

(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2020-522882

(P2020-522882A)

(43) 公表日 令和2年7月30日(2020.7.30)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 HO 1 L 21/302 (2006.01) HO 1 L 21/302 2 O 1 A 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2019-564959 (P2019-564959)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成30年5月30日 (2018. 5. 30)</p> <p>(85) 翻訳文提出日 令和2年1月20日 (2020. 1. 20)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2018/035210</p> <p>(87) 国際公開番号 WO2018/222771</p> <p>(87) 国際公開日 平成30年12月6日 (2018. 12. 6)</p> <p>(31) 優先権主張番号 62/514, 554</p> <p>(32) 優先日 平成29年6月2日 (2017. 6. 2)</p> <p>(33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)</p> <p>(31) 優先権主張番号 62/648, 073</p> <p>(32) 優先日 平成30年3月26日 (2018. 3. 26)</p> <p>(33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)</p>	<p>(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 APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタクララ, パウアーズ アヴェニュー 3050</p> <p>(74) 代理人 110002077 園田・小林特許業務法人</p> <p>(72) 発明者 マンナ, プラミット アメリカ合衆国 カリフォルニア 94086, サニーベール, ウェスト ワシントン アヴェニュー 299, 421 番</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化ホウ素ハードマスクのドライストリッピング

(57) 【要約】

本開示の実施形態は概して、半導体基板上に堆積した炭化ホウ素層をドライストリッピングする方法に関する。一実施形態では、方法は、炭化ホウ素層を有する基板を圧力容器に装填することと、約500 Torrから60 barの圧力で酸化剤を含む処理ガスに基板を曝露することと、処理ガスの凝結点を超える温度まで圧力容器を加熱することと、処理ガスと炭化ホウ素層との間の一又は複数の反応生成物を圧力容器から除去することと、を含む。

【選択図】 図4

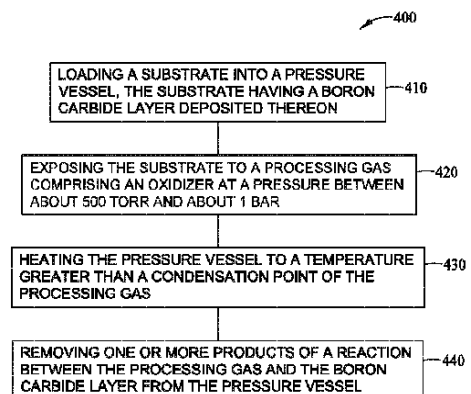


FIG. 4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上に堆積した炭化ホウ素層をストリッピングする方法であって、炭化ホウ素層が上部に堆積している基板を圧力容器に装填することと、約 500 Torr から 60 bar の圧力で、酸化剤を含む処理ガスに前記基板を曝露することと、前記処理ガスの凝結点を越える温度まで前記圧力容器を加熱することと、前記処理ガスと前記炭化ホウ素層との間の一又は複数の反応生成物を前記圧力容器から除去することと、を含む方法。

10

【請求項 2】

前記基板を処理ガスに曝露することは、前記基板を約 10 bar を越える圧力で蒸気に曝露することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記基板は、前記基板上に堆積した炭化ホウ素の量の少なくとも 10 倍の量の蒸気に曝露される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記酸化剤は、オゾン、酸素、水蒸気、重水、アンモニア、過酸化物、水酸化物含有化合物、酸素同位体及び水素同位体からなる群から選択される、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記基板は、前記基板上に堆積した炭化ホウ素の量と完全に反応するのに必要な量の酸化剤を越える量の酸化剤に曝露される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記圧力容器は、約 300 °C から 700 °C の温度まで加熱される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記処理ガスは、約 5 % の乾燥蒸気から 100 % の乾燥蒸気を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

複数の基板の上に堆積した炭化ホウ素層をストリッピングする方法であって、炭化ホウ素層が上部に堆積している少なくとも第 1 の基板を含む複数の基板を、圧力容器に装填することと、約 500 Torr から 60 bar の圧力で、酸化剤を含む処理ガスに前記第 1 の基板を曝露することと、前記処理ガスの凝結点を越える温度まで前記圧力容器を加熱することと、前記処理ガスと前記炭化ホウ素層との間の一又は複数の反応生成物を前記圧力容器から除去することと、を含む方法。

30

【請求項 9】

前記第 1 の基板を処理ガスに曝露することは、前記第 1 の基板を約 10 bar を越える圧力で蒸気に曝露することを含む、請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記酸化剤は、オゾン、酸素、水蒸気、重水、アンモニア、過酸化物、水酸化物含有化合物、酸素同位体及び水素同位体からなる群から選択される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 1 の基板は、前記第 1 の基板上に堆積した炭化ホウ素の量と完全に反応するのに必要な量の酸化剤を越える量の酸化剤に曝露される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

50

前記圧力容器は、約 300 °C から 700 °C の温度まで加熱される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 13】

前記処理ガスは、約 5 % の乾燥蒸気から 100 % の乾燥蒸気を含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

複数の基板の上に堆積した炭化ホウ素層をストリッピングする方法であって、

炭化ホウ素層が上部に堆積している少なくとも第 1 の基板を含む一又は複数の基板を、圧力容器に装填することと、

約 500 Torr から 60 bar の圧力で、蒸気を含む処理ガスに前記第 1 の基板を曝露することと、

前記処理ガスの凝結点を超える温度まで前記圧力容器を加熱することと、

前記処理ガスと前記炭化ホウ素層との間の一又は複数の反応生成物を前記圧力容器から除去することと、

を含む方法。

【請求項 15】

前記処理ガスは、約 5 % の過熱蒸気から 100 % の過熱蒸気を含む、請求項 14 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本開示の実施形態は概して集積回路の製造に関し、具体的には、半導体基板上での炭化ホウ素層のドライストリッピングの方法に関する。

【背景技術】

【0002】

関連技術の説明

[0002] メモリデバイス、論理デバイス、マイクロプロセッサなどの半導体デバイスの形成は、ハードマスクの形成を含む。ハードマスクは、エッチングされる下位の基板上にブランケット層として形成される。フォトレジストのパターニングされた層は、パターンとしてフォトレジスト層を用いてハードマスクがエッチングされる前に、ハードマスクの上に形成される。ハードマスクが下位の基板をエッチングするためのソロパターンとして残るように、ハードマスクのパターニング後、フォトレジスト層は除去される。ハードマスクは下位の基板上に形成され、エッチングされ、次に基板から除去される別個の層であるが、エッチング処理に対する耐性が改善されていることに加えて、コストが安いいため、ハードマスクを望ましいものになっている。ホウ素がドーブされた炭素及び炭化ホウ素の膜は一般的に、パターニング性能が優れているため、高品質のハードマスクを生成することが知られている。

【0003】

[0003] しかしながら、炭化ホウ素層は従来の酸素プラズマを用いて灰化することができないため、炭化ホウ素層は、エッチング後に下位の基板から除去又はストリッピングすることが困難になる。炭化ホウ素層は、酸素と共にフッ素又は塩素を用いてドライストリッピングすることが可能であるが、フッ素及び塩素は、半導体基板上に一般的にみられる酸化ケイ素、窒化ケイ素、及び酸窒化ケイ素などの誘電体材料を腐食する。湿式エッチングソリューションは、使用した場合、半導体基板上に一般的にみられる露出した金属表面又は埋め込まれた金属を損傷しうる。

【0004】

[0004] したがって、半導体基板から炭化ホウ素層をドライストリッピングする方法は改善の必要がある。

【発明の概要】

【0005】

10

20

30

40

50

【0005】本開示の実施形態は概して、半導体基板上に堆積した炭化ホウ素層をドライストリッピングする方法に関する。一実施形態では、方法は、炭化ホウ素層を有する基板を圧力容器に装填することと、約500 Torrから約60 barの圧力で、酸化剤を含む処理ガスに基板を曝露することと、処理ガスの凝結点を超える温度まで圧力容器を加熱することと、処理ガスと炭化ホウ素層との間の一又は複数の反応生成物を圧力容器から除去することと、を含む。

【0006】

【0006】本開示の別の実施形態では、方法は、炭化ホウ素層を有する少なくとも第1の基板を含む一又は複数の基板を圧力容器に装填することと、約500 Torrから60 barの圧力で、酸化剤を含む処理ガスに第1の基板を曝露することと、処理ガスの凝結点を超える温度まで圧力容器を加熱することと、処理ガスと炭化ホウ素層との間の一又は複数の反応生成物を圧力容器から除去することと、を含む。

10

【0007】

【0007】さらに別の実施形態では、方法は、炭化ホウ素層が上部に堆積している少なくとも第1の基板を含む一又は複数の基板を、圧力容器に装填することと、約500 Torrから60 barの圧力で、蒸気を含む処理ガスに第1の基板を曝露することと、処理ガスの凝結点を超える温度まで圧力容器を加熱することと、処理ガスと炭化ホウ素層との間の一又は複数の反応生成物を圧力容器から除去することと、を含む。

【0008】

【0008】上述した本開示の特徴を詳細に理解できるように、上記に要約した本開示を、一部が添付の図面に例示されている実施形態を参照しながら、より具体的に説明する。しかしながら、添付の図面は例示的な実施形態を示しているに過ぎず、したがって、その範囲を限定するものとみなされるべきではなく、本開示は他の同等に有効な実施形態を許容しうることに留意されたい。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】カセットに装填された複数の基板から、炭化ホウ素層をドライストリッピングするための、圧力容器の簡略正面断面図である。

【図2A】半導体基板上のエッチング層の上にパターニングした炭化ホウ素層の簡略断面図である。

30

【図2B】炭化ホウ素層を除去した後の、半導体基板上のエッチング層の簡略断面図である。

【図3】炭化ホウ素層をドライストリッピングするための1つの基板処理チャンバの簡略正面断面図である。

【図4】半導体基板上に堆積した炭化ホウ素層をドライストリッピングするための方法のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

【0014】理解を容易にするために、可能な場合には、図に共通する同一の要素を指し示すのに同一の参照番号を使用した。一実施形態の要素及び特徴は、さらなる記述がなくとも、他の実施形態に有益に組み込まれうると考えられている。

40

【0011】

【0015】本開示の実施形態は概して、半導体基板上に堆積した炭化ホウ素層のドライストリッピングの方法に関する。酸化剤、例えば限定するものではないが、高圧下の蒸気などが、炭化ホウ素層を酸化して三酸化ホウ素にするために使用される。三酸化ホウ素は次に過剰な蒸気と反応して、ホウ酸やメタホウ酸などの気体生成物を産生する。半導体基板上の固体の炭化ホウ素層が気体生成物に変化すること、及び、気体生成物をその後除去することによって、炭化ホウ素層をドライストリッピングする効果的な方法がもたらされる。バッチ処理チャンバ、例えば限定するものではないが、図1に示して本書に記載した圧力容器100は、複数の基板上の炭化ホウ素層をドライストリッピングする方法を実

50

施するために利用される。本書に記載の方法は、1つの基板チャンバ、例えば、図3に示した例示的な1つの基板処理チャンバ300、或いは他の好適な1つの基板処理チャンバ内に配置された1つの基板に等しく適用されうる。

【0012】

[0016] 図1は、炭化ホウ素層をドライストリッピングするためのバッチ処理圧力容器100の簡略正面断面図である。圧力容器100は、外面112と処理領域115を取り囲む内面113とを備えた本体110を有する。図1などのいくつかの実施形態では、本体110は環状断面を有するが、他の実施形態では、本体110の断面は矩形又は任意の閉鎖形状になりうる。本体110の外面112は、例えば限定するものではないが、ステンレス鋼などの耐食性鋼(CRS)から作られうる。本体110の内面113は、例えば限定するものではないが、HASTELLOY(登録商標)などの、高耐食性を示すニッケルベース鋼合金から作られうる。

10

【0013】

[0017] 圧力容器100は、ドア120が開くと処理領域115にアクセス可能になり、本体110内に処理領域115を密閉可能に囲むように構成されたドア120を有する。密封材122は、処理のために処理領域115を密封するため、ドア120を本体110に密封するために利用される。密封材122は、例えば限定するものではないが、パーフルオロエラストマーなどのポリマーから作られうる。処理中に密封材122の最大安全動作温度未満に密封材122を維持するため、冷却チャンネル124は、密封材122に隣接するドア120の上に配設される。冷却剤、例えば限定するものではないが、不活性物質、誘電体、及び/又は高性能な熱伝導流体などの冷却剤は、密封材122を約250°Cから約275°Cまでの温度に維持し、その一方で処理領域115が約800°Cになるように冷却チャンネル124内で循環されうる。冷却チャンネル124内の冷却剤の流れは、温度センサ116又は流れセンサ(図示せず)から受信したフィードバックを介して、コントローラ180によって制御される。

20

【0014】

[0018] 圧力容器100は、本体110を通るポート117を有する。ポート117は、それ自体を通過してヒータ119に連結されるパイプ118を有する。パイプ118の一端は処理領域115に接続される。パイプ118の他端は、注入導管157と排出導管161に分岐する。注入導管157は、遮断バルブ155を介してガスパネル150に流体接続されている。注入導管157はヒータ158に連結されている。排出導管161は、遮断バルブ165を介して液化装置(condenser)160に流体接続されている。排出導管161はヒータ162に連結されている。ヒータ119、158、及び162は、パイプ118、注入導管157、及び排出導管161をそれぞれ通って流れる処理ガスを、処理ガスの凝結点を越える温度に維持するように構成されている。ヒータ119、158、及び162は、電源145によって電力供給される。

30

【0015】

[0019] ガスパネル150は、圧力下にある酸化剤を含む処理ガスを、パイプ118を経由して処理領域115へ伝送するため、注入導管157へ提供するように構成されている。処理領域115へ導入される処理ガスの圧力は、本体110に連結された圧力センサ114によってモニタされている。液化装置160は冷却流体に流体連結され、パイプ118を経由して処理領域115から除去された後に、排出導管161を通して流れる気体生成物を凝結するように構成されている。液化装置160は、気体生成物を気相から液相に変える。ポンプ170は液化装置160に流体連結され、液化装置160から液化生成物を排出する。ガスパネル150、液化装置160及びポンプ170の動作はコントローラ180によって制御されている。

40

【0016】

[0020] 遮断バルブ155及び165は、一度に1つの流体のみがパイプ118を経由して処理領域115に流れるように構成されている。遮断バルブ155が開いているとき、注入導管157を通して流れる処理ガスが処理領域115に入り、処理ガスの流れ

50

が液化装置 160 に入るのを防止するように、遮断バルブ 165 は閉じられている。その一方で、遮断バルブ 165 が開いているときには、気体生成物が処理領域 115 から除去され、排出導管 161 を通って流れ、気体生成物の流れがガスパネル 150 に入るのを防止するように、遮断バルブ 155 は閉じられている。

【0017】

[0021] 一又は複数のヒータ 140 は、本体 110 の上に配置され、圧力容器 100 内の処理領域 115 を加熱するように構成されている。いくつかの実施形態では、図 1 に示したように、ヒータ 140 は本体 110 の外面 112 の上に配置されるが、他の実施形態では、ヒータ 140 は本体 110 の内面 113 の上に配置されうる。ヒータ 140 の各々は、抵抗コイル、ランプ、セラミックヒータ、グラファイトベースの炭素繊維複合材 (CFC) ヒータ、ステンレス鋼ヒータ、又はアルミニウムヒータなどになりうる。ヒータ 140 は、電源 145 によって電力供給される。ヒータ 140 への電力は、温度センサ 116 から受信したフィードバックを介してコントローラ 180 によって制御される。温度センサ 116 は本体 110 に連結され、処理領域 115 の温度をモニタする。

10

【0018】

[0022] アクチュエータ (図示せず) に連結されたカセット 130 は、処理領域 115 との間で出し入れされる。カセット 130 は、上面 132、底面 134、及び壁 136 を有する。カセット 130 の壁 136 は、複数の基板ストレージスロット 138 を有する。各基板ストレージスロット 138 は、カセット 130 の壁 136 に沿って均等に離間されている。各基板ストレージスロット 138 は、内部に基板 135 を保持するよう構成される。カセット 130 は、基板 135 を保持するための 50 個もの基板ストレージスロット 138 を有しうる。カセット 130 は、圧力容器 100 の内外へ複数の基板 135 を移送するための、また、処理領域 115 内で複数の基板 135 を処理するための、有効な容器を提供する。

20

【0019】

[0023] コントローラ 180 は圧力容器 100 の動作を制御する。コントローラ 180 は、ガスパネル 150、液化装置 160、ポンプ 170、遮断バルブ 155 及び 165、並びに電源 145 の動作を制御する。コントローラ 180 はまた、温度センサ 116、圧力センサ 114、及び冷却チャンネル 124 に連通可能に接続されている。コントローラ 180 は、中央処理装置 (CPU) 182、メモリ 184、及び補助回路 186 を含む。CPU 182 は、産業用設定で使用されうる任意の形態の汎用コンピュータプロセッサでありうる。メモリ 184 は、ランダムアクセスメモリ、読取専用メモリ、フロッピー、又はハードディスクドライブ、又は他の形態のデジタルストレージになりうる。補助回路 186 は、通常、CPU 182 に接続され、キャッシュ、クロック回路、入力/出力システム、電源などを含みうる。

30

【0020】

[0024] 圧力容器 100 は、複数の基板 135 から炭化ホウ素層をドライストリッピングする方法を実行するのに便利なチャンバを提供する。ヒータ 140 は、圧力容器 100 を予加熱するため、電力供給される。同時に、ヒータ 119、158、及び 162 は、パイプ 118、注入導管 157、及び排出導管 161 をそれぞれ予加熱するため、電力供給される。

40

【0021】

[0025] 複数の基板 135 は次に、カセット 130 に装填される。図 2A は、半導体基板 200 上のエッチングされた層 210 の上にパターンニングされた炭化ホウ素層 220 の簡略断面図を示す。基板 135 がカセット 130 に装填されると、基板 135 の各々は、図 2A に半導体基板 200 として示されている。カセット 130 を処理領域 115 へ移動するため、圧力容器 100 のドア 120 は開放される。カセット 130 上の基板 135 の上部から炭化ホウ素層をストリッピングするため、ドア 120 はチャンバを取り囲むように密封される。ドア 120 が一旦閉じられると、処理領域 115 から圧力が漏れないことが密封材 122 によって保証される。

50

【 0 0 2 2 】

[0 0 2 6] 処理ガスは、ガスパネル 1 5 0 によって、圧力容器 1 0 0 内部の処理領域 1 1 5 に提供される。遮断バルブ 1 5 5 はコントローラ 1 8 0 によって開放され、処理ガスは注入導管 1 5 7 及びパイプ 1 1 8 を経由して処理領域 1 1 5 に流れ込むことができる。処理ガスは、約 1 分間から約 2 時間の間、約 5 0 0 s c c m から約 2 0 0 0 s c c m の流量で導入される。遮断バルブ 1 6 5 はこの時点では閉じられたままになっている。処理ガスは処理領域 1 1 5 に流れ込んだ酸化剤である。いくつかの実施形態では、処理ガスは、約 5 0 0 T o r r から約 6 0 b a r までの圧力下において蒸気であり、乾燥蒸気又は過熱蒸気であってもよい。しかしながら、他の実施形態では、例えば限定するものではないが、オゾン、酸素、過酸化水素又はアンモニアなどの他の酸化剤が使用されうる。一実施形態では、処理ガスは、約 5 % の蒸気から 1 0 0 % の酸化剤、例えば、約 1 0 % の酸化剤から約 8 0 % の酸化剤を含む混合物である。一実施例では、処理ガスは約 5 % の蒸気から 1 0 0 % の蒸気までの混合物である。十分な処理ガスがガスパネル 1 5 0 によって放出されると、遮断バルブ 1 5 5 はコントローラ 1 8 0 によって閉じられる。ガスパネル 1 5 0 による処理ガスの量は、複数の基板 1 3 5 上に堆積した炭化ホウ素と完全に反応するのに必要な処理ガスの量を超える量になっている。例えば、ガスパネル 1 5 0 によって放出される蒸気量は、基板上に堆積した炭化ホウ素の量の少なくとも 1 0 倍になりうる。

10

【 0 0 2 3 】

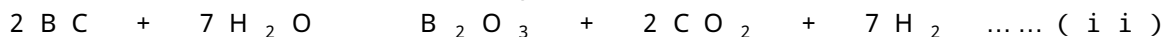
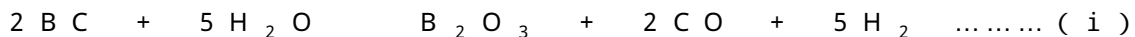
[0 0 2 7] 基板 1 3 5 の処理中、処理領域 1 1 5 、並びに注入導管 1 5 7 、排出導管 1 6 1 、及びパイプ 1 1 8 は、処理ガスが気相に留まる温度と圧力に維持される。このような圧力と温度は、処理ガスの組成に基づいて選択される。処理領域 1 1 5 、並びに注入導管 1 5 7 、排出導管 1 6 1 、及びパイプ 1 1 8 の温度は、印加された圧力で処理ガスの凝結点を超える温度に維持される。例えば、1 0 b a r s から 6 0 b a r s の圧力下で蒸気が処理に使用されるときには、処理領域 1 1 5 、並びに注入導管 1 5 7 、排出導管 1 6 1 、及びパイプ 1 1 8 の温度は、約 3 0 0 ° C から 7 0 0 ° C の温度まで高められる。これにより、エッチングされた層 2 1 0 及び層 2 2 0 の下の基板 2 0 0 に対して有害な水へと、蒸気が凝結しないことが保証される。

20

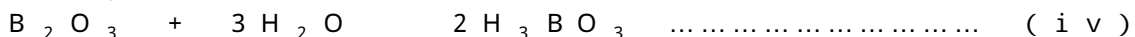
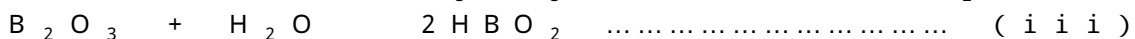
【 0 0 2 4 】

[0 0 2 8] 炭化ホウ素層が処理ガスと反応して気体生成物を産生するように、処理ガスは基板 1 3 5 の上に流される。例えば、炭化ホウ素は、化学反応式 (i) 及び (i i) に示したように、蒸気と反応して、三酸化ホウ素 (B ₂ O ₃) 、水素ガス (H ₂) 、一酸化炭素 (C O) 、及び二酸化炭素 (C O ₂) を産生する。

30



三酸化ホウ素 (B ₂ O ₃) は次に過剰な蒸気と反応して、化学反応式 (i i i) 及び (i v) に示したように、ホウ酸 (H ₃ B O ₃) 及びメタホウ酸 (H B O ₂) を産生する。



ホウ酸及びメタホウ酸は揮発性の生成物である。ホウ酸及びメタホウ酸は水素ガス、一酸化炭素及び二酸化炭素と混合して、炭化ホウ素と水蒸気との間の反応生成物の気体混合物を形成する。

40

【 0 0 2 5 】

[0 0 2 9] 炭化ホウ素層が基板 1 3 5 から完全にストリッピングされたことが認められると、処理は完了する。次に、生成物の気体混合物を処理領域 1 1 5 から、パイプ 1 1 8 と排出導管 1 6 1 を経由して液化装置 1 6 0 へ流し込むため、遮断バルブ 1 6 5 が開放される。生成物の気体混合物は、液化装置 1 6 0 内で液相に凝結される。生成物の液化混合物は次に、ポンプ 1 7 0 によって除去される。生成物の液化混合物が完全に除去されると、遮断バルブ 1 6 5 は閉鎖される。次に、ヒータ 1 4 0 、 1 1 9 、 1 5 8 、及び 1 6 2 の電源がオフにされる。次に、処理領域 1 1 5 からカセット 1 3 0 を取り出すため、圧力容器 1 0 0 のドア 1 2 0 が開放される。図 2 B は、炭化ホウ素層を除去した後の、半導体

50

基板 200 上のエッチング層 210 の簡略断面図である。炭化ホウ素層を除去した後、基板 135 がカセット 130 から取り出されると、基板 135 の各々は、図 2 B に半導体基板 200 として示されている。基板 135 は、パターニングされたエッチング層 210 のみを有する。

【0026】

[0030] 図 3 は、炭化ホウ素層をドライストリッピングするための 1 つの基板処理チャンバ 300 の簡略正面断面図である。1 つの基板処理チャンバ 300 は、外面 312 と内部空間 315 を取り囲む内面 313 とを備える本体 310 を有する。図 3 などのいくつかの実施形態では、本体 310 は環状断面を有するが、他の実施形態では、本体 310 の断面は矩形又は任意の閉鎖形状になりうる。本体 310 の外面 312 は、例えば限定するものではないが、ステンレス鋼などの耐食性鋼 (CRS) から作られうる。1 つの基板処理チャンバ 300 から外部環境への熱損失を防止する一又は複数の熱シールド 325 が、本体 310 の内面 313 上に配置される。本体 310 の内面 313、並びに熱シールド 325 は、例えば限定するものではないが、HASTELLOY (登録商標)、INCONEL (登録商標)、及び MONEL (登録商標) など、高い耐食性を示すニッケルベースの鋼合金から作られうる。

10

【0027】

[0031] 基板支持体 330 が、内部空間 315 内に配置される。基板支持体 330 は、ステム 334 と、ステム 334 によって保持される基板支持部材 332 とを有する。ステム 334 は、チャンバ本体 310 を通って形成された通路 322 を通過する。アクチュエータ 338 に接続されたロッド 339 は、チャンバ本体 310 を通って形成された第 2 の通路 323 を通過する。ロッド 339 は、基板支持体 330 のステム 334 を収容する開口部 336 を有するプレート 335 に連結されている。リフトピン 337 は、基板支持部材 332 に接続されている。プレート 335 が上下に移動してリフトピン 337 との接続と分離を行うように、アクチュエータ 338 はロッド 339 を作動させる。リフトピン 337 が上げ下げされると、基板支持部材 332 は 1 つの基板処理チャンバ 300 の内部空間 315 内で上げ下げされる。基板支持部材 332 は、中心に埋め込まれた抵抗加熱素子 331 を有する。電源 333 は、抵抗加熱素子 331 に電力を供給するように構成されている。電源 333 並びにアクチュエータ 338 の操作はコントローラ 380 によって制御される。

20

30

【0028】

[0032] 1 つの基板処理チャンバ 300 は本体 310 に開口部 311 を有し、基板 320 はその開口部を通り、内部空間 315 内に配置された基板支持体 330 との間で出し入れされる。開口部 311 は、本体 310 にトンネル 321 を形成する。スリットバルブ 328 が開放されているときにのみ、開口部 311 と内部空間 315 がアクセス可能になるように、スリットバルブ 328 はトンネル 321 を密封するように構成されている。密封材 327 は、処理のための内部空間 315 を密封するため、スリットバルブ 328 を本体 310 に密封するように利用される。密封材 327 はポリマーから、例えば限定するものではないが、パーフルオロエラストマーやポリテトラフルオロエチレン (PTFE) などのフルオロポリマーから作られうる。密封材 327 はさらに、密封性能を高めるため、密封材を付勢するためのばね部材を含みうる。処理中に密封材 327 の最大安全動作温度未満に密封材 327 を維持するため、冷却チャンネル 324 は、密封材 327 に隣接するトンネル 321 の上に配設される。冷却流体源 326 からの冷却剤、例えば限定するものではないが、不活性物質、誘電体、及び / 又は高性能な熱伝導流体などは、冷却チャンネル 324 内で循環されうる。冷却流体源 326 からの冷却源の流れは、温度センサ 316 又は流れセンサ (図示せず) から受信したフィードバックを介して、コントローラ 380 によって制御される。スリットバルブ 328 が開放されているとき、内部空間 315 から開口部 311 を通る熱の流れを妨げるため、環状形状の熱チョーク 329 がトンネル 321 の周囲に形成される。

40

【0029】

50

【0033】 1つの基板処理チャンバ300は本体310を通るポート317を有し、これは、ガスパネル350、液化装置360、及びポート317を接続する流体回路390に流体接続されている。流体回路390は、ガス導管392、ソース導管357、注入遮断バルブ355、排気導管363、及び排出遮断バルブ365を有する。多数のヒータ396、358、352、354、364、366が流体回路390の様々な部分にインターフェースされている。温度測定を行い、その情報をコントローラ380に送るため、多数の温度センサ351、353、319、367、及び369がまた、流体回路390の様々な部分に配置されている。流体回路390の温度が、流体回路390及び内部空間315内に配置された処理流体の凝結点を超える温度に維持されるように、コントローラ380は、ヒータ352、354、358、396、364、及び366の動作を制御する

10

【0030】

【0034】 ガスパネル350及び圧力センサ314は、本質的にも機能的にも図1のガスパネル150及び圧力センサ114とほぼ同様である。液化装置360は、本質的にも機能的にも図1の液化装置160とほぼ同様である。ポンプ370は、本質的にも機能的にも図1のポンプ170とほぼ同様である。一又は複数のヒータ340は本体310の上に配置され、1つの基板処理チャンバ300内の内部空間315を加熱するように構成されている。ヒータ340は、本質的にも機能的にもバッチ処理圧力容器100内で使用されるヒータ140とほぼ同様である。

【0031】

【0035】 コントローラ380は、1つの基板処理チャンバ300の動作を制御する。コントローラ380は、ガスパネル350、液化装置360、ポンプ370、注入遮断バルブ355、排出遮断バルブ365、及び電源333、345の動作を制御する。コントローラ380はまた、温度センサ316、圧力センサ314、アクチュエータ338、冷却流体源326、及び温度読取デバイス356と362に通信可能に接続されている。コントローラ380は、本質的にも機能的にもバッチ処理圧力容器100内で使用されるコントローラ180とほぼ同様である。

20

【0032】

【0036】 図4は、本開示の一実施形態による、半導体基板上に堆積した炭化ホウ素層をドライストリッピングするための方法のブロック図である。方法400は、ブロック410で基板を圧力容器に装填することによって開始される。基板は上部に堆積した炭化ホウ素層を有する。いくつかの実施形態では、複数の基板はカセットの上に配置され、圧力容器内に装填されうる。さらなる実施形態では、一度に1つの基板を処理するように構成された圧力容器に1つの基板が装填される。

30

【0033】

【0037】 ブロック420では、基板又は複数の基板は、圧力容器内で約500 Torrから約60 barの圧力で、酸化剤を含む処理ガスに曝露される。他の実施形態では、基板又は複数の基板は、圧力容器内で約0 barを超える圧力で、例えば約1 barから約60 barの圧力で、酸化剤を含む処理ガスに曝露される。いくつかの実施形態では、処理ガスは、オゾン、酸素、水蒸気、重水、過酸化物、水酸化物含有化合物、酸素同位体(14、15、16、17、18など)及び水素同位体(1、2、3)、或いはこれらのいくつかの組み合わせからなる群から選択された酸化剤で、処理ガスは約10%の酸化剤から約80%の酸化剤の混合物である。過酸化物は気相にある過酸化水素であってもよい。いくつかの実施形態では、酸化剤は、例えば限定するものではないが、水蒸気又は蒸気の形態の重水など、水酸化物イオンを含む。いくつかの実施形態では、酸化剤の量は、基板上に堆積した炭化ホウ素の量と完全に反応するのに必要な酸化剤の量を超える。他の実施形態では、処理ガスは約500 Torrから約60 barまでの圧力の蒸気であってよく、蒸気は混合物の約5%から混合物の100%までを構成する。蒸気は乾燥蒸気又は過熱蒸気であってもよい。蒸気量は、基板上に堆積した炭化ホウ素の量の少なくとも10倍になりうる。

40

50

【 0 0 3 4 】

[0 0 3 8] ブロック 4 3 0 では、圧力容器は、処理ガスの凝結点を超える温度まで加熱される。温度を上げることにより、炭化ホウ素層を処理ガスと反応させることができる。いくつかの実施形態では、蒸気が圧力容器内の処理ガスとして使用されるときには、圧力容器の温度は約 3 0 0 ° C から約 7 0 0 ° C に維持される。これらの実施形態では、炭化ホウ素層は蒸気と反応して、三酸化ホウ素、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、ホウ酸及びメタホウ酸を含む気体混合物を生成する。

【 0 0 3 5 】

[0 0 3 9] ブロック 4 4 0 では、処理ガスと炭化ホウ素層との間の一又は複数の反応生成物が圧力容器から除去される。蒸気を使用される実施形態では、三酸化ホウ素、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、ホウ酸、及びメタホウ酸を含む生成物の気体混合物は、圧力容器の外へ排出される。したがって、基板上の炭化ホウ素層はドライストリッピングされ、半導体基板上に好適なエッチング層が残される。

10

【 0 0 3 6 】

[0 0 4 0] 本書に記載の炭化ホウ素層をドライストリッピングするための方法は有利には、半導体基板から炭化ホウ素層を乾式除去することができる。湿式エッチングソリューションは要求されない。さらに、圧力下で蒸気を使用されるときには、約 3 0 0 ° C から約 7 0 0 ° C の処理温度範囲によって、炭化ホウ素の酸化速度は、最初に炭化ホウ素を三酸化ホウ素の粘性層に変換するには十分に低く、三酸化ホウ素の粘性層を、その後除去しうるホウ酸やメタホウ酸のような揮発性ガスに変換するには十分に高いことが保証される。処理温度が 3 0 0 ° C 未満、或いは処理圧力が 5 0 0 T o r r 未満の場合には、炭化ホウ素から三酸化ホウ素への最初の酸化と、三酸化ホウ素からホウ酸及びメタホウ酸へのその後の酸化とのバランスは失われ、その結果、層は完全にストリッピングすることができない。

20

【 0 0 3 7 】

[0 0 4 1] 本書に記載の方法は、複数の基板を同時に処理することによって、炭化ホウ素層の除去に関して基板のスループットを高める。しかも、他の層を除去しうる従来の酸素プラズマでは炭化ホウ素を灰化することができないため、本方法によって、炭化ホウ素のハードマスク材料としての実行可能性は維持される。炭化ホウ素の高いエッチング選択性、高い硬度及び高い透明性により、炭化ホウ素はハードマスク材料として優れた選択肢になっている。したがって、本書に記載の方法は、次世代のメモリデバイス、論理デバイス、マイクロプロセッサなどをパターンニングするため、炭化ホウ素層をさらに開発する際に役立つ。加えて、本書に記載の方法は炭化ホウ素層に関するが、他の種類の炭化ホウ素層も本開示から利益を得ることができる。

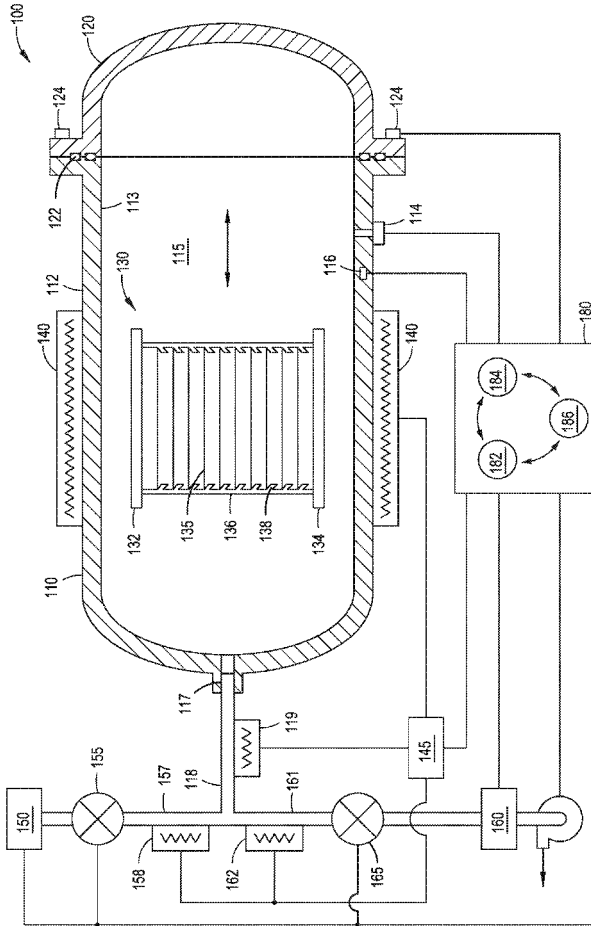
30

【 0 0 3 8 】

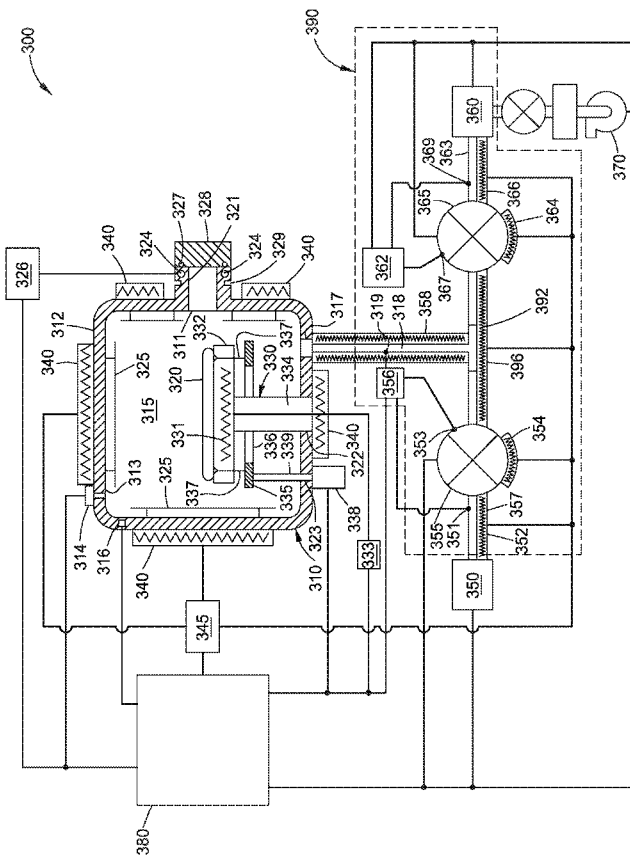
[0 0 4 2] 以上の記述は本開示の特定の実施形態を対象としているが、これらの実施形態は本発明の原理及び用途の例示にすぎないことを、理解されたい。したがって、添付の特許請求の範囲によって定義されているように、本発明の基本的な主旨及び範囲から逸脱することなく、他の実施形態に到達する例示的な実施形態になりうる多数の修正を行うことを理解されたい。

40

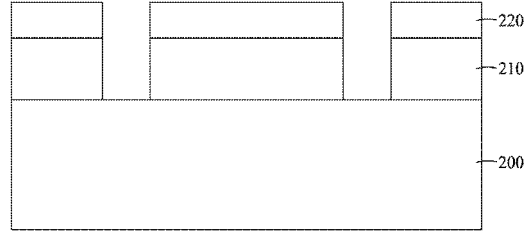
【図1】



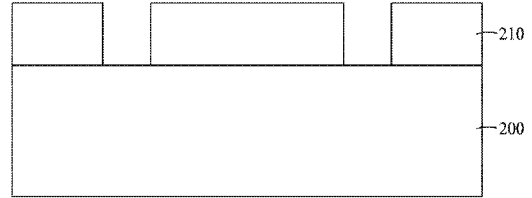
【図3】



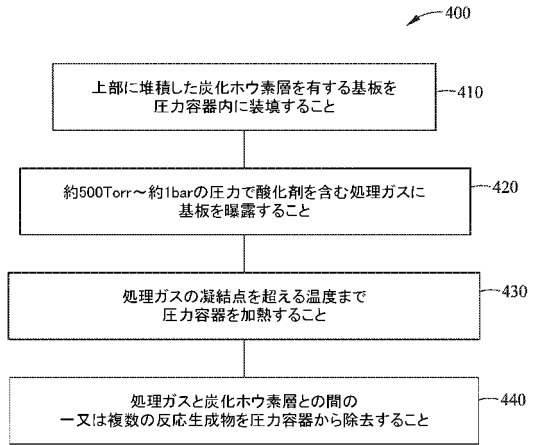
【図2A】





【図2B】



【図4】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2018/035210
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01L 21/768(2006.01)i, H01L 21/02(2006.01)j		
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) H01L 21/768; H01L 21/306; B08B 6/00; B08B 5/00; H01L 21/31; H01L 31/042; H01L 21/02		
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		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: substrate, boron, gas, pressure, temperature, vessel, carbide, dry, strip		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2012-0285492 A1 (KWANGDUK DOUGLAS LEE et al.) 15 November 2012 See paragraphs [0007]-[0052] and figures 1-5.	1-15
Y	US 6242368 B1 (ARTHUR EDWARD HOLMER et al.) 05 June 2001 See column 3, line 54 - column 4, line 14.	1-15
A	US 2008-0210273 A1 (RAYMOND JOE) 04 September 2008 See paragraphs [0024]-[0033] and figures 1-3B.	1-15
A	US 2003-0207593 A1 (GARO J. DERDERIAN et al.) 06 November 2003 See paragraphs [0031]-[0056] and figures 1-7.	1-15
A	KR 10-2014-0003776 A (MECHARONICS CO., LTD.) 10 January 2014 See paragraphs [0020]-[0031] and figures 1-3.	1-15
<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 another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 24 August 2018 (24.08.2018)		Date of mailing of the international search report 24 August 2018 (24.08.2018)
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer CHOI, Sang Won  Telephone No. +82-42-481-8291

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2018/035210

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date		
US 2012-0285492 A1	15/11/2012	CN 103443909 A	11/12/2013		
		JP 2014-516205 A	07/07/2014		
		JP 2015-504239 A	05/02/2015		
		JP 5933694 B2	15/06/2016		
		JP 6158199 B2	05/07/2017		
		KR 10-1682081 B1	02/12/2016		
		KR 10-2014-0036203 A	25/03/2014		
		KR 10-2014-0089383 A	14/07/2014		
		TW 201247312 A	01/12/2012		
		TW 201330085 A	16/07/2013		
		TW 1541062 B	11/07/2016		
		US 2012-0285481 A1	15/11/2012		
		US 9299581 B2	29/03/2016		
		US 9653327 B2	16/05/2017		
		WO 2012-154429 A2	15/11/2012		
		WO 2012-154429 A3	25/04/2013		
		WO 2013-070570 A1	16/05/2013		
		US 6242368 B1	05/06/2001	CN 1113393 C	02/07/2003
				CN 1166051 A	26/11/1997
				DE 69726634 T2	30/09/2004
EP 0798767 A2	01/10/1997				
EP 0798767 A3	11/03/1998				
EP 0798767 B1	10/12/2003				
ID 18292 A	26/03/1998				
IL 120522 A	17/09/2003				
JP 10-032193 A	03/02/1998				
JP 3367859 B2	20/01/2003				
KR 10-0356567 B1	18/12/2002				
US 5998305 A	07/12/1999				
US 2008-0210273 A1	04/09/2008			JP 2009-515366 A	09/04/2009
				TW 200731399 A	16/08/2007
		TW I349965 B	01/10/2011		
		US 2007-0105392 A1	10/05/2007		
		US 7387968 B2	17/06/2008		
		WO 2007-056369 A2	18/05/2007		
		WO 2007-056369 A3	05/07/2007		
US 2003-0207593 A1	06/11/2003	US 2005-0023584 A1	03/02/2005		
		US 7560793 B2	14/07/2009		
		US 7589029 B2	15/09/2009		
KR 10-2014-0003776 A	10/01/2014	None			

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72)発明者 チアン, シーシー

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95051, サンタクララ, タマラックレーン 3765, 107番

(72)発明者 マリック, アブヒジット バス

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94539, フリーモント, マスターズコート 47863

(72)発明者 レシュキーズ, カーティス

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95124, サンノゼ, タウンクラブドライブ 1647

Fターム(参考) 5F004 AA05 AA15 BA19 BB18 BB19 BB26 BB29 CA04 DA00 DA26
DA27 DB00 EA34