

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3814359号
(P3814359)

(45) 発行日 平成18年8月30日(2006.8.30)

(24) 登録日 平成18年6月9日(2006.6.9)

(51) Int.C1.

F 1

H01L 21/027	(2006.01)	H01L 21/30	531A
G03F 7/20	(2006.01)	H01L 21/30	502P
G21K 5/02	(2006.01)	H01L 21/30	503C
H01L 21/683	(2006.01)	H01L 21/30	531M
		GO3F 7/20	503

請求項の数 16 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-33869
 (22) 出願日 平成9年2月18日(1997.2.18)
 (65) 公開番号 特開平9-306834
 (43) 公開日 平成9年11月28日(1997.11.28)
 審査請求日 平成15年10月30日(2003.10.30)
 (31) 優先権主張番号 特願平8-54636
 (32) 優先日 平成8年3月12日(1996.3.12)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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 100123788
 弁理士 宮崎 昭夫
 (74) 代理人 100088328
 弁理士 金田 暢之
 (74) 代理人 100106297
 弁理士 伊藤 克博
 (74) 代理人 100106138
 弁理士 石橋 政幸
 (72) 発明者 原 真一
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線投影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】

反射型マスクをX線で照明する照明系と、
 前記反射型マスクのパターンの像をウエハに投影する投影光学系と、
 前記反射型マスクを静電気力で保持するマスクチャックと、
 前記ウエハを保持するウエハチャックと、

を有し、

前記マスクチャックの表面には、複数の突起部が形成され、
 前記反射型マスクは、

前記複数の突起部で保持されることを特徴とするX線投影露光装置。

10

【請求項2】

前記突起部は、ピン状であることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項3】

前記突起部の先端が前記反射型マスクに接触する接触面積は、前記反射型マスクの面積の10パーセント以下であることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項4】

前記突起部によって前記反射型マスクが支持された際に、前記反射型マスクと前記マスクチャックの間に形成される空隙に、前記反射型マスクを冷却するための気体を供給する手段を有することを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項5】

20

前記マスクチャックの材料は、

セラミックス又はガラスであることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項6】

前記照明系は、

X線を発生する放射源と、

X線を反射するミラーと、

を有することを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項7】

前記投影光学系は、

X線を反射する複数枚のミラーを有する縮小投影光学系であることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。 10

【請求項8】

前記マスクチャックは、

真空雰囲気中又は減圧雰囲気中に配置されることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項9】

前記反射型マスクはX線を反射する多層膜を有し、

前記マスクパターンは該多層膜上に形成されたX線を吸収する吸収体からなることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項10】

前記マスクチャック及び前記ウエハチャックを同期して移動させて走査露光を行うための走査手段を有することを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。 20

【請求項11】

前記マスクチャックは、

双極型の静電チャックであることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項12】

前記マスクチャックに前記反射型マスクを吸着保持した際の吸着力を検出する検出機構を有することを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項13】

前記マスクチャックは、

前記反射型マスクを重力方向と平行に保持することを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。 30

【請求項14】

前記マスクチャックの移動に応じて、静電気発生手段で発生させる前記静電気力を可変とする静電気可変手段を有することを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項15】

前記静電気可変手段は、

{(前記反射型マスクの質量) × (重力加速度 + 前記マスクチャック移動時の最大加速度) / (前記反射型マスクと前記マスクチャックの間の最大静止摩擦係数)} × (安全率) < 前記マスクチャックの吸着力 40

の関係を満たすように制御することを特徴とする請求項14記載のX線投影露光装置。

【請求項16】

請求項1乃至15のいずれか1項に記載のX線投影露光装置を用いてウエハを露光し、該露光されたウエハを現像することを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体集積回路の製造に用いられるX線投影露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

L S I 等の固体デバイスでは、集積度及び動作速度の向上のために回路パターンの微細化が進んでいる。これら微細な回路パターンを形成するために、現在、露光光を真空紫外線とする縮小投影露光装置の使用が検討されている。縮小投影露光装置の解像度は、露光波長 λ 、及び投影光学系の開口数N Aに依存する。従来の露光装置ではその解像度を向上させるために開口数N Aを大きくする方法が採用されていた。

【0003】

しかしながら、この方法は、焦点深度が減少すること、屈折光学系の設計および製造技術が困難であること等の理由から限界に近づきつつある。このため露光波長 λ を短くすることで露光装置の解像度を向上させる方法が検討され、水銀ランプのg線($\lambda = 435.8\text{ nm}$)からi線($\lambda = 365\text{ nm}$)、さらにはKrFエキシマレーザ($\lambda = 248\text{ nm}$)へと露光に用いる光が移行している。10

【0004】

露光波長を短波長化することで露光装置の解像度は向上するが、露光に用いる光の波長からその解像度には原理的な限界が生じる。そのため、従来の光を用いた露光装置の延長技術では、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の解像度を得ることが困難であった。

【0005】

このような技術背景をもとに、近年、真空紫外線または軟X線(以下、両者を総称してX線と称する)を露光光とするX線投影露光装置が注目を浴びている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】20
本発明は上記したようなX線投影露光装置を実用化する上で発生する様々な課題を解決し、実用的なX線投影露光装置を提供するためになされたものである。さらにはこのX線投影露光装置を用いた生産性の高い半導体デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため本発明のX線投影露光装置の好ましい形態は、反射型マスクをX線で照明する照明系と、

前記反射型マスクのパターンの像をウエハに投影する投影光学系と、30
前記反射型マスクを静電気力で保持するマスクチャックと、
前記ウエハを保持するウエハチャックと、
を有し、

前記マスクチャックの表面には、複数の突起部が形成され、
前記反射型マスクは、
前記複数の突起部で保持されることを特徴とする。

【0008】

ここで、前記突起部は、ピン状であってもよい。

【0009】

さらに、前記突起部の先端が前記反射型マスクに接触する接触面積は、前記反射型マスクの面積の10パーセント以下であってもよく、40

前記突起部によって前記反射型マスクが支持された際に、前記反射型マスクと前記マスクチャックの間に形成される空隙に、前記反射型マスクを冷却するための気体を供給する手段を有していてもよい。

【0010】

また、前記マスクチャックの材料は、セラミックス又はガラスであってもよい。

【0011】

また、前記照明系は、
X線を発生する放射源と、
X線を反射するミラーと、
を有していてもよい。

50

【0012】

また、前記投影光学系は、
X線を反射する複数枚のミラーを有する縮小投影光学系であってもよい。

【0013】

また、前記マスクチャックは、
真空雰囲気中又は減圧雰囲気中に配置されていてもよく、
前記反射型マスクはX線を反射する多層膜を有し、
前記マスクパターンは該多層膜上に形成されたX線を吸収する吸収体で形成されていて
よい。

【0014】

さらに、前記マスクチャック及び前記ウエハチャックを同期して移動させて走査露光を行
うための走査手段を有していてもよく、
前記マスクチャックは、
双極型の静電チャックであってもよい。

【0015】

また、前記マスクチャックに前記反射型マスクを吸着保持した際の吸着力を検出する検
出機構を有していてもよく、
前記マスクチャックは、
前記反射型マスクを重力方向と平行に保持してもよい。

【0016】

また、前記マスクチャックの移動に応じて、前記静電気発生手段で発生する静電気力を可
変とする静電気可変手段を有していてもよく、
前記静電気可変手段は、
 $\{(\text{前記反射型マスクの質量}) \times (\text{重力加速度} + \text{前記マスクチャック移動時の最大加速度}) / (\text{前記反射型マスクと前記マスクチャックの間の最大静止摩擦係数})\} \times (\text{安全率}) < \text{前記マスクチャックの吸着力}$
の関係を満たすように制御してもよい。

【0017】

本発明のデバイスの製造方法の好ましい形態は、上記構成を有するX線投影露光装置を用いてウエハを露光し、該露光されたウエハを現像することを特徴とする。

【0018】

上記のように構成されたX線投影露光装置は、静電気力で反射型マスクを保持するマスクチャックを有することで、X線の減衰が少ない真空雰囲気中あるいは減圧された軽元素気体の雰囲気中で反射型マスクを支持固定することができる。

【0019】

また、マスクチャックに反射型マスクを吸着保持した際の吸着力を検出する検出機構を有し、マスクチャックの移動に応じて、静電気発生手段で発生する静電気力を可変とする静電気可変手段を有することで、反射型マスクの吸着力を最適に制御することが可能になり、マスクチャック上から反射型マスクが落下する事故を防止することができる。

【0020】

また、マスクチャックの反射型マスクを保持する面に複数の突起部を形成し、突起部によって反射型マスクを保持することで、反射型マスクとマスクチャックの間に挟まったごみで発生する反射型マスクの変形が防止される。

【0021】

また、突起部によって反射型マスクが支持された際に、反射型マスクとマスクチャックの間に形成される空隙に、反射型マスクを冷却するための気体を供給する手段を有することで、冷却が困難な真空雰囲気中に置かれた反射型マスクを裏面から効果的に冷却することが可能になる。

【0024】

【発明の実施の形態】

10

20

30

40

50

次に本発明について図面を参照して説明する。

【0025】

図1はX線投影露光装置の要部構成を示す側面図である。

【0026】

図1において、X線（真空紫外線または軟X線）の放射源であるアンジュレータ源101と、X線の光路を変更する凸面全反射鏡102及び凹面多層膜反射鏡103とからなるX線照明系から発せられたX線は、反射型X線マスク（以下、マスクと称す）104に照射される。マスク104上にはX線を正反射する多層膜が形成され、多層膜上には所定の回路パターンが形成されている。

【0027】

マスク104で反射されたX線は、複数枚の反射鏡からなる縮小投影光学系105を経てウエハ106上に到達し、ウエハ106上に所定の投影倍率（例えば5分の1）で回路パターンを結像する。

【0028】

ここで、露光に用いるX線の波長は、およそ20nmから4nmであるため、露光光の波長による原理的な解像力が向上する。

【0029】

マスク104はマスクステージ107上に固定保持され、ウエハ106はウエハステージ108上に固定保持されている。これらマスクステージ107及びウエハステージ108によってマスク104とウエハ106の位置合わせが行われる。なお、マスクステージ107とウエハステージ108とは同期して走査移動する。

【0030】

ところで、真空紫外線や軟X線は気体による減衰が大きいため、図1に示した各装置は、真空雰囲気中、または減圧された軽元素気体（ヘリウム等）の雰囲気中に置かれる。したがって、マスク104をマスクステージ107上に固定保持する機構には、真空雰囲気中あるいは減圧された軽元素気体の雰囲気中の使用に好適な静電チャックを用いる。静電チャックとは、内包する電極に印加された電荷と異符号の電荷がその表面の絶縁体に励起されて誘電分極現象を起こし、吸着物との間で静電気力が働く原理を利用したチャッキング手段である。この静電チャックの吸着力Fは、単極型の静電チャックの場合で以下の式で表される。

【0031】

$$F = S / 2 \times \epsilon \times (V / d)^2$$

S：静電チャックの電極面積

：絶縁体の誘電率

V：印加電圧

d：表面の絶縁体の厚さ

但し、各種条件で必ずしも上記式の通りになるとは限らない。

【0032】

なお、静電チャックの他の例として、被吸着物をアース（接地電位）と接続する必要が無く、取り扱いが簡単な双極型の静電チャックがある。この双極型の静電チャックの吸着力は上記単極型の静電チャックの半分以下となり、例えば、静電チャックの表面の絶縁体に金属汚染の極めて少ない高純度のAl₂O₃を用いた場合で吸着力は25(g/cm²)程度である。

【0033】

マスク104は、Si基板等からなるベースと、多層膜上に回路パターンが形成されたパターン領域とによって構成されている。このパターン領域の大きさを200mm角、厚さを数μmとし、ベースの大きさを210mm角、厚さを10mm、材質をSiとすると、マスク104の質量はおよそ1Kgになる。

【0034】

ここで、1ショットの露光に0.5secの時間を要する場合、マスクステージ107は

10

20

30

40

50

0.5 sec 以下で 200 mm の距離を走査する必要がある。したがって、400 (mm/sec) の走査速度に 0.05 sec で達するマスクステージ 107 を想定すると、そのマスクステージ 107 の最大加速度は $8 \text{ (m/sec}^2)$ になる。特に、マスク 104 を重力方向と平行に支持する場合、マスク 104 には上記最大加速度に加えて重力加速度も加わるため、マスク 104 に加わる走査方向の力は、その質量がおよそ 1 Kg であることから、約 18 N になる。

【0035】

一方、マスク 104 に対する静電チャックの吸着力は、 $21 \text{ (cm)} \times 21 \text{ (cm)} \times 0.025 \text{ (Kg/cm}^2)$ $\times 9.8 \text{ (m/sec}^2)$ = 100 (N) であるため、マスク 104 を落下させないためには、静電チャックとマスク 104 との静止摩擦係数を 0.1 以上にすればよい。10

【0036】

しかしながら、静電チャック表面の平面度は、一般的に精度良く仕上げられているために摩擦係数が小さく、最悪の場合、マスク 104 を落下させてしまう恐れがある。そこで本発明では、マスク 104 に対する静電チャックの吸着力を状況に応じて最適な値に調節し、落下事故を防止している。このための具体的な構成を以下に示す。

【0037】

(第 1 実施例)

図 2 は図 1 に示した X 線投影露光装置のマスクステージに用いられるマスク支持装置の第 1 実施例の構成を示す側断面図である。20

【0038】

図 2 において、光学素子である反射型 X 線マスク（以下、マスクと称す）1 は、Si 基板からなるベース 1a と、パターン領域 1b とによって構成され、ベース 1a 上にマグネットロンスパッタ蒸着法等の薄膜形成手段によってパターン領域 1b が形成されている。

【0039】

パターン領域 1b は、真空紫外または軟 X 線等の X 線に対して反射率が低い領域と、反射率が高い領域である回路パターン部とによって構成され、回路パターン部は、X 線に対して屈折率が異なる少なくとも 2 種類の物質が交互に積層された X 線反射多層膜の上に、X 線吸収体（例えば、金やタンクスチーン）がパターニングされて形成されている。

【0040】

マスク 1 を保持するためのマスク支持装置はマスク 1 を吸着する静電チャック 2（双極型）と、静電チャック 2 上に点在して形成された複数のピン状の突起部 6 と、マスク 1 に対する静電チャック 2 の吸着力を検知する圧力センサ（吸着力検出手段）11 と、圧力センサ 11 の検知結果から吸着力を算出する吸着制御部 12 と、吸着制御部 12 で算出した吸着力から、吸着力を調節するための電圧を出力する電圧制御部 10 と、マスク 1 が吸着された静電チャック 2 の走査指令を出力する駆動制御部 9 とによって構成されている。なお、静電チャック 2 は、駆動制御部 9 の指令によって静電チャック 2 を走査移動させる不図示の駆動機構（マスクステージ）に固定されている。30

【0041】

また、多数の突起部 6 によって形成されるマスク 1 と静電チャック 2 の間の空隙には、冷却用気体（ヘリウム等）を供給する供給管 7、及び冷却用気体を回収する回収管 8 がそれぞれ設けられている。40

【0042】

静電チャック 2 は、第 1 の絶縁層 3 と第 2 の絶縁層 4 とによって構成され、第 1 の絶縁層 3 上に複数のピン状の突起部 6 が形成される。また、第 1 の絶縁層 3 と第 2 の絶縁層 4 との間には吸着力を発生するための第 1 の電極 5a 及び第 2 の電極 5b がそれぞれ形成されている。

【0043】

このような構成において、静電チャック 2 の第 1 の電極 5a 及び第 2 の電極 5b に電圧制御部 10 から電圧が印加されると、第 1 の絶縁層 3 の表面に異符号の電荷が励起される。50

このとき、第1の絶縁層3の表面では誘電分極現象が発生し、マスク1との間で静電気力が働く。このことによってマスク1が静電チャック2上に吸着され、複数のピン状の突起部6上で支持固定される（いわゆるピンチャック形状）。

【0044】

ここで、マスク1に対する突起部6の接触面積をマスク1の面積の10%以下（より好ましくは2%以下）にしているため、マスク1と静電チャック2の間に挟まったごみで発生するマスク1の変形が防止される。

【0045】

また、マスク1と静電チャック2の間の空隙に冷却用気体を流しているため、冷却が困難な真空雰囲気中に置かれたマスク1を裏面から効果的に冷却することが可能になり、マスク1上に形成された回路パターンの温度による歪みを抑制することができる。10

【0046】

ところで、静電チャック2はマスク1に対する照射領域を拡大するために駆動制御部9の指令によって走査される。このとき、吸着制御部12は駆動制御部9で検出した静電チャック2の位置情報からマスク1に加わる加速度を算出し、

$$\{(\text{マスクの質量}) \times (\text{重力加速度} + \text{移動時の最大加速度}) / (\text{マスクと静電チャックの間の最大静止摩擦係数})\} \times (\text{安全率}) < (\text{吸着力}) \dots (1)$$

ここで、（吸着力） = （静電発生力） - （冷却用気体の圧力と雰囲気圧力との差圧）で定義される。

の式を満たす吸着力が得られるように電圧制御部10に対して指令を送出する。電圧制御部10は、吸着制御部12からの指令にしたがって第1の電極5a及び第2の電極5bにそれぞれ所定の電圧を印加する。20

【0047】

なお、吸着力を所定の値に固定し、マスク1に加わる加速度が（1）式を満たすように吸着制御部12から駆動制御部9に対して指令を与える構成にしてもよい。

【0048】

以上のような構成にすることで、マスク1が静電チャック2上から落下する事故を防止することができる。

【0049】

（第2実施例）

図3はマスク支持装置の第2実施例の構成を示す図であり、同図（a）は斜視図、同図（b）は側断面図である。30

【0050】

第1実施例のマスク支持装置では、双極型の静電チャックを用いた例を示した。本実施例のマスク支持装置では吸着力の強い単極型の静電チャックを用いた例を示す。なお、図3では本実施例で追加する構成のみ図示し、第1実施例で示した吸着制御部、電圧制御部、および駆動制御部を図示していない。これらの装置の動作については第1実施例と同様であるため、その説明は省略する。

【0051】

また、単極型の静電チャックにマスクを吸着させる際には、マスクをアース（接地電位）と接続する必要がある。しかしながら、マスクは露光装置内に搬送されて、静電チャックに着脱されるものであるため、常にアースと接続させることが困難である。したがって、本実施例のマスク支持装置では、マスクが静電チャック上に吸着されるときのみアースと接続される構成とし、マスクの搬送の妨げにならないようとする。40

【0052】

図3（a）、（b）において、マスク21はSi基板からなるベース21aと、パターン領域21bとによって構成され、ベース21a上にパターン領域21bが形成されている。

【0053】

マスク21を吸着保持するマスク支持装置はマスク21を吸着する静電チャック22と、50

マスク 2 1 をアースと接続するためのアース用爪 2 6 によって構成されている。

【 0 0 5 4 】

静電チャック 2 2 は第 1 の絶縁層 2 3 と第 2 の絶縁層 2 4 によって構成され、第 1 の絶縁層 2 3 と第 2 の絶縁層 2 4 の間には吸着力を発生するための電極 2 5 が形成されている。また、アース用爪 2 6 は電源 2 7 のマイナス (-) 端子 (接地電位) と接続され、電源 2 7 のプラス (+) 端子は電極 2 5 と接続されている。

【 0 0 5 5 】

このような構成において、静電チャック 2 2 の電極 2 5 に電源 2 7 のプラス (+) 電位が印加されると、第 1 の絶縁層 2 3 の表面に異符号の電荷が励起される。このとき第 1 の絶縁層 2 3 の表面では誘電分極現象が発生し、マスク 2 1 との間で静電気力が働く。このことによってマスク 2 1 が静電チャック 2 2 上に吸着され固定される。10

【 0 0 5 6 】

アース用爪 2 6 は静電チャック 2 2 に対して図 2 の Z 方向 (静電チャック 2 2 の厚さ方向) に移動自在に固定され、マスク 2 1 のベース 2 1 a と接触して、マスク 2 1 をアースに接続することが可能になるとともに、様々な厚さのマスク 2 1 を支持することができる。なお、アース用爪 2 6 は、ベース 2 1 a の側面に配置されることでマスク 2 1 の落下防止機能を果たしている。

【 0 0 5 7 】

ところで、静電チャック 2 2 で吸着可能な被吸着物は導体または半導体である。したがって、絶縁体からなるベース 2 1 a を有するマスク 2 1 を吸着する場合には、マスク 2 1 の裏面から側面にかけて導体である金属等を蒸着し、これとアース用爪 2 6 を接触させてマスク 2 1 を吸着する。20

【 0 0 5 8 】

以上のような構成にすることで、マスク支持装置として吸着力の強い単極型の静電チャックを用いることができるため、マスク固定の信頼性を向上させることができる。また、誘電率の比較的低い材料でも充分な吸着力を得ることができるために、金属汚染の少ない材料でマスク 2 1 を形成することができ、本実施例のマスク支持装置を備えた露光装置によって半導体デバイスを製造すると、半導体デバイスの生産歩留りを向上させることができる。30

【 0 0 5 9 】

また、アース用爪 2 6 が静電チャック 2 2 の厚さ方向に移動自在に固定されているため、様々な厚さのマスク 2 1 を支持固定することができる。したがって、マスク 2 1 の厚さ方向の作製精度が緩和され、マスクの製造コストが低減できる。さらに、アース用爪 2 6 はマスク 2 1 の落下防止機能も有しているため、マスク固定の信頼性がより向上する。

【 0 0 6 0 】

また、マスク 2 1 が静電チャックに吸着されるときのみアースと接続される構造にしたため、アース機構がマスクの搬送の妨げにならない。

【 0 0 6 1 】

(第 3 実施例)

図 4 はマスク支持装置の第 3 実施例の構成を示す側断面図である。40

【 0 0 6 2 】

本実施例のマスク支持装置は静電チャックを所望の温度に制御する温度調整手段を有している。なお、図 4 では本実施例で追加する構成のみ図示し、第 1 実施例で示した吸着制御部、および電圧制御部を図示していない。これらの装置の動作については第 1 実施例と同様であるため、その説明は省略する。

【 0 0 6 3 】

図 4 において、マスク 3 1 は Si 基板からなるベース 3 1 a と、パターン領域 3 1 b によって構成され、ベース 3 1 a 上にパターン領域 3 1 b が形成されている。

【 0 0 6 4 】

マスク 3 1 を吸着保持するマスク支持装置は、マスクを吸着する静電チャック 3 2 と、50

温度膨張係数が小さく、剛性が高い材料で形成され、静電チャック32が固定されるチャックベース38と、チャックベース38の温度を検出する温度センサ37と、チャックベース38の温度を変えるための温度調節用媒体を有する温度調整用媒体供給装置42と、温度センサ37の検出信号から温度調整用媒体供給装置42に対して指令を行う温度制御部41と、チャックベース38の走査指令を出力する駆動制御部44によって構成されている。なお、チャックベース38は、駆動制御部44の指令によってチャックベース38を走査移動させる不図示の駆動機構（マスクステージ）に固定されている。

【0065】

静電チャック32は、第1の絶縁層33と第2の絶縁層34とによって構成され、第1の絶縁層33と第2の絶縁層34の間には吸着力を発生するための電極35が形成されている。

10

【0066】

第1の絶縁層33の上面には複数のピン状の突起部36が点在して形成され、突起部36によって形成されるマスク31と静電チャック32との間の空隙には、マスク31を冷却するための冷却用気体を供給する供給管45、および冷却用気体を回収する回収管46がそれぞれ設けられている。

【0067】

このような構成において、静電チャック32の電極35に電圧制御部（不図示）から電圧が印加されると、第1の絶縁層33の表面に異符号の電荷が励起される。このとき、第1の絶縁層33の表面では誘電分極現象が発生し、マスク31との間で静電気力が働く。このことによってマスク31が静電チャック32上の複数の突起部36の上に支持固定される。

20

【0068】

温度センサ37は、例えば白金の側温抵抗体から形成され、0.01程度の分解能のものを用いる。また、温度センサ37をチャックベース38の充分深い位置に直接埋め込むことでチャックベース38の温度を高精度に検出することができる。

【0069】

チャックベース38に設けられた流路39は温度制御された温度調整用媒体を流すためのものであり、温度調整用媒体は温度調整用媒体供給装置42からフレキシブルチューブ43を介して供給される。なお、フレキシブルチューブ43には、真空中での不要なガスの発生が少ない金属やテフロン等が用いられる。また、チャックベース38は、温度膨張係数が小さい、例えばSiCやSiNなどのセラミックス、あるいはガラスから形成され、熱歪みが極めて少ない量に抑制されている。

30

【0070】

温度制御部41は、温度センサ37からの出力信号を得て、温度調整用媒体供給装置42に対して指示を行い、チャックベース38に供給する温度調整用媒体の温度を制御する。

【0071】

静電チャック32はマスク31を固定するのに充分な吸着力を備え、露光光を吸収したマスク31が面方向に熱膨張するのを、静電チャック32の吸着力×摩擦係数から得られる力で抑制する。また、熱膨張によって面方向にマスク31が位置ずれを起こすことを防止するため、静電チャック32の温度を高精度に制御する。具体的には、静電チャック32の温度の変動を0.01以下の高精度で一定に制御する。

40

【0072】

ところで、露光装置では、一般にマスクとウエハを高精度に位置合わせした後、露光を行うが、この位置合わせを精度良く行うためには、特開平2-100311号公報に開示されているような、ウエハまたはマスクの駆動機構に板バネ等の剛性の低い弾性部材からなる変位部材と、圧電素子からなるアクチュエータとを用いた微動機構が必要になる。

【0073】

しかしながら、前述したように微動機構は剛性が低いため、温度調整用媒体を流すと静電チャックが振動し、転写パターンの線幅精度を悪化させる。そこで、本実施例では、チャ

50

ックベース38を剛性の高い粗動機構のみからなる駆動機構に固定し、微動機構はウエハステージ(図1参照)に設けた構成とする。

【0074】

また、露光されたウエハ上のパターン間隔のずれ量を測定し、このずれ量が最小になるよう静電チャックの温度を変化させ、静電チャック32を拡大または縮小する手段を備える構成とする。静電チャック32を拡大または縮小させると、これに吸着されて拘束されているマスク31も同時に拡大または縮小するため、マスク31のパターンの位置ずれを補正することが可能になる。静電チャック32の温度補正是、静電チャック32の温度変化に対して露光後のウエハのパターンのずれ量の関係を予め測定し、このデータをもとにして温度制御部41でウエハのパターン間隔のずれ量が最小になるように静電チャック32の温度を制御する。なお、ウエハのパターン間隔のずれ量は、露光されたパターン間隔を測定する方法以外に、マスクとウエハの位置合わせを行うアライメント調整手段(不図示)の信号から得てもよい。10

【0075】

また、静電チャック32の温度調整手段として、温度調整用媒体を用いずに、例えば特開平5-21308号公報に開示されているようなペルチェ素子等を用い、高速、高精度に温度制御を行ってもよい。20

【0076】

以上のような構成とすることで、マスクの熱変形及び位置ずれが防止され、転写パターンの重ね合せ精度、線幅精度が向上する。20

【0077】

また、マスク形状を温度によって可変できる構成としたため、X線光学系を構成するミラーの表面形状、配置位置の誤差、支持するときの外力によるミラーの変形などによるパターンの位置ずれを補正でき、パターンの重ね合せ精度がより向上する。

【0078】

さらに、静電チャック32を固定するチャックベース38の駆動機構を剛性の高いものにするため、静電チャック32の振動が低減し、ウエハに対する転写パターンの線幅精度がより向上する。

【0079】

(第4実施例)

次に、上記X線投影露光装置を使用した半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等)の製造方法について図5及び図6を参照して説明する。30

【0080】

図5は本発明のX線投影露光装置を使用したデバイスの製造方法の手順を示すフローチャートである。また、図6は図5に示したウエハプロセスの手順を示すフローチャートである。

【0081】

図5において、ステップ1(回路設計)では、まず最初に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。ステップS3(ウエハ製造)ではシリコン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。ステップS5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップS4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。40

【0082】

図6において、ウエハプロセス(図5のステップ4)では、まず、ステップ11(酸化)50

で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)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では上記X線投影露光装置を用いてマスクの回路パターンをウエハに焼付け露光する。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、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0083】

10

【発明の効果】

本発明は以上説明したように構成されているので、以下に記載する効果を奏する。

【0084】

静電気力で反射型マスクを保持するマスクチャックを有することで、X線の減衰が少ない真空雰囲気中あるいは減圧された軽元素気体の雰囲気中であっても反射型マスクを確実に支持固定することができる。

【0085】

また、マスクチャックに反射型マスクを吸着保持した際の吸着力を検出する検出機構を有し、マスクチャックの移動に応じて、静電気発生手段で発生する静電気力を可変とする静電気可変手段を有することで、マスクチャック上から反射型マスクが落下する事故を防止することができる。

20

【0086】

また、マスクチャックの反射型マスクを保持する面に複数の突起部を形成し、突起部によって反射型マスクを保持することで、反射型マスクとマスクチャックの間に挟まつたごみで発生する反射型マスクの変形が防止され、転写パターンの重ね合せ精度、線幅精度が向上する。

【0087】

また、突起部によって反射型マスクが支持された際に、反射型マスクとマスクチャックの間に形成される空隙に、反射型マスクを冷却するための気体を供給する手段を有することで、冷却が困難な真空雰囲気中に置かれた反射型マスクを裏面から効果的に冷却することが可能になり、反射型マスク上に形成された回路パターンの温度による歪みを抑制することができる。

30

【0090】

また、本発明のX線投影露光装置と、反射型マスクとを用いて、マスクパターンをウエハ上に転写することで、デバイスの生産歩留りを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】X線投影露光装置の要部構成を示す側面図である。

【図2】図1に示したX線投影露光装置のマスクステージに用いられるマスク支持装置の第1実施例の構成を示す側断面図である。

【図3】マスク支持装置の第2実施例の構成を示す図であり、同図(a)は斜視図、同図(b)は側断面図である。

40

【図4】マスク支持装置の第3実施例の構成を示す側断面図である。

【図5】本発明のX線投影露光装置を使用したデバイスの製造方法の手順を示すフローチャートである。

【図6】図5に示したウエハプロセスの手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1、21、31、104 マスク

1a、21a、31a ベース

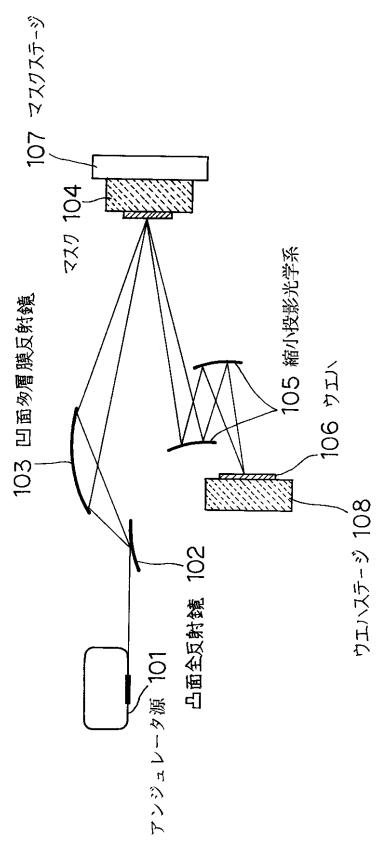
1b、21b、31b パターン領域

2、22、32 静電チャック

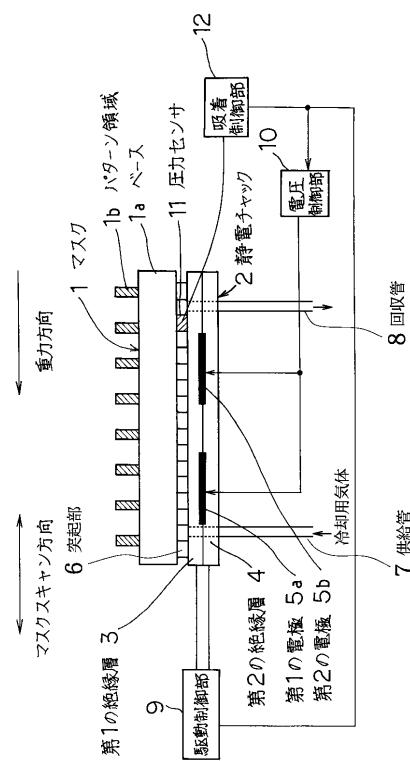
50

3、23、33	第1の絶縁層
4、24、34	第2の絶縁層
5 a	第1の電極
5 b	第2の電極
6、36	突起部
7、45	供給管
8、46	回収管
9、44	駆動制御部
10	電圧制御部
11	圧力センサ
12	吸着制御部
25、35	電極
26	アース用爪
27	電源
37	温度センサ
38	チャックベース
39	流路
41	温度制御部
42	温度調整用媒体供給装置
43	フレキシブルチューブ
101	アンジュレータ源
102	凸面全反射鏡
103	凹面多層膜反射鏡
105	縮小投影光学系
106	ウエハ
107	マスクステージ
108	ウエハステージ

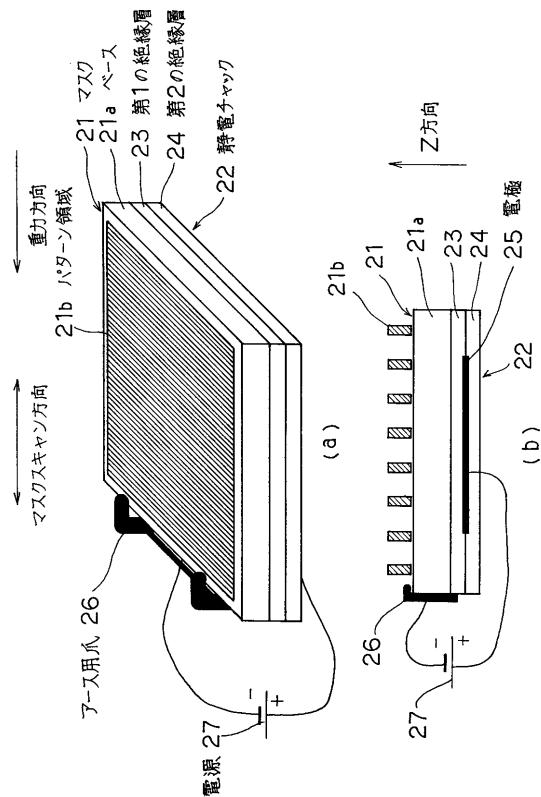
【図1】



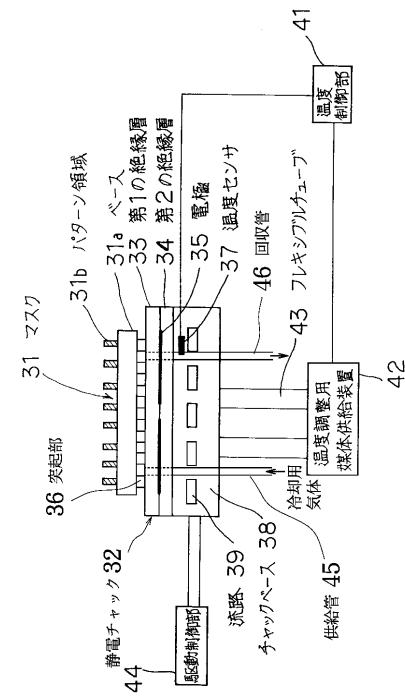
【図2】



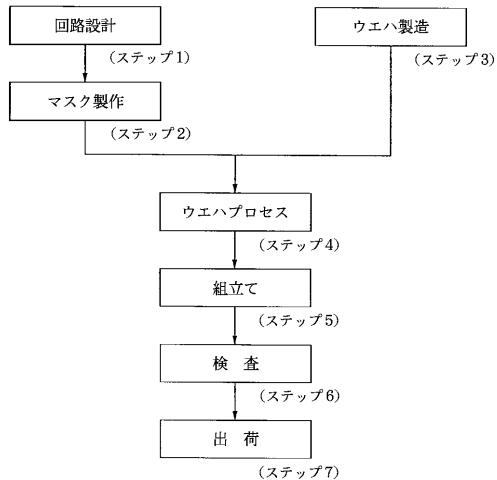
【図3】



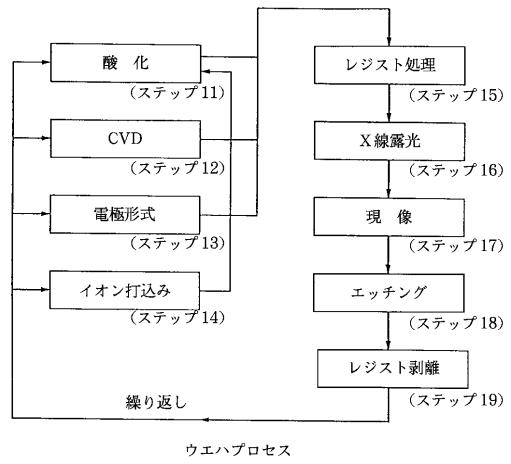
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 2 1 K 5/02

X

H 0 1 L 21/68

R

(72)発明者 塚本 雅美

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 岩本 勉

(56)参考文献 特開平07-283116 (JP, A)

特開平06-177019 (JP, A)

特開平04-264712 (JP, A)

特開昭63-150918 (JP, A)

特開昭63-194332 (JP, A)

特開平01-152639 (JP, A)

特開平07-029814 (JP, A)

特開平04-064218 (JP, A)

特開平04-186818 (JP, A)

特開平04-048636 (JP, A)

特開平09-092604 (JP, A)

特開平05-066297 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 1/14

H01L 21/683