

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6909374号
(P6909374)

(45) 発行日 令和3年7月28日 (2021.7.28)

(24) 登録日 令和3年7月7日 (2021.7.7)

(51) Int. Cl.

F I

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

G03F 7/40 (2006.01)

G03F 7/20 501

H01L 21/30 570

G03F 7/20 503

G03F 7/40 511

G03F 7/40 521

請求項の数 21 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2018-559777 (P2018-559777)
 (86) (22) 出願日 平成29年5月12日 (2017.5.12)
 (65) 公表番号 特表2019-517026 (P2019-517026A)
 (43) 公表日 令和1年6月20日 (2019.6.20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2017/032435
 (87) 国際公開番号 W02017/197279
 (87) 国際公開日 平成29年11月16日 (2017.11.16)
 審査請求日 令和2年5月12日 (2020.5.12)
 (31) 優先権主張番号 62/335,977
 (32) 優先日 平成28年5月13日 (2016.5.13)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(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 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介
 (72) 発明者 カルカッシ, マイケル, エー.
 アメリカ合衆国 テキサス州 78749
 オースティン イエロー ローズ トレ
 イル 4603

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光増感化学又は感光性化学増幅レジストを用いた限界寸法制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

下地層及び前記下地層上の放射線感受性材料層を有する基板を受け取るステップと、
 前記放射線感受性材料層上にパターン化マスクを介して第1光波長の光を露光するステップであって、前記第1光波長はUVスペクトル内の波長を含む、第1光波長露光ステップと、

パターン露光された前記放射線感受性材料層を第1現像する、第1現像ステップと、
 第1現像された前記放射線感受性材料層に第2光波長の光をフラッド露光するステップであって、前記第2光波長は前記第1光波長と異なる波長を含む、フラッド露光ステップと、

フラッド露光された前記放射線感受性材料層を第2現像し、放射線感受性材料パターンを形成する、第2現像ステップと、
 を含む方法であって、

前記フラッド露光ステップの前に、前記放射線感受性材料は、

酸の生成を前記放射線感受性材料層内の第1酸濃度に制御するとともに、前記放射線感受性材料層内の光増感剤分子の生成を制御する第1光波長活性化閾値と、

前記放射線感受性材料層内の前記光増感剤分子を励起することができ、その結果、前記第1酸濃度より大きい第2酸濃度を有する前記酸を生じる第2光波長活性化閾値と、
 を有し、

前記第2光波長活性化閾値は、前記第1光波長活性化閾値とは異なり、前記第1光波長

は前記第 1 光波長活性化閾値以上であり、前記第 2 光波長は前記第 2 光波長活性化閾値以上であり、

前記第 2 現像ステップの後、前記放射線感受性材料パターンは、前記基板の全体又は前記基板の一部の修正又はスリミングされた限界寸法 (C D) を有する、方法。

【請求項 2】

前記放射線感受性材料は、前記基板上に堆積されるとき、光増感剤発生化合物を前記放射線感受性材料の構成要素として有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記方法は、前記第 1 現像ステップの後、かつ、前記フラッド露光ステップの前に、光増感剤発生化合物を前記放射線感受性材料層上にコーティングし、前記光増感剤発生化合物を前記放射線感受性材料層に組み込み、前記放射線感受性材料層内に存在する酸と反応させ、光増感剤分子を生成する、ステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記方法は、前記第 1 現像ステップの後、かつ、前記フラッド露光ステップの前に、前記放射線感受性材料層上に光増感剤化合物をコーティングし、前記光増感剤化合物を前記放射線感受性材料層に組み込む、ステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記の光増感剤化合物をコーティングするステップは、スピンコーティングを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 光波長は、前記第 2 光波長活性化閾値未満である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 光波長は、135 nm、193 nm 又は 248 nm である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 2 光波長は、前記 UV スペクトル内にある、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 2 光波長は、300 と 400 nm との間にある、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 2 光波長は、365 nm である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記フラッド露光ステップは、ピクセルベースの投影システムを用いて、前記放射線感受性材料層を前記第 2 光波長の光に露光するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記フラッド露光ステップは、前記放射線感受性材料層をガルバノメータ搭載のミラーによって方向付けられる前記第 2 光波長の光に露光するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記放射線感受性材料層をフラッド露光する前記ステップは、前記基板を前記第 2 光波長の光源の下で並進するステップ、又は、回転するステップ、又はその両方のステップを含む、

10

20

30

40

50

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記第 1 光波長に対する前記放射線感受性材料層の前記露光の露光線量は、後続のフラッド露光のないパターン化露光を含むプロセスと比較して減少し、後続のプロセスステップにおける前記基板の全体にわたる限界寸法 (CD) 修正を可能にする、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記方法は、前記第 1 現像ステップの後、又は、前記第 2 現像ステップの後、又は、その両方のステップの後、前記放射線感受性材料層を検査するステップをさらに含む、

請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 1 6】

前記方法は、前記第 1 現像ステップの後、前記放射線感受性材料層を検査するステップから得られた限界寸法特性に基づいて、前記フラッド露光ステップ又は前記フラッド露光ステップ後のベークステップ又はその両方のステップのプロセスパラメータを変えるステップをさらに含む、

請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記方法は、前記第 2 現像ステップの後、前記放射線感受性材料層を検査するステップから得られた限界寸法特性に基づいて、前記フラッド露光ステップ又は前記フラッド露光ステップ後のベークステップ又はその両方のステップの、後続のウェーハのためのプロセスパラメータを変えるステップをさらに含む、

請求項 1 5 に記載の方法。

20

【請求項 1 8】

前記方法は、前記放射線感受性材料パターンをマスクとして用いて前記下地層をエッチングするステップをさらに含む、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記方法は、エッチングされた前記下地層を検査するステップをさらに含む、

請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記方法は、エッチングされた前記下地層を検査するステップから得られた限界寸法特性に基づき、前記フラッド露光ステップ又は前記フラッド露光ステップの後のベークステップ又はその両方のステップの、後続のウェーハのためのプロセスパラメータを変えるステップをさらに含む、

請求項 1 9 に記載の方法。

30

【請求項 2 1】

光酸発生剤を含む放射線感受性材料を用いて限界寸法の均一性を制御する方法であって、前記光酸発生剤は第 1 光波長活性化閾値を有し、したがって前記放射線感受性材料は前記第 1 光波長活性化閾値以上の波長の光に露光され、前記光酸発生剤は酸を生成し、

前記方法は、

下地層及び前記下地層上の前記放射線感受性材料の層を有する基板を受け取るステップと、

40

前記放射線感受性材料の層を第 1 光波長の光にパターン化マスクを介して露光するステップであって、前記第 1 光波長は、前記放射線感受性材料の層内に前記酸を生成するように、前記第 1 光波長活性化閾値以上である UV スペクトル内の波長を含む、ステップと、

複数のフィーチャを有する前記放射線感受性材料の層内のパターンを現像するステップであって、各フィーチャは限界寸法 (CD) によって特徴づけられており、複数の CD は第 1 CD 均一性を有する第 1 CD 分布を形成する、ステップと、

前記パターンを前記第 1 光波長とは異なる第 2 光波長の光にフラッド露光するステップであって、前記放射線感受性材料の層は第 2 光波長活性化閾値を有する光増感剤分子を含

50

み、したがって前記第2光波長活性化閾値以上の前記第2光波長の光へのフラッド露光中に前記光増感剤分子が前記酸より多くの酸を生成し、フラッド露光中に光は前記第1CD分布及び前記第1CD均一性のうちの少なくとも1つにしたがってパターン上に不均一に分布する、ステップと、

前記のフラッド露光されたパターンを現像するステップであって、複数のフィーチャは、不均一な光分布に関する第2CD均一性を有する第2CD分布によって特徴づけられており、したがって前記第2CD分布は第1CD分布に対してシフトする、ステップとを含み、

第1CD分布のうちの大部分のCDは要求される公称寸法より大きく、第2CD分布は前記要求される公称寸法に向かってシフトする、方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

この出願は2016年5月13日に提出された「Critical Dimension Control by Use of Photo-Sensitized Chemicals or Photo-Sensitized Chemically Amplified Resist」という名称の米国仮特許出願第62/335,977号明細書の利益を主張し、その全体が参照により本明細書に援用される。

20

【0002】

発明の分野

本発明は、限界寸法均一性(CDU)制御をパターン化することに関するものである。具体的には、開示は、より良い/代替のCDU制御方法のために、感光性化学増幅レジスト(PSCAR)化学をレジストマトリックスに組み込むことに関するものである。

【背景技術】

【0003】

PSCARは、レジストを現像する前に潜在的なパターンを完全に作成するために、2段階露光処理のために形成されるレジスト組成物である。この種の二重露光は、マスクを介した単一の露光放射が次の現像のための可溶性又は不溶性の領域を定義する、保護されていない(ポジティブトーン)又は保護されている(ネガティブトーン)材料の領域を生成する従来のフォトリソの使用と異なる。これに対して、PSCARは、レジストを現像する前に、非化学的に選択的な露光及び次の化学的に選択的な露光を含むことができる。フォトリソ材料の第1の(非化学的に選択的な)露光は、典型的には、マスクを介して第1の放射波長又は波長範囲で発生する。この第1の露光は、第2の化学的に選択的な露光に影響されるようになるフォトリソ内の領域を作成する。次に、第2の(化学的に選択的な)露光は、従来ベークプロセスと組み合わせられて、これらの化学的に高感度な領域に、それらの領域内のPSCARの可溶性を変えさせる。換言すれば、作成された酸は、(典型的にはベークを含む)保護サイトで、ポリマー骨格の自己触媒的な脱保護反応を可能にし、それゆえ、次の現像の間レジストの可溶性を変える。次に、所望の脱保護プロファイルを有するターゲット潜像又はパターンが完全に作成され、次に、この種のレジスト膜は、レリーフパターンに現像可能である。感光性化学増幅レジストの使用に関するより多くの詳細は、S.Tagawa等の「Super High Sensitivity Enhancement by Photo-Sensitized Chemically Amplified Resist Process」、Journal of Photopolymer Science and Technology、第26巻、第6号(2013)、825~830頁において見られる。

30

40

【0004】

PSCARの使用によって、光子密度が低いとき、例えば、露光パターンニングのためにEUV(極紫外線)波長を用いるとき、フォトリソ・リソグラフィ・パターンニングに対する感度は、より高くなりうる。光増感剤は、中間体の反応による最初のEUV(又は

50

e Beam又はエキシマレーザー、例えばクリプトンフッ素 (KrF)、アルゴンフッ素 (ArF) 等を用いる) 露光の間、作成される。次のUV (紫外線) フラッド露光によって、光増感剤は、光酸発生剤 (PAG) に酸を生成させることを可能にし、それは次に、生成された酸と保護ポリマーサイトとの間の自己触媒的な脱保護反応を介してPSCARの可溶性をシフトする。UVフラッド波長の選択は、所定の光増感剤の特定の特性に基づくことができる。典型的には、光増感剤による吸光度を最大化するとともに、PAG及び光増感剤の前駆体による吸光度を最小化する波長 (又は波長範囲) を選択することは有益である。この種の最適化は、フラッド露光が、光増感剤が作成されなかった領域内の酸を生成するのを防止するのを支援する。励起した光増感剤は、UVフラッド露光からUV光を吸収し、次に、光増感剤の近傍でPAGを分解する。この分解は、露光領域内の酸の生成を増幅する一方で、最初のEUV (又はe Beam又はエキシマレーザー) 露光から、暗い領域内の酸の形成の不足を基本的に維持する。これは、フラッドUV露光に関連付けられた膜内のDCバイアスシフトを回避することを意味する。

10

【0005】

PSCARは、EUVフォトリソグラフィ及び光子密度又は電子密度が低い他のフォトリソグラフィを可能にするが、PSCARパターンニングの使用は、限界寸法 (CD) 均一性の挑戦を有しうる。CD均一性 (CDU) は、基板の表面にわたり変化しうる。例えば、所定のウェーハは、ウェーハの中心部において1つのCD値を有しうる一方で、ウェーハのエッジに近づくと他のCD値を有する。ウェーハは、例えばステッパー露光システムを用いるとき、露光進行の順序に基づいて異なるCDを有することもありうる。所定の基板の特定領域に応じて、CDは、大きすぎる又は小さすぎることもあり、CD変化は、ウェーハにわたりランダムに広がることもあり、放射位置に基づくこともあり、及び/又は、特定の特徵、例えばスクライプレーンの位置に相関することもある。

20

【0006】

産業のシュリンクが、最小フィーチャサイズをますます小さい限界寸法に押し続け、EUV (13.5 nm) の遅延及び潜在的コストのため、産業は、それらの現在のArF (193 nm) 液浸 (ArFi) スキャナシステムをさらに拡大するプロセスを探してきた。マルチパターンニングにおいて、エッジ配置のエラーパジェットは、オーバレイ及び現像後検査 (ADI) / エッチング後検査 (AEI) CDUに強く依存する。CDUをより厳しく制御する能力は、大きな価値があり、重要である。

30

【0007】

歴史的に、パターンニングステップ (フォトリソグラフィ又はエッチング) のCD制御は、3つの方法のうちの1つを含んできた。第1の方法は、TELによるCDオプティマイザー (CDO) であり、限界寸法制御は、露光後ベーク (PEB) の間、ゾーン温度補償による。第2の方法は、ASMLによるDose Mapper (DoMa) であり、限界寸法制御は、露光の間、フィールド内及び/又はフィールド間の線量補償による。第3の方法は、ラムリサーチによるHydraであり、限界寸法制御は、エッチングの間、ゾーン温度制御による。

【0008】

特にPSCARパターンニングと組み合わせた代替のCD制御方法が必要である。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

この開示は、パターンニングCDUを最小化する代替の方法及び制御/修正のための代替のフローを提供する。一実施形態では、方法は、下地層及び下地層上に堆積される放射線感受性材料層を有する基板を受け取るステップを含む。方法は、UVスペクトル内の波長を備える第1の波長の光を、パターン化マスクを介して放射線感受性材料層上に露光するステップと、パターン露光された放射線感受性材料層を第1の現像するステップと、第1の波長の光と異なる波長を備える第2の波長の光を第1の現像された放射線感受性材料層にフラッド露光するステップと、フラッド露光された放射線感受性材料層を第2の現像し

50

、放射線感受性材料パターンを形成するステップと、をさらに含む。フラッド露光するステップの前に、放射線感受性材料は、酸の生成を放射線感受性材料層内の第1の酸濃度に制御するとともに、放射線感受性材料層内の光増感剤分子の生成を制御する第1の光波長活性化閾値と、放射線感受性材料層内の光増感剤分子を励起することができ、その結果、第1の酸濃度より大きい第2の酸濃度を備える酸を生ずる第2の光波長活性化閾値と、を備え、第2の光波長活性化閾値は、第1の光波長活性化閾値とは異なる。第2の現像するステップの後、放射線感受性材料パターンは、基板の全体又は基板の一部の修正又はスリミングされた限界寸法(CD)を備える。

【0010】

当然、本願明細書において記載されている異なるステップの議論の順序は、明確にするために提示されてきた。一般的に、これらのステップは、任意の適切な順序で実行可能である。さらに、本願明細書における異なる特徴、技術、構成等の各々は、この開示の異なる場所において議論されてもよいにもかかわらず、概念の各々は、互いに独立に又は互いに組み合わせて実行可能であることが意図されている。したがって、本発明は、多くの異なる方法で実施及び考慮可能である。

【0011】

この概要の段落が本開示又は請求項の発明のすべての実施形態及び/又は逐次新規の態様を特定しているというわけではないことに留意されたい。その代わりに、この概要は、異なる実施形態に関する予備的な議論及び従来技術に対して新規の対応する点を提供するのみである。本発明及び実施形態の追加の詳細及び/又は可能な展望のために、読者は、さらに後述するように、本開示の詳細な説明の段落及び対応する図面に方向付けられる。

【0012】

本発明及びその付随する多数の効果のより完全な認識は、以下の詳細な説明を参照すると、特に添付の図面に関連して考慮すると、容易に明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1Aは、第1のパターン化露光後の酸及び光増感剤濃度を表すグラフであり、図1Bは、第2のフラッド露光後の酸及び光増感剤濃度を表すグラフである。

【図2】光増感剤によるUV光の選択的吸収を表すグラフである。

【図3】ウェーハ内で供給される放射線量特性を変え、最終的な限界寸法均一性特性を変えるためのさまざまな経路を示す表である。

【図4】本発明の実施形態に従って限界寸法制御のためのプロセスを表すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の第1の実施形態は、マルチパターンニング・レジスト材料として使用する従来のCAR化学よりもむしろPSCAR化学の使用を提案する。PSCARは、フォトレジスト内の化学の生成が、異なる時間かつ異なる処理条件で発生することを可能にする分離した活性化能力を有するフォトレジストを含む。図1Aのグラフ100に示すように、PSCAR化学は、第1の露光時(又は第1の露光と第2の露光との間の時間)のバックグラウンドの光増感剤(PS)の濃度プロファイル120と、次に生成された最初の酸の濃度プロファイル110と、を作成する。第1の露光波長は、EUV(13.5nm)、ArF(193nm)(乾式又は液浸)及び/又はKrF(248nm)とすることができるが、これらに限定されるものではない。いくつかの酸は、第1の露光の間、例えば、PSCAR内部のPAGから形成され、酸濃度プロファイル110を形成してもよいが、ただし、他の実施形態では、酸は形成されない。第2の露光波長(UVフラッド)は、代替の波長であり、しばしばレジストマトリックス内の他の構成要素の吸収を避けることを試み、それゆえ、通常、>300nmであることを必要とし、例えば、365nmを用いることができる。次に、第1の露光の結果として生成されたPSを用いて、PAGの分解を増幅することによって生成された酸を次の処理における酸に変えることができる。図1Bは

、第2の露光後の光増感剤(P S) 150及び酸濃度プロファイル140のグラフ130を示す。

【0015】

図2のグラフ200を参照して、励起した光増感剤は、第2の露光波長のUVフラッド露光から、励起した光増感剤の近傍のPAGを分解し、露光領域における酸生成の増幅を得る一方で、最初の露光の暗い領域(未露光)における酸形成の不足を基本的に維持する(フラッドUV露光に関連付けられたすべての膜の重要でないDCバイアスシフトを意味する)。露光領域における酸のみを増加させることによって、暗い領域において基本的に維持される酸形成はほとんどない。脱保護のレベルがポリマーを脱保護するのに利用可能な酸濃度に直接関連するので、横方向のフィーチャエッジ内の酸濃度を増加させることは、横方向のフィーチャエッジで脱保護を増加させる一方で、フィーチャの中央における保護状態を維持する(例えば、線及び空間の場合)。

10

【0016】

一実施形態では、(膜としての)レジストが第1の波長範囲の光に露光されると、レジスト組成物が作成(又は選択)され、光増感剤を生成する。次に、第2の波長範囲の光を用いて、熱拡散を用いることなく酸反応を増幅する。第1及び第2の波長範囲は、重複してもよいしなくてもよい。しかしながら、一実施形態では、分離した活性化能力は光増感剤と光酸発生剤との間で重複してもよく、その結果、図1Aに示されるように、比較的少量の酸が第1の露光の間生成されてもよい。この比較的少量の酸は、例えば、第2の露光の間生成されてもよい酸の量の半分より少なくてもよい。オプションとして、フォトレジストが第1の波長範囲の光に露光されるときに生成されてもよい酸の量又は酸の反応速度を最小化するように、フォトレジストが最適化されてもよい。光の第1の露光の間、フォトレジストと交差しうる光の量を減少しうるパターン化マスクに光を通すことによって、酸生成が最小化されてもよい。次のフラッド露光ステップにおいて、フォトレジスト膜は、再び露光される。この次の露光は、フォトレジスト膜内の酸濃度を誘発又は増幅する第2の波長範囲を含むことができる。非限定的な例として、第1の波長範囲は300nmより小さくてもよく、第2の波長範囲は300nmより大きくてもよい。

20

【0017】

従来のフォトレジスト・パターニングプロセスにおいて、第1の露光量は、PAGを露光位置で活性化するので、当該位置で光酸が生成される。次に、光酸は、生成された酸と保護されたポリマーサイトとの間の自己触媒脱保護反応を介してフォトレジスト膜の可溶性を変えることができる。これに対して、PSCAR膜については、従来のプロセスより低い出力である、マスクベースのパターン露光は、光増感剤を、従来のプロセスと比較してはるかに少ない量の酸とともに主に作成する。光増感剤は、光増感剤の前駆体である光増感剤発生化合物によって作成又は生成可能であり、光増感剤発生分子を光増感剤に変えるために近傍にある酸分子と反応する。この最初のマスクベースの露光は、従来のプロセスの出力と比較して低出力の露光とみなすことができる。その後、マスクベースの露光によって作成されたものと比較して莫大な量の酸を作成する高出力のUVフラッド露光が実行される。本願明細書において、フラッド露光は、基板のすべての部分がほぼ同じ量の放射を受けるように、いかなるマスク又はパターニングメカニズムをも用いない露光を意味する。

30

40

【0018】

本願明細書における実施形態は、1つ又は複数の光増感剤発生化合物を含むレジスト組成物を含むことができる。この種の化合物は、フォトレジスト層又は組成内の光増感剤分子を生成することによって、特定の光波長活性化閾値に反応する。光増感剤分子は、光エネルギーを吸収し、光エネルギーを他の分子、例えばPAGに伝達することができる。このエネルギー伝達は、次に、受け取る分子を活性化することができる。PAGがエネルギー伝達を受け取る場合、PAGは、次に、酸を生成することができる。いくつかの光増感剤化合物は、基底状態においてエネルギーを伝達してもよく、同時に、他の光増感剤化合物は、励起状態における伝達を実行してもよい。例示的な光増感剤発生化合物は、アセト

50

フェノン、トリフェニレン、ベンゾフェノン、フルオレノン、アントラキノン、フェナントレン又はその誘導剤を含むが、これらに限定されるものではない。

【0019】

本願明細書において、レジスト組成物は、フォトレジスト層内の酸の生成を制御する第2の光波長活性化閾値に反応するPAG化合物もまた含むことができる。第2の活性化波長は、第1の活性化波長とは異なることができる。PAGは、吸収される光エネルギーを化学エネルギー（例えば、酸反応）に変換する陽イオン光重合開始剤とすることができる。PAG化合物は、トリフェニルスルホニウムトリフレート(triphenylsulfonium triflate)、トリフェニルスルホニウムノナフレート(triphenylsulfonium nonaflate)、パーフルオロオクチルスルホン酸トリフェニルスルホニウム(triphenylsulfonium perfluorooctylsulfonate)、トリアリールスルホニウムトリフレート(triarylsulfonium triflate)、トリアリールスルホニウムノナフレート(triarylsulfonium nonaflate)、パーフルオロオクチルスルホン酸トリアリールスルホニウム(triarylsulfonium perfluorooctylsulfonate)、トリフェニルスルホニウム塩(a triphenylsulfonium salt)、トリアリールスルホニウム塩(a triarylsulfonium salt)、ヘキサフルオロアンチモン酸トリアリールスルホニウム(a triarylsulfonium hexafluoroantimonate salt)、N-ヒドロキシナフタルイミドトリフレート(N-hydroxynaphthalimide triflate)、1,1-ビス[p-クロロフェニル]-2,2,2-トリクロロエタン(DDT)(1,1-bis[p-chlorophenyl]-2,2,2-trichloroethane(DDT))、1,1-ビス[p-メトキシフェニル]-2,2,2-トリクロロエタン(1,1-bis[p-methoxyphenyl]-2,2,2-trichloroethane)、1,2,5,6,9,10-ヘキサブROMOCYCLODODECAN(1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododecane)、1,10-ジブロモデカン(1,10-dibromodecane)、1,1-ビス[p-クロロフェニル]-2,2-ジクロロエタン(1,1-bis[p-chlorophenyl]-2,2-dichloroethane)、4,4-ジクロロ-2-(トリクロロメチル)ベンズヒドロール(4,4-dichloro-2-(trichloromethyl)benzhydrol)、1,1-ビス(クロロフェニル)-2,2,2-トリクロロエタノール(1,1-bis(chlorophenyl)-2,2,2-trichloroethanol)、ヘキサクロロジメチルスルホン(hexachlorodimethylsulfone)、2-クロロ-6-(トリクロロメチル)ピリジン(2-chloro-6-(trichloromethyl)pyridine)又はそれらの誘導剤を含んでもよいが、これらに限定されるものではない。

【0020】

本願明細書における実施形態は、酸濃度及び/又は光増感剤の濃度を変更することができる光活性剤を含むこともできる。光活性剤は、第2のPAG又は光分解できる塩基としても知られている光破壊塩基を含むことができる。光破壊塩基は、露光領域において分解する1つ又は複数の塩基化合物を含むことができ、非露光領域において光活性酸を中和することができるより高いトータルベースローディング(total base loading)を可能にする。それゆえ、光破壊塩基は、この一般的なベースローディング効果を提供することができる化合物を含む。非分解塩基は、1つ又は複数の光酸を、これらの光酸がもはや感光性でない、又は、放射線感受性でないように変性させる。一般のフォトレジスト組成物は、典型的には、いくつかのタイプのベースロードを含み、結果としてクリスプラインになるためにコントラストを増加するのを支援する。このベースロードは、典型的には、酸濃度を均一に調整するように作用し、均一のプロファイルを提供する(勾配のある露光を除去する)。本願明細書において開示されるように、より多くの塩基を所定のレジスト膜に追加することによって、所定の酸濃度を減少することができる。同様に、所定の酸濃度は、酸化合物を選択的に追加することによって増加することができる。

【0021】

一実施形態では、光増感剤及び/又は光増感剤発生剤は、最初からレジストマトリックス内に存在するが、これは、それが、スリミングのための酸洗浄プロセスと同様に、溶液に溶解されて、第1の現像ステップ後のスピンオフプロセスを介して組み込まれ、次に、UVフラッド露光プロセスによって(第2の露光波長で)露光され、ベークされ、現像さ

れることを除外しない。

【 0 0 2 2 】

他の実施形態では、C D ウェーハ内 (W I W) の分布は、放射及び傾斜構成要素に解析 (de-convolve) 可能である。一実施形態では、放射特性は、回転及び並進する基板を用いて光源の下でU V フラッド露光の間調整可能である。ハードウェア概念によって、多くの経路は、W I W に供給される放射線量特性を変えることができ、最終的なW I W C D U 特性を変えることができる。この実施形態の場合、図 3 に示すように、放射線量変更は、数例を挙げれば、回転、スキャン速度、出力設定、光源作用距離、開口の使用、焦点位置変化、光源ゾーン制御等及びその任意の変形の可変的な設定を含むことができる。

【 0 0 2 3 】

さらに他の実施形態では、ウェーハに供給される (第 2 の露光波長での) U V フラッド光エネルギーは、独立してアドレス指定可能な投影点のアレイを有するデジタルピクセルベースの投影システムを用いて制御可能であり、投影されたパターンは、構造のC D 値を空間的に特徴付けるC D 特性に基づく。デジタルピクセルベースの投影システムは、デジタルライトプロセッシング (D L P) チップ、グレイティング・ライト・バルブ (G L V) 、光ビームを方向付けるガルバノメータ搭載かつ駆動のミラー (「ガルボミラー」) 、又は、画像又はパターンを (オプションとしてレンズを用いて) ウェーハ上に集束可能であり、限界寸法の不均一を修正可能又は調整可能な光源を有する任意の他のマイクロ投影及び / 又はスキャン技術 (「その他」) として実施可能である。デジタルピクセルベースの投影システムは、信頼性問題を (投影システム内の吸収問題から) 3 0 0 n m の波長未満で歴史的に有していた。より低い波長での動作を設計する方法は存在するが、3 6 5 n m が好適な露光波長であるP S 材料の吸光度は、潜在的により信頼性が高い動作を可能にする。3 6 5 n m の波長は、大多数のE U V / A r F / K r F レジストシステム内の既存のP A G を光分解するのに利用できる波長より著しく高い波長である (所定の歴史的なP A G 吸収曲線) 。これを考慮して、P S C A R 化学 / 方法の使用及び次の3 6 5 n m のフラッド露光波長の使用は、投影システムのより長い寿命及びより高い信頼性の利益を潜在的に有する。

【 0 0 2 4 】

さらなる実施形態では、回転 / 並進方式による (第 2 の露光波長での) U V フラッドは、 (第 2 の露光波長での) デジタルピクセルベースの投影システムと組み合わせて、C D 不均一を修正することができる。P S C A R 化学の線量要件及びデジタルピクセルベースの投影システムの線量限定を考慮して、技術のこの種の組み合わせが要求されてもよい。回転 / 並進フラッド・ハードウェアは、大部分の要求された第 2 の露光波長 (例えば、9 7 %) を供給することができ、次に、デジタルピクセルベースの投影システムは、C D 不均一の最小化 (例えば、ウェーハ全体の 0 ~ 3 %) のために要求される残りの線量を供給することができる。

【 0 0 2 5 】

U V フラッド露光のためのサブプロセスフローの具体例は、以下を含むが、これらに限定されるものではない。

- サブフロー A : 3 0 0 ~ 4 0 0 n m の D L P 又は G L V 又はその他 フラッドベーク
- サブフロー B : 3 0 0 ~ 4 0 0 n m の回転 / 並進 フラッドベーク
- サブフロー C : 3 0 0 ~ 4 0 0 n m の D L P 又は G L V 又はその他 3 0 0 ~ 4 0 0 n m の回転 / 並進 フラッドベーク
- サブフロー D : 3 0 0 ~ 4 0 0 n m の回転 / 並進 3 0 0 ~ 4 0 0 n m の D L P 又は G L V 又はその他 フラッドベーク
- サブフロー E : 3 0 0 ~ 4 0 0 n m のガルボミラー フラッドベーク
- サブフロー F : 3 0 0 ~ 4 0 0 n m のガルボミラー 3 0 0 ~ 4 0 0 n m の回転 / 並進 フラッドベーク
- サブフロー G : 3 0 0 ~ 4 0 0 n m の回転 / 並進 3 0 0 ~ 4 0 0 n m のガルボミラー フラッドベーク

サブフロー A ~ G の任意の他の組み合わせを用いてもよい。300 ~ 400 nm の範囲内の波長は、365 nm でもよい。

【0026】

すべての実施形態において、CDU改良を最大化する能力は、CD分布がシフトされるのを要求し、ウェーハにわたる大部分のCDは、(現像トーンに応じて)要求される公称寸法の一方又は他方に存在し、第2の露光は、ウェーハのすべての領域を修正する能力を有する。それゆえ、第2のPSCARフラッドプロセスを組み込むとき、わずかに線量が下回る第1の露光へのシフトが要求されてもよい。換言すれば、2つの露光ステップを用いるPSCARプロセスのために、第1の露光ステップの露光線量は、単一の露光ステップを用いるCARプロセスの照射線量と比較して減少する。

10

【0027】

本願明細書における実施形態は、いくつかのプロセス制御方式及びウェーハシーケンスのオプションを提供する。ウェーハシーケンスのオプションは、図4のフローチャート400に示されており、フローチャート400の分岐600のように、第2の露光(及び第2の露光後のベーク)は、第1の露光後ではあるが任意の現像(DEV)プロセス前に生じることができ、又は代替的には、フローチャート400の分岐500のように、第1の露光/PEB/現像プロセスシーケンス後に生じることができる。両方のシーケンスにおいて、プロセスは、410でウェーハの最初のプロセスから開始する。420で、薄膜が追加され、薄膜は、パターンが転写される下地層と称されてもよい。430で、放射線感受性材料、例えばフォトレジストのコーティングは、薄膜の上に適用される。440で、リソグラフィプロセスは、放射線感受性材料のコーティング上に実行される。より具体的には、放射線感受性材料のコーティングは、マスクを介してUVスペクトル内の第1の波長()の光に露光され、パターン化露光を作成する。450で、露光後ベーク(PEB)が実行される。

20

【0028】

450の後、フローチャート400の分岐500によって示されるように、プロセスは、一実施形態に従って進むことができる。510において、パターン露光された放射線感受性材料のコーティングは、第1の現像プロセス(第1の現像)を受ける。オプションとして、520で、現像された放射線感受性材料のコーティングは、光増感剤(PS)発生化合物又はPS化合物でコーティングされ、PS発生化合物又はPS化合物を放射線感受性材料のコーティングに組み込む。例えば、スピンコーティングを用いて、PS発生化合物又はPS化合物を適用してもよい。PS発生化合物をコーティングする場合、次に、パターン露光された放射線感受性材料のコーティング内に存在する酸は、組み込まれたPS発生化合物と反応してもよい。代替的には、ステップ520は省略されてもよく、PS発生化合物は、430において薄膜の上に適用されるとき、放射線感受性材料のコーティングの構成要素でもよく、PS発生化合物は、後に反応し、PSを生成する。

30

【0029】

540において、1つのフラッドプロセス(又は複数のフラッドプロセス)が実行され、第1の現像された放射線感受性材料のコーティングを、第1の波長()の光とは異なる第2の波長()の光にフラッド露光する。フラッドプロセスは、例えば、フラッドベークを含む上述したサブフローA ~ Gのいずれかを含んでもよい。オプションとして、(540での)フラッドプロセスの前に、かつ、(510での)第1の現像の後に、530で、現像後検査(ADI)が、フィードフォワード(FF)制御方式の一部として実行されてもよい。具体的には、分岐500のFF矢印によって示されるように、540において、フラッド露光又はフラッドベークのプロセスパラメータは、第1の現像された放射線感受性材料のコーティングの検査から得られた限界寸法特性に基づいて、変更可能である。

40

【0030】

フラッドプロセスの後、550で、第2の現像プロセス(第2の現像)が実行される。570で、薄膜下地層は、パターン化された放射線感受性材料のコーティングをマスクと

50

して用いてエッチングされる。590で、ウェーハのプロセスは、次のプロセスに続く。次に、新しいウェーハは、フローチャート400及び分岐500に従って処理されてもよい。

【0031】

オプションとして、フローチャート400の分岐500は、560でのADI及び/又は580でのエッチング後検査(AEI)を含んでもよく、ウェーハは、550での第2の現像後に及び/又は570でのエッチング後に、それぞれ、フィードバック(FB)制御方式の一部として検査される。具体的には、540におけるフラッド露光又はフラッドベークのプロセスパラメータは、分岐500のFB矢印によって示されるように、処理されている次のウェーハのために、第2の現像された放射線感受性材料のコーティング及び/又はエッチングされた薄膜下地層を検査することから得られる限界寸法特性に基づいて、変更可能である。

10

【0032】

450の後、分岐600によって示されるように、フローチャート400のプロセスは、代替実施形態に従って進むことができる。610において、1つのフラッドプロセス(又は複数のプロセス)が実行され、パターン露光された放射線感受性材料のコーティングを、第1の波長()の光とは異なる第2の波長()の光にフラッド露光する。540と同様に、フラッドプロセス610は、上述したサブフローA~Gのいずれかを含んでもよい。

【0033】

20

フラッドプロセスの後、現像プロセス(DEV)は620で実行され、これは、このプロセスフローの唯一の現像ステップである。640で、薄膜下地層は、パターン化された放射線感受性材料のコーティングをマスクとして用いてエッチングされる。660で、ウェーハのプロセスは、次のプロセスに続く。次に、新しいウェーハは、フローチャート400及び分岐600に従って処理されてもよい。

【0034】

オプションとして、フローチャート400の分岐600は、630でのADI及び/又は650でのAEIを含んでもよく、ウェーハは、620での現像後に及び/又は640でのエッチング後に、それぞれ、FB制御方式の一部として検査される。具体的には、610におけるフラッド露光又はフラッドベークのプロセスパラメータは、処理されている次のウェーハのために、分岐600のFB矢印によって示されるように、現像された放射線感受性材料のコーティング及び/又はエッチングされた薄膜下地層を検査することから得られる限界寸法特性に基づいて、変更可能である。

30

【0035】

540又は610におけるフラッド露光の前に、放射線感受性材料のコーティングは、酸の生成を、放射線感受性材料内の第1の酸濃度に制御するとともに放射線感受性材料内の光増感剤分子の生成を制御する第1の光波長活性化閾値と、放射線感受性材料内の光増感剤分子を励起することができ、その結果、第1の酸濃度より大きい第2の酸濃度を備える酸を生じる第2の光波長活性化閾値と、を備え、第2の光波長活性化閾値は、第1の光波長活性化閾値とは異なる。一実施形態では、(440における)第1の光の波長は、第1の光波長活性化閾値以上かつ第2の光波長活性化閾値未満であり、(540又は610における)第2の光の波長は、第2の光波長活性化閾値以上である。

40

【0036】

プロセス制御方式に関して、フローチャート400を参照して上述したように、独立して又は互いに組み合わせて使用可能であるいくつかのフィードバック(FB)又はフィードフォワード(FF)制御方式が存在する。平均されたエッチング後検査(AEI)の結果は、フィードバックされ、ロットレベルの平均出力設定及び/又はWIW出力特性調整を容易にし、AEIによって観察される変動を修正することができる。変動の原因は、エッチングプロセス、リソグラフィプロセス及び他のプロセスステップに固有になりうる。同様に、平均された現像後検査(ADI)の結果はフィードバックされ、ロットレベルの

50

平均出力設定及び／又はW I W出力特性調整を容易にし、A D Iによって観察される変動を修正することができる。2つの現像ステップ（例えば、5 1 0及び5 5 0）を有する場合、A D I結果は、いずれのA D Iステップ（例えば、5 3 0及び5 6 0）から使用可能であり、次のウェーハプロセス制御のためにフィードバック可能である。第1の現像（例えば5 1 0）の後であるが、フラッドプロセス（例えば5 4 0）及び第2の現像（例えば5 5 0）の前に、A D Iステップを行うことに特有に、ウェーハレベルでのフィードフォワード制御方式が可能になる。周知のA D I C Dマップは、フラッド・コントローラにフィードフォワード可能であり、A D Iでより厳しい最終的なC D分布のためのそのウェーハに特有のフラッドプロセス（線量はウェーハ内で局所的に供給される）を増加する。単独で又は組み合わせて用いられる上述した制御方式のいずれかは、より厳しいパターンニングC D制御につながることを可能にする。

10

【0 0 3 7】

これらの概念は、最小化されたA D I / A E I C D Uを達成する代替の方法を提供する。本願明細書では、C D U制御は、U Vフラッド線量制御モジュールによって主に制御される。

【0 0 3 8】

C D U制御をパターン化するこの変更された方法を用いて、W I W制御方式は、より実現可能になりうる。W I W制御方式は、実際のW I W情報を利用し、第2の露光にフィードフォワードし、より厳しいパターンニングC D制御を可能にすることができる。

【0 0 3 9】

20

限界寸法（C D）修正、すなわち、ポストフォトリソグラフィ・ターゲット平均（post-photolithography

target mean）のまわりのC D U修正のために用いられているこれらの方法に加えて、より高いフラッド線量を利用する同じ方法を用いて、基板の全体又は基板の一部の限界寸法（C D）をスリミング／シュリンクすることができる。産業のシュリンクが、最小フィーチャサイズ要件をますます小さいC Dに押し続け、E U V（1 3 . 5 n m）の遅延及び潜在的高コストのため、産業は、それらの現在の1 9 3 n mの液浸（A r F_i）スキャナシステム基盤／専門をさらに拡大するプロセスを探してきた。解像度が限定された（例えば、4 0 n m以下のライン及びスペース）レジストフィーチャの近くの従来のポストフォトリソグラフィA r F_iのシュリンク／スリミングは、そのような拡大である。ホール又はトレンチをシュリンクする能力及び／又はラインを1 0、2 0、3 0 n mに制御された湿式プロセスでスリミング又はトリムする能力は、以下の現在及び将来の適用を有する。（1）シングルパターンニング、例えば、ゲート層がわずかにより消極的なピッチ上の非常に小さいフィーチャを有する論理設計、及び、（2）ダブルパターンニング／マルチパターンニング方式、例えば、Litho-Etch-Litho-Etch（L E L E）又はn回繰り返されたLitho-Etch（L Eⁿ）、Litho-Litho-Etch（L L E）及びサイドウォールスパーサのための前駆体。

30

【0 0 4 0】

さまざまな技術は、各種実施形態を理解するのを支援するための複数の別々の動作として記載されてきた。記載の順序は、これらの動作が必ずしも順序に依存することを暗示するとして解釈されてはならない。実際、これらの動作は、提示された順序で実行される必要はない。記載されている動作は、記載された実施形態と異なる順序で実行されてもよい。さまざまな追加の動作が実行されてもよい、及び／又は、記載された動作が追加の実施形態において省略されてもよい。

40

【0 0 4 1】

本願明細書で用いられる「基板」は、一般的に、本発明に従って処理されている対象を意味する。基板は、デバイス、特に半導体又は他の電子機器の任意の材料部分又は構造を含んでもよく、例えば、半導体ウェーハのようなベース基板構造、又は、薄膜のようなベース基板構造上の層又はベース基板構造を覆う層でもよい。このように、基板は、いかなる特定のベース構造、下地層又は上層にも限定されず、パターン化の有無にも限定されず

50

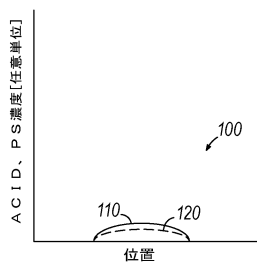
、むしろ、任意のこの種の層又はベース構造、及び、層及び／又はベース構造の任意の組み合わせを含むことが考えられる。記載は特定のタイプの基板を参照してもよいが、これは図示の目的のためのみである。

【 0 0 4 2 】

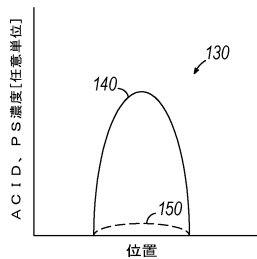
本発明がその１つ又は複数の実施形態の説明により示され、実施形態がかなり詳細に記載されてきたが、実施形態は、いかなる形であれ、添付の請求項の範囲をこの種の詳細に制限することを意図しない。追加の利点及び変更態様は、当業者にとって容易に現れる。それゆえ、本発明のより広い態様は、具体的な詳細、代表的な装置及び方法ならびに図示及び記載された例に限定されるものではない。したがって、一般的な発明の概念を逸脱しない範囲でこの種の詳細から出発してもよい。

10

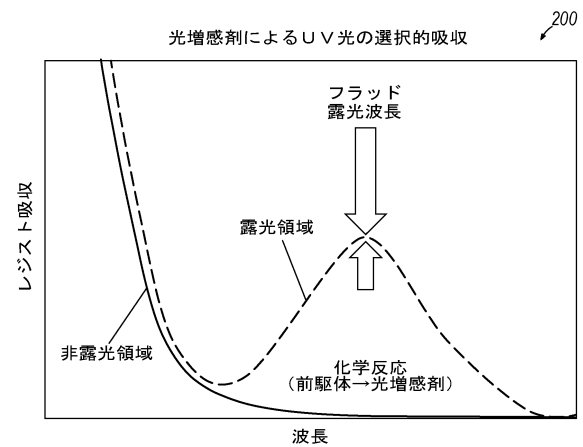
【 図 1 A 】



【 図 1 B 】



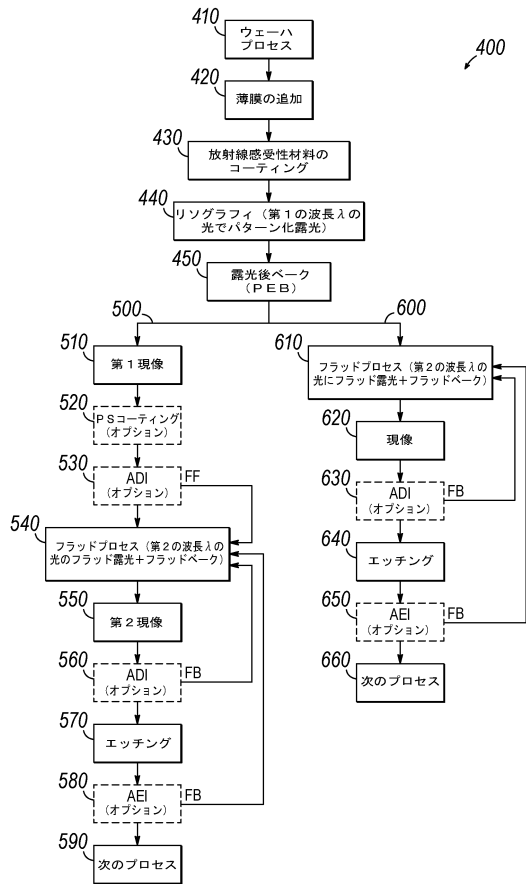
【 図 2 】



【 図 3 】

回転 (RPM)	スキャン速度 (mm/s)	出力 (W/cm ²)	光作用距離 (mm)	開口 (使用する場合)	焦点位置
一定	一定	一定	一定	一定	一定
一定	一定	可変	一定	一定	一定
一定	可変	一定	一定	一定	一定
一定	可変	可変	一定	一定	一定
一定	一定	一定	一定	可変	一定
一定	一定	一定	可変	一定	一定
一定	一定	一定	一定	一定	可変

【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 デヴィリアーズ, アントン, ジェイ.

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 12065 クリフトン パーク タナー ロード 734

審査官 山口 敦司

(56)参考文献 特表2017-507371(JP, A)

特開2015-156472(JP, A)

特表2014-500625(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0273099(US, A1)

特開平8-250395(JP, A)

特表2017-512319(JP, A)

特表2017-504077(JP, A)

特開2007-33882(JP, A)

特開2016-134581(JP, A)

特表2017-507372(JP, A)

特表2017-507360(JP, A)

特開2003-303766(JP, A)

特表2013-543282(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20

G03F 7/40

H01L 21/027