

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4878108号
(P4878108)

(45) 発行日 平成24年2月15日 (2012. 2. 15)

(24) 登録日 平成23年12月9日 (2011. 12. 9)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/027 (2006. 01)	H O 1 L 21/30 5 3 1 S
G O 3 F 7/20 (2006. 01)	G O 3 F 7/20 5 0 3
G 2 1 K 5/08 (2006. 01)	G 2 1 K 5/08 X
H O 5 G 2/00 (2006. 01)	H O 5 G 1/00 K

請求項の数 4 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2004-207856 (P2004-207856)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成16年7月14日 (2004. 7. 14)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-32578 (P2006-32578A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成18年2月2日 (2006. 2. 2)	(74) 代理人	100110412
審査請求日	平成19年7月17日 (2007. 7. 17)		弁理士 藤元 亮輔
		(72) 発明者	山本 武
			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
		(72) 発明者	三宅 明
			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	赤尾 隼人
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、デバイス製造方法、および測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レチクルのパターンを介して被処理体を露光する露光装置であって、
プラズマからの光を反射して集光点を形成する光学部材を含む光源装置と、
前記光源装置からの光を用いて前記レチクルを照明する照明光学系と、
前記レチクルからの光を前記被処理体に投影する投影光学系と、
前記光源装置からの光の前記集光点の位置および前記集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持する維持手段と、を有し、
前記維持手段は、前記照明光学系に接続部材を介して接続され且つ前記集光点からの光の角度および強度の分布を検出する検出手段を含み、前記検出手段により得られた検出結果を用いて、前記照明光学系の光軸の方向および該光軸の方向に直交する方向における前記集光点の位置および該光軸の方向に対する前記集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持する、ことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記維持手段は、
前記光源装置を調整する調整手段と、
前記検出手段の検出結果に基づいて前記調整手段を制御する制御部と、を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に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、

前記ステップで露光された前記被処理体を現像するステップと、を有することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 4】

被測定体の反射率を測定する測定装置であって、
プラズマからの光を反射して集光点を形成する光学部材を含む光源装置と、
前記光源装置からの光を前記被測定体に照射する照射手段と、
前記被測定体で反射した光を検出する検出器と、
前記光源装置からの光の前記集光点の位置および前記集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持する維持手段と、を有し、
前記光源装置は、前記プラズマからの光を反射する光学部材を含み、
前記維持手段は、前記照射手段に接続部材を介して接続され且つ前記集光点からの光の角度および強度の分布を検出する検出手段を含み、前記検出手段により得られた検出結果を用いて、前記照射手段の光軸の方向および該光軸の方向に直交する方向における前記集光点の位置および該光軸の方向に対する前記集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持する、ことを特徴とする測定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置、デバイス製造方法、および測定装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

フォトリソグラフィ（焼き付け）技術を用いて半導体メモリや論理回路など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）に描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路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】

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高くなる。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、超高圧水銀ランプ（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）と用いられる紫外光の波長は短くなってきた。

30

【0004】

しかし、半導体素子は急速に微細化しており、紫外光を用いたリソグラフィでは限界がある。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、紫外光よりも更に波長が短い、波長10nm乃至15nm程度の極端紫外（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。

【0005】

EUV光源としては、例えば、レーザープラズマ光源が用いられる。レーザープラズマ光源は、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、高温のプラズマを発生させ、かかるプラズマから放射される、例えば、波長13nm程度のEUV光を利用するものである。

40

【0006】

このようなEUV光源は、上述したように、半導体素子の製造において、EUV露光装置の光源として注目されており、その調整についても種々の提案がなされている。例えば、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及びCCDによって検知し、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光の発生位置を所定の位置に保つ提案がある（例えば、特許文献1乃至4参照。）。

【特許文献1】特開2000-56099号公報

50

【特許文献2】特開2000-340395号公報

【特許文献3】特開2001-267096号公報

【特許文献4】特開2001-32096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、このような従来技術は、レーザーロッドの温度変化やレーザー光の第2高調波発生用の結晶の温度変化などに起因するパルスレーザー光の発散角や射出方向の変化や、ターゲットの交換等によりEUV光源内部でEUV光の発生位置が変動した場合には調整が可能であるが、例えば、集光ミラーの位置や角度が変動した場合や、EUV光源と後段の光学系との位置関係が温度変化や振動などにより変動した場合には調整ができなくなる。従って、EUV光源から供されるEUV光が一定でなくなり、露光装置においては、露光量不足や露光量ムラ、結像位置の変化等を引き起こし、露光性能の低下を招いてしまう。

10

【0008】

そこで、本発明は、光源装置からの光の集光点の位置および当該集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持するのに有利な露光装置を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の別の側面としての露光装置は、レチクルのパターンを介して被処理体を露光する露光装置であって、プラズマからの光を反射して集光点を形成する光学部材を含む光源装置と、前記光源装置からの光を用いて前記レチクルを照明する照明光学系と、前記レチクルからの光を前記被処理体に投影する投影光学系と、前記光源装置からの光の前記集光点の位置および前記集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持する維持手段と、を有し、前記維持手段は、前記照明光学系に接続部材を介して接続され且つ前記集光点からの光の角度および強度の分布を検出する検出手段を含み、前記検出手段により得られた検出結果を用いて、前記照明光学系の光軸の方向および該光軸の方向に直交する方向における前記集光点の位置および該光軸の方向に対する前記集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持する、ことを特徴とする。

20

30

【0011】

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、前記ステップで露光された前記被処理体を現像するステップと、を有することを特徴とする。

【0012】

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、プラズマからの光を反射して集光点を形成する光学部材を含む光源装置と、前記光源装置からの光を前記被測定体に照射する照射手段と、前記被測定体で反射した光を検出する検出器と、前記光源装置からの光の前記集光点の位置および前記集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持する維持手段と、を有し、前記光源装置は、前記プラズマからの光を反射する光学部材を含み、前記維持手段は、前記照射手段に接続部材を介して接続され且つ前記集光点からの光の角度および強度の分布を検出する検出手段を含み、前記検出手段により得られた検出結果を用いて、前記照射手段の光軸の方向および該光軸の方向に直交する方向における前記集光点の位置および該光軸の方向に対する前記集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持する、ことを特徴とする。

40

【0013】

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】

50

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、例えば、光源装置からの光の集光点の位置および当該集光点からの光の角度分布を所定の位置および角度分布にそれぞれ維持するのに有利な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】

【 0 0 1 5 】

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 0 0 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 0 0 の構成を模式的に示す概略断面図である。

【 0 0 1 6 】

光源装置 1 0 0 は、ターゲット（標的部材）T G にレーザー光 L L を照射してプラズマ P L を生成し、かかるプラズマ P L から放射される E U V 光 E L を供給する光源装置である。光源装置 1 0 0 は、図 1 に示すように、ターゲット供給装置 1 1 0 と、レーザー装置 1 2 0 と、光学部材 1 3 0 と、維持手段 2 0 0 とを有する。

【 0 0 1 7 】

ターゲット供給装置 1 1 0 は、ターゲット射出部 1 1 2 を介して、真空又は減圧環境に維持されたチャンバ C B の所定の位置にターゲット T G を供給する。ターゲット供給装置 1 1 0 は、後述するレーザー装置 1 2 0 のレーザー光 L L の発光に同期して断続的にターゲット T G を供給する。ターゲット T G 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、X e のガス、クラスタでもよい。

【 0 0 1 8 】

レーザー装置 1 2 0 は、レーザー発生部 1 2 2 と、集光素子 1 2 4 とを有し、ターゲット T G にレーザー光 L L を照射してプラズマ P L を生成する機能を有する。

【 0 0 1 9 】

レーザー発生部 1 2 2 は、レーザー光 L L を発生させると共に、発生させたレーザー光 L L を射出する。レーザー光 L L は、本実施形態では、パルスレーザーであり、プラズマ P L （ターゲット T G ）から放射される E U V 光 E L の平均強度を高くするためにはパルスレーザーの繰り返し周波数は高い方がよく、レーザー発生部 1 2 2 は、通常数 k H z の繰り返し周波数で運転される。

【 0 0 2 0 】

集光素子 1 2 4 は、レンズ、ミラー、平行平板ガラスなどから構成され、レーザー発生部 1 2 2 から射出されるレーザー光 L L を、レーザー導入窓 L W を介してチャンバ C B 内に導光する。レーザー導入窓 L W は、チャンバ C B の隔壁の一部として用いられ、レーザー光 L L を透過する部材からなる。集光素子 1 2 4 は、本実施形態では、集光レンズ 1 2 4 a 及び反射ミラー 1 2 4 b から構成される。集光素子 1 2 4 は、E U V 光 E L を効率よく供給するために、レーザー光 L L を、ターゲット T G 上でプラズマ P L 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。

【 0 0 2 1 】

光学部材 1 3 0 は、プラズマ P L から放射される E U V 光 E L を集光し、E U V 光 E L を供給する供給位置 S P P に導光する機能を有する。換言すれば、光学部材 1 3 0 は、供給位置 S P P に配置される後段の光学系など（例えば、露光装置の場合には、照明光学系など）に E U V 光 E L を供給する。

【 0 0 2 2 】

光学部材 1 3 0 は、本実施形態では、反射面に光を強め合う作用を有する多層膜を設けたプラズマ P L の付近を焦点とする回転放物面形状の多層膜ミラーからなり、プラズマ P L から放射された E U V 光を集光せずに（即ち、集光点を形成せずに）、平行光として後段の光学系に供給する。2 0 n m 以下の波長を有する E U V 光 E L を反射することが可能な多層膜は、例えば、モリブデン（M o ）層とシリコン（S i ）層を交互に 2 0 層ほど積層した M o / S i 多層膜や、M o 層とベリリウム（B e ）層を交互に積層した M o / B e 多層膜などがある。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

維持手段 2 0 0 は、供給する E U V 光 E L の位置と供給位置 S P P の基準となる基準点 S T P との位置関係を維持する機能を有する。換言すれば、維持手段 2 0 0 は、光源装置 1 0 0 が供給する E U V 光 E L の供給位置 S P P を常に一定に保つ。なお、基準点 S T P は、光源装置 1 0 0 が E U V 光 E L を供給する後段の光学系に設けられている。

【 0 0 2 4 】

維持手段 2 0 0 は、本実施形態では、光学部材 1 3 0 の位置及び角度を調整する調整手段 2 1 0 と、供給位置 S P P に供給される E U V 光 E L 位置に対応した検出位置での角度を検出する検出手段 2 2 0 と、検出手段 2 2 0 の検出結果を基に、調整手段 2 1 0 を制御する制御部 2 3 0 とを有する。なお、本実施形態において「E U V 光 E L の角度」、「E U V 光 E L の位置（ずれ）」等といった表現を用いるが、特に断らない限り「E U V 光 E L を代表する中心光線」に対しての表現であるとする。

【 0 0 2 5 】

検出手段 2 2 0 は、基準点 S T P に対して（即ち、E U V 光 E L が供給される後段の光学系などに）接続部材 C M を介して剛に接続されている。制御部 2 3 0 は、本実施形態では、検出手段 2 2 0 の検出結果に基づいて、E U V 光 E L の供給位置 S P P と基準点 S T P との位置関係を一定に維持するように、調整手段 2 1 0 を制御する。なお、制御部 2 3 0 は、後述する別の維持手段においても、同様の機能を有する。また、制御部 2 3 0 は、E U V 光 E L の供給位置 S P P と基準点 S T P との位置関係を一定に維持するために必要な動作（例えば、計算等）を全て制御する。

【 0 0 2 6 】

以下、図 2 乃至図 7、図 2 4 及び図 2 5 を参照して、維持手段 2 0 0 について具体的に説明する。図 2 は、検出手段 2 2 0 の構成の一例を示す概略斜視図である。検出手段 2 2 0 は、図 2 に示すように、本実施形態では、ピンホール板 2 2 1 及び 2 次元センサ 2 2 2 で構成される。

【 0 0 2 7 】

図 2 を参照するに、光学部材 1 3 0 で反射された E U V 光 E L は、ピンホール板 2 2 1 が有するピンホール 2 2 1 a を通過して、2 次元センサ 2 2 2 に照射される。ここで、E U V 光 E L が照射される 2 次元センサ 2 2 2 上の照射点を I R P とし、照射点 I R P の中心位置を（X 1 , Y 1 ）とする。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、図 2 に示す検出手段 2 2 0 において、X 軸方向だけを取り出した図である。図 3 を参照するに、ピンホール板 2 2 1 のピンホール 2 2 1 a から 2 次元センサ 2 2 2 までの距離を L 1 とすると、角度 W y 1 は、 $W y 1 = - X 1 / L 1$ で表される。但し、角度 W y は、図 3 に示す W y + の方向を正とする。

【 0 0 2 9 】

図 4 は、2 次元センサ 2 2 2 の一例として 2 次元 C C D 2 2 2 A を示す概略平面図である。図 4 を参照するに、2 次元 C C D 2 2 2 A は、数万個乃至数百万個の画素 2 2 2 A a が並べられており、各画素からの出力を処理することで照射点 I R P の中心位置（X 1 , Y 1 ）を算出することができる。

【 0 0 3 0 】

図 5 は、2 次元センサ 2 2 2 の一例として 4 分割センサ 2 2 2 B を示す概略平面図である。図 5 を参照するに、4 分割センサ 2 2 2 B は、4 つのセンサ 2 2 2 B a 、2 2 2 B b 、2 2 2 B c 及び 2 2 2 B d からなる。例えば、センサ 2 2 2 B a に照射されるエネルギーを E a 、センサ 2 2 2 B b に照射されるエネルギーを E b 、センサ 2 2 2 B c に照射されるエネルギーを E c 、センサ 2 2 2 B d に照射されるエネルギーを E d とすると、4 分割センサ 2 2 2 B を E U V 光 E L に対して動かすなどして、E U V 光 E L の位置（X , Y ）と $P = (E a + E b - E c - E d) / (E a + E b + E c + E d)$ 、 $Q = (E a + E d - E b - E c) / (E a + E b + E c + E d)$ の関係を予め取得しておけば、 $P = P(x, y)$ 及び $Q = Q(x, y)$ の関係を得ることができる。従って、P 及び Q の値から、4

10

20

30

40

50

分割センサ 2 2 2 B 上の照射点 I R P の中心位置 (X 1 , Y 1) を算出することができる。

【 0 0 3 1 】

このように、ピンホール板 2 2 1 及び 2 次元センサ 2 2 2 で構成される検出手段 2 2 0 は、基準点 S T P に対して接続部材 C M を介して剛に接続されているため、光源装置 1 0 0 の位置が後段の光学系に対して変動した場合に、検出位置における E U V 光 E L の角度の変化、ひいては供給位置 S P P における位置の変化を正確に検出することができる。

【 0 0 3 2 】

図 2 4 は、図 2 に示す検出手段 2 2 0 の別の検出手段 2 2 0 D の構成を示す概略断面図である。図 2 に示す検出手段 2 2 0 においては、ピンホール板 2 2 1 と、2 次元センサ 2 2 2 とを組み合わせる E U V 光 E L の角度を検出したが、検出手段 2 2 0 D は、図 2 4 に示すように、第 1 のスリット 2 2 1 D と、第 2 のスリット 2 2 2 D と、第 1 の光量センサ 2 2 3 D と、第 1 のスリット 2 2 1 D よりも前段に配置された第 2 の光量センサ 2 2 4 D とを有する。また、図 2 4 (a) に示されるように、第 1 のスリット 2 2 1 D と第 2 のスリット 2 2 2 D とは、互いに光源装置 1 0 0 の光軸 (図 2 4 中、二点鎖線で表している) に対して垂直方向にずれた位置に配置されている。

【 0 0 3 3 】

第 1 のスリット 2 2 1 D 及び第 2 のスリット 2 2 2 D を、図 2 4 (a) に示すように配置すると、例えば、図 2 4 (b) に示すように E U V 光 E L が第 1 の光量センサ 2 2 3 D 及び第 2 の光量センサ 2 2 4 D に対して垂直に入射した場合と、図 2 4 (c) 及び図 2 4 (c) に示すように E U V 光 E L が第 1 の光量センサ 2 2 3 D 及び第 2 の光量センサ 2 2 4 D に対して角度を有して入射した場合には、第 1 の光量センサ 2 2 3 D に入射する E U V 光 E L の光量が変化することを利用して E U V 光 E L の角度を検出することができる。

【 0 0 3 4 】

但し、第 1 の光量センサ 2 2 3 D のみで検出している場合には、E U V 光 E L の光量全体が変化した場合に、E U V 光 E L の角度変化と区別がつかない。このような場合には、第 2 の光量センサ 2 2 4 D を用いて光量を規格化することで E U V 光 E L の角度を算出することが可能である。例えば、第 1 の光量センサ 2 2 3 D の出力を E 1 、第 2 の光量センサ 2 2 4 D の出力を E 2 とした場合に、予め E U V 光 E L の角度を変化させるなどして、角度と E 1 / E 2 の関係を取得しておけば、E 1 / E 2 の出力から E U V 光 E L の角度を算出することができる。

【 0 0 3 5 】

図 2 5 は、検出手段 2 2 0 の別の構成を示す概略断面図である。図 2 に示す検出手段 2 2 0 は、ピンホール板 2 2 1 と、2 次元センサ 2 2 2 との組み合わせで構成したが、本実施形態では、凹面ミラー 2 2 5 と、2 次元センサ 2 2 2 を組み合わせている。

【 0 0 3 6 】

図 2 5 を参照するに、E U V 光 E L は、凹面ミラー 2 2 5 で結像され、2 次元センサ 2 2 2 上に照射点 I R P を形成する。ここで、予め E U V 光 E L の角度を変化させるなどして、角度に応じた照射点 I R P の座標 (位置) を取得しておけば、照射点 I R P の位置から E U V 光 E L の角度を検出することができる。

【 0 0 3 7 】

図 6 は、調整手段 2 1 0 の構成の一例を示す概略斜視図である。図 6 を参照するに、調整手段 2 1 0 は、光学部材 1 3 0 を W x 方向に回転駆動する駆動機構 2 1 1 と、光学部材 1 3 0 を W y 方向に回転駆動する駆動機構 2 1 2 とを有し、光学部材 1 3 0 を駆動することで、E U V 光 E L の角度を自由に变えることができる。

【 0 0 3 8 】

図 7 は、検出手段 2 2 0 の検出結果を基にした光学部材 1 3 0 の具体的な駆動について説明する図である。なお、図 7 では、説明を簡単にするために、Y 軸周りのみを示している。図 2 及び図 3 における E U V 光 E L の角度を W y 1 とし、図 7 において、光学部材 1 3 0 の Y 軸周りの回転を W y としたとき、光学部材 1 3 0 を駆動する駆動量を W y とす

10

20

30

40

50

る。この場合、光学部材 130 を $W_y = 1/2 \times W_{y1}$ だけ駆動すれば、EUV 光 EL を供給位置 SPP に戻すことができる。同様に、X 軸周りの回転を W_x としたとき、光学部材 130 を駆動する駆動量を W_x とする。この場合、光学部材 130 を $W_x = 1 \times W_{x1}$ だけ駆動すれば、EUV 光 EL を供給位置 SPP に戻すことができる。また、光学部材 130 を一度駆動しても EUV 光 EL を供給位置 SPP に戻すことができない場合には、照射点 IRP の中心位置 (X1、Y1) から駆動量 W_x 及び W_y を算出し、光学部材 130 の駆動を繰り返し行ってもよい。

【0039】

以下、図 8 及び図 9 を参照して、光源装置 100 の変形例である光源装置 100A について説明する。図 8 は、光源装置 100A の構成を示す概略断面図である。光源装置 100A は、図 1 に示す光源装置 100 と同様であるが、維持手段 200A の構成が異なる。維持手段 200A は、本実施形態では、検出手段 220 と、制御部 230 と、調整手段 240 とを有する。調整手段 240 は、例えば、反射ミラー 124b の X 軸回転を担う X 軸ステージと、反射ミラー 124b の Y 軸回転を担う Y 軸ステージとを有し、各々のステージが独立に駆動するように構成される。

【0040】

図 9 は、図 8 に示す光源装置 100A の主要部分を示す概略断面図である。なお、図 9 では、説明を簡単にするために、ターゲット TG は、X 軸に対して平行に供給されているものとする。図 9 において、反射ミラー 124b から EUV 光 EL の発生点 (即ち、プラズマ PL) までの X 軸方向の設計上の距離を D_1 とし、EUV 光 EL の発生点 (即ち、プラズマ PL) から光学部材 130 までの Y 軸方向の設計上の距離を D_2 とし、反射ミラー 124b から EUV 光 EL の発生点 (即ち、プラズマ PL) までの Y 軸方向の設計上の距離を D_3 とする。

【0041】

レーザー光 LL の光軸と X 軸との設計上のなす角 θ は、以下の数式 1 で表される。

【0042】

【数 1】

$$\tan \theta = D_1 / D_3$$

【0043】

従って、距離 D_1 は、以下の数式 2 で表される。

【0044】

【数 2】

$$D_1 = \tan \theta \times D_3$$

【0045】

このとき、EUV 光 EL の発生点 (プラズマ PL) の位置を X だけ移動する (プラズマ PL' の位置) ことで EUV 光 EL の角度を変更しようとする。反射ミラー 124b の駆動量を W_y とすれば、以下の数式 3 を満足する駆動量 W_y を算出し、かかる駆動量 W_y に基づいて反射ミラー 124b を駆動すればよい。

【0046】

【数 3】

$$D1 - \Delta X = D3 \times \tan(\theta - 2 \times \Delta W_y)$$

【0047】

数式 3 において、 W_y に 2 倍の係数をかける理由は、反射ミラー 124b が W_y 動けば、反射ミラー 124b で反射されるレーザー光 LL の光軸は 2 倍の角度分だけ動くためである。

【0048】

一方、数式 3 を変形した以下の数式 4 を $X/D3 \ll 1$ 、且つ、 $W_y \ll 1$ ($X/D3$ 及び W_y が 1 に比べて十分に小さい) として解くと以下の数式 5 が得られる。

【0049】

【数 4】

$$\tan(\theta - 2 \times \Delta W_y) = (D1 - \Delta X) / D3$$

【0050】

【数 5】

$$\begin{aligned} \Delta W_y &= 1/2 \times (1 / (1 + \tan^2(\theta)) \times \Delta X / D3 \\ &= 1/2 \times \cos^2(\theta) \times \Delta X / D3 \end{aligned}$$

20

【0051】

従って、駆動量 W_y だけ反射ミラー 124b を駆動すればよい。

【0052】

EUV 光 EL が供給位置 SPP に対して W_y1 だけ傾いている場合、 W_y1 は、以下の数式 6 で表される。

【0053】

【数 6】

$$W_y1 = \Delta X / D2$$

30

【0054】

従って、以下の数式 7 を満足する駆動量 W_y だけ反射ミラー 124b を駆動すればよい。

【0055】

【数 7】

$$\Delta W_y = 1/2 \times \cos^2(\theta) \times D2 \times W_y1 / D3$$

40

【0056】

以上では、EUV 光 EL が供給位置 SPP に対して X 軸方向にずれた場合に、反射ミラー 124b を W_y 方向に駆動することについて説明したが、EUV 光 EL が供給位置 SPP に対して Y 軸方向にずれた場合も同様に、以下の数式 8 を満足する駆動量 W_x に基づいて、反射ミラー 124b を W_x 方向に駆動すればよい。

【0057】

【数 8】

$$\Delta W_x = 1 / 2 \times \cos^2(\theta) \times D_2 \times W_{x1} / D_3$$

【0058】

また、本実施形態では詳しく説明しないが、ターゲット T G の位置を変えることで同様の効果を得ることができる。

【0059】

以下、図 10 及び図 12 を参照して、光源装置 100 の変形例である光源装置 100 B について説明する。図 10 は、光源装置 100 B の構成を示す概略断面図である。光源装置 100 B は、図 1 に示す光源装置 100 と同様であるが、維持手段 200 B の構成が異なる。維持手段 200 B は、本実施形態では、調整手段 210 と、制御部 230 と、検出手段 250 とを有する。検出手段 250 は、プラズマ P L からの E U V 光 E L を検出するセンサ 252 と、E U V 光 E L をセンサ 252 に結像させる光学素子 254 とから構成され、プラズマ P L (即ち、E U V 光 E L の発生点) の位置を検出する。光学素子 254 は、本実施形態では、凸レンズであるが、凹面ミラーであっても同様の効果を得ることができる。

【0060】

光源装置 100 B は、検出手段 250 によってプラズマ P L の位置を検出することができるため、E U V 光 E L の光軸が供給位置 S P P からずれた場合に、光学部材 130 をどのように駆動すればよいのかを制御部 230 にデータとして格納しておき、かかるデータに基づいて光学部材 130 を駆動することで、E U V 光 E L の角度と基準点 S T P との位置関係を一定に維持することができる。

【0061】

図 11 は、図 10 に示す光源装置 100 B の主要部分を示す概略断面図である。図 11 において、検出手段 250 は、プラズマ P L (の位置) がプラズマ P L ' (の位置) に移動したことを検出する。これにより、E U V 光 E L もプラズマ P L ' から発生する E U V 光 E L ' に変わり、図 11 に示すように、角度が変動する。この場合、調整手段 210 を介して光学部材 130 を駆動し、光学部材 130 ' のように姿勢を変えることで、E U V 光 E L ' の角度変化させ、所定の角度の E U V 光 E L ' ' に戻すことができる。

【0062】

以下、図 12 及び図 13 を参照して、光源装置 100 A の変形例である光源装置 100 C について説明する。図 12 は、光源装置 100 C の構成を示す概略断面図である。光源装置 100 C は、図 8 に示す光源装置 100 A と同様であるが、維持手段 200 C の構成が異なる。維持手段 200 C は、本実施形態では、検出手段 220 と、制御部 230 と、調整手段 240 及び 260 とを有する。調整手段 260 は、ターゲット供給装置 110 の位置及び / 又は角度を調整する機能を有する。換言すれば、調整手段 260 は、チャンバ C B 内に供給するターゲット T G の位置を変えることができる。調整手段 260 は、例えば、X 軸、Y 軸、Z 軸及び各軸周りの 6 軸を有するステージとして具現化される。また、構成を簡単にするために、X 軸周り、Y 軸周り及び Z 軸の 3 軸を有するステージを調整手段 260 としてもよい。

【0063】

図 13 は、図 12 に示す光源装置 100 C の主要部分を示す概略斜視図である。図 13 (a) に示すように、ターゲット T G 上に集光点がくるようにレーザー光 L L を照射すれば、安定した E U V 光 E L を得ることができる。しかし、上述したように、調整手段 240 によって反射ミラー 124 b を駆動した場合には、必ずしもターゲット T G 上に集光点がくるとは限らない。そこで、調整手段 240 を介して反射ミラー 124 b を駆動し、レーザー光 L L の集光点が距離 だけ変動した場合に、図 13 (b) に示すように、調整手段 260 によってターゲット供給装置 110 を駆動してターゲット T G の位置も距離 だけ移動させることで、安定した E U V 光 E L を得ることができる。

【0064】

10

20

30

40

50

以下、図 1 4 及び図 1 5 を参照して、光源装置 1 0 0 B の変形例である光源装置 1 0 0 D について説明する。図 1 4 は、光源装置 1 0 0 D の構成を示す概略断面図である。光源装置 1 0 0 D は、図 1 0 に示す光源装置 1 0 0 B と同様であるが、維持手段 2 0 0 D の構成が異なる。維持手段 2 0 0 D は、本実施形態では、調整手段 2 1 0、2 4 0 及び 2 6 0 と、制御部 2 3 0 と、検出手段 2 7 0 及び 2 8 0 とを有する。検出手段 2 7 0 は、光学部材 1 3 0 の位置及び / 又は角度を検出する機能を有する。検出手段 2 8 0 は、反射ミラー 1 2 4 b の位置及び / 又は角度を検出する機能を有する。検出する方法としては例えばガイド部分に取り付けられたエンコーダにより位置や角度を読み取る方法、またはミラーの背面と基準面との距離を複数の点において測距センサで計測する方法が一例として考えられる。

10

【 0 0 6 5 】

光源装置 1 0 0 D は、検出手段 2 7 0 及び / 又は 2 8 0 の検出結果を基に、調整手段 2 1 0、2 4 0、2 6 0 のうち少なくとも一を駆動することで、E U V 光 E L の角度を基準点 S T P に対して一定に保持することができる。

【 0 0 6 6 】

図 1 5 は、図 1 4 に示す光源装置 1 0 0 D の主要部分を示す概略断面図である。なお、光学部材 1 3 0 の位置や角度が変動した場合に、E U V 光 E L の発生点（即ち、プラズマ P L の位置）をどの位置に移動すればよいかは予め分かっているものとする。図 1 5 を参照するに、光学部材 1 3 0（の位置）が光学部材 1 3 0'（の位置）に移動したことを検出手段 2 7 0 は検出する。光学部材 1 3 0' の位置では、E U V 光 E L は E U V 光 E L' となり、変動する。この場合、プラズマ P L の位置をプラズマ P L' の位置にすることで、E U V 光 E L' を所定の位置に戻すことができることがわかっているため、反射ミラー 1 2 4 b を調整手段 2 4 0 によって適当に駆動し、所定の E U V 光 E L' ' に戻すことができる。このとき、ターゲット T G の位置をターゲット T G' の位置に移動させることで、E U V 光 E L' ' も安定して発生させることができる。

20

【 0 0 6 7 】

図 1 5 では、光学部材 1 3 0 が変動した場合に、光学部材 1 3 0 以外を駆動することで E U V 光 E L を所定に保つ例を説明したが、例えば、反射ミラー 1 2 4 b が変動した場合に、光学部材 1 3 0 及びターゲット供給装置 1 1 0（即ち、ターゲット T G の位置）を駆動することでも同様の効果を得ることができる。

30

【 0 0 6 8 】

以下、図 1 6 乃至図 2 3 を参照して、光源装置 1 0 0 の変形例である光源装置 1 0 0 E について説明する。図 1 6 は、光源装置 1 0 0 E の構成を示す概略断面図である。光源装置 1 0 0 E は、図 1 に示す光源装置 1 0 0 と同様であるが、光学部材 1 3 0 A と維持手段 2 0 0 E の構成が異なる。

【 0 0 6 9 】

光学部材 1 3 0 A は、本実施形態では、プラズマ P L の付近を第 1 焦点とする回転楕円面形状の多層膜ミラーであり、第 2 焦点 F P 付近に E U V 光を一旦集光する。

【 0 0 7 0 】

維持手段 2 0 0 E は、本実施形態では、調整手段 2 1 0、2 4 0 及び 2 6 0 と、制御部 2 3 0 と、検出手段 2 9 0 とを有する。検出手段 2 9 0 は、E U V 光 E L の位置を検出する機能を有する。なお、検出手段 2 9 0 の具体的な構成等については後述する。光源装置 1 0 0 E は、検出手段 2 9 0 によって検出された E U V 光 E L の位置に基づいて、ターゲット供給装置 1 1 0、調整手段 2 1 0、2 4 0 及び 2 6 0 を介して、反射ミラー 1 2 4 b、光学部材 1 3 0 A のうちのいずれか、又は、全てを駆動し、E U V 光 E L の位置を基準点 S T P に対して所定に保つことができる。

40

【 0 0 7 1 】

図 1 7 は、図 1 6 に示す光源装置 1 0 0 E の主要部分を示す概略断面図である。図 1 7 において、検出手段 2 9 0 は、所定の位置からずれた E U V 光 E L' を検出する。この場合、光学部材 1 3 0 A の位置を光学部材 1 3 0 A' の位置に駆動すると共に、プラズマ P

50

Lの位置（即ち、EUV光ELの発光点）をプラズマPL'に駆動することで、EUV光EL'の位置をEUV光ELの位置（即ち、所定の位置）に戻すことができる。

【0072】

ここで、検出手段290について説明する。図18は、検出手段290の一例として4分割センサ290Aを示す概略平面図である。図18を参照するに、4分割センサ290Aは、4つのセンサ292Aa、292Ab、292Ac及び292Adから構成され、中央にピンホール294Aを有する。ピンホール294A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の位置の変動が検出できる大きさで形成される。例えば、EUV光ELがガウス分布の形状を有する強度分布の場合には、ピンホール294A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、EUV光ELの位置を検出することができる。

10

【0073】

図19及び図20は、4分割センサ290A（のピンホール294A）とEUV光ELの位置関係、及び、4分割センサ290Aで検出されるEUV光ELの強度を示す図である。図19及び図20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290Aに照射され、EUV光ELの位置の検出に用いられる光を示している。

【0074】

図19を参照するに、EUV光ELは、4分割センサ290Aのピンホール294Aの中心部分に照射されている。この場合、4分割センサ290Aのセンサ292Aa乃至292Adには、エネルギーが均等に照射されている。しかし、図20に示すように、EUV光ELが、4分割センサ290Aのピンホール294Aの中心部分に照射されていない場合には、4分割センサ290Aのセンサ292Aaに一番多くのエネルギーが照射されていることになる。この場合、例えば、センサ292Aaに照射されるエネルギーをEa、センサ292Abに照射されるエネルギーをEb、センサ292Acに照射されるエネルギーをEc、センサ292Adに照射されるエネルギーをEdとすると、上述した4分割センサ292Bと同様に、P及びQの値から、4分割センサ292Aに照射されるEUV光ELの位置（X、Y）を算出することができる。

20

【0075】

図21は、検出手段290の一例としてフィルタ292Bを用いた検出機構290Bの構成を示す概略斜視図である。図21を参照するに、検出機構290Bは、フィルタ292BにEUV光ELが照射されたときに散乱する散乱光SELをレンズ294Bで結像し、CCD296Bで計測することで、散乱光SELの位置を検出することができる。CCD296Bが検出する光は、EUV光ELがフィルタ292Bに照射されたときに発生する赤外線でもよいし、EUV光ELと同時にプラズマPLで発生する可視光でもよい。EUV光ELの散乱光SELを検出する場合には、レンズ294Bの代わりに多層膜ミラーを使用してもかまわない。

30

【0076】

図22は、検出手段290の一例として2次元CCD292Cを用いた検出機構290Cの構成を示す概略斜視図である。図22を参照するに、検出機構290Cは、2次元CCD292Cを移動機構294Cを用いて任意のタイミングでEUV光ELの光路中に挿脱可能に構成することで、EUV光ELの位置を検出することができる。2次元CCD292Cは、例えば、露光時にはEUV光ELの光路中から退避し、定期的又は随時（例えば、ウェハ交換時など）、光路中に挿入され、EUV光ELの位置を検出する。また、移動機構294Cも十分に剛に構成されているので、検出機構290Cは、移動機構294Cが無い場合と同様に、正確に基準点STPとの位置関係を検出することができる。

40

【0077】

図23は、検出手段290の一例としてワイヤ292Da乃至292Ddを用いた検出機構290Dの構成を示す概略斜視図である。図23を参照するに、ワイヤ292Da乃

50

至 292 D d は、電流計 294 D a 乃至 294 D d を介してチャンバ C B に接続されている。検出機構 290 D に E U V 光 E L が照射されると、光源効果によってワイヤ 292 D a 乃至 292 D d に電子 e が放出される。従って、検出機構 290 D は、ワイヤ 292 D a 乃至 292 D d に流れる電流（即ち、電子 e）の大きさを検出することで、E U V 光 E L の位置を検出することができる。なお、ワイヤ 292 D a 乃至 292 D d を十分に細くすれば、後段の光学系に供給する E U V 光 E L をほとんど損なうことなく、E U V 光 E L の位置を検出することができる。

【0078】

図 33 は E U V 光源 100 E から射出される E U V 光について説明したものである。プラズマ P L から射出された E U V 光 E L は集光ミラー 130 A によって反射され、集光点 F P で一旦集光する。ここで光軸の方向に Z 軸座標をとる。集光点 F P で一旦集光した光は $Z = Z_0$ 平面上を X Y 方向に自在に動く検出手段 290 E によってその位置に照射される光の角度と強度を同時に計測することができる。光源 100 E にはプラズマ P L から発散するデブリを除去するためのデブリ除去装置 502 が置かれている。そのためプラズマ P L からの E U V 光 E L は、その一部が欠けており、集光点 F P から離れた位置では図 34 (a) に示すように中央部分の光量が無いドーナツ状の強度を示す。それをある X 座標の位置で切り取った断面が図 34 (b) である。図 34 (b) では Y 方向に検出手段 290 E をスキャンすることで得られた光量をプロットしたグラフである。ここにはドーナツ上の強度に対応した 505 a、505 b と二つのピークが現れている。

【0079】

図 35 を使って検出手段 290 E について説明する。検出手段 290 E のピンホール 506 から入射した E U V 光 E L はピンホールの後方に置かれた 2 次元センサ 507 上の位置 508 に照射される。このことにより入射光の角度を検出することができる。2 次元センサは例えば 2 次元 C C D を使ってもよいし 2 次元 P S D を使用してもよい。図 36 は角度の算出方法を示している。ピンホール 506 から E U V 光 E L が通過し 2 次元センサ 507 上に d Y だけ変化した位置に照射されたとすると E L の角度は $\tan = d Y / L_1$ で計算することができる。

【0080】

図 37 は図 33 ~ 図 36 までは説明した検出手段 290 E を使って E U V 光源 100 E の光軸の角度を具体的に算出する方法について説明した図である。図 37 において集光点 F P の位置が F P a から Z 方向に d Z、Y 方向に d Y だけずれた場合を考える。図 33 と同じように $Z = Z_0$ 面上をスキャンしてその位置における強度と入射角度を計測する。入射角度を計測した結果が例えば図 38 となったとする。図 38 においては $Y = d Y$ において入射光の角度が 0 であり計測位置 Y における入射角のタンジェント (\tan) が 509 のような直線のプロットされる。この直線の傾きを a とする。一方移動した集光点 F P b から $Z = Z_0$ 平面までの距離を L_2 とすると入射光の角度は $\tan = Y / L_2$ で表すことができるので、 $Y / \tan = L_2$ となるが、これが即ち直線 509 の傾きとなる。このことから集光点 F P の Z 方向と Y 方向への変動を算出することができる。ここでは集光点 F P の Z、Y 方向への変動のみについて扱ったが、Y 方向への算出方法と同様な方法で X 方向の変動を計測することができる。

【0081】

さらに、検出手段 290 E をスキャンして得られる強度分布が図 37 のように表される場合、505 a の重心を G 1、505 b の重心が G 2 と計算されたとする。さらに、G 1、G 2 の中間点を G とすると光軸 508 が点 G を通過することがわかる。このことから光軸の角度は $\tan = (G - d Y) / L_2$ で与えることができる。ここで示した角度は X 軸周りの回転量 についてのみ説明したが同じように Y 軸周りの回転量についても計測することができる。

【0082】

このようにして集光点を持つ E U V 光源の中間集光点の位置変動と光軸の角度変動を計測することができる。

【 0 0 8 3 】

以下、図 2 6 及び図 2 7 を参照して、光源装置 1 0 0 の変形例である光源装置 1 0 0 F について説明する。図 2 6 は、光源装置 1 0 0 F の構成を示す概略断面図である。光源装置 1 0 0 F は、上述の光源手段 1 0 0 乃至 1 0 0 E の構成を全て有し、E U V 光 E L の光軸の位置及び / 又は角度を基準点 S T P に対して所定の位置（即ち、供給位置 S P P）に保つことができる。

【 0 0 8 4 】

図 2 7 は、図 2 6 に示す光源装置 1 0 0 F の主要部分を示す概略断面図である。なお、図 2 7 では、説明を簡単にするために、Y 軸周りのみを示している。また、E U V 光 E L の発生点（即ち、プラズマ P L の位置）から光学部材 1 3 0 までの距離を L 4 とし、検出手段 2 9 0 から光学部材 1 3 0 までの距離を L 5 とする。

10

【 0 0 8 5 】

図 2 7 を参照するに、プラズマ P L の位置をプラズマ P L ' の位置に移動し、光学部材 1 3 0 の位置を光学部材 1 3 0 ' の位置に移動すると共に、角度を q 1 だけ移動すると、検出手段 2 9 0 の位置においては、E U V 光 E L から E U V 光 E L ' に変わること、光軸の位置は、以下の数式 9 に示されるように、光軸の角度は、以下の数式 1 0 に示されるように変動する。

【 0 0 8 6 】

【 数 9 】

$$d X = L 5 \times (2 \times q 1 + (x 2 - x 1) / L 4) + x 2$$

20

【 0 0 8 7 】

【 数 1 0 】

$$Q = 2 \times q 1 + (x 2 - x 1) / L 4$$

【 0 0 8 8 】

これを利用して、光源装置 1 0 0 F は、E U V 光 E L の光軸の位置及び角度を供給位置 S P P に維持することができる。

30

【 0 0 8 9 】

上述してきた維持手段は、レーザープラズマ方式の光源装置に限らず、図 2 8 に示すような、ディスチャージ方式の光源装置 1 0 0 G にも適用することができる。図 2 8 は、本発明の一側面としての光源装置 1 0 0 G の構成を示す概略断面図である。ディスチャージ方式の光源装置は、レーザープラズマ方式の光源装置と比較して、ターゲット供給装置や、レーザー装置がないが、基本的な構成については、レーザープラズマ方式の光源装置と同一である。

【 0 0 9 0 】

図 2 8 において、1 9 0 は放電型のプラズマ光源、1 9 1 は電圧を印加する電界印加装置、1 9 2 は付加的に取り付けられた電極、1 9 3 は電極 1 9 2 に対して適当な電圧を印加する電界印加装置である。また、維持手段の一部を構成するものとして、光源装置 1 0 0 G は、プラズマ光源 1 9 0 の位置及び / 角度を検出する検出手段 1 9 4 と、プラズマ光源 1 9 0 の位置及び / 角度を調整する調整手段 1 9 5 とを有する。

40

【 0 0 9 1 】

光源装置 1 0 0 G において、プラズマ P L で発生した E U V 光 E L は、光学部材 1 3 0 で集光され、後段の光学系に導光される。また、E U V 光 E L の発生位置（即ち、プラズマ P L）を検出するために、検出手段 2 5 0 が配置されている。

【 0 0 9 2 】

図 2 8 において、電界印加装置 1 9 3 によって電界を変化させたときに、プラズマ P L

50

の位置がどう変化するかを予め取得しておき、EUV光ELを供給する場合には、検出手段270で検出されたプラズマPLの位置の変化に応じて、電界印加装置193を介して電界を変化させることで、EUV光ELの供給位置SPPに供給することができる。換言すれば、供給するEUV光ELの光軸と基準点SPPとの位置関係を一定に維持することができる。

【0093】

また、電界の印加は、プラズマ光源190の電界印加装置191のみを用いてもよいし、付加的に取り付けられた電界印加装置193と組み合わせて用いてもよい。

【0094】

また、検出手段220、290及び194などを用いて、EUV光ELの光軸の位置及び角度を検出し、適当な調整手段270及び195や、電界印加装置191及び193を用いてEUV光ELの光軸の位置及び角度を基準点STPに対して一定に維持することができる。

【0095】

光源装置100Gは、例えば、EUV光ELの角度を検出手段220で検出して光学部材130を駆動することもできるし、プラズマPLの位置を検出手段250で検出して光学部材130を駆動することもできるし、EUV光ELの光軸の位置や角度を検出手段220及び290で検出して適当な調整手段210及び195や電界印加装置191及び193を用いて、EUV光ELを基準点STPと供給位置SPPとの位置関係を一定に維持することができる。

【0096】

以上のように、光源装置100乃至100Gによれば、様々な要因に起因するEUV光の発生位置の変動を検出し、適当な調整手段によって、供給するEUV光の供給する光を基準点に対して所定の位置に維持することができる。従って、光源装置100乃至100Gは、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。

【0097】

以下、図29を参照して、本発明の光源装置100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29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。

【0098】

本発明の露光装置300は、露光用の照明光としてEUV光（例えば、波長13.4nm）を用いて、例えば、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、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ工程に好適であり、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。

【0099】

図29を参照するに、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。

【0100】

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100と、照明光学系314とを有する。

【 0 1 0 1 】

光源装置 1 0 0 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。

【 0 1 0 2 】

照明光学系 3 1 4 は、集光ミラー 3 1 4 a、オプティカルインテグレーター 3 1 4 b から構成される。集光ミラー 3 1 4 a は、レーザープラズマからほぼ等方的に放射される E U V 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 3 1 4 b は、レチクル 3 2 0 を均一に所定の開口数で照明する役割を持っている。

【 0 1 0 3 】

レチクル 3 2 0 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 3 2 5 に支持及び駆動されている。レチクル 3 2 0 から発せられた回折光は、投影光学系 3 3 0 で反射されて被処理体 3 4 0 上に投影される。レチクル 3 2 0 と被処理体 3 4 0 とは、光学的に共役の関係に配置される。露光装置 3 0 0 は、スキャナーであるため、レチクル 3 2 0 と被処理体 3 4 0 を走査することによりレチクル 3 2 0 のパターンを被処理体 3 4 0 上に縮小投影する。

10

【 0 1 0 4 】

レチクルステージ 3 2 5 は、レチクル 3 2 0 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 3 2 5 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 方向にレチクルステージ 3 2 5 を駆動することでレチクル 3 2 0 を移動することができる。露光装置 3 0 0 は、レチクル 3 2 0 と被処理体 3 4 0 を同期した状態で走査する。

20

【 0 1 0 5 】

投影光学系 3 3 0 は、複数の反射ミラー（即ち、多層膜ミラー）3 3 0 a を用いて、レチクル 3 2 0 面上のパターンを像面である被処理体 3 4 0 上に縮小投影する。複数のミラー 3 3 0 a 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 3 2 0 と被処理体 3 4 0 を同時に走査して広い面積を転写する。投影光学系 3 3 0 の開口数（N A）は、0 . 2 乃至 0 . 3 程度である。

【 0 1 0 6 】

被処理体 3 4 0 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 3 4 0 には、フォトリソグが塗布されている。

30

【 0 1 0 7 】

ウェハステージ 3 4 5 は、ウェハチャック 3 4 5 a によって被処理体 3 4 0 を支持する。ウェハステージ 3 4 5 は、例えば、リニアモーターを利用して X Y Z 方向に被処理体 3 4 0 を移動する。レチクル 3 2 0 と被処理体 3 4 0 は、同期して走査される。また、レチクルステージ 3 2 5 の位置とウェハステージ 3 4 5 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。

【 0 1 0 8 】

アライメント検出機構 3 5 0 は、レチクル 3 2 0 の位置と投影光学系 3 3 0 の光軸との位置関係、及び、被処理体 3 4 0 の位置と投影光学系 3 3 0 の光軸との位置関係を計測し、レチクル 3 2 0 の投影像が被処理体 3 4 0 の所定の位置に一致するようにレチクルステージ 3 2 5 及びウェハステージ 3 4 5 の位置と角度を設定する。

40

【 0 1 0 9 】

フォーカス位置検出機構 3 6 0 は、被処理体 3 4 0 面でフォーカス位置を計測し、ウェハステージ 3 4 5 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 3 4 0 面を投影光学系 3 3 0 による結像位置に保つ。

【 0 1 1 0 】

露光において、照明装置 3 1 0 から射出された E U V 光はレチクル 3 2 0 を照明し、投影光学系 3 3 0 によりレチクル 3 2 0 面上のパターンを被処理体 3 4 0 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 3 2 0 と被処理

50

体 3 4 0 を縮小倍率比の速度比で走査することにより、レチクル 3 2 0 の全面を露光する。露光装置 3 0 0 に用いられる照明装置 3 1 0 が有する光源装置 1 0 0 は、供給する E U V 光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 3 0 0 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、L C D 素子、撮像素子（C C D など）、薄膜磁気ヘッドなど）を提供することができる。

【 0 1 1 1 】

次に、図 3 0 及び図 3 1 を参照して、上述の露光装置 3 0 0 を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図 3 0 は、デバイス（I C や L S I などの半導体チップ、L C D、C C D 等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ 3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ 4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ 5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する行程であり、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、これが出荷（ステップ 7）される。

【 0 1 1 2 】

図 3 1 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 1 1（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（C V D）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（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 1 4（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 1 5（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では、露光装置 3 0 0 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 1 7（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。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 3 0 0 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。

【 0 1 1 3 】

また、光源装置 1 0 0 は、図 3 2 に示すように、被測定体 O M の反射率を測定する測定装置 4 0 0 にも適用することができる。図 3 2 は、本発明の一側面としての測定装置 4 0 0 の構成を示す概略斜視図である。測定装置 4 0 0 は、光源装置 1 0 0 と、前置鏡 4 1 0 と、スリット 4 2 0 と、回折格子 4 3 0 と、スリット 4 4 0 と、後置鏡 4 5 0 と、検出器 4 6 0 とを有する。

【 0 1 1 4 】

図 3 2 を参照するに、測定装置 4 0 0 は、レーザー光源部 2 0 で発生したレーザー光 L をレーザー光学系 3 2 で集光及び反射して、ターゲット供給装置 1 0 から供給されたターゲット T G に対して照射することで E U V 光 E L を発生する。E U V 光 E L は、集光ミラー 4 2 で集光され、前置鏡 4 1 0 及びスリット 4 2 0 を通過し、回折格子 4 3 0 で分光された後、スリット 4 4 0 で所望の波長のみが選択され、後置鏡 4 5 0 で再び反射された後、被測定体 O M に照射され、被測定体 O M で反射された光の大きさを検出器 4 6 0 で検出する。測定装置 4 0 0 は、光源装置 1 0 0 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。

【 0 1 1 5 】

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】

【 0 1 1 6 】

【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 に示す検出手段の構成の一例を示す概略断面図である。

【図 3】図 2 に示す検出手段において、X 軸方向だけを取り出した図である。

【図 4】図 2 に示す 2 次元センサの一例として 2 次元 CCD を示す概略平面図である。

【図 5】図 2 に示す 2 次元センサの一例として 4 分割センサを示す概略平面図である。

【図 6】図 1 に示す調整手段の構成の一例を示す概略斜視図である。

【図 7】検出手段の検出結果を基にした光学部材の具体的な駆動について説明する図である。

10

【図 8】図 1 に示す光源装置の変形例である光源装置の構成を示す概略断面図である。

【図 9】図 8 に示す光源装置の主要部分を示す概略断面図である。

【図 10】図 1 に示す光源装置の変形例である光源装置の構成を示す概略断面図である。

【図 11】図 10 に示す光源装置の主要部分を示す概略断面図である。

【図 12】図 8 に示す光源装置の変形例である光源装置の構成を示す概略断面図である。

【図 13】図 12 に示す光源装置の主要部分を示す概略斜視図である。

【図 14】図 10 に示す光源装置の変形例である光源装置の構成を示す概略断面図である。

【図 15】図 14 に示す光源装置の主要部分を示す概略断面図である。

【図 16】図 1 に示す光源装置の変形例である光源装置の構成を示す概略断面図である。

20

【図 17】図 16 に示す光源装置の主要部分を示す概略断面図である。

【図 18】図 16 に示す検出手段の一例として 4 分割センサを示す概略平面図である。

【図 19】図 18 に示す 4 分割センサ（のピンホール）と E U V 光の位置関係、及び、4 分割センサで検出される E U V 光の強度を示す図である。

【図 20】図 18 に示す 4 分割センサ（のピンホール）と E U V 光の位置関係、及び、4 分割センサで検出される E U V 光の強度を示す図である。

【図 21】図 16 に示す検出手段の一例としてフィルタを用いた検出機構の構成を示す概略斜視図である。

【図 22】図 16 に示す検出手段の一例として 2 次元 CCD を用いた検出機構を示す概略斜視図である。

30

【図 23】図 16 に示す検出手段の一例としてワイヤを用いた検出機構の構成を示す概略斜視図である。

【図 24】図 2 に示す検出手段の別の検出手段の構成を示す概略断面図である。

【図 25】図 2 に示す検出手段の別の構成を示す概略断面図である。

【図 26】図 1 に示す光源装置の変形例である光源装置の構成を示す概略断面図である。

【図 27】図 26 に示す光源装置の主要部分を示す概略断面図である。

【図 28】本発明の一側面としての光源装置の構成を示す概略断面図である。

【図 29】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 30】デバイス（IC や L S I 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。

40

【図 31】図 30 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 32】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。

【図 33】図 16 の E U V 光源から射出される E U V 光についての説明図である。

【図 34】図 16 の E U V 光源から射出される E U V 光の集光点からは成れた位置での強度分布を示す図である。

【図 35】図 33 の検出手段の説明図である。

【図 36】角度の算出方法の説明図である。

【図 37】角度の算出方法の説明図である。

【図 38】角度の算出方法の説明図である。

【符号の説明】

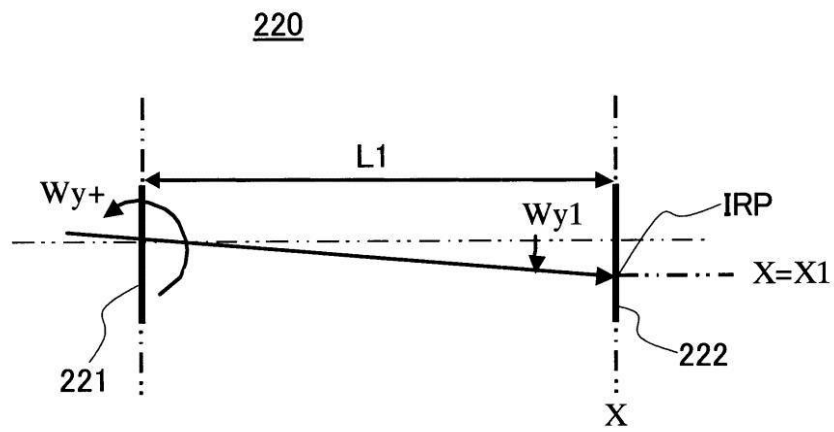
50

【 0 1 1 7 】

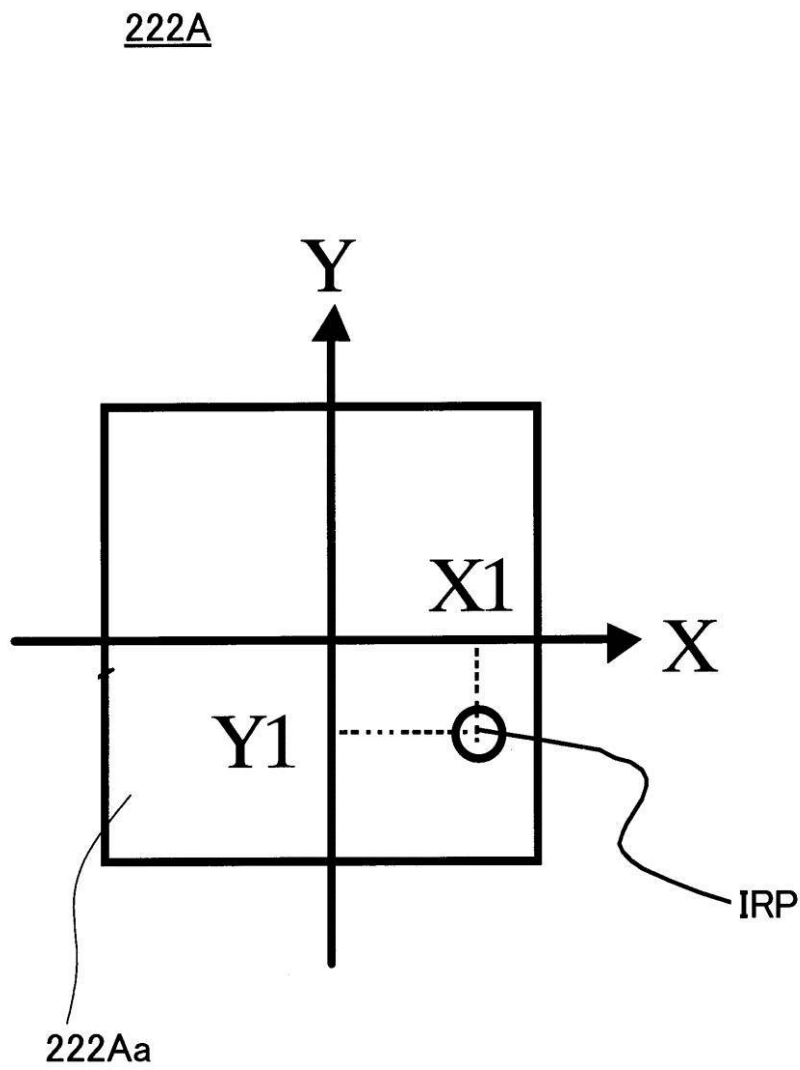
1 0 0	光源装置	
1 1 0	ターゲット供給装置	
1 2 0	レーザー装置	
1 2 4	集光素子	
1 2 4 b	反射ミラー	
1 3 0	光学部材	
1 9 0	プラズマ光源	
1 9 1	電界印加装置	
1 9 2	電極	10
1 9 3	電界印加装置	
2 0 0	維持手段	
2 1 0	調整手段	
2 2 0	検出手段	
2 2 1	ピンホール板	
2 2 1 a	ピンホール	
2 2 2	2次元センサ	
2 2 2 A	2次元CCD	
2 2 2 B	4分割センサ	
2 2 0 D	検出手段	20
2 2 1 D	第1のスリット	
2 2 2 D	第2のスリット	
2 2 3 D	第1の光量センサ	
2 2 4 D	第2の光量センサ	
2 2 5	凹面ミラー	
2 3 0	制御部	
2 5 0	検出手段	
2 6 0	調整手段	
2 7 0、2 8 0 及び 2 9 0	検出手段	
2 9 0 A	4分割センサ	30
2 9 2 B	フィルタ	
2 9 4 B	レンズ	
2 9 6 B	CCD	
1 0 0 A 乃至 1 0 0 G	光源装置	
2 0 0 A 乃至 2 0 0 E	維持手段	
3 0 0	露光装置	
4 0 0	測定装置	

[illegible]

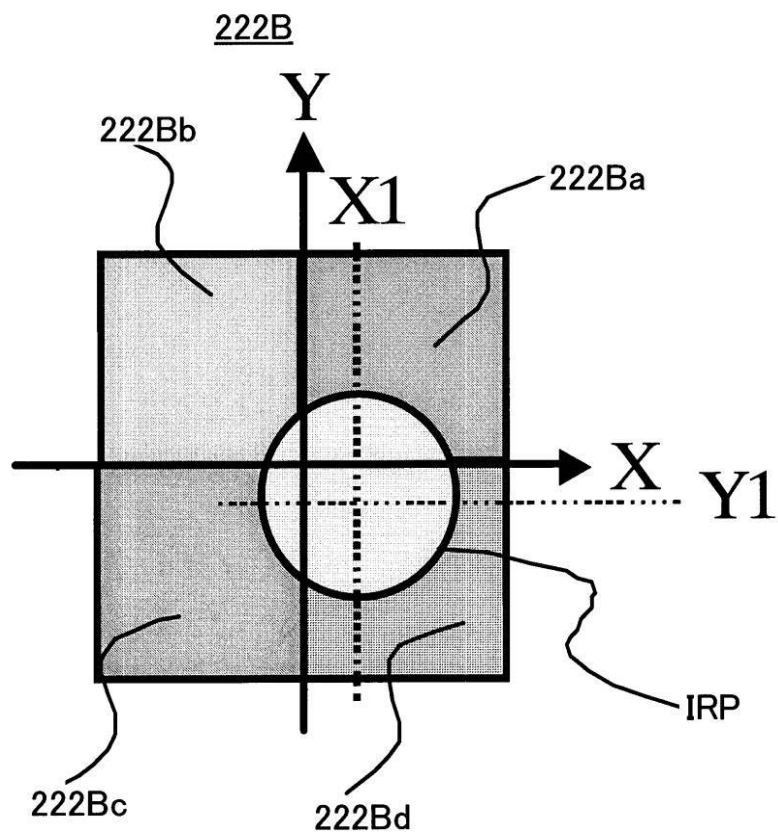
【 図 3 】



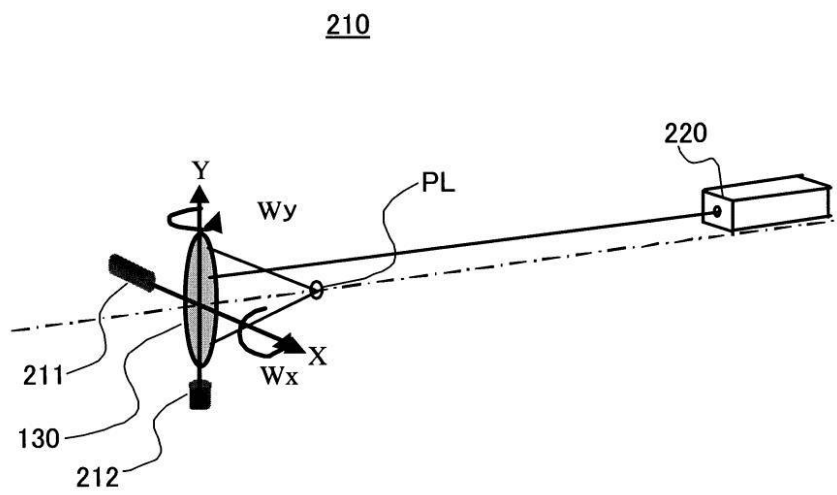
【 図 4 】



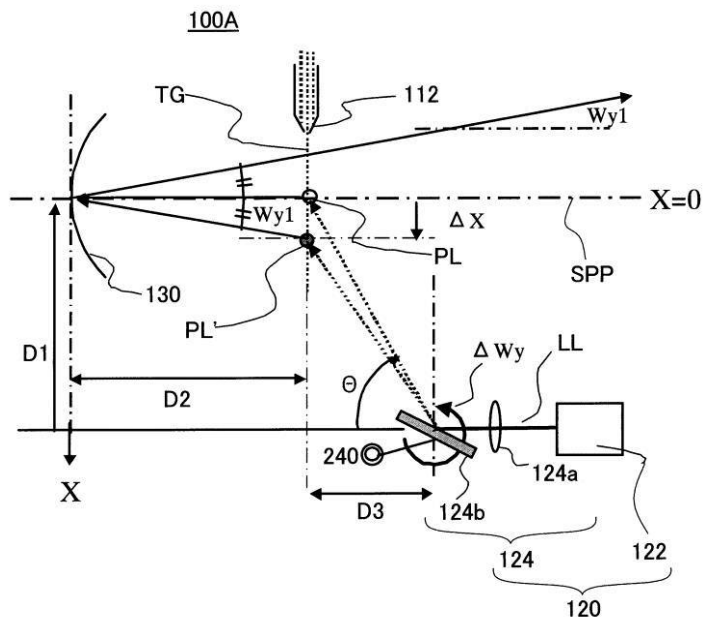
【 図 5 】



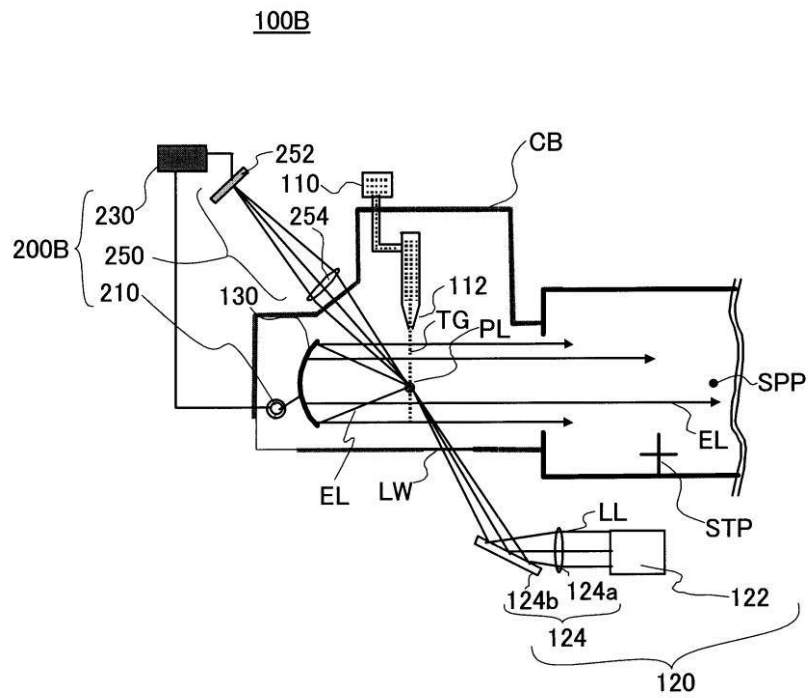
【 図 6 】



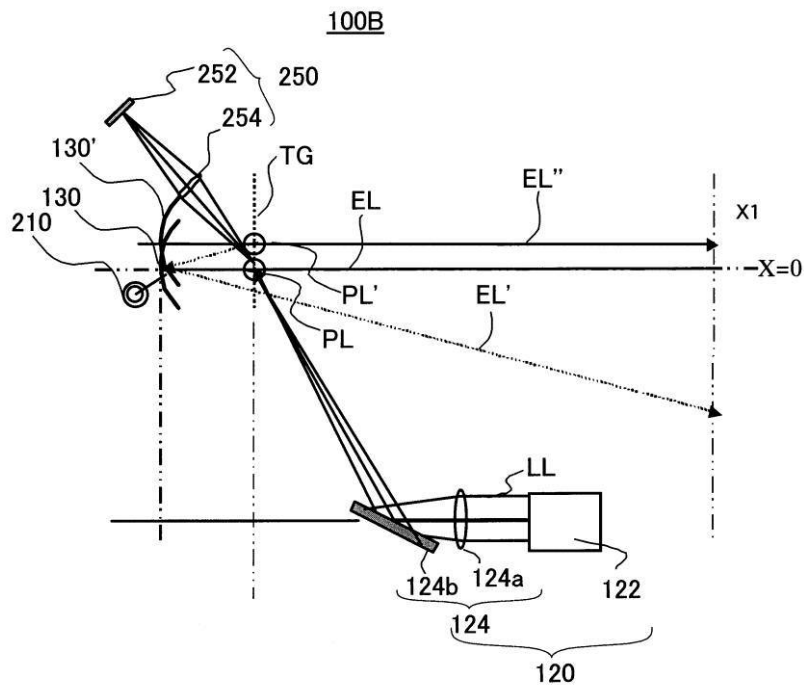
【図 9】



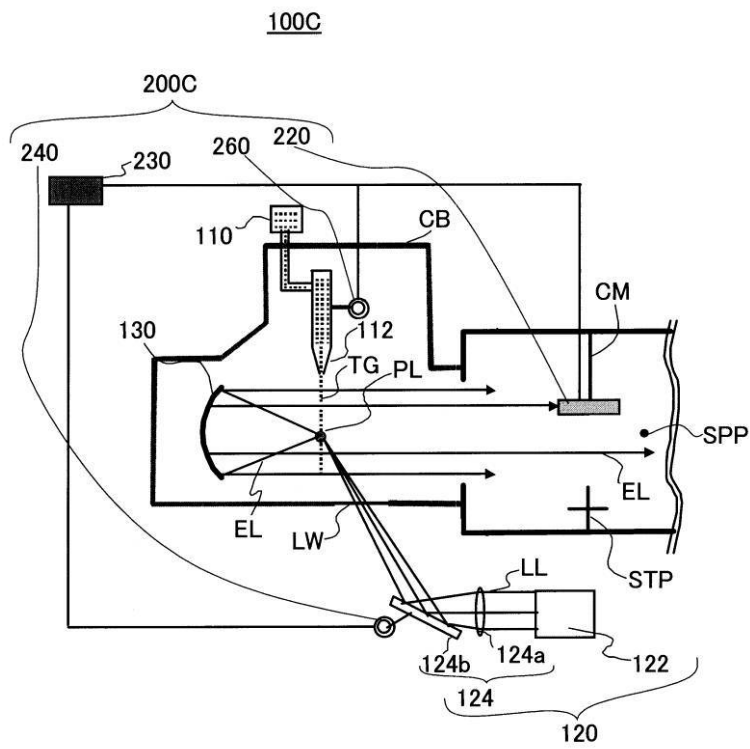
【図 10】



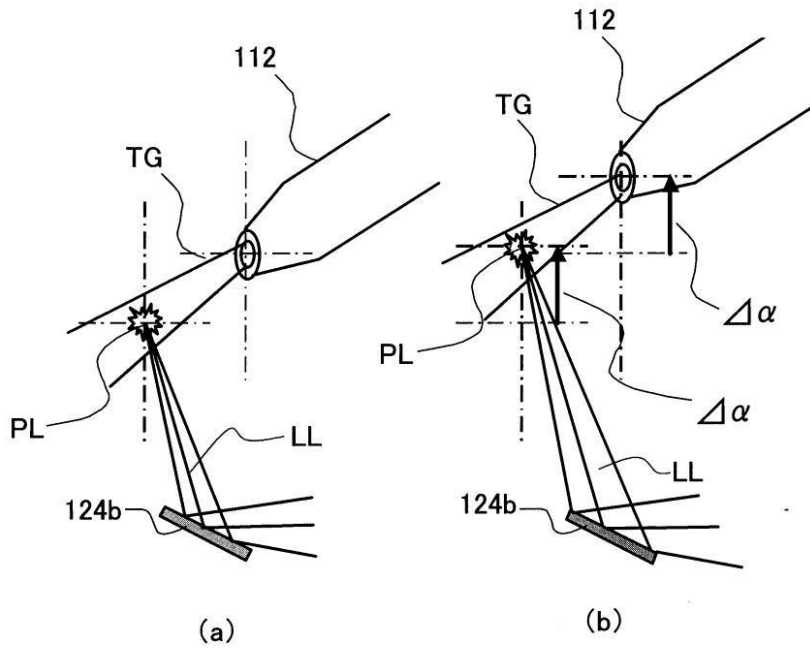
【図11】



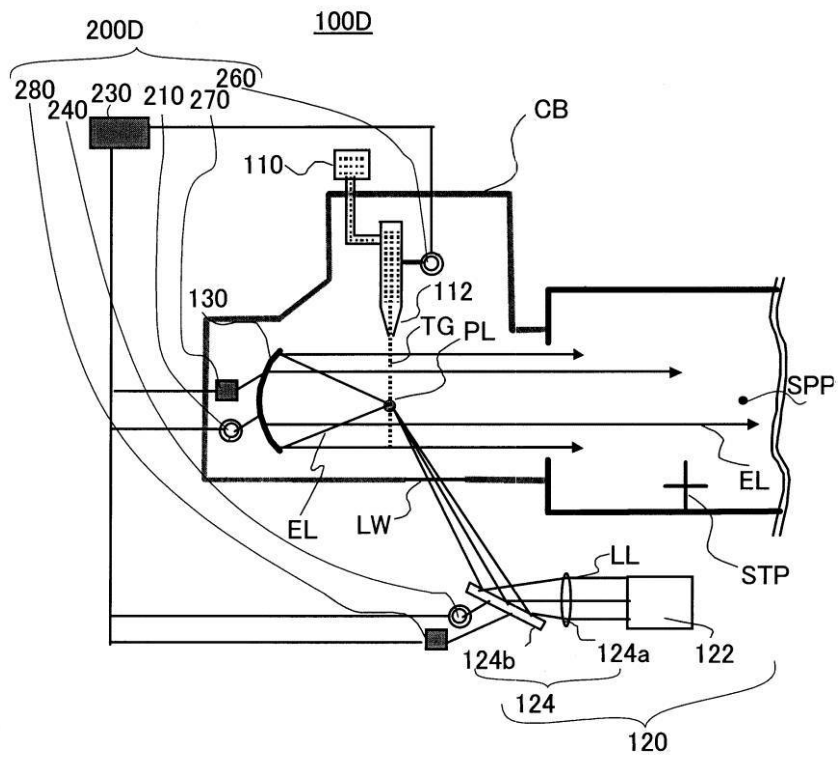
【図12】



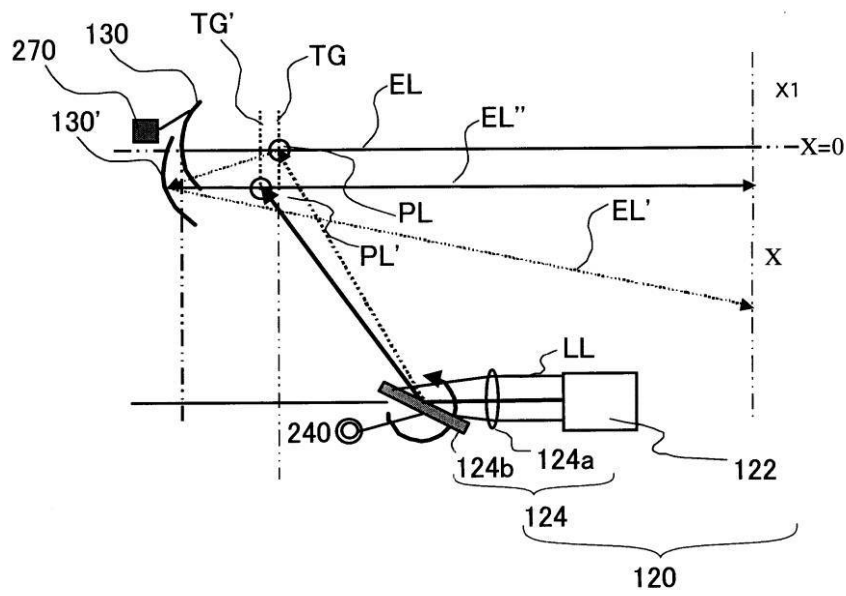
【 図 1 3 】



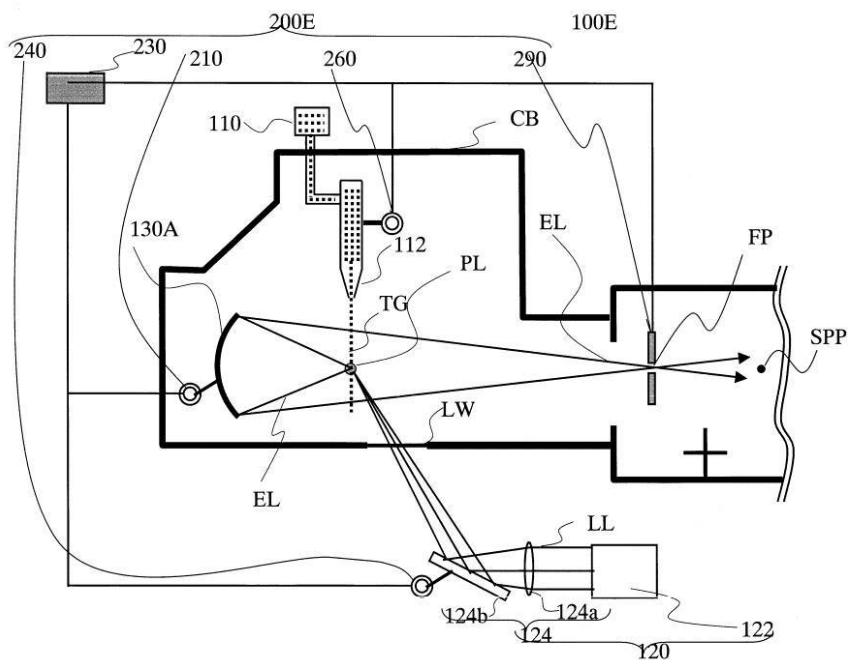
【 図 1 4 】



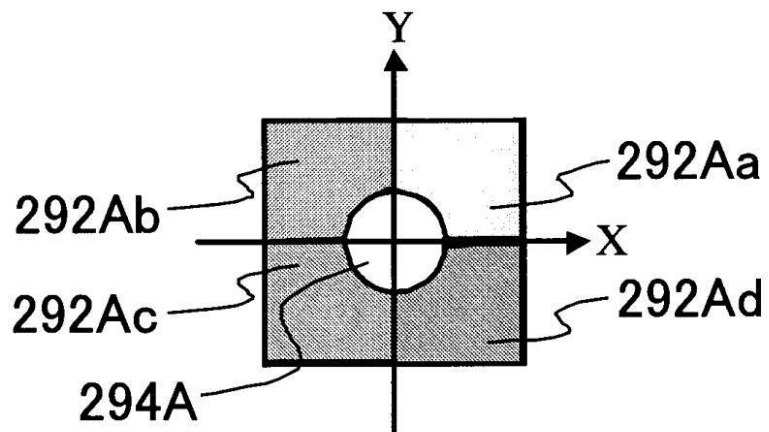
【図 15】



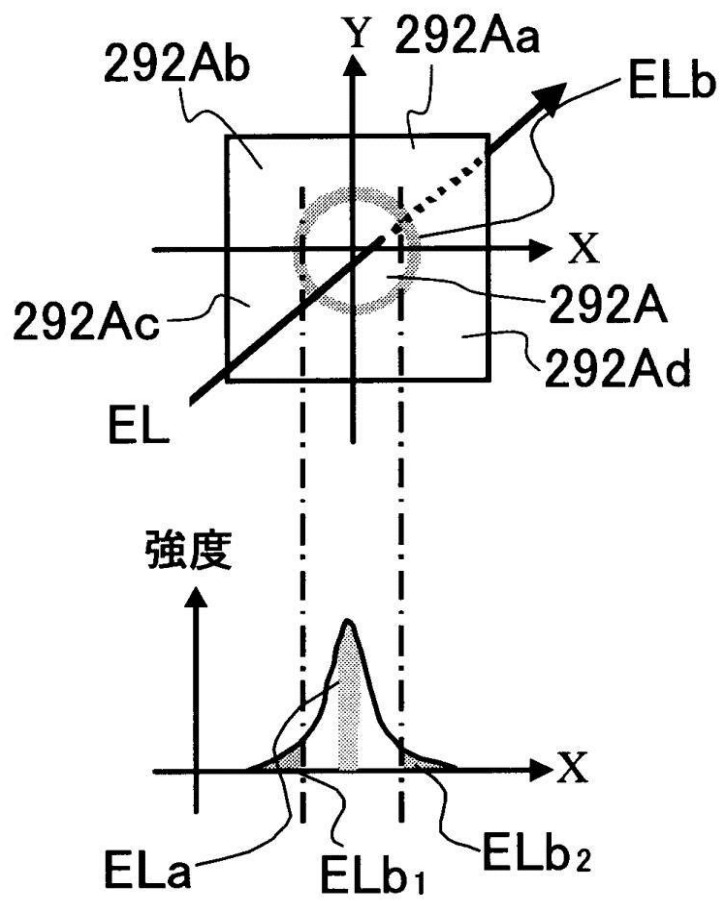
【図 16】



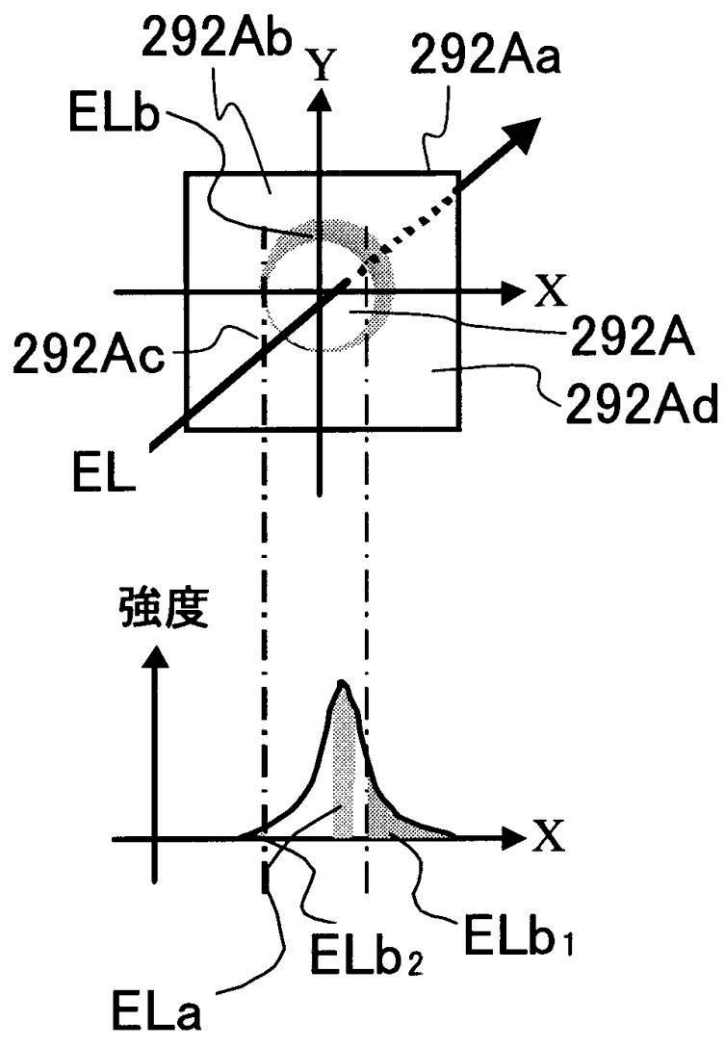
290A



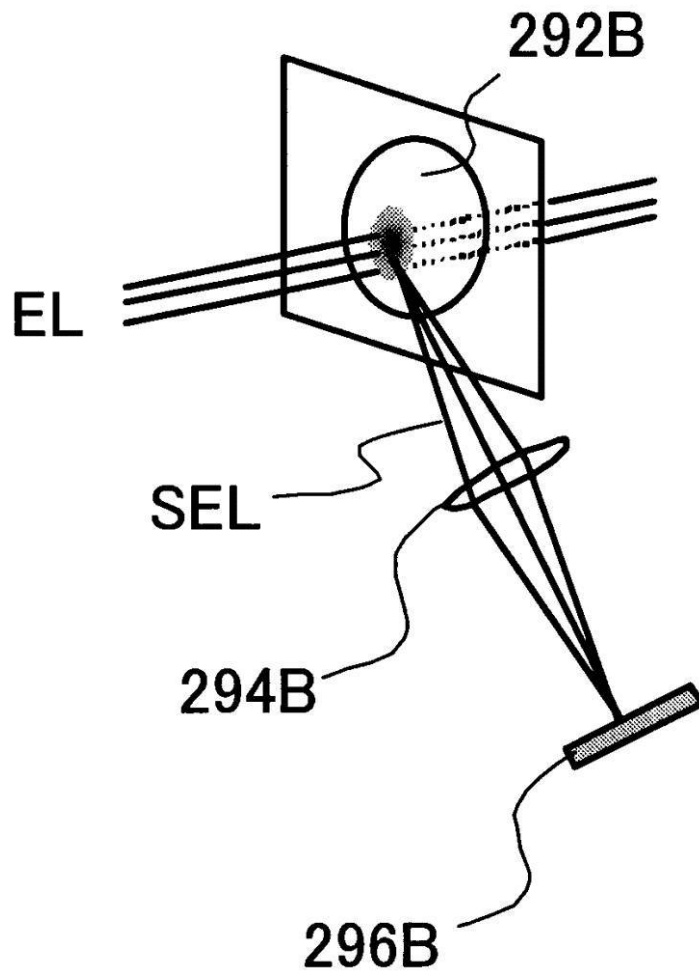
【図 19】



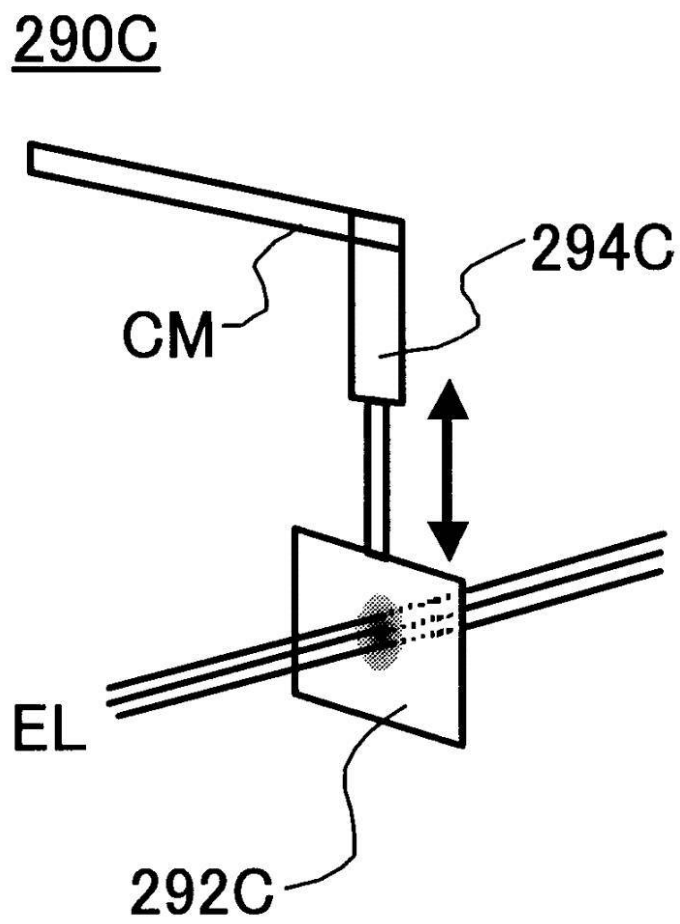
【図 20】



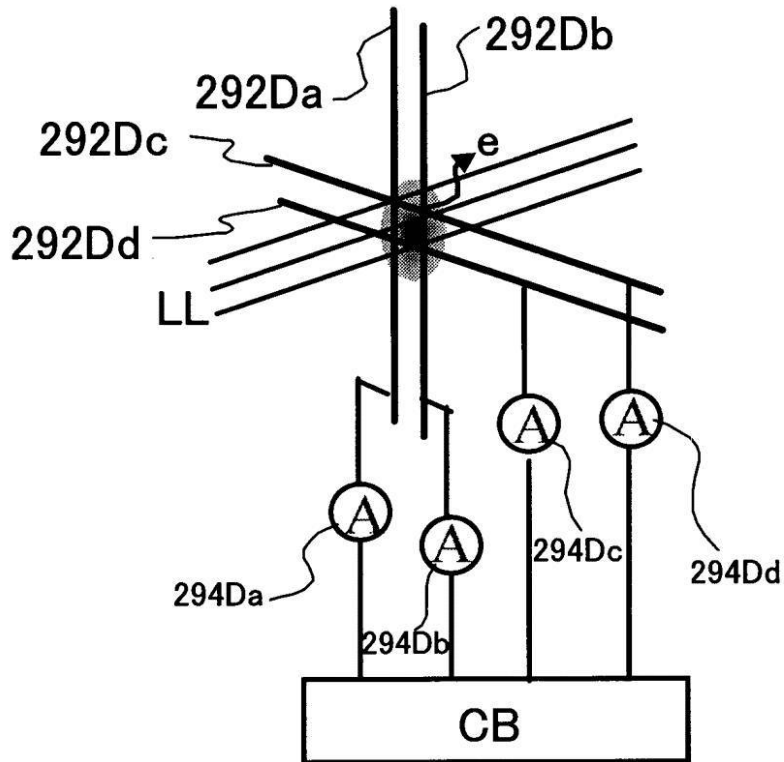
【図 21】

290B

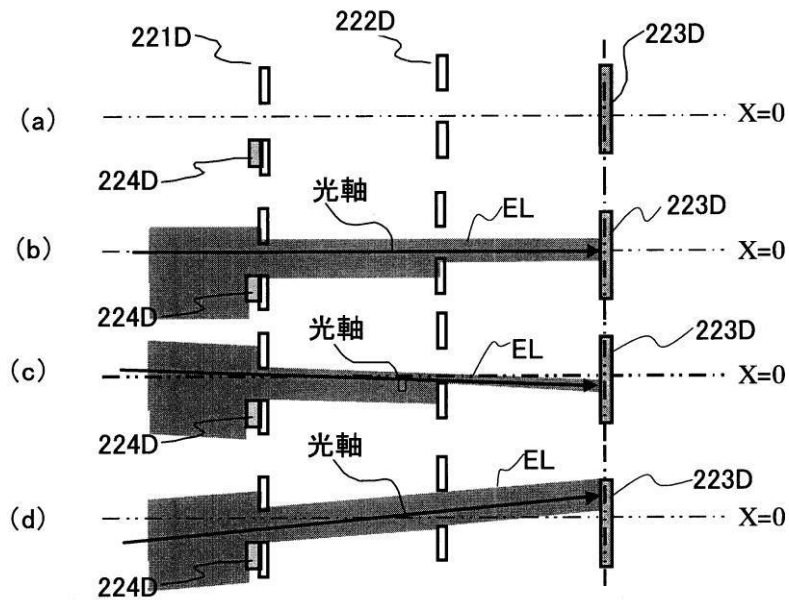
【図 22】



【 図 2 3 】

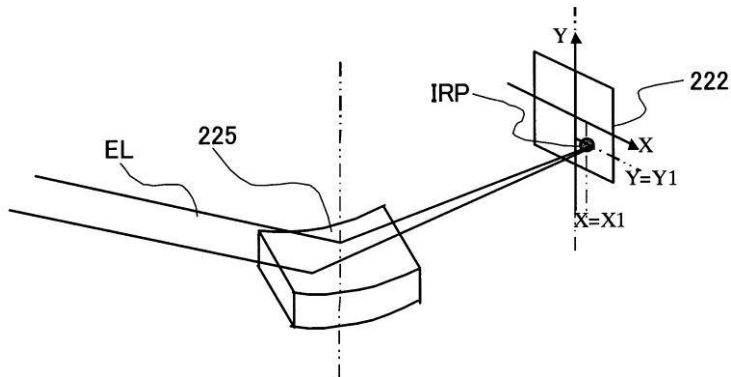
290D

【 図 2 4 】

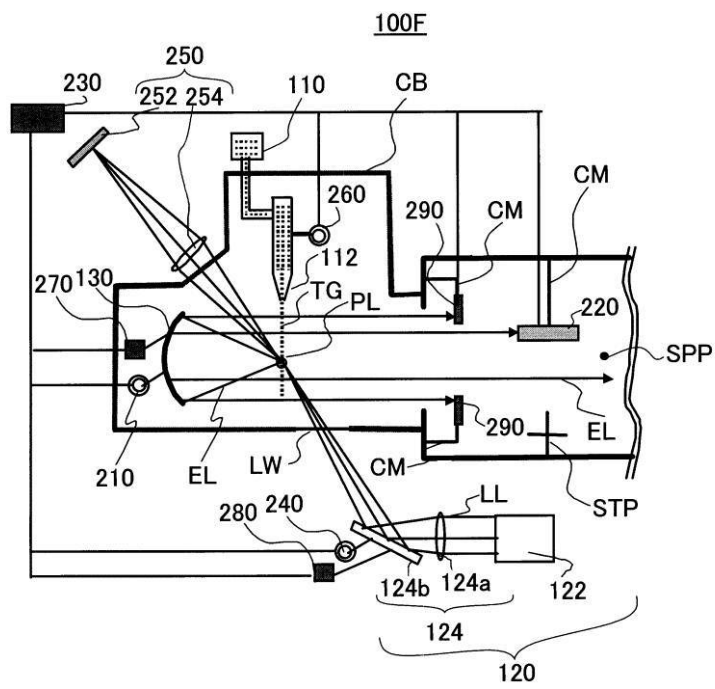
220D

【 図 2 5 】

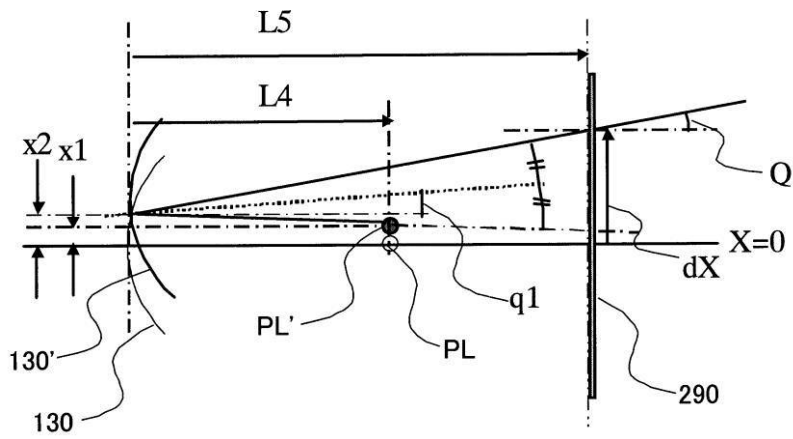
220



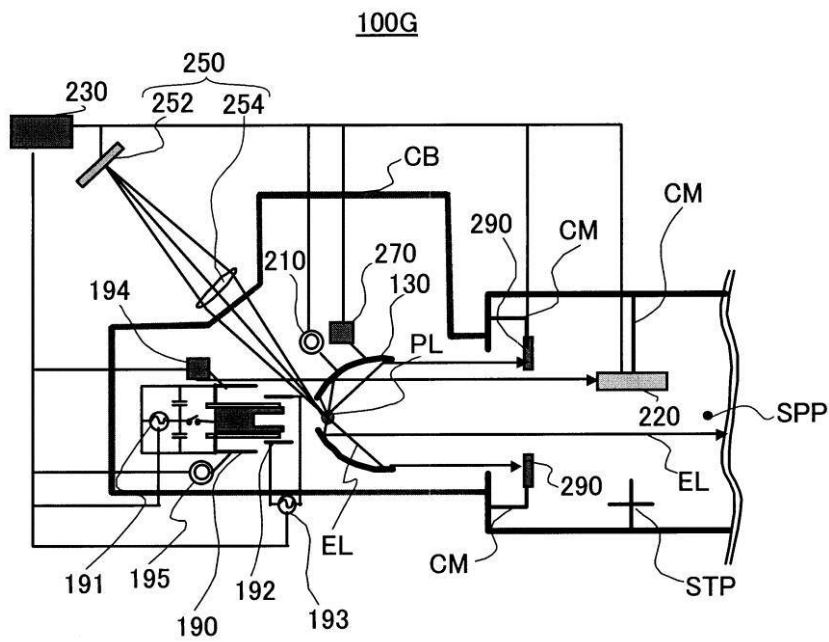
【 図 2 6 】



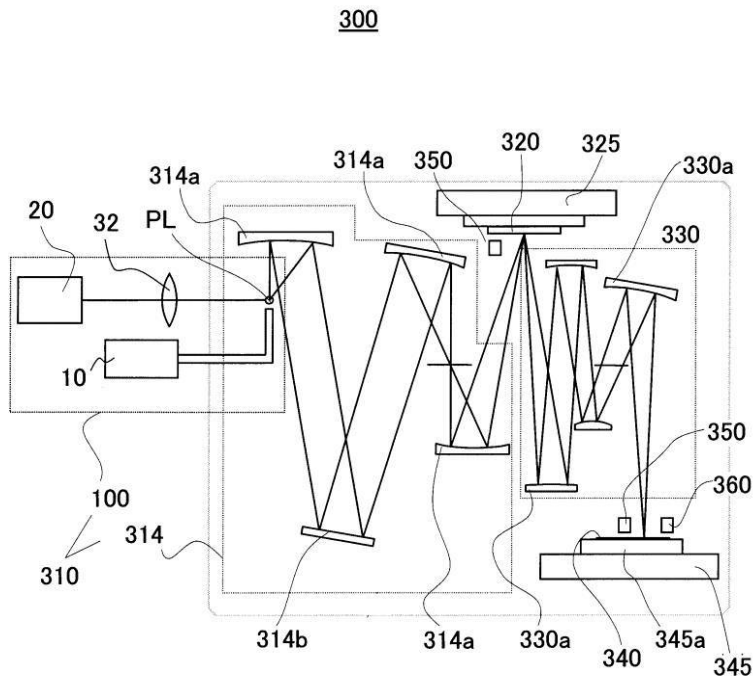
【図 27】



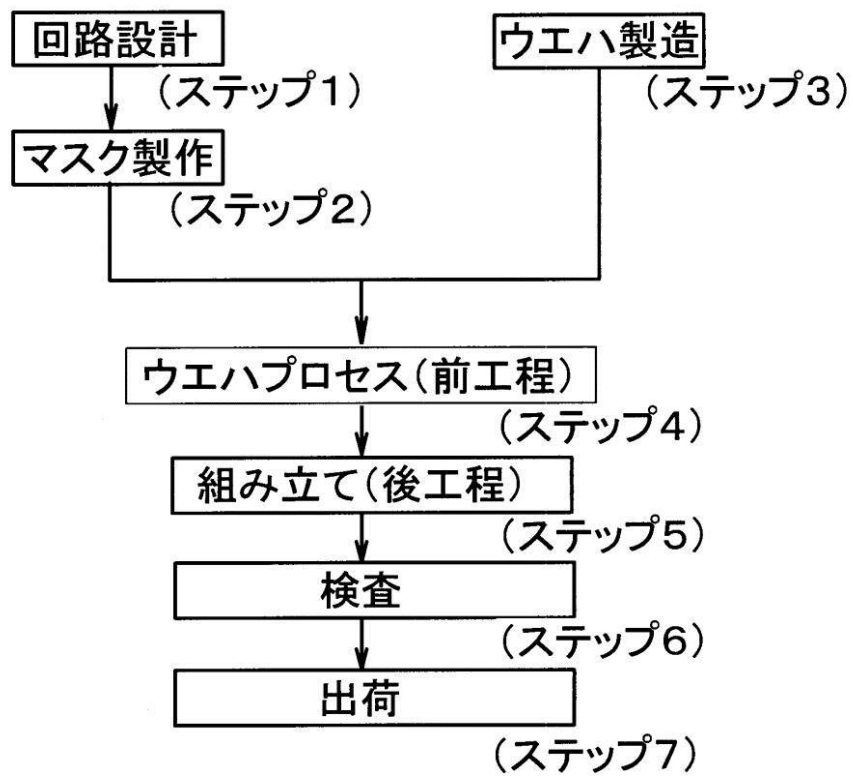
【図 28】



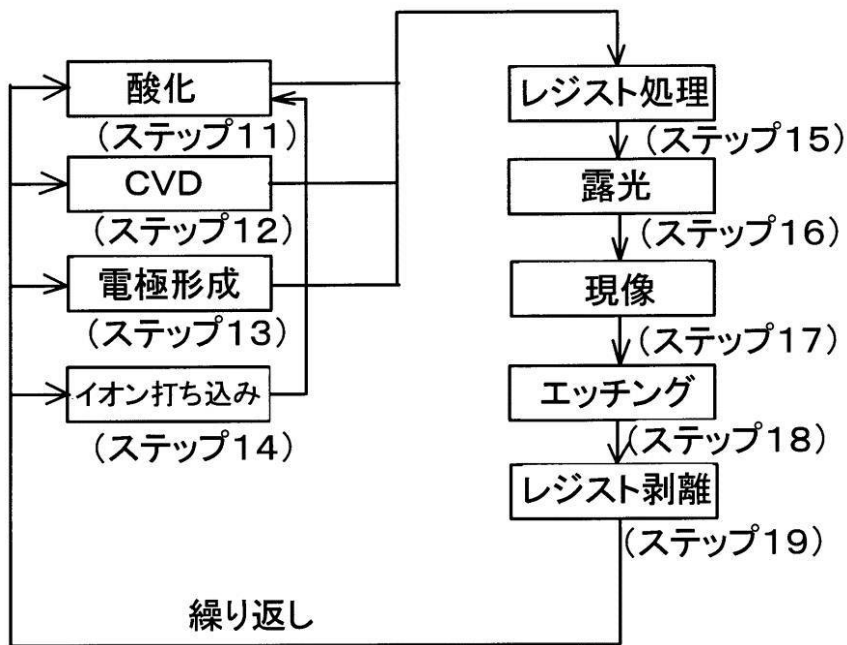
【図 29】



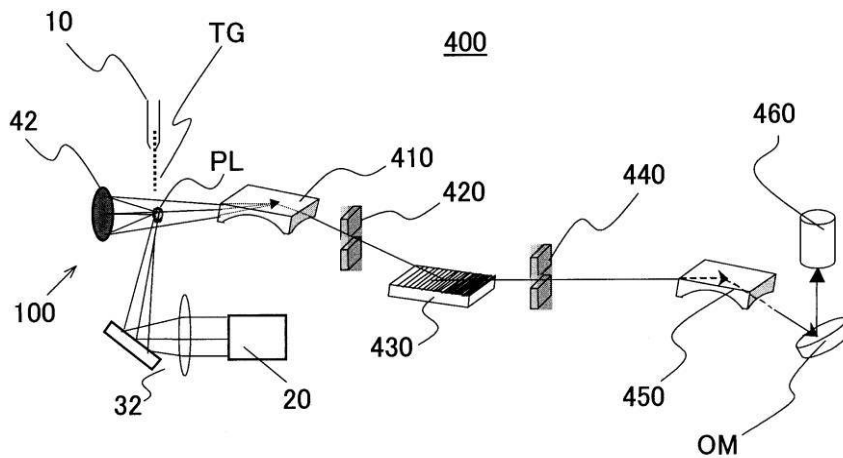
【図 30】



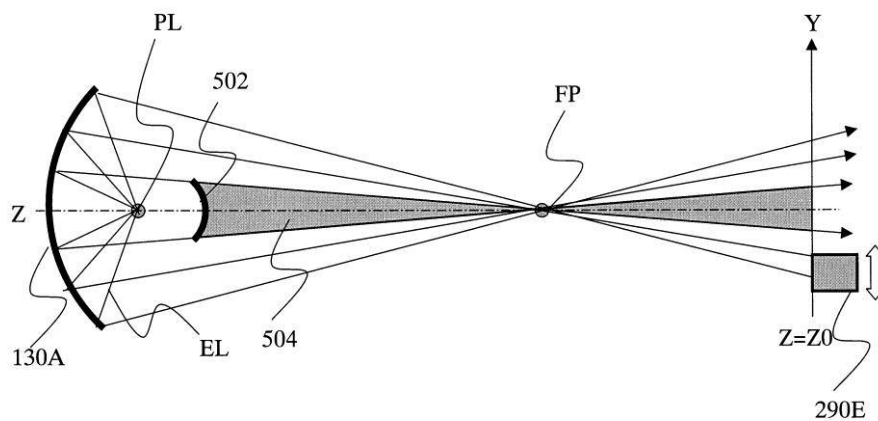
【図 3 1】



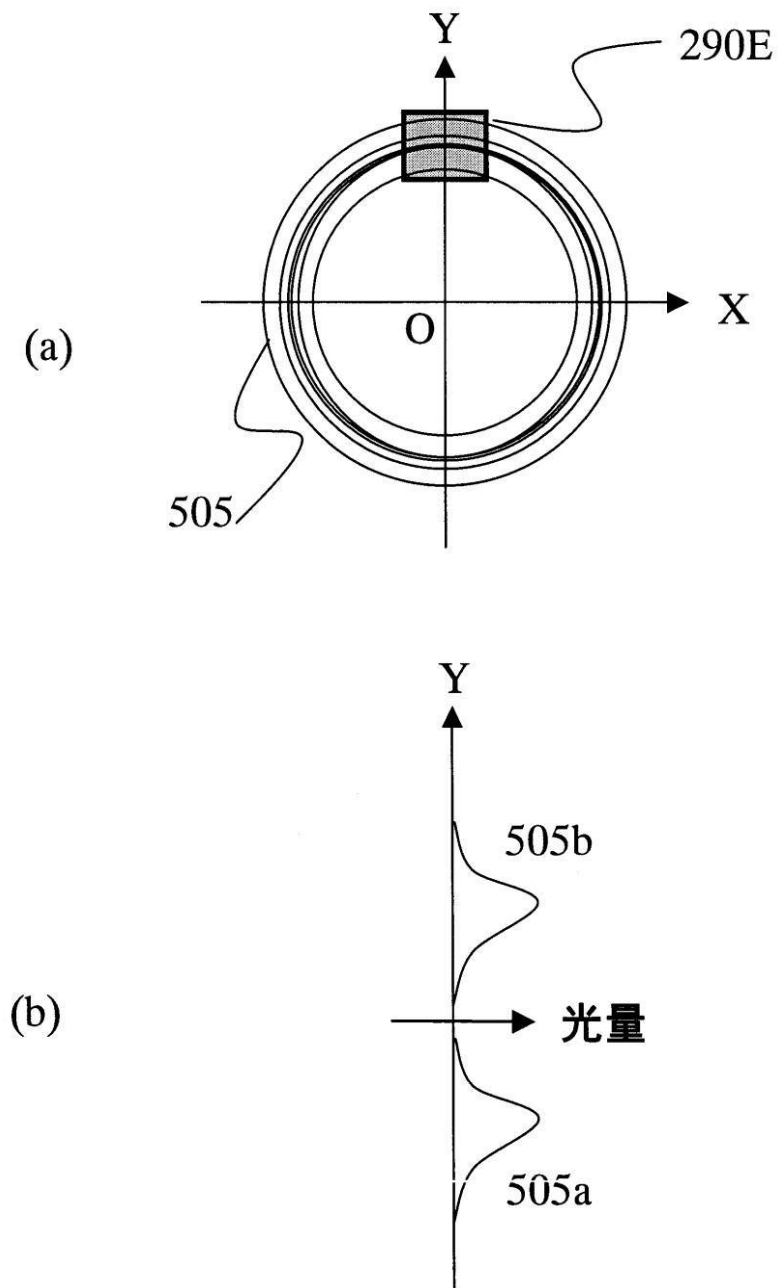
【図 3 2】



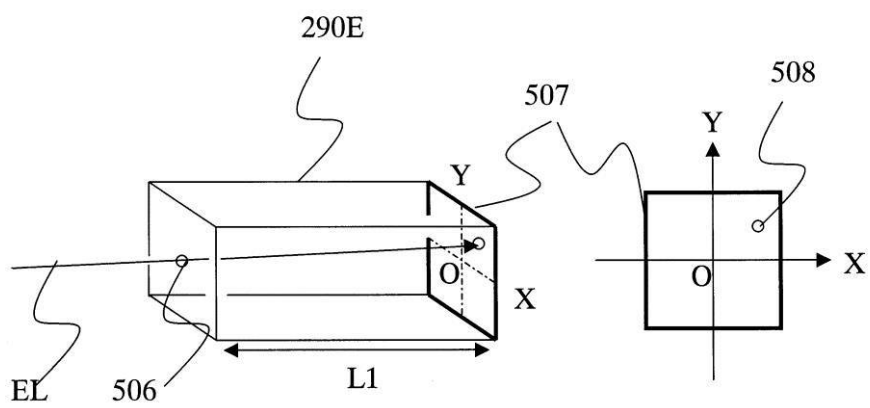
【図 3 3】



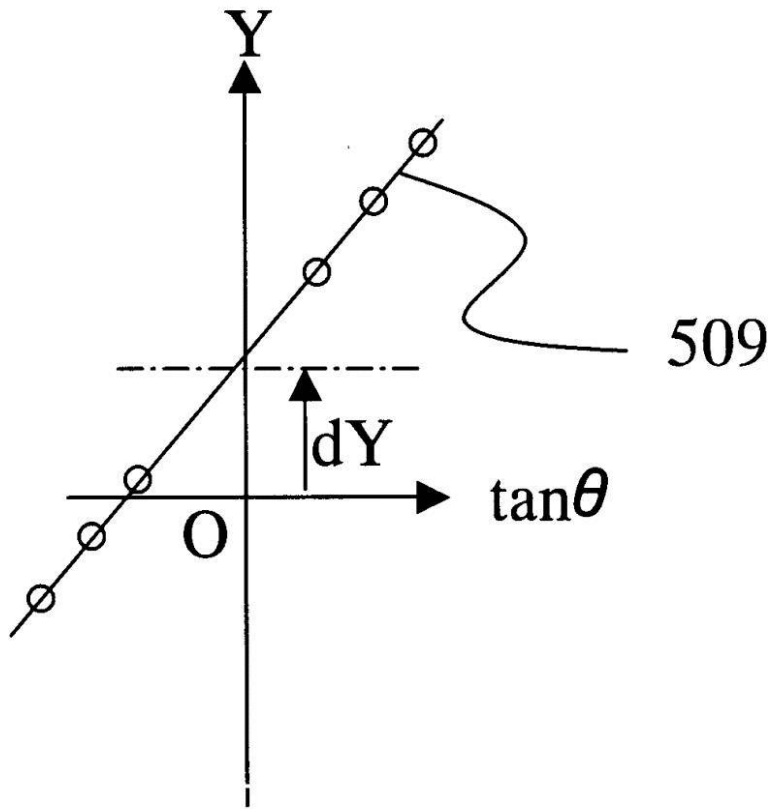
【図 3 4】



【図 3 5】



【図 38】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-128105(JP,A)
特開平06-097027(JP,A)
特開2000-346817(JP,A)
特開2000-056099(JP,A)
特開2000-340395(JP,A)
特開2002-006096(JP,A)
特開2001-267096(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027