

(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2008-511167

(P2008-511167A)

(43) 公表日 平成20年4月10日(2008.4.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
HO1L 21/3065 (2006.01)	HO1L 21/302 105A	4M104
HO1L 21/28 (2006.01)	HO1L 21/28 E	5FO04
HO1L 21/3213 (2006.01)	HO1L 21/88 D	5FO33

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2007-529849 (P2007-529849)	(71) 出願人	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
(86) (22) 出願日	平成17年6月30日 (2005. 6. 30)	(71) 出願人	390009531
(85) 翻訳文提出日	平成19年4月26日 (2007. 4. 26)		インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION アメリカ合衆国10504, ニューヨーク州 アーモンク (番地なし)
(86) 國際出願番号	PCT/US2005/023943	(74) 代理人	100112737 弁理士 藤田 考晴
(87) 國際公開番号	W02006/025944	(74) 代理人	100118913 弁理士 上田 邦生
(87) 國際公開日	平成18年3月9日 (2006. 3. 9)		
(31) 優先権主張番号	10/926,404		
(32) 優先日	平成16年8月26日 (2004. 8. 26)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ゲート・スタックをエッチングするための方法およびシステム

## (57) 【要約】

調整可能耐エッティング性反射防止 (T E R A : tunable etch resist tant anti-reflective) コーティングをエッティングするための方法およびシステムが記載される。T E R A コーティングは、例えば、リソグラフィ構造を補完するためのハード・マスクまたは反射防止コーティングとして利用できる。T E R A コーティングは、構造式 R : C : H : X を有することができ、式中、R は、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも 1 つを含む群から選ばれ、X は、存在しないかまたは O、N、S、および F のうちの 1 つ以上を含む群から選ばれる。膜スタック中の構造の形成の間、パターンが、S F<sub>6</sub> ベースのエッティング化学的性質を有するドライ・プラズマ・エッティングを用いて T E R A コーティングに転写される。

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基材上に構造を設ける方法であって、  
前記基材上に調整可能耐エッチング性反射防止 ( T E R A : tunable etch  
resistant anti-reflective ) コーティングを形成するステップであって、前記 T E R A コーティングは、式 R : C : H : X により定義される構造を有し、式中、R は、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも 1 つを含む群から選ばれ、X は、存在しないかまたはO、N、S、およびF のうちの 1 つ以上を含む群から選ばれる、ステップと、

前記 T E R A コーティング上に感光材料層を形成するステップと、

10

前記感光材料層中にパターンを形成するステップと、

少なくとも S F<sub>6</sub> を含むエッチング・プロセスを用いて、前記パターンを前記 T E R A コーティングに転写するステップとを含む、

方法。

## 【請求項 2】

前記エッチング・プロセスが、酸素含有ガスをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記エッチング・プロセスが、O<sub>2</sub>、CO、およびCO<sub>2</sub> のうちの少なくとも 1 つをさらに含む、請求項 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記エッチング・プロセスが、不活性ガスをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

20

## 【請求項 5】

前記エッチング・プロセスが、希ガスをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記エッチング・プロセスが、ハロゲン含有ガスをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。  
。

## 【請求項 7】

前記エッチング・プロセスが、Cl<sub>2</sub>、HBr、CHF<sub>3</sub>、およびCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub> のうちの少なくとも 1 つを用いるステップをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記エッチング・プロセスが、フルオロカーボン含有ガスをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

30

## 【請求項 9】

前記エッチング・プロセスが、C<sub>x</sub>F<sub>y</sub> の構造を有するガスをさらに含み、x、y が 1 以上の整数である、請求項 8 に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記エッチング・プロセスが、圧力、温度、および高周波 ( R F ) 電力のうちの少なくとも 1 つを設定するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 11】

T E R A コーティングをエッチングする方法であって、  
基材をプラズマ処理システム中に配置するステップであって、前記基材は、前記 T E R A コーティングを有し、該 T E R A コーティングは、式 R : C : H : X により定義される構造を有し、式中、R は、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも 1 つを含む群から選ばれ、X は、存在しないかまたはO、N、S、およびF のうちの 1 つ以上を含む群から選ばれる、ステップと、  
少なくとも S F<sub>6</sub> を含むプロセス・ガスを導入するステップと、

40

前記プロセス・ガスからプラズマを形成するステップと、

前記基材を前記プラズマにさらすステップとを含む、

方法。

## 【請求項 12】

50

前記プロセス・ガスが、酸素含有ガスをさらに含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記プロセスガスが、O<sub>2</sub>、CO、およびCO<sub>2</sub>のうちの少なくとも1つをさらに含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記プロセス・ガスが、不活性ガスをさらに含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記プロセス・ガスが、希ガスをさらに含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記プロセス・ガスが、ハロゲン含有ガスをさらに含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記プロセスガスが、Cl<sub>2</sub>、HBr、CHF<sub>3</sub>、およびCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>のうちの少なくとも1つをさらに含む、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記プロセス・ガスが、フルオロカーボン含有ガスをさらに含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記プロセス・ガスが、C<sub>x</sub>F<sub>y</sub>の構造を有するガスをさらに含み、x、yが1以上の整数である、請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記プロセス・ガスを導入するステップが、圧力、温度、および高周波(RF)電力のうちの少なくとも1つを設定するステップをさらに含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 2 1】

基材上のTERAコーティングをエッティングするためのプラズマ処理システムであって、  
、  
プロセス・チャンバと、

該プロセス・チャンバ内に配置され、かつ前記基材を支持するように構成された基材ホルダであって、前記基材は、式R:C:H:Xにより定義される構造を有するTERAコーティングを含み、式中、Rは、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む群から選ばれ、Xは、存在しないかまたはO、N、S、およびFのうちの1つ以上を含む群から選ばれる、基材ホルダと、

前記プロセス・チャンバに結合され、かつ少なくともSF<sub>6</sub>を含むプロセス・ガスを導入するように構成されたガス注入システムと、

前記プロセス・チャンバに結合され、かつ前記プロセス・ガスからプラズマを形成するように構成されたプラズマ源とを含む、

システム。

【請求項 2 2】

前記プロセス・ガスが、酸素含有ガスをさらに含む、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 3】

前記プロセス・ガスが、O<sub>2</sub>、CO、およびCO<sub>2</sub>のうちの少なくとも1つをさらに含む、請求項 2 2 に記載のシステム。

【請求項 2 4】

前記プロセス・ガスが、不活性ガスをさらに含む、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 5】

前記プロセス・ガスが、希ガスをさらに含む、請求項 2 4 に記載のシステム。

【請求項 2 6】

前記プロセス・ガスが、ハロゲン含有ガスをさらに含む、請求項 2 1 に記載のシステム。  
。

【請求項 2 7】

前記プロセス・ガスが、Cl<sub>2</sub>、HBr、CHF<sub>3</sub>、およびCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>のうちの少なく

10

20

30

40

50

とも1つをさらに含む、請求項26に記載のシステム。

【請求項28】

前記プロセス・ガスが、フルオロカーボン含有ガスをさらに含む、請求項21に記載のシステム。

【請求項29】

前記プロセス・ガスが、 $C_x F_y$ の構造を有するガスをさらに含み、 $x$ 、 $y$ が1以上の整数である、請求項28に記載のシステム。

【請求項30】

前記ガス注入システムに結合され、かつ前記プロセス・ガスの流量を制御するように構成されたコントローラをさらに含む、

10

請求項21に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

このPCT出願は、2004年8月26日出願の米国特許本出願第10/926,404号に基づき、かつ優先権を主張し、この米国特許本出願の内容全体は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明は、半導体デバイスの形成においてゲート・スタックをエッチングする方法に関し、より詳細には、調整可能耐エッチング性反射防止コーティングをエッチングするための方法およびシステムに関する。

20

【背景技術】

【0003】

材料処理方法論において、パターン・エッチングは、フォトレジストのような放射線感受性材料のパターン形成されたマスクを基材（基板）の上側表面上の薄層に施すステップと、エッチングによりマスク・パターンを下にある薄膜に転写するステップとを含む。放射線感受性材料のパターン形成は一般に、基材の上側表面を放射線感受性材料の薄膜で被覆すること、および、例えば、フォトリソグラフィ・システムを使用して放射線感受性材料の薄膜を、レチクル（および関連した光学部品）を介して放射線源にさらすことを含む。次に、現像プロセスが実行され、その間に、（ポジ型フォトレジストの場合のように）放射線感受性材料の照射領域の除去が行われ、あるいは（ネガ型レジストの場合のように）塩基性現像液、または溶媒を用いて非照射領域の除去が行われる。残りの放射線感受性材料は、下にある基材表面を、表面にエッチングされる準備ができたパターンで露出する。上述の材料処理方法論を実行するためのフォトリソグラフィ・システムは、過去30年間で半導体デバイス・パターン形成の主力になり、65nm、およびそれ未満の解像度まで、その役割に留まると期待されている。

30

【0004】

フォトリソグラフィック・システムの解像度（ $r_0$ ）は、このシステムを用いて作ることができるデバイスの最小サイズを決定する。所与のリソグラフィック定数 $k_1$ があれば、解像度は、以下の式により与えられ、

$$r_0 = k_1 / N A \quad (1)$$

40

式中、 $N A$ は、操作波長であり、 $N A$ は、以下の式により与えられる開口数である。

$$N A = n \cdot \sin \theta_0 \quad (2)$$

角度 $\theta_0$ は、システムの半開口角であり、 $n$ は、システムとパターン形成される基材との間の空間を満たす材料の屈折率である。

【0005】

ますます小さい構造を印刷するため、現行のリソグラフィの傾向は、開口数（ $N A$ ）の増大を伴う。しかしながら、 $N A$ を増大させることにより、より高い解像度が可能になるが、感光材料中に投射されたイメージのための焦点深度は低減され、より薄いマスク層につながる。感光層の厚さが減少するにつれて、パターン形成された感光層は、パターン・

50

エッチング用のマスクとしては効率が低くなる。すなわち、エッチングの間に（感光）マスク層のほとんどが消費される。エッチング選択性の劇的な改良がなかったので、単層マスクは、高解像度リソグラフィに適した必要なリソグラフィ特性およびエッチング特性を提供するには不十分なものになった。

【0006】

単層マスクの更なる弱点は、限界寸法（CD）の制御である。紫外（UV）波長および深紫外（DUV）波長における基材反射は、薄膜干渉のせいで感光層中に定在波を引き起こすことが知られている。この干渉は、露光の間に感光層中の光強度の周期的変動となって表れ、感光層中の垂直に間隔をおいた縞模様およびCDの損失という結果になる。

【0007】

その後のパターン・エッチング転写用のより厚いマスクを提供するだけでなく、感光層中の定在波の効果を打ち消すために、底部反射防止コーティング（BARC：bottom anti-reflective coating）を組み込んだ二層または多層マスクが形成できる。BARC層は、薄膜干渉を低減するための薄い吸収膜を含むが、BARC層はそれでもなお、スピノン（spin-on）成膜技術に部分的に起因する乏しい厚さの均一性を含むいくつかの制限を被ることがある。

【0008】

限界寸法の管理を改善するために、ハード・マスクも用い得る。ハード・マスクは、感光層単独よりも良好なエッチング選択性を提供するために感光層の下に設けられた蒸着薄膜であり得る。ハード・マスク材料のこのエッチング選択性によって、より大きい解像度を可能にすると同時により深いエッチング・プロセスも可能にする、より薄いマスクの使用が可能になる。しかしながら、従来のハード・マスクの使用はエッチング選択性およびエッチング・プロセスに対する復元力を制限しており、このことがいっそう小さい構造を有する将来世代のデバイスにおける従来のハード・マスクの使用を制限することを本発明者らは認識した。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の1つの態様は、上記の問題のうちのいずれかまたは全てを低減または排除することである。

【0010】

本発明の別の目的は、エッチング特性を改善するために層をエッチングする方法を提供することである。

【0011】

本発明のさらに別の態様は、調整可能耐エッチング性反射防止（TERA：tunable etch resistant anti-reflective）コーティングをエッチングする方法を提供することである。

【0012】

さらに別の態様によれば、ある構造を基材上に設ける方法が記載され、この方法は、基材上に調整可能耐エッチング性反射防止（TERA）コーティングを形成するステップを含み、TERAコーティングは、構造式R：C：H：Xを有し、式中、Rは、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む群から選ばれ、Xは、存在しないかまたはO、N、S、およびFのうちの1つ以上を含む群から選ばれる。感光材料層がTERAコーティング上に形成される。感光材料層中にパターンが形成され、このパターンは、SF<sub>6</sub>を含むエッチング・プロセスを用いて薄膜に転写される。

【0013】

さらに別の態様によれば、TERAコーティングをエッチングする方法が記載され、この方法は、基材をプラズマ処理システム中に配置するステップを含み、基材はTERAコーティングを有し、このTERAコーティングは、構造式R：C：H：Xを有し、式中、

10

20

30

40

50

Rは、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む群から選ばれ、Xは、存在しないかまたはO、N、S、およびFのうちの1つ以上を含む群から選ばれる。SF<sub>6</sub>を含むプロセス・ガスが導入され、プラズマがこのプロセス・ガスから形成され、基材はこのプラズマにさらされる。

## 【0014】

さらに別の態様によれば、基材上のTERAコーティングをエッチングするためのプラズマ処理システムが記載される。このシステムは、プロセス・チャンバと、このプロセス・チャンバに結合されかつ基材を支持するように構成された基材ホルダと（基材は、構造式R : C : H : Xを有するTERAコーティングを有し、式中、Rは、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む群から選ばれ、Xは、存在しないかまたはO、N、S、およびFのうちの1つ以上を含む群から選ばれる）、プロセス・チャンバに結合されかつSF<sub>6</sub>を含むプロセス・ガスを導入するように構成されたガス注入システムと、プロセス・チャンバに結合されかつプロセス・ガスからプラズマを形成するように構成されたプラズマ源とを含む。

10

## 【0015】

本明細書中で説明の一部を成す添付図面において、同じ参照符号は同じ構造を示すために用いられる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0016】

前述のように、ハード・マスクの使用は、リソグラフィ構造を補完するために採用されており、かつ限界寸法についての仕様が厳格な用途において利用できる。ハード・マスクの1つの種類は、構造式R : C : H : Xを有するものとして大まかに分類することができ、式中、Rは、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む群から選ばれ、Xは、存在しないかまたはO、N、S、およびFのうちの1つ以上を含む群から選ばれる。そのようなハード・マスクは、調整可能耐エッチング性反射防止（TERA）コーティングと呼ぶことができる。これらのTERAコーティングは、基材の光学的性質を結像感光層と一致させるために膜厚方向に任意に傾斜させることができる調整可能な屈折率および吸光係数を有するように製造できる。参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション（IBM）に付与された米国特許第6,316,167号は、そのようなものを記載している。この特許に記載されるように、TERA膜は、限界寸法の制御が非常に重要なゲート形成のようなフロント・オブ・エンド・ライン（FEOL : front of end line）操作のためのリソグラフィ構造ラインにおいて用いられる。これらの用途において、TERAコーティングは、65nm以下のデバイス・ノードでゲート・デバイスを形成するためのリソグラフィ構造に対する実質的な改善をもたらす。

20

## 【0017】

上記のように、材料処理方法論において、そのようなリソグラフィ構造を利用するパターン・エッチングは一般に、基材の上部表面へのフォトレジストのような感光材料の薄層の塗布を含み、基材はその後、下にあるハード・マスクにこのパターンを転写するためのマスクをエッチングの間に設けるために、パターン形成される。しかしながら、本発明者らは、TERAコーティングのような従来のハード・マスク膜は、エッチング化学的性質を用いる従来の処理ステップの間に損傷を受け得ることを見いだした。例えば、CHF<sub>3</sub>/N<sub>2</sub>またはCHF<sub>3</sub>/N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>のようなCHF<sub>3</sub>ベースのエッチング化学的性質は、TERAコーティングと下にある層との間の乏しいエッチング選択性、乏しい側壁プロファイル制御、および過剰成膜につながり得る。加えて、例えば、Cl<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>/CHF<sub>3</sub>、Cl<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、またはCl<sub>2</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>のようなCl<sub>2</sub>ベースのエッチング化学的性質は、下にある層だけでなくフォトレジストに対する乏しい選択性、およびプロファイル・アンダーカットにつながり得る。本発明者らは、代替エッチング化学的性質が、改善されたエッチング特性につながり得ることを見いだした。

30

## 【0018】

40

50

図1Aおよび1Bは、TERAコーティングのようなハード・マスク層のための従来のエッチング・プロセスを示し、その中で本発明を応用できる。図1Aに示されるように、基材101、この基材101上に形成されたTERAコーティングのような薄膜102、およびこの薄膜102上に形成された感光材料層104を有する膜スタック100が形成される。従来のリソグラフィ技術を用いて感光材料層104中にパターン106を形成することができる。図1Bに見られるように、感光層104中のパターン106は、エッチング・ステップを用いて薄膜102に転写される。加えて、例えば、本発明は、図2Aおよび2Bに示される膜スタック110のようなゲート・スタックに応用できる。その中で、基材111、(酸化ケイ素層、または高誘電率酸化物層のような)ゲート酸化物層112、ゲート・ポリシリコン層114、(窒化ケイ素層のような)窒化物層116、酸化物層118、(TERAコーティングのような)ハード・マスク120、(Si、C、O、Hを含有する層のような)キャップ層122、および感光材料層124を有する膜スタック110が形成される。従来のリソグラフィ技術を用いて感光材料層124中にパターン126を形成することができる。図2Bに見られるように、感光層124中のパターン126は、エッチング・ステップを用いてキャップ層122およびハード・マスク120に転写される。

10

20

30

40

50

## 【0019】

本発明の一実施形態において、フッ素化プラズマを形成するために、SF<sub>6</sub>を含有するプロセス・ガスがプラズマ処理システムに導入される。その後、パターンを下にあるTERAコーティングに転写するために、フォトレジストのような感光材料のパターン形成された層を有する基材がプラズマにさらされる。本発明者らは、SF<sub>6</sub>ベースのエッチング化学的性質を用いてTERAコーティングをエッチングすると、ハード・マスクのエッチング特性が改善されることを見いだした。

## 【0020】

ここで図3を参照すると、別の実施形態において、膜スタック中のTERAコーティングをエッチングする方法が記載される。この方法は、ステップ210において、図1Aおよび1B、または2Aおよび2Bにおけるような基材上にTERAコーティングを形成することから始まるフローチャートとして例示される。TERAコーティングは、化学蒸着法(CVD)、またはプラズマ促進化学蒸着法(PECVD)のような蒸着技術を用いて形成することができる。

## 【0021】

TERAコーティングは、構造式R:C:H:Xを有し、式中、Rは、Si、Ge、B、Sn、Fe、Ti、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む群から選ばれ、Xは、存在しないかまたはO、N、S、およびFのうちの1つ以上を含む群から選ばれる。TERAコーティングは、約1.40 < n < 2.60の屈折率、および約0.010 < k < 0.78の吸光係数についての光学範囲を示すように製造できる。また、屈折率および吸光係数のうちの少なくとも1つは、TERAコーティングの厚さ方向に沿って勾配を付ける(または変更する)ことができる。更なる詳細は、米国特許第6,316,167号中に記載されている。さらに、TERAコーティングは、2003年8月21日出願の「調整可能な光学的性質およびエッチング特性を有する材料を蒸着するための方法および装置(Method and apparatus for depositing materials with tunable optical properties and etching characteristics)」と題された係属中の米国特許出願第10/644,958号中でより詳細に記載されるようなPECVDを用いて形成することができ、この米国特許出願は、参照によりその内容全体が本明細書に組み込まれる。屈折率のようなTERAコーティングの光学的性質は、1つまたは複数の下にある層の光学的性質と実質的に一致するように選ばれ得る。例えば、非多孔質誘電性膜のような下にある層は、1.4 < n < 2.6の範囲の屈折率を達成することを必要とするがあり、多孔質誘電性膜のような下にある層は、1.2 < n < 2.6の範囲の屈折率を達成することを必要とすることがある。

## 【0022】

ステップ220において、感光材料層が基材上に形成される。この感光材料層は、フォトレジストを含み得る。例えば、その感光材料の層（または、複数の層）はトラック・システムを用いて形成することができる。トラック・システムは、248 nmレジスト、193 nmレジスト、157 nmレジスト、EUVレジスト、（トップ／ボトム）反射防止コーティング（TARC/BARC）、およびトップ・コートを処理するために構成できる。例えば、トラック・システムは、東京エレクトロン株式会社（TEL）から市販されているClean Track ACT（R）8、またはClean Track ACT（R）12レジスト塗布・現像システムを含み得る。基材上にフォトレジスト膜を形成するための他のシステムおよび方法は、スピンドル・レジスト技術分野の当業者によく知られている。

10

## 【0023】

基材上に感光材料層がひとたび形成されると、この感光材料層は、ステップ230においてマイクロリソグラフィを使用しパターンを用いてパターン形成され、続いて（ポジ型フォトレジストの場合のように）感光材料の照射された領域が、または（ネガ型レジストの場合のように）照射されない領域が、現像溶媒を用いて除去される。マイクロリソグラフィ・システムは、どのような適切な従来のステッピング・リソグラフィ・システム、またはスキャニング・リソグラフィ・システムも含み得る。

20

## 【0024】

ステップ240において、感光材料層中に形成されたパターンは、ドライ・エッチング・プロセスを用いて、下にあるTERAコーティングに転写される。ドライ・エッチング・プロセスは、SF<sub>6</sub>ベースのエッチング化学的性質を含んでおり、また、エッチング化学的性質は、O<sub>2</sub>、CO、またはCO<sub>2</sub>のような酸素含有ガスをさらに含み得る。また、エッチング化学的性質は、N<sub>2</sub>またはNH<sub>3</sub>のような窒素含有ガスをさらに含み得る。また、エッチング化学的性質は、希ガス（すなわち、ヘリウム、ネオン、アルゴン、キセノン、クリプトン、ラドン）のような不活性ガスをさらに含み得る。また、エッチング化学的性質は、Cl<sub>2</sub>、HBr、CHF<sub>3</sub>、またはCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>のような別のハロゲン含有ガスをさらに含み得る。また、エッチング化学的性質は、構造C<sub>x</sub>F<sub>y</sub>を有するガス（例えば、CF<sub>4</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>等）のようなフルオロカーボン・ガスをさらに含み得る。

30

## 【0025】

本発明のエッチング・プロセスは、プラズマ処理システム中で実行できる。例えば、図4は、本発明のプロセスを実施するために使用できる代表的なプラズマ処理システム1を示す。この図において見られるように、プラズマ処理システム1は、プラズマ処理チャンバ10、このプラズマ処理チャンバ10に結合された診断システム12、ならびにこの診断システム12およびプラズマ処理チャンバ10に結合されたコントローラ14を含んでいる。コントローラ14は、エッチング・プロセスを含むプロセス・レシピを実行するように構成される。加えて、コントローラ14は、診断システム12から少なくとも1つの終点信号を受け取り、プロセスのための終点を正確に決定するために少なくとも1つの終点信号を後処理するように構成される。例示された実施形態において、図4に描かれたプラズマ処理システム1は、材料処理のためにプラズマを利用する。プラズマ処理システム1は、エッチング・チャンバを含み得る。

40

## 【0026】

図5に描かれた実施形態によれば、本発明に従って用いられるプラズマ処理システム1aは、プラズマ処理チャンバ10、処理される基材25がその上に取り付けられる基材ホルダ20、および真空ポンプ・システム30を含み得る。基材25は、例えば、半導体基材、ウェーハまたは液晶ディスプレイであり得る。プラズマ処理チャンバ10は、例えば、基材25の表面に隣接する処理領域15におけるプラズマ発生を容易にするように構成できる。イオン化可能なガスまたは混合気体が、（ガス注入パイプまたはガス注入シャワー・ヘッドのような）ガス注入システムを介して導入され、プロセス圧力は調整される。例

50

えば、制御機構（図示せず）を、真空ポンプ・システム30を絞るために用い得る。プラズマは、所定の材料プロセスに特有の材料を作り出すためおよび／または基材25の露出表面からの材料の除去を支援するために利用できる。プラズマ処理システム1aは、200mm基材、300mm基材、またはそれ以上の基材を処理するように構成できる。

#### 【0027】

基材25は、例えば、静電クランピング・システムを介して基材ホルダ20に取り付けることができる。さらに、基材ホルダ20は、例えば、基材ホルダ20から熱を受け取り、熱交換システム（図示せず）に熱を移し、あるいは加熱の場合には、熱交換システムから熱を移す循環式冷却材フローを含む冷却システムをさらに含み得る。さらに、ガスは、例えば、基材25と基材ホルダ20との間のガスギャップ熱伝導係数を向上するために、背面ガス・システムを介して基材25の背面に送られ得る。そのようなシステムは、基材25の温度制御が高温または低温において必要とされる場合に利用できる。例えば、背面ガス・システムは、2ゾーン・ガス分布システムを含むことができ、ヘリウム・ガス・ギャップ圧力は、基材25の中心とエッジとの間で独立して変え得る。他の実施形態において、抵抗加熱部品、または熱電ヒータ／クーラのような加熱／冷却部品を、プラズマ処理チャンバ10のチャンバ壁およびプラズマ処理システム1a内部のどの他の構成要素だけでなく基材ホルダ20にも組み込むことができる。

10

#### 【0028】

図5に示される実施形態において、基材ホルダ20は電極を含むことができ、この電極を介してRF電力がプロセス空間15中の処理プラズマに結合される。例えば、基材ホルダ20は、RF発生器40からインピーダンス整合ネットワーク50を通り基材ホルダ20へのRF電力の伝送を介してRF電圧で電気的にバイアスをかけられ得る。RFバイアスは、プラズマを形成し維持するために電子を加熱するのに役立ち得る。この構成において、システムは、反応性イオン・エッティング（RIE）反応器として動作することができ、チャンバおよび上部ガス注入電極は、接地面として働く。RFバイアスのための典型的な周波数は、0.1MHz～100MHzの範囲であり得る。プラズマ処理のためのRFシステムは、当業者によく知られている。

20

#### 【0029】

また、RF電力は、複数の周波数で基材ホルダ電極に印加される。さらに、インピーダンス適合ネットワーク50は、反射電力を低減することによりプラズマ処理チャンバ10中のプラズマへのRF電力の転送を改善するのに役立つ。整合ネットワーク配列（例えば、Lタイプ、Tタイプ、Tタイプ等）および自動制御方法は、当業者によく知られている。

30

#### 【0030】

真空ポンプ・システム30は、例えば、最高5000リットル／秒（およびそれ以上）の排気速度が可能なターボ分子真空ポンプ（TMP）およびチャンバ圧力を絞るためにゲート・バルブを含み得る。ドライ・プラズマ・エッティング用に利用される従来のプラズマ処理デバイスにおいて、1000～3000リットル／秒TMPが一般に用いられる。TMPは、一般に50mTorr未満の低圧処理に有用である。高圧処理（すなわち、100mTorr以上）については、メカニカル・ブースター・ポンプおよびドライ粗引きポンプが使用できる。さらに、チャンバ圧力を監視するためのデバイス（図示せず）を、プラズマ処理チャンバ10に結合することができる。圧力測定デバイスは、例えば、MSK Instruments, Inc.（マサチューセッツ州アンドーバー）から市販されているType 628B Baratron（R）絶対キャパシタンス・マノメータであり得る。

40

#### 【0031】

コントローラ14は、マイクロプロセッサ、メモリ、そしてプラズマ処理システム1aへの入力を通信および起動ならびにプラズマ処理システム1aからの出力を監視するのに十分な制御電圧を発生することが可能なデジタルI/Oポートを含む。さらに、コントローラ14は、RF発生器40、インピーダンス整合ネットワーク50、ガス注入システム

50

(図示せず)、真空ポンプ・システム30、診断システム12、ならびに背面ガス送達システム(図示せず)、基材/基材ホルダ温度測定システム(図示せず)、および/または静電クランピング・システム(図示せず)に結合されかつこれらと情報を交換できる。例えば、メモリ中に格納されたプログラムは、エッチング・プロセスを実行するために、プロセス・レシピに従って、プラズマ処理システム1aの前述の構成要素への入力を起動するため利用できる。コントローラ14の一例は、DELL社(テキサス州オースチン)から入手可能なDELL PRECISION WORKSTATION 610(登録商標)である。

#### 【0032】

コントローラ14は、プラズマ処理システム1aに対して局所的に配置されてもよく、または、プラズマ処理システム1aに対して遠隔的に配置されてもよい。例えば、コントローラ14は、直接接続、インターネット、およびインターネットのうちの少なくとも1つを用いてプラズマ処理システム1aとデータを交換できる。コントローラ14は、例えば、顧客サイト(すなわち、デバイス・メーカー等)においてインターネットに結合することができ、または、ベンダ・サイト(すなわち、設備製造業者)においてインターネットに結合できる。加えて、例えば、コントローラ14は、インターネットに結合することができる。さらに、別のコンピュータ(すなわち、コントローラ、サーバ等)が、例えば、直接接続、インターネット、およびインターネットのうちの少なくとも1つを介してデータを交換するためにコントローラ14にアクセスできる。また、データは、当業者により理解されるように、有線または無線接続を介して転送され得る。

#### 【0033】

診断システム12は、光学式診断サブシステム(図示せず)を含み得る。光学式診断サブシステムは、プラズマから放出された光強度を測定するための(シリコン)フォトダイオードまたは光電子増倍管(PMT)のような検出器を含み得る。診断システム12は、ナローバンド干渉フィルタのような光学フィルタをさらに含み得る。他の実施形態において、診断システム12は、ラインCCD(電荷結合素子)、CID(電荷注入素子)アレイ、および格子またはプリズムのような光分散デバイスのうちの少なくとも1つを含み得る。加えて、診断システム12は、任意の波長で光を測定するためのモノクロメータ(例えば、格子/検出器システム)、または、光スペクトルを測定するための、例えば、米国特許第5,888,337号に記載されるデバイスのような分光計(例えば、回転格子)を含むことができ、この米国特許は、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる。

#### 【0034】

診断システム12は、Peak Sensor Systems、またはVerity Instruments, Inc.などからの高解像度発光分光分析(OES: Optical Emission Spectroscopy)センサを含み得る。そのようなOESセンサは、紫外(UV)、可視(VIS)、および近赤外(NIR)光スペクトルにわたる広いスペクトルを有する。解像度は、約1.4オングストロームであり、すなわち、センサは、240~1000nmの5550波長を集めることができる。例えば、OESセンサは、高感度ミニチュア光ファイバUV-VIS-NIR分光計を装備でき、今度はこの分光計が2048画素リニアCCDアレイと一体化される。

#### 【0035】

分光計は、単一または束ねた光ファイバを通じて伝送される光を受け取り、光ファイバから出力される光は、固定格子を用いてラインCCDアレイ全体にわたって拡散される。上述の構成と同様に、光学式真空窓を通じて発光は、凸状球面レンズを介して光ファイバの入力端上に焦点が合わされる。所与のスペクトル範囲(UV、VISおよびNIR)にそれぞれ専用に調整された3つの分光計が、プロセス・チャンバのためのセンサを形成する。各分光計は、独立したA/D変換器を含む。最後に、センサ利用に応じて、全発光スペクトルが0.1~1.0秒毎に記録できる。

#### 【0036】

さらに、診断システム12は、Timbre Technologies, Inc. (

10

20

30

40

50

2953 Bunker Hill Lane, Suite 301, Santa Clara, CA 95054)により提供されるシステムのような、光学式デジタル形状計測を実行するためのシステムを含み得る。

【0037】

図6に示される実施形態において、本発明を実施するために使用できるプラズマ処理システム1bは、例えば、図4または図5の実施形態と同様とすることことができ、そして図4および図5に関連して記載された構成要素に加えて、プラズマ密度を場合によっては増大および/またはプラズマ処理均一性を向上するために、固定式か、機械または電気回転式の磁場システム60をさらに含み得る。さらに、コントローラ14は、回転速度および磁場強度を調節するために、磁場システム60に結合することができる。回転磁場のデザインおよび実施は、当業者によく知られている。

10

【0038】

図7に示される実施形態において、本発明を実施するために使用できるプラズマ処理システム1cは、例えば、図4または図5の実施形態と同様とすることことができ、そしてRF電力がRF発生器72からインピーダンス整合ネットワーク74を通って結合され得る上部電極70をさらに含み得る。上部電極70へRF電力を印加するための典型的な周波数は、0.1MHz～200MHzの範囲とすることができます。加えて、下部電極へパワーを印加するための典型的な周波数は、0.1MHz～100MHzの範囲とすることができます。さらに、コントローラ14は、上部電極70へのRF電力の印加を制御するために、RF発生器72およびインピーダンス整合ネットワーク74に結合される。上部電極のデザインおよび実施実行は、当業者によく知られている。

20

【0039】

図8に示される実施形態において、本発明を実施するために使用できるプラズマ処理システム1dは、例えば、図4および図5の実施形態と同様とすることことができ、そしてRF発生器82を介してインピーダンス整合ネットワーク84を通ってRF電力が結合される誘導コイル80をさらに含み得る。RF電力は、誘導コイル80から誘電窓(図示せず)を通ってプラズマ処理領域15に誘導的に結合される。誘導コイル80へRF電力を印加するための典型的な周波数は、10MHz～100MHzの範囲とすることができます。同様に、チャック電極へパワーを印加するための典型的な周波数は、0.1MHz～100MHzの範囲とすることができます。加えて、スロット付きファラデー・シールド(図示せず)を、誘導コイル80とプラズマとの間の容量結合を低減するために用い得る。さらに、コントローラ14は、誘導コイル80へのパワーの印加を制御するために、RF発生器82およびインピーダンス整合ネットワーク84に結合される。他の実施形態において、誘導コイル80は、トランス結合プラズマ(TCP: transformer coupled plasma)反応器におけるように、プラズマ処理領域15と上方から連通する「渦巻き」コイルまたは「パンケーキ」コイルとすることができます。誘導的に結合されたプラズマ(ICP)源、またはトランス結合プラズマ(TCP)源のデザインおよび実施は、当業者によく知られている。

30

【0040】

また、プラズマは、電子サイクロトロン共鳴(ECR: electron cyclotron resonance)を用いて形成できる。さらに別の実施形態において、プラズマは、ヘリコン波の発射から形成できる。さらに別の実施形態において、プラズマは、伝搬する表面波から形成できる。上述の各プラズマ源は、当業者によく知られている。

40

【0041】

1つの例において、エッチング・プロセスは、図7において説明されたシステムのようなプラズマ処理システムにおいて実行でき、プロセス・パラメータ空間は、約5～約200mTorrのチャンバ圧力、約5～約1000sccmの範囲のSF<sub>6</sub>プロセス・ガス流量、約50～約500Wの範囲の上部電極(例えば、図7における要素70)RFバイアス、約10～約500Wの範囲の下部電極(例えば、図7における要素20)RFバイアスを含むことができ、上部電極バイアス周波数は、約0.1MHz～約200MHzの

50

範囲、例えば、60MHzとすることができ、下部電極バイアス周波数は、約0.1MHz～約100MHzの範囲、例えば、2MHzとすることができる。

【0042】

別の例において、表1は、以下の代表的なプロセス・レシピを利用してTERAコーティング中にエッティングされたフィーチャの限界寸法を示す：チャンバ圧力=20mTorr、上部電極RF電力=100W、下部電極RF電力=80W、プロセス・ガス流量SF<sub>6</sub>=100sccm、電極70(図7参照)の下面と基材ホルダ20上の基材25の上面との間の電極間隔=140mm、下部電極(例えば、図7における電極70)温度=30、上部電極(例えば、図7における電極70)温度=80、チャンバ壁温度=60、背面ヘリウム圧力 中心/エッジ=3/3Torr、およびエッティング時間=17秒間。

10

【0043】

【表1】

SF <sub>6</sub>	孤立状フィーチャ	ネスト状フィーチャ
トップCD	45nm	49nm
ボトムCD	46nm	50nm

20

【0044】

表1のデータは、孤立状フィーチャ(すなわち、フィーチャの広い間隔)およびネスト状フィーチャ(すなわち、フィーチャの密接した間隔)双方について報告される。データは、限界寸法(CD)の維持におけるプロセスの成功を実証している。

【0045】

本発明の特定の代表的実施形態のみが上記で詳細に説明されたが、本発明の新規な教示および利点を著しく逸脱することなく、代表的な実施形態において多くの変更が可能であることを当業者は直ちに認識するであろう。従って、すべてのそのような変更は、本発明の範囲に含まれることが意図される。

30

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1A】調整可能耐エッティング性反射防止(TERA)コーティングを含む膜スタックを例示する。

【図1B】調整可能耐エッティング性反射防止(TERA)コーティングを含む膜スタックを例示する。

【図2A】TERAコーティングを含む別の膜スタックを例示する。

【図2B】TERAコーティングを含む別の膜スタックを例示する。

【図3】本発明の実施形態によるTERAコーティングをエッティングする方法を示す。

【図4】本発明の実施形態によるプラズマ処理システムの単純化した概略図を示す。

40

【図5】本発明の別の実施形態によるプラズマ処理システムの概略図を示す。

【図6】本発明の別の実施形態によるプラズマ処理システムの概略図を示す。

【図7】本発明の別の実施形態によるプラズマ処理システムの概略図を示す。

【図8】本発明の別の実施形態によるプラズマ処理システムの概略図を示す。

【図 1 A】

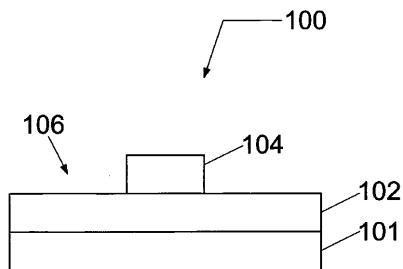


FIG. 1A

【図 1 B】

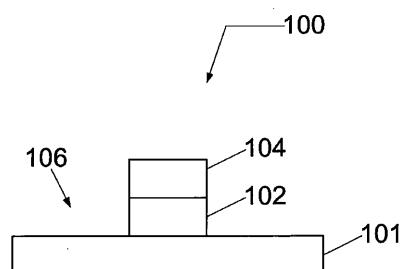


FIG. 1B

【図 2 A】

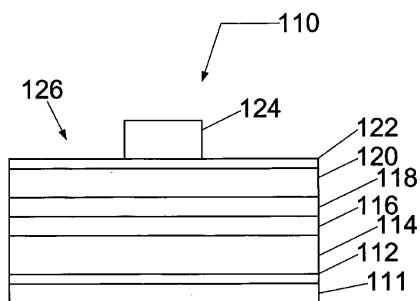


FIG. 2A

【図 2 B】

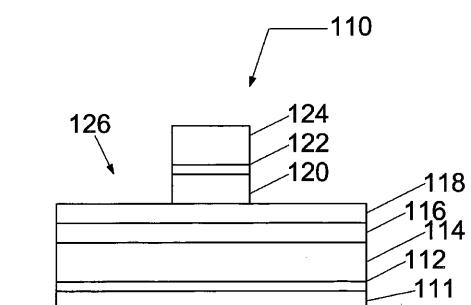
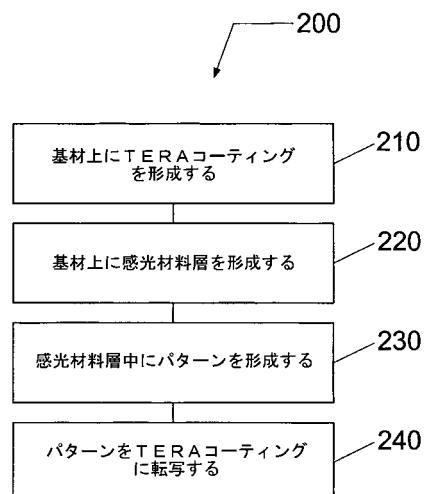


FIG. 2B

【図 3】



【図 4】

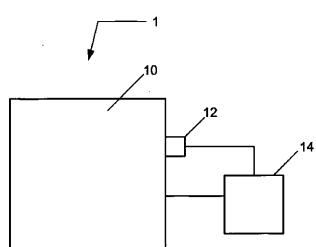


FIG. 4

【図 5】

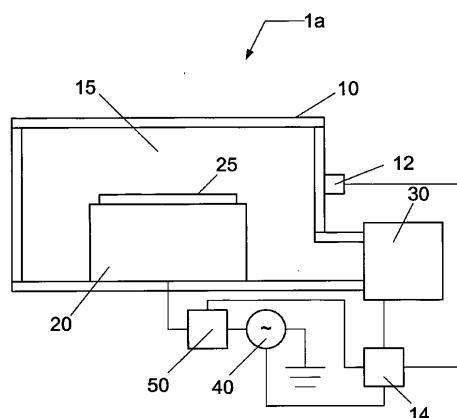


FIG. 5

【図6】

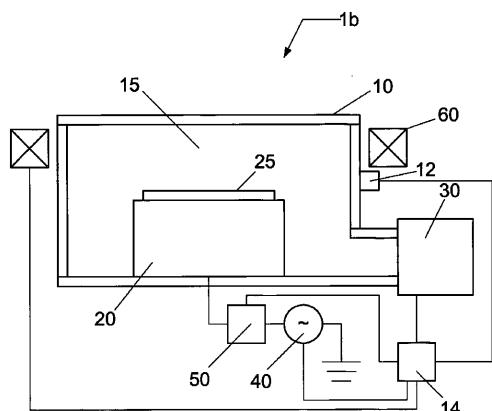


FIG. 6

【図7】

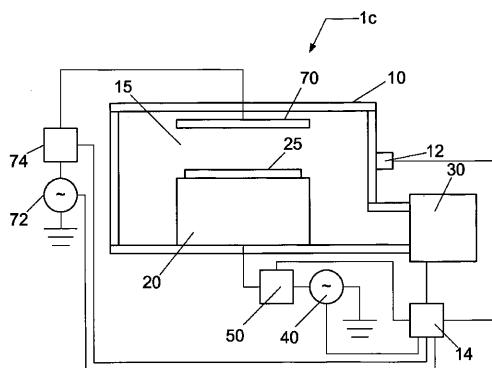


FIG. 7

【図8】

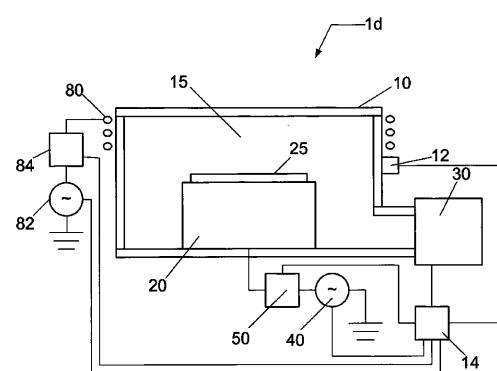


FIG. 8

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/US2005/023943
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01L21/311 H01L21/3213		
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 7 H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BABICH K ET AL: "A novel graded antireflective coating with built-in hardmask properties enabling 65nm and below CMOS device patterning" IEEE INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING 2003 IEEE PISCATAWAY, NJ, USA, 2003, pages 28.5.1-4, XP002349588 ISBN: 0-7803-7872-5 page 28.5.2, right-hand column	1,10,11, 20
X	EP 1 302 981 A (FUJITSU LIMITED) 16 April 2003 (2003-04-16) paragraphs '0017! - '0027!, '0047!, '0058!, '0060! - '0062! paragraph '0021!; figure 2	1-30
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
<p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search  18 October 2005		Date of mailing of the international search report  28/10/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Szarowski, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/US2005/023943

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1302981	A 16-04-2003	CN 1411050 A	16-04-2003
		JP 2003124189 A	25-04-2003
		TW 522519 B	01-03-2003
		US 2003068582 A1	10-04-2003

---

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,MC,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,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 アニー・ワイ・シア

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01940 リンフィールド サレム ストリート 120  
0 ユニット 170

(72)発明者 持木 宏政

山梨県甲府市住吉5-16-33 アパートメント1-D

(72)発明者 アルパン・ピー・マホロワラ

アメリカ合衆国 ニューヨーク 10708 ブロンクスヴィル ブロンクスヴィル ロード 4  
75

F ターム(参考) 4M104 BB01 CC05 DD65 EE05 EE12 EE16 EE17 GG09 HH14  
5F004 AA04 AA05 BA04 BA07 BB11 CA02 CA03 CA04 CA05 DA18  
DB00 EA03 EA22 EB02  
5F033 HH04 QQ04 QQ08 QQ09 QQ10 QQ12 QQ15 RR04 RR06 TT02  
XX03