

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】令和 3 年 1 月 28 日 (2021.1.28)

【公表番号】特表 2020-502811 (P2020-502811A)
 【公表日】令和 2 年 1 月 23 日 (2020.1.23)
 【年通号数】公開・登録公報 2020-003
 【出願番号】特願 2019-533041 (P2019-533041)
 【国際特許分類】

H 0 1 L 21/3065 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/302 1 0 5

H 0 1 L 21/302 1 0 1 C

【手続補正書】

【提出日】令和 2 年 12 月 10 日 (2020.12.10)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上の材料をエッチングする方法であって、
 改質ガスおよび除去ガスを用いた前記材料の原子層エッチングプロセスのためのプロセス条件を特定すること、および
 前記基板上の材料に前記原子層エッチングプロセスを、
 エッチングされる前記材料に対して改質エネルギーおよび脱着エネルギーを有する前記改質ガスに前記基板を曝露して、前記材料の表面を改質すること、および
 前記改質表面を前記除去ガスに曝露し、プラズマを発生させて、前記改質表面を除去すること、
 により実施することを含み、
 前記改質エネルギーが、前記脱着エネルギーより小さく、前記脱着エネルギーが前記材料の表面結合エネルギーより小さい、方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、
 前記プロセス条件を特定することが、前記基板の改質ガスへの前記基板の曝露を実施するための基板温度を選択することを含み、前記基板温度により得られるエネルギーが、前記改質エネルギーと前記脱着エネルギーとの間にあり、
前記材料は、約 6 eV よりも大きい表面結合エネルギーを有し、
更に、前記原子層エッチングプロセスを実施する前に、前記改質エネルギーと前記脱着エネルギーとの間の温度に前記基板を設定することを含む、方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法であって、
 前記プロセス条件を特定することが、前記改質表面の除去ガスへの曝露中にバイアスを印加するためのバイアス電力を選択することを含み、前記バイアスにより得られるエネルギーが前記脱着エネルギーと前記表面結合エネルギーとの間にある、方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法であって、
 前記改質ガスが、前記材料をエッチングすることなく前記材料に吸着するように選択さ

れる、方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記除去ガスが、下層の非改質材料をエッチングすることなく、前記改質表面を除去するように選択される、方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記プロセス条件が、温度、チャンパー圧、プラズマ出力、バイアス電力、改質ガス流、および暴露時間からなる群より選択される、方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法であって、

プロセスウィンドウ内の前記プロセス条件を修正することをさらに含む、方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記材料が、ケイ素、炭素、タングステン、およびタンタルからなる群より選択される、方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記原子層エッチングプロセスを実施する前に、前記基板を約 0 未満の温度に冷却することをさらに含み、前記特定されるプロセス条件が温度であり、前記材料がタンタルである、方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法であって、

前記基板が、約 0 未満の基板温度で前記改質ガスに曝露される、方法。

【請求項 11】

請求項 9 に記載の方法であって、

前記温度が、約 - 20 ~ 約 0 である、方法。

【請求項 12】

請求項 9 に記載の方法であって、

前記基板が窒化タンタルを含む、方法。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の方法であって、

バイアスが、前記基板を前記改質ガスに曝露すること、および前記改質表面を前記除去ガスに曝露することの内の少なくとも 1 つで印加される、方法。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の方法であって、

原子層エッチングが、前記基板を前記改質ガスに曝露することと、前記基板を前記除去ガスに曝露することとの間で、前記基板を収容するチャンパーをバージすることをさらに含む、方法。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の方法であって、

バージが、 N_2 、Ar、Ne、He、およびこれらの組み合わせからなる群より選択される不活性ガスを供給することにより実施される、方法。

【請求項 16】

請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記改質ガスがハロゲン含有ガスである、方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の方法であって、

前記改質ガスが塩素である、方法。

【請求項 18】

請求項 16 に記載の方法であって、

前記改質ガスが、臭素、ヨウ素、六フッ化硫黄、四フッ化ケイ素、および三塩化ホウ素 (BCl_3) からなる群より選択される、方法。

【請求項 19】

請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記除去ガスが不活性ガスである、方法。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の方法であって、

前記除去ガスがネオンまたはクリプトンである、方法。

【請求項 21】

基板を処理するための装置であって、

シャワーヘッドおよび材料を有する前記基板を保持するための基板支持体を含むプロセスチャンバー、

プラズマ発生器、および

少なくとも 1 つのプロセッサおよび記憶装置を有する制御装置を含み、

前記少なくとも 1 つのプロセッサおよび前記記憶装置が、相互に通信可能に接続され、

前記少なくとも 1 つのプロセッサが、流量制御ハードウェアと少なくとも操作可能に接続され、

前記記憶装置が、

改質ガスおよび除去ガスを用いた前記材料の原子層エッチングプロセスのためのプロセス条件の特定を可能とすること、および

前記基板上の前記材料に前記原子層エッチングプロセスを、

エッチングされる前記材料に対して改質エネルギーおよび脱着エネルギーを有する改質ガスを導入して前記材料の表面の改質すること、および

前記除去ガスの導入およびプラズマの生成を可能として、前記改質表面を除去すること、により実施可能とすること、

のための機械可読命令を保存し、

前記改質エネルギーが、前記脱着エネルギーより小さく、前記脱着エネルギーが前記材料の表面結合エネルギーより小さい、装置。

【請求項 22】

請求項 21 に記載の装置であって、

前記プロセス条件が、温度、チャンバー圧、プラズマ出力、バイアス電力、改質ガス流、および暴露時間からなる群より選択される、装置。

【請求項 23】

請求項 21 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、プロセスウィンドウ内の前記プロセス条件の修正を可能とする命令をさらに含む、装置。

【請求項 24】

請求項 21 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、前記原子層エッチングプロセスの実施を可能とする前に、前記基板支持体温度を約 0 未満の温度に設定可能とする命令をさらに含む、装置。

【請求項 25】

請求項 24 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能としている間に、前記基板支持体温度を約 0 未満の温度に設定可能とする命令をさらに含む、装置。

【請求項 26】

請求項 24 に記載の装置であって、

前記基板支持体温度が、約 -20 ~ 約 0 である、装置。

【請求項 27】

請求項 2 1 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能とすることおよび前記除去ガスの導入を可能とすることの内の少なくとも 1 つの間に、前記基板支持体にバイアスを印加可能とする命令をさらに含む、装置。

【請求項 2 8】

請求項 2 1 ~ 2 7 のいずれか一項に記載の装置であって、

前記原子層エッチングを実施する機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能とすることと、前記除去ガスの導入を可能とすることとの間に、前記プロセスチャンバーのパージを可能とする命令をさらに含む、装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 3 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 3 5】

前述の実施形態は、理解を容易にするために、いくらか詳細に説明してきたが、特定の変更および修正を、添付の特許請求の範囲内で実施してよいことは明らかであろう。本実施形態中のプロセス、システム、および装置を実施する多くの代替方法があることに留意されたい。従って、本実施形態は、例示とみなされるべきものであり、これらの実施形態は、本明細書で提示された詳細に限定されるべきものではない。本開示は以下の適用例としても実現できる。

[適用例 1]

基板上の材料をエッチングする方法であって、

改質ガスおよび除去ガスを用いた前記材料の原子層エッチングプロセスのためのプロセス条件を特定すること、および

前記基板上の材料に前記原子層エッチングプロセスを、

エッチングされる前記材料に対して改質エネルギーおよび脱着エネルギーを有する前記改質ガスに前記基板を曝露して、前記材料の表面を改質すること、および

前記改質表面を前記除去ガスに曝露し、プラズマを発生させて、前記改質表面を除去すること、

により実施することを含み、

前記改質エネルギーが、前記脱着エネルギーより小さく、前記脱着エネルギーが前記材料の表面結合エネルギーより小さい、方法。

[適用例 2]

適用例 1 に記載の方法であって、

前記プロセス条件を特定することが、前記基板の改質ガスへの前記基板の曝露を実施するための基板温度を選択することを含み、前記基板温度により得られるエネルギーが、前記改質エネルギーと前記脱着エネルギーとの間にある、方法。

[適用例 3]

適用例 1 に記載の方法であって、

前記プロセス条件を特定することが、前記改質表面の除去ガスへの曝露中にバイアスを印加するためのバイアス電力を選択することを含み、前記バイアスにより得られるエネルギーが前記脱着エネルギーと前記表面結合エネルギーとの間にある、方法。

[適用例 4]

適用例 1 に記載の方法であって、

前記改質ガスが、前記材料をエッチングすることなく前記材料に吸着するように選択される、方法。

[適用例 5]

適用例 1 に記載の方法であって、

前記除去ガスが、下層の非改質材料をエッチングすることなく、前記改質表面を除去す

るよう選択される、方法。

[適用例 6]

適用例 1 に記載の方法であって、

前記プロセス条件が、温度、チャンパー圧、プラズマ出力、バイアス電力、改質ガス流、および暴露時間からなる群より選択される、方法。

[適用例 7]

適用例 1 に記載の方法であって、

プロセスウィンドウ内の前記プロセス条件を修正することをさらに含む、方法。

[適用例 8]

適用例 1 に記載の方法であって、

前記材料が、ケイ素、炭素、タングステン、およびタンタルからなる群より選択される、方法。

[適用例 9]

適用例 8 に記載の方法であって、

前記原子層エッチングプロセスを実施する前に、前記基板を約 0 未満の温度に冷却することをさらに含み、前記特定されるプロセス条件が温度であり、前記材料がタンタルである、方法。

[適用例 10]

適用例 9 に記載の方法であって、

前記基板が、約 0 未満の基板温度で前記改質ガスに曝露される、方法。

[適用例 11]

適用例 9 に記載の方法であって、

前記温度が、約 - 20 ～ 約 0 である、方法。

[適用例 12]

適用例 9 に記載の方法であって、

前記基板が窒化タンタルを含む、方法。

[適用例 13]

適用例 1 に記載の方法であって、

バイアスが、前記基板を前記改質ガスに曝露すること、および前記改質表面を前記除去ガスに曝露することの内の少なくとも 1 つで印加される、方法。

[適用例 14]

適用例 1 ～ 13 のいずれか一項に記載の方法であって、

原子層エッチングが、前記基板を前記改質ガスに曝露することと、前記基板を前記除去ガスに曝露することとの間で、前記基板を収容するチャンパーをパージすることをさらに含む、方法。

[適用例 15]

適用例 14 に記載の方法であって、

パージが、 N_2 、Ar、Ne、He、およびこれらの組み合わせからなる群より選択される不活性ガスを供給することにより実施される、方法。

[適用例 16]

適用例 1 ～ 13 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記改質ガスがハロゲン含有ガスである、方法。

[適用例 17]

適用例 16 に記載の方法であって、

前記改質ガスが塩素である、方法。

[適用例 18]

適用例 16 に記載の方法であって、

前記改質ガスが、臭素、ヨウ素、六フッ化硫黄、四フッ化ケイ素、および三塩化ホウ素 (BCl_3) からなる群より選択される、方法。

[適用例 19]

適用例 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の方法であって、
前記除去ガスが不活性ガスである、方法。

[適用例 20]

適用例 19 に記載の方法であって、
前記除去ガスがネオンまたはクリプトンである、方法。

[適用例 21]

基板上のタンタルをエッチングする方法であって、
前記タンタルを含む基板を用意すること、
前記基板を約 0 未満の温度に冷却すること、および、
前記タンタルの原子層エッチングを、
前記基板を改質ガスに曝露して、前記タンタルの表面を改質すること、および
前記改質表面を除去ガスに曝露し、プラズマを発生させて、前記タンタルの改質表面
を除去すること、
により実施することを含む、方法。

[適用例 22]

適用例 21 に記載の方法であって、
前記基板が、約 0 未満の基板温度で前記改質ガスに曝露される、方法。

[適用例 23]

適用例 21 に記載の方法であって、
前記温度が、約 - 20 ~ 約 0 である、方法。

[適用例 24]

適用例 21 に記載の方法であって、
前記基板が窒化タンタルを含む、方法。

[適用例 25]

適用例 21 に記載の方法であって、
バイアスが、前記基板を前記改質ガスに曝露すること、および前記改質表面を前記除去
ガスに曝露することの内の少なくとも 1 つで印加される、方法。

[適用例 26]

適用例 21 ~ 25 のいずれか一項に記載の方法であって、
原子層エッチングが、前記基板を前記改質ガスに曝露することと、前記基板を前記除去
ガスに曝露することとの間で、前記基板を収容するチャンバーをバージすることをさらに
含む、方法。

[適用例 27]

適用例 26 に記載の方法であって、
バージが、 N_2 、Ar、Ne、He、およびこれらの組み合わせからなる群より選択さ
れる不活性ガスを供給することにより実施される、方法。

[適用例 28]

適用例 21 ~ 25 のいずれか一項に記載の方法であって、
前記改質ガスがハロゲン含有ガスである、方法。

[適用例 29]

適用例 28 に記載の方法であって、
前記改質ガスが塩素である、方法。

[適用例 30]

適用例 28 に記載の方法であって、
前記改質ガスが、臭素、ヨウ素、六フッ化硫黄、四フッ化ケイ素、および三塩化ホウ素
(BCl_3) からなる群より選択される、方法。

[適用例 31]

適用例 21 ~ 25 のいずれか一項に記載の方法であって、
前記除去ガスが不活性ガスである、方法。

[適用例 32]

適用例 3 1 に記載の方法であって、

前記除去ガスがネオンまたはクリプトンである、方法。

[適用例 3 3]

基板を処理するための装置であって、

シャワーヘッドおよび材料を有する前記基板を保持するための基板支持体を含むプロセスチャンバー、

プラズマ発生器、および

少なくとも 1 つのプロセッサおよび記憶装置を有する制御装置を含み、

前記少なくとも 1 つのプロセッサおよび前記記憶装置が、相互に通信可能に接続され、

前記少なくとも 1 つのプロセッサが、流量制御ハードウェアと少なくとも操作可能に接続され、

前記記憶装置が、

改質ガスおよび除去ガスを用いた前記材料の原子層エッチングプロセスのためのプロセス条件の特定を可能とすること、および

前記基板上の前記材料に前記原子層エッチングプロセスを、

エッチングされる前記材料に対して改質エネルギーおよび脱着エネルギーを有する改質ガスを導入して前記材料の表面の改質すること、および

前記除去ガスの導入およびプラズマの生成を可能として、前記改質表面を除去すること、により実施可能とすること、

のための機械可読命令を保存し、

前記改質エネルギーが、前記脱着エネルギーより小さく、前記脱着エネルギーが前記材料の表面結合エネルギーより小さい、装置。

[適用例 3 4]

適用例 3 3 に記載の装置であって、

前記プロセス条件が、温度、チャンバー圧、プラズマ出力、バイアス電力、改質ガス流、および暴露時間からなる群より選択される、装置。

[適用例 3 5]

適用例 3 3 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、プロセスウィンドウ内の前記プロセス条件の修正を可能とする命令をさらに含む、装置。

[適用例 3 6]

適用例 3 3 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、前記原子層エッチングプロセスの実施を可能とする前に、前記基板支持体温度を約 0 未満の温度に設定可能とする命令をさらに含む、装置。

[適用例 3 7]

適用例 3 6 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能としている間に、前記基板支持体温度を約 0 未満の温度に設定可能とする命令をさらに含む、装置。

[適用例 3 8]

適用例 3 6 に記載の装置であって、

前記基板支持体温度が、約 - 20 ～ 約 0 である、装置。

[適用例 3 9]

適用例 3 3 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能とすることおよび前記除去ガスの導入を可能とすることの内の少なくとも 1 つの間に、前記基板支持体にバイアスを印加可能とする命令をさらに含む、装置。

[適用例 4 0]

適用例 3 3 ～ 3 9 のいずれか一項に記載の装置であって、

前記原子層エッチングを実施する機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能とするこ

とと、前記除去ガスの導入を可能とすることとの間に、前記プロセスチャンバーのパージを可能とする命令をさらに含む、装置。

[適用例 4 1]

基板を処理するための装置であって、

シャワーヘッドおよび前記基板を保持するための基板支持体を含むプロセスチャンバー

、

プラズマ発生器、および

少なくとも 1 つのプロセッサおよび記憶装置を有する制御装置を含み、

前記少なくとも 1 つのプロセッサおよび前記記憶装置が、相互に通信可能に接続され

、

前記少なくとも 1 つのプロセッサが、流量制御ハードウェアと少なくとも操作可能に接続され、

前記記憶装置が、

前記タンタルを含む基板を有する前記基板支持体の温度を約 0 未満の温度に設定可能とすること、および、

前記タンタルの原子層エッチングを、

改質ガスの導入により、前記タンタルの表面を改質可能とすること、および、

前記除去ガスの導入およびプラズマの生成を可能として前記改質タンタルの除去を可能とすること、

により実施可能とすること、

のための機械可読命令を保存する、装置。

[適用例 4 2]

適用例 4 1 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能としている間に、前記基板支持体温度を約 0 未満の温度に設定可能とする命令をさらに含む、装置。

[適用例 4 3]

適用例 4 1 に記載の装置であって、

前記基板支持体温度が、約 - 2 0 ～ 約 0 である、装置。

[適用例 4 4]

適用例 4 1 に記載の装置であって、

前記機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能とすることおよび前記除去ガスの導入を可能とすることとの内の少なくとも 1 つの間に、前記基板支持体にバイアスを印加可能とする命令をさらに含む、装置。

[適用例 4 5]

適用例 4 1 ～ 4 4 のいずれか一項に記載の装置であって、

前記原子層エッチングを実施する機械可読命令が、前記改質ガスの導入を可能とすることと、前記除去ガスの導入を可能とすることとの間に、前記プロセスチャンバーのパージを可能とする命令をさらに含む、装置。