

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6726558号
(P6726558)

(45) 発行日 令和2年7月22日 (2020.7.22)

(24) 登録日 令和2年7月1日 (2020.7.1)

(51) Int. Cl.

F I

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 7/20 501

G03F 7/38 (2006.01)

G03F 7/38 511

H01L 21/027 (2006.01)

H01L 21/30 568

G03F 7/40 (2006.01)

H01L 21/30 569F

G03F 7/039 (2006.01)

G03F 7/40

請求項の数 6 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-152862 (P2016-152862)

(22) 出願日 平成28年8月3日 (2016.8.3)

(65) 公開番号 特開2018-22032 (P2018-22032A)

(43) 公開日 平成30年2月8日 (2018.2.8)

審査請求日 令和1年6月11日 (2019.6.11)

(73) 特許権者 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂五丁目3番1号

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹

(74) 代理人 100113435

弁理士 黒木 義樹

(74) 代理人 100122507

弁理士 柏岡 潤二

(74) 代理人 100171099

弁理士 松尾 茂樹

(72) 発明者 白石 豪介

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i

zタワー 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理方法、基板処理装置及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一露光処理によって光増感剤を発生させる第一成分と、前記光増感剤からのエネルギーの供給に応じて酸を発生させる第二成分とを含む被膜を基板の表面に形成する被膜形成処理と、

前記第一露光処理にて発生した前記光増感剤から前記第二成分に前記エネルギーを供給して酸を発生させるように、前記光増感剤を励起するための光を前記被膜に照射する第二露光処理と、

前記第二露光処理にて発生した酸による触媒反応を促進するように前記被膜を加熱する第一加熱処理と、

前記第一加熱処理における前記触媒反応が生じた箇所を溶解させる第一現像液を前記被膜に供給する第一現像処理と、

前記第一現像処理の後に、前記被膜内に残留した前記光増感剤から前記第二成分に前記エネルギーを供給して酸を発生させるように、前記光増感剤を励起するための光を前記被膜に照射する第三露光処理と、

前記第三露光処理にて発生した酸による前記触媒反応を促進するように前記被膜を加熱する第二加熱処理と、

前記第二加熱処理における前記触媒反応が生じていない箇所を溶解させる第二現像液を前記被膜に供給する第二現像処理と、を含む基板処理方法。

【請求項2】

前記第二加熱処理では、前記第一加熱処理に比較して低い温度にて前記被膜を加熱する、請求項 1 記載の基板処理方法。

【請求項 3】

前記第一現像液はアルカリ現像液であり、前記第二現像液は有機現像液である、請求項 1 又は 2 記載の基板処理方法。

【請求項 4】

前記光増感剤はカルボニル化合物を含有する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項記載の基板処理方法。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の基板処理方法を実行するための装置であって、
前記被膜を前記基板の表面に形成する被膜形成部と、
前記光増感剤を励起するための光を前記被膜に照射する光照射部と、
前記被膜を加熱する加熱部と、
前記被膜に前記第一現像液を供給する第一現像液供給部と、
前記被膜に前記第二現像液を供給する第二現像液供給部と、を備える基板処理装置。

10

【請求項 6】

請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の基板処理方法を装置に実行させるためのプログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本開示は、基板処理方法、基板処理装置及び記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、シリコンウェハ上にレジスト膜を形成した後、レジスト膜に所望パターンを露光し、次いでレジスト膜がポジパターンを得るようなアルカリ現像液を用いて現像し、次いでレジスト膜がネガパターンを得るような有機溶剤を用いて現像するレジストパターン形成方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0003】

【特許文献 1】特開 2000 - 199953 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示は、フォトリソグラフィーによるパターンの微細化に有効な基板処理方法、基板処理装置及び記録媒体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示に係る基板処理方法は、第一露光処理によって光増感剤を発生させる第一成分と、光増感剤からのエネルギーの供給に応じて酸を発生させる第二成分とを含む被膜を基板の表面に形成する被膜形成処理と、第一露光処理にて発生した光増感剤から第二成分にエネルギーを供給して酸を発生させるように、光増感剤を励起するための光を被膜に照射する第二露光処理と、第二露光処理にて発生した酸による触媒反応を促進するように被膜を加熱する第一加熱処理と、第一加熱処理における触媒反応が生じた箇所を溶解させる第一現像液を被膜に供給する第一現像処理と、第一現像処理の後に、被膜内に残留した光増感剤から第二成分にエネルギーを供給して酸を発生させるように、光増感剤を励起するための光を被膜に照射する第三露光処理と、第三露光処理にて発生した酸による触媒反応を促進するように被膜を加熱する第二加熱処理と、第二加熱処理における触媒反応が生じていない箇所を溶解させる第二現像液を被膜に供給する第二現像処理と、を含む。

40

50

【 0 0 0 6 】

この基板処理方法によれば、酸による触媒反応（以下、「酸触媒反応」という。）が生じた箇所を溶解させる第一現像処理を行うことで得られたパターン（以下、「第一パターン」という。）に対し、酸触媒反応が生じていない箇所を溶解させる第二現像処理を更に行うことで、第一パターンを更に細分化したパターン（以下、「第二パターン」という。）が得られる。

【 0 0 0 7 】

第一現像処理は、第二露光処理及び第一加熱処理の後に行われる。第二露光処理では、第一露光処理において露光された領域（以下、「第一領域」という。）の光増感剤が励起され、励起された光増感剤から第二成分にエネルギーが供給されることで、第一領域の酸が増殖する。第一加熱処理では、酸触媒反応が加熱によって促進される。第二露光処理により第一領域の酸が増殖しているため、第一加熱処理においては酸触媒反応が効率よく進行する。このため、被膜の過剰な加熱による溶解を抑制しつつ、酸触媒反応を促進することができる。酸触媒反応の促進により、第一領域とその他の領域とで、第一現像液に対する溶解性の差異が顕著になるため、第一パターンを高い信頼性で形成できる。

10

【 0 0 0 8 】

第二現像処理は、第三露光処理及び第二加熱処理の後に行われる。第三露光処理では、第一パターンのうち光増感剤が残留している領域（以下、「第二領域」という。）の酸が増殖する。第二加熱処理では、酸触媒反応が加熱によって促進される。第三露光処理により第二領域の酸が増殖しているため、第二加熱処理においても酸触媒反応が効率よく進行する。このため、被膜の過剰な加熱による溶解を抑制しつつ、酸触媒反応を促進することができる。酸触媒反応の促進により、第二領域とその他の領域とで、第二現像液に対する溶解性の差異が顕著になるため、第二パターンも高い信頼性で形成できる。

20

【 0 0 0 9 】

従って、フォトリソグラフィーによるパターンの微細化に有効である。

【 0 0 1 0 】

第二加熱処理では、第一加熱処理に比較して低い温度にて被膜を加熱してもよい。この場合、第二加熱処理における被膜の過剰な加熱が更に抑制されるため、第二パターンを更に高い信頼性で形成できる。

【 0 0 1 1 】

第一現像液はアルカリ現像液であり、第二現像液は有機現像液であってもよい。光増感剤はカルボニル化合物を含有してもよい。

30

【 0 0 1 2 】

本開示に係る基板処理装置は、上記基板処理方法を実行するための装置であって、被膜を基板の表面に形成する被膜形成部と、光増感剤を励起するための光を被膜に照射する光照射部と、被膜を加熱する加熱部と、被膜に第一現像液を供給する第一現像液供給部と、被膜に第二現像液を供給する第二現像液供給部と、を備える。

【 0 0 1 3 】

本開示に係る記録媒体は、上記基板処理方法を装置に実行させるためのプログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

本開示によれば、フォトリソグラフィーによるパターンの微細化に有効な基板処理方法、基板処理装置及び記録媒体を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 基板処理システムの斜視図である。

【 図 2 】 図 1 中の I I - I I 線に沿う断面図である。

【 図 3 】 図 2 中の I I I - I I I 線に沿う断面図である。

【 図 4 】 現像ユニットの模式図である。

50

【図５】フラッド露光ユニットの模式図である。

【図６】コントローラの機能的な構成を示すブロック図である。

【図７】コントローラのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図８】基板処理手順を示すフローチャートである。

【図９】基板処理手順におけるウェハの状態を示す模式図である。

【図１０】基板処理手順におけるウェハの状態を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

以下、実施形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

10

【００１７】

〔基板処理システム〕

基板処理システム１は、基板に対し、被膜の形成、当該被膜の露光、及び当該被膜の現像を施すシステムである。処理対象の基板は、例えば半導体のウェハＷである。被膜は、例えば感光性のレジスト膜を含む。

【００１８】

基板処理システム１は、塗布・現像装置２と露光装置３とを備える。露光装置３は、ウェハＷの表面に形成されたレジスト膜の露光処理を行う。具体的には、液浸露光等の方法によりレジスト膜の露光対象部分にエネルギー線を照射する。塗布・現像装置２は、露光装置３による露光処理の前に、ウェハＷの表面にレジスト膜を形成する処理を行い、露光処理後にレジスト膜の現像処理を行う。

20

【００１９】

（塗布・現像装置）

以下、基板処理装置の一例として、塗布・現像装置２の構成を説明する。図１～図３に示すように、塗布・現像装置２は、キャリアブロック４と、処理ブロック５と、インタフェースブロック６と、コントローラ１００とを備える。

【００２０】

キャリアブロック４は、塗布・現像装置２内へのウェハＷの導入及び塗布・現像装置２内からのウェハＷの導出を行う。例えばキャリアブロック４は、ウェハＷ用の複数のキャリア１１を支持可能であり、受け渡しアームＡ１を内蔵している。キャリア１１は、例えば円形の複数枚のウェハＷを収容する。受け渡しアームＡ１は、キャリア１１からウェハＷを取り出して処理ブロック５に渡し、処理ブロック５からウェハＷを受け取ってキャリア１１内に戻す。

30

【００２１】

処理ブロック５は、複数の処理モジュール１４，１５，１６，１７を有する。図２及び図３に示すように、処理モジュール１４，１５，１６，１７は、複数の液処理ユニットＵ１と、複数の熱処理ユニットＵ２と、これらのユニットにウェハＷを搬送する搬送アームＡ３とを内蔵している。液処理ユニットＵ１は、処理液をウェハＷの表面に塗布する。熱処理ユニットＵ２は、例えば熱板及び冷却板を内蔵しており、熱板によりウェハＷを加熱し、加熱後のウェハＷを冷却板により冷却して熱処理を行う。

40

【００２２】

処理モジュール１４，１５，１６（被膜形成部）は、ウェハＷの表面Ｗａに上記被膜を形成する。被膜は、ウェハＷの表面Ｗａ上に形成される下層膜と、下層膜上に形成される感光性のレジスト膜と、レジスト膜上に形成される上層膜とを含む。なお、被膜は少なくともレジスト膜を含んでいればよいので、例えば被膜は下層膜を含んでいなくてもよく、上層膜を含んでいなくてもよく、下層膜及び上層膜の両方を含んでいなくてもよい。

【００２３】

処理モジュール１４は、液処理ユニットＵ１及び熱処理ユニットＵ２によりウェハＷの表面上に下層膜を形成する。処理モジュール１４の液処理ユニットＵ１は、下層膜形成用の処理液をウェハＷ上に塗布する。処理モジュール１４の熱処理ユニットＵ２は、下層膜

50

の形成に伴う各種熱処理を行う。

【0024】

処理モジュール15は、液処理ユニットU1及び熱処理ユニットU2により下層膜上にレジスト膜を形成する。

【0025】

レジスト膜は、ベース材料と、露光装置3における露光処理（第一露光処理）によって光増感剤を発生させる第一成分と、光増感剤からのエネルギーの供給に応じて酸を発生させる第二成分とを含む。露光装置3における露光処理によって発生する光増感剤は、カルボニル化合物を含有してもよい。

【0026】

ベース材料の具体例としては、重量平均分子量が1000～200000である高分子化合物であって、酸触媒反応により、後述の現像液に対して可溶又は不溶となるものが挙げられる。ベース材料の重量平均分子量は、2000～50000であってもよく、2000～20000であってもよい。

【0027】

例えばベース材料は、極性基（例えば、酸性官能基）が酸不安定基で保護された高分子化合物である。このような高分子化合物は有機現像液に可溶であるが、アルカリ現像液には不溶又は難溶である。上記極性基が酸不安定基で保護された高分子化合物は、酸による触媒反応（以下、「酸触媒反応」ともいう。）によって酸不安定基が外れ（脱保護）、極性が付与され、アルカリ現像液に可溶であるが、有機現像液に不溶又は難溶となる。この場合、レジスト膜のうち酸触媒反応が生じていない部分は有機現像液により除去可能となり、酸触媒反応が生じた部分はアルカリ現像液により除去可能となる。すなわち、このような高分子化合物をベース材料として含むレジスト膜を有機現像液にて現像する場合、当該レジスト膜はネガ型レジストとして働き、当該レジスト膜をアルカリ現像液にて現像する場合、当該レジスト材料はポジ型レジスト材料として働く。

【0028】

ベース材料のより具体的な例としては、フェノール樹脂、（メタ）アクリル樹脂、ポリビニルアセタール樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリアミド樹脂、エポキシ樹脂、スチレン系樹脂、及びポリエステル樹脂等が挙げられる。高分子化合物は、フェノール樹脂、（メタ）アクリル樹脂、又はスチレン系樹脂であってもよく、（メタ）アクリル樹脂であってもよい。

【0029】

第一成分の具体例としては、光増感剤前駆体が挙げられる。光増感剤前駆体は、露光装置3における露光処理によって光増感剤となる。例えば、光増感剤前駆体は、電離放射線又は400nm以下の波長を有する非電離放射線の照射によって光増感剤となる。光増感剤前駆体は、250nm以下の波長を有する非電離放射線の照射によって光増感剤となるものであってもよく、200nm以下の波長を有する非電離放射線の照射によって光増感剤となるものであってもよい。

【0030】

光増感剤は、200nmを超える波長を有する非電離放射線によって励起されるものであってもよく、250nmを超える波長を有する非電離放射線によって励起されるものであってもよい。光増感剤を励起するための非電離放射線の波長は、光増感剤前駆体を光増感剤に変化させるための非電離放射線の波長に比較して長くてもよい。

【0031】

光増感剤前駆体は、カルボニル基を有する化合物（カルボニル化合物）を含有する光増感剤となるものであってもよい。カルボニル化合物としてはアルデヒド及びケトン等が挙げられる。

【0032】

光増感剤前駆体のより具体的な例としては、アルコール化合物が挙げられる。光増感剤前駆体は、第2級アルコール化合物であってもよい。なお、アルコール化合物は、アルコ

10

20

30

40

50

ール性水酸基を有している化合物のみを指すものではなく、アルコール性水酸基の水素原子が置換されたケタール化合物及びアセタール化合物等であってもよい。

【0033】

第二成分の具体例としては、酸発生剤が挙げられる。酸発生剤は、電離放射線又は400nm以下の波長を有する非電離放射線の照射によって酸を発生する。酸発生剤は、250nm以下の波長を有する非電離放射線の照射によって酸を発生するものであってもよく、200nm以下の波長を有する非電離放射線の照射によって酸を発生するものであってもよい。

【0034】

酸発生剤は、励起された光増感剤からのエネルギーの供給によっても酸を発生する。

10

【0035】

酸発生剤のより具体的な例としては、オニウム塩化合物、ジアゾメタン化合物、及びスルホンイミド化合物等が挙げられる。また、オニウム塩化合物としては、例えば、スルホニウム塩化合物、テトラヒドロチオフェニウム塩化合物、及びヨードニウム塩化合物等が挙げられる。酸発生剤は、スルホニウム塩化合物、ヨードニウム塩化合物、スルホニルジアゾメタン、N-スルホニルオキシイミド、及びオキシム-O-スルホネート型酸発生剤からなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよく、スルホニウム塩化合物及びヨードニウム塩化合物からなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよく、ヨードニウム塩化合物を含んでいてもよい。

【0036】

20

処理モジュール15の液処理ユニットU1は、レジスト膜形成用の処理液を下層膜の上に塗布する。処理モジュール15の熱処理ユニットU2は、レジスト膜の形成に伴う各種熱処理を行う。

【0037】

処理モジュール16は、液処理ユニットU1及び熱処理ユニットU2によりレジスト膜上に上層膜を形成する。処理モジュール16の液処理ユニットU1は、上層膜形成用の処理液をレジスト膜の上に塗布する。処理モジュール16の熱処理ユニットU2は、上層膜の形成に伴う各種熱処理を行う。

【0038】

処理モジュール17は、液処理ユニットU1及び熱処理ユニットU2により、露光後のレジスト膜の現像処理を行う。処理モジュール17の液処理ユニットU1は、露光済みのウェハWの表面上に現像液を塗布した後、これをリンス液により洗い流すことで、レジスト膜の現像処理を行う。処理モジュール17の熱処理ユニットU2（加熱部）は、現像処理に伴う各種熱処理を行う。例えば処理モジュール17の熱処理ユニットU2は、上記被膜を加熱する。加熱処理の具体例としては、現像処理前の加熱処理（PEB：Post Exposure Bake）、現像処理後の加熱処理（PB：Post Bake）等が挙げられる。

30

【0039】

処理モジュール17は、液処理ユニットU1及び熱処理ユニットU2に加え、光照射ユニットU3（光照射部）及び直接搬送アームA6とを更に内蔵している。光照射ユニットU3は、上記光増感剤を励起するための光（以下、「励起光」という。）を被膜に照射する。直接搬送アームA6は、液処理ユニットU1、熱処理ユニットU2及び光照射ユニットU3を経ずにウェハWを搬送する。

40

【0040】

処理ブロック5内におけるキャリアブロック4側には棚ユニットU10が設けられている。棚ユニットU10は、上下方向に並ぶ複数のセルに区画されている。棚ユニットU10の近傍には昇降アームA7が設けられている。昇降アームA7は、棚ユニットU10のセル同士の間でウェハWを昇降させる。

【0041】

処理ブロック5内におけるインタフェースブロック6側には棚ユニットU11が設けら

50

れている。棚ユニットU 1 1 は、上下方向に並ぶ複数のセルに区画されている。

【 0 0 4 2 】

インタフェースブロック 6 は、露光装置 3 との間でウェハ W の受け渡しを行う。例えばインタフェースブロック 6 は、受け渡しアーム A 8 を内蔵しており、露光装置 3 に接続される。受け渡しアーム A 8 は、棚ユニット U 1 1 に配置されたウェハ W を露光装置 3 に渡し、露光装置 3 からウェハ W を受け取って棚ユニット U 1 1 に戻す。

【 0 0 4 3 】

(現像ユニット)

続いて、処理モジュール 1 7 の液処理ユニット U 1 について詳細に説明する。処理モジュール 1 5 の液処理ユニット U 1 は、図 4 に示す現像ユニット 2 0 を含む。現像ユニット 2 0 は、回転保持部 3 0 と、現像液供給部 4 0 (第一現像液供給部) と、現像液供給部 5 0 (第二現像液供給部) と、リンス液供給部 6 0 とを備える。

10

【 0 0 4 4 】

回転保持部 3 0 は、ウェハ W を保持して回転させる。回転保持部 3 0 は、例えば保持部 3 1 と回転駆動部 3 2 とを有する。保持部 3 1 は、表面 W a を上にして水平に配置されたウェハ W の中心部を支持し、当該ウェハ W を例えば真空吸着等により保持する。回転駆動部 3 2 は、例えば電動モータ等を動力源としたアクチュエータであり、鉛直な軸線まわりに保持部 3 1 を回転させる。これにより、ウェハ W も回転する。回転保持部 3 0 をウェハ W により回転させ、遠心力を生じさせることにより、後述の第一現像液、第二現像液又はリンス液を表面 W a の中心側から外周側に塗り広げることが可能である。

20

【 0 0 4 5 】

現像液供給部 4 0 は、表面 W a 上の被膜に第一現像液を供給する。第一現像液は、被膜のうち上記酸触媒反応が生じた箇所を溶解させる。第一現像液の具体例としては、アルカリ現像液が挙げられる。なお、「酸触媒反応が生じた」とは、第一現像液への溶解性に実質的な影響を及ぼす程度に酸触媒反応が生じたことを意味する。

【 0 0 4 6 】

例えば現像液供給部 4 0 は、ノズル 4 1 と、供給源 4 2 と、ノズル移動機構 4 3 とを有する。ノズル 4 1 は、ウェハ W の表面 W a に第一現像液を吐出する。例えばノズル 4 1 は、ウェハ W の上方に配置され、第一現像液を下方に吐出する。供給源 4 2 は、例えばポンプ等 (不図示) により、ノズル 4 1 に第一現像液を供給する。ノズル移動機構 4 3 は、ウェハ W の上方の吐出位置と、ウェハ W の上方から外れた退避位置との間でノズル 4 1 を移動させる。吐出位置は、例えばウェハ W の回転中心の鉛直上方である。

30

【 0 0 4 7 】

現像液供給部 5 0 は、表面 W a 上の被膜に第二現像液を供給する。第二現像液は、被膜のうち上記酸触媒反応が生じていない箇所を溶解させる。第二現像液の具体例としては、有機現像液が挙げられる。なお、「酸触媒反応が生じていない」とは、第二現像液への溶解性に実質的な影響を及ぼさない程度に僅かな酸触媒反応が生じている場合を含む。

【 0 0 4 8 】

例えば現像液供給部 5 0 は、ノズル 5 1 と、供給源 5 2 と、ノズル移動機構 5 3 とを有する。ノズル 5 1 は、ウェハ W の表面 W a に第二現像液を吐出する。例えばノズル 5 1 は、ウェハ W の上方に配置され、第二現像液を下方に吐出する。供給源 5 2 は、例えばポンプ等 (不図示) により、ノズル 5 1 に第二現像液を供給する。ノズル移動機構 5 3 は、ウェハ W の上方の吐出位置と、ウェハ W の上方から外れた退避位置との間でノズル 5 1 を移動させる。吐出位置は、例えばウェハ W の回転中心の鉛直上方である。

40

【 0 0 4 9 】

リンス液供給部 6 0 は、表面 W a 上の被膜にリンス液を供給する。リンス液は、現像液 (第一現像液又は第二現像液) と、被膜のうち現像液により溶解した部分とを洗い流す。リンス液の具体例としては、純水が挙げられる。リンス液は界面活性剤を含有していてもよい。

【 0 0 5 0 】

50

例えばリンス液供給部 60 は、ノズル 61 と、供給源 62 と、ノズル移動機構 63 とを有する。ノズル 61 は、ウェハ W の表面 Wa にリンス液を吐出する。例えばノズル 61 は、ウェハ W の上方に配置され、リンス液を下方に吐出する。供給源 62 は、例えばポンプ等（不図示）により、ノズル 61 にリンス液を供給する。ノズル移動機構 63 は、ウェハ W の上方の吐出位置と、ウェハ W の上方から外れた退避位置との間でノズル 61 を移動させる。吐出位置は、例えばウェハ W の回転中心の鉛直上方である。

【0051】

（光照射ユニット）

続いて、処理モジュール 17 の光照射ユニット U3 について詳細に説明する。光照射ユニット U3 は、図 5 に示すフラッド露光ユニット 70 を含む。フラッド露光ユニット 70 は、支持台 71 と光源 72 とを有する。

10

【0052】

支持台 71 は、表面 Wa が上方に面した状態でウェハ W を支持する。光源 72 は、支持台 71 により支持された表面 Wa に対し、上記励起光を照射する。上記励起光は、例えば 200 nm を超える波長を有する非電離放射線であり、250 nm を超える波長を有する非電離放射線であってもよい。例えば光源 72 は、波長が 365 nm の紫外線を照射する UV-LED を含んでいてもよい。

【0053】

（コントローラ）

コントローラ 100 は、キャリアブロック 4、処理ブロック 5 及びインタフェースブロック 6 を制御する。コントローラ 100 は、上記被膜をウェハ W の表面 Wa に形成する被膜形成処理を実行するように処理モジュール 14、15、16 を制御することと、第一露光処理（露光装置 3 における露光処理）により発生した光増感剤から第二成分にエネルギーを供給して酸を発生させるように、光増感剤を励起するための光を被膜に照射する第二露光処理を実行するように処理モジュール 17 の光照射ユニット U3 を制御することと、第二露光処理により発生した酸による触媒反応を促進するように被膜を加熱する第一加熱処理を実行するように処理モジュール 17 の熱処理ユニット U2 を制御することと、第一現像液を被膜に供給する第一現像処理を実行するように処理モジュール 17 の液処理ユニット U1 を制御することと、第一現像処理の後に、被膜内に残留した光増感剤から第二成分にエネルギーを供給して酸を発生させるように、光増感剤を励起するための光を被膜に照射する第三露光処理を実行するように処理モジュール 17 の光照射ユニット U3 を制御することと、第三露光処理により発生した酸による触媒反応を促進するように被膜を加熱する第二加熱処理を実行するように処理モジュール 17 の熱処理ユニット U2 を制御することと、第二現像液を被膜に供給する第二現像処理を実行するように処理モジュール 17 の液処理ユニット U1 を制御することと、を実行するように構成されている。

20

30

【0054】

図 6 に例示するように、コントローラ 100 は、機能上のモジュール（以下、「機能モジュール」という。）として、搬送制御部 111 と、成膜制御部 112 と、フラッド露光制御部 113 と、PEB 制御部 114 と、現像制御部 115 とを有する。

【0055】

40

搬送制御部 111 は、後述の基板処理手順に応じてウェハ W を搬送するように、受け渡しアーム A1、A8 と、直接搬送アーム A6 と、昇降アーム A7 と、処理モジュール 14、15、16、17 の搬送アーム A3 とを制御する。成膜制御部 112 は、被膜形成処理を実行するように処理モジュール 14、15、16 の液処理ユニット U1 及び熱処理ユニット U2 を制御する。フラッド露光制御部 113 は、第二露光処理及び第三露光処理を実行するように処理モジュール 17 の光照射ユニット U3 を制御する。PEB 制御部 114 は、第一加熱処理及び第二加熱処理を実行するように処理モジュール 17 の熱処理ユニット U2 を制御する。現像制御部 115 は、第一現像処理及び第二現像処理を実行するように処理モジュール 17 の液処理ユニット U1 を制御する。

【0056】

50

コントローラ１００は、一つ又は複数の制御用コンピュータにより構成される。例えばコントローラ１００は、図７に示す回路１２０を有する。回路１２０は、一つ又は複数のプロセッサ１２１と、メモリ１２２と、ストレージ１２３と、入出力ポート１２４と、タイマー１２５とを有する。

【００５７】

入出力ポート１２４は、受け渡しアームＡ１、Ａ８と、搬送アームＡ３と、直接搬送アームＡ６と、昇降アームＡ７と、処理モジュール１４、１５、１６の液処理ユニットＵ１及び熱処理ユニットＵ２と、処理モジュール１７の液処理ユニットＵ１、熱処理ユニットＵ２及び光照射ユニットＵ３との間で電気信号の入出力を行う。タイマー１２５は、例えば一定周期の基準パルスをカウントすることで経過時間を計測する。

10

【００５８】

ストレージ１２３は、例えばハードディスク等、コンピュータによって読み取り可能な記録媒体を有する。記録媒体は、後述の基板処理手順をキャリアブロック４、処理ブロック５及びインタフェースブロック６に実行させるためのプログラムを記録している。記録媒体は、不揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク及び光ディスク等の取り出し可能な媒体であってもよい。

【００５９】

メモリ１２２は、ストレージ１２３の記録媒体からロードしたプログラム及びプロセッサ１２１による演算結果を一時的に記録する。プロセッサ１２１は、メモリ１２２と協働して上記プログラムを実行することで、上述した各機能モジュールを構成する。なお、コントローラ１００のハードウェア構成は、必ずしもプログラムにより各機能モジュールを構成するものに限られない。例えばコントローラ１００の各機能モジュールは、専用の論理回路又はこれを集積したＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ Ｓｐｅｃｉｆｉｃ Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）により構成されていてもよい。

20

【００６０】

〔基板処理方法〕

続いて、基板処理方法の一例として、コントローラ１００の制御に応じて塗布・現像装置２が実行する基板処理手順を説明する。図８は、基板処理手順を示すフローチャートである。図９及び図１０は、基板処理手順におけるウェハＷの状態を示す模式図である。図９及び図１０では、被膜Ｆのうち下層膜及び上層膜の図示を省略し、レジスト膜のみを図示している。

30

【００６１】

図８に示すように、基板処理手順は、ステップＳ０１～Ｓ０９を順に含む。

【００６２】

ステップＳ０１では、コントローラ１００による制御手順に従って、処理モジュール１４、１５、１６が上記被膜形成処理を実行する。例えば、まず搬送制御部１１１が、キャリア１１内のウェハＷを棚ユニットＵ１０に搬送するように受け渡しアームＡ１を制御し、このウェハＷを処理モジュール１４用のセルに配置するように昇降アームＡ７を制御し、このウェハＷを処理モジュール１４の各ユニットに搬送するように処理モジュール１４の搬送アームＡ３を制御する。これに応じ、成膜制御部１１２は、ウェハＷの表面Ｗａ上に下層膜を形成するように処理モジュール１４の液処理ユニットＵ１及び熱処理ユニットＵ２を制御する。

40

【００６３】

その後、搬送制御部１１１は、下層膜が形成されたウェハＷを棚ユニットＵ１０に戻すように搬送アームＡ３を制御し、このウェハＷを処理モジュール１５用のセルに配置するように昇降アームＡ７を制御し、このウェハＷを処理モジュール１５の各ユニットに搬送するように処理モジュール１５の搬送アームＡ３を制御する。これに応じ、成膜制御部１１２は、ウェハＷの下層膜上にレジスト膜を形成するように処理モジュール１５の液処理ユニットＵ１及び熱処理ユニットＵ２を制御する。

【００６４】

50

その後、搬送制御部 111 は、ウェハ W を棚ユニット U10 に戻すように搬送アーム A3 を制御し、このウェハ W を処理モジュール 16 用のセルに配置するように昇降アーム A7 を制御し、このウェハ W を処理モジュール 16 の各ユニットに搬送するように処理モジュール 16 の搬送アーム A3 を制御する。これに応じ、成膜制御部 112 は、ウェハ W のレジスト膜上に上層膜を形成するように処理モジュール 16 の液処理ユニット U1 及び熱処理ユニット U2 を制御する。

【0065】

その後、搬送制御部 111 は、ウェハ W を棚ユニット U10 に戻すように搬送アーム A3 を制御し、このウェハ W を処理モジュール 17 用のセルに配置するように昇降アーム A7 を制御する。

10

【0066】

ステップ S02 では、コントローラ 100 による制御手順に従って、インタフェースブロック 6 がウェハ W を露光装置 3 に送出する。具体的には、搬送制御部 111 が、棚ユニット U10 のウェハ W を棚ユニット U11 に搬送するように直接搬送アーム A6 を制御し、このウェハ W を露光装置 3 に送り出すように受け渡しアーム A8 を制御する。

【0067】

ステップ S03 では、コントローラ 100 による制御手順に従って、インタフェースブロック 6 が、第一露光処理後のウェハ W を露光装置 3 から受け入れる。具体的には、搬送制御部 111 が、第一露光処理後のウェハ W を露光装置 3 から受け入れて棚ユニット U11 に戻すように受け渡しアーム A8 を制御する。被膜 F のうち、第一露光処理が施された箇所には光増感剤 C が発生している（図 9 の（a）参照）。

20

【0068】

ステップ S04 では、コントローラ 100 による制御手順に従って、処理モジュール 17 が上記第二露光処理を実行する。具体的には、搬送制御部 111 が、棚ユニット U11 のウェハ W を照射ユニット U3 に搬送するように処理モジュール 17 の搬送アーム A3 を制御し、フラッド露光制御部 113 が、ウェハ W の被膜 F に上記励起光を照射するように照射ユニット U3 を制御する。これにより、被膜 F の光増感剤 C が励起され、励起された光増感剤 C から上記第二成分にエネルギーが供給され、これに応じて第二成分が酸 AC を発生させる（図 9 の（b）参照）。

【0069】

30

ステップ S05 では、コントローラ 100 による制御手順に従って、処理モジュール 17 が上記第一加熱処理を実行する。具体的には、搬送制御部 111 が、ウェハ W を照射ユニット U3 から熱処理ユニット U2 に搬送するように処理モジュール 17 の搬送アーム A3 を制御し、PEB 制御部 114 が、被膜 F を第一温度にて加熱するように処理モジュール 17 の熱処理ユニット U2 を制御する。第一温度は、例えば 60 ~ 200 であり、70 ~ 140 であってもよい。第一加熱処理により、第二露光処理にて発生した酸による触媒反応が促進されるので、酸 AC が存在していた箇所に、第一現像液に可溶な領域 R1 が形成される（図 9 の（c）参照）。

【0070】

ステップ S06 では、コントローラ 100 による制御手順に従って、処理モジュール 17 が上記第一現像処理を実行する。具体的には、搬送制御部 111 が、ウェハ W を熱処理ユニット U2 から液処理ユニット U1 に搬送するように処理モジュール 17 の搬送アーム A3 を制御し、現像制御部 115 が、被膜 F に第一現像液を供給するように液処理ユニット U1 を制御する。例えば現像制御部 115 は、ウェハ W を回転させるように回転保持部 30 を制御し、ウェハ W の回転中心の鉛直上方から被膜 F に第一現像液を供給するように現像液供給部 40 を制御する。これにより、被膜 F の領域 R1（第一加熱処理における触媒反応が生じた箇所）が第一現像液に溶解する。

40

【0071】

その後、現像制御部 115 は、ウェハ W の回転中心の鉛直上方から被膜 F にリンス液を供給するようにリンス液供給部 60 を制御する。これにより、被膜 F の領域 R1 が除去さ

50

れ、表面W a上にレジストパターンP 1（第一パターン）が形成される（図9の（d）参照）。

【0072】

ステップS 07では、コントローラ100による制御手順に従って、処理モジュール17が上記第三露光処理を実行する。具体的には、搬送制御部111が、ウェハWを液処理ユニットU 1から光照射ユニットU 3に搬送するように処理モジュール17の搬送アームA 3を制御し、フラッド露光制御部113が、ウェハWの被膜Fに上記励起光を照射するように光照射ユニットU 3を制御する。これにより、被膜F内に残留した光増感剤Cが励起され、励起された光増感剤Cから上記第二成分にエネルギーが供給され、これに応じて第二成分が酸A Cを発生させる（図10の（b）参照）。

10

【0073】

なお、被膜F内の光増感剤Cは、主としてレジストパターンP 1の側部に残留している。このため、第三露光処理においては、レジストパターンP 1の側部に集中して酸A Cが発生する。

【0074】

ステップS 08では、コントローラ100による制御手順に従って、処理モジュール17が上記第二加熱処理を実行する。具体的には、搬送制御部111が、ウェハWを光照射ユニットU 3から熱処理ユニットU 2に搬送するように処理モジュール17の搬送アームA 3を制御し、P E B制御部114が、被膜を第二温度にて加熱するように処理モジュール17の熱処理ユニットU 2を制御する。第二温度は、第一温度と同等であってもよく、第一温度より低くてもよい。第二加熱処理により、第三露光処理にて発生した酸による触媒反応が促進されるので、酸A Cが集中している箇所（レジストパターンP 1の側部）に、第二現像液に不溶な領域R 2が形成される（図10の（c）参照）。

20

【0075】

ステップS 09では、コントローラ100による制御手順に従って、処理モジュール17が上記第二現像処理を実行する。具体的には、搬送制御部111が、ウェハWを熱処理ユニットU 2から液処理ユニットU 1に搬送するように処理モジュール17の搬送アームA 3を制御し、現像制御部115が、被膜Fに第二現像液を供給するように液処理ユニットU 1を制御する。例えば現像制御部115は、ウェハWを回転させるように回転保持部30を制御し、ウェハWの回転中心の鉛直上方から被膜Fに第二現像液を供給するように現像液供給部50を制御する。これにより、被膜Fの領域R 2以外の領域（第二加熱処理における触媒反応が生じていない箇所）が第二現像液に溶解する。

30

【0076】

その後、現像制御部115は、ウェハWの回転中心の鉛直上方から被膜Fにリンス液を供給するようにリンス液供給部60を制御する。これにより、被膜Fの領域R 2以外の領域が除去され、レジストパターンP 1を更に細分化したレジストパターンP 2（第二パターン）が形成される（図10の（d）参照）。

【0077】

その後、搬送制御部111は、ウェハWを棚ユニットU 10に戻すように処理モジュール17の搬送アームA 3を制御し、このウェハWをキャリア11内に戻すように昇降アームA 7及び受け渡しアームA 1を制御する。以上で基板処理手順が完了する。

40

【0078】

〔本実施形態の効果〕

本実施形態に係る基板処理方法は、第一露光処理によって光増感剤Cを発生させる第一成分と、光増感剤Cからのエネルギーの供給に応じて酸A Cを発生させる第二成分とを含む被膜FをウェハWの表面W aに形成する被膜形成処理と、第一露光処理にて発生した光増感剤Cから第二成分にエネルギーを供給して酸A Cを発生させるように、光増感剤Cを励起するための光を被膜Fに照射する第二露光処理と、第二露光処理にて発生した酸A Cによる触媒反応を促進するように被膜Fを加熱する第一加熱処理と、第一加熱処理における触媒反応が生じた箇所を溶解させる第一現像液を被膜Fに供給する第一現像処理と、第

50

一現像処理の後に、被膜F内に残留した光増感剤Cから第二成分にエネルギーを供給して酸ACを発生させるように、光増感剤Cを励起するための光を被膜Fに照射する第三露光処理と、第三露光処理にて発生した酸ACによる触媒反応を促進するように被膜Fを加熱する第二加熱処理と、第二加熱処理における触媒反応が生じていない箇所を溶解させる第二現像液を被膜Fに供給する第二現像処理と、を含む。

【0079】

この基板処理方法によれば、酸触媒反応が生じた箇所を溶解させる第一現像処理を行うことで得られたレジストパターンP1に対し、酸触媒反応が生じていない箇所を溶解させる第二現像処理を更に行うことで、レジストパターンP1を更に細分化したレジストパターンP2が得られる。

10

【0080】

第一現像処理は、第二露光処理及び第一加熱処理の後に行われる。第二露光処理では、第一露光処理において露光された領域（以下、「第一領域」という。）の光増感剤Cが励起され、励起された光増感剤Cから第二成分にエネルギーが供給されることで、第一領域の酸ACが増殖する。第一加熱処理では、酸触媒反応が加熱によって促進される。第二露光処理により第一領域の酸ACが増殖しているので、第一加熱処理においては酸触媒反応が効率よく進行する。このため、被膜Fの過剰な加熱による溶解を抑制しつつ、酸触媒反応を促進することができる。酸触媒反応の促進により、第一領域とその他の領域とで、第一現像液に対する溶解性の差異が顕著になるので、レジストパターンP1を高い信頼性で形成できる。

20

【0081】

第二現像処理は、第三露光処理及び第二加熱処理の後に行われる。第三露光処理では、レジストパターンP1のうち光増感剤Cが残留している領域（以下、「第二領域」という。）の酸が増殖する。第二加熱処理では、酸触媒反応が加熱によって促進される。第三露光処理により第二領域の酸が増殖しているので、第二加熱処理においても酸触媒反応が効率よく進行する。このため、被膜Fの過剰な加熱による溶解を抑制しつつ、酸触媒反応を促進することができる。酸触媒反応の促進により、第二領域とその他の領域とで、第二現像液に対する溶解性の差異が顕著になるので、レジストパターンP2も高い信頼性で形成できる。従って、フォトリソグラフィによるレジストパターンの微細化に有効である。

30

【0082】

第二加熱処理では、第一加熱処理に比較して低い温度にて被膜Fを加熱してもよい。この場合、第二加熱処理における被膜Fの過剰な加熱が更に抑制されるので、レジストパターンP2を更に高い信頼性で形成できる。

【0083】

以上、実施形態について説明したが、本発明は必ずしも上述した実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。処理対象の基板は半導体ウェハに限られず、例えばガラス基板、マスク基板、FPD（Flat Panel Display）等であってもよい。

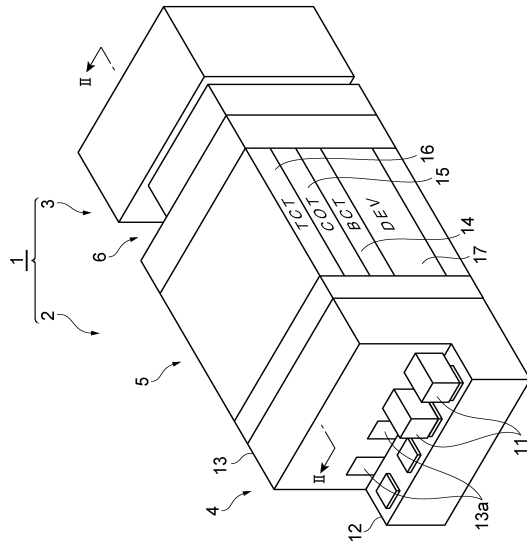
【符号の説明】

【0084】

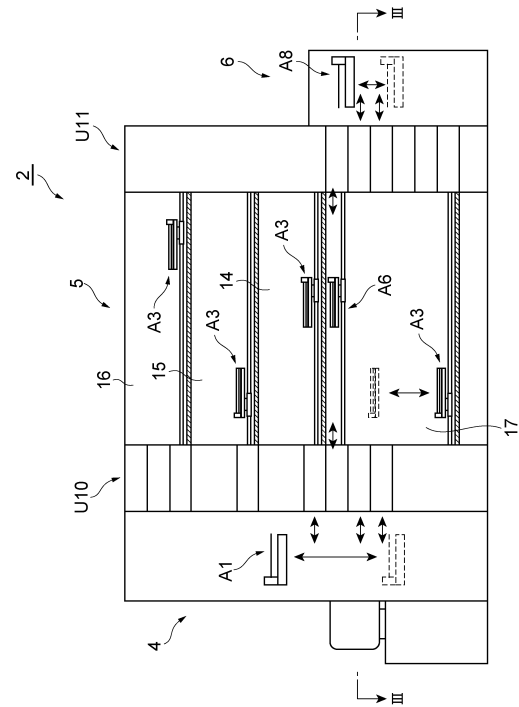
40

W...ウェハ（基板）、Wa...表面、2...塗布・現像装置（基板処理装置）、14, 15, 16...処理モジュール（被膜形成部）、U2...熱処理ユニット（加熱部）、U3...光照射ユニット（光照射部）、40...現像液供給部（第一現像液供給部）、50...現像液供給部（第二現像液供給部）、F...被膜、C...光増感剤、AC...酸。

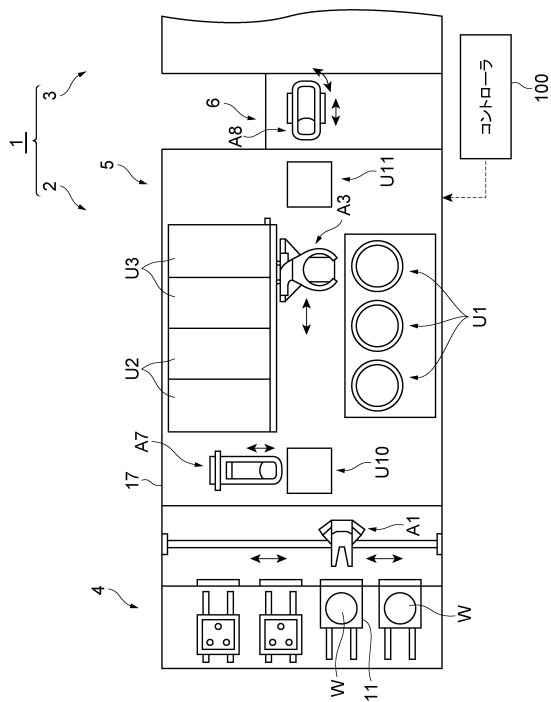
【図 1】



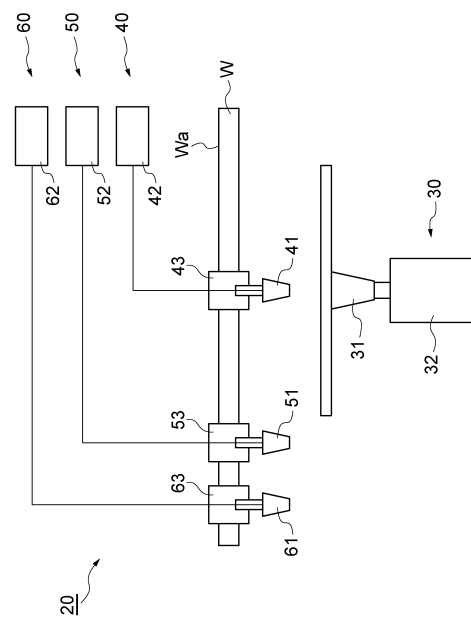
【図 2】



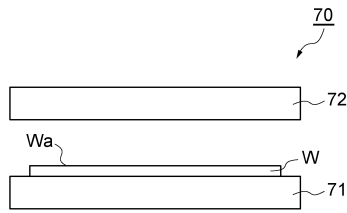
【図 3】



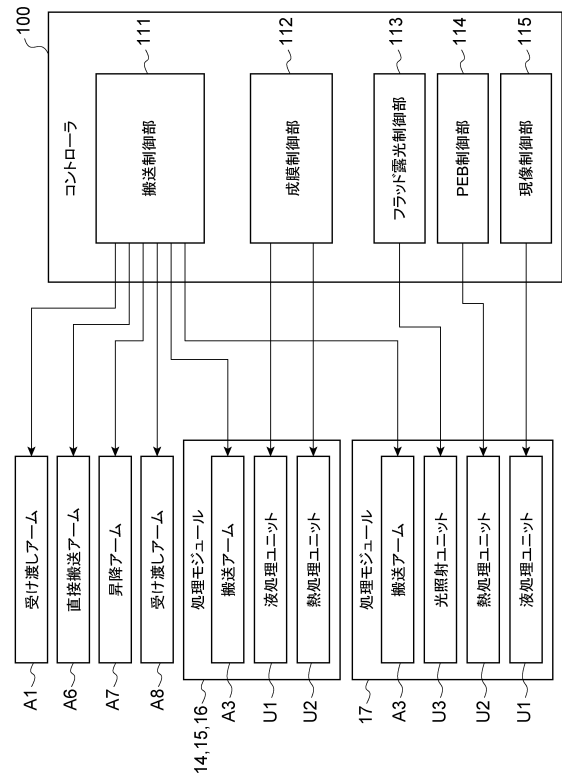
【図 4】



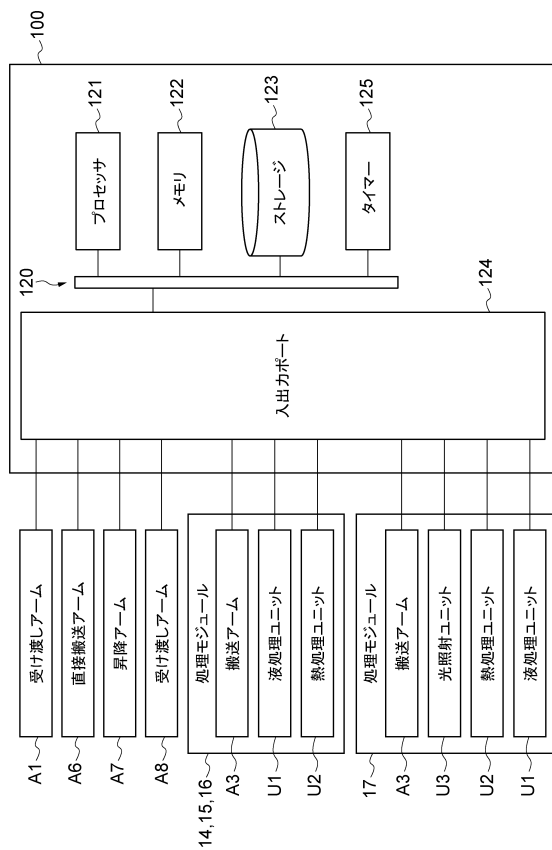
【図 5】



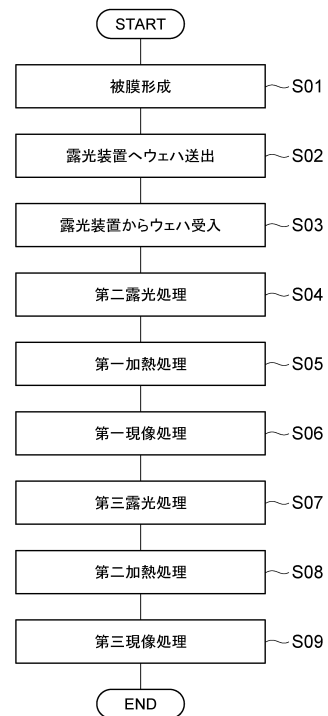
【図 6】



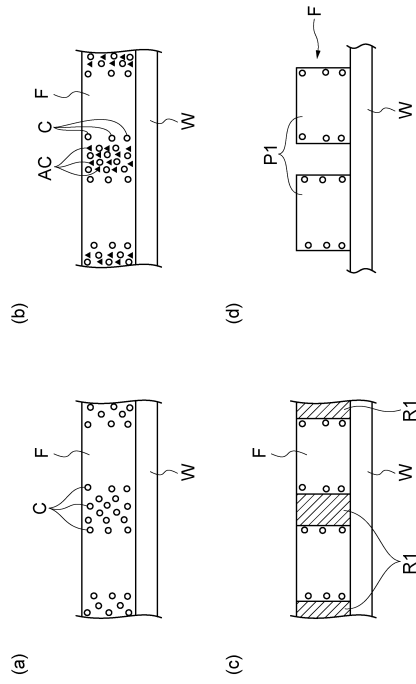
【図 7】



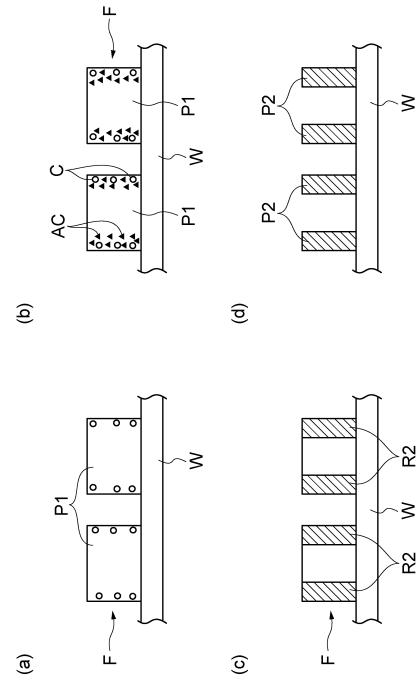
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 3 F 7/039 6 0 1

(72)発明者 寺下 裕一
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i z タワー 東京エレクトロン株式会社内
(72)発明者 嶺川 幸江
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i z タワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 富士 健太

(56)参考文献 特開2000-199953(JP,A)
特開2003-197516(JP,A)
特開2005-159295(JP,A)
特開2008-292975(JP,A)
特開2016-035582(JP,A)
米国特許第05925410(US,A)
米国特許出願公開第2015/0241793(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C 0 3 C 3 / 0 0
G 0 3 F 7 / 0 0 - 9 / 0 2
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7、2 1 / 3 0