

(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2007-508698

(P2007-508698A)

(43) 公表日 平成19年4月5日(2007.4.5)

(51) Int.C1.

**H01L 21/3065 (2006.01)**  
**H01L 21/768 (2006.01)**  
**H01L 23/522 (2006.01)**

F 1

H01L 21/302    104H  
H01L 21/90      S

テーマコード(参考)

5FO04  
5FO33

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-534260 (P2006-534260)  
(86) (22) 出願日 平成16年10月5日 (2004.10.5)  
(85) 翻訳文提出日 平成18年6月7日 (2006.6.7)  
(86) 國際出願番号 PCT/US2004/032793  
(87) 國際公開番号 WO2005/038892  
(87) 國際公開日 平成17年4月28日 (2005.4.28)  
(31) 優先権主張番号 10/680,895  
(32) 優先日 平成15年10月8日 (2003.10.8)  
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 592010081  
ラム リサーチ コーポレーション  
LAM RESEARCH CORPORATION  
アメリカ合衆国, カリフォルニア 950  
38, フレモント, クッシング パークウ  
エイ 4650  
(74) 代理人 100089705  
弁理士 社本 一夫  
(74) 代理人 100140109  
弁理士 小野 新次郎  
(74) 代理人 100075270  
弁理士 小林 泰  
(74) 代理人 100080137  
弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

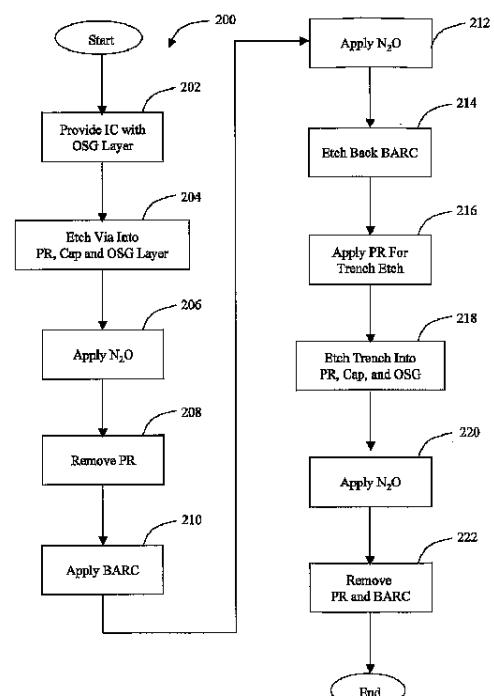
(54) 【発明の名称】有機ケイ酸塩ガラスについての一酸化二窒素剥脱方法

## (57) 【要約】

【課題】有機ケイ酸塩ガラス(OSG)誘電体を有するIC構造体に悪影響を及ぼさずに有機フォトレジストを剥脱する方法を提供すること。

【解決手段】有機フォトレジスト材料と有機ケイ酸塩ガラス(OSG)材料を有する集積回路(IC)構造体において有機フォトレジストを剥脱する、デュアルダマシンプロセス中に行われる多数の工程の1つであって、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)ガス混合物を反応器内に供給すること、反応器内でプラズマを発生させること、及びフォトレジストを剥脱することを含んでなる方法を提供する。この剥脱方法は、フォトレジストとOSG材料との間に高い選択性を提供し、さらに、フォトレジストや他のそのような有機材料の剥脱を、OSG材料のエッチングに用いられるのと同じ反応器内で行うことを可能とする。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

フォトトレジスト材料及び有機ケイ酸塩ガラス(OGS)材料を有する集積回路(IC)構造体を剥脱する方法であって：

一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)ガスを反応器内へ供給すること；

前記反応器でプラズマを発生させること；

前記フォトトレジストを剥脱すること；及び、

前記フォトトレジスト及び前記OGS間に高い選択性を発生させることを含んでなる方法。

## 【請求項 2】

前記フォトトレジストが有機フォトトレジストである、請求項1に記載の方法。 10

## 【請求項 3】

前記フォトトレジストを前記剥脱することが、デュアルダマシンプロセス中に行われる多数の工程のうちの1つである、請求項2に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記フォトトレジストの前記剥脱が、前記OGS材料をエッチングするために用いられる同じ反応器内で行われる、請求項3に記載の方法。

## 【請求項 5】

請求項1に記載の方法であって、さらに：

前記IC構造体中にエッチングされたビアを提供すること； 20

前記ビアを占める有機プラグを生成すること；及び、

前記N<sub>2</sub>Oガスで前記有機プラグを剥脱することを含んでなる方法。

## 【請求項 6】

第一フォトトレジスト層、第二中間層、および第三有機ケイ酸塩ガラス(OGS)層を含む集積回路(IC)構造体を剥脱する方法であって：

一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)を反応器内に供給すること；

前記反応器内にプラズマを発生させること；

前記プラズマで前記フォトトレジストを剥脱すること；

前記第一フォトトレジスト層及び前記第二ハードマスク層間に高い選択性を発生させること；及び、 30

前記第一フォトトレジスト層及び前記第三OGS層間に高い選択性を発生させることを含んでなる方法。

## 【請求項 7】

前記フォトトレジストが有機フォトトレジストである、請求項6に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記フォトトレジストの前記剥脱が、前記OGS層をエッチングするために用いられる同じ反応器内で行われる、請求項6に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記フォトトレジストを前記剥脱することが、デュアルダマシンプロセス中に行われる複数の工程のうちの1つである、請求項6に記載の方法。 40

## 【請求項 10】

前記第二中間層がキャップ層である、請求項6に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記キャップ層が、二酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)及びオキシ窒化ケイ素(SiON)からなる群から選ばれる、請求項10に記載の方法。

## 【請求項 12】

前記第二中間層がハードマスク層である、請求項6に記載の方法。

## 【請求項 13】

前記ハードマスク層が、窒化ケイ素(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、窒化タンタル(TaN)、窒化チタ 50

ン ( T i N ) 、及び炭化ケイ素 ( S i C ) からなる群から選ばれる、請求項 1 2 に記載の方法。

**【請求項 1 4】**

第一フォトレジスト層、第二キャップ層、及び第三有機ケイ酸塩ガラス ( O S G ) 層を含む I C 構造体でビアファーストエッチングを行う方法であって：

一番目に、前記第二キャップ層と前記第三 O S G 層の中に、ビアをエッチングすること；そして、

二番目に、前記第一フォトレジスト層を、一酸化二窒素 ( N<sub>2</sub>O ) ガスで剥脱することを含んでなる方法。

**【請求項 1 5】**

請求項 1 4 に記載の方法であって、三番目に、前記第三 O S G 層の一部を占める前記ビアで有機プラグを発生させることを、さらに含んでなる方法。

**【請求項 1 6】**

請求項 1 5 に記載の方法であって、四番目に、前記第二キャップ層及び前記第三 O S G 層中にトレンチをエッチングすることを、さらに含んでなる方法。

**【請求項 1 7】**

請求項 1 5 に記載の方法であって、五番目に、前記他の第一フォトレジスト層及び前記有機プラグを、前記 N<sub>2</sub>O ガスで剥脱することを、さらに含んでなる方法。

**【請求項 1 8】**

前記フォトレジストが有機フォトレジストである、請求項 1 7 に記載の方法。

10

**【請求項 1 9】**

前記フォトレジストを前記剥脱することが、デュアルダマシンプロセス中に行われる多数の工程のうちの 1 つである、請求項 1 8 に記載の方法。

**【請求項 2 0】**

第一フォトレジスト層、第二ハードマスク層、および第三有機ケイ酸塩ガラス ( O S G ) 層を含む I C 構造体でトレンチファーストエッチングを行う方法であって：

一番目に、前記第二ハードマスク層の中にトレンチをエッチングすること；そして、

二番目に、前記第一フォトレジスト層を、一酸化二窒素 ( N<sub>2</sub>O ) ガスで剥脱することを含んでなる方法。

**【請求項 2 1】**

請求項 2 0 に記載の方法であって、三番目に、ビアエッチングを行うために別の第一フォトレジスト層を塗布することを、さらに含んでなる方法。

30

**【請求項 2 2】**

請求項 2 1 に記載の方法であって、四番目に、前記第二ハードマスク層及び前記第三 O S G 層中にビアをエッチングすることを、さらに含んでなる方法。

**【請求項 2 3】**

請求項 2 2 に記載の方法であって、五番目に、前記他の第一フォトレジスト層を、前記 N<sub>2</sub>O ガスで剥脱することを、さらに含んでなる方法。

**【請求項 2 4】**

請求項 2 3 に記載の方法であって、六番目に、前記第三 O S G 層の一部を占める前記ビア内に有機プラグを生成させることを、さらに含んでなる方法。

40

**【請求項 2 5】**

請求項 2 4 に記載の方法であって、七番目に、前記第三 O S G 層中に前記トレンチをエッチングすることを、さらに含んでなる方法。

**【請求項 2 6】**

請求項 2 5 に記載の方法であって、八番目に、前記有機プラグを剥脱するために前記 N<sub>2</sub>O ガスを用いることを、さらに含んでなる方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【関連する出願】**

**【0 0 0 1】**

50

この特許出願は、これと同時に出願され、参照により本明細書中に組み込まれる、Rao Annapragada等による、AN ETCH BACK PROCESS USING NITROUS OXIDEというタイトルの、共通して譲渡される米国特許出願番号\_\_\_\_\_（代理人Docket.：1054）に関連する。

### 【技術分野】

#### 【0002】

本発明は、フォトレジストの剥脱（stripping）に関する。より詳しくは、本発明は、有機ケイ酸塩ガラス（OSG）材料を有するIC構造体からのフォトレジストの剥脱に関する。

### 【背景技術】

#### 【0003】

半導体集積回路（IC）製作において、素子トランジスタ（component transistor）のようなデバイスは、典型的にはシリコンで作られた半導体ウェハー基板上に形成される。製作工程中、望ましいICを組み立てるため、様々な材料が異なる層に堆積される。典型的には、伝導層には、誘電性材料で互いから絶縁されているパターン化された金属被覆ライン、ポリシリコントランジスタゲート等が含まれる。誘電性材料は、二酸化ケイ素SiO<sub>2</sub>から形成されて、半導体構造体の様々な層上の伝導ラインを絶縁する。半導体回路が高速かつ高集積化するにつれて、動作周波数が増加し、半導体デバイス内の伝導ライン間の距離が減少する。これは、増加したレベルの結合静電容量（coupling capacitance）を回路へ導入し、それは半導体デバイスの減速という欠陥を有する。故に、そのような大きい結合静電容量に反して伝導ラインを有效地に絶縁できる誘電層を使用することが重要となつてきている。

#### 【0004】

一般的に、集積回路における結合静電容量は、誘電層を形成するために用いられる材料の誘電率kに直接比例する。上記のように、集積回路の先行技術における誘電層は、伝統的にSiO<sub>2</sub>で形成されており、それは約4.0の誘電率を有する。半導体デバイスにおける高いライン密度と動作周波数の結果、SiO<sub>2</sub>で形成される誘電層は、高い結合静電容量レベルを回避するために必要とされる程度にまで有效地に伝導ラインを絶縁できない。

#### 【0005】

低誘電率（low-k）誘電体として用いられる1つの特定の材料は、有機ケイ酸塩ガラス（OSG）である。OSGは、スピンドルオン方法によってもCVD方法によっても堆積させることができる低誘電率材料である。典型的なOSGのk値は、2.6～2.8の範囲である。ポーラスOSG（pOSG）もまた低誘電率の適用のために用いられる。典型的には、pOSGのようなポーラス材料は、スピンドルオン方法を用いて塗布されて、溶媒の蒸発を制御して望まれる有孔の基板を提供する。

#### 【0006】

典型的には、低誘電率材料は、銅デュアルダマシンプロセスを用いてIC製作に組み込まれる。デュアルダマシン構造は、ラインのためのトレンチと、ビアのためのホールを創設するエッチング方法を採用する。次いで、ビアとトレンチは、金属被覆されて、相互に連結する配線（interconnect wiring）を形成する。2つのよく知られるデュアルダマシンスキームは、ビアファーストシーケンス及びトレンチファーストシーケンスと呼ばれる。

#### 【0007】

先行技術の方法では、有機フォトレジストは、酸素（O<sub>2</sub>）、窒素と酸素の組み合わせ（N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>）、窒素と水素の組み合わせ（N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>）、又はアンモニア（NH<sub>3</sub>）のようなくちく知られるガス混合物を用いて、剥脱され又は除去される。これらのガス又はガス混合物の各々は、有機ケイ酸塩ガラス（OSG）誘電体を有するIC構造体に対し、悪い方向に反応する。例えば、酸素（O<sub>2</sub>）の使用は、OSG誘電体のk値を増加させる。窒素及び水素（N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>）ガス混合物についてのエッチング速度は比較的低く、OSGのフェシティング（faceting）を引き起こす比較的高い電力を要求する。さらに、アンモニア

10

20

30

40

50

(N H<sub>3</sub>) の使用は、パーティクル (particle) の発生をもたらす。かくして、OSG 材料を有する IC 構造体からフォトレジストを剥脱するときは、これらによく知られるガス又はガス混合物の各々は、付随する限界を有している。

【発明の要旨】

【0008】

フォトレジスト材料と有機ケイ酸塩ガラス (OSG) 材料を有する集積回路 (IC) 構造体を剥脱する方法を記載する。その方法は、一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) ガス混合物を反応器内に供給すること、反応器内でプラズマを発生させること、及びフォトレジストを剥脱することを含んでなる。その剥脱方法は、フォトレジストと OSG 材料との間に高い選択性を提供する。例示的な態様では、フォトレジストは、有機フォトレジストである。その方法は、フォトレジストや他のそのような有機材料の剥脱を、OSG 材料のエッチングに用いられる同じ反応器内で行うことを可能とする。フォトレジストを剥脱する方法は、デュアルダマシンプロセス中に行われる多数の工程の 1 つである。

【0009】

例示的な態様では、剥脱方法は、第一フォトレジスト層、第二中間層、及び第三有機ケイ酸塩ガラス (OSG) 層を含む、例示的な集積回路 (IC) 構造体に適用される。例示的な態様では、その方法は、一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) を反応器内に供給する。次いで、プラズマを発生させ、フォトレジストを IC 構造体から剥脱する。第一フォトレジスト層と第二中間層との間には高い選択性がある。加えて、第一フォトレジスト層と第三 OSG 層との間には高い選択性がある。

【0010】

その方法は、第二中間層がキャップ層である IC 構造体にビアがエッチングされる、ビアファーストエッチシーケンスに適用される。例示的なキャップ層は、フォトレジスト層の再加工中に OSG 層への保護を提供するために形成される。非限定的な例として、例示的なキャップ層は、二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>) 又はオキシ窒化ケイ素 (SiON) のようなケイ素と酸素を含有する材料である。例示的なビアファースト方法には、例示的な IC 構造体にビアをエッチングすることが含まれる。次いで、その方法は、例示的な IC 構造体のビアを充填する反射防止膜 (ARC) 又は裏面反射防止膜 (BARC) の塗布へと進行する。次いで、N<sub>2</sub>O ガス混合物が ARC 又は BARC をエッチバックするために適用され、ビア内に、望ましい高さを有する有機プラグ (organic plug) を生成させる。かくして、例示的な IC 構造体では、有機プラグが、第三 OSG 層の一部を占める。次いで、その方法は、第二キャップ層と第三 OSG 層へのトレニチのエッチングへと進行する。次いで、N<sub>2</sub>O ガス混合物が反応器内に供給され、フォトレジスト層と有機プラグを剥脱するプラズマが生じる。

【0011】

その方法は、第二中間層がハードマスク層であるトレニチファーストエッチシーケンスにも適用される。非限定的な例としては、ハードマスク層は、窒化ケイ素 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、窒化タンタル (TaN)、窒化チタン (TiN)、炭化ケイ素 (SiC) のような材料で形成される。第一フォトレジスト層のトレニチパターンを用いて、トレニチが第二ハードマスク層にエッチングされる。次いで、第一フォトレジスト層が N<sub>2</sub>O ガス混合物で剥脱される。ビアエッチングのためにパターン化された別の第一フォトレジスト層が塗布される。次いで、ビアが第二ハードマスク層にエッチングされ、そして第三 OSG 層にエッチングされる。次いで、その方法は、例示的な IC 構造体のビアを充填する反射防止膜 (ARC) 又は裏面反射防止膜 (BARC) の塗布へと進行する。ビアファーストエッチについて記載したように、次いで、N<sub>2</sub>O ガス混合物が、ARC 又は BARC をエッチバックするために適用され、ビア内に望ましい高さを有する有機プラグを生じさせる。第二ハードマスク層に先にエッチングされたトレニチパターンを用いて、次いで、第三 OSG 層にトレニチがエッチングされる。次いで、N<sub>2</sub>O ガス混合物が、有機プラグを除去するために用いられる。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

## 【0012】

次の詳細な説明において、本明細書の一部を構成し、特定の態様が示されている、付随する図への参照が行われる。これらの態様は、当業者が本発明を実施できるように十分に詳細に記載されており、本特許請求の範囲の精神及び範囲から離れることなく他の態様を用いることができ、構造的変更、論理的変更、及び電気的変更が行われ得ることが理解されるべきである。故に、次の詳細な説明は、限定的な意味に解釈されるべきではない。図における参照番号の数字は、複数の図に表れる同一の要素が同じ参照番号により同定されるという例外はあるが、図中の番号に対応することに注意すべきである。

## 【0013】

図1を参照すると、OSG層を有するIC構造体からフォトレジストを剥脱する例示的なシステムが示されている。例示的なシステムは、ハードマスクのエッチングと誘電体のエッチングを行うためにも形成される。例示的なシステムは、Fremont, CaliforniaのLam Research Corporation (Lam) から入手可能である200 mm EXELAN HPTシステムのような平行板プラズマシステム100である。加えて、EXELAN 2300シリーズのようなLamからの他のシステムを用いてもよい。システム100には、反応器壁において出口に連結される真空ポンプ104により望ましい減圧に維持されている、内部102を有するチャンバーが含まれる。エッチングガスは、ガス供給口106からプラズマ反応器に供給ができる。中密度プラズマは、RF源108からのRFエネルギーがマッチングネットワーク110を通じて動力電極112に供給されるところの、二周波の配置により反応器内に発生させることができる。RF源108は、27 MHz及び2 MHzでRF電力を供給するように形成される。電極114は接地電極である。基板116は、動力電極112により支えられ、ガスに電圧を加えてプラズマ状態にすることにより生じたプラズマでエッチング及び/又は剥脱される。他の静電容量結合反応器も、その開示が参考により本明細書中に組み込まれる、共通して所有される米国特許番号6,090,304に記載された、二周波のプラズマエッティング反応器のような、RF電力が両電極に供給される反応器のように用いることができる。

## 【0014】

また、プラズマは、誘導結合プラズマ反応器、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマ反応器、ヘリコンプラズマ反応器等として言及される、様々な他のタイプのプラズマ反応器で生成することができる。そのようなプラズマ反応器は、典型的には、RFエネルギー、マイクロ波エネルギー、磁場等を用いるエネルギー源を有し、中～高密度プラズマを生成する。例えば、高密度プラズマは、誘導結合プラズマ反応器とも呼ばれる、Lam Research Corporationから入手可能なTransformer Coupled Plasma etch reactorで生成することができる。

## 【0015】

図2を参照すると、ビアファーストデュアルダミンプロセスでフォトレジストを剥脱するためのフローチャートが示されている。例示的なIC構造体には、第一有機フォトレジスト層、第二中間層、第三OSG層、及び第四バリア層が含まれる。非限定的な例として、フォトレジスト層は、Shipley Companyからの193 nm フォトレジスト又は248 nm フォトレジストのような有機フォトレジストである。例示的な第二中間層は、二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ )、オキシ窒化ケイ素 ( $\text{SiON}$ )、及び他のあらゆるケイ素と酸素を含有する材料のようなキャップ材料で形成されるキャップ層である。キャップ層は、フォトレジスト層の再加工中に、OSG層への保護を提供する。第三層はOSG層であり、それにはNovellus Systems of San Jose, CaliforniaからのCORAL<sup>TM</sup>やApplied Materials of Santa Clara, CaliforniaからのBLACK DIAMOND<sup>TM</sup>、又は他のあらゆるそのようなOSG材料のような材料が含まれる。加えて、OSG材料は、ポーラスOSG (pOSG) であってもよいことが当業者に理解されるだろう。非限定的な例として、pOSGは、30%を超える空間を有する。例示的な第四バリア層は、窒化ケイ素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、炭化ケイ素 ( $\text{SiC}$ )、又は他のあらゆるそのようなケイ素ベース材料のようなバリア材料から形成される。バリア層は銅拡散からの保護を提供する。

10

20

30

40

50

## 【0016】

図2のフローチャートは、第二中間層がキャップ層であるIC構造体にビアをエッチングする、ビアファーストエッチシーケンスを行う方法200を記載する。その方法は、IC構造体が例示的な反応器100に配置されている、方法ブロック202で開始する。IC構造体には、ビアがパターン化されたフォトレジスト層が含まれる。当業者は、パターン化されたビア又はトレニチの発生により、第一フォトレジスト層上のフォトリソグラフィーの完了が予想されることを理解するだろう。当該技術分野でよく知られるように、フォトリソグラフィーは、焼き付けられ、制御された光源にさらされる、感光性のフォトレジストを用いる。光は、望ましいパターンを転写するレティクルを通過する。

## 【0017】

プロック204で、ビアが第二キャップ層、そして第三OSG層にエッチングされる。ビアは、バリア層までエッチングされる。プロック206で、N<sub>2</sub>Oが反応器チャンバーに加えられ、プラズマが生じる。やや広い態様では、加工パラメータの範囲は、10~1000mTorrの操作圧力で、RF電力について0~1000Wの範囲の電力で、そして50~2000sccmのN<sub>2</sub>O流速で実施されてもよい。27MHzと2MHz又はそれよりも大きいRF電力を供給するように形成されたRF源を有する、やや狭い態様では、加工パラメータの範囲は、50~600mTorrの操作圧力で、27MHzのRF電力について100~600Wで、2MHzのRF電力について50~600Wで、そして200~1500sccmのN<sub>2</sub>O流速で実施されてもよい。200mmウエハー又は基板に適用される、より狭い態様では、加工パラメータの範囲は、100~350mTorrの操作圧力で、27MHzのRF電力について100~200Wで、2MHzのRF電力について100~200Wで、そして300~900sccmのN<sub>2</sub>O流速で実施されてもよい。加えて、不活性ガスが、記載された各々の態様について希釈剤として用いられてもよい。非限定的な例として、不活性ガスには、アルゴン、ヘリウム、ネオン、クリプトン、及びキセノンのような希ガスが含まれる。不活性ガスは、フォトレジストの除去中、均一性を制御するために用いられてもよい。

## 【0018】

例示的なシステム100に加えるN<sub>2</sub>Oについての多数の異なる加工パラメータを表1に示す。

## 【0019】

10

20

30

【表1】

表1

N<sub>2</sub>Oでフォトレジストを剥脱するための例示的な加工パラメータ

| 実験<br># | 圧力<br>(mTorr) | 27MHz<br>RF電力(W) | 2MHz<br>RF電力(W) | N <sub>2</sub> O流速<br>(sccm) | フォトレジスト<br>剥脱速度<br>(Å/分) |
|---------|---------------|------------------|-----------------|------------------------------|--------------------------|
| 1       | 350           | 100              | 100             | 900                          | 2960                     |
| 2       | 100           | 100              | 100             | 300                          | 3451                     |
| 3       | 100           | 100              | 200             | 900                          | 4655                     |
| 4       | 100           | 200              | 100             | 900                          | 4857                     |
| 5       | 225           | 150              | 150             | 600                          | 5628                     |
| 6       | 350           | 200              | 100             | 300                          | 5779                     |
| 7       | 350           | 100              | 200             | 300                          | 6091                     |
| 8       | 100           | 200              | 200             | 300                          | 6735                     |
| 9       | 350           | 200              | 200             | 900                          | 7895                     |

## 【0020】

表1には、多くの異なる“実験”についての加工パラメータが示されている。実験は200mmウエハー上で20で行われた。各々の実験の間、圧力、電力、及びN<sub>2</sub>O流速を調節する。フォトレジスト剥脱速度の結果を、表1の最右欄に示す。

## 【0021】

表1の例示的なガス混合物についての最適な流速と比は、プラズマエッチチャンバーのタイプ、基板の大きさ、及び当業者によく知られる他のそのような変動に依存して変更してもよいことが、当業者に理解されるだろう。その上さらに、本発明を実施する際に用いられる温度、電力レベル、及びガス圧力の選択は、広く変動することができ、そして、本明細書で特定されるそれらは、例示であり、限定的なものでないことも、当業者に理解されるだろう。

## 【0022】

ロック208で、プラズマは、その構造体からフォトレジストを剥脱し、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)のような揮発性の副生成物を生成する。フォトレジストを除去する目的のためには、一般的には、OSG層を傷つけない、より高いフォトレジスト剥脱速度を達成することが望ましい。第一フォトレジスト層と第二キャップ層との間には高い選択性がある。従って、第一フォトレジスト層と第三OSG層との間には高い選択性がある。

## 【0023】

次いで、その方法は、ピアのための有機プラグを生成する。有機プラグは、ピアのファセットティングを防止し、トレンチエッチ工程中にバリア層を保護するために用いられる。方法ロック210で、有機プラグは、有機スピノン・オンテクニックを用いて有機材料を

10

20

30

40

50

塗布することにより生成される。非限定的な例として、有機材料は、反射防止膜（A R C）又は裏面反射防止膜（B A R C）である。例示的な有機A R C及び／又はB A R Cは、光を吸収することが示されている。

#### 【 0 0 2 4 】

方法プロック212で、N<sub>2</sub>Oが、上記の例示的な加工パラメータを用いて、例示的な反応器100に加えられる。プロック214で、N<sub>2</sub>Oガスに電圧が加えられ、B A R C又は有機材料がエッチバックされ、望ましい“有機プラグ”を生成する。非限定的な例として、有機プラグは、望ましいトレンチ高さと等しいか、又は望ましいトレンチ高さを超えるプラグの高さを有する。プラグの高さは、フェンス形成を防止し、ピアのファセッティングを防止するのに十分な高さであることが必要である。有機プラグを生成する方法についてのより詳細な説明は、本願と同時に出願され、参照により本明細書に組み込まれる、“AN ETCH BACK PROCESS USING NITROUS OXIDE”という標題の特許出願に、より詳細に記載されている。10

#### 【 0 0 2 5 】

プロック216で、別のフォトレジスト層が塗布される。フォトレジストはトレンチエッチシーケンスのためにパターン化されている。次いで、その方法は、トレンチが第二キャップ層及び第三OSG層にエッチングされるところのプロック218へと進行する。プロック220で、N<sub>2</sub>Oは、上記の加工パラメータを用いて再び適用される。プロック222で、N<sub>2</sub>Oは電圧が加えられ、有機プラグとフォトレジスト層が両方とも除去される。20

#### 【 0 0 2 6 】

この開示の恩恵を有する当業者は、上記の方法が、フォトレジストの剥脱を、ハードマスク層とOSG層をエッチングするために用いられる同じ反応器内で行うことを可能とすることを理解するだろう。これは、ウエハーを、剥脱のための別の反応器チャンバーへと移動させる必要性がなく、サイクル時間を大いに削減させる。加えて、ウエハー又は基板が周囲の湿度に曝されないので、周囲の湿度に曝されることにより取り除くことが難しかった、エッチング中に発生するあらゆるポリマーを、今や、連続する剥脱／清浄化工程でより簡単に除去できる。その上さらに、in-situの剥脱も、エッチング工程でチャンバー壁上に堆積するポリマーを除去するためにウエハーのない自動清浄化(waferless auto clean)を行う必要を、削減する。その上さらに、本明細書に記載されたシステム及び方法が、ex-situの適用に用いてもよいことが、この開示の恩恵を有する当業者により理解されるだろう。30

#### 【 0 0 2 7 】

表2を参照すると、様々な他の通常用いられる剥脱ガス又はガス混合物と比較された、N<sub>2</sub>O剥脱方法が示されている。非限定的な例として、他のガス又はガス混合物には、アンモニア(NH<sub>3</sub>)、酸素(O<sub>2</sub>)、及び窒素と水素(N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>)ガス混合物が含まれる。それらガスの比較では、フーリエ変換赤外分光光度計(FTIR)が、例示的なOSG材料における変化を検出するために用いられた。比較のために、CORAL<sup>TM</sup>で覆われたウエハーを、例示的なOSG層として用いた。実験中、CORAL<sup>TM</sup>ウエハーは、Si-CピークのSiOピークに対する比における変化を測定するために、異なるガスに曝された。Si-C及びSiOピークは、OSG材料への変化を示唆する。40

#### 【 0 0 2 8 】

【表2】

表2

## フォトトレジストをOSG層から剥脱する様々なガスの比較

| ガス<br>混合物                      | 流速<br>(sccm)                                    | 圧力<br>(mTorr) | 27MHz<br>RF電力(W) | 2MHz<br>RF電力(W) | 剥脱速度<br>(Å/分) | SiC/SiO<br>比の変化 |
|--------------------------------|---|---------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| N <sub>2</sub> O               | 300   | 350           | 200              | 100             | 5779          | 1.8 %           |
| NH <sub>3</sub>                | 1500  | 350           | 600              | 0               | 5470          | 2.5 %           |
| O <sub>2</sub>                 | 1000  | 330           | 200              | 100             | 10595         | 4.1 %           |
| N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> | 1900 (N <sub>2</sub> )<br>600 (H <sub>2</sub> ) | 470           | 400              | 400             | 4150          | 5.0 %           |

10

20

30

40

## 【0029】

表2は、N<sub>2</sub>Oが、SiC/SiO比において最も小さい変化をもたらすことを示し、それは、N<sub>2</sub>O剥脱によりOSG材料が最も影響を受けないことを示唆する。N<sub>2</sub>O剥脱速度はNH<sub>3</sub>剥脱速度に匹敵するが、N<sub>2</sub>O剥脱は、NH<sub>3</sub>剥脱よりも有意に低い電力要求で作動することに注意すべきである。加えて、N<sub>2</sub>O剥脱は、NH<sub>3</sub>剥脱に付随するパーティクル発生を回避できる。その上さらに表2に示されるように、N<sub>2</sub>O剥脱方法は、O<sub>2</sub>よりも穏やかな酸化体であり、それは、酸化の少ないOSG材料をもたらす。酸化はOSG材料のk値を上昇させるので、OSG材料の酸化が少ないことは望ましい。

## 【0030】

図3Aから3Hを参照すると、図2におけるフローチャートの、ビアのエッチングと剥脱シーケンスの等尺図が示されている。図3Aは、第一有機フォトトレジスト302、第二中間キャップ層304、第三OSG層306、及び第四バリア層308を有する例示的なIC構造体の等尺図を示す。上記のように、例示的なIC構造体は、例示的な反応器100内に配置される。図3Bは、ビア310が第二キャップ層304及び第三OSG層306にエッチングされるところの、工程204での、ビアファーストエッチを行った後の例示的なIC構造体を示す。

## 【0031】

図3Cには、工程206でN<sub>2</sub>Oが加えられ、工程308でフォトトレジスト層302が剥脱された後の、例示的なIC構造体が示されている。残ったIC構造体には、とりわけ、見ることができるキャップ層304と、ビア310が含まれる。

## 【0032】

図3Dを参照すると、方法ブロック210で記載したようにBARC312のような有機材料をえた後の、例示的なIC構造体が示されている。図3Eには、有機プラグ314がビア310内に示されている。有機プラグ314は、N<sub>2</sub>Oを適用し、次いでブロック212とブロック214で記載したように有機プラグ314をエッチバックすることにより生成される。図3Fでは、ブロック216で記載したようにフォトトレジスト316の層を添加した後のIC構造体が、示されている。フォトトレジスト316は、トレンチエッティングのためにパターン化されている。

## 【0033】

次いで、トレンチエッチ工程218に従って、トレンチ318が、図3Gに示されるよ

50

うにエッティングされる。トレンチ 318 は、第二キャップ層と第三 OSG 層とにエッティングされる。有機プラグ 314 は、ビア 310 のファセッティングを防止する。図 3H には、ブロック 220 とブロック 222 で記載した N<sub>2</sub>O 剥脱方法を用いてフォトレジストと有機プラグを剥脱した後の、IC 構造体が示されている。

#### 【0034】

方法 200 は、フォトレジストの剥脱を、フォトレジストと OSG 材料をエッティングするためには用いられる同じ反応器内で行うことを可能とすることが、この開示の恩恵を有する当業者により理解されるだろう。同じ反応器チャンバー内で剥脱及びエッティング工程を行うことの恩恵は、上に記載される。加えて、この開示の恩恵を有する当業者は、本明細書に記載されたシステムと方法が、ex-situ の適用に用いられてもよいことを理解するだ 10 ろう。

#### 【0035】

図 4 を参照すると、トレンチファーストデュアルダマシンプロセスでフォトレジストを剥脱する方法についてのフローチャートが示されている。フォトレジストは、OSG 層を含む IC 構造体に塗布される。例示的な IC 構造体には、第一有機フォトレジスト層、第二中間層、第三 OSG 層、及び第四バリア層が含まれる。フォトレジスト層は、上記のような有機フォトレジストである。例示的な第二中間層は、窒化ケイ素 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、窒化タンタル (TaN)、窒化チタン (TiN)、又は炭化ケイ素 (SiC) のようなハードマスク材料から形成されるハードマスク層である。フォトレジストの恩恵を受けないエッティング工程中、IC 構造体は直接プラズマに曝されるので、ハードマスク材料がキャップ層の代わりに用いられる。第三層は、CORAL<sup>TM</sup> 及び BLACK DIAMOND<sup>TM</sup>、又は他のそのような OSG 材料のような OSG 層である。加えて、OSG 材料は上記のように、ポーラス OSG (pOSG) であってもよい。例示的な第四バリア層は、上記のように窒化ケイ素 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) 又は炭化ケイ素 (SiC) から形成される。 20

#### 【0036】

図 4 のフローチャートは、中間ハードマスク層を有する例示的な構造体においてトレンチのエッティングを行う方法 400 を記載する。その方法は、フォトレジスト層にパターン化されるトレンチを有する例示的な IC 構造体が、例示的な反応器 100 に配置されるところの、方法ブロック 402 で開始される。次いで、その方法は、トレンチが第二中間ハードマスク層にエッティングされるところの、方法工程 404 へと進行する。 30

#### 【0037】

方法ブロック 406 で、N<sub>2</sub>O が反応器チャンバーに加えられ、プラズマを発生させる。フォトレジストの除去のための操作パラメータは、上に記載されたものと同等である。プラズマは、構造体からフォトレジストを剥脱し、CO<sub>2</sub> のような揮発性の副生成物を生成する。第一フォトレジスト層と第二ハードマスク層との間には高い選択性がある。加えて、第一フォトレジスト層と第三 OSG 層との間には高い選択性がある。 40

#### 【0038】

方法ブロック 408 で、別の第一フォトレジスト層が IC 構造体に加えられる。この、他のフォトレジスト層は、ビアエッティングのためにパターン化される。次いで、ブロック 410 で、ビアが、第二ハードマスク層と、第三 OSG 層にエッティングされる。ビアエッティング用に用いられるガスと加工パラメータは、ハードマスク材料や OSG 材料のタイプのような様々なパラメータに依存することが、当業者により理解されるだろう。 40

#### 【0039】

ブロック 412 で、N<sub>2</sub>O が、上に記載された加工パラメータで、例示的なシステム 100 に再び適用される。次いで、N<sub>2</sub>O に電圧が与えられる時、プラズマが形成され、次いで、ビアがかたどられたフォトレジスト層が、N<sub>2</sub>O プラズマで剥脱される。

#### 【0040】

次いで、その方法は、ビアのための有機プラグの生成へと進行する。ブロック 414 で、有機プラグは、上記のように、BARC 又は ARC のような有機材料を最初に塗布することにより生じる。ブロック 416 で、N<sub>2</sub>O が、BARC 又は ARC をエッチバックす 50

るために用いられて、上記のように望ましい有機プラグを生成する。

#### 【0041】

プロック418で、ハードマスク層に先にエッチングされたトレンチパターンが、第三OSG層にトレンチをエッチングするために用いられる。先に記載したように、トレンチエッチを行うためのガスと加工パラメータは、ハードマスク材料及びOSG材料のようなIC構造体のようなパラメータに依存する。最終的に、プロック420で、N<sub>2</sub>Oプラズマが、有機プラグを除去するために用いられる。

#### 【0042】

図5A～5Jを参照すると、図4のフローチャートに記載されたトレンチのエッチング及び剥脱の等尺図が示されている。図5Aは、第一有機フォトレジスト層502、第二中間ハードマスク層504、第三OSG層506、及び第四バリア層508を有する例示的なIC構造体の等尺図を示す。第一有機フォトレジスト層は、フォトレジスト層中にパターン化されたトレンチ510を有する。上記のように、例示的なIC構造体は、例示的な反応器100に配置される。図5Bは、トレンチ510が第二ハードマスク層504にエッチングされるところの工程404を行った後の、例示的なIC構造体を示す。

#### 【0043】

図5Cには、工程406で、チャンバー100へとN<sub>2</sub>Oを加えた後の、例示的なIC構造体が示されている。N<sub>2</sub>Oは、プラズマへと変換され、フォトレジスト層502を剥脱し、トレンチがエッチングされたハードマスク層504を残す。

#### 【0044】

図5Dを参照すると、方法プロック408に記載したように、フォトレジストの別の層12を加えた後の、例示的なIC構造体が示されている。図5Eでは、プロック410に記載したように、ピア514が、IC構造体にエッチングされる。図5Fは、プロック412に記載したように、フォトレジスト512を除去するための別のN<sub>2</sub>O剥脱を行った後の、IC構造体を示す。

#### 【0045】

有機プラグは、プロック414で記載したように、ARC516のような有機材料を最初に塗布することにより生成される。塗布されたARC516を有するIC構造体は、図5Gに示される。図5Hには、プロック416に記載したN<sub>2</sub>Oガスが、ARC516をエッチバックするために用いられて、望ましい有機プラグ518を生成する後の、IC構造体が示されている。図5Iで、OSG層は、プロック418に記載したような望ましい深さへと、トレンチがエッチングされる。最終的には、図5Jは、望ましいトレンチ510とピア514を有するIC構造体の結果を示す。生じたIC構造体は、プロック420に記載されたN<sub>2</sub>Oプラズマを適用して、有機プラグを除去することにより生成される。

#### 【0046】

本明細書には多くの限定が含まれているが、これらは特許請求の範囲を限定するものではなく、本発明の現時点の好ましい態様のいくつかの例示をただ提供するものとして解釈されるべきである。多くの他の態様が、本記載を検討した当業者に明白であるだろう。かくして、本発明の範囲は、権利化されるような特許請求の範囲に均等な全範囲とともに、付随する特許請求の範囲により決定されるべきである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0047】

【図1】フォトレジスト層とOSG層とを有するIC構造体からフォトレジストを除去することができる例示的な装置。

【図2】ピアファーストデュアルダマシンプロセスでフォトレジストを剥脱するためのフローチャート。

#### 【図3A】図2のフローチャートのピアのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

#### 【図3B】図2のフローチャートのピアのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

#### 【図3C】図2のフローチャートのピアのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

#### 【図3D】図2のフローチャートのピアのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

10

20

30

40

50

【図3E】図2のフロー・チャートのビアのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図3F】図2のフロー・チャートのビアのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図3G】図2のフロー・チャートのビアのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図3H】図2のフロー・チャートのビアのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図4】トレニチファーストダマシンプロセスでフォトレジストを剥脱するためのフロー・チャート。

【図5A】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図5B】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図5C】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図5D】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図5E】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図5F】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図5G】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

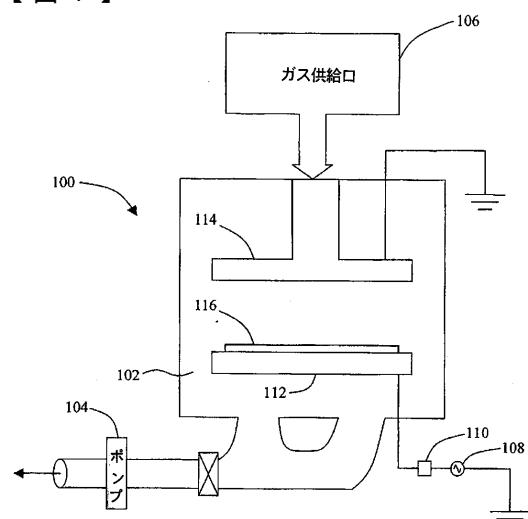
【図5H】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

【図5I】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

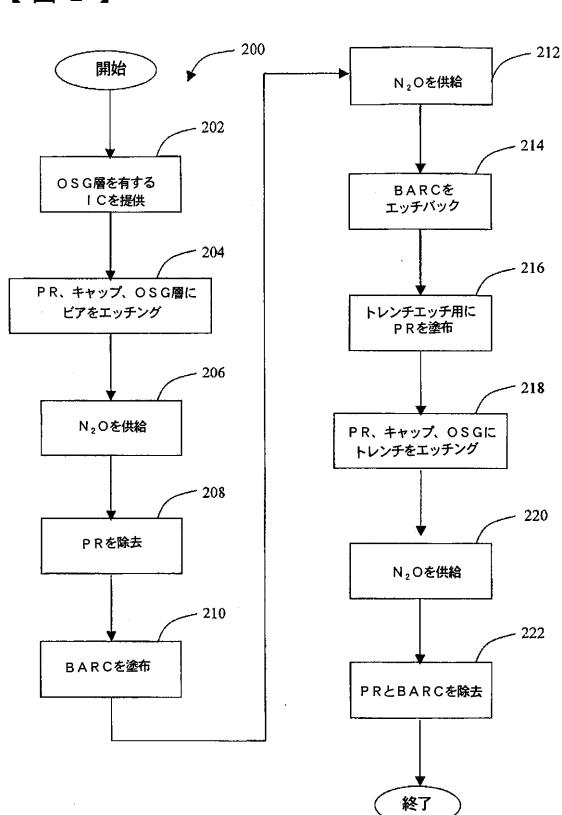
【図5J】図4のフロー・チャートのトレニチのエッチング及び剥脱シーケンスの等尺図。

10

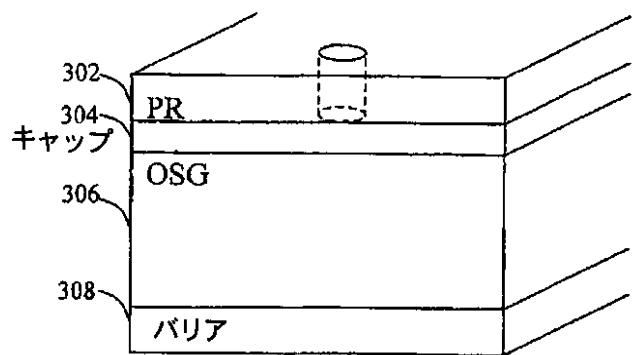
【図1】



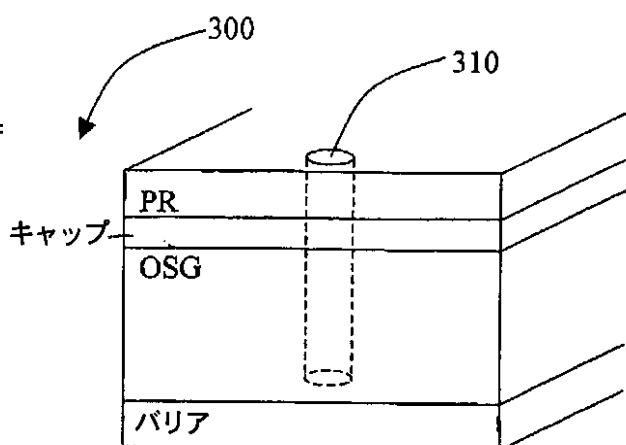
【図2】



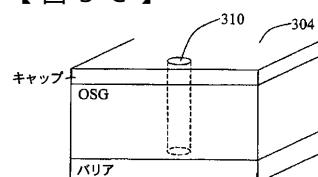
【図3A】



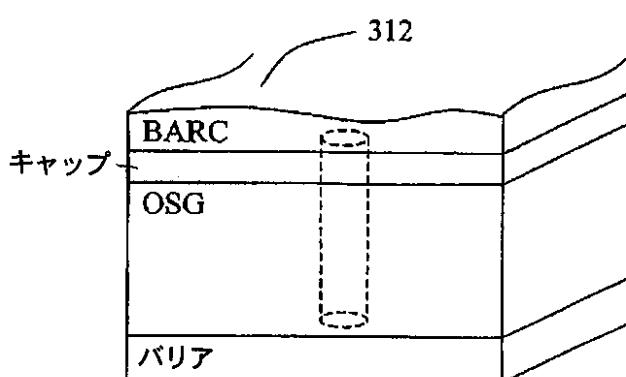
【図3B】



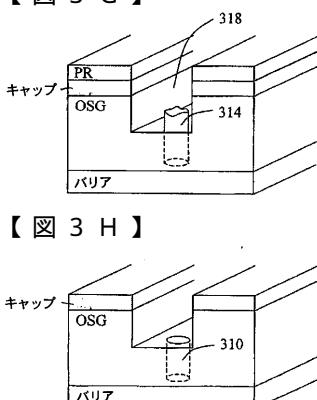
【図3C】



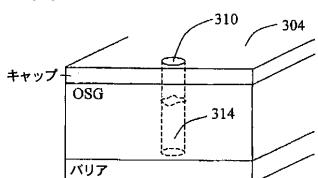
【図3D】



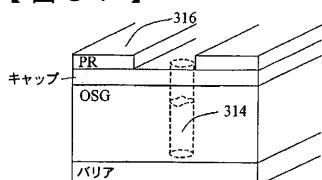
【図3G】



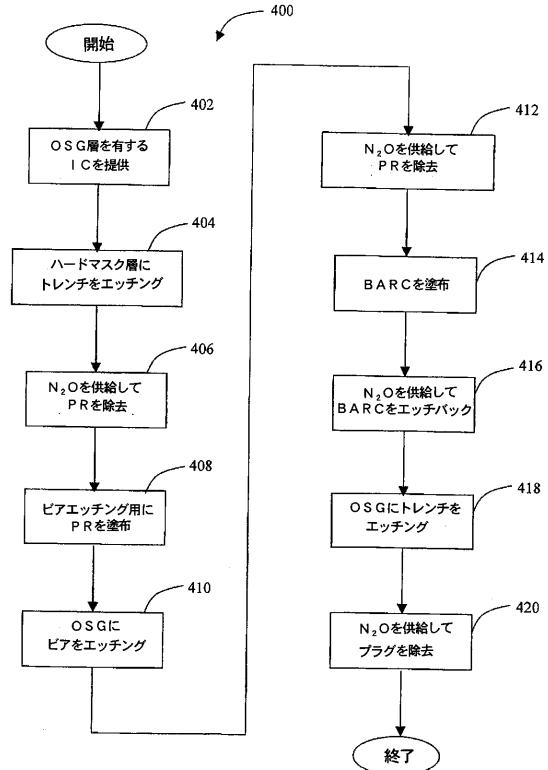
【図3E】



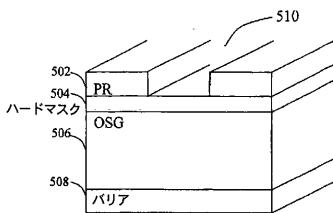
【図3F】



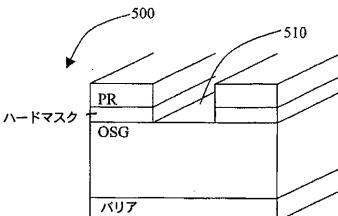
【図4】



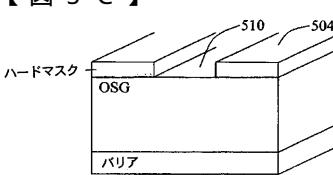
【図5A】



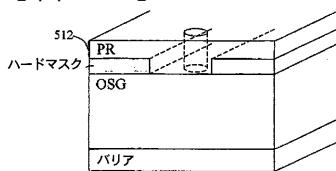
【図5B】



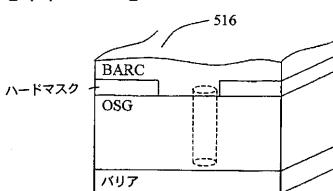
【図5C】



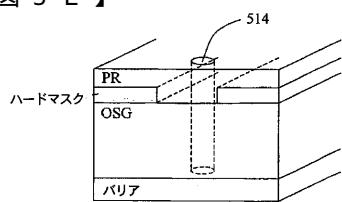
【図5D】



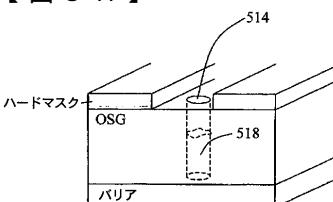
【図5G】



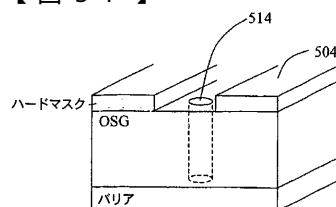
【図5E】



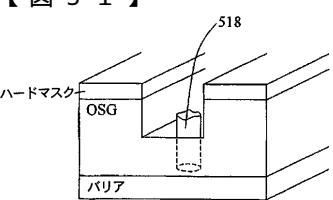
【図5H】



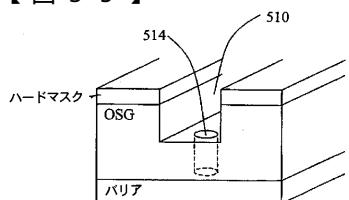
【図5F】



【図5I】



【図5J】



## 【国際調査報告】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT   |  | International application No.<br>PCT/US04/32793   |
|---|--|---|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>  |  |   |
| IPC(7) : H 01 L 21/302, 461<br>US CL : 438/689, 725<br>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)<br>U.S. : 438/689, 725, 710-711, 638, 640, 670  |  |   |
| 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 practicable, search terms used)  |  |   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>   |  |   |
| Category *  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No.   |
| Y, P  | US 6 720 256 B1 (WU et al.) 13 April 2004, see entire document.                    | 1-26  |
| Y   | US 5 126 231 A (LEVY) 30 June 1992, see entire document.                           | 1-26  |
| Y, P  | US 6 696 222 B2 (HSUE et al.) 24 February 2004, see entire document.               | 1-26  |
| A   | US 2003/0 044 725 A1 (HSUE et al.) 06 March 2003, see entire document.             | 1-26  |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.   |  | <input 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>"B" earlier application or patent published on or after the international filing date</p> <p>"C" 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>"D" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"E" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> |  | <p>"F" 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>"G" 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>"H" 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>"I" document member of the same patent family</p> |
| Date of the actual completion of the international search<br>15 February 2005 (15.02.2005)  |  | Date of mailing of the international search report<br>24 FEB 2005   |
| Name and mailing address of the ISA/US<br>Mail Stop PCT, Attn: ISA/US<br>Commissioner for Patents<br>P.O. Box 1450<br>Alexandria, Virginia 22313-1450<br>Facsimile No. (703) 305-3230   |  | Authorized officer<br>LINDA SHOLL<br>Telephone No. 571-272-4391   |

---

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,IT,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,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,M,A,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100098590

弁理士 中田 隆

(72)発明者 アナプラゲイダ, ラオ

アメリカ合衆国カリフォルニア州 94587, ユニオン・シティー, ピナクルス・ドライブ 34  
268

(72)発明者 ツー, ヘレン

アメリカ合衆国カリフォルニア州 94536, フレモント, ティファニー・テラス 300

F ターム(参考) 5F004 AA02 BA04 BB13 DA00 DB26

5F033 MM02 QQ09 QQ12 QQ15 QQ27 QQ28 QQ37 RR01 RR06 RR25