



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ピコ秒又はフェムト秒のパルス幅を有するレーザ光を基板に照射する照射ユニットを有し、前記レーザ光により前記基板を洗浄することを特徴とする洗浄装置。

**【請求項 2】**

前記パルス幅は1ナノ秒以下であることを特徴とする請求項1記載の洗浄装置。

**【請求項 3】**

前記基板に付着した粒子を前記基板から離脱するのに必要な離脱時間以上で前記離脱時間に最も近い照射時間となるように、前記照射ユニットが前記基板に照射する前記レーザ光のパルス数を設定する制御部を更に有することを特徴とする請求項1記載の洗浄装置。 10

**【請求項 4】**

複数の種類のパルス幅の中から前記パルス幅を選択可能な調整部を更に有し、

前記制御部は、前記離脱時間後の前記レーザ光の照射時間が最短になるように前記調整部による選択を制御することを特徴とする請求項3記載の洗浄装置。

**【請求項 5】**

前記レーザ光の照度は300mJ/cm<sup>2</sup> / パルス以下であることを特徴とする請求項1乃至4のうちいずれか一項記載の洗浄装置。

**【請求項 6】**

前記照射ユニットは、複数のレーザ光を照射する複数の光源を含み、当該複数の光源は、波長、パルス幅及び照度のうち少なくとも一つが異なる複数のレーザ光を前記原版に照射することを特徴とする請求項1乃至5のうちいずれか一項記載の洗浄装置。 20

**【請求項 7】**

20nm以下の波長を有する光を利用して被露光体に露光する露光装置であって、

原版のパターンを前記被露光体に投影する投影光学系と、

前記原版を洗浄するための請求項1乃至6のうちいずれか一項記載の洗浄装置とを有することを特徴とする露光装置。

**【請求項 8】**

請求項7記載の露光装置を用いて基板を露光するステップと、

前記露光された基板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 9】**

ピコ秒又はフェムト秒のパルス幅を有するレーザ光を基板に照射することによって前記基板を洗浄する洗浄方法であって、

前記基板に付着した粒子を前記基板から離脱するのに必要な離脱時間以上で前記離脱時間に最も近い照射時間となるように、前記基板に照射される前記レーザ光のパルス数を設定するステップを有することを特徴とする洗浄方法。

**【請求項 10】**

前記離脱時間後の前記レーザ光の照射時間が最短になるように複数の種類のパルス幅の中から前記パルス幅として選択するステップを更に有することを特徴とする請求項9記載の洗浄方法。 40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、一般には洗浄装置に係り、特に、パルスレーザを使用して光学素子を洗浄する洗浄装置に関する。本発明は、例えば、極紫外光(Extreme Ultraviolet: EUV)を露光光として使用する露光装置(以下、「EUV露光装置」という。)の原版を洗浄する洗浄装置に好適である。

**【背景技術】****【0002】**

原版(マスク又はレチクル、以下、「マスク」という。)パターンを投影光学系によっ

10

20

30

40

50

てウエハなどの基板を露光する投影露光装置は従来から使用されており、高解像度な露光装置が益々要求されている。かかる要請に応える一手段として露光光の短波長化があり、近年では紫外線よりも波長が短い10nm～20nm程度の波長のEUV光を用いたEUV露光装置が提案されている。

【0003】

EUV光の波長域においては物質による光の吸収率が高くなるため、EUV露光装置は屈折部材を使用しない反射光学系を一般に用いる。このため、屈折光学系に使用されるペリクルをマスクに搭載することができなくなり、マスクパターン面は剥き出しとなる。ここで、「ペリクル」とは、マスクパターン面を覆う透過率の高い薄膜であり、微粒子(ペティクル)がパターン面に付着することを防止する。微粒子は、マスクを駆動する駆動部や残留気体からもたらされる。マスクパターン面に微粒子が付着すると転写不良(欠陥)を引き起こすため、微粒子をマスクパターン面から除去する必要がある。

10

【0004】

そこで、パルスレーザ光を照射して微粒子を除去する方法が提案されている(例えば、特許文献1乃至3、非特許文献1及び2を参照のこと)。

【0005】

その他の従来技術としては非特許文献3がある。

【特許文献1】特開平1-12526号公報

【特許文献2】特開平2-86128号公報

20

【特許文献3】特開平10-64862号公報

【非特許文献1】G. Vereecke, E. Rohr, and M. M. Heyns, "Laser-assisted removal of particles on silicon wafers", Journal of Applied Physics, Vol. 85, No. 7, 3837-3843, 1999

【非特許文献2】加藤 修、光田 隆彦、石坂 進一、「エキシマレーザを利用したシリコンウエハ表面のクリーニング」、第48回レーザ熱加工研究会論文集、P79-P83、1999

【非特許文献3】非特許文献5、緑川 克美 “フェムト秒レーザ加工” O plus E、P1130-P1136、1999

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、例えば、パルスレーザがKrFエキシマレーザの場合、0.3μm(300nm)のPSL(ポリスチレンラテックス)粒子を除去するのに200mJ/cm<sup>2</sup>/パルスの高い光エネルギーが必要となる。シリコンウエハ表面に光損傷を与え始めるといわれる照度300～400mJ/cm<sup>2</sup>/パルスに極めて近い、高い光エネルギーを洗浄に使用することは実用的ではない。また、従来の洗浄方法は、多層膜が表面に成膜されたEUVマスクのためのものではない。このように、従来の洗浄方法では、マスクの損傷や不十分な洗浄などの問題を招く。

40

【0007】

本発明は、基板を効率よく洗浄する洗浄装置及び方法、並びに洗浄装置を有する露光装置に関する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面としての被写体を撮像する洗浄装置は、ピコ秒又はフェムト秒のパルス幅を有するレーザ光を基板に照射する照射ユニットを有し、前記レーザ光により前記基板を洗浄することを特徴とする。

【0009】

20nm以下の波長を有する光を利用して被露光体に露光する露光装置であって、原版のパターンを前記被露光体に投影する投影光学系と、前記原版を洗浄するための上述の洗

50

浄装置とを有することを特徴とする露光装置も本発明の一側面を構成する。本発明の別の側面としての露光装置は、上述の露光装置を用いて基板を露光するステップと、前記露光された基板を現像するステップとを有することを特徴とする。

【0010】

本発明の別の側面としての洗浄方法は、ピコ秒又はフェムト秒のパルス幅を有するレーザ光を基板に照射することによって前記基板を洗浄する洗浄方法であって、前記基板に付着した粒子を前記基板から離脱するのに必要な離脱時間以上で前記離脱時間に最も近いパルス数を前記基板に照射される前記レーザ光のパルス数として設定するステップを有することを特徴とする。

【0011】

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】

【0012】

本発明によれば、基板を効率よく洗浄する洗浄装置及び方法、並びに、洗浄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】

【0013】

以下、図1を参照して、洗浄装置1及びそれを有するEUV露光装置100について説明する。ここで、図1は、露光装置100の概略ブロック図である。

【0014】

露光装置100は、露光用の照明光としてEUV光（例えば、波長13.4nm）を用いてステップ・アンド・スキャン方式でマスク120に形成された回路パターンを被露光体（基板）140に露光する投影露光装置である。露光装置100は、洗浄装置1と、照明装置110と、マスクステージ125と、投影光学系130と、アライメント検出機構150と、フォーカス位置検出機構160とを有する。EUV光は、大気に対する透過率が低く、残留ガス（高分子有機ガス）成分との反応によりコンタミを生成してしまうため、少なくとも、EUV光が通る光路中（即ち、光学系全体）は真空雰囲気VAとなっている。

【0015】

洗浄装置1は、EUV露光装置100内でマスク120を洗浄（クリーニング）する。ここで、図2は、洗浄装置1を構成する照射ユニット10の概略ブロック図である。

【0016】

照射ユニット10は、マスク120にレーザ光Lを照射してマスクパターン面121に付着した微粒子Pを除去する。照射ユニット10は、パルス幅調整部11、光源12、集光レンズ14、走査光学系16、制御部17及びメモリ18を有する。

【0017】

洗浄装置1には、幾つかの照射方式を適用することができる。第1の照射方式は、マスクパターン面121の一部にレーザ光を照射してそれをマスクパターン面の全面で走査する方式であり、図1はかかる方式を採用している。この他、第2の照射方式として、レーザ光をマスクパターン面121の全面に一括して照射してもよい。第2の照射方式では、走査光学系16は不要である。第3の照射方式は、マスクパターン面121上の微粒子Pの位置を検出し、この位置にのみ局所的にレーザ光を照射する方式である。第3の照射方式の場合にも走査光学系16は不要であるが、微粒子Pの位置を検出する検出装置が必要である。

【0018】

パルス幅調整部11は、光源12のパルス幅を調整する。典型的に、パルス幅調整部11は、複数の選択可能なパルス幅を有する。パルス幅調整部11によるパルス幅の選択は制御部17によって制御される。

【0019】

10

20

30

40

50

光源12はパルスレーザ光源であり、レーザ光は、フェムト秒レーザ又はピコ秒レーザであり、例えば、チタンサファイアレーザである。フェムト秒レーザ及びピコ秒レーザ光は、マスク120の損傷を低減するために好ましい。本実施例のレーザ光の照度は300mJ/cm<sup>2</sup>/パルス以下に設定される。300mJ以下としたのは、マスク120の変形その他の損傷を防止するためである。EUVマスクの多層膜を構成するSiやMo等の材料が、レーザ光の照射により溶融し始めるレーザ光の照度が、1パルス当たり300mJ/cm<sup>2</sup>程度である。このため、本実施例はレーザ光の照度を300mJ/cm<sup>2</sup>/パルス以下に設定している。

#### 【0020】

以下、図3(a)及び図3(b)を参照して、光源12のパルス幅について説明する。  
図3(a)は、本実施例の洗浄用ピコ秒レーザの発光パルス形状PaとKrFエキシマレーザの発光パルス形状P0と、フェムト秒レーザの発光パルス形状P1とを比較したグラフである。PbはKrFエキシマレーザの発光パルス形状P0とピコ秒レーザの発光パルス形状Paとの差である。図3(b)は、従来の洗浄用光源に使用されるKrFエキシマレーザの発光パルス形状P0と本実施例のピコ秒レーザの発光パルス形状Paを比較したグラフである。

#### 【0021】

フェムト秒レーザの発光パルス形状P1の発光時間は一般に10~1000フェムト秒(1×10<sup>-12</sup>秒)程度である。ピコ秒レーザの発光パルス形状Paの発光時間は一般に1~500ナノ秒(1×10<sup>-9</sup>秒)程度である。KrFエキシマレーザの発光パルス形状P0の発光時間は一般に7~25ナノ秒(1×10<sup>-9</sup>秒)程度である。

#### 【0022】

図3(a)のtは、EUVマスク表面にレーザ光が入射し始めてからマスク面121に付着していた微粒子が離脱するのに要する時間(離脱時間)である。通常この時間は1~100ピコ秒程度とされている。非特許文献3は、レーザが基板表面に入射してから基板に格子振動を発生させるまでのメカニズムを説明している。非特許文献3によれば、1)光の吸収により生成された自由電子は、衝突により100フェムト秒以下の短時間内に熱平衡状態に達する。2)この電子系に蓄えられたエネルギーは、ピコ秒オーダーでフォノンとして放出され、固体中の格子振動を励起する。3)この格子振動のエネルギーが熱として固体中を拡散し、温度上昇という形になって現れる。

#### 【0023】

即ち、レーザが基板表面に入射し始めてから基板の瞬間的な熱膨張が発生するまでの時間はピコ秒オーダーである。KrFエキシマレーザの場合、レーザの発光終了前に基板の瞬間的な熱膨張は始まることになる。光洗浄は、基板の瞬間的な熱膨張にともなう微粒子の離脱であることから、KrFエキシマレーザを利用するとレーザ発光時間より微粒子の離脱時間の方が短くなる。

#### 【0024】

具体的には、KrFエキシマレーザの照射においては、図3(a)に示す時間t後も時間Pbだけ光洗浄に寄与しない光がマスク120に入射し、この時間Pbの間にマスク120の光損傷が進行する。

#### 【0025】

一方、ピコ秒レーザで光洗浄を行うと、パルス発光時間Paは時間tとほぼ同じであるため、時間Pbが極めて短い。このため、レーザが洗浄に使用される効率が高く、光損傷時間も短いことが分かる。また、ピコ秒レーザよりさらにパルス幅の短いフェムト秒レーザを用いても同様の効果が得られる。この場合には、時間Pbが殆ど発生しないため、マスク120の光損傷をおさえて洗浄が可能となる。

#### 【0026】

本実施例の洗浄効果を以下のように確認した。まず、Siウエハに50nmの蛍光PSL粒子を100個/cm<sup>2</sup>程度の密度で散布した。次に、これに波長266nm、発光時間100フェムト秒のフェムト秒レーザを照度30mJ/cm<sup>2</sup>/パルスとなるようにレ

10

20

30

40

50

ンズで集光してから 100 パルス照射した。50 nm の蛍光粒子を良好に観察可能なオリンパス社製の蛍光顕微鏡で蛍光 PSL 粒子の除去率を測定した。この結果、ほぼ 100 % 近くの割合で散布した蛍光 PSL 粒子を除去することができた。また、Si ウエハ表面を金属顕微鏡の 100 倍の対物レンズを用いて暗視野照明で観察した結果、光損傷は見られなかった。フェムト秒レーザはスペクトラ・フィジックス社の製品名スピットファイアで、波長 266 nm、繰り返し周波数 1 kHz、パルス幅 100 フェムト秒、パルスエネルギー 200 uW、ビーム形状はガウシアン分布であった。

#### 【0027】

スペクトラ・フィジックス社の製品名スピットファイアは、レーザ内部の光学系を調整することでパルス幅を 40 ~ 500 フェムト秒、2 ピコ秒、200 ピコ秒と変更することができる。この他のフェムト秒レーザやピコ秒レーザを用いて、ほぼ 1 フェムト秒 ~ 1 ナノ秒の範囲で発光時間の異なるレーザ光源が利用しても、同様の効果を得ることができた。

10

#### 【0028】

光源の単位時間・単位面積当りのエネルギーである単位面積当りのパワーを  $P$  (Watt / mm<sup>2</sup>) とし、発光時間を  $t$  秒とすると、マスク表面に投入される単位面積当りのエネルギー  $Q$  は  $Q = P t$  となる。マスク表面に投入される光によりマスクに損傷が発生する単位面積当りのエネルギーを  $Q_c = P_c t$  とする。マスクに光損傷が発生しないためには、光源の単位時間・単位面積当りのエネルギーである単位面積当りのパワー  $P$  はマスクに損傷が発生するパワー  $P_c$  以下であることが望ましい。

20

#### 【0029】

再び図 2 に戻って、集光レンズ 14 は、レーザ光を集光又は発散する。走査光学系 16 は、ガルバノミラー等から構成され、マスク 120 の一部に照射されたレーザ光をマスク 120 の全面で走査する。制御部 17 は、レーザ光のパルス数やパルス幅を設定する。メモリ 18 は、時間  $t$ 、レーザ光のパルス幅に関する情報、図 4 に示す制御部 17 が行う制御方法（洗浄方法）、その他の必要な情報を格納する。これは、後述する図 5 でも同様である。

20

#### 【0030】

図 4 を参照するに、制御部 17 は、時間  $t$  以上で時間  $t$  に最も近い照射時間となるようにパルス数を設定する（ステップ 1002）。パルス数は自然数である。これにより、時間  $t$  後のレーザ光の照射時間、即ち、時間  $P_b$  が短くなる。また、制御部 17 は、時間  $t$  後のレーザ光の照射時間、即ち、時間  $P_b$  が最短になるようにパルス幅調整部 11 によるパルス幅の選択を制御する（ステップ 1004）。これにより、時間  $P_b$  が更に短くなる。

30

#### 【0031】

洗浄装置 1 は、図 5 に示す照射ユニット 10A を使用してもよい。ここで、図 5 は、照射ユニット 10A の概略ブロック図である。光源 12a、12b、12c が射出するレーザ光は波長、パルス幅及び照度のうち一又は複数が異なる。また同様に、光源のパルス幅調整部 11a、11b、11c のうち一又は複数が異なる。

30

#### 【0032】

光源 12a、12b 及び 12c が異なる種類のレーザ光を生成する場合は、複数の種類や大きさの微粒子  $P$  を除去する場合に好適である。複数の種類の微粒子  $P$ （例えば、金属粒子や非金属粒子）は、異なる波長や異なるパルス幅のレーザ光によって洗浄可能な場合があるし、異なる大きさの微粒子  $P$  は異なる照度のレーザ光によって洗浄可能な場合があるからである。もちろんこれらは組み合わされてもよい。従って、光源の数は 3 つ以上であってもよい。

40

#### 【0033】

再び図 1 に戻って、照明装置 110 は、投影光学系 130 の円弧状の視野に対する円弧状の EUV 光によりマスク 120 を照明し、EUV 光源部 112 と、照明光学系 114 とを有する。

50

## 【0034】

EUV光源部112は、レーザープラズマ光源が用いるが、放電プラズマ光源を用いていよい。照明光学系114は、集光ミラー114a、オプティカルインテグレーター114b、アパーチャ114cから構成される。集光ミラー114aは、レーザープラズマ光源からほぼ等方に放射されるEUV光を集める。オプティカルインテグレーター114bは、マスク120を均一に所定の開口数で照明する。アパーチャ114cは、マスク120と共に位置に設けられ、マスク120の照明領域を円弧状に限定する。

## 【0035】

マスク120は、反射型マスクで、マスクステージ125に支持及び駆動されている。マスク120から発せられた回折光は、投影光学系130で反射されて被露光体140上に投影される。マスク120と被露光体140とは光学的に共役の関係に配置される。露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であるため、マスク120と被露光体140を同期走査することによりマスク120のパターンを被露光体140上に縮小投影する。

10

## 【0036】

マスクステージ125は、レチクルチャック125aを介してマスク120を支持して図示しない移動機構に接続されている。マスクステージ125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。レチクルチャック125aは、静電チャックであり、静電吸着力によってマスク120を吸着する。

20

## 【0037】

投影光学系130は、複数の多層膜ミラー130aを用いて、マスクパターンの像を像面である被露光体140上に縮小投影する。複数のミラー130a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、マスク120と被露光体140を同時に走査して広い面積を転写する。投影光学系130は、本実施形態では、4枚のミラー130aによって構成され、マスク120のパターンを1/4に縮小して被露光体140上に結像する。

20

## 【0038】

ミラー130aは、低熱膨張ガラスやSiC等の剛性及び硬度が高く、熱膨張率が小さい材料からなる基板を研削及び研磨して所定の反射面形状を作成した後、反射面にモリブデンとシリコンなどの多層膜を成膜する。ミラー130aの反射面の形状は、凸面又は凹面の球面又は非球面であり、開口数（NA）を0.1乃至0.2程度である。

30

## 【0039】

被露光体140は、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の基板を広く含む。被露光体140には、フォトレジストが塗布されている。

## 【0040】

ウェハステージ145は、ウェハチャック145aによって被露光体140を支持する。ウェハステージ145は、例えば、リニアモーターを利用して被露光体140を移動する。ウェハチャック145aは、粗動ステージ、微動ステージの上に構成され、2つの電極を有する双曲型の静電チャックである。

40

## 【0041】

アライメント検出機構150は、マスク120の位置と投影光学系130の光軸との位置関係、及び、被露光体140の位置と投影光学系130の光軸との位置関係を計測する。また、アライメント検出機構150は、マスク120の投影像が被露光体140の所定の位置に一致するようにマスクステージ125及びウェハステージ145の位置と角度を設定する。

## 【0042】

フォーカス位置検出機構160は、被露光体140面で所謂Z方向のフォーカス位置を計測する。フォーカス位置検出機構160は、ウェハステージ145の位置及び角度を制御することによって、露光中、常時被露光体140面を投影光学系130による結像位置

50

に保つ。

【0043】

露光に先立って、洗浄装置1はマスク120を洗浄する。マスク120の洗浄はパルスごとに行われる。本実施例では、洗浄装置1から照射される光束の発光時間が、マスク表面から微粒子が離脱するのに要する時間とほぼ同等の長さである。マスク表面から微粒子が離脱するとほぼ同時にEUVマスク表面へのレーザ照射が止まるため、マスク表面の多層膜に照射される光の照度が十分に低い状態で微小な微粒子が除去可能である。このため、マスクに光損傷を与えることなく良好に微小な微粒子を除去することができる。

【0044】

洗浄によりマスク120は熱膨張するため、露光前に冷却しなければならない。例えば、マスク120の母材にゼロデュアなどの超低熱膨張材（例えば、熱膨張率0.05E-6/K）が用いてレーザ照射によって温度が1上昇したとするとマスク120全面では約7.5nmの熱膨張が発生するからである。かかる冷却手段の一例を図6にブロック図で示す。

【0045】

図6では、レーザ光Lをミラー50を介してマスク120に照射している。冷却手段は、電子冷却手段126a及び126bと、それに接続されている冷却板127a及び127bとを有する。電子冷却手段126a及び126bはペルチェ素子からなる。冷却手段は冷却板127a及び127bによる輻射冷却を用いる。冷却板127a及び127bは熱伝導率の高い部材で、輻射率が1に近いものが効果的である。冷却板127a及び127bはマスク全面を覆う大きさを有して、図6に示すようにマスク近傍に配置する。これにより、輻射冷却で重要な熱源と冷却板との間の形態係数をほぼ1にすることができ、パルスレーザ照射によって加えられたエネルギーを効率良く回収することができる。なお、冷却手段は本実施例のものに限定されるものではなく、例えば、冷却板に冷却水を流して冷却するなど、いかなる手段でも構わない。

【0046】

露光において、照明装置110はマスク120を均一に照明し、マスクパターンを投影光学系130を介して被露光体140に投影する。洗浄装置1は、露光装置100内で洗浄を行うため、マスク120は真空雰囲気VAの外部雰囲気に晒されない。このため、マスク120は外部雰囲気の微粒子から保護される。また、洗浄装置1は真空雰囲気VAにおいてマスクステージ125や残留気体からもたらされる微粒子を効率よく除去するために転写不良がなく、高品位な露光を提供することができる。

【0047】

図7、EUV露光装置100の変形例としてのEUV露光装置100Aを示す。図7は、洗浄装置1を真空雰囲気VAにマスク交換機構（例えば、ゲートバルブ）172によって接続された真空容器170に設けている。EUV露光装置100Aは、露光前にマスク120を洗浄して微粒子を除去することができるため、歩留まりの低下を抑えることができる。EUV露光装置100Aでも、洗浄装置1は、真空雰囲気が維持された露光装置内に設けられ、外部の雰囲気の影響を受けない。EUV露光装置100Aは、EUV露光装置100のように真空雰囲気VA内に洗浄装置1を設ける空間手的な余裕がない場合に好適である。

【0048】

次に、図8及び図9を参照して、露光装置100又は100Aを利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図8は、半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。ステップ1（回路設計）では、半導体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。一方、ステップ3（ウェハ製造）では、シリコン等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、上記用意した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。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ

10

20

30

40

50

4 によって作製されたウェ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。

【0049】

図 9 は、図 8 のステップ 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等によって形成する。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）ではウェハに感光材を塗布する。ステップ 16（露光）では、露光装置 100 又は 100A によってマスク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。本実施例の製造方法を用いれば、洗浄装置 1 により転写不良が減少するので、従来よりも高品位なデバイス（半導体素子、LCD 素子、撮像素子（CCD など）、薄膜磁気ヘッドなど）を製造することができる。また、このように、露光装置 100 又は 100A を使用するデバイス製造方法、並びに結果物（中間、最終生成物）としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

10

20

30

【0050】

本実施例の洗浄装置 1 によれば、露光装置 100 外でマスク 120 を洗浄する必要がないためにスループットが向上する。また、洗浄時にマスクパターンを損傷せずに微粒子を除去することができる。

【0051】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限らず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、レーザ光の偏光方向は、微粒子除去に効果的な方向であれば必ずしもパターン列に垂直な方向なくてもよい。また、洗浄装置 1 は、露光装置のマスクだけでなくインプリントの原版や射出成形の原版など光学素子又は基板の洗浄に広く適用することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図 1】本発明の実施例 1 の露光装置の概略ブロック図である。

【図 2】図 1 に示す洗浄装置の照射装置の概略ブロック図である。

【図 3】図 3 (a) は、本実施例の洗浄用ピコ秒レーザの発光パルス形状と他のパルスレーザの発光パルス形状を比較したグラフである。図 3 (b) は、従来の洗浄用光源の発光パルス形状と本実施例の発光パルス形状を比較したグラフである。

【図 4】図 2 に示す制御部の制御方法（洗浄方法）を説明するためのフローチャートである。

40

【図 5】図 1 に示す洗浄装置に適用可能な別の照射装置の概略ブロック図である。

【図 6】図 1 に示すマスクの冷却機構を説明するための部分拡大断面図である。

【図 7】図 1 に示す露光装置の変形例の概略ブロック図である。

【図 8】図 1 に示す露光装置を利用するデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 9】図 8 に示すステップ 4 の詳細なフローチャートである。

【符号の説明】

【0053】

1 洗浄装置

10、10A 照射装置

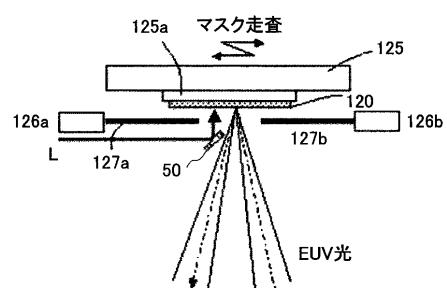
11-11c パルス幅調整部

50

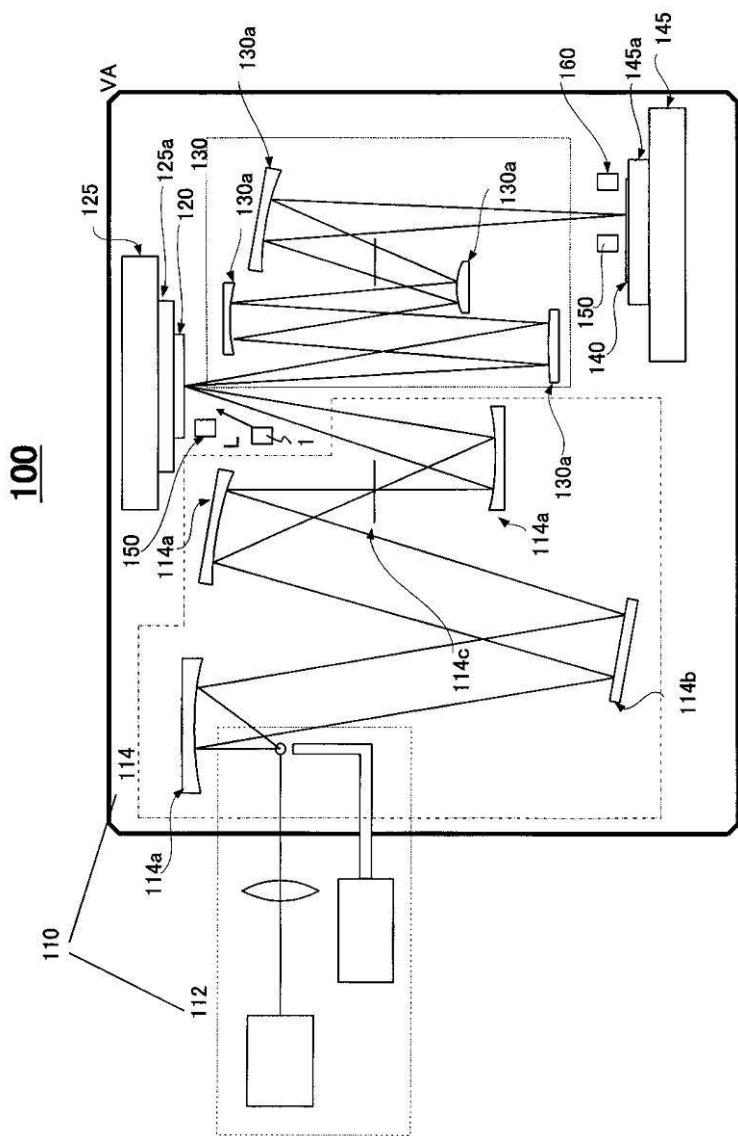
1 2 - 1 2 c  
1 7  
1 0 0 、 1 0 0 A

光源  
制御部  
露光装置

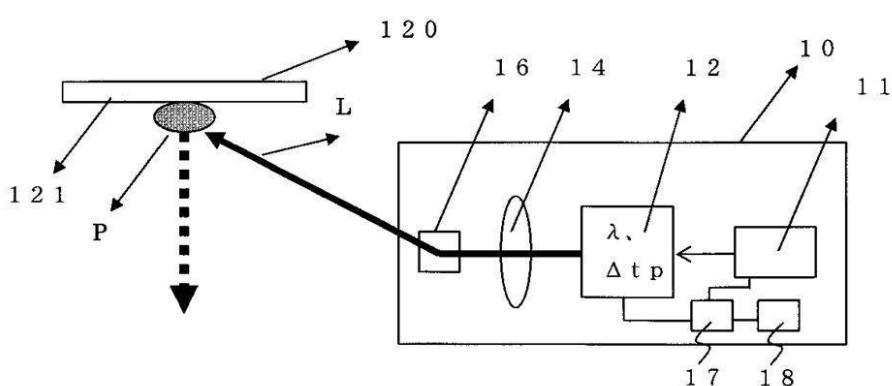
【図 6】



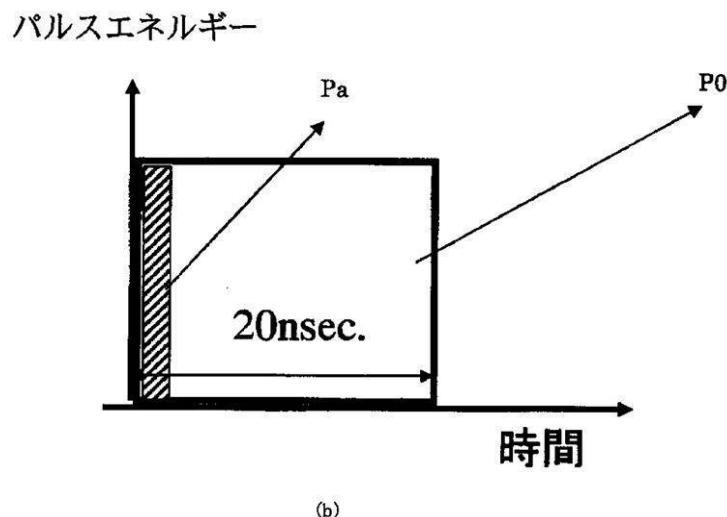
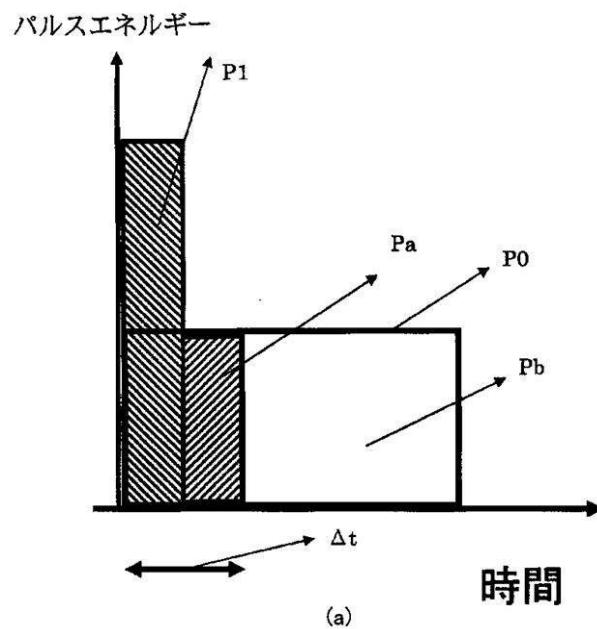
【図1】



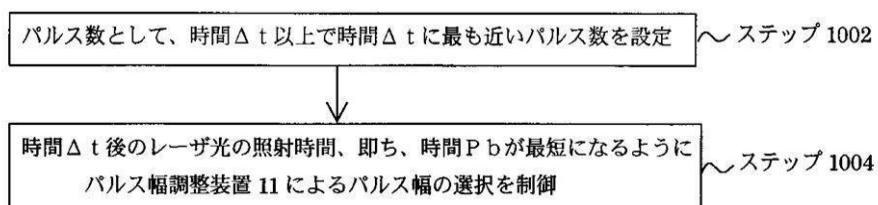
【図2】



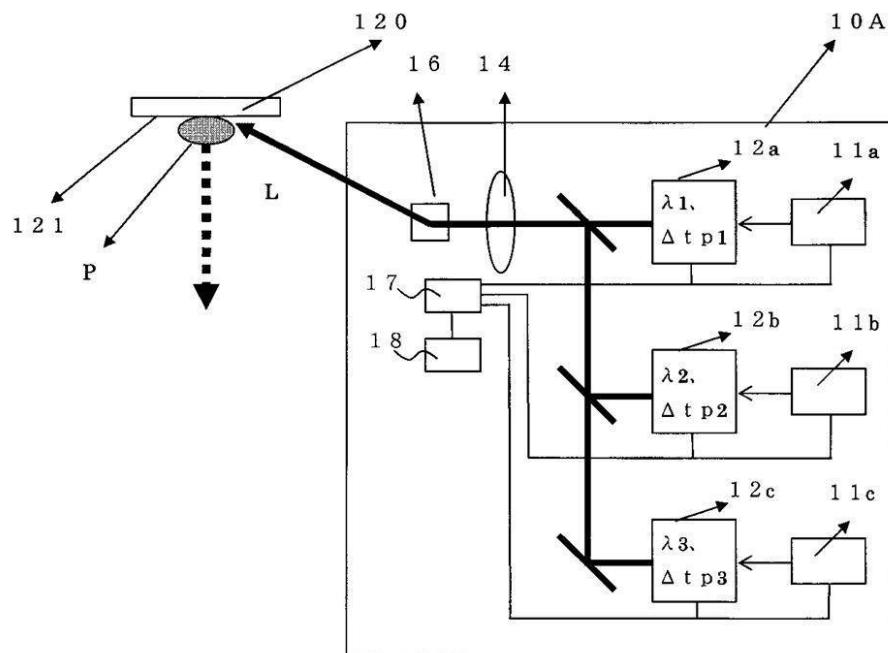
【図3】



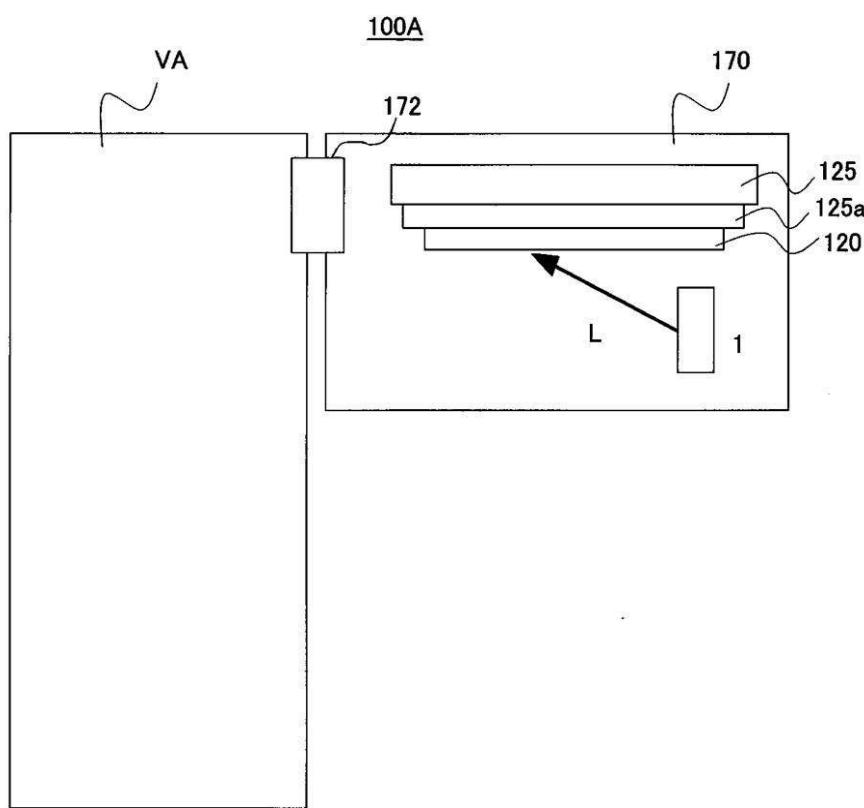
【図4】



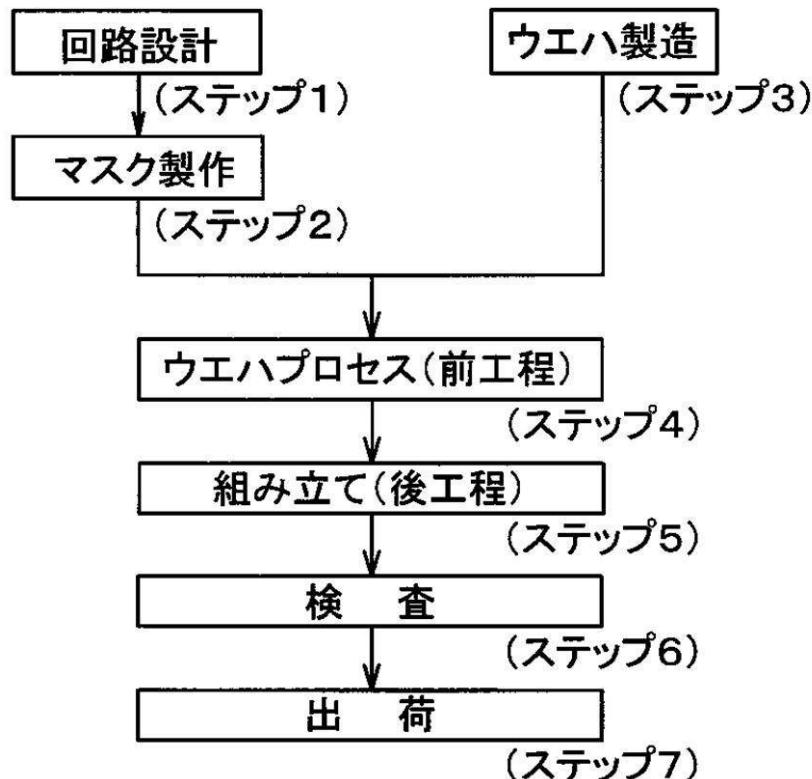
【図5】



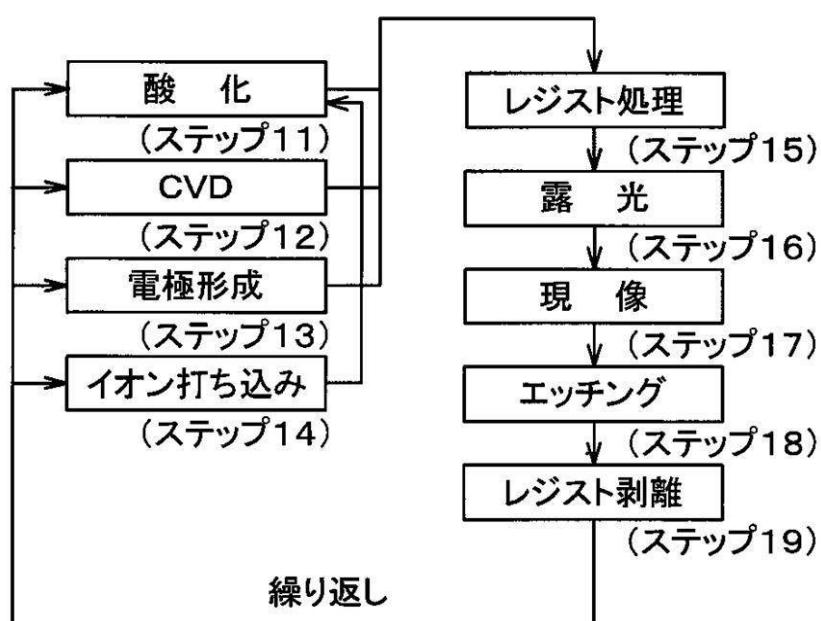
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

B 0 8 B 7/00

テーマコード(参考)