

(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2004-335585

(P2004-335585A)

(43) 公開日 平成16年11月25日(2004.11.25)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 21/027

F I

H01L 21/30 531A

テーマコード (参考)

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2003-126508 (P2003-126508)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成15年5月1日(2003.5.1)		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	100090538
			弁理士 西山 恵三
		(74) 代理人	100096965
			弁理士 内尾 裕一
		(72) 発明者	本田 正徳
			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
		Fターム(参考)	5F046 CB02 DA26 DB02 DC14 GA14
			GB01

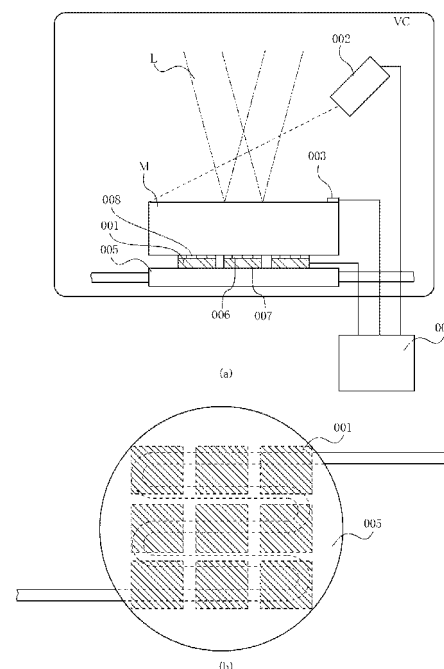
(54) 【発明の名称】 冷却装置及び方法、当該冷却装置を有する露光装置、デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】結像性能の劣化となる光学部材内の不均一な温度分布を発生させることなく、光学部材の温度を一定に保つことができる冷却装置を提供する。

【解決手段】真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却装置であって、前記光学部材の露光面の温度分布を検出する温度分布検出部と、前記光学部材を複数の領域し、前記複数の領域それぞれを個別に冷却する複数の冷却手段と、前記光学部材の温度分布が所望の温度分布になるように、前記複数の冷却手段を制御する制御部とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却装置であって、
前記光学部材の露光面の温度分布を検出する温度分布検出部と、
前記光学部材を複数の領域し、前記複数の領域それぞれを個別に冷却する複数の冷却手段と、
前記光学部材の温度分布が所望の温度分布になるように、前記複数の冷却手段を制御する制御部とを有することを特徴とする冷却装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には冷却装置に係り、特に、半導体ウェハ用の単結晶基板、液晶ディスプレイ(LCD)用のガラス基盤等の被処理体を露光する露光装置に用いられる光学素子を冷却する冷却装置に関わる。本発明は、特に、露光光源として紫外線や極端紫外線(EUV: Extreme Ultraviolet)光を利用する露光装置に用いられる光学素子を冷却する冷却装置に好適である。

【0002】

【従来の技術】

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(本出願ではこれらの用語を交換可能にする)に描写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。

20

【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)と用いられる紫外線の波長は短くなってきた。

【0004】

30

しかし、半導体素子は、ムーアの法則に従って、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、100nm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~15nm程度の極端紫外光(EUV光)を用いた縮小投影露光装置(以下EUV露光装置)が開発されている。

【0005】

露光光の短波長化が進むと物質による光の吸収が非常に大きくなり、可視光や紫外光で用いられるような光の屈折を利用した屈折素子、即ち、レンズを用いることは難しく、更に、EUV光の波長領域では使用できる硝材が存在しなくなり、光の反射を利用した光学素子、即ち、ミラー(例えば多層膜ミラー)のみで光学系を構成する反射型光学系が用いられる。

40

【0006】

ミラーは、露光光を全て反射するわけではなく、30%以上の露光光を吸収する。吸収した露光光は、分熱となりミラーの表面形状を変形させて光学性能(特に、結像性能)の劣化を引き起こしてしまう。そこで、ミラーは、温度変化によるミラー形状の変化を小さくするために線膨張係数の小さな、例えば、線膨張係数が10ppbといった低熱膨張ガラスで構成される。

【0007】

EUV露光装置は、0.1μm以下の回路パターンの露光に使用されるため、線幅精度が非常に厳しく、ミラーの表面形状は0.1nm程度以下の変形しか許容されない。従って

50

、ミラーの線膨張係数を 10 ppb としても、温度が除々に上昇し、ミラー表面の形状が変化してしまう。例えば、ミラーの厚さが 50 mm であれば、 0.2 の温度上昇により、ミラー表面の形状が 0.1 nm 変化することになる。つまり、EUV露光装置で用いられるミラーは、非常に精度よく温度が一定に保たれている必要があるのである。

【0008】

しかし、EUV露光装置においては、露光光路中に含まれる残留ガス（高分子有機ガスなど）成分とEUV光との反応によりミラー表面にコンタミが付着し、反射率が低下することを防ぐために、露光光路雰囲気中は、 $1 \times 10^{-6} [\text{Pa}]$ 程度の高真空中に維持されている。そのため、ミラーを冷却するための伝熱手段としては、気体を吹き付けるなどの対流伝熱によるものは用いられず、熱伝達による伝熱もしくは輻射伝熱によるしかない。

10

【0009】

また、一般にミラーを構成する低熱膨張ガラスの熱伝導率は非常に低く、例えばShott社のZERODURの熱伝導率は $1.6 [\text{W/mK}]$ である。従って、ミラーは入熱した熱を速やかにミラー部材全体に伝導することができずに不均一な温度分布を生じてしまう。この不均一な温度分布によりミラーは局所的に変形（熱膨張）し光学性能の劣化を引き起こす。つまり、EUV露光装置ではミラーに不均一な温度分布を発生させることなくミラーの温度を一定に保つ必要がある。

【0010】

図11は、冷却媒体として液体もしくは気体を用いたミラー冷却装置の概略構成図である。図11(a)は冷却装置を下面から見た下面図であり、図11(b)は冷却装置を側面から見た側面図である。図中、101はミラー、102は冷却媒体を流す水路配管、103は水路配管102と後述する流路104を結合する継手、104は水路配管102に冷却媒体を流入する流路を示している。ここで、水路配管102はミラー101の裏面に接触している。本冷却装置は、水路配管102に冷媒を流すことにより、熱伝達による伝熱を利用してミラー101を冷却する。これによりミラー101の温度上昇を抑制することが可能である。

20

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかし図11のような冷却構造の場合、ミラー101には不均一な温度分布が発生した場合でも、ミラー101を裏面より冷却する水路配管102の温度分布は均一である。つまり、不均一な温度分布が生じているミラー101の裏面を、水路配管102と接触する面だけ均一に冷却するため、ミラーに発生している不均一な温度分布を除去することはできない。

30

【0012】

そこで、本発明は、結像性能の劣化となる光学部材内の不均一な温度分布を発生させることなく、光学部材の温度を一定に保つことができる冷却装置及び方法、当該冷却装置を有する露光装置を提供することを例示的目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために本発明の冷却装置は、真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する（温度調節する）冷却装置（温度調節装置）であって、前記光学部材の露光面（露光光が照射されている側の面、光学部材が反射部材の場合は反射面側の面）の温度分布を検出する温度分布検出部と、前記光学部材を複数の領域し、前記複数の領域それぞれを個別に冷却する複数の冷却手段と、前記光学部材の温度分布が所望の温度分布になるように、前記複数の冷却手段を制御する制御部とを有することを特徴としている。

40

【0014】

本発明の別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の冷却装置を有する露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とする。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法の請求項は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及

50

ぶ。また、かかるデバイスは、LSIはVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサ、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

【0015】

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だろう。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本実施例の例示的一態様である冷却装置及び冷却方法について説明する。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。ここで、図1(a)は本実施例の冷却装置1を示す概略構成図である 10

【0017】

冷却装置1は、真空チャンバ内VC内に置かれた光学部材Mを冷却する冷却装置である。真空チャンバVC内は、残留ガス成分と露光光Lとの反応により光学部材Mの表面にコンタミが付着し、反射率が低下することを低減させるため、不図示の真空ポンプによって 1×10^{-6} [Pa]程度の真空に維持されている。光学部材Mは、真空チャンバVC内において、不図示の光学部材支持定盤に支持された、不図示の光学部材支持部を介して所定の場所に位置決めされ、反射、屈折及び回折等を利用して光を結像させる。光学部材Mは、例えば、ミラー、レンズ、平行平板ガラス、プリズム及びフレネルゾーンプレート、キノフォーム、バイナリオプティックス、ホログラム等の回折光学素子を含む。本実施形態 20
においては、光学部材としてミラーを例に説明する。冷却装置1は図1(a)によく示されているように、ペルチェ素子001と、温度分布検出部002と、温度検出部003と、制御部004と、冷却ジャケット005とを有する。

【0018】

ペルチェ素子001は、例えば、p型半導体及びn型半導体を熱的に平行に配置して構成される。ペルチェ素子001は光学部材Mの裏面に一つ以上配置される。複数のペルチェ素子001は後述する制御部004に光学部材Mの温度分布が均一になるように個別に制御され、光学部材Mをペルチェ効果により冷却する。「ペルチェ効果」とは、2種類の導体や半導体の接点に電流を流すと電導率の違いから熱の移動が起こるという現象である。本実施形態では、ペルチェ素子001は、p型半導体及びn型半導体で構成しているので 30
、p型半導体からn型半導体の領域では電子が流れにくいため熱を吸収する吸熱面006を形成し、n型半導体からp型半導体の領域では電子が流れやすいため熱を放出する放熱面007を形成する。従って、ペルチェ素子001の吸熱面006を光学部材Mに接合することで、光学部材Mから熱を吸収して冷却することができる。ペルチェ素子001と光学部材Mの間には、熱伝導率の高い電気絶縁部材008が介入してある。電気絶縁部材008の材料は、例えば窒化アルミ(AlN)などである。光学部材Mと電気絶縁部材008は、例えば放出ガスが少なく、熱伝導性の良い接着剤などで接合される。絶縁部材008とペルチェ素子001は、放出ガスが少なく、熱伝導性の良い蒸着、半田等の金属メタライズによって接合される。なお、光学部材Mは、例えばインバーと言った金属性の低熱膨張材、ZERODURと言ったガラス材料の低熱膨張材でも構わない。ペルチェ素子 40
001が吸収する熱量は、印加電圧によって調整することができる。また、ペルチェ素子001は、時間応答性が高いため、高速、高精度に吸熱面006の温度を制御して、光学部材Mの温度を所定の値にすることができる。ペルチェ素子001の放熱面007からの排熱は後述する冷却ジャケット005へ熱伝達により伝熱する。

【0019】

温度分布検出部002は、光学部材Mに接触することなく光学部材M表面の温度分布を測定する。温度分布検出部002は、光学部材M露光面上の多点を測定することができる多点式放射温度計やサーモグラフィなどが適している。但し多点式放射温度検出部を使用する場合、光学部材Mに固定されたペルチェ素子001の個数以上の計測点が必要である。一般に非接触式の温度検出部の計測精度は接触式のそれと比較して劣るため、温度分布検 50

出部の測定結果は後述する温度検出部 003 の測定結果により修正される。これにより、光学部材 M の露光面の温度分布を精度良く知ることができる。

【0020】

温度検出部 003 は光学部材 M の露光領域外に接触して温度を計測する。温度検出部 003 には例えば熱電対や抵抗温度センサなどが適しており、精度良く温度を計測することができる。ここでの光学部材 M の露光領域とは、光学部材 M 内で光が照射される領域、すなわち光学部材 M の被照射領域のことである。

【0021】

制御部 004 は、温度分布検出部 002 で検出された温度分布の値を温度検出部 003 で検出された光学部材 M の温度に修正する。また、制御部 004 は、複数のペルチェ素子 001 に印加する電圧をそれぞれ変化させることで、修正される温度分布が均一且つ所定の値となるように、複数のペルチェ素子 001 吸熱面 006 の温度を個別に制御する。ここで、図 2 (a) 及び図 2 (b) により複数のペルチェ素子 001 個別の制御方法について説明する。図 2 (a) は冷却装置 1 を上面から見た上面図、図 2 (b) は冷却装置 1 を下面から見た下面図である。図 2 (a) において、光学部材 M の露光面は露光面裏面に接合された複数のペルチェ素子 001 の個数分の領域に分割してある。図 2 (a) 及び図 2 (b) には例としてペルチェ素子 001 を 9 つ接合した場合を示す。図 2 (a) に示す露光面の各分割領域には番号が付してあり、光学部材 M の裏面における各分割領域の対向した位置に同一番号を付したペルチェ素子 001 が接合されている。ペルチェ素子 001 はそれぞれ、露光面において同じ番号が付してある分割領域の裏面を冷却する。例えば、検出された温度分布より領域 ▲ 1 ▼ の温度が所定の値でないと判断された場合、制御部 004 は、番号 ▲ 1 ▼ のペルチェ素子 001 に印加するべき電圧を算出し印加する。これにより、領域 ▲ 1 ▼ の温度を所定の値にすることができる。かかる制御を全分割領域に対して行うことにより、光学部材 M 露光面の温度分布は均一且つ所定の値となる。換言すれば、制御部 004 は光学部材 M の温度を一定にし、温度分布を均一に保つ機能を有する。

【0022】

冷却ジャケット 005 は、発熱したペルチェ素子を冷却させる熱交換器の役割をする。冷却ジャケットの内部の構造は、流体の脈動を伝達させないような流路、例えば、渦が発生しないような流路が設けられている。

【0023】

ここで、図 3 を用いて冷却装置 1 を用いた光学部材 M の冷却方法について説明する。図 3 は、真空雰囲気下に置かれた光学部材 M を冷却する冷却方法 1000 を説明するためのフローチャートである。

【0024】

まず、温度検出部 003 は露光光 L が照射されていない状態（初期状態）の光学部材 M の温度を検出し、検出した初期状態の温度を制御部 004 に送信する。制御部 004 は、受信した光学部材 M の初期状態の温度を所定の値として記憶する（ステップ 1001）。但し、初期状態では、光学部材 M は表面形状に変化がないものとする。同時に温度分布検出部 002 は光学部材 M の露光面温度分布を検出する。制御部 004 は、（ステップ 1001）で検出された温度を用い、検出された温度分布を修正する（ステップ 1002）。

【0025】

次に、露光光 L が照射されると（ステップ 1003）、温度分布検出部 002 は光学部材 M の温度を検出し（ステップ 1004）、光学部材 M が均一な温度分布をしているか、また温度分布検出部 002 が検出した光学部材 M の温度と所定の値が等しいかどうか判断する（ステップ 1005）。検出した光学部材 M の温度分布が均一であり且つその温度が所定の値と等しい場合、光学部材 M に露光光 L が照射している間は、ステップ 1005 以下を繰り返す。検出した光学部材 M の温度分布が不均一であるか若しくは所定の値と異なる場合、制御部 004 は、光学部材 M の温度分布が均一であり且つ所定の値となるために必要な複数のペルチェ素子 001 の吸熱面 006 の温度を個別に算出する。（ステップ 1006）。制御部 004 は、算出した複数のペルチェ素子 001 の吸熱面 006 の温度に基

づいてペルチェ素子 001 に印加する印加電圧をそれぞれ算出し印加する（ステップ 1007）。これにより、光学部材 M の温度分布が均一且つ所定の値とすることができる。以下、光学部材 M に露光光 L が照射されている間は、ステップ 1005 以下を繰り返す。

【0026】

以上により冷却装置 1 及び冷却方法 1001 によれば、露光光により光学部材 M の温度が不均一な分布を持って上昇しても、光学部材 M の温度分布を均一且つ所定の値とすることができる。

【0027】

ここで、図 3 のフローチャートのステップ 1001 において、必ずしも「光学部材の初期温度」を「所定の値」とする必要はなく、光学部材 M が設計値通りの形状になる温度を「所定の値」とすれば良い。例えば、光学部材が 23 [] であれば、設計値通りの形状となることが分かっているれば、「所定の値」は 23 [] とすれば良い。勿論、この値は装置によって異なるが、20 [] から 25 [] の間、好ましくは 22 [] から 24 [] の間に設定するのが良い。

【0028】

次に、図 4 を用いて冷却装置 1 の変形例である冷却装置 1A について説明する。冷却装置 1A は冷却装置 1 と比較して複数のペルチェ素子 001 が光学部材 M の裏面と非接触関係にある点について異なる。ここで、図 4 は図 1 に示す冷却装置 1 の変形例である冷却装置 1A を示す概略構成図である。但し、図 4 において図 1 に示されている真空チャンバ VC は省略してある。

【0029】

冷却装置 1A は、冷却装置 1 と同様、図示しない真空ポンプによって 1×10^{-6} [Pa] 程度の真空中に維持された真空チャンバ VC 内に置かれた光学部材 M を冷却する冷却装置である。冷却装置 1A は、図 4 によく示されているように、ペルチェ素子 001 と、温度分布検出部 002 と、温度検出部 003 と、制御部 004 と、冷却ジャケット 005 と、断熱部材 009 とを有する。

【0030】

複数のペルチェ素子 001 が接合されている冷却ジャケット 005 は不図示の光学部材 M とは別の支持体により支持されている。また、複数のペルチェ素子 001 が接合されている冷却ジャケットの表面において、複数のペルチェ素子 001 が接合されていない面には、光学部材 M 露光面の裏面と輻射伝熱しないように断熱部材 009 を配置する。但し、断熱部材 009 の代わりに、熱線を反射する反射部材を用いてもよい。

【0031】

ペルチェ素子 001 の吸熱面 006 と光学部材 M の裏面は輻射により伝熱する。なお、複数のペルチェ素子 001 を用いた光学部材 M の冷却方法、制御部 004 を用いた複数のペルチェ素子 001 の制御方法については図 1 ~ 図 3 を参照して説明した冷却装置 1、冷却方法 1001 と同様であるので、ここでは詳しい説明は省略する。

【0032】

また、冷却ジャケット 005 は光学部材 M と別の支持体により支持されているため、微小に発生する乱流等による振動を光学部材 M に伝達しない。また、かかる構造によるとペルチェ素子 001 を光学部材 M に接合することによる光学部材 M の変形や、ペルチェ素子 001 の吸熱面 006 と光学部材 M の線膨張係数の相違による光学部材 M の変形等も発生しない。

【0033】

以上により冷却装置 1A 及び冷却方法 1001 によれば、露光光により光学部材 M の温度が不均一な分布を持って上昇しても、光学部材 M の温度分布を均一且つ所定の値とすることができる。

【0034】

ここで、前述のペルチェ素子（冷却手段）は、光学部材 M の露光領域内の温度分布を解消するため（露光領域内の温度差を低減するため）に、露光領域内に複数配置されているの

10

20

30

40

50

が好ましい。

【0035】

次に、図5を用いて冷却装置1Aの変形例である冷却装置1Bについて説明する。冷却装置1Bは冷却装置1Aと比較して複数のペルチェ素子001の吸熱面006にそれぞれ温度検出部010が配設されている点、及び制御部004による複数のペルチェ素子001の制御方法について異なる。ここで、図5は図3に示す冷却装置1Aの変形例である冷却装置1Bを示す概略構成図である。

【0036】

冷却装置1Bは、冷却装置1Aと同様、図示しない真空ポンプによって 1×10^{-6} [Pa]程度の真空に維持された真空チャンバVC内に置かれた光学部材Mを冷却する冷却装置である。冷却装置1Bは、図5によく示されているように、ペルチェ素子001と、温度分布検出部002と、温度検出部003と、制御部004と、冷却ジャケット005と、断熱部材009と、温度検出部010とを有する。 10

【0037】

温度検出部010は複数のペルチェ素子001の吸熱面006に各々配設され、ペルチェ素子001の吸熱面006の温度を検出する。温度分布検出部010としては、接触式の温度計例えば熱電対や抵抗温度センサなどが適しており、精度良く温度を検出することができる。

【0038】

制御部004は、温度分布検出部002で検出された温度分布の値を温度検出部003で検出された光学部材Mの温度に修正する。また、制御部004は温度検出部002で検出される光学部材M露光面の温度分布と、温度検出部010で検出される複数のペルチェ素子001の温度との相関関係を求める。この相関関係を用いて、制御部004は検出される光学部材M露光面の温度分布を均一且つ所定の値とするために必要な複数のペルチェ素子001の吸熱面006の温度を各々算出する。算出された温度及び温度検出部010で検出されるペルチェ素子001の吸熱面006の温度に基づき、複数のペルチェ素子001に各々印加すべき電圧を算出し印加する。かかる制御により、より高精度且つ高速に個々のペルチェ素子001の吸熱面006が吸収する熱量が調整され、光学部材M表面の温度分布が均一且つ所定の値となる。換言すれば、制御部004は光学部材Mの温度を一定にし、温度分布を均一に保つ機能を有する。 20 30

【0039】

ここで、図6を用いて冷却装置1Bを用いた光学部材Mの冷却方法について説明する。図3は、真空雰囲気下に置かれた光学部材Mを冷却する冷却方法1002を説明するためのフローチャートである。

【0040】

まず、温度検出部003は露光光Lが照射されていない状態（初期状態）の光学部材Mの温度を検出し、検出した初期状態の温度を制御部004に送信する。制御部004は、受信した光学部材Mの初期状態の温度を所定の値として記憶する（ステップ1008）。但し、初期状態では、光学部材Mは表面形状に変化がないものとする。同時に温度分布検出部002は光学部材Mの露光面温度分布を検出する。制御部004は、ステップ1008で検出された温度を用い、検出された温度分布を修正する（ステップ1009）。 40

【0041】

同時に温度検出器010は複数のペルチェ素子001の吸熱面006の温度を各々検出し、ステップ1002で修正された光学部材Mの露光面の温度分布との相関関係を求める（ステップ1010）。次に、露光光Lの照射を開始する（ステップ1011）。温度分布検出部002は光学部材Mの温度分布を検出し（ステップ1012）、光学部材Mが均一な温度分布をしているか、また温度分布検出部002が検出した光学部材Mの温度と所定の値が等しいかどうか判断する（ステップ1013）。検出した光学部材Mの温度分布が均一であり且つその温度が所定の値と等しい場合、光学部材Mに露光光Lを照射している間は、ステップ1013以下を繰り返す。検出した光学部材Mの温度分布が不均一である 50

か若しくは所定の値と異なる場合、制御部 004 は、予め求めておいた相関関係より、光学部材 M の温度分布が均一であり且つ所定の値となるために必要な複数のペルチェ素子 001 の吸熱面 006 の温度を各々算出する。(ステップ 1014)。制御部 004 は、検出する複数のペルチェ素子 001 の吸熱面 006 の温度が算出した値となるようにペルチェ素子 001 に印加する印加電圧をそれぞれ算出し印加する(ステップ 1015)。これにより、光学部材 M の温度分布が均一且つ所定の値とすることができる。以下、光学部材 M に露光光 L が照射されている間は、ステップ 1013 以下を繰り返す。

【0042】

以上により冷却装置 1 B 及び冷却方法 1002 によれば、露光光により光学部材 M の温度が不均一な分布を持って上昇しても、精度良く、高速に光学部材 M の温度分布を均一且つ所定の値とすることができる。

【0043】

ここで、図 6 のフローチャートのステップ 1008 において、必ずしも「光学部材の初期温度」を「所定の値」とする必要はなく、光学部材 M が設計値通りの形状になる温度を「所定の値」とすれば良い。例えば、光学部材が 23 [] であれば、設計値通りの形状となることが分かっているならば、「所定の値」は 23 [] とすれば良い。勿論、この値は装置によって異なるが、20 [] から 25 [] の間、好ましくは 22 [] から 24 [] の間に設定するのが良い。

【0044】

次に、図 7 を用いて冷却装置 1 の変形例である冷却装置 1 C について説明する。冷却装置 1 C は冷却装置 1 と比較して輻射板 011 について異なる。ここで、図 7 は図 1、2 に示す冷却装置 1 の変形例である冷却装置 1 C を示す概略構成図である。但し、図 7 において真空チャンバ VC は省略してある。

【0045】

冷却装置 1 C は、冷却装置 1 と同様、図示しない真空ポンプによって 1×10^{-6} [Pa] 程度の真空中に維持された真空チャンバ VC 内に置かれた光学部材 M を冷却する冷却装置である。冷却装置 1 C は、図 7 によく示されているように、ペルチェ素子 001 と、温度分布検出部 002 と、温度検出部 003 と、制御部 004 と、冷却ジャケット 005 と、輻射板 011 とを有する。

【0046】

輻射板 011 は、複数のペルチェ素子 001 の吸熱面 007 に接合され、光学部材 M の裏面に対向した位置に配置されている。輻射板 011 の材料は、熱伝導率が低く、表面の放射率が高い例えばガラスや Zerodur、低熱膨張金属インバーなどから成る。輻射板材料として熱伝導率が低いものを使用することにより、輻射板は不均一な温度分布を持つことができる。輻射板 011 の材料が電気伝導体の場合は、ペルチェ素子 001 と輻射板 011 の間に、不図示の熱伝導率の高い電気絶縁部材 008 を介入させる。ペルチェ素子 001 と電気絶縁部材 008 は、放出ガス量が少なく熱伝導性の良い、蒸着や半田などの金属メタライズによって接合される。電気絶縁部材 008 と輻射板 011 は、放出ガス量が少ない、金属メタライズやろう付け、溶接などで接合される。

【0047】

光学部材 M の裏面と輻射板 011 の光学部材 M の裏面に対向する面は輻射により伝熱する。換言すると、輻射板 011 は光学部材 M を輻射冷却する。輻射板 011 に複数のペルチェ素子 001 を接合し、且つ輻射板 011 を熱伝導率の低い材料で構成することにより、輻射板 011 は不均一な温度分布を得ることができる。つまり、輻射板 011 は複数のペルチェ素子 001 の吸熱面 006 の温度を個別に制御することにより、光学部材 M の露光面温度分布が均一且つ所定の値になるような温度分布を取ることができる。輻射板 011 により光学部材 M を輻射冷却することにより、輻射冷却量の分布を連続的にすることができる。また、輻射板 011 の熱伝導率を選択することにより、輻射冷却量の分布の最適化を図ることができる。

【0048】

なお、複数のペルチェ素子 0 0 1 を用いた光学部材 M の冷却方法、制御部 0 0 4 を用いた複数のペルチェ素子 0 0 1 の制御方法については図 1 ~ 図 3 を参照して説明した冷却装置 1、冷却方法 1 0 0 1 と同様であるので、ここでは詳しい説明は省略する。

【 0 0 4 9 】

以上により冷却装置 1 C 及び冷却方法 1 0 0 1 によれば、露光光により光学部材 M の温度が不均一な分布を持って上昇しても、光学部材 M の温度分布を均一且つ所定の値とすることができる。

【 0 0 5 0 】

また、冷却装置 1 C についても、冷却装置 1 B と同様に、複数のペルチェ素子 0 0 1 の吸熱面 0 1 0 に各々温度検出部 0 1 0 を配設し、冷却方法 1 0 0 2 により光学部材 M を冷却してもよい。これにより、露光光により光学部材 M の温度が不均一な分布を持って上昇しても、より精度良く、高速に光学部材 M の温度分布を均一且つ所定の値とすることができる。

【 0 0 5 1 】

ここで、図 6 のフローチャートのステップ 1 0 0 8 において、必ずしも「光学部材の初期温度」を「所定の値」とする必要はなく、光学部材 M が設計値通りの形状になる温度を「所定の値」とすれば良い。例えば、光学部材が 2 3 [] であれば、設計値通りの形状となることが分かっているならば、「所定の値」は 2 3 [] とすれば良い。勿論、この値は装置によって異なるが、2 0 [] から 2 5 [] の間、好ましくは 2 2 [] から 2 4 [] の間に設定するのが良い。

【 0 0 5 2 】

図 8 は本冷却装置を露光装置に応用した例である。

【 0 0 5 3 】

本実施例の露光装置 2 は、露光用の照明系として E U V 光（例えば、波長 1 3 . 4 n m ）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・リピート方式でマスク 0 1 3 に形成された回路パターンを被処理体に露光する投影露光装置である。本露光装置は、サブミクロン以下のリソグラフィ工程に最適であり、以下、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置を例に説明する。このステップ・アンド・スキャン方式とは、マスクに対してウエハを連続的に走査してマスクパターンをウエハに露光すると共に、1 ショットの露光終了後ウエ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。

【 0 0 5 4 】

本図において、0 1 2 は真空チャンバである。E U V 光は大気に残存する残留ガス（例えば炭化水素等）と反応してコンタミを発生させ、ミラー面の反射率を低下させるという現象があるため、光学系が収まる中は真空雰囲気となっている。

【 0 0 5 5 】

0 1 3 は光源であり、例えば、レーザプラズマ光源が用いられる。これは、真空容器中のターゲット材に高強度のパルスレーザ光を照射し、高温のプラズマを発生させ、照射される波長 1 3 n m 程度の E U V 光を利用するものである。

【 0 0 5 6 】

0 1 4 は照明光学系であり、光源 0 1 3 から射出された E U V 光を後述するマスク 0 1 3 に均一照射するための光学系であり、本図では記していないが数枚のミラー及び照明領域を円弧状に限定するためのアパーチャが設けられている。本冷却装置は本照明光学系 0 1 4 において図示していないが、適用することができるのはもちろんである。本冷却構造を適用することにより、ミラー面の面変形を抑制することができ、優れた結像性能を発揮することができる。

【 0 0 5 7 】

0 1 5 は投影光学系である。投影光学系 0 1 5 は複数の反射ミラーを用いてマスク 0 1 3 面上のパターンを像面である被処理体 0 1 8 面上に縮小投影する。投影光学系 0 1 5 におけるミラー枚数は 4 枚乃至 6 枚で構成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

0 1 6 はマスクである。マスク 0 1 3 は反射型マスクで、マスク面上には転写されるべき回路パターンが形成されている。マスク 0 1 3 は後述するマスクステージ 0 1 7 に支持されている。マスク 0 1 3 は後述する被処理体 0 1 8 と光学的に共役の關係に配置されている。

【 0 0 5 9 】

0 1 7 はマスクステージであり、マスク 0 1 3 を支持している。マスクステージ 0 1 7 は不図示の移動機構に接続されており、移動機構の例としてはリニアモータなどである。リニアモータによりマスク 0 1 3 及び被処理体 0 1 8 を同期した状態で走査させる。また、マスクステージ 0 1 7 は不図示のアライメント検出機構により適正な位置に駆動することが可能である。ここで、アライメント検出機構はマスク 0 1 3 の位置と投影光学系 0 1 5 の光軸との位置關係、及び、被処理体 0 1 8 の位置と投影光学系 0 1 5 の光軸との位置關係を計測し、マスク 0 1 3 の投影像が被処理体 0 1 8 の所定の位置に一致するようにマスクステージ 0 1 7 と後述するウエハステージ 0 1 9 の位置と角度を設定する。

10

【 0 0 6 0 】

0 1 8 は被処理体であるが、本実施例ではウエハである。被処理体 0 1 8 は液晶基板その他の被処理体を広く含む。被処理体にはフォトレジストが塗布されている。フォトレジスト塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布工程と、フォトレジスト塗布処理と、プリベーク処理とを含む。前処理は、洗浄、乾燥などを含む。密着性向上剤塗布処理は、フォトレジストと下地との密着性を高めるための表面改質（即ち、界面活性剤塗布による疎水性化）処理であり、HMDS（Hexamethyl-disilazane）などの有機膜をコート又は蒸気処理する。プリベークは、ベーキング（焼成）工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

20

【 0 0 6 1 】

0 1 9 はウエハステージであり、ウエハは不図示のウエハチャックによって支持されている。ウエハステージ 0 1 9 は、例えばリニアモータによって、走査方向（以下 X 方向）、走査方向と直交する方向（以下 Y 方向）、被処理体の有する面の法線方向（以下 Z 方向）に被処理体 0 1 8 を移動する。被処理体 0 1 8 は前記したように、マスク 0 1 3 と同期して移動する。ここで、ウエハステージ 0 1 9 は不図示のフォーカス検出機構により動作する。フォーカス検出機構は被処理体 0 1 8 面で Z 方向のフォーカス位置を計測し、ウエハステージ 0 1 9 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 0 1 8 面を投影光学系 0 1 5 による結像位置を保つ。

30

【 0 0 6 2 】

次に、図 9 及び図 10 を参照して、上述の露光装置 5 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 9 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。本実施形態においては、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（ウエハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウエハを用いてリソグラフィー技術によってウエ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エハを用いて半導体チップ化する工程であり、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、それが出荷（ステップ 7）される。

40

【 0 0 6 3 】

図 10 は、ステップ 4 のウエ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、ウエハの表面を酸化させる。ステップ 12（CVD）では、ウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 14（イオン打ち込み）では、ウエハにイオンを打ち込む。

50

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５００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１９（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す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５００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。

【００６４】

以上、本冷却装置を露光装置に適応した例を示した。本発明の冷却装置はＥＵＶ光に限定することなく、他のエキシマレーザ光にも適応することが可能である。また、マスクやウェハなどにも適応することが可能である。

【００６５】

ここで、本発明の実施態様は以下のように記載することができる。

（実施態様１） 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する（温度調節する）冷却装置（温度調節装置）であって、

前記光学部材の露光面（露光光が照射されている側の面、光学部材が反射部材の場合は反射面側の面）の温度分布を検出する温度分布検出部と、

前記光学部材を複数の領域し、前記複数の領域それぞれを個別に冷却する複数の冷却手段と、

前記光学部材の温度分布が所望の温度分布になるように、前記複数の冷却手段を制御する制御部とを有することを特徴とする冷却装置。

（実施態様２） 前記複数の領域のうち少なくとも２つ以上の領域が、前記光学部材の露光領域内に配置されていることを特徴とする実施態様１記載の冷却装置。

（実施態様３） 前記光学部材の前記露光領域外の温度を検出する温度検出部を有することを特徴とする実施態様１又は２に記載の冷却装置。

（実施態様４） 前記制御部は、前記温度分布検出部の検出する値を前記温度検出部で検出する値に基づいて修正することを特徴とする実施態様３記載の冷却装置。

（実施態様５） 前記制御部は、前記温度分布検出部の検出結果及び温度検出部の検出結果に基づいて前記冷却手段を制御することを特徴とする実施態様３又は４記載の冷却装置

（実施態様６） 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却装置であって、

前記光学部材の露光面（露光光が照射されている側の面、光学部材が反射部材の場合は反射面側の面）の温度分布を検出する温度分布検出部と、

前記光学部材に接合してペルチェ効果により前記光学部材を冷却する複数のペルチェ素子と、

前記ペルチェ素子の放熱面からの排熱を吸収する冷却ジャケットと、

前記光学部材の温度分布が均一且つ所定の値となる（前記光学部材内の温度差を低減する）ように、前記複数のペルチェ素子の動作を個別に制御する制御部とを有することを特徴とする冷却装置。

（実施態様７） 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却装置であって、

前記光学部材の露光面温度分布を検出する温度分布検出部と、

前記光学部材の露光面の裏面に対向する位置に配置され、ペルチェ効果により前記光学部材を輻射冷却する複数のペルチェ素子と、

前記ペルチェ素子の放熱面からの排熱を吸収する冷却ジャケットと、

前記光学部材の温度分布が均一且つ所定の値となる（前記光学部材内の温度差を低減する）ように、前記複数のペルチェ素子の動作を個別に制御する制御部とを有することを特徴とする冷却装置。

（実施態様８） 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却装置であって、

前記光学部材の露光面温度分布を検出する温度分布検出部と、

10

20

40

50

前記光学部材の露光面の裏面に対向する位置に配置され、前記光学部材を輻射により冷却する輻射板と、
前記輻射板に接合してペルチェ効果により前記輻射板を冷却する複数のペルチェ素子と、
前記ペルチェ素子の放熱面からの排熱を吸収する冷却ジャケットと、
前記光学部材の温度分布が均一且つ所定の値となる（前記光学部材内の温度差を低減する）ように、前記ペルチェ素子の動作を制御する制御部とを有することを特徴とする冷却装置。

（実施態様 9） 前記輻射板は、低い熱伝導率を有することを特徴とする実施態様 7 又は 8 記載の冷却装置。

（実施態様 10） 前記輻射板の熱伝導率が熱伝導率は $1.6 [W/mK]$ 未満であることを特徴とする実施態様 9 記載の冷却装置。 10

（実施態様 11） 前記複数のペルチェ素子の吸熱面に各々温度検出部を有することを特徴とする実施態様 6 乃至 10 記載の冷却装置。

（実施態様 12） 前記光学部材の前記露光領域外の温度を検出する温度検出部を有することを特徴とする実施態様 6 乃至 11 いずれかに記載の冷却装置。

（実施態様 13） 前記制御部は、前記温度分布検出部の検出する値を前記温度検出部で検出する値に基づいて修正することを特徴とする実施態様 12 記載の冷却装置。

（実施態様 14） 前記制御部は、前記温度分布検出部の検出結果及び前記温度検出部の検出結果に基づいて、前記ペルチェ素子を制御することを特徴とする実施態様 12 又は 13 記載の冷却装置。 20

（実施態様 15） 前記温度分布検出部は、前記光学部材に接触することなく、前記光学部材の露光面温度分布を検出することを特徴とする実施態様 1 乃至 14 いずれかに記載の冷却装置。

（実施態様 16） 前記光学部材はミラーであることを特徴とする実施態様 1 乃至 15 記載の冷却装置。

（実施態様 17） 実施態様 1 乃至 16 のうちいずれか一項記載の冷却装置を有することを特徴とする露光装置。

（実施態様 18） 光源からの光でマスク又はレチクルを照明する照明光学系と、前記マスク又はレチクルからの光を被処理体に導く投影光学系を有する露光装置であって、前記照明光学系と前記投影光学系の少なくとも一方が前記冷却装置により冷却された光学部材を有することを特徴とする実施態様 17 記載の露光装置。 30

（実施態様 19） 実施態様 16 記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、露光された前記被処理体に所定のプロセス（現像等）を行う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。

（実施態様 20） 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法であって、前記光学部材の露光面の温度分布を検出するステップと、前記検出ステップで検出した温度が所定の値となるように、複数の冷却手段を独立に制御するステップとを有することを特徴とする冷却方法。

（実施態様 21） 真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法であって、前記光学部材の露光面の温度分布を検出するステップと、前記光学部材の露光面の温度分布が均一且つ所定の値となるような前記ペルチェ素子の温度を算出するステップと 40

前記ペルチェ素子の温度が前記算出ステップで算出した温度になるように前記ペルチェ素子を個別に動作させるステップとを有することを特徴とする冷却方法。

【0066】

【発明の効果】

本発明の冷却装置及び方法によれば、真空雰囲気下に配置された、熱伝導率が低い部材で構成された光学部材の露光面の温度分布を計測し、その計測値に基づいて複数のペルチェ素子を個別に制御し使用することにより、光学部材内部での温度差を小さく保つことが可能である。従って、結像性能の劣化となる光学部材の熱膨張による変形を低減させること 50

ができる。以上により、所望の光学性能を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一側面としての冷却装置を示す概略構成図である。

【図 2】本発明の一側面としての冷却装置を示す概略構成図である。

【図 3】真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法を説明するためのフローチャートである。

【図 4】本発明の一側面としての冷却装置を示す概略構成図である。

【図 5】本発明の一側面としての冷却装置を示す概略構成図である。

【図 6】真空雰囲気下に置かれた光学部材を冷却する冷却方法を説明するためのフローチャートである。

10

【図 7】本発明の一側面としての冷却装置を示す概略構成図である。

【図 8】本発明の例示的な露光装置の概略構成図である。

【図 9】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。

【図 10】図 9 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 11】従来のミラー冷却装置を示す概略構成図である。

【符号の説明】

1、1 A、1 B、1 C 冷却装置

2 露光装置

0 0 1 ペルチェ素子

20

0 0 2 温度分布検出部

0 0 3 温度検出部

0 0 4 制御部

0 0 5 冷却ジャケット

0 0 6 ペルチェ素子吸熱面

0 0 7 ペルチェ素子放熱面

0 0 8 電気絶縁部材

0 0 9 断熱部材

0 1 0 温度検出部

0 1 1 輻射板

30

0 1 2 真空チャンバ

0 1 3 光源

0 1 4 照明光学系

0 1 5 投影光学系

0 1 6 マスク

0 1 7 マスクステージ

0 1 8 被処理体

0 1 9 ウエハステージ

1 0 1 ミラー

1 0 2 水路配管

40

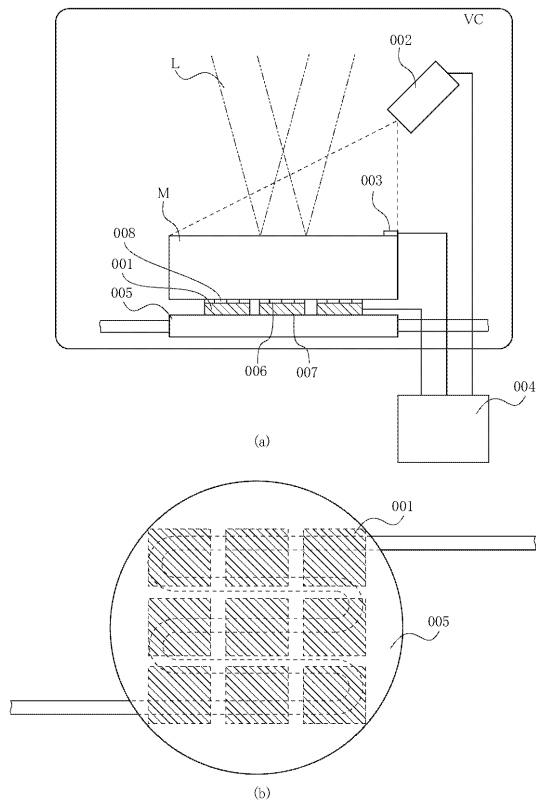
1 0 3 継手

1 0 4 流路

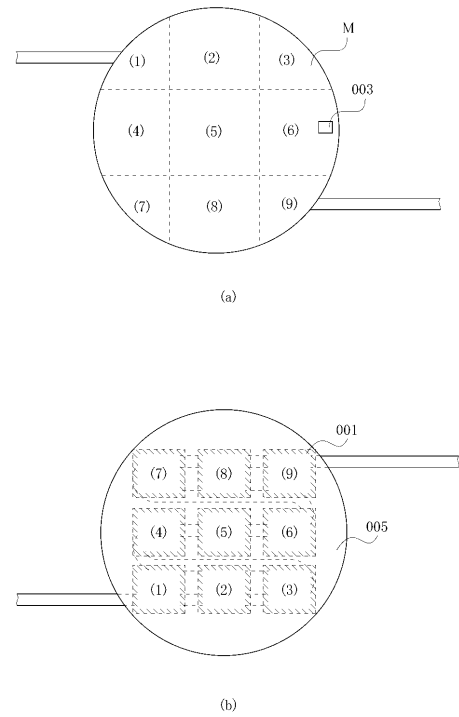
M 光学部材

L 露光光

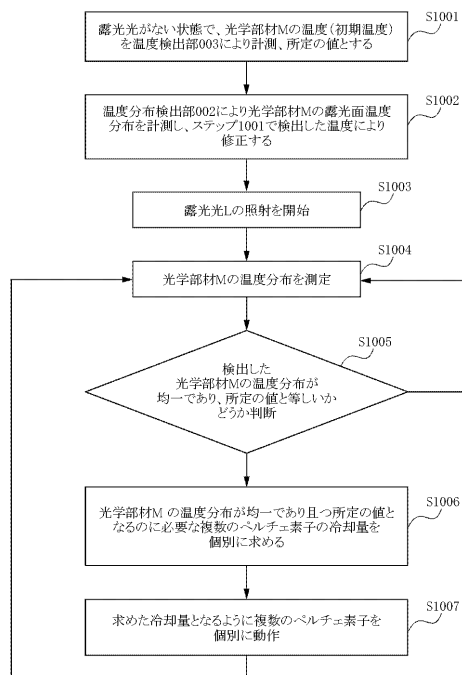
【図 1】



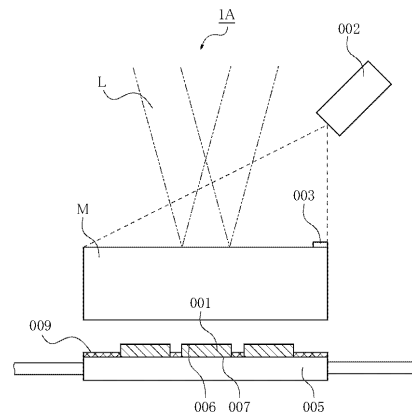
【図 2】



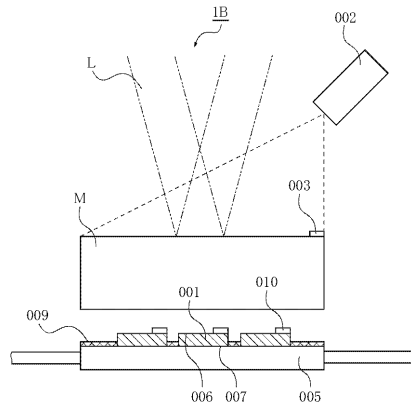
【図 3】



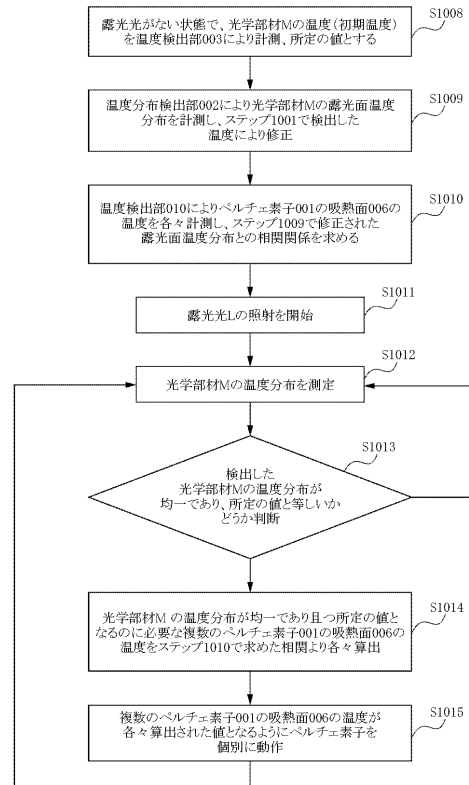
【図 4】



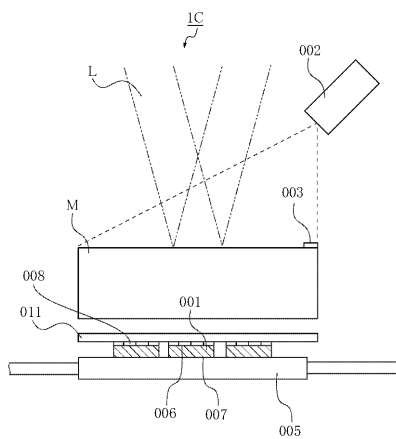
【図 5】



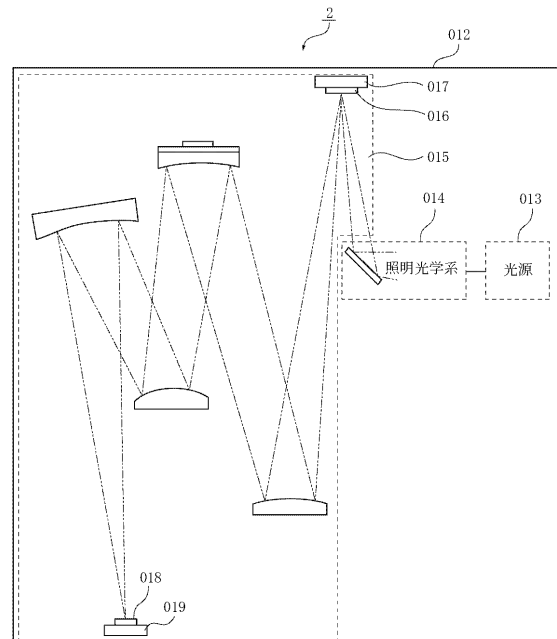
【図 6】



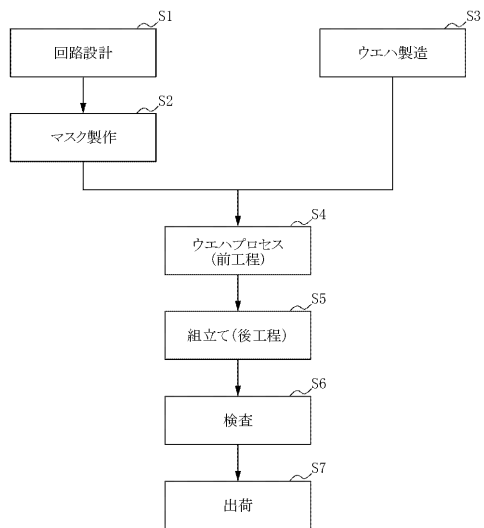
【図 7】



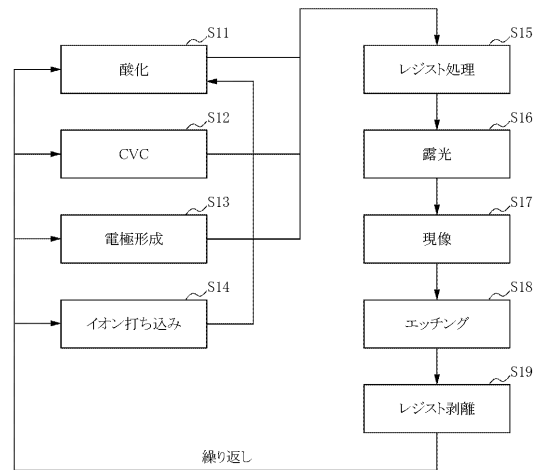
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

