

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-514224

(P2010-514224A)

(43) 公表日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 1 O 5 A	2 H O 9 5
G O 3 F 1/08 (2006.01)	G O 3 F 1/08 A	5 F O O 4

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

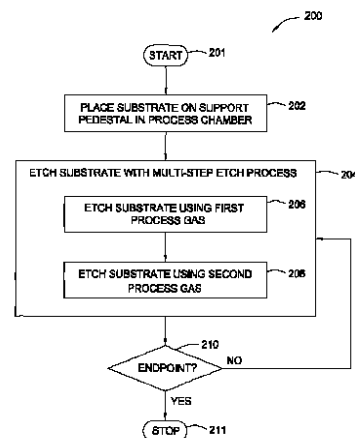
(21) 出願番号 特願2009-543131 (P2009-543131) (86) (22) 出願日 平成19年12月18日 (2007.12.18) (85) 翻訳文提出日 平成21年8月4日 (2009.8.4) (86) 国際出願番号 PCT/US2007/087878 (87) 国際公開番号 W02008/077012 (87) 国際公開日 平成20年6月26日 (2008.6.26) (31) 優先権主張番号 11/612,036 (32) 優先日 平成18年12月18日 (2006.12.18) (33) 優先権主張国 米国 (US)	(71) 出願人 390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 054 サンタ クララ パウアーズ ア ベニュー 3050 (74) 代理人 100109726 弁理士 園田 吉隆 (74) 代理人 100101199 弁理士 小林 義教
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 均一性の制御のための、塩素による多段階フォトリソエッチング方法

(57) 【要約】

石英のエッチング方法が本明細書で提供される。一実施形態において、石英のエッチング方法は、プロセスチャンバ内に配置した基板支持体上にパターン形成された層を貫通して部分的に露出した石英層を有する積層膜を用意するステップと、多段階プロセスにおいて積層膜の石英層をエッチングするステップとを含み、この多段階プロセスは、少なくとも1つのフルオロカーボンプロセスガス及び塩素含有プロセスガスを含む第1のプロセスガスを利用して石英層をエッチングする第1のステップと、少なくとも1つのフルオロカーボンプロセスガスを含む第2のプロセスガスを利用して石英層をエッチングする第2のステップとを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセスチャンバ内に配置された基板支持体上に、パターン形成された層を通して部分的に露出した石英層を有する積層膜を用意するステップと、

多段階プロセスにおいて前記積層膜の石英層をエッチングするステップと

を含む、石英のエッチング方法であって、前記多段階プロセスが、

少なくとも 1 つのフルオロカーボンプロセスガス及び塩素含有プロセスガスを含む第 1 のプロセスガスを利用して前記石英層をエッチングする第 1 のステップと、

少なくとも 1 つのフルオロカーボンプロセスガスを含む第 2 のプロセスガスを利用して前記石英層をエッチングする第 2 のステップと

を含む、石英のエッチング方法。

10

【請求項 2】

前記積層膜がフォトマスク積層であり、前記パターン形成された層がマスク層であり、石英層をエッチングする各ステップを、所定のエッチング深さで終了させるステップと

、
前記マスク層を取り除くステップと

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記フルオロカーボンプロセスガスが、 CF_4 、 CHF_3 、 C_2F_6 、 C_4F_6 、 C_4F_8 のうち少なくとも 1 つを含み、前記塩素含有プロセスガスが Cl_2 又は HCl の少なくとも一方を含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

20

【請求項 4】

前記第 1 のエッチングステップが、前記プロセスチャンバ内に CF_4 及び CHF_3 を流すステップをさらに含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記パターン形成されたマスク層が、

クロムを含む前記マスク層上にレジスト層をパターン形成するステップと、

前記クロムマスク層をエッチングすることにより開口部をその中に形成するステップと

、
前記クロムマスク層から前記レジスト層を取り除くステップと

を含むプロセスによって形成される、請求項 2 に記載の方法。

30

【請求項 6】

前記パターン形成されたマスク層が、

光を遮蔽する不透明な金属層上に第 1 のレジスト層をパターン形成するステップと、

前記光を遮蔽する金属層をエッチングすることにより少なくとも第 1 の開口部及び第 2 の開口部をその中に形成するステップと、

光を遮蔽する不透明な金属層上に第 2 のレジスト層をパターン形成することにより前記マスク層を形成するステップであって、このパターン形成の後は、前記光を遮蔽する金属層中の前記第 1 の開口部が前記第 2 のレジスト層で埋められたままとなるステップ

を含むプロセスによって形成される、請求項 2 に記載の方法。

40

【請求項 7】

前記積層膜が前記石英層の上に配置されたクロム層を備え、さらに、

a) 前記クロム層上に第 1 のレジスト層をパターン形成するステップと、

b) 前記クロム層をエッチングすることにより、少なくとも第 1 の開口部と第 2 の開口部をその中に形成するステップと、

c) 前記第 1 のレジスト層を取り除くステップと、

d) 前記クロム層上の第 2 のレジスト層をパターン形成するステップであって、このステップの後、前記クロム層中の前記第 1 の開口部が前記第 2 のレジスト層で埋められたままとなるステップと、

e) 前記多段階エッチングプロセスを使用して、前記石英層のうち、前記クロム層を通

50

して露出した部分を、約 193 nm ~ 約 248 nm であるフォトリソグラフィ光の波長の 2 分の 1 の深さにエッチングするステップと
を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 のエッチングステップが、前記プロセスチャンバ内に Cl_2 を流すステップをさらに含む、請求項 1、2、又は 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記多段階プロセスの少なくとも 1 つのステップを繰り返すステップをさらに含む、請求項 1、2、又は 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記多段階プロセスのステップのうち少なくとも 1 つにおいて、150 ワット未満の複数の電力パルスで前記石英層にバイアスをかけるステップをさらに含む、請求項 1、2、又は 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記パターン形成された層がフォトレジストではなく、バイアスをかける前記ステップが、約 1 kHz ~ 約 10 kHz のパルス周波数において約 10 ~ 約 50 パーセントのデューティサイクルで電力をパルス化するステップを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記パターン形成された層がフォトレジストを含み、バイアスをかける前記ステップが、約 1 kHz ~ 約 10 kHz のパルス周波数において約 10 ~ 約 90 パーセントのデューティサイクルで電力をパルス化するステップを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

前記第 1 及び前記第 2 のエッチングステップの少なくとも一方が、前記プロセスチャンバ内に CF_4 及び CHF_3 を流すステップをさらに含む、請求項 1 又は 7 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 1 及び前記第 2 のエッチングステップの一方又は双方が、
約 10 ~ 約 90 パーセントのデューティサイクルで約 150 ワット未満のバイアス電力を印加するステップと、

前記プロセスチャンバに隣接して配置されたアンテナに、約 600 ワット未満の RF 電力を誘導結合するステップと、

前記プロセスチャンバ内に約 15 sccm を下回る速度で CF_4 を流すステップと、

前記プロセスチャンバ内に約 30 sccm を下回る速度で CHF_3 を流すステップと
をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 15】

前記石英層をエッチングする前記第 1 のステップがさらに、

約 10 ~ 約 90 パーセントのデューティサイクルで約 150 ワット未満のバイアス電力を印加するステップと、

前記プロセスチャンバに隣接して配置されたアンテナに、約 600 ワット未満の RF 電力を誘導結合するステップと、

前記プロセスチャンバ内に約 10 sccm を下回る速度で Cl_2 を流すステップと
をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の諸実施形態は、全般的に、石英をプラズマエッチングする方法に関し、より詳細には、多段階エッチングプロセスを利用して、石英フォトマスクをエッチングする方法に関する。

【背景技術】

【0002】

集積回路 (IC) 又はチップの製作では、チップ設計者によってチップの様々な層を表

10

20

30

40

50

すパターンが作製される。製作プロセス中、各チップ層のデザインを半導体基板上に転写するために、これらのパターンから一連の再使用可能なマスクすなわちフォトマスクが作製される。マスクパターン生成システムは、精密なレーザ又は電子ビームを使用して、それぞれのマスク上にチップの各層のデザインを画像形成する。次いで、これらのマスクを写真のネガと全く同様に使用して、各層ごとの回路パターンが半導体基板上に転写される。これらの層は、一連のプロセスを使用して積み重ねられ、完成した各チップを構成する極めて小さいトランジスタ及び電気回路という形に変わる。したがって、マスク中に欠陥があれば、それがチップに転写され、それにより潜在的に性能に悪影響が及び得る恐れがある。欠陥が甚だ深刻であると、マスクは完全に使い物にならなくなる恐れがある。通常、チップを構成するために1組15～30個のマスクを使用するが、これは繰り返し使用することができる。

10

【0003】

マスクは一般に、片側にクロム層を有するガラス基板又は石英基板である。このマスクは、モリブデン(Mb)でドーパされた窒化ケイ素(SiN)層を含んでもよい。このクロム層は、反射防止膜及び感光性レジストで覆われている。パターン形成プロセス中、レジスト部分を紫外光で露光させることによってこの回路のデザインがマスク上に書き込まれ、それによって露光された部分が現像液に可溶になる。次いで、レジストの可溶部分を除去し、それによって下側のクロム層の露出した部分のエッチングが可能になる。エッチングプロセスで、レジストが除去された場所でマスクからクロム層と反射防止層が取り除かれ、すなわち露出したクロムが取り除かれる。

20

【0004】

パターン形成に利用される別のマスクは、石英位相シフトマスクとして知られている。この石英位相シフトマスクは、石英の領域のうち、パターン形成されたクロム層を貫いて露出した1つ置き区域が、製作中に後で回路パターンを基板に転写するために利用される光の波長の半分にほぼ等しい深さまでエッチングされる点以外は、上記のマスクと同様である。したがって、光が石英位相シフトマスクを通して導かれて、ウェーハ基板上に配置されたレジストを露光するとき、マスク中の1つの開口部を通してレジストに当たった光は、すぐ隣の開口部を通過する光に対して180度位相がずれる。したがって、マスク開口部の縁部で散乱することができる光は、隣接した開口部の縁部で散乱する、180度位相が異なる光によって打ち消され、そのためレジストの予め定められた領域でより密な光量分布が生じる。光量分布がより密になると、限界寸法の小さいフィーチャを書き込むことが容易になる。同様に、クロムなしのエッチングリソグラフィに使用されるマスクもまた、レジストに順次画像形成するために、2つのマスクの石英部分を通過する光の位相シフトを利用し、それによりレジストパターンを現像するのに利用される光量分布が改善される。

30

【0005】

ドライエッチング、反応性イオンエッチング(RIE)、又はプラズマエッチングとして知られる1つのエッチングプロセスでは、化学反応を増進させ、マスクの露出した石英区域をエッチングするためにプラズマが使用される。望ましくないことに、通常の石英エッチングプロセスでは、限界寸法が異なるフィーチャ間でRIEラグがしばしば発生する。例えば、幅の広いフィーチャを有する垂直方向のエッチング速度は、幅の狭いフィーチャを有する垂直方向のエッチング速度と異なる。石英層でエッチングされたトレンチの側壁の角度やマイクロトレンチなど、従来の石英エッチングプロセスの他の属性は、限界寸法が約5µmより小さいマスクに対して、許容される結果をもたらしていない。その結果、マスクのエッチングされたフィーチャが不均一となり、それに対応して、このマスクを使用して限界寸法の小さいフィーチャを生成する能力が低下する。

40

【0006】

マスクの限界寸法が小さくなり続けるにつれて、エッチングの均一性の重要性が増してくる。すなわち、エッチングの均一性が高く、RIEラグが低い石英エッチングプロセスが、極めて望ましい。

50

【 0 0 0 7 】

したがって、石英エッチングプロセスの改善が必要とされている。

【 発明の概要 】

【 0 0 0 8 】

石英のエッチング方法が本明細書で提供される。一実施形態において、石英のエッチング方法は、プロセスチャンバ内に配置した基板支持体上にパターン層を貫通して部分的に露出した石英層を有する積層膜を用意するステップと、多段階プロセスにおいて積層膜の石英層をエッチングするステップとを含み、この多段階プロセスは、少なくとも1つのフルオロカーボンプロセスガス及び塩素含有プロセスガスを含む第1のプロセスガスを利用して石英層をエッチングする第1のステップと、少なくとも1つのフルオロカーボンプロセスガスを含む第2のプロセスガスを利用して石英層をエッチングする第2のステップとを含む。

10

【 0 0 0 9 】

本発明の上記の特徴を細部にわたって理解できるように、上記に簡潔に要約した本発明のより具体的な説明を、そのうちのいくつかを添付図面に示す諸実施形態を参照して示す。しかし、添付図面は本発明の典型的な諸実施形態を示すにすぎず、したがってその範囲を限定するものと見なすべきではないことに留意されたい。というのは、本発明には他の同様に有効な諸実施形態も含まれ得るからである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

20

【 図 1 】 石英のエッチングに適したエッチング反応装置の概略図である。

【 図 2 】 石英のエッチング方法の一実施形態の流れ図である。

【 図 3 A 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 3 B 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 3 C 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 3 D 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

30

【 図 3 E 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 3 F 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 3 G 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 4 A 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 4 B 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

40

【 図 4 C 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 4 D 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 図 4 E 】 本発明の石英エッチング方法の一実施形態を利用して製作される石英位相シフトマスクの一実施形態の図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

理解を容易にするために、可能な場合には、複数の図に共通する同一の要素を示すために同一の参照番号を使用している。

50

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の石英エッチング方法を実施することができるエッチング反応装置 1 0 0 の一実施形態の概略図を示す。本明細書で開示する教示とともに使用するように適合することができる適切な反応装置としては、例えば、D P S（登録商標）（Decoupled Plasma Source）I I 反応装置、T E T R A（商標）I 及び T E T R A（商標）I I フォトマスクエッチングシステムが挙げられるが、これらはすべて、Applied Materials, Inc. of Santa Clara, California から市販されている。また、この D P S（登録商標）I I 反応装置は、半導体ウェーハ処理システムに組み込まれ、やはり Applied Materials, Inc. から市販されている C E N T U R A（登録商標）の処理モジュールとして使用することもできる。本明細書に示す反応装置 1 0 0 の特定の実施形態は、例示の目的で提供するものであり、本発明の範囲を限定するために使用すべきではない。

【 0 0 1 3 】

反応装置 1 0 0 は一般に、導電性本体（壁体）1 0 4 内の基板ペDESTAL 1 2 4 と、コントローラ 1 4 6 とを有するプロセスチャンバ 1 0 2 を備える。チャンバ 1 0 2 は、ほぼ平坦な誘電性天板 1 0 8 を有する。チャンバ 1 0 2 の他の改変形態は、例えば、ドーム形天板など他のタイプの天板を有することができる。天板 1 0 8 の上にアンテナ 1 1 0 が配置される。アンテナ 1 1 0 は、選択的に制御可能な 1 つ又は複数の誘導コイル素子を備える（図 1 に 2 つの同軸素子 1 1 0 a 及び 1 1 0 b を示す）。アンテナ 1 1 0 は、第 1 の整合ネットワーク 1 1 4 を介してプラズマ電源 1 1 2 に結合される。このプラズマ電源 1 1 2 は、一般に、約 2 M H z ~ 約 2 0 0 M H z の同調可能な周波数、例えば 1 3 . 5 6 M H z で、最大約 3 0 0 0 ワット（W）の無線周波数（R F）信号を生成することができる。一実施形態において、プラズマ電源 1 1 2 は、約 3 0 0 W ~ 約 6 0 0 W の誘導結合型 R F 電力を発生する。

【 0 0 1 4 】

基板ペDESTAL（カソード）1 2 4 は、第 2 の整合ネットワーク 1 4 2 を介してバイアス電源 1 4 0 に結合される。このバイアス電源 1 4 0 は、約 2 M H z ~ 約 2 0 0 M H z の同調可能な周波数、例えば 1 3 . 5 6 M H z で、約 0 W ~ 約 6 0 0 W の R F 信号を生成する。バイアス電源 1 4 0 は、約 1 k H z ~ 約 1 0 k H z の同調可能なパルス周波数を有する連続波出力又はパルス出力を生成するように構成することができる。あるいは、バイアス電源 1 4 0 は、パルス直流電源出力を生成することもできる。

【 0 0 1 5 】

一実施形態において、バイアス電源 1 4 0 は、約 1 k H z ~ 約 1 0 k H z の周波数において、約 1 0 ~ 約 9 5 パーセントのデューティサイクルで、約 6 0 0 ワット未満の R F 電力を発生するように構成されている。別の実施形態においては、バイアス電源 1 4 0 は、約 2 k H z ~ 約 5 k H z の周波数において、約 8 0 ~ 約 9 5 パーセントのデューティサイクルで、約 2 0 ワット ~ 約 1 5 0 ワットの R F 電力を発生するように構成されている。

【 0 0 1 6 】

D P S（登録商標）I I 反応装置の場合の一実施形態において、基板支持ペDESTAL 1 2 4 は静電式チャック 1 6 0 を含むことができる。この静電式チャック 1 6 0 は、少なくとも 1 つのクランプ電極 1 3 2 を備え、チャック電源 1 6 6 で制御される。代替実施形態においては、基板ペDESTAL 1 2 4 は、例えばサセプタクランプリングや機械式チャックなどの基板保持機構を備えることができる。

【 0 0 1 7 】

プロセスチャンバ 1 0 2 の内部にプロセスガス及び / 又は他のガスを提供するために、ガスパネル 1 2 0 がプロセスチャンバ 1 0 2 に結合される。図 1 に示す実施形態においては、ガスパネル 1 2 0 が、チャンバ 1 0 2 の側壁 1 0 4 内のチャンネル 1 1 8 中に形成された 1 つ又は複数の注入口 1 1 6 に結合される。他の箇所、例えばプロセスチャンバ 1 0 2 の天板 1 0 8 に、1 つ又は複数の注入口 1 1 6 を設けてもよいことが企図されている。

【 0 0 1 8 】

一実施形態において、ガスパネル 1 2 0 は、処理中、注入口 1 1 6 を通ってプロセスチ

チャンバ 1 0 2 の内部まで 1 つ又は複数のプロセスガスを選択的に提供するように適合されている。例えば、一実施形態において、ガスパネル 1 2 0 は、フォトリソグラフィをエッチングする方法に関して下記で説明するように、プロセスチャンバ 1 0 2 の内部までフッ素含有及び/又は塩素含有プロセスガス（又は複数のガス）を選択的に提供するように適合させることができる。処理中、このガスからプラズマが形成され、プラズマ電源 1 1 2 からの電力の誘導結合によって維持される。あるいは、このプラズマは遠隔で形成してもよく、あるいは他の方法によって発生 (i g n i t e) させてもよい。

【 0 0 1 9 】

チャンバ 1 0 2 内の圧力は、スロットバルブ 1 6 2 及び真空ポンプ 1 6 4 を使用して制御される。この真空ポンプ 1 6 4 及びスロットバルブ 1 6 2 は、チャンバ圧力を約 1 m T o r r ~ 約 2 0 m T o r r に維持することができる。

10

【 0 0 2 0 】

壁体 1 0 4 を貫通する、液体を入れた導管（図示せず）を使用して、壁体 1 0 4 の温度を制御することができる。壁体温度は、一般に約 6 5 °C に維持されている。通常、チャンバの壁体 1 0 4 は金属（例えば、アルミニウム、ステンレス鋼など）から形成され、電気アース 1 0 6 に結合される。プロセスチャンバ 1 0 2 は、プロセス制御、内部診断、終点検出などのための、従来のシステムも備えている。このようなシステムは、まとめてサポートシステム 1 5 4 として示してある。

【 0 0 2 1 】

基板（レチクルや他のワークピースなど） 1 2 2 を基板支持ペDESTAL 1 2 4 上に固定するために、レチクルアダプタ 1 8 2 が使用される。このレチクルアダプタ 1 8 2 は、一般に、ペDESTAL 1 2 4 の上面（例えば、静電式チャック 1 6 0 ）を覆うようにフライス加工された下側部分 1 8 4 と、基板 1 2 2 を保持するような寸法及び形状の開口部 1 8 8 を有する上側部分 1 8 6 とを含む。この開口部 1 8 8 は、一般に、ペDESTAL 1 2 4 に対してほぼ中心合わせされる。アダプタ 1 8 2 は、一般に、ポリイミドセラミックや石英など、エッチング耐性で高温耐性の材料の単一片から形成される。2 0 0 1 年 6 月 2 6 日発行の、参照により本明細書に組み込まれる米国特許第 6 , 2 5 1 , 2 1 7 号に、適切なレチクルアダプタが開示されている。エッジリング 1 2 6 は、アダプタ 1 8 2 を覆い、及び/又はペDESTAL 1 2 4 に固定することができる。

20

【 0 0 2 2 】

アダプタ 1 8 2 を、したがって基板 1 2 2 を基板支持基台 1 2 4 上までに下げ、又はそこからもち上げるために、リフト機構 1 3 8 が使用される。一般に、リフト機構 1 3 8 は、それぞれのガイドホール 1 3 6 を貫通する複数のリフトピン（1 つのリフトピン 1 3 0 を示す）を備える。

30

【 0 0 2 3 】

動作に当たっては、基板 1 2 2 の温度は、基板ペDESTAL 1 2 4 の温度を安定化させることで制御される。一実施形態において、基板支持ペDESTAL 1 2 4 は、ヒータ 1 4 4 及び任意選択のヒートシンク 1 2 8 を備える。このヒータ 1 4 4 は、その中に熱伝達流体を流すように構成された 1 つ又は複数の流体管でよい。別の実施形態においては、ヒータ 1 4 4 は、ヒータ電源 1 6 8 によって調節される少なくとも 1 つのヒータ素子 1 3 4 を含むことができる。任意選択で、ガス源 1 5 6 からの裏側のガス（例えば、ヘリウム (H e) ）が、ガス導管 1 5 8 を介して、基板 1 2 2 の下のペDESTAL 表面に形成されたチャネルに供給される。裏側のガスは、ペDESTAL 1 2 4 と基板 1 2 2 の間の熱伝達を容易にするために使用される。処理中、ペDESTAL 1 2 4 は、埋込みヒータ 1 4 4 によって定常状態の温度に加熱することができ、この定常状態の温度が裏側のヘリウムガスとあいまって、基板 1 2 2 の均一な加熱を容易にする。

40

【 0 0 2 4 】

コントローラ 1 4 6 は、中央演算処理装置 (C P U) 1 5 0 と、メモリ 1 4 8 と、C P U 1 5 0 用サポート回路 1 5 2 とを備え、プロセスチャンバ 1 0 2 の構成要素の制御を容易にし、したがって、以下により詳細に論じるように、エッチングプロセスの制御を容易

50

にする。コントローラ 146 は、様々なチャンバ及び副プロセッサを制御するための工業の場面で使用可能な任意の汎用コンピュータプロセッサの形態の 1 つでよい。CPU 150 のメモリ 148 は、ランダムアクセスメモリ (RAM)、リードオンリメモリ (ROM)、フロッピーディスク、ハードディスクや、ローカル又はリモートの他の任意のデジタル記憶の形態など、容易に入手可能な 1 つ又は複数のメモリでよい。サポート回路 152 は、従来の方式でプロセッサをサポートするために CPU 150 に結合される。これらの回路としては、キャッシュ、電源回路、クロック回路、入出力回路、サブシステムなどが挙げられる。本発明の方法は、一般に、ソフトウェアルーチンとして、CPU 150 にアクセス可能なメモリ 148 又はコンピュータで読取り可能な他の媒体に格納される。あるいは、このようなソフトウェアルーチンを、CPU 150 で制御されるハードウェアから遠隔位置にある第 2 の CPU (図示せず) によって記憶及び / 又は実行することもできる。

10

【0025】

図 2 は、石英をエッチングするための方法 200 の一実施形態の流れ図である。以下では方法 200 を、フォトマスク (上記、図 1 に記載する) を製作するために利用される基板に関して説明するが、この方法 200 は他の石英エッチングの応用例で使用することもできる。

【0026】

方法 200 は、コントローラ 146 のメモリ 148 又は他の記憶媒体にコンピュータで読取り可能な形で記憶でき、ステップ 201 で開始し、ステップ 202 へ進む。ステップ 202 で、プロセスチャンバ内の支持ペDESTAL 124 上に基板 122 を配置する。このプロセスチャンバは、上記で説明したように、TETRA (商標) I、TETRA (商標) II、DPS (登録商標) II、又は他の適切なエッチングチャンバでよい。一実施形態においては、基板 122 はアダプタ 182 の開口部 188 に置かれる。図 1 に示す基板 122 は、石英 (例えば、二酸化シリコン (SiO_2) 層 192) など光透過性シリコンをベースとする材料を含み、フォトマスク材料 190 として知られている、光を遮蔽する不透明な金属層を有し、それにより石英層 192 の表面上にパターン形成されたマスクが形成される。別個のマスクを利用してもよく、あるいは他の応用例において、石英層 192 上に配置されたマスクが、様々な材料から構成されてもよく、1 つ又は複数の介在層を含むか、あるいは 1 つ又は複数の介在層によって基板から分離してもよいことが企図されている。フォトマスク層 190 として使用するのに適した典型的な金属としては、クロム及び / 又は酸窒化クロムが挙げられる。基板 122 は、石英層 192 とフォトマスク層 190 の間に挿置され、モリブデン (Mo) でドーブされた、窒化ケイ素 (SiN) 層 (図示せず) を含むこともできる。

20

30

【0027】

次に、ステップ 204 で、基板 122 の石英層 192 を、多段階エッチングプロセスを使用してエッチングする。この多段階エッチングプロセスは、1 つ又は複数のフロンガスと塩素含有ガスとを含む第 1 のプロセスガスを使用して基板をエッチングする第 1 のエッチングステップ 206 と、1 つ又は複数のフッ素含有ガスを含む第 2 のプロセスガスを使用して基板をエッチングする第 2 のエッチングステップ 208 とを含む。ステップ 206 及びステップ 208 は、どちらから実行してもよい。さらに、ステップ 206 及びステップ 208 を、所望の終点に到達するまで所望に応じて 1 回又は複数回反復して、多段階エッチングプロセスを続行することができる。

40

【0028】

ステップ 206 で、ガス注入口 116 からプロセスチャンバ 102 中に、1 つ又は複数のフルオロカーボンガス及び塩素含有ガスを含む第 1 のプロセスガスを導入する。この第 1 のプロセスガスはさらに、ヘリウム (He)、アルゴン (Ar)、キセノン (Xe)、ネオン (Ne)、クリプトン (Kr) などの不活性ガスを含んでもよい。

【0029】

塩素含有ガスの例には、塩素 (Cl_2)、塩化水素 (HCl) などが含まれ得る。一実

50

施形態において、塩素含有ガスは塩素 (Cl_2) を含む。一実施形態において、約 1 ~ 10 立方センチメートル毎分 (sccm) の速度で Cl_2 を供給する。一実施形態において、約 5 sccm の速度で Cl_2 を使用する。プロセスチャンバ内の圧力は、約 40 mTorr より低く、一実施形態においては約 1 mTorr ~ 約 10 mTorr、例えば 2 mTorr になるように制御される。

【0030】

フルオロカーボンガスの例には、 CF_4 、 CHF_3 、 C_2F_6 、 C_4F_6 、 C_4F_8 などが含まれ得る。一実施形態において、 CF_4 を約 2 ~ 50 sccm の速度で供給し、 CHF_3 を約 2 ~ 50 sccm の速度で供給する。一実施形態において、 CF_4 を約 9 sccm の速度で、 CHF_3 を約 26 sccm の速度で使用する。プロセスチャンバ内の圧力は、約 40 mTorr より低く、一実施形態においては約 1 mTorr ~ 約 10 mTorr、例えば 2 mTorr になるように制御される。

10

【0031】

任意選択で、ステップ 206 で、基板 122 にバイアスをかけるために、支持ペDESTAL 124 に基板バイアス電力を印加する。このバイアス電力は、約 150 W より低くてよく、あるいは第 1 の例では、約 100 W より低く、あるいは第 2 の例では、20 W ~ 約 150 W でよい。一実施形態において、このプロセスでは約 65 W のバイアス電力を使用する。このバイアス電力はさらに、連続波出力で生成される 13.56 MHz の RF 信号でよく、あるいは約 1 kHz ~ 10 kHz、又は一実施形態においては約 2 kHz ~ 5 kHz のパルス周波数でパルス化されてもよい。

20

【0032】

このバイアス電力は、約 10 ~ 95 パーセント、あるいは一実施形態においては約 20 ~ 95 パーセントのデューティサイクルでパルス化することができる。一実施形態において、バイアス電源 140 は、約 1 kHz ~ 約 10 kHz のパルス周波数において、約 10 ~ 約 95 パーセントのデューティサイクルで、約 150 ワット未満の RF 電力を発生するように構成されている。別の実施形態においては、バイアス電源 140 は、約 2 kHz ~ 約 5 kHz のパルス周波数において、約 10 ~ 約 95 パーセントのデューティサイクルで、約 20 ワット ~ 約 150 ワットの RF 電力を発生するように構成されている。

【0033】

石英層が、その上にパターン形成されたフォトリソ層を含む、一実施形態において、バイアス電源 140 は、約 2 kHz ~ 約 5 kHz のパルス周波数において、約 10 ~ 約 90 パーセントのデューティサイクルで、約 20 ワット ~ 約 150 ワットのパルス化された RF 電力を発生することができる。石英層が、その上にパターン形成されたフォトリソ層を含まない、一実施形態においては、バイアス電源 140 は、約 2 kHz ~ 約 5 kHz のパルス周波数において、約 10 ~ 約 50 パーセントのデューティサイクルで、約 20 ワット ~ 約 150 ワットのパルス化された RF 電力を発生することができる。

30

【0034】

プラズマ電源 112 からアンテナ 110 に約 300 W ~ 約 600 W の RF 電力を印加することによって、第 1 のプロセスガスからプラズマを形成する。他の方法によってプラズマを発生させてもよいことが企図されている。一実施形態において、約 13.56 MHz の周波数において、アンテナ 110 に約 420 W の RF 電力を印加する。ステップ 206 中、ステップ 206 の所望の終点に到達するまで、第 1 の期間の間、基板 122 上に露出した石英層 192 をエッチングする。この終点は、時間、光干渉法によって、あるいは他の適切な方法によって決めることができる。

40

【0035】

次に、ステップ 208 で、ガス注入口 116 からプロセスチャンバ 102 中に、1 つ又は複数のフルオロカーボンガスを含む第 2 のプロセスガスを導入する。この第 2 のプロセスガスはさらに、He、Ar、Xe、Ne、Kr などの 1 つ又は複数の不活性ガスを含んでもよい。

【0036】

50

フルオロカーボンガスの例には、 CF_4 、 CHF_3 、 C_2F_6 、 C_4F_6 、 C_4F_8 などが含まれ得る。一実施形態において、 CF_4 を約2～50 sccmの速度で供給し、 CHF_3 を約2～50 sccmの速度で供給する。一実施形態において、 CF_4 を約9 sccmの速度で、 CHF_3 を約26 sccmの速度で使用する。プロセスチャンバ内の圧力は、約40 mTorrより低く、一実施形態においては約1 mTorr～約10 mTorr、例えば2 mTorrになるように制御される。

【0037】

任意選択で、ステップ208で、基板122にバイアスをかけるために、支持ペDESTAL 124に基板バイアス電力が印加される。このバイアス電力は、約150 Wより低くてよく、あるいは第1の例では、約100 Wより低く、あるいは第2の例では、約20 W～約150 Wでよい。一実施形態において、このプロセスでは約65 Wのバイアス電力を使用する。このバイアス電力はさらに、連続波出力で生成される13.56 MHzのRF信号でよく、あるいは約1 kHz～10 kHz、又は一実施形態においては約2 kHz～5 kHzのパルス周波数でパルス化されてもよい。

【0038】

このバイアス電力は、約10～95 パーセント、あるいは一実施形態においては約20～95 パーセントのデューティサイクルでパルス化することができる。一実施形態において、バイアス電源140は、約1 kHz～約10 kHzのパルス周波数において、約10～約95 パーセントのデューティサイクルで、約150 ワット未満のRF電力を発生するように構成されている。別の実施形態においては、バイアス電源140は、約2 kHz～約5 kHzのパルス周波数において、約10～約95 パーセントのデューティサイクルで、約20 ワット～約150 ワットのRF電力を発生するように構成されている。

【0039】

石英層が、その上にパターン形成されたフォトリソ層を含む、一実施形態において、バイアス電源140は、約2 kHz～約5 kHzのパルス周波数において、約10～約90 パーセントのデューティサイクルで、約20 ワット～約150 ワットのパルス化されたRF電力を発生することができる。石英層が、その上にパターン形成されたフォトリソ層を含まない、一実施形態においては、バイアス電源140は、約2 kHz～約5 kHzのパルス周波数において、約10～約50 パーセントのデューティサイクルで、約20 ワット～約150 ワットのパルス化されたRF電力を発生することができる。

【0040】

プラズマ電源112からアンテナ110に約300 W～約600 WのRF電力を印加することによって、第2のプロセスガスからプラズマが形成される。ステップ206では上記で論じたように、他の方法によってプラズマを発生させてもよいことが企図されている。一実施形態において、約13.56 MHzの周波数において、アンテナ110に約420 WのRF電力を印加する。ステップ208中、ステップ208の所望の終点に到達するまで、第2の期間の間、基板122上に露出した石英層192をエッチングする。

【0041】

ステップ210で、多段階エッチングプロセスの所望の終点に到達したか否かの照会が行われる。上述したように、この終点は、時間、光干渉法によって、あるいは他の適切な方法によって決めることができる。任意選択で、ex-situエッチングによる深さの測定を容易にするためにチャンバから基板を取り外し、追加の処理のために必要ならそのチャンバに戻すことができる。ステップ210での照会の答えがイエスの場合、そのプロセスはステップ211で終了し、その基板は必要に応じて次の処理があればそれに進むことができる。答えがノーの場合、方法はステップ204に戻る。ステップ204の以降の繰り返しでは、ステップ206又はステップ208の一方だけを繰り返した後で、所望の多段階エッチングの終点に到達したときに、多段階プロセスが終了できることが企図されている。さらに、ステップ204を反復している間繰り返されるステップ206及び/又は208の持続時間は、以前の反復とは異なってもよいことが企図されている（例えば、任意の反復中の任意のステップ206又は208の持続時間が、長くてもよく、短く

10

20

30

40

50

てもよく、あるいは以前の反復の任意のステップ 206 又は 208 の他の任意の持続時間と同じであってもよい)。

【0042】

いくつかの実施形態で使用される多段階エッチングプロセスはさらに、エッチングされたフィーチャの均一性を制御する。一実施形態において、ステップ 206 で利用される上記のエッチングプロセスは中央で速いエッチングをもたらす(すなわち、基板の周辺部分よりも速い速度で、基板の中心部分をエッチングし)、一方、ステップ 208 で利用されるエッチングプロセスは中央で遅いエッチングをもたらす(すなわち、基板の周辺部分よりも遅い速度で、基板の中心部分をエッチングする)。したがって、有利なことに、方法 200 は、この 2 つのステップを組み合わせ、従来の方法と比べてより優れた均一性と位相角範囲とを有する多段階エッチングプロセスにする。有利なことに、方法 200 はさらに、従来のエッチング方法と比べて、RIE ラグ、マイクロレンチの低減をもたらす、より垂直な側壁角度の制御をもたらす。したがって、方法 200 は、限界寸法の小さい用途に使用することが極めて望ましい。上述したように、本発明の方法は、ステップ 206 とステップ 208 のどちらからでも開始することができ、所望の終点に到達するまで必要に応じて任意の順序で繰り返して、さらなる制御をもたらすことができることを理解されたい。

【0043】

図 3A ~ 図 3G は、上記の方法 200 を利用して、石英位相シフトマスク 318 中に製作された積層膜 300_i の一実施形態を示す。下付き文字「i」は、図 3A ~ 図 3G に示す積層膜の様々な製作段階を表す整数である。

【0044】

図 3A に示す積層膜 300₁ は、その上にフォトマスク層 304 が配置されている石英層 302 を含む。フォトマスク層 304 は一般に、クロム又は上述したような他の適切な材料である。フォトマスク層 304 上に、任意選択で反射防止層 306 (想像線で示す)を配置することができる。フォトマスク層 304 上に、又は反射防止層 306 が存在するときはその上に、第 1 のレジスト層 308 を配置する。

【0045】

フォトマスク層 304 をエッチングするために、第 1 のレジスト層 308 をパターン形成し、それをエッチングマスクとして利用して、フィーチャ 310 を形成し、それにより図 3B に示すように下にある石英層 302 を露出させる。このフォトマスク層 304 は、酸素と混合した塩素含有ガス(Cl₂ など)から形成されるプラズマを使用してエッチングすることができる。2002 年 9 月 4 日に出版され、その全体が参照により本明細書に組み込まれる米国特許出願第 10/235,223 号に、1 つの例示的なエッチングプロセスが記載されている。他の適切な金属エッチングプロセスを利用してもよいことが企図されている。フォトマスク層 304 内にフィーチャ 310 を形成した後、残った第 1 のレジスト層 308 を、例えばアッシングによって取り除いて、図 3C に示す積層膜 300₃を残す。

【0046】

図 3D に示すように、積層膜 300₄ 上に第 2 のレジスト層 312 を配置し、それによりフィーチャ 310 を埋める。次いで、この第 2 のレジスト層 312 をパターン形成する。通常、石英位相シフトマスクを形成する際には、図 3E に示すように、パターン形成された第 2 のレジスト層 312 は、交互のフィーチャ 310 の底部に石英層 302 を露出させる。

【0047】

パターン形成された第 2 のレジスト層 312 を貫通して露出した石英層 302 を、上記の方法 200 を使用してエッチングする(例えば、前述の多段階エッチングプロセスを使用して、一実施形態においては、エッチングされたフィーチャの均一性を制御できる)。石英エッチングの終点は、図 3F に示すエッチングされた石英レンチ 316 の深さ 314 が、所定の光の波長の、石英位相シフトマスク 318 で使用するための石英層 302 を

通して180度位相シフトした長さにほぼ等しくなるように選択される。典型的な波長は、193nm及び248nmである。したがって、深さ314は一般に、約172nm又は約240nmであるが、他の深さを、様々なリソグラフィの光の波長及び/又はプロセスフローの製作で使用するためのマスクに利用することもできる。石英トレンチ316をエッチングした後、残った第2のレジスト層312を、例えばアッシングによって取り除き、それにより残った積層膜300₇が、図3Gに示す石英位相シフトマスク318を形成する。

【0048】

図4A～図4Eは、上記の方法300を利用して、クロムなしのエッチングリソグラフィマスク418中に製作された積層膜400_iの一実施形態を示す。下付き文字「i」は、図4A～図4Eに示す積層膜の様々な製作段階を表す整数である。

10

【0049】

図4Aに示す積層膜400₁は、その上にマスク層404が配置されている石英層402を含む。マスク層404は一般に、フッ素化プラズマの化学的性質を使用して、石英を選択的にエッチングするのに適しており、一実施形態においては、クロム又は他のフォトリソマスク材料である。マスク層404上に、任意選択で反射防止層406（想像線で示す）を配置することができる。マスク層404上に、又は反射防止層406が存在するときはその上に、レジスト層408を配置する。

【0050】

マスク層404をエッチングするために、レジスト層408をパターン形成し、それをエッチングマスクとして利用して、フィーチャ410を形成し、それにより図4Bに示すように下にある石英層402を露出させる。このマスク層404は、上記の塩素含有ガスから形成されるプラズマを使用してエッチングすることができる。マスク層404内にフィーチャ410を形成した後、残ったレジスト層408を、例えばアッシングによって取り除いて、図4Cに示す積層膜400₃を残す。任意選択で、後続の処理中、レジスト層408をマスク層404上に残しておき、侵食及び/又は剥離によって取り除いてもよい。

20

【0051】

図4Dに示すように、マスク層404を貫通してフィーチャ410の底部に露出した石英層402を、上記の方法200を使用してエッチングする（例えば、前述の多段階エッチングプロセスを使用して、一実施形態においては、エッチングされたフィーチャにおける均一性の制御が得られる）。石英エッチングの終点は、図4Dに示すエッチングされた石英トレンチ416の深さ414が、所定の光の波長の、クロムなしのエッチングリソグラフィマスク418で使用するための石英層402を通して180度位相シフトした長さにほぼ等しくなるように選択される。例えば、深さ414は、上記のマスク318に関して記載したように選択される。

30

【0052】

石英トレンチ416をエッチングした後、任意選択で、マスク層404の残った部分を除去することができる。例として、マスク層404の残った部分は、例えばマスク層404をパターン形成するのに利用される化学的性質を使用して、選択的にエッチングすることによって除去することができる。積層膜400₅に残っている石英層402は、図4Eに示すクロムなしのエッチングリソグラフィマスク418を形成する。

40

【0053】

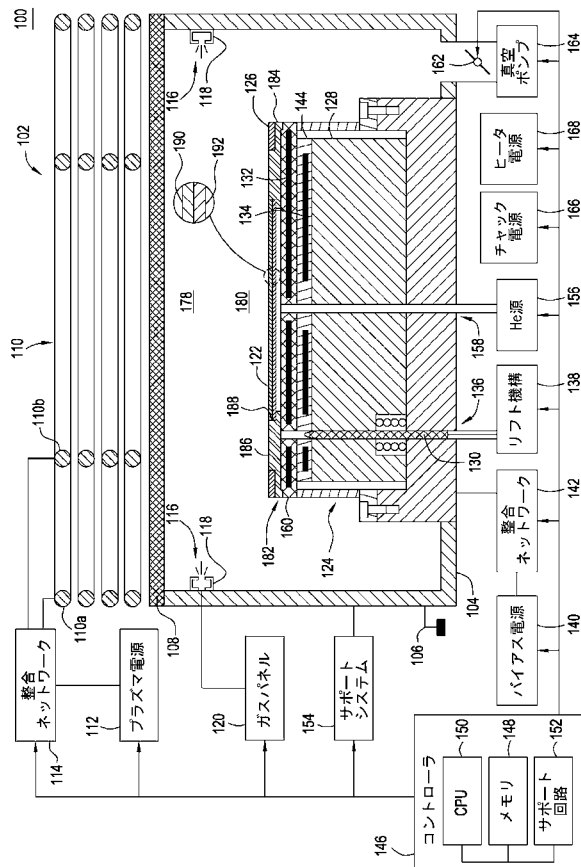
したがって、従来のプロセスに勝る、トレンチの諸属性を有利に改善する石英エッチング方法が提供された。具体的には、本明細書で開示する方法は、従来の方法と比べてより優れた均一性及び位相角範囲を実現するとともに、従来のエッチング方法と比べて、RIエラゲの低減、及びマイクロトレンチの低減をもたらす、より垂直な側壁の角度制御をもたらす。したがって、本明細書で開示する石英のエッチング方法により、有利なことに、限界寸法がわずかに5µmのフィーチャをパターン形成するのに適した、位相シフトフォトマスクの製作が容易になる。

50

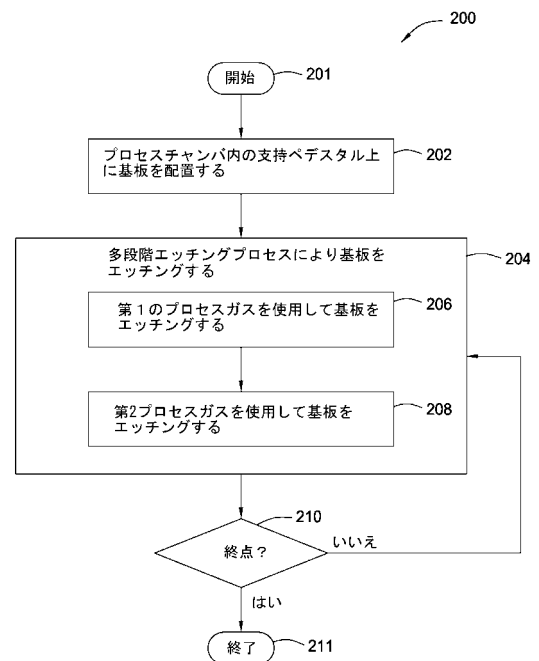
【 0 0 5 4 】

以上は本発明の諸実施形態を対象とするものであるが、本発明のその他さらなる諸実施形態をその基本的な範囲から逸脱することなく考案することができ、その範囲は添付の特許請求の範囲によって決まる。

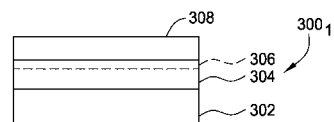
【 図 1 】



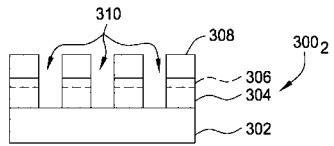
【 図 2 】



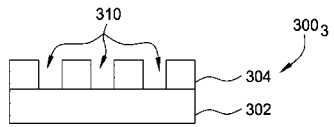
【 図 3 A 】



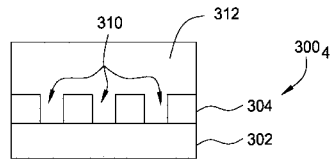
【図 3 B】



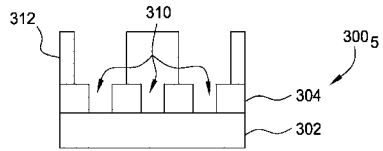
【図 3 C】



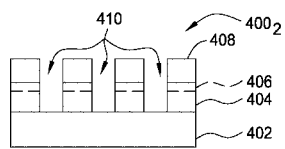
【図 3 D】



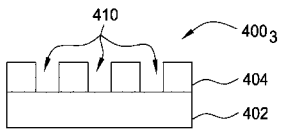
【図 3 E】



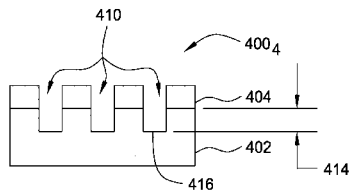
【図 4 B】



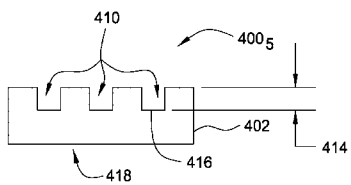
【図 4 C】



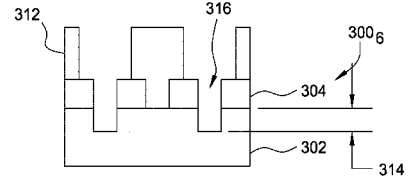
【図 4 D】



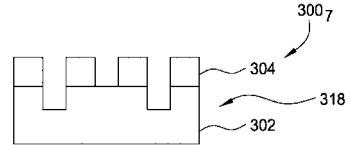
【図 4 E】



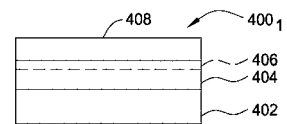
【図 3 F】




【図 3 G】



【図 4 A】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 07/87878
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - G03F 1/00 (2008.01) USPC - 430/5 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8): G03F 1/00 (2008.01) USPC: 430/5 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC: 430/313,314,318; 438/723,736,742; 216/24,51,80 (Keywords limited - See list for keywords)		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWEST(USPT,PGPB,EPAB,JPAB); DialogPRO(Chemistry); Google Scholar Search Terms: Quartz, etch\$4, fluorocarbon, chlorine, chromium, film\$2, stack\$2, expose\$4, patter\$5, layer, chamber, mask\$2, process\$3, gas\$3, photolithography, photomask\$, power, puls\$4, inductively, coupled, duty, cycle\$2, first, second, multi, biasing		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2005/0164514 A1 (Rauf et al.) 28 July 2005 (28.07.2005), especially, para [0011], [0013], [0015] and [0020].	1-15
Y	US 2006/0166107 A1 (Chen et al.) 27 July 2006 (27.07.2006), especially, para [0022], [0024], [0054], [0058], [0072] and [0080].	1-15
Y	US 2006/0154151 A1 (Anderson et al.) 13 July 2006 (13.07.2006), especially, claim 16 and para [0032].	6;15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 March 2008 (30.03.2008)		Date of mailing of the international search report 16 APR 2008
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774 

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

１．フロッピー

(72)発明者 コッホ, レニー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 1 3, プレントウッド, ヴァリー グリーン ドラ
イヴ 7 7 6

(72)発明者 アンダーソン, スコット エー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 5 1, リヴァーモア, アспенウッド ウェイ 6
4 3 2

F ターム(参考) 2H095 BB03 BB16 BB31

5F004 AA01 BA20 CA01 CA02 CA06 DA00 DA01 DA04 DA16 DA22
DA23 DA29 DB03 DB08 EA22 EA28 EB07