

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4574211号
(P4574211)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int.Cl.

F 1

H05G	2/00	(2006.01)	H05G	1/00	K
G01N	23/20	(2006.01)	G01N	23/20	
G03F	7/20	(2006.01)	G03F	7/20	503
G21K	5/00	(2006.01)	G03F	7/20	521
G21K	5/02	(2006.01)	G21K	5/00	Z

請求項の数 13 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2004-123502 (P2004-123502)

(22) 出願日

平成16年4月19日 (2004.4.19)

(65) 公開番号

特開2005-310453 (P2005-310453A)

(43) 公開日

平成17年11月4日 (2005.11.4)

審査請求日

平成19年4月11日 (2007.4.11)

(73) 特許権者 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100110412

弁理士 藤元 亮輔

(72) 発明者 長谷川 隆行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内

審査官 後藤 順也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光源装置、当該光源装置を有する露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光を取り出す光源装置であって、

前記ターゲットの位置を検出する第1の検出手段と、

前記レーザー光の集光点の位置を調整する調整手段と、

前記第1の検出手段が検出する前記ターゲットの位置と前記レーザー光の集光点が一致するように、前記調整手段を制御する第1の制御部と、

生成された前記プラズマから放射される光の集光点の位置を検出する第2の検出手段と、

前記プラズマから放射される光の集光点の位置を変動させる変動手段と、

前記第2の検出手段が検出する前記光の集光点の位置を、安定した強度の前記光が供給できる範囲内となるように、前記変動手段を制御する第2の制御部と、

を有することを特徴とする光源装置。

【請求項 2】

前記第1の制御部と前記第2の制御部は、同一であることを特徴とする請求項1記載の光源装置。

【請求項 3】

前記調整手段は、前記レーザー光を集光する光学系と、

前記光学系を駆動する駆動機構とを有することを特徴とする請求項1記載の光源装置。

【請求項 4】

前記変動手段は、前記プラズマから放射される光を集光する集光ミラーと、
前記集光ミラーの位置及び姿勢を駆動する駆動機構とを有することを特徴とする請求項
1記載の光源装置。

【請求項 5】

ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光
を取り出す光源装置であって、

前記ターゲットの位置が変動したときに、前記レーザー光の集光点が前記ターゲットの
供給位置に照射されるように、前記レーザー光の集光点の位置を制御する手段と、

生成された前記プラズマから放射される光の集光点の位置を検出する検出手段と、

10

前記プラズマから放射される光の集光点の位置を変動させる変動手段と、

前記検出手段が検出する前記光の集光点の位置を、安定した強度の前記光が供給できる
範囲内となるように、前記変動手段を制御する制御部と、

を有することを特徴とする光源装置。

【請求項 6】

ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光
を取り出す光源装置であって、

前記ターゲットの位置変動によって前記光の発生位置が変動したときに、前記光の集光
点が変動しないように、前記光を集光する集光ミラーの位置、姿勢及び形状の少なくとも
一を制御する手段を有することを特徴とする光源装置。

20

【請求項 7】

前記ターゲットは、液滴であることを特徴とする請求項 1、5、6のうちいずれか一項
記載の光源装置。

【請求項 8】

前記光は、20 nm 以下の波長を有することを特徴とする請求項 1、5、6のうちいずれか一項
記載の光源装置。

【請求項 9】

ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光
を取り出す光発生方法であって、

前記ターゲットの位置を取得する第 1 の取得ステップと、

30

前記第 1 の取得ステップで取得した前記ターゲットの位置に、前記レーザー光が集光す
るように、前記レーザー光の集光点を調整する光学系の駆動量を算出する第 1 の算出ステ
ップと、

前記第 1 の算出ステップで算出した駆動量に従って、前記光学系を駆動するステップと、

生成された前記プラズマから放射される光の集光点の位置を取得する第 2 の取得ステ
ップと、

前記第 2 の取得ステップで取得した前記光の集光点の位置を、安定した強度の前記光が
供給できる範囲内となるように、前記プラズマから放射される光を集光する集光ミラーの
駆動量を算出する第 2 の算出ステップと、

40

前記第 2 の算出ステップで算出した駆動量に従って、前記集光ミラーを駆動するステ
ップと、

を有することを特徴とする光発生方法。

【請求項 10】

ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光
を取り出す光発生方法であって、

前記ターゲットの位置変動によって前記光の発生位置が変動したときに、前記光の集光
点の位置を取得する取得ステップと、

前記取得ステップで取得した前記集光点の位置に基づいて、前記光を集光する集光ミラー
の位置、姿勢及び形状の少なくとも一を制御する制御ステップとを有することを特徴とす

50

る光発生方法。

【請求項 1 1】

レチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する露光装置であって、
請求項 1 乃至 8 記載のうちいずれか一項記載の光源装置と、
前記光源装置から取り出された光を用いて前記レチクルを照明する光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、
露光された前記被処理体を露光するステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

10

【請求項 1 3】

被測定体の反射率を測定する測定装置であって、
請求項 1 乃至 8 記載のうちいずれか一項記載の光源装置と、
前記光源装置から取り出された光を前記被測定体に照射する照射手段と、
前記被測定体から反射した前記光を検出する検出手段とを有することを特徴とする測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源装置に係り、特に、半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD等の撮像素子といった各種デバイス、マイクロメカニクスで用いる微細パターンの製造に用いられる露光装置に用いられる光源に関する。本発明は、X線や極端紫外線(EUV: extreme ultraviolet)光を光源として利用する露光装置に好適である。

20

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィー技術を用いて半導体メモリ等の微細な半導体素子を製造する際に、レチクル(又はマスク)に描画されたパターンを投影光学系によってウェハに投影してパターンを転写する縮小投影露光装置が従来から使用されている。

【0003】

30

縮小投影露光装置で転写できる最小の寸法(解像度)は、露光に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数(NA)に反比例する。従って、波長を短くすればするほど解像度はよくなる。このため、近年の半導体素子の微細化への要求に伴い露光光の短波長化が進められている。そして、超高压水銀ランプ(i線(波長約365nm))、KrFエキシマレーザー(波長約248nm)、ArFエキシマレーザー(波長約193nm)と用いられる紫外線光の波長は短くなってきた。

【0004】

しかし、半導体素子は急速に微細化しており、紫外線光を用いたリソグラフィーでは限界がある。そこで、0.1μm以下の非常に微細な回路パターンを効率よく転写するためには、紫外線光よりも更に波長が短い、波長10nm乃至15nm程度の極端紫外線(EUV)光を用いた縮小投影露光装置(以下、「EUV露光装置」と称する。)が開発されている。

40

【0005】

EUV光源としては、真空容器中に置かれたターゲット材(金属薄膜、不活性ガス、液滴など)に高強度のパルスレーザーを照射し、発生したプラズマから放射される、波長13nm程度のEUV光を利用するレーザープラズマ光源が用いられる。

【0006】

このようなEUV光源は、上述したように、半導体製造においてその光源として注目されているが、一般に、EUV露光装置において、光学素子のアライメントが終了すると、それ以降の調整(例えば、EUV光の集光点の位置補正など)は行われていなかった。な

50

お、EUV光源の調整として、単に、EUV光の発生位置を所定の位置に保つ提案はされている（例えば、特許文献1参照。）。かかる提案は、プラズマ（の発生位置）から発生するEUV光をピンホールカメラとCCDによって検知する。そして、ターゲットを供給する位置、若しくは、パルスレーザーを照射する位置（パルスレーザーの集光点の位置）を制御することで、EUV光の発生位置を制御している。

【特許文献1】特開2000-56099号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、従来技術においては、プラズマの発生位置しか検出していなかったため、実際のターゲットの位置はわからず、パルスレーザーの集光点の位置がターゲット上で変動しても検知することができない。その結果、プラズマの温度及び形状などが変化し、露光に用いるEUV光の強度及び強度分布が変動して露光性能の劣化を生じてしまう。

10

【0008】

また、パルスレーザーの集光点とターゲットの供給位置の位置関係を制御しているため、結果として、発生するEUV光の集光点の位置が変動し、同様に、EUV光の強度及び強度分布が変動してしまうという問題があった。

【0009】

そこで、本発明は、ターゲットに対して最適な位置にレーザーを照射すると共に、発生する光の集光点の位置を所定の位置に維持し、優れた露光性能を有する露光装置を実現することを可能とする光源装置、当該光源装置を有する露光装置を提供する。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一側面としての光源装置は、ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光を取り出す光源装置であって、前記ターゲットの位置を検出する第1の検出手段と、前記レーザー光の集光点の位置を調整する調整手段と、前記第1の検出手段が検出する前記ターゲットの位置と前記レーザー光の集光点が一致するように、前記調整手段を制御する第1の制御部と、生成された前記プラズマから放射される光の集光点の位置を検出する第2の検出手段と、前記プラズマから放射される光の集光点の位置を変動させる変動手段と、前記第2の検出手段が検出する前記光の集光点の位置を、安定した強度の前記光が供給できる範囲内となるように、前記変動手段を制御する第2の制御部と、を有することを特徴とする。

30

【0011】

本発明の別の側面としての光源装置は、ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光を取り出す光源装置であって、前記ターゲットの位置が変動したときに、前記レーザー光の集光点が前記ターゲットの供給位置に照射されるように、前記レーザー光の集光点の位置を制御する手段と、生成された前記プラズマから放射される光の集光点の位置を検出する検出手段と、前記プラズマから放射される光の集光点の位置を変動させる変動手段と、前記検出手段が検出する前記光の集光点の位置を、安定した強度の前記光が供給できる範囲内となるように、前記変動手段を制御する制御部と、を有することを特徴とする。

40

【0012】

本発明の更に別の側面としての光源装置は、ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光を取り出す光源装置であって、前記ターゲットの位置変動によって前記光の発生位置が変動したときに、前記光の集光点が変動しないように、前記光を集光する集光ミラーの位置、姿勢及び形状の少なくとも一を制御する手段を有することを特徴とする。

【0013】

本発明の更に別の側面としての光発生方法は、ターゲットにレーザー光を照射してプラズマを生成し、前記プラズマから放射される光を取り出す光発生方法であって、前記タ-

50

ゲットの位置を取得する第1の取得ステップと、前記第1の取得ステップで取得した前記ターゲットの位置に、前記レーザー光が集光するように、前記レーザー光の集光点を調整する光学系の駆動量を算出する第1の算出ステップと、前記第1の算出ステップで算出した駆動量に従って、前記光学系を駆動するステップと、生成された前記プラズマから放射される光の集光点の位置を取得する第2の取得ステップと、前記第2の取得ステップで取得した前記光の集光点の位置を、安定した強度の前記光が供給できる範囲内となるように、前記プラズマから放射される光を集光する集光ミラーの駆動量を算出する第2の算出ステップと、前記第2の算出ステップで算出した駆動量に従って、前記集光ミラーを駆動するステップと、を有することを特徴とする。

【0015】

10

本発明の更に別の側面としての露光装置は、レチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する露光装置であって、上述の光源装置と、前記光源装置から取り出された光を用いて前記レチクルを照明する光学系とを有することを特徴とする。

【0016】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、露光された前記被処理体を露光するステップとを有することを特徴とする。

【0017】

20

本発明の更に別の側面としての測定装置は、被測定体の反射率を測定する測定装置であって、上述の光源装置と、前記光源装置から取り出された光を前記被測定体に照射する照射手段と、前記被測定体から反射した前記光を検出する検出手段とを有することを特徴とする。

【0018】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0019】

30

本発明によれば、ターゲットに対して最適な位置にレーザーを照射すると共に、発生する光の集光点の位置を所定の位置に維持し、優れた露光性能を有する露光装置を実現する光源装置、当該光源装置を有する露光装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、添付図面を参照して、本発明の一側面としての光源装置1について説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。図1は、光源装置1の構成を模式的に示す概略断面図である。

【0021】

40

光源装置1は、ターゲット(標的部材)TGにレーザー光LLを照射してプラズマPLを生成し、かかるプラズマPLから放射されるEUV光ELを取り出す光源装置である。光源装置1は、図1に示すように、ターゲット供給装置10と、レーザー光源部20と、調整手段30と、変動手段40と、ターゲット検出手段50と、制御部60とを有する。

【0022】

ターゲット供給装置10は、ターゲット射出部12を介して、真空又は減圧環境に維持されたチャンバCBの所定の位置TSPにターゲットTGを供給する。ターゲット供給装置10は、後述するレーザー光源部20のレーザー光LLの発光に同期して断続的にターゲットTGを供給する。ターゲットTGは、本実施形態では、液滴であるが、銅、錫、アルミニウム等の金属の固体でもよく、また、Xeのガス、クラスタでもよい。

【0023】

レーザー光源部20は、ターゲットTGに向けてレーザー光LLを射出し、プラズマPLを生成する。レーザー光LLは、本実施形態では、パルスレーザーである。ターゲットTG(プラズマPL)から放射されるEUV光ELの平均強度を高くするためにはパルス

50

レーザーの繰り返し周波数は高い方がよいため、レーザー光源部 20 は、通常数 kHz の繰り返し周波数で運転される。

【0024】

調整手段 30 は、レーザー光源部 20 から射出されるレーザー光 LL の集光点 LCP の位置を調整する機能を有し、レーザー光学系 32 と、駆動機構 34 とを有する。

【0025】

レーザー光学系 32 は、レンズ、ミラー、平行平板ガラスなどから構成され、レーザー光源部 20 から射出されるレーザー光 LL をレーザー導入窓 LW を介してチャンバ CB 内に導光する。レーザー導入窓 LW は、チャンバ CB の隔壁の一部として用いられ、レーザー光 LL を透過する部材からなる。レーザー光学系 32 は、EUV 光 EL を効率よく取り出すために、レーザー光 LL を、ターゲット TG 上でプラズマ PL の生成に必要、且つ、十分なスポットサイズ及びエネルギー密度となるように集光する機能を有する。換言すれば、レーザー光学系 32 は、レーザー光 LL の集光点 LCP を形成する。

【0026】

駆動機構 34 は、レーザー光学系 32 を駆動する機能を有する。具体的には、駆動機構 34 は、レーザー光学系 32 を構成するレンズをレーザー光 LL の光軸に対して平行な方向に駆動したり、レーザー光学系 32 を構成する平行平板ガラスをレーザー光 LL の光軸に対して傾けたりする。これにより、レーザー光 LL の集光点の位置を調整することができる。

【0027】

変動手段 40 は、プラズマ PL から放射される EUV 光 EL の集光点 ECP の位置を変動させる機能を有し、集光ミラー 42 と、駆動装置 44 とを有する。プラズマ PL は、非常に高温であり、例えば、露光に適合した EUV 光 EL を発生する。

【0028】

集光ミラー 42 は、プラズマ PL から放射される EUV 光 EL を集光する機能を有する。換言すれば、集光ミラー 42 は、プラズマ PL から EUV 光 EL を集めて集光点 ECP を形成する。また、集光ミラー 42 は、後段の光学系など（例えば、露光装置の場合には、照明光学系など）に EUV 光 EL を供給する。

【0029】

集光ミラー 42 は、例えば、反射面に光を強め合う作用を有する多層膜を設けた回転構円形の多層膜ミラーからなる。20 nm 以下の波長を有する EUV 光 EL を反射することが可能な多層膜は、モリブデン (Mo) 層とシリコン (Si) 層を交互に 20 層ほど積層した Mo / Si 多層膜や、Mo 層とベリリウム (Be) 層を交互に積層した Mo / Be 多層膜等である。

【0030】

駆動装置 44 は、集光ミラー 42 の位置及び姿勢を駆動する機能を有する。駆動装置 44 が集光ミラー 42 の位置及び姿勢を駆動することで、集光ミラー 42 の焦点位置が変動し、その結果、EUV 光 EL の集光点 ECP の位置が変動する。なお、駆動装置 44 は、集光ミラー 42 の形状（即ち、曲率や焦点位置）を変える機能を有してもよい。例えば、集光ミラー 42 を複数の板部材で構成し、かかる板部材を駆動装置 44 が駆動することで集光ミラー 42 の形状を変える。また、複数の異なる形状の集光ミラー 42 をターレットに配置し、かかるターレットを駆動装置 44 で駆動させて集光ミラー 42 を交換させることもできる。

【0031】

ターゲット検出手段 50 は、ターゲット供給装置 10 から供給されるターゲット TG の位置を検出する機能を有する。ターゲット TG は、所定の位置 TSP に供給されるように設定されているが、実際には、環境変化などによって所定の位置 TSP からずれことがある。そこで、ターゲット TG の供給位置を検出するために、ターゲット検出手段 50 を設ける。換言すれば、ターゲット検出手段 50 は、所定の位置 TSP とターゲット TG の供給位置とのずれを検出することができる。

10

20

30

40

50

【0032】

ターゲット検出手段50は、例えば、ターゲットTGに光を照射し、ターゲットTGで反射された光の像をセンサ面上に結像し、その位置の変動によりターゲットTGの位置を検出する。但し、本発明のターゲット検出手段50は、上述した構成に限定されず、ターゲットTGの位置を検出することができるならばどのような構成をも適用することができる。

【0033】

制御部60は、図示しないCPU、メモリを有し、光源装置1の動作を制御する。制御部60は、駆動機構34、駆動装置44、ターゲット検出手段50と電気的に接続されている。制御部60は、本実施形態では、ターゲット検出手段50からの検出結果を基に、調整手段30を制御する。換言すれば、制御部60は、ターゲット検出手段50が検出するターゲットTGの位置とレーザー光LLの集光点LCPが一致するように、駆動機構34を介して、レーザー光LLの集光点LCPの位置を制御する。また、ターゲットTGが所定の位置TSPからずれて供給された際、EUV光ELの集光点LCPの位置がターゲットTGの供給位置に応じて変動する（プラズマPLの生成される位置が変わるため）。そこで、制御部60は、集光点ECPが所定の位置ESPとなるように、変動手段40を制御する。

【0034】

以下、ターゲットTGの位置とレーザー光LLの集光点LCPを一致させる制御について説明する。まず、ターゲット供給装置10から供給されるターゲットTGの位置をターゲット検出手段50で検出する。ターゲット検出手段50の検出したターゲットTGの位置に基づいて、制御部60は、駆動機構34を介してレーザー光学系32を駆動し、レーザー光LLの集光点LCPがターゲットTGの位置と一致するように調整する。

【0035】

図2は、レーザー光LLの集光点LCPの制御について説明する図である。なお、図2においては、レーザー光LLの集光点LCPの制御に関わる要部（ターゲット供給装置10、レーザー光源部20、調整手段30、ターゲット検出手段50及び制御部60）のみを示している。

【0036】

図2(a)では、ターゲットTGは、ターゲット供給装置10を介して所定の位置TSPに供給されており、レーザー光LLもターゲットTGが供給される所定の位置TSPに集光されている。しかし、ターゲットTGが所定の位置TSPに供給されない（即ち、ターゲットTGの供給位置と所定の位置TSPとがずれている）場合がある。このような場合に、図2(a)に示す状態のまま、レーザー光LLを所定の位置TSPに照射すると、ターゲットTG上でレーザー光LLの照射される位置が変わり、発生するEUV光ELの強度及び形状などが変化してしまう。

【0037】

そこで、制御部60は、ターゲット検出手段50の検出するターゲットTGの位置に基づいて、レーザー光学系32の駆動量を算出する。ここで、算出される駆動量とは、レーザー光LLがターゲット検出手段50の検出するターゲットTGの位置に集光するために必要とするレーザー光学系32の駆動量であることは言うまでもない。駆動機構34は、制御部60が算出した駆動量に従ってレーザー光学系32を駆動し、図2(b)に示すように、レーザー光学系32の位置及び姿勢を変化させ、ターゲットTGの供給位置にレーザー光LLが集光するようにする。

【0038】

また、本実施形態のように、ターゲットTGを液滴として供給する方式では、例えば、露光装置の光源として用いる場合、レーザー光源部10の発光の周波数は、数kHzになる。従って、ターゲット検出手段50の検出結果にローパスフィルター等を入れて、所定の周波数以下のターゲットTGの位置変動に対して、レーザー光LLの集光点を制御してもよい。

【0039】

なお、図3に示すように、レーザー光学系32の光路中に平面ミラー32aを配置し、平面ミラー32aの位置及び角度を変えることにより、レーザー光LLの集光点LCPの位置を制御するようにもよい。ここで、図3は、レーザー光LLの集光点LCPの制御について説明する図である。図3(a)では、ターゲットTGは、ターゲット供給装置10を介して所定の位置TSPに供給されており、レーザー光LLもターゲットTGが供給される所定の位置TSPに集光されている。図3(b)では、制御部60が算出した駆動量に従って、平面ミラー32aを駆動し、平面ミラー32aの位置及び角度を変化させ、所定の位置TSPからずれて供給されたターゲットTGの位置にレーザー光LLが集光するように制御されている。

10

【0040】

但し、上述した構成以外でも、レーザー光LLの集光点LCPの位置を制御することができれば同様の効果を得られることは言うまでもない。また、本実施形態では、ターゲットTGの供給方法として、ターゲットTGをターゲット射出部12から射出しているが、これ以外の供給方法、例えば、固体のターゲット、テープ状のターゲットであっても本発明は適用することができる。

【0041】

図4は、EUV光ELの集光点ECPの位置の補正について説明する図である。上述したように、ターゲットTGが供給される位置に応じてレーザー光LLの集光点LCPを変えると、それに応じてプラズマPLが生成される位置も変わる。そして、図4(a)に示すように、EUV光ELの集光点ECPが所定の位置ESPからずれてしまう。そこで、制御部60に制御された駆動装置44を介して集光ミラー42の位置及び姿勢を変え、図4(b)に示すように、EUV光ELの集光点ECPと所定の位置ESPとのずれを補正する。

20

【0042】

具体的には、まず、ターゲット検出手段50の検出結果に基づいて、制御部60がEUV光ELの発光位置、即ち、プラズマPLの生成される位置を算出する。上述したように、レーザー光LLは、ターゲットTGに対して常に集光されるように（即ち、ターゲットTG上に集光点LCPがあるように）制御されているため、ターゲットTGの位置を検出することでEUV光ELの発光位置を算出することが可能である。

30

【0043】

算出されたEUV光ELの発光位置の変動により、制御部60は、集光点ECPの位置を所定の位置ESPと一致させるために必要な集光ミラー42の駆動量を算出し、駆動装置44を介して集光ミラー42の位置及び姿勢を制御する。EUV光ELの発光点と集光点ECPの位置の関係は、発光点と集光ミラー42、集光点ECPの位置関係を予め計測しておき、かかる計測結果に基づいて、集光ミラー42の駆動量を算出する。

【0044】

以上、説明したように、光源装置1によれば、ターゲットTGに対して常に一定の位置にレーザー光LLを照射する（レーザー光LLがターゲットTGに常に集光する）。なおかつ、発生するEUV光ELの集光点ECPを所定の範囲内に制御することができるため、安定した位置及び強度のEUV光ELを発生することが可能となる。

40

【0045】

また、図5に示すように、EUV光ELの集光点ECPの位置を検出する集光点検出手段70をEUV光ELの集光点ECPの近傍に設け、集光点検出手段70の検出結果に基づいて、EUV光ELの集光点ECPの位置を補正してもよい。なお、本実施形態では、集光点検出手段70が検出するEUV光ELの集光点ECPの位置から集光ミラー42の駆動量を算出する制御部80を設けているが、制御部60が制御部80の機能を兼ねてもよい。ここで、図5は、集光点検出手段70を有する光源装置1の構成を模式的に示す概略断面図である。

【0046】

50

集光点検出手段 70 は、図 6 に示すように、EUV 光 EL の集光点 ECP の位置を検出するピンホール 72 を有する 4 分割センサ 70A として具現化される。4 分割センサ 70A は、EUV 光 EL の強度を検出する 4 つのセンサ 74a、74b、74c 及び 74d から構成され、中央にピンホール 72 を有する。

【0047】

4 分割センサ 70A の中心部分に配置されたピンホール 72 は、例えば、露光に十分な EUV 光 EL を通過させる大きさ、且つ、EUV 光 EL の集光点 ECP の位置の変動が検出できる大きさで形成される。例えば、集光点 ECP がガウス分布の形を有する強度分布の場合には、ピンホール 72 の直径を 6 (は、ガウス分布の広がりを表現する量) 程度にすれば、EUV 光 EL の透過光量に影響を及ぼすことなく、集光点 ECP の位置を検出することができる。ここで、図 6 は、集光点検出手段 70 の一例としての 4 分割センサ 70A を示す平面図である。

【0048】

図 7 及び図 8 は、4 分割センサ 70A (のピンホール 72) と EUV 光 EL との位置関係、及び、4 分割センサ 70A で検出される EUV 光 EL の強度を示す図である。図 7 及び図 8 において、ELa は、EUV 光 EL の一部であって、例えば、露光に用いられる光、ELb (ELb₁ 及び ELb₂) は、露光には用いないが、4 分割センサ 70A に照射され、集光点 ECP の位置の検出に用いられる光を示している。

【0049】

図 7 を参照するに、EUV 光 EL は、4 分割センサ 70A のピンホール 72 の中心部分に照射されている。この場合、4 分割センサ 70A のセンサ 74a 乃至 74d には、エネルギーが均等に照射される。しかし、図 8 に示すように、EUV 光 EL が、4 分割センサ 70A のピンホール 72 の中心部分に照射されていない場合には、4 分割センサ 70A のセンサ 74a に一番多くのエネルギーが照射されることになる。この場合、例えば、センサ 74a に照射されるエネルギーを E_{74a}、センサ 74b に照射されるエネルギーを E_{74b}、センサ 74c に照射されるエネルギーを E_{74c}、センサ 74d に照射されるエネルギーを E_{74d} とすると、予め 4 分割センサ 70A を EUV 光 EL に対して動かすなどして、EUV 光 EL の位置 (X、Y) と P = (E_{74a} + E_{74b} - E_{74c} - E_{74d}) / (E_{74a} + E_{74b} + E_{74c} + E_{74d})、Q = (E_{74a} + E_{74d} - E_{74b} - E_{74c}) / (E_{74a} + E_{74b} + E_{74c} + E_{74d}) の関係を取得しておけば、P = P (x、y) 及び Q = Q (x、y) の関係を得ることができるので、P 及び Q の値から、EUV 光 EL の位置 (X、Y) を算出することができる。

【0050】

制御部 80 は、上述のように得られた EUV 光 EL の位置から集光ミラー 42 の駆動量を算出する。これは、集光ミラー 42 を駆動し、集光ミラー 42 の位置及び姿勢と集光点 ECP の位置関係を予め計測しておけばよい。

【0051】

このように、EUV 光 EL の集光点 ECP の位置近傍に集光点検出手段 70 を設けることにより、高精度に集光点 ECP の位置を制御することができる。また、本実施形態では、集光点検出手段 70 として 4 分割センサ 70A を用いているが、露光に影響しない光を用いて、集光点 ECP の位置を検出できるセンサであれば同様の効果を得られることは言うまでもない。

【0052】

光源装置 1 の動作において、レーザー光源部 20 から射出されたレーザー光 LL は、レーザー光学系 32 で集光され、レーザー導入窓 LW からチャンバ CB 内へ導かれる。チャンバ CB に導入されたレーザー光 LL は、ターゲット供給装置 10 から供給されるターゲット TG に照射され、プラズマ PL を生成する。プラズマ PL から発生した EUV 光 EL は、集光ミラー 42 で集光され、例えば、後段の光学系に導かれる。このとき、光源装置 1 は、調整手段 30 及び変動手段 40 によって、ターゲット TG に対して最適な位置にレーザー光 LL を照射すると共に、発生する EUV 光 EL の集光点 ECP の位置を所定の位

10

20

30

40

50

置に維持することができる。そのため、例えば、優れた露光性能を有する露光装置を実現することができる。

【0053】

以上のように、光源装置1によれば、ターゲットに対して常に所定の位置にレーザー光を照射することが可能となり、安定した強度のEUV光源を実現することができる。また、EUV光の発光位置が変動しても、EUV光の集光点の位置は、常に所定の範囲内にあり、例えば、露光装置などに安定したEUV光を供給することができる。

【0054】

以下、図9を参照して、本発明の光源装置1を適用した例示的な露光装置300について説明する。ここで、図9は、本発明の一側面としての露光装置300の構成を示す概略ブロック図である。

10

【0055】

本発明の露光装置300は、EUV光（例えば、波長13.4nm）を用いて、ステップ・アンド・スキャン方式やステップ・アンド・リピート方式でレチクル320に形成された回路パターンを被処理体340に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクオーターミクロン以下のリソグラフィー工程に好適であり、以下、本実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（「スキャナー」とも呼ばれる。）を例に説明する。ここで、「ステップ・アンド・スキャン方式」とは、レチクルに対してウェハを連続的にスキャン（走査）してレチクルパターンをウェハに露光すると共に、1ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次の露光領域に移動する露光方法である。「ステップ・アンド・リピート方式」は、ウェハの一括露光ごとにウェハをステップ移動して次のショットの露光領域に移動する露光方法である。

20

【0056】

ここで、図9を参照する。露光装置300は、照明装置310と、レチクル320を載置するレチクルステージ325と、投影光学系330と、被処理体340を載置するウェハステージ345と、アライメント検出機構350と、フォーカス位置検出機構360とを有する。

30

【0057】

照明装置310は、投影光学系330の円弧状の視野に対する円弧状のEUV光（例えば、波長13.4nm）によりレチクル320を照明する照明装置であって、光源装置1と、照明光学系314とを有する。

【0058】

光源装置1は、上述した通りのいかなる形態をも適用可能であり、ここでの詳細な説明は省略する。

【0059】

照明光学系314は、集光ミラー314a、オプティカルインテグレーター314bから構成される。集光ミラー314aは、レーザープラズマからほぼ等方的に放射されるEUV光を集める役割を果たす。オプティカルインテグレーター314bは、レチクル320を均一に所定の開口数で照明する役割を持っている。

40

【0060】

レチクル320は、反射型レチクルで、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、レチクルステージ325に支持及び駆動されている。レチクル320から発せられた回折光は、投影光学系330で反射されて被処理体340上に投影される。レチクル320と被処理体340とは、光学的に共役の関係に配置される。露光装置300は、スキャナーであるため、レチクル320と被処理体340を走査することによりレチクル320のパターンを被処理体340上に縮小投影する。

【0061】

レチクルステージ325は、レチクル320を支持して図示しない移動機構に接続されている。レチクルステージ325は、当業界周知のいかなる構造をも適用することができる。図示しない移動機構は、リニアモーターなどで構成され、少なくともX方向にレチク

50

ルステージ325を駆動することでレチクル320を移動することができる。露光装置300は、レチクル320と被処理体340を同期した状態で走査する。

【0062】

投影光学系330は、複数の反射ミラー（即ち、多層膜ミラー）330aを用いて、レチクル320面上のパターンを像面である被処理体340上に縮小投影する。複数のミラー330aの枚数は、4枚乃至6枚程度である。少ない枚数のミラーで広い露光領域を実現するには、光軸から一定の距離だけ離れた細い円弧状の領域（リングフィールド）だけを用いて、レチクル320と被処理体340を同時に走査して広い面積を転写する。投影光学系330の開口数（NA）は、0.2乃至0.3程度である。

【0063】

被処理体340は、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の被処理体を広く含む。被処理体340には、フォトレジストが塗布されている。

【0064】

ウェハステージ345は、ウェハチャック345aによって被処理体340を支持する。ウェハステージ345は、例えば、リニアモーターを利用してXYZ方向に被処理体340を移動する。レチクル320と被処理体340は、同期して走査される。また、レチクルステージ325の位置とウェハステージ345の位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。

【0065】

アライメント検出機構350は、レチクル320の位置と投影光学系330の光軸との位置関係、及び、被処理体340の位置と投影光学系330の光軸との位置関係を計測する。また、レチクル320の投影像が被処理体340の所定の位置に一致するようにレチクルステージ325及びウェハステージ345の位置と角度を設定する。

【0066】

フォーカス位置検出機構360は、被処理体340面でフォーカス位置を計測し、ウェハステージ345の位置及び角度を制御することによって、露光中、常時被処理体340面を投影光学系330による結像位置に保つ。

【0067】

露光において、照明装置310から射出されたEUV光はレチクル320を照明し、投影光学系330によりレチクル320面上のパターンを被処理体340面上に結像する。本実施形態において、像面は円弧状（リング状）の像面となり、レチクル320と被処理体340を縮小倍率比の速度比で走査することにより、レチクル320の全面を露光する。露光装置300に用いられる照明装置310が有する光源装置1は、ターゲットに対して最適な位置にレーザー光を照射すると共に、発生するEUV光の集光点の位置を所定の位置に維持することができる。従って、露光装置300は、優れた露光性能を達成し、高いスループットで経済性よくデバイス（半導体素子、LCD素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなど）を提供することができる。

【0068】

次に、図10及び図11を参照して、上述の露光装置300を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図10は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する行程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出

10

20

30

40

50

荷（ステップ7）される。

【0069】

図11は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置300によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッティング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッティングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置300を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

10

【0070】

また、光源装置1は、図12に示すように、被測定体OMの反射率を測定する測定装置400にも適用することができる。図12は、本発明の一側面としての測定装置400の構成を示す概略斜視図である。測定装置400は、光源装置1と、前置鏡410と、スリット420と、回折格子430と、スリット440と、後置鏡450と、検出器460とを有する。

20

【0071】

図12を参照するに、測定装置400は、レーザー光源部20で発生したレーザー光Lをレーザー光学系32で集光及び反射して、ターゲット供給装置10から供給されたターゲットTGに対して照射することでEUV光ELを発生する。EUV光ELは、集光ミラー42で集光され、前置鏡410及びスリット420を通過し、回折格子430で分光された後、スリット440で所望の波長のみが選択される。そして、後置鏡450で再び反射された後、被測定体OMに照射され、被測定体OMで反射された光の大きさを検出器460で検出する。測定装置400は、光源装置1を用いることにより、より高精度な反射率の測定を行うことが可能となる。

30

【0072】

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

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】本発明の一側面としての光源装置の構成を模式的に示す概略断面図である。

【図2】図1に示す光源装置において、レーザー光の集光点の制御について説明する図である。

【図3】図1に示す光源装置において、レーザー光の集光点の制御について説明する図である。

【図4】図1に示す光源装置において、EUV光の集光点の位置の補正について説明する図である。

40

【図5】本発明の一側面としての光源装置の構成を模式的に示す概略断面図である。

【図6】図5に示す集光点検出手段の一例としての4分割センサを示す平面図である。

【図7】4分割センサ（のピンホール）とEUV光との位置関係、及び、4分割センサで検出されるEUV光の強度を示す図である。

【図8】4分割センサ（のピンホール）とEUV光との位置関係、及び、4分割センサで検出されるEUV光の強度を示す図である。

【図9】本発明の一側面としての露光装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図10】デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。

50

【図11】図10に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

【図12】本発明の一側面としての測定装置の構成を示す概略斜視図である。

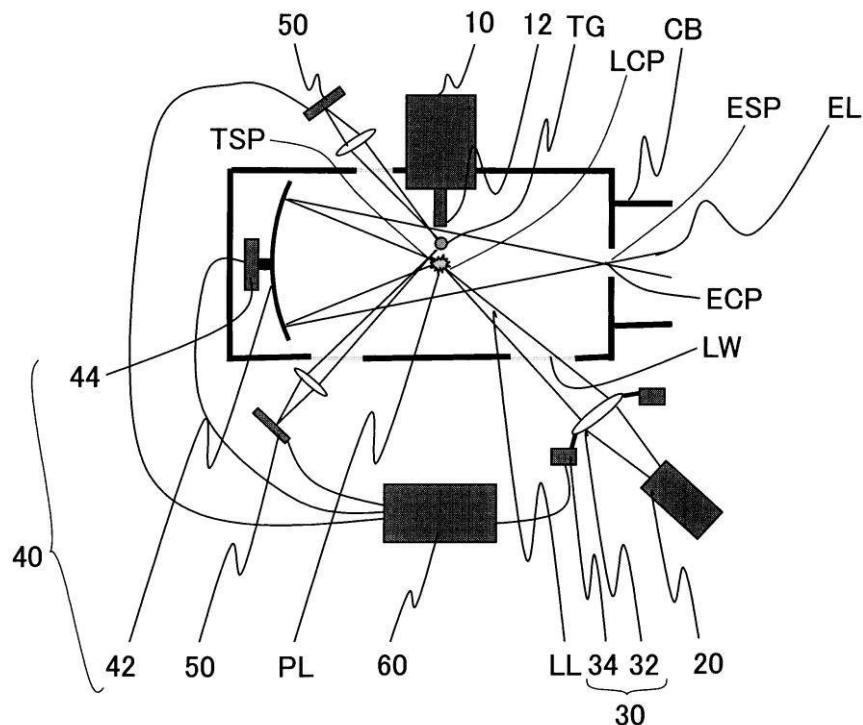
【符号の説明】

【0074】

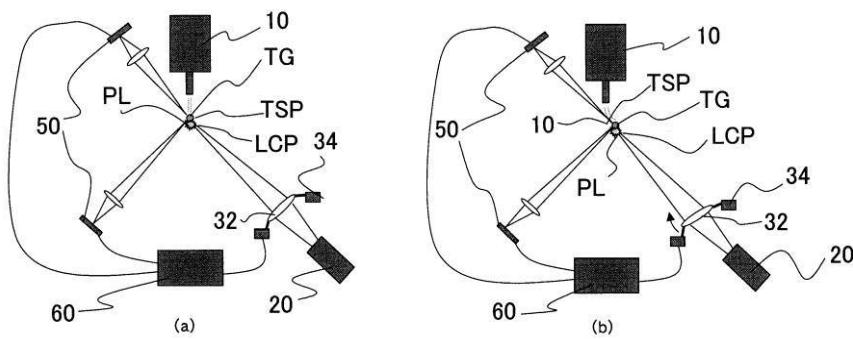
1	光源装置	
10	ターゲット供給装置	
20	レーザー光源部	
30	調整手段	
32	レーザー光学系	
32a	平面ミラー	10
34	駆動機構	
40	変動手段	
42	集光ミラー	
44	駆動装置	
50	ターゲット検出手段	
60	制御部	
70	集光点検出手段	
70A	4分割センサ	
72	ピンホール	
74a乃至74d	センサ	20
80	制御部	
300	露光装置	
400	測定装置	

【図1】

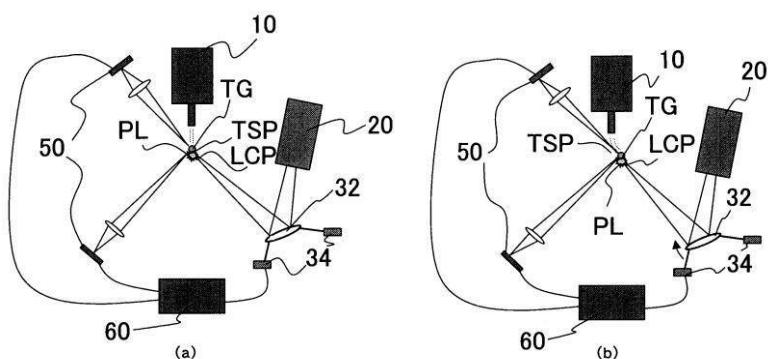
1



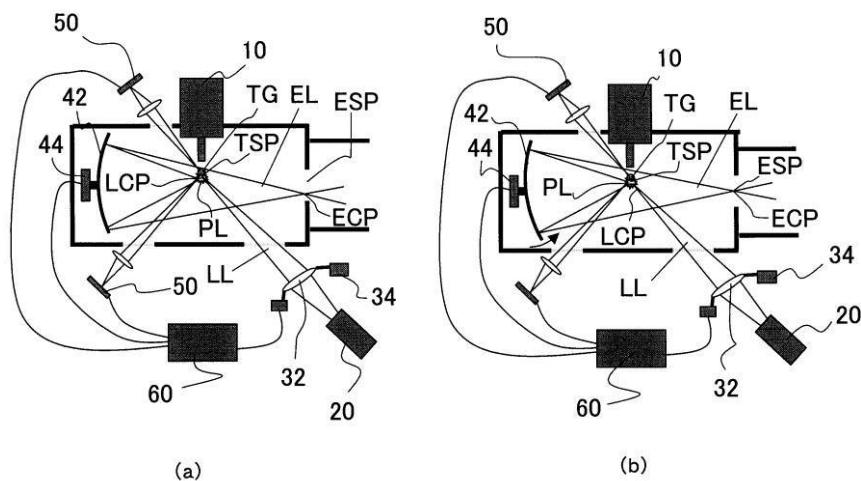
【図2】



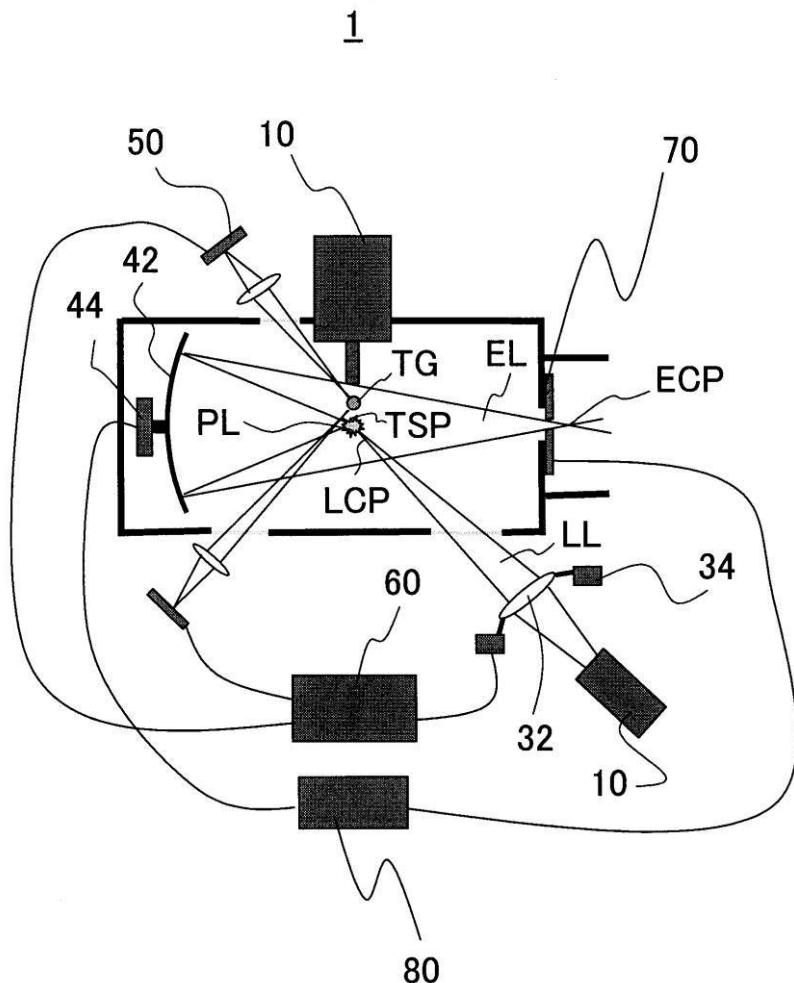
【図3】



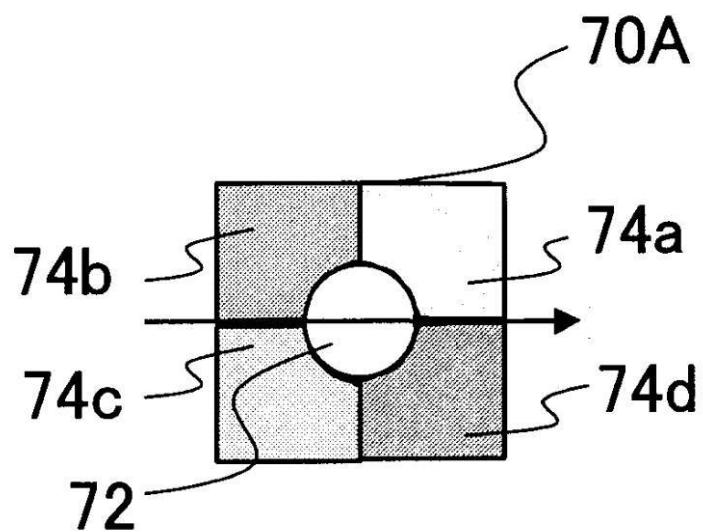
【図4】



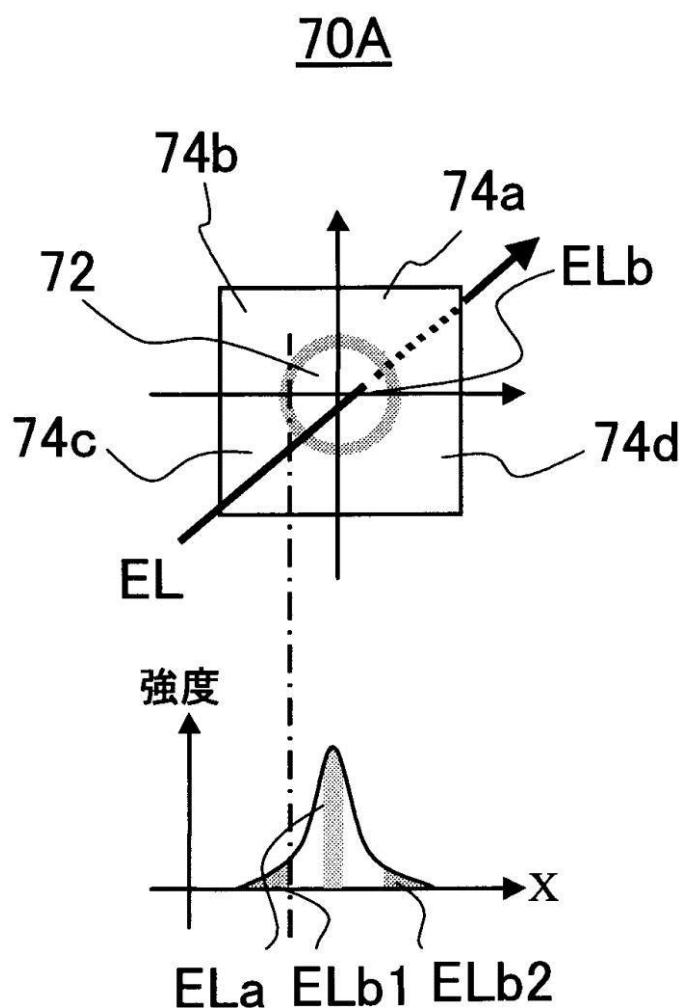
【図5】



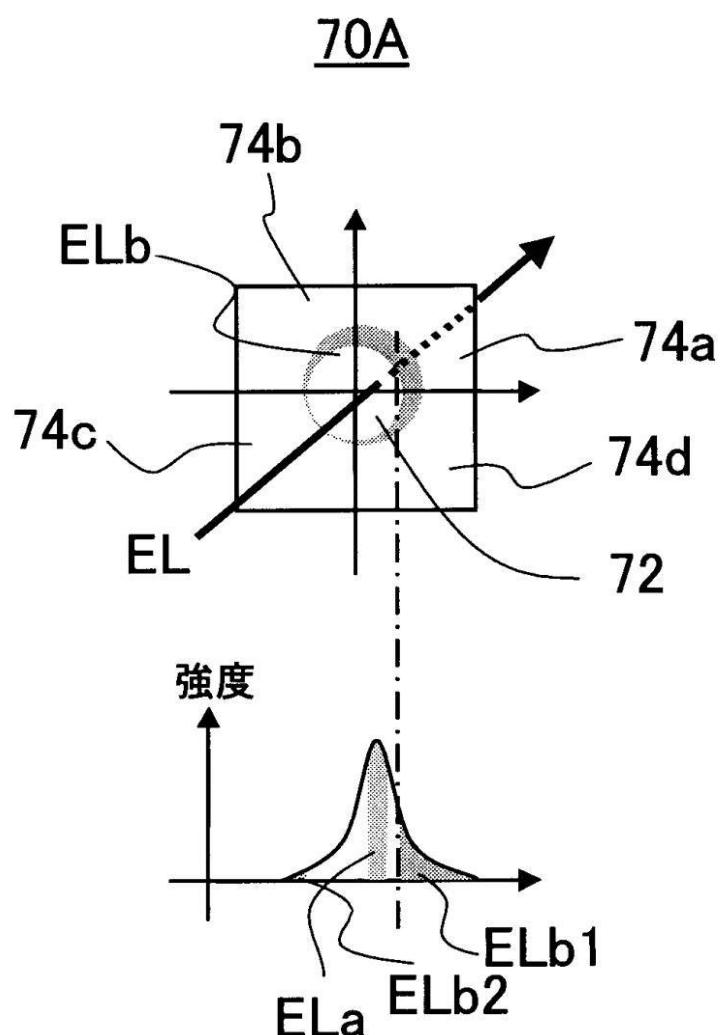
【図6】



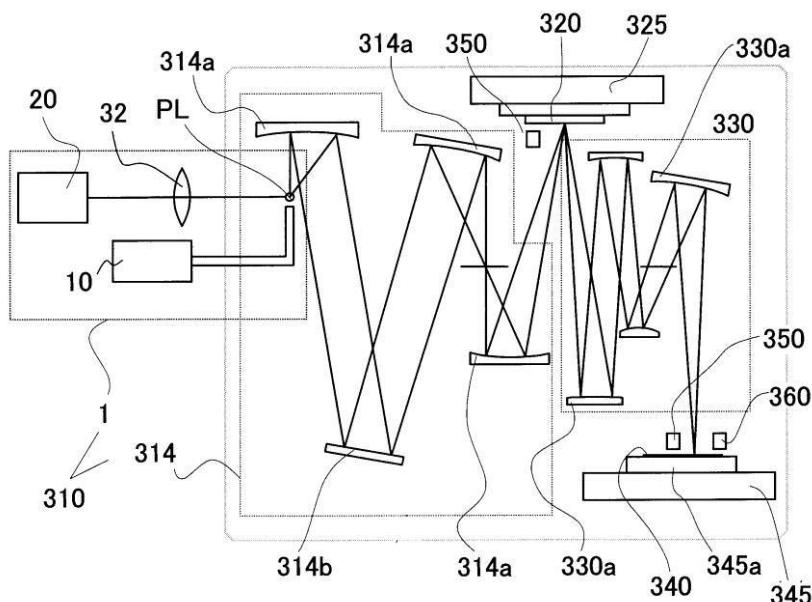
【図7】



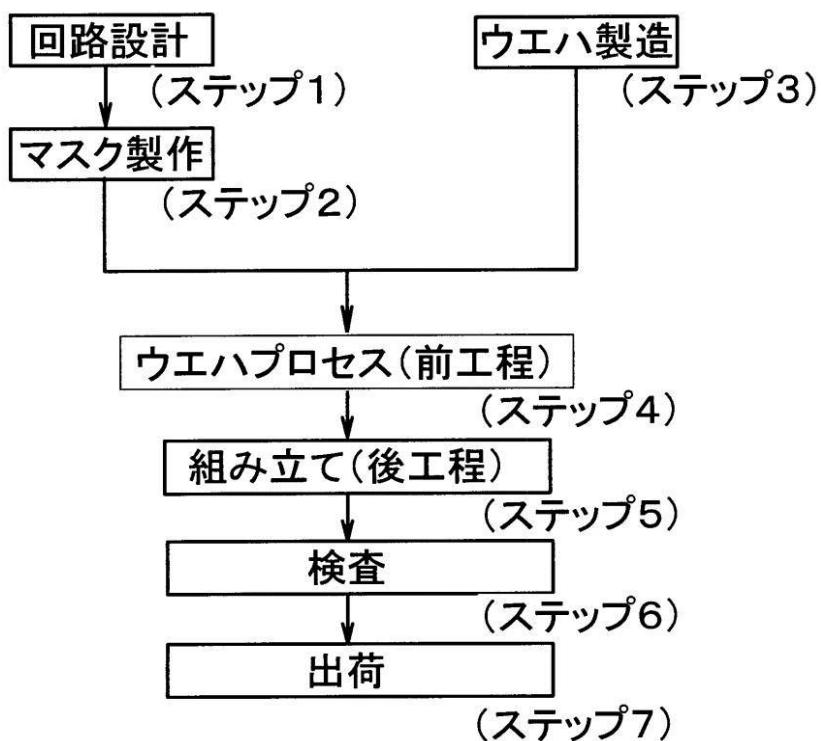
【図8】



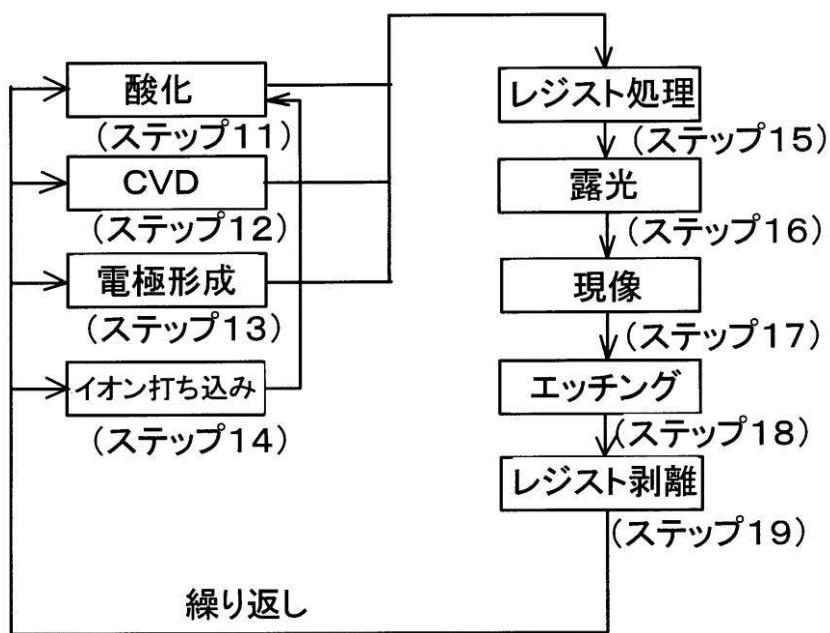
【図9】

300

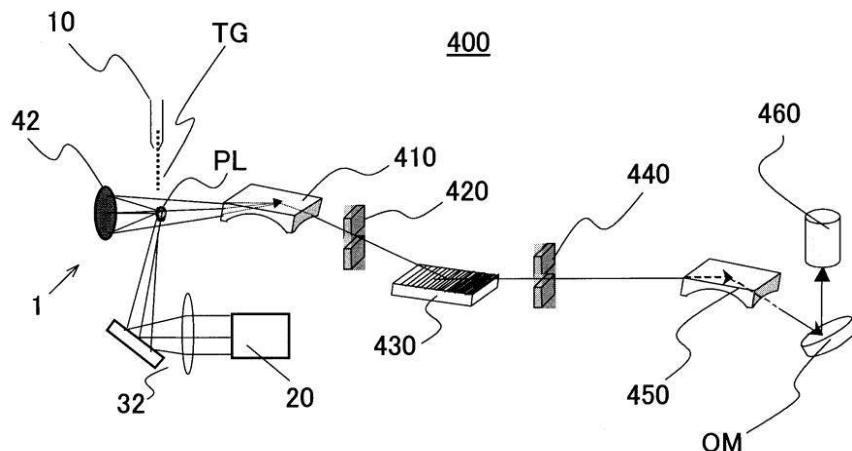
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
G 2 1 K 5/08 (2006.01)	G 2 1 K 5/02 X
H 0 1 L 21/027 (2006.01)	G 2 1 K 5/08 X
H 0 5 H 1/24 (2006.01)	H 0 1 L 21/30 5 3 1 S
	H 0 5 H 1/24

(56)参考文献 特開2004-303725(JP, A)
特表2007-529903(JP, A)
特開2004-111907(JP, A)
特開2000-340395(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 5 G 2 / 0 0
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7