

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4458329号  
(P4458329)

(45) 発行日 平成22年4月28日 (2010. 4. 28)

(24) 登録日 平成22年2月19日 (2010. 2. 19)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 1 5 D

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

G O 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-434549 (P2003-434549)  
 (22) 出願日 平成15年12月26日 (2003. 12. 26)  
 (65) 公開番号 特開2005-191495 (P2005-191495A)  
 (43) 公開日 平成17年7月14日 (2005. 7. 14)  
 審査請求日 平成18年12月18日 (2006. 12. 18)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100096965  
 弁理士 内尾 裕一  
 (72) 発明者 佐野 和生  
 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 佐野 浩樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源からの光を用いて被照明面に配置されたマスクを照明する照明光学系を有し、前記マスクと基板とを相対的に移動させて、前記マスクのパターンを前記基板に投影する露光装置において、

前記照明光学系は、前記被照明面と共役な位置の近傍に配置された、開口幅が可変な開口可変機構を有し、

該開口可変機構が、一枚の遮光板と、該一枚の遮光板の複数箇所に対して力を加えるために、前記マスクと前記基板との相対移動の方向に対応する方向の駆動軸を有する複数の駆動機構とを含み、

該複数の駆動機構のうちの少なくとも1つの駆動機構が、1つの回動案内機構と、前記駆動軸に垂直な2軸方向に関する平面案内機構とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記複数の駆動機構のうちの1つを除くすべての駆動機構が、前記回動案内機構と前記平面案内機構とを有することを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項 3】

前記2軸方向に関する平面案内機構は、互いに垂直な方向に案内する2つの案内機構を有することを特徴とする請求項1又は2記載の露光装置。

【請求項 4】

前記遮光板が、前記照明光学系の光軸に対して傾いていることを特徴とする請求項1乃至

至 3 いずれかに記載の露光装置。

【請求項 5】

前記開口可変機構の開口形状を矩形にも円弧にもすることが可能であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれかに記載の露光装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 いずれかに記載の露光装置を用いて前記基板を露光する工程と、前記露光された基板を現像する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照明光の制御可能な露光装置に係り、更に詳しくは、IC や LSI 等の半導体素子、液晶表示素子または薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される所謂スリットスキャン露光方式またはステップ・アンド・スキャン方式などの照明光の制御可能な走査型投影露光装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体素子や液晶表示素子および薄膜磁気ヘッドを製造する際に、リソグラフィ技術を利用して、マスクないしはレチクルと呼ばれる原版（以下、代表してマスクと呼ぶ）の表面に形成されたパターンを、レジストと呼ばれる感光材をシリコンウエハやガラス基板の表面に塗布した感光基板（以下、代表してウエハと呼ぶ）上に転写する為に、レジストを感光させるための照明光を、前記原版を通して感光基板上に露光する、投影露光装置が使用されている。

【0003】

従来、投影露光装置には原版と感光基板を密着ないしは近接させて一括露光を行うプロキシミティ露光方式や、ミラー反射光学系を介して円弧状の露光光を原版と感光基板上で走査露光するミラープロジェクション露光方式や、感光基板上の各露光領域を投影光学系の露光領域に順次移動させながら原版の縮小露光像を一括露光するというステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置（所謂、ステッパ）が使用されていた。

【0004】

一括露光方式であるステップ・アンド・リピート方式の露光装置では、投影光学系がレンズによって構成されている場合、有効な結像領域は円形状となるが、半導体集積回路は一般的に矩形であるため、使用される原版も当然のごとく矩形形状をなしており、一括露光の場合の転写領域を最大限に確保しようとするれば、投影光学系の有する円形の結像領域に内接する矩形の領域となり、最も大きな転写領域でも円の直径の  $1/\sqrt{2}$  の辺の正方形である。

【0005】

これに対して、投影光学系の有する円形状の結像領域のほぼ直径の寸法を有する矩形形状の露光領域を用いて、マスクとウエハとを同期させながら走査移動させることによって、転写領域を拡大させる走査露光方式である所謂スリットスキャン露光方式またはステップ・アンド・スキャン方式（以下、代表してスリットスキャン方式と呼ぶ）が提案されている。

【0006】

スリットスキャン方式の投影露光装置については、例えば Op1us E の 1993 年 2 月号の 96～99 頁に詳しく紹介されているが、該露光装置は矩形の露光領域を有し、各ショットに対し該スリットをスキャン（走査）して走査露光が行われ、1 つのショットの走査露光が終了するとウエハは次のショットにステップし、次のショットの走査露光が同様に繰り返され、次のショットへのステップと露光のためのスキャンとを繰り返すことによって、ウエハ全体の露光が完了するという露光工程を有している。

【0007】

このようなスリットスキャン方式では、同一の大きさの結像領域を有する投影光学系を

10

20

30

40

50

用いた場合、投影レンズを用いて各転写領域ごと一括露光を行うステップ・アンド・リピート方式に比べてより大きな転写領域を確保することができる。すなわち、走査方向に対しては光学系による制限がなくなるので走査ステージのストローク分だけ確保することができ、走査方向に対して直角な方向には概ね 2 倍の転写領域を確保することができる。

#### 【0008】

半導体集積回路を製造するための露光装置は、高い集積度のチップの製造に対応するために、転写領域の拡大と解像力の向上が望まれており、より小さい投影光学系を採用することは、光学性能上からも、コスト的にも有利であり、スリットスキャン方式の露光方法は、今後の露光装置の主流として注目されている。

10

#### 【0009】

図10は特開平10-50599号公報に開示されたスリットスキャン方式の投影露光装置の構成を示すものであるが、同図において光源1より発せられた照明光は楕円集光ミラー2によって集光された後に、オプティカル・インテグレータ9、14(14a、14b)によって像面照度の重畳化(平均化)が行われ、第1のリレーレンズ42を経た後に、2枚の可動ブレードを有する可動ブラインド(可動視野絞り)32に至る。可動ブラインド32はオプティカル・インテグレータ14のフーリエ変換面となっており、マスク23と光学的に共役な位置に配置されていて、さらに、その近傍には固定ブラインド(視野絞り)34が配置されている。固定ブラインド34は例えば4個のナイフエッジにより矩形の開口を囲んだ機械的な視野絞りであって、その矩形の開口形状によってマスク23上の照明領域の形状が規定されている。即ち、可動ブラインド32、及び固定ブラインド34により制限された照明光が第2リレーレンズ35、コンデンサレンズ36、及びミラー11を介してマスク23上の照明領域を均一な照度分布で照明している。以上の照明条件の下で、アライメントマーク28を用いてマスク23とウエハ25との位置合わせを行った上で、マスク23とウエハ25をウエハ25の面内の第1の方向(以下スキャン方向と呼ぶ)に同期スキャンすることによりウエハ25上に塗布したフォトレジストが感光し、マスク23に形成されているパターンがウエハ25上に精密に転写される。

20

#### 【0010】

スリットスキャン方式の投影露光装置ではウエハ25上の各露光領域をこれらの露光領域のスキャン方向の長さより短い矩形の開口による走査露光によって露光が行われるので、各露光領域内の積算露光量の制御は、その矩形開口部の積算露光量をウエハ25上の全ての点で一定となる様に実行する必要がある。仮に、ウエハ25上の各点での積算露光量が異なると、各露光領域内の積算露光量にムラが生じることとなり、これはステップ・アンド・リピート方式の露光装置における照度ムラと同様の誤差となってしまう。前記、照度ムラに対する解決手段としてスリットスキャン方式の露光装置で、特に等速露光装置においては、例えば特開昭60-158449号公報や特開平7-66103号公報に示されるように、ウエハ25上の露光量の均一化を図るために、スキャン方向の照度分布を台形にすることが行われている。従ってウエハ25上の矩形形状の露光領域内の任意の一点で露光中の照度の時間的変化は図6(A)に示されるように台形状となり、この事は、等速走査露光においてはそのまま時間軸を空間軸に変換して考えることができるので、空間軸上でも図6(B)に示すような照度分布を示すこととなる。

30

40

#### 【0011】

等速走査露光における露光量制御は、この台形状の照度分布を高さと面積が等しい矩形と見做し、図6(B)における幅 $L$ ×高さ $I$ の矩形をはみ出した三角形部分と、矩形内の三角形部分との面積が等しくなる点、即ち、両側の斜線部において最高照度 $I$ の $1/2$ となる点を結んだ線の幅 $L$ を有し、高さが等しい矩形に近似している。そして、この矩形の幅 $L$ をスリットの幅としている。

#### 【0012】

これらの従来例はスキャン方向に関する照度ムラの補正までを考慮したものであって、固定ブラインド34の開口形状はあくまで、矩形としており、スキャン方向の開口幅が一

50

定の値となっている。固定ブラインド34の開口形状が矩形であることは、マスク23上およびウエハ25上に投影される開口形状も当然のことながら矩形となっており、マスク23上およびウエハ25上で、スキャン方向と直交する方向（以下、スリット方向と呼ぶ）にも照度が均一でなければ、露光ムラが発生してしまう。

【0013】

前記したように、可動ブラインド32はマスク23と光学的に共役な位置に配されており、更に固定ブラインド34は可動ブラインド32の近傍に配置されているが、固定ブラインド34の位置において照明範囲内が必ずしも均一な照度分布となっているとは限らない。即ち、光源1から固定ブラインド34に至るまでの光路中に配された光学素子の製造上の誤差や、組立時の誤差による光路長の変位等により、固定ブラインド34の位置で光軸と直交する面内には若干の照度ムラが発生しているのが一般的である。

10

【0014】

従って、固定ブラインド34によって、照明領域を矩形に制限してマスク23上を照明し、更に、投影レンズ22を通してウエハ25を照明した場合に、露光位置によって積算露光量にバラツキが発生し、均一な露光ができずウエハ25上に塗布されたレジストは場所によって感光状態に差異が生じることとなる。仮に、固定ブラインド34の位置での照度ムラが全く無いように、光学系の調整を行ったと仮定しても、マスク23上の像をウエハ25上に結像するための投影レンズ22は10枚から数十個の光学素子によって構成されており、それぞれの光学素子の製造誤差や光学素子上に施されたコーティングのムラ等によって、照明光の透過率に部分的なムラが発生している。

20

【0015】

図2(A)はマスク23上でスリット方向に関する照明光の照度 $i(x)$ の分布を示すものであるが、図に示されるように照度分布が均一であったとしても、前記、投影レンズ22の透過率のムラによって、ウエハ25上の照度 $I(x)$ の分布は図2(B)に示すように、不均一な分布となってしまう。

【0016】

ここで、投影レンズ22で発生する透過率のムラについて、さらに説明する。図8(A)は投影レンズ22のウエハ25上の有効領域を示すものであるが、投影レンズ22は一般的に外周が円形の光学素子の組み合わせによって成り立っているために、レンズ自体では円形の有効部81を有しているが、前述したように、スリットスキャン方式の露光装置では広い幅でスキャン露光を行うためにレンズの有効部81の中で、矩形の露光領域82を使用している。この時、前記、光学素子上の製造誤差や光学素子上に施されたコーティングのムラ、あるいは組立の誤差に起因する照度ムラは、一般に光学素子の径方向に相関を持つ分布で発生するため、矩形の露光領域内の照度分布は、図9に示すように紡錘形を切り出したような形状となってしまう、このような照度分布を持った露光光を用いて、マスク23とウエハ25とを同期走査した場合、スリット方向に関する積算露光量は、場所毎に大きな照度ムラを有する結果を招く。

30

【0017】

以上の不具合を改善する手段として、例えば特開昭62-193125号公報に開示されている投影露光装置では、照明光の光路中に液晶シャッタを挿入し、露光光の照射エリアを自由にできるように構成されており、露光光の強度が低く積算露光量の不足する位置ではスキャン方向の開口幅を拡大し、逆に、露光光の強度が高くて積算露光量が大きすぎる位置ではスキャン方向の開口幅を狭くするような制御を加えているが、このような従来例においては、開口幅を変更する機能・手段について説明がなされているものの、投影露光が効率的に行われるように開口幅を決定する方法には言及していない。

40

【0018】

例えば、ウエハ25上に塗布された感光剤であるレジストの感光感度を $P_r$ とし、ウエハ25面上に露光される単位時間当たりの露光量を $Q_w$ 、ウエハ25上に投影される固定ブラインド34のスキャン方向の開口幅を $L_w$ 、ウエハ25のスキャン方向への移動速度を $V_w$ とすると、ウエハ25上での積算露光量はレジストの感光感度に等しいため、

50

$$Pr = Qw \times Lw \div Vw \cdots (式1)$$

と表現されるので、

$$Vw = Qw \times Lw \div Pr \cdots (式2)$$

と書き換えられ、レジストの感度  $Pr$  を  $2,000 \text{ J/m}^2$ 、ウエハ25面上に露光される単位当たりの露光量（以下ウエハ面照度と呼ぶ） $Qw$  を  $30,000 \text{ W/m}^2$ 、スキャン方向の開口幅  $Lw$  を  $10 \text{ mm}$  とすると、ウエハ25のスキャン速度  $Vw$  は  $0.15 \text{ m/sec}$  となる。しかし、ここで光源1の出力が低下してウエハ面照度  $Qw$  が  $20,000 \text{ W/m}^2$  まで低下すると、スキャン速度  $Vw$  は  $0.10 \text{ m/sec}$  に低下する。このことは露光に要する時間が長くなることを意味し、生産性の低下を招く結果となる。

【0019】

ここで、(式2)により、スキャン方向の開口幅  $Lw$  を広げることによってスキャン速度の向上を図ることができるが、その反面投影レンズ22には光学性能を十分に発揮するための有効画角が決まっており、むやみに開口幅を広げることができない。従って、前記従来例において、照度ムラにあわせてスキャン方向の開口幅を局所的に調整を行う際にも、スキャン方向の最大開口幅に着目して、効率的な露光を行うための開口幅の決定方法が必要となってくる。

【0020】

特開2001-244183号広報は上述の従来技術に付随する不都合点に鑑みてなされたものであって、該出願に係る第1及び第2の発明は、投影レンズ22の画角を有効に利用しながら、ウエハ25上に発生する照度ムラの量を低減し無くすために局所的に調整可能とすることを目的としており、該出願に係る第3及び第4の発明は、露光装置上で使用される複数の露光条件のすべてに対して、前記照度ムラを減らし無くすための調整を可能とすることを目的としている。

【0021】

特開2001-244183号広報は図1及び図5に示すように、照明光の光軸に対して傾斜して取り付けられた可撓性のある遮光板66(66a, 66b)によってウエハ25上に照射される露光量の部分的なムラを無くすための調整機構を構成している。遮光板66は前記光軸に対して相対した位置に一對66a, 66bとなって取り付けられているものであり、プッシュロッド51a、51b、51c、51d、51eの押し引きによって変形可能となっていて、遮光板66を任意の形状に変形させることによって、照明光の開口エリア60の形状が決定されるように構成されている。

【0022】

調整ブラインド33について、図5を用いて更に詳しく説明すると、遮光板66は厚さ  $0.1 \text{ mm}$  の金属板であってその表面はケミカルエッチングによって梨地状の拡散面となっており、図5に示すように遮光板66は照明光の光軸に対して約40度の傾きを持って配置されている。この角度は、特開2001-244183号広報の実施例では第3リレーレンズ42に  $N.A. = 0.35$  程度のものを使用しており、照明光は光軸に対して約19度の広がり角を持っている為であって、照明光が可動ブラインド32の面上に集光する直前で遮光板66を挿入して開口幅を狭める際に、遮光板66の光軸側のエッジによって開口幅を決定できるように、第3リレーレンズ42の広がり角よりも急角度に設定されている。

【0023】

また、図1では遮光板66の変形状態を表している。本実施例ではウエハ25上での標準的な照度ムラに合わせて、予め調整ブラインド33の開口形状が矩形とは若干異なる形状に設定されている。開口形状の詳細については後述するが、本実施例での開口形状60は図1に示すように鼓型をしており、遮光板66はこの開口形状60に合わせて、プッシュロッド51a、51b、51c、51d、51eが押し引きされている。しかし、遮光板66の光軸側のエッジが直線であった場合、プッシュロッド51a、51b、51c、51d、51eの押し引きによってこのように遮光板66を変形させると、遮光板66は光軸に対して傾けて配置されているため、変形を受けた部分は、調整ブラインド33の面

10

20

30

40

50

内だけではなく、光軸方向にも変形を受けてしまい、マスク 2 3 と共役な位置にある可動ブラインド 3 2 に対するデフォーカス量が変化してしまう。

【 0 0 2 4 】

このようにデフォーカス量が変化しても、ウエハ 2 5 上の照度分布を考えると、図 6 (A) に示す台形の斜辺部分の角度が変化するだけで、台形の面積は変化しないので、積算照度の変化は見られないが、遮光板 6 6 が光軸方向にも変形を起こしてしまう分だけ、図 5 における可動ブラインド 3 2 と調整ブラインド 3 3 の遮光板 6 6 a , 6 6 b との間隔 d を広げておく必要が生じてしまう。

【 0 0 2 5 】

このような事態を回避するため、特開 2 0 0 1 - 2 4 4 1 8 3 号広報の実施例に係る遮光板 6 6 は図 1 に示すように、あらかじめ楕円状のエッジ形状をしており、前記の鼓型開口形状 6 0 に変形させた時点で、遮光板 6 6 のエッジが光軸に対して垂直な面内に収まるようになっている。

【 0 0 2 6 】

もちろん、調整ブラインド 3 3 の開口形状 6 0 は標準状態でのみ使用されるものではないが、ウエハ 2 5 上に発生する照度ムラの変化量は、後述する照明条件の変更や、光学素子の経時的変化によって 1 ~ 3 パーセント程度であるので、遮光板 6 6 の変形量も小さくて済むようになっている。

【 0 0 2 7 】

特開 2 0 0 1 - 2 4 4 1 8 3 号広報に係る第 1 の発明は、原版と感光基板を同期させて第 1 の方向へ走査して、前記原版上のパターンを前記感光基板上に露光する投影露光装置において、照明光学系内の前記原版と共役な位置の近傍に、前記第 1 の方向に関する露光領域の開口幅を、前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に関して局所的に変更する露光領域整形手段を具備し、前記露光領域整形手段によって、前記露光領域を任意の形状に整形して、前記感光基板上に照射される露光光量の部分的なムラを無くするための調整機能を有しており、前記露光領域整形手段の前記第 1 の方向に関する最大開口幅は、投影レンズの前記第 1 の方向に関する最大画角に相当することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

これによれば、照明光を生成するための照明光学系及び投影レンズによって発生する局所的な照度ムラに適応して開口幅を調整し、均一な露光分布を形成するとともに、開口幅の調整の際に最大開口幅を投影レンズの最大画角に相当することによって、投影レンズに関する最大の露光光量を得ることができる。

【 0 0 2 9 】

従って、原版と感光基板とを同期走査してスキャン露光を行う際の、スキャン速度は前記投影レンズに関する最大の速度を使用することが可能であり、露光装置の生産性が向上するものである。

【 0 0 3 0 】

また、特開 2 0 0 1 - 2 4 4 1 8 3 号広報に係る第 2 の発明は、前記第 1 の発明において、感光基板と同一な面内で、スリット方向に関して、位置毎に照明光量を測定し、測定された照明光量が概ね一様となりムラが無くなる様に、前記露光領域整形手段を駆動する機能を有することを特徴としており、露光の際に感光剤であるレジストが存在するべき位置での照度ムラを測定することが可能となるため、測定位置以降で照度ムラの発生する要因を完全に排除することが可能となっている。

【 0 0 3 1 】

また、特開 2 0 0 1 - 2 4 4 1 8 3 号広報に係る第 3 の発明は前記第 1 の発明において、前記原版に対する照明条件変更がされるたびに、露光光量の部分的な調整を行うことを特徴としており、原版に対する照明条件の変更によって、光路中の光学素子の変更されたり、あるいは、光路中の光学素子の使用部分が変わることによって生じる照度ムラの変化があった場合であっても、照度ムラの補正を新たにやり直すことができるので、常に均一な露光分布を得ることが可能となっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 2 】

さらに、特開 2 0 0 1 - 2 4 4 1 8 3 号広報に係る第 4 の発明は前記第 3 の発明において、前記照明条件の変更工程に、前記感光基板の露光面における照度分布を計測する段階を含むことを特徴としており、照明条件の変更と照度ムラの確認の作業が一連の動作として連続的に行われるため、作業者のミスによる測定忘れ等を防止することが可能となっている。

【非特許文献 1】O p l u s E の 1 9 9 3 年 2 月号の 9 6 ~ 9 9 頁

【特許文献 1】特開平 1 0 - 0 5 0 5 9 9 号公報

【特許文献 2】特開昭 6 0 - 1 5 8 4 4 9 号公報

【特許文献 3】特開平 0 7 - 0 6 6 1 0 3 号公報

【特許文献 4】特開昭 6 2 - 1 9 3 1 2 5 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 0 1 - 2 4 4 1 8 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 3 3 】

しかしながら、これらの従来例はスリットのスキャン方向の開口幅を局所的に変えることについて言及しているだけであり、それを実現するための具体的な機構については示していない。また、前記照度ムラの変化量 1 ~ 3 パーセントを薄肉金属板で形成されたスリットの撓みで補正する場合、単純にスキャン方向に押し引きすると、機構に無理な応力が働いてアクチュエータの負荷が極めて大きくなり、薄肉金属板が塑性変形する危険性も生じる。したがって、薄肉金属板で形成された可変スリットを板の厚さ方向に無理なく変形させる手段が必要である。さらには、投影光学系にエネルギー効率、色収差、対環境敏感度の点から光学系内に複数のミラーとレンズを配置したカタディオプトリックタイプを選択し、スリットの開口形状が円弧状であるスキャニング式投影露光装置に適用させる必要も生じている。

## 【 0 0 3 4 】

ところが、前記スリットのエッジ近傍のマスク共役面には、マスクの照射領域を制限するブラインド機構が配置されており、露光ムラ調整スリット機構と該ブラインド機構との干渉が問題となる。

## 【 0 0 3 5 】

本発明は上述の従来技術に付随する不都合点に鑑みてなされたものであって、本出願に係る第 1 及び第 2 の発明は、投影レンズ 2 2 の画角を有効に利用しながら、ウエハ 2 5 上に発生する積算露光量のばらつきを低減し無くすために、構造的に優れた露光ムラ調整スリット機構で局所的に調整可能とすることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 3 6 】

上記課題を解決するために本発明の露光装置は、光源からの光を用いて被照明面に配置されたマスクを照明する照明光学系を有し、前記マスクと基板とを相対的に移動させて、前記マスクのパターンを前記基板に投影する露光装置において、

前記照明光学系は、前記被照明面と共役な位置の近傍に配置された、開口幅が可変な開口可変機構を有し、

該開口可変機構が、一枚の遮光板と、該一枚の遮光板の複数箇所に対して力を加えるために、前記マスクと前記基板との相対移動の方向に対応する方向の駆動軸を有する複数の駆動機構とを含み、

該複数の駆動機構のうちの少なくとも 1 つの駆動機構が、1 つの回動案内機構と、前記駆動軸に垂直な 2 軸方向に関する平面案内機構とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

## 【 0 0 4 3 】

本発明によれば、前記露光ムラ調整スリット機構は、略平行スリットにも円弧スリットにも適用でき、可変スリットに無理な応力を発生させることなく、スリット幅の調節を行

10

20

30

40

50

うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

以下、図面を用いて具体的に実施例について説明を行う。

【実施例1】

【0045】

以下、本発明の第1の実施例につき図面を参照して説明する。図7は本実施例に係るスリットスキャン方式の投影露光装置の構成を示しており、なお、図7において、図10と同一部分には同一符号を付けてある。いる。本実施例に係る露光ムラ調整スリット機構を用いた投影露光装置の制御方法については、特開2001-244183号広報の実施例に詳述されているので、ここでは説明を省略する。

10

【0046】

図3は本発明の特徴を最もよく表す図面であり、同図において66aは固定スリット、66bは露光ムラ調整手段であるところの薄肉金属板（弾性変形が可能な部材であれば他の部材でも構わない）からなる可変スリット、66cは可変スリットのスリット方向に局所的に取り付けられたコマ、66dはコマ受け、66eは回動案内機構、66f及び66gは互いに直交する直動案内機構で構成された平面案内機構である。仮に、中央の駆動軸に平面案内機構を設けると、可変スリットの該平面内位置が定まらないため、中央の駆動軸には平面案内機構を設けない。

【0047】

20

また、複数ある駆動軸が可変スリット（薄肉金属板）に加える力は、図3、7における上下方向、すなわち、照明光学系の光軸に対して実質的に垂直な方向（照明光学系が形成するスリットの幅方向、レチクルやウエハ上でのスキャン方向に相当する方向）である。但し、複数ある駆動軸が可変スリットに対して与える力（変位）の方向が同じであれば、照明光学系の光軸に対して傾いた方向の力を可変スリットに対して与えるような構成としても構わない。

【0048】

ここでは、中央の駆動軸には平面案内機構を設けずに、回動案内機構を設けているが、中央の駆動軸には回動案内機構も設けないようにしても構わない。つまり、中央の駆動軸には平面案内機構も回動案内機構も設けず、中央の駆動軸によって、可変スリットの薄肉金属板の中央部の位置及び照明光学系の光軸に対する傾きを決定するような構成としても構わない。

30

【0049】

勿論、このように平面案内機構を設けない駆動軸は中央である必要は無く、可変スリットをスキャン方向（レチクル上でのスキャン方向、レチクル上におけるスリットの幅方向）に押し引きする複数の駆動軸のうちいずれか1つであれば良い。また、本実施例においては、1つの駆動軸に対して1つの回動案内機構と2つの平面案内機構とを設けているが、2つの平面案内機構を2次元的な案内機構に置き換えたり、1つの回動案内機構と1つの平面案内機構の代わりに平面内に拘束するような案内機構（例えば板バネ等）を用いたりしても構わない。

40

【0050】

上記構成において、複数のアクチュエータが押し引き運動を起こすと、可変スリット66bが撓むことにより板の厚さの方向へ変形する。このとき、回動案内機構66eと平面案内機構66f、66gが運動することにより、可変スリットの変形に不要な応力が該案内機構に散逸される。したがって、アクチュエータの負荷は最低限に抑えられ、可変スリットと66bを形成している薄肉金属板が塑性変形する危険性も大幅に削減できる。

【0051】

本実施例は、図8(A)の矩形の露光領域82内部にある略平行の最大開口エリア83を利用している。開口エリア84はスリットの初期開口形状を表している。

【0052】

50



以上の作用により、ウェハ面上での照度ムラに基き、露光ムラ調整スリット機構の開口幅を最大開口エリア 83 の範囲内で局所的に変えることにより、スキャン露光したときのウェハ面上での積算露光量を実質的に均一に保つことが可能になる。

【0053】

ここで、ウェハ 25 面上での積算露光量は、ウェハを載置するウェハステージ（ウェハを搭載して移動可能な部位）上に設けられた照度むらセンサ（光量センサ）27 を用いて測定し、その結果を受けた主制御系 9 が前記アクチュエータの押し引き運動を制御することによって、スリットの長さ方向（スリット方向）の複数箇所におけるスリット幅の調整を行っている。ここで照度むらセンサを用いてウェハ上での光量測定は、ウェハをスキャン方向に一度露光する度、ウェハをスキャン方向に 1 往復露光する度、ウェハを 1 枚露光し終わる度、ウェハを 1 ロット露光し終わる度、もしくはウェハの焼付けに異常な兆候が見られる度に行う。

10

【0054】

また、必要に応じてスリットを実質的に閉じてしまうことも可能である。

【0055】

また、前記露光領域整形手段すなわち露光ムラ調整スリット機構の可変スリットは、可撓性のある薄肉金属板で形成されており、該薄肉金属板のエッジ中央においてスリット方向を回転軸として回転傾斜した位置に配置されている。

【0056】

この可変スリットを押し引きする機構の動作方向はスキャン方向であり、該機構が前記ブラインド機構と干渉することはない。該可変スリットの変形方向は該スリットを形成している前記薄肉金属板の厚さ方向に平行である。

20

【0057】

前記可変スリットを押し引きする機構の動作方向を該可変スリットの変形方向へ変換するために、前記薄肉金属板の複数箇所に取り付けられた部材に、スリット方向と可変スリットの変形方向に直交する方向を回転軸とする回動案内機構を設け、さらに中央の押し引き機構には該回動案内機構だけを設け、その他の押し引き機構には該回動機構に加えてスリット方向と光軸方向へスライドする平面案内機構を設けることが望ましい。

【0058】

また、前記露光ムラ調整スリット機構は、スリットの開口形状が略平行あるいは円弧の両方の場合に適用できる。また、前記露光ムラ調整スリット機構は、可変スリットを形成している薄肉金属板に無理な応力が発生しようとも、前記回動案内機構と前記平面案内機構が運動することにより、可変スリットの変形に不要な応力が該案内機構へ散逸するために、アクチュエータの負荷が最低限に抑えられ、可変スリットを形成している薄肉金属板が塑性変形する危険性も大幅に削減できる。

30

【実施例 2】

【0059】

本実施例 2 が実施例 1 と異なる点は、実施例 1 では略平行スリットを前提としていたが、実施例 2 では露光ムラ調整スリット機構はカタディオ投影系における円弧スリットの開口幅を局所的に変更する場合に適用している点である。その他、実施例 2 で特に記載していない部分に関しては実施例 1 と同様である。

40

【0060】

実施例 2 においては、円弧スリットは楕円柱表面に薄肉金属板を馴染ませて加工製造し、該楕円柱の軸に対して全体を斜めにスライスすることにより、薄肉金属板のエッジ形状を円弧状にしている。

【0061】

図 4 は本発明の特徴を最もよく表す図面であり、同図において 66a は固定スリット、66b は露光ムラ調整手段であるところの薄肉金属板からなる可変スリット、66c は可変スリットのスリット方向に局所的に取り付けられたコマ、66d はコマ受け、66e は回動案内機構、66f 及び 66g は互いに直交する直動案内機構で構成された平面案内機

50

構である。仮に、中央の駆動軸に平面案内機構を設けると、可変スリットの該平面内位置が定まらないため、中央の駆動軸には平面案内機構を設けない。

【0062】

ここでは、中央の駆動軸には平面案内機構を設けずに、回動案内機構を設けているが、中央の駆動軸には回動案内機構も設けないようにしても構わない。つまり、中央の駆動軸には平面案内機構も回動案内機構も設けず、中央の駆動軸によって、可変スリットの薄肉金属板の中央部の位置及び照明光学系の光軸に対する傾きを決定するような構成としても構わない。

【0063】

勿論、このように平面案内機構を設けない駆動軸は中央である必要は無く、可変スリットをスキャン方向（レチクル上でのスキャン方向、レチクル上におけるスリットの幅方向）に押し引きする複数の駆動軸のうちいずれか1つであれば良い。また、本実施例においては、1つの駆動軸に対して1つの回動案内機構と2つの平面案内機構とを設けているが、2つの平面案内機構を2次元的な案内機構に置き換えたり、1つの回動案内機構と1つの平面案内機構の代わりに平面内に拘束するような案内機構（例えば板バネ等）を用いたりしても構わない。

【0064】

上記構成において、複数のアクチュエータが押し引き運動を起こすと、可変スリット66bが撓むことにより板の厚さの方向へ変形する。このとき、回動案内機構66eと平面案内機構66f、66gが運動することにより、可変スリットの変形に不要な応力が該案内機構に散逸される。したがって、アクチュエータの負荷は最低限に抑えられ、可変スリットと66bを形成している薄肉金属板が塑性変形する危険性も大幅に削減できる。

【0065】

図8（B）は投影レンズ22のウエハ25上の有効領域を示すものであるが、投影レンズ22は一般的に外周が円形の光学素子の組み合わせによって成り立っているために、レンズ自体では円形の有効部81を有しているが、前述したように、スリットスキャン方式の露光装置では広い幅でスキャン露光を行うためにレンズの有効部81の中で、矩形の露光領域82を使用している。本実施例は、投影光学系にエネルギー効率、色収差、対環境敏感度の点から光学系内に複数のミラーとレンズを配置したカタディオプトリックタイプを選択し、スリットの開口形状が円弧状であるスキャン式投影露光装置に適用させるものであるため、矩形の露光領域82内部にある円弧状の最大開口エリア83を利用している。開口エリア84はスリットの初期開口形状を表している。

【0066】

以上の作用により、ウエハ面上での照度ムラに基き、露光ムラ調整スリット機構の開口幅を最大開口エリア83の範囲内で局所的に変えることにより、スキャン露光したときのウエハ面上での積算露光量を実質的に均一に保つことが可能になる。

【0067】

ここで、ウエハ25面上での積算露光量は、ウエハを載置するウエハステージ（ウエハを搭載して移動可能な部位）上に設けられた照度むらセンサ（光量センサ）27を用いて測定し、その結果を受けた主制御系9が前記アクチュエータの押し引き運動を制御することによって、スリットの長さ方向（スリット方向）の複数箇所におけるスリット幅の調整を行っている。ここで照度むらセンサを用いてウエハ上での光量測定は、ウエハをスキャン方向に一度露光する度、ウエハをスキャン方向に1往復露光する度、ウエハを1枚露光し終わる度、ウエハを1ロット露光し終わる度、もしくはウエハの焼付けに異常な兆候が見られる度に行う。

【0068】

また、必要に応じてスリットを実質的に閉じてしまうことも可能である。

【実施例3】

【0069】

次に上記説明した投影露光装置を利用したデバイスの生産方法の実施例3を説明する。

図 1 1 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（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によっ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なう。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。

10

#### 【 0 0 7 0 】

図 1 2 は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 1 1（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（ＣＶＤ）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（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 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では上記説明した投影露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。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、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

20

#### 【 0 0 7 1 】

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高集積度のデバイスを低コストに製造することができる。

#### 【 0 0 7 2 】

以上のように、本実施例によれば、前記露光ムラ調整スリット機構は、略平行スリットにも円弧スリットにも適用でき、可変スリットを形成している薄肉金属板に無理な応力が発生しようとも、前記回動案内機構と前記平面案内機構が運動することにより、可変スリットの変形に不要な応力が該案内機構へ散逸するために、アクチュエータの負荷が最低限に抑えられ、可変スリットを形成している薄肉金属板が塑性変形する危険性も大幅に削減できる。

30

#### 【 0 0 7 3 】

また、投影露光装置の構造から鑑みて、前記スリットのエッジ近傍のマスク共役面には、マスクの照射領域を制限するブラインド機構が配置されているが、押し引き機構が光軸方向とスリット方向に直交する方向に収められるため、露光ムラ調整スリット機構と該ブラインド機構との干渉は避けられる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 7 4 】

【図 1】本発明の第 1 の実施例に係る露光領域整形手段に開口形状調整機能を持たせる構造を説明するための図である。

40

【図 2】原版としてのマスク上の照度分布と感光基板としてのウエハ上の照度分布の差を説明するための図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施例に係る露光ムラ調整スリット機構の構造を説明するための図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施例に係る露光ムラ調整スリット機構の構造を説明するための図である。

【図 5】本発明の第 1 及び第 2 の実施例に係る投影露光装置の要部配置を説明するための図である。

【図 6】ウエハ上での露光光の強度分布を説明するための図である。

50

【図 7】本発明の第 1 及び第 2 の実施例に係る投影露光装置の構成を説明するための図である。

【図 8】投影レンズの有効範囲を説明するための図である。

【図 9】矩形露光領域内の照度分布を説明するための図である。

【図 10】従来の投影露光装置の構成を説明するための図である。

【図 11】微小デバイスの製造の流れを示す図である。

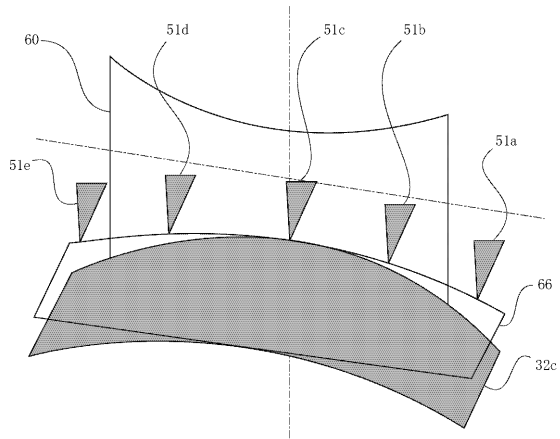
【図 12】図 11 におけるウェハプロセスの詳細な流れを示す図である。

【符号の説明】

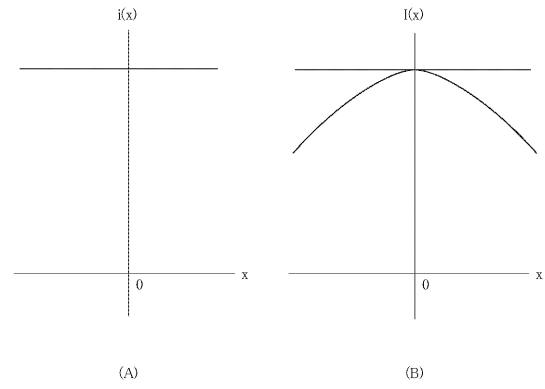
【 0 0 7 5 】

1	光源	10
2	楕円集光ミラー	
9	オブティカルインテグレータ	
1 4	オブティカルインテグレータ	
2 2	投影レンズ	
2 3	マスク（原版）	
2 5	ウェハ（感光基板）	
3 2	可動ブラインド	
3 3	調整ブラインド（露光領域整形手段を調整する）	
3 4	固定ブラインド	
5 1	駆動点	20
6 0	開口エリア	
6 6	遮光板	
8 1	円形の有効部	
8 2	矩形の露光領域	
8 3	最大開口エリア	
8 4	開口エリア	
9 1	電源	
9 2	露光量制御系	
9 4	主制御系	
9 5	ステージ制御系	30
9 6	露光範囲制御系	

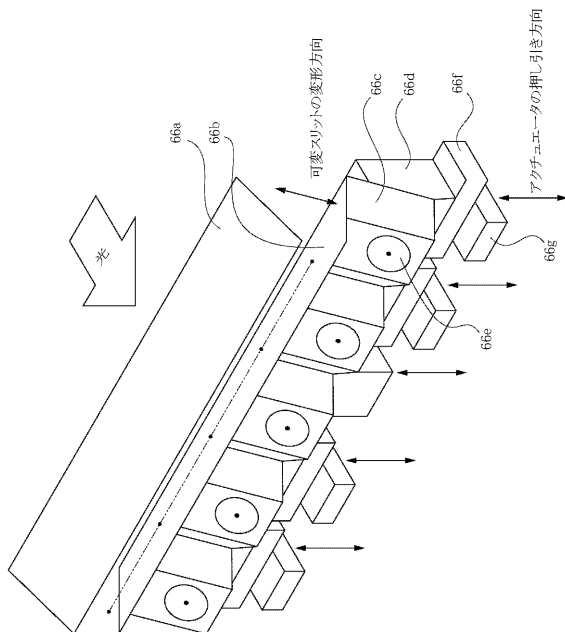
【図 1】



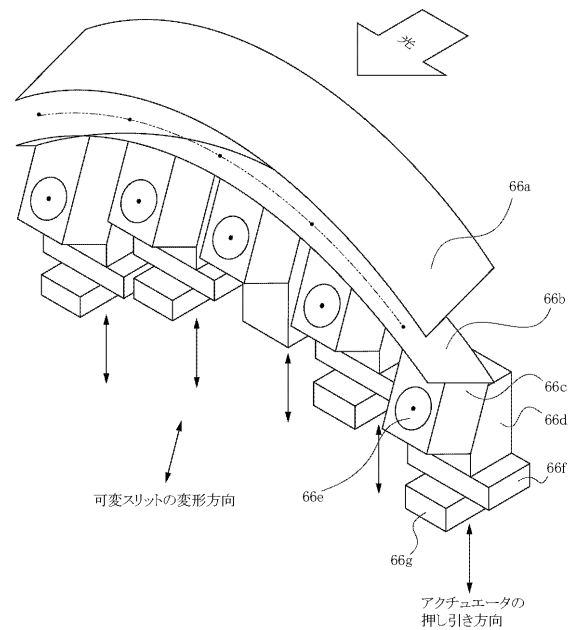
【図 2】



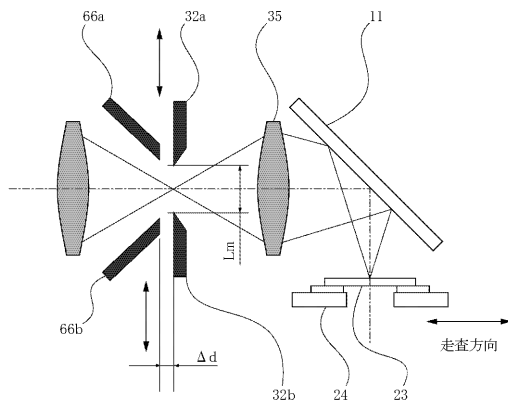
【図 3】



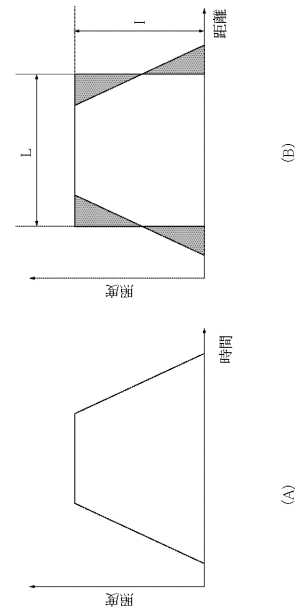
【図 4】



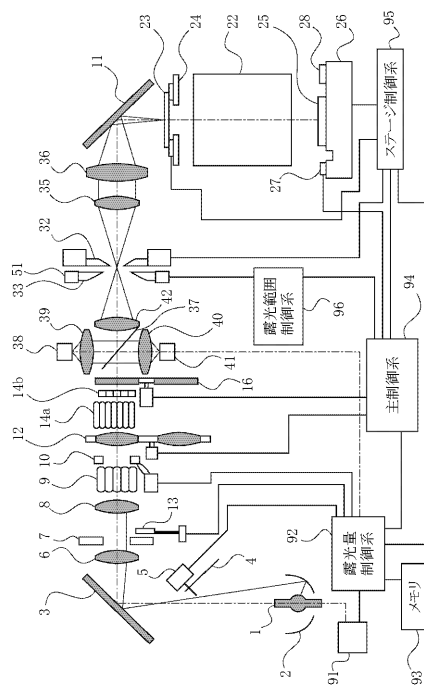
【図 5】



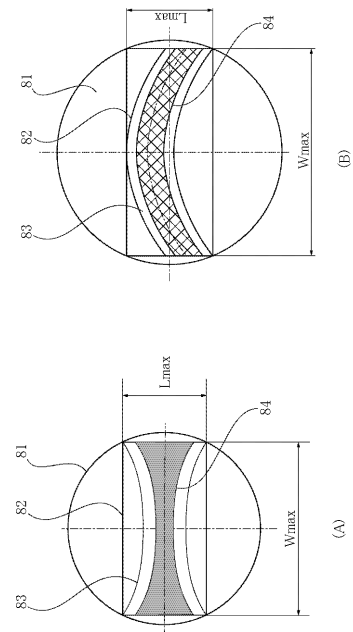
【図 6】



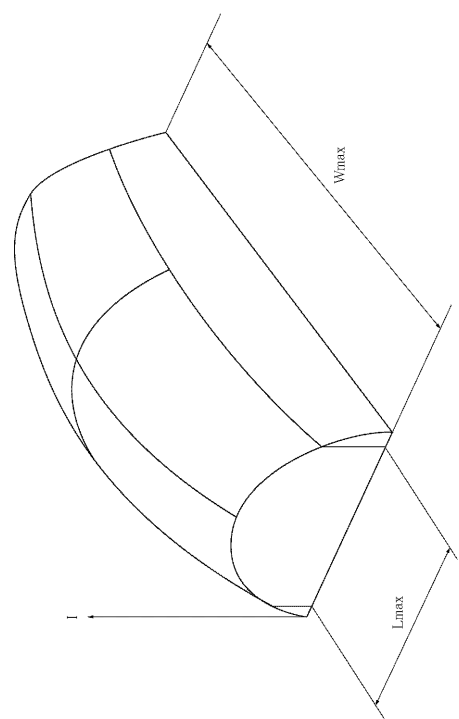
【図 7】



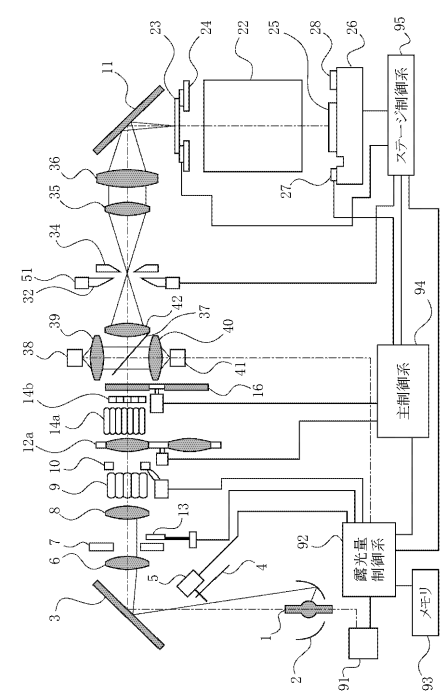
【図 8】



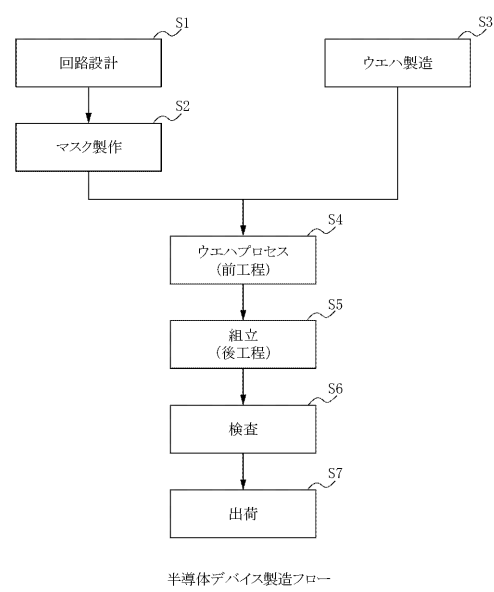
【図 9】



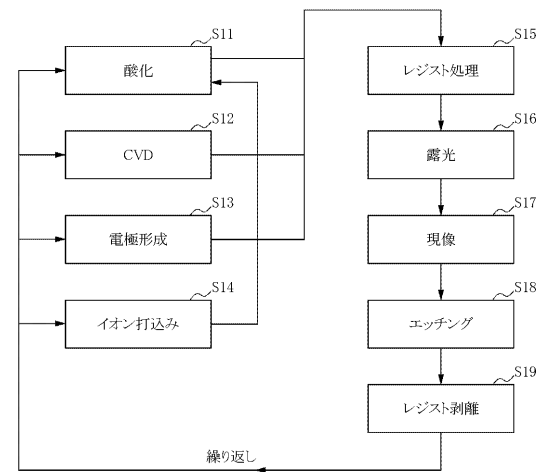
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-340854(JP,A)  
特開昭61-036728(JP,A)  
特開2002-184676(JP,A)  
特開平07-167995(JP,A)  
特開2000-082655(JP,A)  
特開2001-244183(JP,A)  
特開平07-066103(JP,A)  
特開昭62-193125(JP,A)  
特開昭60-158449(JP,A)  
特開平10-050599(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24 、 9/00 - 9/02 、  
H01L21/027、21/30