

(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2005-136374

(P2005-136374A)

(43) 公開日 平成17年5月26日(2005.5.26)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/027
G03F 7/20

F I

H01L 21/30 516Z
G03F 7/20 501
H01L 21/30 515D

テーマコード(参考)

2H097
5F046

審査請求有 請求項の数 24 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2004-157011 (P2004-157011)
(22) 出願日 平成16年5月27日(2004.5.27)
(31) 優先権主張番号 特願2003-346938 (P2003-346938)
(32) 優先日 平成15年10月6日(2003.10.6)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地
(74) 代理人 100077931
弁理士 前田 弘
(74) 代理人 100094134
弁理士 小山 廣毅
(74) 代理人 100110939
弁理士 竹内 宏
(74) 代理人 100110940
弁理士 嶋田 高久
(74) 代理人 100113262
弁理士 竹内 祐二
(74) 代理人 100115059
弁理士 今江 克実

最終頁に続く

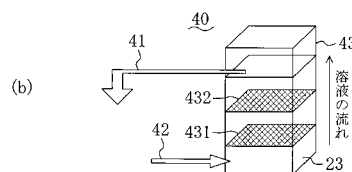
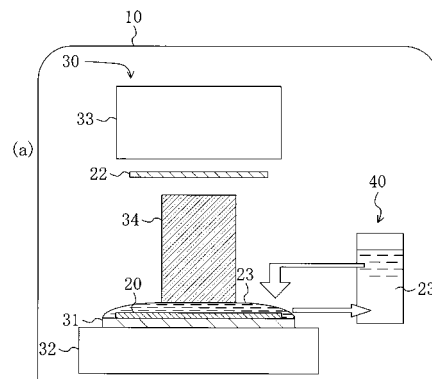
(54) 【発明の名称】 半導体製造装置及びそれを用いたパターン形成方法

(57) 【要約】

【課題】 液浸リソグラフィ法によるパターン形成を低コストで行なえるようにする。

【解決手段】 半導体製造装置は、チャンバ10内に設けられ、ウェハ20上に塗布されたレジスト膜に設計パターンを露光する露光部30と、露光時にウェハ20の上に露光光の開口数値を上げる液浸リソグラフィ用の液体23を再利用しながら供給する液体リサイクル部40とから構成されている。液体リサイクル部40は、ウェハ20上のレジスト膜の上に液体23を供給する液体供給部41と、ウェハ20上に配された液体23を排出して回収する液体排出部42と、液体23を収納し且つ回収された液体23に含まれる不純物を除去する不純物除去部43とから構成されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上にレジスト膜を形成する工程と、

前記レジスト膜の上に液体を配した状態で、前記レジスト膜に対して露光光を選択的に照射してパターン露光を行なう工程と、

パターン露光が行なわれた前記レジスト膜に対して現像を行なってレジストパターンを形成する工程とを備え、

前記パターン露光を行なう工程において、前記液体には再利用された液体を用いることを特徴とするパターン形成方法。

【請求項 2】

前記液体は、前記パターン露光を行なう工程中に再利用されることを特徴とする請求項 1 に記載のパターン形成方法。

【請求項 3】

前記液体は、前記パターン露光を行なう工程の後に回収され、次のパターン露光時に再利用されることを特徴とする請求項 1 に記載のパターン形成方法。

【請求項 4】

前記パターン露光を行なう工程は、前記液体に混入した不純物を除去する工程を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のパターン形成方法。

【請求項 5】

回収された前記液体に混入した不純物を除去する工程をさらに備えていることを特徴とする請求項 3 に記載のパターン形成方法。

【請求項 6】

前記パターン露光を行なう工程よりも前又は後に、前記液体に混入した不純物を除去する工程をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 に記載のパターン形成方法。

【請求項 7】

前記不純物を除去する工程は、前記液体をフィルタに通す工程であることを特徴とする請求項 4 ~ 6 のうちのいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 8】

前記不純物を除去する工程の後に、前記液体に含まれる不純物の組成又は量を検査する工程をさらに備えていることを特徴とする請求項 4 ~ 6 のうちのいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 9】

前記パターン露光を行なう工程の前に、前記液体に含まれる気体を除去する脱気工程をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうちのいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 10】

前記液体は、水又はパーフルオロポリエーテルであることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のうちのいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 11】

前記露光光は、KrFエキシマレーザー光、Xe₂エキシマレーザー光、ArFエキシマレーザー光、F₂レーザー光、KrArレーザー光又はAr₂レーザー光であることを特徴とする請求項 1 に記載のパターン形成方法。

【請求項 12】

基板上に形成されたレジスト膜と露光レンズとの間に液体を配して露光を行なうパターン露光部と、

前記パターン露光部に対して前記液体が流通可能に接続され、前記液体を前記パターン露光部に供給する液体供給部と、

前記パターン露光部に対して前記液体が流通可能に接続され、前記液体に含まれる不純物を除去する不純物除去部とを備え、

前記不純物除去部は、前記液体供給部に対して前記液体が流通可能に接続され、不純物

10

20

30

40

50

が除去された前記液体を前記液体供給部に移送することを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 1 3】

前記不純物除去部と前記液体供給部との間に設けられ、前記液体供給部に移送される液体に含まれる不純物の組成又は量を検査する液体検査部をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 2 に記載の半導体製造装置。

【請求項 1 4】

前記パターン露光部から前記不純物除去部に導入される液体の量を制御する第 1 の制御部をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の半導体製造装置。

【請求項 1 5】

前記液体供給部は、
前記液体に添加剤を添加する添加部と、
新たな液体、不純物が除去された液体又は調整された前記添加剤を含む液体を前記パターン露光部に供給する混合部とを有していることを特徴とする請求項 1 2 ~ 1 4 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体製造装置。

10

【請求項 1 6】

前記添加部から前記混合部に添加される前記添加剤の量を制御する第 2 の制御部をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 5 に記載の半導体製造装置。

【請求項 1 7】

前記液体供給部と前記パターン露光部との間に設けられ、前記パターン露光部に供給される液体に含まれる気体を除去する脱気部をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 2 に記載の半導体製造装置。

20

【請求項 1 8】

前記不純物除去部は、前記液体に含まれる不純物を除去するフィルタを有していることを特徴とする請求項 1 2 に記載の半導体製造装置。

【請求項 1 9】

前記不純物は、パーティクル又は化学物質であることを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の半導体製造装置。

【請求項 2 0】

前記化学物質は、アミン、酸又は低分子量ポリマーであることを特徴とする請求項 1 9 に記載の半導体製造装置。

30

【請求項 2 1】

前記パターン露光部と前記不純物除去部との間に設けられた第 1 のモニタを介して前記液体の量を制御する第 3 の制御部をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 2 に記載の半導体製造装置。

【請求項 2 2】

前記混合部に導入される前記添加剤の量及び前記新たな液体の量のうちの少なくとも一方を、前記混合部に設けられた第 2 のモニタを介して制御する第 4 の制御部をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 5 に記載の半導体製造装置。

【請求項 2 3】

前記液体は、水又はパーフルオロポリエーテルであることを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の半導体製造装置。

40

【請求項 2 4】

前記パターン露光部は、露光光に、KrF エキシマレーザ光、Xe₂ エキシマレーザ光、ArF エキシマレーザ光、F₂ レーザ光、KrAr レーザ光又は Ar₂ レーザ光を用いることを特徴とする請求項 1 2 に記載の半導体製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置の製造プロセス等において用いられる半導体製造装置及びそれを用いたパターン形成方法に関する。

50

【背景技術】

【0002】

半導体集積回路の大集積化及び半導体素子のダウンサイジングに伴って、リソグラフィ技術の開発の加速が望まれている。現在のところ、露光光としては、水銀ランプ、KrFエキシマレーザ又はArFエキシマレーザ等を用いる光リソグラフィによりパターン形成が行なわれていると共に、より短波長であるF₂レーザの使用も検討されているが、露光装置及びレジスト材料における課題が未だ多く残されているため、より短波長の露光光を用いる光リソグラフィの実用化の時期は未だ先になっている。

【0003】

このような状況から、最近従来露光光を用いてパターンの一層の微細化を進めるべく、液浸リソグラフィ（immersion lithography）法（非特許文献1を参照。）が提案されている。

【0004】

この液浸リソグラフィ法によれば、露光装置内における投影レンズとウエハ上のレジスト膜との間の領域が屈折率が n （但し、 $n > 1$ ）である液体で満たされるため、露光装置のNA（開口数）の値が $n \cdot NA$ となるので、レジスト膜の解像性が向上する。

【非特許文献1】M. Switkes and M. Rothschild, "Immersion lithography at 157 nm", J. Vac. Sci. Technol., Vol.B19, P.2353 (2001)

【特許文献1】特開2001-316863号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、従来液浸型の露光装置には、例えば、図7(a)及び図7(b)に示すように、露光部とウエハ表面との間を満たす液浸用の液体の供給方法に2つの方式がある。図7(a)に示すいわゆる水滴法を用いた露光装置においては、液体250は、ステージ100上に載置されたウエハ200と露光部101との間に、少なくとも露光時の1ショット分のウエハ表面を覆うように局所的に供給される。具体的には、液体250は、1ショットの露光直前に液体供給部110からウエハ200の表面上に供給されて露光された後、次のショットへステージ100が移動する前には液体排出部112から排出される。このように、ウエハ200がステージ100と共にスキャン方向にスライドするのに合わせて、液体250の供給及び排出が1ショットごとに繰り返される。

【0006】

これに対し、図7(b)に示すいわゆる液溜（プール）法を用いた露光装置においては、ステージ100上に載置されたウエハ200は液体250を溜めたバス120の中に浸漬されるため、ウエハ表面の全面が液体250に覆われた状態で露光が行なわれる。さらに、1ショットの露光後に次のショットにスキャン移動される際には、露光部101が液体250の液面上を滑るように移動する。

【0007】

しかしながら、前記従来液浸リソグラフィ法による露光装置は、いずれの方式であっても、ウエハ200と露光部101との間に配された液体250は露光後に捨てられる。特に、図7(a)に示す水滴法による露光装置を用いる場合は、1ショットごとに液体250の供給及び排出を高速で行なうため、大量の液体250を消費する。

【0008】

また、図7(b)に示す液溜法による露光装置を用いた場合でも、一日に何百枚ものウエハ200に対してパターン露光を行なう量産機では、液体250を定期的に交換する必要がある、やはり大量の液体250を消費する。

【0009】

従って、液体250を大量に消費することにより、露光のコストが増大し、また、該液体250を捨てる際にも廃液処理が必要となるため、ひいては半導体製造の製造コストが上昇するという問題がある。

10

20

30

40

50

【0010】

本発明は、前記従来の問題を解決し、液浸リソグラフィ法によるパターン形成を低コストで行なえるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記の目的を達成するため、本発明は、液浸リソグラフィによる半導体製造装置及びそれを用いたパターン形成方法を、レジスト膜と露光部（投影レンズ）との間に配される開口数の値を増大する液浸用の液体を再利用する構成とする。

【0012】

具体的に、本発明に係るパターン形成方法は、基板の上にレジスト膜を形成する工程と、レジスト膜の上に液体を配した状態で、レジスト膜に対して露光光を選択的に照射してパターン露光を行なう工程と、パターン露光が行なわれたレジスト膜に対して現像を行なってレジストパターンを形成する工程とを備え、パターン露光を行なう工程において、液体には再利用された液体を用いることを特徴とする。

10

【0013】

本発明のパターン形成方法によると、パターン露光を行なう工程において、レジスト膜と露光部との間に配される液体に再利用された液体を用いるため、露光工程におけるコストの増大を抑制することができる。

【0014】

本発明のパターン形成方法において、液体はパターン露光を行なう工程中に再利用されることが好ましい。

20

【0015】

また、本発明のパターン形成方法において、液体はパターン露光を行なう工程の後に回収され、次のパターン露光時に再利用されることが好ましい。

【0016】

本発明のパターン形成方法において、パターン露光を行なう工程は、液体に混入した不純物を除去する工程を含むことが好ましい。このようにすると、一度露光に用いた液体を再利用する場合でも、露光時に半導体製造装置から又はレジスト膜から混入する不純物が除去されるため、再利用される液体は、不純物の除去によって新しい液体とほぼ同等の純度に戻るため、再利用される液体を介して露光を行なっても、レジスト膜のパターン形成を確実に行なうことができる。

30

【0017】

また、本発明のパターン形成方法は、回収された液体に混入した不純物を除去する工程をさらに備えていることが好ましい。

【0018】

また、本発明のパターン形成方法は、パターン露光を行なう工程よりも前又は後に、液体に混入した不純物を除去する工程をさらに備えていることが好ましい。

【0019】

この場合に、不純物を除去する工程は、液体をフィルタに通す工程であることが好ましい。さらにフィルタにケミカルフィルタを用いると、例えば液体に該液体と接触するレジスト膜からアルカリ性又は酸性の化学物質が混入した場合であっても、化学物質を確実に除去することができる。

40

【0020】

また、本発明のパターン形成方法は、不純物を除去する工程の後に、液体に含まれる不純物の組成又は量を検査する工程をさらに備えていることが好ましい。

【0021】

また、本発明のパターン形成方法は、パターン露光を行なう工程の前に、液体に含まれる気体を除去する脱気工程をさらに備えていることが好ましい。このようにすると、液体に含まれる気体（泡）が除去されるため、液体に含まれた泡による露光光の散乱を防止することができるので、形状に優れたパターンを形成することができる。

50

【0022】

本発明に係る半導体製造装置は、基板上に形成されたレジスト膜と露光レンズとの間に液体を配して露光を行なうパターン露光部と、パターン露光部に対して液体が流通可能に接続され、液体をパターン露光部に供給する液体供給部と、パターン露光部に対して液体が流通可能に接続され、液体に含まれる不純物を除去する不純物除去部とを備え、不純物除去部は、液体供給部に対して液体が流通可能に接続され、不純物が除去された液体を液体供給部に移送することを特徴とする。

【0023】

本発明の半導体製造装置によると、液体に含まれる不純物を除去する不純物除去部は、液体供給部に対して液体が流通可能に接続され、不純物が除去された液体を液体供給部に移送するため、液浸用の液体を再利用することができるので、液浸用の液体を用いる露光工程におけるコストの増大を抑制することができる。その上、再利用される液体は、不純物除去部によって新しい液体とほぼ同等の純度に戻るため、再利用される液体を介して露光を行なっても、レジスト膜のパターン形成を確実に行なうことができる。

10

【0024】

本発明の半導体製造装置は、不純物除去部と液体供給部との間に設けられ、液体供給部に移送される液体に含まれる不純物の組成又は量を検査する液体検査部をさらに備えていることが好ましい。

【0025】

また、本発明の半導体製造装置は、パターン露光部から不純物除去部に導入される液体の量を制御する第1の制御部をさらに備えていることが好ましい。

20

【0026】

本発明の半導体製造装置において、液体供給部は、液体に添加剤を添加する添加部と、液体に添加剤を添加する添加部と、新たな液体、不純物が除去された液体又は調整された添加剤を含む液体をパターン露光部に供給する混合部とを有していることが好ましい。

【0027】

この場合に、本発明の半導体製造装置は、添加部から混合部に添加される添加剤の量を制御する第2の制御部をさらに備えていることが好ましい。

【0028】

また、本発明の半導体製造装置は、液体供給部とパターン露光部との間に設けられ、パターン露光部に供給される液体に含まれる気体を除去する脱気部をさらに備えていることが好ましい。

30

【0029】

本発明の半導体製造装置において、不純物除去部は、液体に含まれる不純物を除去するフィルタを有していることが好ましい。

【0030】

本発明の半導体製造装置において除去される不純物はパーティクル又は化学物質であることが好ましい。

【0031】

この場合に除去される化学物質は、アミン、酸又は低分子量ポリマーであることが好ましい。

40

【0032】

また、本発明の半導体製造装置は、パターン露光部と不純物除去部との間に設けられた第1のモニタを介して液体の量を制御する第3の制御部をさらに備えていることが好ましい。

【0033】

また、本発明の半導体製造装置は、混合部に導入される添加剤の量及び新たな液体の量のうちの少なくとも一方を、混合部に設けられた第2のモニタを介して制御する第4の制御部をさらに備えていることが好ましい。

【0034】

50

本発明のパターン形成方法及びその半導体製造装置において、液体には水又はパーフルオロポリエーテルを用いることができる。

【0035】

本発明のパターン形成方法及びその半導体製造装置において、露光光には、KrFエキシマレーザ光、Xe₂エキシマレーザ光、ArFエキシマレーザ光、F₂レーザ光、KrArレーザ光又はAr₂レーザ光を用いることができる。

【発明の効果】

【0036】

本発明に係る液浸リソグラフィによるパターン形成方法及び半導体製造装置によると、良好な形状を持つ微細パターンを低コストで得ることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

本発明の第1の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0038】

(半導体製造装置)

図1(a)及び図1(b)は本発明の第1の実施形態に係る液浸リソグラフィによるパターン形成方法を実現する半導体製造装置であって、(a)は半導体製造装置の要部の断面構成を模式的に示し、(b)は半導体製造装置におけるリサイクル部を模式的に示している。

【0039】

20

図1(a)に示すように、第1の実施形態に係る半導体製造装置は、チャンバ10内に設けられ、ウェハ20上に塗布されたレジスト膜(図示せず)に設計パターンを露光する露光部30と、露光時にウェハ20の上に、露光光の開口数値を上げる液浸リソグラフィ用の液体23を再利用しながら供給する液体リサイクル部40とから構成されている。

【0040】

露光部30は、ウェハ20を保持するウェハステージ31と、該ウェハステージ31を保持する定盤32と、ウェハ20の上方に設けられウェハステージ31と対向する露光光源を含む照明系33と、該照明系33とウェハステージ31との間に設けられ、レジスト膜に転写される設計パターンを有するマスク(レチクル)22を通して入射される照明系33からの露光光を液体23を介してレジスト膜に投影する投影レンズ34とにより構成される。

30

【0041】

ここで、投影レンズ34は、露光時にはウェハ20のレジスト膜上に供給された液体23の表面に接するように保持される。

【0042】

液体リサイクル部40は、図1(a)及び図1(b)に示すように、ウェハ20のレジスト膜の上に液体23を供給する液体供給部41と、露光後にレジスト膜上に配された液体23を排出して回収する液体排出部42と、回収された液体23を収納すると共に回収された液体23に含まれる不純物を除去する不純物除去部43とから構成されている。

【0043】

40

ここで、不純物除去部43には、図示はしていないが、液体23をウェハ20上に供給する供給用ポンプと、液体23をウェハ20上から回収する回収用ポンプとが設けられている。

【0044】

また、回収された液体23には、不純物として、例えばパーティクルだけでなくレジスト膜等から溶け出した化学物質も含まれており、化学物質をも除去できるように、不純物除去部43には、パーティクルを除去可能なメカニカルフィルタ(パーティクルフィルタ)431と、化学物質を除去可能なケミカルフィルタ432とを設けている。

【0045】

ここで、化学物質の具体例としては、レジスト膜及びその周辺部から溶け出すアミン類

50

、アンモニア又はヘキサメチルジシラザン等のアルカリ性の物質や、トリフルオロメタン
スルホン酸若しくはノナフルオロブタンスルホン酸等のレジスト膜に含まれる酸発生
剤に由来する酸、又は硫酸等の酸性の物質や、レジスト膜からのアウトガス等がある。

【0046】

このように、第1の実施形態によると、液浸リソグラフィに用いる液体23を回収し、
さらに、回収した液体23に含まれるパーティクルのみならず、露光時にレジスト膜から
溶け込んだアウトガス等の化学物質をも除去する液体リサイクル部40を備えているため
、例えばパーフルオロポリエーテルからなる液体23の純度を維持することができるので
、液体23を確実に再利用でき、その結果、液浸リソグラフィによる露光コストの増大を
抑えることができる。

10

【0047】

なお、ここでは、不純物を除去するフィルタとして、メカニカルフィルタ431とケミ
カルフィルタ432とを設けたが、いずれか一方でも構わない。しかしながら、液体23
の純度を高度に維持するには、両方のフィルタを設けることが好ましい。

【0048】

(半導体製造装置の一変形例)

図2に本発明の第1の実施形態に係る半導体製造装置の一変形例を示す。図2において
、図1(a)及び図1(b)に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すこと
により説明を省略する。

【0049】

図2に示すように、本変形例に係る半導体製造装置は、液浸リソグラフィ用の液体23
を再利用しながら供給する液体リサイクル部40を、チャンバ10の外部に設ける構成で
ある。このように液体リサイクル部40をチャンバ10の外部に設けると、チャンバ10
内の清浄度をより高く維持することが可能となる。

20

【0050】

(パターン形成方法)

以下、前記のように構成された半導体製造装置をパターン形成方法について図3(a)
~図3(d)及び図4(a)~図4(c)を参照しながら説明する。

【0051】

まず、以下の組成を有するポジ型の化学増幅型レジスト材料を準備する。

30

【0052】

ポリ(スチレンヘキサフルオロイソプロピルアルコール)(40mol%) - (-トリフルオ
ロメチル-t-ブチルアクリレート)(60mol%) (ベースポリマー) 2 g
トリフェニルスルフォニウムトリフレート(酸発生剤) 0.08 g
プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート(溶媒) 20 g
次に、図3(a)に示すように、ウェハ20の上に前記の化学増幅型レジスト材料を塗
布して、0.20 μmの厚さを持つレジスト膜21を形成する。

【0053】

次に、図3(b)に示すように、パーフルオロポリエーテルからなる液体23Aをレジ
スト膜21と投影レンズ34との間に配した状態で、開口数NAが0.60であるF₂レ
ーザよりなる露光光24を図示しないマスクを介してレジスト膜21に照射してパターン
露光を行なう。

40

【0054】

次に、図3(c)に示すように、パターン露光が行なわれたレジスト膜21に対して、
ホットプレートにより100の温度下で60秒間加熱した後、2.38 wt%のテトラ
メチルアンモニウムヒドロキサイド現像液(アルカリ性現像液)により現像を行なうと
、図3(d)に示すように、レジスト膜21の未露光部よりなり0.06 μmのライン幅
を有し且つ良好な形状を持つレジストパターン21aを得られる。

【0055】

次に、露光に使用された液体23Aを、例えば図1(b)に示す液体排出部42を介し

50

て不純物除去部 43 に回収し、さらに該不純物除去部 43 においてパーティクル及びレジスト膜 21 から溶け出した化学物質を除去する。

【0056】

次に図 4 (a) に示すように、次のウェハ 20 の主面上に形成されたレジスト膜 21 の上に、液体供給部 41 からリサイクルされた液体 23B を投影レンズ 34 との間に配し、開口数 NA が 0.60 である F₂ レーザよりなる露光光 24 を図示しないマスクを介してレジスト膜 21 に照射してパターン露光を行なう。

【0057】

次に、図 4 (b) に示すように、パターン露光が行なわれたレジスト膜 21 に対して、ホットプレートにより 100 の温度下で 60 秒間加熱した後、2.38 wt% のテトラメチルアンモニウムヒドロキサイド現像液により現像を行なうと、図 4 (c) に示すように、レジスト膜 21 の未露光部よりなり 0.06 μm のライン幅を有し且つ良好な形状を持つレジストパターン 21a を再現性良く得ることができる。

10

【0058】

以上説明したように、第 1 の実施形態によると、1 度目の露光後に回収された液体 23A から不純物を除去して、2 度目の露光用の液体 23B として再利用するため、液浸リソグラフィによる微細パターンを実現しながら、液浸リソグラフィ用の液体の大量消費による露光コストの増大を抑えることができる。

【0059】

なお、本実施形態において、照明系 33 に設ける光源の露光光は、F₂ レーザ光に限られず、KrF エキシマレーザ光、Xe₂ エキシマレーザ光、ArF エキシマレーザ光、KrAr レーザ光又は Ar₂ レーザ光等を適宜用いることができる。

20

【0060】

また、液浸リソグラフィ用の液体 23、23A、23b には、パーフルオロポリエーテルに代えて、水を用いることができる。

【0061】

(第 2 の実施形態)

以下、本発明の第 2 の実施形態について説明する。

【0062】

ところで、図 7 (b) に示した液溜法による従来の露光装置の場合においても、液浸用の液体 250 は前述したように定期的に交換する必要がある。それは、露光時においてウェハ 200 上に成膜されたレジスト膜は、露光領域以外の部分においても液体 250 と常に接触しており、液体 250 とレジスト膜との接触面積が大きく、また接触時間が長いためである。

30

【0063】

通常、レジストは複数の物質の混合体として構成されており、露光時にはレジストから酸が発生する。従って、液浸用の液体 250 に、レジストが容易には溶解しにくい特性を持つ液体を用いたとしても、液体 250 中にレジストから発生する酸や、レジストを構成する化合物が溶出することを完全に防ぐことは難しい。すなわち、液体 250 を複数のウェハ 200 の露光に連続して用いると、液体 250 に不純物が混入して汚染されるという問題が生じる。不純物の混入により液浸用の液体 250 の純度が低下すると、露光部 101 からの露光光が、混入した不純物によって散乱されたり、また部分的に吸収されたりする等して、ウェハ 200 の露光領域に照射される露光量のばらつきが大きくなり、その結果、精度良くパターン露光を行なうことが困難となる。

40

【0064】

そこで、液浸用の液体 250 を再利用する際には、液体 250 中に含まれた不純物及び汚染物質を除去することにより、液体 250 の当初の純度に戻す必要がある。

【0065】

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る半導体製造装置について図面を参照しながら説明する。

50

【0066】

図5は本発明の第2の実施形態に係る液浸リソグラフィを実施可能な半導体製造装置のブロック構成を示している。

【0067】

図5に示すように、第2の実施形態に係る半導体製造装置は、ウェハ上に成膜されたレジスト膜に所定のパターンを露光するパターン露光部51と、レジスト膜と投影レンズとの間に配する液浸用の液体をパターン露光部に供給する液体供給部52と、パターン露光に用いられ排出された液体を回収して液体供給部52に再度供給する液体リサイクル部54とを備えている。

【0068】

液体供給部52とパターン露光部51との間には、液体中に含まれる泡を除去する脱気部(脱泡部)55が設けられ、液体の供給量及び回収量を監視(モニタ)し、さらには液体リサイクル部54において回収された液体の純度を監視して制御する制御部56が設けられている。パターン露光部51には、露光に用いられた液体を排出可能なように、第1の排出口57が設けられている。

【0069】

ここで、図6(a)及び図6(b)に液体供給部52及び液体リサイクル部54の構成をそれぞれ示す。

【0070】

液体供給部52は、図6(a)に示すように、液体混合部521と、液体に該液体の光学的且つ電氣的な特性を調整可能な添加剤を添加する添加部522とから構成されている。液体混合部521には、供給口58からの新たな液浸用の液体と、液体リサイクル部54からの一旦露光に使用された液体とが導入されると共に、添加部522から液体の屈折率や液体の電気抵抗率を調整可能な化合物、例えば硫酸セシウム(CsSO_4)又はエチルアルコール($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)等が必要に応じて添加される。

【0071】

液体リサイクル部54は、図6(b)に示すように、パターン露光部51から回収された液体に混入した不純物を除去する不純物除去部541と、不純物が除去された液体の純度を検査する液体検査部542とから構成されている。ここで、不純物除去部541には、液体検査部542による検査の結果、再利用が不適であると判定された液体を排出する第2の排出口59が設けられている。

【0072】

以下、上記のように構成された半導体製造装置の動作について説明する。

【0073】

(1) 供給口58から液体供給部52に至る動作

まず、図6(a)に示すように、純度が高い液浸用の液体、例えば水(純水)又はパーフルオロポリエーテルを供給口58から液体供給部52の液体混合部521に導入して一時的に溜めておく。液体に添加剤を注入する必要がない場合は、供給口58から純度の高い液体が液体供給部52を通過してパターン露光部51に供給される。

【0074】

液体に添加剤を加える場合は、液体混合部521に貯留された液体に添加部522から適量の添加剤が注入される。

【0075】

ここで、図5に示す制御部56は、供給口58に設けられた第1モニタM1を介して、液体混合部521に導入される新しい液浸用の液体(純度が高い液体)の導入量を調整する。また、制御部56は、添加部522と液体混合部521との間に設けられた第2モニタM2を介して液体混合部521に貯留された液体に添加される添加剤の量を調整する。

【0076】

液体に添加剤が添加された場合には、該液体は、液体混合部521において添加剤が均一に混合された後、脱気部55を介してパターン露光部51に供給される。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

(2) 液体供給部 5 2 及び脱気部 5 5 からパターン露光部 5 1 に至る動作

図 5 に示すように、液体供給部 5 2 から供給された液体はパターン露光部 5 1 に供給される前に、脱気部 5 5 を通過する。ここで、脱気部 5 5 は、液体供給部 5 2 から供給される液体中に含まれる泡を除去する。泡の除去は、例えば、気液分離方式、窒素溶解方式又は気液分離膜方式等の公知の方法を用いる。なお、脱気部 5 5 は必ずしも設ける必要はないが、露光時に液体中に発生したり混入したりした泡を除去する上で設けることが好ましい。

【 0 0 7 8 】

液浸法による露光は、露光時に用いる液浸用の液体に多くの泡が含まれると、露光光がこれらの泡に当たって露光光が散乱される。また、泡は液体とは異なる屈性率を有するため、液体中において泡が存在する部分と存在しない部分とで光の屈折率にばらつきが生じて、パターン異常が発生する等の問題が生じる。

【 0 0 7 9 】

従って、露光前に液体が泡を含むか否かの検査を行ない、パターン露光部 5 1 に供給される液体中から可能な限り泡を除去することが望ましい。但し、ここでは、液体中の泡を完全に除去することは難しいが、泡のサイズ(径)が 0.1 μm 以上で且つ泡の個数が液体 100 ml 当たり 30 個程度以下となる所定の基準を満たすことができれば、露光時に泡により生じる問題を防止することができる。

【 0 0 8 0 】

そこで、第 2 の実施形態においては、脱気部 5 5 における流入口と排出口とにそれぞれ第 3 モニタ M 3 及び第 4 モニタ M 4 を設けておき、液体がパターン露光部 5 1 に供給される前に、制御部 5 6 により第 3 モニタ M 3 を介して泡の個数を例えばレーザスキャン法等を用いて測定する。ここでは、泡のサイズ及び量が前述した所定の基準を満たさない場合にのみ、脱気部 5 5 において該所定の基準を満たすように液体の脱気を行なう。

【 0 0 8 1 】

その後、パターン露光部 5 1 に液浸用の液体を供給する前に、再度第 4 モニタ M 4 を介して、例えばレーザスキャン法等を用いて、泡のサイズ及び個数等の泡の状態を測定する。その結果、所定の基準の範囲内であればパターン露光部 5 1 に液体を供給し、該所定の基準の範囲内でない場合には、液体を再度脱気部 5 5 に通して泡の除去を行なう。なお、第 3 モニタ M 3 及び第 4 モニタ M 4 による測定結果と、液体の流出量及び流出方向の制御とは、制御部 5 6 からの制御信号により一括して管理される。

【 0 0 8 2 】

(3) パターン露光部 5 1 から液体リサイクル部 5 4 に至る動作

図 5 に示すように、パターン露光部 5 1 において、必要な場合には脱気部 5 5 で脱気された液浸用の液体を用いてパターン露光を行なう。

【 0 0 8 3 】

パターン露光後には、液体に含まれる不純物の量に応じて、液体の一部は第 1 の排出口 5 7 から排出され、残部は液体リサイクル部 5 4 に回収される。具体的には、パターン露光部 5 1 の排出口に設けられた第 5 モニタ M 5 を介して露光後の液体に含まれる不純物の量を確認し、不純物の量が所定値を超える場合は第 1 の排出口 5 7 から排出し、所定値を超えない部分は液体リサイクル部 5 4 に移送する。制御部 5 6 は、第 5 モニタ M 5 により得られた不純物の量に関する情報を管理し、第 1 の排出口 5 7 から排出する液体の量を制御する。ここで、露光後の液体に含まれる不純物の量が所定値よりも少ない場合は、液体は第 1 の排出口 5 7 から排出されることなく液体リサイクル部 5 4 に回収される。

【 0 0 8 4 】

なお、浸漬露光の方式は、水滴法でも液溜法でもいずれでもよい。また、液溜法を用いる場合であっても、複数枚のウェハの露光後にバスに溜めた液体を液体リサイクル部 5 4 に一括して回収する方法以外にも、露光中にバスに溜めた液体をパターン露光部 5 1、液体リサイクル部 5 4 及び液体供給部 5 2 を常時循環させる方法を用いることができる。

【 0 0 8 5 】

次に、液体リサイクル部 5 4 の動作について説明する。

【 0 0 8 6 】

図 6 (b) に示すように、液体リサイクル部 5 4 に回収された液浸用の液体は、まず不純物除去部 5 4 1 において液体中に含まれる不純物が除去される。具体的には、回収された液体から、露光装置内の微量なごみであるパーティクル、露光時にレジスト膜から発生して溶け込んだアウトガス、レジスト膜から溶け出したクエンチャー等の塩基成分、さらには例えばアミン類等の流出物及び酸発生剤からの酸等の低分子量ポリマー等を除去する。

【 0 0 8 7 】

不純物の除去には、パーティクルに対しては例えば目のサイズが $0.1 \mu\text{m}$ 程度のフィルタを用いればよい。また、レジスト膜やアウトガスによる混入物に対しては、ケミカルフィルタを用いるか、又は例えばシリカゲルのようなカラムクロマトグラフィと活性炭等とを組み合わせ用いればよい。

【 0 0 8 8 】

その後、不純物が除去された液体の一部は液体検査部 5 4 2 を経ることにより、液体に当初と同程度の純度が得られているか否かを検査する。

【 0 0 8 9 】

具体的には、液浸用の液体に含まれるパーティクルの量、他の不純物の量、液体の温度、液体が持つ電気抵抗率及び屈折率等を検査し、供給口 5 8 から供給された新たな液体が有する各数値と比較する。例えば、パーティクルの量であれば、パーティクルカウンタを用いてサイズが $0.1 \mu\text{m}$ 以上のパーティクルが 100 ml 当たり 30 個以下になっていることを確認する。また、レジスト膜からの不純物の量であれば、イオンクロマトグラフィにより測定し、アミンが $1 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 以下となっていることを確認する。液体の温度であれば、室温 ($15 \sim 35$ 、例えば 23) と同程度に、例えば室温 ± 0.01 になっていることを確認する。液体の導電率に関しては、導電率計で測定し、液体の導電率が $0.06 \mu\text{S} / \text{cm}$ 以下となっていることを確認する。

【 0 0 9 0 】

不純物除去部 5 4 1 と第 2 の排出口 5 9 との間には、第 6 モニタ M 6 と第 7 モニタ M 7 とが設けられており、露光に用いた液体を検査した結果、該液体の純度が十分に回復されておらず、不純物除去部 5 4 1 を再度通しても純度が所定値にまで回復しないとことが、第 6 モニタ M 6 を介して判定された場合には、純度が回復しないと判定された液体は第 2 の排出口 5 9 から排出される。

【 0 0 9 1 】

これとは逆に、第 6 モニタ M 6 を介して再利用が可能と判定された場合には、液体は再度、第 7 モニタ M 7 を介して、新たな液体と同程度の純度を得られているか否かが確認される。このとき、液体の純度が不十分であると判定された場合には、液体を再度不純物除去部 5 4 1 に戻し、該不純物除去部 5 4 1 で不純物の除去を行なう。なお、制御部 5 6 は、第 6 モニタ M 6 及び第 7 モニタ M 7 からの不純物の検査情報を受け、第 2 の排出口 5 9 から排出する液量、不純物除去部 5 4 1 に戻す液量及び液体供給部 5 2 に送る液量等を制御する。

【 0 0 9 2 】

その後、不純物除去部 5 4 1 と液体検査部 5 4 2 との循環サイクルを通り、新たな液体と同程度の純度を得られていることが確認された後に、純度が確認された液体は液体リサイクル部 5 4 から液体供給部 5 2 に移送される。

【 0 0 9 3 】

(4) 液体リサイクル部 5 4 から液体供給部 5 2 に至る動作

図 5 に示すように、液体リサイクル部 5 4 から液体供給部 5 2 に移送された液浸用の液体は、液体リサイクル部 5 4 と液体供給部 5 2 との間に設けられた第 8 モニタ M 8 を介して液量が確認される。液体リサイクル部 5 4 から液体供給部 5 2 に移送される液量の情報

10

20

30

40

50

は、制御部 5 6 で管理され、再利用される液量に応じて、供給口 5 8 から新たに供給する液量が決定される。その後は、図 6 (a) により説明したように、制御部 5 6 により、新たに供給される液量と液体リサイクル部 5 4 から供給される液量と、さらには屈折率等を調節するための添加剤の量とが決定され、パターン露光部 5 1 へ供給するのに必要な液量と液質とが制御される。

【 0 0 9 4 】

以上説明したように、第 2 の実施形態によると、パターン露光部 5 1 に対して液浸用の液体が流通可能に接続されており、露光に用いられた液体を回収し、回収した液体に含まれる不純物を除去可能な液体リサイクル部 5 4 は、パターン露光部 5 1 に液浸用の液体を供給する液体供給部 5 2 に対しても流通可能に接続されている。これにより、一旦露光に供された液浸用の液体を液体供給部 5 2 に移送することができ、該液体を再利用することができるため、液体を用いた半導体製造装置におけるコストの増大を抑制することができる。

10

【 0 0 9 5 】

その上、再利用される液浸用の液体は、液体リサイクル部 5 4 を構成する不純物除去部 5 4 1 によって新たな液体とほぼ同等の純度に回復するため、再利用される液体を用いて露光を行なったとしても、レジスト膜のパターン形成を良好に行なうことができる。

【 0 0 9 6 】

なお、第 2 の実施形態においては、液浸用の液体をウェハ上に配する方法は、水滴法か液溜法かは問われない。

20

【 0 0 9 7 】

また、第 2 の実施形態に係る半導体製造装置には、第 1 モニタ M 1 から第 8 モニタ M 8 まで 8 つのモニタを設けているが、必ずしも 8 つのモニタのすべてを設ける必要はなく、適宜選択して設けてもよい。

【 0 0 9 8 】

また、露光用の光源には、F₂ レーザ光、KrF エキシマレーザ光、Xe₂ エキシマレーザ光、ArF エキシマレーザ光、KrAr レーザ光又は Ar₂ レーザ光等を適宜用いることができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 9 】

本発明は、液浸リソグラフィ法による良好な形状を持つ微細パターンを低コストで実現できるという効果を有し、半導体装置の製造プロセス等において用いられる半導体製造装置及びそれを用いたパターン形成方法等として有用である。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 0 0 】

【 図 1 】 (a) 及び (b) は本発明の第 1 の実施形態に係る液浸リソグラフィによるパターン形成方法を行なう半導体製造装置を示し、(a) は半導体製造装置の要部を示す模式的な構成断面図であり、(b) は半導体製造装置における液体リサイクル部を示す模式的な斜視図である。

【 図 2 】 本発明の実施形態の一変形例に係る半導体製造装置の要部を示す模式的な構成断面図である。

40

【 図 3 】 (a) ~ (d) は本発明の第 1 の実施形態に係るパターン形成方法の 1 度目の露光工程含む各工程を示す断面図である。

【 図 4 】 (a) ~ (c) は本発明の第 1 の実施形態に係るパターン形成方法の 2 度目の露光工程を含む各工程を示す断面図である。

【 図 5 】 本発明の第 2 の実施形態に係る液浸リソグラフィに用いる半導体製造装置を示すブロック構成図である。

【 図 6 】 (a) は本発明の第 2 の実施形態に係る半導体製造装置の液体供給部を示すブロック図である。(b) は本発明の第 2 の実施形態に係る半導体製造装置の液体リサイクル部を示すブロック図である。

50

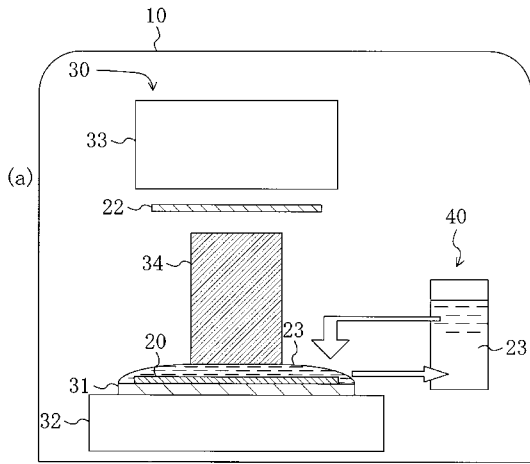
【図7】(a)は従来の水滴法による液浸リソグラフィに用いる半導体製造装置の要部を示す構成断面図である。(b)は従来の滴溜法による液浸リソグラフィに用いる半導体製造装置の要部を示す構成断面図である。

【符号の説明】

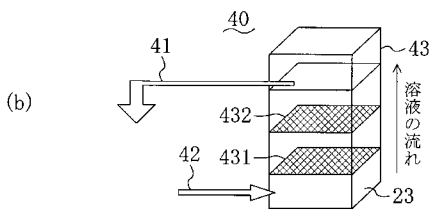
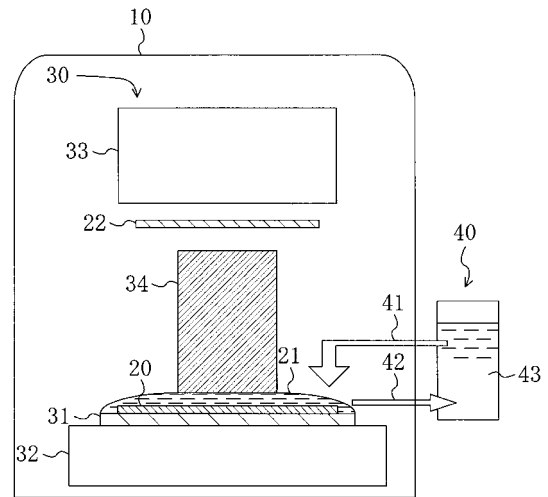
【0101】

10	チャンバ	
20	ウェハ	
21	レジスト膜	
21a	レジストパターン	
22	マスク	10
23	液体	
23A	液体(1度目)	
23B	液体(2度目)	
30	露光部	
31	ウェハステージ	
32	定盤	
33	照明系	
34	投影レンズ	
40	液体リサイクル部	
41	液体供給部	20
42	液体排出部	
43	不純物除去部	
431	メカニカルフィルタ(不純物除去手段)	
432	ケミカルフィルタ(不純物除去手段)	
51	パターン露光部	
52	液体供給部	
521	液体混合部	
522	添加部	
54	液体リサイクル部	
541	不純物除去部	30
542	液体検査部	
55	脱気部	
56	制御部	
57	第1の排出口	
58	供給口	
59	第2の排出口	
M1	第1モニタ	
M2	第2モニタ	
M3	第3モニタ	
M4	第4モニタ	40
M5	第5モニタ	
M6	第6モニタ	
M7	第7モニタ	
M8	第8モニタ	

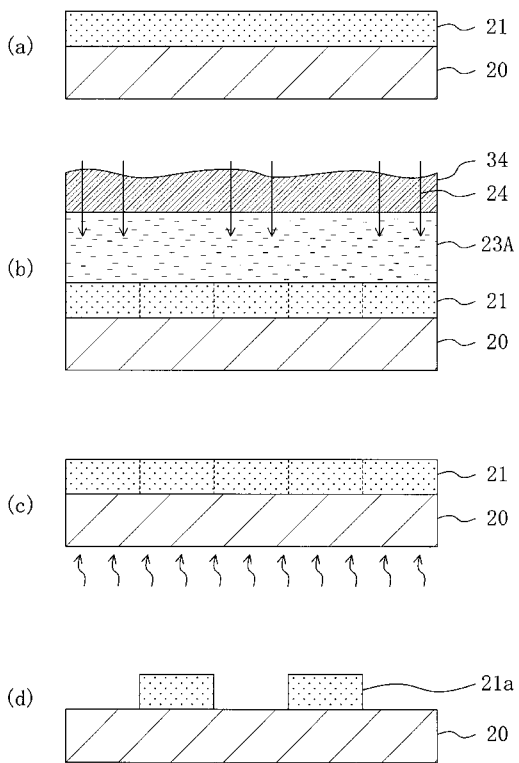
【 図 1 】



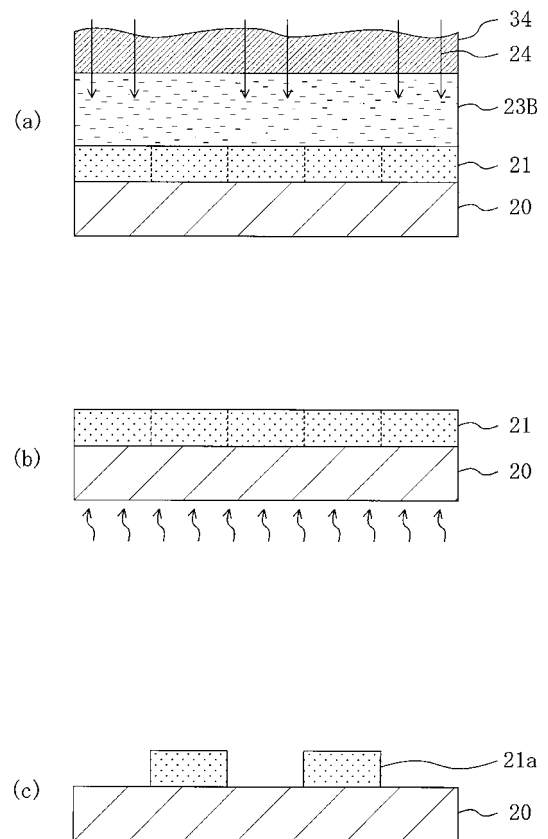
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100115691
弁理士 藤田 篤史
- (74)代理人 100117581
弁理士 二宮 克也
- (74)代理人 100117710
弁理士 原田 智雄
- (74)代理人 100121728
弁理士 井関 勝守
- (72)発明者 遠藤 政孝
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 笹子 勝
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- Fターム(参考) 2H097 BB10 EA01 LA10
5F046 CB01 CB25 DA30