

(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2010-92058

(P2010-92058A)

(43) 公開日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G03F 7/004 (2006.01)	G03F 7/004 503Z	2H095
G03F 7/039 (2006.01)	G03F 7/039 601	2H125
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 502P	
G03F 1/08 (2006.01)	G03F 1/08 B	
	G03F 7/004 503A	
審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 13 頁)		

(21) 出願番号	特願2009-249149 (P2009-249149)	(71) 出願人	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050
(22) 出願日	平成21年10月29日(2009.10.29)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(62) 分割の表示	特願2004-515696 (P2004-515696)の分割	(74) 代理人	100094318 弁理士 山田 行一
原出願日	平成15年5月23日(2003.5.23)	(74) 代理人	100123995 弁理士 野田 雅一
(31) 優先権主張番号	10/155,523		
(32) 優先日	平成14年5月23日(2002.5.23)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
		最終頁に続く	

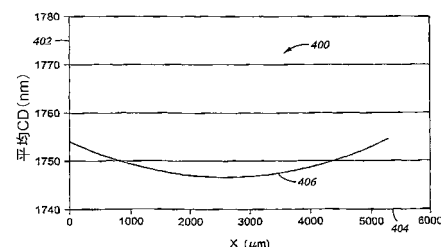
(54) 【発明の名称】 フォトマスク加工及び半導体処理において使用する増感され化学的に増幅されたフォトレジスト

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 フォトマスク加工、半導体装置の製造又は基板へのMEMS特徴の加工における光近接効果を減少させる。

【解決手段】 フォトレジスト組成物が、フォトレジストをG線、H線、又はI線撮像に増感させるようPACを含むDUVフォトレジストと組み合わせて機能する増感剤を含む。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

集中及び分離した特徴を含む、フォトマスク加工、半導体装置の製造又は基板への M E M S 特徴の加工における光近接効果を減少する方法であって、

3 6 4 n m ~ 4 3 6 n m の範囲の波長を有する撮像放射線の使用を可能にしながら光近接効果を減少するように D U V フォトレジストとともに機能する増感剤を前記 D U V フォトレジストに添加するステップを備え、

前記増感剤が、前記 D U V フォトレジスト中のベース樹脂と会合し、アントラセン発色団、ナフタレン発色団、或いはその組み合わせを備える、方法。

【請求項 2】

集中及び分離した特徴を含む、フォトマスク加工、半導体装置の製造又は基板への M E M S 特徴の加工における光近接効果を減少する方法であって、

3 6 4 n m ~ 4 3 6 n m の範囲の波長を有する撮像放射線の使用を可能にしながら光近接効果を減少するように D U V フォトレジストとともに機能する増感剤を前記 D U V フォトレジストに添加するステップを備え、

前記増感剤が、前記 D U V フォトレジスト中の光化学増幅化合物と会合し、アントラセン発色団、ナフタレン発色団、或いはその組み合わせを備える、方法。

【請求項 3】

前記 D U V フォトレジストが、置換ポリヒドロキシスチレン又はその共重合体を備える、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記光化学増幅化合物が、オニウム塩メタルハライド複合体、トリフリック及びその派生物、トシレート及びその派生物、並びに、メシレート及びその派生物からなる群から選択される、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記 D U V フォトレジストが、オニウム塩メタルハライド複合体である光化学増幅化合物を備える、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記オニウム塩メタルハライド複合体がアリアルスルホニウム塩である、請求項 5 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の背景】

【0001】

[0003] 1. 発明の分野

[0004] 本発明は、フォトマスク加工及び半導体製造において有用なフォトレジスト組成物に関わる。特に、フォトレジスト組成物は、集中した及び分離した特徴の組み合わせを表わすフォトマスクの製造を可能にする。フォトマスク加工に使用されるものと同じフォトレジストが半導体及び超小型電子機械系 (M E M) 処理に適用される。

【0002】

[0005] 2. 背景技術の簡単な説明

[0006] フォトレジスト組成物は、半導体装置構造の加工等において小型電子構成要素を作るため、小型機械系を作るため、及び、微生物学的構造を作るためにマイクロリソグラフィ処理において使用される。小型装置構造パターンは、パターン化されたマスキング層を通してブランケット処理で実現され得るタイムエコノミーにより基板への直接的な書き込みよりも半導体又は他の基板の上にあるパターン化されたマスキング層からパターンを転写することで典型的には作成される。マイクロ装置処理に関して、パターン化されたマスキング層は、半導体装置構造又はパターン化されるべき他の基板の表面にあるパターン化されたフォトレジスト層又はパターン化された「硬質」マスキング層 (典型的には無機材料或いは高温有機材料) でもよい。パターン化されたマスキング層は、フォトマスク又はレチクルとしてしばしば呼ばれる別のマスクを用いて典型的には生成される。レチクル

10

20

30

40

50

は、典型的にはガラス又は石英板上に堆積される薄層の金属含有層（例えば、クロム含有、モリブデン含有、又は、タングステン含有材料等）である。レチクルは、半導体構造又は他の基板の上にあるマスキング層上に再生成されるべき個々の装置構造パターンの「ハードコピー」を含むようにパターン化される。

【0003】

[0007]レチクルは、レチクル上にパターンを書き込む方法によって幾つかの異なる技法で作成され得る。現在の半導体構造の寸法要件により、書き込み方法は一般的にレーザ又は電子ビームを用いて行われる。レチクルを生成する典型的なプロセスは、ガラス又は石英板を設ける、ガラス又は石英表面にクロム含有層を堆積する、クロム含有層上に反射防止膜（ARC）を堆積する、ARC層上にフォトレジスト層を適用する、所望のパターンを生成するためにフォトレジスト層に直接的に書き込む、フォトレジスト層にパターンを現像する、クロム層にパターンをエッチングする、残留するフォトレジスト層を除去することを含む。書き込み放射線によって接触されるフォトレジスト層の領域が現像中により除去され易くなると、フォトレジストはポジワーキングフォトレジストと呼ばれる。書き込み放射線によって接触されるフォトレジスト層の領域が現像中に除去し難くなると、フォトレジストはネガワーキングフォトレジストと呼ばれる。最新のレチクル製造材料は、例えば、クロミウム、酸化クロム、オキシナイトライドクロム、モリブデン、ケイ化モリブデン、及びケイ化モリブデントングステンから選択される材料の層の組み合わせをしばしば含む。

【0004】

[0008]前述した通り、レチクル又はフォトマスクは、下にあるフォトレジストにパターンを転写するために使用され、このときレチクルの開領域を通してフォトレジストの表面上に照射されるブランケット放射線にレチクルは露光される。次に、フォトレジストが現像され、パターン化されたフォトレジストは典型的にはプラズマドライエッチング処理を用いてパターンを下にある半導体構造に転写するために使用される。

【0005】

[0009]半導体基板に対する形状要件が小さくなり、半導体装置及びMEMSに対する新しい適用法が単一のチップ上で論理及び記憶特徴の両方を混在させることを必要とすると、レチクル製造及び半導体チップ製造の両方に関して新しい問題が生ずる。メモリ装置が密（集中）の特徴を有する傾向にあり、論理装置はまばら（分離）の特徴を有する傾向にある。その結果、レチクルの製造に使用されるフォトレジストのパターンニング中、及び、半導体基板へのパターン転写に使用されるフォトレジストのパターンニング中に近接効果が観察される。

【0006】

[0010]例えば、500nm（0.50μm）～2000nm（2.0μm）の範囲の特徴限界寸法（CD）を有するようパターン化されたレチクルの加工において、標準ノボラックベースのG線、H線、又はI線フォトレジストの撮像中に光近接効果が観察された。特に、日本国の東京にある東京応化工業株式会社から市販されているiP3600フォトレジストのような標準的なI線フォトレジスト、又は日本国の大阪にある住友から市販されているPF188Aフォトレジストに関して、近接効果に起因する約20nm～約40nmのCDエラーがレチクルにパターンを転写するために使用されるべきパターン化されたフォトレジストにおいて観察され、パターン化されたレチクルのクロムにおいて観察される。

【0007】

[0011]図1は、レチクルの加工において使用される典型的な初期構造100を示す。この初期構造は、レチクルを加工する本方法の開発中に試験片の準備で一般的に使用されるものである。初期構造100は、上から下に、ノボラックベースのフォトレジストiX1100P（Sommerville, New JerseyのClariant Corp. から市販されている）の約5000Åの厚さの層108と、有機ARC、オキシナイトライドクロムの約500Åの厚さの層106と、本質的にはクロムであるマスク材料

の約200Åの厚さの層104と、酸化珪素含有基板102とを含む積層体である。

【0008】

[0012]レチクル試験片の初期加工において観察された相当の大きさの20nm～40nmのCDエラーに鑑みて、連続的な書き込みレーザツールのパラメータを全て検査してどのパラメータがCDエラーの原因であるかを判断するために相当の努力が費やされた。その仕事の詳細は、レーザツールのパラメータがCDエラーの原因でないと判断されたためここでは詳述しない。CDエラーは、撮像及び現像中のフォトレジスト材料の挙動の結果として生じたものであることが判明した。

【0009】

[0013]図2Aは、図1に示すフォトレジスト層108の概略的な平面図200を示し、第1のパターン、特にバーパターン202がフォトレジスト層108の上部表面201に書き込まれる。バー線203と204の間の距離 d_1 は、約2000nm（約2.0 μ m）であり、可能な限り厳しく制御されるCDを表す。各バー203及び204の厚さは約2.0 μ mである。距離 d_2 は、バーパターン202の長さを表し、約5700 μ mである。

【0010】

[0014]図2Bは、図1に示すフォトレジスト層108の概略的な平面図220を示し、第2のパターン、特に、ステップパターン222がフォトレジスト層108の上部表面221に書き込まれる。ステップパターン222の各半分の間の距離 d_1 は、約2.0 μ mであり、CDを表す。 d_2 は、約5,700 μ mであり、各ステップの長さ d_3 は約317 μ mであるが、上ステップ224だけは約2×317 μ mである。ステップパターン222の各端の端ステップ226の高さ（厚さ） d_4 は約6.5 μ mであり、中央ステップ224の高さ d_5 は約512 μ mである。

【0011】

[0015]フォトレジストはポジフォトレジストであるため、フォトレジストを放射線に露光し、放射線によって生成されるパターンを現像して照射領域におけるフォトレジストを除去することで取り除かれた空間が発生される。図2Aを参照するに、バー203及び204は、約270nmの半強度ビーム径（スポットサイズ）の連続的な波レーザを用いる直接的な書き込みによって照射される。図2Bを参照するに、ステップパターン222の各半分は、同じ連続的なレーザを用いて直接的な書き込みによって照射され、このときレーザは照射されたパターンを発生させるためにフォトレジスト108の表面にわたって走査される。初期構造の表面にパターンを書き込んだ後、フォトレジスト層108におけるパターンは現像され、下にあるARC層106及びクロム層104を通して転写され、石英基板102の上部表面103上にクロムパターン（図示せず）が発生される。

【0012】

[0016]図3Aは、図2Aに示す「X」方向に移動される距離の関数として、石英基板108（図2Aによる）の上部表面上に発生されるクロム線の距離 d_1 に対する平均CDを示す。CDにおけるばらつきは、 $X=0\mu$ mにおける約1753nmから $X=2700\mu$ mにおける約1746nm、更には、 $X=5400\mu$ mにおける約1754nmまで変動する。CDにおける差は、クロム線の全長にわたって約7～8nmだけである。

【0013】

[0017]図3Bは、図2Bに示す「X」方向に移動される距離の関数として、石英基板108（図2Bによる）の上部表面上に発生されるクロム線の距離 d_4 に対する平均CDを示す。CDにおけるばらつきは、 $X=0\mu$ mにおける約1780nmから $X=2700\mu$ mにおける約1758nm、更には、 $X=5400\mu$ mにおける約1782nmまで変動する。CDにおける差は、クロム線の全長にわたって23nmである。

【0014】

[0018]図2A及び図2Bに例示される構造に対して得られる線のCD範囲における差は、線に隣接して放射線に露光されるフォトレジスト108の面積の大きさの差から結果として生ずる近接効果によるものである。これら近接効果は、フォトレジストローディング

10

20

30

40

50

効果としばしば呼ばれる。

【0015】

[0019]特徴の一部が集中し、別の部分が分離しているレチクルの加工をより可能にするため、フォトレジストローディングによるパターン化されたレチクルにわたって観察されるCDにおける変化を減少させることが非常に望ましいことは明らかであろう。

[0020]

【発明の概要】

【0016】

[0021]フォトレジスト組成物及びレチクルの加工においてフォトレジストを用いる方法は、パターン化されたレチクルの表面にわたってレチクル特徴の限界寸法におけるばらつきを減少するように設計され、このとき限界寸法におけるばらつきは局所化されたレジストローディングによるものである。

【0017】

[0022]特に、レチクルの製造において有用なフォトレジストを開発し、フォトレジストは、G線、H線、I線パターンニング放射線に露光される。フォトレジストは、キャストリング溶媒と、変性フェノール置換樹脂と、光化学増幅化合物と、アントラセン或いはその派生物、ナフタレン或いはその派生物、及びこれら材料の混合物からなる群から選択される増感剤とを含む。制限的ではなく例として、増感剤は典型的にはアントラセン、9-フェノキシメチルアントラセン、1,4-ジメトキシアントラセン、9-アントラセンメタノール、9,10-ジメチルアントラセン、ナフタレン及び2-ヒドロキシル-1,4-ナフトキノンからなる群から選択される。キャストリング溶媒は、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート(PMA、PGMEA)、エトキシエチルプロピオネート、エチルセルソルブアセテート、ジグリム及びその組み合わせのような材料から選択される。

【0018】

[0023]フォトレジストのベース樹脂は、変性フェノール系樹脂、変性ノボラック樹脂、及びその組み合わせから選択される。一つの特に有利なベース樹脂は、置換ポリヒドロキシシスチレン又はその共重合体である。

【0019】

[0024]光化学増幅化合物(PAC)は、制限的でなく例として、オニウム塩メタルハライド複合体、トリフリック酸及びその派生物、トシレート及びその様々な派生物、及びメシレート及びその様々な派生物等技術において公知のものである。しばしば使用されるPACの一つは、アニールスルホニウム塩である。

【0020】

[0025]上述の増感剤の使用により、G線=436nm、H線=405nm、及びI線=364nmの放射線波長で光活性化化合物(PAC)から重合体のベース材料への効率的なエネルギー移動が可能となる。この効率的なエネルギー移動は、レジストを撮像するためにより少ないパワーを必要とすることを意味し、レジストへのパターンの直接的な書き込みは、連続的な書き込みレーザー(制限的でなく例として)によってより急速に行われる。より重要なことは、フォトレジストの(撮像の)照射中に生成される副生成物がフォトレジストをパターン化するために使用される現像剤と相互作用しないため、同じレチクル上に集中した及び分離した特徴の両方が存在する場合に起こる光近接効果が減少される。したがって、集中した及び分離した特徴の両方が存在する場合にレチクル表面上でのCDにおける変化を減少することが可能となる。増感剤は、PMA、変性フェノール置換樹脂、及び化学増幅液のようなキャストリング溶媒の組み合わせに単に混合されてもよく、或いは、増感剤はフェノール置換ベース樹脂又は化学増幅液に結合されてもよい。

【0021】

[0026]レチクル加工に適用されるのと同じコンセプトが半導体基板への上述のフォトレジストのパターンニングにも適用される。正しい増感剤の添加により、例えば、I線撮像系がより制御された特徴の大きさを生成するために使用され、I線撮像系の能力をより小さ

い寸法特徴、例えば、約 $0.3\ \mu\text{m}$ の特徴の大きさまで広げることができる。G線及びH線撮像系において、撮像系の機能性もより小さい寸法特徴にまで広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】レチクルの加工で使用される典型的な初期構造100を示す図である。

【図2A】図1に示すフォトリジスト層108の概略的な平面図であり、第1のパターン、特にバーパターン202がフォトリジスト層108の上部表面201に書き込まれている図である。

【図2B】図1に示すフォトリジスト層108の概略的な平面図220であり、第2のパターン、特にステップターン222がフォトリジスト層108の上部表面201に書き込まれている図である。

【図3A】図2Aに示す「X」方向に移動される距離の関数として、石英基板108（図2Aによる）の上部表面に生成されるクロム線の距離 d_1 に対する平均CDを示す図である。

【図3B】図2Bに示す「X」方向に移動される距離の関数として、石英基板108（図2Bによる）の上部表面に生成されるクロム線の距離 d_4 に対する平均CDを示す図である。

【図4】図2Bに示す「X」方向に移動される距離の関数として、石英基板108（図2Bによる）の上部表面に生成されるクロム線の距離 d_4 に対する平均CDを示す図である。しかしながら、図4を参照するに、本発明のフォトリジストは本開示の「背景技術」で記載した種類のジアゾキノン増感されたノボラックベースのフォトリジストよりもフォトリジスト層108を生成するために使用される。

【実施形態の詳細な説明】

【0023】

[0035] 詳細な説明の前書きとして、本明細書及び添付の特許請求の範囲において、特に明確に記載しない限り構成要素は単数形及び複数形も含むことに注意する。

【0024】

[0036] 電子産業における最近の進歩により、メモリ及び論理装置を同じチップ上に配置する必要性が生じた。このような装置を混在させることは、メモリ装置が集中配置特徴を利用する傾向にある一方で論理回路が分離特徴をしばしば利用するため、処理を困難にする。半導体基板にパターンを転写するために使用されるフォトリジストを撮像するために使用されるフォトマスク（レチクル）の処理は近接効果に影響を及ぼされる。更に、撮像されたフォトリジスト自体が同じ近接効果によって影響を及ぼされる。レチクルにパターンを生成するために使用されるフォトリジストにパターンを書き込むために使用されるツールの製造業者は、レチクルの表面上での特徴限界寸法（CD）におけるばらつきを減少させるために書き込みツールに悪影響を及ぼす変数を注意深く調査した。特に、オレゴン州ヒルスボロにあるETECシステムズ社は、レチクルにパターンを転写するために使用されるフォトリジストにパターンを書き込むために連続的な波直接書き込みレーザを用いる自身の商標ALTA3700ツールを調査した。相当量の調査の後、問題は書き込みツールではなく、フォトリジストを現像するために使用される現像器と、フォトリジスト上にパターンを書き込む際に生成される副生成化合物との間で行われる反応によるものであることがわかった。

【0025】

[0037] レチクルをパターン化するために使用されるフォトリジストが基本的には基板にパターンを転写するために半導体基板の表面に使用されるものと同じフォトリジストであるため、当業者は半導体処理に関してなぜこの問題が生じなかったのか疑問に思うであろう。その理由は、レチクル上の特徴が半導体基板上の特徴よりも典型的には約4倍大きいからである。180nm～250nmの範囲の半導体装置の特徴を得るために半導体処理業界は、フォトリジストの遠紫外線（DUV）248nm撮像まで行った。しかしながら、レチクル製造業者は、レチクルをパターン化するために使用されるフォトリジストを撮

像するためにG線(=436nm)、H線(=405nm)、又はI線(=364nm)放射線をまだ使用することが可能である。

【0026】

[0038] ETECシステムズ社は、DUV撮像系ならびにI線撮像系を提供し、出願人は、現像器がフォトレジスト撮像中に生成される副生成物と反応する問題は、G線、H線、及びI線撮像系と組み合わせて使用されるノボラックベースの樹脂系に固有であることを発見した。出願人は、DUV撮像系と組み合わせて使用されるフォトレジストシステムに関しては同じ現像問題を観察していない。特に、化学的に増幅されたDUVフォトレジスト、DX1100が、例えば、I線パターンニングに使用されるノボラックベースの樹脂で観察された厳密なフォトレジストローディング問題を示すことは観察されていない。しかしながら、DX1100フォトレジストは、基本的には、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート(PMA、PGMEA、又は1-メトキシ-2-プロピルアセテート)キャストリング溶媒、変性フェノールポリマー、及び、オニウム塩メタルハライド複合体を化学増幅液として含む。このフォトレジストは、I線フォトレジストを撮像するために使用される放射線波長では実施されない。

10

【0027】

[0039] 出願人は、DX1100 DUVフォトレジストに増感剤を添加することでI線フォトレジストを撮像するために使用される364nm放射線に露光されるとき上記フォトレジストを実施することを可能にする。特に、アントラセンメタノール、アントラセン、又は、ジフェニルマライミドタイプの化合物のような増感剤がDUVフォトレジストに添加される。出願人の新しいフォトレジストは、次の固体を含む：約75重量%～約85重量%のプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテートと、約20重量%～約30重量%の変性フェノール系樹脂と、約0.1重量%～約2重量%のアリールスルホニウム塩のような光活性剤と、約0.1重量%～約2重量%のアントラセン又はナフタレン或いはその派生物の形態にある増感剤とを含む。このような増感剤は、制限的でなく例として、アントラセン、9-フェノキシメチルアントラセン、1,4-ジメトキシアントラセン、9-アントラセンメタノール、9,10-ジメチルアントラセン、ナフタレン及び2-ヒドロキシル-1,4-ナフトキノンを含む。固体は典型的にはPGMEAインベンタ或いは等価溶媒に溶解される。一つの好ましい実施形態では、固体は13.4重量%のプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテートと、約2.6重量%の変性フェノール系樹脂と、約2.0重量%のアリールスルホニウム塩と、約2.0重量%の上記に列挙した化合物から選択される増感剤とである。増感剤は、単にDUVフォトレジストと混合され、混合物は基板表面にスピンコーティングで適用される前にミリポア・フィルタでフィルタ処理される。増感剤がフォトレジストのベースポリマーと会合される或いは結合される、又は、フォトレジストのPACと会合し或いは結合されることが重要である。特に、当業者はアントラセン又はナフタレン或いはアントラセン/ナフタレン発色団が結合された状態でベースポリマー又はPACのいずれかを合成することができる。

20

30

【0028】

[0040] DUVレジスト製造業者によって現在推奨されている手順と同じものが基板へのフォトレジストの適用に使用され得る。フォトレジストの適用後、フォトレジストは、約7分から約15分の範囲の時間にわたって約110℃で適用後焼成(PAB)を受ける。フォトレジストの適用及び直接書き込み連続波UVレーザを用いる商標ALTA3700撮像系を使用するフォトレジストの撮像後、フォトレジストは、AZ300MIF現像器(ニュージャージー州ソマービル市にあるClariant社より市販されている)でスピン/スプレー処理を用いて現像される。この現像器は、2.38重量%溶液のテトラメチルアンモニア水酸化物(TMAH)である。この現像時間は、約60秒である。現像の施行の停止と同時に、CO₂散布された又はCO₂再イオン化された水が最初の15秒間約300rpmで、残りの15秒間1500rpmで約30秒間施行される。更に、スプレーパドルを介してすすぎが開始され、続いて、2000～2500rpmで約90～120秒間スピン乾燥ステップが行われる。

40

50

【0029】

[0041] フォトレジスト中のパターンがドライエッチング処理を用いて下にあるフォトマスク構造に転写される。基板は、平均対目標偏差を減少する状況の下高密度プラズマでエッチングされ、好ましいCD均一性が維持される。プラズマエッチングは、デスカム／有機ARC（BARC）除去、オキシナイトライドクロム（無機ARC）／クロムエッチング、及びオーバーエッチングの3段階プロセスを用いて誘導結合プラズマ（ICP）エッチングツールで実施される。

【0030】

[0042] アプライドマテリアルズ社の（カリフォルニア州サンタクララ市にあるアプライドマテリアルズ社より市販されている）TETRA(R)DPS™エッチングシステムのよ
10
うなプラズマエッチングシステムが優れた結果を提供するために使用されてもよい。プラズマ生成及び基板バイアスに対して別々の電力の印加を可能にするプラズマ処理システムは、一般的にデカップルプラズマ源（DPS）と呼ばれる。基板バイアスは、プラズマから基板表面の方向にイオン及び他の高エネルギー種を引き付けるために使用され、それにより異方性エッチングが可能となる。プラズマ生成用の電力と基板バイアス用の電力の別々の印加により、プラズマ密度と基板の表面で生じる引力（DC電圧）を別々に制御することが可能となる。

【0031】

[0043] 3段階エッチング工程のデスカム／ARC（BARC）除去段階は、現像後に開
20
領域に残留する全ての残留フォトレジストを除去し、開領域から有機ARC（BARC）層を除去する。これは、酸素プラズマを用いて達成される。DCバイアスは、レチクル表面に対して垂直に高運動エネルギー及び方向性でレチクル表面に衝突するようプラズマからの酸素イオンを加速するためにデスカム／BARC除去段階中に基板に印加される。これには、酸素ガスが用いられ、低電極（レチクル板が上におかれる）だけに電力を供給し、プラズマとレチクルとの間に高DCバイアスを有した状態で容量結合プラズマを生成することで達成される。典型的には、このプロセスは、約3mトル～約8mトルの圧力でプロセスチャンバにおいて行われる。酸素のプラズマ源ガスが約17sccmの流速でプロセスチャンバに供給される。13.56MHzの周波数で約125WのRF電力が低電極（陰極）に印加される。これにより、約-310～-410ボルトのDCバイアスがフォ
30
トマスク基板表面に与えられる一方で、酸素プラズマがレチクル表面に供給される。レチクル板の温度は25℃の範囲であり、チャンバ壁の温度は40℃の範囲にある。デスカム／ARC（BARC）除去時間は約30秒である。デスカム／ARC（BARC）除去プロセスによるフォトレジストロス
は約750Åである。

【0032】

[0044] オキシナイトライドクロム（無機ARC）／クロムマスク層エッチングは、塩素-酸素-ヘリウムガス混合物から生成されるプラズマを用いて行われる。塩素：酸素：ヘリウムガス混合物の分子比は約50：10：22である。合計ガス流速は約82sccmである。ICPコイルは、高密度プラズマを生成するために2MHzで約60Wに動力を供給される。低電極は、基板上で約-50VのDC電圧を生成するために約13.56MHzで約5Wに電力を供給される。レチクル板の温度は約25℃であり、プロセスチャン
40
バの壁温度は約40℃である。エッチングのエンドポイントは、光学反射率によって検出され、約200秒で起こる。典型的には、より高い酸素濃度及びより低い圧力は、より高い平均対目標偏差及びより低い選択性を生じ、より好ましいCD均一性を支持する。当業者は、彼／彼女の特定の装置に対するプロセスを最適化することができる。

【0033】

[0045] 典型的には、クロム層は、全ての開領域から残留クロムを取り除くためにエンドポイントを超えてオーバーエッチングされる。一般的に、オーバーエッチング段階は、上述のクロムエッチングプロセスの延長である。オーバーエッチング段階が長いと、平均対目標偏差が結果として高くなる。クロムスポット欠陥密度は、オーバーエッチングの長さによって影響を及ぼされ、オーバーエッチングプロセスが長いと欠陥密度が低くなる。
50

【0034】

[0046]クロム層エッチングの完成後、クロム層の表面から全ての残留する汚染物質を除去するために剥離及び洗浄プロセスが実施される。使用される剥離用化学物質は、硫黄過酸化物であり、これは約75℃に加熱され、基板の表面に塗布される。硫黄過酸化物による処理の後、基板はCO₂再イオン化された又はCO₂散布された脱イオン化された水ですすがれる。剥離後、基板は、工業規格70:30H₂SO₄/H₂O₂溶液で酸洗浄され、続いて別の脱イオン化された水ですすがれる。剥離ステップは、カリフォルニア州サンタクララのSTEAG-HAMMATECH(R)から市販されているStea g ASC500ウェット化学処理ステーションで実施される。

【0035】

10

[0047]例1－比較例

[0048]以下の記載は制限的ではなく例として、I線フォトリソスト系に関するものである。

【0036】

[0049]前述したように、図2Aは、図1に示すフォトリソスト層108の概略的な平面図200を示し、第1のパターン、特にバーパターン202がフォトリソスト層108の上部表面201に書き込まれる。バー線203と204の間の距離d₁は、約2000nm(約2.0μm)であり、可能な限り厳しく制御されるCDを表す。各バー203及び204の厚さは約2.0μmである。距離d₂は、バーパターン202の長さを表し、約5700μmである。

20

【0037】

[0050]図2Bは、図1に示すフォトリソスト層108の概略的な平面図220を示し、第2のパターン、特に、ステップパターン222がフォトリソスト層108の上部表面221に書き込まれる。ステップパターン222の各半分の間の距離d₁は、約2.0μmであり、CDを表す。距離d₂は、約5,700μmであり、各ステップの長さd₃は、約317μmであるが上ステップ224だけは約2×317μmである。ステップパターン222の各端の端ステップ226の高さ(厚さ)d₄は約6.5μmであり、中央ステップ224の高さd₅は約512μmである。

【0038】

[0051]フォトリソストはポジフォトリソストであるため、フォトリソストを放射線に露光し、放射線によって生成されるパターンを現像して照射領域におけるフォトリソストを除去することで取り除かれた空間が発生される。図2Aを参照するに、バー203及び204は、約270nmの半強度ビーム径(スポットサイズ)の連続的な波レーザを用いる直接的な書き込みによって照射される。図2Bを参照するに、ステップパターン222の各半分は、同じ連続的なレーザを用いて直接的な書き込みによって照射され、このときレーザは照射されたパターンを発生させるためにフォトリソスト108の表面にわたって走査される。初期構造の表面にパターンを書き込んだ後、フォトリソスト層108におけるパターンは現像され、下にあるARC層106及びクロム層104を通して転写され、石英基板102の上部表面103上にクロムパターン(図示せず)が発生される。

30

【0039】

40

[0052]図3Aは、図2Aに示す「X」方向に移動される距離の関数として、石英基板108(図2Aによる)の上部表面上に生成されるクロム線の距離d₁に対する平均CDを例示するグラフ300を示す。平均CDは、図3Aの軸302に示され、「X」方向に移動される距離は軸304に示される。曲線306によって例示されるように、CDのばらつきは、X=0μmにおける約1753nmからX=2700μmにおける約1746nm、更には、X=5400μmにおける約1754nmまで変動する。CDにおける差は、クロム線の全長にわたって約7~8nmだけである。

【0040】

[0053]図3Bは、図2Bに示す「X」方向に移動される距離の関数として、石英基板108(図2Bによる)の上部表面上に生成されるクロム線の距離d₄に対する平均CDを

50

例示するグラフ 3 0 2 を示す。平均 C D は、図 3 B の軸 3 2 2 に示され、「X」方向に移動される距離は軸 3 2 4 に示される。曲線 3 2 6 によって例示されるように、C D のばらつきは、 $X = 0 \mu m$ における約 1 7 8 0 nm から $X = 2 7 0 0 \mu m$ における約 1 7 5 8 nm、更には、 $X = 5 4 0 0 \mu m$ における約 1 7 8 2 nm まで変動する。C D における差は、クロム線の全長にわたって 2 3 nm である。一連の同様の例は、約 2 0 nm ~ 約 4 0 nm の範囲にある C D における差を示す。

【0 0 4 1】

[0054] 例 2 :

[0055] 図 4 は、図 2 B に示す「X」方向に移動される距離の関数として、石英基板 1 0 8 (図 2 B による) の上部表面に生成されるクロム線の平均 C D を例示するグラフ 4 0 0 を示す。しかしながら、試験片を加工するために使用されるフォトレジストは、以前 I 線撮像に使用されたジアゾキノ増感されたノボラックベースのフォトレジストではなく、出願人の 9 -アントラセンメタノール増感剤が添加された D X 1 1 0 0 D U V フォトレジストである。特に、図 4 は、平均 C D を軸 4 0 2 に示し、「X」方向に移動される距離を軸 4 0 4 に示す。曲線 4 0 6 に例示するように、C D のばらつきは、 $X = 0 \mu m$ における約 1 7 5 5 nm から $X = 2 7 0 0 \mu m$ における約 1 7 4 6 nm、更には、 $X = 5 4 0 0 \mu m$ における約 1 7 5 5 nm まで変動する。C D における差は、クロム線の全長にわたって約 9 nm だけである。

【0 0 4 2】

[0056] この C D におけるばらつきは、図 2 A を参照して説明したとおり、線 2 0 2 を定めるために 2 . 0 μm の厚さのバー 2 0 2 及び 2 0 3 だけを使用したときに得られた C D におけるばらつきと非常に類似する。これは、ノボラックベースのフォトレジストではなく本発明によるフォトレジストが I 線パターンニングに使用されるとき、ノボラックベースのフォトレジストで生ずるフォトレジストローディング効果を回避することが可能であることを明確に示唆している。前述の通りに撮像され現像される本発明のフォトレジストは、最小限の C D エラーで集中した及び分離した特徴の両方を含むレチクルを生成することを当業者に可能にさせる。

【0 0 4 3】

[0057] 更に、本開示を読む当業者は、半導体基板をパターン化するためにジアゾキノノボラックベースのフォトレジストではなく本発明のフォトレジストを用いることでより小さい特徴の生成まで G 線、H 線、及び I 線撮像系を拡大することができる。

【0 0 4 4】

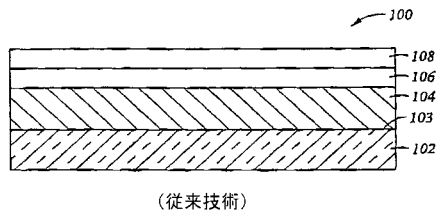
[0058] 上述の典型的な実施例は、本発明の範囲を制限することを意図せず、当業者は、本開示に鑑みて上記実施例を添付の特許請求の範囲に開示する本発明の技術的内容に対応するよう展開し得るであろう。

【符号の説明】

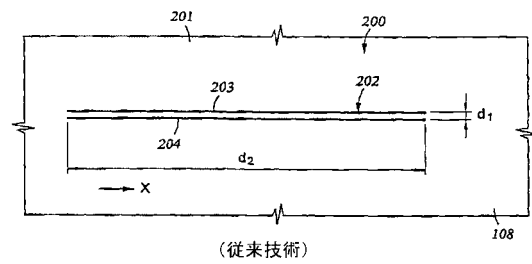
【0 0 4 5】

1 0 0 … 初期構造、1 0 2 … 基板、1 0 3 … 上部表面、1 0 4 … マスク層、1 0 6 … 無機 A R C 層、1 0 8 … フォトレジスト層、2 0 1 … 上部表面、2 0 2 … バーパターン、2 0 3, 2 0 4 … バー、2 2 1 … 上部表面、2 2 2 … ステップパターン、2 2 4 … 上ステップ、2 2 6 … 端ステップ、3 0 2, 3 2 2, 4 0 2 … 平均 C D を示す軸、3 0 3, 3 2 4, 4 0 4 … 「X」方向に移動した距離を示す軸、3 0 6, 3 2 6, 4 0 6 … 曲線。

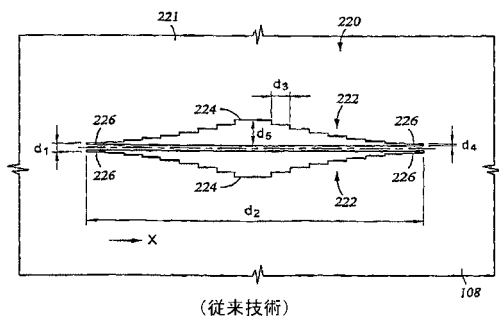
【図 1】



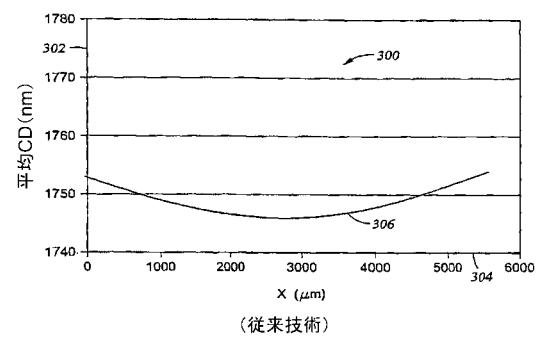
【図 2 A】



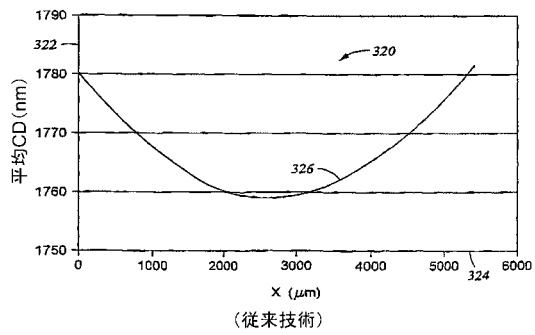
【図 2 B】



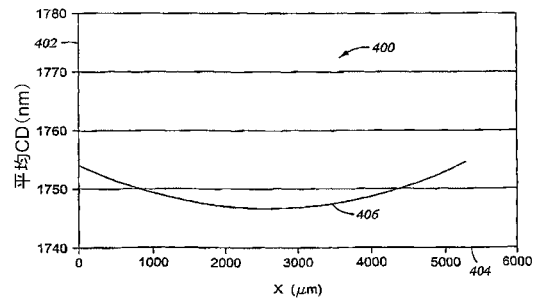
【図 3 A】



【図 3 B】



【図 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100107456

弁理士 池田 成人

(74)代理人 100140578

弁理士 沖田 英樹

(72)発明者 モントゴメリー, メルヴィン, ダブリュー.

アメリカ合衆国, ワシントン州, カマス, ノースウエスト パス ストリート 4 4 2 1

(72)発明者 ハマカー, クリストファー

アメリカ合衆国, オレゴン州, ヒルズボロー, ノースウエスト エヴァーグリーン パーク
ウェイ 2 1 5 1 5

Fターム(参考) 2H095 BA01 BB12 BC01

2H125 AF01P AF16P AF69P AH01 AJ03X AM80P AN11P AN12P AN29P AN39P

AN41P BA11P CA12 CB06 CB07 CC03 CC15