

(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2012-505530  
(P2012-505530A)

(43) 公表日 平成24年3月1日(2012.3.1)

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

F 1

H01L 21/302 105A

テーマコード(参考)

5 F O O 4

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2011-530304 (P2011-530304)  
 (86) (22) 出願日 平成21年10月6日 (2009.10.6)  
 (85) 翻訳文提出日 平成23年5月16日 (2011.5.16)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/059743  
 (87) 国際公開番号 WO2010/042552  
 (87) 国際公開日 平成22年4月15日 (2010.4.15)  
 (31) 優先権主張番号 12/247,059  
 (32) 優先日 平成20年10月7日 (2008.10.7)  
 (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  
 APPPLIED 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】窒化シリコンの選択エッチング

## (57) 【要約】

本明細書では、シリコン及び窒素を含む誘電体層をエッチングする方法が提供される。いくつかの実施形態では、このような方法は、シリコン及び窒素を含む誘電体層がその上に配置された基板を用意すること、リモートプラズマを使用して、水素( $H_2$ )及び三フッ化窒素( $NF_3$ )を含むプロセスガスから反応性種を形成すること、ならびにそれらの反応性種を使用して誘電体層をエッチングすることを含むことができる。いくつかの実施形態では、誘電体層に隣接して酸化物層が配置されている。いくつかの実施形態では、酸化物層及び基板のうちの少なくとも一方に対する誘電体層のエッチング選択性が約0.8から約4になるように、プロセスガスの流量比を調整することができる。

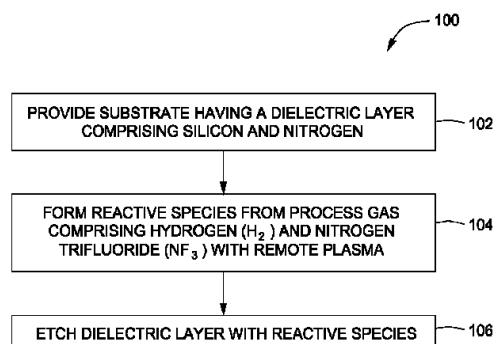


FIG. 1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

誘電体層をエッティングする方法であって、シリコン及び窒素を含む誘電体層を有する基板を用意すること、リモートプラズマを使用して、水素（H<sub>2</sub>）及び三フッ化窒素（NF<sub>3</sub>）を含むプロセスガスから反応性種を形成すること、ならびに前記反応性種を使用して前記誘電体層をエッティングすることを含む方法。

## 【請求項 2】

前記誘電体層に隣接して酸化物層を配置する、請求項 1 に記載の方法。 10

## 【請求項 3】

前記酸化物層が二酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）を含む、請求項 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記酸化物層及び前記基板のうちの少なくとも一方に対する前記誘電体層のエッティング選択性が約0.8から約4である、請求項 2 又は 3 に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記酸化物層が、トランジスタデバイスのゲート酸化物層を含む、請求項 2 ないし 4 のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記酸化物層が、前記誘電体層よりも上に配置されており、前記酸化物層内に画定されたフィーチャを含み、前記フィーチャが、前記誘電体層を少なくとも部分的に露出させている、請求項 2 ないし 4 のいずれか一項に記載の方法。 20

## 【請求項 7】

前記誘電体層が、窒化シリコン（SiN）、窒素がドープされた炭化シリコン（SiNC）、及び酸素及び窒素がドープされた炭化シリコン（SiONC）のうちの少なくとも1つを含む、請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記基板がさらに、シリコン、ポリシリコン、金属ケイ化物、n型にドープされたシリコン、及びp型にドープされたシリコンのうちの少なくとも1つを含む、請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の方法。 30

## 【請求項 9】

流量比NF<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>が約1:1から約1:10である、請求項 1 ないし 8 のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記プロセスガスが、三フッ化窒素（NF<sub>3</sub>）、アンモニア（NH<sub>3</sub>）及び水素（H<sub>2</sub>）を含む、請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記誘電体層をエッティングすることがさらに、前記基板が載せられた基板支持台を、摂氏約35度から摂氏約80度の温度に維持することを含む、請求項 1 ないし 10 のいずれか一項に記載の方法。 40

## 【請求項 12】

プロセッサによって実行されたときに、プロセス室内に配置された、シリコン及び窒素を含む誘電体層を有する基板をエッティングする方法を、前記プロセス室に実行させる命令を含むコンピュータ可読媒体であって、前記方法が、

リモートプラズマを使用して、水素（H<sub>2</sub>）及び三フッ化窒素（NF<sub>3</sub>）を含むプロセスガスから反応性種を形成すること、ならびに

前記反応性種を使用して前記誘電体層をエッティングすることを含むコンピュータ可読媒体。

## 【請求項 13】

50

流量比  $NF_3 : H_2$  が約 1 : 1 から約 1 : 10 である、請求項 1 2 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 1 4】

温度が、摂氏約 35 度から摂氏約 80 度に維持される、請求項 1 2 又は 1 3 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 1 5】

前記プロセスガスが、三フッ化窒素 ( $NF_3$ )、アンモニア ( $NH_3$ ) 及び水素 ( $H_2$ ) を含む、請求項 1 2 ないし 1 4 のいずれか一項に記載のコンピュータ可読媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0 0 0 1】

本発明は一般に、集積回路用の半導体デバイス及び半導体構造に関し、より具体的には、シリコン及び窒素を含む誘電体層をエッティングする方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

数十年前の導入以来、半導体デバイスジオメトリのサイズは劇的に低下した。現在の半導体製造装置は通常、フィーチャサイズが 250 nm、180 nm 及び 65 nm のデバイスを生産しており、よりいっそう小さなジオメトリを有するデバイスを製作するために、新しい装置の開発及び実現が進んでいる。しかしながら、サイズの低減は、デバイスの諸要素が、互いにより近接して一緒に機能しなければならないことを意味し、このことは、漏話及び寄生容量を含む電気的干渉の可能性を増大させうる。

20

【0 0 0 3】

電気的干渉の程度を低減させるために、デバイス要素、金属線及び他のデバイスフィーチャ間のギャップ、トレンチ及び他の空間を埋める目的には誘電絶縁材料が使用されている。誘電材料が選択されるのは、デバイスフィーチャ間の空間に形成するのが容易であり、かつ誘電率（すなわち「k 値」）が小さいためである。低 k 値の誘電体は、漏話及び RC 時間遅れの最小化、ならびにデバイス全体の電力消費の低減において有利である。一般的に使用されている 1 つの誘電材料は酸化シリコンである。

【0 0 0 4】

さらに、半導体デバイスの形成時には、さまざまな用途のバリア又はエッティングストップ層として、窒化シリコン誘電体膜も使用されており、窒化シリコン誘電体膜は、酸化シリコン層に隣接して、又は酸化シリコン層のすぐ近くに形成されることがある。窒化シリコン誘電体膜は、トランジスタゲート又はその下にある金属コンタクトなどの構造体に対する所望の保護を提供することができる。製造時、コンタクトクリーニングステップ、又は基板上へのケイ化物層の形成などの後続の処理の前のクリーニングステップにおいて、乾式化学プロセスが利用されることがある。これらの従来のプロセスでは、ウェーハの表面に、酸化シリコンクリーニング化学剤を吸着又は凝縮させる必要がある。しかしながら、コンタクトホール又はトレンチの底に近い部分における凝縮が、それらの上部（ウェーハの表面に近い部分）に比べて小さいと、コンタクトホール（又はトレンチ）の底における酸化シリコンの除去が、上面よりも小さくなる。ケイ化物形成前クリーニング用途及びコンタクトクリーニング用途では、前記プロセスが、高い酸化物 / 窒化シリコンエッティング選択性を有する。

30

【0 0 0 5】

しかしながら、用途によっては、窒化シリコンをエッティングすることが必要である。例えば、コンタクトの表面に窒化シリコン残留物が残っている場合、前述の高選択性プロセスを使用して、酸化物層を傷つけることなく、コンタクト表面から窒化シリコンをクリーニングすることはできない。他の例では、酸化物に対するよりいっそう高い窒化シリコンエッティング選択性が必要とされることもある。例えば、酸化シリコンライナ (liner) を付着させる前のシャロートレンチアイソレーション (shallow trench isolation) (STI) トレンチクリーニング用途において、窒化シリコンに

40

50

対する酸化シリコンエッチング選択性が高いプロセスは、窒化シリコン層の下のパッド酸化物層をアンダカットすることで、トレンチの最上部付近にオーバーハングを形成することがあり、それによってトレンチ充填後にトレンチ欠陥を形成することがある。

#### 【0006】

したがって、当技術分野では、窒化シリコン材料をエッチングする改良されたエッチングプロセスが求められている。

#### 【発明の概要】

#### 【0007】

本明細書では、シリコン及び窒素を含む誘電体層をエッチングする方法であって、誘電体層の選択的酸化を容易にする方法が提供される。いくつかの実施形態では、このような方法が、シリコン及び窒素を含む誘電体層がその上に配置された基板を用意すること、リモートプラズマを使用して、水素( $H_2$ )及び三フッ化窒素( $NF_3$ )を含むプロセスガスから反応性種を形成すること、ならびにそれらの反応性種を使用して誘電体層をエッチングすることを含むことができる。いくつかの実施形態では、プロセスガスがさらにアンモニア( $NH_3$ )を含むことができる。

10

#### 【0008】

いくつかの実施形態では、誘電体層に隣接して酸化物層が配置されている。いくつかの実施形態では、酸化物層に対する誘電体層のエッチング選択性が1よりも大きく、最大約4である。いくつかの実施形態では、酸化物層に対する誘電体層のエッチング選択性が0.8よりも大きく、最大約1である。

20

#### 【0009】

いくつかの実施形態では、誘電体層が、誘電体層の表面に付着した酸化物層を有することができ、基板がさらに金属ケイ化物を含むことができる。いくつかの実施形態では、酸化物層に対する誘電体層のエッチング選択性が1よりも大きく、最大約4であり、金属ケイ化物層に対する誘電体層のエッチング選択性が1よりも大きい。

#### 【0010】

いくつかの実施形態では、誘電体層が、誘電体層よりも下に配置された酸化物層を有することができ、基板がさらにシリコンを含むことができる。いくつかの実施形態では、酸化物層に対する誘電体層のエッチング選択性が1よりも大きく、最大約4であり、基板に対する誘電体層のエッチング選択性が1よりも大きい。

30

#### 【0011】

上に挙げた本発明の諸特徴を詳細に理解することができるように、添付図面にそのうちのいくつかが示された実施形態を参照することによって、上に短く要約した発明のより具体的な説明を得ることができる。しかしながら、添付図面は本発明の典型的な実施形態のみを示すものであり、本発明が、等しく有効な他の実施形態を認めることもあるため、添付図面を、本発明の範囲を限定するものとみなすべきではないことに留意すべきである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

【図1】誘電体層をエッチングする本発明のいくつかの実施形態に基づくプロセスの流れ図である。

40

【図2】本発明の実施形態に従って処理するのに適した半導体基板の概略側面図である。

【図3】A～Bはそれぞれ、図1のプロセスのいくつかの実施形態に基づく半導体構造の製造段階を概略的に示す図である。

【図4】A～Bはそれぞれ、図1のプロセスのいくつかの実施形態に基づく半導体構造の製造段階を概略的に示す図である。

【図5】本発明の部分を実行するのに適したエッチング反応室を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0013】

理解を容易にするため、図面に共通する同一の要素は、可能な限り同一の参照符号を使用して表した。前記図面は一律の尺度では描かれておらず、例示の目的上、単純化されて

50

いることがある。

#### 【0014】

本発明の実施形態は、基板上のシリコン及び窒素を含む誘電体層をエッチングする方法を提供する。本発明の実施形態は、誘電体層の選択エッチングを有利に提供することができる。いくつかの実施形態では、水素(H<sub>2</sub>)、三フッ化窒素(NF<sub>3</sub>)及び任意選択のアンモニア(NH<sub>3</sub>)を含むプロセスガスを使用してプラズマを形成することができる。プロセスガスの成分の流量比を調整することによって、酸化物層に対する誘電体層のエッチング選択性を、約0.8から約4の間に制御することができ、それによって誘電体層をエッチングする際の処理の柔軟性を助長することができる。いくつかの実施形態では、この選択エッチング法が、誘電体層の少なくとも一部分を等方的又は異方的に選択除去することができる。いくつかの実施形態では、金属層、金属ケイ化物層及び酸化物層のうちの少なくとも1つの層に対する誘電体層のエッチング選択性を1よりも大きく、及び/又は最大約4にすることができる。したがって、本発明のプロセスは誘電体層の選択エッチングを容易にする。

10

#### 【0015】

図1は、シリコン及び窒素を含む誘電体層をエッチングする方法100を示す。図1の方法に対応する部分的に製造された半導体構造を示す図2を参照して、方法100を説明する。方法100は、米カリフォルニア州Santa ClaraのApplied Materials, Inc.社から販売されているICONI(商標)Preclusterプロセス室などの適当な任意のエッチング室、又は図5を参照して後に説明するエッチング室などの他の適当なエッチング室内で実行することができる。エッチング室は、独立型の室とすることができる、又はやはりApplied Materials, Inc.社から販売されているENDURA(登録商標)ラインのクラスタツール(cluster tool)のうちの1つのクラスタツールなどのクラスタツールの部分とすることができる。

20

#### 【0016】

図2は、本発明のいくつかの実施形態に従って処理するのに適した基板200の例示的な概略図を示す。基板200は、基板200内又は基板200上に形成された部分的に形成された1つ又は複数の半導体構造を含むことができる。このような半導体構造は、金属相互接続構造、デュアルダマシン構造、トランジスタデバイス、フラッシュメモリデバイス、ダイナミックランダムアクセスメモリデバイス、又はシリコン及び窒素を含む誘電体層を本明細書に記載した方法を使用して選択的にエッチングする必要がある任意の半導体構造を含むことができる。以下で説明する方法100は、図2に示した半導体基板200に関して例示されるが、方法100は、図3A~B及び図4A~Bに例示的に示した用途など適当な任意の用途に適用することができ、さらに、本明細書に記載した調整可能なエッチング法から利益を得ることができる他の適当な任意の半導体構造に適用することもできる。

30

#### 【0017】

方法100は、基板200を用意する102から始まる。基板200は、シリコン基板、III-V族複合基板、シリコングルマニウム(SiGe)基板、エピ基板、シリコンオンインシュレータ(SOI)基板、液晶ディスプレイ(LCD)、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネセンス(EL)ランプディスプレイなどのディスプレイ基板、発光ダイオード(LED)基板など、適当な任意の基板とすることができます。いくつかの実施形態では、基板200を半導体ウェーハ(例えば200mm、300mmなどのシリコンウェーハ)とすることができる。

40

#### 【0018】

任意選択で、基板200は、他のデバイス、導電性トレースなどを形成することができる誘電材料、導電材料(図示せず)など、基板200内又は基板200上に形成された他の層を有することができる。例えば、いくつかの実施形態では、図2に示すように、基板200が、例示的に、少なくとも、第2の層204がその上に配置された第1の層202

50

を含む。用途に応じて、第1及び第2の層202、204はさまざまな組成を有することができる。

【0019】

例えば、層202、204のうちの一方の層を、シリコン及び窒素を含む誘電体層とすることができる。いくつかの実施形態では、この誘電体層が、窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、窒素がドープされた炭化シリコン( $\text{SiNC}$ )、酸素及び窒素がドープされた炭化シリコン( $\text{SiONC}$ )などを含むことができる。

【0020】

第1の層202及び第2の層204のうちのもう一方の層(例えばシリコン及び窒素を含む誘電体層ではない層)は、誘電体層よりも選択的にエッチングされる材料、あるいは誘電体層をエッチングしている間にエッチングされないことが望ましい材料を含むことができる。いくつかの実施形態では、このもう一方の層が、シリコン、ポリシリコン、又は金属ケイ化物などのケイ化物を含むことができる。適当な金属ケイ化物には、ケイ化ニッケル( $\text{NiSi}$ )、ケイ化ニッケル白金( $\text{NiPtSi}$ )及びケイ化コバルト( $\text{CoSi}_2$ )を含めることができる。いくつかの実施形態では、このもう一方の層が、二酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )層などの酸化物層を含むことができる。

10

【0021】

いくつかの実施形態では、第2の層204が、第2の層204内に配置された少なくとも1つのフィーチャ206を含むことができる。このようなフィーチャは、トレンチ、バイア、開口、ギャップ又は他の高アスペクト比フィーチャを含むことができる。図2に例示的に示すように、第2の層204は、本明細書に記載した本発明の方法によってエッチングする第1の層202の表面208を露出させるフィーチャ206を含む。したがって、本明細書に記載した方法を利用して、第2の層204にフィーチャ206をエッチングすること(例えばその下の層を実質的に傷つけることなくシリコン及び窒素を含む誘電体層にフィーチャをエッチングすること)、第1の層の表面208をクリーニングすること(例えばシリコン及び窒素を含む残留材料をクリーニングすること、又は第1の層の表面208から固有(*n a t i v e*)酸化物層を除去すること)などができる。したがって、本明細書に開示した本発明の方法を適当に利用して、第2の層204よりも第1の層202を選択的にエッチングし、又は第1の層202よりも第2の層204を選択的にエッチングすることができる。さらに、所与の用途に応じて、これらの層の相対的な構成を変更することができる(例えばシリコン及び窒素を含む誘電体層を他の層の下又は間に配置することができる)。このようないくつかの用途の例を、図3A~B及び図4A~Bに関して後により詳細に論じる。

20

【0022】

次に、104で、プラズマを使用して、エッチング剤ガスから反応性種を形成することができる。いくつかの実施形態では、このプラズマをリモートプラズマ(*remote plasma*)とすることができます。エッチング剤ガスは水素( $\text{H}_2$ )及び三フッ化窒素( $\text{NF}_3$ )を含むことができる。いくつかの実施形態では、エッチング剤ガスがさらにアンモニア( $\text{NH}_3$ )を含むことができる。いくつかの実施形態では、エッチング剤ガスがさらに、アルゴン( $\text{Ar}$ )、ヘリウム( $\text{He}$ )などの1種又は数種の不活性ガスを含むことができる。

30

【0023】

いくつかの実施形態では、エッチング剤ガスを、約50sccmから約1000sccmの全ガス流量でエッチング室に供給することができる。いくつかの実施形態では、エッチング剤ガスが、水素( $\text{H}_2$ )ガスを約10パーセントから約90パーセント含むことができる。いくつかの実施形態では、エッチング剤ガスが、アンモニア( $\text{NH}_3$ )ガスを約10パーセントから約90パーセント含むことができる。いくつかの実施形態では、エッチング剤ガスが、不活性ガスを約20パーセントから約80パーセント含むことができる。

40

【0024】

50

理論によって束縛する意図はないが、エッティングプロセス中に供給する水素ガス及び/又は三フッ化窒素ガスの量を調整することによって、もう一方の層に対するシリコン及び窒素を含む誘電体層のエッティング選択性を有利に制御する（例えば増大させ、又は低減させる）ことができると考えられる。いくつかの実施形態では、エッティング剤ガス中の水素の流量を増大させることによって、酸化物層に対するシリコン及び窒素を含む誘電体層のエッティング選択性を増大させることができる。いくつかの実施形態では、エッティング剤ガス中の三フッ化窒素の流量を増大させることによって、酸化物層に対するシリコン及び窒素を含む誘電体層のエッティング選択性を増大させることができる。

#### 【0025】

いくつかの実施形態では、流量比  $NF_3 : H_2$  を約 1 : 1 から約 1 : 10 にすることができる。前記範囲に入るようにこの流量比を調整することによって、酸化シリコン（ $SiO_2$ ）を含む層に対するシリコン及び窒素を含む誘電体層のエッティング選択性を、約 0.8 から約 4 の間に制御することができる。いくつかの実施形態では、流量比  $NF_3 : H_2$  を約 1 : 1 から約 1 : 2 にすることができる、それによって酸化物層に対するシリコン及び窒素を含む誘電体層の選択性が 1 よりも大きくなる。いくつかの実施形態では、流量比  $NF_3 : H_2$  を約 1 : 2 から約 1 : 10 にすることができる、それによって酸化物層に対するシリコン及び窒素を含む誘電体層の選択性が 1 よりも小さくなる。

10

#### 【0026】

プラズマは、無線周波（RF）源電力をプロセスガスに結合して、プロセスガス混合物を解離させ、イオン化するなどの適当な任意の方法で、エッティング剤ガスから形成することができる。例えば、約 5 ワットから約 3000 ワットの RF 源電力を、周波数約 100 kHz から約 64 MHz で供給することができる。一実施形態では、約 10 ワットから約 200 ワットの RF 源電力を、周波数約 100 kHz で供給する。いくつかの実施形態では、（後の図 5 に示すようにリモートプラズマ源を利用するなどによって）エッティングプロセスが実行されるプロセス室の処理容積から離れたところでプラズマを形成することができ、そしてプロセス室の処理容積に向かって導くことができる。

20

#### 【0027】

次に、106 で、基板 200 のシリコン及び窒素を含む誘電体層（又は他の層）を、反応性種を使用してエッティングすることができる。例えば、プラズマ、又はプラズマから生成された反応性種を、基板 200 がその中に配置されたエッティング室に導入して、基板 200 の所望の部分をエッティングすることができる。いくつかの実施形態では、シリコン及び窒素を含む誘電体層をエッティングすることができる。いくつかの実施形態では、もう一方の層をエッティングすることができ、又は露出した表面 208 をエッティングする（例えばクリーニングする）ことができる。

30

#### 【0028】

いくつかの実施形態では、基板 200 が載せられた基板支持体に RF バイアス電力を供給することによって、プラズマを基板 200 に向かって導くことができる。いくつかの実施形態では、約 50 ワットから約 500 ワットの RF バイアス電力を、周波数約 2 MHz から約 64 MHz で供給することができる。いくつかの実施形態では、約 50 から約 200 ワットの RF バイアス電力を、周波数約 2 MHz から約 4 MHz で供給する。

40

#### 【0029】

処理中に、エッティング室の温度及び圧力を調節して、基板 200 の所望の層をエッティングするのに適した環境を維持することができる。例えば、基板支持体の温度を、摂氏約 35 度から摂氏約 80 度の範囲に制御することができる。いくつかの実施形態では、基板支持体の温度を制御することによって、酸化シリコンに対するシリコン及び窒素を含む誘電体層のエッティング選択性の制御を容易にすることができます。例えば、いくつかの実施形態では、基板支持体の温度（及びそれによって基板の温度）を増大させて、酸化シリコンに対するシリコン及び窒素を含む誘電体層のエッティング選択性を増大させる。圧力は、約 5 ミリトルから約 500 ミリトルの範囲に維持することができる。

#### 【0030】

50

基板 200 のエッチングが完了すれば方法 100 は概ね終了であり、必要に応じて基板の処理を継続して、デバイス及び / 又はデバイス上の構造体の製造を完了させることができる。しかしながら、方法 100 は、図 3A ~ B 及び図 4A ~ B に示した構造など他のタイプの半導体構造、ならびにシリコン、ポリシリコン、ケイ化物、酸化シリコンなどに対する制御された選択性で窒化シリコン誘電材料がエッチングされることが望ましい他の任意のプロセスにも有利に適用することができる。

#### 【0031】

図 3A ~ B 及び図 4A ~ B はそれぞれ、本発明のいくつかの実施形態に基づく部分的に製造された半導体構造の例示的な概略図を示す。このような半導体構造は、トランジスタデバイス、フラッシュメモリデバイス、ダイナミックランダムアクセスメモリデバイス、金属相互接続構造、デュアルダマシン構造、又はシリコン及び窒素を含む誘電体層を本明細書に記載した調整可能な選択性プロセスを使用して選択的にエッチングする必要がある任意の半導体構造を含むことができる。

10

#### 【0032】

例えば、図 3A ~ B に示すように、本発明の方法 100 の実施形態を、コンタクトクリーニングプロセスにおいて適当に利用することができる。図 3A に示すように、部分的に製造された半導体構造 300 がその上に配置された基板 302 を用意することができる。基板 302 は、図 2 に関して以前に論じたものなど、適当な任意の基板とすることができる。

20

#### 【0033】

部分的に製造された半導体構造 300 は、例えば基板 302 上に形成された隣接するトランジスタ 308 の上に配置されたスペーサ構造として使用される、シリコン及び窒素を含む誘電体層 306 を有することができる。トランジスタ 308 はそれぞれ、基板 302 の上に形成された酸化物層 304 を含むことができる。酸化物層 304 はゲート誘電体層とすることができる。いくつかの実施形態では、酸化物層 304 を例えば二酸化シリコン ( $SiO_2$ ) から作成することができる。いくつかの実施形態では、酸化物層 304 を例えば高  $k$  誘電材料、例えば酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、酸化ハフニウム ( $HfO_2$ )、酸窒化ハフニウム ( $HfON$ )、ケイ酸ハフニウム ( $HfSiO_4$ )、酸化ジルコニウム ( $ZrO_2$ )、酸窒化ジルコニウム ( $ZrON$ )、ケイ酸ジルコニウム ( $ZrSiO_4$ )、酸化イットリウム ( $Y_2O_3$ )、酸化ランタン ( $La_2O_3$ )、酸化セリウム ( $CeO_2$ )、酸化チタン ( $TiO_2$ )、酸化タンタル ( $Ta_2O_5$ )、他の誘電材料又はこれらの組合せから作成することができる。酸化物層 304 は例えば、化学蒸着 (CVD) プロセス、物理蒸着 (PVD) プロセス、又はゲート誘電材料層を形成するように適合された他の適当な半導体プロセスによって形成することができる。

30

#### 【0034】

それぞれのトランジスタ 308 は、酸化物層 304 の上に形成されたトランジスタゲート 310 を有することができる。トランジスタゲート 310 は例えば、ポリシリコン；アモルファスシリコン；金属材料、例えば  $Ru$ 、 $Ti$ 、 $Ta$ 、 $W$ 、 $Hf$ 、 $Cu$ 、 $Al$ ；金属窒化物； $RuO_2$ 、 $IrO_2$  などの金属酸化物； $MoN$ 、 $WN$ 、 $TiN$ 、 $TaN$ 、 $TaAlN$  などの金属窒化物； $CoSi_2$ 、 $NiSi$  などのゲートケイ化物；トランジスタゲートに対して使用するように適合された他の金属材料、又はこれらのさまざまな組合せから作成することができる。いくつかの実施形態では、トランジスタゲート 310 は、CVD プロセス、PVD プロセス、電気化学めっきプロセス、無電解めっきプロセス又はこれらの組合せによって形成することができる。

40

#### 【0035】

トランジスタゲート 310 はそれぞれ、コンタクト領域 314 間、例えばソース / ドレン領域間に形成されたトランジスタチャネル 312 の上方に形成することができる。コンタクト領域 314 は、基板 302 内に、酸化物層 304 に隣接させて形成することができる。コンタクト領域 314 は、形成しているトランジスタのタイプ（例えば NMOS なのか、又は PMOS なのか）に応じて、リン、ヒ素などの  $n$  型ドーパント、又はホウ素な

50

どの p 型ドーパントを有することができる。いくつかの実施形態では、コンタクト領域 314 を注入プロセスによって形成することができる。いくつかの実施形態では、コンタクト領域 314 が、少なくとも 1 つの低ドープドレイン ( l i g h t l y d o p e d d r a i n ) ( L D D ) を含むことができる。

【 0 0 3 6 】

シリコン及び窒素を含む誘電体層 306 は、側壁上に及びそれぞれのトランジスタゲート 310 の上に形成することができる。シリコン及び窒素を含む誘電体層 306 は、それぞれのトランジスタゲート 310 を保護するスペーサとして構成し、及び / 又は基板 302 にイオンを注入してコンタクト領域 314 を形成するためのマスクの役目を果たすように構成することができる。図示されてはいないが、このスペーサは複数の層を含むことができ、そのうちの少なくとも 1 つの層がシリコン及び窒素を含む誘電体層 306 である。このような実施形態において、本明細書に記載した本発明の方法は、他のスペーサ層に対するシリコン及び窒素を含む誘電体層 306 のエッチング選択性、ならびに / 又は酸化物層 304 に対する選択性を提供することができる。

【 0 0 3 7 】

シリコン及び窒素を含む誘電体層 306 は、それぞれのトランジスタゲート 310 のコーナ 362 及び側壁の近くに、ピンチオフ ( p i n c h - o f f ) 及び / 又はネガティブプロファイル ( n e g a t i v e p r o f i l e ) を有することができる。それぞれのトランジスタゲート 310 上にシリコン及び窒素を含む厚い誘電体層 306 が形成される場合には、シリコン及び窒素を含む誘電体層 306 のピンチオフ及び / 又はネガティブプロファイルの結果、それぞれのトランジスタゲート 310 間にボイド ( v o i d ) 又はシーム ( s e a m ) が生じることがある。図 3 A に示すように、いくつかの実施形態では、このピンチオフプロファイルが、隣接するトランジスタゲート 310 間に配置された不均一領域 ( n o n - u n i f o r m a r e a ) 316 を含む。いくつかの実施形態では、不均一領域 316 の底面に、酸化物層 304 の露出部分が存在することができる。

【 0 0 3 8 】

酸化物層 304 をより完全に露出させるために、それぞれのトランジスタゲート 310 のコーナ及び側壁の近くの誘電体層 306 のネガティブプロファイルを選択的に除去する必要があることがある。例えば、図 3 A に示すように、誘電体層 306 のネガティブプロファイルは、隣接するトランジスタゲート 310 のコーナ 362 の近くに、幅の狭い不均一領域 316 を形成する。このような構成では、この狭い幅が、酸化物層 304 の露出部分をエッチング剤が十分にエッチングすることを妨げることがある。

【 0 0 3 9 】

したがって、本明細書に開示した本発明の方法を有利に利用して、不均一領域 316 の幅を広げることができる。例えば、いくつかの実施形態では、図 3 B に示すように、誘電体層 306 のネガティブプロファイルを選択的にエッチングして、不均一領域 316 の幅を大きくし、それによって、エッチング剤が、不均一領域 316 の下の酸化物層 304 の露出部分を、コンタクト領域 314 の表面を傷つけることなく除去するための開口をより大きくすることができる。この選択エッチングは、図 2 に関して以前に説明した方法 100 を利用して実行することができる。さらに、この選択エッチングプロセスは、シリコンを覆う酸化シリコンに対するシリコン及び窒素を含む誘電材料の選択性を有利に提供することができ、それによって隣接するトランジスタゲート 310 間に配置された薄い酸化シリコン層 304 を、その下の層を傷つけることなくエッチングによって除去することを容易にする。酸化物層 304 の露出部分を除去した後、コンタクト領域 314 の露出した表面に、金属などの導電材料 ( 図示せず ) 、又はコンタクト領域 314 との電気コンタクトを形成するのに適した任意の材料を付着させることができる。

【 0 0 4 0 】

例示的な他の用途では、前述の本発明の方法を利用して、図 4 A ~ B に示すように、バリア層 ( すなわち誘電体層 406 ) を選択的に除去することができる。図 4 A に示した半導体構造 400 は、半導体基板 402 及び導電層 404 の上に配置された誘電体層 406

10

20

30

40

50

を含む。誘電体層406の上には酸化物層408が配置されている。酸化物層408は、酸化物層408内に配置された少なくとも1つのフィーチャを含むことができる。このようなフィーチャは、トレンチ、開口、ギャップ又は他の高アスペクト比フィーチャを含むことができる。図4Aに示すように、酸化物層408は、誘電体層406の一部を露出させるフィーチャ410を含む。誘電体層406、半導体基板402、酸化物層408及び導電層404は、前述の本発明の方法100とともに使用するのに適した任意の材料とすることができる。一実施形態では、基板402はシリコンを含むことができ、導電層404は金属ケイ化物とすることができます、誘電体層406はシリコン及び窒素を含むことができる。

## 【0041】

10

いくつかの実施形態では、前述のとおり、フィーチャ410の底面に配置された誘電体層406の露出部分をエッチングし、酸化物層408の損傷及び/又は除去を防ぐのに有利なように、エッチング選択性を調整することができる。

## 【0042】

図4Bに示すように誘電体層406の露出部分を除去した後、導電層404の露出した表面の上に残留物412が残り、及び/又は付着することがある。このような残留物412は、誘電体層406及び/又は酸化物層408の未反応残存物、あるいはエッチング剤ガスの副生物である可能性がある。この残留物412が、導電層404の露出部分の部分的覆いを形成することができる。いくつかの実施形態では、以前に論じたとおり、導電層404又は酸化物層408を実質的に傷つけること、及び/又は除去することなく、シリコン及び窒素を含む誘電体層の残留物を除去するのに有利なように、プロセスガスの流量を調整することができる。

20

## 【0043】

誘電体層406の露出部分を除去し、及び/又は導電層の露出した表面の残留物がなくなった後、金属などの適当な任意の材料をフィーチャ410に充填して(図示せず)、導電層404との電気コンタクトを形成することができる。

## 【0044】

30

図2~4の特定の実施形態に関して以前に説明したとおり、シリコン及び窒素を含む誘電体層の少なくとも一部分を、酸化物、金属、金属ケイ化物及び/又はシリコンを含む層がさらに存在する状況で、等方的又は異方的に選択エッチングする必要がある半導体構造は、本明細書に記載した本発明の方法から利益を得ることができることが企図される。適当な実施形態の追加の例は、以前に組み込まれたLi-Qun Xiaによって2007年10月22日に出願された「Methods and Systems for Forming At Least One Dielectric Layer」という名称の米国特許出願第11/876,649号に記載されている。

## 【0045】

本明細書に記載したエッチング法は、米カリフォルニア州Santa ClaraのApplied Materials, Inc.社から販売されているSICONI(商標)Pre-cleanプロセス室などの適当な任意のエッチング室、又は図5を参照して後に説明するエッチング室などの他の適当なエッチング室内で実行することができる。エッチング室は、やはりApplied Materials, Inc.社から販売されているENDURA(登録商標)ラインのクラスタツールのうちの1つのクラスタツールなどのクラスタツールの部分とすることができます。

40

## 【0046】

50

図5は、例示的なエッチング室500の概略断面図である。エッチング室500は、処理容積503を取り囲み、リモートプラズマ発生装置512が結合した室壁502を含むことができる。リモートプラズマ発生装置512は、プラズマ506を発生させるように構成されている。プラズマ発生装置512は、処理容積503にプロセスプラズマ506を送達する管、パイプ及び/又はマニホールドなどのプラズマ分配装置304を介して、処理容積503に流体結合することができる。処理容積503内には、基板508が載せら

れた基板支持台 510 を配置することができる。プロセスプラズマ 506 は、基板 508 の上方に配置されたシャワヘッド ( shower head ) 514 を介して基板 508 に送達することができる。基板 508 は、ピン 516 によって、下位置とシャワヘッド 514 に近い上位置との間で制御可能に移動させることができる。基板 508 は、図 2 に記載した半導体構造を含むことができる。

【 0047 】

いくつかの実施形態では、プラズマ分配装置 304 が、プロセスガスから発生したプラズマ 506 を処理室 500 へ導入することができる。いくつかの実施形態では、エッチングプラズマ 506 のこの供給管路が、( i ) 室内へのプロセスプラズマの流入を自動的に又は手動で遮断する目的に使用することができるいくつかの安全遮断弁 ( 図示せず ) と、( i i ) この供給管路を通るプラズマ 506 の流量を測定する質量流量コントローラ ( 図示せず ) とを含むことができる。

10

【 0048 】

室壁 502 は、エッチング剤及び / 又は副生物の室壁 502 への凝縮を実質的に防ぐ温度を有することができる。基板 508 の表面にエッチング剤を凝縮させるため、台 510 は、約 -100 から約 1000 の間の所望の温度を提供するように動作することができる。エッチング剤は次いで、前記実施形態で説明した誘電体層及び追加の層と望ましく相互作用することができる。

【 0049 】

いくつかの実施形態では、過剰のプロセスガス及び / 又は分解されたガスなどの副生物をエッチング室 500 から望ましく除去するため、エッチング室 500 内に、少なくとも 1 つのポンピングチャネル 520 を形成することができる。ポンピングチャネル 520 は、例えばポンプ又はモータに、これらの副生物を望ましく除去することができるような様で結合することができる。いくつかの実施形態では、ポンピングチャネル 520 が、そこを通して副生物を望ましく除去することができる少なくとも 1 つの開口部 ( 図示せず ) を有することができる。

20

【 0050 】

いくつかの実施形態では、プロセスガスを励起してプラズマ 506 を形成するために、プラズマ発生装置 512 に R F 電源 ( 図示せず ) を結合することができる。この R F 電源は、約 5 ワットから約 3,000 ワットの R F 電力を供給するように動作することができる。この R F 電源は、この電力を、約 100 kHz から約 64 MHz の R F 周波数で供給することができる。

30

【 0051 】

図 5 に戻る。プロセス室 500 にはシステムコントローラ 522 を結合することができる、システムコントローラ 522 は、このエッチングシステムの全ての活動を制御することができる。このシステムコントローラは、メモリなどのコンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータプログラムであるシステム制御ソフトウェアを実行する。いくつかの実施形態では、このメモリがハードディスクドライブだが、このメモリを他の種類のメモリとすることもできる。このコンピュータプログラムは、特定のプロセスのタイミング、ガスの混合、室圧、室温及び他のパラメータを指令する命令セットを含む。例えばフロッピーディスク又は別の適当なドライブを含む他のメモリデバイス上に記憶された他のコンピュータプログラムを使用して、コントローラを操作することもできる。プロセス室 500 がクラスタツール ( 図示せず ) に結合される実施形態では、本明細書に記載した選択エッチング法を実行するためのコンピュータ可読媒体を、そのクラスタツールのシステムコントローラ ( 図示せず ) に記憶し、そのシステムコントローラから実行することができる。

40

【 0052 】

前述のコントローラによって実行されるコンピュータプログラム製品を使用して、誘電体層を選択的にエッチングするプロセスを実現することができる。コンピュータプログラムコードは、従来の任意のコンピュータ可読プログラム言語、例えば 68000 アセンブラー言語、C、C++、Pascal、FORTRAN などで書くことができる。従来のテ

50

キストエディタを使用して、適当なプログラムコードが单一のファイル又は複数のファイルに入力され、コンピュータのメモリシステムなどのコンピュータ使用可能媒体に記憶され、又はこのようなコンピュータ使用可能媒体として具体化される。入力されたコードテキストが高水準言語である場合、そのコードはコンパイルされ、その結果得られたコンパイラコードは次いで、プリコンパイルされた Microsoft Windows GYライブラリルーチンの目的コードとリンクされる。コンパイルされ、リンクされた目的コードを実行するには、システムユーザがその目的コードを呼び出し、コンピュータシステムが、そのコードをメモリにロードするようとする。次いで、CPUがそのコードを読み、実行して、そのプログラム内の識別されたタスクを実行する。

## 【0053】

10

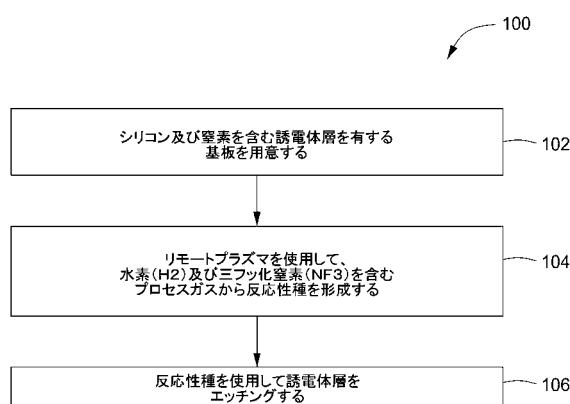
このように、本明細書では、基板上の誘電体層をエッチングする方法の実施形態が提供される。本発明の方法は、誘電体層の選択エッチングを有利に提供することができる。いくつかの実施形態では、水素( $H_2$ )、及び三フッ化窒素( $NF_3$ )、ならびに任意選択でアンモニア( $NH_3$ )を含むプロセスガスを使用してプラズマを形成することができる。プロセスガスの流量比を調整することによって、誘電体層のエッチング選択性を約0.8ないし約4にすることができる。いくつかの実施形態では、この選択エッチング法が、誘電体層の少なくとも一部分を等方的又は異方的に選択性を除去することができる。いくつかの実施形態では、金属層、金属ケイ化物層及び酸化物層のうちの少なくとも1つの層に対する誘電体層のエッチング選択性を1よりも大きく、最大約4にすることができる。したがって、本発明のプロセスは、誘電体層の少なくとも一部分の選択性的除去を容易にする。

20

## 【0054】

以上の説明は本発明の実施形態を対象としているが、本発明の基本的な範囲から逸脱することなく本発明の他の実施形態を考案することができ、本発明の範囲は、以下の特許請求の範囲によって決定される。

## 【図1】



## 【図3A】

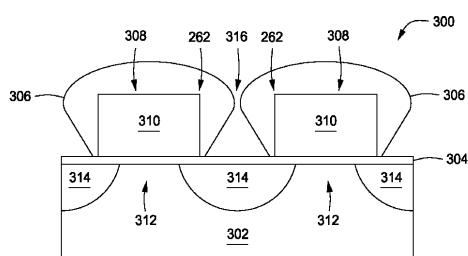


FIG. 3A

## 【図3B】

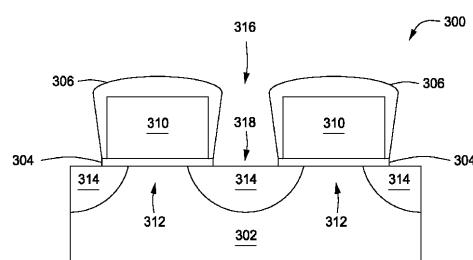


FIG. 3B

## 【図2】

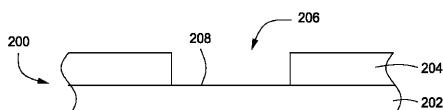


FIG. 2

【図 4 A】

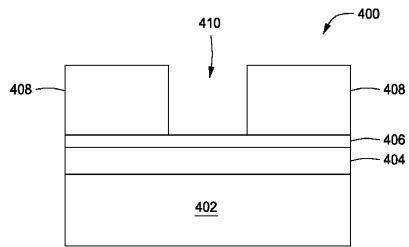


FIG. 4A

【図 4 B】

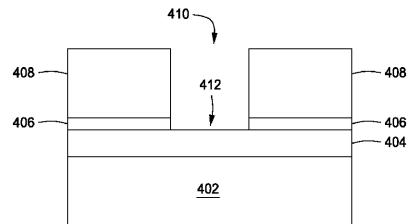
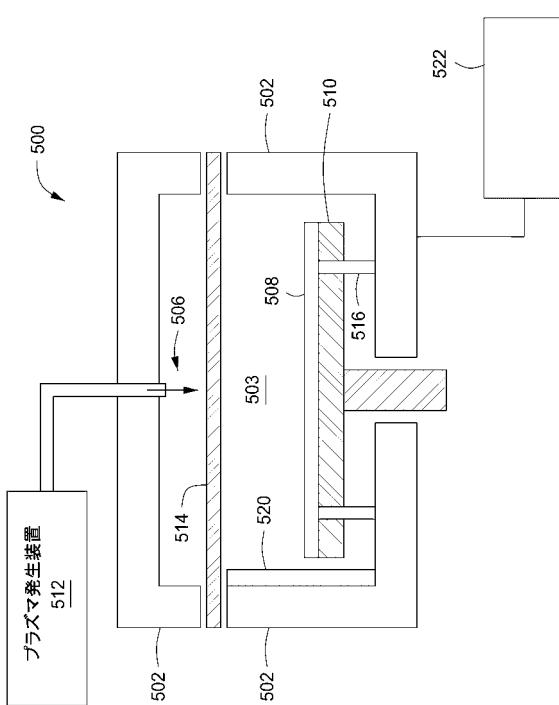


FIG. 4B

【図 5】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/US2009/059743</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H01L 21/3065(2006.01)i</b>		
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) H01L 21/3065; C23F 1/10; H01L 21/461		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models (Chinese Patents and application for patent)		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: etch, silicon, nitride, ammonia		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2008-0124937 A1 (XU SONGLIN et al.) 29 May 2008 See claims 1-3; fig.2; paragraphs [0017]-[0023]	1-4, 12-14
A	US 6149828 A (VAARTSTRA; BRIAN A.) 21 November 2000 See claims 1-9; figs.1-2	1-4, 12-14
A	US 7288482 B2 (SIDDHARTHA PANDA et al.) 30 October 2007 See claims 1-9; figs.1-2; columns 2-3	1-4, 12-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family 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 application or patent 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 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  22 APRIL 2010 (22.04.2010)	Date of mailing of the international search report  <b>26 APRIL 2010 (26.04.2010)</b>	
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea  Facsimile No. 82-42-472-7140	Authorized officer  NAM, In Ho  Telephone No. 82-42-481-8129	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. <b>PCT/US2009/059743</b>
---

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
  
  
  
  
2.  Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
  
  
  
  
3.  Claims Nos.: 5-11, 15 because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
  
  
  
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family membersInternational application No.  
**PCT/US2009/059743**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008-0124937 A1	29.05.2008	None	
US 6149828 A	21.11.2000	US 6666986 B1	23.12.2003
US 7288482 B2	30.10.2007	US 2006-252269 A1	09.11.2006

---

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,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,S,K,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,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,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ル, シンリヤン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94539, フレモント, ジャパラ コート 45  
(72)発明者 ヤン, ハイチュン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95051, サンタ クララ, アパートメント 2, ハーバード アベニュー 712  
(72)発明者 ジエ, ツエンビン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94538, フレモント, アパートメント 511, ビッドウェル ドライヴ 3939  
(72)発明者 ル, ナン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95129, サン ホセ, アルバニー ドライヴ 429  
2  
(72)発明者 オア, デイヴィッド ティ.  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95051, サンタ クララ, ブレーク アヴェニュー  
105  
(72)発明者 カオ, シエン - テー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94086, サニーヴェール, スターブッシュ ドライヴ  
715  
(72)発明者 チャン, メイ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95070, サラトガ, コート デ アーグエロ 128  
81

F ターム(参考) 5F004 AA02 AA05 BA03 BB26 CA02 CA04 DA00 DA17 DA24 DB00  
DB07