

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4289755号  
(P4289755)

(45) 発行日 平成21年7月1日 (2009.7.1)

(24) 登録日 平成21年4月10日 (2009.4.10)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006.01)

GO 3 F 7/20 (2006.01)

HO 1 L 21/30 5 1 6 D

HO 1 L 21/30 5 1 5 Z

GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2000-47359 (P2000-47359)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成12年2月24日 (2000.2.24)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2001-237169 (P2001-237169A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成13年8月31日 (2001.8.31)	(74) 代理人	100086461
審査請求日	平成19年2月26日 (2007.2.26)		弁理士 齋藤 和則
		(74) 代理人	100086287
			弁理士 伊東 哲也
		(72) 発明者	森 堅一郎
			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	植木 隆和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光量制御方法、デバイス製造方法および露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源から射出された露光光を用いて、原版のパターンの像を基板上に投影して露光する際の露光量を制御する露光量制御方法において、光強度均一化光学系からの光を用いて原版を照明する照明工程と、前記光強度均一化光学系の光源側における光束の照度を計測する第1の計測工程と、前記光強度均一化光学系と前記原版との間の光路に対して挿脱可能な光分岐手段が光路内に配置された状態で、前記光分岐手段で分岐した光束の照度を前記基板と共役な位置において計測する第2の計測工程と、該露光中に、前記光分岐手段が光路外に配置された状態で前記第1の計測工程及び前記第2の計測工程で得られた計測出力を用いて、前記基板上の露光量が目標露光量となるように前記基板上の露光量を制御する制御工程とを備えることを特徴とする露光量制御方法。

【請求項 2】

前記基板が配置される面における照度を計測する第3の計測工程と、前記第2の計測工程における計測結果と前記第3の計測工程における計測結果とから、前記基板と共役な位置における照度と、前記基板が配置される面における照度との関係を記憶する記憶工程とを備えることを特徴とする請求項1に記載の露光量制御方法。

【請求項 3】

請求項1又は2に記載の露光量制御方法を用いて露光量を制御して前記基板を露光する工程と、該露光された基板を現像する工程とを備えることを特徴とするデバイス製造方法。

## 【請求項 4】

光源からの露光光を用いて原版を照明する照明光学系と、前記原版のパターンの像を基板上に投影する投影光学系とを備える露光装置において、光強度均一化光学系と、前記光強度均一化光学系の光源側における光束の照度を計測する第 1 の照度計測手段と、前記光強度均一化光学系と前記原版との間の光路に対して挿脱可能な光分岐手段と、前記基板と共役な位置において、前記光分岐手段で分岐した光束の照度を計測する第 2 の照度計測手段と、前記基板上の露光量を変更可能とする露光量変更手段と、前記原版のパターンの像を前記基板に露光しているときに、前記光分岐手段が光路外に配置された状態で、前記第 1 の照度計測手段及び前記第 2 の照度計測手段の計測出力を用いて、前記基板上の露光量が目標露光量となるように前記露光量変更手段の制御を行う制御手段とを備えることを特徴とする露光装置。

10

## 【請求項 5】

光源からの露光光を用いて原版を照明する照明光学系と、前記原版のパターンの像を基板上に投影する投影光学系とを備える露光装置において、光強度均一化光学系と、前記光強度均一化光学系の光源側における光束の照度を計測する第 1 の照度計測手段と、前記基板と共役な位置に配置された可変絞りに設けられ、前記基板と共役な位置における光束の照度を計測する第 2 の照度計測手段と、前記基板上の露光量を変更可能とする露光量変更手段と、前記原版のパターンの像を前記基板に露光しているときに、前記第 1 の照度計測手段の計測出力を用いて、前記基板上の露光量が目標露光量となるように前記露光量変更手段の制御を行う制御手段とを備え、

20

前記第 2 の照度計測手段の計測出力に基づいて前記第 1 の照度計測手段の計測出力を校正することを特徴とする露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体素子、液晶表示素子、撮像素子（CCD 等）、薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィ工程中使用される投影露光装置等に適用できる露光量制御方法、デバイス製造方法および露光装置に関する。特に、マスク上のパターンの一部を感光性の基板上に投写した状態で、そのマスクおよび基板を投影光学系に対して同期させて走査移動することにより、そのマスクのパターンを逐次その基板上の各ショット領域に転写露光する、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査露光型投影露光装置に適用して好適なものに関する。

30

## 【0002】

## 【従来の技術】

図 2 は、露光用光源からの光を用いてパターンを均一に照明する照明装置と、照明されたパターンを基板上に投影する投影光学系とを備えた従来の走査型投影露光装置を示す。なお、以下の説明は水銀ランプ等の発散光源を用いたものについて行うが、レーザ等の指向性をもった光源を用いたものについても同様の説明を適用することができる。同図において、1 は光源であり、2 は光源 1 から放射された光束を集光するための集光ミラーである。光源 1 から発散された光線は集光ミラー 2 で集光され、光学系 3 を通り、後述の減光装置 18 を経て内面反射部材 4 に入射する。

40

## 【0003】

内面反射部材 4 は入射した光線が内面反射部材 4 の側面で複数回反射することによって、内面反射部材 4 の入射面で不均一であった光強度分布を内面反射部材 4 の出射面で均一化する。内面反射部材 4 としては、例えば、向かい合って配置された鏡であっても良いし、単にロッド状の硝材であっても良い。ロッド状の硝材の場合には、光線がロッド状の硝材の側面に当たった際に、硝材と空気の屈折率差により全反射するように設計し、側面を研磨面に加工する必要がある。

## 【0004】

5 は光学系であり、内面反射部材 4 の出射面に形成された均一な光強度分布をハエノ目レ

50

レンズ6の入射面に投影する。ハエノ目レンズ6は入射面と出射面が互いの面のパワーの焦点となっているロッドレンズを束ねたものであり、同一角度でロッドレンズに入射した光束はロッドレンズの出射面で集光し、全体としてハエノ目レンズ6の出射面に多数の集光点を形成する。

【0005】

7はハエノ目レンズ6の出射面に形成された集光点群を2次光源として利用することによって照明領域を均一に照明するための光学系である。投影露光装置の場合には照明領域を制御する必要があるので、直接照明領域を照明せずに、一度マスク面と共役な位置で均一な光強度分布を実現している。8は照明領域を制御する絞りであり、その位置が前記マスク面と共役な位置となっており、ここでの均一な光強度分布をリレー光学系9により投影し、照明領域であるマスク10を照明する構成となっている。

10

【0006】

照明領域を制御する絞り8は可動であり、マスク10の照明領域に合わせて絞り8を移動させることができる。図では1組の絞りしか記載していないが、実際には少なくとも2組の絞りからなっている。そのうちの1組は基板上の露光領域を制限するためのものであって、露光領域の始めと終わりにおいて、基板と同期して動く。もう1組は、照明光の照明領域を制御するためのものであって、露光中は固定である。この絞りは走査方向と垂直方向の露光領域の幅を変えたり、後述の露光量を制御するために照明領域の走査方向の幅を変えたり、走査方向と垂直方向の露光むらをなくすために、場所ごとに幅を変えるために駆動される。

20

【0007】

11はマスク10上のパターンを基板12上に結像するための投影光学系であり、前述の照明系により実現される均一な照明光によって照明されたマスク10上のパターンを、基板12上に塗布された感光剤に感光させ、パターンを転写する。投影光学系11はマスク10の位置や基板12の位置が光軸方向にずれても投影倍率が変化しないように、テレセントリックな系になっている。この露光装置は走査型投影露光装置であるため、マスク10と基板12は同期して走査される。また、マスク10が移動することから、それにとまない照明領域も変わるため、照明領域を制御する絞り8も同期して動く。

【0008】

13は基板12と照度センサ14が載せられた可動なステージであり、基板12上へ走査露光するためのスキャン移動、および複数のショットを露光するためのステップ移動ができ、さらに、基板と同じ位置で照度を計測するために照度センサ14を基板12が露光の際に存在するのと同じ位置に移動させることができるようになっている。

30

【0009】

半導体素子等の製造に用いられる投影露光装置の場合は、マスク10上のパターンを基板12上に良好に転写するために、基板12上に塗布された感光剤とマスク10のパターンとに依存した、適切な露光量を基板12に露光する必要がある。例えば、ポジティブパターンとネガレジストを使用した場合、適切な露光量以下の露光がされると感光不足となり、パターンの線が細ったり、線が途中で切れてしまったりする。一方、適切な露光量以上の露光がされると、感光過多となってパターンの線が太り、隣の線とつながってしまったりする。また、ネガティブパターンとポジレジストを使用した場合は、適切な露光量以下の露光がされると、感光不足となって、パターンの線が太り、隣の線とつながってしまったりする。一方、適切な露光量以上の露光がされると、感光過多となり、パターンの線が細ったり、線が途中で切れてしまったりする。いずれにせよ適切な露光量でない露光を行うと、基板上に適切なパターンを形成することができず、歩留りの低下を招くことになる。

40

【0010】

この走査型投影露光装置の露光量は、照明領域の走査方向の長さを $s$ 、基板12上の照度を $I$ 、そしてスキャンスピードを  $v$  とすれば、 $s \times I / v$  となる。よって、この走査型投影露光装置の露光量を制御するためには、照明領域の走査方向の長さ $s$ 、基板12上の照

50

度Ⅰまたはスキャンスピード のうちの少なくとも1つを制御することになる。照明領域の走査方向の長さsは、照明領域を制御する絞り8を動かすことにより変えることができ、スキャンスピード は、基板12、マスク10および照明領域を制御する絞りの走査スピードを変えることによって変えることができる。

#### 【0011】

減光装置18は光路中に置かれ、透過率が可変であり、基板12上の照度Ⅰを所定の照度になるように制御する。透過率が可変な減光装置18としては、例えば、ターレット上に数種の透過率の異なる光学部材を配置し、それを選択することにより透過率を可変にする減光装置や、光線となす角度によって反射率の異なるミラーの角度を変えて透過率を可変とする減光装置などがある。実際の投影露光装置においては、光源1の出力にチラツキがあるために、露光中の照度を計測して定照度制御を行わなければ、基板12上の露光量域内で、露光量が一定ではなく、露光ムラができてしまう。

10

#### 【0012】

このような露光ムラを防ぐために定照度制御を行う必要があるが、マスク10上のパターンの基板12上への転写中に基板12上の照度を直接計測して定照度制御を行うことはできない。また、露光光の光路中で照度を計測すると、照度センサの影が基板12上にできるため、基板12上へマスク10上のパターンを転写する際に影響を及ぼす。したがって、基板12と共役で、かつ露光光の光路から分岐された位置において照度を計測し、露光量制御を行っている。

20

#### 【0013】

15は基板12と共役でかつ露光光の光路から分岐された位置を作り出すために光路中に差し込まれた反射率の非常に低いハーフミラーであり、露光光の光軸に対して斜めに配置され、露光光を分岐して照度を計測する照度センサ16の位置に基板12と共役でかつ露光光の光路から分岐された位置を作っている。基板12と共役な位置で照度を計測するのは、光源1の発光中心の揺らぎ等の時間的変化があっても基板12上の照度と一対一の対応を取るためである。

#### 【0014】

適正露光量を基板12上に露光するために、基板12を露光する前に、ステージ13上に取り付けられた照度センサ14を照明領域に移動させて較正を行う。較正は、ダミー露光を行い、照度センサ14と16の出力を比較することによって行う。基板12を露光する際には、定照度制御を行うための制御装置17が、照度センサ16の出力に基いて定照度制御を行う。

30

#### 【0015】

19は露光光の光路を開閉するシャッタである。一括露光型の投影露光装置の場合は、基板上の露光量が適切な露光量に達した時点でシャッタを閉じることによって、露光量を制御することができる。しかし、走査型投影露光装置の場合は走査が終了するまでは露光を終了することはできないので、シャッタの開閉を用いて、露光量を制御することはできない。この走査型投影露光装置において、シャッタ19は、ショット間のステップ移動もしくは露光作業をしていないときに照明系の劣化が発生しないように照明光を遮るために使用される。

40

#### 【0016】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ハーフミラーを光学系に使用する場合は、光学の法則から容易に導かれるように、ハーフミラーの垂線と光線のなす角が大きくなるにつれて、光線の偏光状態による反射率の差が大きくなる。このため、図2の従来技術においてハーフミラー15の垂線と光軸のなす角が大きいと、ハーフミラー15の後で偏光状態毎の光強度が異なり、このことが照明領域上の照度むらを引き起こす。また、光源1の偏光状態が時間とともに変化する場合には、照度センサに到達する光量と、基板12上に到達する光量の比が変化してしまい、露光量制御精度が悪化する。よって、照明領域において均一な照明を行い、かつ良好な露光量制御を行うためには、ハーフミラー15を光軸に対してなるべく直交するようにしなければ

50

ならない。しかも同時に、ハーフミラー 15 によって反射された光線が、蹴られることなく、照度センサ 16 に到達するようにしなければならない。しかしながら、これら 2 つの条件を満足するように、ハーフミラー 15 を光路中に挿入しようとする、ハーフミラー 15 とハーフミラー 15 直前のレンズとの間隔を大きく取らなければならないことになる。そのため、基板 12 上の露光量を制御するために必要なスペースは大きくなってしまっている。

#### 【0017】

一方、近年、投影露光装置に求められる性能の向上のために、投影露光装置の光学系は非常に複雑になり、大型化する傾向がある。そこで、少しでも投影露光装置のサイズを小さくするために、露光量を制御するために必要なスペースを、なるべく小さくしたいという要請が強くなっている。しかし、このスペースを小さくしようとすると、前述のように、照度むらが発生したり、露光量制御精度が悪化したりするという問題が生じることになる。

#### 【0018】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑み、露光量制御方法、デバイス製造方法および露光装置において、照度むらを発生させず、あるいは露光量制御精度を悪化させることなく、露光量制御のために必要なスペースを小さくすることを課題とする。

#### 【0019】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するための本発明の露光量制御方法は、光源から射出された露光光を用いて、原版のパターンの像を基板上に投影して露光する際の露光量を制御する露光量制御方法において、光強度均一化光学系からの光を用いて原版を照明する照明工程と、前記光強度均一化光学系の光源側における光束の照度を計測する第 1 の計測工程と、前記光強度均一化光学系と前記原版との間の光路に対して挿脱可能な光分岐手段が光路内に配置された状態で、前記光分岐手段で分岐した光束の照度を前記基板と共役な位置において計測する第 2 の計測工程と、該露光中に、前記光分岐手段が光路外に配置された状態で前記第 1 の計測工程及び前記第 2 の計測工程で得られた計測出力を用いて、前記基板上の露光量が目標露光量となるように前記基板上の露光量を制御する制御工程とを備えることを特徴とする。

#### 【0020】

また本発明の露光量制御方法は、前記基板が配置される面における照度を計測する第 3 の計測工程と、前記第 2 の計測工程における計測結果と前記第 3 の計測工程における計測結果とから、前記基板と共役な位置における照度と、前記基板が配置される面における照度との関係を記憶する記憶工程とを備えることを特徴とする。

#### 【0021】

本発明のデバイス製造方法は、前記段落[0019]または段落[0020]に記載の露光量制御方法を用いて露光量を制御して前記基板を露光する工程と、該露光された基板を現像する工程とを備えることを特徴とする。

#### 【0022】

本発明の露光装置は、光源からの露光光を用いて原版を照明する照明光学系と、前記原版のパターンの像を基板上に投影する投影光学系とを備える露光装置において、光強度均一化光学系と、前記光強度均一化光学系の光源側における光束の照度を計測する第 1 の照度計測手段と、前記光強度均一化光学系と前記原版との間の光路に対して挿脱可能な光分岐手段と、前記基板と共役な位置において、前記光分岐手段で分岐した光束の照度を計測する第 2 の照度計測手段と、前記基板上の露光量を変更可能とする露光量変更手段と、前記原版のパターンの像を前記基板に露光しているときに、前記光分岐手段が光路外に配置された状態で、前記第 1 の照度計測手段及び前記第 2 の照度計測手段の計測出力を用いて、前記基板上の露光量が目標露光量となるように前記露光量変更手段の制御を行う制御手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0023】

また、本発明の露光装置は、光源からの露光光を用いて原版を照明する照明光学系と、前記原版のパターンの像を基板上に投影する投影光学系とを備える露光装置において、光強度均一化光学系と、前記光強度均一化光学系の光源側における光束の照度を計測する第1の照度計測手段と、前記基板と共役な位置に配置された可変絞りに設けられ、前記基板と共役な位置における光束の照度を計測する第2の照度計測手段と、前記基板上の露光量を変更可能とする露光量変更手段と、前記原版のパターンの像を前記基板に露光しているときに、前記第1の照度計測手段の計測出力を用いて、前記基板上の露光量が目標露光量となるように前記露光量変更手段の制御を行う制御手段とを備え、前記第2の照度計測手段の計測出力に基づいて前記第1の照度計測手段の計測出力を校正することを特徴とする。

10

#### 【0033】

##### 【発明の実施の形態】

光強度均一化光学系とは、均一でない光強度分布を、所定の位置の、所定の範囲で均一にする光学系をいう。例えば、図2の内面反射部材4は、入射面で均一でない光強度分布を、出射面において内面反射部材4の開口内で均一化する光強度均一化光学部材（光学系）である。また、ハエノ目レンズ6と、ハエノ目レンズ6の出射面を瞳面とする光学系7からなる光学系は、ハエノ目レンズ6の入射面で均一でない光強度分布を、ハエノ目レンズ6の出射面を瞳面とする光学系からなる光学系の像面で、ハエノ目レンズ6からの出射角と光学系7の焦点距離で決まる照明範囲で均一化する光強度均一化光学系である。

#### 【0034】

後述実施例の構成においては、従来は、基板に最も近い光強度均一化光学系よりも基板側において、基板とほぼ共役な位置でかつ照明光から分岐された位置に配置された照度センサの出力に基づいて露光量制御を行っていたのに対し、基板に最も近い光強度均一化光学系よりも光源側に配置した第1照度計測手段の出力に基づいて露光量制御を行うことによって課題を解決している。すなわち、基板に最も近い光強度均一化光学系よりも光源側において、ハーフミラーを挿入する等により第1照度計測手段へ露光光を分岐させているため、前述のようなハーフミラーと光軸のなす角に起因するハーフミラー後の偏光状態による光強度の差が生じても、この差は光強度均一化光学系によって均一化されるので、基板上の照度むらを生じさせない。したがって、ハーフミラーと光軸のなす角について注意を払う必要がなく、ハーフミラー設置のためのスペースが小さくなる。

20

30

#### 【0035】

ただし、第1照度計測手段は、光強度均一化光学系により均一化される前の照度を計測するため、光源の発光部の位置ずれ等の時間的な変化により計測位置における照度むらに変化し、その影響を受けて計測照度が変化してしまう。一方、基板上的照度は光強度均一化光学系によって、前述の時間変化による照度むらの変化を緩和しているので、前述の時間変化による照度の変化がほとんどない。したがって、基板上的照度と第1照度計測手段の出力との対応が、時間経過とともに変わる可能性がある。そのため、あるタイミングで基板上的照度と第1照度計測手段の出力との関係に対応づけても、時間が経過するうちに関係が変わってしまう可能性がある。つまり第1照度計測手段が同じ値を出力している場合でも、はじめは基板上が所望の照度であり、最適露光量で露光されているが、時間が経つうちに基板上的照度が低下して露光不足となったり、逆に、基板上的照度が上昇して露光過多になったりして、歩留りを低下させる可能性がある。

40

#### 【0036】

また、基板上と第1照度計測手段は共役関係にないため、それぞれの照度の関係が照明条件によって異なる可能性がある。照明条件とは、露光装置のコヒーレンスファクタや、輪帯照明等の変形照明等の有効光源の形状のことをいうが、有効光源の形状を変えるために、第1照度計測手段のある場所と基板上との間に、光束を蹴る絞りを設ける場合がある。そのため、基板上的照度と第1照度計測手段の照度の関係は、照明条件が異なれば、変わってしまう可能性がある。

#### 【0037】

50

そこで、さらにこの点を考慮し、基板と共役な位置に配置した第2照度計測手段の出力と、第1照度計測手段の出力との関係付けを短い間隔で行うことにより、第1照度計測手段の出力を用いて基板上の露光量制御を行っても、基板が最適露光量で露光されるようにしている。この場合、第2照度計測手段は基板の非露光時に照度を測ることができれば良いので、第2照度計測手段に到達する光はハーフミラーで分岐させたものとする必要がない。したがって、ハーフミラーを用いないことにより、第2照度計測手段の出力が光源の偏光状態により影響を受けないようにすることができる。

#### 【0038】

また、第2照度計測手段の出力と第1照度計測手段の出力との関連付けを短い間隔で行うことにより、スループットの低下を招くことがないようにする必要がある。また、この基板と共役な位置の第2照度計測手段は、露光に影響を与えるものであってはならない。そのため、第1照度計測手段の出力との関係づけをするときに、第2照度計測手段を光路中に挿入するか、もしくは反射鏡を光路中に挿入して第2照度計測手段に露光光が当たるようにしている。

10

#### 【0039】

第2照度計測手段を光路中に挿入する場合、挿入するための機構を設けてもよいが、走査型投影露光装置の場合は、走査露光開始前に原版と基板の同期を取る間と、露光領域に合わせて照明領域を制御するために全照明領域が露光領域に入る間に、照明光を全部もしくは一部遮るための可動絞りが基板と共役な位置に配置されている。よって、この可動絞りに第2照度センサを配置することによって新たに時間のロスを発生させることなく第2照度センサを光路中に挿入することができるようにしている。

20

#### 【0040】

また、第4の露光量制御方法では、第2照度センサ以降の光学系に時間的な変化があったとしても、ある間隔T2で第2照度計測手段をキャリブレーションすることによって、基板上の照度が所望の照度になるように定照度制御を行うことができるようにしている。

#### 【0041】

図1は本発明の第1の実施例に係る露光装置を示す。図2の従来例と異なるのは、照明面に最も近い光強度均一化手段であるハーフミラー6よりも光源側にハーフミラー15を備え、ハーフミラー15で分岐した光路上に第1の照度センサ20を設け、可変絞り8上に第2の照度センサ16を配置している点にある。照度センサ16は可変絞り8のうちの、露光領域を制御する絞り上に配置されているのが望ましい。なお、ステージ13上に配置された照度センサ14は、本発明における第3の照度センサに相当する。

30

#### 【0042】

図5は、この構成において、基板12上の露光量が適正露光量になるように露光する露光量制御動作を示すフローチャートである。制御動作を開始すると、まず、ステップ4001において、基板12上の照度と第2照度センサ16の出力を関係づける。関係づける方法としては、例えば、ステージ13上の照度センサ14を照明領域内に移動し、可変絞り8上の照度センサ16とステージ13上の照度センサ14に同時に光が当たるような場所に可変絞り8を移動し、そしてダミー露光をすることによって照度センサ14で計った基板12上の照度と、照度センサ16の出力を関連付ける方法や、ステージ12上の照度センサ14を照明領域に移動し、可変絞り8を動かして照度センサ16を光路中に抜き差しして、交互に光を当てて出力を比べる方法などが考えられる。また、定照度化手段と各照度センサの出力の関係を求めておく。定照度化手段とは、定照度となるように制御されるものであり、例えば、光源の電力、光源の位置、NDの透過率等を制御するものをいう。光源の電力を制御して、定照度制御を行う場合、ここでは、電力を振って、その時の照度センサの出力を計測する。

40

#### 【0043】

次に、ステップ4002において、適正露光量等の露光に必要な情報を入力する。また、ステップ4003において、ウエハステージ13上へのウエハ12の搬入・搬出や、必要に応じてレチクル10の交換等を行い、また、適正露光量を露光するのに好適な照度にな

50

るように、減光手段 18 の透過率を設定する。さらに、ステップ 4004 において、ウエハ 12 のアライメントやレベリング等の、露光のための最終準備を行う。

【0044】

次に、ステップ 4005 において、走査露光を行うために可変絞り 8、マスク 10 およびステージ 13 の助走を開始する。また、ステップ 4006 において、可変絞り 8 上の照度センサ 16 の出力に基づいて基板 12 上の照度が所望の照度になるように照度制御を行い、その時の照度センサ 20 の出力を記憶手段に記憶する。

【0045】

助走領域を通過して助走を終了すると、ステップ 4007 において、露光を開始する。露光中は照度センサ 20 の出力がステップ 4006 で記憶した出力を保つように定照度制御を行う。定照度制御の方法としては、光源 1 へ入力する電力を制御する方法などが考えられる。

【0046】

露光がステップ 4008 において終了すると、ステップ 4009 において、可変絞り 8、マスク 10 およびステージ 13 の減速を行う。そして、ステップ 4010 において、ウエハを交換するかしないかを判断する。すなわち、現在ウエハステージ 13 にのっているウエハ 12 の露光が終了していたら、ステップ 4003 に戻り、ウエハ 12 を交換する。現在ウエハステージ 13 にのっているウエハ 12 の露光が終了していなかったなら、ステップ 4005 に戻り、次のショットを露光する。

【0047】

ところで、可変絞り 8 上の照度センサ 16 は、可変絞り 8 上で可動であってもよく、また、複数の照度センサからなってもよい。例えば、可変絞り 8 上で可動であれば、図 6 のように、可変絞り 8 が動いている間であっても、所定の位置の照度を計測することができる。図 6 (a) ~ (d) は可変絞り 8 が動いている間の、第 2 の照度計 16 の動きを模式的に表している。図 6 (a) ~ (c) まででは、第 2 の照度計 16 は一点の照度を測り続けている。これは次の理由による。すなわち、投影露光装置においては照明領域内において、均一な照度となるようになっているが、多少の照度のむらが存在する場合がある。特に走査型投影露光装置の場合は走査方向に照度むらが存在しても、走査することによって平均化されてしまうため、露光領域における露光むらにはならないので、多少の照度むらは許容されている場合が多い。その場合、可変絞り 8 と一緒に照度センサ 16 が動いてしまうと、照度センサ 16 の出力が揺らいでしまい、上記のステップ 4006 において、可変絞り 8 上の照度センサ 16 の出力に基づいて基板 12 上の照度が所望の照度になるように照度制御することが難しくなる。これに対し、可変絞り 8 上の照度センサ 16 が可動であれば、可変絞り 8 が動いても照明領域の所定位置の照度を計測することが可能であるため、照明領域において照度むらがあっても照度制御が可能となり、適正露光量での露光が行いやすくなる。

【0048】

なお、照度センサ 16 が可動でなくても、照度センサ 16 として、ライン照度センサを、図 7 のように走査方向に配置し、可変絞り 8 の走査速度に同期して順次、値を取り出す照度センサを変えることによって、図 6 の可動な照度センサと同等の効果を得ることができる。さらに、走査方向に垂直な方向に複数の照度センサを配置することによって、全露光領域での露光むらなるべく小さくするように制御する方法なども考えられる。

【0049】

なお、本実施例では積算露光量制御を行わず、定照度制御を行うことで以下の効果がある。

すなわち、照度均一化光学系を介する前に分岐した光路にて得られる照度と、照度均一化光学系を介して照明される基板位置での照度との関係は、露光領域とセンサの位置が略共役な関係にならない以上、必ずしも線形関係にあるとは限らない。2 次以上の複雑な関係で表される関係である場合も想定される。このような場合、毎回変化する可能性のある各パルス光の積算露光量を分岐光路上の照度測定値の積算値より比例的に推定しても、この

10

20

30

40

50



積算値が実際の基板上の積算露光量に対応していない可能性もある。

【 0 0 5 0 】

しかしながら、このように線形関係にない場合でも、一方の増加が他方の増加を必然的に伴う以上、分岐光路上のある特定の照度測定値は実際の基板上の特定照度値に 1 対 1 対応していることには変わらない。よって、本実施例ではこの関係を利用し、基板上の所定照度値に対応する一定照度値が分岐光路上で常に検出されるように光源制御を行うようにしている。これにより、照度均一化手段の手前で分岐した光路上で照度を検出する構成をとりながらも、結果的に正確な露光量制御が実現されるものである。

【 0 0 5 1 】

図 3 および図 4 は本発明の第 2 の実施例に係る露光装置を示す。第 1 の実施例と異なるのは、第 2 の照度センサ 1 6 が、可変絞り 8 上ではなく、光路に挿入可能な反射鏡 2 1 を挿入することによって作られる光路中に配置されている点にある。なお、反射鏡 2 1 は全反射鏡であっても、ハーフミラーであってもよい。図 3 は反射鏡 2 1 が光路中に挿入されている状態を示し、図 4 は反射鏡 2 1 が光路中から抜き出されている状態を示している。

10

【 0 0 5 2 】

この構成において、基板 1 2 上の露光量が適正露光量になるように露光する露光量制御動作を図 5 のフローチャートに従って説明する。制御動作を開始するとまずステップ 4 0 0 1 において、基板 1 2 上の照度と第 2 の照度センサ 1 6 の出力を関係づける。関係づける方法としては、例えば、反射鏡 2 1 がハーフミラーである場合には、ステージ 1 2 上の照度センサ 1 4 を照明領域内に移動し、照度センサ 1 6 とステージ上の照度センサ 1 4 に同時に光が当たるようにし、そしてダミー露光をすることによって照度センサ 1 4 で計った基板 1 2 上の照度をハーフミラーの透過率で割ったものと照度センサ 1 6 の出力とを関連付ける方法や、反射鏡 2 1 が全反射ミラーであれば、ステージ 1 2 上の照度センサ 1 4 を照明領域に移動し、反射鏡 2 1 を抜き差しして、交互に光を当てて照度センサ 1 4 と 1 6 の出力を比べる方法などが考えられる。また、第 1 の実施例と同様に、定照度化手段と各照度センサの出力の関係を求めておく。

20

【 0 0 5 3 】

次に、ステップ 4 0 0 2 において、適正露光量等の露光に必要な情報を入力する。そして、ステップ 4 0 0 3 において、ウエハステージ 1 3 上へのウエハ 1 2 の搬入・搬出や必要に応じたレチクル 1 0 の交換等を行う。また、適正露光量を露光するのに好適な照度になるように、減光手段 1 8 の透過率を設定する。さらに、ステップ 4 0 0 4 において、ウエハ 1 2 のアライメントやレベリング等の、露光のための最終準備を行う。

30

【 0 0 5 4 】

次に、ステップ 4 0 0 5 において、走査露光を行うために、可変絞り 8、マスク 1 0 およびステージ 1 3 の助走を開始する。そして、ステップ 4 0 0 6 において、反射鏡 2 1 を光路に挿入し、第 2 の照度センサ 1 6 の出力に基づいて基板 1 2 上の照度が所望の照度になるように照度制御を行い、その時の照度センサ 2 0 の出力を記憶手段に記憶する。

【 0 0 5 5 】

助走領域を通過して助走が終了すると、ステップ 4 0 0 7 において、反射鏡 2 1 を光路から抜き出し、露光を開始する。露光中は照度センサ 2 0 の出力がステップ 4 0 0 6 で記憶した出力を保つように定照度制御を行う。定照度制御の方法としては、光源 1 へ入力する電力を制御する方法などが考えられる。

40

【 0 0 5 6 】

露光をステップ 4 0 0 8 において終了すると、ステップ 4 0 0 9 において、可変絞り 8、マスク 1 0 およびステージ 1 3 の減速を行う。そして、ステップ 4 0 1 0 において、ウエハ 1 2 を交換するかしないかを判断する。すなわち、現在ウエハステージ 1 3 にのっているウエハ 1 2 の露光が終了していたら、ステップ 4 0 0 3 に戻りウエハを交換する。現在ウエハステージ 1 3 にのっているウエハ 1 2 の露光が終了していなかったなら、ステップ 4 0 0 5 に戻り、次のショットを露光する。

【 0 0 5 7 】

50

なお、本実施例は、内面反射部材 4 とハエノ目レンズ 6 を備えた投影露光装置についてのものであるが、これに限らず、内面反射部材 4 とハエノ目レンズ 6 の代わりに、図 8 に示すような、ハエノ目レンズ 6 とハエノ目レンズ 2 2 を備えたもの、図 9 に示すような、内面反射部材 4 と内面反射部材 2 3 を備えたもの、図 10 に示すような、ハエノ目レンズ 2 2 と内面反射部材 2 3 を備えたもの、さらには図 11 に示すような、1つのハエノ目レンズ 6 を備えたものに対しても本発明を適用することができる。それらの場合、第 1 の照度センサ 20 は、マスク 10 に最も近い光均一化光学系（ハエノ目レンズや内面反射部材のように光均一化効果のある光学系）よりも光源側にあり、第 2 の照度センサ 16 はマスクに最も近い光均一化光学系よりも照明領域に近く、かつ照明領域とほぼ共役な位置で照度が計測できるようになっていればよい。

10

#### 【0058】

第 1 の照度センサ 20 はマスク 10 に最も近い光均一化光学系（ハエノ目レンズや内面反射部材のように光均一化効果のある光学系）よりも光源側であればよいので、図 1 の構成において、ハーフミラー 15 を集光ミラー 2 とシャッタ 19 の間に配置し、照度センサ 20 を、内面反射部材 4 よりも光源 1 側に配置して、図 12 のように構成してもよい。図 8 の、ハエノ目レンズ 6 とハエノ目レンズ 2 2、図 9 の内面反射部材 4 と内面反射部材 2 3、図 10 のハエノ目レンズ 2 2 と内面反射部材 2 3 の各構成においても、同様に、光源 1 に最も近い光均一化光学系よりも光源 1 側にハーフミラー 15 および照度センサ 20 を配置してもかまわない。

#### 【0059】

図 13 は、図 1 の実施例において、光源 1 の代わりに、レーザ 24 を光源として用いることにより構成した走査型投影露光装置の実施例を示す。光源をレーザとした以外は図 1 の実施例と同じであり、定照度制御を行なう方法としては、レーザへの入力電圧を変える方法や、レーザのパルス間隔を制御して、単位時間当たりの照度を一定とする方法などが考えられる。

20

#### 【0060】

##### < デバイス製造方法の実施例 >

次に上記説明した露光装置を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図 14 は微小デバイス（IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ 1（回路設計）ではデバイスのパターン設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では設計したパターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコンやガラス等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、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 において作製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 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。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。

30

#### 【0061】

図 15 は上記ウエハプロセス（ステップ 4）の詳細なフローを示す。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）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。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。ステップ 15（レジスト処理）ではウエハにレジストを塗布する。ステップ 16（露光）では上記説明した露光装置または露光方法によってマスクの回路パターンをウエハの複数のショット領域に並べて焼付露光する。ステップ 17（現像）では露光したウエハを現像する。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し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

40

50

## 【0062】

本実施例の生産方法を用いれば、従来は製造が難しかった大型のデバイスを高い精度で製造することができる。

## 【0063】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、光強度均一化光学系のうちの最も原版に近いものよりも光源側において露光光から分岐した光束の照度に基づいて露光量の制御を行うようにしたため、光束を分岐するためのハーフミラーについての設計上の制約条件をなくし、露光量制御のためのスペースを小さくすることができる。また、露光中に、原版に最も近い光均一化光学系と原版との間に光束を分岐するためのハーフミラーを必要としないため、偏光による透過率差に起因する照度むらの発生を防止することができる。かつ、基板と共役な位置での照度測定により校正することで測定精度が保証される。さらに、第2照度計測手段を露光光の光路中に移動させて照度を計測する場合や、基板とほぼ共役な位置を形成するために露光光の光路中に挿入する反射鏡として全反射ミラーを用いる場合は、光源の偏光状態が時間的に変わっても、基板上に到達する光量と第2照度計測手段に到達する光量の比は変わらないので、たとえば第1記憶工程を、基板上の各露光領域に対するそれぞれの露光の直前に行うことにより、1つの露光領域内を露光している間の短い時間の光源の偏光状態の変化しか、露光量制御の精度に影響しないようにすることができる。したがって、従来に比べ、露光量制御の精度を向上させることができる。

## 【0064】

これとは別に、本発明によれば前記光強度均一化光学系のうちの最も前記原版に近いものよりも光源側において露光光から分岐した光束の照度を第1の照度計測手段により計測し、この計測出力に基づいて基板の露光中において被露光域が一定照度となるように制御を行うようにしたことで、照度均一化手段手前で分岐した光路上で照度検出する構成をとりながらも、結果的に正確な露光量制御が実現されるという効果が得られるものである。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例に係る露光装置を示す図である。

【図2】 従来例に係る露光装置を示す図である。

【図3】 本発明の第2の実施例に係る露光装置を示す図である。

【図4】 図3の露光装置において、反射鏡が光路中から抜き出されている状態を示す図である。

【図5】 図1または図3の露光装置における露光量制御動作のフローチャートである。

【図6】 図1の露光装置において、照度センサが可動な場合に、可変絞りが動いている間に所定位置の照度を計測する様子を示す図である。

【図7】 図1の露光装置において、可変絞りが動いている間にラインセンサで照度を計測する様子を示す図である。

【図8】 本発明の第3の実施例に係る2つのハエノ目を用いた露光装置を示す図である。

【図9】 本発明の第4の実施例に係る2つの内面反射部材を用いた露光装置を示す図である。

【図10】 本発明の第5の実施例に係る内面反射部材とハエノ目を用いた露光装置を示す図である。

【図11】 本発明の第6の実施例に係る内面反射部材とハエノ目を用いた他の露光装置を示す図である。

【図12】 第1実施例とは第1センサの位置が異なる本発明の第7の実施例に係る露光装置を示す図である。

【図13】 光源としてレーザを用いた本発明の第8の実施例に係る露光装置を示す図である。

【図14】 本発明の露光装置を利用できるデバイス製造方法を示すフローチャートである。

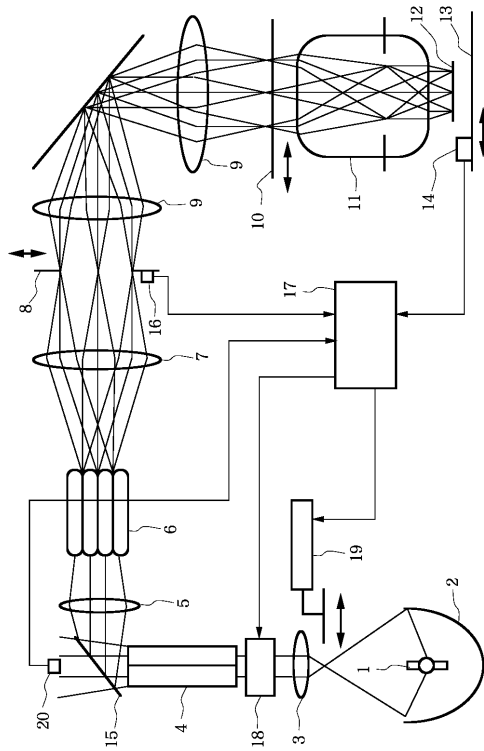
【図 15】 図 14 中のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。

【符号の説明】

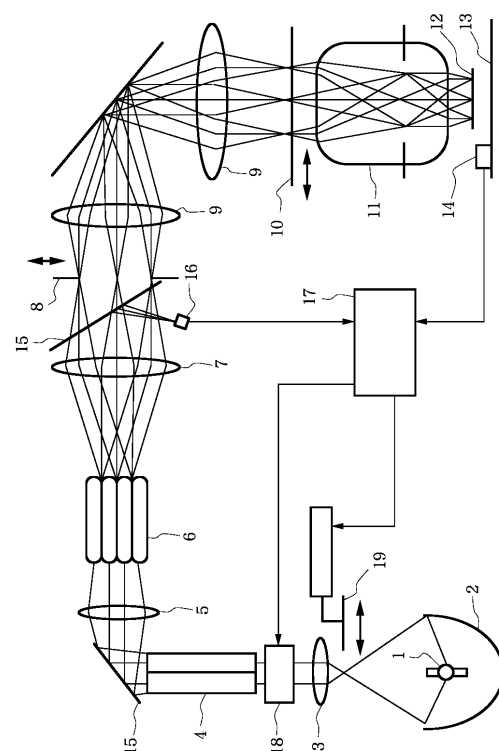
1：光源、2：集光ミラー、3：集光光を光強度均一化光学系に入射させるための光学系、4：内面反射部材、5：リレー光学系、6：ハエノ目レンズ、7：2次光源を用いて均一照明を実現する光学系、8：可動絞り、9：結像光学系、10：マスク、11：投影レンズ、12：基板、13：可動ステージ、14：ステージ上に取り付けられた照度センサ、15：ハーフミラー、16：基板と共役位置に置かれた照度センサ、17：露光量制御装置、18：透過率が可変な減光装置、19：可動シャッタ、20：第1の照度センサ、21：光路中に挿入可能なミラー、22：ハエノ目レンズ、23：内面反射部材、24：レーザ。

10

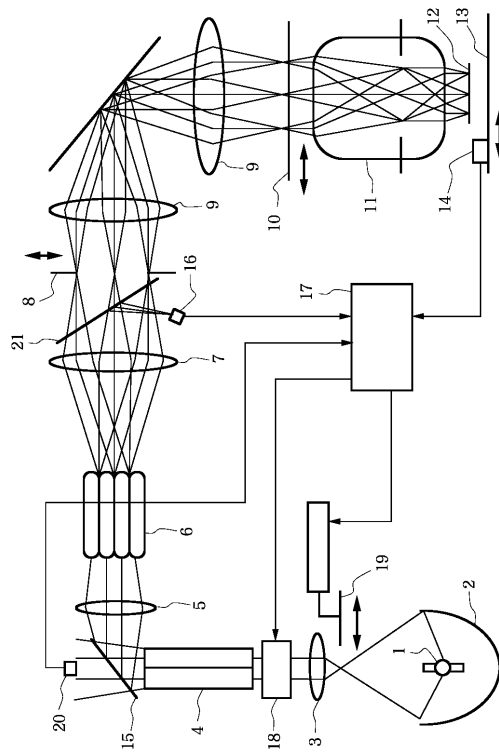
【図 1】



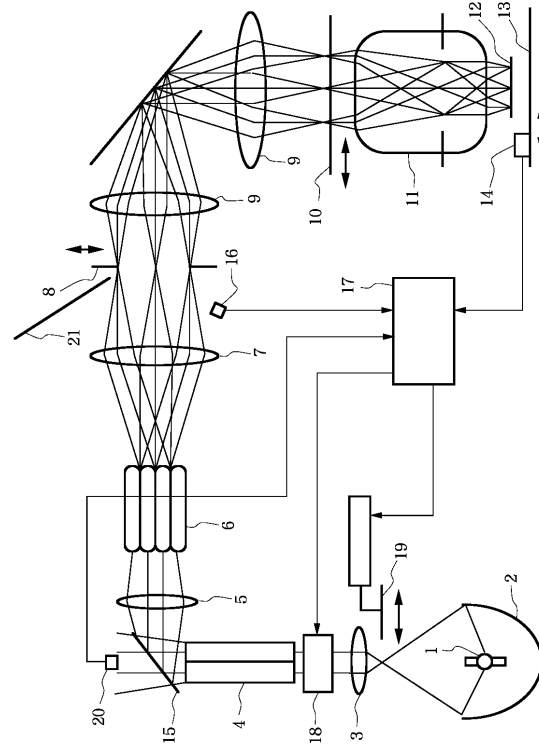
【図 2】



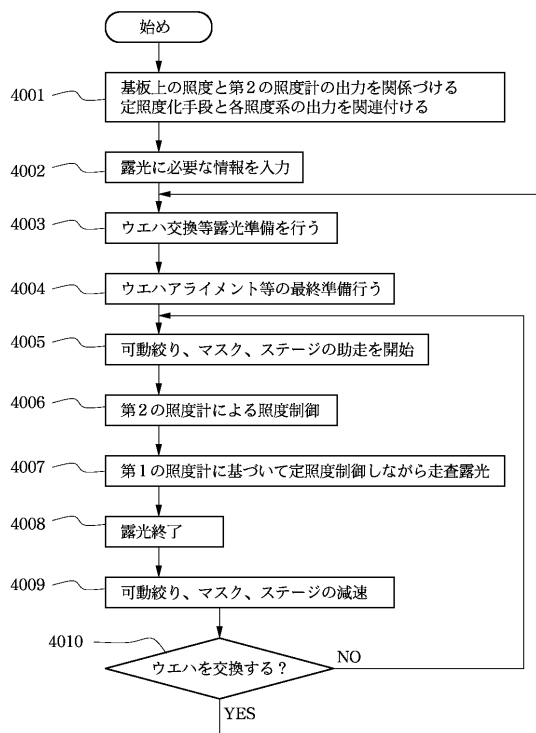
【図 3】



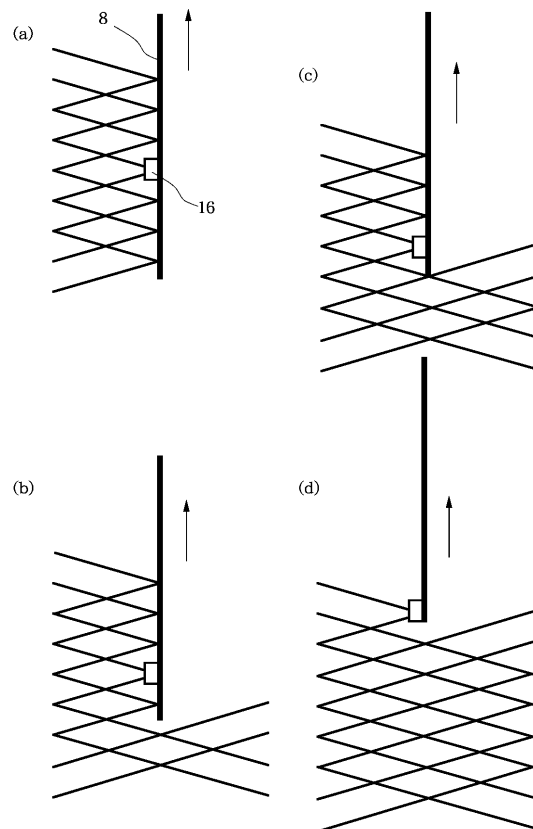
【図 4】



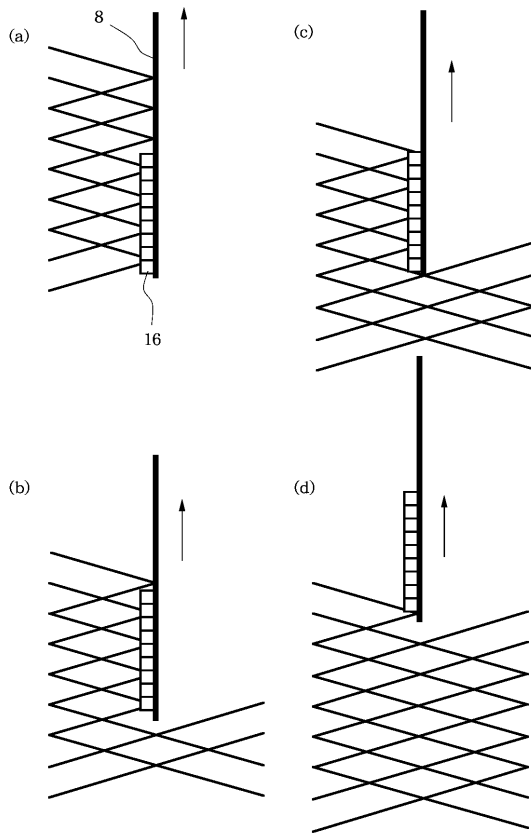
【図 5】



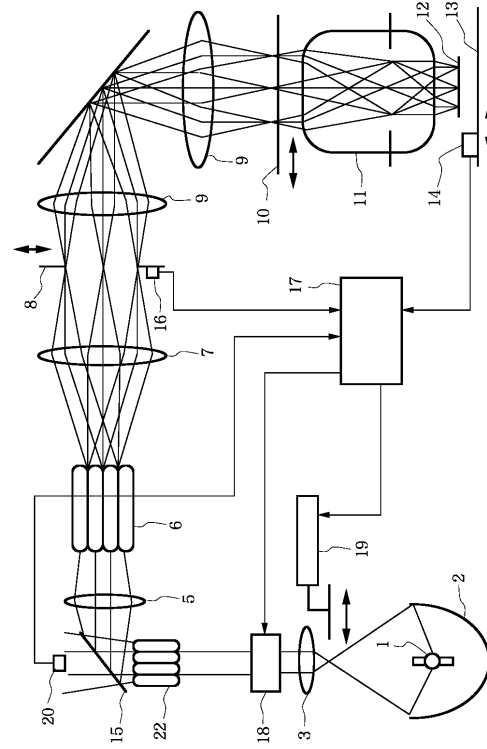
【図 6】



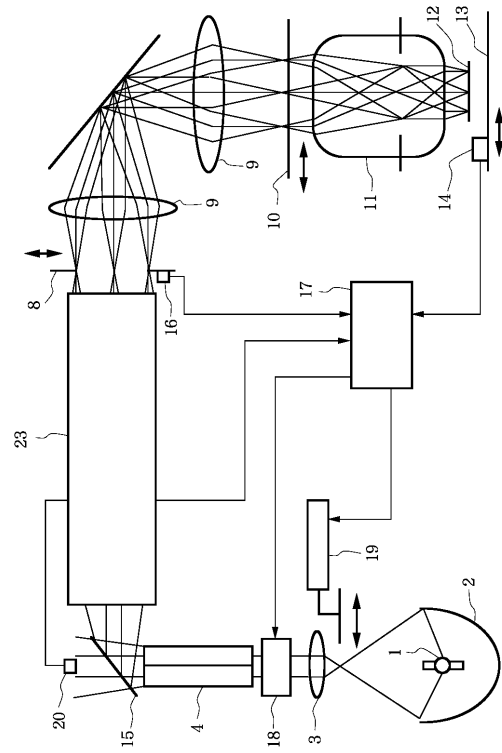
【図 7】



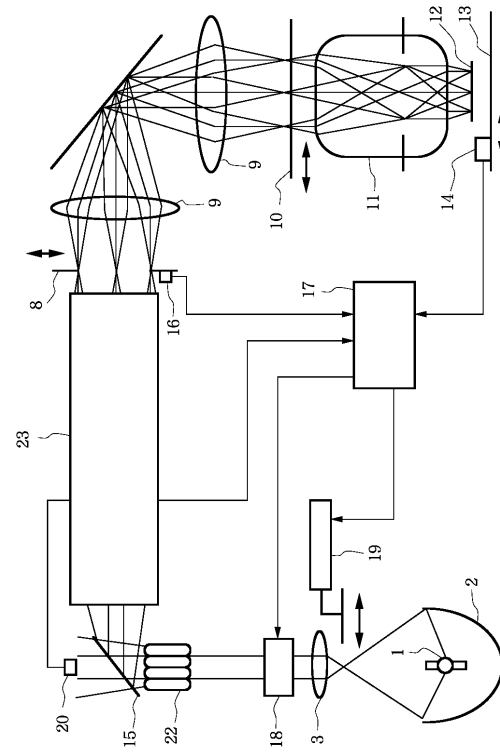
【図 8】



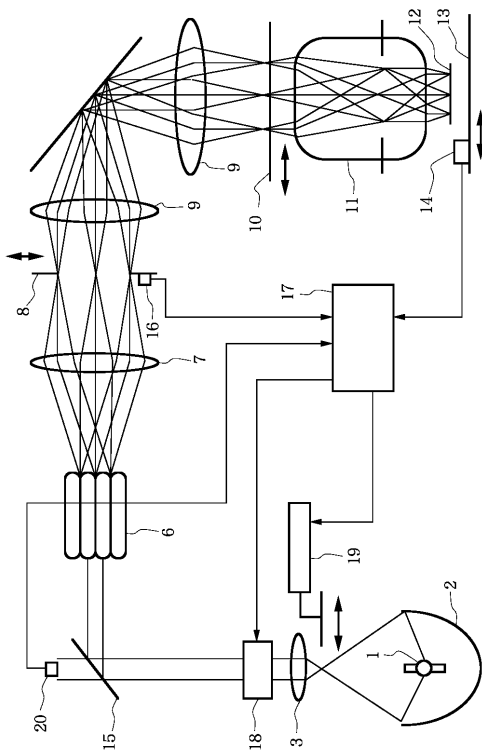
【図 9】



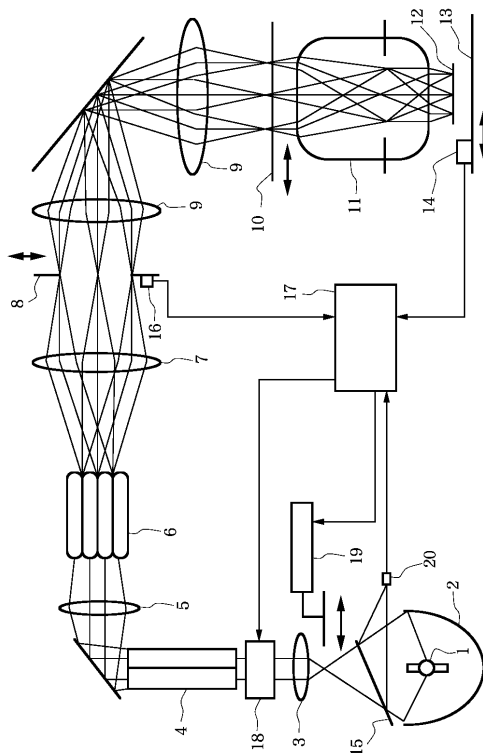
【図 10】



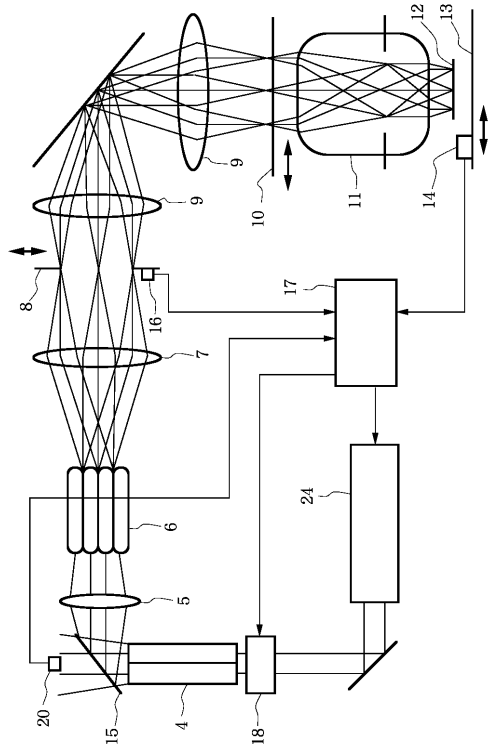
【図 1 1】



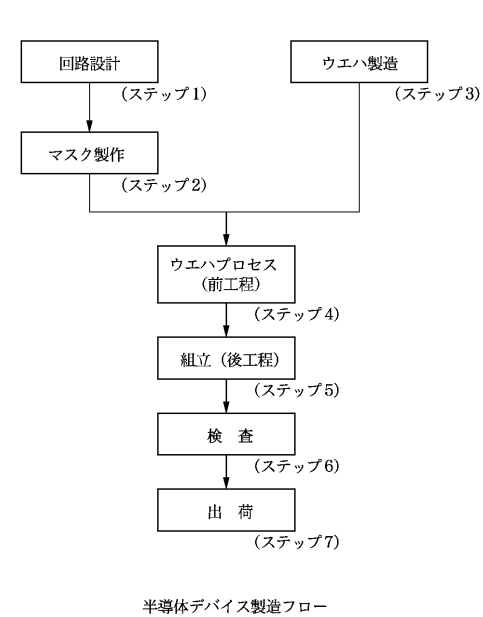
【図 1 2】



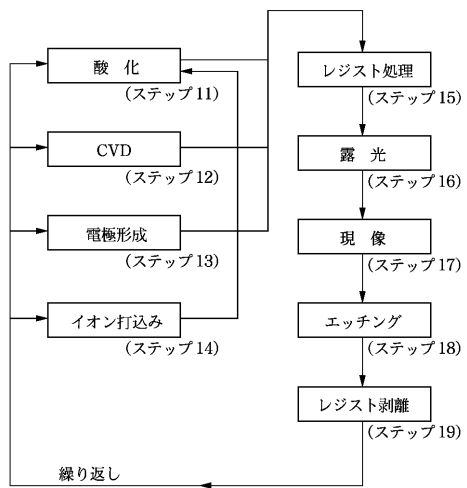
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



ウエハプロセス



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 0 - 2 6 1 5 7 7 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 2 2 9 0 3 8 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 3 4 3 2 8 8 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 1 3 5 4 1 9 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 0 3 0 9 7 ( J P , A )  
特開平 0 1 - 2 7 4 0 2 2 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 2 8 4 3 7 5 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/027

G03F 7/20