

(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.

H01L 21/3065 (2006.01)  
G03F 1/08 (2006.01)

F 1

H01L 21/302 105A  
G03F 1/08 A

テーマコード(参考)

2H095  
5FO04

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 WO2008/077012  
 (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)

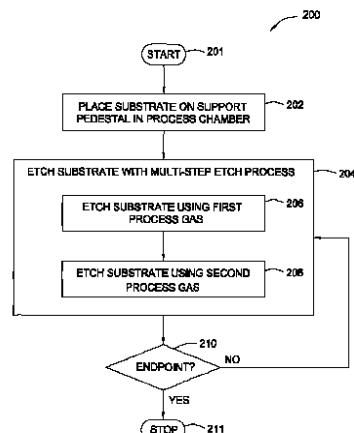
(71) 出願人 390040660  
 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド  
 APPLIED MATERIALS, INCORPORATED  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタクララ バウアーズ アベニュー 3050  
 (74) 代理人 100109726  
 弁理士 園田 吉隆  
 (74) 代理人 100101199  
 弁理士 小林 義教

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マスクエッチング方法

## (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ティングするステップとを含む、石英のエッティング方法であって、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ティングする第 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ティングする第 2 のステップとを含む、石英のエッティング方法。

## 【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、石英層をエッティングする各ステップを、所定のエッティ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、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}$ 、 $\text{C}_4\text{F}_6$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ 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  $\text{Cl}_2$  又は  $\text{HCl}$  の少なくとも一方を含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記第 1 のエッティングステップが、前記プロセスチャンバ内に  $\text{CF}_4$  及び  $\text{CHF}_3$  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ティ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。

## 【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ティ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。

## 【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ティ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 ) 前記多段階エッティ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

10

20

30

40

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  $C_{12}$  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  $C_{12}$  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)でドープされた窒化ケイ素(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つ置きの区域が、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って導かれて、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

## 【0007】

したがって、石英エッティングプロセスの改善が必要とされている。

## 【発明の概要】

## 【0008】

石英のエッティング方法が本明細書で提供される。一実施形態において、石英のエッティング方法は、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ティ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ティングする第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ティングする第2のステップとを含む。

10

## 【0009】

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。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】石英のエッティングに適したエッティング反応装置の概略図である。

【図2】石英のエッティング方法の一実施形態の流れ図である。

【図3A】本発明の石英エッティ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3B】本発明の石英エッティ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3C】本発明の石英エッティ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3D】本発明の石英エッティ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3E】本発明の石英エッティ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3F】本発明の石英エッティ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3G】本発明の石英エッティ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4A】本発明の石英エッティ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4B】本発明の石英エッティ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4C】本発明の石英エッティ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4D】本発明の石英エッティ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4E】本発明の石英エッティ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】

## 【0011】

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

## 【0012】

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100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、DPS(登録商標)(Decoupled Plasma Source)II反応装置、TETRA(商標)I及びTETRA(商標)II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DPS(登録商標)II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CENTURA(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100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。

10

## 【0013】

反応装置100は一般に、導電性本体(壁体)104内の基板ペデスタル124と、コントローラ146とを有するプロセスチャンバ102を備える。チャンバ102は、ほぼ平坦な誘電性天板108を有する。チャンバ102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108の上にアンテナ110が配置される。アンテナ110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110a及び110bを示す)。アンテナ110は、第1の整合ネットワーク114を介してプラズマ電源112に結合される。このプラズマ電源112は、一般に、約2MHz～約200MHzの同調可能な周波数、例えば13.56MHzで、最大約3000ワット(W)の無線周波数(RF)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112は、約300W～約600Wの誘導結合型RF電力を発生する。

20

## 【0014】

基板ペデスタル(カソード)124は、第2の整合ネットワーク142を介してバイアス電源140に結合される。このバイアス電源140は、約2MHz～約200MHzの同調可能な周波数、例えば13.56MHzで、約0W～約600WのRF信号を生成する。バイアス電源140は、約1kHz～約10kHz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140は、パルス直流電源出力を生成することもできる。

30

## 【0015】

一実施形態において、バイアス電源140は、約1kHz～約10kHzの周波数において、約10～約95パーセントのデューティサイクルで、約600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2kHz～約5kHzの周波数において、約80～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。

## 【0016】

DPS(登録商標)II反応装置の場合の一実施形態において、基板支持ペデスタル124は静電式チャック160を含むことができる。この静電式チャック160は、少なくとも1つのクランプ電極132を備え、チャック電源166で制御される。代替実施形態においては、基板ペデスタル124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。

40

## 【0017】

プロセスチャンバ102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120がプロセスチャンバ102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120が、チャンバ102の側壁104内のチャネル118中に形成された1つ又は複数の注入口116に結合される。他の箇所、例えばプロセスチャンバ102の天板108に、1つ又は複数の注入口116を設けてもよいことが企図されている。

## 【0018】

一実施形態において、ガスパネル120は、処理中、注入口116を通ってプロセスチ

50

チャンバ 102 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せている。例えば、一実施形態において、ガスパネル 120 は、フォトマスク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 102 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 112 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（ignite）させてもよい。

【0019】

チャンバ 102 内の圧力は、スロットルバルブ 162 及び真空ポンプ 164 を使用して制御される。この真空ポンプ 164 及びスロットルバルブ 162 は、チャンバ圧力を約 1 mTorr ~ 約 20 mTorr に維持することができる。

10

【0020】

壁体 104 を貫通する、液体を入れた導管（図示せず）を使用して、壁体 104 の温度を制御することができる。壁体温度は、一般に約 65 に維持されている。通常、チャンバの壁体 104 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 106 に結合される。プロセスチャンバ 102 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 154 として示してある。

【0021】

基板（レチクルや他のワークピースなど）122 を基板支持ペデスタル 124 上に固定するために、レチクルアダプタ 182 が使用される。このレチクルアダプタ 182 は、一般に、ペデスタル 124 の上面（例えば、静電式チャック 160）を覆うようにフライス加工された下側部分 184 と、基板 122 を保持するような寸法及び形状の開口部 188 を有する上側部分 186 とを含む。この開口部 188 は、一般に、ペデスタル 124 に対してほぼ中心合わせされる。アダプタ 182 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單一片から形成される。2001年6月26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 6,251,217 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 126 は、アダプタ 182 を覆い、及び / 又はペデスタル 124 に固定することができる。

20

【0022】

アダプタ 182 を、したがって基板 122 を基板支持基台 124 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 138 が使用される。一般に、リフト機構 138 は、それぞれのガイドホール 136 を貫通する複数のリフトピン（1つのリフトピン 130 を示す）を備える。

30

【0023】

動作に当たっては、基板 122 の温度は、基板ペデスタル 124 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、基板支持ペデスタル 124 は、ヒータ 144 及び任意選択のヒートシンク 128 を備える。このヒータ 144 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 144 は、ヒータ電源 168 によって調節される少なくとも 1 つのヒータ素子 134 を含むことができる。任意選択で、ガス源 156 からの裏側のガス（例えば、ヘリウム（He））が、ガス導管 158 を介して、基板 122 の下のペデスタル表面に形成されたチャネルに供給される。裏側のガスは、ペデスタル 124 と基板 122 の間の熱伝達を容易にするために使用される。処理中、ペデスタル 124 は、埋込みヒータ 144 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 122 の均一な加熱を容易にする。

40

【0024】

コントローラ 146 は、中央演算処理装置（CPU）150 と、メモリ 148 と、CPU 150 用サポート回路 152 とを備え、プロセスチャンバ 102 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。C P U 150 のメモリ 148 は、ランダムアクセスメモリ (R A M) 、リードオンリメモリ (R O M) 、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 C P U 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、C P U 150 にアクセス可能なメモリ 148 又はコンピュータで読み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、C P U 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 C P U ( 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

#### 【 0 0 2 5 】

図 2 は、石英をエッティ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 は他の石英エッティングの応用例で使用することもできる。

#### 【 0 0 2 6 】

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み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デスタル 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、T E T R A ( 商標 ) I 、T E T R A ( 商標 ) I I 、D P S ( 登録商標 ) I I 、又は他の適切なエッティ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 ( S i O<sub>2</sub> ) 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 ( M o ) でドープされた、窒化ケイ素 ( S i N ) 層 ( 図示せず ) を含むこともできる。

20

#### 【 0 0 2 7 】

次に、ステップ 204 で、基板 122 の石英層 192 を、多段階エッティングプロセスを使用してエッティングする。この多段階エッティングプロセスは、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ティングする第 1 のエッティングステップ 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ティングする第 2 のエッティングステップ 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、多段階エッティングプロセスを続行することができる。

30

#### 【 0 0 2 8 】

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 ( H e ) 、アルゴン ( A r ) 、キセノン ( X e ) 、ネオン ( N e ) 、クリプトン ( K r ) などの不活性ガスを含んでもよい。

40

#### 【 0 0 2 9 】

塩素含有ガスの例には、塩素 ( C l<sub>2</sub> ) 、塩化水素 ( H C l ) 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（C<sub>1,2</sub>）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C<sub>1,2</sub>を供給する。一実施形態において、約5sccmの速度でC<sub>1,2</sub>を使用する。プロセスチャンバ内の圧力は、約40mTorrより低く、一実施形態においては約1mTorr～約10mTorr、例えば2mTorr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<sub>4</sub>、CHF<sub>3</sub>、C<sub>2</sub>F、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>などが含まれ得る。一実施形態において、CF<sub>4</sub>を約2～50sccmの速度で供給し、CHF<sub>3</sub>を約2～50sccmの速度で供給する。一実施形態において、CF<sub>4</sub>を約9sccmの速度で、CHF<sub>3</sub>を約26sccmの速度で使用する。プロセスチャンバ内の圧力は、約40mTorrより低く、一実施形態においては約1mTorr～約10mTorr、例えば2mTorr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、支持ペデスタル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150Wより低くてよく、あるいは第1の例では、約100Wより低く、あるいは第2の例では、20W～約150Wでよい。一実施形態において、このプロセスでは約65W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13.56MHzのRF信号でよく、あるいは約1kHz～10kHz、又は一実施形態においては約2kHz～5kHz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1kHz～約10kHz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2kHz～約5kHz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。

30

【0033】

石英層が、その上にパターン形成されたフォトレジスト層を含む、一実施形態において、バイアス電源140は、約2kHz～約5kHz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レジスト層を含まない、一実施形態においては、バイアス電源140は、約2kHz～約5kHz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。

【0034】

プラズマ電源112からアンテナ110に約300W～約600W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13.56MHzの周波数において、アンテナ110に約420W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をエッティングする。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、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}$ 、 $\text{C}_4\text{F}_6$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ などが含まれ得る。一実施形態において、 $\text{CF}_4$ を約2~50 sccmの速度で供給し、 $\text{CHF}_3$ を約2~50 sccmの速度で供給する。一実施形態において、 $\text{CF}_4$ を約9 sccmの速度で、 $\text{CHF}_3$ 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、支持ペデスタル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150Wより低くてよく、あるいは第1の例では、約100Wより低く、あるいは第2の例では、約20W~約150Wでよい。一実施形態において、このプロセスでは約65W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。

10

#### 【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。

20

#### 【0039】

石英層が、その上にパターン形成されたフォトレジスト層を含む、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レジスト層を含まない、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

#### 【0040】

プラズマ電源112からアンテナ110に約300W~約600W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420W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をエッティングする。

30

#### 【0041】

ステップ210で、多段階エッティ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エッティ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、所望の多段階エッティ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い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

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ティングプロセスはさらに、エッティ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ティングプロセスは中央で速いエッティングをもたらし(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ティングし)、一方、ステップ 208 で利用されるエッティングプロセスは中央で遅いエッティングをもたらす(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ティングする)。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て、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ティングプロセスにする。有利なことに、方法 200 はさらに、従来のエッティング方法と比べて、R I E ラグ、マイクロトレーニングの低減をもたらし、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。

10

#### 【0043】

図 3 A ~ 図 3 G 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<sub>i</sub> の一実施形態を示す。下付き文字「i」は、図 3 A ~ 図 3 G に示す積層膜の様々な製作段階を表す整数である。

20

#### 【0044】

図 3 A に示す積層膜 300<sub>1</sub> 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。

30

#### 【0045】

フォトマスク層 304 をエッティングするために、第 1 のレジスト層 308 をパターン形成し、それをエッティ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 3 B 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 (C1<sub>2</sub> など) から形成されるプラズマを使用してエッティングすることができる。2002 年 9 月 4 日に出願され、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 つの例示的なエッティングプロセスが記載されている。他の適切な金属エッティングプロセスを利用して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、例えばアッティングによって取り除いて、図 3 C に示す積層膜 300<sub>3</sub> を残す。

#### 【0046】

図 3 D に示すように、積層膜 300<sub>4</sub> 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 3 E 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。

40

#### 【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 を使用してエッティングする(例えば、前述の多段階エッティングプロセスを使用して、一実施形態においては、エッティングされたフィーチャの均一性を制御できる)。石英エッティングの終点は、図 3 F に示すエッティングされた石英トレーニング 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

50

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、193 nm 及び 248 nm である。したがって、深さ 314 は一般に、約 172 nm 又は約 240 nm 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 をエッティングした後、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 300<sub>7</sub> 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、クロムなしのエッティングリソグラフィマスク 418 中に製作された積層膜 400<sub>i</sub> 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 400<sub>1</sub> 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ティ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 をエッティングするために、レジスト層 408 をパターン形成し、それをエッティ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ティ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 400<sub>3</sub> 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 を使用してエッティングする (例えば、前述の多段階エッティングプロセスを使用して、一実施形態においては、エッティ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)。石英エッティングの終点は、図 4D に示すエッティ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、クロムなしのエッティ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 について記載したように選択される。

30

【0052】

石英トレンチ 416 をエッティングした後、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、選択的にエッティングすることによって除去することができる。積層膜 400<sub>5</sub> に残っている石英層 402 は、図 4E に示すクロムなしのエッティングリソグラフィマスク 418 を形成する。

40

【0053】

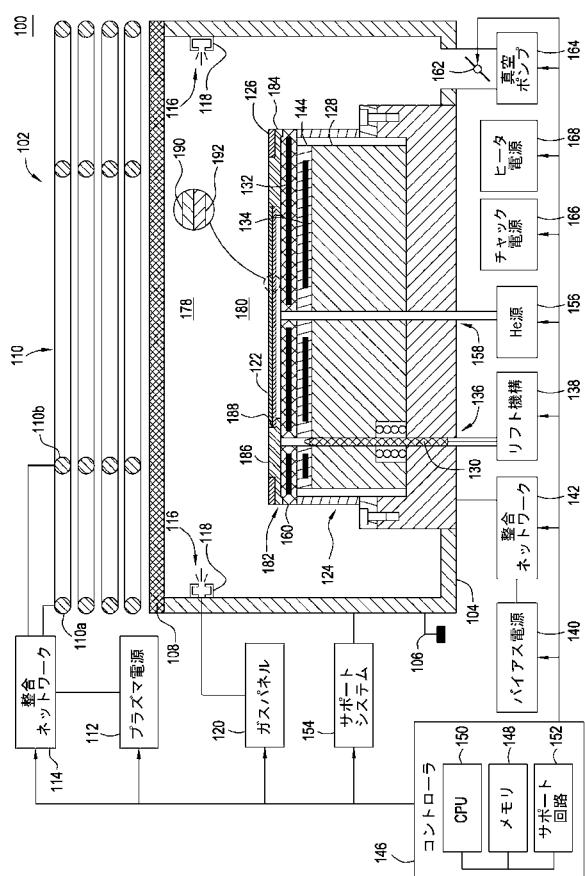
したがって、従来のプロセスに勝る、トレンチの諸属性を有利に改善する石英エッティング方法が提供された。具体的には、本明細書で開示する方法は、従来の方法と比べてより優れた均一性及び位相角範囲を実現するとともに、従来のエッティング方法と比べて、RIE ラグの低減、及びマイクロトレンチの低減をもたらし、より垂直な側壁の角度制御をもたらす。したがって、本明細書で開示する石英のエッティング方法により、有利なことに、限界寸法がわずかに 5 μm のフィーチャをパターン形成するのに適した、位相シフトフォトマスクの製作が容易になる。

50

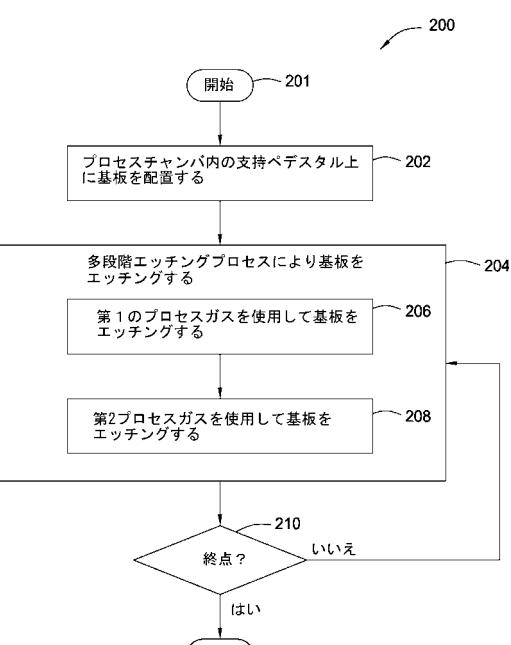
## 【 0 0 5 4 】

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。

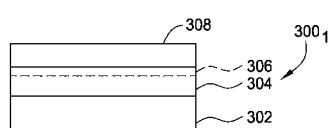
【 図 1 】



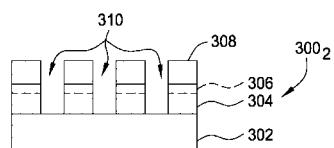
【 図 2 】



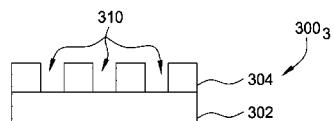
【 図 3 A 】



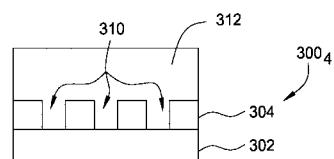
【図 3 B】



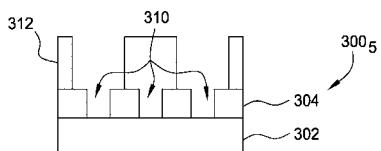
【図 3 C】



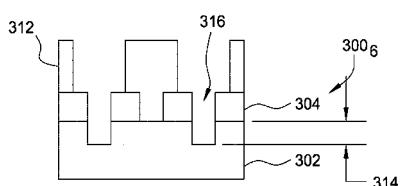
【図 3 D】



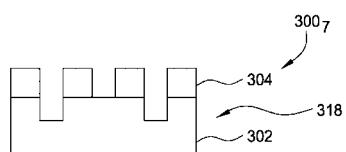
【図 3 E】



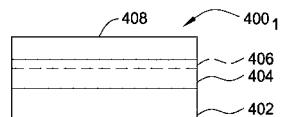
【図 3 F】



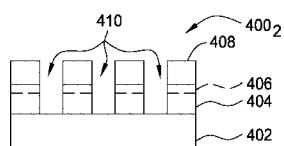
【図 3 G】



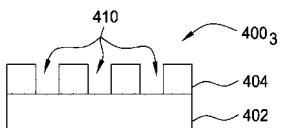
【図 4 A】



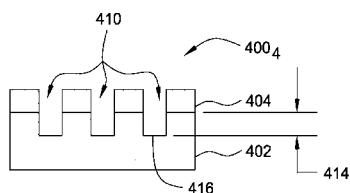
【図 4 B】



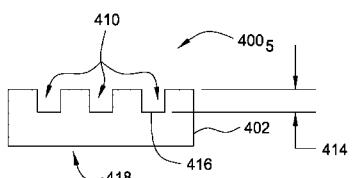
【図 4 C】



【図 4 D】



【図 4 E】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 07/87878												
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - G03F 1/00 (2008.01) USPC - 430/5 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC														
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> 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(USPTO, PGPB, EPAB, JPA); DialogPRO(Chemistry); Google Scholar Search Terms: Quartz, etch\$, fluorocarbon, chlorine, chromium, film\$, stack\$, expose\$, patter\$, layer, chamber, mask\$, process\$, gas\$, photolithography, photomask\$, power, puls\$, inductively, coupled, duty, cycle\$, first, second, multi, biasing														
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">US 2005/0164514 A1 (Rauf et al.) 28 July 2005 (28.07.2005), especially, para [0011], [0013], [0015] and [0020].</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">US 2006/0166107 A1 (Chen et al.) 27 July 2006 (27.07.2006), especially, para [0022], [0024], [0054], [0058], [0072] and [0080].</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">US 2006/0154151 A1 (Anderson et al.) 13 July 2006 (13.07.2006), especially, claim 16 and para [0032].</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">6-15</td> </tr> </tbody> </table>			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
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. <input type="checkbox"/>														
* 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														
Date of the actual completion of the international search 30 March 2008 (30.03.2008)		Date of mailing of the international search report <b>16 APR 2008</b>												
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 94513, ブレントウッド, ヴァリー グリーン ドラ  
イヴ 776

(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 94551, リヴァーモア, アスペンウッド ウェイ 6  
432

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