

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5254351号  
(P5254351)

(45) 発行日 平成25年8月7日 (2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年4月26日 (2013.4.26)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 5 A

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 O 2 D

G O 3 F 7/40 (2006.01)

G O 3 F 7/40 5 2 1

請求項の数 18 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2010-533307 (P2010-533307)  
 (86) (22) 出願日 平成20年11月7日 (2008.11.7)  
 (65) 公表番号 特表2011-504295 (P2011-504295A)  
 (43) 公表日 平成23年2月3日 (2011.2.3)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/082915  
 (87) 国際公開番号 W02009/062123  
 (87) 国際公開日 平成21年5月14日 (2009.5.14)  
 審査請求日 平成23年11月4日 (2011.11.4)  
 (31) 優先権主張番号 60/986,467  
 (32) 優先日 平成19年11月8日 (2007.11.8)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 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 945  
 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 キム・ジソー  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州945  
 88 プレザントン, アッピアン・ストリ  
 ート, 3840

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 酸化物スペーサを使用したピッチ低減

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上側と、反射防止膜 (ARC) 層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間に配置されるエッチング層をエッチングするための方法であって、

(a) 前記基板をプロセスチャンバの中に載置することと、

(b) 前記 ARC 層を前記パターン化有機マスクの前記マスク特徴を介して開口することと、

(c) 酸化物スペーサ成長層を形成することと、前記酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含み、前記上部は、前記パターン化有機マスクの上を覆い、前記側壁は、前記パターン化有機マスクの側壁を覆い、前記底部は、前記マスク特徴の底を覆うことと、

(d) 前記パターン化有機マスクの上の前記酸化物スペーサ成長層をエッチングによって部分的に除去することであって、少なくとも前記酸化物スペーサ成長層の前記上部が除去される、ことと、

(e) 前記パターン化有機マスク及び前記 ARC 層をエッチングによって除去することと、

(f) 前記エッチング層を前記酸化物スペーサ成長層の前記側壁を介してエッチングすることと、

(g) 前記基板を前記プロセスチャンバから取り出すことと、  
を備え、

10

20

前記(c)酸化物スペーサ成長層を形成することは、複数のサイクルを含み、各サイクルは、

Siを含有する成長ガスの流れを提供することと、

前記成長ガスからプラズマを形成することと、

前記成長ガスの流れを停止することと、

を含む成長段階と、

O<sub>2</sub>を含有する処理ガスまたはO<sub>2</sub>およびN<sub>2</sub>を含有する処理ガスの流れを提供することと、

前記処理ガスからプラズマを形成することと、

前記処理ガスの流れを停止することと、

を含む処理段階と、を含み、室温以下で実施される、方法。

10

【請求項2】

請求項1に記載の方法であって、

(c)前記酸化物スペーサ成長層の形成は、3から15サイクル実行される、方法。

【請求項3】

請求項1に記載の方法であって、

(c)前記酸化物スペーサ成長層の形成は、10サイクル実行される、方法。

【請求項4】

請求項1に記載の方法であって、

(c)前記酸化物スペーサ成長層の形成は、2から20サイクル実行される、方法。

20

【請求項5】

請求項4に記載の方法であって、

(d)部分的な除去は、更に、前記マスク特徴の前記底の上に形成された前記酸化物スペーサ成長層の前記底部を除去する、方法。

【請求項6】

請求項5に記載の方法であって、

前記方法は室温で実施される方法。

【請求項7】

請求項1に記載の方法であって、

(d)部分的な除去は、更に、前記マスク特徴の前記底の上に形成された前記酸化物スペーサ成長層の前記底部を除去する、方法。

30

【請求項8】

請求項1に記載の方法であって、

前記方法は室温で実施される方法。

【請求項9】

基板の上側と、反射防止膜(ARC)層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間に配置されるエッチング層をエッチングするためのコンピュータにより実行される方法であって、

(a)前記基板をプロセスチャンバの中に載置することと、

(b)前記ARC層を前記パターン化有機マスクの前記マスク特徴を介して開口することと、

40

(c)2から20サイクル実行される、酸化物スペーサ成長層を形成することと、前記酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含み、前記上部は、前記パターン化有機マスクの上を覆い、前記側壁は、前記パターン化有機マスクの側壁を覆い、前記底部は、前記マスク特徴の底を覆い、各サイクルは、

Siを含有する成長ガスの流れを提供することと、

前記成長ガスからプラズマを形成することと、

前記成長ガスの流れを停止することと、

を含む成長段階と、

O<sub>2</sub>を含有する処理ガスまたはO<sub>2</sub>およびN<sub>2</sub>を含有する処理ガスの流れを提供するこ

50

とと、

前記処理ガスからプラズマを形成することと、

前記処理ガスの流れを停止することと、

を含む処理段階と、を含む、ことと、

(d) 前記パターン化有機マスクの上の前記酸化物スペーサ成長層をエッチングによって部分的に除去することであって、少なくとも前記酸化物スペーサ成長層の前記上部が除去される、ことと、

(e) 前記パターン化有機マスク及び前記ARC層をエッチングによって除去することと、

(f) 前記エッチング層を前記酸化物スペーサ成長層の前記側壁を通してエッチングすることと、 10

(g) 前記基板を前記プロセスチャンバから取り出すことと、

を備え、室温以下でコンピュータにより実行される方法。

#### 【請求項10】

請求項9に記載のコンピュータにより実行される方法であって、

前記成長ガスは、 $\text{SiH}_4$ 及び $\text{CH}_3\text{F}$ を含む、コンピュータにより実行される方法。

#### 【請求項11】

請求項9に記載のコンピュータにより実行される方法であって、

前記成長ガスは、酸素を含有しない、コンピュータにより実行される方法。

#### 【請求項12】

基板の上側と、反射防止膜(ARC)層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間にあるエッチング層をエッチングするための装置であって、

プラズマ処理チャンバであって、

プラズマ処理チャンバ囲いを形成するチャンバ壁と、

前記プラズマ処理チャンバ囲い内において基板を支えるための基板サポートと、

前記プラズマ処理チャンバ囲い内における圧力を調整するための圧力調整器と、

プラズマを維持するために前記プラズマ処理チャンバ囲いに電力を提供するための少なくとも1つの電極と、

前記プラズマ処理チャンバ囲い内にガスを提供するためのガス入口と、

前記プラズマ処理チャンバ囲いからガスを排出させるためのガス出口と、 30

を含む、前記基板を室温以下に維持するプラズマ処理チャンバと、

前記ガス入口に流体接続されたガス源であって、

ARC開口ガス源と、

$\text{Si}$ 含有成長ガス源と、

$\text{O}_2$ 又は $\text{N}_2$ 含有処理ガス源と、

酸化物スペーサ除去ガス源と、

パターン化有機マスク及びARC層除去ガス源と、

エッチングガス源と、

を含むガス源と、

前記ガス源及び前記少なくとも1つの電極に制御的に接続されたコントローラであって 40

、

少なくとも1つのプロセッサと、

コンピュータ可読媒体であって、

前記ARC層を前記パターン化有機マスクの前記マスク特徴を介して開口するためのコンピュータ読み取り可能コードと、

2から20サイクル酸化物スペーサ成長層の形成を実行するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、前記酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含み、前記上部は、前記パターン化有機マスクの上を覆い、前記側壁は、前記パターン化有機マスクの側壁を覆い、前記底部は、前記マスク特徴の底を覆い、各サイクルは、

成長段階を提供するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、 50

S i を含有する成長ガスの流れを提供するためのコンピュータ読み取り可能コードと、

前記成長ガスからプラズマを形成するためのコンピュータ読み取り可能コードと、

前記成長ガスの流れを停止するためのコンピュータ読み取り可能コードと、  
を含むコンピュータ読み取り可能コードと、

処理段階を提供するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、

O<sub>2</sub>を含有する処理ガスまたはO<sub>2</sub>およびN<sub>2</sub>を含有する処理ガスの流れを提供するためのコンピュータ読み取り可能コードと、

前記処理ガスからプラズマを形成するためのコンピュータ読み取り可能コードと、

前記処理ガスの流れを停止するためのコンピュータ読み取り可能コードと、  
を含むコンピュータ読み取り可能コードと、を含む、コンピュータ読み取り可能コードと、

前記パターン化有機マスクの上の前記酸化物スペーサ成長層をエッチングによって部分的に除去するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、少なくとも前記酸化物スペーサ成長層の前記上部が除去される、コンピュータ読み取り可能コードと、

前記パターン化有機マスク及び前記A R C層をエッチングによって除去するためのコンピュータ読み取り可能コードと、

前記エッチング層を前記酸化物スペーサ成長層の前記側壁を介してエッチングするためのコンピュータ読み取り可能コードと、

を含む、コンピュータ読み取り可能媒体と、

を含む、コントローラと、

を備える装置。

#### 【請求項 1 3】

請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の方法であって、

( d ) 部分的な除去は、更に、前記マスク特徴の前記底に形成された前記酸化物スペーサ成長層の前記底部を除去する、方法。

#### 【請求項 1 4】

請求項 1 から 4 、及び 1 3 のいずれかに記載の方法であって、

前記方法は室温で実施される方法。

#### 【請求項 1 5】

請求項 1 から 4 、 1 3 および 1 4 のいずれかに記載の方法であって、

前記成長ガスは、シラン及び炭化水素を含む、方法。

#### 【請求項 1 6】

請求項 1 から 4 、及び 1 3 から 1 5 のいずれかに記載の方法であって、

前記成長ガスは、S i H<sub>4</sub>及びC H<sub>3</sub>Fを含む、方法。

#### 【請求項 1 7】

請求項 1 から 4 、及び 1 3 から 1 6 のいずれかに記載の方法であって、

前記成長ガスは、酸素を含有しない、方法。

#### 【請求項 1 8】

請求項 1 0 または 1 1 のいずれかに記載のコンピュータにより実行される方法であって、

、

前記成長ガスは、酸素フリーである、コンピュータにより実行される方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【背景技術】

#### 【0 0 0 1】

本発明は、半導体デバイスの形成に関する。特に、本発明は、酸化物スペーサを使用したピッチ低減を伴う半導体デバイスの形成に関する。

#### 【0 0 0 2】

10

20

30

40

50

半導体デバイスの実装密度は、およそ１年半ごとに倍増すると考えられる。高い実装密度は、生産性及びデバイス速度を増大させ、消費電力も減少させる。しかしながら、実装密度の増大とともに、コストは増加し、歩留まりの低下も急増する。コスト及び歩留まり低下が急増する最大の原因は、リソグラフィ技術に関係すると考えられるので、光リソグラフィに代わる代替のマスクパターン化の方法が探求されてきた。このような技術の１つは、マスク層を二度にわたってパターン化してピッチを半分にする二重マスク方式である。しかしながら、二重マスク方法は、重ね合わせの正確性による制限を受ける。

#### 【０００３】

総じて、スペーサリソグラフィは、犠牲層を提供し、次いで、犠牲層をエッチングして犠牲構造を形成する。次いで、犠牲構造の上及び周囲に共形層を形成するために、共形化学気相成長（ＣＶＤ）が使用される。共形層の水平層をエッチングするために、エッチバックが使用される。次いで、共形層のスペーサ又はフィン構造を形成するために、犠牲層が除去される。従来、スペーサの厚さは、１０ｎｍ又はそれ未満であると考えられ、従来のＣＶＤデポジションは、所望の共形層を提供するために、高温ＣＶＤを必要とすると考えられる。このような高温は、半導体デバイスに害を及ぼす恐れがある。高温は、デバイスの熱設計を超えてプロセスを進行させる恐れがある。また、もし事前にドーピングがなされていると、高温は、ドーブ領域に害を及ぼす恐れがある。

#### 【０００４】

また、このようなＣＶＤプロセスは、犠牲層及びスペーサに関して制限を受ける。通常、酸化シリコンの犠牲層は、窒化シリコンのスペーサを条件とするであろう。窒化シリコンの犠牲層は、酸化シリコンの犠牲層を条件とするであろう。

#### 【発明の概要】

#### 【０００５】

以上を実現するために、尚且つ本発明の目的にしたがって、基板の上側と反射防止膜（ＡＲＣ）層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間に配置されるエッチング層をエッチングするための方法が提供される。基板は、プロセスチャンバの中に載置される。ＡＲＣ層は、パターン化マスクのマスク特徴を介して開口される。酸化物スペーサ成長層が形成され、ここでは、酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含み、上部は、有機マスクの上を覆い、側壁は、有機マスクの側壁を覆い、底部は、マスク特徴の底を覆う。有機マスク上の酸化物スペーサ成長層は、部分的に除去され、ここでは、少なくとも酸化物スペーサ成長層の上部が除去される。有機マスク及びＡＲＣ層は、エッチングによって除去される。エッチング層は、酸化物スペーサ成長層の側壁を介してエッチングされる。基板は、プロセスチャンバから取り出される。

#### 【０００６】

本発明の別の一顕現において、基板の上側と反射防止膜（ＡＲＣ）層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間に配置されるエッチング層をエッチングするためコンピュータにより実行される方法が提供される。基板は、プロセスチャンバの中に載置される。ＡＲＣ層は、パターン化マスクのマスク特徴を介して開口される。酸化物スペーサ成長層が形成され、ここでは、酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含み、上部は、有機マスク上を覆い、側壁は、有機マスクの側壁を覆い、底部は、マスク特徴の底を覆う。酸化物スペーサ成長層の形成は、１から２０サイクル実行され、各サイクルは、Ｓｉを含有する成長ガスの流れを提供すること、成長ガスからプラズマを形成すること、及び成長ガスの流れを停止することを含む成長段階と、 $O_2$ 又は $N_2$ の少なくとも一方を含有する処理ガスの流れを提供すること、処理ガスからプラズマを形成すること、及び処理ガスの流れを停止することを含む処理段階と、を含む。有機マスクの上の酸化物スペーサ成長層は、部分的に除去され、ここでは、少なくとも酸化物スペーサ成長層の上部が除去される。有機マスク及びＡＲＣ層は、エッチングによって除去される。エッチング層は、酸化物スペーサ成長層の側壁を介してエッチングされる。基板は、プロセスチャンバから取り出される。

#### 【０００７】

本発明の別の一顕現において、基板の上側と反射防止膜（ＡＲＣ）層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間にあるエッチング層をエッチングするための装置が提供される。プラズマ処理チャンバが提供され、該プラズマ処理チャンバは、プラズマ処理チャンバ囲いを形成するチャンバ壁と、プラズマ処理チャンバ囲い内において基板を支えるための基板サポートと、プラズマ処理チャンバ囲い内における圧力を調整するための圧力調整器と、プラズマを維持するためにプラズマ処理チャンバ囲いに電力を提供するための少なくとも１つの電極と、プラズマ処理チャンバ囲い内にガスを提供するためのガス入口と、プラズマ処理チャンバ囲いからガスを排出させるためのガス出口とを含む。ガス入口には、ガス源が流体接続されており、該ガス源は、ＡＲＣ開口ガス源と、Ｓｉ含有成長ガス源と、 $O_2$ 又は $N_2$ 含有処理ガス源と、酸化物スペーサ除去ガス源と、有機マスク及びＡＲＣ層除去ガス源と、エッチングガス源とを含む。ガス源及び少なくとも１つの電極には、コントローラが制御的に接続されており、このコントローラは、少なくとも１つのプロセッサと、コンピュータ読み取り可能媒体とを含む。コンピュータ読み取り可能媒体は、ＡＲＣ層をパターン化マスクのマスク特徴を通して開口するためのコンピュータ読み取り可能コードと、酸化物スペーサ成長層を形成するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含み、上部は、有機マスクの上を覆い、側壁は、有機マスクの側壁を覆い、底部は、マスク特徴の底を覆い、酸化物スペーサ成長層の形成は、１から２０サイクル実行され、各サイクルは、成長段階を提供するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、Ｓｉを含有する成長ガスの流れを提供するためのコンピュータ読み取り可能コードと、成長ガスからプラズマを形成するためのコンピュータ読み取り可能コードと、成長ガスの流れを停止するためのコンピュータ読み取り可能コードと、を含むコンピュータ読み取り可能コードと、処理段階を提供するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、 $O_2$ 又は $N_2$ の少なくとも一方を含有する処理ガスの流れを提供するためのコンピュータ読み取り可能コードと、処理ガスからプラズマを形成するためのコンピュータ読み取り可能コードと、処理ガスの流れを停止するためのコンピュータ読み取り可能コードと、を含むコンピュータ読み取り可能コードと、有機マスクの上の酸化物スペーサ成長層をエッチングによって部分的に除去するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、少なくとも酸化物スペーサ成長層の上部が除去される、コンピュータ読み取り可能コードと、有機マスク及びＡＲＣ層をエッチングによって除去するためのコンピュータ読み取り可能コードと、エッチング層を酸化物スペーサ成長層の側壁を介してエッチングするためのコンピュータ読み取り可能コードと、を含む。

【０００８】

本発明のこれらの特徴及びその他の特徴は、本発明の詳細な説明において、添付の図面との関連のもとで、更に詳しく後述される。

【０００９】

本発明は、限定目的ではなく例示目的で添付の図面に示されている。図中、類似の参照符号は、類似の要素を示すものとする。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の一実施形態に使用することができるプロセスのハイレベルフローチャートである。

【図２Ａ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックの概略断面図である。

【図２Ｂ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックの概略断面図である。

【図２Ｃ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックの概略断面図である。

【図２Ｄ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックの概略断面図である。

【図２Ｅ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックの概略断面図である。

【図２Ｆ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックの概略断面図である。

【図３】酸化物スペーサ成長層の形成の、より詳細なフローチャートである。

【図４】本発明を実施するにあたって使用することができるプラズマ処理チャンバの概略

10

20

30

40

50

図である。

【図 5 A】本発明の実施形態に使用されるコントローラを実装するのに適したコンピュータシステムを示している。

【図 5 B】本発明の実施形態に使用されるコントローラを実装するのに適したコンピュータシステムを示している。

【図 6】酸化物スペーサ成長段階の、より詳細なフローチャートである。

【図 7】酸化物スペーサ処理段階の、より詳細なフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

本発明は、添付の図面に示されている幾つかの好ましい実施形態を参照にして詳細に説明される。以下の説明では、本発明の完全な理解を可能にするために、多くの詳細が特定されている。しかしながら、当業者に明らかなように、本発明は、これらの一部又は全部の詳細を特定しなくても実施することができる。また、本発明を不必要に不明瞭にするのを避けるために、周知のプロセス工程及び / 又は構造の詳細な説明は省かれている。

【 0 0 1 2 】

理解を促進するために、図 1 は、本発明の一実施形態に使用することができるプロセスであって、基板の上側と反射防止膜 (ARC) 層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間に配置されるエッチング層をエッチングするプロセスの、ハイレベルフローチャートである。基板が、プロセスチャンバの中に載置される (ステップ 102)

。図 2 A は、本発明の一実施形態に従う基板 202 の上に提供されたスタック 200 の概略断面図である。図 2 A に示されるように、基板 202 の上側と ARC 層 206 及びパターン化有機マスク 208 の下側との間に、エッチング層 204 が配置される。この例では、基板 202 は、シリコンウエハであってよい。パターン化有機マスク 208 は、マスク特徴 210 を有する。有機マスク 208 は、フォトレジスト (PE) マスク又は非晶質炭素マスクであってよい。非晶質炭素は、ポリマに類似しているが、CVD によって 200

を上回る高温で成膜されるゆえに、水素がより少なく且つ炭素がより多く、したがって、ポリマよりもエッチング耐性に優れている。ARC 層 206 は、底部反射防止膜 (BARC) 層及び / 又は誘電体反射防止膜 (DARC) 層を含んでよい。エッチング層 204 は、窒化シリコン (SiN) 又は酸化シリコン (SiO<sub>2</sub>) を例とする、窒化物又は酸化物などの誘電体層であってよい。エッチング層は、ポリシリコン、非晶質炭素、又はその他のマスクであってよい。

【 0 0 1 3 】

再び図 1 を参照すると、ARC 層 206 は、パターン化マスク 208 のマスク特徴 210 を介して開口される (ステップ 104)。ARC の開口 (ステップ 104) は、ARC 層 206 を開口するために、任意の従来のエッチャントガスを使用してよい。図 2 B は、ARC 層 206 を開口されたスタック 200 の概略断面図である。次いで、酸化物スペーサ成長層が形成される (ステップ 106)。図 2 C は、酸化物スペーサ成長層 212 を基板 202 の上に形成されたスタック 200 の概略断面図である。図 2 C に示されるように、酸化物スペーサ成長層 212 は、上部 214 と、側壁 216 と、底部 218 とを含む。上部 214 は、有機マスク 208 の上を覆う。酸化物スペーサ成長層 212 の側壁 216 は、有機マスク 208 の対応する側壁を覆う。酸化物スペーサ成長層 212 の底部 218 は、マスク特徴のそれぞれの底を覆う。

【 0 0 1 4 】

有機マスク 208 の上の酸化物スペーサ成長層 212 は、エッチングによって部分的に除去される (ステップ 108)。ステップ 108 では、有機マスクの上 220 が露出されるように、少なくとも酸化物スペーサ成長層 212 の上部 214 が除去される。図 2 D は、酸化物スペーサ成長層 212 を部分的に除去された後のスタック 200 の概略断面図である。図 2 D に示されるように、特徴の底を取り除くために、ステップ 108 によって、酸化物スペーサ成長層 212 の底部 218 も除去されてよい。

【 0 0 1 5 】

10

20

30

40

50

有機マスク 208 及び ARC 層 206 は、次いで、エッチングによって除去される（ステップ 110）。図 2 E は、有機マスク 208 及び ARC 層 206 を除去されたスタック 200 の概略断面図である。図 2 E に示されるように、酸化物スペーサ成長層 208 の側壁 216 は、エッチング層の上に残っている。パターン化有機マスク 208 の両側に側壁 216 が形成され、次いで、側壁 216 間の有機マスク 208 が除去されるので、結果として得られる酸化物側壁 216 のパターンは、パターン化有機マスク 208 の約 2 倍のピッチを有する。例えば、図 2 A において、パターン化有機マスク 208 の幅は、約 48 nm の微小寸法（CD）を有し、マスクパターン間の間隔は、約 95 nm であると考えられる。図 2 F において、エッチングされたパターンは、約 21 nm の CD と、約 48 ~ 50 nm の間隔とを有する。

10

#### 【0016】

エッチング層 204 は、酸化物スペーサ成長層の側壁 216 をエッチングマスクとして使用して、側壁 216 を介してエッチングされる（ステップ 112）。図 2 F は、エッチング層 204 をエッチングされたスタック 200 の概略断面図である。なお、本発明の一実施形態にしたがうと、ステップ 108 及びステップ 110 は、同じ化学物質を使用して、1つのステップとして連続的に実施され得ることに留意されるべきである。

#### 【0017】

次いで、スタック 200（基板 202）は、プロセスチャンバから取り出される（ステップ 114）。したがって、ステップ 104 からステップ 112 は、同じチャンバ内において、すなわち in-situ で実施される。また、本発明の一実施形態にしたがうと、全てのプロセスは、室温で実施され、したがって、従来の CVD プロセスのような高温は、不要である。

20

#### 【0018】

図 3 は、パターン化有機マスク 208、及びマスク特徴 210 の底を覆う、酸化物スペーサ成長層 212 の形成（ステップ 106）についての、より詳細なフローチャートである。酸化物スペーサ成長層 212 を形成することは、1つ又は2つ以上のサイクルを、好ましくは複数のサイクルを含む。

#### 【0019】

図 4 は、エッチング特徴のピッチ低減を実現するようにエッチング層をエッチングするために使用することができる処理チャンバ 400 の概略図である。エッチング層は、図 2 A に示されるように、基板の上側と反射防止膜（ARC）層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間に配置される。プラズマ処理チャンバ 400 は、閉じ込めリング 402 と、上部電極 404 と、下部電極 408 と、ガス源 410 と、排出ポンプ 420 とを含む。ガス源 410 は、ARC 開口ガス源 412 と、酸化物スペーサ成長ガス源 414 と、酸化物スペーサ処理ガス源 416 と、酸化物スペーサ/マスクエッチングガス源 418 と、エッチング層エッチングガス源 422 とを含む。ガス源 410 は、ARC 層の開口からエッチング層（例えば誘電体層）のエッチングまでを、同じチャンバ 400 内において、in-situ で行うことを可能にする。酸化物スペーサ/マスクエッチングガス源 418 は、1つのガス源であってよい、又は酸化物スペーサ成長層を部分的に除去するための第 1 のエッチングガス源（不図示）と、有機マスク及び残りの ARC 層を除去するための第 2 のエッチングガス源（不図示）とを含んでよい。しかしながら、第 1 及び第 2 のエッチングガス源は、もし両者が同じ成分のガスを使用する場合は、組み合わせることが可能である。各成分ガスの流量は、酸化物スペーサ成長層の部分的除去と、有機マスク及び ARC 層のエッチングとが、適切な流量比の成分ガスのセットをそれぞれ有するように、制御することが可能である。

30

40

#### 【0020】

プラズマ処理チャンバ 400 内において、スタック 200 を有する基板 202 は、下部電極 408 の上に置かれる。下部電極 408 は、基板 202 を保持するための適切な基板チャックメカニズム（例えば静電的クランプ、機械的クランプなど）を組み入れている。リアクタトップ 428 は、下部電極 408 の真反対に配置された上部電極 404 を組み入

50



れている。上部電極 404 と、下部電極 408 と、閉じ込めリング 402 とは、閉じ込めプラズマ体積 440 を画定する。ガスが、ガス源 410 によって閉じ込めプラズマ体積 440 に供給され、閉じ込めリング 402 及び排出口を通して排出ポンプ 420 によって閉じ込めプラズマ体積 440 から排出される。上部電極 404 には、第 1 の R F 源 444 が電氣的に接続される。下部電極 408 には、第 2 の R F 源 448 が電氣的に接続される。チャンバ壁 452 は、閉じ込めリング 402、上部電極 404、及び下部電極 408 を取り囲む。第 1 の R F 源 444 および第 2 の R F 源 448 は、ともに、27 MHz 電源、2 MHz 電源、及び 60 MHz 電源を含むことができる。R F 電力と電極との接続は、様々な組み合わせで可能である。本発明の好ましい実施形態に使用することができるカリフォルニア州フリーモント所在の LAM Research Corporation (商標) による EXELAN (登録商標) シリーズなどの Lam Research Corporation 誘電体エッチングシステムの場合は、27 MHz 電源、2 MHz 電源、及び 60 MHz 電源は、下部電極 408 に接続される第 2 の R F 電源 448 を構成する。その他の実施形態では、R F 電源は、最大 300 MHz の周波数を有することができる。

#### 【0021】

R F 源 444、448、排出ポンプ 420、及びガス源 410 には、コントローラ 435 が可制御的に接続される。誘電体エッチングシステムは、エッチング対象層 204 が酸化シリコン、窒化シリコン、又は有機ケイ酸塩ガラスなどの誘電体層である場合に使用されると考えられる。コントローラ 435 は、R F 源 444、448、排出ポンプ 420、及びガス源 410 を制御する。コントローラは、また、複数のサイクルの各サイクルの 2 段階として、酸化物スペーサ成長段階及び酸化物スペーサ処理段階を交互に実施するために、酸化物スペーサ成長ガス源 414 及び酸化物スペーサ処理ガス源 416 を制御する。

#### 【0022】

図 5 A 及び図 5 B は、本発明の実施形態に使用されるコントローラ 435 を実装するのに適したコンピュータシステム 1300 を示している。図 5 A は、コンピュータシステムとして可能な 1 つの物理的形態を示している。もちろん、コンピュータシステムは、集積回路、プリント回路基板、及び小型携帯端末から巨大スーパーコンピュータに到る多くの物理的形態をとることが可能である。コンピュータシステム 1300 は、モニタ 1302、ディスプレイ 1304、筐体 1306、ディスクドライブ 1308、キーボード 1310、及びマウス 1312 を含む。ディスク 1314 は、コンピュータシステム 1300 との間でデータをやりとりするために使用されるコンピュータ可読媒体である。

#### 【0023】

図 5 B は、コンピュータシステム 1300 のブロック図の一例である。システムバス 1320 には、種々様々なサブシステムが取り付けられる。(1 つ又は 2 つ以上の) プロセッサ 1322 (中央演算処理装置、すなわち CPU とも称される) は、メモリ 1324 を含むストレージデバイスに接続される。メモリ 1324 は、ランダムアクセスメモリ (RAM) 及び読み出し専用メモリ (ROM) を含む。当該分野において周知のように、ROM は、CPU に対してデータ及び命令を単方向的に伝送する働きをし、RAM は、通常、データ及び命令を双方向的に伝送するために使用される。これらのメモリは、いずれのタイプも、後述される任意の適切なコンピュータ可読媒体を含むことが可能である。CPU 1322 には、固定ディスク 1326 も双方向的に接続され、これは、追加のデータストレージ容量を提供し、やはり、後述される任意のコンピュータ可読媒体を含むことが可能である。固定ディスク 1326 は、プログラムやデータなどを格納するために使用されてよく、通常は、一次ストレージより低速な二次ストレージ媒体 (ハードディスクなど) である。なお、固定ディスク 1326 内に保持される情報は、もし適切であれば、メモリ 1324 内の仮想メモリとして標準的な形で組み入れ可能であることがわかる。取り外し可能ディスク 1314 は、後述される任意のコンピュータ可読媒体の形態をとることが可能である。

#### 【0024】

CPU 1322 は、ディスプレイ 1304、キーボード 1310、マウス 1312、及

10

20

30

40

50

びスピーカ 1 3 3 0 などの様々な入出力デバイスにも接続される。総じて、入出力デバイスは、ビデオディスプレイ、トラックボール、マウス、キーボード、マイクロフォン、タッチセンサ式ディスプレイ、トランスデューサカード読み取り装置、磁気テープ若しくは紙テープ読み取り装置、タブレット、スタイラス、音声若しくは手書き文字認識装置、バイオメトリック読み取り装置、又はその他のコンピュータのうちの、任意であってよい。C P U 1 3 2 2 は、ネットワークインターフェース 1 3 4 0 を使用して、別のコンピュータまたは通信ネットワークに随意に接続されてよい。このようなネットワークインターフェースがあれば、C P U は、上述された方法のステップを実施する過程において、ネットワークから情報を受信可能である、又はネットワークに情報を出力可能であると考えられる。更に、本発明の方法の実施形態は、C P U 1 3 2 2 上のみで実行されてもよく、あるいは処理の一部を共有するリモート C P U と連携してインターネットなどのネットワークを通じて実行されてもよい。

10

#### 【 0 0 2 5 】

また、本発明の実施形態は、更に、様々なコンピュータ実施動作を実行させるためのコンピュータコードが記録されたコンピュータ読み取り可能媒体を伴うコンピュータストレージ製品に関する。媒体及びコンピュータコードは、本発明の目的のために特別に設計及び構成されたものか、又はコンピュータソフトウェア分野の当業者にとって周知で且つ利用可能なものであってよい。コンピュータ読み取り可能媒体の例は、ハードディスク、フロッピディスク、及び磁気テープなどの磁気媒体、C D - R O M 及びホログラフィックデバイスなどの光媒体、フロッピカルディスクなどの光磁気媒体、並びに特定用途向け集積回路 ( A S I C )、プログラム可能論理デバイス ( P L D )、R O M デバイス、及び R A M デバイスなどプログラムコードの格納及び実行のために特別に構成されたハードウェアデバイスを含むが、これらに限定されない。コンピュータコードの例は、コンパイラによって生成されるなどのマシンコード、及びインタープリタを使用してコンピュータによって実行される高水準コードを含むファイルを含む。コンピュータ可読媒体は、搬送波に組み込まれたコンピュータデータ信号によって伝送され且つプロセッサによって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。

20

#### 【 0 0 2 6 】

再び図 3 を参照すると、上述のように、酸化物スペーサ成長層 2 1 2 を形成すること (ステップ 1 0 6 ) は、1 つ又は 2 つ以上のサイクルを含み、各サイクルは、成長段階 1 2 0 と、処理段階 1 3 0 とを含む。例えば、酸化物スペーサ成長層の形成は、1 から 2 0 サイクル、好ましくは 3 から 1 5 サイクル、より好ましくは約 1 0 サイクル実行される。成長段階 1 2 0 では、S i を含有する成長ガスが使用されてよい。本発明の一実施形態にしたがうと、成長ガスは、シラン及び炭化水素を含む。本明細書及び特許請求の範囲において、「炭化水素」は、ヒドロカーボン及びヒドロフルオロカーボンの両方を含む。例えば、成長ガスは、S i H<sub>4</sub> 及び C H<sub>3</sub>F を、そしてキャリアガスとして更に A r を含む。C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>F<sub>z</sub> 又は C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> などのその他のヒドロカーボンが使用されてもよい。キャリアガスは、H e、A r、N e、K r、X e などの 1 つ又は 2 つ以上であってよい。本発明の一実施形態にしたがうと、成長ガスは、実質的に酸素フリーである。処理段階 1 3 0 では、O<sub>2</sub> 又は N<sub>2</sub> の少なくとも一つを含有する処理ガスが使用されてよい。

30

40

#### 【 0 0 2 7 】

図 6 は、酸化物スペーサ成長段階 1 2 0 の、より詳細なフローチャートである。酸化物スペーサ成長段階 (ステップ 1 2 0 ) の一例は、1 0 s c c m の C H<sub>3</sub>F、5 s c c m の S i H<sub>4</sub>、及び 9 9 5 s c c m の A r の流れを提供する。圧力は、2 8 0 ミリトルに設定される。基板は、例えば約 2 0 の室温に維持される。第 2 の R F 源 4 4 8 は、6 0 M H z の周波数で 6 0 0 ワットを提供する。好ましくは、成長ガスは、実質的に酸素フリーである。成長段階時には、図 6 に示されるように、S i を含有する成長ガスが提供され (ステップ 6 1 0 )、成長ガスからプラズマが形成され (ステップ 6 1 2 )、次いで、S i 含有ガスの流れが停止される (ステップ 6 1 4 )。

#### 【 0 0 2 8 】

50

図7は、酸化物スーパ処理段階130の、より詳細なフローチャートである。酸化物スーパ処理段階(ステップ130)の一例は、450 s c c mの $O_2$ の流れを提供する。圧力は、180ミリトルに設定される。基板は、例えば約20の室温に維持される。第2のRF源448は、60 MHzの周波数で400ワットを提供する。処理段階時には、図7に示されるように、処理ガスが提供され(ステップ710)、処理ガスからプラズマが形成され(ステップ712)、次いで、処理ガスの流れが停止される(ステップ714)。

#### 【0029】

酸化物スーパ成長段階及び酸化物スーパ処理段階の電力及び圧力は、有機マスクパターンのあらゆるストリーション及びウィグリングを低減させるように注意深く選択される。酸化物スーパ成長段階について、好ましい圧力範囲の一例は、40～800ミリトルであり、好ましい電力範囲の一例は、60 MHzの周波数で200～1000ワット、27 MHzの周波数で200～1000ワット、及び/又は2 MHzの周波数で200～1000ワットであると考えられる。

#### 【0030】

2段階サイクルの期間及び数、並びに成長/処理ガスの成分及び流量比を制御することによって、例えばSi含有フッ化炭素ポリマなどの酸化物スーパ成長層の組成が制御される。例えば、 $CH_3F$ 、 $SiH_4$ 、及びArを含有する酸化物スーパ成長ガスを使用した6秒間に及び酸化物スーパ成長段階と、 $O_2$ 処理ガスを使用した2秒間に及び酸化物スーパ処理段階とを15サイクル繰り返すと、約11.1%のC、約1.8%のF、約46.1%のSi、及び約41%のOを含有するポリマを生じる。別の例では、 $CH_3F$ 、 $SiH_4$ 、及びArを含有する酸化物スーパ成長ガスを使用した6秒間に及び酸化物スーパ成長段階と、 $O_2$ 処理ガスを使用した6秒間に及び酸化物スーパ処理段階とを15サイクル繰り返すと、約0%のC、約1.1%のF、約52.5%のSi、及び約46.3%のOを含有するポリマを生じる。別の例では、 $CH_3F$ 、 $SiH_4$ 、及びArを含有する酸化物スーパ成長ガスを使用した6秒間に及び酸化物スーパ成長段階と、 $O_2$ 及び $N_2$ 処理ガスを使用した2秒間に及び酸化物スーパ処理段階とを15サイクル繰り返すと、約5.4%のC、約2.2%のF、約47.7%のSi、及び約44.6%のOを含有するポリマを生じる。更に別の例では、 $CH_3F$ 、 $SiH_4$ 、及びArを含有する酸化物スーパ成長ガスを使用した6秒間に及び酸化物スーパ成長段階と、 $O_2$ 及び $N_2$ 処理ガスを使用した6秒間に及び酸化物スーパ処理段階とを15サイクル繰り返すと、約0%のC、約0.8%のF、約52%のSi、及び約47.1%のOを含有するポリマを生じる。

#### 【0031】

酸化物スーパ成長層内における炭素の割合を変化させることによって、有機マスク及び/又は下位のエッチング層に対するエッチング選択性を制御することができる。例えば、もし有機マスク及び/又は下位のエッチング層が炭素をベースとしている場合は、酸化物スーパ成長層は、その炭素含有量が少ないほど、有機マスクエッチングプロセス(ステップ110)及び/又はエッチング層エッチングプロセス(ステップ112)の際のエッチング耐性が大きくなる。

#### 【0032】

薄い酸化物スーパ成長層の成長及び酸化物スーパ層の処理を複数サイクルにわたって繰り返すことによって、結果得られる成長層は、より均一な品質及び組成を有する。もし、より厚い酸化物スーパ成長層を1回の酸化物スーパ成長段階で成長させる場合は、続く酸化物スーパ処理段階( $O_2$ 及び/又は $N_2$ プラズマ処理)は、厚いスーパ成長層の内側をあまり上手く処理できないと考えられる。

#### 【0033】

一部の例における酸化物スーパ処理段階では、450 s c c mの $O_2$ を、450 s c c mの $N_2$ 、又は225 s c c mの $O_2$ と225 s c c mの $N_2$ とに変更することができる。好ましい圧力範囲の例は、100ミリトルから800ミリトルまでであってよい。

好ましい電力範囲の例は、 $60\text{ MHz}$ の周波数で $200 \sim 1000$ ワット、 $27\text{ MHz}$ の周波数で $200 \sim 1000$ ワット、及び/又は $2\text{ MHz}$ の周波数で $100 \sim 2000$ ワットであると考えられる。

#### 【0034】

酸化物スペーサ成長層の部分的除去（ステップ108）は、フッ素を含有するエッチングガスを使用してよく、例えば、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ 、 $\text{C}_4\text{F}_6$ 、 $\text{CHF}_3$ 、及び $\text{CH}_3\text{F}$ を、 $\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、及び $\text{He}$ と組み合わせることが可能である。有機マスク及びARC層に対する後続のエッチングステップも、やはりフッ素を含有するエッチングガスを使用してよく、例えば、酸化物スペーサ成長層の部分的除去について上述されたガスの1つであってよい。有機層及びARC層の除去に使用することができるガスの例は、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2/\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2/\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、又は $\text{COS}$ である。

#### 【0035】

本発明は、幾つかの好ましい実施形態の観点から説明されてきたが、代替、変更、置き換え、及び代わりとなる各種の均等物が、本発明の範囲に含まれる。また、本発明の方法及び装置を実現する多くの代替方法があることも、留意されるべきである。したがって、以下の特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨及び範囲に含まれるものとして、このようなあらゆる代替、変更、置き換え、及び代わりとなる各種の均等物を含むものと解釈されることを意図されている。

第1の態様は、基板の上側と、反射防止膜（ARC）層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間に配置されるエッチング層をエッチングするための方法であって、

（a）前記基板をプロセスチャンバの中に載置することと、

（b）前記ARC層を前記パターン化マスクの前記マスク特徴を介して開口することと

（c）酸化物スペーサ成長層を形成することと、前記酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含み、前記上部は、前記有機マスクの上を覆い、前記側壁は、前記有機マスクの側壁を覆い、前記底部は、前記マスク特徴の底を覆うことと、

（d）前記有機マスクの上の前記酸化物スペーサ成長層をエッチングによって部分的に除去することであって、少なくとも前記酸化物スペーサ成長層の前記上部が除去される、ことと、

（e）前記有機マスク及び前記ARC層をエッチングによって除去することと、

（f）前記エッチング層を前記酸化物スペーサ成長層の前記側壁を介してエッチングすることと、

（g）前記基板を前記プロセスチャンバから取り出すことと、  
を備える方法を提供する。

第1の態様において、

（c）前記酸化物スペーサ成長層を形成することは、複数のサイクルを含み、各サイクルは、

$\text{Si}$ を含有する成長ガスの流れを提供することと、

前記成長ガスからプラズマを形成することと、

前記成長ガスの流れを停止することと、

を含む成長段階と、

$\text{O}_2$ 又は $\text{N}_2$ の少なくとも一方を含有する処理ガスの流れを提供することと、

前記処理ガスからプラズマを形成することと、

前記処理ガスの流れを停止することと、

を含む処理段階と、を含む。

第1の態様において、（c）前記酸化物スペーサ成長層の形成は、3から15サイクル実行されても良く、約10サイクル実行されても良い。

第1の態様において、前記成長ガスは、シラン及び炭化水素を含んでも良く、 $\text{SiH}_4$ 及び $\text{CH}_3\text{F}$ を含んでも良く、実質的に酸素を含有しなくても良い。

第1の態様において、(c)前記酸化物スペーサ成長層の形成は、1から20サイクル実行され、各サイクルは、

Siを含有する成長ガスの流れを提供することと、

前記成長ガスからプラズマを形成することと、

前記成長ガスの流れを停止することと、

を含む成長段階と、

O<sub>2</sub>又はN<sub>2</sub>の少なくとも一方を含有する処理ガスの流れを提供することと、

前記処理ガスからプラズマを形成することと、

前記処理ガスの流れを停止することと、

を含む処理段階と、を含んでも良い。

10

第1の態様において、(d)部分的な除去は、更に、前記マスク特徴の前記底の上に形成された前記酸化物スペーサ成長層の前記底部を除去しても良い。

第1の態様において、前記方法は室温で実施されても良い。

第1の態様において、前記成長ガスは、シラン及び炭化水素を含んでも良く、SiH<sub>4</sub>及びCH<sub>3</sub>Fを含んでも良く、実質的に酸素を含有しなくても良い。

第1の態様において、(d)部分的な除去は、更に、前記マスク特徴の前記底の上に形成された前記酸化物スペーサ成長層の前記底部を除去しても良い。

第1の態様において、前記方法は室温で実施されても良い。

第2に態様は、基板の上側と、反射防止膜(ARC)層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間に配置されるエッチング層をエッチングするためのコンピュータにより実行される方法であって、

20

(a)前記基板をプロセスチャンバの中に載置することと、

(b)前記ARC層を前記パターン化マスクの前記マスク特徴を介して開口することと

、  
(c)1から20サイクル実行される、酸化物スペーサ成長層を形成することと、前記酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含み、前記上部は、前記有機マスクの上を覆い、前記側壁は、前記有機マスクの側壁を覆い、前記底部は、前記マスク特徴の底を覆い、各サイクルは、

Siを含有する成長ガスの流れを提供することと、

前記成長ガスからプラズマを形成することと、

前記成長ガスの流れを停止することと、

を含む成長段階と、

O<sub>2</sub>又はN<sub>2</sub>の少なくとも一方を含有する処理ガスの流れを提供することと、

前記処理ガスからプラズマを形成することと、

前記処理ガスの流れを停止することと、

を含む処理段階と、を含む、ことと、

(d)前記有機マスクの上の前記酸化物スペーサ成長層をエッチングによって部分的に除去することであって、少なくとも前記酸化物スペーサ成長層の前記上部が除去される、ことと、

30

(e)前記有機マスク及び前記ARC層をエッチングによって除去することと、

40

(f)前記エッチング層を前記酸化物スペーサ成長層の前記側壁を通してエッチングすることと、

(g)前記基板を前記プロセスチャンバから取り出すことと、

を備えるコンピュータにより実行される方法を提供する。

第2の態様において、前記成長ガスは、SiH<sub>4</sub>及びCH<sub>3</sub>Fを含んでも良く、実質的に酸素を含有しなくても良い。

第3の態様は、基板の上側と、反射防止膜(ARC)層、及びマスク特徴を伴うパターン化有機マスクの下側との間にあるエッチング層をエッチングするための装置であって、プラズマ処理チャンバであって、

プラズマ処理チャンバ囲いを形成するチャンバ壁と、

50

前記プラズマ処理チャンバ囲い内において基板を支えるための基板サポートと、  
前記プラズマ処理チャンバ囲い内における圧力を調整するための圧力調整器と、  
プラズマを維持するために前記プラズマ処理チャンバ囲いに電力を提供するための少  
なくとも1つの電極と、  
前記プラズマ処理チャンバ囲い内にガスを提供するためのガス入口と、  
前記プラズマ処理チャンバ囲いからガスを排出させるためのガス出口と、  
を含む、プラズマ処理チャンバと、  
前記ガス入口に流体接続されたガス源であって、  
A R C 開口ガス源と、  
S i 含有成長ガス源と、  
O<sub>2</sub>又はN<sub>2</sub>含有処理ガス源と、  
酸化物スペーサ除去ガス源と、  
有機マスク及びA R C 層除去ガス源と、  
エッチングガス源と、  
を含むガス源と、  
前記ガス源及び前記少なくとも1つの電極に制御式に接続されたコントローラであって  
、  
少なくとも1つのプロセッサと、  
コンピュータ可読媒体であって、  
前記A R C 層を前記パターン化マスクの前記マスク特徴を介して開口するためのコ  
ンピュータ読み取り可能コードと、  
1 から 2 0 サイクル酸化物スペーサ成長層の形成を実行するためのコンピュータ読  
み取り可能コードであって、前記酸化物スペーサ成長層は、上部と、側壁と、底部とを含  
み、前記上部は、前記有機マスクの上を覆い、前記側壁は、前記有機マスクの側壁を覆い  
、前記底部は、前記マスク特徴の底を覆い、各サイクルは、  
成長段階を提供するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、  
S i を含有する成長ガスの流れを提供するためのコンピュータ読み取り可能コ  
ードと、  
前記成長ガスからプラズマを形成するためのコンピュータ読み取り可能コード  
と、  
前記成長ガスの流れを停止するためのコンピュータ読み取り可能コードと、  
を含むコンピュータ読み取り可能コードと、  
処理段階を提供するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、  
O<sub>2</sub>又はN<sub>2</sub>の少なくとも一方を含有する処理ガスの流れを提供するためのコン  
ピュータ読み取り可能コードと、  
前記処理ガスからプラズマを形成するためのコンピュータ読み取り可能コード  
と、  
前記処理ガスの流れを停止するためのコンピュータ読み取り可能コードと、  
を含むコンピュータ読み取り可能コードと、を含む、コンピュータ読み取り可能  
コードと、  
前記有機マスクの上の前記酸化物スペーサ成長層をエッチングによって部分的に除  
去するためのコンピュータ読み取り可能コードであって、少なくとも前記酸化物スペーサ  
成長層の前記上部が除去される、コンピュータ読み取り可能コードと、  
前記有機マスク及び前記A R C 層をエッチングによって除去するためのコンピュ  
ータ読み取り可能コードと、  
前記エッチング層を前記酸化物スペーサ成長層の前記側壁を介してエッチングする  
ためのコンピュータ読み取り可能コードと、  
を含む、コンピュータ読み取り可能媒体と、  
を含む、コントローラと、  
を備える装置を提供する。

10

20

30

40

50

第 1 の態様において、( d ) 部分的な除去は、更に、前記マスク特徴の前記底に形成された前記酸化物スペーサ成長層の前記底部を除去しても良い。

第 1 の態様において、前記方法は室温で実施されても良い。

第 1 の態様において、前記成長ガスは、シラン及び炭化水素を含んでも良く、 $\text{SiH}_4$  及び  $\text{CH}_3\text{F}$  を含んでも良く、実質的に酸素を含有しなくても良い。

第 2 の態様において、前記成長ガスは、実質的に酸素フリーであっても良い。

【図 1】

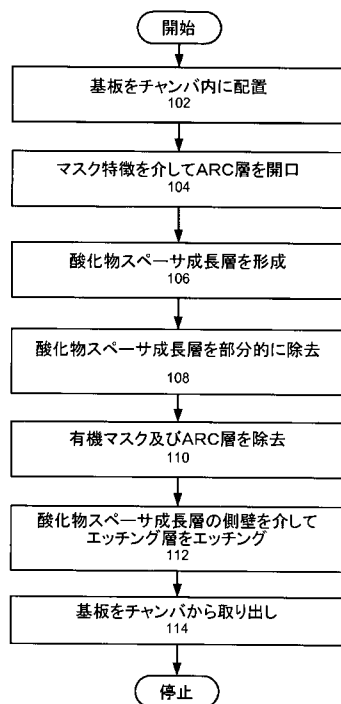


FIG. 1

【図 2 A】

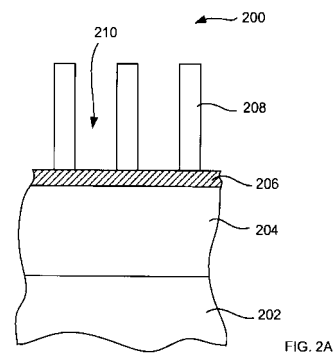


FIG. 2A

【図 2 B】

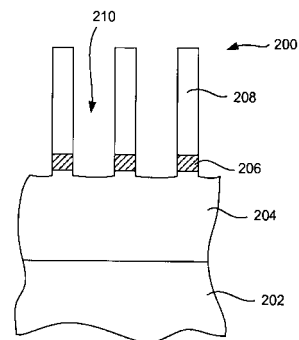
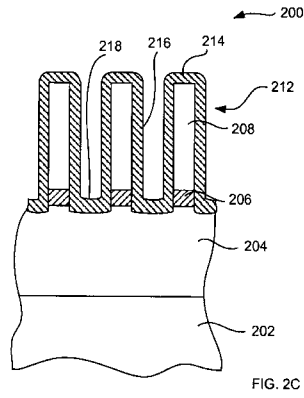
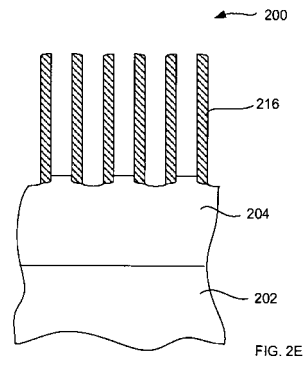


FIG. 2B

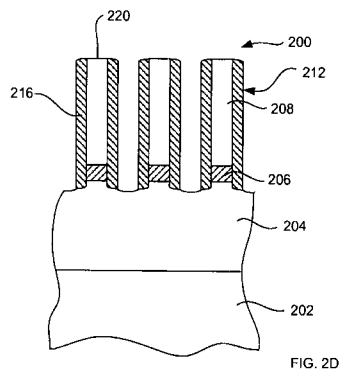
【図 2 C】



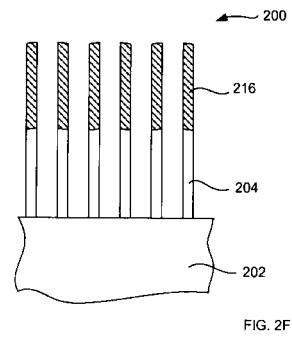
【図 2 E】



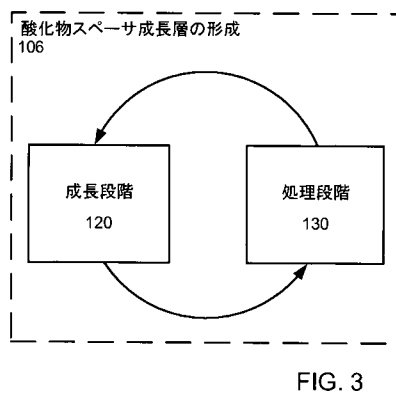
【図 2 D】



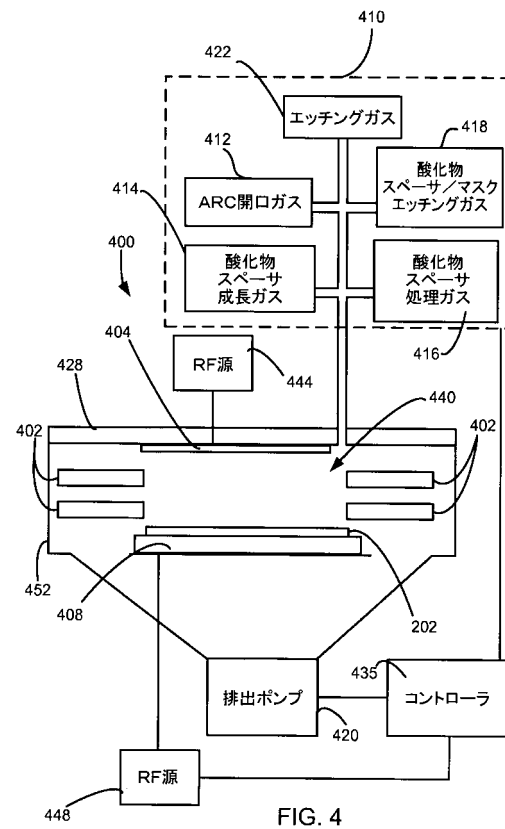
【図 2 F】



【図 3】

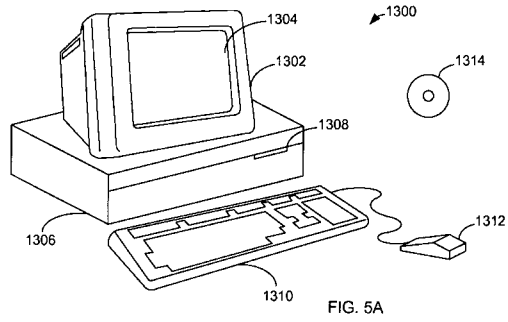


【図 4】

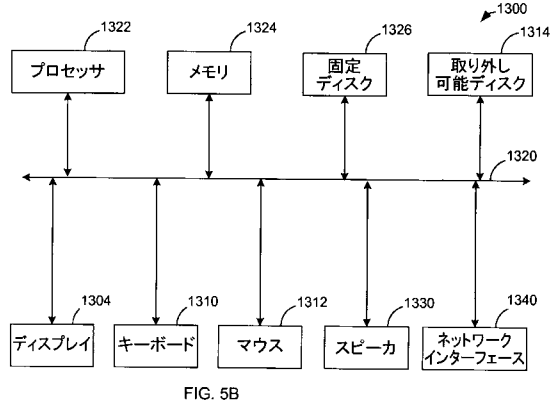




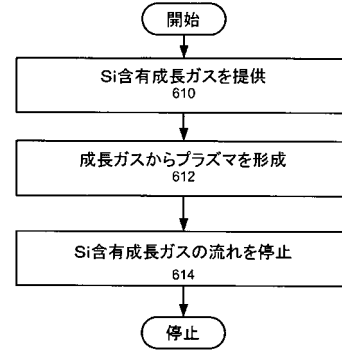
【図 5 A】



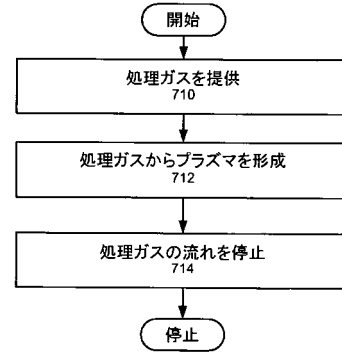
【図 5 B】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 チャン・コナン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 4 ロス・アルトス, ヨークシャー・ドライブ, 1 0  
2 8
- (72)発明者 品川 淳  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 1 サン・ホセ, マグノリア・レイク・コート, 1 7  
9 2
- (72)発明者 サドジャディ・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

審査官 栗野 正明

- (56)参考文献 韓国登録特許第 1 0 - 0 7 6 1 8 5 7 ( K R , B 1 )  
国際公開第 2 0 0 6 / 1 2 7 5 8 6 ( W O , A 1 )  
国際公開第 2 0 0 7 / 0 2 1 5 4 0 ( W O , A 1 )

- (58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)
- |         |               |
|---------|---------------|
| H 0 1 L | 2 1 / 3 0 6 5 |
| G 0 3 F | 7 / 4 0       |
| H 0 1 L | 2 1 / 0 2 7   |