

(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2008-507137

(P2008-507137A)

(43) 公表日 平成20年3月6日(2008.3.6)

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

F I

H01L 21/302 104H

テーマコード (参考)

5F004

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-521623 (P2007-521623)  
 (86) (22) 出願日 平成17年7月12日 (2005.7.12)  
 (85) 翻訳文提出日 平成19年3月15日 (2007.3.15)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/024905  
 (87) 国際公開番号 W02006/019849  
 (87) 国際公開日 平成18年2月23日 (2006.2.23)  
 (31) 優先権主張番号 10/892, 945  
 (32) 優先日 平成16年7月16日 (2004.7.16)  
 (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 CORPOR  
 ATION  
 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  
 ェイ 4650  
 (74) 代理人 110000028  
 特許業務法人明成国際特許事務所  
 (72) 発明者 カン・ショーン・エス.  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州945  
 82 サン・ラモン, アバース・ウェイ,  
 3867

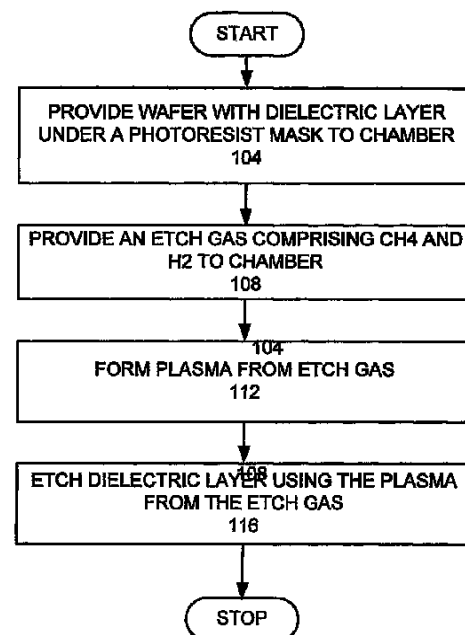
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低誘電体のエッチング

(57) 【要約】

【解決手段】 フォトリソマスクの下方の誘電体層をエッチングするための方法が提供されている。フォトリソマスクの下方に配置された誘電体層を有するウェハが、エッチングチャンバ内に供給される。C F<sub>4</sub>およびH<sub>2</sub>を備えるエッチングガスが、エッチングチャンバに供給される。C F<sub>4</sub>は流速を有し、H<sub>2</sub>は流速を有し、H<sub>2</sub>の流速はC F<sub>4</sub>の流速よりも大きい。エッチングガスから、プラズマが形成される。エッチングガスから形成されたプラズマを用いて、エッチングマスクを通して誘電体層に形状がエッチングされる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

フォトリソレジストマスクの下方の誘電体層をエッチングするための方法であって、  
フォトリソレジストマスクの下方に配置された前記誘電体層を有するウエハを、エッチング  
チャンバ内に供給し、

$\text{CF}_4$  および  $\text{H}_2$  を備えるエッチングガスを前記エッチングチャンバに供給し、前記  $\text{CF}_4$   
は流速を有し、前記  $\text{H}_2$  は流速を有し、前記  $\text{H}_2$  の流速は前記  $\text{CF}_4$  の流速よりも大きく、  
前記エッチングガスからプラズマを形成し、

前記エッチングガスから形成された前記プラズマを用いて、前記エッチングマスクを通  
して前記誘電体層に形状をエッチングすることと、を備える、方法。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、前記フォトリソレジストマスクは、前記形状をエッチング  
する前には、2000 未満の厚さを有する、方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の方法であって、前記フォトリソレジストは、193 nm 世代のフ  
ォトリソレジスト以下の厚さである、方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の方法であって、前記誘電体層に対する形状のエッ  
チングは、前記エッチング中に、前記フォトリソレジストマスクにポリマを追加して、前記マ  
スクの厚さを増大させることで、前記フォトリソレジストマスクに対する前記誘電体層のエッ  
チング選択比を無限にする、方法。

20

## 【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の方法であって、前記  $\text{H}_2$  の流速は、前記  $\text{CF}_4$  の流  
速の 5 倍より小さい、方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の方法であって、前記フォトリソレジストマスクは、前  
記形状をエッチングする前には、500 未満の厚さを有する、方法。

## 【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の方法であって、前記  $\text{H}_2$  の流速は、前記  $\text{CF}_4$  の流  
速の 3 倍より大きい、方法。

30

## 【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の方法であって、前記エッチングガスは、さらに、  
 $\text{N}_2$  を備える、方法。

## 【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の方法であって、前記誘電体層は、低誘電体層であ  
る、方法。

## 【請求項 10】

請求項 8 または 9 に記載の方法であって、前記  $\text{N}_2$  は、5 ないし 40 sccm の流速を  
有する、方法。

## 【請求項 11】

請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の方法であって、前記エッチングは、毎秒 1 ミク  
ロンを超えるエッチング速度を実現する、方法。

40

## 【請求項 12】

請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の方法であって、前記エッチングガスは、さらに  
、アルゴンを備える、方法。

## 【請求項 13】

請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の方法であって、前記形状のエッチングは、20  
秒より長い間実行される、方法。

## 【請求項 14】

請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の方法であって、前記  $\text{H}_2$  の流速は、前記  $\text{CF}_4$  の

50

流速の2倍より小さい、方法。

【請求項15】

請求項1ないし14のいずれかに記載の方法であって、前記誘電体層に対する形状のエッチングは、さらに、前記形状の側壁にポリマを蒸着して、ストリーションを低減する、方法。

【請求項16】

請求項1ないし15のいずれかに記載の方法によって形成された半導体素子。

【請求項17】

請求項1ないし15のいずれかに記載の方法を実行するための装置。

【請求項18】

有機材料マスクの下方のエッチング層をエッチングするための方法であって、前記有機材料マスクの下方に配置された前記エッチング層を有するウエハを、エッチングチャンバ内に供給し、

C<sub>F</sub>4およびH<sub>2</sub>を備えるエッチングガスを前記エッチングチャンバに供給し、前記C<sub>F</sub>4は流速を有し、前記H<sub>2</sub>は流速を有し、前記H<sub>2</sub>の流速は前記C<sub>F</sub>4の流速よりも大きく、前記エッチングガスからプラズマを形成し、

前記エッチングガスから形成された前記プラズマを用いて、前記有機材料マスクを通して前記エッチング層に形状をエッチングすることと、を備える、方法。

【請求項19】

請求項18に記載の方法であって、前記有機材料マスクは、前記形状をエッチングする前には、2000未満の厚さを有する、方法。

【請求項20】

請求項18または19に記載の方法であって、前記エッチング層に対する形状のエッチングは、前記エッチング中に、前記有機材料マスクにポリマを追加して、前記マスクの厚さを増大させることで、前記有機材料マスクに対する前記エッチング層のエッチング選択比を無限にする、方法。

【請求項21】

請求項18ないし20のいずれかに記載の方法であって、前記H<sub>2</sub>の流速は、前記C<sub>F</sub>4の流速の5倍より小さい、方法。

【請求項22】

請求項18ないし21のいずれかに記載の方法であって、前記有機材料マスクは、前記形状をエッチングする前には、500未満の厚さを有する、方法。

【請求項23】

請求項18ないし22のいずれかに記載の方法であって、前記H<sub>2</sub>の流速は、前記C<sub>F</sub>4の流速の3倍より大きい、方法。

【請求項24】

請求項18ないし23のいずれかに記載の方法であって、前記エッチングガスは、さらに、N<sub>2</sub>を備える、方法。

【請求項25】

請求項24に記載の方法であって、前記N<sub>2</sub>は、5ないし40sccmの流速を有する、方法。

【請求項26】

請求項18ないし25のいずれかに記載の方法であって、前記誘電体層は、低誘電体層である、方法。

【請求項27】

請求項18ないし26のいずれかに記載の方法であって、前記エッチングは、毎秒1ミクロンを超えるエッチング速度を実現する、方法。

【請求項28】

請求項18ないし27のいずれかに記載の方法であって、前記形状のエッチングは、20秒より長い間実行される、方法。

10

20

30

40

50

**【請求項 29】**

請求項 18 ないし 28 のいずれかに記載の方法であって、前記  $H_2$  の流速は、前記  $CF_4$  の流速の 2 倍より小さい、方法。

**【請求項 30】**

請求項 18 ないし 29 のいずれかに記載の方法であって、前記誘電体層に対する形状のエッチングは、さらに、前記形状の側壁にポリマを蒸着して、ストリーションを低減する、方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

10

本発明は、半導体素子の形成に関する。

**【背景技術】****【0002】**

半導体ウエハの処理では、周知のパターニングおよびエッチング処理を用いて、ウエハ内に半導体素子の形状が規定される。これらの処理では、フォトレジスト (PR) 材料が、ウエハに蒸着され、次いで、レチクルによってフィルタリングされた光に露出される。レチクルとは、一般に、光がレチクルを通して伝わることを防ぐ典型的な形状の配列を有するようパターニングされたガラス板である。

**【0003】**

レチクルを通過した後、光は、フォトレジスト材料の表面に当たる。光は、現像剤がフォトレジスト材料の一部を除去できるように、フォトレジスト材料の化学組成を変化させる。ポジ型フォトレジスト材料の場合には、露光された領域が除去され、ネガ型フォトレジスト材料の場合には、露光されていない領域が除去される。その後、もはやフォトレジスト材料によって保護されていないことによってウエハ内の所望の形状を規定する領域から、下層の材料を除去するために、ウエハがエッチングされる。

20

**【0004】**

様々な世代のフォトレジストが知られている。素子のサイズを小さくして素子の密度を高くするためには、193 nm フォトレジスト、157 nm フォトレジスト、および、より小さい世代のフォトレジストが、望ましい。193 nm および 157 nm フォトレジストは、前の世代のフォトレジストよりも柔らかく、むしろ、ポリマ、特に、低誘電率ポリマに似ており、そのため、フォトレジストに対する低誘電体のエッチング選択比が低くなる。

30

**【発明の開示】****【0005】**

上述の目的を実現するために、本発明の目的に従って、フォトレジストマスクの下方の誘電体層をエッチングするための方法が提供されている。フォトレジストマスクの下方に配置された誘電体層を有するウエハが、エッチングチャンバ内に供給される。 $CF_4$  および  $H_2$  を備えるエッチングガスが、エッチングチャンバに供給される。 $CF_4$  は流速を有し、 $H_2$  は流速を有し、 $H_2$  の流速は  $CF_4$  の流速よりも大きい。エッチングガスから、プラズマが形成される。エッチングガスから形成されたプラズマを用いて、エッチングマスクを通して誘電体層に形状がエッチングされる。

40

**【0006】**

本発明の別の実施形態では、有機材料マスクの下方のエッチング層をエッチングするための方法が提供されている。有機材料マスクの下方に配置されたエッチング層を有するウエハが、エッチングチャンバ内に供給される。 $CF_4$  および  $H_2$  を備えるエッチングガスが、エッチングチャンバに供給される。 $CF_4$  は流速を有し、 $H_2$  は流速を有し、 $H_2$  の流速は  $CF_4$  の流速よりも大きい。エッチングガスから、プラズマが形成される。エッチングガスから形成されたプラズマを用いて、有機材料マスクを通してエッチング層に形状がエッチングされる。

**【0007】**

50

添付の図面を参照しつつ行う本発明の詳細な説明において、本発明の上述の特徴およびその他の特徴を詳述する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下では、添付図面に例示されたいくつかの好ましい実施形態を参照して、本発明の詳細な説明を行う。以下の説明では、本発明の完全な理解を促すために、数多くの具体的な詳細事項が示されている。しかしながら、当業者にとって明らかなように、本発明は、これらの具体的な詳細事項の一部または全てがなくとも実施することが可能である。そのほか、本発明が不必要に不明瞭となるのを避けるため、周知の処理工程および/または構造については、詳細な説明を省略した。

10

【0009】

本発明は、197nm以下の世代のフォトリソストに対して、誘電体層（特に、低誘電体層）を、高い選択比で選択的にエッチングすることができるエッチング処理を提供する。選択比は、無限に近くてよい。

【0010】

理解しやすいように、本発明の一実施形態で利用可能な処理を示す高レベルのフローチャートを図1に示す。フォトリソストマスクの下に配置された誘電体層を有するウエハが、処理チャンバ内に配置される（工程104）。 $\text{CH}_4$ および $\text{H}_2$ からなるエッチングガスが、エッチングチャンバに供給される（工程108）。エッチングガスにおいては、 $\text{CF}_4$ の流速よりも $\text{H}_2$ の流速の方が大きい。エッチングガスから、プラズマが形成される（工程112）。エッチングガスから形成されたプラズマを用いて、エッチングマスクを通して誘電体層に形状がエッチングされる（工程116）。

20

【0011】

実施例

トレンチを形成するための本発明の処理の一実施例では、フォトリソストマスクの下に配置された誘電体層を有するウエハが、処理チャンバ内に配置される（工程104）。本発明の一実施例に関して、図2Aは、フォトリソストマスク212と、その下に配置された下部反射防止膜（BARC）210と、その下に配置された誘電体層208とを有するウエハを示す断面図である。誘電体層208は、低誘電体であること、すなわち、 $k < 3.0$ であることが好ましい。さらに、フォトリソストマスク212を形成するフォトリソストは、193nm以下の世代のフォトリソストであるため、193nm世代のフォトリソスト以下の厚さである。本発明のエッチングの高選択比により、フォトリソストマスクは、3000未満の塗布厚さ216であってもよい。この実施例では、低誘電率材料は、Coral、Black Diamond、または、Auroraなど、有機ケイ酸塩ガラスである。

30

【0012】

図3は、この実施例で利用可能な層蒸着工程、エッチング工程、および、剥離工程で用いることのできるプラズマ処理チャンバ300を示す説明図である。プラズマ処理チャンバ300は、閉じ込めリング302と、上側電極304と、下側電極308と、ガス源310と、排気ポンプ320とを備える。プラズマ処理チャンバ300内で、ウエハ204は、下側電極308の上に配置される。下側電極308は、ウエハ204を保持するのに適切な基板保持機構（例えば、静電チャック、機械的クランプなど）を備える。リアクタ上部328は、下側電極308のちょうど反対側に配置された上側電極304を備える。上側電極304、下側電極308、および、閉じ込めリング302は、閉じ込めプラズマ容積を規定する。ガスが、ガス源310によって、閉じ込めプラズマ容積に供給され、排気ポンプ320によって、閉じ込めリング302および排気口を通して、閉じ込めプラズマ容積から排気される。上側電極304には、第1のRF源344が、電氣的に接続されている。下側電極308には、第2のRF源348が、電氣的に接続されている。チャンバ壁352が、閉じ込めリング302、上側電極304、および、下側電極308を取り囲んでいる。第1のRF源344および第2のRF源348は両方とも、27MHz電源

40

50

と 2 M H z 電源とを備えてよい。他の組み合わせで電極に R F 電源を接続してもよい。カリフォルニア州フレモントの L A M R e s e a r c h C o r p o r a t i o n ( 商 標 ) が製造し、本発明の好ましい実施形態で利用可能な、2 3 0 0 F l e x ( 商 標 )、E x e l a n H P T、または、2 3 0 0 ( 商 標 ) E x e l a n の場合には、2 7 M H z および 2 M H z 電源の両方が、下側電極に接続された第 2 の R F 電源 3 4 8 を形成し、上側電極は、接地される。R F 源 3 4 4、3 4 8、排気ポンプ 3 2 0、および、ガス源 3 1 0 には、制御部 3 3 5 が、制御可能なように接続されている。

#### 【 0 0 1 3 】

図 4 A および 4 B は、本発明の実施形態で用いられる制御部 3 3 5 の実施に適したコンピュータシステム 8 0 0 を示す図である。図 4 A は、コンピュータシステムの物理的形状の一例を示す。もちろん、コンピュータシステムは、集積回路、プリント基板、および、小型携帯デバイスから大型スーパーコンピュータまで、多くの物理的形狀を有してよい。コンピュータシステム 8 0 0 は、モニター 8 0 2 と、ディスプレイ 8 0 4 と、筐体 8 0 6 と、ディスクドライブ 8 0 8 と、キーボード 8 1 0 と、マウス 8 1 2 とを備える。ディスク 8 1 4 は、コンピュータシステム 8 0 0 とデータをやり取りするために用いられるコンピュータ読み取り可能な媒体である。

#### 【 0 0 1 4 】

図 4 B は、コンピュータ 8 0 0 のブロック図の一例である。システムバス 8 2 0 には、様々なサブシステムが取り付けられている。1 または複数のプロセッサ 8 2 2 ( 中央処理装置 ( C P U ) と呼ぶ ) が、メモリ 8 2 4 などの記憶装置に接続されている。メモリ 8 2 4 は、ランダムアクセスメモリ ( R A M ) および読み出し専用メモリ ( R O M ) を含む。当技術分野で周知のように、R O M は、C P U に対して単方向的にデータや命令を転送するよう機能し、R A M は、通例、双方向的にデータや命令を転送するために用いられる。これらの種類のメモリは両方とも、後に示す任意の適切なコンピュータ読み取り可能媒体を備えてよい。C P U 8 2 2 には、さらに、固定ディスクが、双方向的に接続されており、さらなるデータ記憶容量を提供している。固定ディスク 8 2 6 は、後に示すコンピュータ読み取り可能媒体のいずれを備えてもよい。固定ディスク 8 2 6 は、プログラムやデータなどを格納するために用いられてよく、通例は、一次記憶装置よりも遅い二次記憶媒体 ( ハードディスクなど ) である。固定ディスク 8 2 6 内に保持された情報は、必要に応じて、メモリ 8 2 4 内の仮想メモリとして標準的な方法で組み込まれてよいことを理解されたい。リムーバブルディスク 8 1 4 は、後に示すコンピュータ読み取り可能媒体のいずれかの形態を取ってよい。

#### 【 0 0 1 5 】

C P U 8 2 2 は、さらに、ディスプレイ 8 0 4、キーボード 8 1 0、マウス 8 1 2、および、スピーカ 8 3 0 など、様々な入力 / 出力装置に接続されている。一般に、入力 / 出力装置は、ビデオディスプレイ、トラックボール、マウス、キーボード、マイク、タッチセンサ式ディスプレイ、トランスデューサ式カードリーダー、磁気または紙テープリーダー、タブレット、スタイラス、音声または手書き認識装置、バイオメトリクスリーダー、または、他のコンピュータ、のいずれであってもよい。C P U 8 2 2 は、必要に応じて、ネットワークインターフェース 8 4 0 を用いて、他のコンピュータや電気通信ネットワークに接続されてもよい。かかるネットワークインターフェースを用いれば、C P U は、上述の方法の工程を実行する途中で、ネットワークから情報を受信、または、ネットワークに情報を出力することができる。さらに、本発明の方法の実施形態は、C P U 8 2 2 単体で実行されてもよいし、インターネットなどのネットワーク上で、処理の一部を分担する遠隔 C P U と協調して実行されてもよい。

#### 【 0 0 1 6 】

さらに、本発明の実施形態は、様々なコンピュータによる動作を実行するためのコンピュータコードを有するコンピュータ読み取り可能な媒体を備えたコンピュータストレージ製品に関する。媒体およびコンピュータコードは、本発明のために、特別に設計および構成されてもよいし、コンピュータソフトウェア分野における当業者にとって周知および利

10

20

30

40

50

用可能なものであってもよい。コンピュータ読み取り可能な媒体の例としては、ハードディスク、フレキシブルディスク、磁気テープなどの磁気媒体；CD-ROM、ホログラフィック素子などの光学媒体；フロプティカルディスクなどの光磁気媒体；特定用途向け集積回路（ASIC）、プログラム可能論理回路（PLD）、ROMおよびRAMなど、プログラムコードを格納および実行するよう特別に構成されたハードウェア装置、が挙げられるが、それらには限定されない。コンピュータコードの例としては、コンパイラによって生成されたコードなどのマシンコードや、インタープリタを用いてコンピュータによって実行される高級言語コードを含むファイルが挙げられる。コンピュータ読み取り可能な媒体は、搬送波において具現化されたコンピュータデータ信号によって転送されてプロセッサが実行可能な一連の命令を表すコンピュータコードであってもよい。

10

#### 【0017】

この実施例では、下部反射防止膜（BARC）210は、誘電体層のエッチングの前に開口される。BARC 210を開口することにより、図2Bに示すように、フォトレジストマスクの厚さは、残存フォトレジストマスク厚さ218まで低減される。フォトレジストマスクは、2000未満の残存マスク厚さを有してよい。この実施例では、BARCの開口は、チャンバ300内で100mTorrの圧力を維持する処理によって実行される。27MHzで200ワットの電力および2MHzで電力が供給される。BARC開口ガスすなわち100sccmのCF<sub>4</sub>が供給される。BARC開口処理は、49秒間維持される。図5Aは、BARCが開口されて主エッチング動作が施される前のフォトレジストマスク/BARC層504の下に位置する誘電体層を示す断面の写真である。フォトレジストおよびBARCは、約182nmのフォトレジスト/BARC厚さ508を有する。

20

#### 【0018】

次に、ガス源310から、CF<sub>4</sub>およびH<sub>2</sub>を含むエッチングガスが供給される（工程108）。この実施例では、エッチングガスは、60sccmのCF<sub>4</sub>、70sccmのH<sub>2</sub>、および、300sccmのArの流れを供給する。エッチングガスから、プラズマが生成される（工程112）。この実施例では、チャンバの圧力は、80mTorrに維持される。27MHzで600ワットが供給され、2MHzで200ワットが供給される。エッチングガスから形成されたプラズマを用いて、誘電体層208における形状がエッチングされる（工程116）。この処理を60秒間維持することにより、2681の形状深さがエッチングされる。この実施例では、誘電体層における形状をエッチングする際に、フォトレジストの損失がなく、むしろ、フォトレジストにポリマを追加するため、フォトレジストに対する誘電体のエッチング選択比が無限になる。図2Cは、誘電体層208の形状222のエッチングが完了した後のウエハ204を示す断面図である。残存フォトレジストマスクと、エッチング中に追加されたポリマとを合わせた厚さ220は、エッチング前の残存フォトレジストマスク厚さ218よりも大きいことに注意されたい。図5Bは、上述のエッチングパラメータを用いて、主エッチング動作を施した後のフォトレジストマスク/BARC層504の下に位置する誘電体層の断面の写真である。フォトレジストおよびBARCは、約229nmのフォトレジスト/BARC厚さ512を有する。このように、追加されたポリマは、エッチング処理中にフォトレジストの厚さを増大させた。

30

40

#### 【0019】

次いで、フォトレジストマスクは剥離される。

#### 【0020】

本発明の処理を用いれば、無限の選択比を実現することができる。本発明の処理は、エッチング中にフォトレジストの厚さを増大させることができる。

#### 【0021】

本発明の別の実施形態では、193nm以降の世代のフォトレジストマスクの代わりに、他の有機層をエッチングマスクとして用いてもよい。エッチング前の残存有機層は、2000未満でよいことがわかった。エッチング前の残留有機層すなわちフォトレジスト層は、1000未満であることが、より好ましい。エッチング前の残留有機層すなわち

50

フォトレジスト層は、500 未満であることが、最も好ましい。より高世代のフォトレジストのより薄いフォトレジストマスクの利用を可能にすることによって、より高世代のフォトレジストのより薄いフォトレジストマスクが分解能を高めるため、限界寸法を小さくすることができる。

#### 【0022】

$H_2$ の流速は、 $CF_4$ の流速よりも大きいことが好ましい。 $H_2$ の流速( $x$ )は、 $CF_4$ の流速( $y$ )よりも大きく、 $CF_4$ の流速の5倍( $5y$ )よりも小さい、すなわち、 $5y > x > y$ であることが、より好ましい。 $H_2$ の流速( $x$ )は、 $CF_4$ の流速の5倍( $5y$ )と $CF_4$ の流速の3倍( $3y$ )との間、すなわち $5y > x > 3y$ 、もしくは、 $CF_4$ の流速の2倍( $2y$ )と $CF_4$ の流速( $y$ )との間、すなわち $2y > x > y$ であることが、さらに好ましい。

10

#### 【0023】

流速60 sccmの $CF_4$ に対しては、 $H_2$ 対 $CF_4$ の流速の比が、約1:1から2:1になるように、 $H_2$ の流速は、60 sccmと120 sccmの間であることが好ましい。 $H_2$ の最も好ましい流速は、80 sccmである。流速35 sccmの $CF_4$ に対しては、 $H_2$ 対 $CF_4$ の流速の比が、約3:1から5:1になるように、 $H_2$ の流速は、100 sccmと175 sccmの間であることが好ましい。この例では、 $H_2$ の最も好ましい流速は、120 sccmである。

#### 【0024】

低誘電体をエッチングするために、上述のレシピに、 $N_2$ ガスを追加してもよい。上述のレシピに追加できる $N_2$ の好ましい流速は、5 sccmから40 sccmである。 $N_2$ の最も好ましい流速は、約20 sccmである。

20

#### 【0025】

$N_2$ を用いるレシピの実施例では、主エッチング中に、チャンバ内の圧力は90 mTorrに維持される。基本的に、40 sccmの $CF_4$ と、50 sccmの $H_2$ と、20 sccmの $N_2$ と、100 sccmのArと、からなるエッチングガスが、チャンバ内に供給される。27 MHzで800ワットが供給される。2 MHzで400ワットが供給される。このレシピによるエッチングでは、マスクの厚さが増大すると共に、ストリエーション(側壁へのポリマの蒸着)が観察されず、十分に垂直なプロフィルを有する形状が形成された。

30

#### 【0026】

出力レンジは、周波数が高い方の電源(すなわち、27 MHzの電源)については200 Wから1500 W、周波数が低い方の電源(すなわち、2 MHzの電源)については0 Wから1000 Wであることが好ましい。出力レンジは、周波数が高い方の電源については500 Wから1200 W、周波数が低い方の電源については200 Wから800 Wであることが、より好ましい。出力レンジは、周波数が高い方の電源については800 Wから1000 W、周波数が低い方の電源については300 Wから600 Wであることが、最も好ましい。低誘電率のピアをエッチングするために上述の出力レンジを用いるレシピの別の例では、1000 Wの高周波数電力および400 Wの低周波数電力と共に、90 mTorrの圧力を提供する。

40

#### 【0027】

理論に縛られなければ、 $CF_4$ は、各炭素原子について4つのフッ素原子をエッチングに提供する強いエッチャントであると考えられる。そのため、フォトレジストを保護するために、 $H_2$ が加えられる。かかる組み合わせは、エッチングの停止を引き起こすと考えられていた。予想に反して、かかる組み合わせは、エッチングの停止を引き起こさないことがわかった。

#### 【0028】

別の実施形態では、低誘電体がエッチングされている時に、5から40 sccmの間の流速のエッチングガスに、 $N_2$ が追加されてもよい。 $N_2$ は、Corral(カリフォルニア州サンノゼのNovellusが製造)、Black Diamond(カリフォルニア

50



州サンタクララの Applied Materials Inc. が製造)、および、Aurora (東京の ASM Japan KK が製造) など、有機ケイ酸塩ガラスに対する低誘電体エッチング中に、炭素を除去する比較的希薄なエッチングガスを提供すると考えられている。

【0029】

本発明の処理は、毎分 1 ミクロンを超えるエッチング速度を実現することがわかった。本発明のエッチング処理は、毎分約 1 . 3 ミクロンまでのエッチングを実現することがわかった。より大きい電力を用いれば、さらに大きいエッチング速度を実現することができる。

【0030】

エッチング速度が速すぎると、制御が困難になる場合がある。エッチング速度を遅くするために、アルゴンを加えてもよい。これにより、アルゴンの流れを制御することで、エッチング速度を良好に制御できるようになる。

【0031】

本発明のエッチングガスを用いた場合のエッチング時間は、10 秒よりも長いことが好ましい。エッチング時間は、20 秒よりも長いことが、より好ましい。

【0032】

予想に反して、本発明の処理は、ストリエーション (筋状痕) を低減することがわかった。この処理は、フォトレジスト上に蒸着するだけでなく、側壁ポリマの薄層も蒸着するため、ストリエーションが低減されることが考えられる。この側壁ポリマは、ストリエーションの形成を低減すると思われる。

【0033】

本発明は、ビアの形成、トレンチの形成、窒化ケイ素ハードマスクの開孔など、様々な用途で利用されてよい。ハードマスクは、低誘電体よりも上側に配置されてよい。本発明の処理は、ハードマスクの開孔および誘電体層 (特に、低誘電体層) のエッチングの両方において、薄いフォトレジストマスクを用いることを可能にする。

【0034】

以上、いくつかの好ましい実施形態を参照しつつ本発明について説明したが、本発明の範囲内で、種々の代替物、置換物、および等価物が存在する。また、本発明の方法および装置を実施する他の態様が数多く存在することにも注意されたい。したがって、添付の特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨および範囲内に含まれる代替物、置換物、および等価物の全てを網羅するものとして解釈される。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図 1】本発明の一実施形態で利用可能な処理を示すハイレベルフローチャート。

【図 2 A】本発明の処理の一工程中のウエハを示す断面図。

【図 2 B】本発明の処理の一工程中のウエハを示す断面図。

【図 2 C】本発明の処理の一工程中のウエハを示す断面図。

【図 3】本発明で利用可能な層蒸着工程、エッチング工程、および、剥離工程で用いることのできるプラズマ処理チャンバ 300 を示す説明図。

【図 4 A】本発明の実施形態で用いられる制御部の実施に適したコンピュータシステムを示す図。

【図 4 B】本発明の実施形態で用いられる制御部の実施に適したコンピュータシステムを示す図。

【図 5 A】本発明のエッチングを用いてエッチングされた層の断面の写真を示す図。

【図 5 B】本発明のエッチングを用いてエッチングされた層の断面の写真を示す図。

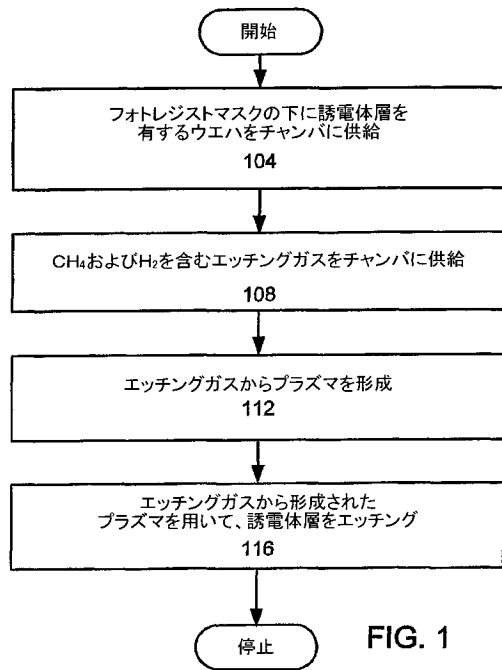
10

20

30

40

【図 1】



【図 2 A】

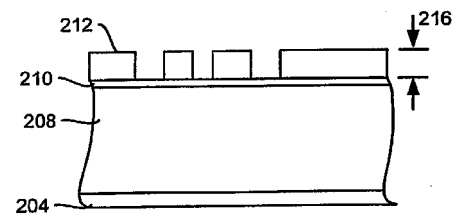


FIG. 2A

【図 2 B】

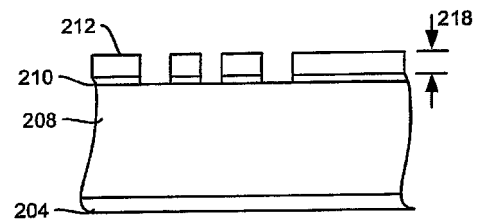


FIG. 2B

【図 2 C】

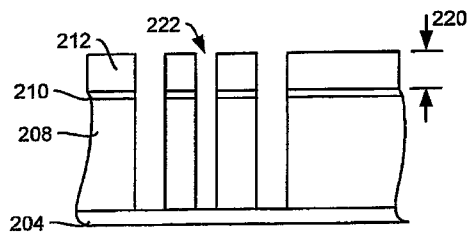


FIG. 2C

【図 3】

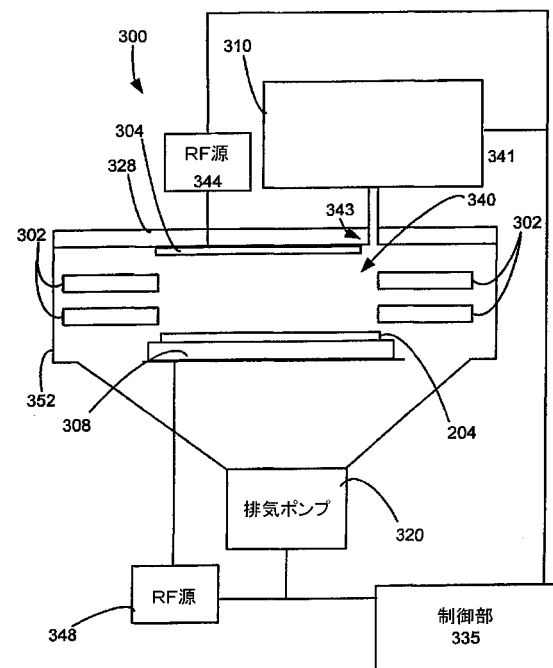
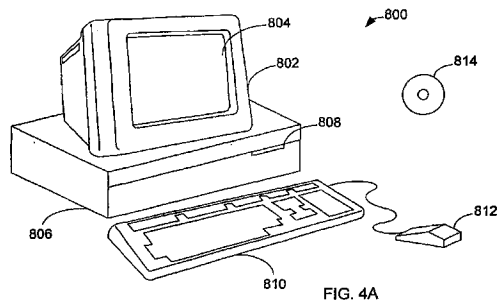
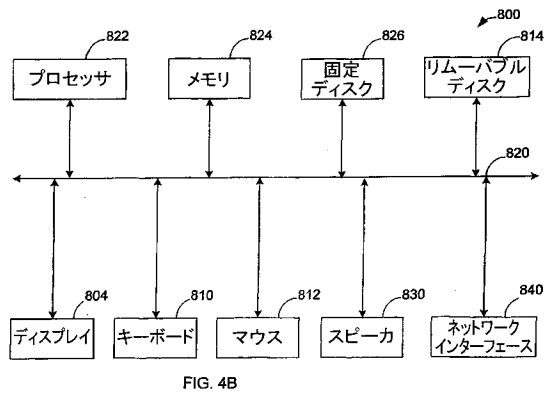


FIG. 3

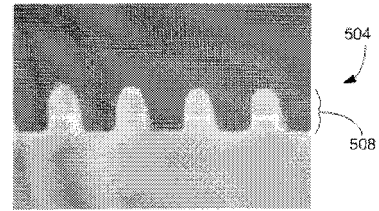
【図 4 A】



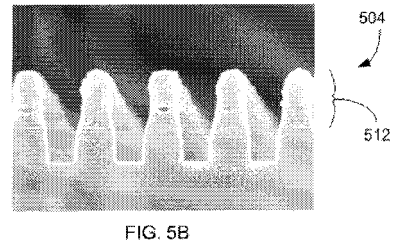
【図 4 B】



【図 5 A】



【図 5 B】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/US2005/024905
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01L21/311		
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, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2004/003988 A (TOKYO ELECTRON LIMITED; YAMAGUCHI, TOMOYO; FUSE, TAKASHI; FUJIMOTO, KI) 8 January 2004 (2004-01-08) pages 30-36	1-30
X	US 5 310 454 A (OHIWA ET AL) 10 May 1994 (1994-05-10)  column 5, line 60 - column 9	1,4,5,7, 8,10-18, 20,21, 23-25, 27-30
X	US 6 265 320 B1 (SHI JIANOU ET AL) 24 July 2001 (2001-07-24)  the whole document	1,4, 7-13,15, 16,18, 20, 23-28,30
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* 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 document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *G* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  11 November 2005		Date of mailing of the international search report  18/11/2005
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/US2005/024905

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 270 948 B1 (SATO YASUHIKO ET AL) 7 August 2001 (2001-08-07)  examples 9,27 -----	1,4,5,8, 10-16, 18,20, 21,24, 25,27-30
X	US 2004/082164 A1 (CHEN CHAO-CHENG ET AL) 29 April 2004 (2004-04-29)  paragraph '0020!; figure 2D -----	1,4,7,8, 10-13, 15,16, 18,20, 23-25, 27,28,30
X	US 2003/181034 A1 (JIANG PING ET AL) 25 September 2003 (2003-09-25)  paragraphs '0045!, '0046!; figure 8 -----	1,4,7,8, 10-13, 15,16, 18,20, 23-25, 27,28,30
X	US 2004/072430 A1 (HUANG ZHISONG ET AL) 15 April 2004 (2004-04-15)  paragraph '0051!; figure 5 paragraphs '0092! - '0094! -----	1,3-5,9, 11-18, 20,21, 26-30

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
 Information on patent family members

 International Application No  
 PCT/US2005/024905

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004003988	A	08-01-2004	AU 2003244166 A1 CN 1663030 A	19-01-2004 31-08-2005
US 5310454	A	10-05-1994	JP 3215151 B2 JP 5308062 A KR 135741 B1	02-10-2001 19-11-1993 24-04-1998
US 6265320	B1	24-07-2001	NONE	
US 6270948	B1	07-08-2001	NONE	
US 2004082164	A1	29-04-2004	NONE	
US 2003181034	A1	25-09-2003	EP 1351290 A2 JP 2003282710 A	08-10-2003 03-10-2003
US 2004072430	A1	15-04-2004	US 2004072443 A1 US 2005037624 A1	15-04-2004 17-02-2005

## 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, 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 ホアン・ジソング

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 6 フレモント, ロクシー・テラス, 5 9 7 2

(72)発明者 サジャディ・エス・・エム・・レザ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 7 0 サラトガ, キャロル・レーン, 2 0 3 1 1

Fターム(参考) 5F004 AA05 BA09 BD01 CA02 DA01 DA23 DA24 DA25 DB24 DB26

EA04 EA13 EA22 EA37