に整形するために、前記共役面の近傍の面に沿って光束の一部を遮る遮光部材と、

前記照明領域において前記台形状の光強度分布の斜辺に対応する端部領域の幅を変化させるために、前記共役面と前記遮光部材の遮光面との位置関係を変更する制御部とを備えていることを特徴とする露光装置。 10

## 【請求項 2】

前記制御部は、前記端部領域の幅を減少させるために、前記共役面と前記遮光面とを互いに近づけることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

## 【請求項 3】

前記制御部は、前記結像光学系を構成する複数のレンズのうち少なくとも 1 つのレンズを光軸方向に移動させて、前記共役面を前記遮光面へ近づけることを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

## 【請求項 4】

前記制御部は、前記遮光部材を光軸方向に移動させて、前記遮光面を前記共役面へ近づけることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の露光装置。 20

## 【請求項 5】

前記照明系の光路中に配置されて前記感光性基板上に形成される前記照明領域の外形形状を規定する視野絞りを備え、前記制御部は、前記遮光部材を前記視野絞りと一体的に光軸方向に移動させることを特徴とする請求項 4 に記載の露光装置。

## 【請求項 6】

前記所定のパターンの像を前記感光性基板上に形成する投影光学系を備え、該投影光学系に対して前記所定のパターンおよび前記感光性基板を前記第 1 方向に対応する走査方向に沿って相対移動させて、前記所定のパターンを前記感光性基板へ投影露光することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の露光装置。 30

## 【請求項 7】

前記遮光部材は、前記遮光面において前記走査方向に対応する方向に沿って前記光束の一部を両側から遮ることを特徴とする請求項 6 に記載の露光装置。

## 【請求項 8】

所定のパターンを照明し、照明された前記パターンを感光性基板に露光する露光方法において、

前記感光性基板上に形成される照明領域の第 1 方向に沿った光強度分布を台形状に整形するために、照明光路中において前記パターンの面と光学的に共役な共役面の近傍の面に沿って光束の一部を遮る第 1 工程と、

前記照明領域において前記台形状の光強度分布の斜辺に対応する端部領域の幅を変化させるために、前記光束の一部を遮る遮光面と前記共役面との位置関係を変更する第 2 工程とを含むことを特徴とする露光方法。 40

## 【請求項 9】

前記第 2 工程では、前記パターンの種類に応じて前記光束の一部を遮る前記遮光面と前記共役面との前記位置関係を変更することを特徴とする請求項 8 に記載の露光方法。

## 【請求項 10】

前記第 2 工程では、前記端部領域の幅を減少させるために、前記共役面と前記遮光面とを近づけることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の露光方法。

## 【請求項 11】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感 50

光性基板に露光する露光工程と、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する現像工程と、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工する加工工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 1 2】

請求項 8 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の露光方法を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する現像工程と、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工する加工工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 1 3】

前記所定のパターンを別のパターンに変更するパターン変更工程をさらに備え、

前記第 2 工程では、前記パターンの変更に応じて前記光束の一部を遮る前記遮光面と前記共役面との前記位置関係を変更することを特徴とする請求項 1 2 に記載のデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置、露光方法、およびデバイス製造方法に関する。さらに詳細には、本発明は、例えば半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光が、オブティカルインテグレートとしてのフライアイレンズを介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源を形成する。二次光源からの光は、コンデンサーレンズにより集光された後、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクを透過した光は投影光学系を介してウェハ（感光性基板）上に結像し、ウェハ上にはマスクパターンが投影露光（転写）される。

【0003】

従来、投影光学系に対してマスクおよびウェハを相対移動させつつマスクのパターンをウェハに投影露光（走査露光）する走査型の露光装置が知られている。走査型の露光装置では、走査方向（ウェハの移動方向）に沿って短辺を有する矩形形状の照明領域（投影領域）がウェハ上に形成される。ウェハ上の各ショット領域（露光領域）における走査方向に沿った露光量制御の精度を向上させるために、矩形形状の照明領域での走査方向に沿った光強度分布を台形状に設定する技術が提案されている（例えば、非特許文献 1 を参照）。

【0004】

非特許文献 1 に提案された技術では、照明光学系の光路中においてウェハ（ひいてはマスク）と光学的に共役な位置に配置された照明視野絞りの作用により、ウェハ（ひいてはマスク）上に形成される照明領域の外形形状を矩形形状に設定している。また、照明視野絞りから光軸方向に僅かに間隔を隔てて配置されて照明光束の一部を遮る遮光部材の作用により、矩形形状の照明領域における走査方向に沿った光強度分布を台形状に設定している。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】 Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. 6565-6572, Kazuaki Suzuki et al., "Dosage Control for Scanning Exposure with Pulsed Energy Fluctuation and Exposed Position Jitter"

10

20

30

40

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

照明視野絞りの近傍に配置された遮光部材により矩形状の照明領域での走査方向に沿った光強度分布を台形状に整形する非特許文献1に記載の従来技術では、台形の斜辺に対応する端部領域の走査方向に沿った幅（以下、「ボケ幅」という）を必要に応じて十分に狭く設定することが困難であった。

## 【0007】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、所定方向に沿って台形状の光強度分布を有する照明領域を感光性基板上に形成し、該照明領域のボケ幅の大きさを所要の範囲内で変更することのできる露光装置およびデバイス製造方法を提供することを目的とする。

10

## 【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、所定のパターンを照明する照明系を備え、前記パターンを感光性基板に露光する露光装置において、

前記照明系の光路中に配置されて前記パターンの面と光学的に共役な共役面を形成する結像光学系と、

前記感光性基板上に形成される照明領域の第1方向に沿った光強度分布を台形状に整形するために、前記共役面の近傍の面に沿って光束の一部を遮る遮光部材と、

20

前記照明領域において前記台形状の光強度分布の斜辺に対応する端部領域の幅を変化させるために、前記共役面と前記遮光部材の遮光面との位置関係を変更する制御部とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

## 【0009】

本発明の第2形態では、所定のパターンを照明し、照明された前記パターンを感光性基板に露光する露光方法において、

前記感光性基板上に形成される照明領域の第1方向に沿った光強度分布を台形状に整形するために、照明光路中において前記パターンの面と光学的に共役な共役面の近傍の面に沿って光束の一部を遮る第1工程と、

前記照明領域において前記台形状の光強度分布の斜辺に対応する端部領域の幅を変化させるために、前記光束の一部を遮る遮光面と前記共役面との位置関係を変更する第2工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

30

## 【0010】

本発明の第3形態では、第1形態の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する現像工程と、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工する加工工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

## 【0011】

本発明の第4形態では、第2形態の露光方法を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する現像工程と、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工する加工工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

40

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明では、例えば照明視野絞りの直後に配置された遮光部材を用いて光束の一部を遮ることにより、感光性基板上に形成される照明領域の所定方向に沿った光強度分布を台形

50

状に整形する。そして、パターン面と光学的に共役な共役面と、遮光部材が光束の一部を遮る遮光面との位置関係を変更することにより、照明領域において台形状の光強度分布の斜辺に対応する端部領域のボケ幅を変化させる。具体的には、共役面と遮光面とを互いに近づけることにより、ボケ幅を減少させる。

【0013】

こうして、本発明では、所定方向に沿って台形状の光強度分布を有する照明領域を感光性基板上に形成し、この照明領域のボケ幅の大きさを所要の範囲内で変更することができる。その結果、本発明では、製造すべきデバイスのパターンの種類に応じて照明領域のボケ幅の大きさを適宜変更することにより、良好な照明条件の下でパターンの正確な転写を行うことができ、ひいては良好なデバイスを製造することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【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】1回の走査露光動作を説明する図である。

【図3】ウェハ上に形成される照明領域の光強度分布を示す図である。

【図4】照明領域の+Y方向側の端部領域の各点P1, P2, P3に関する瞳強度分布を示す図である。

【図5】照明領域の-Y方向側の端部領域の各点P4, P5, P6に関する瞳強度分布を示す図である。

【図6】本実施形態の第1手法を説明する図であって、(a)はボケ幅を比較的広く設定する様子、(b)はボケ幅を比較的狭く設定する様子を示している。

20

【図7】本実施形態の第2手法を説明する図であって、(a)はボケ幅を比較的広く設定する様子、(b)はボケ幅を比較的狭く設定する様子を示している。

【図8】半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

【図9】液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

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。図1において、感光性基板であるウェハWの表面(転写面)の法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの表面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハWの表面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。

30

【0016】

図1を参照すると、本実施形態の露光装置では、光源LSから露光光(照明光)が供給される。光源LSとして、たとえば193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザ光源や、248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザ光源などを用いることができる。光源LSから射出されたほぼ平行な光束は、周知の構成を有するビーム送光系1に入射する。

【0017】

ビーム送光系1に入射した光束は、所定の矩形の断面を有する光束に整形された後、ビーム形状可変部2を介して、マイクロフライアイレンズ(またはフライアイレンズ)3に入射する。ビーム送光系1は、入射光束を適切な大きさおよび形状の断面を有する光束に変換しつつビーム形状可変部2へ導くとともに、ビーム形状可変部2へ(ひいてはマイクロフライアイレンズ3へ)入射する光束の位置変動および角度変動をアクティブに補正する機能を有する。

40

【0018】

ビーム形状可変部2は、回折光学素子2a、変倍光学系(不図示)などを含み、マイクロフライアイレンズ3の入射面に形成される照野の大きさおよび形状を、ひいてはマイクロフライアイレンズ3の後側焦点面に形成される実質的な面光源の大きさおよび形状を変化させる機能を有する。回折光学素子2aは、入射光束の光束断面形状を異なる光束断面

50

形状に変換する光学素子である。一般に、回折光学素子は、基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。

【0019】

マイクロフライアイレンズ3は、たとえば縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズ3aからなる光学素子であり、平行平板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成されている。一般に、マイクロフライアイレンズでは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズ（微小屈折面）が互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。

【0020】

なお、マイクロフライアイレンズ3として、例えばシリンダリカルマイクロフライアイレンズを用いることもできる。シリンダリカルマイクロフライアイレンズの構成および作用は、たとえば米国特許第6,913,373号公報、米国特許公開第2008/0074631号公報、米国特許公開第2008/0225256号公報および米国特許公開第2008/0225257号公報に開示されている。ここでは、米国特許第6,913,373号公報、米国特許公開第2008/0074631号公報、米国特許公開第2008/0225256号公報および米国特許公開第2008/0225257号公報の教示を参照として援用する。

【0021】

具体的に、マイクロフライアイレンズ3を構成する各微小レンズ3aは、X方向に沿って細長い矩形の断面を有する。すなわち、マイクロフライアイレンズ3は、XZ平面に沿って二次元的に並列配置された多数の波面分割要素（微小レンズ）3aを有するオプティカルインテグレートである。各波面分割要素3aは、Z方向に沿った短辺およびX方向に沿った長辺を有する矩形の波面分割面（各微小レンズの入射側の微小屈折面）を有する。

【0022】

マイクロフライアイレンズ3に入射した光束は多数の波面分割面により二次元的に分割され、光束が入射した各波面分割要素3aの後側焦点面またはその近傍には小光源がそれぞれ形成される。こうして、マイクロフライアイレンズ3の後側焦点面またはその近傍の照明瞳には、マイクロフライアイレンズ3の入射面に形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち多数の小光源からなる実質的な面光源（瞳強度分布）が形成される。以下、説明の理解を容易にするために、マイクロフライアイレンズ3の直後の照明瞳には、光軸AXを中心とした円形状の瞳強度分布が形成されるものとする。

【0023】

マイクロフライアイレンズ3を経た光は、コンデンサー光学系4を介して、マスクブラインド5を重疊的に照明する。こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド5には、マイクロフライアイレンズ3の微小レンズの形状と焦点距離とに応じた矩形の照野が形成される。マスクブラインド5の矩形の開口部（光透過部）を経た光は、マスクブラインド5の直後に配置された遮光部材6、および前側レンズ群7aと後側レンズ群7bとからなる結像光学系7を介して、所定のパターンが形成されたマスクMを重疊的に照明する。

【0024】

すなわち、結像光学系7は、マスクブラインド5の矩形開口部の像をマスクM上に形成することになる。結像光学系7の瞳面はマイクロフライアイレンズ3の後側焦点面またはその近傍の照明瞳と光学的に共役な位置にあり、結像光学系7の瞳面の照明瞳にも円形状の瞳強度分布が形成される。遮光部材6は、マスクブラインド5の開口部を通過した光束の一部をZ方向に沿った両側から遮るように構成され且つ配置されている。遮光部材6の具体的な作用については後述する。

【0025】

マスクステージMS上に保持されたマスクMには転写すべきパターンが形成されており

10

20

30

40

50

、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形状（スリット状）のパターン領域が照明される。マスクMのパターン領域を透過した光は、投影光学系PLを介して、ウェハステージWS上に保持されたウェハ（感光性基板）W上にマスクパターンの像を形成する。すなわち、マスクM上での矩形形状の照明領域に光学的に対応するように、ウェハW上においても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形状の静止露光領域（ウェハW上の照明領域）にパターン像が形成される。

#### 【0026】

こうして、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、投影光学系PLの光軸AXと直交する平面（XY平面）内において、Y方向（走査方向）に沿ってマスクステージMSとウェハステージWSとを、ひいてはマスクMとウェハWとを同期的に移動（走査）させることにより、ウェハW上には静止露光領域のX方向寸法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ショット領域（露光領域）に対してマスクパターンが走査露光される。具体的には、図2に示すように、X方向に細長い矩形形状の静止露光領域ERは、1回の走査露光（スキャン露光）によりウェハWの矩形形状の1つのショット領域SRにマスクMのパターンを転写する際に、図中実線で示す走査開始位置から図中破線で示す走査終了位置までY方向に移動する。

10

#### 【0027】

本実施形態では、上述したように、マイクロフライアイレンズ3により形成される二次光源を光源として、照明光学系（照明系：1～7）の被照射面に配置されるマスクMをケラー照明する。このため、二次光源が形成される位置は投影光学系PLの開口絞りASの位置と光学的に共役であり、二次光源の形成面を照明光学系（1～7）の照明瞳面と呼ぶことができる。典型的には、照明瞳面に対して被照射面（マスクMが配置される面、または投影光学系PLを含めて照明光学系と考える場合にはウェハWが配置される面）が光学的なフーリエ変換面となる。

20

#### 【0028】

なお、瞳強度分布とは、照明光学系（1～7）の照明瞳面または当該照明瞳面と光学的に共役な面における光強度分布（輝度分布）である。マイクロフライアイレンズ3による波面分割数が比較的大きい場合、マイクロフライアイレンズ3の入射面に形成される大局的な光強度分布と、二次光源全体の大局的な光強度分布（瞳強度分布）とが高い相関を示す。このため、マイクロフライアイレンズ3の入射面および当該入射面と光学的に共役な面における光強度分布についても瞳強度分布と称することができる。

30

#### 【0029】

図1の露光装置では、上述したように、マスクブラインド5の矩形形状の開口部を経た光束が、遮光部材6によりZ方向に沿った両側から部分的に遮られた後、結像光学系7を介してマスクMを重畳的に照明する。その結果、図3に示すように、マスクM（ひいてはウェハW）上に形成される照明領域（静止露光領域）41のX方向（マスクブラインド5におけるX方向に対応）に沿った光強度分布 $41_x$ は矩形形状（強度がほぼ一定なトップハット状）になり、Y方向（マスクブラインド5におけるZ方向に対応：マスクMおよびウェハWの走査方向）に沿った光強度分布 $41_y$ は台形状になる。

40

#### 【0030】

すなわち、遮光部材6は、マイクロフライアイレンズ3の直後の照明瞳に円形状の瞳強度分布を形成した光束の一部をZ方向に沿った両側から遮ることにより、照明領域41のY方向に沿った光強度分布 $41_y$ を台形状に整形する機能を有する。このため、照明領域41において光強度分布 $41_y$ の台形の斜辺に対応する端部領域 $41_a$ 、 $41_b$ に関する瞳強度分布が部分的に欠損し、例えば光軸AXを通る軸線に関して非対称な形状になる。瞳強度分布の欠損の度合いは、照明領域41の端部領域 $41_a$ 、 $41_b$ においてY方向の端へ近づくほど大きくなる。

#### 【0031】

具体的に、+Y方向側の端部領域 $41_a$ よりも僅かに中央領域寄りの点P1に入射する

50

光は、遮光部材 6 により遮られることがない。したがって、点 P 1 に入射する光が結像光学系 7 の瞳面の照明瞳に形成する瞳強度分布は、図 4 の左側の図に示すように、全体的に円形状に分布する多数の小光源 5 0 からなる実質的な面光源となる。すなわち、点 P 1 に関する瞳強度分布 5 1 は遮光部材 6 に起因して欠損することなく、所要の円形状の瞳強度分布が得られる。なお、図 4 において、水平方向は結像光学系 7 の瞳面における Z 方向に対応し、ひいてはマスク M およびウェハ W の走査方向に対応している。

【 0 0 3 2 】

端部領域 4 1 a 内において中央領域寄りの点 P 2 に入射する光は、遮光部材 6 により部分的に遮られる。このため、図 4 の中央の図に示すように、点 P 2 に関する瞳強度分布 5 2 は、図 4 中水平方向 ( Z 方向 ) に沿って図 4 中右側から部分的に欠損し、光軸 A X を通り図 4 中鉛直方向 ( X 方向 ) に延びる軸線に関して非対称な偏った形状になる。遮光部材 6 は、点 P 2 に入射する光よりも、端部領域 4 1 a 内において端部寄りの点 P 3 に入射する光の方を多く遮る。このため、図 4 の右側の図に示すように、点 P 3 に関する瞳強度分布 5 3 の欠損の度合いは、点 P 2 に関する瞳強度分布 5 2 よりもさらに大きくなる。

10

【 0 0 3 3 】

- Y 方向側の端部領域 4 1 b よりも僅かに中央領域寄りの点 P 4 に入射する光は、点 P 1 に入射する光と同様に、遮光部材 6 により遮られることがない。したがって、図 5 の左側の図に示すように、点 P 4 に関しても点 P 1 と同様に、所要の円形状の瞳強度分布 5 4 が得られる。端部領域 4 1 b 内において中央領域寄りの点 P 5 に入射する光は、点 P 2 に入射する光と同様に、遮光部材 6 により部分的に遮られる。このため、図 5 の中央の図に示すように、点 P 5 に関しても点 P 2 と同様に、図 5 中水平方向 ( Z 方向 ) に沿って図 5 中左側 ( 点 P 2 の場合とは反対の側 ) から部分的に欠損し、光軸 A X を通り図 5 中鉛直方向 ( X 方向 ) に延びる軸線に関して非対称な偏った形状の瞳強度分布 5 5 が得られる。

20

【 0 0 3 4 】

遮光部材 6 は、点 P 5 に入射する光よりも、端部領域 4 1 b 内において端部寄りの点 P 6 に入射する光の方をより多く遮る。このため、図 5 の右側の図に示すように、点 P 6 に関する瞳強度分布 5 6 の欠損の度合いは、点 P 5 に関する瞳強度分布 5 5 よりもさらに大きくなる。図 4 および図 5 を参照すると、瞳強度分布の欠損の度合いは端部領域 4 1 a , 4 1 b の双方において Y 方向の端へ近づくほど大きくなるが、欠損の進む方向は端部領域 4 1 a と 4 1 b とで逆向きであることがわかる。

30

【 0 0 3 5 】

また、ウェハ W 上において照明領域 4 1 の端部領域 4 1 a , 4 1 b に対応する転写領域では、入射光に関する瞳強度分布が走査方向に対応する方向 ( Z 方向 ) に偏った形状になり、いわゆる入射光のテレセン性 ( 1 点に入射する光束の中心軸線が像形成面に対して垂直になる性質 ) が崩れることがわかる。その結果、例えばウェハ W の転写面 ( 露光面 ) が投影光学系 P L の像面に対して傾くと、ウェハ W へのマスクパターンの正確な転写が困難になる。

【 0 0 3 6 】

一般に、デバイスのパターンの種類に応じて、ウェハ W 上のショット領域 S R への入射光のテレセン性を重視する場合と、ショット領域 S R における照度分布の均一性を重視する場合とがある。例えば、NAND 型フラッシュメモリの製造プロセスでは、照度分布の均一性よりもテレセン性の方が重要であるため、Y 方向 ( 走査方向 ) に沿って台形状の光強度分布 4 1 y を有する照明領域 4 1 において台形の斜辺に対応する端部領域 4 1 a , 4 1 b の Y 方向に沿った幅、すなわち照明領域 4 1 のボケ幅 4 1 c を比較的狭く設定することが求められる。これは、テレセン性が崩れる端部領域 4 1 a , 4 1 b を比較的狭く設定することにより、ショット領域 S R に対するテレセン性の崩れの影響が小さく抑えられるからである。

40

【 0 0 3 7 】

これに対し、例えば、CCD の製造プロセスでは、テレセン性よりも照度分布の均一性の方が重要であるため、照明領域 4 1 のボケ幅 4 1 c を比較的広く設定することが求めら

50



れる。これは、光源 L S のパルス毎の発光出力に変動があっても、比較的広く設定されたボケ幅 4 1 c を有する端部領域 4 1 a , 4 1 b の平均化効果により、ショット領域 S R における照度分布が走査方向に沿って均一化されるからである。

【 0 0 3 8 】

非特許文献 1 に記載の従来技術では、結像光学系（図 1 の結像光学系 7 に対応）および投影光学系（図 1 の投影光学系 P L に対応）を介してウェハ W と光学的に共役な位置が固定的であり、この共役な位置に照明視野絞り（図 1 のマスクブラインド 5 に対応）が固定的に配置されている。また、照明視野絞りは構造的に複雑であるため、仮に遮光部材（図 1 の遮光部材 6 に対応）を光軸方向に移動可能に構成しても、照明視野絞りとの機械的干渉の制限により照明視野絞りに対して遮光部材を十分に近づけることが困難であり、ひいては照明領域のボケ幅を必要に応じて狭く設定することが困難であった。

10

【 0 0 3 9 】

ところで、従来、値（値 = 照明光学系のマスク側開口数 / 投影光学系のマスク側開口数）の変更に応じて、遮光部材を光軸方向に移動させる技術が知られている。この従来技術では、例えば比較的大きな外径の瞳強度分布に基づく大照明から比較的小な外径の瞳強度分布に基づく小照明への変更に伴って、遮光部材を光軸方向に所要距離だけ移動させて照明視野絞りと遮光部材との間隔を増大させることにより、照明領域のボケ幅をほぼ一定に維持している。このように、従来技術では、瞳強度分布の外径を小さく設定しない限り、照明領域のボケ幅を十分に狭くすることができなかつた。

【 0 0 4 0 】

20

そこで、本実施形態の露光装置は、結像光学系 7 を介してマスク M のパターン面と光学的に共役な共役面と、遮光部材 6 が光束の一部を遮る遮光面との位置関係を変更する制御部 C R を備えている。制御部 C R は、共役面と遮光面との位置関係を変更することにより、ウェハ W 上に形成される照明領域 4 1 において台形状の光強度分布 4 1 y の斜辺に対応する端部領域 4 1 a , 4 1 b のボケ幅 4 1 c を変化させる。以下、本実施形態の手法を具体的に説明する。

【 0 0 4 1 】

図 6 は、本実施形態におけるボケ幅制御の第 1 手法を説明する図である。図 6 ( a ) では、結像光学系 7 を介してマスク M のパターン面 P a と光学的に共役な共役面 P b の位置に照明視野絞りとしてのマスクブラインド 5 が配置され、マスクブラインド 5 から所定距離だけ間隔を隔てて遮光部材 6 が配置されている。この状態では、共役面 P b と遮光部材 6 の遮光面 6 a との間の光軸 A X に沿った間隔は比較的大きく、ひいてはウェハ W 上に形成される照明領域 4 1 のボケ幅 4 1 c は比較的広い。

30

【 0 0 4 2 】

なお、ボケ幅 4 1 c を図 6 ( a ) に示す状態よりも大きくしたい場合には、制御部 C R からの指令にしたがって、遮光部材 6 を + Y 方向へ所要距離だけ移動させれば良い。この場合、遮光部材 6 の + Y 方向への移動距離の増大に応じて、ボケ幅 4 1 c は単調に増大する。ただし、マスクブラインド 5 は構造的に複雑であるため、マスクブラインド 5 との機械的干渉の制限により遮光部材 6 を図 6 ( a ) に示す状態から - Y 方向へ移動させることはできないものとする。

40

【 0 0 4 3 】

図 6 ( b ) では、図 6 ( a ) に示す状態から共役面 P b を + Y 方向へ移動させ、ひいては共役面 P b を遮光部材 6 の遮光面 6 a に近づけている。共役面 P b を + Y 方向へ移動させるには、制御部 C R からの指令にしたがって、結像光学系 7 を構成する複数のレンズのうち少なくとも 1 つのレンズを光軸 A X 方向に移動させれば良い。例えば、結像光学系 7 の前側レンズ群 7 a の少なくとも 1 つの正レンズを + Y 方向へ移動させると、共役面 P b は遮光面 6 a へ近づく。この場合、共役面 P b と遮光面 6 a との間の光軸 A X に沿った間隔が小さくなるほど、ウェハ W 上に形成される照明領域 4 1 のボケ幅 4 1 c が狭くなる。

【 0 0 4 4 】

50

このように、本実施形態の第1手法では、結像光学系7を構成する複数のレンズのうち少なくとも1つのレンズを光軸AX方向に移動させて、共役面Pbを遮光面6aへ近づけることにより、共役面Pbと遮光面6aとの間隔の減少に応じて照明領域41のボケ幅41cを減少させることができる。結像光学系7中のレンズを移動させる第1手法では、従来技術のような機械的干渉の制限を受けることなく、所要の距離まで共役面Pbを遮光面6aへ近づけることができ、ひいてはボケ幅41cを所要の値まで狭くすることができる。

#### 【0045】

図7は、本実施形態におけるボケ幅制御の第2手法を説明する図である。図7(a)では、図6(a)に示す状態と同様に、パターン面Paと光学的に共役な共役面Pbの位置にマスクブラインド5が配置され、マスクブラインド5から所定距離だけ間隔を隔てて遮光部材6が配置されている。この場合、ウェハW上に形成される照明領域41のボケ幅41cは比較的広く、遮光部材6の+Y方向への移動距離の増大に応じてボケ幅41cは単調に増大する。

10

#### 【0046】

図7(b)では、制御部CRからの指令にしたがって、図7(a)に示す状態からマスクブラインド5と遮光部材6とを一体的に-Y方向へ移動させ、ひいては遮光部材6の遮光面6aを共役面Pbに近づけている。この場合も、遮光面6aと共役面Pbとの間の光軸AXに沿った間隔が小さくなるほど、照明領域41のボケ幅41cが狭くなる。

20

#### 【0047】

このように、本実施形態の第2手法では、遮光部材6を光軸AX方向に移動させて、遮光面6aを共役面Pbへ近づけることにより、遮光面6aと共役面Pbとの間隔の減少に応じて照明領域41のボケ幅41cを減少させることができる。遮光部材6を光軸AX方向に移動させる第2手法においても、従来技術のような機械的干渉を受けることなく、所要の距離まで遮光面6aを共役面Pbへ近づけることができ、ひいてはボケ幅41cを所要の値まで狭くすることができる。

#### 【0048】

本実施形態では、照明視野絞りとしてのマスクブラインド5の直後に配置された遮光部材6を用いて光束の一部を遮ることにより、ウェハW上に形成される照明領域41のY方向に沿った光強度分布41yを台形状に整形している。そして、マスクMのパターン面Paと光学的に共役な共役面Pbと、遮光部材6が光束の一部を遮る遮光面6aとの位置関係を変更することにより、台形状の光強度分布41yの斜辺に対応する端部領域41a、41bのボケ幅41cを変化させている。

30

#### 【0049】

本実施形態では、結像光学系7中のレンズを移動させる第1手法を用いて、遮光部材6を光軸AX方向に移動させる第2手法を用いて、あるいは第1手法と第2手法とを組み合わせ、従来技術のような機械的干渉の制限を受けることなく、共役面Pbと遮光面6aとを所要の距離まで互いに近づけることができ、ひいては照明領域41のボケ幅41cを所要の値まで狭くすることができる。こうして、本実施形態の露光装置(1~WS)では、Y方向に沿って台形状の光強度分布41yを有する照明領域41をウェハW上に形成し、この照明領域41のボケ幅41cの大きさを所要の範囲内で変更することができる。

40

#### 【0050】

その結果、本実施形態では、製造すべきデバイスのパターンの種類に応じて(すなわちマスクの変更、ひいてはパターンの変更に応じて)照明領域41のボケ幅41cの大きさを適宜変更することにより、良好な照明条件の下でマスクMのパターンのウェハWへの正確な転写を行うことができる。例えばCCDの製造プロセスでは、図6(a)および図7(a)に示す状態、すなわち照明領域41のボケ幅41cを比較的広く設定した状態で、良好な走査露光を行うことができる。例えばNAND型フラッシュメモリの製造プロセスでは、図6(b)または図7(b)に示す状態、すなわち照明領域41のボケ幅41cを比較的狭く設定した状態で、良好な走査露光を行うことができる。

50

## 【0051】

なお、上述の実施形態では、照明視野絞りとしてのマスクブラインド5の直後に遮光部材6を配置している。しかしながら、これに限定されることなく、照明視野絞りの直前に遮光部材を配置することもできる。照明視野絞りの直前に遮光部材を配置したものは、たとえば米国特許第6,608,665号公報の図10~図15に開示されている。一般に、遮光部材は、感光性基板上に形成される照明領域の所定方向に沿った光強度分布を台形状に整形するために、結像光学系を介してパターン面と光学的に共役な共役面の近傍の面に沿って光束の一部を遮る機能を有する。

## 【0052】

また、上述の実施形態において、照明視野絞りとみなすことができるマスクブラインド5として、たとえば米国特許第5,473,410号公報に開示される可動ブレードBL<sub>1</sub>~BL<sub>4</sub>や、米国特許第6,608,665号公報に開示される可動遮光板38,39を用いることができる。また、遮光部材6として、たとえば米国特許第6,608,665号公報に開示される固定型レチクルブラインド42,52や、米国特許公開第2007/0014112号公報に開示される可変スリット装置100を用いることができる。

ここでは、米国特許第5,473,410号公報、米国特許第6,608,665号公報および米国特許公開第2007/0014112号公報の教示を参照として援用する。

## 【0053】

また、上述の実施形態では、マイクロフライアイレンズ3の直後の照明瞳に円形状の瞳強度分布が形成される照明、すなわち円形照明を例にとり、本発明の作用効果を説明している。しかしながら、円形照明に限定されることなく、例えば輪帯状の瞳強度分布が形成される輪帯照明、複数極状(2極状、4極状など)の瞳強度分布が形成される複数極照明(2極照明、4極照明など)などの変形照明に対しても、同様に本発明を適用して同様の作用効果を得ることができることは明らかである。

## 【0054】

また、上述の実施形態において、ビーム形状可変部2はファーフィールドに円形状、輪帯状または複数極状の光強度分布を形成するために回折光学素子を備えているが、この回折光学素子に代えて、あるいは加えて、たとえば米国特許公開第2009/0073411号公報、米国特許公開第2009/0091730号公報、米国特許公開第2009/0109417号公報、米国特許公開第2009/0116093号公報および米国特許公開第2009/0185154号公報に開示される空間光変調器を用いても良い。ここでは、米国特許公開第2009/0073411号公報、米国特許公開第2009/0091730号公報、米国特許公開第2009/0109417号公報、米国特許公開第2009/0116093号公報および米国特許公開第2009/0185154号公報の教示を参照として援用する。

## 【0055】

また、上述の実施形態では、マスクおよびウェハを投影光学系に対して相対移動させながら、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがってウェハの各露光領域にパターンをスキャン露光する露光装置に対して、本発明を適用している。しかしながら、これに限定されることなく、ウェハを二次元的に駆動制御しながら一括露光を行うことにより、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがってウェハのショット領域にパターンを逐次露光する露光装置に対して、必要に応じて本発明を適用することができる。

## 【0056】

上述の実施形態では、マスクの代わりに、所定の電子データに基づいて所定パターンを形成する可変パターン形成装置を用いることができる。なお、可変パターン形成装置としては、たとえば所定の電子データに基づいて駆動される複数の反射素子を含むDMD(デジタル・マイクロミラー・デバイス)を用いることができる。DMDを用いた露光装置は、例えば特開2004-304135号公報、国際特許公開第2006/080285号パンフレットおよびこれに対応する米国特許公開第2007/0296936号公報に開示されている。また、DMDのような非発光型の反射型空間光変調器以外に、透過型空間

10

20

30

40

50

光変調器を用いても良く、自発光型の画像表示素子を用いても良い。ここでは、米国特許公開第2007/0296936号公報の教示を参照として援用する。

【0057】

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

10

【0058】

次に、上述の実施形態にかかる露光装置を用いたデバイス製造方法について説明する。図8は、半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。図8に示すように、半導体デバイスの製造工程では、半導体デバイスの基板となるウェハWに金属膜を蒸着し(ステップS40)、この蒸着した金属膜上に感光性材料であるフォトリジストを塗布する(ステップS42)。つづいて、上述の実施形態の露光装置を用い、マスク(レチクル)Mに形成されたパターンをウェハW上の各ショット領域に転写し(ステップS44:露光工程)、この転写が終了したウェハWの現像、つまりパターンが転写されたフォトリジストの現像を行う(ステップS46:現像工程)。その後、ステップS46によってウェハWの表面に生成されたレジストパターンをマスクとし、ウェハWの表面に対してエッチング等の加工を行う(ステップS48:加工工程)。

20

【0059】

ここで、レジストパターンとは、上述の実施形態の露光装置によって転写されたパターンに対応する形状の凹凸が生成されたフォトリジスト層であって、その凹部がフォトリジスト層を貫通しているものである。ステップS48では、このレジストパターンを介してウェハWの表面の加工を行う。ステップS48で行われる加工には、例えばウェハWの表面のエッチングまたは金属膜等の成膜の少なくとも一方が含まれる。

30

【0060】

図9は、液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャートである。図9に示すように、液晶デバイスの製造工程では、パターン形成工程(ステップS50)、カラーフィルター形成工程(ステップS52)、セル組立工程(ステップS54)およびモジュール組立工程(ステップS56)を順次行う。

【0061】

ステップS50のパターン形成工程では、プレートPとしてフォトリジストが塗布されたガラス基板上に、上述の実施形態の露光装置を用いて回路パターンおよび電極パターン等の所定のパターンを形成する。このパターン形成工程には、上述の実施形態の露光装置を用いてフォトリジスト層にパターンを転写する露光工程と、パターンが転写されたプレートPの現像、つまりガラス基板上のフォトリジスト層の現像を行い、パターンに対応する形状のフォトリジスト層を生成する現像工程と、この現像されたフォトリジスト層を介してガラス基板の表面を加工する加工工程とが含まれている。

40

【0062】

ステップS52のカラーフィルター形成工程では、R(Red)、G(Green)、B(Blue)に対応する3つのドットの組をマトリックス状に多数配列するか、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を水平走査方向に複数配列したカラーフィルターを形成する。

【0063】

50

ステップ S 5 4 のセル組立工程では、ステップ S 5 0 によって所定パターンが形成されたガラス基板と、ステップ S 5 2 によって形成されたカラーフィルターとを用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。具体的には、例えばガラス基板とカラーフィルターとの間に液晶を注入することで液晶パネルを形成する。ステップ S 5 6 のモジュール組立工程では、ステップ S 5 4 によって組み立てられた液晶パネルに対し、この液晶パネルの表示動作を行わせる電気回路およびバックライト等の各種部品を取り付ける。

【 0 0 6 4 】

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

10

【 0 0 6 5 】

また、上述の実施形態において、投影光学系と感光性基板との間の光路中を1.1よりも大きな屈折率を有する媒体（典型的には液体）で満たす手法、所謂液浸法を適用しても良い。この場合、投影光学系と感光性基板との間の光路中に液体を満たす手法としては、国際公開第W099/49504号パンフレットに開示されているような局所的に液体を満たす手法や、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる手法や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する手法などを採用することができる。ここでは、国際公開第W099/49504号パンフレット、特開平6-124873号公報および特開平10-303114号公報の教示を参照として援用する。

20

【 0 0 6 6 】

また、上述の実施形態において、米国公開公報第2006/0170901号及び第2007/0146676号に開示されるいわゆる偏光照明方法を適用することも可能である。ここでは、米国特許公開第2006/0170901号公報及び米国特許公開第2007/0146676号公報の教示を参照として援用する。

30

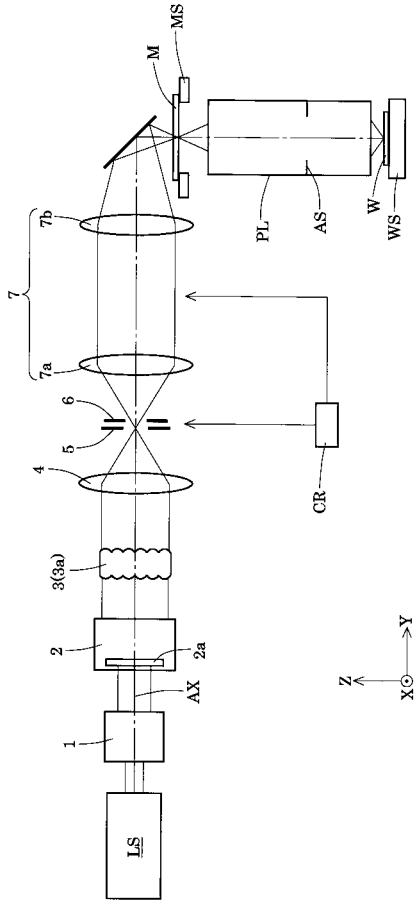
【 符号の説明 】

【 0 0 6 7 】

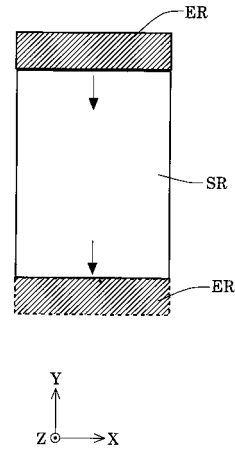
- 1 ビーム送光系
- 2 ビーム形状可変部
- 3 マイクロフライアイレンズ
- 4 コンデンサー光学系
- 5 マスクブラインド
- 6 遮光部材
- 7 結像光学系
- L S 光源
- M マスク
- P L 投影光学系
- A S 開口絞り
- W ウェハ
- C R 制御部

40

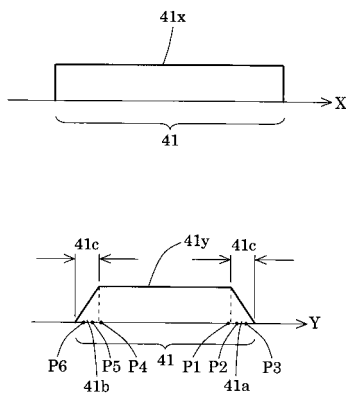
【 図 1 】



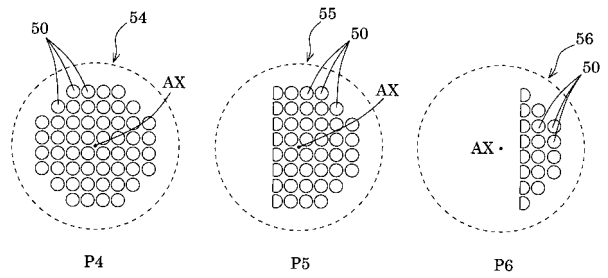
【 図 2 】



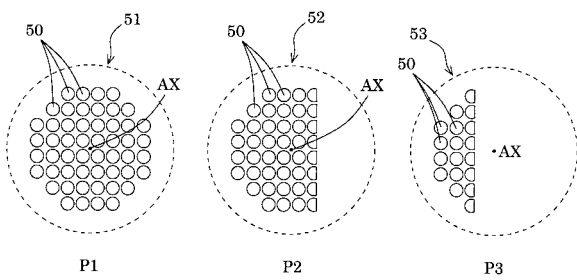
【 図 3 】



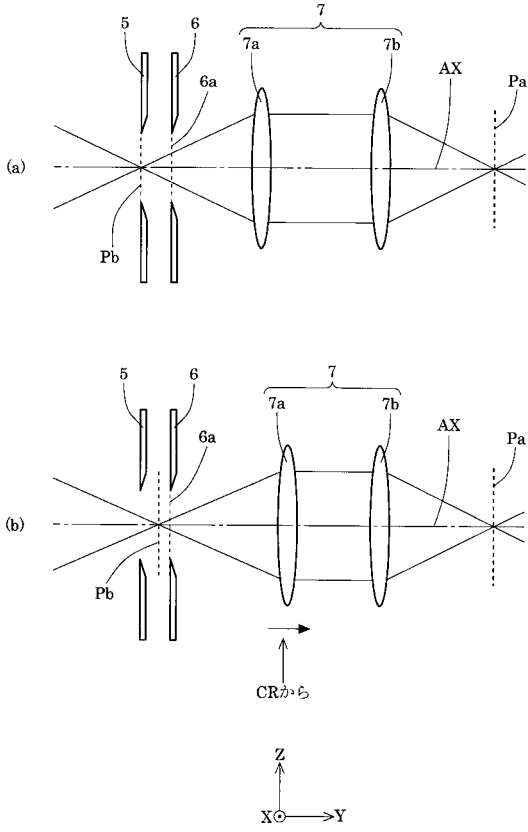
【 図 5 】



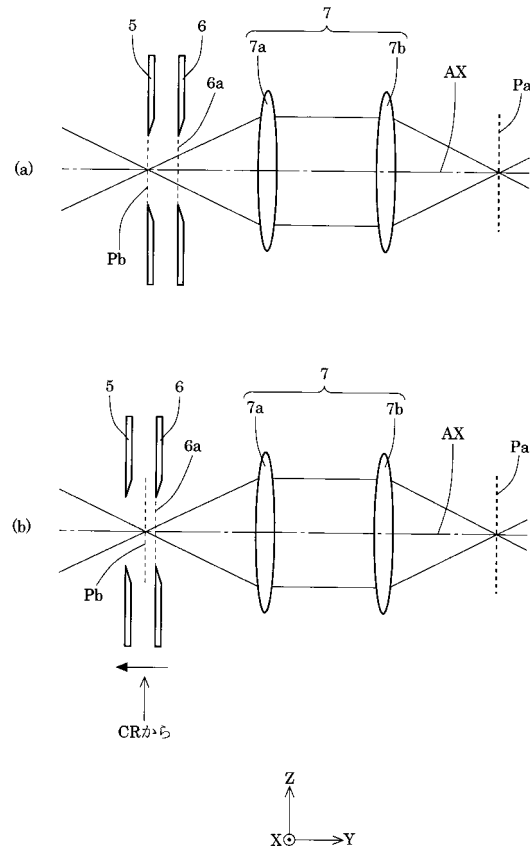
【 図 4 】



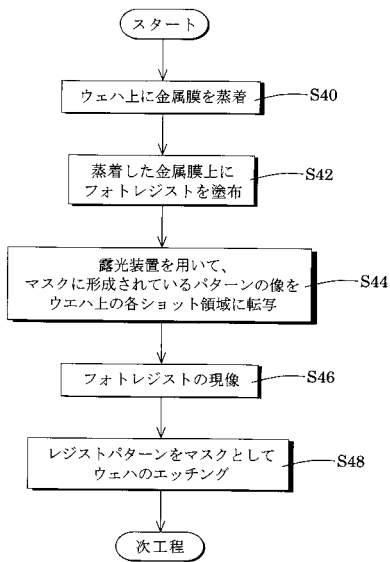
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

