

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 2 区分

【発行日】平成 26 年 5 月 1 日 (2014.5.1)

【公表番号】特表 2013-527595 (P2013-527595A)

【公表日】平成 25 年 6 月 27 日 (2013.6.27)

【年通号数】公開・登録公報 2013-034

【出願番号】特願 2013-500167 (P2013-500167)

【国際特許分類】

H 0 1 L 21/027 (2006.01)

H 0 1 L 21/3065 (2006.01)

H 0 1 L 21/265 (2006.01)

H 0 5 H 1/46 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 7 0

H 0 1 L 21/302 1 0 5 A

H 0 1 L 21/265 F

H 0 5 H 1/46 A

【手続補正書】

【提出日】平成 26 年 3 月 11 日 (2014.3.11)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レジスト特徴を処理する方法であって、

プラズマシースに面する基板の第 1 の表面に隣接する前記プラズマシースを有するプラズマをプロセスチャンパー内に生成するステップと、

前記プラズマと前記プラズマシースとの間に画定される境界の形状をプラズマシース調整器で調整するステップであって、前記境界の前記形状の一部が、前記基板の前記第 1 の表面により画定される平面に対して平行にならず、前記プラズマからのイオンは、前記平面に対して、ある入射角度の範囲にわたり前記基板の表面に衝突する、ステップと、を含む、レジスト特徴の処理方法。

【請求項 2】

前記調整する動作は、一対のパーツにより画定されるギャップを生成するステップを含み、前記パーツは、絶縁体、半導体及び金属のうちの 1 つから成り、

前記ギャップ周囲の前記境界の前記形状は、前記平面に対し凸形状である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記調整する動作は、プレート内にギャップを生成するステップを含み、前記プレートは、絶縁体、導体及び半導体のうちの 1 つから成り、

前記ギャップ周囲の前記境界の前記形状は、前記平面に対し凸形状である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記入射角度の範囲は、0 ° を中心に、+ 6 0 ° と - 6 0 ° との間である、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記基板上のパターン化レジスト特徴のライン幅ラフネス（LWR）を実質的に低減するように、イオンのエネルギー及び種をアレンジする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

レジスト特徴を前記基板に配置し、前記プラズマからのイオンの衝突は、低周波のLWRを大幅に低減するのに十分である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記プラズマからの前記イオンは、不活性ガスイオンである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

基板をパターンングする方法であって、

第 1 組のパターン化レジスト特徴を前記基板上に提供するステップと、

前記基板に対して、ある入射角度範囲にわたり前記基板に入射するイオンを供給するように操作可能なプラズマシース調整器から引き出されるイオンの第 1 の照射に、前記第 1 組のパターン化レジスト特徴をさらすステップと、

第 2 組のパターン化レジスト特徴を形成するように、前記基板にリソグラフィーパターンングプロセスを行うステップと、
を含む、基板をパターンングする方法。

【請求項 9】

ダブルパターンングリソグラフィープロセスを用いて、前記第 1 及び第 2 組のパターン化レジスト特徴を形成する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記イオンの第 1 の照射は、前記第 1 組のパターン化レジスト特徴を硬化させて、前記第 2 組のパターン化レジスト特徴を形成するために用いられる前記リソグラフィーパターンングプロセスの間に、前記第 1 組のパターン化レジスト特徴を無傷のまま残すように操作可能である、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記プラズマシース調整器は、第 1 の絶縁体部分と第 2 の絶縁体部分とを備え、これらの絶縁体部分間に画定されるギャップに近接するプラズマの境界の形状が、前記基板の平面に対し凸形状となるようにする、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記イオンの第 1 の照射は、不活性ガスイオンの暴露を含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 13】

前記イオンの第 1 の照射のイオンエネルギーは、20 keV未満である、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 1 組のパターン化レジスト特徴のライン幅ラフネス（LWR）は、前記イオンの第 1 の照射後に実質的に低減される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 15】

前記第 1 及び第 2 組のパターン化レジスト特徴を、広い角度範囲にわたり前記基板に入射するイオンを供給するように操作可能なプラズマシース調整器から取り出されるイオンの第 2 の照射にさらすステップをさらに含み、

前記第 2 組のパターン化レジスト特徴のライン幅ラフネス（LWR）が、前記イオンの第 2 の照射後に低減される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 16】

基板にパターン化結晶特徴を注入する方法であって、

プロセスチャンバー内に位置付ける基板の第 1 の面に隣接するプラズマシースを有するプラズマをプロセスチャンバー内に生成するステップと、

前記プラズマと前記プラズマシースとの間の境界の形状の一部が、前記プラズマに面する前記基板の前面により画定される平面に対して平行にならないように、前記境界の前記形状をプラズマシース調整器で調整するステップと、

前記基板と前記プラズマとの間にバイアスをかけるステップであって、イオンが、前記

パターン化結晶特徴にファセッティングを生じることなく、広い入射角度範囲にわたり前記パターン化結晶特徴内に注入されるようにするステップと、
を含む、基板にパターン化結晶特徴を注入する方法。

【請求項 17】

前記パターン化結晶特徴は、シリコンベースの特徴である、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

基板のホールを処理する方法であって、

プラズマシースに面する基板の第 1 の表面に隣接する前記プラズマシースを有するプラズマをプロセスチャンパー内に生成するステップであって、前記基板は、前記第 1 の表面に対しある角度を成すホールの側壁表面を含む、ステップと、

前記プラズマと前記プラズマシースとの間に画定される境界の形状をプラズマシース調整器で調整するステップであって、前記境界の前記形状の一部が、前記基板の前記第 1 の表面により画定される平面に対して平行にならず、前記プラズマからのイオンが、ある入射角度範囲にわたり前記ホールの側壁表面に衝突する、ステップと、
を含む、基板のホールを処理する方法。

【請求項 19】

前記イオンは、前記ホールの側壁表面上で凝縮するように配置される種を含む、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記調整する動作は、プレート内にギャップを生成するステップを含み、前記プレートは、絶縁体、金属及び半導体のうちの 1 つから成り、

前記ギャップ周囲の前記境界の前記形状は、前記基板の前記第 1 の表面により画定される平面に対し凸形状である、請求項 18 に記載の方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0003】

図 1c に例示するように、フォトレジストの未硬化部分 114b は、はがされ、マスクのアーチャパターンに対応する三次元フォトレジストの特徴、すなわちレリーフ（フォトレジストの硬化部分 114a）が基板 112 に残る。次いで、基板 112 をエッチングして、マスクのアーチャパターンのネガの像に対応するトレンチ 116 を形成することができる（図 1d）。残存するフォトレジスト 114a を除去して、パターンングされた基板を形成することができる（図 1e）。金属層をトレンチに堆積すれば、所望のパターンを有する回路を基板 112 に形成することができる。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

【図 1a】従来の光リソグラフィプロセスのステップを例示する基板の概略断面図である。

【図 1b】従来の光リソグラフィプロセスのステップを例示する基板の概略断面図である。

【図 1c】従来の光リソグラフィプロセスのステップを例示する基板の概略断面図である。

【図 1d】従来の光リソグラフィプロセスのステップを例示する基板の概略断面図である。

【図 1 e】従来の光リソグラフィプロセスのステップを例示する基板の概略断面図である。

【図 2】マスクのアパーチャパターンの像を基板に投影するための従来の光リソグラフィシステムの概略図である。

【図 3 a】本発明の一実施形態による基板処理システムの概略図である。

【図 3 b】本発明の実施形態により提供されるような基板に入射するイオン粒子の例示的な角度分布を示す図である。

【図 4】本発明の例示的特徴を示すプラズマシース調整器及びレジスト特徴の概略断面図である。

【図 5】a ~ d は、三次元レジストパターンを処理する実施形態の例示的な結果を示す図である。

【図 6】既知のイオン注入にさらした後のパターン化シリコン特徴を示す図である。

【図 7】例示の広角度範囲のイオンフラックスにさらした後のパターン化シリコン特徴を表わす図である。

【図 8 a】一実施形態による三次元処理の断面図である。

【図 8 b】一実施形態による三次元処理の平面図である。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 2】

プラズマ 3 0 6 と基板 1 1 2 との間に、1 つ以上のプラズマシース調整器 (plasma sheath modifiers) 3 1 2 を配置することができる。本実施形態では、プラズマシース調整器 3 1 2 は、互いにギャップ「y」だけ相隔たる一対の調整器パーツ 3 1 2 a 及び 3 1 2 b を備えることができる。別の実施形態では、プラズマシース調整器 3 1 2 は、単一の調整器パーツを備えることができる。さらに他の実施形態では、プラズマシース調整器 3 1 2 は、ギャップを規定する互いに相隔たる 3 つ以上の調整器のパーツを備えることができる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 4】

プラズマシース調整器 3 1 2 が 2 つ以上のパーツを備える場合、これらのパーツは同じ平面又は異なる平面に配置することができる。例えば、処理システム 3 0 0 内に含まれるプラズマシース調整器 3 1 2 は、2 つの調整器パーツ 3 1 2 a 及び 3 1 2 b を備えることができる。調整器パーツ 3 1 2 a 及び 3 1 2 b は、基板 1 1 2 と各調整器パーツとの間の垂直間隔「z」が同じとなるように、同一平面内に配置することができる。別の実施形態では、プラズマシース調整器 3 1 2 は、2 つの調整器パーツ 3 1 2 a 及び 3 1 2 b を備えることができ、各調整器パーツ 3 1 2 a 及び 3 1 2 b は、基板 1 1 2 から異なる垂直間隔「z」だけ相隔てることができる。プラズマシース調整器を備える処理システムの追加の説明は、米国特許同時係属出願第 1 2 / 4 1 8 , 1 2 0 号、2 0 0 9 年 4 月 3 日に出版し米国特許番号 7 , 7 6 7 , 9 7 7 として発行された米国特許同時係属出願第 1 2 / 4 1 7 , 9 2 9 号、及び米国特許同時係属出願第 1 2 / 6 4 4 , 1 0 3 号に見いだすことができ、各々は、本明細書にその全体が参照用として組み込まれるものとする。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

動作中、その場で又は遠隔地で生成されたプラズマは、プロセスチャンバー302内に含めることができる。プラズマ306は、所望の種の電子、陽子、原子イオン又は分子イオン、中性イオン及びラジカルイオンを含むフラグメントを含むことができる。本発明では、プラズマ306は、基板112上の材料をドーブしたり、エッチングしたり、又は堆積したりするのに用いることができる。プラズマ306中に含まれる種は、1つ以上の特定の種に限定されない。種は、I族及び3A～8A族からの1つ以上の元素を含むことができる。プラズマ306に含まれる種の例は、水素(H)、ヘリウム(He)又は他の希ガス、炭素(C)、酸素(O)、窒素(N)、ヒ素(As)、ホウ素(B)、リン(P)、アンチモン、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、カルボラン $C_2B_{10}H_{12}$ 又は他の分子化合物を含むことができる。図3aに例示するように、プラズマ306は、その周辺付近にプラズマシース308も含み得る。本実施形態では、プラズマシース308は、正に帯電したイオン310を含み得る。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0026】

図に示すように、プラズマシース308は、プラズマ306との境界により表される。しかしながら、プラズマシース308は、プラズマ306のエッジから、プラズマ306の周りの物体の表面まで、例えば、チャンバー302の壁及び基板112の表面までの有限距離を伸べることは理解されるであろう。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0028】

プラズマシース調整器312は、イオン310の入射角度分布を制御するために、プラズマシース308の形状を変えることができる。例えば、プラズマシース調整器312は、プラズマシース308の電界を調整することができ、プラズマシース308の形状を変えることができる。本実施形態では、プラズマシース調整器312は、少なくともプラズマシース308の一部を、バルクプラズマ306に対して凹形のプラズマシース(調整済みシース308b)、又は、バルクプラズマに対してドーム形の(凸形の)プラズマに変えることができる。基板112にバイアスがかけられている場合、基板112の方に引き付けられるイオン310は、調整器パーツ312aと312bとの間のギャップ「y」にわたり広範囲の入射角度で進むことができる。従来のプラズマベースの処理システムでは、基板に最も近いプラズマシースは、基板に対して平行である。基板にバイアスがかけられている場合、イオンは、プラズマシースにほぼ垂直、従って、基板にほぼ垂直な経路で進む。結果的に、従来のプラズマ処理システムにおけるイオンの入射角度範囲は、 $-3^{\circ} \sim +3^{\circ}$ である。しかしながら、本実施形態では、イオン310の入射角度は、変更した調整済みのシース308bで変更され得る。図3aに例示するように、調整シース308bは、基板に対し多様な角度を成している。そのため、調整シース308bに垂直に進むイオン310は、多様な角度で進むことになる。調整シース308bの異なる部分から基板112に進むイオン310は、異なる入射角度を有することができ、従って、イオン310は広範囲の入射角度を有する。図3bに例示するように、イオン310の入射角度の範囲は、約 0° を中心に、約 $+60^{\circ}$ と約 -60° との間の範囲になり得る。いくつかの

実施形態では、イオン 3 1 0 の入射角度は、プラズマシース調整器 3 1 2 により生成される電界により、さらに調整することもできる。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 9】

これらに限定はされないが、プラズマシース調整器 3 1 2 の構成及び特性を含む多くの要因に応じて、イオンの入射角度はさらに調整することができる。そのような要因の例は、調整器 パーツ 3 1 2 a と 3 1 2 b との間の水平間隔 (Y)、プラズマシース調整器 3 1 2 と基板 1 1 2 との間の垂直間隔 (Z)、基板 1 1 2 と各調整器 パーツ 3 1 2 a 及び 3 1 2 b との間の垂直間隔の差 (z) (図示せず)、及び プラズマシース調整器 3 1 2 の電気特性を含むことができる。イオンの入射角度及び / 又は入射角度分布を調整するように、他のプラズマプロセスパラメータを調整することもできる。追加の説明は、米国特許同時係属出願第 1 2 / 4 1 8 , 1 2 0 号、第 1 2 / 4 1 7 , 9 2 9 号、及び第 1 2 / 6 4 4 , 1 0 3 号に見いだすことができ、これらの各々は、本明細書にその全体が参照用により援用される。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 1】

図 4 を参照するに、本発明の一実施形態による三次元構造を処理する技術が示される。本実施形態では、この技術は三次元のフォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) に含まれる LER 及び LWR を低減するのに用いることができる。前述したように、LER 及び LWR は、光リソグラフィーの間で、フォトレジストの未硬化部分を除去した後に得られる三次元のフォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) に、生じ得る。本実施形態では、フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) に含まれる LER 及び LWR は、レリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) の種々の面上に、プラズマシース調整器 3 1 2 を用いて、プラズマ支援ドーピング (PLAD) 又はプラズマ浸漬イオン注入 (PIII) プロセスを実施することにより、低減することができる。図面は必ずしも正確な縮尺ではないことを、当業者は認識するであろう。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 2】

図 4 に例示するように、側面 1 1 4 a - 1 及び頂面 1 1 4 a - 2 を有する三次元のフォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) は、基板 1 1 2 上に配置される。基板 1 1 2 及びフォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) は、プラズマシース調整器 3 1 2 を含むプラズマ処理システム内に配置し、プラズマは基板 1 1 2 の近くに配置する。その後、プラズマ内のイオン 3 1 0 は、プラズマシース調整器のパーツ 3 1 2 a と 3 1 2 b との間のギャップを通して、フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) の表面へ向かわせることができる。図に例示するように、イオン 3 1 0 は、多様な入射角度で向かわせることができる。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 3 3 】

本実施形態では、イオン 3 1 0 は、フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) の側面 1 1 4 a - 1 及び頂面 1 1 4 a - 2 に注入することができる。様々なイオン種を注入することができるけれども、本発明では、ヘリウム (He) イオン又はアルゴン (Ar) イオンを注入することができる。レジストへのイオンの照射時間は、広範囲をカバーするけれども、本発明の実施形態では、照射時間は、約 1 秒から数分に変えることができる。

【手続補正 1 3 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 5

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 3 5 】

図 4 を再び参照するに、約 4 0 n m の公称限界寸法 (C D) を有する一組のレジストラインに、例示の引き出しプレートを用いて 3 kV の He プラズマを照射した。He イオン 3 1 0 を フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) の頂面 1 1 4 a - 2 及び側面 1 1 4 a - 1 の両方に 3 ~ 4 kV で注入することにより、LER は 5 . 6 n m から 3 . 2 n m に改善され、LER 及び LWR で約 4 0 % の改善が観察された。プラズマシース調整器 3 1 2 を用いて He イオンを注入することにより、改善が フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) の複数の面 (側面 1 1 4 a - 1 及び頂面 1 1 4 a - 2) に同時に、等方的に生じた。

【手続補正 1 4 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 6

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 3 6 】

さらに、フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) のごく僅かの限界寸法の収縮が観察された。特に、レジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) に He イオン 3 1 0 を多様な入射角度で注入した場合、処理前の 3 9 . 1 n m の測定限界寸法 (C D) は、処理後に 3 7 . 6 n m に収縮しただけで、僅か 4 % の収縮に相当した。最小限のファセッティング形成又はスパッタリングも観察された。PLAD 又は PIII プロセスは低エネルギープロセスであるので、イオン 3 1 0 が注入される深さは非常に浅い。そのため、例えば、レジストの収縮及び / 又はスパッタリングのような、イオン注入により生じる フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) に対する変化は最小であり得る。

【手続補正 1 5 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 9

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 3 9 】

ライン幅ラフネスを低減することに加えて、いくつかの実施形態により、フォトレジスト特徴の多数表面の同時等方的硬化を誘発することができる。再び図 4 を参照するに、広角度範囲のイオンフラックスにさらした後、フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 1 1 4 a) として概略的に表わすパターン化レジスト特徴に等方的な硬化が観察された。ダブルパターニングリソグラフィー (D P L) プロセス又は自己整合のダブルパ

ターニングリソグラフィー (SADPL) プロセスを達成するために、追加の光リソグラフィープロセスを実施する場合、フォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 114a) の同時等方的硬化は有利であり得る。DPL 又は SADPL では、第 1 のリソグラフィープロセス中に形成された 2 つの元のフォトレジストレリーフの間に、追加のフォトレジストレリーフを生成するために、第 2 のリソグラフィープロセスを実施する。追加のフォトレジストレリーフの形成により、それらの間の距離が減少することになり、基板 112 に、さらにより短い幅のトレンチをもたらすことができる。第 2 のリソグラフィープロセスの間に、化学的処理を行なうことができる。この実施時に、第 1 のリソグラフィープロセスの間に形成されたフォトレジストレリーフの構造は、悪影響を受け得る。本実施形態では、等方的に硬化したフォトレジストレリーフ (フォトレジストの硬化部分 114a) は、第 2 のリソグラフィープロセスに関連する化学的処理に耐えることができる。そのため、DPL 又は SADPL を達成するための追加のリソグラフィープロセスが可能である。

【手続補正 16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

図 5a ~ d は、三次元のレジストパターンを処理する実施形態の例示的な結果を表わす。本例では、例示的なレジスト硬化プロセスの動作を明確にするために、いくつかの異なるタイプのレジスト特徴には、広角度範囲のイオンを与えるため、例示の引き出しプレート (プラズマシース調整器) を用いて、イオンを照射した。図 5a を参照するに、基板 500 は、プレート のような例示のプラズマシース調整器 312 を用いて、広角度分布のイオンに例示的に照射される一部 502 を含む。図 5a の例では、y 方向に沿って基板 500 に対してスキャンすることができるアパーチャ 314 を通ってイオンが基板 500 に衝突するように、アパーチャ 314 を有する プラズマシース調整器 312 を基板 500 の上に配置することができる。図 4 も参照するに、図 4 に示す プラズマシース調整器 312 の図は、図 5a に例示する y 方向に沿っている。図 5b は、パターン化された垂直のレジストライン 504 (y 方向に対して平行な長軸)、水平に配置された レジストライン 506 (x 方向に対して平行な長軸) 及びブランケット部分 508 を含む一部 502 のより詳細な図を表す。基板の一部 502 は、レジスト特徴に例示の広角度イオンフラックス 530 を照射後、レジスト現像プロセスを模倣するために用いるエッチング液にさらされる部分を示す。図に示すレジスト特徴の構造は、イオン照射の終了後、エッチング液にさらした後得られる構造に対応しているけれども、図にはイオンフラックス 530 を示してある。

【手続補正 17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0041】

本例で図に例示するように、イオン フラックス 530 は、(図 4 及び図 5 に規定するように) y 方向に概して平行に、さらに図 5d に例示するように、入射角度のある範囲にわたって、基板の一部 502 に衝突する。図 5d においては、各レジストライン 506 には、イオン フラックス 530 が、レジストラインの頂部と、側壁 518 に沿って衝突する。様々なレジスト特徴のエッチング結果を、図 5b に上面平面図で示し、図 5c 及び d それぞれにライン A - A 及び B - B に沿った断面図を示す。明らかなように、レジスト特徴の部分の優先エッチングが生じ、パターン化レジスト特徴のエッチ耐性に及ぼす例示の広角度イオン照射の効果を例示する。

【手続補正 18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

特に、イオン照射にさらされないレジスト特徴のそれらの部分は、非常にエッチングされやすい。例えば、ブランケット部分 508 は、イオンフラックス 530 にさらされる水平エッジ 516 と、イオンフラックス 530 に対して平行に配置され、それ故、イオンフラックス 530 からの直接のイオン照射を受けない垂直エッジ 514 とを有する。図 5b に示すように、かなりのレジストのエッチングが、保護されない（即ち、イオン照射されない）垂直エッジ 514 から内側に延びる長さ L にわたって生じる。同様に、各々が一對の保護されていない垂直エッジ 514 を有する垂直のレジストライン 504 は、その距離がエッチング長さ L より短い個々の幅 W にわたって、かなりエッチングされる。従って、レジストライン 504 の全体の幅は、エッチングにより、かなり浸食される。他方、全体の側壁 518 に沿ってイオン照射にさらされる水平のレジストライン 506 は、イオン照射を受けない小さい垂直ノッチ 520 のすぐ近くの領域 540 を除いて、エッチングから十分に保護される。

【手続補正 19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0049】

本実施形態では、イオン 310 を多様な入射角度でホール 812 の側壁表面 814 に向ける。図示のように、側壁表面 814 は、基板 800 の頂面 816 に対し、いくつかの実施形態では約 90 度とし得る角度を成す。イオンが望ましいけれども、本発明はラジカル粒子又は中性粒子を含む他の粒子を除外しない。ホール 812 の表面に向けられるイオン 310 は、この場合、ホール 812 の表面に堆積され、それにより、第 2 の直径 R_2 を有する境界層 822 を形成する。プラズマシース調整器 312 を用いることにより、イオン 310 を多様な入射角度でホール 812 の表面に向けることができる。その結果、等角で等方性の堆積が生じ、均一な厚さの境界層 822 を形成することができる。さらに、基板 800 の元のホールの直径は、 R_1 から R_2 に等角的に、且つ等方的に減少する。

【手続補正 20】

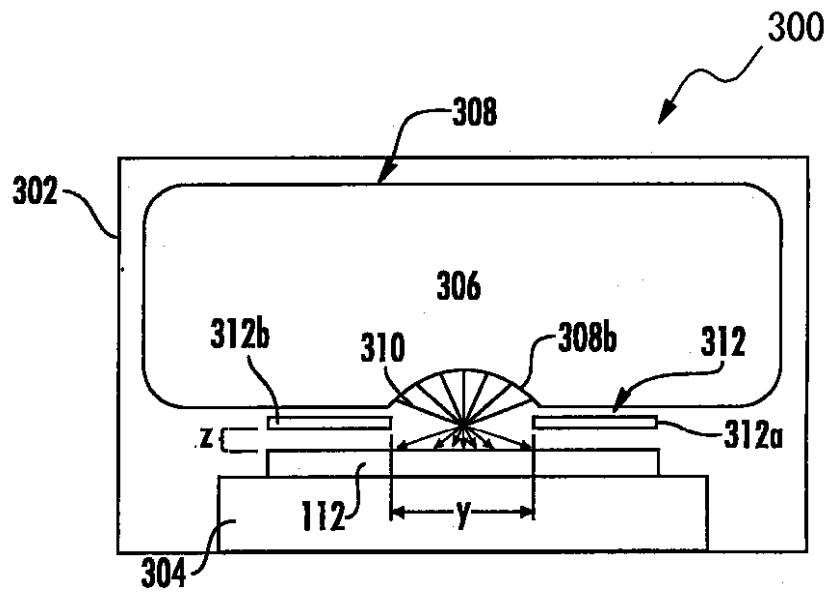
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3a

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 3 a】



【手続補正 2 1】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 5】

